



Beiträge zur  
Gesundheitsberichterstattung  
des Bundes

**Bevölkerungsbezogene Verteilungswerte  
ausgewählter Laborparameter aus der Studie  
zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen  
in Deutschland (KiGGS)**



Beiträge zur  
Gesundheitsberichterstattung  
des Bundes

**Bevölkerungsbezogene Verteilungswerte  
ausgewählter Laborparameter aus der Studie  
zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen  
in Deutschland (KiGGS)**

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek  
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation  
in der Deutschen Nationalbibliografie.

#### Herausgeber

Robert Koch-Institut  
Nordufer 20  
13353 Berlin

#### Redaktion

Dr. Livia Ryl  
Gesundheitsberichterstattung  
Robert Koch-Institut

#### Autorinnen und Autoren

Reinhard Dortschy, Angelika Schaffrath Rosario  
Dr. Christa Scheidt-Nave, Dr. Wulf Thierfelder  
Michael Thamm, Johanna Gutsche, Dr. Antonie Markert  
Abteilung für Epidemiologie und  
Gesundheitsberichterstattung  
Robert Koch-Institut

*Wir danken Herrn Prof. Dr. med. Dr. Klaus P. Kohse,  
Klinikum Oldenburg gGmbH, Institut für Laboratoriums-  
diagnostik und Mikrobiologie, für kritische Durchsicht und  
Diskussion der vorliegenden Ergebnisse.*

#### Grafik/Satz

Gisela Winter, Melanie Pietsch  
Robert Koch-Institut

#### Druck

Mercedes-Druck, Berlin

#### ISBN

978-3-89606-193-5

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
1.1	Beschreibung der Studienpopulation	5
1.2	Laboranalysen	6
1.3	Statistische Methodik	8
<b>2</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>10</b>
2.1	Rotes Blutbild	11
	<i>Hämoglobin</i>	12
	<i>Erythrozytenzahl</i>	16
	<i>Hämatokrit</i>	20
	<i>Mittlerer Hämoglobingehalt des Erythrozyten (MCH)</i>	24
	<i>Mittlere Hämoglobinkonzentration der Erythrozyten (MCHC)</i>	28
	<i>Erythrozytenvolumen (MCV)</i>	32
2.2	Eisenstoffwechsel	37
	<i>Eisen</i>	38
	<i>Ferritin</i>	42
	<i>Löslicher Transferrin-Rezeptor (s-TfR)</i>	46
2.3	Glykiertes Hämoglobin (HbA1c)	50
2.4	Schilddrüsenparameter	54
	<i>Thyroidea-stimulierendes Hormon (TSH)</i>	54
	<i>Freies Triiodthyronin (fT3)</i>	58
	<i>Freies Tetraiodthyronin (fT4, freies Thyroxin)</i>	62
2.5	Kardiovaskuläre Risikofaktoren	67
	Cholesterin	67
	<i>Gesamtcholesterin</i>	68
	<i>HDL-Cholesterin</i>	72
	<i>LDL-Cholesterin</i>	76
	<i>Harnsäure</i>	80
	<i>Homocystein</i>	84
	<i>Gamma-Glutamyl-Transferase (GGT)</i>	88
2.6	Knochen- und Mineralstoffwechsel	92
	<i>Alkalische Phosphatase</i>	92
	<i>Kalzium</i>	96
	<i>Anorganisches Phosphat</i>	100
	<i>25-Hydroxyvitamin D</i>	104
2.7	Elektrolyte und Serumproteine	108
	<i>Kalium</i>	108
	<i>Gesamtprotein</i>	112
2.8	Nährstoffe und Spurenelemente	116
	<i>Folsäure im Erythrozyten</i>	116
	<i>Vitamin B12</i>	120
	<i>Magnesium</i>	124
	Literatur	128



## 1 Einleitung

Der vorliegende Band legt die in der Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland (KiGGS) beobachteten Perzentil-Verteilungen für wesentliche Laborparameter des Altersbereiches 1 bis 17 Jahre vor. Damit wird eine wichtige Informationslücke geschlossen. Für viele Laborparameter waren bevölkerungsbezogene Verteilungswerte aus unselektierten, großen Stichprobenuntersuchungen von Kindern und Jugendlichen bislang nicht verfügbar. Die nun gelieferten Vergleichswerte können zukünftig in klinischen und epidemiologischen Untersuchungen als Hintergrundinformation herangezogen werden.

Wichtig ist uns zu betonen, dass es sich bei den hier dargestellten Werten um beobachtete, lediglich zur verständlicheren Darstellung statistisch aufbereitete Verteilungswerte handelt. Nicht immer ist davon auszugehen, dass es sich dabei auch um versorgungsrelevante Referenzwerte handelt. Da die KiGGS-Studienpopulation den Bevölkerungsquerschnitt repräsentiert und damit überwiegend gesunde Kinder und Jugendliche vertreten sind, mag die beobachtete Verteilung für viele der betrachteten Laborparameter aus dem Bereich der Krankheitsindikatoren auch einer Referenzverteilung gleichkommen. Zusätzlich muss jedoch für einige der hier betrachteten Laborparameter ihr Stellenwert als Risikofaktor für die zukünftige Entwicklung von Erkrankungen (z. B. Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder Diabetes mellitus) berücksichtigt werden. Auch bei Parametern, die die Versorgung mit bestimmten Nährstoffen widerspiegeln, ist der beobachtete Status Quo keineswegs immer mit dem Idealzustand identisch. In einigen Fällen (z. B. 25-Hydroxyvitamin D oder Homocystein) werden erst Längsschnittstudien Aufschluss darüber geben können, welche Grenzwerte von gesundheitlicher Relevanz sind.

## 1.1 Beschreibung der Studienpopulation

Der Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS) wurde von Mai 2003 bis Mai 2006 durch das Robert Koch-Institut durchgeführt. Die Studie wurde von der Ethikkommission der Charité-Universitätsmedizin (Berlin) und dem Bundesdatenschutzbeauftragten genehmigt und vom Bundesgesundheitsministerium, dem Bundesministerium für Bildung und Forschung und dem Robert Koch-Institut finanziert. Weitere Informationen über die Studie sind im Internet unter [www.rki.de/kiggs](http://www.rki.de/kiggs) abrufbar.

Im Rahmen von KiGGS wurden erstmals bundesweit repräsentative Mess- und Befragungsdaten für Kinder und Jugendliche im Alter von 0 bis 17 Jahren erhoben. Die Datenerhebung erfolgte in 167 zufällig ausgewählten Untersuchungsorten, die die Bevölkerungsstruktur Deutschlands abbilden. Dabei waren Orte im Osten Deutschlands überrepräsentiert, um die Power für Ost-West-Vergleiche zu erhöhen. Innerhalb der Orte wurden die Probandinnen und Probanden, geschichtet nach Altersjahren aus den Einwohnermeldeamtsdaten nach dem Zufallsprinzip gezogen. Die Teilnahmequote lag bei 66,6%. An der Studie nahmen insgesamt 17.641 Kinder und Jugendliche teil.

Der Migrantenanteil betrug 17% und variierte kaum mit dem Alter. Das mittlere Menarchealter der Mädchen lag bei 12,8 Jahren. Die Jungen kamen im Mittel mit 13,5 Jahren in den Stimmbruch (schwankende Stimme) und erreichten eine tiefe Stimme im Mittel mit 15,1 Jahren [1].

Für die Analyse biochemischer Messparameter standen in KiGGS Vollblutproben von insgesamt 14.076 und Serumproben von insgesamt 14.255 Studienteilnehmerinnen und -teilnehmern im Alter von 1 bis 17 Jahren zur Verfügung [2]. Einige Parameter wurden erst ab einem Alter von 3 Jahren bestimmt, da bei den Kleinkindern nur eine geringere Blutmenge abgenommen werden konnte. Die Verteilung der Probandenzahlen nach Geschlecht und Alter ist in Tabelle 1 dargestellt. Insgesamt konnte bei 86% der Probandinnen und Probanden Blut abgenommen werden, wobei dieser Anteil jedoch bei den 1- und 2-Jährigen mit 61% deutlich niedriger lag und dann mit zunehmendem Alter anstieg. Ab der Altersgruppe 7 bis 10 Jahre lag der Anteil der Probandinnen und Probanden mit vorhandener Blutprobe bei 90% und mehr.

**Tabelle 1**  
Anzahl und Anteil der Probandinnen und Probanden mit Blutproben

	Jungen		Mädchen	
	Anzahl	Anteil (%)	Anzahl	Anteil (%)
1 bis 2 Jahre	569	60,8%	572	61,2%
3 bis 6 Jahre	1.579	81,0%	1.503	78,1%
7 bis 10 Jahre	1.929	90,7%	1.810	89,6%
11 bis 13 Jahre	1.487	93,6%	1.407	94,6%
14 bis 17 Jahre	1.801	94,6%	1.730	94,4%
Gesamt	7.365	86,6%	7.022	85,6%

## 1.2 Laboranalysen

Im KiGGS wurden EDTA-Vollblut- und Serumproben gewonnen. Präanalytik einschließlich Proben-transport und Analytik folgten einem rigorosen Standardisierungsprotokoll, das im Detail an anderer Stelle beschrieben ist [1, 2, 3].

Bei älteren Kindern und Jugendlichen wurde fast immer ein Vakuumsystem mit EDTA-beschichteten Vacutainern für Vollblut und Gel-Vacutainern für Serum verwendet. Bei Kleinkindern wurde das Blut nach der Venenpunktion im Tropf in EDTA-Röhrchen bzw. Gel-Vacutainern aufgefangen (siehe Tabelle 2). In der Regel wurde das Blut im Sitzen abgenommen, bei den jüngeren Kindern oft auf dem Schoß der Begleitperson. Der Anteil der Blutabnahmen im Liegen nimmt deshalb mit dem Alter zu: von 1% bei den 1- und 2-Jährigen bis auf 16% bei den 14- bis 17-Jährigen.

**Tabelle 2**  
Angaben zur Blutentnahme

		1–2 Jahre	3–6 Jahre	7–10 Jahre	11–13 Jahre	14–17 Jahre
Zeit seit der letzten Nahrungsaufnahme	P10	0:10 h	0:15 h	0:30 h	0:40 h	0:45 h
	Median	1:30 h	2:00 h	2:05 h	2:00 h	2:10 h
	P90	3:10 h	3:54 h	4:00 h	4:00 h	4:15 h
Uhrzeit der Blutentnahme	P10	9:30	10:05	12:10	12:00	11:55
	Median	11:30	12:55	14:30	15:00	15:40
	P90	16:00	16:30	17:25	17:45	18:10
Blutentnahme im Liegen (statt im Sitzen)		1,0%	5,4%	12,4%	14,4%	16,4%
Blutentnahme per Vakuumsystem		48,5%	93,8%	99,1%	99,3%	99,4%
Blutabnahme nach Blutdruckmessung		0%	96,9%	96,8%	92,1%	88,6%
Zeit seit Blutdruckmessung (min)	P10	–	28	23	23	10
	Median	–	45	39	39	25
	P90	–	65	59	59	50

Alle Angaben gewichtet. P10 = 10. Perzentil, P90 = 90. Perzentil.

Da die Untersuchungen in den Studienzentren über den ganzen Tag verteilt erfolgten, war den Teilnehmerinnen und Teilnehmern eine längere Nahrungskarenz in der Regel nicht zuzumuten [2]. Die tatsächliche Dauer der Nahrungskarenz zum Zeitpunkt der Untersuchung lag bei den 1- und 2-Jährigen im Median bei 1,5 Stunden, bei den Älteren im Median bei gut 2 Stunden (siehe Tabelle 2). Im Alter ab 7 Jahren lag die letzte Nahrungsaufnahme bei 90% der Probandinnen und Probanden mehr als 30–45 Minuten zurück, bei den jüngeren Kindern nur 10–15 Minuten. Die Blutentnahme geschah ab Alter 7 Jahre meist am Nachmittag, bei den Klein- und Vorschulkindern dagegen meist vormittags oder in den frühen Nachmittagsstunden.

Die Blutentnahme erfolgte bei entsprechendem Wunsch des Kindes nach Applikation eines anästhesierenden Pflasters. Trotzdem wurde dieser möglicherweise als unangenehm empfundene Teil des Untersuchungsprogramms in der Regel am Ende der Untersuchung und damit auch nach der Blutdruckmessung (die erst ab 3 Jahren erfolgte) durchgeführt. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die mit der Blutdruckmessung verbundene Stauung des Blutes die Messwerte einzelner Laborparameter beeinflusst hat. Der zeitliche Abstand von der Blutdruckmessung war bei den Jugendlichen ab 11 Jahren mit im Median einer knappen halben Stunde geringer als bei den Jüngeren mit einer knappen Dreiviertelstunde (Tabelle 2).

Die für die einzelnen Parameter verwendeten Methoden sind in Tabelle 3 aufgeführt.

**Tabelle 3**  
**Labormethoden**

Analyt [Einheit]	Methode	Gerät	VK %
Hämoglobin im Blut (Hb) [g/dl]	Fotometrie	Cell-Dyn 3500 (Abbott, Wiesbaden)	1,4
Erythrozytenzahl (RBC) [ $10^6/\mu\text{l}$ ]	Impedanzprinzip	Cell-Dyn 3500	1,8
Hämatokrit (PCV) [%]	Rechenparameter	Cell-Dyn 3500	1,8
Mittlerer Hämoglobingehalt des Erythrozyten (MCH) [pg]	Rechenparameter	Cell-Dyn 3500	1,4
Mittlere Hämoglobinkonzentration der Erythrozyten (MCHC) [g/dl]	Rechenparameter	Cell-Dyn 3500	1,4
Erythrozytenvolumen (MCV) [fl]	Impulsmessung	Cell-Dyn 3500	1,4
Eisen [ $\mu\text{mol/l}$ ]	Ferrozin-Methode ohne Enteweißung (Roche, Mannheim)	Hitachi 917	1,7
Ferritin [ $\mu\text{g/l}$ ]	ECLIA	Elecsys E2010	8,3
Löslicher Transferrin-Rezeptor (s-TfR) [mg/l]	Latexverstärkter Agglutinationstest (Behring, Marburg)	BNA-Nephelometer (Behring)	6,8
HbA1c [%]	High-performance liquid chromatography (HPLC)	Diastat (Bio-Rad, München)	3,5
TSH [ $\mu\text{U/ml}$ ]	ECLIA	Elecsys E2010	3,9
Freies T <sub>3</sub> (fT <sub>3</sub> ) [pg/ml]	ECLIA	Elecsys E2010	5,9
Freies T <sub>4</sub> (fT <sub>4</sub> ) [pg/ml]	ECLIA	Elecsys E2010	5,3
Gesamtcholesterin [mg/dl]	Vollenzymatische Cholesterin-Oxidase-PAP-Methode (Roche, Mannheim)	Hitachi 917	2,1
HDL-Cholesterin [mg/dl]	Homogener enzymatischer Farbstest (Roche, Mannheim)	Hitachi 917	2,9
LDL-Cholesterin [mg/dl]	Homogener enzymatischer Farbstest (Roche, Mannheim)	Hitachi 917	2,4
Harnsäure [mg/dl]	Uricase-PAP-Reaktion (Roche, Mannheim)	Hitachi 917	1,4
Homocystein [ $\mu\text{mol/l}$ ]	Fluoreszenzpartikel-Immunoassay (Abbott)	AxSYM (Abbott)	5,2
Gamma-Glutamyl-Transferase (GGT) [U/l]	Optimierte IFCC-Methode (Roche, Mannheim)	Hitachi 917	2,2
Alkalische Phosphatase [U/l]	Optimierte Standard-Methode der IFCC (Roche, Mannheim)	Hitachi 917	2,8
Kalzium [mmol/l]	Ortho-Kresolphthalein-Komplexon-Methode (Roche, Mannheim)	Hitachi 917	2,3
Anorganisches Phosphat [mmol/l]	Ammonium-Phosphomolybdat-Methode (Roche, Mannheim)	Hitachi 917	1,7
25(OH)Vitamin D [nmol/l]	Lumineszenzimmunoassay (LIA) (DiaSorin, Diezenbach)	Liaison (DiaSorin, Diezenbach)	11,7
Kalium [mmol/l]	Potentiometrie mit ionenselektiver Elektrode (Roche, Mannheim)	Hitachi 917	1,2
Gesamtprotein [g/dl]	Biuret-Reaktion (Roche, Mannheim)	Hitachi 917	2,0
Folsäure im Erythrozyten [ng/ml]	ECLIA, Folate II	Elecsys E2010	11,4
Vitamin B <sub>12</sub> [ng/l]	ECLIA	Elecsys E2010	9,6
Magnesium [mmol/l]	Xylidylblau-Reaktion (Roche, Mannheim)	Hitachi 917	2,2

ECLIA: Elektro-Chemilumineszenz- Bindungsassay

VK: interserieller Variationskoeffizient

IFCC: International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine



Gewonnene Vollblut- und Serumproben wurden in den mobilen Labors in den einzelnen Untersuchungsorten aufbereitet und innerhalb von 3 Tagen bei +4 °C gekühlt (Vollblut) bzw. bei -40 °C gefroren (Serum) und zur zentralen Analyse nach Berlin transportiert [1]. Messparameter, für die eine automatisierte Analytik verfügbar war, wurden in einem externen Auftragslabor (Deutsches Herzzentrum Berlin, DHZB) bestimmt. Alle übrigen Parameter, darunter auch zwei der in den vorliegenden Band aufgenommenen Parameter (löslicher Transferrin-Rezeptor (s-TfR); 25-Hydroxyvitamin D) wurden im Epidemiologischen Zentrallabor des RKI bestimmt [2].

Kommerzielle Tests wurden entsprechend den Herstellervorgaben, eigene Tests entsprechend laborinternen Arbeitsvorschriften durchgeführt. Werte oberhalb der testspezifischen Messbereiche wurden nach automatischer Probenverdünnung ermittelt.

Die Messergebnisse wurden durch Ringversuche (externe Qualitätskontrolle) entsprechend der Richtlinie der Bundesärztekammer sowie durch mitgeführte Kontrollproben (interne Qualitätskontrolle) abgesichert. Die internen Qualitätskontrollproben bestanden aus einem Paar, dessen Sollwerte jeweils im normalen und im pathologischen Bereich lagen. In den Messserien folgte auf eine festgelegte Probensequenz ein Kontrollpaar, so dass Abdriftungen in der Serie erkannt werden konnten. Bei Überschreiten des Kontrollbereichs wurden die Messungen für die dazugehörige Probensequenz einschließlich der Kontrollproben wiederholt. Für die Errechnung der interseriellen Variationskoeffizienten über den Studienzeitraum (relative Unpräzision zwischen den Serien) diente für jede Analysenserie jeweils der Messwert der Kontrollprobe [2].

### 1.3 Statistische Methodik

Die beobachteten Werte wurden einem Glättungsverfahren unterworfen, um Zufallsschwankungen in den Perzentilen auszugleichen und diese als glatte Funktion des Alters darstellen zu können. Alle Kurven wurden für Mädchen und Jungen getrennt erstellt.

Zur Bestimmung der geglätteten Perzentilkurven wurde die sogenannte LMS-Methode von Cole [1] eingesetzt, die in der Anthropometrie weit

verbreitet ist und zunehmend auch für andere Parameter verwendet wird. Würde man einfach die beobachteten Perzentile pro Altersjahrgang tabellieren, wären die interessierenden Perzentile am unteren bzw. oberen Rand des Wertebereichs immer noch großen zufälligen Schwankungen unterworfen. So liegen im Schnitt nur etwa 12 Kinder pro Altersjahrgang oberhalb des 97. Perzentils. Von daher kann bei der Bestimmung von altersspezifischen Perzentilkurven nicht auf Modellannahmen verzichtet werden. Andererseits dürfen die Modellannahmen nicht zu restriktiv sein, um die beobachteten Daten gut abzubilden. Genau dies leistet die LMS-Methode. Sie ist einerseits flexibel, enthält aber andererseits einfachere Verfahren als Spezialfall, so etwa den Fall, dass die Daten in allen Altersgruppen einer Normalverteilung mit konstanter Standardabweichung folgen und nur der Mittelwert sich im Altersverlauf verändert.

Das LMS-Verfahren basiert auf der Annahme, dass sich die beobachtete Verteilung der Laborwerte (bei festem Alter) mittels einer Box-Cox-Transformation in eine Standardnormalverteilung überführen lässt. Bei der Box-Cox-Transformation wird eine Variable  $x$  in die Form

$$\frac{(x/M)^L - 1}{SL} \quad (\text{für } L \neq 0) \quad \text{bzw.} \quad \frac{1}{S} \log(x/M) \quad (\text{für } L=0)$$

überführt. Damit lässt sich eine Vielzahl von Verteilungen darstellen, darunter auch die Normalverteilung selbst ( $L=1$ ) oder eine Lognormalverteilung ( $L=0$ ). Die Buchstaben  $L$ ,  $M$  und  $S$  stehen für die drei Parameter Median ( $M$ ), Variationskoeffizient ( $S$ ) und Schiefe ( $L$ ). Jeder dieser drei Parameter kann in Abhängigkeit vom Alter variieren, d. h. dass sich neben Mittelwert und Streuung auch die Verteilungsannahme im Altersverlauf ändern kann, wenn etwa eine Normalverteilung im Kindesalter im Verlauf der Pubertät zunehmend schiefer wird und in eine Lognormalverteilung übergeht. Das Alter muss für die Berechnung nicht in Gruppen eingeteilt werden, sondern wird als exaktes Alter (Untersuchungsdatum minus Geburtsdatum) als kontinuierliche Variable verwendet. Die drei Parameter  $L$ ,  $M$  und  $S$  werden über natürliche kubische Splines als glatte Funktion des exakten Alters modelliert. Die Zahl der Freiheitsgrade für die Splines galt – einer Emp-

fehlung von Cole [2] folgend – als optimal gewählt, wenn die Devianz des Modells mit einer weiteren Erhöhung um 1 Freiheitsgrad nicht um mehr als 8 verbessert werden konnte.

Bei der Umsetzung führten einige Extremwerte in der Stichprobe zu rechen-technischen Instabilitäten bei der Anwendung der Methode. Aus diesem Grunde wurde ein von Charles P. Winsor empfohlenes Verfahren [siehe 3] angewendet, welches Ausreißer durch benachbarte Werte ersetzt (Winsorisierung), um den Einfluss der wohl extremen, aber dennoch gültigen Werte auf die Perzentilbildung zu erhalten und zugleich das Glättungsverfahren konvergieren zu lassen. Als Kriterium für eine gute geglättete Perzentilkurve galt die Kurve mit möglichst wenigen winsorisierten Werten und einer gut angepassten Stichprobenprävalenz, d. h. der Anteil von Probandinnen und Probanden unterhalb des 3. bzw. oberhalb des 97. Perzentils sollte in den fünf Altersgruppen 1,00 bis 2,99 Jahre, 3,00 bis 6,99 Jahre, 7,00 bis 10,99 Jahre, 11,00 bis 13,99 Jahre und 14,00 bis 17,99 Jahre möglichst gut mit dem nominalen Wert von 3% übereinstimmen. Die Modellgüte wurde außerdem anhand von Q-Tests [2, 4] und Wurmplots [5] beurteilt. Bei einer Stichprobengröße von ca. 7.000 Kindern pro Geschlecht betrug die Anzahl winsorisierter Werte im Durchschnitt 9 Ausreißer nach unten (Maximum 62) und 15 Ausreißer nach oben (Maximum 65).

Alle Berechnungen erfolgten unter Verwendung eines Gewichtungsfaktors, der die Verteilung der Studienpopulation hinsichtlich Altersjahrgang, Geschlecht und Region (Ost/West/Berlin) an die Verteilung in der Gesamtbevölkerung angleicht. Für die Laborauswertungen wurde ein gesonderter Gewichtungsfaktor erstellt, der auf der Basis der Probandinnen und Probanden mit einer vorliegenden Blutprobe bestimmt wurde.

Das LMS-Verfahren wurde mit dem Programm lmsChartMaker Pro (Version 2.2; Medical Research Council, UK, 2006) umgesetzt. Zur Aufbereitung der Daten und zur Beurteilung der Modellgüte wurden ergänzend SPSS (Version 14.0.2; SPSS Inc., Chicago, IL, USA, 2006) und SAS (Version 9.2; SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2008) verwendet.

Prinzipiell kann nach der Anpassung eines LMS-Modells jedes beliebige Perzentil in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht berechnet werden. In den Grafiken und Tabellen dieses Bandes werden das 3. Perzentil (P<sub>3</sub>), das 5. Perzentil (P<sub>5</sub>), das 10. Perzentil (P<sub>10</sub>), das 25. Perzentil (P<sub>25</sub>, unteres Quartil), das 50. Perzentil (P<sub>50</sub>, Median), das 75. Perzentil (P<sub>75</sub>, oberes Quartil), das 90. Perzentil (P<sub>90</sub>), das 95. Perzentil (P<sub>95</sub>) und das 97. Perzentil (P<sub>97</sub>) dargestellt.

In einer weiteren Grafik wird der Median von Mädchen und Jungen vergleichend dargestellt. Die Grafiken umfassen den Altersbereich von 1,00 bis 17,99 Jahren (bei einzelnen Parametern 3,00 bis 17,99 Jahre). In den Tabellen werden die Werte in Halbjahresabständen ausgegeben. Da die statistische Modellunsicherheit am Rande des Altersbereichs größer ist, sind die Randpunkte des Altersbereichs in den Tabellen nicht enthalten.

Beim Vergleich der hier dargestellten Perzentilkurven mit anderen Daten bzw. individuellen Patientenwerten ist auf eine korrekte Zuordnung des Alters zu achten. Die tabellierten Werte gelten jeweils für das in der Tabelle angegebene exakte Alter, also z. B. der Wert für 7,0 Jahre für Kinder, die gerade ihren 7. Geburtstag feiern. Ist in den Vergleichsdaten das exakte Alter bekannt, sollte der tabellierte Wert für 7,0 Jahre für Kinder im Alter von 6,75 bis 7,25 Jahren herangezogen werden, um systematische Fehler zu vermeiden. Ist nur das ganzzahlige Alter bekannt, sollte der Wert von 7,5 Jahren für alle 7-jährigen verwendet werden.

Schließlich ist zu bedenken, dass die hier abgebildeten Kurven auf Querschnittsdaten beruhen. Die hier dargestellten Veränderungen der Laborwerte mit dem Alter beziehen sich jeweils auf den Bevölkerungsquerschnitt. Aufgrund des unterschiedlichen Entwicklungstempos der Kinder und der Variation im Zeitpunkt der Pubertät ist bei der Betrachtung individueller Werte im Altersverlauf damit zu rechnen, dass die altersbedingten Veränderungen in einem kürzeren Zeitraum auftreten und damit noch stärker ausgeprägt sind, als es die bevölkerungsgemittelten Kurven anzeigen [6, 7].

## 2 Ergebnisse

Im Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS) wurden in Zusammenarbeit mit dem Wissenschaftlichen Beirat der KiGGS-Studie insgesamt 43 Laborparameter ausgewählt, um von den Studienteilnehmerinnen und -teilnehmern bzw. ihren Eltern berichtete Angaben zur Gesundheit durch objektive Messwerte zu ergänzen [1]. Auf der Grundlage inhaltlicher und methodischer Kriterien (bevölkerungsmedizinische Relevanz und grundsätzliche Beeinflussbarkeit der betrachteten Gesundheitsprobleme; Verfügbarkeit valider Messmethoden) wurde eine Auswahl an Laborparametern getroffen, die im Wesentlichen drei übergeordneten Themenbereichen zuzuordnen sind: Krankheitsindikatoren und Risikofaktoren im Zusammenhang mit nicht-übertragbaren Erkrankungen; Nährstoffmangel; Immunisationsstatus und Durchseuchungsraten zu übertragbaren Erkrankungen.

Im vorliegenden Band werden die in KiGGS beobachteten Perzentil-Verteilungen für die Laborparameter aus den ersten beiden Themenbereichen vorgelegt. Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, dass einige wenige Messparameter dabei ausgeschlossen oder zurückgehalten wurden, da eine Darstellung der Verteilungsdaten nicht möglich war oder einer gesonderten Betrachtung und Aufbereitung bedarf.

So musste die Bestimmung der Leukozytenzahl als Teil des kleinen Blutbildes eingestellt werden, da der Hämatologie-Analyser des externen Auftragnehmers nur auf die kurzen Transportzeiten von Vollblutproben innerhalb eines Klinikbetriebes ausgerichtet war.

Eine Nüchternbestimmung des Blutzuckers und der Triglyzerid-Werte (Triacylglyceride) im Serum konnte den Teilnehmern nicht generell zugemutet werden. Da die Messwerte stark von der Zeit seit der letzten Nahrungsaufnahme abhängen, erfordert die Darstellung der Verteilungswerte für diese Parameter eine weitergehende Aufbereitung unter Berücksichtigung der angegebenen Zeiten seit der letzten Mahlzeit.

Parathormon wurde nur im letzten Jahr des KiGGS bei insgesamt 3.898 konsekutiven Probandinnen und Probanden bestimmt. Damit stand für diesen Parameter eine zu geringe Anzahl an Beobachtungen für die einzelnen Alters- und

Geschlechtsstrata zur Verfügung, um eine Auswertung in diesem Rahmen vorzunehmen [2].

Das C-reaktive Protein (CRP) ist als Akut-Phase-Protein schon lange als Marker für systemische Entzündungsreaktionen bekannt. Bei einem akuten Geschehen kann sich die Konzentration aus einem Basisbereich zwischen  $<100 \mu\text{g/l}$  bis  $600 \mu\text{g/l}$  schlagartig um das 200-fache erhöhen. Schwankungen innerhalb dieses Basisbereichs haben Bedeutung erlangt seitdem bekannt ist, dass leicht bis moderat erhöhte CRP-Werte bei Erwachsenen Bedeutung für die Voraussage kardiovaskulärer Ereignisse haben. Inwieweit entsprechende Zusammenhänge auch auf Kinder und Jugendliche zu übertragen sind, ist Gegenstand derzeitiger wissenschaftlicher Untersuchungen. Erste Analysen [3] haben gezeigt, dass es sich bei den KiGGS-Daten um eine Mischverteilung handelt, so dass in der vorliegenden Arbeit keine Verteilungsdaten gezeigt werden.

Daten, die durch visuelle Einschätzung gewonnen wurden (Werte bei Urinteststreifen) oder die aus nicht standardisierbaren Proben stammen (Kreatinin im Spontanurin) wurden ebenfalls hier nicht ausgewertet.

Im Folgenden werden die ausgewählten Laborparameter inhaltlich zusammenhängend nach Untergruppen geordnet vorgestellt und im Hinblick auf folgende Aspekte kurz diskutiert:

- ▶ Klinische und/oder epidemiologische Bedeutung
- ▶ Verfügbarkeit von Referenzwerten
- ▶ Interpretation des Kurvenverlaufs und der beobachteten Absolutwerte
- ▶ Methodische Besonderheiten

In jeder Untergruppe werden die einzelnen Parameter im Anschluss an den Text grafisch und tabellarisch in folgender Reihenfolge dargestellt:

- ▶ Grafischer Vergleich der Mediane von Jungen und Mädchen
- ▶ Grafische Darstellung der Perzentilkurven (für Mädchen und Jungen getrennt)
- ▶ Tabellarische Darstellung der geglätteten Perzentile (für Jungen und Mädchen getrennt)

## 2.1 Rotes Blutbild

### Klinische und epidemiologische Bedeutung

Hämoglobin (Hb) ist das Bindungsprotein für Sauerstoff in den roten Blutkörperchen (Erythrozyten). Es determiniert die Sauerstofftransportkapazität des Blutes und ist damit für den Organismus von größter Bedeutung. Störungen des roten blutbildenden Systems (Erythropoese) können vielfältig sein, im Vordergrund steht im Kindes- und Jugendalter jedoch die Verminderung des Hämoglobingehalts im Blut (Anämie), insbesondere die Eisenmangelanämie. Der Hb-Wert bildet die Masse der roten Blutzellen nur indirekt ab, ermöglicht aber eine effektive Beurteilung der Sauerstofftransportkapazität und ist damit der zentrale Parameter des roten Blutbildes.

Zur Basisuntersuchung gehören die Bestimmung der Hämoglobinkonzentration Hb, der Erythrozytenzahl Ery bzw. RBC (red blood cell count) und des Hämatokrit Hkt (packed cell volume PCV, indirektes Maß der Erythrozytenmasse). Zur Diagnostik bzw. Abklärung einer Anämie werden zusätzlich spezifische Kennwerte (Indices) des Erythrozyten bestimmt: mittlerer Hämoglobingehalt (MCH), mittlere Hämoglobinkonzentration (MCHC) und das Erythrozytenvolumen (mittleres korpuskuläres Volumen MCV). Die genannten Parameter unterliegen alters- und geschlechtsabhängigen Schwankungen, variieren zum Teil aber auch erheblich hinsichtlich anderer endo- oder exogener Faktoren wie z. B. Schwangerschaft, Genetik (z. B. Ethnie), Rauchen oder Umwelteinflüsse (Sauerstoffpartialdruck) [1].

### Referenzwerte

Bevölkerungsbezogene Verteilungsdaten für Kinder unterschiedlicher Altersgruppen wurden z. B. aus den USA (National Health and Nutrition Examination Survey; NHANES) [2, 3] und Irland [4] veröffentlicht. Aufgrund unterschiedlicher Studienpopulationen sind sie aber nur bedingt auf die in der KiGGS-Studie erhobenen Daten übertragbar. Ähnliches gilt für Referenztabellen für die klinische Diagnostik [1, 5, 6, 7]. Mit KiGGS liegen nun erstmals bevölkerungsrepräsentative Daten für Kinder und Jugendliche in Deutschland vor.

### Methodische Besonderheiten:

Die Messung der Hämoglobinkonzentration (Hb-Wert) ist die zuverlässigste (Präzision, Richtigkeit) und am besten standardisierte Untersuchung in der Hämatologie. Der Hämatokrit und die Erythrozyten-Indices MCH und MCHC werden rechnerisch ermittelt aus den Parametern Hb, RBC und MCV [1].

### Interpretation

Die alters- und geschlechtsspezifische Variabilität der Parameter des roten Blutbildes deckt sich weitgehend mit den Daten der genannten Studien.

Bis zum 12. Lebensjahr steigen Hämoglobinkonzentration und Hämatokrit leicht aber kontinuierlich an und unterscheiden sich nicht bei Mädchen und Jungen. Ab dem 12. Lebensjahr stagnieren die Werte bei den Mädchen, bei den Jungen steigen sie noch einmal deutlich an. Die Erythrozytenzahlen sind im Kindesalter sehr stabil, ab etwa 11 Jahren entwickeln sich auch hier die Geschlechter im vorgenannten Sinn auseinander.

Die divergente Entwicklung ab dem 12. Lebensjahr fällt zusammen mit den hormonellen Veränderungen der Pubertät (Wachstum, Menarche). In einer finnischen Studie wurde gezeigt, dass Androgene eine Steigerung der Erythropoese bewirken (Anstieg von Hb-Konzentration und Erythrozytenzahl) [8].

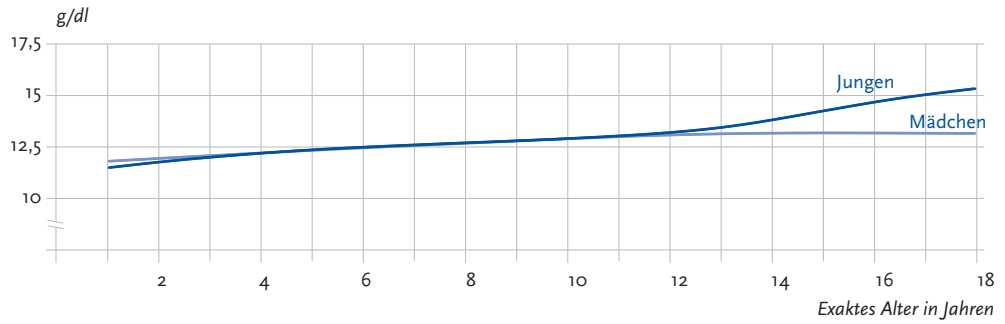
Das mittlere Erythrozytenvolumen MCV liegt bei Mädchen bis zum 16. Lebensjahr etwas höher als bei Jungen, danach unterscheiden sich die Geschlechter nicht mehr.

Einschätzungen zur Prävalenz von Anämie können anhand der gemessenen Hb-Konzentrationen bei Kindern und Jugendlichen vorgenommen werden [9]. Dies erfolgt hier auf Grundlage der Empfehlungen der CDC (Centers for Disease Control and Prevention 1998), wonach folgende Grenzwerte definiert wurden [10]: 1–<2 Jahre: 11,0; 2–<5 Jahre: 11,1; 5–<8 Jahre: 11,5; 8–<12 Jahre: 11,9; 12–<15 Jahre: 11,8; 15–<18 Jahre: 12,0 (Mädchen) bzw. 13,3 (Jungen).

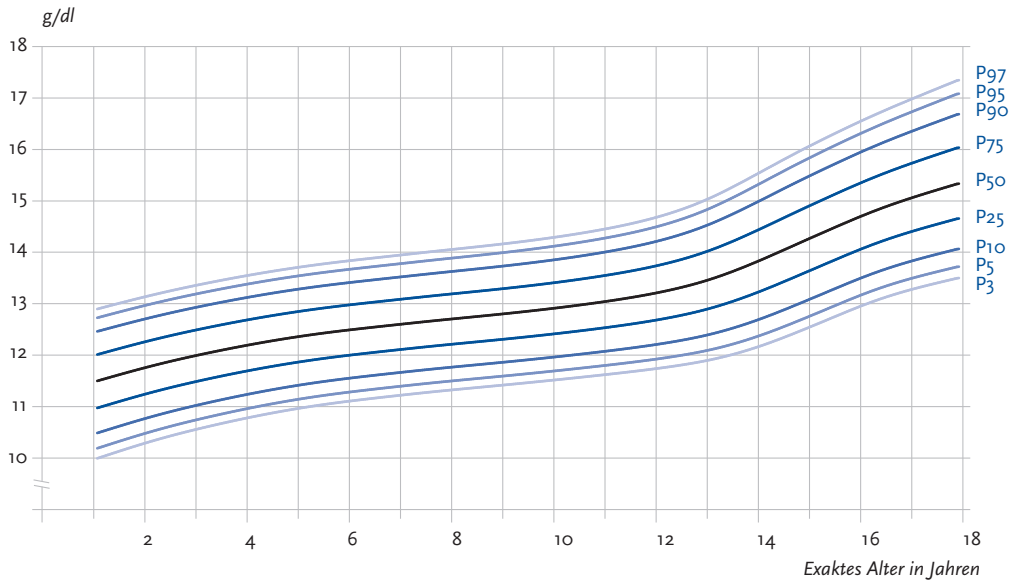
Danach liegt bei insgesamt ca. 7% der Mädchen und Jungen im Alter von 1 bis 17 Jahren eine Anämie vor. Bei beiden Geschlechtern werden die höchsten Prävalenzen in der jüngsten Altersgruppe (1 bis 2 Jahre) beobachtet.

## Hämoglobin

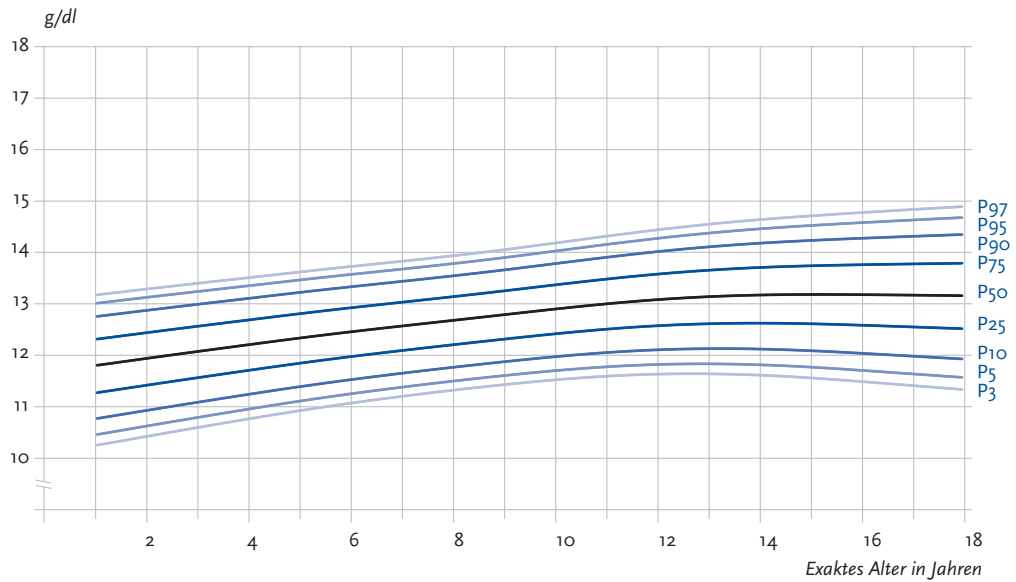
Geglättete Perzentilkurven für Hämoglobin (g/dl)  
Median



**Geglättete Perzentilkurven für Hämoglobin (g/dl)  
Jungen (N=7.205)**



**Geglättete Perzentilkurven für Hämoglobin (g/dl)  
Mädchen (N=6.870)**



Geglättete Perzentile für Hämoglobin (g/dl)  
Jungen (N=7.205)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	10,1	10,3	10,6	11,1	11,6	12,1	12,6	12,8	13,0
2	10,3	10,5	10,7	11,2	11,7	12,2	12,7	13,0	13,1
2,5	10,4	10,6	10,9	11,4	11,9	12,4	12,8	13,1	13,2
3	10,5	10,7	11,0	11,5	12,0	12,5	12,9	13,2	13,4
3,5	10,6	10,8	11,1	11,6	12,1	12,6	13,0	13,3	13,5
4	10,8	10,9	11,2	11,7	12,2	12,7	13,1	13,4	13,5
4,5	10,8	11,0	11,3	11,8	12,3	12,8	13,2	13,5	13,6
5	10,9	11,1	11,4	11,8	12,3	12,8	13,3	13,5	13,7
5,5	11,0	11,2	11,5	11,9	12,4	12,9	13,3	13,6	13,8
6	11,1	11,3	11,5	12,0	12,5	13,0	13,4	13,7	13,8
6,5	11,1	11,3	11,6	12,0	12,5	13,0	13,5	13,7	13,9
7	11,2	11,4	11,6	12,1	12,6	13,1	13,5	13,8	13,9
7,5	11,2	11,4	11,7	12,1	12,6	13,1	13,6	13,8	14,0
8	11,3	11,5	11,7	12,2	12,7	13,2	13,6	13,9	14,0
8,5	11,3	11,5	11,8	12,2	12,7	13,2	13,7	13,9	14,1
9	11,4	11,6	11,8	12,3	12,8	13,3	13,7	14,0	14,2
9,5	11,4	11,6	11,9	12,3	12,8	13,3	13,8	14,0	14,2
10	11,5	11,7	11,9	12,4	12,9	13,4	13,8	14,1	14,3
10,5	11,5	11,7	12,0	12,4	13,0	13,5	13,9	14,2	14,4
11	11,6	11,8	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,3	14,4
11,5	11,6	11,8	12,1	12,6	13,1	13,6	14,1	14,4	14,5
12	11,7	11,9	12,2	12,7	13,2	13,7	14,2	14,5	14,7
12,5	11,8	12,0	12,3	12,7	13,3	13,8	14,3	14,6	14,8
13	11,9	12,1	12,4	12,9	13,4	14,0	14,5	14,8	15,0
13,5	12,0	12,2	12,5	13,0	13,6	14,2	14,7	15,0	15,3
14	12,1	12,3	12,7	13,2	13,8	14,4	15,0	15,3	15,5
14,5	12,3	12,5	12,8	13,4	14,0	14,6	15,2	15,6	15,8
15	12,5	12,7	13,0	13,6	14,2	14,9	15,5	15,8	16,0
15,5	12,7	12,9	13,3	13,8	14,5	15,1	15,7	16,1	16,3
16	12,9	13,1	13,5	14,0	14,7	15,3	15,9	16,3	16,5
16,5	13,1	13,3	13,6	14,2	14,9	15,5	16,1	16,5	16,8
17	13,2	13,5	13,8	14,4	15,0	15,7	16,3	16,7	17,0
17,5	13,4	13,6	13,9	14,5	15,2	15,9	16,5	16,9	17,2

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für Hämoglobin (g/dl)  
Mädchen (N = 6.870)

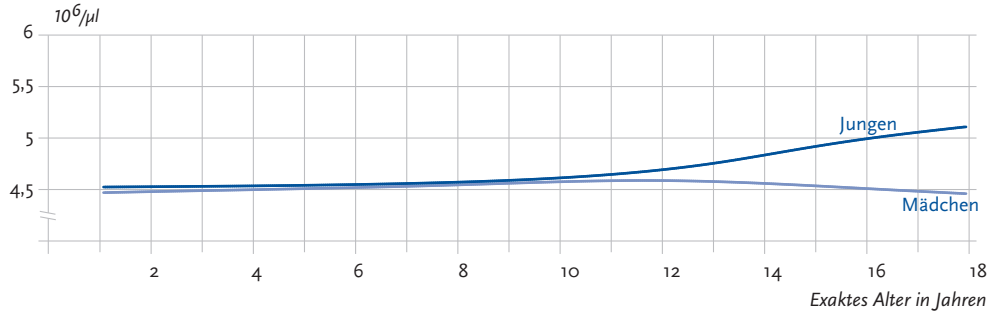
Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	10,3	10,5	10,8	11,3	11,9	12,4	12,8	13,1	13,2
2	10,4	10,6	10,9	11,4	11,9	12,4	12,9	13,1	13,3
2,5	10,5	10,7	11,0	11,5	12,0	12,5	12,9	13,2	13,3
3	10,6	10,8	11,1	11,5	12,1	12,5	13,0	13,2	13,4
3,5	10,7	10,8	11,1	11,6	12,1	12,6	13,0	13,3	13,4
4	10,7	10,9	11,2	11,7	12,2	12,7	13,1	13,3	13,5
4,5	10,8	11,0	11,3	11,8	12,3	12,7	13,2	13,4	13,6
5	10,9	11,1	11,4	11,8	12,3	12,8	13,2	13,5	13,6
5,5	11,0	11,2	11,4	11,9	12,4	12,9	13,3	13,5	13,7
6	11,0	11,2	11,5	12,0	12,4	12,9	13,3	13,6	13,7
6,5	11,1	11,3	11,6	12,0	12,5	13,0	13,4	13,6	13,8
7	11,2	11,4	11,6	12,1	12,6	13,0	13,4	13,7	13,8
7,5	11,2	11,4	11,7	12,1	12,6	13,1	13,5	13,7	13,9
8	11,3	11,5	11,7	12,2	12,7	13,1	13,5	13,8	13,9
8,5	11,4	11,5	11,8	12,2	12,7	13,2	13,6	13,8	14,0
9	11,4	11,6	11,9	12,3	12,8	13,2	13,6	13,9	14,0
9,5	11,5	11,6	11,9	12,3	12,8	13,3	13,7	14,0	14,1
10	11,5	11,7	11,9	12,4	12,9	13,4	13,8	14,0	14,2
10,5	11,5	11,7	12,0	12,4	12,9	13,4	13,8	14,1	14,2
11	11,6	11,8	12,0	12,5	13,0	13,5	13,9	14,1	14,3
11,5	11,6	11,8	12,1	12,5	13,0	13,5	14,0	14,2	14,4
12	11,6	11,8	12,1	12,6	13,1	13,6	14,0	14,3	14,4
12,5	11,6	11,8	12,1	12,6	13,1	13,6	14,1	14,3	14,5
13	11,6	11,8	12,1	12,6	13,1	13,6	14,1	14,4	14,5
13,5	11,6	11,8	12,1	12,6	13,1	13,7	14,1	14,4	14,6
14	11,6	11,8	12,1	12,6	13,2	13,7	14,2	14,4	14,6
14,5	11,6	11,8	12,1	12,6	13,2	13,7	14,2	14,5	14,7
15	11,5	11,7	12,1	12,6	13,2	13,7	14,2	14,5	14,7
15,5	11,5	11,7	12,0	12,6	13,2	13,7	14,2	14,5	14,7
16	11,5	11,7	12,0	12,6	13,2	13,7	14,3	14,6	14,8
16,5	11,4	11,6	12,0	12,6	13,2	13,8	14,3	14,6	14,8
17	11,4	11,6	12,0	12,5	13,2	13,8	14,3	14,6	14,8
17,5	11,3	11,6	11,9	12,5	13,1	13,8	14,3	14,6	14,9

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

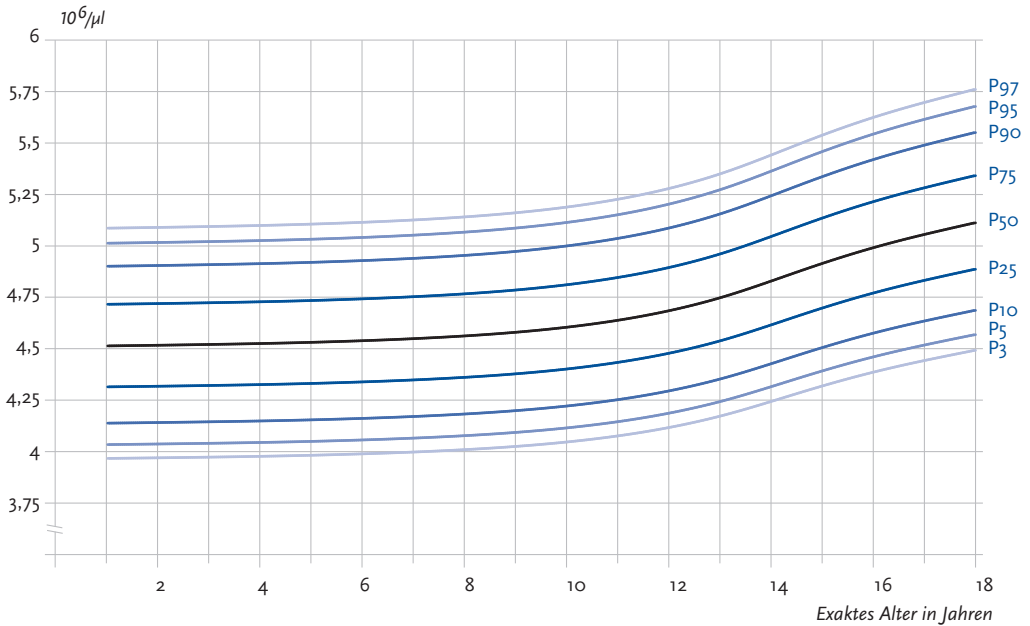


## Erythrozytenzahl

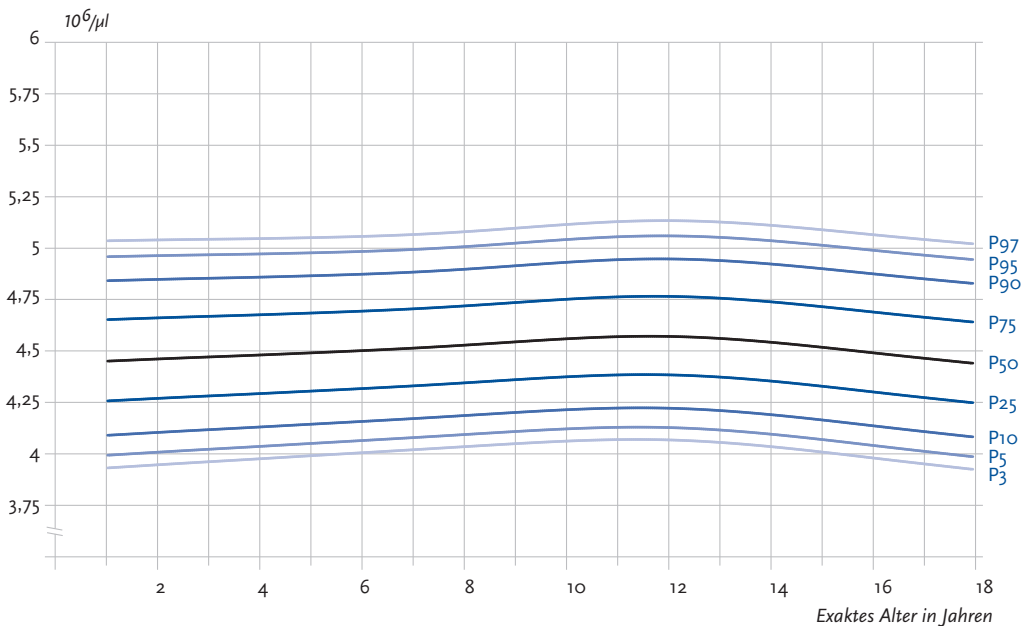
Geglättete Perzentilkurven für die Erythrozytenzahl ( $10^6/\mu\text{l}$ )  
Median



**Geglättete Perzentilkurven für die Erythrozytenzahl ( $10^6/\mu\text{l}$ )  
Jungen (N=7.204)**



**Geglättete Perzentilkurven für die Erythrozytenzahl ( $10^6/\mu\text{l}$ )  
Mädchen (N=6.869)**



Geglättete Perzentile für die Erythrozytenzahl ( $10^6/\mu\text{l}$ )  
Jungen (N=7.204)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	4,0	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
2	4,0	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
2,5	4,0	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
3	4,0	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
3,5	4,0	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
4	4,0	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
4,5	4,0	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
5	4,0	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
5,5	4,0	4,0	4,2	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
6	4,0	4,0	4,2	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
6,5	4,0	4,1	4,2	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
7	4,0	4,1	4,2	4,3	4,5	4,7	4,9	5,1	5,1
7,5	4,0	4,1	4,2	4,3	4,6	4,8	4,9	5,1	5,1
8	4,0	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,1	5,1
8,5	4,0	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,1	5,1
9	4,0	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,1	5,2
9,5	4,0	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,1	5,2
10	4,0	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,1	5,2
10,5	4,1	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,1	5,2
11	4,1	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,2
11,5	4,1	4,2	4,3	4,4	4,7	4,9	5,1	5,2	5,2
12	4,1	4,2	4,3	4,5	4,7	4,9	5,1	5,2	5,3
12,5	4,1	4,2	4,3	4,5	4,7	4,9	5,1	5,2	5,3
13	4,2	4,2	4,3	4,5	4,7	5,0	5,2	5,3	5,3
13,5	4,2	4,3	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,3	5,4
14	4,2	4,3	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,4
14,5	4,3	4,3	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3	5,4	5,5
15	4,3	4,4	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3	5,5	5,5
15,5	4,3	4,4	4,5	4,7	5,0	5,2	5,4	5,5	5,6
16	4,4	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,5	5,6
16,5	4,4	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,5	5,6	5,7
17	4,4	4,5	4,6	4,8	5,1	5,3	5,5	5,6	5,7
17,5	4,5	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3	5,5	5,6	5,7

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

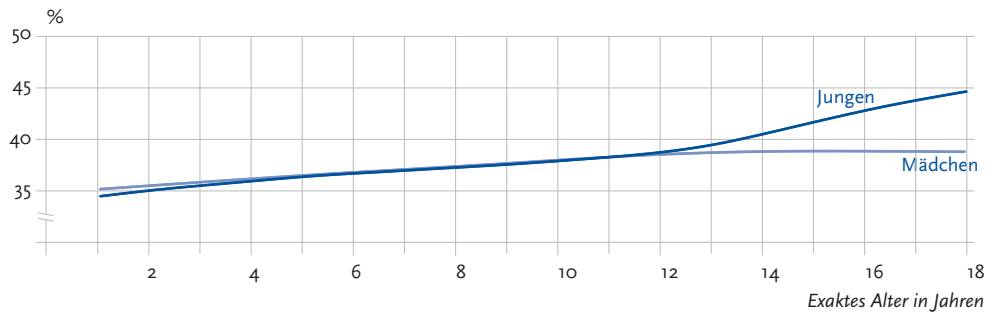
Geglättete Perzentile für die Erythrozytenzahl ( $10^6/\mu\text{l}$ )  
Mädchen (N = 6.869)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	3,9	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	4,8	5,0	5,0
2	3,9	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,0
2,5	4,0	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,0
3	4,0	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,0
3,5	4,0	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,0
4	4,0	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
4,5	4,0	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
5	4,0	4,1	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
5,5	4,0	4,1	4,2	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
6	4,0	4,1	4,2	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
6,5	4,0	4,1	4,2	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
7	4,0	4,1	4,2	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
7,5	4,0	4,1	4,2	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
8	4,0	4,1	4,2	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
8,5	4,0	4,1	4,2	4,4	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
9	4,1	4,1	4,2	4,4	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
9,5	4,1	4,1	4,2	4,4	4,6	4,7	4,9	5,0	5,1
10	4,1	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	4,9	5,0	5,1
10,5	4,1	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	4,9	5,1	5,1
11	4,1	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	4,9	5,1	5,1
11,5	4,1	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,1	5,1
12	4,1	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,1	5,1
12,5	4,1	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	4,9	5,1	5,1
13	4,1	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	4,9	5,1	5,1
13,5	4,0	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	4,9	5,0	5,1
14	4,0	4,1	4,2	4,4	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
14,5	4,0	4,1	4,2	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
15	4,0	4,1	4,2	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
15,5	4,0	4,1	4,2	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
16	4,0	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
16,5	4,0	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
17	4,0	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,0
17,5	3,9	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	4,8	5,0	5,0

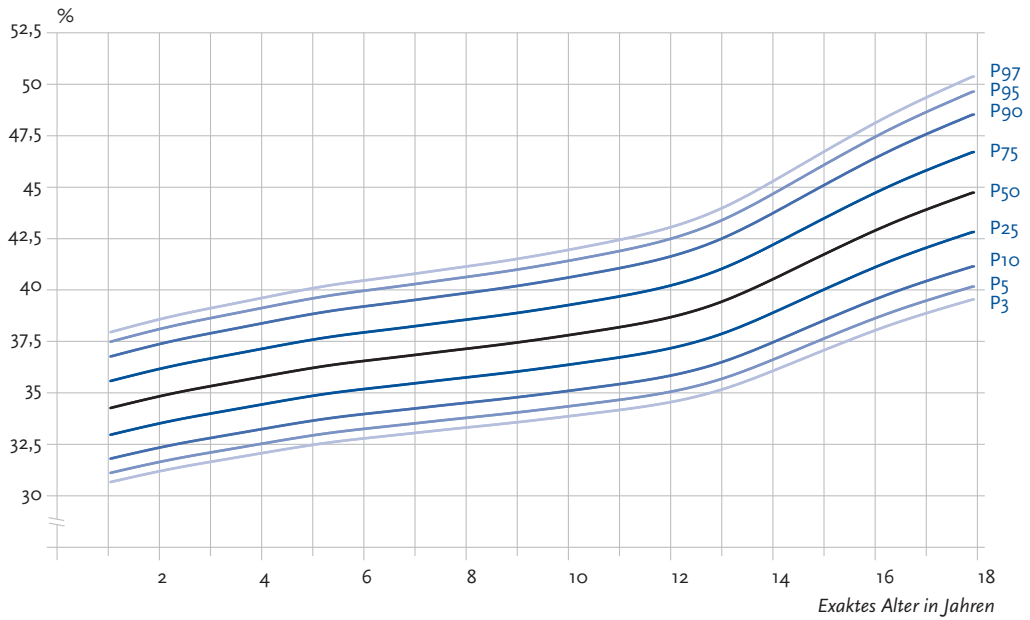
\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

## Hämatokrit

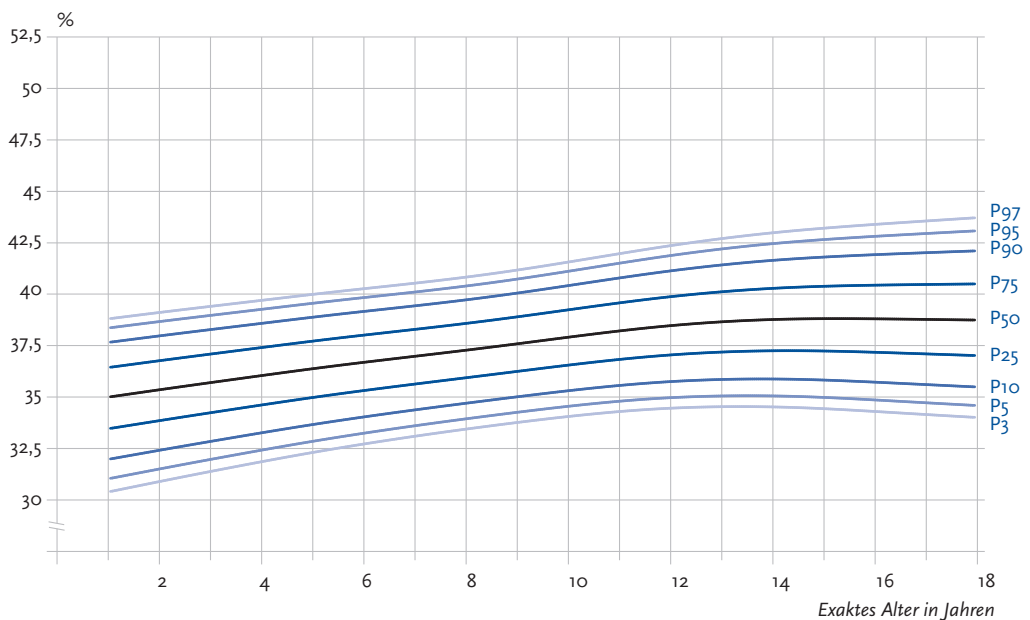
Geglättete Perzentilkurven für Hämatokrit (%)  
Median



**Geglättete Perzentilkurven für Hämatokrit (%)  
Jungen (N=7.206)**



**Geglättete Perzentilkurven für Hämatokrit (%)  
Mädchen (N=6.870)**



Geglättete Perzentile für Hämatokrit (%)  
Jungen (N=7.206)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	30,9	31,4	32,1	33,2	34,5	35,9	37,1	37,8	38,3
2	31,2	31,6	32,3	33,5	34,8	36,2	37,4	38,1	38,6
2,5	31,4	31,9	32,6	33,8	35,1	36,4	37,6	38,4	38,9
3	31,6	32,1	32,8	34,0	35,3	36,7	37,9	38,6	39,1
3,5	31,8	32,3	33,0	34,2	35,5	36,9	38,1	38,9	39,4
4	32,0	32,5	33,2	34,4	35,8	37,1	38,4	39,1	39,6
4,5	32,3	32,7	33,4	34,6	36,0	37,4	38,6	39,4	39,9
5	32,4	32,9	33,6	34,8	36,2	37,6	38,8	39,6	40,1
5,5	32,6	33,1	33,8	35,0	36,4	37,8	39,0	39,8	40,3
6	32,8	33,2	33,9	35,2	36,5	37,9	39,2	40,0	40,5
6,5	32,9	33,4	34,1	35,3	36,7	38,1	39,3	40,1	40,6
7	33,0	33,5	34,2	35,4	36,8	38,2	39,5	40,3	40,8
7,5	33,2	33,6	34,4	35,6	37,0	38,4	39,7	40,5	41,0
8	33,3	33,8	34,5	35,7	37,1	38,5	39,8	40,6	41,1
8,5	33,4	33,9	34,6	35,9	37,3	38,7	40,0	40,8	41,3
9	33,5	34,0	34,8	36,0	37,4	38,9	40,2	41,0	41,5
9,5	33,7	34,2	34,9	36,2	37,6	39,1	40,4	41,2	41,7
10	33,8	34,3	35,1	36,3	37,8	39,2	40,6	41,4	41,9
10,5	34,0	34,5	35,2	36,5	38,0	39,5	40,8	41,6	42,2
11	34,1	34,6	35,4	36,7	38,2	39,7	41,0	41,9	42,4
11,5	34,3	34,8	35,6	36,9	38,4	39,9	41,3	42,1	42,7
12	34,5	35,0	35,8	37,1	38,6	40,2	41,6	42,5	43,0
12,5	34,8	35,3	36,1	37,4	39,0	40,5	42,0	42,9	43,4
13	35,1	35,6	36,4	37,8	39,4	41,0	42,5	43,4	43,9
13,5	35,5	36,1	36,9	38,3	39,9	41,5	43,0	43,9	44,5
14	36,0	36,5	37,4	38,8	40,5	42,1	43,7	44,6	45,2
14,5	36,5	37,1	37,9	39,4	41,1	42,8	44,4	45,3	45,9
15	37,0	37,6	38,5	40,0	41,7	43,4	45,0	46,0	46,7
15,5	37,5	38,1	39,0	40,5	42,3	44,0	45,7	46,7	47,4
16	38,0	38,6	39,5	41,0	42,8	44,7	46,3	47,4	48,1
16,5	38,4	39,0	39,9	41,5	43,4	45,2	47,0	48,0	48,7
17	38,8	39,4	40,4	42,0	43,8	45,8	47,5	48,6	49,3
17,5	39,2	39,8	40,8	42,4	44,3	46,3	48,0	49,1	49,9

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für Hämatokrit (%)  
Mädchen (N = 6.870)

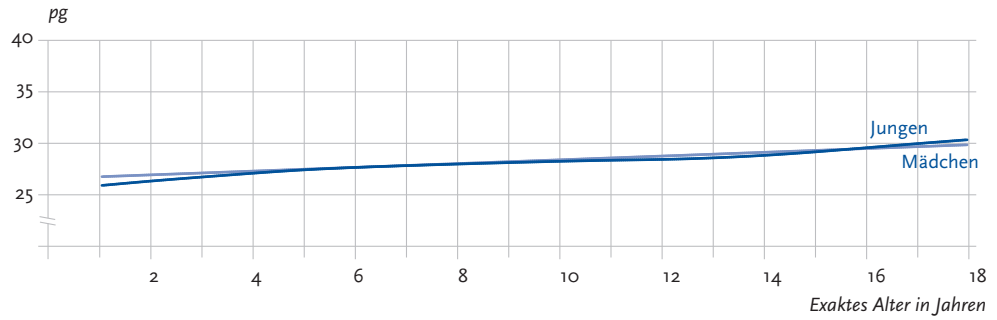
Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	30,6	31,2	32,1	33,6	35,1	36,6	37,8	38,5	38,9
2	30,8	31,4	32,4	33,8	35,3	36,7	37,9	38,6	39,1
2,5	31,1	31,7	32,6	34,0	35,5	36,9	38,1	38,8	39,2
3	31,3	31,9	32,8	34,2	35,7	37,0	38,2	38,9	39,4
3,5	31,6	32,1	33,0	34,4	35,8	37,2	38,4	39,1	39,5
4	31,8	32,4	33,2	34,6	36,0	37,4	38,5	39,2	39,7
4,5	32,0	32,6	33,4	34,7	36,2	37,5	38,7	39,4	39,8
5	32,2	32,8	33,6	34,9	36,3	37,7	38,8	39,5	40,0
5,5	32,5	33,0	33,8	35,1	36,5	37,8	39,0	39,7	40,1
6	32,7	33,2	34,0	35,3	36,6	38,0	39,1	39,8	40,2
6,5	32,8	33,4	34,1	35,4	36,8	38,1	39,3	39,9	40,4
7	33,0	33,5	34,3	35,6	36,9	38,2	39,4	40,1	40,5
7,5	33,2	33,7	34,5	35,7	37,1	38,4	39,5	40,2	40,6
8	33,4	33,9	34,6	35,9	37,2	38,5	39,7	40,4	40,8
8,5	33,5	34,0	34,8	36,0	37,4	38,7	39,8	40,5	41,0
9	33,7	34,2	35,0	36,2	37,5	38,9	40,0	40,7	41,1
9,5	33,8	34,3	35,1	36,3	37,7	39,0	40,2	40,9	41,3
10	34,0	34,5	35,2	36,5	37,9	39,2	40,4	41,1	41,5
10,5	34,1	34,6	35,4	36,6	38,0	39,4	40,6	41,3	41,7
11	34,2	34,7	35,5	36,8	38,2	39,5	40,8	41,5	41,9
11,5	34,3	34,8	35,6	36,9	38,3	39,7	40,9	41,7	42,1
12	34,4	34,9	35,7	37,0	38,4	39,8	41,1	41,8	42,3
12,5	34,4	35,0	35,8	37,1	38,5	40,0	41,2	42,0	42,5
13	34,5	35,0	35,8	37,1	38,6	40,1	41,4	42,2	42,7
13,5	34,5	35,0	35,8	37,2	38,7	40,2	41,5	42,3	42,8
14	34,5	35,0	35,8	37,2	38,7	40,2	41,6	42,4	43,0
14,5	34,4	35,0	35,8	37,2	38,8	40,3	41,7	42,5	43,1
15	34,4	34,9	35,8	37,2	38,8	40,3	41,8	42,6	43,2
15,5	34,3	34,9	35,7	37,2	38,8	40,4	41,8	42,7	43,3
16	34,2	34,8	35,7	37,1	38,8	40,4	41,9	42,8	43,4
16,5	34,2	34,7	35,6	37,1	38,7	40,4	41,9	42,9	43,5
17	34,1	34,7	35,6	37,1	38,7	40,4	42,0	42,9	43,5
17,5	34,0	34,6	35,5	37,0	38,7	40,5	42,0	43,0	43,6

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

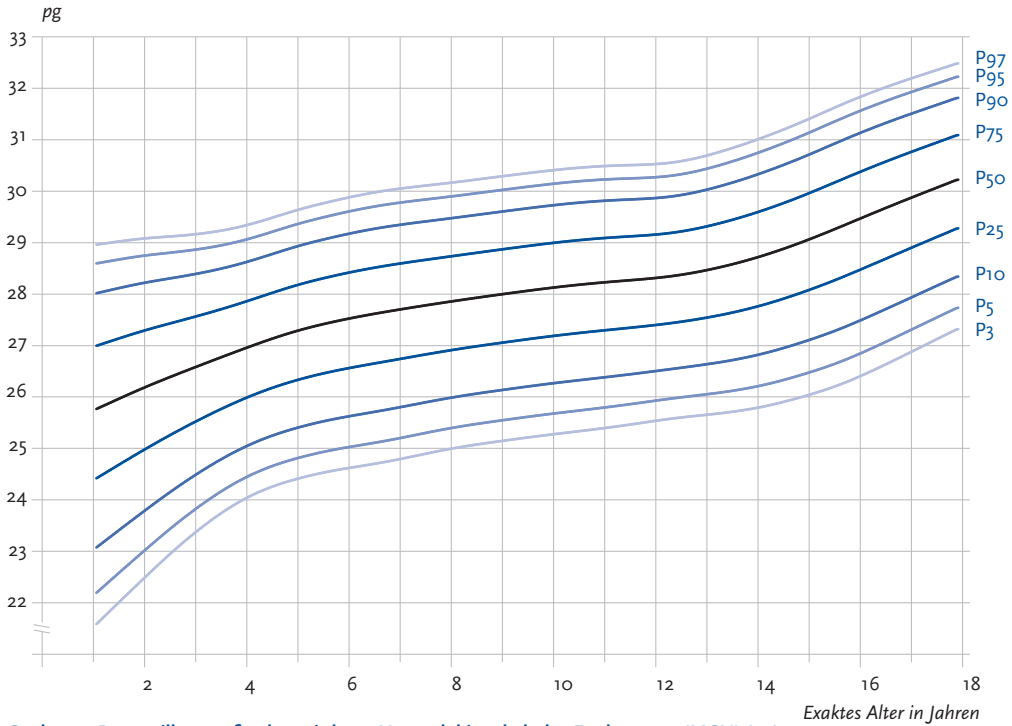


## Mittlerer Hämoglobingehalt des Erythrozyten (MCH)

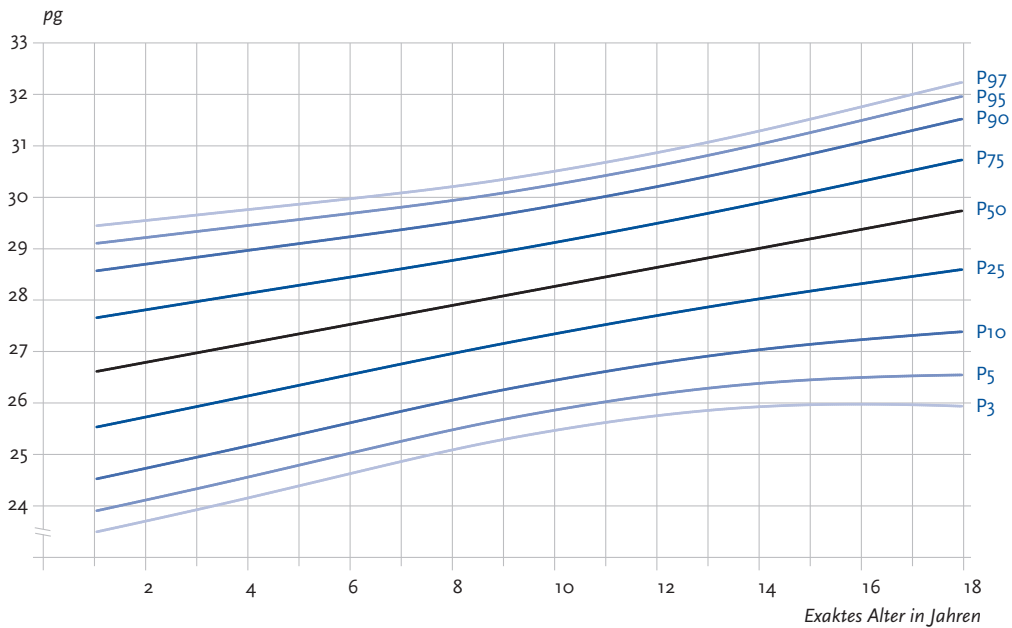
Geglättete Perzentilkurven für den mittleren Hämoglobingehalt des Erythrozyten (MCH) (pg)  
Median



**Geglättete Perzentilkurven für den mittleren Hämoglobingehalt des Erythrozyten (MCH) (pg)  
Jungen (N=7.206)**



**Geglättete Perzentilkurven für den mittleren Hämoglobingehalt des Erythrozyten (MCH) (pg)  
Mädchen (N=6.870)**



Geglättete Perzentile für den mittleren Hämoglobingehalt des Erythrozyten (MCH) (pg)  
Jungen (N=7.206)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	22,0	22,6	23,4	24,7	26,0	27,1	28,1	28,7	29,0
2	22,5	23,0	23,8	25,0	26,2	27,3	28,2	28,8	29,1
2,5	22,9	23,4	24,2	25,3	26,4	27,4	28,3	28,8	29,1
3	23,4	23,8	24,5	25,5	26,6	27,6	28,4	28,9	29,2
3,5	23,7	24,2	24,8	25,8	26,8	27,7	28,5	29,0	29,2
4	24,0	24,4	25,0	26,0	27,0	27,9	28,6	29,1	29,4
4,5	24,2	24,6	25,2	26,2	27,1	28,0	28,8	29,2	29,5
5	24,4	24,8	25,4	26,3	27,3	28,2	28,9	29,4	29,7
5,5	24,5	24,9	25,5	26,4	27,4	28,3	29,1	29,5	29,8
6	24,6	25,0	25,6	26,6	27,5	28,4	29,2	29,6	29,9
6,5	24,7	25,1	25,7	26,6	27,6	28,5	29,3	29,7	30,0
7	24,8	25,2	25,8	26,7	27,7	28,6	29,4	29,8	30,1
7,5	24,9	25,3	25,9	26,8	27,8	28,7	29,4	29,9	30,1
8	25,0	25,4	26,0	26,9	27,9	28,7	29,5	29,9	30,2
8,5	25,0	25,5	26,0	27,0	27,9	28,8	29,6	30,0	30,2
9	25,1	25,5	26,1	27,0	28,0	28,9	29,6	30,0	30,3
9,5	25,2	25,6	26,2	27,1	28,1	28,9	29,7	30,1	30,4
10	25,2	25,7	26,2	27,2	28,1	29,0	29,7	30,2	30,4
10,5	25,3	25,7	26,3	27,2	28,2	29,1	29,8	30,2	30,5
11	25,4	25,8	26,4	27,3	28,2	29,1	29,8	30,2	30,5
11,5	25,4	25,8	26,4	27,3	28,3	29,1	29,9	30,3	30,5
12	25,5	25,9	26,5	27,4	28,3	29,2	29,9	30,3	30,5
12,5	25,6	26,0	26,6	27,5	28,4	29,2	29,9	30,3	30,6
13	25,6	26,0	26,6	27,5	28,5	29,3	30,0	30,4	30,7
13,5	25,7	26,1	26,7	27,6	28,6	29,4	30,2	30,6	30,8
14	25,8	26,2	26,8	27,7	28,7	29,6	30,3	30,7	31,0
14,5	25,9	26,3	26,9	27,9	28,9	29,8	30,5	30,9	31,2
15	26,0	26,4	27,1	28,1	29,0	30,0	30,7	31,1	31,4
15,5	26,2	26,6	27,3	28,2	29,2	30,2	30,9	31,4	31,6
16	26,4	26,8	27,5	28,4	29,5	30,4	31,1	31,6	31,8
16,5	26,6	27,0	27,7	28,7	29,7	30,6	31,3	31,8	32,0
17	26,8	27,3	27,9	28,9	29,9	30,8	31,5	31,9	32,2
17,5	27,1	27,5	28,1	29,1	30,1	30,9	31,7	32,1	32,4

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für den mittleren Hämoglobingehalt des Erythrozyten (MCH) (pg)  
Mädchen (N = 6.870)

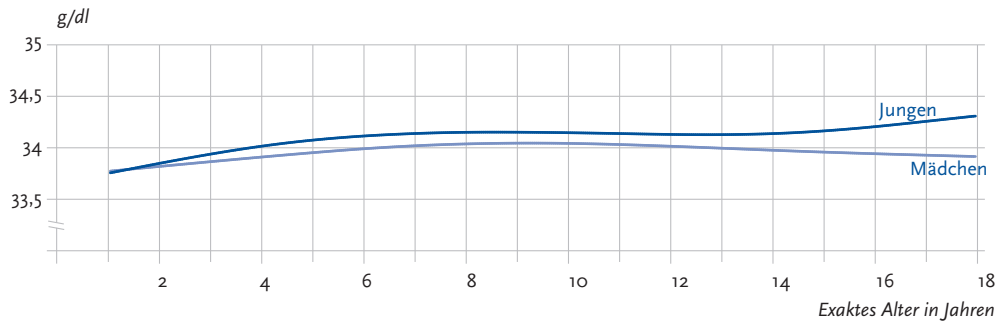
Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	23,6	24,0	24,6	25,6	26,7	27,7	28,6	29,2	29,5
2	23,7	24,1	24,7	25,7	26,8	27,8	28,7	29,2	29,6
2,5	23,8	24,2	24,8	25,8	26,9	27,9	28,8	29,3	29,6
3	23,9	24,3	24,9	25,9	27,0	28,0	28,8	29,3	29,7
3,5	24,0	24,4	25,1	26,0	27,1	28,1	28,9	29,4	29,7
4	24,1	24,6	25,2	26,1	27,2	28,1	29,0	29,5	29,8
4,5	24,3	24,7	25,3	26,2	27,3	28,2	29,0	29,5	29,8
5	24,4	24,8	25,4	26,3	27,3	28,3	29,1	29,6	29,9
5,5	24,5	24,9	25,5	26,4	27,4	28,4	29,2	29,6	29,9
6	24,6	25,0	25,6	26,6	27,5	28,5	29,2	29,7	30,0
6,5	24,7	25,1	25,7	26,7	27,6	28,5	29,3	29,8	30,0
7	24,9	25,2	25,8	26,8	27,7	28,6	29,4	29,8	30,1
7,5	25,0	25,4	25,9	26,9	27,8	28,7	29,5	29,9	30,2
8	25,1	25,5	26,0	27,0	27,9	28,8	29,5	30,0	30,2
8,5	25,2	25,6	26,2	27,1	28,0	28,9	29,6	30,0	30,3
9	25,3	25,7	26,3	27,2	28,1	29,0	29,7	30,1	30,4
9,5	25,4	25,8	26,3	27,3	28,2	29,0	29,8	30,2	30,4
10	25,5	25,9	26,4	27,3	28,3	29,1	29,9	30,3	30,5
10,5	25,5	25,9	26,5	27,4	28,4	29,2	29,9	30,3	30,6
11	25,6	26,0	26,6	27,5	28,5	29,3	30,0	30,4	30,7
11,5	25,7	26,1	26,7	27,6	28,5	29,4	30,1	30,5	30,8
12	25,7	26,2	26,8	27,7	28,6	29,5	30,2	30,6	30,9
12,5	25,8	26,2	26,8	27,8	28,7	29,6	30,3	30,7	31,0
13	25,8	26,3	26,9	27,9	28,8	29,7	30,4	30,8	31,1
13,5	25,9	26,3	27,0	27,9	28,9	29,8	30,5	30,9	31,2
14	25,9	26,4	27,0	28,0	29,0	29,9	30,6	31,0	31,3
14,5	25,9	26,4	27,1	28,1	29,1	30,0	30,7	31,2	31,4
15	26,0	26,4	27,1	28,2	29,2	30,1	30,9	31,3	31,5
15,5	26,0	26,5	27,2	28,2	29,3	30,2	31,0	31,4	31,7
16	26,0	26,5	27,2	28,3	29,4	30,3	31,1	31,5	31,8
16,5	26,0	26,5	27,3	28,4	29,5	30,4	31,2	31,6	31,9
17	26,0	26,5	27,3	28,5	29,6	30,5	31,3	31,7	32,0
17,5	25,9	26,5	27,3	28,5	29,7	30,6	31,4	31,9	32,1

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

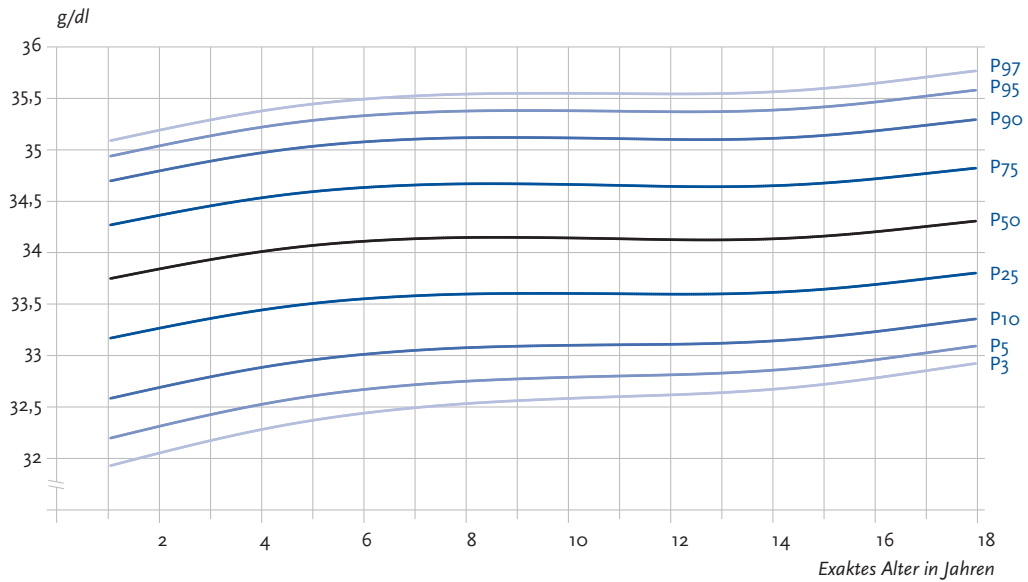
## Mittlere Hämoglobinkonzentration der Erythrozyten (MCHC)

Geglättete Perzentilkurven für die mittlere Hämoglobinkonzentration der Erythrozyten (MCHC) (g/dl)

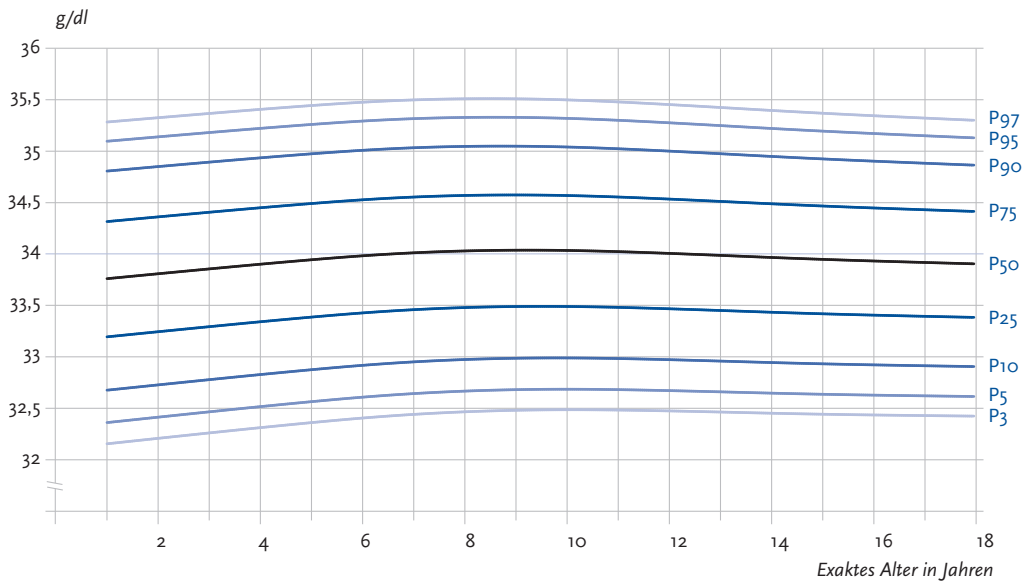
Median



**Geglättete Perzentilkurven für die mittlere Hämoglobinkonzentration der Erythrozyten (MCHC) (g/dl)  
Jungen (N=7.206)**



**Geglättete Perzentilkurven für die mittlere Hämoglobinkonzentration der Erythrozyten (MCHC) (g/dl)  
Mädchen (N=6.870)**



Geglättete Perzentile für die mittlere Hämoglobinkonzentration der Erythrozyten (MCHC) (g/dl)  
Jungen (N=7.206)

Alter**	P <sub>3</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>10</sub>	P <sub>25</sub>	P <sub>50</sub> (Median)	P <sub>75</sub>	P <sub>90</sub>	P <sub>95</sub>	P <sub>97</sub>
1,5	32,0	32,3	32,6	33,2	33,8	34,3	34,8	35,0	35,1
2	32,0	32,3	32,7	33,3	33,8	34,4	34,8	35,0	35,2
2,5	32,1	32,4	32,7	33,3	33,9	34,4	34,8	35,1	35,2
3	32,2	32,4	32,8	33,4	33,9	34,5	34,9	35,1	35,3
3,5	32,2	32,5	32,8	33,4	34,0	34,5	34,9	35,2	35,3
4	32,3	32,5	32,9	33,4	34,0	34,5	35,0	35,2	35,4
4,5	32,3	32,6	32,9	33,5	34,0	34,6	35,0	35,3	35,4
5	32,4	32,6	33,0	33,5	34,1	34,6	35,0	35,3	35,5
5,5	32,4	32,6	33,0	33,5	34,1	34,6	35,1	35,3	35,5
6	32,4	32,7	33,0	33,5	34,1	34,6	35,1	35,3	35,5
6,5	32,5	32,7	33,0	33,6	34,1	34,6	35,1	35,4	35,5
7	32,5	32,7	33,0	33,6	34,1	34,7	35,1	35,4	35,5
7,5	32,5	32,7	33,1	33,6	34,1	34,7	35,1	35,4	35,5
8	32,5	32,7	33,1	33,6	34,1	34,7	35,1	35,4	35,5
8,5	32,5	32,8	33,1	33,6	34,1	34,7	35,1	35,4	35,6
9	32,6	32,8	33,1	33,6	34,1	34,7	35,1	35,4	35,6
9,5	32,6	32,8	33,1	33,6	34,1	34,7	35,1	35,4	35,6
10	32,6	32,8	33,1	33,6	34,1	34,7	35,1	35,4	35,6
10,5	32,6	32,8	33,1	33,6	34,1	34,7	35,1	35,4	35,6
11	32,6	32,8	33,1	33,6	34,1	34,7	35,1	35,4	35,6
11,5	32,6	32,8	33,1	33,6	34,1	34,7	35,1	35,4	35,5
12	32,6	32,8	33,1	33,6	34,1	34,6	35,1	35,4	35,5
12,5	32,6	32,8	33,1	33,6	34,1	34,6	35,1	35,4	35,5
13	32,6	32,8	33,1	33,6	34,1	34,6	35,1	35,4	35,6
13,5	32,6	32,8	33,1	33,6	34,1	34,6	35,1	35,4	35,6
14	32,7	32,9	33,1	33,6	34,1	34,7	35,1	35,4	35,6
14,5	32,7	32,9	33,2	33,6	34,1	34,7	35,1	35,4	35,6
15	32,7	32,9	33,2	33,6	34,2	34,7	35,1	35,4	35,6
15,5	32,7	32,9	33,2	33,7	34,2	34,7	35,2	35,4	35,6
16	32,8	33,0	33,2	33,7	34,2	34,7	35,2	35,5	35,7
16,5	32,8	33,0	33,3	33,7	34,2	34,7	35,2	35,5	35,7
17	32,8	33,0	33,3	33,7	34,3	34,8	35,2	35,5	35,7
17,5	32,9	33,1	33,3	33,8	34,3	34,8	35,3	35,6	35,7

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für die mittlere Hämoglobinkonzentration der Erythrozyten (MCHC) (g/dl)  
Mädchen (N = 6.870)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	32,2	32,4	32,7	33,2	33,8	34,3	34,8	35,1	35,3
2	32,2	32,4	32,7	33,3	33,8	34,4	34,8	35,1	35,3
2,5	32,2	32,5	32,8	33,3	33,8	34,4	34,9	35,2	35,3
3	32,3	32,5	32,8	33,3	33,9	34,4	34,9	35,2	35,4
3,5	32,3	32,5	32,8	33,3	33,9	34,4	34,9	35,2	35,4
4	32,3	32,5	32,8	33,3	33,9	34,5	34,9	35,2	35,4
4,5	32,3	32,6	32,9	33,4	33,9	34,5	35,0	35,2	35,4
5	32,4	32,6	32,9	33,4	33,9	34,5	35,0	35,3	35,4
5,5	32,4	32,6	32,9	33,4	34,0	34,5	35,0	35,3	35,5
6	32,4	32,6	32,9	33,4	34,0	34,5	35,0	35,3	35,5
6,5	32,4	32,6	32,9	33,4	34,0	34,5	35,0	35,3	35,5
7	32,5	32,7	33,0	33,5	34,0	34,6	35,0	35,3	35,5
7,5	32,5	32,7	33,0	33,5	34,0	34,6	35,0	35,3	35,5
8	32,5	32,7	33,0	33,5	34,0	34,6	35,0	35,3	35,5
8,5	32,5	32,7	33,0	33,5	34,0	34,6	35,0	35,3	35,5
9	32,5	32,7	33,0	33,5	34,0	34,6	35,0	35,3	35,5
9,5	32,5	32,7	33,0	33,5	34,0	34,6	35,0	35,3	35,5
10	32,5	32,7	33,0	33,5	34,0	34,6	35,0	35,3	35,5
10,5	32,5	32,7	33,0	33,5	34,0	34,6	35,0	35,3	35,5
11	32,5	32,7	33,0	33,5	34,0	34,6	35,0	35,3	35,5
11,5	32,5	32,7	33,0	33,5	34,0	34,5	35,0	35,3	35,5
12	32,5	32,7	33,0	33,5	34,0	34,5	35,0	35,3	35,4
12,5	32,5	32,7	33,0	33,5	34,0	34,5	35,0	35,3	35,4
13	32,5	32,7	33,0	33,5	34,0	34,5	35,0	35,2	35,4
13,5	32,5	32,7	33,0	33,4	34,0	34,5	35,0	35,2	35,4
14	32,5	32,7	33,0	33,4	34,0	34,5	34,9	35,2	35,4
14,5	32,5	32,7	32,9	33,4	34,0	34,5	34,9	35,2	35,4
15	32,5	32,6	32,9	33,4	34,0	34,5	34,9	35,2	35,4
15,5	32,4	32,6	32,9	33,4	33,9	34,5	34,9	35,2	35,4
16	32,4	32,6	32,9	33,4	33,9	34,4	34,9	35,2	35,3
16,5	32,4	32,6	32,9	33,4	33,9	34,4	34,9	35,2	35,3
17	32,4	32,6	32,9	33,4	33,9	34,4	34,9	35,1	35,3
17,5	32,4	32,6	32,9	33,4	33,9	34,4	34,9	35,1	35,3

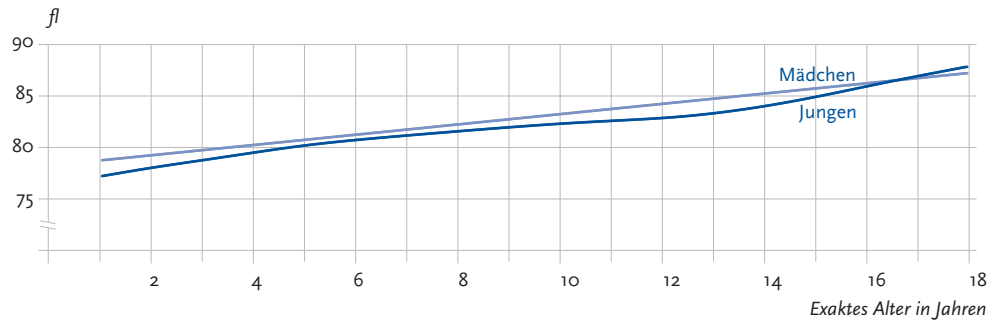
\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)



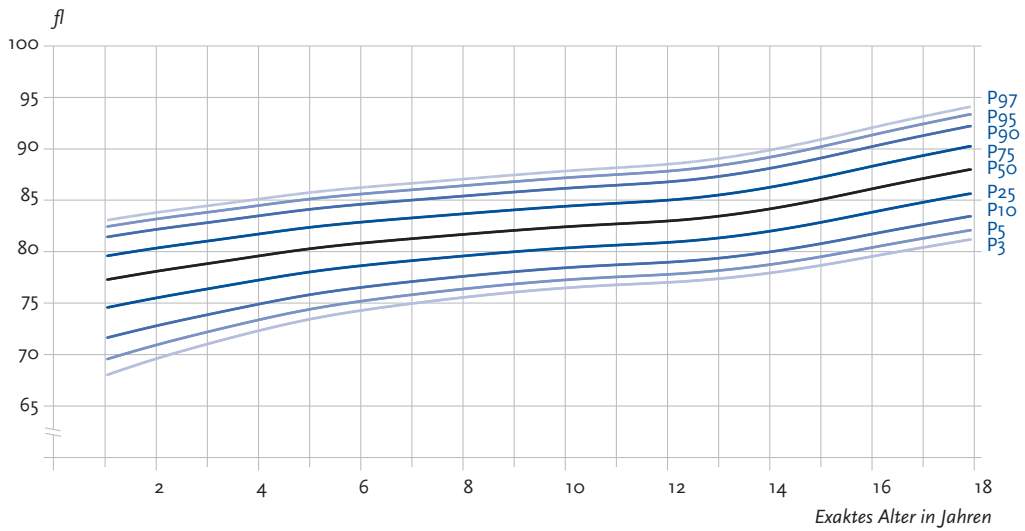
## Erythrozytenvolumen (MCV)

Geglättete Perzentilkurven für das Erythrozytenvolumen (MCV) (fl)

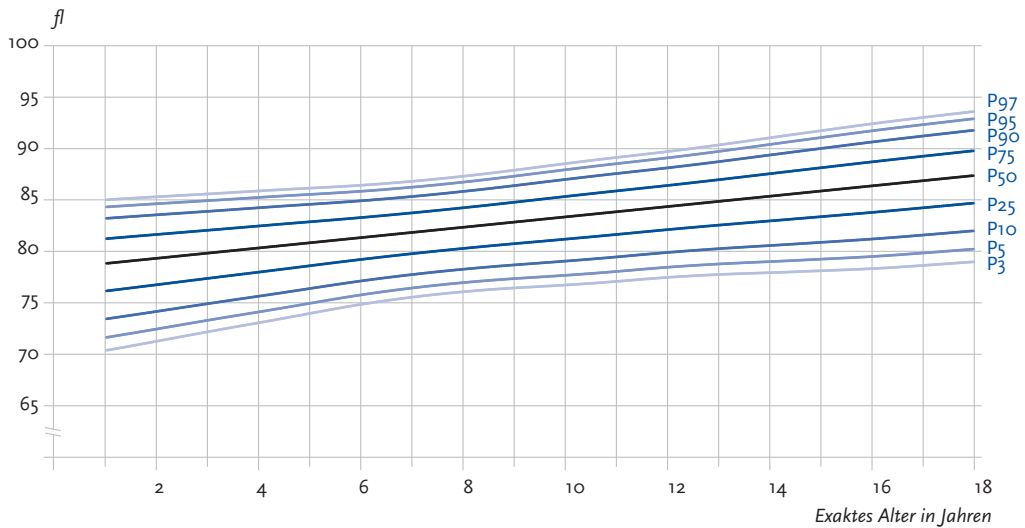
Median



**Geglättete Perzentilkurven für das Erythrozytenvolumen (MCV) (f)**  
**Jungen (N=7.206)**



**Geglättete Perzentilkurven für das Erythrozytenvolumen (MCV) (f)**  
**Mädchen (N=6.870)**



Geglättete Perzentile für das Erythrozytenvolumen (MCV) (fl)  
Jungen (N=7.206)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	68,7	70,1	72,1	74,9	77,6	79,9	81,7	82,7	83,4
2	69,5	70,8	72,7	75,4	78,0	80,3	82,1	83,1	83,7
2,5	70,2	71,5	73,2	75,9	78,4	80,6	82,4	83,4	84,1
3	70,9	72,1	73,8	76,3	78,8	81,0	82,8	83,8	84,4
3,5	71,6	72,7	74,3	76,7	79,1	81,3	83,1	84,1	84,7
4	72,2	73,3	74,8	77,1	79,5	81,6	83,4	84,4	85,1
4,5	72,8	73,8	75,3	77,6	79,9	82,0	83,7	84,7	85,4
5	73,3	74,3	75,7	77,9	80,2	82,3	84,0	85,0	85,7
5,5	73,8	74,7	76,1	78,2	80,5	82,6	84,3	85,3	85,9
6	74,2	75,1	76,4	78,5	80,7	82,8	84,5	85,5	86,2
6,5	74,5	75,4	76,7	78,8	81,0	83,0	84,7	85,7	86,4
7	74,8	75,7	77,0	79,0	81,2	83,2	84,9	85,9	86,6
7,5	75,1	76,0	77,2	79,3	81,4	83,4	85,1	86,1	86,8
8	75,4	76,2	77,5	79,5	81,6	83,6	85,3	86,3	87,0
8,5	75,7	76,5	77,7	79,7	81,8	83,8	85,5	86,5	87,2
9	75,9	76,7	77,9	79,9	82,0	84,0	85,7	86,7	87,4
9,5	76,2	76,9	78,1	80,1	82,2	84,2	85,9	86,9	87,6
10	76,4	77,1	78,3	80,2	82,3	84,3	86,1	87,1	87,8
10,5	76,5	77,3	78,5	80,4	82,5	84,5	86,2	87,3	87,9
11	76,7	77,4	78,6	80,5	82,6	84,6	86,4	87,4	88,1
11,5	76,8	77,5	78,7	80,7	82,7	84,8	86,5	87,6	88,2
12	76,9	77,7	78,9	80,8	82,9	84,9	86,7	87,8	88,4
12,5	77,0	77,8	79,0	81,0	83,1	85,1	86,9	88,0	88,7
13	77,2	78,0	79,2	81,2	83,3	85,4	87,2	88,3	89,0
13,5	77,5	78,3	79,5	81,5	83,7	85,8	87,6	88,7	89,3
14	77,8	78,6	79,8	81,9	84,0	86,2	88,0	89,1	89,8
14,5	78,1	79,0	80,2	82,3	84,5	86,6	88,5	89,6	90,3
15	78,5	79,4	80,6	82,7	84,9	87,1	89,0	90,1	90,8
15,5	78,9	79,8	81,1	83,2	85,5	87,6	89,5	90,7	91,4
16	79,4	80,3	81,6	83,7	86,0	88,2	90,1	91,2	91,9
16,5	79,8	80,7	82,0	84,2	86,5	88,7	90,6	91,8	92,5
17	80,3	81,1	82,5	84,7	87,0	89,2	91,2	92,3	93,0
17,5	80,7	81,6	82,9	85,1	87,5	89,7	91,7	92,8	93,6

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für das Erythrozytenvolumen (MCV) (fl)  
Mädchen (N = 6.870)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	70,7	71,9	73,7	76,3	79,0	81,4	83,3	84,4	85,1
2	71,1	72,3	74,0	76,7	79,2	81,6	83,5	84,6	85,2
2,5	71,6	72,8	74,4	77,0	79,5	81,8	83,6	84,7	85,4
3	72,1	73,2	74,8	77,3	79,7	82,0	83,8	84,9	85,5
3,5	72,5	73,6	75,2	77,6	80,0	82,2	84,0	85,0	85,7
4	72,9	74,0	75,5	77,9	80,2	82,4	84,2	85,2	85,8
4,5	73,4	74,4	75,9	78,2	80,5	82,6	84,3	85,3	85,9
5	73,9	74,8	76,3	78,5	80,7	82,8	84,5	85,5	86,1
5,5	74,3	75,3	76,7	78,8	81,0	83,0	84,7	85,6	86,2
6	74,7	75,7	77,0	79,1	81,3	83,2	84,8	85,8	86,4
6,5	75,1	76,0	77,3	79,4	81,5	83,4	85,0	86,0	86,5
7	75,4	76,3	77,6	79,7	81,8	83,7	85,3	86,2	86,7
7,5	75,7	76,6	77,9	79,9	82,0	83,9	85,5	86,4	87,0
8	76,0	76,9	78,2	80,2	82,3	84,2	85,8	86,7	87,2
8,5	76,2	77,1	78,4	80,4	82,5	84,4	86,0	86,9	87,5
9	76,3	77,2	78,6	80,7	82,8	84,7	86,3	87,2	87,8
9,5	76,5	77,4	78,8	80,9	83,0	85,0	86,6	87,6	88,2
10	76,6	77,6	79,0	81,1	83,3	85,3	86,9	87,9	88,5
10,5	76,8	77,7	79,1	81,3	83,5	85,5	87,2	88,2	88,8
11	77,0	77,9	79,4	81,6	83,8	85,8	87,5	88,5	89,1
11,5	77,2	78,2	79,6	81,8	84,0	86,1	87,8	88,7	89,4
12	77,4	78,3	79,8	82,0	84,3	86,3	88,1	89,0	89,6
12,5	77,5	78,5	80,0	82,2	84,5	86,6	88,4	89,3	90,0
13	77,6	78,7	80,2	82,5	84,8	86,9	88,7	89,7	90,3
13,5	77,7	78,8	80,3	82,7	85,0	87,2	89,0	90,0	90,6
14	77,8	78,9	80,5	82,9	85,3	87,5	89,3	90,3	91,0
14,5	77,9	79,0	80,6	83,1	85,5	87,8	89,6	90,7	91,3
15	78,0	79,1	80,8	83,3	85,8	88,1	89,9	91,0	91,7
15,5	78,1	79,3	80,9	83,5	86,0	88,4	90,3	91,3	92,0
16	78,2	79,4	81,1	83,7	86,3	88,6	90,6	91,7	92,4
16,5	78,4	79,6	81,3	83,9	86,5	88,9	90,9	92,0	92,7
17	78,5	79,7	81,5	84,2	86,8	89,2	91,2	92,3	93,0
17,5	78,7	79,9	81,7	84,4	87,1	89,5	91,4	92,6	93,3

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)



## 2.2 Eisenstoffwechsel

### Klinische und epidemiologische Bedeutung

Das Metall Eisen spielt eine essentielle Rolle im Organismus, v. a. für den Energiestoffwechsel (Enzymfunktion, Muskelaufbau, ZNS-Entwicklung), die Hämoglobinsynthese (Sauerstofftransport) und das Immunsystem. Die häufigste klinische Manifestation einer Störung des Eisenhaushaltes ist der Eisenmangel. Bei schweren Formen kommt es zur Eisenmangelanämie, mit Störungen der Infektabwehr, der mentalen und muskulären Funktionen und des Neurotransmittersystems. Atomares Eisen ist toxisch und liegt in biologischen Systemen nur in organisch gebundener Form vor. Wesentliche Bindungsproteine sind z. B. Hämoproteine (Hämo-, Myoglobin), Enzyme (Cytochrome, Eisen-Schwefel-Proteine) sowie Transport- und Speicherproteine (Transferrin, Ferritin) [1].

Eisen ist unlöslich, deshalb entwickelt der Organismus spezifische Bedingungen (saureres Milieu im Magen) bzw. Strategien (chemische Reduktion, Proteinbindung), um die Aufnahme im Darm zu ermöglichen. Die Eisenaufnahme des Körpers kann durch vielfältige Ursachen vermindert oder gestört sein (z. B. ernährungsbedingt) oder es kann zu erhöhtem Verbrauch bzw. Verlusten kommen (normales Wachstum, Tumore, Blutverlust). Eisen und Ferritin werden auch von anderen endo- und exogenen Faktoren beeinflusst wie z. B. akuten Infekten (»Akute-Phase-Reaktion«) oder chronischen Entzündungen. Ein Eisendefizit kann sich laborchemisch sehr unterschiedlich darstellen, zeigt sich aber in der Regel zunächst durch Verminderung der Eisenreserve (Ferritin). Das Serum-Eisen ist ein später und damit ungeeigneter Indikator für einen Eisenmangel [1].

Der Transferrin-Rezeptor transportiert Eisen in die Zielzellen und ist in abgebauter, gelöster Form (s-TfR) im Serum messbar. Zur Diagnostik eines vermuteten Eisenmangels werden s-TfR und Ferritin kombiniert herangezogen (Ferritin-Index: Quotient sTfR / logFerritin) [1].

### Referenzwerte

Referenzwerte sind grundsätzlich abhängig von der Messmethode und der gewählten Referenzpopulation [1]. Insbesondere beim Serum-

Eisen kann auch die Präanalytik die Messwerte beeinflussen. Referenzwerte basieren nicht selten auf kleinen Stichproben mit begrenzter Repräsentativität und variabler Standardisierung. Bevölkerungsbezogene Untersuchungen zum Eisenstoffwechsel werden seit den 1970er-Jahren in den USA durchgeführt [2, 3], basieren aber auf z. T. anderen Methoden bzw. Parametern (Transferrinsättigung, totale Eisenbindungskapazität; zur in KiGGS verwendeten Methodik siehe Tabelle 3, Seite 7) und spezifischen Altersgruppen (z. B. nur Kleinkinder). Verfügbare Studiendaten zum Eisenstoffwechsel sind deshalb nicht bzw. nur bedingt auf die in KiGGS erhobenen Daten übertragbar [4, 5, 6, 7, 8, 9].

### Interpretation

Eisen-Blutspiegel weisen eine ausgeprägte inter- und intraindividuelle Variabilität bzw. ausgeprägte Schwankungen im Tagesverlauf auf, der Verteilungsbereich in den Perzentilkurven ist deshalb relativ breit. Die Eisenkonzentration im Serum ist bei Mädchen und Jungen vor der Pubertät nahezu identisch und bis zur Pubertät mit einem nur geringen Anstieg sehr stabil. Der leichte Unterschied am linken Rand der Mediankurve ist wahrscheinlich auf zufällige Schwankungen zurückzuführen. Mit der Pubertät entwickeln sich die Eisenkonzentrationen bei Jungen und Mädchen auseinander, die Verteilung (Median) ähnelt stark der des Hämoglobins. Dies spiegelt den Zusammenhang zwischen Eisenumsatz und Hämoglobinsynthese wider. Ab dem 13. Lebensjahr steigen die Werte bei den Jungen – im Gegensatz zu den Mädchen – an. Die Ferritinwerte im Serum zeigen bis zum Ende des 14. Lebensjahres zwischen Mädchen und Jungen keinen Unterschied, danach steigt der Serumspiegel bei den Jungen stark an, bei den Mädchen bleibt er unverändert.

Insgesamt zeigt sich bei beiden Parametern bei Jugendlichen eine stärkere Variabilität der Werte als bei jüngeren Kindern, eine mögliche Erklärung stellt z. B. die pubertätsbedingt beschleunigte, individuell jedoch sehr unterschiedliche Zunahme der Muskelmasse dar.

Die Ausprägung der Serumwerte für s-TfR erklärt sich durch die negative Assoziation zum

Eisenspiegel (ein anhaltend niedriger Eisenspiegel im Serum führt zur vermehrten Präsentation von Transferrin-Rezeptoren und damit zu höheren s-TfR-Werten).

### Methodische Besonderheiten

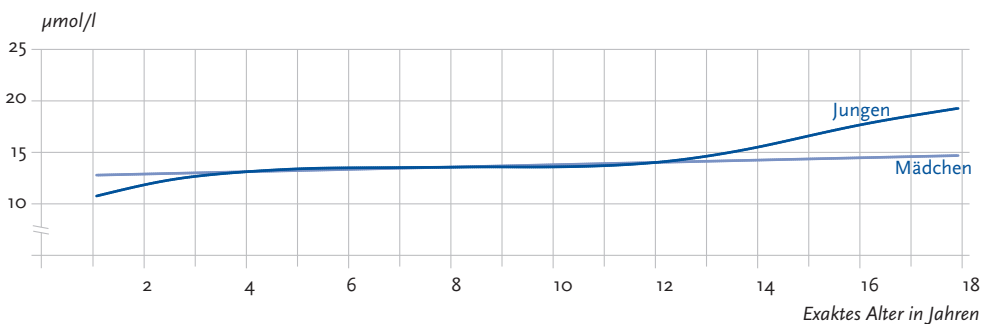
Für die Berechnung der Perzentilkurven für Ferritin wurden Kinder ab dem 4. Lebensjahr einbezogen. Probanden mit erhöhten CRP-Werten (2,8 mg/l und mehr für Unter-16-Jährige, 5,0 mg/l und mehr für 16- und 17-Jährige [5]) wurden ausgeschlossen, da Ferritin bei akuten entzündlichen Prozessen zur Beurteilung der Eisenspeicher nicht mehr geeignet ist.

Insgesamt liegen aufgrund begrenzter Ressourcen für s-TfR Ergebnisse nur für eine geringere Anzahl von Probandinnen und Probanden vor.

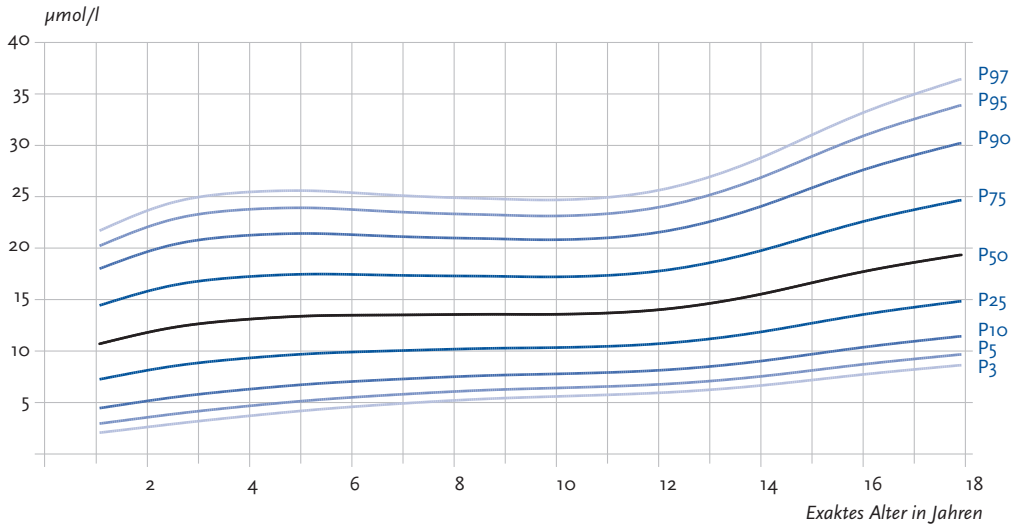
## Eisen

### Geglättete Perzentilkurven für Eisen ( $\mu\text{mol/l}$ )

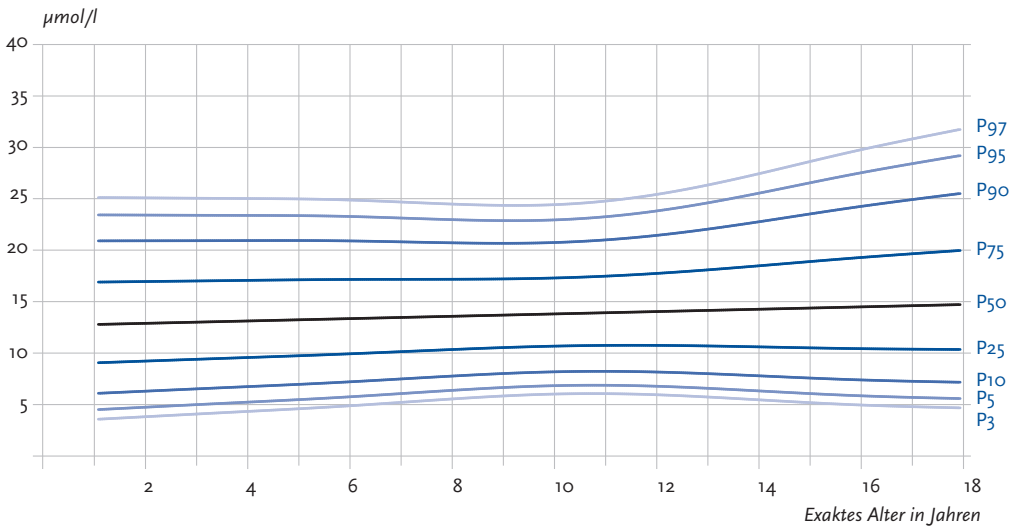
#### Median



### Geglättete Perzentilkurven für Eisen ( $\mu\text{mol/l}$ ) Jungen (N=7.292)



### Geglättete Perzentilkurven für Eisen ( $\mu\text{mol/l}$ ) Mädchen (N=6.948)





Geglättete Perzentile für Eisen ( $\mu\text{mol/l}$ )  
Jungen (N=7.292)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	2,1	3,0	4,6	7,5	11,2	15,1	18,9	21,2	22,8
2	2,4	3,4	5,0	8,0	11,7	15,8	19,7	22,1	23,8
2,5	2,7	3,7	5,3	8,4	12,2	16,4	20,4	22,9	24,5
3	3,0	4,0	5,6	8,7	12,5	16,7	20,8	23,3	25,0
3,5	3,2	4,2	5,9	9,0	12,8	17,0	21,1	23,6	25,3
4	3,5	4,5	6,1	9,2	13,0	17,2	21,2	23,8	25,5
4,5	3,7	4,7	6,3	9,4	13,2	17,3	21,4	23,9	25,6
5	4,0	4,9	6,5	9,5	13,3	17,4	21,4	23,9	25,6
5,5	4,2	5,1	6,7	9,7	13,3	17,4	21,4	23,9	25,5
6	4,4	5,3	6,9	9,8	13,4	17,4	21,3	23,8	25,4
6,5	4,5	5,5	7,0	9,8	13,4	17,3	21,2	23,6	25,3
7	4,7	5,6	7,1	9,9	13,4	17,3	21,1	23,5	25,1
7,5	4,9	5,7	7,2	10,0	13,4	17,3	21,0	23,4	25,0
8	5,0	5,9	7,3	10,0	13,4	17,2	21,0	23,3	24,9
8,5	5,1	6,0	7,4	10,1	13,5	17,2	20,9	23,3	24,9
9	5,2	6,1	7,5	10,1	13,5	17,2	20,9	23,2	24,8
9,5	5,3	6,1	7,5	10,2	13,4	17,1	20,8	23,1	24,7
10	5,4	6,2	7,6	10,2	13,5	17,1	20,8	23,1	24,7
10,5	5,5	6,3	7,7	10,2	13,5	17,2	20,8	23,2	24,8
11	5,5	6,4	7,7	10,3	13,6	17,3	21,0	23,3	24,9
11,5	5,6	6,4	7,8	10,4	13,7	17,4	21,2	23,6	25,2
12	5,7	6,6	7,9	10,6	13,9	17,7	21,5	24,0	25,6
12,5	5,9	6,7	8,1	10,8	14,2	18,0	22,0	24,5	26,2
13	6,0	6,9	8,3	11,0	14,5	18,5	22,5	25,1	26,9
13,5	6,2	7,1	8,6	11,3	14,9	19,0	23,2	25,9	27,8
14	6,4	7,3	8,8	11,7	15,4	19,7	24,0	26,8	28,7
14,5	6,7	7,6	9,2	12,1	15,9	20,4	24,9	27,8	29,8
15	7,0	7,9	9,5	12,5	16,5	21,1	25,8	28,9	31,0
15,5	7,2	8,2	9,8	13,0	17,1	21,8	26,7	29,9	32,1
16	7,5	8,5	10,2	13,4	17,6	22,5	27,6	30,9	33,2
16,5	7,8	8,8	10,5	13,8	18,1	23,1	28,3	31,8	34,1
17	8,0	9,0	10,8	14,1	18,5	23,7	29,0	32,5	35,0
17,5	8,2	9,3	11,0	14,4	18,9	24,2	29,7	33,3	35,8

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für Eisen ( $\mu\text{mol/l}$ )  
Mädchen (N = 6.948)

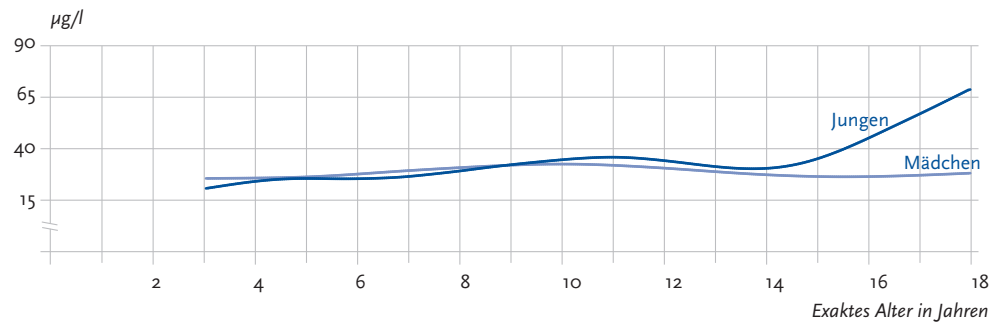
Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	3,4	4,4	6,0	8,9	12,7	16,8	20,9	23,4	25,1
2	3,6	4,5	6,1	9,0	12,8	16,9	20,9	23,4	25,1
2,5	3,7	4,6	6,2	9,1	12,8	16,9	20,9	23,4	25,1
3	3,8	4,7	6,3	9,2	12,9	16,9	20,9	23,4	25,1
3,5	3,9	4,9	6,4	9,3	12,9	17,0	20,9	23,4	25,1
4	4,1	5,0	6,5	9,4	13,0	17,0	20,9	23,4	25,1
4,5	4,2	5,1	6,6	9,5	13,0	17,0	20,9	23,4	25,0
5	4,3	5,2	6,7	9,6	13,1	17,0	20,9	23,4	25,0
5,5	4,5	5,4	6,9	9,7	13,2	17,1	20,9	23,3	25,0
6	4,6	5,5	7,0	9,7	13,2	17,1	20,9	23,3	24,9
6,5	4,8	5,7	7,1	9,9	13,3	17,1	20,8	23,2	24,8
7	5,0	5,8	7,3	10,0	13,3	17,1	20,8	23,1	24,7
7,5	5,1	6,0	7,4	10,1	13,4	17,1	20,7	23,0	24,6
8	5,3	6,1	7,6	10,2	13,4	17,1	20,7	23,0	24,5
8,5	5,4	6,3	7,7	10,3	13,5	17,1	20,7	22,9	24,4
9	5,6	6,4	7,8	10,4	13,6	17,1	20,6	22,9	24,4
9,5	5,7	6,5	7,9	10,4	13,6	17,2	20,7	22,9	24,4
10	5,8	6,6	8,0	10,5	13,7	17,2	20,7	23,0	24,5
10,5	5,8	6,6	8,0	10,5	13,7	17,3	20,8	23,1	24,6
11	5,8	6,6	8,0	10,6	13,8	17,4	21,0	23,3	24,8
11,5	5,8	6,6	8,0	10,6	13,8	17,5	21,2	23,5	25,1
12	5,7	6,5	7,9	10,6	13,9	17,7	21,4	23,8	25,5
12,5	5,6	6,5	7,9	10,6	14,0	17,8	21,7	24,2	25,9
13	5,5	6,3	7,8	10,5	14,0	18,0	22,0	24,6	26,4
13,5	5,4	6,2	7,7	10,5	14,1	18,2	22,4	25,1	26,9
14	5,2	6,1	7,6	10,4	14,1	18,4	22,7	25,6	27,5
14,5	5,1	6,0	7,5	10,4	14,2	18,6	23,1	26,1	28,1
15	4,9	5,8	7,4	10,3	14,3	18,8	23,5	26,6	28,7
15,5	4,8	5,7	7,3	10,3	14,3	19,0	23,9	27,1	29,3
16	4,7	5,6	7,2	10,3	14,4	19,2	24,3	27,6	29,8
16,5	4,6	5,5	7,1	10,2	14,4	19,4	24,6	28,0	30,4
17	4,5	5,4	7,0	10,2	14,5	19,6	24,9	28,5	30,9
17,5	4,5	5,4	7,0	10,2	14,5	19,8	25,2	28,9	31,4

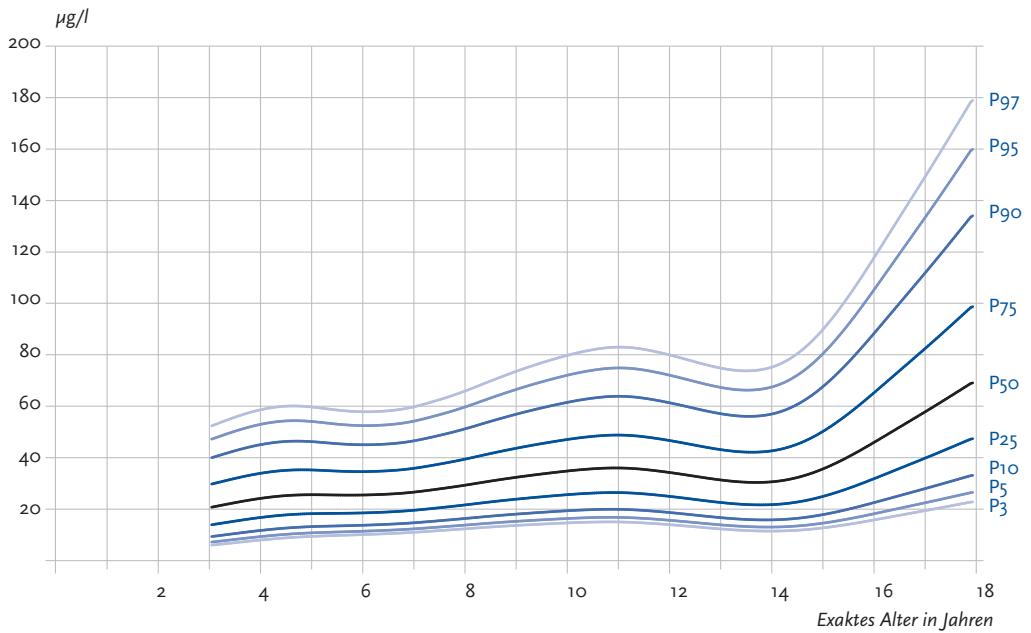
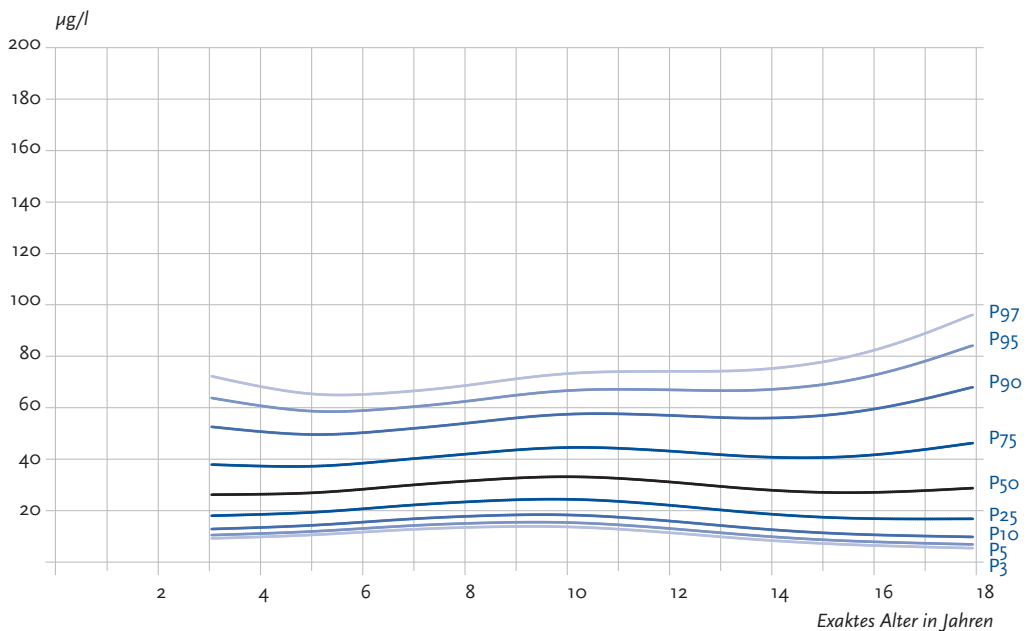
\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

## Ferritin

Geglättete Perzentilkurven für Ferritin ( $\mu\text{g/l}$ )

Median



**Geglättete Perzentilkurven für Ferritin ( $\mu\text{g/l}$ )  
Jungen (N = 6.183)****Geglättete Perzentilkurven für Ferritin ( $\mu\text{g/l}$ )  
Mädchen (N = 5.774)**

Geglättete Perzentile für Ferritin ( $\mu\text{g/l}$ )  
Jungen (N=6.183)

Alter *	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
3,5	7	8	10	15	22	32	43	50	56
4	8	9	12	17	24	34	45	53	59
4,5	9	10	12	18	25	35	46	54	60
5	9	11	13	18	25	35	46	54	60
5,5	10	11	13	18	25	35	45	53	58
6	10	11	13	18	25	34	45	52	58
6,5	10	12	14	19	26	35	45	53	58
7	11	12	14	19	26	36	46	54	60
7,5	11	13	15	20	28	37	49	57	62
8	12	14	16	21	29	39	51	60	66
8,5	13	14	17	23	31	41	54	63	70
9	13	15	18	24	32	43	57	66	73
9,5	14	16	18	25	33	45	59	69	77
10	14	16	19	25	35	47	61	72	80
10,5	15	16	20	26	35	48	63	74	82
11	15	17	20	26	36	49	64	75	83
11,5	14	16	19	26	35	48	63	74	82
12	14	15	18	25	34	47	61	72	80
12,5	13	15	17	24	33	45	59	70	77
13	12	14	16	22	31	43	57	67	75
13,5	11	13	16	22	30	42	56	66	74
14	11	13	16	21	30	42	57	67	75
14,5	11	13	16	22	32	45	60	71	80
15	12	14	17	24	35	49	67	79	89
15,5	14	16	19	27	40	56	76	91	101
16	15	18	22	31	45	64	87	104	116
16,5	17	20	25	35	51	73	99	118	132
17	19	22	27	39	57	81	110	132	147
17,5	21	24	30	43	63	90	122	146	163

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für Ferritin ( $\mu\text{g/l}$ )  
Mädchen (N=5.774)

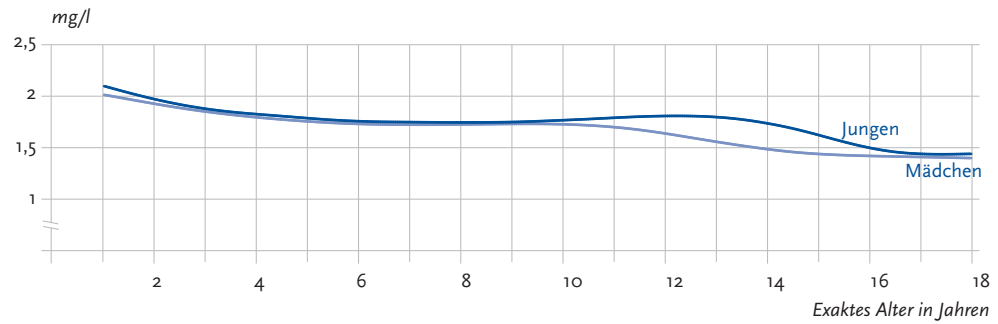
Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
3,5	9	10	12	17	25	37	51	62	70
4	9	10	13	18	26	37	50	60	68
4,5	9	11	13	18	26	36	49	59	66
5	10	11	13	19	26	37	49	58	65
5,5	10	12	14	19	27	37	49	58	64
6	11	12	15	20	28	38	50	58	65
6,5	11	13	15	21	28	39	51	59	65
7	12	13	16	21	29	40	51	60	66
7,5	12	14	16	22	30	40	52	61	67
8	13	14	17	23	31	41	53	62	68
8,5	13	14	17	23	31	42	54	63	69
9	13	15	17	23	32	43	55	64	71
9,5	13	15	18	24	32	44	56	65	72
10	13	14	17	24	32	44	57	66	73
10,5	12	14	17	23	32	44	57	67	73
11	12	14	17	23	32	44	57	67	74
11,5	11	13	16	22	31	43	57	67	74
12	11	12	15	21	30	43	56	67	74
12,5	10	11	14	20	30	42	56	66	74
13	9	11	13	19	29	41	56	66	74
13,5	8	10	13	19	28	41	55	66	74
14	7	9	12	18	27	40	55	67	75
14,5	7	8	11	17	27	40	56	67	76
15	6	8	11	17	26	40	56	68	77
15,5	6	7	10	16	26	40	57	70	79
16	6	7	10	16	26	41	59	72	82
16,5	5	7	9	16	27	42	61	74	85
17	5	6	9	16	27	43	63	77	88
17,5	5	6	9	16	27	44	65	81	92

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

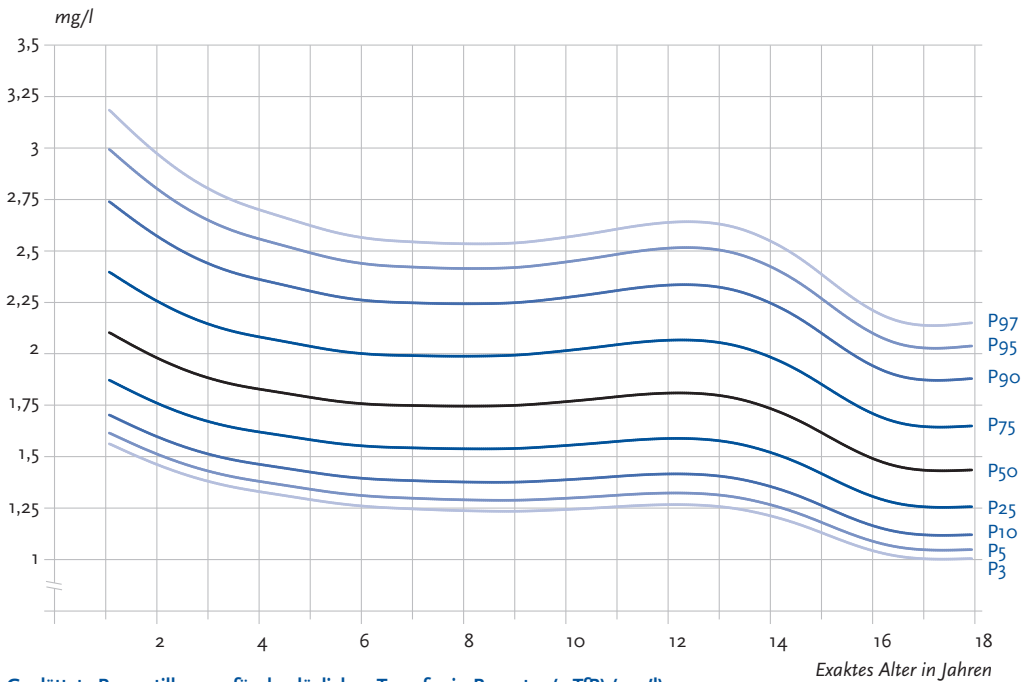
## Löslicher Transferrin-Rezeptor (s-TfR)

Geglättete Perzentilkurven für den löslichen Transferrin-Rezeptor (s-TfR) (mg/l)

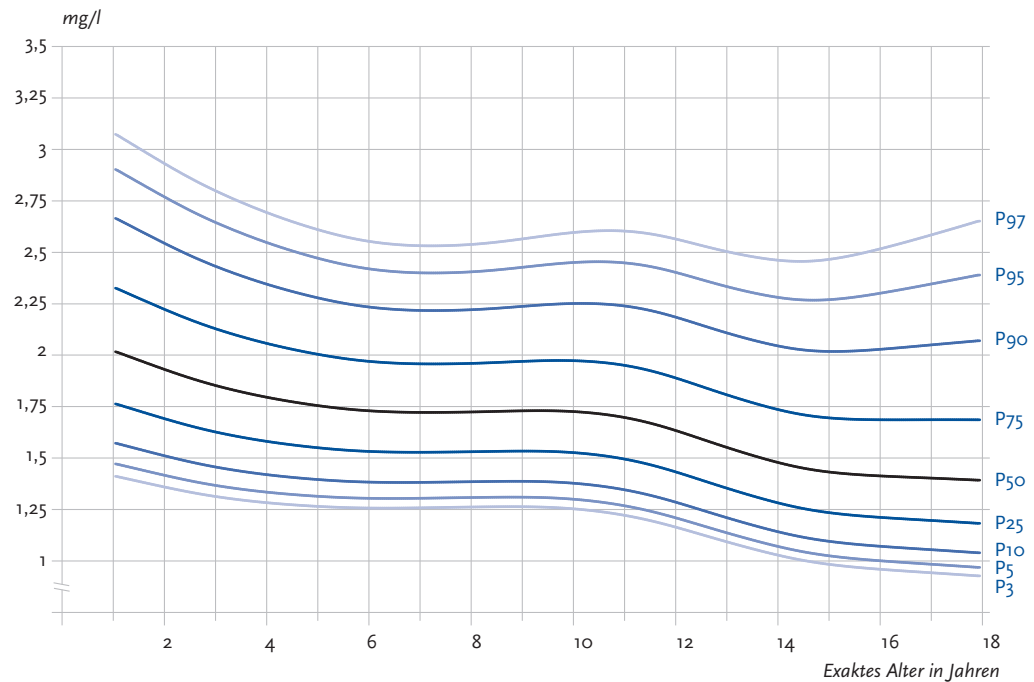
Median



### Geglättete Perzentilkurven für den löslichen Transferrin-Rezeptor (s-TfR) (mg/l) Jungen (N=4.426)



### Geglättete Perzentilkurven für den löslichen Transferrin-Rezeptor (s-TfR) (mg/l) Mädchen (N=4.153)





Geglättete Perzentile für den löslichen Transferrin-Rezeptor (s-TfR) (mg/l)  
Jungen (N=4.426)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	1,5	1,6	1,6	1,8	2,0	2,3	2,7	2,9	3,1
2	1,5	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,6	2,8	3,0
2,5	1,4	1,5	1,5	1,7	1,9	2,2	2,5	2,7	2,9
3	1,4	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,4	2,6	2,8
3,5	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,1	2,4	2,6	2,7
4	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,1	2,4	2,6	2,7
4,5	1,3	1,4	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7
5	1,3	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,6
5,5	1,3	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,6
6	1,3	1,3	1,4	1,5	1,8	2,0	2,3	2,4	2,6
6,5	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,3	2,4	2,6
7	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,5
7,5	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,5
8	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,5
8,5	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,5
9	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,5
9,5	1,2	1,3	1,4	1,5	1,8	2,0	2,3	2,4	2,6
10	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,4	2,6
10,5	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,6
11	1,3	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,6
11,5	1,3	1,3	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,6
12	1,3	1,3	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,6
12,5	1,3	1,3	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,6
13	1,3	1,3	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,6
13,5	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,6
14	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,3	2,4	2,6
14,5	1,2	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9	2,2	2,4	2,5
15	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,9	2,1	2,3	2,4
15,5	1,1	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,3
16	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,2
16,5	1,0	1,1	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,2
17	1,0	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,9	2,0	2,1
17,5	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,9	2,0	2,1

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für den löslichen Transferrin-Rezeptor (s-TfR) (mg/l)  
Mädchen (N = 4.153)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	1,4	1,4	1,5	1,7	2,0	2,3	2,6	2,8	3,0
2	1,4	1,4	1,5	1,7	1,9	2,2	2,5	2,8	2,9
2,5	1,3	1,4	1,5	1,7	1,9	2,2	2,5	2,7	2,9
3	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,1	2,4	2,6	2,8
3,5	1,3	1,3	1,4	1,6	1,8	2,1	2,4	2,6	2,7
4	1,3	1,3	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7
4,5	1,3	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,7
5	1,3	1,3	1,4	1,5	1,8	2,0	2,3	2,5	2,6
5,5	1,3	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,3	2,4	2,6
6	1,3	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,6
6,5	1,3	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,5
7	1,3	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,5
7,5	1,3	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,5
8	1,3	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,5
8,5	1,3	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,6
9	1,3	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,6
9,5	1,3	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,6
10	1,3	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,3	2,5	2,6
10,5	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,3	2,5	2,6
11	1,2	1,3	1,3	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5	2,6
11,5	1,2	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6
12	1,2	1,2	1,3	1,4	1,6	1,9	2,2	2,4	2,6
12,5	1,1	1,2	1,2	1,4	1,6	1,8	2,1	2,4	2,5
13	1,1	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5
13,5	1,1	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	2,1	2,3	2,5
14	1,0	1,1	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0	2,3	2,5
14,5	1,0	1,0	1,1	1,3	1,4	1,7	2,0	2,3	2,5
15	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3	2,5
15,5	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3	2,5
16	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3	2,5
16,5	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3	2,5
17	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6
17,5	0,9	1,0	1,0	1,2	1,4	1,7	2,1	2,4	2,6

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

## 2.3 Glykiertes Hämoglobin (HbA<sub>1c</sub>)

### Klinische und epidemiologische Bedeutung

Glucose und andere Monosaccharide gehen konzentrationsabhängig mit Proteinen irreversible, nicht-enzymatische Bindungen ein. Insbesondere die Unterfraktion HbA<sub>1c</sub> der glykierten Hämoglobine ist als Suchparameter zur Erfassung länger andauernder Blutzuckererhöhungen geeignet, da der HbA<sub>1c</sub>-Wert ganz wesentlich von der Höhe des mittleren Blutzuckerspiegels in den vorangegangenen 6 bis 8 Wochen abhängt [1]. Kurzfristige Erhöhungen des Blutzuckers, etwa im Zusammenhang mit der Nahrungsaufnahme, nehmen keinen Einfluss. In der medizinischen Versorgung ist die Bestimmung des HbA<sub>1c</sub> zur Kontrolle der Blutzuckereinstellung bei Patientinnen und Patienten mit bekanntem Diabetes mellitus zentraler Bestandteil der Verlaufskontrolle. In epidemiologischen Untersuchungen wird der HbA<sub>1c</sub>-Wert auch zur Identifizierung von Personen mit unerkanntem Typ-2-Diabetes mellitus bzw. sehr hohem Diabetes-Risiko genutzt [2], nachdem ein Glukose-Screening (Bestimmung des Nüchternblutzuckers, ggf. auch der Glukose-Toleranztest) oft nicht realisiert werden kann. Die Bestimmung des HbA<sub>1c</sub> bietet jedoch keinen vollständigen Ersatz für das Glukose-Screening.

### Referenzwerte

Die Datenlage zu Referenzbereichen für HbA<sub>1c</sub> bei Kindern und Jugendlichen galt bislang als besonders schlecht gesichert [4]. Die Messwerte für HbA<sub>1c</sub> sind zudem stark vom Untersuchungsmaterial (EDTA-Blut, Heparin-Blut, Kapillarblut), vom gewählten Analyse-Verfahren

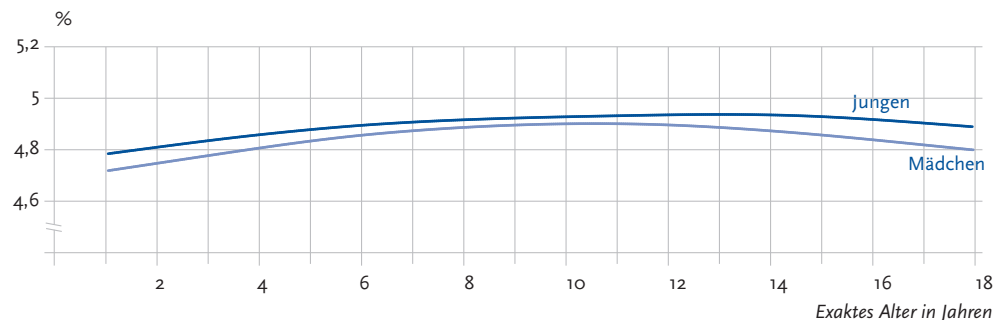
und von der Standardisierung der Messmethodik abhängig. Referenzbereiche sind somit immer an die Messmethode gebunden. In KiGGS wurde HbA<sub>1c</sub> aus EDTA-Vollblut (siehe Tabelle 3, Seite 7). Für diese Methode wird für Kinder und Jugendliche aktuell ein HbA<sub>1c</sub>-Referenzbereich von 4–6 % angegeben [5]. Die wenigen KiGGS-Kinder mit diagnostiziertem Diabetes (N=21) sind in die Analyse eingeschlossen. Gelegenheitsglukosewerte über 250 mg/dl kamen nicht vor.

### Interpretation

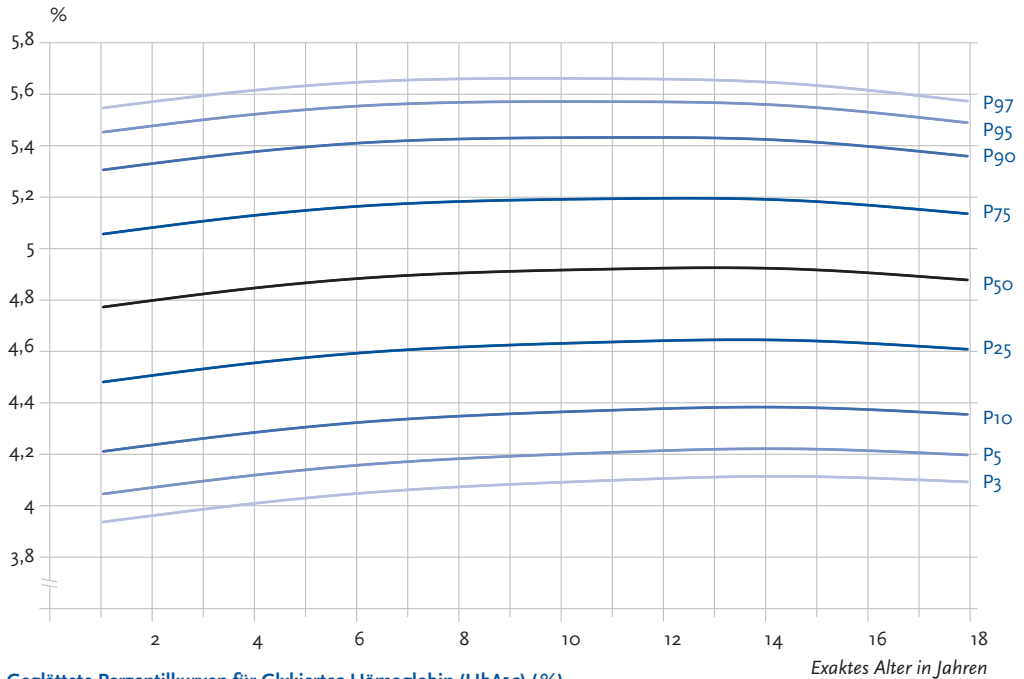
Die Verteilung der Messwerte für HbA<sub>1c</sub> zeigt eine geringe Variabilität mit Werten für das 3. bis 97. Perzentil zwischen 3,6 % und 5,8 %. Wie in einer früheren großen epidemiologischen Untersuchung von Kinder und Jugendlichen in den USA auf Basis des Third National Health and Nutrition Examination Surveys (NHANES III) sind geringfügige Alters- und Geschlechtsunterschiede zu beobachten [3]. Jungen haben geringfügig höhere Werte als Mädchen. Im Altersgang wird ein leichter und kontinuierlicher Anstieg bis zum 10. bis 14. Lebensjahr beobachtet; danach fallen die HbA<sub>1c</sub>-Werte wieder leicht ab. Auch die absoluten Messwerte aus beiden Studien sind vergleichbar, da zwar Unterschiede in der Teststandardisierung bestehen, aber die gleiche Messmethode eingesetzt wurde [2, 3, 4]. Der für diese Methode festgelegte Grenzwert von 6 % wurde sowohl im KiGGS als auch im NHANES III von einem sehr kleinen Prozentsatz der untersuchten Kinder und Jugendlichen überschritten (0,6 % bzw. 0,4 %).

### Geglättete Perzentilkurven für Glykiertes Hämoglobin (HbA<sub>1c</sub>) (%)

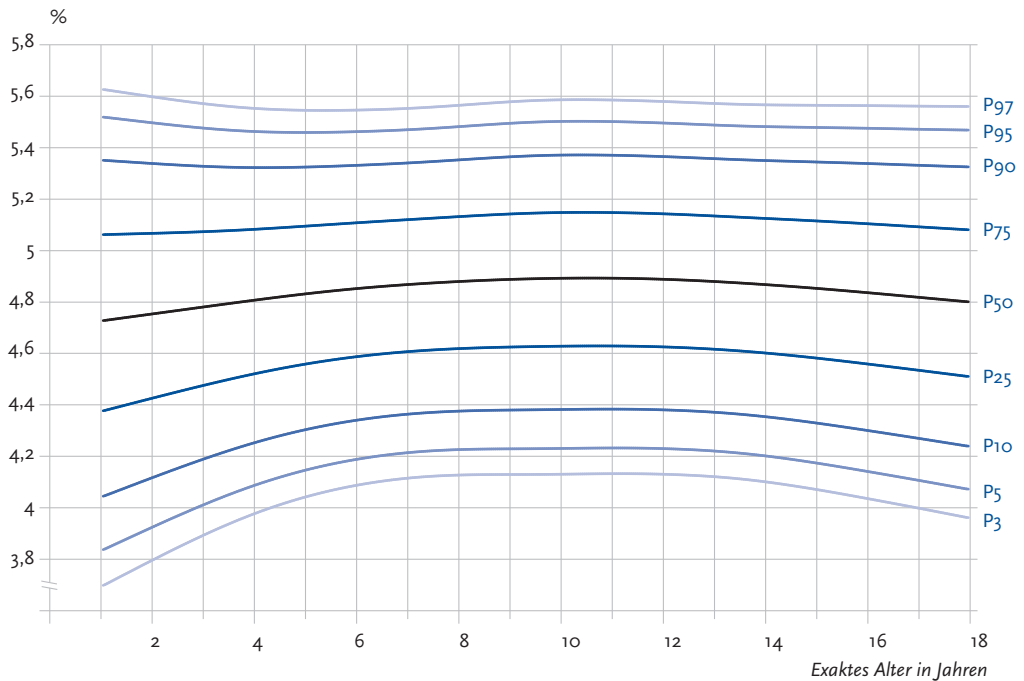
#### Median



### Geglättete Perzentilkurven für Glykiertes Hämoglobin (HbA1c) (%) Jungen (N = 7.217)



### Geglättete Perzentilkurven für Glykiertes Hämoglobin (HbA1c) (%) Mädchen (N = 6.881)



Geglättete Perzentile für Glykiertes Hämoglobin (HbA<sub>1c</sub>) (%)  
Jungen (N=7.217)

Alter *	P <sub>3</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>10</sub>	P <sub>25</sub>	P <sub>50 (Median)</sub>	P <sub>75</sub>	P <sub>90</sub>	P <sub>95</sub>	P <sub>97</sub>
1,5	3,9	4,1	4,2	4,5	4,8	5,1	5,3	5,5	5,6
2	4,0	4,1	4,2	4,5	4,8	5,1	5,3	5,5	5,6
2,5	4,0	4,1	4,2	4,5	4,8	5,1	5,3	5,5	5,6
3	4,0	4,1	4,3	4,5	4,8	5,1	5,4	5,5	5,6
3,5	4,0	4,1	4,3	4,5	4,8	5,1	5,4	5,5	5,6
4	4,0	4,1	4,3	4,6	4,8	5,1	5,4	5,5	5,6
4,5	4,0	4,1	4,3	4,6	4,9	5,1	5,4	5,5	5,6
5	4,0	4,1	4,3	4,6	4,9	5,1	5,4	5,5	5,6
5,5	4,0	4,1	4,3	4,6	4,9	5,2	5,4	5,5	5,6
6	4,0	4,2	4,3	4,6	4,9	5,2	5,4	5,6	5,6
6,5	4,1	4,2	4,3	4,6	4,9	5,2	5,4	5,6	5,6
7	4,1	4,2	4,3	4,6	4,9	5,2	5,4	5,6	5,7
7,5	4,1	4,2	4,3	4,6	4,9	5,2	5,4	5,6	5,7
8	4,1	4,2	4,3	4,6	4,9	5,2	5,4	5,6	5,7
8,5	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,2	5,4	5,6	5,7
9	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,2	5,4	5,6	5,7
9,5	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,2	5,4	5,6	5,7
10	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,2	5,4	5,6	5,7
10,5	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,2	5,4	5,6	5,7
11	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,2	5,4	5,6	5,7
11,5	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,2	5,4	5,6	5,7
12	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,2	5,4	5,6	5,7
12,5	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,2	5,4	5,6	5,7
13	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,2	5,4	5,6	5,7
13,5	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,2	5,4	5,6	5,7
14	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,2	5,4	5,6	5,6
14,5	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,2	5,4	5,6	5,6
15	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,2	5,4	5,5	5,6
15,5	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,2	5,4	5,5	5,6
16	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,2	5,4	5,5	5,6
16,5	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,2	5,4	5,5	5,6
17	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,2	5,4	5,5	5,6
17,5	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,4	5,5	5,6

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für Glykiertes Hämoglobin (HbA1c) (%)  
Mädchen (N = 6.881)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	3,7	3,9	4,1	4,4	4,7	5,1	5,3	5,5	5,6
2	3,8	3,9	4,1	4,4	4,8	5,1	5,3	5,5	5,6
2,5	3,8	4,0	4,2	4,4	4,8	5,1	5,3	5,5	5,6
3	3,9	4,0	4,2	4,5	4,8	5,1	5,3	5,5	5,6
3,5	3,9	4,0	4,2	4,5	4,8	5,1	5,3	5,5	5,6
4	4,0	4,1	4,2	4,5	4,8	5,1	5,3	5,5	5,6
4,5	4,0	4,1	4,3	4,5	4,8	5,1	5,3	5,5	5,5
5	4,0	4,1	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,5	5,5
5,5	4,1	4,2	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,5	5,5
6	4,1	4,2	4,3	4,6	4,9	5,1	5,3	5,5	5,5
6,5	4,1	4,2	4,3	4,6	4,9	5,1	5,3	5,5	5,5
7	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,3	5,5	5,6
7,5	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,3	5,5	5,6
8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,4	5,5	5,6
8,5	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,4	5,5	5,6
9	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,4	5,5	5,6
9,5	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,4	5,5	5,6
10	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,4	5,5	5,6
10,5	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,4	5,5	5,6
11	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,4	5,5	5,6
11,5	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,4	5,5	5,6
12	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,4	5,5	5,6
12,5	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,4	5,5	5,6
13	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,4	5,5	5,6
13,5	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,4	5,5	5,6
14	4,1	4,2	4,3	4,6	4,9	5,1	5,3	5,5	5,6
14,5	4,1	4,2	4,3	4,6	4,9	5,1	5,3	5,5	5,6
15	4,1	4,2	4,3	4,6	4,9	5,1	5,3	5,5	5,6
15,5	4,0	4,2	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,5	5,6
16	4,0	4,1	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,5	5,6
16,5	4,0	4,1	4,3	4,5	4,8	5,1	5,3	5,5	5,6
17	4,0	4,1	4,3	4,5	4,8	5,1	5,3	5,5	5,6
17,5	4,0	4,1	4,2	4,5	4,8	5,1	5,3	5,5	5,6

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

## 2.4 Schilddrüsenparameter

### Thyroidea-stimulierendes Hormon (TSH)

#### Klinische und epidemiologische Bedeutung

TSH ist ein in der Hypophyse gebildetes Hormon, das über einen Rückkoppelungs-Regelkreis die Schilddrüsenfunktion reguliert. Die Hypophyse wiederum wird durch das im Hypothalamus gebildete Hormon TRH (Thyreotropin-releasing Hormon) zur Freisetzung von TSH angeregt. TSH stimuliert u. a. die Iodaufnahme sowie die Schilddrüsenhormonsynthese und -sekretion in den peripheren Blutkreislauf. Die negative Rückkopplung erfolgt durch das in den peripheren Geweben befindliche  $fT_3$  und  $fT_4$  [1, 2].

Die Messung der basalen TSH-Konzentration stellt die Basis einer jeden Schilddrüsenfunktionsdiagnostik dar. In der Individualdiagnostik erübrigt sich bei normalem TSH in der Regel die simultane Bestimmung der peripheren Schilddrüsenhormone  $T_3$  und  $T_4$ , bzw.  $fT_3$  und  $fT_4$ .

#### Referenzwerte

Die Referenzwerte für Kinder und Jugendliche sind stark alters- und methodenabhängig. Da Schilddrüsenhormone in praktisch alle Stoffwechselforgänge eingreifen, ist nachvollziehbar, dass die obere Grenze des Referenzbereichs mit zunehmendem Alter und abnehmender Wachstums- und Stoffwechselaktivität sinkt und sich mit zunehmendem Alter dem Wert von Erwachsenen angleicht. Dennoch muss die Datenlage als unbefriedigend angesehen werden; die in der Literatur [3] angegebenen Altersbereiche sind, besonders um die Phase der Pubertät herum, viel zu groß.

#### Interpretation

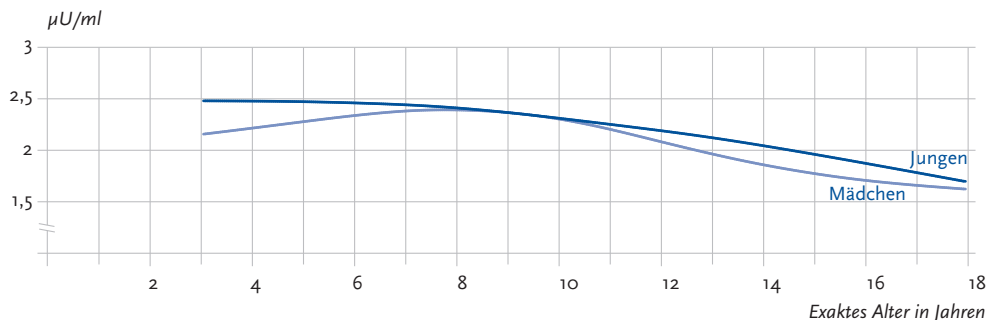
An den Kurven lässt sich deutlich erkennen, wie altersabhängig und geschlechtsabhängig die TSH-Konzentrationen im Serum tatsächlich sind. An den unterschiedlichen Verläufen besonders während der Wachstumsschübe vor der Pubertät lässt sich auch die Forderung nach geschlechterspezifischen Referenzbereichen, zumindest für den Altersbereich der Unter-14-Jährigen, festmachen.

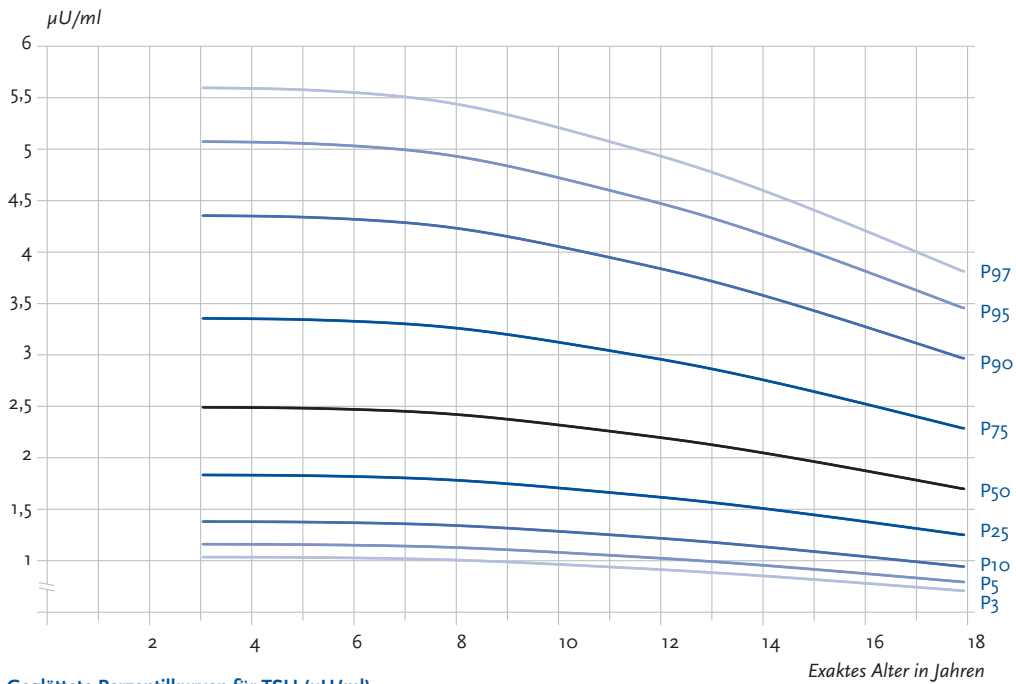
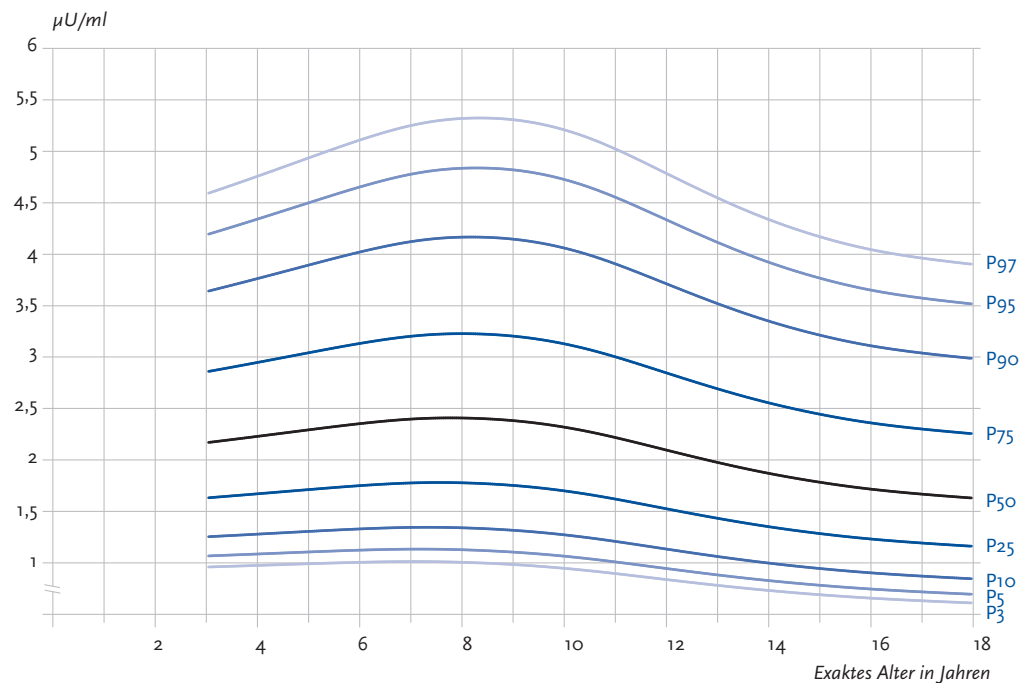
#### Methodische Besonderheiten

Die Schilddrüsenparameter wurden erst ab einem Alter von drei Jahren bestimmt.

#### Geglättete Perzentilkurven für TSH ( $\mu\text{U/ml}$ )

Median



**Geglättete Perzentilkurven für TSH ( $\mu\text{U/ml}$ )  
Jungen (N = 6.723)****Geglättete Perzentilkurven für TSH ( $\mu\text{U/ml}$ )  
Mädchen (N = 6.366)**



Geglättete Perzentile für TSH ( $\mu\text{U/ml}$ )  
Jungen (N=6.723)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
3,5	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	3,4	4,4	5,1	5,6
4	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	3,3	4,3	5,1	5,6
4,5	1,0	1,1	1,4	1,8	2,5	3,3	4,3	5,1	5,6
5	1,0	1,1	1,4	1,8	2,5	3,3	4,3	5,1	5,6
5,5	1,0	1,1	1,4	1,8	2,5	3,3	4,3	5,0	5,6
6	1,0	1,1	1,4	1,8	2,5	3,3	4,3	5,0	5,6
6,5	1,0	1,1	1,4	1,8	2,5	3,3	4,3	5,0	5,5
7	1,0	1,1	1,4	1,8	2,4	3,3	4,3	5,0	5,5
7,5	1,0	1,1	1,3	1,8	2,4	3,3	4,3	5,0	5,5
8	1,0	1,1	1,3	1,8	2,4	3,3	4,2	4,9	5,4
8,5	1,0	1,1	1,3	1,8	2,4	3,2	4,2	4,9	5,4
9	1,0	1,1	1,3	1,7	2,4	3,2	4,2	4,8	5,3
9,5	1,0	1,1	1,3	1,7	2,3	3,2	4,1	4,8	5,3
10	1,0	1,1	1,3	1,7	2,3	3,1	4,1	4,7	5,2
10,5	0,9	1,1	1,3	1,7	2,3	3,1	4,0	4,7	5,1
11	0,9	1,0	1,2	1,7	2,3	3,0	3,9	4,6	5,1
11,5	0,9	1,0	1,2	1,6	2,2	3,0	3,9	4,5	5,0
12	0,9	1,0	1,2	1,6	2,2	3,0	3,8	4,5	4,9
12,5	0,9	1,0	1,2	1,6	2,2	2,9	3,8	4,4	4,9
13	0,9	1,0	1,2	1,6	2,1	2,9	3,7	4,3	4,8
13,5	0,9	1,0	1,2	1,5	2,1	2,8	3,7	4,3	4,7
14	0,8	0,9	1,1	1,5	2,0	2,8	3,6	4,2	4,6
14,5	0,8	0,9	1,1	1,5	2,0	2,7	3,5	4,1	4,5
15	0,8	0,9	1,1	1,4	2,0	2,6	3,4	4,0	4,4
15,5	0,8	0,9	1,1	1,4	1,9	2,6	3,4	3,9	4,3
16	0,8	0,9	1,0	1,4	1,9	2,5	3,3	3,8	4,2
16,5	0,8	0,8	1,0	1,3	1,8	2,5	3,2	3,7	4,1
17	0,7	0,8	1,0	1,3	1,8	2,4	3,1	3,6	4,0
17,5	0,7	0,8	1,0	1,3	1,7	2,3	3,0	3,5	3,9

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für TSH ( $\mu\text{U/ml}$ )  
Mädchen (N = 6.366)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
3,5	1,0	1,1	1,3	1,6	2,2	2,9	3,7	4,3	4,7
4	1,0	1,1	1,3	1,7	2,2	2,9	3,8	4,3	4,8
4,5	1,0	1,1	1,3	1,7	2,3	3,0	3,8	4,4	4,9
5	1,0	1,1	1,3	1,7	2,3	3,0	3,9	4,5	4,9
5,5	1,0	1,1	1,3	1,7	2,3	3,1	4,0	4,6	5,0
6	1,0	1,1	1,3	1,7	2,3	3,1	4,0	4,7	5,1
6,5	1,0	1,1	1,3	1,8	2,4	3,2	4,1	4,7	5,2
7	1,0	1,1	1,3	1,8	2,4	3,2	4,1	4,8	5,3
7,5	1,0	1,1	1,3	1,8	2,4	3,2	4,1	4,8	5,3
8	1,0	1,1	1,3	1,8	2,4	3,2	4,2	4,8	5,3
8,5	1,0	1,1	1,3	1,8	2,4	3,2	4,2	4,8	5,3
9	1,0	1,1	1,3	1,7	2,4	3,2	4,1	4,8	5,3
9,5	0,9	1,1	1,3	1,7	2,3	3,2	4,1	4,8	5,3
10	0,9	1,0	1,3	1,7	2,3	3,1	4,1	4,7	5,2
10,5	0,9	1,0	1,2	1,6	2,3	3,1	4,0	4,6	5,1
11	0,9	1,0	1,2	1,6	2,2	3,0	3,9	4,6	5,0
11,5	0,8	1,0	1,2	1,6	2,1	2,9	3,8	4,4	4,9
12	0,8	0,9	1,1	1,5	2,1	2,8	3,7	4,3	4,8
12,5	0,8	0,9	1,1	1,5	2,0	2,8	3,6	4,2	4,7
13	0,8	0,9	1,0	1,4	2,0	2,7	3,5	4,1	4,5
13,5	0,7	0,8	1,0	1,4	1,9	2,6	3,4	4,0	4,4
14	0,7	0,8	1,0	1,3	1,9	2,5	3,3	3,9	4,3
14,5	0,7	0,8	1,0	1,3	1,8	2,5	3,3	3,8	4,2
15	0,7	0,8	0,9	1,3	1,8	2,4	3,2	3,8	4,2
15,5	0,7	0,7	0,9	1,2	1,7	2,4	3,2	3,7	4,1
16	0,6	0,7	0,9	1,2	1,7	2,4	3,1	3,6	4,0
16,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,7	2,3	3,1	3,6	4,0
17	0,6	0,7	0,9	1,2	1,7	2,3	3,0	3,6	4,0
17,5	0,6	0,7	0,8	1,2	1,6	2,3	3,0	3,5	3,9

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

## Freies Triiodthyronin (fT<sub>3</sub>)

### Klinische und epidemiologische Bedeutung

Nur 20 % des zirkulierenden peripheren Schilddrüsenhormons T<sub>3</sub> wird direkt von der Schilddrüse sezerniert, der Rest entsteht aus dem ebenfalls von der Schilddrüse gebildeten T<sub>4</sub> durch Monoiodierung. T<sub>3</sub> ist das eigentlich peripher wirksame Schilddrüsenhormon, wohingegen T<sub>4</sub> als Prohormon bezeichnet wird. Dabei stellt fT<sub>3</sub> die nicht-proteingebundene Form des T<sub>3</sub> dar. Lediglich 0,3 % des gesamten T<sub>3</sub> liegt in freier Form vor, nur diese nicht-proteingebundene Form ist metabolisch wirksam.

### Referenzwerte

Die für die Aufrechterhaltung des Stoffwechsels benötigte Menge an fT<sub>3</sub> ist erwartungsgemäß stark altersabhängig. Dies schlägt sich in den Referenzbereichen für Kinder und Jugendliche nieder. Mit zunehmendem Alter sinkt die obere Grenze des Referenzbereichs [1]. Auch hier ist die Datengrundlage, die zur Festlegung der Referenzbereiche bei Kindern und Jugendlichen geführt hat, unbefriedigend.

### Interpretation

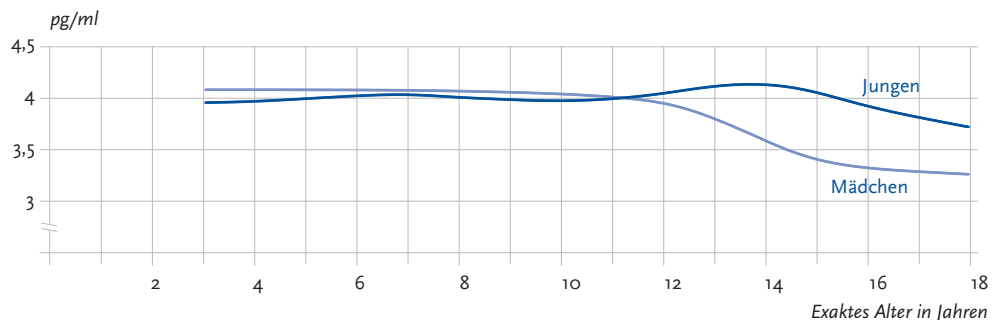
Die Perzentilkurven weisen ab dem Alter von ca. 12 Jahren deutliche Geschlechterunterschiede auf. Während bei den Jungen ein kurzer Anstieg erfolgt, der bei 14 Jahren seinen Höhepunkt erreicht, zeigt sich bei den Mädchen ab dem Alter von 12 Jahren ein relativ deutlicher Abfall, der erst im Alter von 15 bis 16 Jahren wieder abflacht. Dies bestätigt die Notwendigkeit geschlechterspezifischer Referenzwerte.

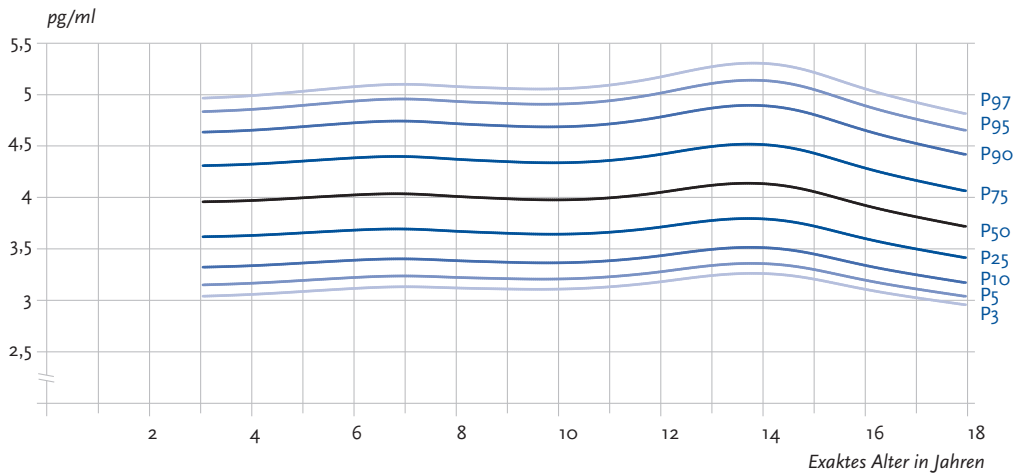
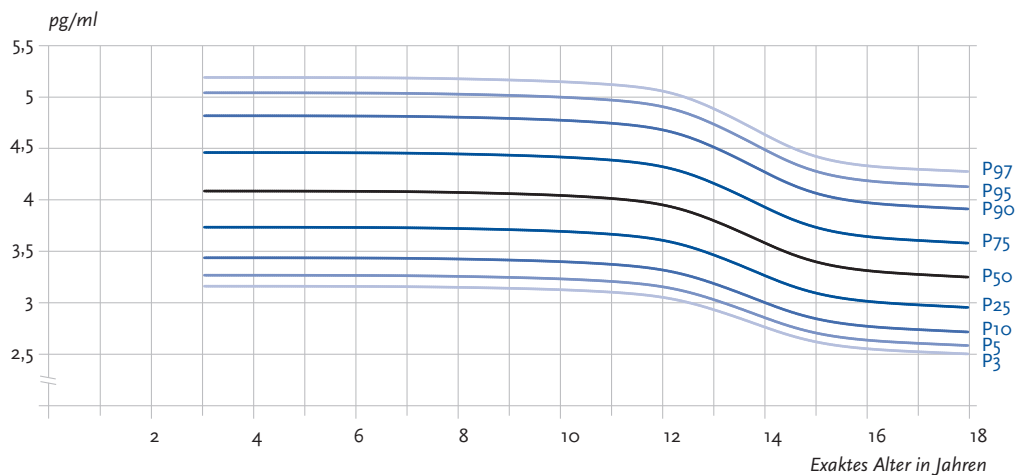
### Methodische Besonderheiten

Die Schilddrüsenparameter wurden erst ab einem Alter von drei Jahren bestimmt.

### Geglättete Perzentilkurven für Freies T<sub>3</sub> (pg/ml)

#### Median



**Geglättete Perzentilkurven für Freies T<sub>3</sub> (pg/ml)  
Jungen (N = 6.721)****Geglättete Perzentilkurven für Freies T<sub>3</sub> (pg/ml)  
Mädchen (N = 6.362)**

Geglättete Perzentile für Freies T<sub>3</sub> (pg/ml)  
Jungen (N=6.721)

Alter*	P <sub>3</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>10</sub>	P <sub>25</sub>	P <sub>50</sub> (Median)	P <sub>75</sub>	P <sub>90</sub>	P <sub>95</sub>	P <sub>97</sub>
3,5	3,0	3,1	3,3	3,6	4,0	4,3	4,6	4,9	5,0
4	3,0	3,2	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	4,9	5,0
4,5	3,1	3,2	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	4,9	5,0
5	3,1	3,2	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	4,9	5,0
5,5	3,1	3,2	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	4,9	5,1
6	3,1	3,2	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	4,9	5,1
6,5	3,1	3,2	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0	5,1
7	3,1	3,2	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0	5,1
7,5	3,1	3,2	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0	5,1
8	3,1	3,2	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	4,9	5,1
8,5	3,1	3,2	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	4,9	5,1
9	3,1	3,2	3,4	3,6	4,0	4,3	4,7	4,9	5,1
9,5	3,1	3,2	3,4	3,6	4,0	4,3	4,7	4,9	5,1
10	3,1	3,2	3,4	3,6	4,0	4,3	4,7	4,9	5,1
10,5	3,1	3,2	3,4	3,6	4,0	4,3	4,7	4,9	5,1
11	3,1	3,2	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	4,9	5,1
11,5	3,1	3,2	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0	5,1
12	3,2	3,3	3,4	3,7	4,0	4,4	4,8	5,0	5,2
12,5	3,2	3,3	3,5	3,7	4,1	4,5	4,8	5,1	5,2
13	3,2	3,3	3,5	3,8	4,1	4,5	4,9	5,1	5,3
13,5	3,2	3,3	3,5	3,8	4,1	4,5	4,9	5,1	5,3
14	3,3	3,3	3,5	3,8	4,1	4,5	4,9	5,1	5,3
14,5	3,2	3,3	3,5	3,8	4,1	4,5	4,9	5,1	5,3
15	3,2	3,3	3,4	3,7	4,1	4,4	4,8	5,1	5,2
15,5	3,1	3,2	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0	5,1
16	3,1	3,2	3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	4,9	5,1
16,5	3,1	3,1	3,3	3,5	3,9	4,2	4,6	4,8	5,0
17	3,0	3,1	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	4,8	4,9
17,5	3,0	3,1	3,2	3,5	3,8	4,1	4,5	4,7	4,9

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für Freies T<sub>3</sub> (pg/ml)  
Mädchen (N = 6.362)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
3,5	3,2	3,3	3,4	3,7	4,1	4,5	4,8	5,0	5,2
4	3,2	3,3	3,4	3,7	4,1	4,5	4,8	5,0	5,2
4,5	3,2	3,3	3,4	3,7	4,1	4,5	4,8	5,0	5,2
5	3,2	3,3	3,4	3,7	4,1	4,5	4,8	5,0	5,2
5,5	3,2	3,3	3,4	3,7	4,1	4,5	4,8	5,0	5,2
6	3,2	3,3	3,4	3,7	4,1	4,5	4,8	5,0	5,2
6,5	3,1	3,3	3,4	3,7	4,1	4,5	4,8	5,0	5,2
7	3,1	3,3	3,4	3,7	4,1	4,5	4,8	5,0	5,2
7,5	3,1	3,3	3,4	3,7	4,1	4,5	4,8	5,0	5,2
8	3,1	3,2	3,4	3,7	4,1	4,4	4,8	5,0	5,2
8,5	3,1	3,2	3,4	3,7	4,1	4,4	4,8	5,0	5,2
9	3,1	3,2	3,4	3,7	4,1	4,4	4,8	5,0	5,2
9,5	3,1	3,2	3,4	3,7	4,1	4,4	4,8	5,0	5,2
10	3,1	3,2	3,4	3,7	4,0	4,4	4,8	5,0	5,2
10,5	3,1	3,2	3,4	3,7	4,0	4,4	4,8	5,0	5,1
11	3,1	3,2	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0	5,1
11,5	3,1	3,2	3,3	3,6	4,0	4,4	4,7	5,0	5,1
12	3,0	3,1	3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	4,9	5,1
12,5	3,0	3,1	3,3	3,5	3,9	4,3	4,6	4,8	5,0
13	2,9	3,0	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	4,7	4,9
13,5	2,8	2,9	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,6	4,8
14	2,8	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,3	4,5	4,6
14,5	2,7	2,8	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,4	4,5
15	2,6	2,7	2,8	3,1	3,4	3,7	4,1	4,3	4,4
15,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,3	3,7	4,0	4,2	4,4
16	2,5	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6	4,0	4,2	4,3
16,5	2,5	2,6	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,3
17	2,5	2,6	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,3
17,5	2,5	2,6	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,1	4,3

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

## Freies Tetraiodthyronin (fT<sub>4</sub>, freies Thyroxin)

### Klinische und epidemiologische Bedeutung

Nach Stimulation durch TSH sezerniert die Schilddrüse das Prohormon T<sub>4</sub> und kleinere Mengen T<sub>3</sub>. Mit Hilfe von Deiodasen wird T<sub>4</sub> in T<sub>3</sub> umgewandelt. T<sub>4</sub> spiegelt die thyreoidale Hormonproduktion im Vergleich zu T<sub>3</sub> wesentlich direkter wider. Wie das fT<sub>3</sub> stellt auch das fT<sub>4</sub> die stoffwechselaktive Form des Prohormons dar. Lediglich 0,03% des T<sub>4</sub> liegen in ungebundener Form als fT<sub>4</sub> vor [1].

### Referenzwerte

Die Referenzwerte des fT<sub>4</sub> sind bei Kindern und Jugendlichen weit weniger altersabhängig als die des fT<sub>3</sub>. Die Datengrundlage, auf deren Basis die aktuell gültigen Referenzwerte erstellt wurden, lässt auch bei diesem Parameter Wünsche offen; insbesondere hinsichtlich der bislang fehlenden Geschlechterdifferenzierung.

### Interpretation

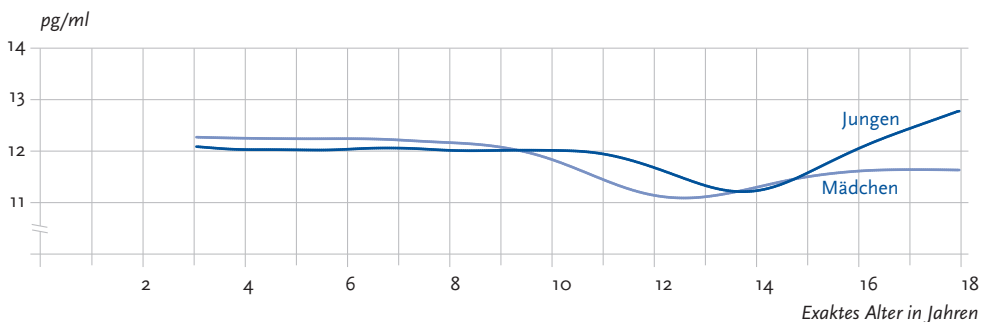
Die Perzentilkurven verlaufen bis zum Alter von 9,5 Jahren weitgehend parallel, allerdings bei Mädchen mit einer größeren Schwankungsbreite. Die Werte der Mädchen sinken ab diesem Alter zunächst deutlich ab, um ab 13 Jahren wieder anzusteigen. Die der Jungen fallen entsprechend dem späteren Pubertätsbeginn erst ab 11 Jahren, und steigen mit 14 Jahren wieder deutlich an. Im Alter von 17,5 Jahren liegen die Werte der Jungen dann im Median ca. 1 pg/ml über denen der Mädchen.

### Methodische Besonderheiten

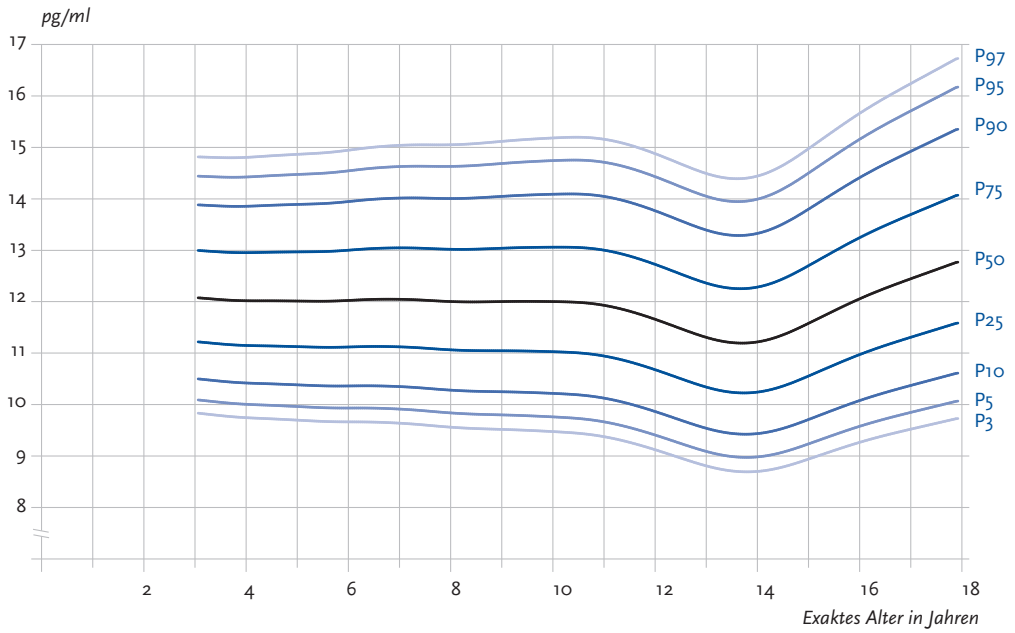
Die Schilddrüsenparameter wurden erst ab einem Alter von drei Jahren bestimmt.

### Geglättete Perzentilkurven für Freies T<sub>4</sub> (pg/ml)

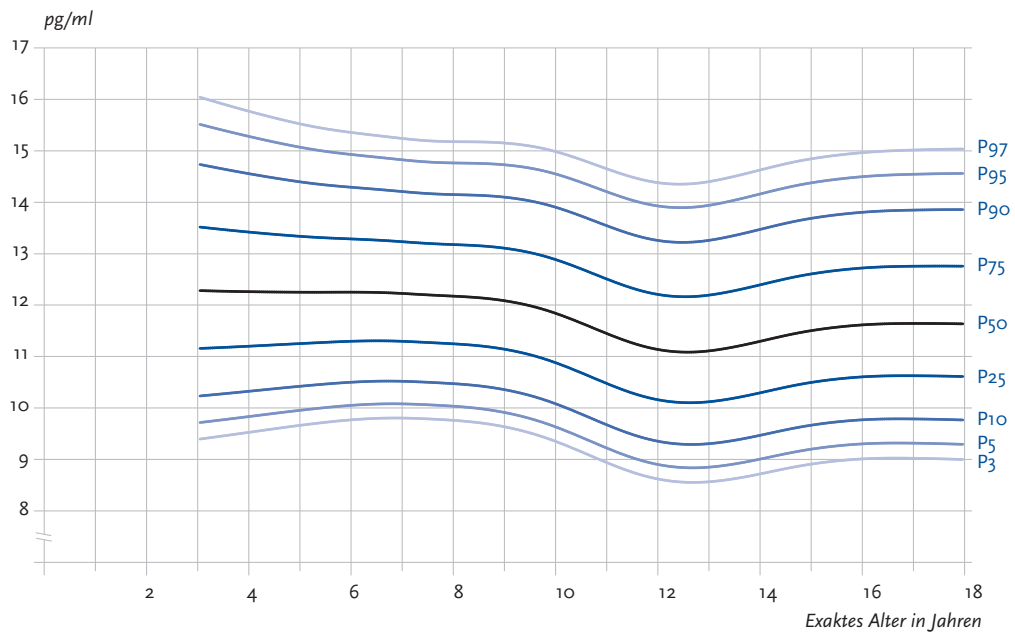
Median



**Geglättete Perzentilkurven für Freies T4 (pg/ml)  
Jungen (N=6.723)**



**Geglättete Perzentilkurven für Freies T4 (pg/ml)  
Mädchen (N=6.365)**





Geglättete Perzentile für Freies T4 (pg/ml)  
Jungen (N=6.723)

Alter *	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
3,5	9,8	10,0	10,4	11,2	12,0	13,0	13,9	14,5	14,8
4	9,7	10,0	10,4	11,1	12,0	13,0	13,9	14,5	14,8
4,5	9,7	10,0	10,4	11,1	12,0	13,0	13,9	14,5	14,9
5	9,7	10,0	10,4	11,1	12,0	13,0	13,9	14,5	14,9
5,5	9,7	9,9	10,4	11,1	12,0	13,0	13,9	14,5	14,9
6	9,7	9,9	10,4	11,1	12,0	13,0	14,0	14,6	15,0
6,5	9,6	9,9	10,4	11,1	12,1	13,1	14,0	14,6	15,0
7	9,6	9,9	10,3	11,1	12,1	13,1	14,0	14,7	15,1
7,5	9,6	9,9	10,3	11,1	12,0	13,1	14,0	14,7	15,1
8	9,5	9,8	10,3	11,1	12,0	13,0	14,0	14,7	15,1
8,5	9,5	9,8	10,3	11,0	12,0	13,0	14,0	14,7	15,1
9	9,5	9,8	10,2	11,0	12,0	13,1	14,1	14,7	15,2
9,5	9,5	9,8	10,2	11,0	12,0	13,1	14,1	14,8	15,2
10	9,5	9,8	10,2	11,0	12,0	13,1	14,1	14,8	15,2
10,5	9,4	9,7	10,2	11,0	12,0	13,1	14,1	14,8	15,2
11	9,4	9,7	10,1	10,9	11,9	13,0	14,1	14,7	15,2
11,5	9,3	9,5	10,0	10,8	11,8	12,9	14,0	14,6	15,1
12	9,1	9,4	9,9	10,7	11,7	12,7	13,8	14,5	14,9
12,5	9,0	9,2	9,7	10,5	11,5	12,6	13,6	14,3	14,7
13	8,8	9,1	9,5	10,3	11,3	12,4	13,4	14,1	14,5
13,5	8,7	9,0	9,4	10,2	11,2	12,3	13,3	14,0	14,4
14	8,7	9,0	9,4	10,2	11,2	12,3	13,3	14,0	14,5
14,5	8,8	9,0	9,5	10,3	11,3	12,4	13,5	14,2	14,7
15	8,9	9,2	9,7	10,5	11,6	12,7	13,8	14,5	15,0
15,5	9,1	9,4	9,9	10,7	11,8	13,0	14,1	14,8	15,3
16	9,2	9,5	10,1	10,9	12,0	13,2	14,4	15,2	15,7
16,5	9,4	9,7	10,2	11,1	12,2	13,5	14,7	15,5	16,0
17	9,5	9,8	10,3	11,3	12,4	13,7	14,9	15,7	16,3
17,5	9,6	9,9	10,5	11,4	12,6	13,9	15,2	16,0	16,5

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für Freies T4 (pg/ml)  
Mädchen (N = 6.365)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
3,5	9,4	9,8	10,3	11,2	12,3	13,5	14,6	15,4	15,9
4	9,5	9,8	10,3	11,2	12,3	13,4	14,5	15,3	15,8
4,5	9,6	9,9	10,4	11,2	12,2	13,4	14,5	15,2	15,6
5	9,6	9,9	10,4	11,2	12,2	13,3	14,4	15,1	15,5
5,5	9,7	10,0	10,5	11,3	12,2	13,3	14,3	15,0	15,4
6	9,8	10,0	10,5	11,3	12,2	13,3	14,3	14,9	15,4
6,5	9,8	10,1	10,5	11,3	12,2	13,3	14,2	14,9	15,3
7	9,8	10,1	10,5	11,3	12,2	13,2	14,2	14,8	15,2
7,5	9,8	10,0	10,5	11,3	12,2	13,2	14,2	14,8	15,2
8	9,7	10,0	10,5	11,2	12,2	13,2	14,1	14,8	15,2
8,5	9,7	10,0	10,4	11,2	12,1	13,1	14,1	14,8	15,2
9	9,6	9,9	10,3	11,1	12,1	13,1	14,1	14,7	15,2
9,5	9,5	9,8	10,2	11,0	12,0	13,0	14,0	14,7	15,1
10	9,3	9,6	10,1	10,9	11,8	12,9	13,9	14,5	15,0
10,5	9,1	9,4	9,9	10,7	11,6	12,7	13,7	14,4	14,8
11	8,9	9,2	9,7	10,5	11,4	12,5	13,5	14,2	14,6
11,5	8,7	9,0	9,5	10,3	11,3	12,3	13,4	14,0	14,5
12	8,6	8,9	9,3	10,1	11,1	12,2	13,3	13,9	14,4
12,5	8,5	8,8	9,3	10,1	11,1	12,2	13,2	13,9	14,3
13	8,5	8,8	9,3	10,1	11,1	12,2	13,3	13,9	14,4
13,5	8,6	8,9	9,4	10,2	11,2	12,3	13,3	14,0	14,5
14	8,7	9,0	9,4	10,3	11,3	12,4	13,5	14,2	14,6
14,5	8,8	9,1	9,6	10,4	11,4	12,5	13,6	14,3	14,7
15	8,9	9,2	9,6	10,5	11,5	12,6	13,7	14,4	14,8
15,5	8,9	9,2	9,7	10,5	11,6	12,7	13,7	14,4	14,9
16	9,0	9,3	9,8	10,6	11,6	12,7	13,8	14,5	15,0
16,5	9,0	9,3	9,8	10,6	11,6	12,7	13,8	14,5	15,0
17	9,0	9,3	9,8	10,6	11,6	12,7	13,8	14,5	15,0
17,5	9,0	9,3	9,8	10,6	11,6	12,8	13,9	14,6	15,0

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)



## 2.5 Kardiovaskuläre Risikofaktoren

### Cholesterin

#### Klinische und epidemiologische Bedeutung

Cholesterin ist ein lebenswichtiges, zum Aufbau von Zellmembranen und Lipoproteinen sowie als Grundbaustein von Steroidhormonen benötigtes Lipid. Beim Menschen wird Cholesterin vornehmlich in der Leber und in der Darmschleimhaut synthetisiert, zum Teil auch mit der Nahrung aufgenommen. Aufgrund seiner schlechten Wasserlöslichkeit wird Cholesterin im Plasma an verschiedene Lipoproteine gebunden transportiert; der überwiegende Teil des Cholesterins bindet an low density lipoprotein (LDL), der Rest an high density lipoprotein (HDL) und very low density lipoprotein (VLDL) [1]. Eine Erhöhung des Serum-Cholesterins (Hypercholesterinämie) zählt zu den wichtigsten bekannten und behandelbaren Risikofaktoren für die Entstehung von Arteriosklerose und Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Entscheidend ist dabei die Erhöhung des LDL-Cholesterins. HDL-gebundenes Cholesterin ist dagegen gegenläufig mit dem Herz-Kreislauf-Risiko assoziiert, da es den Anteil des Cholesterins repräsentiert, der aus der Peripherie zum Abbau in der Leber transportiert wird. Ungünstige Veränderungen des Cholesterinstoffwechsels mit Erhöhung des LDL-Cholesterins und Erniedrigung des HDL-Cholesterins können genetische Ursachen haben und treten dann familiär gehäuft auf. In industrialisierten Gesellschaften spielen erworbene Faktoren, wie Bewegungsmangel, Über- und Fehlernährung eine wesentliche Rolle. Eine Erniedrigung des HDL-Cholesterins tritt häufig in Kombination mit Übergewicht und Störungen des Blutzuckerstoffwechsels auf. Viele Studienergebnisse sprechen dafür, dass die Grundlagen des Arteriosklerose-Risikos bereits im Kindes- und Jugendalter gelegt werden. In Anbetracht der Verbreitung von Übergewicht und Adipositas sind daher neue Empfehlungen für ein Screening auf Cholesterin-Veränderungen bei Kindern und Jugendlichen verabschiedet worden [2].

#### Referenzwerte

Zur Beurteilung des Serum-Cholesterins bei Kindern und Jugendlichen wurden lange Zeit Grenzwerte für Erwachsene zugrunde gelegt [2].

Aktuelle Empfehlungen berücksichtigen die physiologischen Veränderungen des Cholesterins im Zusammenhang mit Wachstum und Entwicklung und stützen sich auf Perzentilverteilungen, die in den 1980er-Jahren bei 13.655 Kindern und Jugendlichen in den USA im Rahmen der Lipid Research Clinic Pediatric Prevalence Study erhoben wurden [2]. Das 95. Perzentil für LDL-Cholesterin lag in dieser Population bei 133 mg/dl für 10- bis 14-jährige Jungen und bei 130 mg/dl für 15- bis 19-jährige Jungen. Die entsprechenden Werte bei Mädchen waren 136 mg/dl und 137 mg/dl. P95-Werte für Gesamtcholesterin in den beiden Altersgruppen lagen bei 201 mg/dl und 191 mg/dl bei den Jungen und bei 205 mg/dl und 208 mg/dl bei den Mädchen. Bislang existieren nur wenige prospektive Langzeitstudien, die überprüfen können, ob sich ungünstige Veränderungen des Serum-Cholesterins ins Erwachsenenalter fortsetzen [3]. Eine medikamentöse Intervention wird bei Kindern und Jugendlichen derzeit ab einem LDL-Cholesterinwert von 190 mg/dl, bei Vorliegen weiterer kardiovaskulärer Risikofaktoren ab 160 mg/dl, bei bekanntem Diabetes mellitus ab 130 mg/dl empfohlen [2].

#### Interpretation

Die Werte für Gesamtcholesterin steigen zunächst mit dem Lebensalter an, um in der Pubertät deutlich abzufallen und danach wieder anzusteigen. Mädchen erreichen das vorpubertäre Plateau mit 8 bis 9 Jahren etwa zwei Jahre früher als Jungen mit etwa 10 bis 11 Jahren. Der Median verschiebt sich dabei von 154 mg/dl bei Mädchen und 149 mg/dl bei Jungen im 2. Lebensjahr bis auf ein Maximum von 169 mg/dl bei Mädchen im 7. bis 10. Lebensjahr und 167 mg/dl bei Jungen im 11. Lebensjahr. Der anschließende Abfall der Cholesterin-Serumkonzentration ist bei den Jungen ausgeprägter als bei den Mädchen, deren Werte nach der Pubertät auch steiler ansteigen. Ab dem 14. Lebensjahr verlaufen die Perzentilkurven für Mädchen deutlich über denen der Jungen. Im Alter von 17 bis 18 Jahren liegt der Median für Mädchen 16 mg/dl über dem für Jungen (167 mg/dl vs. 151 mg/dl).

Der Median für das HDL-Cholesterin steigt von 45 mg/dl bei Mädchen und 46 mg/dl bei Jungen im zweiten Lebensjahr auf präpubertäre Höchstwerte von 58 mg/dl bei Mädchen und 60 mg/dl bei Jungen. Bei Jungen fallen die Werte ab dem 11. Lebensjahr deutlich ab, während sich die Werte bei Mädchen über die Pubertätsjahre kaum verändern und danach leicht wieder ansteigen. Im 18. Lebensjahr liegt der Median für HDL-Cholesterin bei 50 mg/dl für Jungen und 59 mg/dl für Mädchen. Nach der Pubertät weisen mehr als 10 % der Jungen HDL-Werte unter 40 mg/dl auf; 25 % der Mädchen haben nach der Pubertät Werte unter 50 mg/dl.

Beim LDL-Cholesterin wird ein vorpubertäres Plateau schon im 6. bis 7. Lebensjahr erreicht. Bei Jungen bewegt sich der Median von 86 mg/dl im 2. Lebensjahr auf Maximalwerte von 94 mg/dl im Alter von 5 Jahren; ab dem 12. Lebensjahr fallen die medianen Werte kontinuierlich um etwa 10 mg/dl bis zum 16. Lebensjahr ab, um danach wieder leicht anzusteigen und bis zum 18. Lebensjahr 85 mg/dl zu erreichen. Das 95. Perzentil bewegt sich parallel dazu von 134 mg/dl über 140 mg/dl und 125 mg/dl auf 130 mg/dl. Bei den Mädchen

liegen die Ausgangswerte konsistent höher; der Median erreicht zum 18. Lebensjahr 96 mg/dl, das 95. Perzentil 153 mg/dl.

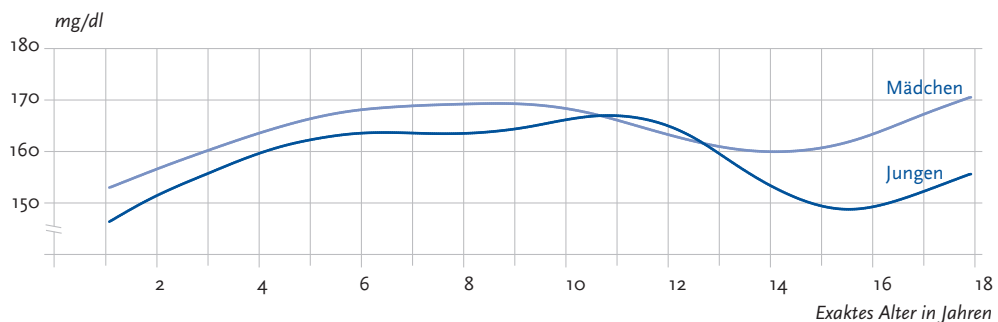
Die hier beobachteten Verteilungsmuster nach Alter und Geschlecht stimmen mit Ergebnissen bevölkerungsbezogener Studien von Kindern und Jugendlichen in den USA überein [2, 4, 5]. Allerdings werden in den KiGGS-Verteilungen für die älteren Mädchen höhere Absolutwerte für Gesamt- und LDL-Cholesterin und für beide Geschlechter höhere HDL-Cholesterinwerte beobachtet.

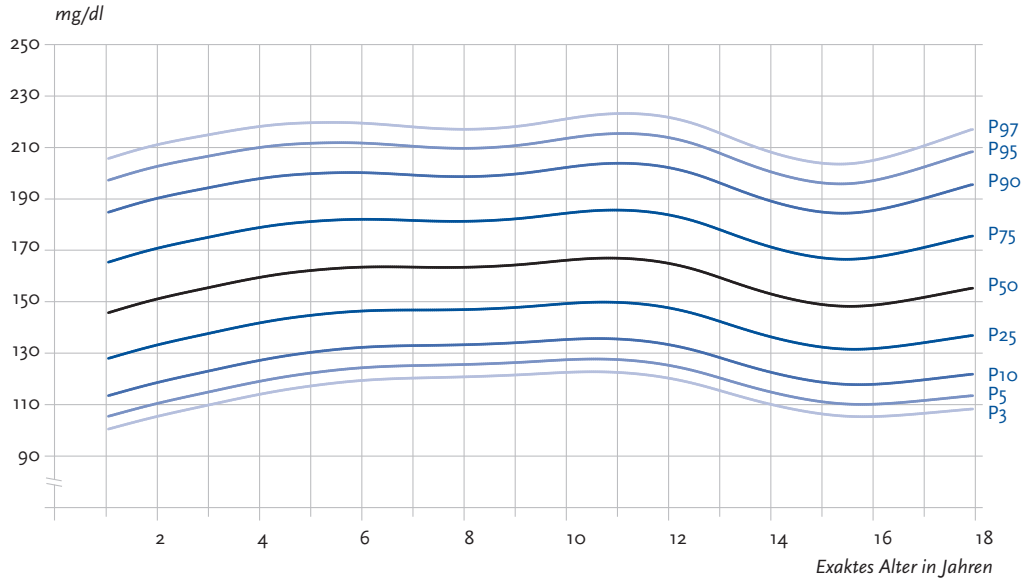
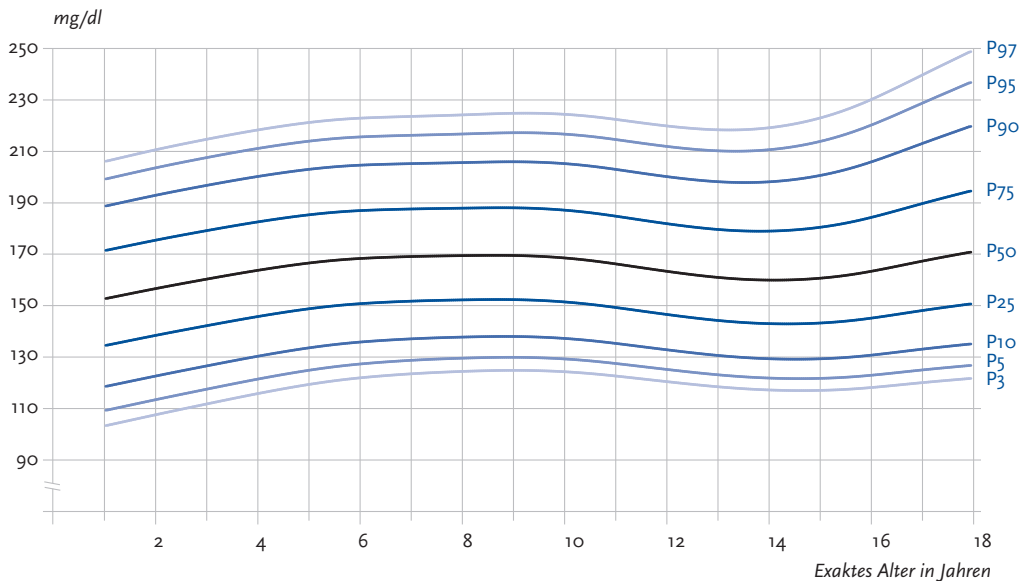
### Methodische Besonderheiten

Zur Direktbestimmung des Gesamtcholesterins sowie der an LDL und HDL gebundenen Cholesterins stehen heute automatisierte Methoden zur Verfügung, die auch im KiGGS angewendet wurden (siehe Tabelle 3, Seite 7). Eine direkte Vergleichbarkeit mit Messdaten aus älteren Studien ist eingeschränkt [2, 5, 6]. Ein Einfluss oraler Kontrazeptiva der dritten Generation auf gemessene Konzentrationen des HDL-Cholesterins, nicht jedoch des LDL-Cholesterins, ist beschrieben [7].

## Gesamtcholesterin

Geglättete Perzentilkurven für Gesamtcholesterin (mg/dl)  
Median



**Geglättete Perzentilkurven für Gesamtcholesterin (mg/dl)  
Jungen (N=7.297)****Geglättete Perzentilkurven für Gesamtcholesterin (mg/dl)  
Mädchen (N=6.951)**

**Geglättete Perzentile für Gesamtcholesterin (mg/dl)  
Jungen (N=7.297)**

Alter*	P <sub>3</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>10</sub>	P <sub>25</sub>	P <sub>50 (Median)</sub>	P <sub>75</sub>	P <sub>90</sub>	P <sub>95</sub>	P <sub>97</sub>
1,5	103	108	116	131	149	168	188	200	209
2	105	110	119	133	151	171	190	203	211
2,5	108	113	121	135	153	173	193	205	213
3	110	115	123	138	156	175	194	207	215
3,5	112	117	125	140	158	177	196	209	217
4	114	119	127	142	159	179	198	210	218
4,5	116	121	129	143	161	180	199	211	219
5	117	122	130	145	162	181	200	212	220
5,5	118	123	131	146	163	182	200	212	220
6	119	124	132	146	163	182	200	212	220
6,5	120	125	133	147	164	182	200	211	219
7	120	125	133	147	163	182	199	211	218
7,5	120	125	133	147	163	181	199	210	217
8	121	125	133	147	163	181	199	210	217
8,5	121	126	133	147	164	182	199	210	217
9	121	126	134	148	164	182	200	211	218
9,5	122	127	134	148	165	183	201	212	220
10	122	127	135	149	166	184	202	214	221
10,5	123	128	135	150	167	185	203	215	223
11	122	127	135	150	167	186	204	216	223
11,5	122	127	135	149	166	185	204	215	223
12	120	125	133	148	165	184	202	214	222
12,5	118	123	131	145	163	182	200	212	220
13	115	120	128	142	160	178	196	208	216
13,5	113	117	125	139	156	175	193	204	212
14	110	115	123	136	153	171	189	201	208
14,5	108	113	120	134	151	169	187	198	206
15	106	111	119	132	149	167	185	196	204
15,5	105	110	118	131	148	166	184	196	204
16	105	110	118	132	148	167	185	197	205
16,5	105	110	118	132	150	169	187	199	207
17	106	111	119	134	151	171	190	202	210
17,5	107	112	120	135	153	173	193	205	214

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für Gesamtcholesterin (mg/dl)  
Mädchen (N = 6.951)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	105	111	120	136	154	173	191	201	208
2	107	113	122	138	156	175	193	204	211
2,5	109	115	124	140	158	177	195	206	213
3	111	117	126	142	160	179	197	208	215
3,5	113	119	128	144	162	181	199	209	217
4	115	121	130	145	164	182	200	211	218
4,5	117	123	132	147	165	184	202	213	220
5	119	124	133	148	166	185	203	214	221
5,5	120	126	134	150	167	186	204	215	222
6	121	127	135	150	168	187	205	216	223
6,5	122	128	136	151	169	187	205	216	223
7	123	128	137	151	169	187	205	216	224
7,5	124	129	137	152	169	188	205	217	224
8	124	129	137	152	169	188	206	217	224
8,5	124	129	138	152	169	188	206	217	225
9	124	129	138	152	169	188	206	217	225
9,5	124	129	137	152	169	188	206	217	225
10	124	129	137	151	168	187	205	217	225
10,5	123	128	136	150	167	186	204	216	224
11	122	127	135	149	166	185	203	215	223
11,5	121	126	134	148	165	183	202	213	221
12	120	125	132	146	163	182	200	212	220
12,5	119	124	131	145	162	181	199	211	219
13	118	123	130	144	161	180	198	210	218
13,5	117	122	129	143	160	179	198	210	218
14	117	121	129	143	160	179	198	211	219
14,5	116	121	129	143	160	179	199	212	221
15	117	121	129	143	160	180	200	214	223
15,5	117	122	129	144	161	182	203	216	226
16	118	122	130	145	163	184	206	220	230
16,5	118	123	131	146	165	187	209	224	235
17	119	124	133	148	167	189	213	228	239
17,5	120	125	134	149	169	192	216	233	244

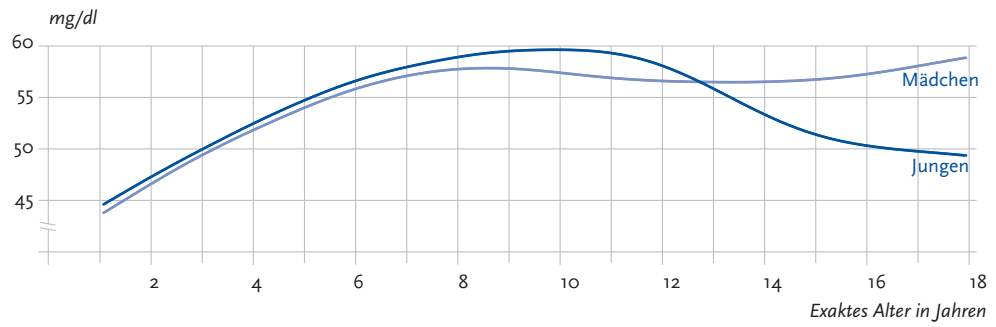
\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

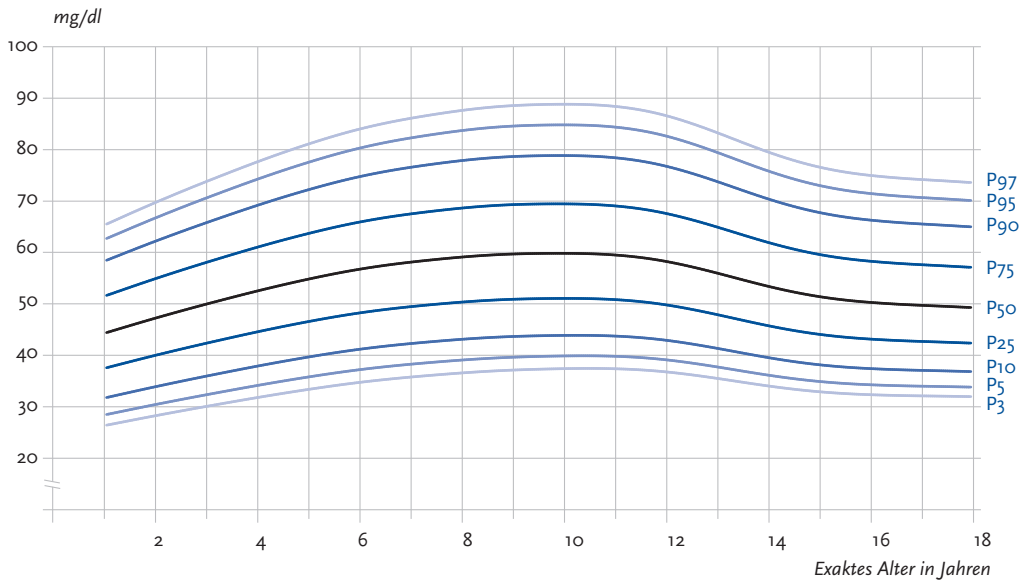
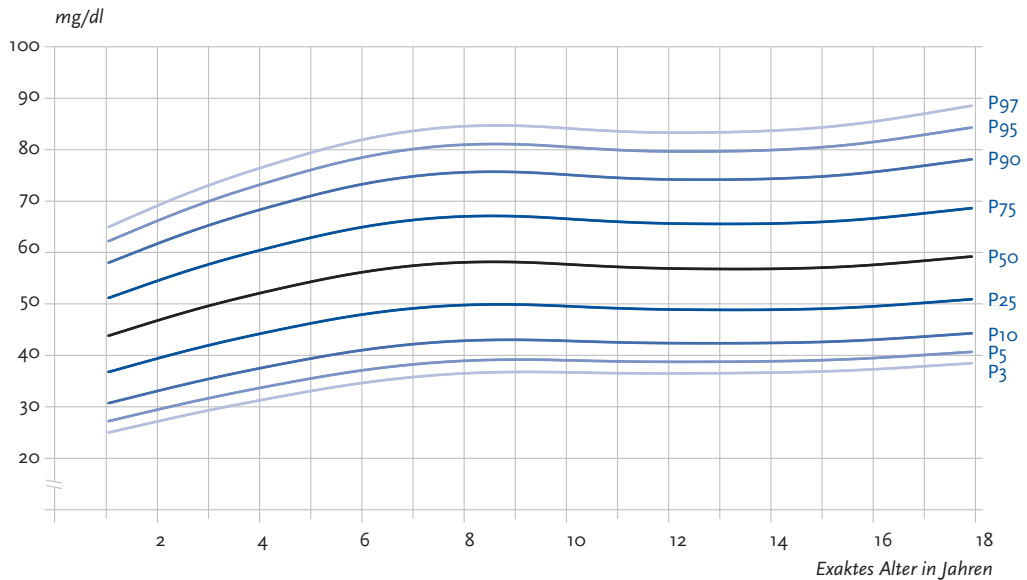


## HDL-Cholesterin

Geglättete Perzentilkurven für HDL-Cholesterin (mg/dl)

Median



**Geglättete Perzentilkurven für HDL-Cholesterin (mg/dl)  
Jungen (N=7.297)****Geglättete Perzentilkurven für HDL-Cholesterin (mg/dl)  
Mädchen (N=6.952)**

Geglättete Perzentile für HDL-Cholesterin (mg/dl)  
Jungen (N=7.297)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	27	30	33	39	46	53	60	65	68
2	28	31	34	40	47	55	62	67	70
2,5	29	31	35	41	49	57	64	69	72
3	30	32	36	42	50	58	66	71	74
3,5	31	33	37	44	51	60	68	73	76
4	32	34	38	45	53	61	69	74	78
4,5	33	35	39	46	54	63	71	76	80
5	33	36	40	47	55	64	72	78	81
5,5	34	37	41	48	56	65	74	79	83
6	35	37	41	48	57	66	75	80	84
6,5	35	38	42	49	58	67	76	82	85
7	36	38	42	50	58	68	77	82	86
7,5	36	39	43	50	59	68	77	83	87
8	37	39	43	50	59	69	78	84	88
8,5	37	39	43	51	60	69	78	84	88
9	37	40	44	51	60	69	79	85	89
9,5	37	40	44	51	60	70	79	85	89
10	37	40	44	51	60	70	79	85	89
10,5	37	40	44	51	60	69	79	85	89
11	37	40	44	51	60	69	79	84	89
11,5	37	40	43	50	59	69	78	84	88
12	37	39	43	50	58	68	77	83	87
12,5	36	39	42	49	57	66	76	81	85
13	36	38	41	48	56	65	74	80	83
13,5	35	37	41	47	55	64	72	78	82
14	34	36	40	46	54	62	71	76	80
14,5	33	36	39	45	52	61	69	74	78
15	33	35	38	44	51	60	68	73	77
15,5	33	35	38	44	51	59	67	72	76
16	32	34	37	43	50	58	66	72	75
16,5	32	34	37	43	50	58	66	71	75
17	32	34	37	43	50	58	66	71	74
17,5	32	34	37	43	50	57	65	70	74

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

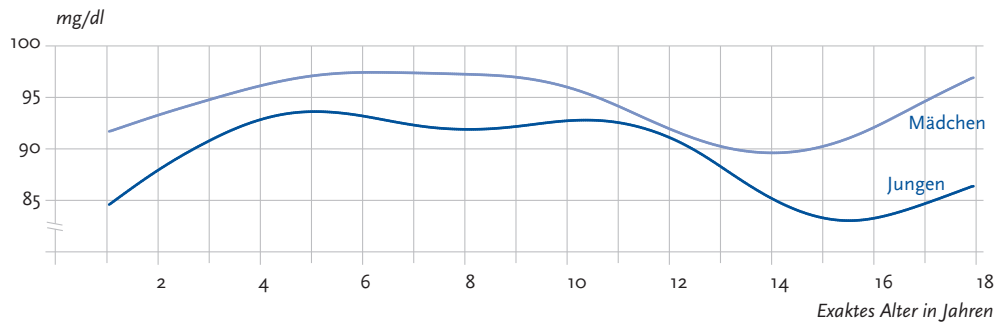
Geglättete Perzentile für HDL-Cholesterin (mg/dl)  
Mädchen (N = 6.952)

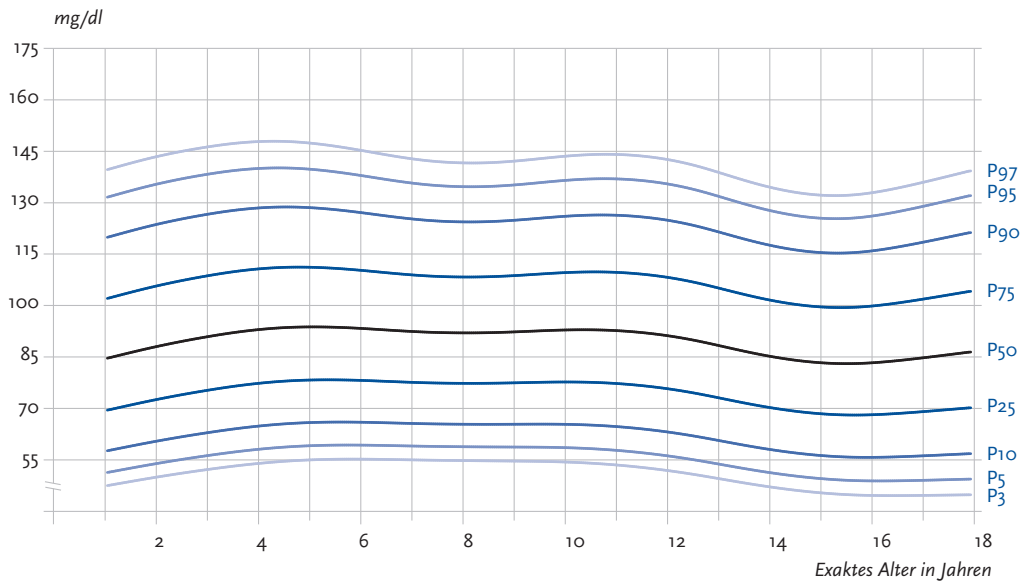
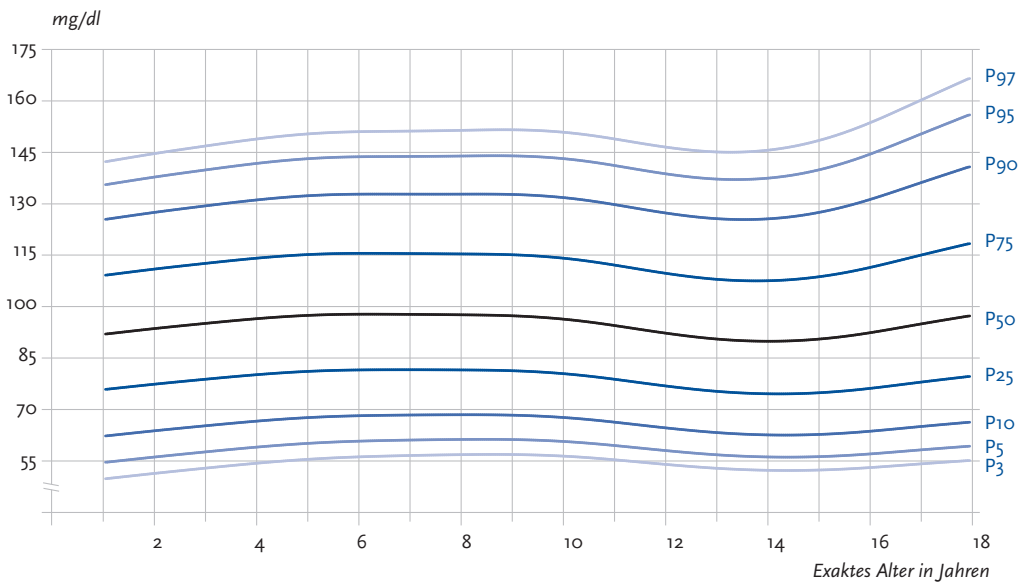
Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	26	28	32	38	45	53	60	64	67
2	27	29	33	39	47	54	62	66	69
2,5	28	30	34	41	48	56	64	68	71
3	29	31	35	42	50	58	65	70	73
3,5	30	32	36	43	51	59	67	72	75
4	31	33	37	44	52	60	68	73	76
4,5	32	34	38	45	53	62	70	75	78
5	33	35	39	46	54	63	71	76	79
5,5	34	36	40	47	55	64	72	77	81
6	34	37	41	48	56	65	73	78	82
6,5	35	37	41	48	57	66	74	79	83
7	36	38	42	49	57	66	75	80	84
7,5	36	38	42	49	58	67	75	81	84
8	36	39	43	50	58	67	76	81	85
8,5	36	39	43	50	58	67	76	81	85
9	37	39	43	50	58	67	76	81	85
9,5	37	39	43	50	58	67	75	81	85
10	36	39	43	49	58	67	75	81	84
10,5	36	39	42	49	57	66	75	80	84
11	36	39	42	49	57	66	75	80	84
11,5	36	39	42	49	57	66	74	80	83
12	36	39	42	49	57	66	74	80	83
12,5	36	39	42	49	57	66	74	80	83
13	36	39	42	49	57	65	74	80	83
13,5	36	39	42	49	57	65	74	80	84
14	36	39	42	49	57	66	74	80	84
14,5	36	39	42	49	57	66	74	80	84
15	37	39	42	49	57	66	75	80	84
15,5	37	39	43	49	57	66	75	81	85
16	37	39	43	49	57	67	76	81	85
16,5	37	39	43	50	58	67	76	82	86
17	38	40	43	50	58	67	77	83	87
17,5	38	40	44	50	59	68	77	84	88

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

## LDL-Cholesterin

Geglättete Perzentilkurven für LDL-Cholesterin (mg/dl)  
Median



**Geglättete Perzentilkurven für LDL-Cholesterin (mg/dl)  
Jungen (N=7.291)****Geglättete Perzentilkurven für LDL-Cholesterin (mg/dl)  
Mädchen (N=6.942)**

Geglättete Perzentile für LDL-Cholesterin (mg/dl)  
Jungen (N=7.291)

Alter *	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	49	52	59	71	86	104	122	134	142
2	50	54	60	72	88	106	124	136	144
2,5	51	55	62	74	90	107	125	137	145
3	52	56	63	75	91	109	127	138	146
3,5	53	57	64	76	92	110	128	139	147
4	54	58	65	77	93	111	129	140	148
4,5	54	58	65	78	93	111	129	140	148
5	55	59	66	78	94	111	129	140	147
5,5	55	59	66	78	94	111	128	139	147
6	55	59	66	78	93	110	127	138	145
6,5	55	59	66	78	93	110	126	137	144
7	55	59	65	77	92	109	125	136	143
7,5	55	59	65	77	92	108	125	135	142
8	55	59	65	77	92	108	124	135	142
8,5	54	59	65	77	92	108	124	135	142
9	54	58	65	77	92	109	125	135	142
9,5	54	58	65	77	93	109	125	136	143
10	54	58	65	78	93	110	126	137	144
10,5	54	58	65	77	93	110	126	137	144
11	53	58	65	77	93	110	126	137	144
11,5	53	57	64	77	92	109	126	137	144
12	52	56	63	76	91	108	125	136	143
12,5	51	55	62	74	90	107	124	134	141
13	49	54	61	73	88	105	122	132	139
13,5	48	52	59	72	87	103	120	130	137
14	47	51	58	70	85	102	118	128	135
14,5	46	50	57	69	84	100	116	126	133
15	45	49	56	68	83	100	115	126	132
15,5	45	49	56	68	83	99	115	125	132
16	44	49	55	68	83	100	116	126	133
16,5	44	49	56	68	84	101	117	127	134
17	44	49	56	69	85	102	118	129	136
17,5	44	49	56	69	85	103	120	130	138

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für LDL-Cholesterin (mg/dl)  
Mädchen (N = 6.942)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	50	55	63	76	93	110	126	137	144
2	51	56	63	77	93	111	127	138	145
2,5	52	56	64	78	94	112	128	139	146
3	52	57	65	78	95	112	129	140	147
3,5	53	58	66	79	96	113	130	141	148
4	54	59	66	80	96	114	131	142	149
4,5	54	59	67	80	97	115	132	143	150
5	55	60	67	81	97	115	132	143	150
5,5	55	60	68	81	97	115	133	144	151
6	56	60	68	81	98	115	133	144	151
6,5	56	60	68	81	98	115	133	144	151
7	56	61	68	81	97	115	133	144	151
7,5	56	61	68	81	97	115	133	144	151
8	56	61	68	81	97	115	133	144	151
8,5	56	61	68	81	97	115	133	144	152
9	56	61	68	81	97	115	133	144	152
9,5	56	61	68	81	97	115	132	144	151
10	56	60	67	80	96	114	132	143	151
10,5	55	60	67	79	95	113	131	142	150
11	55	59	66	78	94	112	130	141	149
11,5	54	58	65	77	93	111	128	140	148
12	53	58	64	77	92	110	127	139	147
12,5	53	57	63	76	91	109	126	138	146
13	52	56	63	75	90	108	126	137	145
13,5	52	56	62	74	90	107	125	137	145
14	52	56	62	74	90	107	125	137	146
14,5	52	56	62	74	90	108	126	138	147
15	52	56	62	74	90	108	127	140	148
15,5	52	56	63	75	91	110	129	142	151
16	52	56	63	76	92	111	131	144	153
16,5	53	57	64	77	93	113	133	147	157
17	54	58	65	78	95	115	136	150	160
17,5	54	58	65	78	96	117	138	153	163

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)



## Harnsäure

### Klinische und epidemiologische Bedeutung

Harnsäure stellt das Endprodukt des Purinstoffwechsels dar und wird über die Nieren ausgeschieden. Eine Erhöhung der Harnsäurekonzentration im Serum (Hyperurikämie) spiegelt daher entweder eine Überproduktion oder eine verminderte renale Ausscheidungskapazität wider. Langfristige Erhöhungen der Harnsäurekonzentration führen zur Gicht. Sekundäre Formen aufgrund schwerer Erkrankungen kommen in allen Altersgruppen vor. Deutlich häufiger sind primäre Formen, die genetisch bedingt sein können, aber auch stark durch Über- und Fehlernährung (proteinreiche Nahrung; Alkoholkonsum) und mangelnde körperliche Bewegung beeinflusst werden [1]. Dies erklärt den beobachteten Zusammenhang zwischen Hyperurikämie und einem erhöhten Herz-Kreislauf-Risiko. Ob der Zusammenhang unabhängig von den bekannten kardiovaskulären Risikofaktoren ist, bleibt umstritten [2]. Bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 12 bis 17 Jahren ist ein querschnittlicher Zusammenhang zwischen Harnsäurekonzentration und dem Vorliegen eines metabolischen Syndroms beschrieben worden [3]. In längsschnittlichen Beobachtungen haben Kinder mit Übergewicht und Stoffwechselveränderungen im Sinne eines metabolischen Syndroms ein deutlich erhöhtes Risiko für eine Hyperurikämie als Erwachsene [4].

### Referenzwerte

Die hochstandardisierte, automatisierte Analyse-methode zur Bestimmung der Harnsäure schafft eine gute Ausgangslage für vergleichende Beob-

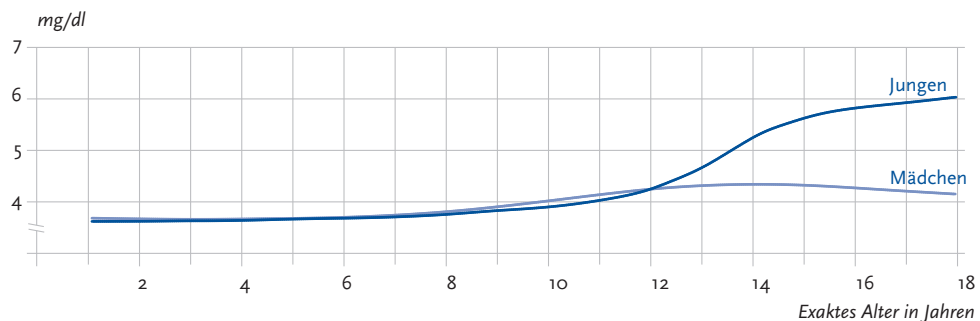
achtungen zur Verteilung der Messwerte (siehe Tabelle 3, Seite 7). Als obere Grenzwerte für die Harnsäurekonzentration werden bei Erwachsenen 6,0 mg/dl für Frauen und 7,0 mg/dl für Männer angegeben [1]. Für Kinder und Jugendliche besteht bislang allerdings keine Einigung hinsichtlich der anzusetzenden Grenzen. Bisher verwendete alters- und geschlechtsspezifische Referenzbereiche sind aus kleineren, Klinik-basierten Stichprobenuntersuchungen abgeleitet [1, 5, 6].

### Interpretation

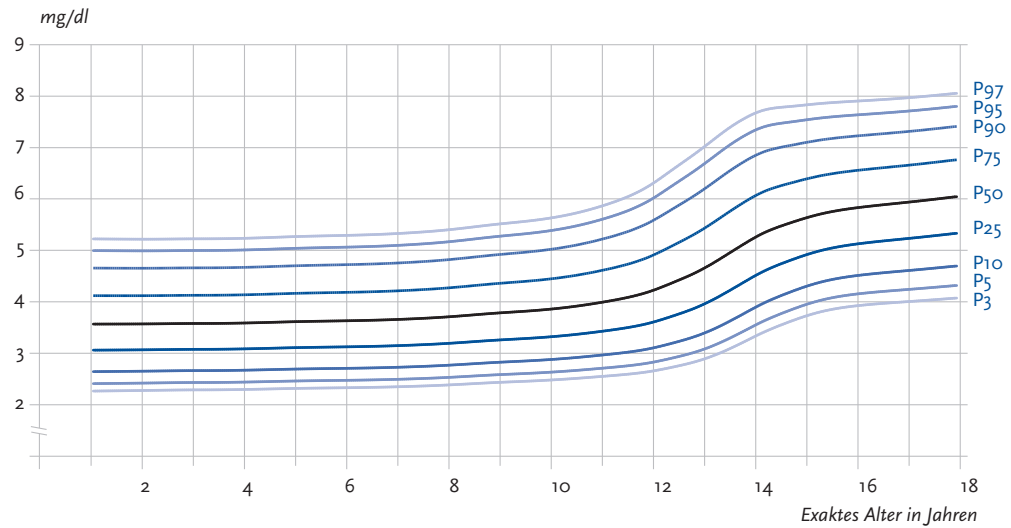
Ab dem Schulalter steigt die Serumkonzentration der Harnsäure bei Mädchen und Jungen leicht an. Bei den Mädchen flacht der Kurvenverlauf zwischen dem 12. und 16. Lebensjahr ab, wobei Höchstwerte um das 14. Lebensjahr erreicht werden und die Messwerte danach leicht wieder abfallen. Bei Jungen erfolgt im Pubertätsalter, zwischen dem 11. und 14. Lebensjahr, ein ausgeprägter weiterer Anstieg der Harnsäurekonzentration. Danach flacht sich der Anstieg deutlich ab, ohne dass ein Plateau erreicht wird. Das 95. Perzentil bei Jungen schneidet den für erwachsene Männer festgelegten Grenzwert von 7 mg/dl bereits im 14. Lebensjahr. Ab dem 15. Lebensjahr verläuft auch das 90. Perzentil oberhalb dieses Grenzwertes. Bei den Mädchen wird der für erwachsene Frauen zugrunde gelegte Schwellenwert von 6 mg/dl zwischen dem 13. und 17. Lebensjahr vom 97. Perzentil gerade überschritten. Im Vergleich zu den bislang für Kinder und Jugendliche existierenden Referenzbereichen zeigt sich für einige [6], jedoch nicht alle [1, 5] publizierten Daten eine gute Übereinstimmung.

### Geglättete Perzentilkurven für Harnsäure (mg/dl)

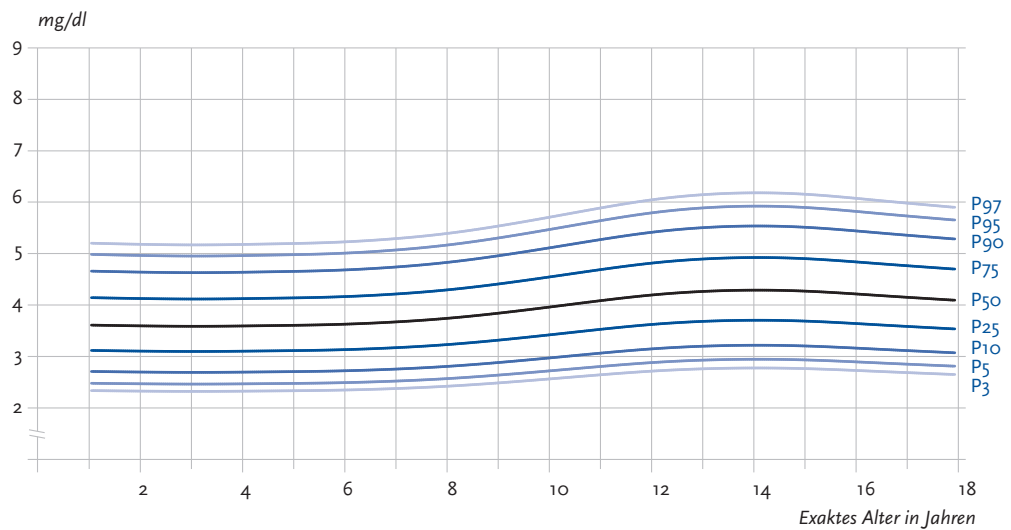
#### Median



### Geglättete Perzentilkurven für Harnsäure (mg/dl) Jungen (N=7.298)



### Geglättete Perzentilkurven für Harnsäure (mg/dl) Mädchen (N=6.951)



Geglättete Perzentile für Harnsäure (mg/dl)  
Jungen (N=7.298)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	2,2	2,4	2,6	3,0	3,5	4,1	4,6	5,0	5,2
2	2,2	2,4	2,6	3,0	3,5	4,1	4,6	5,0	5,2
2,5	2,3	2,4	2,6	3,0	3,6	4,1	4,6	5,0	5,2
3	2,3	2,4	2,6	3,0	3,6	4,1	4,6	5,0	5,2
3,5	2,3	2,4	2,6	3,1	3,6	4,1	4,6	5,0	5,2
4	2,3	2,4	2,6	3,1	3,6	4,1	4,7	5,0	5,2
4,5	2,3	2,4	2,7	3,1	3,6	4,1	4,7	5,0	5,2
5	2,3	2,4	2,7	3,1	3,6	4,1	4,7	5,0	5,3
5,5	2,3	2,4	2,7	3,1	3,6	4,2	4,7	5,0	5,3
6	2,3	2,4	2,7	3,1	3,6	4,2	4,7	5,1	5,3
6,5	2,3	2,5	2,7	3,1	3,6	4,2	4,7	5,1	5,3
7	2,3	2,5	2,7	3,1	3,6	4,2	4,7	5,1	5,3
7,5	2,3	2,5	2,7	3,1	3,7	4,2	4,8	5,1	5,3
8	2,4	2,5	2,7	3,2	3,7	4,3	4,8	5,2	5,4
8,5	2,4	2,5	2,8	3,2	3,7	4,3	4,9	5,2	5,4
9	2,4	2,6	2,8	3,2	3,8	4,3	4,9	5,3	5,5
9,5	2,4	2,6	2,8	3,3	3,8	4,4	5,0	5,3	5,6
10	2,4	2,6	2,8	3,3	3,8	4,4	5,0	5,4	5,6
10,5	2,5	2,6	2,9	3,3	3,9	4,5	5,1	5,5	5,7
11	2,5	2,7	2,9	3,4	4,0	4,6	5,2	5,6	5,9
11,5	2,6	2,7	3,0	3,5	4,1	4,7	5,3	5,8	6,0
12	2,6	2,8	3,1	3,6	4,2	4,9	5,6	6,0	6,3
12,5	2,7	2,9	3,2	3,7	4,4	5,1	5,9	6,3	6,6
13	2,9	3,0	3,4	3,9	4,6	5,4	6,2	6,7	7,0
13,5	3,0	3,3	3,6	4,2	4,9	5,7	6,5	7,0	7,4
14	3,3	3,5	3,9	4,5	5,2	6,0	6,8	7,3	7,7
14,5	3,5	3,7	4,1	4,7	5,5	6,2	7,0	7,5	7,8
15	3,7	3,9	4,3	4,9	5,6	6,4	7,1	7,5	7,8
15,5	3,8	4,1	4,4	5,0	5,7	6,5	7,2	7,6	7,9
16	3,9	4,1	4,5	5,1	5,8	6,5	7,2	7,6	7,9
16,5	3,9	4,2	4,5	5,2	5,9	6,6	7,3	7,7	7,9
17	4,0	4,2	4,6	5,2	5,9	6,7	7,3	7,7	8,0
17,5	4,0	4,3	4,6	5,3	6,0	6,7	7,4	7,8	8,0

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für Harnsäure (mg/dl)  
Mädchen (N = 6.951)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	2,3	2,5	2,7	3,1	3,6	4,1	4,6	5,0	5,2
2	2,3	2,5	2,7	3,1	3,6	4,1	4,6	5,0	5,2
2,5	2,3	2,5	2,7	3,1	3,6	4,1	4,6	5,0	5,2
3	2,3	2,5	2,7	3,1	3,6	4,1	4,6	5,0	5,2
3,5	2,3	2,5	2,7	3,1	3,6	4,1	4,6	5,0	5,2
4	2,3	2,5	2,7	3,1	3,6	4,1	4,6	5,0	5,2
4,5	2,3	2,5	2,7	3,1	3,6	4,1	4,6	5,0	5,2
5	2,3	2,5	2,7	3,1	3,6	4,1	4,7	5,0	5,2
5,5	2,3	2,5	2,7	3,1	3,6	4,1	4,7	5,0	5,2
6	2,3	2,5	2,7	3,1	3,6	4,2	4,7	5,0	5,2
6,5	2,4	2,5	2,7	3,1	3,6	4,2	4,7	5,0	5,3
7	2,4	2,5	2,8	3,2	3,7	4,2	4,7	5,1	5,3
7,5	2,4	2,5	2,8	3,2	3,7	4,3	4,8	5,1	5,3
8	2,4	2,6	2,8	3,2	3,7	4,3	4,8	5,2	5,4
8,5	2,5	2,6	2,8	3,3	3,8	4,3	4,9	5,2	5,5
9	2,5	2,6	2,9	3,3	3,8	4,4	5,0	5,3	5,5
9,5	2,5	2,7	2,9	3,4	3,9	4,5	5,0	5,4	5,6
10	2,6	2,7	3,0	3,4	4,0	4,5	5,1	5,5	5,7
10,5	2,6	2,8	3,0	3,5	4,0	4,6	5,2	5,6	5,8
11	2,6	2,8	3,1	3,5	4,1	4,7	5,3	5,6	5,9
11,5	2,7	2,8	3,1	3,6	4,1	4,8	5,3	5,7	6,0
12	2,7	2,9	3,1	3,6	4,2	4,8	5,4	5,8	6,0
12,5	2,7	2,9	3,2	3,7	4,2	4,9	5,5	5,8	6,1
13	2,8	2,9	3,2	3,7	4,3	4,9	5,5	5,9	6,1
13,5	2,8	2,9	3,2	3,7	4,3	4,9	5,5	5,9	6,2
14	2,8	2,9	3,2	3,7	4,3	4,9	5,5	5,9	6,2
14,5	2,8	2,9	3,2	3,7	4,3	4,9	5,5	5,9	6,2
15	2,8	2,9	3,2	3,7	4,3	4,9	5,5	5,9	6,2
15,5	2,8	2,9	3,2	3,7	4,2	4,9	5,5	5,9	6,1
16	2,7	2,9	3,2	3,6	4,2	4,8	5,4	5,8	6,1
16,5	2,7	2,9	3,1	3,6	4,2	4,8	5,4	5,8	6,0
17	2,7	2,9	3,1	3,6	4,2	4,8	5,4	5,7	6,0
17,5	2,7	2,8	3,1	3,6	4,1	4,7	5,3	5,7	5,9

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

## Homocystein

### Klinische und epidemiologische Bedeutung

Homocystein ist eine schwefelhaltige Aminosäure, die beim Abbau der essentiellen Aminosäure Methionin entsteht und beim gesunden Menschen sofort abgebaut wird. Erhöhte Blutkonzentrationen von Homocystein (Homocysteinämie) können genetische oder erworbene Ursachen haben. Extreme Homocysteinämie ist Kennzeichen der Homocystinurie, einer seltenen, erblichen Stoffwechselerkrankung. Wesentlich häufiger sind moderate Formen der Homocysteinämie. Ursächlich kommen hier zum einen chronische Nierenerkrankungen, genetische Varianten und eine inadäquate Versorgung mit Vitamin B<sub>12</sub>, Vitamin B6 oder Folsäure in Frage [1]. Seit den 1990er-Jahren weisen epidemiologische Beobachtungsstudien auf einen Zusammenhang zwischen einer moderaten Homocysteinämie und dem Herz-Kreislauf-Risiko hin. Allerdings haben randomisierte, kontrollierte Interventionsstudien bislang keinen Nachweis für einen ursächlichen Zusammenhang erbracht [2]. In den USA wird im Rahmen der National Health and Nutrition Examination Surveys (NHANES) seit 1991 ein bevölkerungsbezogenes Monitoring der Homocystein-Blutkonzentration durchgeführt, um den Effekt der seit 1998 gesetzlich eingeführten Fولاتanreicherung zu messen [2].

### Referenzwerte

Im KiGGS wurde Homocystein im Serum mittels Fluoreszenzpartikel-Immunoassay bestimmt (siehe Tabelle 3, Seite 7). Unterschiedliche Mess-

methoden erzielen zwar größenordnungsmäßig vergleichbare, aber nicht individuell übereinstimmende Ergebnisse. Die Bestimmung im Serum führt zu höheren Messwerten als im Plasma [3]. Publierte Referenzbereiche auf der Basis von kleinen Stichproben gesunder Kinder und Jugendlicher beziehen sich in der Regel auf die High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) Methode [4, 5, 6]. Konsistent wird eine Zunahme der Homocystein-Konzentration mit dem Lebensalter [4, 5, 6], jedoch nur teilweise ein Unterschied zwischen den Geschlechtern berichtet [6]. Aktuell empfohlene Referenzbereiche (P<sub>2,5</sub> bis P<sub>97,5</sub>) für die Homocystein-Plasmakonzentration umfassen: 3,3–8,3 µmol/l bei jüngeren Kindern bis 10 Jahre; 4,7–10,3 µmol/l für 11- bis 15-Jährige; 4,7–11,3 µmol/l für 16- bis 18-Jährige [4,5].

### Interpretation

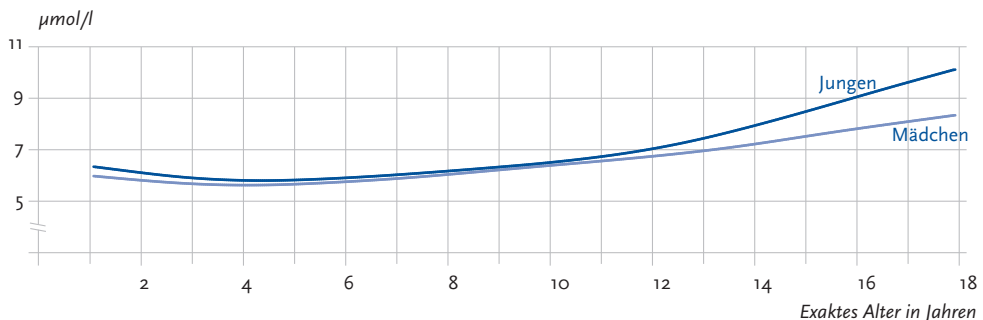
Nach einem geringfügigen Abfall in den ersten Lebensjahren steigt die Homocystein-Serumkonzentration bei beiden Geschlechtern kontinuierlich mit dem Lebensalter an. Bis zum Alter von 12 Jahren zeigen sich dabei keine wesentlichen Geschlechtsunterschiede. Danach vergrößert sich der Geschlechtsunterschied zunehmend. Auffällig ist der deutliche Anstieg der oberen Perzentile bei Jungen während und nach der Pubertät.

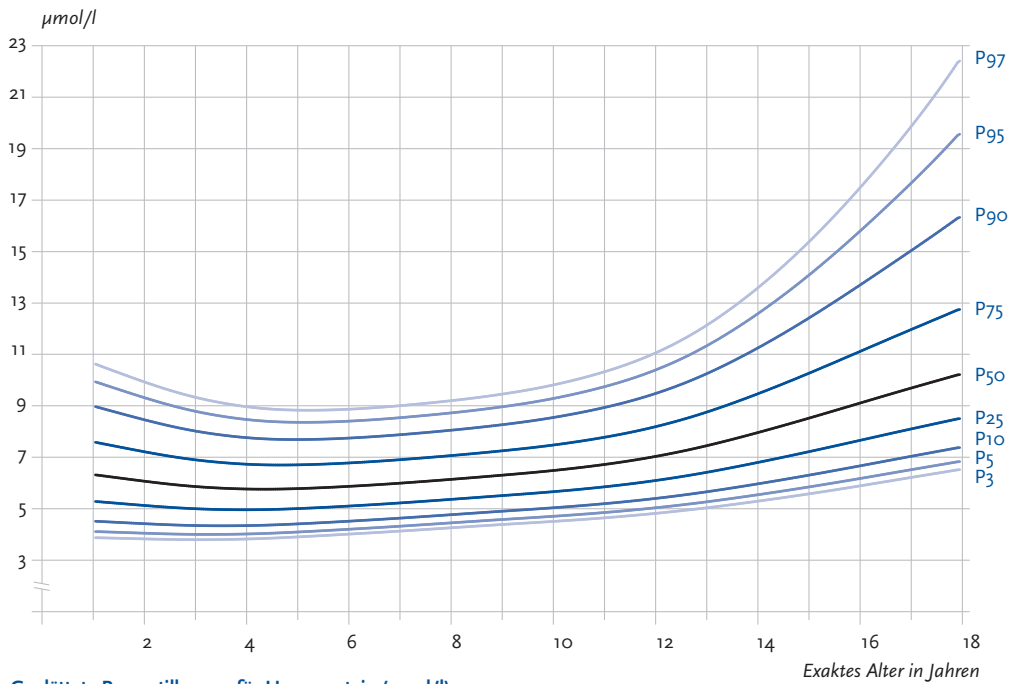
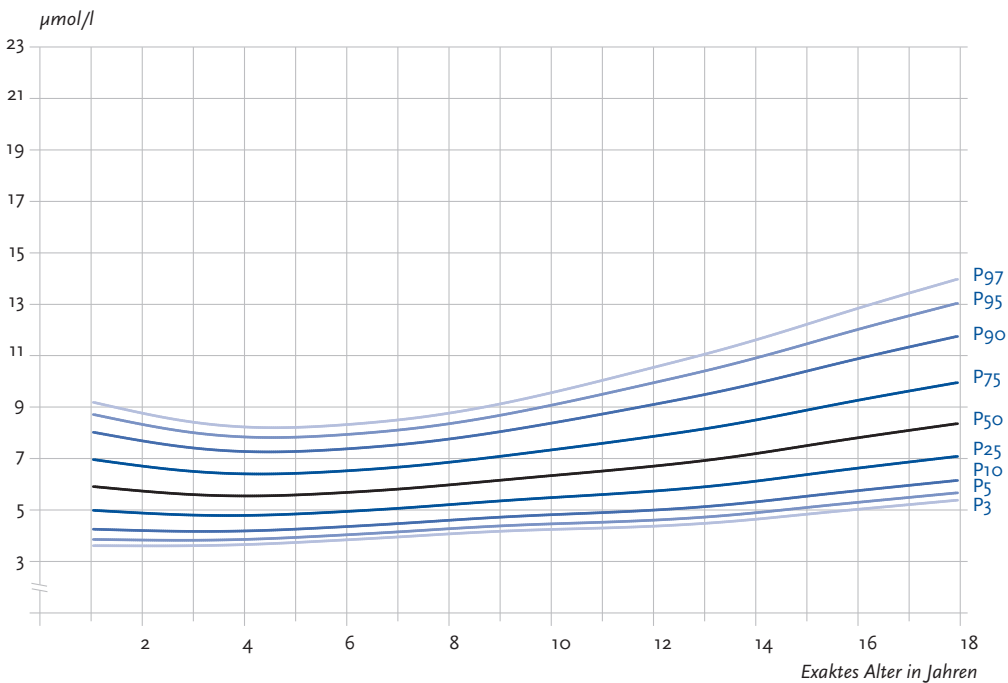
### Methodische Besonderheiten

Im KiGGS wurde Homocystein im Serum bestimmt, was zu den im Vergleich zu den Referenzbereichen höheren Werten beitragen dürfte.

### Geglättete Perzentilkurven für Homocystein (µmol/l)

#### Median



**Geglättete Perzentilkurven für Homocystein ( $\mu\text{mol/l}$ )  
Jungen (N=7.159)****Geglättete Perzentilkurven für Homocystein ( $\mu\text{mol/l}$ )  
Mädchen (N=6.809)**

Geglättete Perzentile für Homocystein ( $\mu\text{mol/l}$ )  
Jungen (N=7.159)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	3,8	4,0	4,4	5,1	6,1	7,3	8,7	9,6	10,2
2	3,8	4,0	4,4	5,1	6,0	7,2	8,4	9,3	9,9
2,5	3,7	4,0	4,3	5,0	5,9	7,0	8,2	9,0	9,6
3	3,7	3,9	4,3	4,9	5,8	6,8	8,0	8,7	9,3
3,5	3,7	3,9	4,3	4,9	5,7	6,7	7,8	8,6	9,1
4	3,8	4,0	4,3	4,9	5,7	6,7	7,7	8,4	8,9
4,5	3,8	4,0	4,3	4,9	5,7	6,7	7,7	8,3	8,8
5	3,8	4,0	4,4	4,9	5,7	6,7	7,6	8,3	8,8
5,5	3,9	4,1	4,4	5,0	5,8	6,7	7,7	8,3	8,8
6	4,0	4,1	4,5	5,0	5,8	6,7	7,7	8,4	8,8
6,5	4,0	4,2	4,5	5,1	5,9	6,8	7,8	8,4	8,9
7	4,1	4,3	4,6	5,2	5,9	6,9	7,8	8,5	9,0
7,5	4,1	4,3	4,6	5,2	6,0	6,9	7,9	8,6	9,1
8	4,2	4,4	4,7	5,3	6,1	7,0	8,0	8,7	9,2
8,5	4,3	4,5	4,8	5,4	6,2	7,1	8,1	8,8	9,3
9	4,3	4,5	4,8	5,5	6,3	7,2	8,2	8,9	9,4
9,5	4,4	4,6	4,9	5,5	6,3	7,3	8,4	9,1	9,6
10	4,4	4,6	5,0	5,6	6,4	7,4	8,5	9,3	9,8
10,5	4,5	4,7	5,1	5,7	6,5	7,6	8,7	9,5	10,0
11	4,6	4,8	5,1	5,8	6,7	7,7	8,9	9,7	10,3
11,5	4,7	4,9	5,2	5,9	6,8	7,9	9,1	10,0	10,6
12	4,8	5,0	5,3	6,0	7,0	8,1	9,4	10,4	11,0
12,5	4,9	5,1	5,5	6,2	7,2	8,4	9,8	10,8	11,5
13	5,0	5,2	5,6	6,4	7,4	8,7	10,2	11,3	12,1
13,5	5,1	5,3	5,7	6,5	7,6	9,0	10,7	11,9	12,8
14	5,2	5,5	5,9	6,7	7,9	9,4	11,2	12,5	13,5
14,5	5,4	5,6	6,1	6,9	8,2	9,8	11,8	13,2	14,4
15	5,5	5,8	6,2	7,2	8,5	10,2	12,4	14,0	15,3
15,5	5,7	5,9	6,4	7,4	8,8	10,6	13,0	14,9	16,3
16	5,8	6,1	6,6	7,6	9,1	11,1	13,6	15,7	17,4
16,5	6,0	6,3	6,8	7,8	9,3	11,5	14,3	16,6	18,6
17	6,2	6,5	7,0	8,0	9,6	11,9	15,0	17,6	19,8
17,5	6,3	6,6	7,2	8,3	9,9	12,3	15,7	18,6	21,1

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für Homocystein ( $\mu\text{mol/l}$ )  
Mädchen (N = 6.809)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	3,6	3,8	4,2	4,9	5,8	6,8	7,8	8,5	9,0
2	3,6	3,8	4,2	4,9	5,7	6,7	7,7	8,3	8,7
2,5	3,6	3,8	4,1	4,8	5,6	6,6	7,5	8,1	8,5
3	3,6	3,8	4,1	4,8	5,6	6,5	7,4	8,0	8,4
3,5	3,6	3,8	4,1	4,8	5,5	6,4	7,3	7,9	8,3
4	3,6	3,8	4,2	4,8	5,5	6,4	7,3	7,8	8,2
4,5	3,7	3,9	4,2	4,8	5,5	6,4	7,2	7,8	8,2
5	3,7	3,9	4,2	4,8	5,6	6,4	7,3	7,8	8,2
5,5	3,8	4,0	4,3	4,9	5,6	6,4	7,3	7,9	8,2
6	3,8	4,0	4,3	4,9	5,7	6,5	7,4	7,9	8,3
6,5	3,9	4,1	4,4	5,0	5,7	6,6	7,4	8,0	8,4
7	3,9	4,1	4,4	5,0	5,8	6,6	7,5	8,1	8,5
7,5	4,0	4,2	4,5	5,1	5,9	6,7	7,6	8,2	8,6
8	4,0	4,2	4,6	5,2	6,0	6,8	7,7	8,3	8,8
8,5	4,1	4,3	4,6	5,3	6,0	7,0	7,9	8,5	8,9
9	4,1	4,4	4,7	5,3	6,1	7,1	8,0	8,7	9,1
9,5	4,2	4,4	4,7	5,4	6,2	7,2	8,2	8,9	9,3
10	4,2	4,4	4,8	5,5	6,3	7,3	8,4	9,1	9,5
10,5	4,2	4,5	4,8	5,5	6,4	7,4	8,5	9,3	9,8
11	4,3	4,5	4,9	5,6	6,5	7,6	8,7	9,5	10,0
11,5	4,3	4,5	4,9	5,6	6,6	7,7	8,9	9,7	10,3
12	4,3	4,6	5,0	5,7	6,7	7,8	9,1	9,9	10,5
12,5	4,4	4,6	5,0	5,8	6,8	8,0	9,3	10,2	10,8
13	4,4	4,7	5,1	5,9	6,9	8,1	9,5	10,4	11,0
13,5	4,5	4,8	5,2	6,0	7,0	8,3	9,7	10,6	11,3
14	4,6	4,9	5,3	6,1	7,2	8,5	9,9	10,9	11,6
14,5	4,7	5,0	5,4	6,2	7,3	8,7	10,1	11,2	11,9
15	4,8	5,1	5,5	6,3	7,5	8,9	10,4	11,4	12,2
15,5	4,9	5,2	5,6	6,5	7,6	9,1	10,6	11,7	12,5
16	5,0	5,3	5,7	6,6	7,8	9,2	10,9	12,0	12,8
16,5	5,1	5,4	5,8	6,7	7,9	9,4	11,1	12,3	13,1
17	5,2	5,5	5,9	6,8	8,1	9,6	11,3	12,5	13,4
17,5	5,3	5,6	6,0	7,0	8,2	9,8	11,5	12,8	13,7

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)



## Gamma-Glutamyl-Transferase (GGT)

### Klinische und epidemiologische Bedeutung

Die Gamma-Glutamyl-Transferase (GGT) ist ein in allen Organen vorkommendes, membrangebundenes Enzym, durch das die Übertragung von Gamma-Glutamyl-Resten in essentielle Zellstoffwechselfvorgänge eingebunden ist. Die im Serum messbare Enzymaktivität steigt insbesondere bei zellulärer Schädigung der Leber und der Gallenwege an [1]. Daher wird die GGT in erster Linie als Suchparameter für Leber- und Gallenwegserkrankungen bestimmt. Darüber hinaus kommt der GGT möglicherweise prognostische Bedeutung für Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu [2, 3]. Bei Kindern und Jugendlichen ist ein Zusammenhang zwischen der GGT-Serumkonzentration und Übergewicht, insbesondere der abdominellen Adipositas, beschrieben [4].

### Referenzwerte

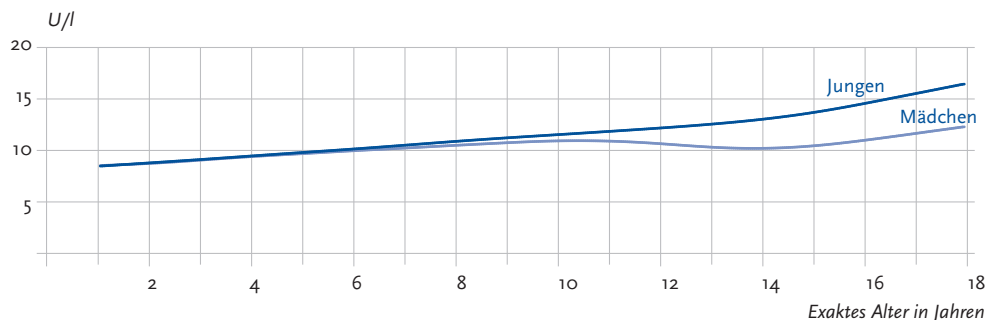
Bislang in der Praxis verwendete GGT-Referenzbereiche für Kinder und Jugendliche wurden über Messungen anonymisierter Restseren in Klinikbasierten Stichproben erstellt [5]. Dabei liegt eine hochstandardisierte Messmethodik (International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine, IFCC) zugrunde, die für verschiedene, auf dem Markt verfügbare Analysesysteme gekreuzkalibriert wurde. Diese Methodik wurde auch im KiGGS zur Bestimmung der GGT eingesetzt (siehe Tabelle 3, Seite 7).

### Interpretation

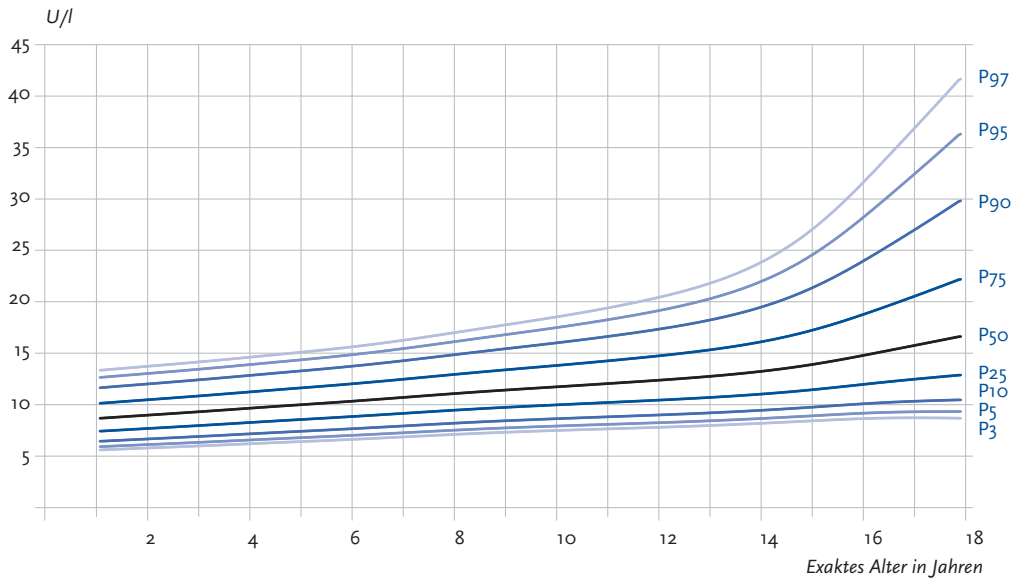
In der KiGGS-Bevölkerungsstichprobe beobachtete Messwerte bei Jungen zeigen eine stetige Zunahme der GGT-Serumkonzentration bis zu einem Alter von 13 Jahren, wonach die Messwerte überproportional weiter ansteigen. Bei den Mädchen wird nach einem im Vergleich zu den Jungen etwas flacher ausfallenden Anstieg mit dem Lebensalter zwischen dem 10. und 12. Lebensjahr zunächst ein Plateau erreicht. Danach fallen die Messwerte bis zum Alter von 14 Jahren wieder leicht ab, um schließlich deutlich, jedoch wiederum weniger ausgeprägt als bei den Jungen, anzusteigen. Ab dem 8. Lebensjahr liegen die Messwerte der Jungen konsistent über denen der Mädchen. Hinsichtlich der beobachteten Geschlechtsunterschiede im Altersgang stimmen die Ergebnisse im Wesentlichen mit den publizierten Daten zu GGT-Referenzbereichen bei Kindern und Jugendlichen überein, allerdings erreichen Jungen und Mädchen jenseits des 16. Lebensjahres in der KiGGS-Population deutlich höhere Werte.

### Geglättete Perzentilkurven für Gamma-Glutamyl-Transferase (U/l)

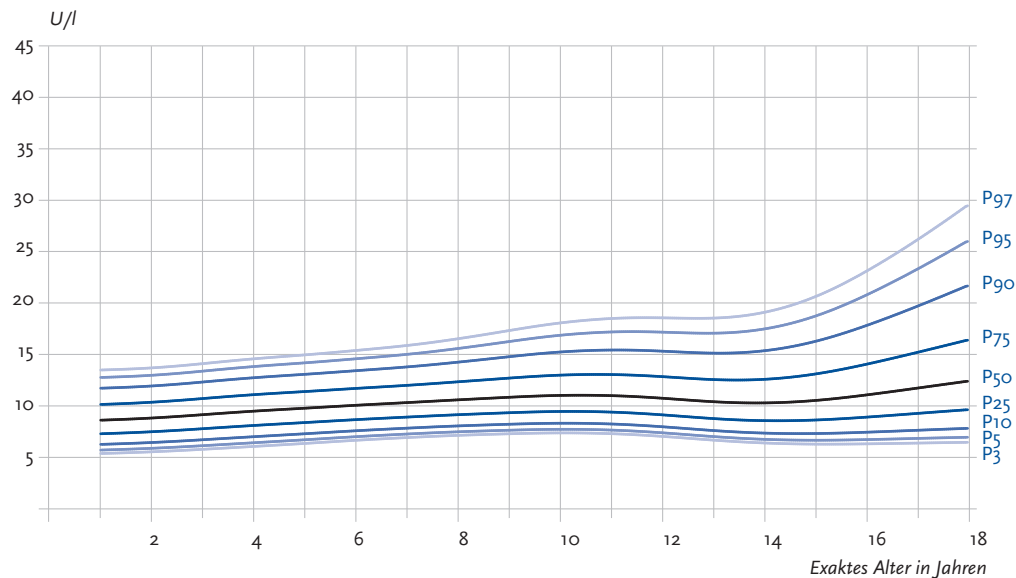
Median



### Geglättete Perzentilkurven für Gamma-Glutamyl-Transferase (U/l) Jungen (N=7.298)



### Geglättete Perzentilkurven für Gamma-Glutamyl-Transferase (U/l) Mädchen (N=6.957)



Geglättete Perzentile für Gamma-Glutamyl-Transferase (U/l)  
Jungen (N=7.298)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	5	6	6	7	9	10	12	13	13
2	6	6	6	8	9	10	12	13	14
2,5	6	6	7	8	9	11	12	13	14
3	6	6	7	8	9	11	12	13	14
3,5	6	6	7	8	9	11	13	14	14
4	6	6	7	8	10	11	13	14	15
4,5	6	6	7	8	10	11	13	14	15
5	6	7	7	8	10	12	13	14	15
5,5	6	7	7	9	10	12	13	15	15
6	6	7	7	9	10	12	14	15	16
6,5	7	7	8	9	10	12	14	15	16
7	7	7	8	9	11	12	14	15	16
7,5	7	7	8	9	11	13	14	16	17
8	7	7	8	9	11	13	15	16	17
8,5	7	7	8	9	11	13	15	16	17
9	7	8	8	10	11	13	15	17	18
9,5	7	8	8	10	11	13	16	17	18
10	7	8	8	10	12	14	16	17	18
10,5	7	8	9	10	12	14	16	18	19
11	7	8	9	10	12	14	17	18	19
11,5	8	8	9	10	12	14	17	19	20
12	8	8	9	10	12	15	17	19	20
12,5	8	8	9	10	12	15	18	20	21
13	8	8	9	11	13	15	18	20	22
13,5	8	8	9	11	13	16	19	21	23
14	8	8	9	11	13	16	19	22	24
14,5	8	9	9	11	13	16	20	23	25
15	8	9	10	11	14	17	21	24	27
15,5	8	9	10	12	14	18	22	26	29
16	8	9	10	12	15	19	24	28	31
16,5	9	9	10	12	15	19	25	30	34
17	9	9	10	12	16	20	27	32	37
17,5	9	9	10	13	16	21	28	34	39

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für Gamma-Glutamyl-Transferase (U/l)  
Mädchen (N = 6.957)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	5	6	6	7	9	10	12	13	14
2	5	6	6	7	9	10	12	13	14
2,5	6	6	7	8	9	10	12	13	14
3	6	6	7	8	9	11	12	13	14
3,5	6	6	7	8	9	11	13	14	14
4	6	6	7	8	9	11	13	14	15
4,5	6	7	7	8	10	11	13	14	15
5	6	7	7	8	10	11	13	14	15
5,5	6	7	7	8	10	12	13	14	15
6	7	7	8	9	10	12	13	15	15
6,5	7	7	8	9	10	12	14	15	16
7	7	7	8	9	10	12	14	15	16
7,5	7	7	8	9	10	12	14	15	16
8	7	7	8	9	11	12	14	16	17
8,5	7	8	8	9	11	12	14	16	17
9	7	8	8	9	11	13	15	16	17
9,5	7	8	8	9	11	13	15	17	18
10	7	8	8	9	11	13	15	17	18
10,5	7	8	8	9	11	13	15	17	18
11	7	8	8	9	11	13	15	17	18
11,5	7	7	8	9	11	13	15	17	19
12	7	7	8	9	11	13	15	17	19
12,5	7	7	8	9	11	13	15	17	19
13	7	7	8	9	10	13	15	17	19
13,5	6	7	7	9	10	12	15	17	19
14	6	7	7	9	10	13	15	17	19
14,5	6	7	7	9	10	13	16	18	20
15	6	7	7	9	10	13	16	19	21
15,5	6	7	7	9	11	13	17	20	22
16	6	7	7	9	11	14	18	21	23
16,5	6	7	7	9	11	15	19	22	25
17	6	7	8	9	12	15	20	23	26
17,5	6	7	8	9	12	16	21	25	28

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

## 2.6 Knochen- und Mineralstoffwechsel

### Alkalische Phosphatase

#### Klinische und epidemiologische Bedeutung

Die alkalische Phosphatase (AP) ist ein Zellmembran-gebundenes Glykoprotein, das in vier genetischen Varianten (Isoenzymen) vorkommt. Die im Serum gemessene Aktivität der alkalischen Phosphatase repräsentiert bei Kindern in der Wachstumsphase zu 80 % die knochenspezifische AP-Isoform [1]. Bei gesunden Erwachsenen tragen leber- und knochenspezifische AP zu gleichen Teilen zur Aktivität der Serum-AP bei. Erhöhungen der Gesamt-AP können sowohl Erkrankungen der Leber- und Gallenwege als auch Erkrankungen des Skelettsystems reflektieren und erfordern je nach Krankengeschichte und klinischen Symptomen eine differentialdiagnostische Bestimmung der AP-Isoenzyme [1].

#### Referenzwerte

Zur Bestimmung der AP im Serum stehen hochstandardisierte Methoden zur Verfügung. In Deutschland wird seit 2002 die optimierte Standard-Methode der IFFC (International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine) verwendet [1], die auch im KiGGS [2] eingesetzt wurde (siehe Tabelle 3, Seite 7). Publierte Referenzbereiche für die Serum-AP stützen sich bislang auf kleine Klinik-basierte Kollektive gesunder Kinder und Jugendlicher [3]. Die Referenzbereiche (P<sub>2,5</sub> bis P<sub>97,5</sub>) weisen für Mädchen im Alter von 10 bis 12 Jahren Werte von 51–332 U/l und für Jungen im Alter von 13 bis 15 Jahren Werte von 74–390 U/l aus [3].

Für 16- bis 18-Jährige werden entsprechende Referenzbereiche von 47–119 U/l bei Mädchen und 52–171 U/l bei Jungen angegeben.

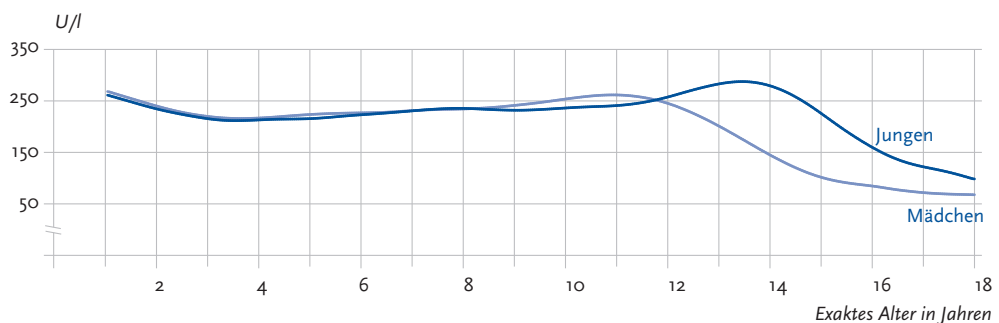
#### Interpretation

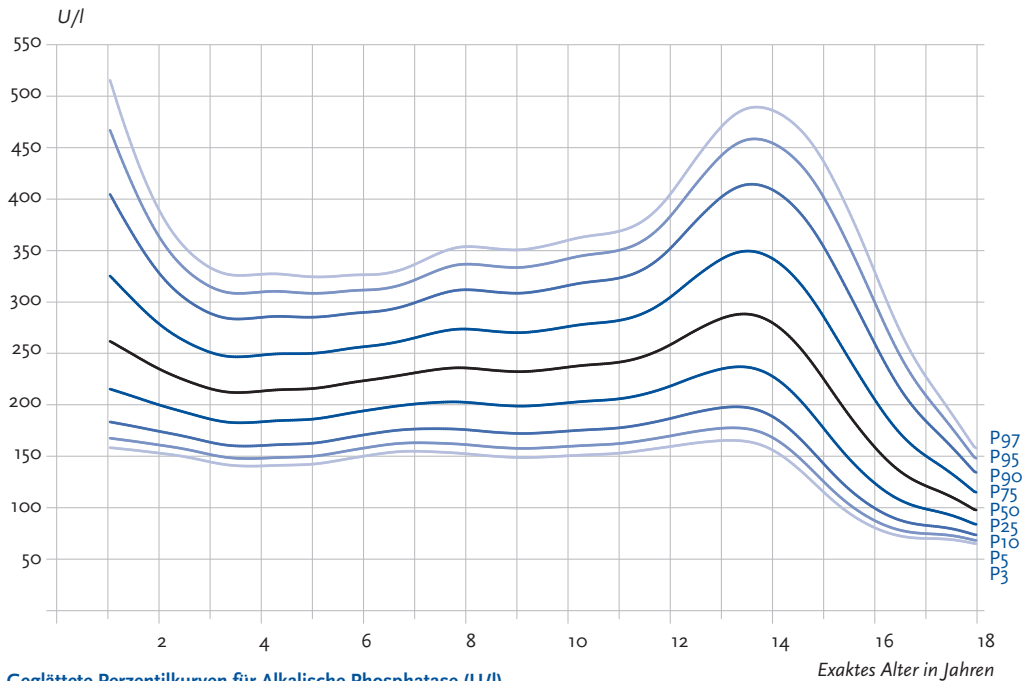
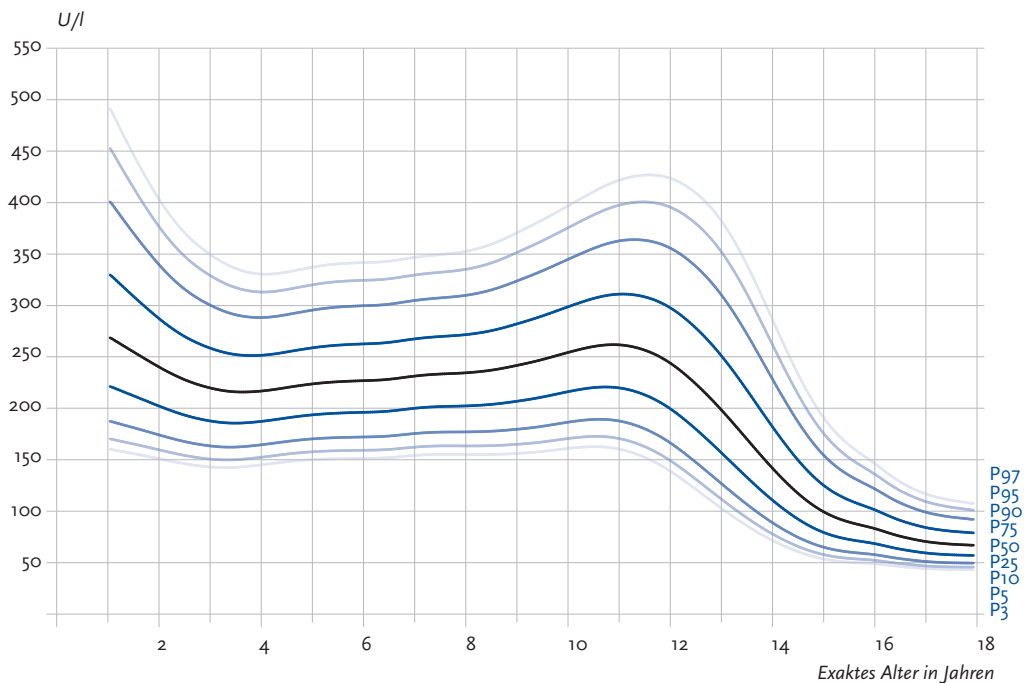
Entsprechend früheren Beobachtungen in kleineren Klinikkollektiven werden in der KiGGS-Population sehr hohe Gesamt-AP-Serumkonzentrationen bei Kleinkindern beobachtet; diese fallen bis zum 4. Lebensjahr stark ab, um in der Pubertät, etwa mit 11 Jahren bei Mädchen und mit 13,5 Jahren bei Jungen, ein zweites Maximum zu erlangen. Der Median und das 95. Perzentil liegen hier für Mädchen bei 262 U/l und 398 U/l und für Jungen bei 288 U/l und 458 U/l. Im 18. Lebensjahr kehren der Median und das 95. Perzentil auf 67 U/l und 104 U/l bei Mädchen und 110 U/l und 178 U/l bei Jungen zurück.

#### Methodische Besonderheiten

Blutabnahmen im KiGGS wurden nicht nüchtern durchgeführt, so dass höhere AP-Messwerte im KiGGS im Vergleich zu publizierten Referenzbereichen möglicherweise auch eine erhöhte Aktivität der Dünndarm-AP widerspiegeln [1]. Sowohl bei Mädchen als auch bei Jungen mussten im Alter von 1 Jahr am oberen Rand mehr als 3 % der Werte winsorisiert werden, so dass die oberen Perzentile in diesem Alter mit einer höheren statistischen Unsicherheit behaftet sind.

Geglättete Perzentilkurven für Alkalische Phosphatase (U/l)  
Median



**Geglättete Perzentilkurven für Alkalische Phosphatase (U/l)  
Jungen (N=7.299)****Geglättete Perzentilkurven für Alkalische Phosphatase (U/l)  
Mädchen (N=6.956)**

Geglättete Perzentile für Alkalische Phosphatase (U/l)  
Jungen (N=7.299)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	155	164	178	207	247	300	361	407	442
2	152	160	173	199	234	277	326	361	386
2,5	149	156	168	192	223	261	302	331	351
3	144	151	163	185	215	250	288	314	332
3,5	140	147	159	182	211	246	283	308	326
4	140	148	160	183	213	248	285	310	327
4,5	141	148	161	184	214	249	285	310	326
5	142	150	162	186	216	250	285	308	324
5,5	145	153	166	190	219	253	287	310	325
6	150	158	170	194	223	256	290	311	326
6,5	153	161	174	197	227	260	292	314	328
7	154	163	176	200	231	265	299	322	337
7,5	153	162	176	202	234	271	308	332	348
8	152	161	175	202	235	273	312	337	354
8,5	150	158	173	200	233	271	310	335	352
9	148	157	172	198	232	270	308	333	351
9,5	149	158	172	199	233	272	311	336	354
10	150	159	174	202	236	276	316	342	360
10,5	151	160	176	203	239	279	320	346	365
11	152	162	177	205	241	282	323	350	369
11,5	155	165	181	210	247	289	332	361	380
12	159	169	186	218	258	305	352	383	405
12,5	162	174	192	227	272	324	379	415	440
13	165	177	197	234	284	342	402	442	471
13,5	164	176	197	236	288	349	414	458	488
14	156	168	188	227	279	342	409	455	487
14,5	138	149	169	206	258	320	389	436	470
15	115	125	142	177	225	286	354	402	437
15,5	94	103	118	147	190	245	309	355	388
16	80	87	99	124	159	205	260	301	330
16,5	72	77	87	107	135	172	216	248	272
17	69	74	82	98	121	150	184	209	228
17,5	68	72	79	92	110	133	159	178	192

\* exaktes Alter in Jahren ((der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für Alkalische Phosphatase (U/l)  
Mädchen (N = 6.956)

Alter *	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	155	165	180	211	254	307	368	412	444
2	150	159	173	201	239	286	338	375	401
2,5	145	153	167	193	227	269	315	347	370
3	142	150	163	187	219	258	300	329	349
3,5	142	150	162	185	216	252	291	317	336
4	145	152	164	187	217	252	288	313	331
4,5	148	155	168	191	220	255	291	316	333
5	150	157	170	193	224	259	296	320	338
5,5	151	158	171	195	226	261	299	324	341
6	151	159	172	196	227	263	300	325	342
6,5	152	160	173	197	228	264	301	326	343
7	154	162	175	200	231	268	305	330	347
7,5	155	163	177	201	233	270	308	333	350
8	155	163	177	202	234	272	310	335	353
8,5	155	163	177	204	237	276	315	342	360
9	156	165	179	207	242	282	324	352	371
9,5	158	167	182	211	247	290	334	363	383
10	161	170	186	216	254	299	345	376	397
10,5	162	172	189	220	260	307	356	388	411
11	160	170	188	220	262	311	363	398	422
11,5	152	163	180	213	257	309	364	401	427
12	139	150	167	200	245	299	357	397	425
12,5	122	132	148	181	225	280	340	382	411
13	104	113	128	158	200	253	313	355	385
13,5	86	94	108	134	172	220	276	315	344
14	72	78	89	112	144	185	232	266	291
14,5	61	66	75	93	119	152	190	218	238
15	53	58	65	80	100	127	157	178	194
15,5	50	53	60	72	89	111	136	153	166
16	48	52	57	68	83	102	123	137	148
16,5	46	49	53	63	76	91	109	121	130
17	43	46	50	59	70	84	99	110	117
17,5	43	45	49	57	67	80	94	104	111

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)



## Kalzium

### Klinische und epidemiologische Bedeutung

Kalzium liegt zu 99 % im Knochen als Hydroxylapatit vor. Neben der Stabilität des Knochens spielt es eine wichtige Rolle in der Erregungsbildung von Muskeln und Nerven und vielen anderen Stoffwechselfvorgängen. Der Kalziumhaushalt unterliegt einer strengen hormonellen Regulation. Zahlreiche Organsysteme wie Dünndarm, Skelett, Nieren und das endokrine System halten die Kalziumhomöostase aufrecht. Kalzium liegt nur zu 50 % in freier ionisierter Form im Serum vor, 45 % sind proteingebunden, vorwiegend an Albumin, die restlichen 5 % an Anionen gebunden. Insofern wird die Gesamtkonzentration von Kalzium stark durch Albumin beeinflusst. Zur Beurteilung der Gesamt-Kalziumkonzentrationen müssen somit Veränderungen des Gesamtproteins ausgeschlossen werden. Klinische Symptome eines Kalziummangels sind zu Beginn meist unspezifisch und werden oft fehl gedeutet. Die Diagnosestellung erfolgt häufig rein zufällig durch Routineuntersuchungen [1].

### Referenzwerte

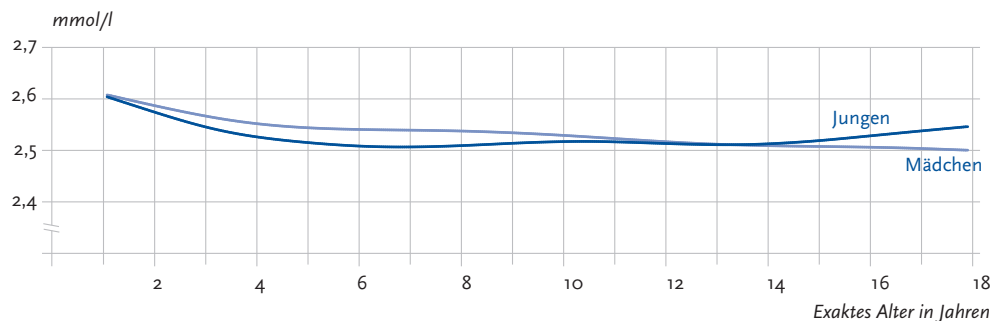
Die in der Literatur verfügbaren Referenzwerte sind aufgrund unterschiedlicher Studienpopulationen und Messmethoden nur bedingt auf die in der KiGGS-Studie erhobenen Daten übertragbar. Für Kinder und Jugendliche zeigen die Werte keine nennenswerte Abhängigkeit vom Alter und liegen im Bereich von 2,10–2,60 mmol/l [2, 3, 4].

### Interpretation

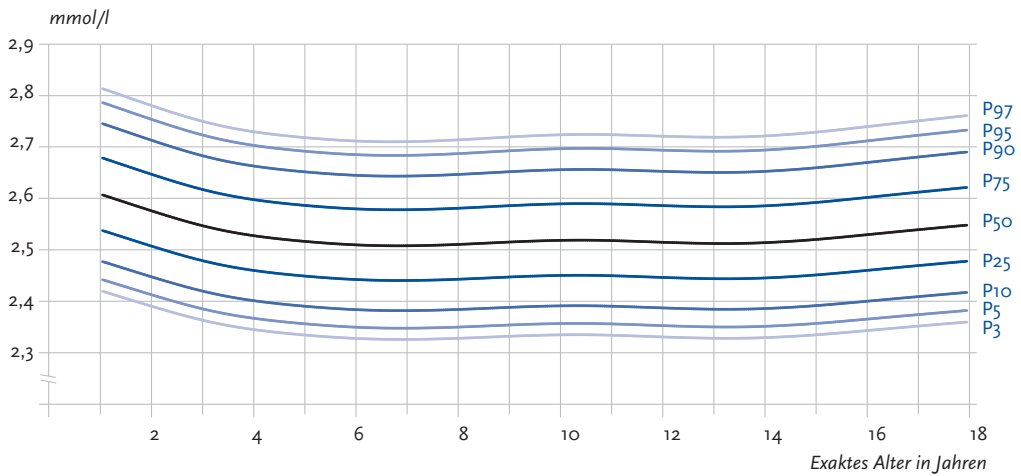
Die erhobenen Perzentilkurven bleiben im Altersverlauf weitgehend konstant. Lediglich in den ersten Lebensjahren kommt es nach höheren Anfangswerten zu einer leichten Reduktion der Kalziumkonzentration. Insgesamt liegen die Werte jedoch höher als der in der Literatur angegebene Referenzbereich. Es ist nicht auszuschließen, dass präanalytische Bedingungen zu den Abweichungen beitragen.

### Geglättete Perzentilkurven für Kalzium (mmol/l)

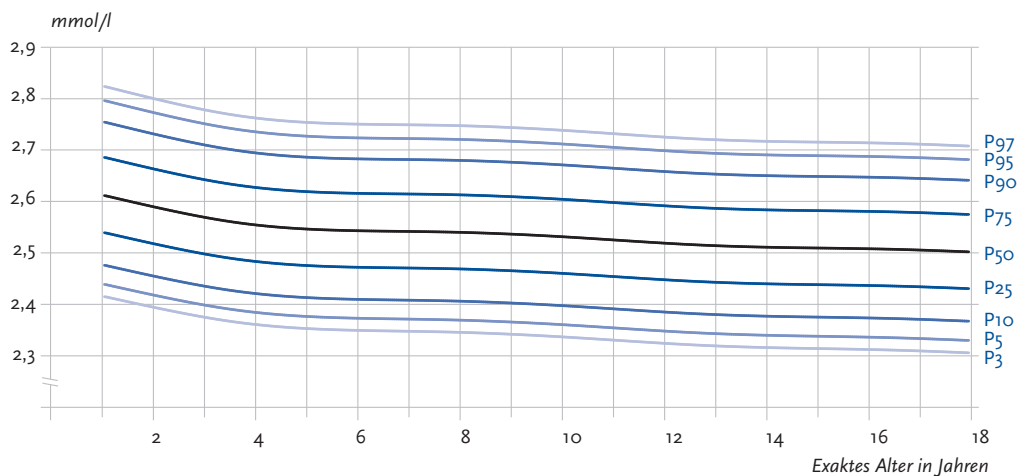
#### Median



### Geglättete Perzentilkurven für Kalzium (mmol/l) Jungen (N=7.298)



### Geglättete Perzentilkurven für Kalzium (mmol/l) Mädchen (N=6.953)



Geglättete Perzentile für Kalzium (mmol/l)  
Jungen (N=7.298)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	2,40	2,42	2,46	2,52	2,59	2,66	2,73	2,77	2,80
2	2,39	2,41	2,44	2,51	2,57	2,65	2,71	2,75	2,78
2,5	2,37	2,39	2,43	2,49	2,56	2,63	2,70	2,74	2,77
3	2,36	2,38	2,42	2,48	2,55	2,62	2,68	2,72	2,75
3,5	2,35	2,37	2,41	2,47	2,53	2,61	2,67	2,71	2,74
4	2,34	2,36	2,40	2,46	2,53	2,60	2,66	2,70	2,73
4,5	2,34	2,36	2,39	2,45	2,52	2,59	2,66	2,70	2,72
5	2,33	2,35	2,39	2,45	2,52	2,59	2,65	2,69	2,72
5,5	2,33	2,35	2,38	2,44	2,51	2,58	2,65	2,69	2,72
6	2,32	2,35	2,38	2,44	2,51	2,58	2,65	2,69	2,71
6,5	2,32	2,35	2,38	2,44	2,51	2,58	2,64	2,68	2,71
7	2,32	2,34	2,38	2,44	2,51	2,58	2,64	2,68	2,71
7,5	2,32	2,35	2,38	2,44	2,51	2,58	2,65	2,69	2,71
8	2,32	2,35	2,38	2,44	2,51	2,58	2,65	2,69	2,72
8,5	2,33	2,35	2,38	2,44	2,51	2,58	2,65	2,69	2,72
9	2,33	2,35	2,39	2,45	2,51	2,59	2,65	2,69	2,72
9,5	2,33	2,35	2,39	2,45	2,52	2,59	2,65	2,70	2,72
10	2,33	2,35	2,39	2,45	2,52	2,59	2,66	2,70	2,73
10,5	2,33	2,35	2,39	2,45	2,52	2,59	2,66	2,70	2,73
11	2,33	2,35	2,39	2,45	2,52	2,59	2,66	2,70	2,73
11,5	2,33	2,35	2,39	2,45	2,52	2,59	2,66	2,70	2,72
12	2,33	2,35	2,38	2,44	2,51	2,59	2,65	2,69	2,72
12,5	2,33	2,35	2,38	2,44	2,51	2,58	2,65	2,69	2,72
13	2,33	2,35	2,38	2,44	2,51	2,58	2,65	2,69	2,72
13,5	2,32	2,35	2,38	2,44	2,51	2,58	2,65	2,69	2,72
14	2,33	2,35	2,38	2,44	2,51	2,59	2,65	2,70	2,72
14,5	2,33	2,35	2,39	2,45	2,52	2,59	2,66	2,70	2,73
15	2,33	2,35	2,39	2,45	2,52	2,59	2,66	2,70	2,73
15,5	2,34	2,36	2,39	2,45	2,52	2,60	2,66	2,71	2,74
16	2,34	2,36	2,40	2,46	2,53	2,60	2,67	2,71	2,74
16,5	2,34	2,37	2,40	2,46	2,53	2,61	2,68	2,72	2,75
17	2,35	2,37	2,41	2,47	2,54	2,61	2,68	2,72	2,75
17,5	2,35	2,38	2,41	2,47	2,54	2,62	2,69	2,73	2,76

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für Kalzium (mmol/l)  
Mädchen (N = 6.953)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	2,40	2,43	2,46	2,53	2,60	2,67	2,74	2,78	2,81
2	2,39	2,41	2,45	2,52	2,59	2,66	2,73	2,77	2,80
2,5	2,38	2,40	2,44	2,51	2,58	2,65	2,72	2,76	2,79
3	2,37	2,40	2,43	2,50	2,57	2,64	2,71	2,75	2,78
3,5	2,36	2,39	2,42	2,49	2,56	2,63	2,70	2,74	2,77
4	2,36	2,38	2,42	2,48	2,55	2,63	2,69	2,74	2,76
4,5	2,35	2,38	2,41	2,48	2,55	2,62	2,69	2,73	2,76
5	2,35	2,37	2,41	2,47	2,55	2,62	2,69	2,73	2,75
5,5	2,35	2,37	2,41	2,47	2,54	2,62	2,68	2,73	2,75
6	2,35	2,37	2,41	2,47	2,54	2,62	2,68	2,72	2,75
6,5	2,35	2,37	2,41	2,47	2,54	2,61	2,68	2,72	2,75
7	2,34	2,37	2,41	2,47	2,54	2,61	2,68	2,72	2,75
7,5	2,34	2,37	2,40	2,47	2,54	2,61	2,68	2,72	2,75
8	2,34	2,37	2,40	2,47	2,54	2,61	2,68	2,72	2,75
8,5	2,34	2,36	2,40	2,47	2,54	2,61	2,68	2,72	2,75
9	2,34	2,36	2,40	2,46	2,54	2,61	2,68	2,72	2,74
9,5	2,34	2,36	2,40	2,46	2,53	2,61	2,67	2,71	2,74
10	2,33	2,36	2,39	2,46	2,53	2,60	2,67	2,71	2,74
10,5	2,33	2,35	2,39	2,46	2,53	2,60	2,67	2,71	2,74
11	2,33	2,35	2,39	2,45	2,52	2,60	2,66	2,71	2,73
11,5	2,32	2,35	2,39	2,45	2,52	2,59	2,66	2,70	2,73
12	2,32	2,35	2,38	2,45	2,52	2,59	2,66	2,70	2,73
12,5	2,32	2,34	2,38	2,44	2,51	2,59	2,66	2,70	2,72
13	2,32	2,34	2,38	2,44	2,51	2,59	2,65	2,69	2,72
13,5	2,31	2,34	2,38	2,44	2,51	2,58	2,65	2,69	2,72
14	2,31	2,34	2,37	2,44	2,51	2,58	2,65	2,69	2,72
14,5	2,31	2,34	2,37	2,44	2,51	2,58	2,65	2,69	2,72
15	2,31	2,33	2,37	2,44	2,51	2,58	2,65	2,69	2,72
15,5	2,31	2,33	2,37	2,44	2,51	2,58	2,65	2,69	2,72
16	2,31	2,33	2,37	2,43	2,51	2,58	2,65	2,69	2,71
16,5	2,31	2,33	2,37	2,43	2,51	2,58	2,65	2,69	2,71
17	2,31	2,33	2,37	2,43	2,50	2,58	2,64	2,69	2,71
17,5	2,30	2,33	2,37	2,43	2,50	2,58	2,64	2,68	2,71

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

## Anorganisches Phosphat

### Klinische und epidemiologische Bedeutung

Phosphat ist einer der wesentlichen Strukturbestandteile von Zellen und Organellen und beteiligt an der Generierung, Speicherung und Freisetzung von Stoffwechselenergien. Weiterhin ist Phosphat als Hydroxylapatit ein wichtiger Bestandteil des Knochens. Nur 3 % des Phosphats liegen in Form von Phosphationen in der extrazellulären Flüssigkeit vor. Die Regulation der Phosphatkonzentration ist eng mit der des Kalziums verbunden. Die Phosphatwerte im Serum werden von der Nahrung beeinflusst und unterliegen einem zirkadianen Rhythmus. Die Indikation zur Phosphatbestimmung liegt unter anderem bei Verdacht auf Knochen- und Nierenerkrankungen sowie Vitamin-D-Mangel [1].

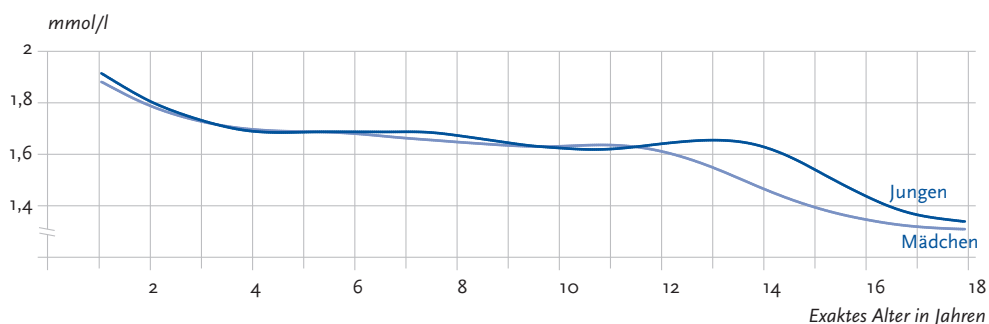
### Referenzwerte

Die in der Literatur angegebenen Referenzbereiche sind aufgrund der unterschiedlichen Studienpopulationen, Messmethoden und präanalytischen Bedingungen nur eingeschränkt auf die in der KiGGS-Studie erhobenen Daten übertragbar. Es werden altersabhängige Angaben gemacht mit höheren Ausgangswerten (<1 Jahr), dann kontinuierlich sinkenden Werten, die im Alter von 18 Jahren immer noch über den Erwachsenen-Referenzangaben liegen [1, 2, 3, 4].

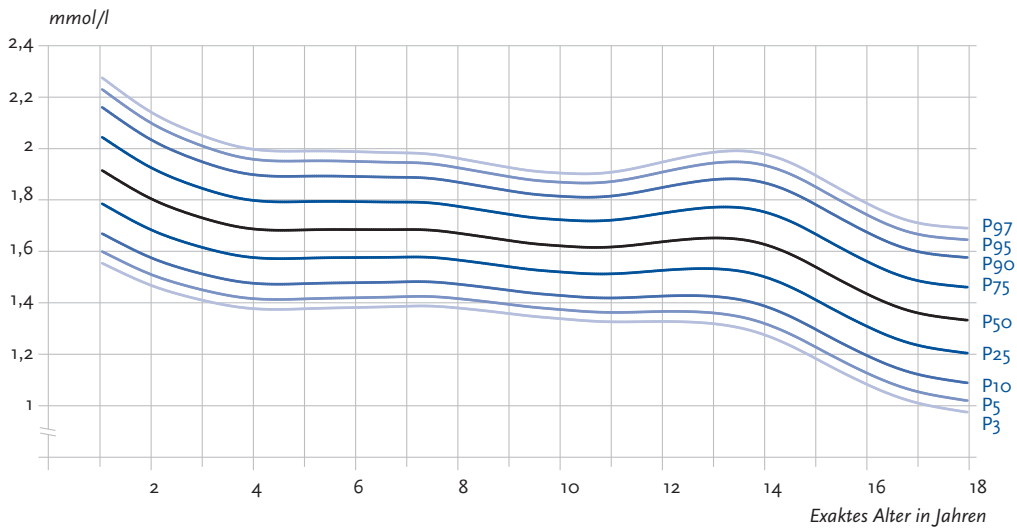
### Interpretation

Die erhobenen Perzentilkurven weisen das in der Literatur beschriebene Absinken der Werte ebenfalls auf, wobei sich im Alter von 9 bis 10 Jahren ein Plateau einstellt, das von einem leichten Peak während der Wachstumsphase im Alter von 10 bis 11 Jahren bei Mädchen bzw. 12 bis 13 Jahren bei Jungen gefolgt wird. Ein ähnliches Bild zeigt sich in den Daten von Jagarinec [5]. Die in der KiGGS-Studie erhobenen Messwerte sind höher als die teilweise in der Literatur angegebenen Referenzwerte, was möglicherweise durch die nicht nüchtern erfolgte Blutabnahme erklärt werden kann.

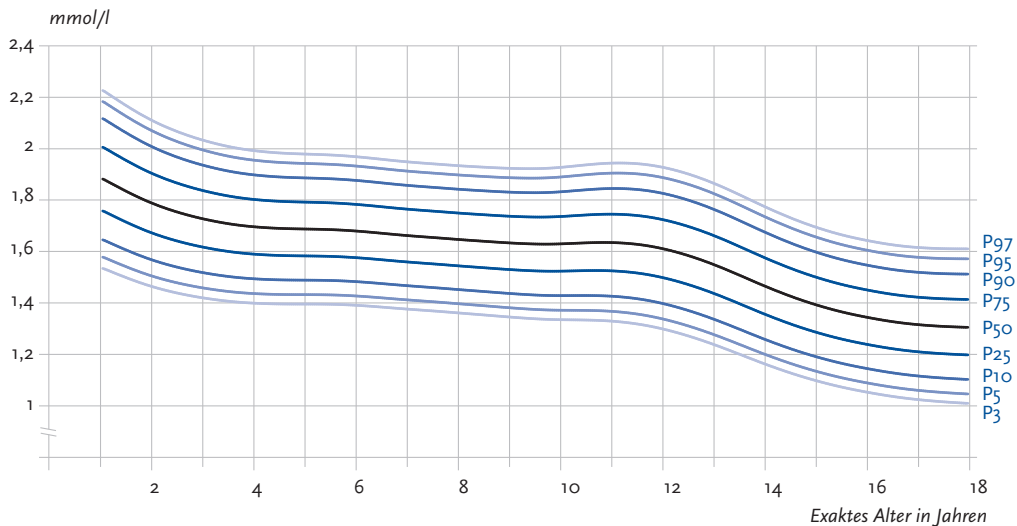
Geglättete Perzentilkurven für anorganisches Phosphat (mmol/l)  
Median



### Geglättete Perzentilkurven für anorganisches Phosphat (mmol/l) Jungen (N=7.294)



### Geglättete Perzentilkurven für anorganisches Phosphat (mmol/l) Mädchen (N=6.944)



Geglättete Perzentile für anorganisches Phosphat (mmol/l)  
Jungen (N=7.294)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	1,51	1,55	1,62	1,73	1,86	1,98	2,09	2,16	2,20
2	1,46	1,51	1,57	1,68	1,80	1,92	2,03	2,10	2,14
2,5	1,43	1,47	1,54	1,64	1,76	1,88	1,98	2,05	2,09
3	1,41	1,45	1,51	1,61	1,73	1,84	1,95	2,01	2,05
3,5	1,39	1,43	1,49	1,59	1,70	1,82	1,92	1,98	2,02
4	1,38	1,41	1,47	1,57	1,69	1,80	1,90	1,96	2,00
4,5	1,37	1,41	1,47	1,57	1,68	1,79	1,89	1,95	1,99
5	1,38	1,41	1,47	1,57	1,68	1,79	1,89	1,95	1,99
5,5	1,38	1,42	1,48	1,57	1,68	1,79	1,89	1,95	1,99
6	1,38	1,42	1,48	1,58	1,68	1,79	1,89	1,95	1,99
6,5	1,38	1,42	1,48	1,58	1,68	1,79	1,89	1,95	1,99
7	1,39	1,42	1,48	1,58	1,68	1,79	1,89	1,95	1,98
7,5	1,39	1,42	1,48	1,58	1,68	1,79	1,88	1,94	1,98
8	1,38	1,41	1,47	1,57	1,67	1,78	1,87	1,93	1,96
8,5	1,37	1,40	1,46	1,55	1,66	1,76	1,85	1,91	1,94
9	1,36	1,39	1,45	1,54	1,64	1,74	1,84	1,89	1,93
9,5	1,35	1,38	1,44	1,53	1,63	1,73	1,82	1,88	1,91
10	1,34	1,37	1,43	1,52	1,62	1,72	1,81	1,87	1,91
10,5	1,33	1,36	1,42	1,51	1,62	1,72	1,81	1,87	1,90
11	1,32	1,36	1,42	1,51	1,62	1,72	1,82	1,87	1,91
11,5	1,32	1,36	1,42	1,52	1,63	1,73	1,83	1,89	1,93
12	1,33	1,36	1,42	1,53	1,64	1,75	1,85	1,91	1,95
12,5	1,32	1,36	1,43	1,53	1,65	1,76	1,87	1,93	1,97
13	1,32	1,36	1,42	1,53	1,65	1,77	1,88	1,94	1,99
13,5	1,30	1,35	1,41	1,52	1,65	1,77	1,88	1,95	1,99
14	1,27	1,32	1,39	1,50	1,63	1,75	1,87	1,94	1,98
14,5	1,23	1,28	1,35	1,46	1,59	1,72	1,83	1,90	1,95
15	1,18	1,23	1,30	1,41	1,54	1,67	1,78	1,85	1,90
15,5	1,13	1,18	1,24	1,36	1,49	1,61	1,73	1,80	1,84
16	1,08	1,13	1,19	1,31	1,44	1,56	1,68	1,75	1,79
16,5	1,04	1,08	1,15	1,27	1,39	1,52	1,63	1,70	1,74
17	1,01	1,05	1,12	1,23	1,36	1,49	1,60	1,67	1,71
17,5	0,99	1,03	1,10	1,22	1,34	1,47	1,58	1,65	1,70

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für anorganisches Phosphat (mmol/l)  
Mädchen (N = 6.944)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	1,49	1,53	1,60	1,71	1,83	1,95	2,06	2,12	2,16
2	1,46	1,50	1,56	1,67	1,78	1,90	2,01	2,07	2,11
2,5	1,43	1,47	1,53	1,64	1,75	1,86	1,96	2,03	2,06
3	1,42	1,45	1,51	1,61	1,72	1,83	1,93	1,99	2,03
3,5	1,40	1,44	1,50	1,60	1,71	1,81	1,91	1,97	2,01
4	1,39	1,43	1,49	1,59	1,69	1,80	1,90	1,95	1,99
4,5	1,39	1,43	1,49	1,58	1,69	1,79	1,89	1,95	1,98
5	1,39	1,43	1,49	1,58	1,69	1,79	1,89	1,94	1,98
5,5	1,39	1,43	1,48	1,58	1,68	1,79	1,88	1,94	1,98
6	1,39	1,42	1,48	1,57	1,68	1,78	1,88	1,93	1,97
6,5	1,38	1,42	1,47	1,56	1,67	1,77	1,87	1,92	1,96
7	1,37	1,41	1,46	1,56	1,66	1,76	1,86	1,91	1,95
7,5	1,36	1,40	1,46	1,55	1,65	1,76	1,85	1,90	1,94
8	1,36	1,39	1,45	1,54	1,64	1,75	1,84	1,90	1,93
8,5	1,35	1,38	1,44	1,53	1,64	1,74	1,84	1,89	1,93
9	1,34	1,38	1,43	1,53	1,63	1,74	1,83	1,89	1,92
9,5	1,33	1,37	1,43	1,52	1,63	1,73	1,83	1,88	1,92
10	1,33	1,37	1,42	1,52	1,63	1,73	1,83	1,89	1,93
10,5	1,33	1,37	1,43	1,52	1,63	1,74	1,84	1,90	1,94
11	1,32	1,36	1,42	1,52	1,63	1,74	1,84	1,90	1,94
11,5	1,31	1,35	1,41	1,51	1,63	1,74	1,84	1,90	1,94
12	1,29	1,33	1,39	1,50	1,61	1,72	1,83	1,89	1,93
12,5	1,27	1,31	1,37	1,47	1,58	1,70	1,80	1,86	1,90
13	1,23	1,27	1,33	1,43	1,55	1,66	1,76	1,82	1,87
13,5	1,20	1,23	1,29	1,39	1,51	1,62	1,72	1,78	1,82
14	1,16	1,20	1,25	1,35	1,46	1,57	1,67	1,73	1,77
14,5	1,12	1,16	1,22	1,31	1,42	1,53	1,63	1,69	1,73
15	1,09	1,13	1,19	1,28	1,39	1,50	1,60	1,66	1,69
15,5	1,07	1,10	1,16	1,26	1,36	1,47	1,57	1,63	1,66
16	1,05	1,08	1,14	1,23	1,34	1,45	1,54	1,60	1,64
16,5	1,03	1,07	1,12	1,22	1,32	1,43	1,53	1,59	1,62
17	1,02	1,05	1,11	1,21	1,31	1,42	1,52	1,58	1,61
17,5	1,01	1,05	1,10	1,20	1,30	1,41	1,51	1,57	1,61

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)



## 25-Hydroxyvitamin D

### Klinische und epidemiologische Bedeutung

D-Vitamine wirken auf zelluläre Regulationsvorgänge ein. Am längsten bekannt ist die Regulation des Kalzium- und Mineralstoffwechsels. Darüber hinaus sind immunprotektive und antiproliferative Effekte beschrieben [1]. Die beiden wichtigsten Formen, Vitamin D<sub>2</sub> und Vitamin D<sub>3</sub>, entstehen unter dem Einfluss von Sonnenlicht. In der Leber erfolgt die Umwandlung zu 25-Hydroxyvitamin D (25(OH)D, Calcidiol); in der Niere wird die biologisch aktive Form gebildet. Calcidiol gilt als der beste Marker für die zur Verfügung stehenden Vitamin-D-Reserven [2, 3]. Bei schwerem Vitamin-D-Mangel kommt es zur Osteomalazie (bei Kindern Rachitis genannt). Neuere Ergebnisse weisen darauf hin, dass sich auch mildere Formen eines Vitamin-D-Mangels nachteilig auf die Gesundheit auswirken können [4]. In Ermangelung von randomisierten und kontrollierten Interventionsstudien besteht jedoch bisher kein Evidenz-basierter Konsensus hinsichtlich der relevanten Grenzwerte [5].

### Referenzwerte

Die Diskussion um gesundheitliche Folgen eines Vitamin-D-Mangels und klinisch relevante 25(OH)D Schwellenwerte wird durch methodische Variabilität erheblich erschwert [4]. Aktuell gelten für die häufig eingesetzten Methoden (Protein-Bindungsassays; Immunassays) folgende Richtwerte: <12 nmol/l: schwerer Vitamin D-Mangel mit einer Osteomalazie einhergehend; 12 bis <25 nmol/l: Vitamin D-Mangel mit wahrscheinlicher

Auswirkung auf den Knochenstoffwechsel; 25 bis <50 nmol/l, abhängig vom Lebensalter auch 25 bis <75 nmol/l: suboptimale Vitamin D-Versorgung mit möglichen Langzeitfolgen [3]. Als obere Grenze wird eine Serumkonzentration von 175 nmol/l angegeben [3].

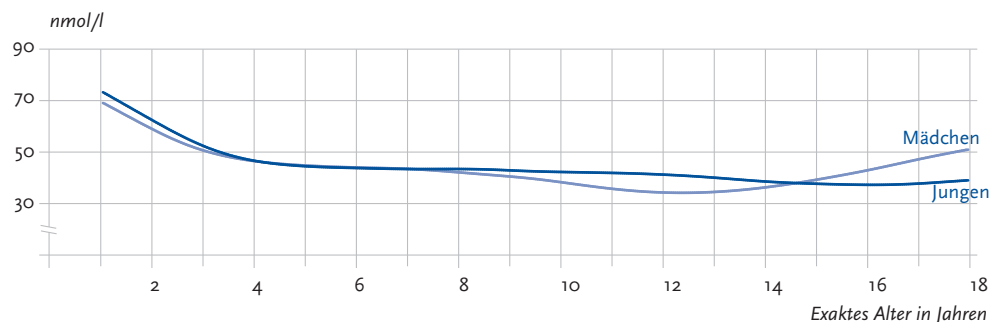
### Interpretation

Die Mediane zeigen bei Mädchen und Jungen im Alter von 1 Jahr mit über 60 nmol/l die höchsten Werte. Jenseits dieser Altersgruppe, in der viele Säuglinge Vitamin-D-Supplemente erhalten, nimmt die 25-Hydroxyvitamin-D-Konzentration mit zunehmendem Alter ab und liegt deutlich unter den derzeit empfohlenen unteren Grenzwerten. Die bei älteren Mädchen ab 14 Jahren wieder ansteigenden Serumkonzentrationen reflektieren die Erhöhung des Vitamin D-bindenden Proteins bei Anwenderinnen von oralen Kontrazeptiva [7, 8], die etwa 25% der Mädchen in dieser Altersgruppe ausmachen [7].

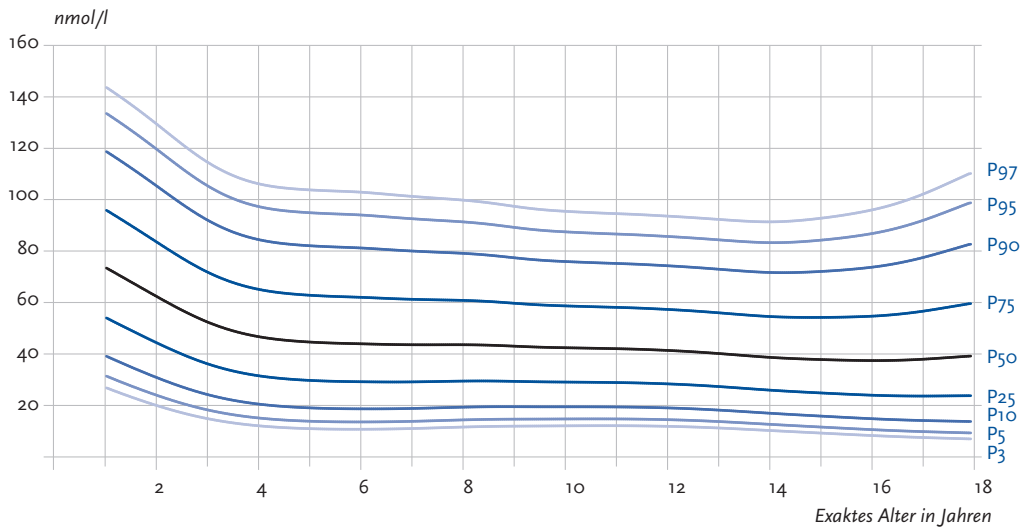
### Methodische Besonderheiten

Die Messanalytik zur Bestimmung der Serumkonzentration von 25-Hydroxyvitamin D wurde aus methodischen Gründen nach einem Jahr von einem Enzymimmunoassay auf einen automatisierten Lumineszenzimmunoassay (DiaSorin) umgestellt, der sowohl Vitamin D<sub>2</sub> als auch D<sub>3</sub> erfasst [7, 9]. Nur die Messwerte aus dem Lumineszenzimmunoassay (Mai 2004-Juni 2006) sind in die Auswertungen eingegangen.

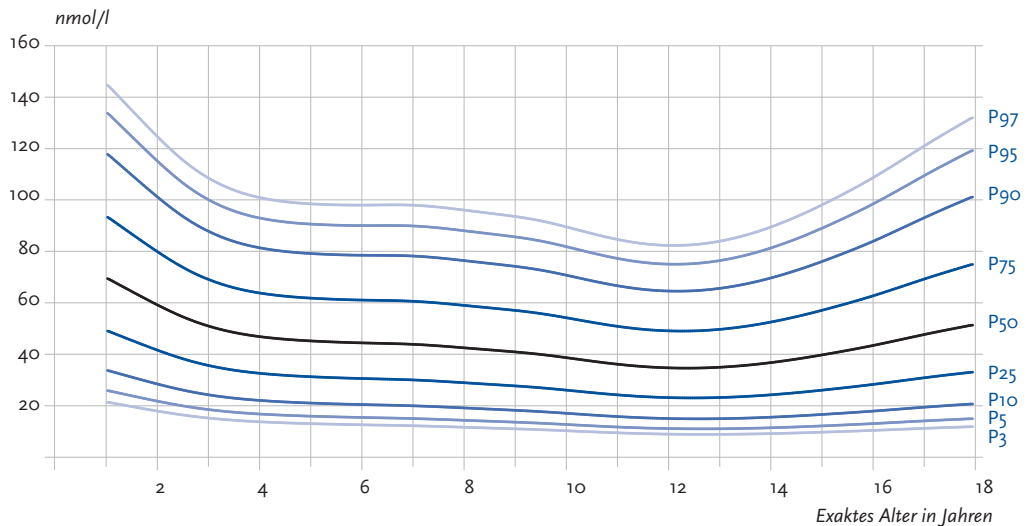
Geglättete Perzentilkurven für 25-Hydroxyvitamin D (nmol/l)  
Median



### Geglättete Perzentilkurven für 25-Hydroxyvitamin D (nmol/l) Jungen (N=5.108)



### Geglättete Perzentilkurven für 25-Hydroxyvitamin D (nmol/l) Mädchen (N=4.908)



Geglättete Perzentile für 25-Hydroxyvitamin D (nmol/l)  
Jungen (N=5.108)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	23	27	35	49	68	90	112	127	137
2	20	24	31	44	62	83	105	120	129
2,5	17	21	27	40	57	77	98	112	122
3	15	18	24	36	52	72	92	105	115
3,5	13	16	22	33	49	68	87	100	109
4	12	15	20	31	47	65	84	97	106
4,5	11	14	19	30	45	64	83	96	105
5	11	14	19	30	45	63	82	95	104
5,5	11	13	19	29	44	62	82	95	103
6	10	13	18	29	44	62	81	94	103
6,5	11	13	18	29	44	62	81	93	102
7	11	14	19	29	43	61	80	93	101
7,5	11	14	19	29	43	61	80	92	101
8	11	14	19	29	43	61	79	91	100
8,5	12	14	19	29	43	60	78	91	99
9	12	14	19	29	43	60	77	89	98
9,5	12	14	19	29	43	59	77	88	96
10	12	14	19	29	42	59	76	88	96
10,5	12	15	19	29	42	58	76	87	95
11	12	15	19	29	42	58	75	87	95
11,5	12	14	19	29	42	58	75	86	94
12	12	14	19	28	41	57	74	86	94
12,5	11	14	18	28	41	57	74	85	93
13	11	14	18	27	40	56	73	84	92
13,5	11	13	17	27	39	55	72	84	92
14	10	12	17	26	39	55	72	83	91
14,5	10	12	16	25	38	54	72	84	92
15	9	11	16	25	38	54	72	84	93
15,5	9	11	15	24	37	54	73	85	94
16	8	10	15	24	37	55	74	87	96
16,5	8	10	14	24	37	55	75	89	98
17	7	10	14	23	38	56	77	92	102
17,5	7	9	14	23	38	58	80	95	106

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für 25-Hydroxyvitamin D (nmol/l)  
Mädchen (N = 4.908)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	19	23	31	45	64	86	109	124	135
2	17	21	28	41	59	79	101	115	124
2,5	16	19	26	38	54	73	93	106	115
3	15	18	24	35	51	69	88	100	108
3,5	14	17	22	33	48	66	84	96	104
4	13	16	22	32	46	64	81	93	101
4,5	13	16	21	31	45	62	80	91	99
5	12	15	21	31	45	62	79	91	98
5,5	12	15	20	30	44	61	79	90	98
6	12	15	20	30	44	61	78	90	98
6,5	12	15	20	30	44	61	78	90	98
7	12	14	19	30	43	60	78	90	98
7,5	11	14	19	29	43	60	77	89	97
8	11	14	19	28	42	59	76	88	96
8,5	11	13	18	28	41	58	75	87	95
9	10	13	18	27	41	57	74	86	94
9,5	10	13	17	27	40	56	73	84	92
10	10	12	17	26	38	54	71	82	90
10,5	9	12	16	25	37	52	68	79	87
11	9	11	15	24	36	51	66	77	85
11,5	9	11	15	23	35	49	65	76	83
12	8	11	14	23	34	49	64	75	82
12,5	8	10	14	23	34	49	64	75	82
13	8	10	14	23	35	49	65	76	84
13,5	8	11	15	23	35	50	67	78	86
14	9	11	15	24	36	52	69	81	89
14,5	9	11	15	25	38	54	72	84	93
15	9	12	16	25	39	57	76	89	98
15,5	9	12	17	27	41	59	79	93	103
16	10	12	17	28	43	62	83	98	108
16,5	10	13	18	29	45	65	88	103	114
17	11	13	19	30	47	69	93	109	120
17,5	11	14	20	32	49	72	97	114	127

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

## 2.7 Elektrolyte und Serumproteine

### Kalium

#### Klinische und epidemiologische Bedeutung

Kalium spielt eine wichtige Rolle bei vielen Zellfunktionen. Es liegt zu 90 % intrazellulär vor. Die Verteilung zwischen Intra- und Extrazellulärraum ist durch die Kalium-Homöostase streng geregelt, so dass die Kaliumkonzentration im Serum das Gesamtkörperkalium bis zu einem Verlust von 1 % gut repräsentiert. Erhöhungen oder Erniedrigungen sind immer die Folge einer Störung zwischen Intra- und Extrazellulärraum. Die Regulation des mit der Nahrung aufgenommenen Kaliums erfolgt zu 80 % über Ausscheidung über die Niere, weiterhin über den Magendarm-Trakt und den Schweiß. Die Konstanz des extrazellulär vorliegenden Kaliums ist weiterhin abhängig vom Säure-Basen-Haushalt, Insulin, Mineralcorticoiden und dem Sympathischen Nervensystem [1]. Bei Störungen der Kaliumkonzentrationen kommt es insbesondere zu muskulären und kardialen Symptomen.

#### Referenzwerte

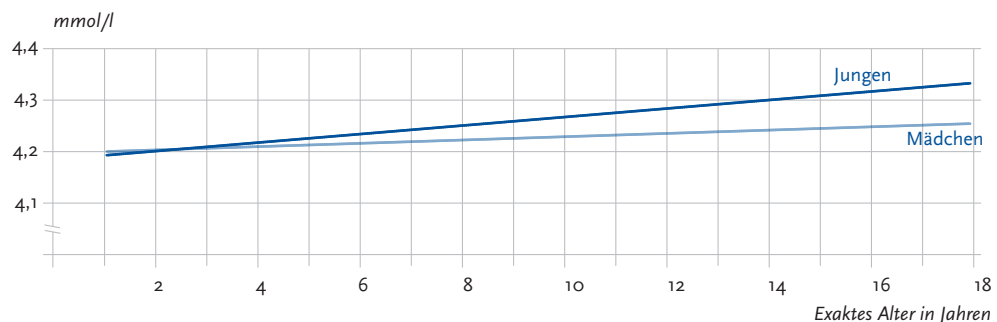
Die publizierten Referenzbereiche sind nur eingeschränkt auf die in der KiGGS-Studie erhobenen Daten übertragbar, da sie von der Studienpopulation und Messmethoden abhängen. Der Referenzwert für Kalium im Serum wird für Kinder über einem Jahr mit 3,6–5,0 mmol/l angegeben [2]. Bei der Bewertung anhand von Referenzbereichen ist zu beachten, dass der Kaliumspiegel im Serum um 0,3 mmol/l höher liegt als im Plasma [1]. In KiGGS wurde Kalium im Serum bestimmt.

#### Interpretation

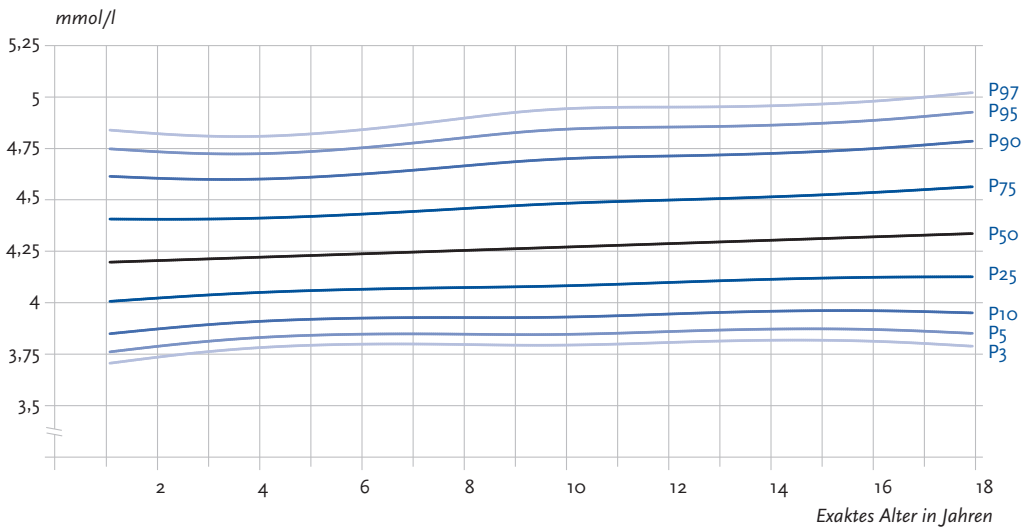
Die erhobenen Perzentilkurven zeigen bei Mädchen keine altersabhängigen Schwankungen, bei Jungen eine leichte Erhöhung mit zunehmendem Alter. Sie liegen sämtlich innerhalb des angegebenen Referenzbereiches, lediglich das 97. Perzentil der Jungen nähert sich bei einem Alter von 17 Jahren dem Wert von 5 mmol/l.

#### Geglättete Perzentilkurven für Kalium (mmol/l)

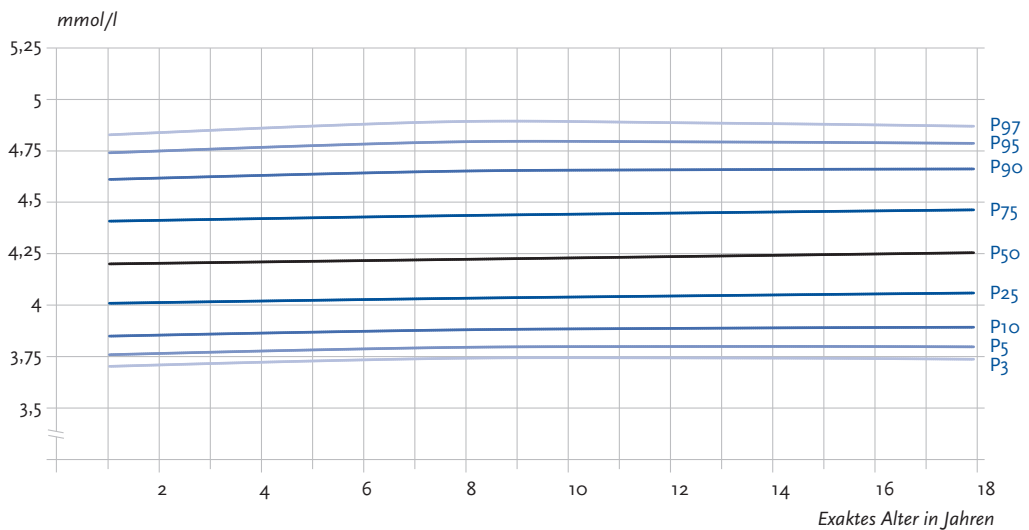
##### Median



### Geglättete Perzentilkurven für Kalium (mmol/l) Jungen (N=7.301)



### Geglättete Perzentilkurven für Kalium (mmol/l) Mädchen (N=6.956)



Geglättete Perzentile für Kalium (mmol/l)  
Jungen (N=7.301)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,6	4,7	4,8
2	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,6	4,7	4,8
2,5	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,6	4,7	4,8
3	3,8	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,6	4,7	4,8
3,5	3,8	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,6	4,7	4,8
4	3,8	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,6	4,7	4,8
4,5	3,8	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,6	4,7	4,8
5	3,8	3,8	3,9	4,1	4,2	4,4	4,6	4,7	4,8
5,5	3,8	3,8	3,9	4,1	4,2	4,4	4,6	4,7	4,8
6	3,8	3,8	3,9	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	4,8
6,5	3,8	3,8	3,9	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	4,9
7	3,8	3,8	3,9	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	4,9
7,5	3,8	3,8	3,9	4,1	4,2	4,4	4,7	4,8	4,9
8	3,8	3,8	3,9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,8	4,9
8,5	3,8	3,8	3,9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,8	4,9
9	3,8	3,8	3,9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,8	4,9
9,5	3,8	3,8	3,9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,8	4,9
10	3,8	3,8	3,9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,8	4,9
10,5	3,8	3,8	3,9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0
11	3,8	3,8	3,9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0
11,5	3,8	3,8	3,9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0
12	3,8	3,8	3,9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0
12,5	3,8	3,9	3,9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0
13	3,8	3,9	3,9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0
13,5	3,8	3,9	3,9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0
14	3,8	3,9	3,9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0
14,5	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0
15	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0
15,5	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0
16	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,5	4,8	4,9	5,0
16,5	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,5	4,8	4,9	5,0
17	3,8	3,9	3,9	4,1	4,3	4,5	4,8	4,9	5,0
17,5	3,8	3,8	3,9	4,1	4,3	4,6	4,8	4,9	5,0

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für Kalium (mmol/l)  
Mädchen (N = 6.956)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	3,7	3,8	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,7	4,8
2	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	4,8
2,5	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	4,8
3	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	4,9
3,5	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	4,9
4	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	4,9
4,5	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	4,9
5	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	4,9
5,5	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	4,9
6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	4,9
6,5	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	4,9
7	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	4,9
7,5	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,7	4,8	4,9
8	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,7	4,8	4,9
8,5	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,7	4,8	4,9
9	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,7	4,8	4,9
9,5	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,7	4,8	4,9
10	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,7	4,8	4,9
10,5	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,7	4,8	4,9
11	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,7	4,8	4,9
11,5	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,7	4,8	4,9
12	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,7	4,8	4,9
12,5	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,7	4,8	4,9
13	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,5	4,7	4,8	4,9
13,5	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,5	4,7	4,8	4,9
14	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,5	4,7	4,8	4,9
14,5	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,5	4,7	4,8	4,9
15	3,7	3,8	3,9	4,1	4,2	4,5	4,7	4,8	4,9
15,5	3,7	3,8	3,9	4,1	4,2	4,5	4,7	4,8	4,9
16	3,7	3,8	3,9	4,1	4,2	4,5	4,7	4,8	4,9
16,5	3,7	3,8	3,9	4,1	4,2	4,5	4,7	4,8	4,9
17	3,7	3,8	3,9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,8	4,9
17,5	3,7	3,8	3,9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,8	4,9

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)



## Gesamtprotein

### Klinische und epidemiologische Bedeutung

Im Plasma liegen zahlreiche strukturbekanntere Proteine vor, die überwiegend von der Leber (Albumin,  $\alpha_1$ -,  $\alpha_2$ -,  $\beta$ -Globuline) und von den Plasmazellen ( $\mu$ -Globuline) synthetisiert werden. Die Halbwertszeiten der unterschiedlichen Eiweiße reichen von wenigen Stunden (Akute-Phase-Proteine) bis zu drei Wochen (Immunglobuline und Albumin). Krankhaftes Geschehen bewirkt eine Veränderung der Proteinzusammensetzung, führt aber nicht zu Gesamtkonzentrationen außerhalb des Referenzbereiches. Absolute Veränderungen beruhen überwiegend auf einer Abnahme von Albumin oder Ab- bzw. Zunahme der Immunglobuline. Zugrunde liegen Synthesestörungen, Mangelernährung, Resorptionsstörungen oder Verluste. Somit können unterschiedlichste Erkrankungen wie Nieren-, Leber-, Magen-Darmstörungen, Tumoren oder Entzündungen ursächlich sein [1].

### Referenzwerte

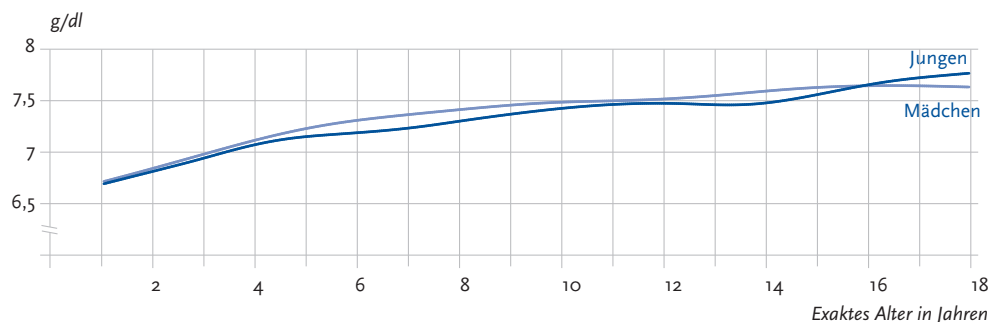
Die in der Literatur angegebenen Referenzwerte sind nur bedingt auf die in der KiGGS-Studie erhobenen Daten übertragbar, da sie sich in der Studienpopulation, den Messmethoden und den präanalytischen Bedingungen teilweise unterscheiden. Der Referenzwert für das Gesamtprotein liegt bei 6,0–8,0 g/dl für Kinder im Alter von 3 bis 18 Jahren, für Kinder im Alter von 1 bis 2 Jahren bei 5,6–7,5 g/dl [1, 2].

### Interpretation

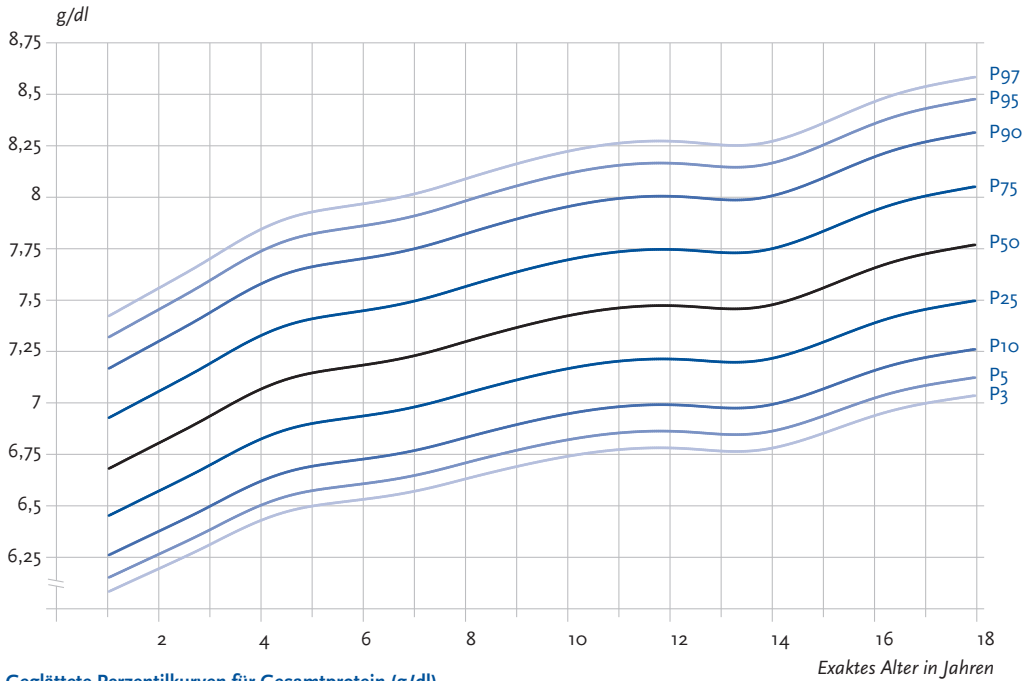
Die in der KiGGS-Studie erhobenen Perzentilkurven des Gesamtproteins zeigen einen mit Zunahme des Alters kontinuierlichen Anstieg. Sie liegen bis zu einem Alter von 4 Jahren (Mädchen) bzw. 6 Jahren (Jungen) bis zum 97. Perzentil innerhalb des Referenzintervalls. Mit zunehmendem Alter steigen die Werte jedoch stetig an, so dass im Alter von 18 Jahren das 75. Perzentil nahe an den oberen Referenzwert herankommt (Mädchen) bzw. ihn überschreitet (Jungen). Die erhobenen Daten zeigen, dass altersabhängige Referenzwerte des Gesamtproteins sinnvoll sind.

### Geglättete Perzentilkurven für Gesamtprotein (g/dl)

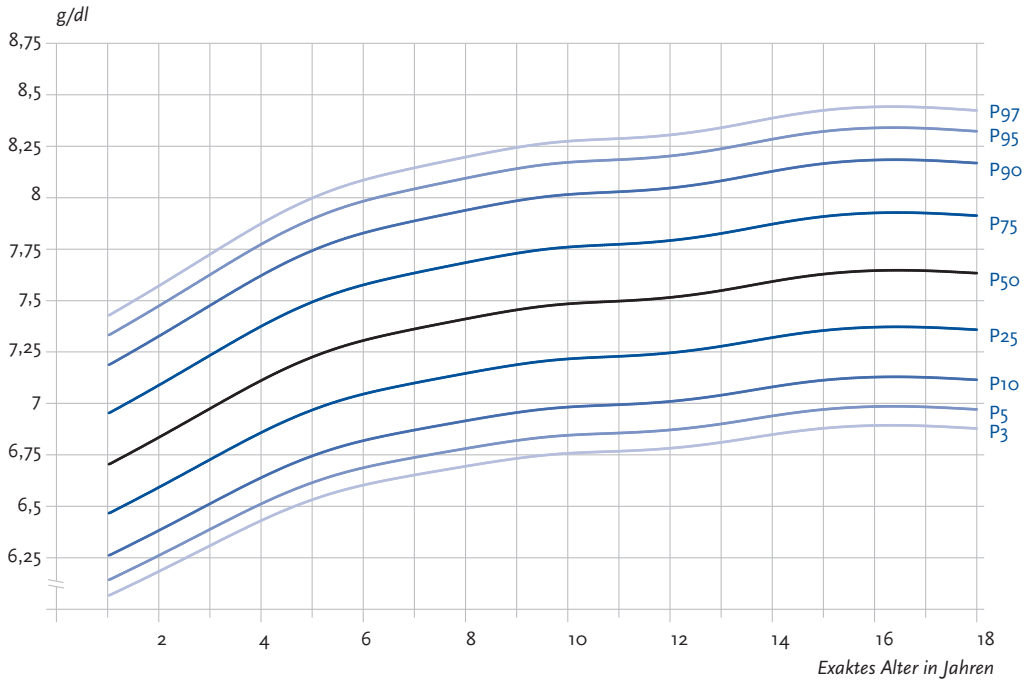
#### Median



**Geglättete Perzentilkurven für Gesamtprotein (g/dl)**  
**Jungen (N=7.254)**



**Geglättete Perzentilkurven für Gesamtprotein (g/dl)**  
**Mädchen (N=6.905)**



Geglättete Perzentile für Gesamtprotein (g/dl)  
Jungen (N=7.254)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	6,1	6,2	6,3	6,5	6,7	7,0	7,2	7,4	7,5
2	6,2	6,3	6,4	6,6	6,8	7,1	7,3	7,5	7,6
2,5	6,2	6,3	6,4	6,6	6,9	7,1	7,4	7,5	7,6
3	6,3	6,4	6,5	6,7	6,9	7,2	7,4	7,6	7,7
3,5	6,4	6,4	6,6	6,8	7,0	7,3	7,5	7,7	7,8
4	6,4	6,5	6,6	6,8	7,1	7,3	7,6	7,7	7,8
4,5	6,5	6,5	6,7	6,9	7,1	7,4	7,6	7,8	7,9
5	6,5	6,6	6,7	6,9	7,1	7,4	7,7	7,8	7,9
5,5	6,5	6,6	6,7	6,9	7,2	7,4	7,7	7,8	7,9
6	6,5	6,6	6,7	6,9	7,2	7,4	7,7	7,9	8,0
6,5	6,5	6,6	6,7	7,0	7,2	7,5	7,7	7,9	8,0
7	6,6	6,6	6,8	7,0	7,2	7,5	7,7	7,9	8,0
7,5	6,6	6,7	6,8	7,0	7,3	7,5	7,8	7,9	8,1
8	6,6	6,7	6,8	7,0	7,3	7,6	7,8	8,0	8,1
8,5	6,7	6,7	6,9	7,1	7,3	7,6	7,9	8,0	8,1
9	6,7	6,8	6,9	7,1	7,4	7,6	7,9	8,1	8,2
9,5	6,7	6,8	6,9	7,1	7,4	7,7	7,9	8,1	8,2
10	6,7	6,8	6,9	7,2	7,4	7,7	8,0	8,1	8,2
10,5	6,8	6,8	7,0	7,2	7,4	7,7	8,0	8,1	8,2
11	6,8	6,9	7,0	7,2	7,5	7,7	8,0	8,2	8,3
11,5	6,8	6,9	7,0	7,2	7,5	7,7	8,0	8,2	8,3
12	6,8	6,9	7,0	7,2	7,5	7,7	8,0	8,2	8,3
12,5	6,8	6,9	7,0	7,2	7,5	7,7	8,0	8,2	8,3
13	6,8	6,8	7,0	7,2	7,5	7,7	8,0	8,1	8,3
13,5	6,8	6,8	7,0	7,2	7,5	7,7	8,0	8,1	8,3
14	6,8	6,9	7,0	7,2	7,5	7,7	8,0	8,2	8,3
14,5	6,8	6,9	7,0	7,2	7,5	7,8	8,0	8,2	8,3
15	6,8	6,9	7,1	7,3	7,6	7,8	8,1	8,3	8,4
15,5	6,9	7,0	7,1	7,3	7,6	7,9	8,1	8,3	8,4
16	6,9	7,0	7,2	7,4	7,7	7,9	8,2	8,4	8,5
16,5	7,0	7,1	7,2	7,4	7,7	8,0	8,2	8,4	8,5
17	7,0	7,1	7,2	7,5	7,7	8,0	8,3	8,4	8,5
17,5	7,0	7,1	7,2	7,5	7,7	8,0	8,3	8,5	8,6

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für Gesamtprotein (g/dl)  
Mädchen (N = 6.905)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	6,1	6,2	6,3	6,5	6,8	7,0	7,3	7,4	7,5
2	6,2	6,3	6,4	6,6	6,8	7,1	7,3	7,5	7,6
2,5	6,2	6,3	6,4	6,7	6,9	7,2	7,4	7,6	7,7
3	6,3	6,4	6,5	6,7	7,0	7,2	7,5	7,6	7,7
3,5	6,4	6,4	6,6	6,8	7,0	7,3	7,6	7,7	7,8
4	6,4	6,5	6,6	6,9	7,1	7,4	7,6	7,8	7,9
4,5	6,5	6,6	6,7	6,9	7,2	7,4	7,7	7,8	7,9
5	6,5	6,6	6,7	7,0	7,2	7,5	7,7	7,9	8,0
5,5	6,6	6,7	6,8	7,0	7,3	7,5	7,8	7,9	8,0
6	6,6	6,7	6,8	7,0	7,3	7,6	7,8	8,0	8,1
6,5	6,6	6,7	6,8	7,1	7,3	7,6	7,9	8,0	8,1
7	6,6	6,7	6,9	7,1	7,4	7,6	7,9	8,0	8,1
7,5	6,7	6,8	6,9	7,1	7,4	7,7	7,9	8,1	8,2
8	6,7	6,8	6,9	7,1	7,4	7,7	7,9	8,1	8,2
8,5	6,7	6,8	6,9	7,2	7,4	7,7	8,0	8,1	8,2
9	6,7	6,8	7,0	7,2	7,5	7,7	8,0	8,1	8,2
9,5	6,7	6,8	7,0	7,2	7,5	7,7	8,0	8,2	8,3
10	6,8	6,8	7,0	7,2	7,5	7,8	8,0	8,2	8,3
10,5	6,8	6,8	7,0	7,2	7,5	7,8	8,0	8,2	8,3
11	6,8	6,9	7,0	7,2	7,5	7,8	8,0	8,2	8,3
11,5	6,8	6,9	7,0	7,2	7,5	7,8	8,0	8,2	8,3
12	6,8	6,9	7,0	7,2	7,5	7,8	8,0	8,2	8,3
12,5	6,8	6,9	7,0	7,3	7,5	7,8	8,1	8,2	8,3
13	6,8	6,9	7,0	7,3	7,5	7,8	8,1	8,2	8,3
13,5	6,8	6,9	7,1	7,3	7,6	7,8	8,1	8,3	8,4
14	6,8	6,9	7,1	7,3	7,6	7,9	8,1	8,3	8,4
14,5	6,9	7,0	7,1	7,3	7,6	7,9	8,1	8,3	8,4
15	6,9	7,0	7,1	7,4	7,6	7,9	8,2	8,3	8,4
15,5	6,9	7,0	7,1	7,4	7,6	7,9	8,2	8,3	8,4
16	6,9	7,0	7,1	7,4	7,6	7,9	8,2	8,3	8,4
16,5	6,9	7,0	7,1	7,4	7,6	7,9	8,2	8,3	8,4
17	6,9	7,0	7,1	7,4	7,6	7,9	8,2	8,3	8,4
17,5	6,9	7,0	7,1	7,4	7,6	7,9	8,2	8,3	8,4

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

## 2.8 Nährstoffe und Spurenelemente

### Folsäure im Erythrozyten

#### Klinische und epidemiologische Bedeutung

Folsäure (Pteroylmonoglutaminsäure) ist ein vor allem in grünen Blattgemüsen, Hefen und Leber vorkommendes Vitamin der Gruppe der B-Vitamine (Vitamin B<sub>9</sub>). Folsäure selbst ist biologisch nicht aktiv, sondern die 5,6,7,8-Tetrahydrofolsäure. Sie ist die wichtigste Coenzymform, die als Akzeptor und Überträger von Hydroxymethylgruppen und Formylgruppen fungiert [1]. Damit nimmt die Folsäure eine zentrale Stellung bei allen Zellteilungsvorgängen ein, und sie wurde in den letzten Jahren vor allem hinsichtlich der protektiven Wirkung bei Neuralrohrdefekten sowie der Senkung erhöhter Homocysteinwerte diskutiert. Dies hat in einigen Ländern bereits zur verpflichtenden Anreicherung bestimmter Lebensmittel geführt.

Die Folsäurekonzentration in Erythrozyten liegt ca. 40-fach über der im Serum und ist überdies auch nicht so schwankungsanfällig. Erythrozyten haben eine Lebensdauer von 120 Tagen, und die Menge an Folsäure, die bei der Bildung des Erythrozyten eingelagert wird, bleibt weitgehend über die gesamte Lebensdauer erhalten. Damit erhält man bei der Bestimmung des Erythrozytenfolats (Folsäure im Erythrozyten) einen Durchschnittswert, der die Versorgung während der vorangegangenen vier Monate widerspiegelt. Dies ist ganz besonders dann wichtig, wenn, wie bei der KiGGS-Studie, überwiegend keine Nüchternblutentnahmen möglich waren.

#### Referenzwerte

Verteilungsbasierte Referenzwerte spiegeln die Versorgungssituation einer Population wider. Daher unterscheiden sich inzwischen die Referenzbereiche in den USA deutlich von denen in Europa [2], was die bessere Versorgung in den USA reflektiert. Es gibt aber aus Studien abgeleitete wünschenswerte Spiegel oder Referenzbereiche, die sich auf die Verhütung bestimmter Erkrankungen oder die Senkung von Risikofaktoren beziehen. Dieser Referenzbereich liegt für Erythrozytenfolat bei Erwachsenen bei Werten von > 200 ng/ml. Spezifische Referenzwerte oder Normbereiche für Folsäure im Erythrozyten bei Kindern und Jugendlichen existieren in Deutschland nicht.

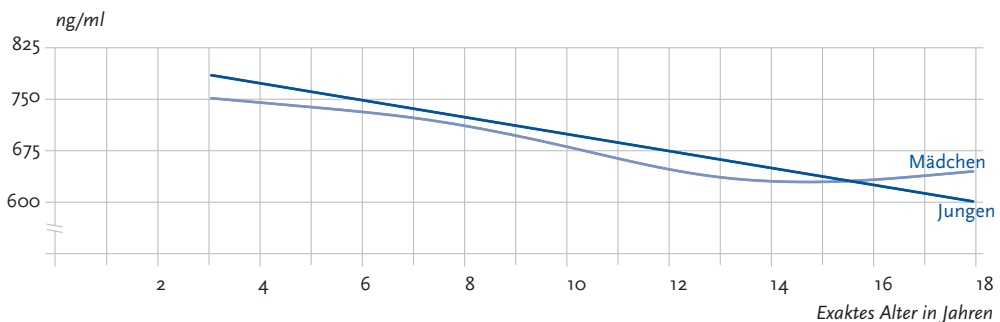
#### Interpretation

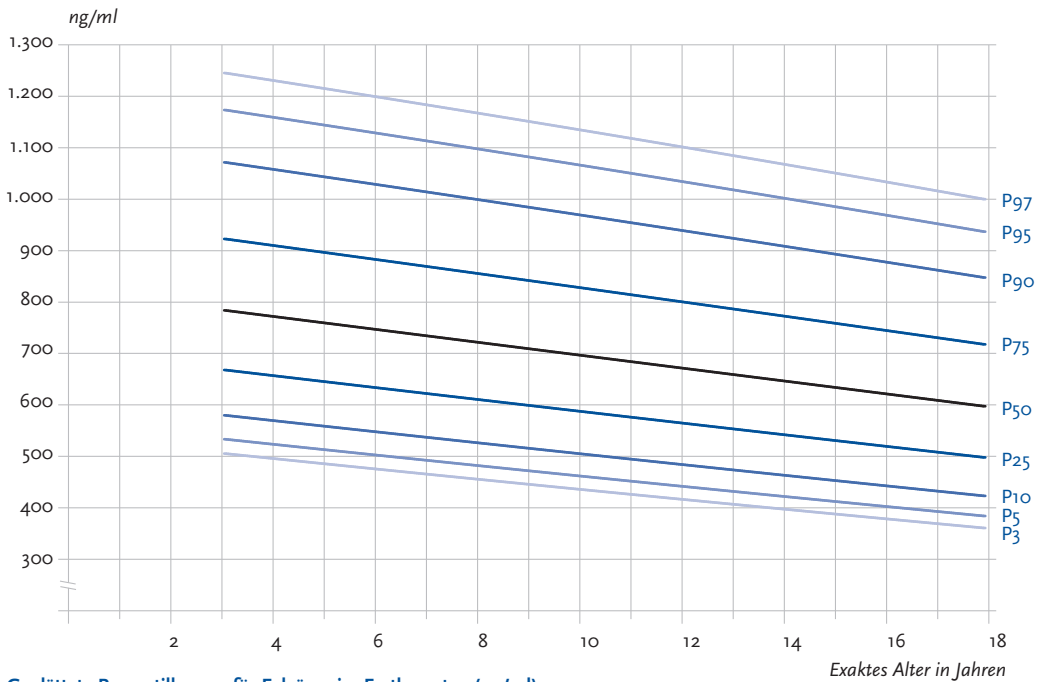
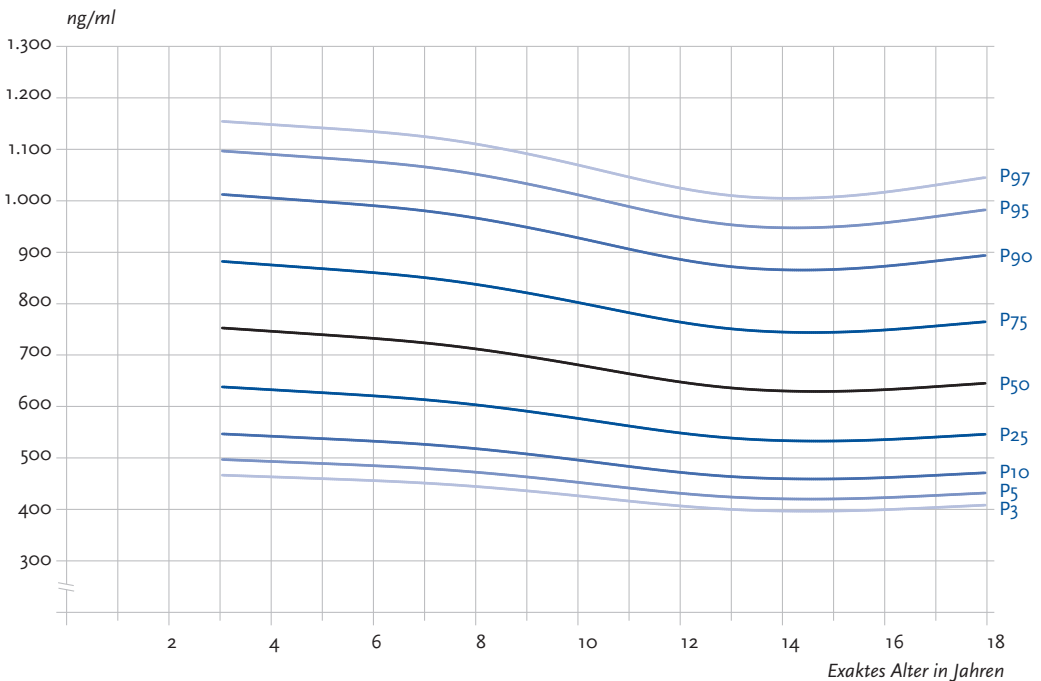
Die dargestellten Referenzkurven belegen eine sehr gute Versorgung von Kindern und Jugendlichen mit Folsäure. Die Verläufe der Kurven zeigen hier, anders als beim Vitamin B<sub>12</sub>, eine lineare Abnahme mit dem Alter bei den Jungen, wohingegen bei den Mädchen die Abnahme um das 15. Lebensjahr herum zum Stillstand kommt, und danach sogar wieder eine Zunahme der Folsäurekonzentration in Erythrozyten zu beobachten ist.

#### Methodische Besonderheiten

Folsäure wurde erst ab einem Alter von drei Jahren bestimmt; darüber hinaus ist die Fallzahl wegen eines herstellerbedingten Methodenwechsels weiter reduziert.

Geglättete Perzentilkurven für Folsäure im Erythrozyten (ng/ml)  
Median



**Geglättete Perzentilkurven für Folsäure im Erythrozyten (ng/ml)  
Jungen (N=2.525)****Geglättete Perzentilkurven für Folsäure im Erythrozyten (ng/ml)  
Mädchen (N=2.380)**

Geglättete Perzentile für Folsäure im Erythrozyten (ng/ml)  
Jungen (N=2.525)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
3,5	501	529	575	663	779	918	1067	1168	1240
4	496	524	570	657	773	911	1059	1161	1233
4,5	491	519	564	652	767	904	1052	1153	1225
5	486	513	559	646	760	898	1045	1146	1217
5,5	481	508	554	640	754	891	1038	1138	1209
6	476	503	548	634	748	884	1030	1131	1201
6,5	471	498	543	629	742	877	1023	1123	1193
7	466	493	538	623	735	871	1016	1115	1186
7,5	461	488	532	617	729	864	1008	1107	1178
8	456	483	527	611	723	857	1001	1100	1170
8,5	451	477	522	606	717	850	994	1092	1161
9	446	472	516	600	710	843	986	1084	1153
9,5	441	467	511	594	704	836	979	1076	1145
10	436	462	506	588	698	830	971	1068	1137
10,5	431	457	501	583	692	823	964	1060	1129
11	427	452	495	577	685	816	956	1053	1121
11,5	422	447	490	571	679	809	949	1045	1112
12	417	442	485	566	673	802	941	1037	1104
12,5	412	437	480	560	667	795	934	1029	1096
13	407	433	474	554	660	788	926	1020	1087
13,5	403	428	469	549	654	781	918	1012	1079
14	398	423	464	543	648	774	911	1004	1070
14,5	393	418	459	537	642	767	903	996	1062
15	389	413	454	532	635	760	895	988	1053
15,5	384	408	449	526	629	754	888	980	1045
16	379	403	444	521	623	747	880	971	1036
16,5	375	398	438	515	617	740	872	963	1028
17	370	394	433	509	610	733	864	955	1019
17,5	365	389	428	504	604	726	857	946	1010

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für Folsäure im Erythrozyten (ng/ml)  
Mädchen (N = 2.380)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
3,5	462	492	542	633	748	878	1008	1093	1151
4	460	490	540	630	745	874	1005	1090	1148
4,5	459	488	537	627	741	870	1001	1086	1145
5	457	486	535	625	738	867	997	1083	1142
5,5	455	484	533	622	734	863	994	1079	1138
6	453	482	530	618	731	859	990	1075	1134
6,5	451	480	527	615	727	854	985	1071	1130
7	448	477	524	611	722	849	980	1065	1124
7,5	445	473	520	606	716	843	973	1059	1118
8	442	469	515	601	710	836	966	1051	1110
8,5	437	465	510	595	703	828	957	1042	1101
9	433	460	505	588	696	820	948	1032	1091
9,5	428	455	499	582	687	810	938	1022	1081
10	423	450	493	575	679	801	927	1011	1069
10,5	418	444	487	567	670	791	916	1000	1058
11	413	439	481	560	662	781	905	988	1046
11,5	408	433	475	553	653	771	895	977	1035
12	404	428	469	546	646	763	885	967	1024
12,5	400	424	465	541	639	755	877	959	1016
13	397	421	461	536	634	750	871	953	1010
13,5	395	419	458	533	631	746	867	949	1006
14	394	418	457	531	628	743	865	947	1004
14,5	394	417	456	530	627	742	864	947	1005
15	394	417	456	530	627	743	865	949	1007
15,5	395	418	457	531	629	744	868	952	1011
16	396	420	459	533	631	747	872	956	1016
16,5	398	422	461	535	633	751	876	962	1023
17	401	424	463	538	637	755	882	968	1030
17,5	403	427	466	541	640	759	887	975	1037

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)



## Vitamin B<sub>12</sub>

### Klinische und epidemiologische Bedeutung

Vitamin B<sub>12</sub> (Cobalamin) ist essentieller Bestandteil des Kohlenstoffmetabolismus und spielt eine wichtige Rolle bei der Zellteilung. Hauptzeichen eines Vitamin-B<sub>12</sub>-Mangels ist die megaloblastische Anämie, Spätfolge eine nicht reversible funikuläre Myelose. Die Cobalamin-Synthese findet ausschließlich in Mikroorganismen statt, beim Menschen in geringen Mengen im Dickdarm. Die Zufuhr erfolgt praktisch ausschließlich über tierische Lebensmittel. Voraussetzung für die Resorption im Dünndarm ist ein im Magen gebildeter Intrinsic-Faktor sowie eine ausreichende Pankreasfunktion. Personen mit einseitiger Ernährung, wie z. B. Veganer und Makrobiotiker, aber auch alte Menschen mit einem Mangel an Intrinsic-Faktor als Folge einer atrophischen Gastritis gelten als Risikopopulationen für eine Unterversorgung mit diesem in der Bevölkerung ansonsten ausreichend vorhandenen Vitamin.

### Referenzwerte

Die in der Literatur [1] beschriebenen Referenzwerte stehen weitgehend im Einklang mit den in KiGGS ermittelten Perzentilkurven. Dennoch ist in den Referenzwerten der unterschiedliche Verlauf der Kurven zwischen Mädchen und Jungen nicht ausreichend berücksichtigt.

### Interpretation

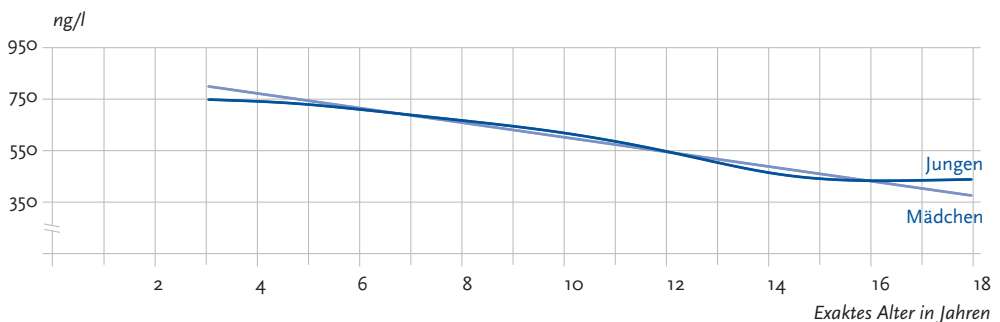
Insgesamt kann bei deutschen Kindern und Jugendlichen von einer guten Versorgungslage ausgegangen werden. Auffällig sind die fast lineare Abnahme der Serumkonzentration bei Mädchen und der eher geschwungene Verlauf bei Jungen, bei denen die Abnahme im Gegensatz zu den Mädchen mit der Pubertät zum Stillstand kommt.

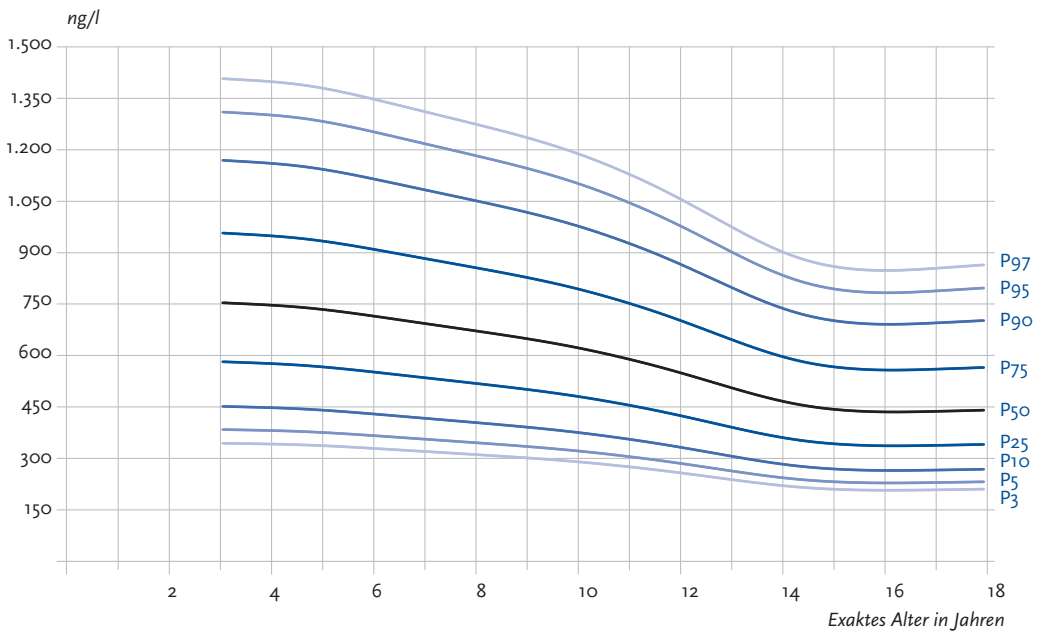
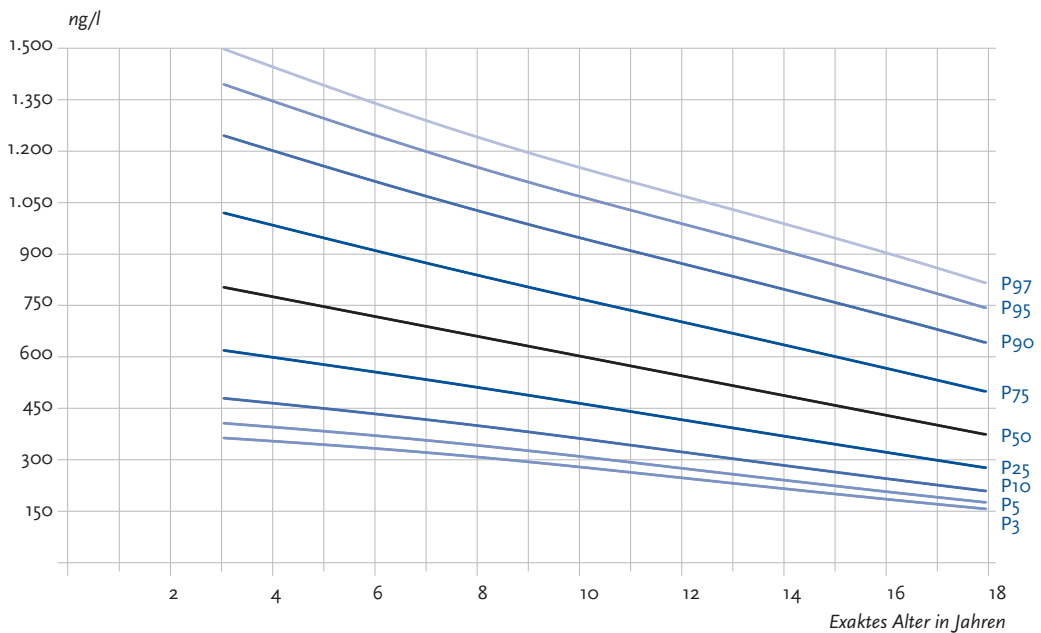
### Methodische Besonderheiten

Vitamin B<sub>12</sub> wurde erst ab einem Alter von drei Jahren bestimmt.

### Geglättete Perzentilkurven für Vitamin B<sub>12</sub> (ng/l)

Median



**Geglättete Perzentilkurven für Vitamin B<sub>12</sub> (ng/l)  
Jungen (N = 6.701)****Geglättete Perzentilkurven für Vitamin B<sub>12</sub> (ng/l)  
Mädchen (N = 6.349)**

Geglättete Perzentile für Vitamin B<sub>12</sub> (ng/l)  
Jungen (N=6.701)

Alter *	P <sub>3</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>10</sub>	P <sub>25</sub>	P <sub>50 (Median)</sub>	P <sub>75</sub>	P <sub>90</sub>	P <sub>95</sub>	P <sub>97</sub>
3,5	338	378	445	575	748	952	1165	1306	1404
4	336	376	443	572	744	947	1159	1301	1399
4,5	334	374	440	568	738	940	1152	1293	1391
5	332	370	436	562	731	931	1142	1282	1380
5,5	328	366	430	555	722	920	1128	1268	1365
6	324	361	424	547	711	907	1113	1252	1347
6,5	319	356	418	539	701	894	1098	1234	1329
7	315	351	412	531	690	880	1082	1217	1311
7,5	310	345	406	523	679	867	1066	1200	1293
8	306	340	399	514	668	853	1050	1182	1274
8,5	301	335	393	506	657	840	1034	1164	1255
9	296	329	386	497	646	825	1016	1145	1235
9,5	290	323	379	487	633	809	997	1124	1213
10	284	316	370	476	619	792	976	1101	1188
10,5	278	308	361	464	603	772	952	1075	1160
11	270	300	351	451	586	750	926	1045	1129
11,5	262	290	340	436	567	726	897	1013	1095
12	252	280	328	420	546	700	865	978	1057
12,5	243	269	315	404	525	673	832	941	1017
13	233	258	302	387	503	645	798	902	976
13,5	223	248	289	371	482	618	765	866	937
14	215	238	278	356	463	594	737	834	902
14,5	209	231	270	345	449	576	714	809	876
15	204	226	264	338	439	564	700	793	859
15,5	202	224	261	333	433	557	691	784	849
16	201	222	259	332	431	554	688	780	846
16,5	201	223	259	331	431	554	689	782	847
17	202	223	260	333	432	556	692	785	852
17,5	203	225	261	334	434	558	695	790	857

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für Vitamin B<sub>12</sub> (ng/l)  
Mädchen (N = 6.349)

Alter*	P <sub>3</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>10</sub>	P <sub>25</sub>	P <sub>50</sub> (Median)	P <sub>75</sub>	P <sub>90</sub>	P <sub>95</sub>	P <sub>97</sub>
3,5	357	400	471	608	789	1002	1223	1371	1472
4	353	394	463	597	774	983	1201	1345	1445
4,5	348	388	456	587	760	964	1178	1320	1418
5	342	382	448	576	745	946	1156	1295	1392
5,5	337	375	440	565	731	928	1133	1271	1366
6	331	369	432	555	717	909	1111	1246	1340
6,5	326	362	424	544	702	891	1090	1222	1314
7	319	355	416	533	688	873	1068	1199	1290
7,5	313	348	407	521	674	856	1047	1176	1265
8	306	341	398	510	659	838	1027	1154	1242
8,5	300	333	389	499	645	821	1007	1132	1219
9	292	325	380	487	631	803	987	1110	1196
9,5	285	317	371	475	616	786	967	1089	1175
10	277	308	361	464	602	769	948	1069	1153
10,5	270	300	351	452	588	752	929	1049	1132
11	262	291	342	440	573	736	910	1029	1112
11,5	254	283	332	428	559	719	892	1009	1092
12	246	274	322	416	545	702	873	989	1071
12,5	238	265	312	404	530	686	854	970	1051
13	230	257	302	392	516	669	836	950	1031
13,5	222	248	292	380	502	652	817	930	1010
14	215	240	283	368	487	635	798	910	990
14,5	207	231	273	357	473	618	779	890	969
15	199	223	263	345	458	601	760	870	948
15,5	192	214	254	333	444	584	740	849	927
16	184	206	244	321	430	567	721	828	905
16,5	177	198	235	310	415	550	701	807	883
17	169	190	226	298	401	533	681	786	861
17,5	162	182	216	287	387	516	661	764	838

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

## Magnesium

### Klinische und epidemiologische Bedeutung

Magnesium hat eine wichtige Funktion bei der Aktivierung von zahlreichen Enzymen, der neuromuskulären Erregung, der Aktivierung der Natrium-Kalium-Pumpe und der Stabilität des Skeletts. Der Körperbestand liegt zu 99 % intrazellulär vor und korreliert mit der Serum-Konzentration nur unzureichend, weswegen dieser Wert zur Diagnostik der Magnesiumversorgung nur mit Einschränkungen verwendet werden kann. An Albumin sind 20 % des Magnesiums im Serum gebunden. Deshalb geht niedriges Albumin mit einer verminderten Magnesiumkonzentration im Serum einher, ohne dass ein Mangel vorliegen muss. Klinische Symptome einer Hypomagnesiämie sind ähnlichen der Hypokalzämie, oft ist die Homöostase gleichzeitig gestört [1].

### Referenzwerte

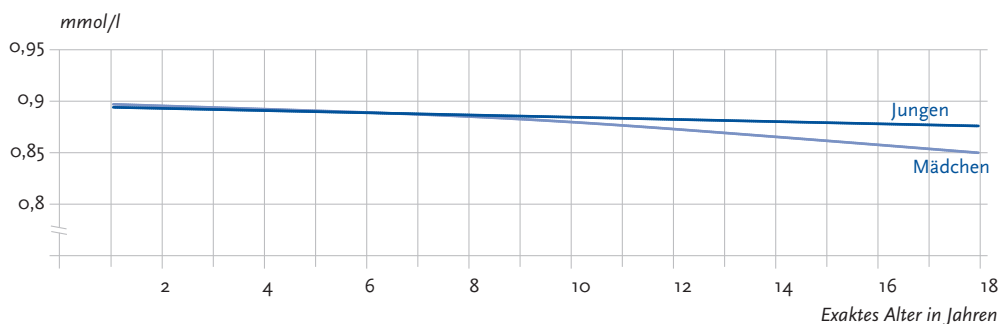
Bestehende Referenzwerte sind aufgrund unterschiedlicher Studienpopulationen und Messmethoden nicht direkt auf die erhobenen Daten übertragbar. Sie zeigen im Altersverlauf von Kindern und Jugendlichen nur geringe Schwankungen und liegen leicht unterschiedlich in dem Bereich von 0,57–1,12 mmol/l [2, 3, 4]. Das kardiovaskuläre Risiko sinkt bei einem Magnesiumwert von  $> 0,80$  mmol/l, weshalb die Empfehlung besteht, den unteren Grenzwert auf 0,80 mmol/l anzuheben [5].

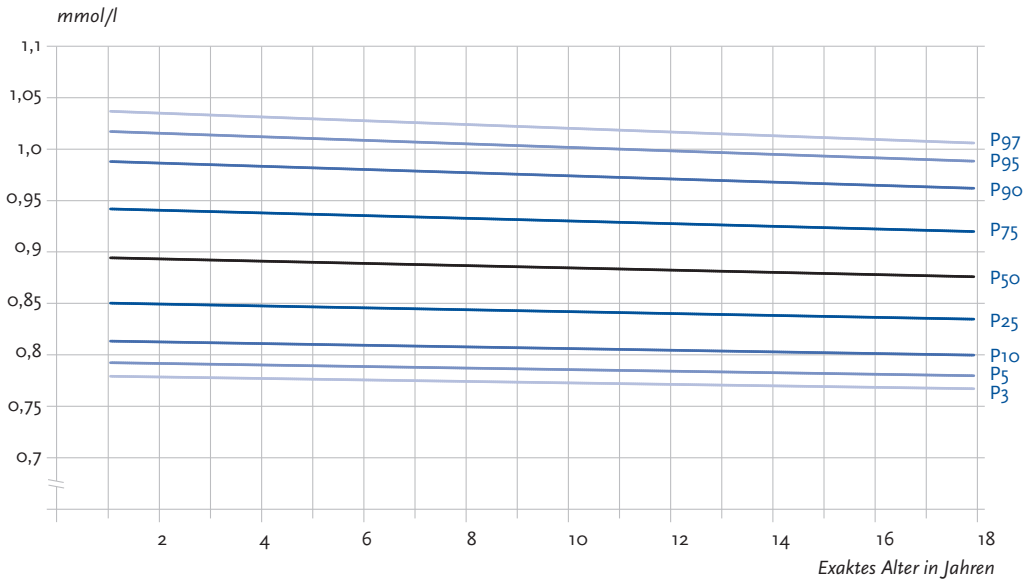
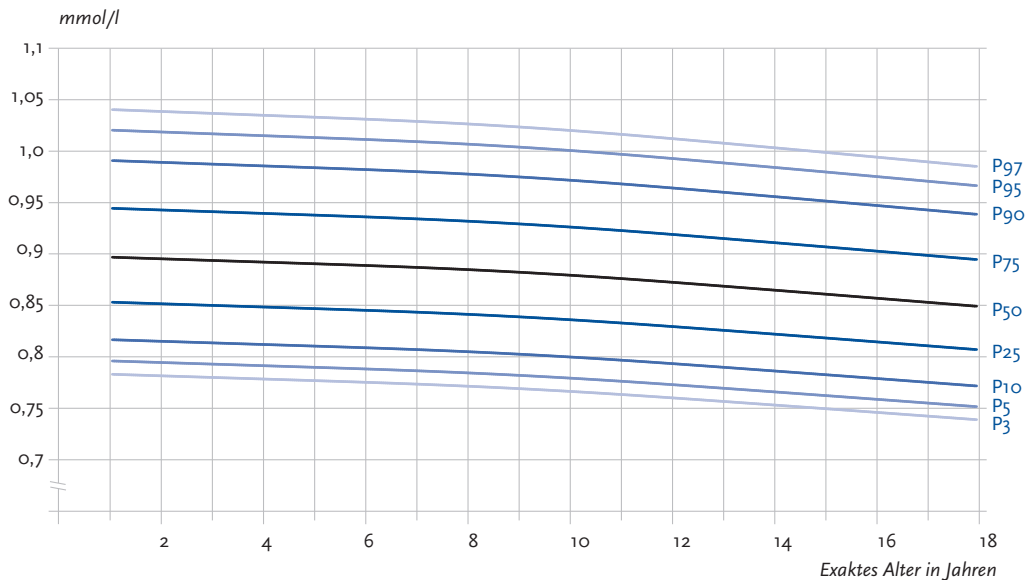
### Interpretation

Die erhobenen Perzentilkurven liegen im Bereich der verfügbaren Referenzwerte und bleiben während der Pubertät weitgehend konstant. Bei Mädchen ist im Vergleich zu Jungen ein leichtes Absinken der Magnesium-Serumkonzentrationen zu beobachten, so dass das 25. Perzentil am Ende des 17. Lebensjahres geringfügig über 0,8 mmol/l liegt, während bei den Jungen nur etwa 10 % unter diesem Wert liegen.

Geglättete Perzentilkurven für Magnesium (mmol/l)

Median



**Geglättete Perzentilkurven für Magnesium (mmol/l)  
Jungen (N=7.279)****Geglättete Perzentilkurven für Magnesium (mmol/l)  
Mädchen (N=6.932)**

Geglättete Perzentile für Magnesium (mmol/l)  
Jungen (N=7.279)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	0,78	0,79	0,81	0,85	0,89	0,94	0,99	1,02	1,04
2	0,78	0,79	0,81	0,85	0,89	0,94	0,99	1,02	1,03
2,5	0,78	0,79	0,81	0,85	0,89	0,94	0,99	1,01	1,03
3	0,78	0,79	0,81	0,85	0,89	0,94	0,98	1,01	1,03
3,5	0,78	0,79	0,81	0,85	0,89	0,94	0,98	1,01	1,03
4	0,78	0,79	0,81	0,85	0,89	0,94	0,98	1,01	1,03
4,5	0,78	0,79	0,81	0,85	0,89	0,94	0,98	1,01	1,03
5	0,78	0,79	0,81	0,85	0,89	0,94	0,98	1,01	1,03
5,5	0,78	0,79	0,81	0,85	0,89	0,94	0,98	1,01	1,03
6	0,77	0,79	0,81	0,85	0,89	0,93	0,98	1,01	1,03
6,5	0,77	0,79	0,81	0,84	0,89	0,93	0,98	1,01	1,03
7	0,77	0,79	0,81	0,84	0,89	0,93	0,98	1,01	1,03
7,5	0,77	0,79	0,81	0,84	0,89	0,93	0,98	1,01	1,02
8	0,77	0,79	0,81	0,84	0,89	0,93	0,98	1,00	1,02
8,5	0,77	0,79	0,81	0,84	0,89	0,93	0,98	1,00	1,02
9	0,77	0,79	0,81	0,84	0,89	0,93	0,98	1,00	1,02
9,5	0,77	0,79	0,81	0,84	0,88	0,93	0,97	1,00	1,02
10	0,77	0,78	0,81	0,84	0,88	0,93	0,97	1,00	1,02
10,5	0,77	0,78	0,81	0,84	0,88	0,93	0,97	1,00	1,02
11	0,77	0,78	0,80	0,84	0,88	0,93	0,97	1,00	1,02
11,5	0,77	0,78	0,80	0,84	0,88	0,93	0,97	1,00	1,02
12	0,77	0,78	0,80	0,84	0,88	0,93	0,97	1,00	1,02
12,5	0,77	0,78	0,80	0,84	0,88	0,93	0,97	1,00	1,02
13	0,77	0,78	0,80	0,84	0,88	0,93	0,97	1,00	1,01
13,5	0,77	0,78	0,80	0,84	0,88	0,93	0,97	1,00	1,01
14	0,77	0,78	0,80	0,84	0,88	0,92	0,97	0,99	1,01
14,5	0,77	0,78	0,80	0,84	0,88	0,92	0,97	0,99	1,01
15	0,77	0,78	0,80	0,84	0,88	0,92	0,97	0,99	1,01
15,5	0,77	0,78	0,80	0,84	0,88	0,92	0,97	0,99	1,01
16	0,77	0,78	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96	0,99	1,01
16,5	0,77	0,78	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96	0,99	1,01
17	0,77	0,78	0,80	0,83	0,88	0,92	0,96	0,99	1,01
17,5	0,77	0,78	0,80	0,83	0,88	0,92	0,96	0,99	1,01

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)

Geglättete Perzentile für Magnesium (mmol/l)  
Mädchen (N = 6.932)

Alter*	P3	P5	P10	P25	P50 (Median)	P75	P90	P95	P97
1,5	0,78	0,79	0,82	0,85	0,90	0,94	0,99	1,02	1,04
2	0,78	0,79	0,81	0,85	0,90	0,94	0,99	1,02	1,04
2,5	0,78	0,79	0,81	0,85	0,89	0,94	0,99	1,02	1,04
3	0,78	0,79	0,81	0,85	0,89	0,94	0,99	1,02	1,04
3,5	0,78	0,79	0,81	0,85	0,89	0,94	0,99	1,02	1,04
4	0,78	0,79	0,81	0,85	0,89	0,94	0,99	1,02	1,04
4,5	0,78	0,79	0,81	0,85	0,89	0,94	0,98	1,01	1,03
5	0,78	0,79	0,81	0,85	0,89	0,94	0,98	1,01	1,03
5,5	0,78	0,79	0,81	0,85	0,89	0,94	0,98	1,01	1,03
6	0,77	0,79	0,81	0,84	0,89	0,94	0,98	1,01	1,03
6,5	0,77	0,79	0,81	0,84	0,89	0,94	0,98	1,01	1,03
7	0,77	0,79	0,81	0,84	0,89	0,93	0,98	1,01	1,03
7,5	0,77	0,78	0,81	0,84	0,89	0,93	0,98	1,01	1,03
8	0,77	0,78	0,80	0,84	0,88	0,93	0,98	1,01	1,03
8,5	0,77	0,78	0,80	0,84	0,88	0,93	0,98	1,01	1,03
9	0,77	0,78	0,80	0,84	0,88	0,93	0,98	1,00	1,02
9,5	0,77	0,78	0,80	0,84	0,88	0,93	0,97	1,00	1,02
10	0,77	0,78	0,80	0,84	0,88	0,93	0,97	1,00	1,02
10,5	0,76	0,78	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00	1,02
11	0,76	0,78	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00	1,02
11,5	0,76	0,77	0,79	0,83	0,87	0,92	0,97	1,00	1,01
12	0,76	0,77	0,79	0,83	0,87	0,92	0,96	0,99	1,01
12,5	0,76	0,77	0,79	0,83	0,87	0,92	0,96	0,99	1,01
13	0,76	0,77	0,79	0,83	0,87	0,92	0,96	0,99	1,01
13,5	0,75	0,77	0,79	0,82	0,87	0,91	0,96	0,99	1,01
14	0,75	0,77	0,79	0,82	0,86	0,91	0,96	0,98	1,00
14,5	0,75	0,76	0,78	0,82	0,86	0,91	0,95	0,98	1,00
15	0,75	0,76	0,78	0,82	0,86	0,91	0,95	0,98	1,00
15,5	0,75	0,76	0,78	0,82	0,86	0,90	0,95	0,98	1,00
16	0,75	0,76	0,78	0,81	0,86	0,90	0,95	0,98	0,99
16,5	0,74	0,76	0,78	0,81	0,85	0,90	0,95	0,97	0,99
17	0,74	0,75	0,77	0,81	0,85	0,90	0,94	0,97	0,99
17,5	0,74	0,75	0,77	0,81	0,85	0,90	0,94	0,97	0,99

\* exaktes Alter in Jahren (der Wert für z. B. 2 Jahre gilt approximativ für Kinder von 1,75 bis unter 2,25 Jahren)



## Literatur

### Beschreibung der Studienpopulation

- [1] Kahl H, Schaffrath Rosario A, Schlaud M (2007) Sexuelle Reifung von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS). Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 50: 677–685
- [2] Thierfelder W, Dortschy R, Hintzpeter B et al. (2007) Biochemische Messparameter im Kinder- und Jugendgesundheits survey (KiGGS). Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 50: 757–770

### Laboranalysen

- [1] Hölling H, Kamtsiuris P, Lange M et al. (2007). Der Kinder- und Jugendgesundheits survey (KiGGS): Studienmanagement und Durchführung der Feldarbeit. Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz 50: 557–566
- [2] Thierfelder W, Dortschy R, Hintzpeter B et al. (2007) Biochemische Messparameter im Kinder- und Jugendgesundheits survey (KiGGS). Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 50: 757–770
- [3] Kurth BM, Kamtsiuris P, Hölling H et al. (2008) The challenge of comprehensively mapping children's health in a nation-wide health survey: Design of the German KiGGS-Study. BMC Public Health 5: 198

### Statistische Methodik

- [1] Cole TJ, Green P (1992) Smoothing reference centile curves: The LMS method and penalized likelihood. Stat Med 11: 1305–1319
- [2] Pan H, Cole TJ (2004) A comparison of goodness of fit tests for age-related reference ranges. Stat Med 23: 1749–1765
- [3] Sachs L (1999) Angewandte Statistik. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York
- [4] Royston P, Wright EM (2000) Goodness-of-fit statistics for age-specific reference intervals. Stat Med 19: 2943–2962
- [5] van Buuren S, Fredriks M (2001) Worm plot: a simple diagnostic device for modelling growth reference curves. Stat Med 20: 1259–1277
- [6] Merrell M (1931) The relationship of individual growth to average growth. Hum Biol 3: 37–70
- [7] Cole TJ, Cortina-Borja M, Sandhu J et al. (2008) Nonlinear growth generates age changes in the moments of the frequency distribution: the example of height in puberty. Stat Med 9: 159–171

### Ergebnisse

- [1] Thierfelder W, Bergmann KE, Hellenbrand W et al. (2002) Laboruntersuchungen im Kinder- und Jugendgesundheits survey. Gesundheitswesen 64 Sonderheft 1: S23–S29
- [2] Hintzpeter B, Scheidt-Nave C, Müller MJ et al. (2008) Higher prevalence of vitamin D deficiency is associated with immigrant background among children and adolescents in Germany. J Nutr 138: 1482–1490
- [3] Thierfelder W, Dortschy R, Hintzpeter B et al. (2007) Biochemische Messparameter im Kinder- und Jugendgesundheits survey (KiGGS). Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 50: 757–770

### Rotes Blutbild

- [1] Thomas L (2008) Labor und Diagnose. Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik, 7. Auflage. TH-Books Verlagsgesellschaft mbH, Frankfurt/M., S 675–697
- [2] National Center for Health Statistics (1982) Second National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES II) Public-Use Data Files. Hyattsville, MD: NCHS
- [3] National Center for Health Statistics (1999) Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III) Public-Use Data Files. Hyattsville, MD: NCHS
- [4] Taylor MRH, Holland CV, Spencer R et al. (1997) Haematological reference ranges for schoolchildren. Clin Lab Haem 19: 1–15
- [5] Nicholson JF, Besce MA (1996) Laboratory medicine and reference tables. In: Behrmann RE, Klingmann EM, Arvin AM (Ed.) Nelson textbook of pediatrics 15th edn. Saunders Philadelphia: 2051
- [6] Soldin SJ, Brugnara B, Wong EC (2005) Pediatric reference ranges. AACC Press Washington, DC
- [7] Dallman PR, Siimes M (1979) Percentile curves for hemoglobin and red cell volume in infancy and childhood. J Pediatr 94: 26–31
- [8] Hero M, Wickman S, Hanhijärvi R et al. (2005) Pubertal upregulation of erythropoiesis in boys is determined primarily by androgen. J Pediatr 146: 245–252
- [9] Thierfelder W, Dortschy R, Hintzpeter B et al. (2007) Biochemische Messparameter im Kinder- und Jugendgesundheits survey (KiGGS). Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz 50: 757–770

[10] Centers for Disease Control and Prevention (1998) Recommendations to prevent and control iron deficiency in the United States. Morbidity and Mortality Weekly Report 47 No.RR-3 Centers for Disease Control and Prevention Atlanta, Georgia

### Eisenstoffwechsel

- [1] Thomas L (2008) Labor und Diagnose. Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik, 7. Auflage. TH-Books Verlagsgesellschaft mbH, Frankfurt/M., S 397–411
- [2] National Center for Health Statistics (1982) Second National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES II) Public-Use Data Files. Hyattsville, MD
- [3] National Center for Health Statistics (1999) Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III) Public-Use Data Files. Hyattsville, MD
- [4] Soldin SJ, Brugnara B, Wong EC (2005) Pediatric reference ranges. AACC Press, Washington, DC
- [5] Heil W, Ehrhardt V (2007) Referenzbereiche. Klinische Chemie, Immunologische Tests, Serum/Plasma. In: Heil W, Ehrhardt V (Hrsg) Referenzbereiche für Kinder und Erwachsene. Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, S 24, 26, 30, 68
- [6] World Health Organization (2001) Iron deficiency anaemia: assessment, prevention and control. A guide for programme managers. WHO, Geneva
- [7] Centers for Disease Control and Prevention (1998) Recommendations to prevent and control iron deficiency in the United States. MMWR Morb Mortal Wkly Rep 47: 1–29
- [8] Wiedemann G, Jonetz-Mentzel L (1993) Establishment of reference ranges for ferritin in neonates, infants, children and adolescents. Eur J Clin Chem Clin Biochem 31(7): 453–457
- [9] Witt I, Trendelenburg C (1982) Gemeinsame Studie zur Erstellung von Richtwerten für klinisch-chemische Kenngrößen im Kindesalter. J Clin Chem Clin Biochem 20: 235–242

### Glykiertes Hämoglobin

- [1] Niederau CM, Reinauer H, Thomas L (2008) Glykohämoglobin. In: Thomas L (Hrsg) Labor und Diagnose, 7. Auflage. TH-Books Verlagsgesellschaft mbH, Frankfurt/Main, S 206–214
- [2] Fago-Campagna A, Saaddine JB, Flegal KM et al. (2001) Diabetes, impaired fasting glucose, and elevated HbA<sub>1c</sub> in US adolescents: the Third National Health and Nutrition Examination Survey. Diabetes Care 24: 834–837

[3] Saaddine JB, Fagot-Capagna A, Rolka D et al. (2002) Distribution of HbA<sub>1c</sub> levels for children and young adults in the US. Diabetes Care 25: 1326–1330

### Schilddrüsenparameter

- [4] Thierfelder W, Dortschy R, Hintzpeter B et al. (2007) Biochemische Messparameter im Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS). Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 50: 757–770
- [5] Soldin SJ, Brugnara C, Wong EC (2005) Uric Acid. In: Soldin SJ, Brugnara C, Wong EC (Hrsg) Pediatric reference ranges, 5. Auflage. AACC Press, Washington, DC, P 108

### Thyroidea-stimulierendes Hormon (TSH)

- [1] Thomas L (2008) Labor und Diagnose. Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik, 7. Auflage. TH-Books Verlagsgesellschaft mbH, Frankfurt/M., S 1376–1405
- [2] Gärtner R (Hrsg) Schilddrüsenerkrankungen. Grundlagen-Diagnostik-Therapie. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart 2004
- [3] Referenzbereiche für Kinder und Erwachsene. Elecsys Schilddrüsen-Tests. Edition Roche Diagnostics, 2004

### Freies Triiodthyronin (fT<sub>3</sub>)

- [1] Thomas L (2008) Labor und Diagnose. Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik, 7. Auflage., TH-Books Verlagsgesellschaft mbH, Frankfurt/M., S 1376–1405

### Freies Tetraiodthyronin (fT<sub>4</sub>, freies Thyroxin)

- [1] Thomas L (2008) Labor und Diagnose. Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik, 7. Auflage. TH-Books Verlagsgesellschaft mbH, Frankfurt/M., S 1376–1405

### Cholesterin

- [1] Riesen WF (2008) Fettstoffwechsel. In: Thomas L (Hrsg) Labor und Diagnose, 7. Auflage. TH-Books Verlagsgesellschaft mbH, Frankfurt/M., S 225–248
- [2] Daniels SR, Greer FR, the Committee on Nutrition (2008) Lipid screening and cardiovascular health in childhood. Pediatrics 122: 198–208
- [3] Magnussen CG, Raitakari OT, Thomson R et al. (2008) Utility of currently recommended pediatric dyslipidemia classifications in predicting dyslipidemia in adulthood: evidence from the Childhood Determinants of Adult Health (CDAH) study, the Cardiovascular Risk in Young Finns Study, and the Bogalusa Heart Study. Circulation 117: 32–42

- [4] Joliffe CJ, Janssen I (2006) Distribution of lipoproteins by age and gender in adolescents. *Circulation* 114: 1056–1062
- [5] Ford ES, Li C, Zhao G et al. (2009) Concentrations of low-density lipoprotein cholesterol and total cholesterol among children and adolescents in the United States. *Circulation* 119: 1108–1115
- [6] Thierfelder W, Dortschy R, Hintzpeter B et al. (2007) Biochemische Messparameter im Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS). *Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz* 50:757–770
- [7] Döring A, Fröhlich M, Löwel H, et al. (2004) Third generation oral contraceptive use and cardiovascular risk factors. *Atherosclerosis* 172: 281–286

### Harnsäure

- [1] Thomas L (2008) Harnsäure. In: Thomas L (Hrsg) *Labor und Diagnose. Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik*, 7. Auflage. TH-Books Verlagsgesellschaft mbH, Frankfurt/M., S 280–289
- [2] Feig DI, Kang DH, Johnson RJ (2008) Uric acid and cardiovascular risk. *New Engl J Med* 359: 1811–1821
- [3] Ford ES, Li C, Cook S et al. (2007) Serum concentrations of uric acid and the metabolic syndrome among US children and adolescents. *Circulation* 115: 2526–2532
- [4] Muntner P, Srinivasan S, Menke A et al. (2008) Impact of childhood metabolic syndrome components on the risk of elevated uric acid in adulthood: the Bogalusa Heart Study. *Am J Med Sci* 335: 332–337
- [5] Soldin SJ, Brugnara C, Wong EC (2005) Uric Acid. In: Soldin SJ, Brugnara C, Wong EC (Hrsg) *Pediatric reference ranges*, 5. Auflage. AACC Press, Washington, DC, S 197–199
- [6] Ghoshal AK, Soldin SJ (2003) Evaluation of the Dade Behring Dimension RxL: integrated chemistry system-pediatric reference ranges. *Clin Chim Acta* 331: 135–146

### Homocystein

- [1] Hermann W (2008) Hyperhomocysteinämie, Homocystein. In: Thomas L (Hrsg) *Labor und Diagnose*, 7. Auflage. TH-Books Verlagsgesellschaft mbH, Frankfurt/Main, S 586–600
- [2] Pfeiffer CM, Osterloh JD, Kennedy-Stephenson J et al. (2008) Trends in circulating concentrations of total homocysteine among US adolescents and adults: findings from the 1991–1994 and 1999–2004 National Health and Nutrition Examination Surveys. *Clin Chem* 54: 801–813
- [3] Pfeiffer CM, Caudill SP, Gunter EW et al. (2000)

Analysis of factors influencing the comparison of homocysteine values between the Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) and NHANES 1999+. *J Nutr* 130: 2850–2854

- [4] Soldin SJ, Brugnara C, Wong EC (2005) Homocysteine (Total). In: Soldin SJ, Brugnara C, Wong EC (Hrsg) *Pediatric reference ranges*, 5. Auflage. AACC Press, Washington, DC, S. 111
- [5] Vilaseca MA, Moyano D, Ferrer I et al. (1997) Total homocysteine in pediatric patients. *Clin Chem*; 43: 690–692
- [6] Minniti G, Cerone R, Piana A et al. (2000) Plasma and serum total homocysteine concentrations in paediatric patients, evaluated by high-performance liquid chromatography with fluorescence. *Clin Chem Lab Med* 38: 675–676

### Gamma-Glutamyl-Transferase (GGT)

- [1] Thomas L (2008) Labor und Diagnose. Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik, 7. Auflage. TH-Books Verlagsgesellschaft mbH, Frankfurt/M. S 96–107
- [2] Emdin M, Passino C, Michelassi C et al. (2008) Additive prognostic value of gamma-glutamyltransferase in coronary artery disease. *Int J Cardiol (im Druck)*, doi:10.1016/j.ijcard.2008.04.030
- [3] Strasak AM, Kelleher CC, Klenk J et al. (2008) Longitudinal change in serum gamma-glutamyltransferase and cardiovascular disease mortality: a prospective population-based study in 76,113 Austrian adults. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 28: 1857–1865
- [4] Botton J, Heude B, Andre P et al. (2007) Relationship between gamma-glutamyltransferase and fat mass in a general population of 8–17 years old children. The FLVS II study. *Diabetes Metab* 33: 354–359
- [5] Ghoshal AK, Soldin SJ (2003) Evaluation of the Dade Behring Dimension RxL: integrated chemistry system-pediatric reference ranges. *Clin Chim Acta* 331: 135–146

### Alkalische Phosphatase

- [1] Thomas L (2008). Alkalische Phosphatase (AP). In: Thomas L (Hrsg) *Labor und Diagnose*, 7. Auflage. TH-Books Verlagsgesellschaft mbH, Frankfurt/M., S 38–51
- [2] Thierfelder W, Dortschy R, Hintzpeter B et al. (2007). Biochemische Messparameter im Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS). *Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz* 50: 757–770

- [3] Soldin SJ, Brugnara C, Wong EC (2005) Alkaline Phosphatase (ALP). In: Soldin SJ, Brugnara C, Wong EC (Hrsg) Pediatric reference ranges, 5. Auflage. AACCC Press, Washington, DC, S. 10–11

### Kalzium

- [1] deKieviet W, Slaats EH, Abeling NG (1986) Pediatric reference values for calcium, magnesium and inorganic phosphorus in serum obtained from Bhattacharya plots for data from unselected patients. *J Clin Chem Clin Biochem* 24: 233–242
- [2] Schnabl K, Chan MK, Gong Y et al. (2008) Closing the Gaps in Paediatric Reference Intervals: The CALIPER Initiative, *Clin Biochem Rev* 29: 89–96
- [3] Thomas L (2008) Labor und Diagnose. Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik, 7. Auflage. TH-Books Verlagsgesellschaft mbH, Frankfurt/M.
- [4] Heil W, Ehrhardt V (2007) Referenzbereiche. Klinische Chemie, Immunologische Tests, Serum/Plasma. In: Heil W, Ehrhardt V (Hrsg) Referenzbereiche für Kinder und Erwachsene. Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, S 50–51

### Phosphat

- [1] Thomas L (2008) Labor und Diagnose. Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik, 7. Auflage. TH-Books Verlagsgesellschaft mbH, Frankfurt/M.
- [2] DeKieviet W, Slaats EH, Abeling NG (1986) Pediatric reference values for calcium, magnesium and inorganic phosphorus in serum obtained from Bhattacharya plots for data from unselected patients. *J Clin Chem Clin Biochem* 24: 233–42
- [3] Savic L, Savic D (2008) Serum calcium and phosphorus concentration and alkaline phosphatase activity in healthy children during growth and development. *Med Pregl* 61: 393–9
- [4] Jagarinec N, Flegar-Mestric Z, Surina B et al. (1998) Pediatric Reference Intervals for 34 Biochemical Analytes in Urban School Children and Adolescents. *Clin Chem Lab Med* 36: 327–337

### 25-Hydroxyvitamin D

- [1] DeLuca HF (2004) Overview of general physiological features and functions of vitamin D. *Am J Clin Nutr* 80(suppl): 1689–1696
- [2] Hart GR, Furniss JL, Laurie D et al. (2006) Measurement of vitamin D status: background, clinical use, and methodologies. *Clin Lab* 52: 335–343
- [3] Schmidt-Gayk H (2008) 25-Hydroxyvitamin D [25(OH)D, Calcidiol]. In: Thomas L (Hrsg) Labor und Diagnose, 7. Auflage. TH-Books Verlagsgesellschaft mbH, Frankfurt/M., S 363–368

- [4] Holick MF (2009) Vitamin D status: measurement, interpretation, and clinical application. *Ann Epidemiol* 19: 73–78
- [5] Kimball S, Fuleihan Gel-H, Vieth R (2008) Vitamin D: a growing perspective. *Crit Rev Clin Lab Sci* 45: 339–414
- [6] Thierfelder W, Roth HJ, Laussmann D et al. (2008) Vitamin D und Parathormon: Ein Weg zur Bestimmung methodenabhängiger unterer Grenzwerte für Vitamin D. *LaboratoriumsMedizin* 32: 456–463
- [7] Hintzpeter B, Scheidt-Nave C, Müller MJ et al. (2008) Higher prevalence of vitamin D deficiency is associated with immigrant background among children and adolescents in Germany. *J Nutr* 138: 1482–1490
- [8] van Hoof HJ, de Sévaux RG, van Baelen H et al. (2001) Relationship between free and total 1,25-dihydroxyvitamin D in conditions of modified binding. *Eur J Endocrinol* 144: 391–396
- [9] Thierfelder W, Dortschy R, Hintzpeter B et al. (2007). Biochemische Messparameter im Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS). *Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheitschutz* 50: 757–770

### Kalium

- [1] Thomas L (2008) Labor und Diagnose. Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik, 7. Auflage. TH-Books Verlagsgesellschaft mbH, Frankfurt/M.
- [2] Heil W, Ehrhardt V (2007) Referenzbereiche. Klinische Chemie, Immunologische Tests, Serum/Plasma. In: Heil W, Ehrhardt V (Hrsg) Referenzbereiche für Kinder und Erwachsene. Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, S 50–51

### Gesamtprotein

- [1] Thomas L (2008) Labor und Diagnose. Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik, 7. Auflage. TH-Books Verlagsgesellschaft mbH, Frankfurt/M.
- [2] Heil W, Ehrhardt V (2007) Referenzbereiche. Klinische Chemie, Immunologische Tests, Serum/Plasma. In: Heil W, Ehrhardt V (Hrsg) Referenzbereiche für Kinder und Erwachsene. Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, S 28–29

### Folsäure im Erythrozyten

- [1] Bäsler KH, Golly I, Loew D et al. (2002) Vitamin-Lexikon. Urban & Fischer, München
- [2] Thomas L (2008) Labor und Diagnose. Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik, 7. Auflage. TH-Books Verlagsgesellschaft mbH, Frankfurt/M. S 608–615

### Vitamin B<sub>12</sub>

- [1] Hicks JM, Cook J, Godwin ID et al. (1993) Vitamin B<sub>12</sub> and folate. Pediatric reference ranges. Arch Pathol Lab Med 117: 704–706

### Magnesium

- [1] Thomas L (2008) Labor und Diagnose. Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik, 7. Auflage. TH-Books Verlagsgesellschaft mbH, Frankfurt/M.
- [2] Spätling L, Classen HG, Külpmann WR et al. (2000) Diagnosing magnesium deficiency. Current recommendations of the Society for Magnesium Research, Fortschr Med Orig 118 Suppl 2: 49–53

- [3] DeKieviet W, Slaats EH, Abeling NG (1986) Pediatric reference values for calcium, magnesium and inorganic phosphorus in serum obtained from Bhattacharya plots for data from unselected patients. J Clin Chem Clin Biochem 24: 233–42
- [4] Heil W, Ehrhardt V (2007) Referenzbereiche. Klinische Chemie, Immunologische Tests, Serum/Plasma. In: Heil W, Ehrhardt V (Hrsg) Referenzbereiche für Kinder und Erwachsene. Roche Diagnostics GmbH, Mannheim
- [5] Soldin SJ, Brugnara B, Wong EC (2005) Pediatric reference ranges. AACC Press Washington, DC

The National Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS), conducted by the Robert Koch Institute from 2003 to 2006, was the first study to collect nationally representative measurement and survey data on health-related topics concerning children and adolescents aged 0–17 in Germany. This publication presents smoothed percentile distributions of key laboratory parameters (measured from the age of one) observed in KiGGS. KiGGS closed some important information gaps. Prior to this study, population-based distribution figures from large, unselected sample studies of children and adolescents had not been available for many parameters.

Numerous laboratory parameters change significantly in the course of normal development during childhood and adolescence. The KiGGS data are based on a sample size of more than 14,000 blood and serum samples, which is large enough to map the age- and gender-specific changes of the individual parameters. Closely regulated parameters, such as potassium and magnesium, only show minor changes in the serum as children grow older. Other parameters, however, such as alkaline phosphatase, gamma-GT and cholesterol, reveal a marked, at times non-linear dependence on age. Some parameters are approximately normally distributed, while others reveal a markedly asymmetric distribution. In the case of asymmetrically distributed parameters, age-dependent variation is often more pronounced in the upper percentiles than in the median or in the lower percentiles. The reference figures provided in this GBE publication can be used in future as background information in clinical and population-based studies. It should be borne in mind in this context that the study is based on a largely unselected cross-section of the population and not on a normative sample. This explains why the observed distributions of some parameters deviate from what would be regarded as optimal.

Im Rahmen der Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland (KiGGS), die das Robert Koch-Institut von 2003 bis 2006 durchgeführt hat, wurden erstmals bundesweit repräsentative Mess- und Befragungsdaten zu gesundheitsrelevanten Themen für Kinder und Jugendliche im Alter von 0 bis 17 Jahren erhoben.

Der Beitrag legt die in KiGGS beobachteten und geglätteten Perzentil-Verteilungen für wesentliche Laborparameter (diese wurden ab einem Alter von einem Jahr gemessen) vor. Mit dem Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS) wurden wichtige Informationslücken geschlossen. Für viele Parameter waren bevölkerungsbezogene Verteilungswerte aus unselektierten, großen Stichprobenuntersuchungen von Kindern und Jugendlichen bislang nicht verfügbar.

Zahlreiche Laborparameter unterliegen im Verlauf der normalen Entwicklung im Kindes- und Jugendalter deutlichen Veränderungen. Mit den KiGGS-Daten liegt ein ausreichend großer Stichprobenumfang von mehr als 14.000 Blut- und Serumproben vor, um die alters- und geschlechtsspezifischen Verläufe der einzelnen Parameter abbilden zu können.

Während eng regulierte Parameter wie beispielsweise Kalium und Magnesium im Serum nur geringfügige Veränderungen im Altersverlauf aufweisen, ist bei anderen Parametern wie z. B. der Alkalischen Phosphatase und der Gamma-GT, aber auch beim Cholesterin, eine deutliche Altersabhängigkeit zu beobachten, die auch nicht-lineare Formen annehmen kann. Manche Parameter sind annähernd normalverteilt, während andere eine deutlich schiefe Verteilung aufweisen. Die altersabhängige Variation ist bei schief verteilten Parametern oft in den oberen Perzentilen stärker ausgeprägt als im Median oder in den unteren Perzentilen. Die in dem GBE-Beitrag gelieferten Vergleichswerte können zukünftig in klinischen und epidemiologischen Untersuchungen als Hintergrundinformation herangezogen werden. Dabei ist zu beachten, dass es sich hier um einen weitgehend unselektierten Bevölkerungsquerschnitt und nicht um eine Normstichprobe handelt. Somit erklärt sich, dass die beobachteten Verteilungen für einige Parameter durchaus vom als optimal angesehenen Bereich abweichen.

