



## **DVS-Kongress, Münster 16.09- 18.09.2009**

### **Arbeitskreis 6.8: Training im Schulsport II**

# **Motoperzentile nach der LMS-Methode – ein Lösungsansatz für die altersgerechte Beurteilung der motorischen Leistung im Düsseldorfer Modell (DüMo 2003 bis 2008)**

Referent:

**PD Dr. Theodor Stemper**  
(Bergische Universität Wuppertal)

Ko-Referenten:

**Knut Diehlmann, Clemens Bachmann** (Sportamt Landeshauptstadt Düsseldorf)  
**Boris Kemper** (athletica – Sportinternat Düsseldorf e.V.)  
**Christine Franz** (stud. rer. oec.)



## Problemstellung

### „Normierung“

Nur ein Nebengütekriterium - aber von hoher Relevanz für Leistungsbeurteilung und Einordnung in Leistungsgruppen der Bewegungs-, Sport und Talentförderung (z. B. aktuell: ++ + O - --, Deutscher Motorik-Test, 2009)

### Probleme

#### 1. Statistik

- Normalverteilung in großen Stichproben ist nicht immer gegeben (vgl. Büsch et al., 2009)
- Dennoch i. d. R. Normwert-Erstellung über Z-Werte (vgl. Bös et al., 2001, 2009)
- Prozenträge daraus „künstlich“ und lückenhaft (61 Z-Werte → 100 PR)
- Adäquater: T-Werte oder Transformation nach LMS-Methode (Cole & Green, 1992)



## Problemstellung

### 2. Leistungsbewertung

- Problem: Gerechtigkeit der alters-/entwicklungsadäquaten Beurteilung  
Ganzjährige Referenzwerte bei Kindern aufgrund der Entwicklung zu grob  
Beispiel: Normwert für 6 Jahre gilt für Kind mit  
6 Jahre, 0 Tage bis  
6 Jahre, 364 Tage                      NB: → +/- 1/6 der Lebenszeit
- Problem: Entwicklung kennt keine „Sprünge“, Jahreseinteilung „künstlich“
- Problem: Relativer Alterseffekt bei Talentsichtung → Jahrgangältere bevorteilt

### 3. Analogie und Kompatibilität mit anderen Normierungen im Kindesalter

- Bei Kinderärzten in der Regel stetige Entwicklungskurven, oder ¼- bzw. ½-jährliche Normen statt starrer Ganzjahresnormen
- Beispiele: U-Untersuchungen bezüglich Größe und Gewicht, BMI-Perzentile nach der LMS-Methode (Kromeyer-Hauschild et al., 2001)

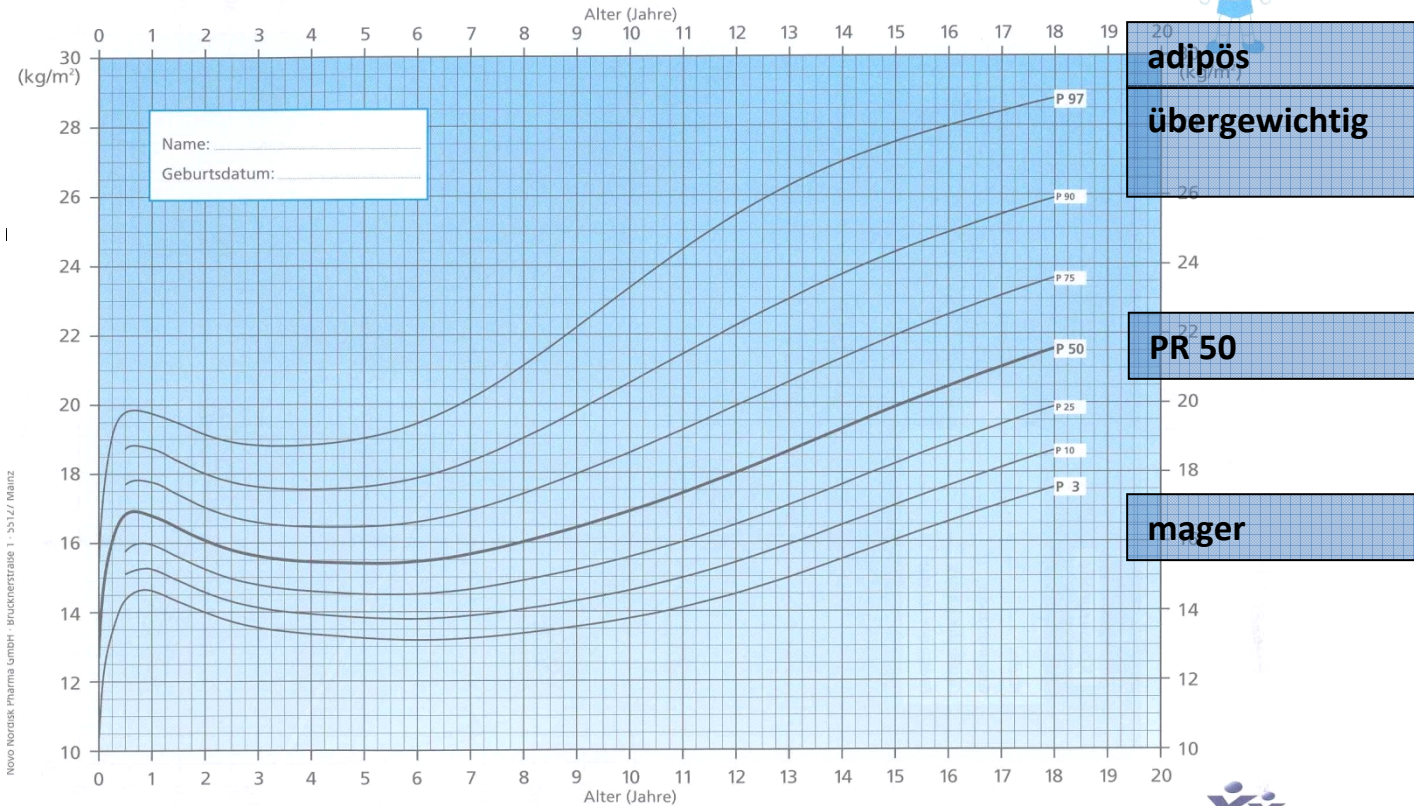
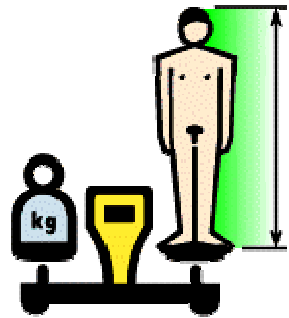


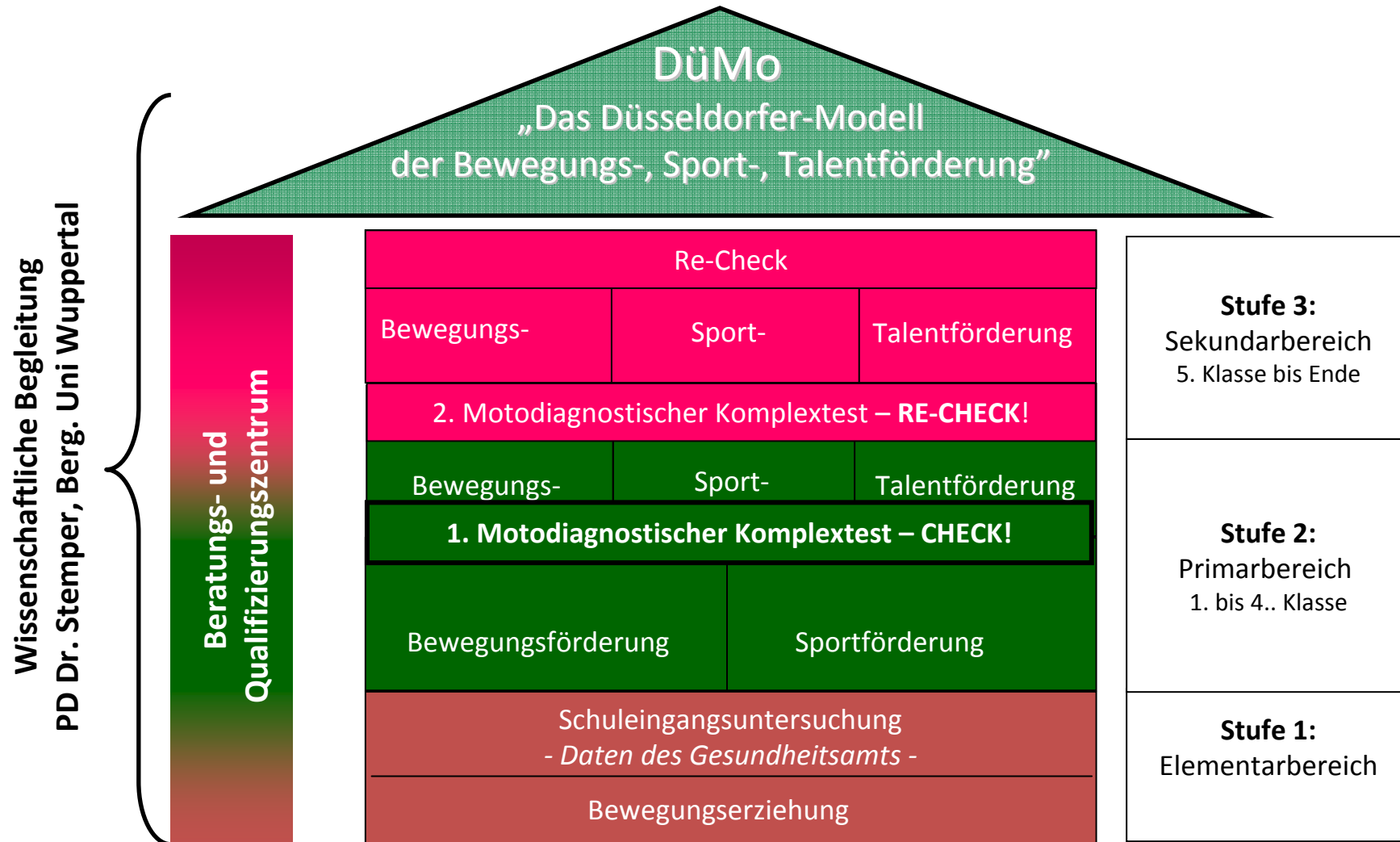
## Bewertung des Body-Mass-Index (BMI)

**CHECK!** moto  
diagnostischer  
komplextest



Perzentilkurven für den Body Mass Index (kg/m<sup>2</sup>) · Jungen 0 – 18 Jahre \*







## Charakteristik der teilnehmenden Kinder

(Check! und ReCheck!  
2003-2008)

Stadt, c/r Testjahr	n	Klasse	Alter MW	Range
Dormagen c08	618	1	7,3	5 bis 8
Düsseldorf c03	3.568	2	8,6	6 bis 10
Düsseldorf c04	3.565	2	8,6	6 bis 10
Düsseldorf c05	3.979	2	8,3	6 bis 10
Düsseldorf c06	3.865	2	8,3	6 bis 10
Düsseldorf c07	3.809	2	8,3	6 bis 10
Düsseldorf c08	3.433	2	8,3	6 bis 10
Hilden c06	568	2	8,4	6 bis 10
Hilden c07	539	2	8,4	6 bis 10
Hilden c08	482	2	8,4	6 bis 10
Ratingen c08	745	2	8,3	6 bis 10
Hilden r08	475	4	10,1	8 bis 12
Düsseldorf r05	1.765	5	10,9	9 bis 13
Düsseldorf r06	2.588	5	10,9	9 bis 13
Düsseldorf r07	2.746	5	10,9	9 bis 13
Düsseldorf r08	2.943	5	10,9	9 bis 13
<b>Gesamt</b>	<b>35.688</b>			

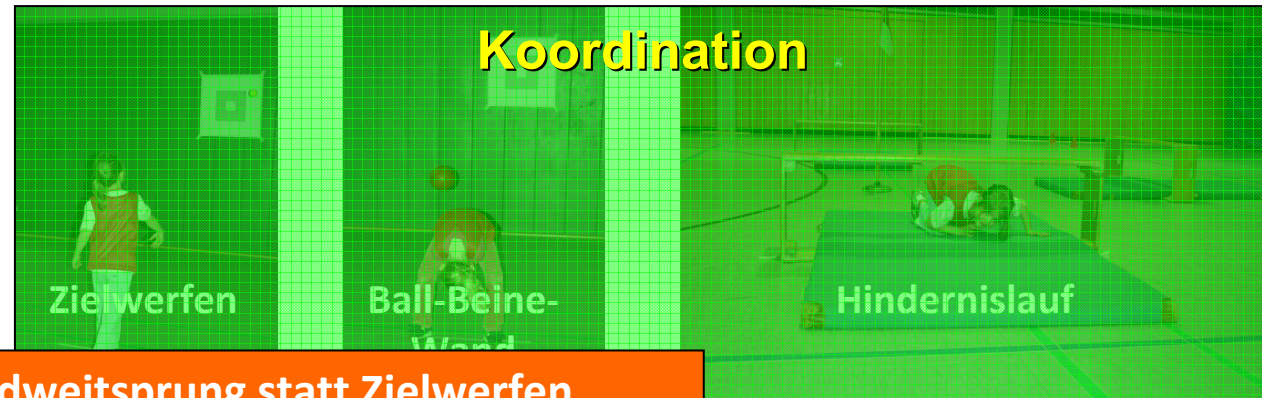


1. Motodiagnostischer Kompletttest - CHECK!		
Bewegung-	Sport-	Talentförderung
Schulübergreifende Umsetzung		
über alle Schulstufen		
Bewegungsorientierung		



## Motodiagnostischer Kompletttest

**CHECK!** moto  
diagnostischer  
kompletttest



Seit 2008: Standweitsprung statt Zielwerfen



+ Kinderfragebogen

Anthropometrie

+ Lehrerfragebogen



## Standardauswertung - nach Normen von Bös et al. (2001)

Beispiel: 20 m Sprint

Alter 7,0-7,11

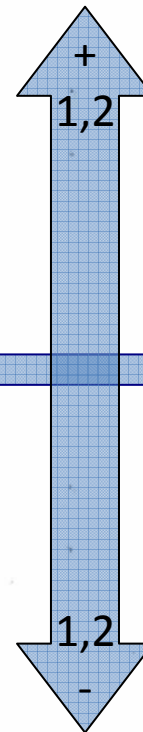
Alter 8,0-8,11

Z	PR
86	8
88	12
90	16
92	21

Z	PR
122	99
124	99
126	100
128	100

Normen		Rohwerte Jungen						Rohwerte Mädchen					
Z	PR	20m	Ziel	BBW	HL	Medb	6Min	20m	Ziel	BBW	HL	Medb	6Min
70	0	5,7	0	0	35,7	1,1	528	5,9	0	0	37,0	0,7	491
72	0	5,6	0	0	34,8	1,2	553	5,8	0	0	36,2	0,9	515
74	0	5,5	0	0	34,0	1,3	577	5,7	0	0	35,4	1,0	539
76	1	5,5	1	0	33,2	1,5	601	5,6	0	0	34,5	1,1	563
78	1	5,4	2	0	32,3	1,6	625	5,6	0	0	33,7	1,3	588
80	2	5,3	3	0	31,5	1,7	650	5,5	0	0	32,9	1,4	612
82	3	5,2	3	0	30,7	1,8	674	5,4	1	0	32,0	1,5	636
84	5	5,1	4	1	29,8	2,0	698	5,3	1	0	31,2	1,7	660
86	8	5,1	5	3	29,0	2,1	722	5,2	2	0	30,3	1,8	685
88	12	5,0	6	4	28,1	2,2	747	5,2	3	0	29,5	1,9	709
90	16	4,9	6	6	27,3	2,4	771	5,1	4	1	28,7	2,0	733
92	21	4,8	7	8	26,5	2,0	795	5,0	4	2	27,8	2,2	757
94	27	4,7	8	9	25,6	2,6	819	4,9	5	4	27,0	2,3	782
96	34	4,7	9	11	24,8	2,8	844	4,8	6	6	26,2	2,4	806
98	42	4,6	9	12	24,0	2,9	868	4,8	7	7	25,3	2,6	830
100	50	4,5	10	14	23,1	3,0	892	4,7	7	9	24,5	2,7	854
102	58	4,4	11	16	22,3	3,2	916	4,6	8	11	23,6	2,8	879
104	66	4,3	12	17	21,4	3,3	941	4,5	9	12	22,8	3,0	903
106	73	4,2	12	19	20,6	3,4	965	4,4	10	14	22,0	3,1	927
108	79	4,2	13	21	19,8	3,5	989	4,4	10	16	21,1	3,2	952
110	84	4,1	14	22	18,9	3,7	1013	4,3	11	17	20,3	3,4	976
112	88	4,0	15	24	18,1	3,8	1038	4,2	12	19	19,5	3,5	1000
114	92	3,9	15	26	17,3	3,9	1062	4,1	13	21	18,6	3,6	1024
116	95	3,8	16	27	16,4	4,1	1086	4,0	13	22	17,8	3,8	1049
118	96	3,8	17	29	15,6	4,2	1110	4,0	14	24	16,9	3,9	1073
120	98	3,7	18	31	14,7	4,3	1135	3,9	15	26	16,1	4,0	1097
122	99	3,6	18	32	13,9	4,5	1159	3,8	16	27	15,3	4,1	1121
124	99	3,5	19	34	13,1	4,6	1183	3,7	16	29	14,4	4,3	1146
126	100	3,4	20	36	12,2	4,7	1207	3,6	17	30	13,6	4,4	1170
128	100	3,4	21	37	11,4	4,9	1232	3,6	18	32	12,7	4,5	1194
130	100	3,3	21	39	10,6	5,0	1256	3,5	19	34	11,9	4,7	1218

Normen		Rohwerte Jungen						Rohwerte Mädchen					
Z	PR	20m	Ziel	BBW	HL	Medb	6Min	20m	Ziel	BBW	HL	Medb	6Min
70	0	5,6	1	0	33,9	1,6	607	5,7	0	0	35,5	1,0	546
72	0	5,5	2	0	33,1	1,8	631	5,6	0	0	34,7	1,1	570
74	0	5,4	3	0	32,2	1,9	655	5,6	0	0	33,8	1,2	594
76	1	5,3	3	1	31,4	2,0	679	5,5	0	0	33,0	1,4	618
78	1	5,2	4	2	30,6	2,1	704	5,4	1	0	32,1	1,5	643
80	2	5,2	5	4	29,7	2,3	728	5,3	1	0	31,3	1,6	667
82	3	5,1	6	6	28,9	2,4	752	5,2	2	0	30,5	1,7	691
84	5	5,0	6	7	28,0	2,5	776	5,2	3	2	29,6	1,9	715
86	8	4,9	7	9	27,2	2,7	801	5,1	4	4	28,8	2,0	740
88	12	4,8	8	10	26,4	2,8	825	5,0	4	5	28,0	2,1	764
90	16	4,8	9	12	25,5	2,9	849	4,9	5	7	27,1	2,3	788
92	21	4,7	9	14	24,7	3,1	873	4,8	6	9	26,3	2,4	812
94	27	4,6	10	15	23,9	3,2	898	4,7	7	10	25,4	2,5	837
96	34	4,5	11	17	23,0	3,3	922	4,7	7	12	24,6	2,2	861
98	42	4,4	12	19	22,2	3,5	946	4,6	8	14	23,8	2,8	885
100	50	4,4	13	20	21,3	3,5	970	4,5	9	15	22,9	2,9	909
102	58	4,3	13	22	20,5	3,7	995	4,4	10	17	22,1	3,1	934
104	66	4,2	14	24	19,7	3,8	1019	4,3	10	18	21,3	3,2	958
106	73	4,1	15	25	18,8	4,0	1043	4,3	11	20	20,4	3,3	982
108	79	4,0	16	27	18,0	4,1	1067	4,2	12	22	19,6	3,5	1006
110	84	4,0	16	29	17,2	4,2	1092	4,1	13	23	18,7	3,6	1031
112	88	3,9	17	30	16,3	4,4	1116	4,0	14	25	17,9	3,7	1055
114	92	3,8	18	32	15,5	4,5	1140	3,9	14	27	17,1	3,8	1079
116	95	3,7	19	34	14,6	4,6	1164	3,9	15	28	16,2	4,0	1103
118	96	3,6	19	35	13,8	4,8	1189	3,8	16	30	15,4	4,1	1128
120	98	3,6	20	37	13,0	4,9	1213	3,7	17	32	14,6	4,2	1152
122	99	3,5	21	39	12,1	5,0	1237	3,6	17	33	13,7	4,4	1176
124	99	3,4	22	40	11,3	5,2	1261	3,5	18	35	12,9	4,5	1200
126	100	3,3	22	42	10,4	5,3	1286	3,5	19	37	12,0	4,6	1225
128	100	3,2	23	44	9,5	5,4	1310	3,4	20	38	11,2	4,8	1249
130	100	3,2	24	46	8,6	5,5	1334	3,3	20	40	10,4	4,9	1273



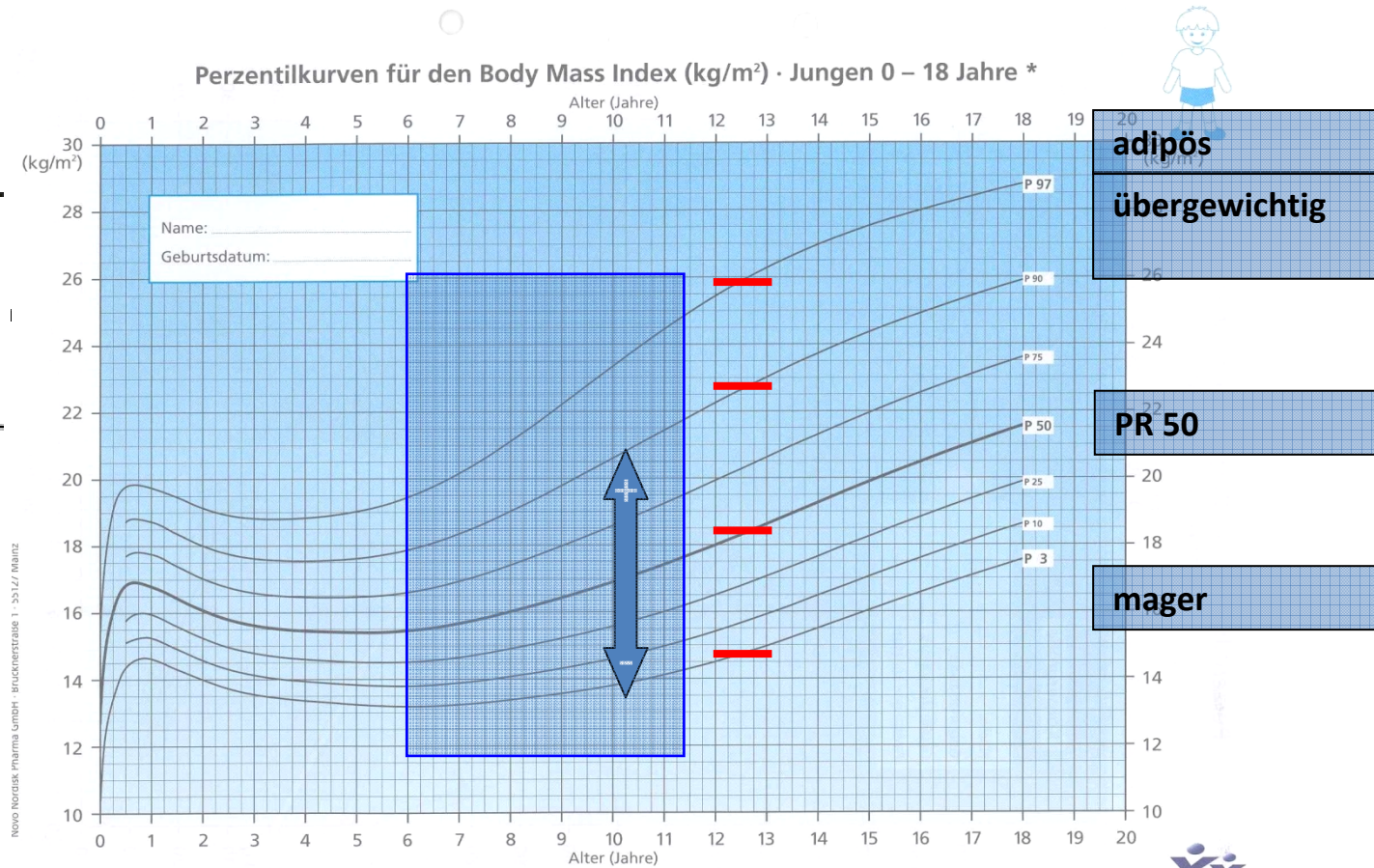
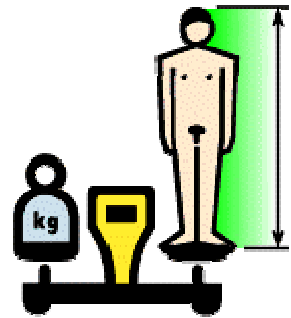
5,6  
8,8





## Bewertung des Body-Mass-Index (BMI)

**CHECK!** moto  
diagnostischer  
komplextest





---

## LMS-Methode

Vorschlag von Cole, T.J. and Green, P.J. (1992).

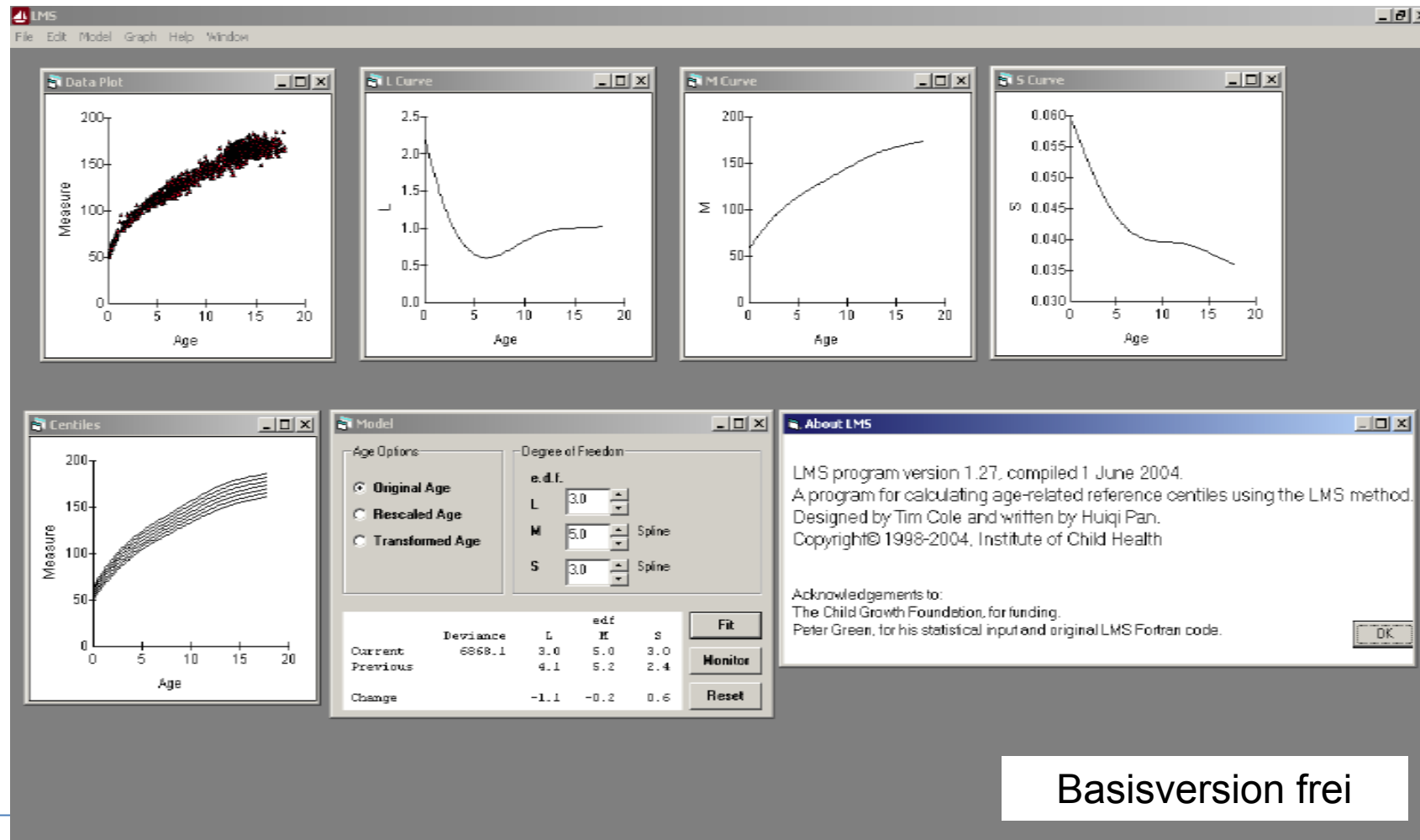
(Smoothing reference centile curves: the LMS method and penalized likelihood.  
*Statistics in Medicine* 11, 1305-1319.)

### Erweiterung des Normalmodells:

- Es wird unterstellt, dass für die untersuchte Zufallsgröße  $y = y(t)$  bei fixem  $t$  die Größe  $y^\lambda$  normalverteilt ist (Box-Cox-Potenz  $\lambda$ ; damit schiefe Verteilungen modellierbar).
  - Für die Parameter der resultierenden Verteilung wird angenommen, dass sie stetig und glatt über die Zeit variieren;  
Schätzung über einen **penalisierten Likelihoodansatz**.
  - Um auf eine immer auch etwas künstliche Klasseneinteilung nach dem Alter verzichten zu können, wird für die drei Parameterwerte ein stetiger und glatter Funktionsverlauf in Abhängigkeit vom Alter unterstellt.
  - LMS-Methode überführt Verteilung der Zielgröße  $y$  bei festem Alter durch eine **Box-Cox-Transformation** ... in eine approximativ standardnormalverteilte Größe  $z$ .
-



## LMS-Methode (Cole & Green, 1992)



Basisversion frei



---

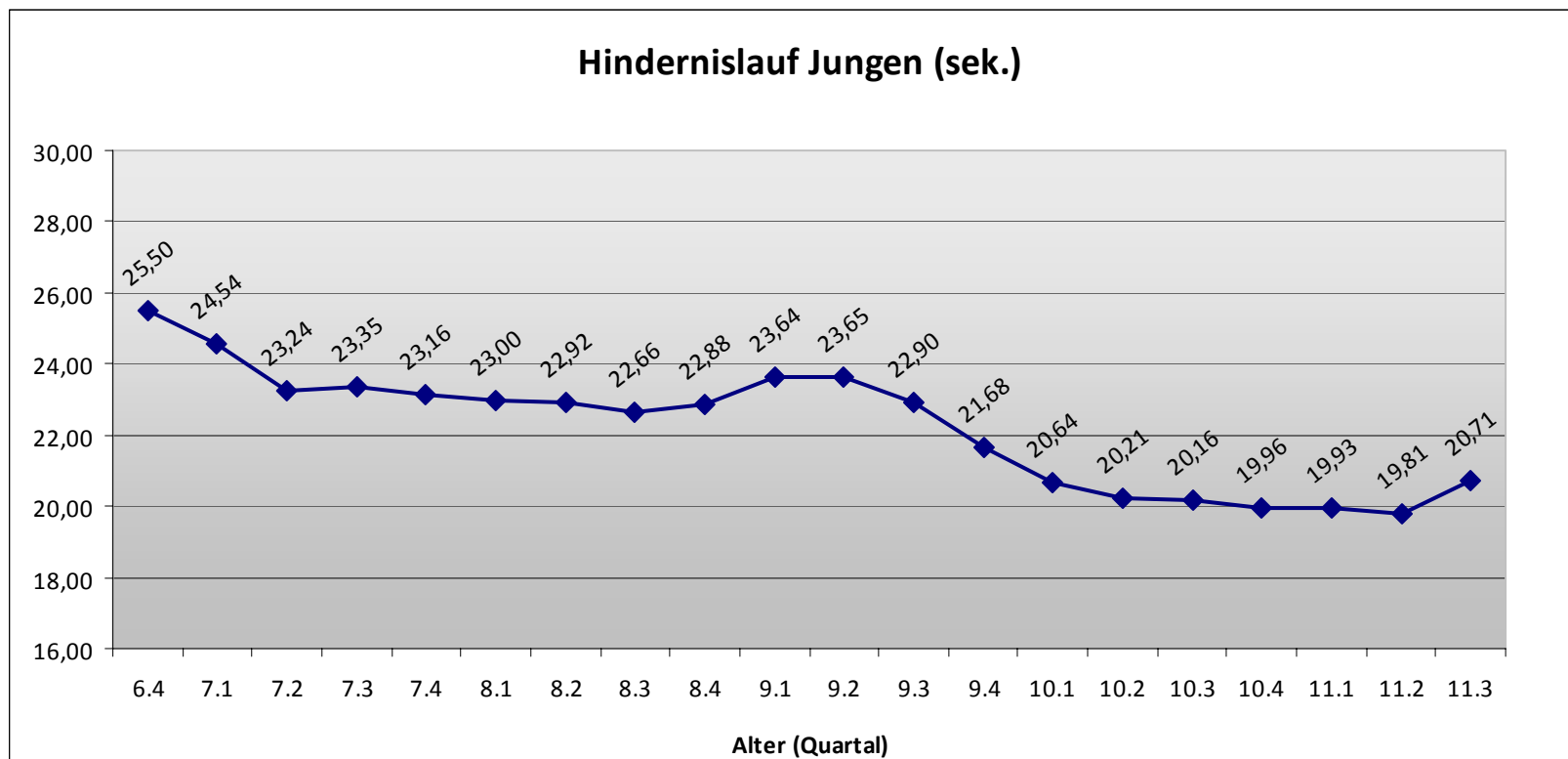
## LMS-Methode und DüMo

- Ermittlung von Perzentilen aus den DüMo-Rohdaten (N = 35.688)
  - Erstellung eines stetigen und glatten Funktionsverlaufs in Abhängigkeit vom Alter mit der LMS-Methode aus den DüMo-Rohdaten
  - Voraussetzung: Alle alters- und geschlechtsabhängigen Quartale mit mindestens N = 100 besetzt
  - Altersspannweite zum besseren Handling in Quartale unterteilt: 6.4 bis 11.3
  - Prüfung der erzeugten LMS-Kurven auf Plausibilität anhand verschiedener Modellvarianten.
  
  - Ausgewählte Ergebnisse:
-



## Mittelwerte der Jungen im Hindernislauf

**CHECK!** moto  
diagnostischer  
komplextest





Hindernislauf  
Jungen

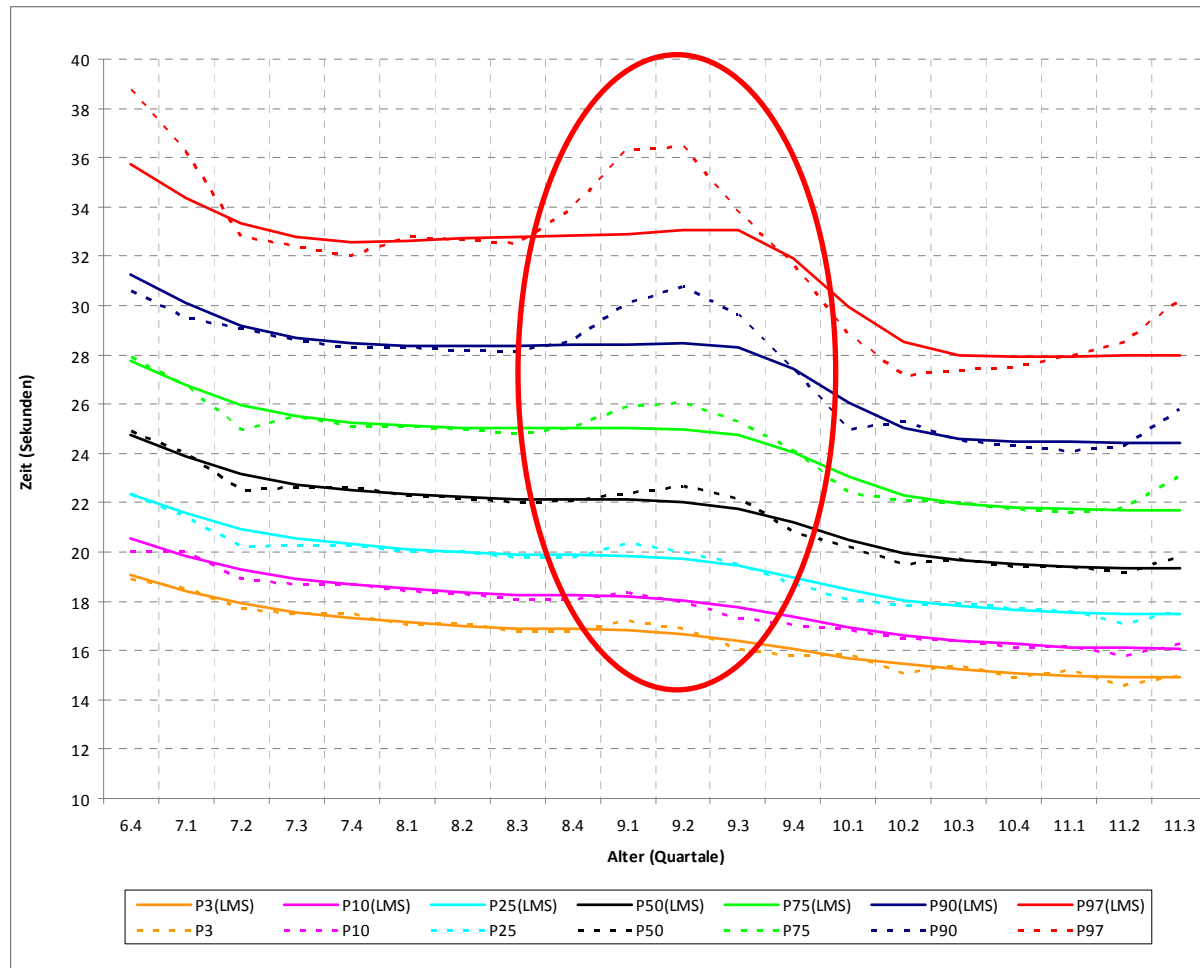
	Rohdaten					Modell 1/6/5/r				
	Mittelwert	Std.abw.	Kurtosis	Schiefe	K-S Test	Mittelwert	Std.abw.	Kurtosis	Schiefe	K-S Test
gesamt	22,34	4,32	1,23	2,77	0,000	0,00	1,00	0,00	-0,04	0,670
6.4	25,50	4,51	0,86	1,28	0,654	0,08	1,03	-0,37	0,56	0,776
7.1	24,54	4,21	1,12	1,55	0,043	0,06	0,96	0,07	-0,08	0,951
7.2	23,24	4,18	1,18	2,59	0,004	-0,12	1,05	-0,11	0,32	0,910
7.3	23,35	4,22	1,30	3,23	0,000	0,00	1,01	0,03	-0,16	0,870
7.4	23,16	4,02	1,17	2,53	0,000	0,02	0,97	-0,03	-0,07	0,763
8.1	23,00	4,24	1,36	3,57	0,000	0,00	1,00	-0,01	0,01	0,618
8.2	22,92	4,24	1,26	2,64	0,000	0,00	0,99	0,02	-0,10	0,968
8.3	22,66	4,18	1,19	2,34	0,000	-0,05	0,99	-0,03	0,00	0,808
8.4	22,88	4,51	1,38	3,17	0,000	-0,01	1,02	0,04	-0,06	0,757
9.1	23,64	4,94	1,37	2,38	0,000	0,17	1,02	0,13	-0,17	0,682
9.2	23,65	5,39	1,37	2,62	0,000	0,16	1,09	-0,02	0,04	0,759
9.3	22,90	4,81	1,08	1,77	0,034	0,09	1,06	-0,20	-0,13	0,866
9.4	21,68	4,24	1,05	1,33	0,022	-0,02	1,03	0,00	-0,32	0,991
10.1	20,64	3,53	1,56	5,59	0,018	-0,05	0,95	0,01	0,05	0,938
10.2	20,21	3,43	1,16	2,86	0,001	-0,05	1,00	-0,02	-0,11	0,882
10.3	20,16	3,31	1,07	2,10	0,000	0,02	0,97	-0,03	-0,14	0,953
10.4	19,96	3,32	1,03	1,69	0,000	-0,01	0,97	-0,04	-0,11	0,724
11.1	19,93	3,51	1,51	4,16	0,000	0,00	0,97	0,14	0,04	0,622
11.2	19,81	3,82	1,59	5,51	0,000	-0,07	1,07	0,02	-0,02	0,916
11.3	20,71	4,43	1,82	5,72	0,005	0,18	1,08	0,14	-0,05	0,975

0,000	Sig.	0,670	n.s.
-------	------	-------	------



## LMS vs. Mittelwerte der Jungen im Hindernislauf

**CHECK!** moto  
diagnostischer  
komplextest





## Anpassungsgüte bezüglich Normalverteilung: Rohdaten versus Modell 1/6/5/r

### Hindernislauf Jungen

Rohdaten	erwartet	N - Rohdaten	N - Modell 1/6/5/r
Perzentil $\leq 3$	<b>3</b>	0,1	2,8
Perzentil 3-10	<b>7</b>	4,8	7,5
Perzenti 10-25	<b>15</b>	21	14,8
Perzentil 25-50	<b>25</b>	31,5	24,9
Perzentil 50-75	<b>25</b>	22,1	24,9
Perzentil 75-90	<b>15</b>	10,7	15,1
Perzentil 90-97	<b>7</b>	4,9	6,9
Perzentil $\geq 97$	<b>3</b>	4,9	3,1

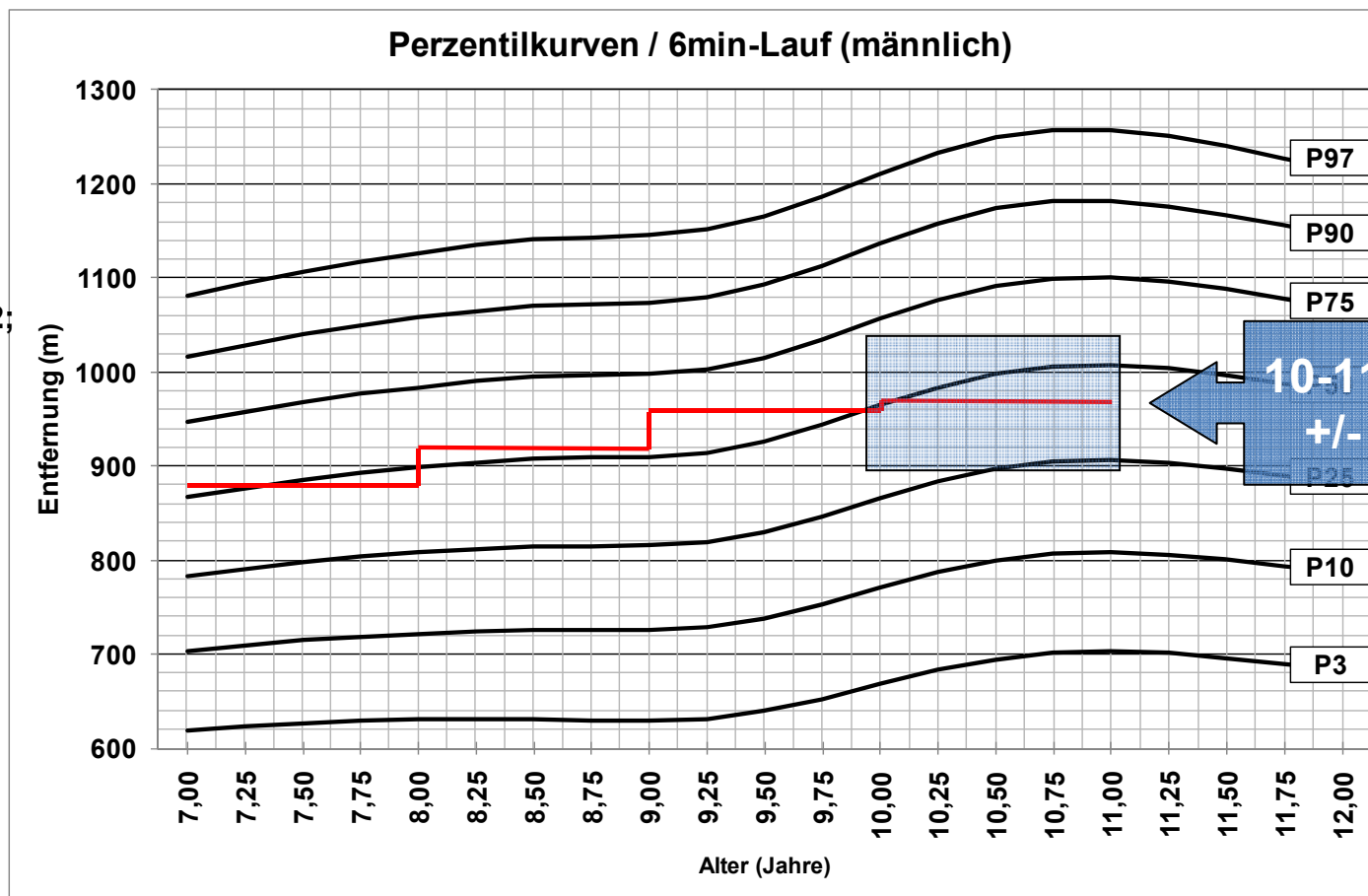




## Neuer Bewertungsvorschlag: „Moto-Perzentile“ – Beispiel 6 Min.-Lauf

—  
**Moto-Perzentile**  
nach der LMS-  
Methode  
(Cole & Green, 1992;  
Cole & Pan 2002)

—  
**Vergleichswerte**  
„Mittelwerte“  
(Z-Werte)  
(Bös et al., 2001)





---

## Fazit

### 1. Statistik

- LMS-Methode nach Cole und Green erfüllt die statistischen Voraussetzungen in adäquater Weise

### 2. Leistungsbewertung

- Gerechte alters-/entwicklungsadäquate Beurteilung durch stetige Verläufe
- Problem: Relativer Alterseffekt bei Talentsichtung behoben

### 3. Analogie und Kompatibilität mit anderen Normierungen im Kindesalter

- Vergleichbarkeit mit bekannten Verfahren, besonders der verbreiteten BMI-Perzentile nach der LMS-Methode (Kromeyer-Hauschild et al., 2001)