

Leistungsdiagnostik

Andreas Schmid
Medizinische Universitätsklinik Freiburg
Abt.. Rehab. und Präv. Sportmedizin

Leistungsdiagnostik in der Praxis

Was soll gemessen werden ??



Leistungsdiagnostik

Hauptbeanspruchungsformen

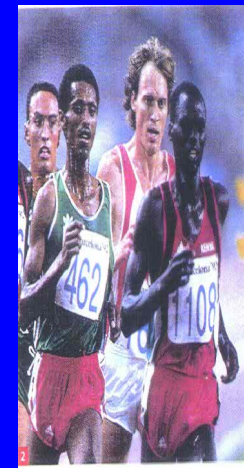
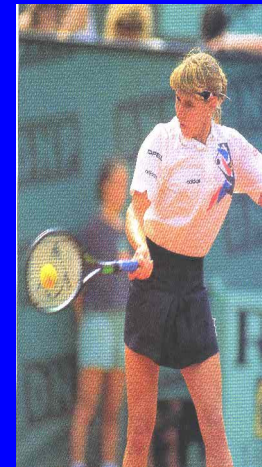
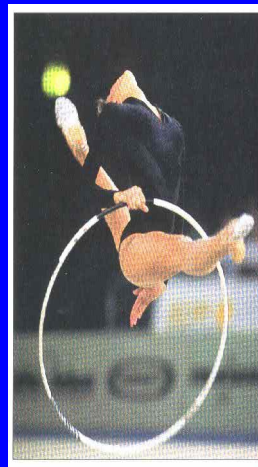
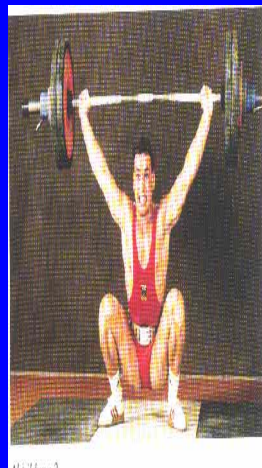
Schnelligkeit

Kraft

Flexibilität

Koordination

Ausdauer

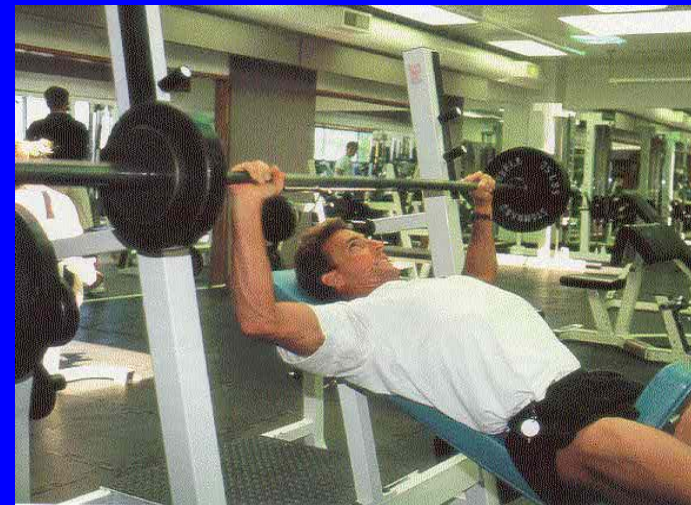


Leistungsdiagnostik - Anforderung

- **Validität (Gültigkeit):** in welchem Ausmaße wird wirklich das erfasst was entsprechend der Fragestellung erfasst werden soll.
- **Reliabilität (Zuverlässigkeit):** gibt den Grad der Genauigkeit an, mit der das entsprechende Merkmal gemessen wird (Messgenauigkeit).
- **Objektivität:** drückt den Grad der Unabhängigkeit der Testleistung von der Person, des Untersuchers, des Auswerterers und des Beurteilers aus.
- **Normiertheit:** zeigt, ob Angaben vorliegen, die zur Einordnung des individuellen Testergebnisses als Bezugsgrößen herangezogen werden können.
- **Vergleichbarkeit:** liegt dann vor, wenn Paralleltests mit ähnlicher Gültigkeitsaussage vorliegen, mit denen der ausgewählte Test in Bezug gesetzt werden kann.

Leistungsdiagnostik in der Praxis

- Klinische Fragestellungen
- Feststellung der aeroben, anaerob-laktaziden oder anaerob-alaktaziden Leistungsfähigkeit
- Festlegung der Trainingsbereiche



Leistungsdiagnostik

- sportartspezifisch (bzw. auf Fragestellung) validiert
- standardisiert

Belastungsart

Belastungsmodus

- wiederholbar
- vergleichbar

Leistungsdiagnostik in der Praxis

Erhobene Parameter

- **Leistung, Zeit, Geschwindigkeit**
- **Herzfrequenz, Blutdruck**
- **Laktat**
- **spirometrische Daten**

Leistungsdiagnostik in der Praxis

Erhobene Parameter: Leistung, Zeit, Geschwindigkeit und Herzfrequenz

- PWC - Test (170/min. ; 150/min. ; 130/min.)
- Maximaler Stufentest
- Cooper – Test
- Conconi - Test

Leistungsdiagnostik in der Praxis

Cooper-Test: Durchführung

Maximaler Test zur Ermittlung der Ausdauerleistungsfähigkeit, wird häufig in den Spielsportarten angewandt

Meist auf einer 400 m - Bahn anhand der in **12 min** zurückgelegten Strecke lassen sich Rückschlüsse auf die Ausdauerleistungsfähigkeit des Sportlers/Patienten ziehen.



Leistungsdiagnostik in der Praxis

Cooper-Test: Bewertung

Leistungsgruppe	Zurückgelegte Entfernung in km
I = sehr schlecht	weniger als 1,61 km
II = schlecht	1,61 bis 2,0 km
III = mäßig	2,0 – 2,4 km
IV = gut	2,4 - 2,8 km
V = sehr gut	Mehr als 2,8

Keine Differenzierung der Stoffwechselfvorgänge

Kategorisierung der Leistung für nicht ausdauertrainierte Männer (*Cooper f 970*)

Leistungsdiagnostik in der Praxis

Ausdauer – PWC₁₇₀-Test als submaximaler Belastungstest

Physical Work Capacity Test (=PWC₁₇₀-Test):

- Bestimmung der Leistung bei 170S/min Herzfrequenz
- Relative Werte als Vergleichskriterium zu Referenzwerten (untrainiert):

Männer: 2,5 Watt/kg

Frauen: 2,0 Watt/kg

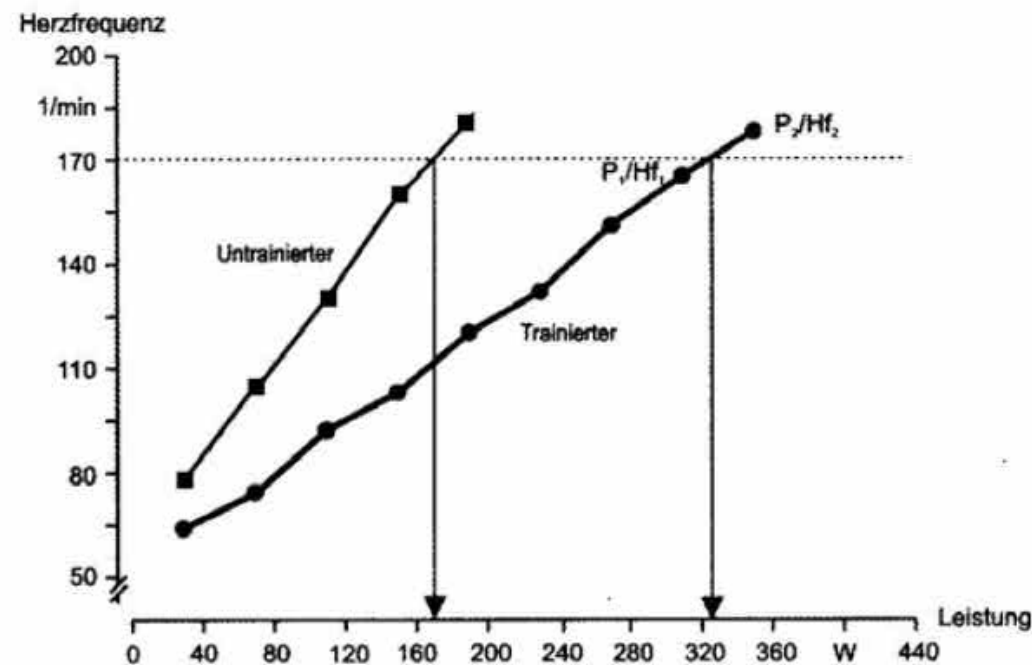


Abb. 188: Bestimmung der PWC₁₇₀ bei einem Nichtsportler und bei einer ausdauertrainierten Person

Leistungsdiagnostik in der Praxis

Differenzierung unterschiedlicher Stoffwechselfvorgänge

- anaerob-alaktazide Energiebereitstellung, z.B. Kraft-, Sprinttests
- anaerob-laktazide Energiebereitstellung
- aerobe Energiebereitstellung, z.B. Spiroergometrie als Stufentest, VO₂max-Test

Unterschiedliche Belastungsmodalität

Leistungsdiagnostik in der Praxis

Anaerob-alaktazide Energiebereitstellung

Sprinttest: Zeit



Krafttest: Kraft
EMG



Leistungsdiagnostik - Kraft

Swiss Olympic Medical Center

Leistungsdiagnostik Kraft

Das **Ziel der Kraftleistungsdiagnostik** besteht darin, den Leistungsstand eines Athleten oder Athletin in verschiedenen Kraftparametern darzustellen, um daraus den Nachweis einer Leistungsentwicklung und Trainingsempfehlungen ableiten zu können. Je nach Sportart oder Anliegen bieten wir folgende Testverfahren an:



Grundkrafttest Rumpf

- Einfacher dynamischer Test der Rumpfmuskelketten zur Ermittlung des Mindestkraftniveaus.
- Aus drei Teilübungen werden die Trainingsempfehlungen abgeleitet.
- Dieser Test ist für alle Sportarten geeignet.



Quattrojump

- Ermittlung der Explosivkraft der unteren Extremitäten und der Sprunghöhen.
- Der Test besteht aus vier verschiedenen Sprungarten und ist für alle Sportarten geeignet, die im weitesten Sinne Explosivkraft benötigen.
- Es erfolgt eine Niveaubestimmung und Trainingsempfehlungen.



Muskelleistungsdiagnostik

- Dreiteiliger Test der unteren Extremitäten (Isometrische Maximalkraft, Sprünge mit Zusatzgewicht, Seriensprünge mit leichtem Zusatzgewicht).
- Neben der detaillierten Bestimmung des Kraftniveaus stehen die umfangreichen Trainingsempfehlungen im Vordergrund.
- Besonders für Sportarten mit hohem Explosiv- und Maximalkraftanteil geeignet (Leichtathletik: Sprint und Wurf, Bob, Skisprung, Nordische Kombination, Ski alpin, Beachvolleyball etc.)



Isokinetik

- Die Beuger und Strecker des Knies bzw. die Schulterrotatoren werden isoliert in verschiedenen Geschwindigkeiten gemessen.
- Neben der Leistungsdiagnostik wird der Test vor allem in der Prävention/Rehabilitation eingesetzt.
- Die Messungen für den Schulterbereich werden besonders im Tennis und Kunstturnen angewandt. Das Messprotokoll für das Knie wird in allen Sportarten benutzt.

Leistungsdiagnostik in der Praxis

Ausdauer

- meist Stufentest (z.B. 100/20/3, 25/25/3, 50/50/3)
- Parameter
 - Leistung
 - EKG
 - Herzfrequenz
 - Blutdruck
 - Laktat
 - Spirometrie



Leistungsdiagnostik in der Praxis

Ausdauer

- meist Stufentest (z.B. 100/20/3, 25/25/3, 50/50/3)

- Parameter

Leistung

EKG

Herzfrequenz

Blutdruck

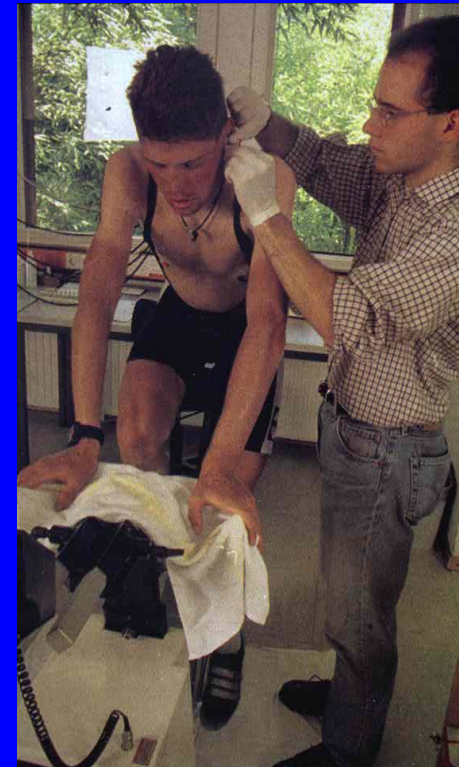
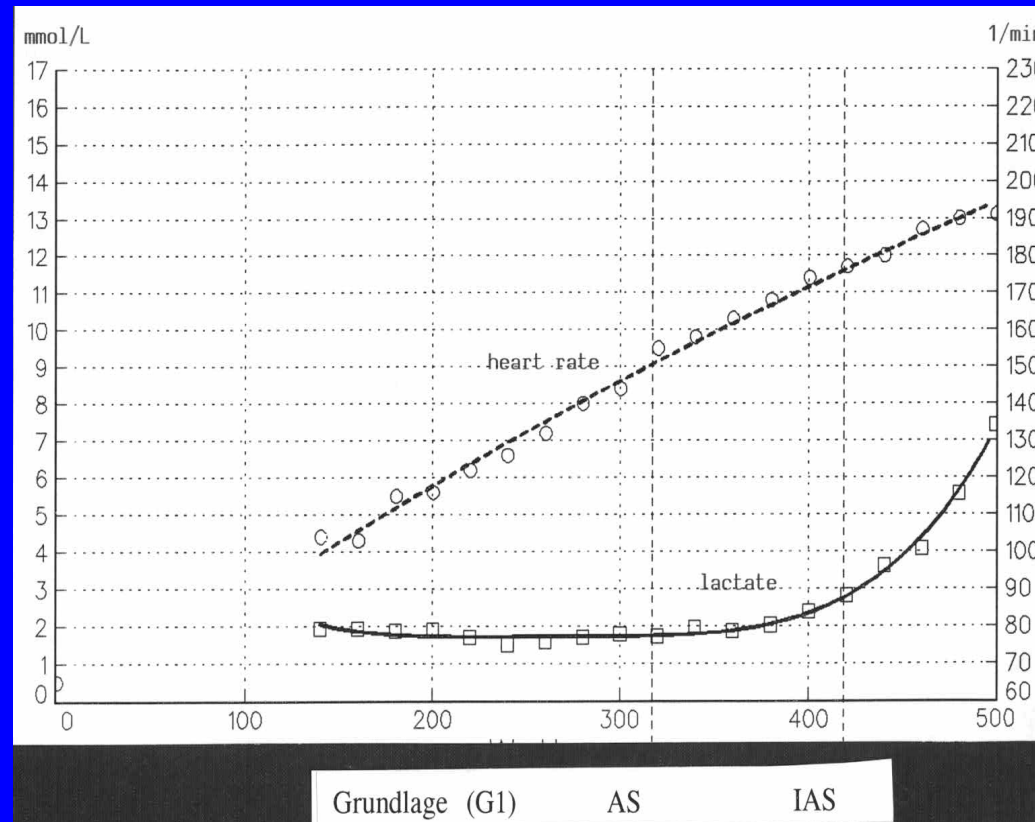
Laktat

Spirometrie



Leistungsdiagnostik in der Praxis

Herzfrequenz- und Laktatverlauf



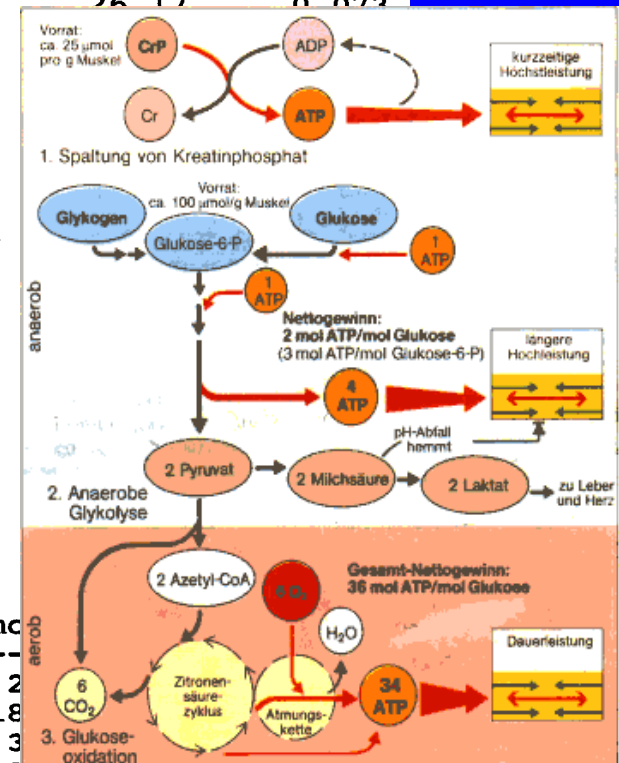
Stufentest auf dem Fahrradergometer
Ausgangsbelastung 100 W, 20 W Steigerung, 3 min

LEISTUNGSFUNKTIONSDIAGNOSTIK 1.0 - FAHRRADERGOMETER

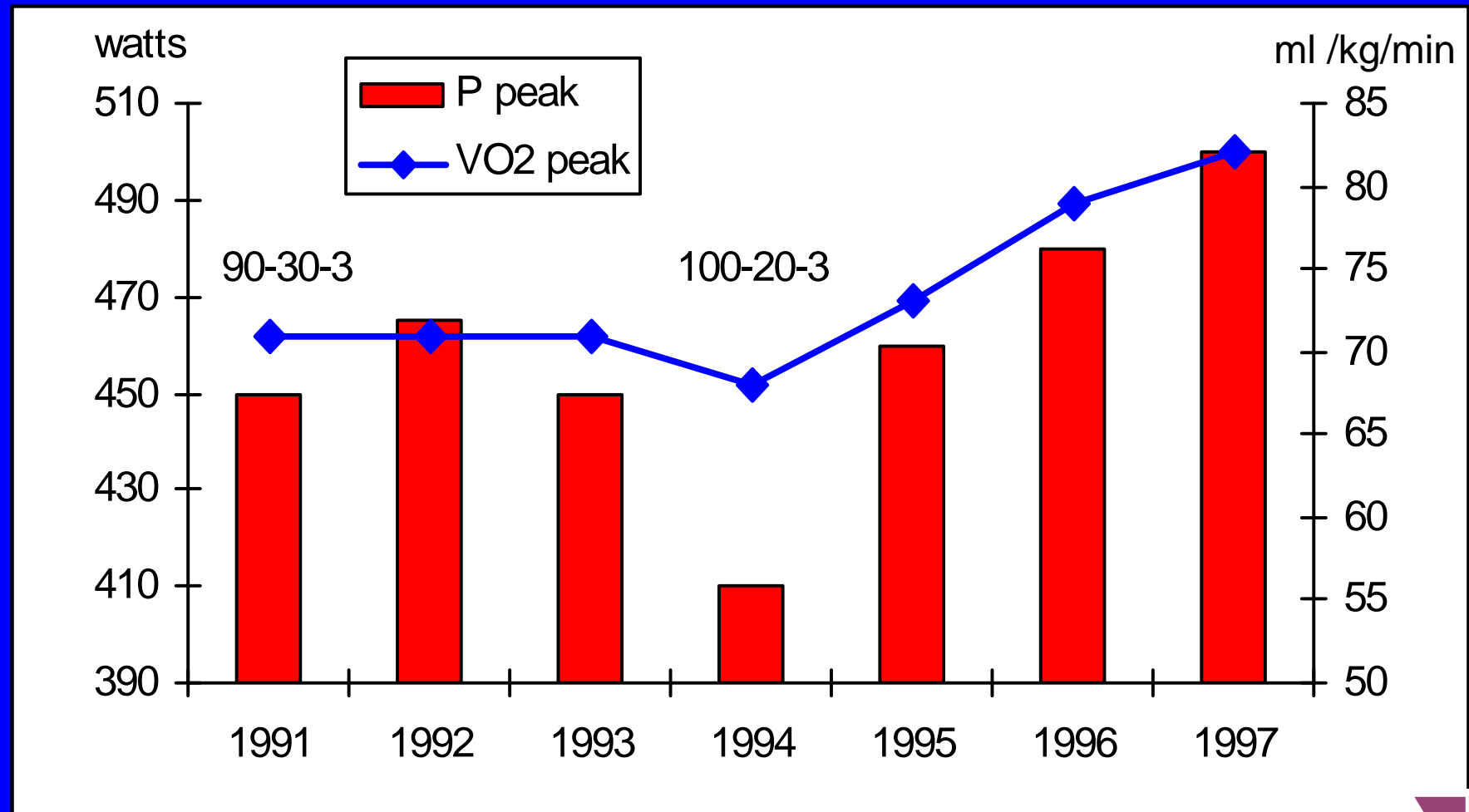
Messdaten:	Watt	W/kg	TF	HF	Laktat	VO2	M.I.
	0	0.00	-1	65	-1.00	4.38	-1.000
	100	1.37	-1	95	-1.00	19.95	-1.000
	120	1.64	-1	96	-1.00	23.06	-1.000
	140	1.92	-1	104	1.92	26.17	0.073
	160	2.19	-1	103	1.93		
	180	2.47	-1	115	1.88		
	200	2.74	-1	116	1.90		
	220	3.01	-1	122	1.69		
	240	3.29	-1	126	1.50		
	260	3.56	-1	132	1.58		
	280	3.84	-1	140	1.71		
	300	4.11	-1	144	1.78		
	320	4.38	-1	155	1.72		
	340	4.66	-1	158	1.94		
	360	4.93	-1	163	1.88		
	380	5.21	-1	168	2.03		
	400	5.48	-1	174	2.37		
	420	5.75	-1	177	2.81		
	440	6.03	-1	180	3.63		
	460	6.30	-1	187	4.07		
	480	6.58	-1	190	5.57		
	500	6.85	-1	191	7.43		

Berechnete Größen:		2mmol	3mmol	4mmol		
Leistung/kg	[watt/kg]	-----	5.85	6.2		
Herzfrequenz	[1/min]	---	178	18		
P/kg/HF*100	[watt/kg*min]	0.01	3.29	3.3		
VO2kg	[ml/kg/min]	-----	70.87	74.81	69.47	53.74
Laktat	[mmol]	2.00	3.00	4.00	2.74	1.74
% Max. Leistung		-----	85.46	90.51	83.66	63.44

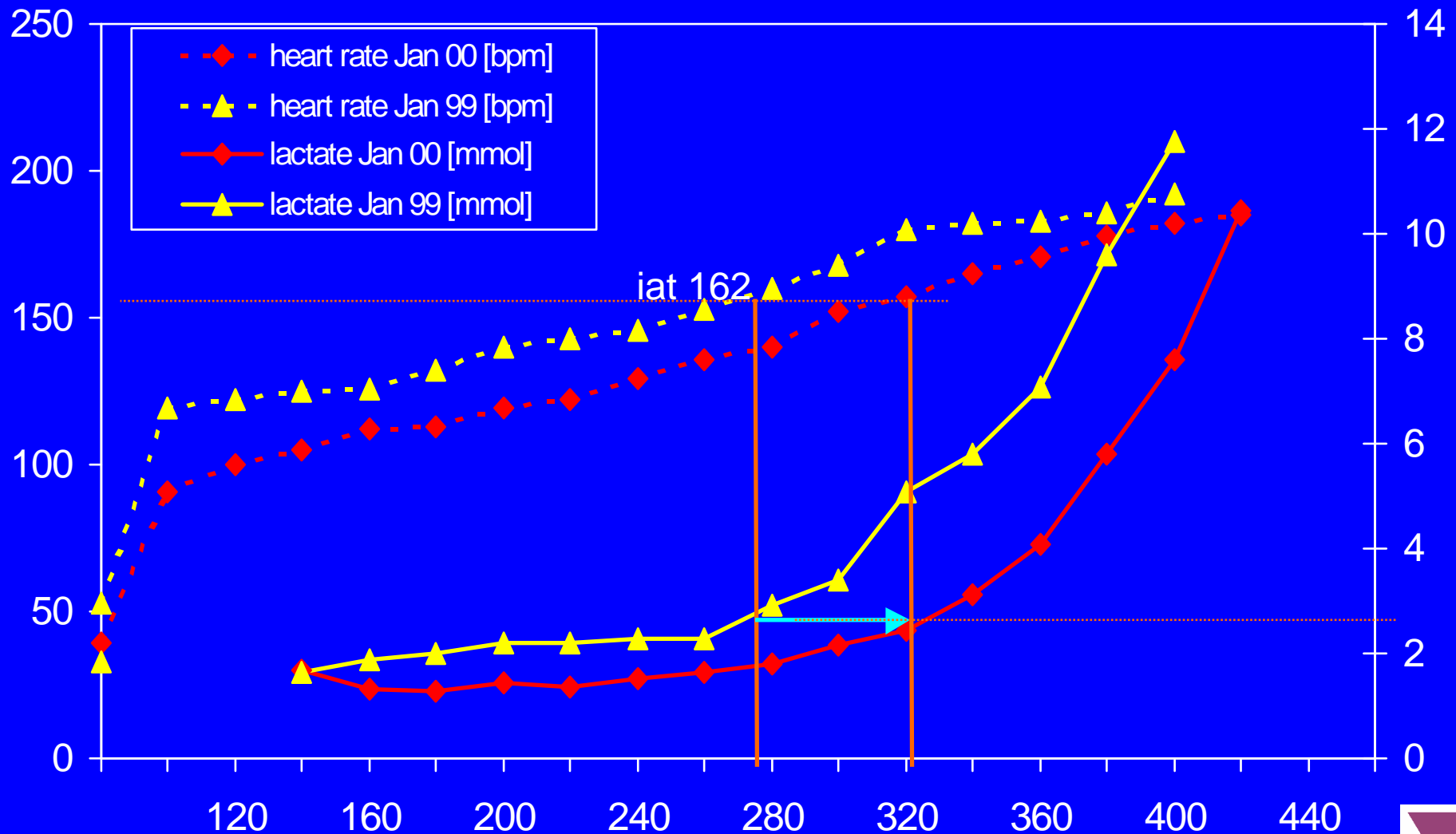
Belastungszeit pro Stufe: 3.00 min
 Belastungszeit gesamt: 63.00 min
 Laktat-Konstante: 1.00



Maximale Leistungsdaten eines professionellen Spitzradrennfahrers im Verlauf der Jahre

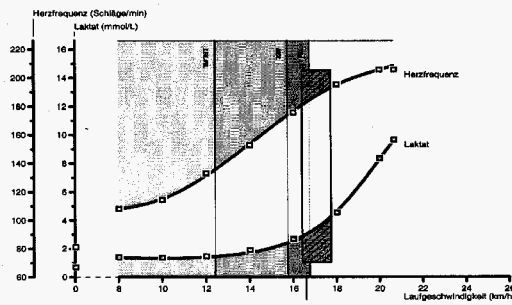


Leistungsentwicklung eines Neoprofis im Stufentest



Leistungsdiagnostik in der Praxis

KOPIE FÜR DIE AKTEN



Laktatleistungskurve

Medizinische Uniklinik Freiburg - Abteilung Sportmedizin
 Laufbandergometrie
 vom 3.3.2004
 für Hundertmark, Kai *25.04.1969
 Radfahren, Straße

Ergonizer

Laufgeschwindigkeit (km/h)	Herzfrequenz (Schläge/min)	Laktat (mmol/L)	Energiebedarf (-kcal/h)
Ruhe	80	0,85	
8,0	106	1,32	659
10,0	112	1,28	698
12,0	130	1,37	838
14,0	149	1,80	978
16,0	171	2,55	1117
18,0	190	4,34	1257
20,0	200	8,01	1397
20,7	200	9,27	1443

Laufbandergometer, Stufendauer 3 min, am	3.3.2004
Körpergewicht	73,5 kg
»Lactate Threshold« (LT)	12,43 km/h
Laktatkonzentration an der LT	1,39 mmol/L
Herzfrequenz an der LT	133 /min
LT in Prozent der IAS	75,0 %
IAS	16,59 km/h
Dies entspricht einer 1000m-Zeit von	3:37 min
Laktatkonzentration an der IAS	2,89 mmol/L
Herzfrequenz an der IAS	178 /min
IAS in Prozent der Maximalleistung	80,3 %
Leistung bei 4 mmol/L Laktat	17,68 km/h
Dies entspricht einer 1000m-Zeit von	3:23 min
Herzfrequenz bei 4mmol/L Laktat	188 /min
Die IAS entspricht einer Marathonzeit von	2:32,37
Trainingsalter	20,18 Jahre
Prognose Marathon	2:42,13
Prognose Halbmarathon	1:14,22
Prognose 10.000m	0:33,22
Prognose 5.000m	0:15,51
Prognose 1.500m	0:04,16

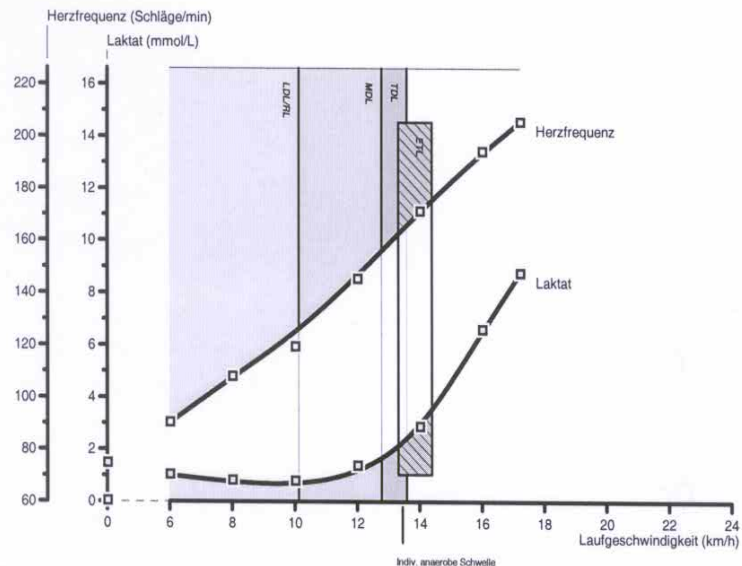
Individuelle Belastungsempfehlungen:		Laufgeschwindigkeit pro 1000m	(m/s)	Herzfrequenz (Schläge/min)
Extensive Tempoläufe:	ETL	3:22 min - 3:39 min	4,56 - 4,93	177 - 188
Tempodauerlauf:	TDL	3:34 min - 3:48 min	4,38 - 4,65	170 - 180
Mittlerer Dauerlauf:	MDL	3:48 min - 4:49 min	3,45 - 4,38	133 - 170
Regenerativer und langer Dauerlauf:	LDL	unter 4:49 min	unter 3,45	unter 133

- Festlegung der Trainingsbereiche
- Wettkampfprognosen

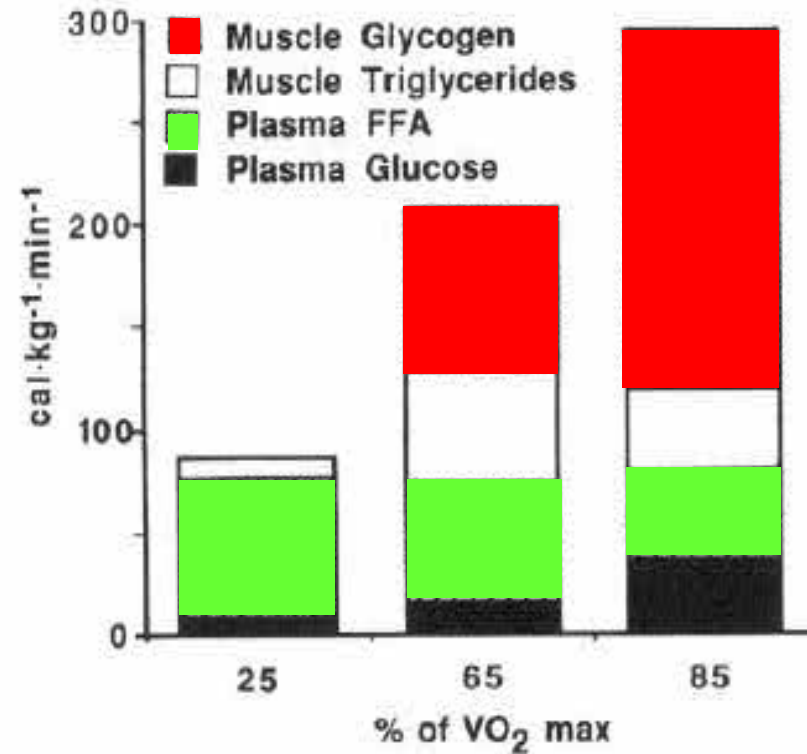


Leistungsdiagnostik in der Praxis

Festlegung von Trainingsbereichen

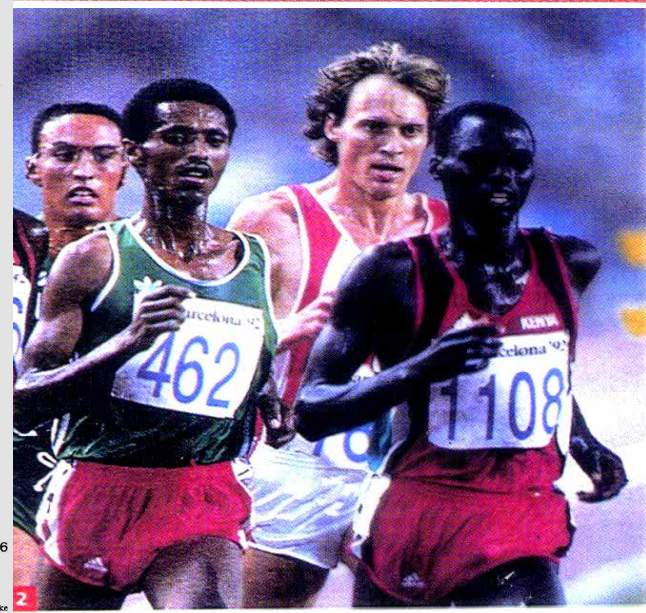
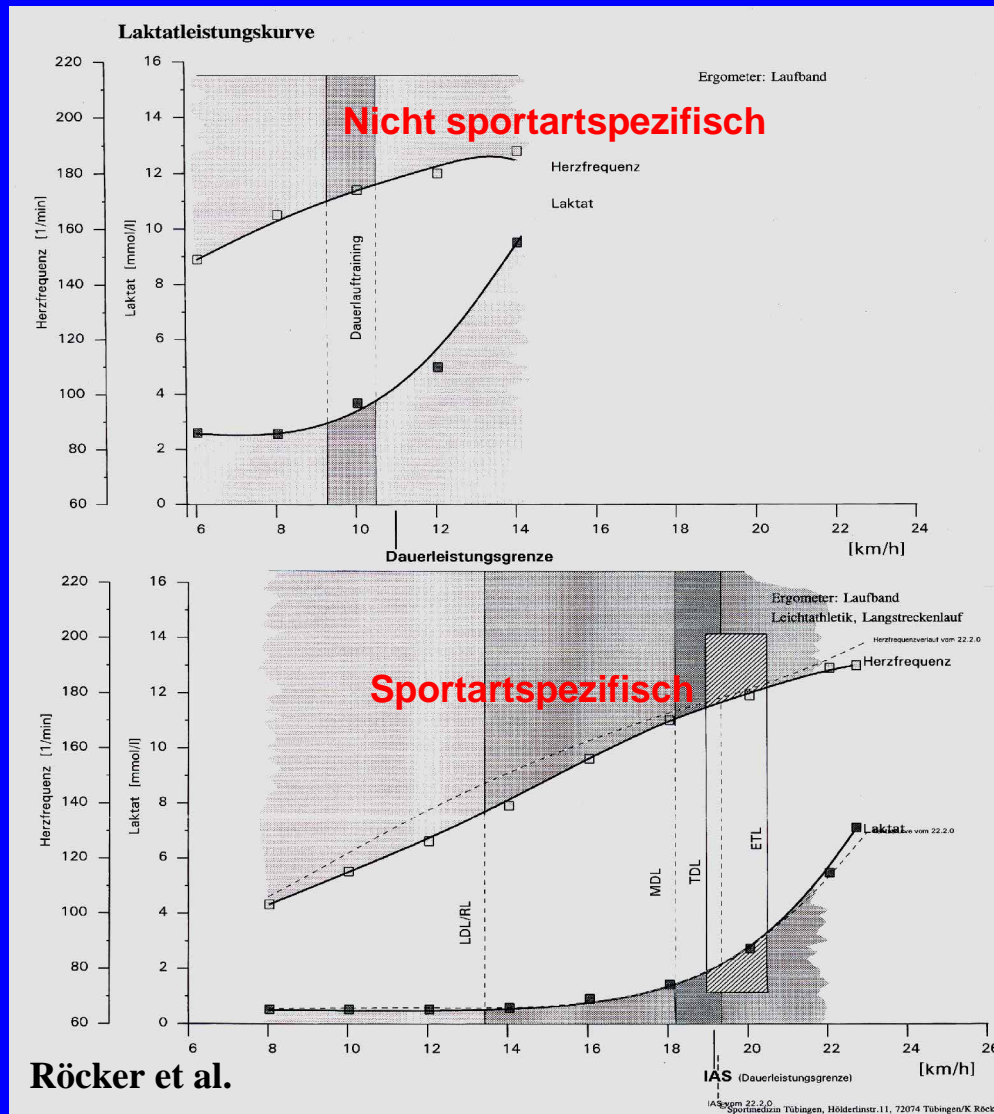


Laufgeschwindigkeit (km/h)	Herzfrequenz (Schläge/min)	Laktat (mmol/L)	Energiebedarf (~kcal/h)
6,0	60	1,39	477
8,0	89	0,97	635
10,0	106	0,76	794
12,0	117	0,74	953
14,0	142	1,31	1112
16,0	167	2,75	1271
17,2	189	6,34	1368
17,2	200	8,41	1368



•Romijn JA, Coyle EF, Sidoddis L, et al. Am J Physiol 1993

Leistungsdiagnostik in der Praxis



Leistungsdiagnostik in der Praxis

„Schwellenkonzepte“

Aerobe Schwelle:

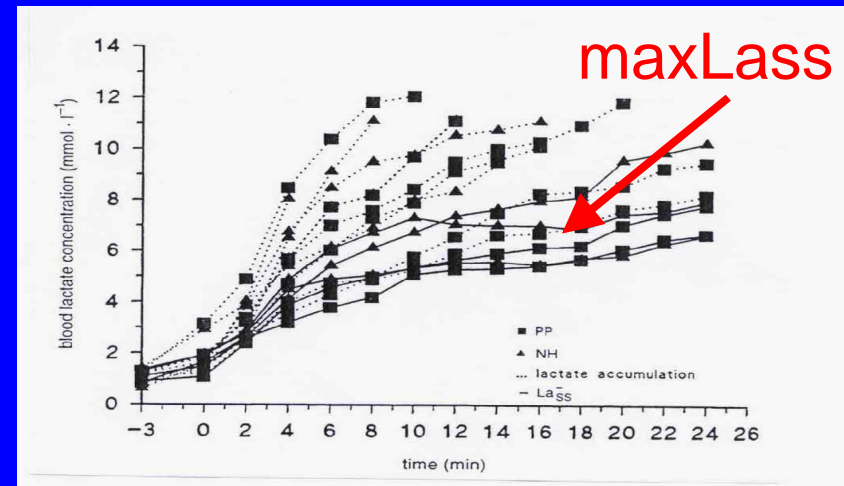
Minimum des Laktatäquivalents ($\text{VO}_2/\text{Laktat}$)

„Beginn des Laktatanstiegs“

Leistungsdiagnostik in der Praxis

„Schwellenkonzepte“

(Individuelle) Anaerobe
Schwelle:



Laktatproduktion = max. Laktatelemination

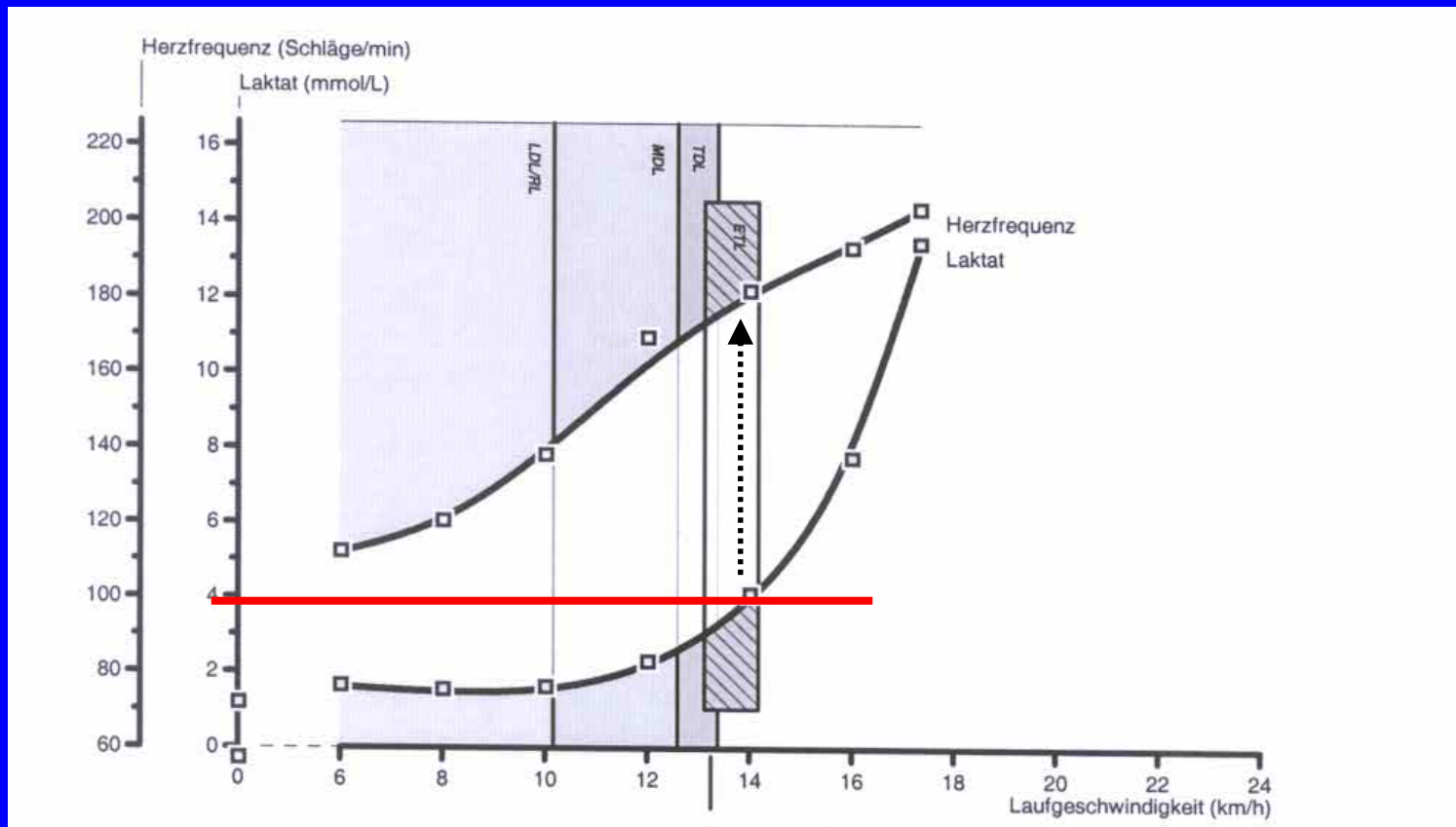
Maximales Laktat-steady-state (maxLass)

„max. möglich Ausdauerleistungsfähigkeit“

Leistungsdiagnostik in der Praxis

„Schwellenkonzepte“

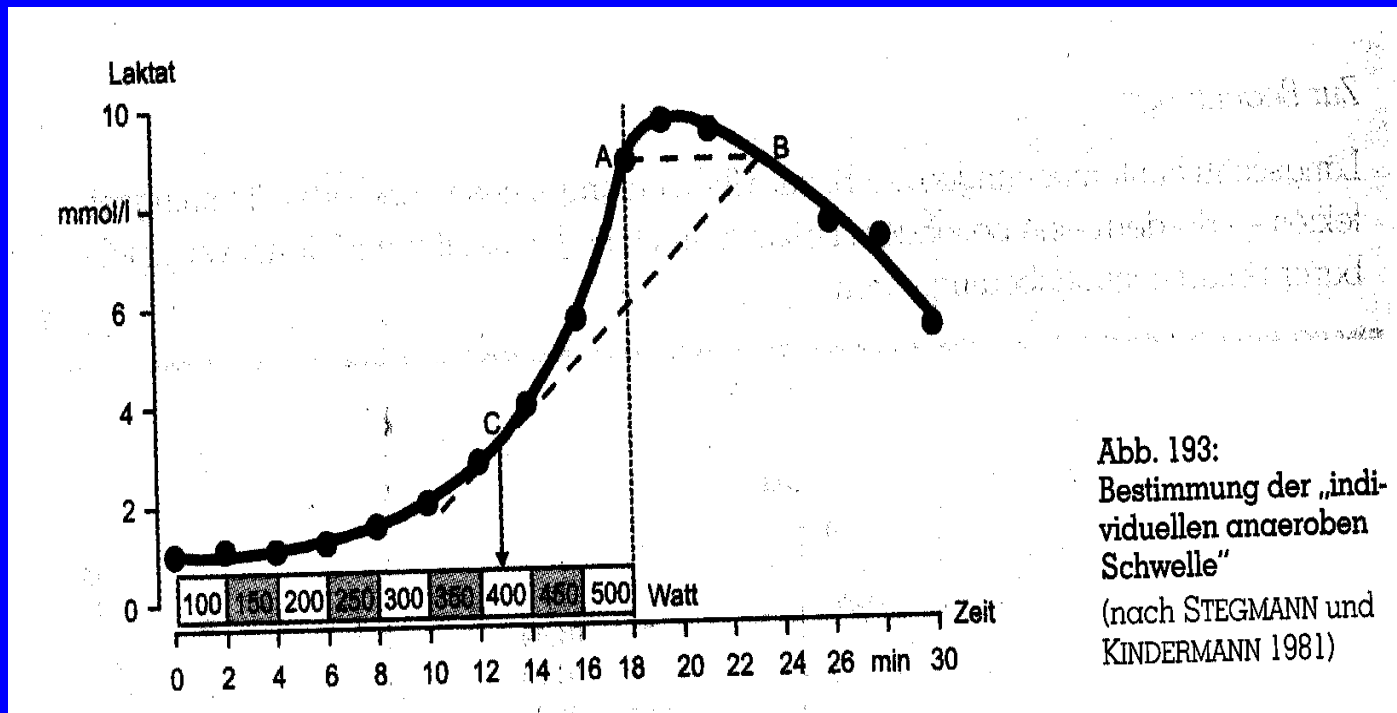
Fixe 4mmol(3mmol)-Schwelle



Leistungsdiagnostik in der Praxis

„Schwellenkonzepte“

Stegmann-Schwelle



Leistungsdiagnostik in der Praxis

„Schwellenkonzepte“

Individuelle anaerobe Schwelle (IAS)

Laktat an der aeroben Schwelle + Laktatkonstante

Laktatkonstante Radergometrie: + 1,0 mmol/l

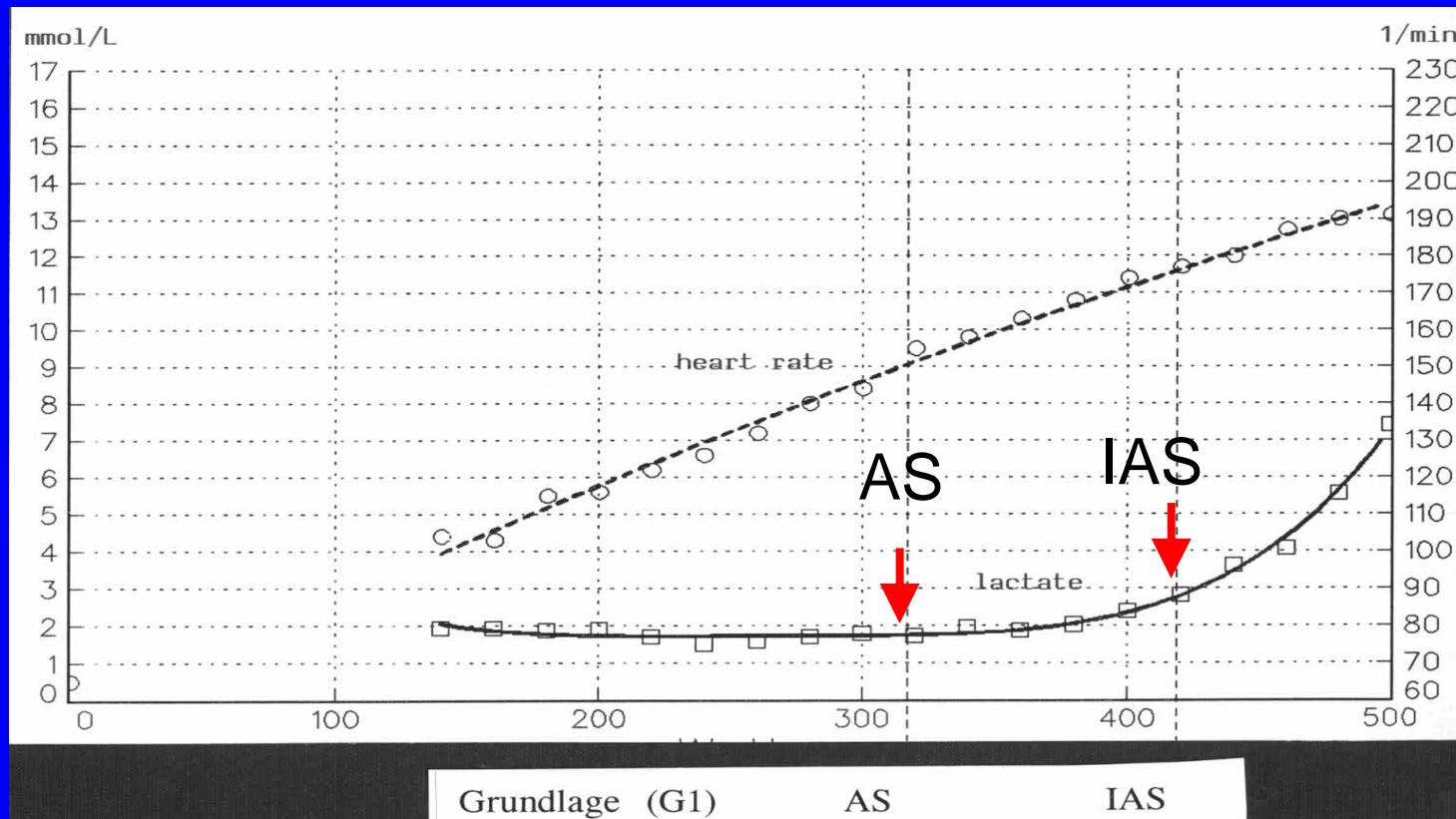
Laktatkonstante Laufbandergometrie: + 1,5 mmol/l

Leistungsdiagnostik in der Praxis

„Schwellenkonzepte“

Individuelle anaerobe Schwelle (IAS)

Laktat an der aeroben Schwelle + Laktatkonstante

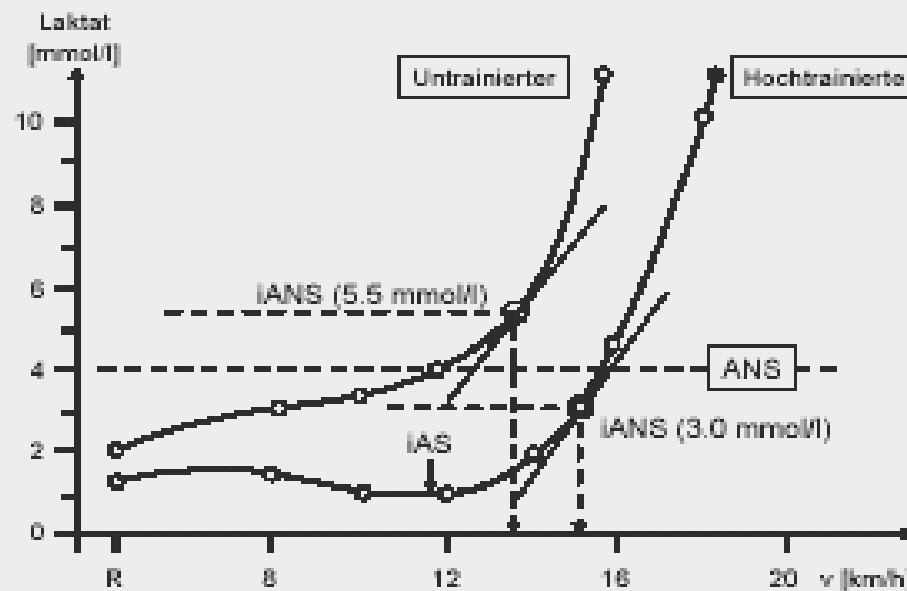


Leistungsdiagnostik in der Praxis

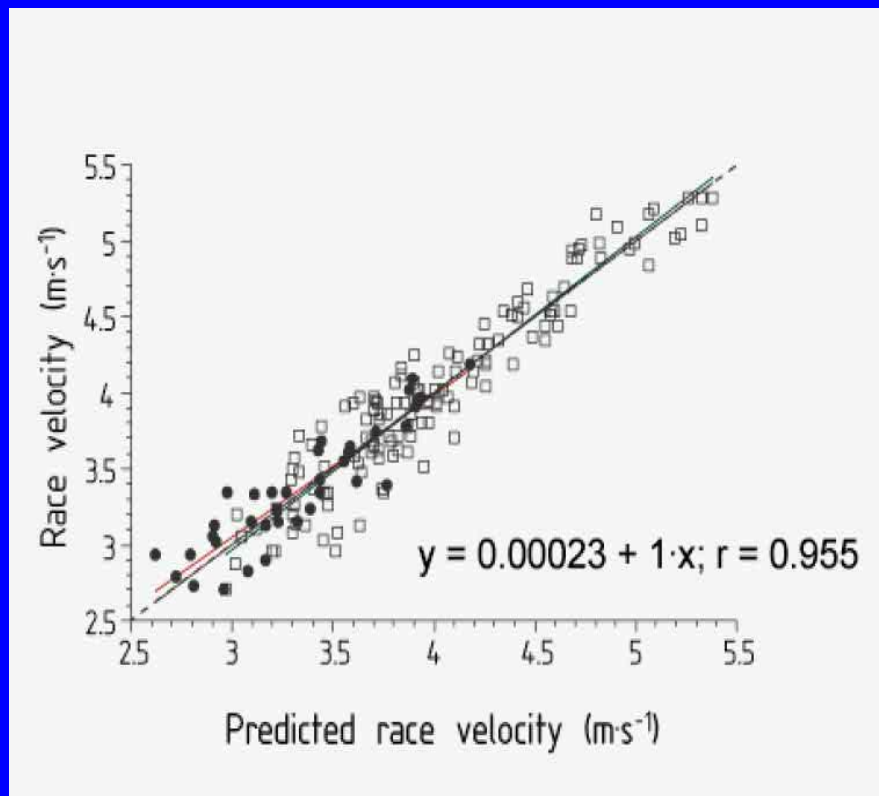
„Schwellenkonzepte“

„Anaerobe Schwelle“

Laktatleistungskurve
eines Untrainierten und eines Hochtrainierten



Leistungsdiagnostik - Wettkampfprognose



	2.7.2002
Körpergewicht	74 kg
lactate threshold (LT)	12,76 km/h
Laktatkonzentration an der LT	1,35 mmol/L
Herzfrequenz an der LT	131 /min
LT in Prozent der IAS	78,25 %
IAS	16,31 km/h
Dies entspricht einer 1000m-Zeit von	3:40 min
Laktatkonzentration an der IAS	2,88 mmol/L
Herzfrequenz an der IAS	150 /min
IAS in Prozent der Maximalleistung	78,15 %
Leistung bei 4 mmol/L Laktat	17,27 km/h
Dies entspricht einer 1000m-Zeit von	3:28 min
Herzfrequenz bei 4mmol/L Laktat	155 /min
Die IAS entspricht einer Marathonzeit von	2:35,14
Trainingsalter	12,73 Jahre
Prognose Marathon	2:38,07
Prognose Halbmarathon	1:14,06
Prognose 10.000m	0:33,24
Prognose 5.000m	0:15,45
Prognose 1.500m	0:04,14



Leistungsdiagnostik - Stufentest

Einflussfaktoren auf die Laktatkinetik beim Stufentest:

- Stufendauer
- Stufenbeginn
- Steigerungsrate
- Schwellenmodell
- Labor-/Feldbedingungen
- Trainingszustand
- Glykogenverarmung (Nahrungskarenz/Ernährung)

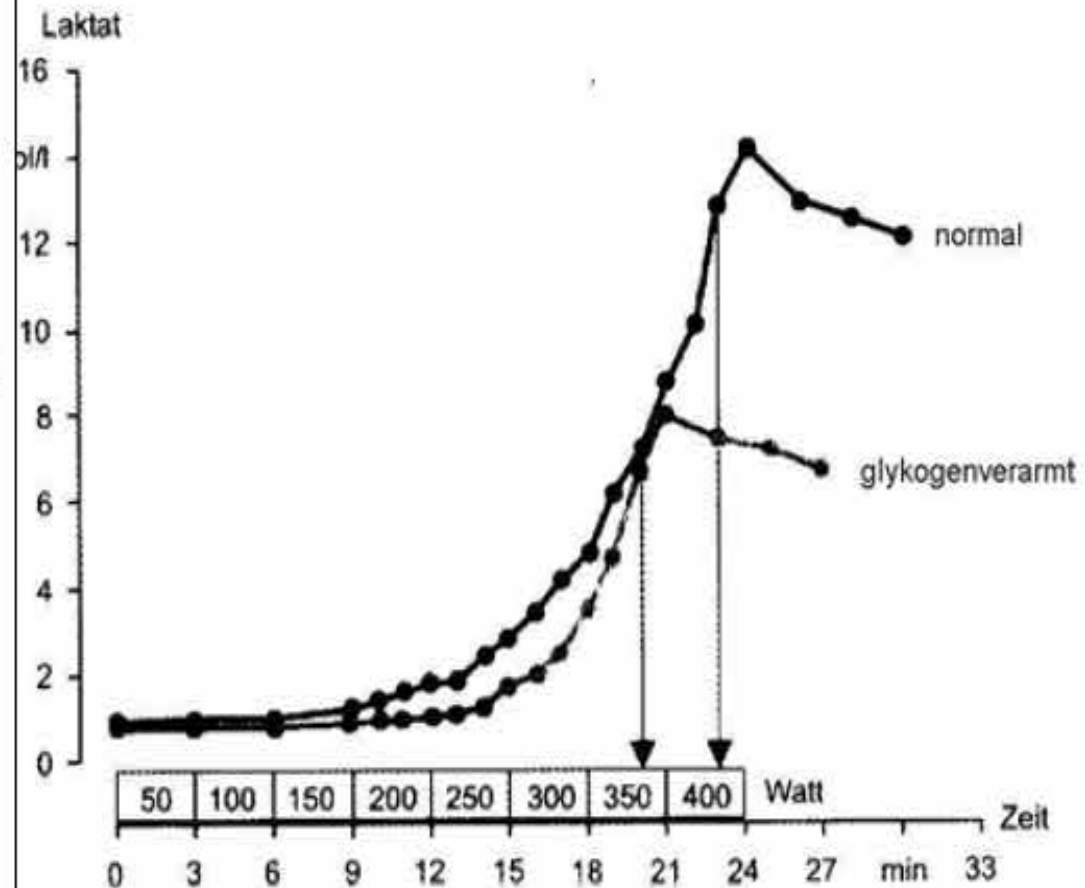
Leistungsdiagnostik - Stufentest

Laktat-Schwellenkonzepte

Einflussfaktoren auf die Laktatkinetik beim Stufentest:

Glykogenverarmung (Nahrungskarenz/Ernährung):

- mangelndes Substratangebot führt zur Rechtsverschiebung, aber keine maximale Laktatmobilisation möglich



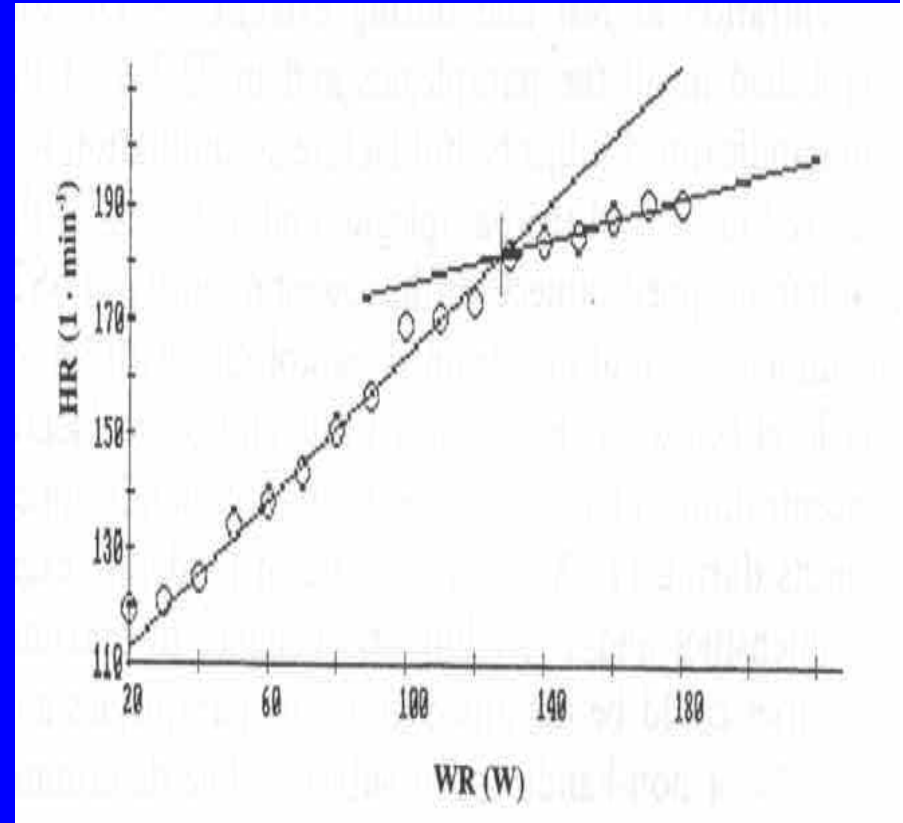
Leistungsdiagnostik in der Praxis

Conconi-Test

- Beurteilung der aeroben Leistungsfähigkeit
- Linearer Anstieg der Hf im submaximalen Bereich, geringere Anstieg im maximalen Bereich
- Nach Conconi kennzeichnet der Knickpunkt (Deflektion) die anaerobe Schwelle.

Schwierigkeiten:

- Deflektion tritt nicht bei allen Probanden auf
- lineare Steigung mitunter bis 190/min
- der Test erfordert eine max. Ausbelastung



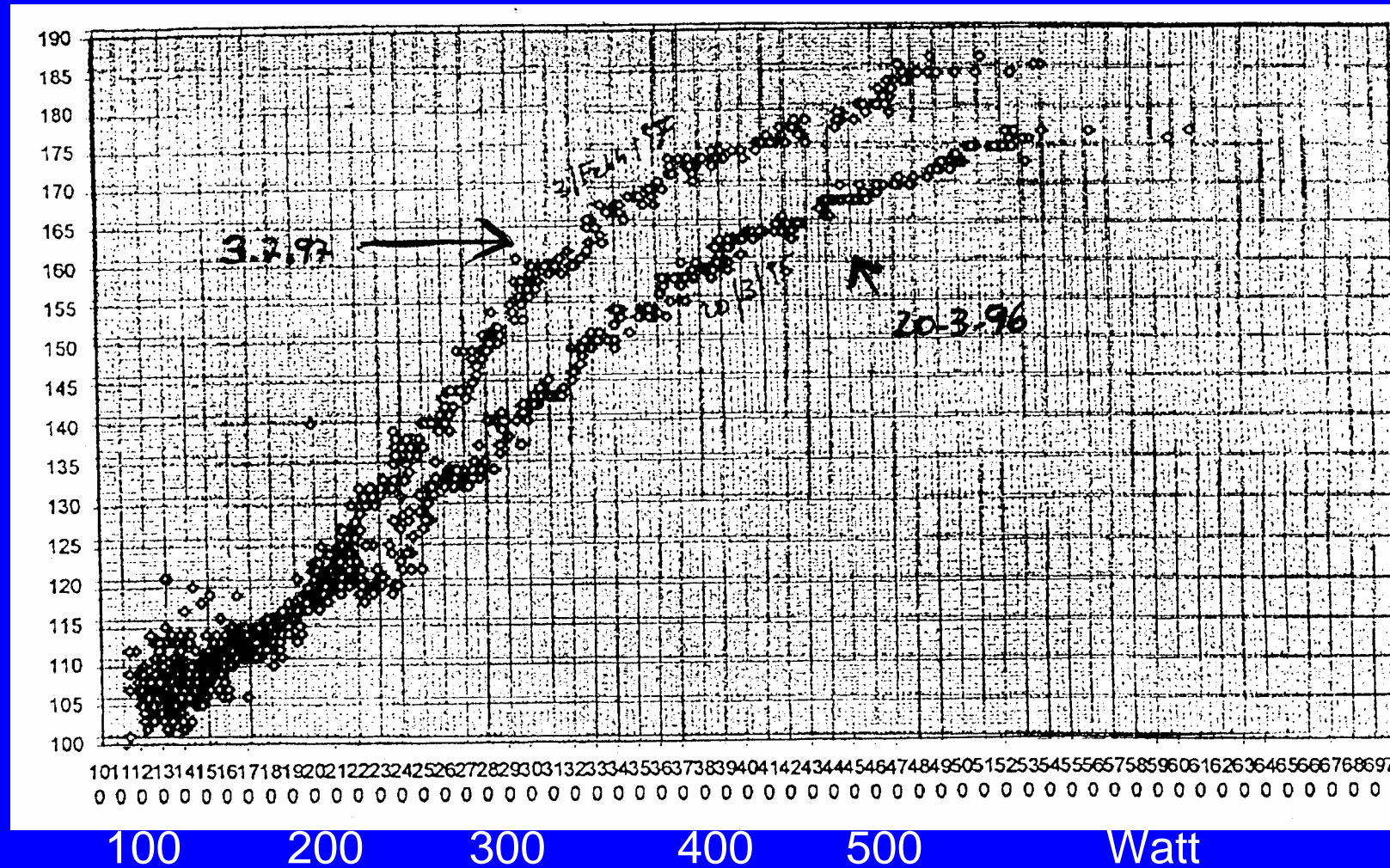
Leistungsdiagnostik in der Praxis

Conconi-Test: Durchführung

- **Testdauer: Erw. 15-20 min**
- Pulsmesser und Stoppuhr werden an den 200m Teilabschnitten HF und Laufzeit protokolliert
- Es kommt zur vollen Auslastung **nach ca. 12-16** Geschwindigkeitssteigerungen
- Wertpaare werden auf Millimeterpapier übertragen, durch Anlegen einer Geraden
- Übergang vom linearen in nichtlinearen Anstieg der Herzfrequenz wird als **Deflektionspunkt der Herzfrequenz** identifiziert

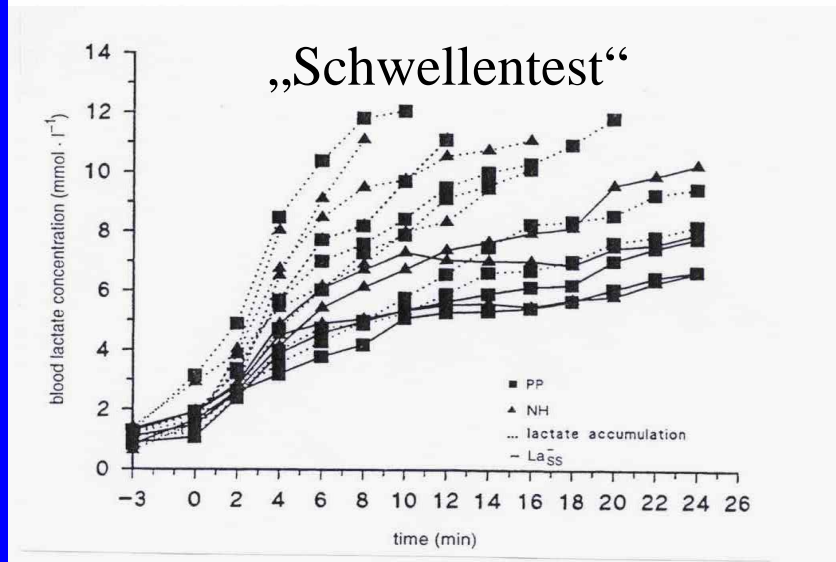
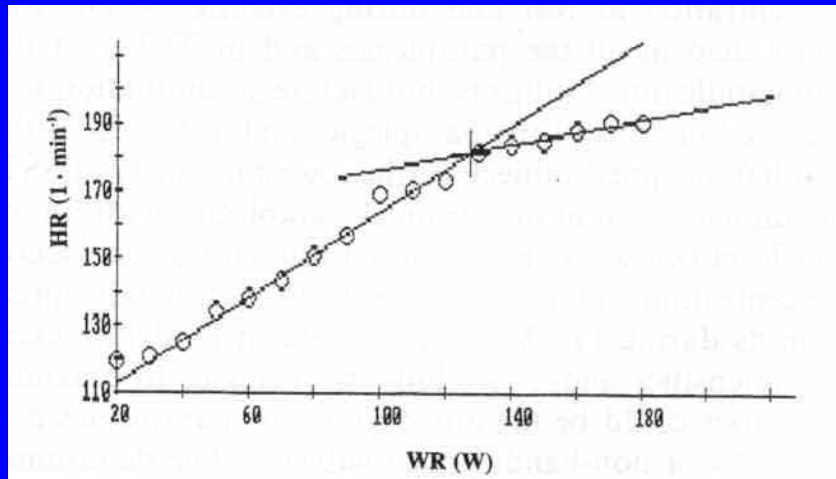
Leistungsdiagnostik in der Praxis

Conconi-Test: Beispiel



Leistungsdiagnostik in der Praxis

Conconi-Test: Entspricht Deflektion IAS??

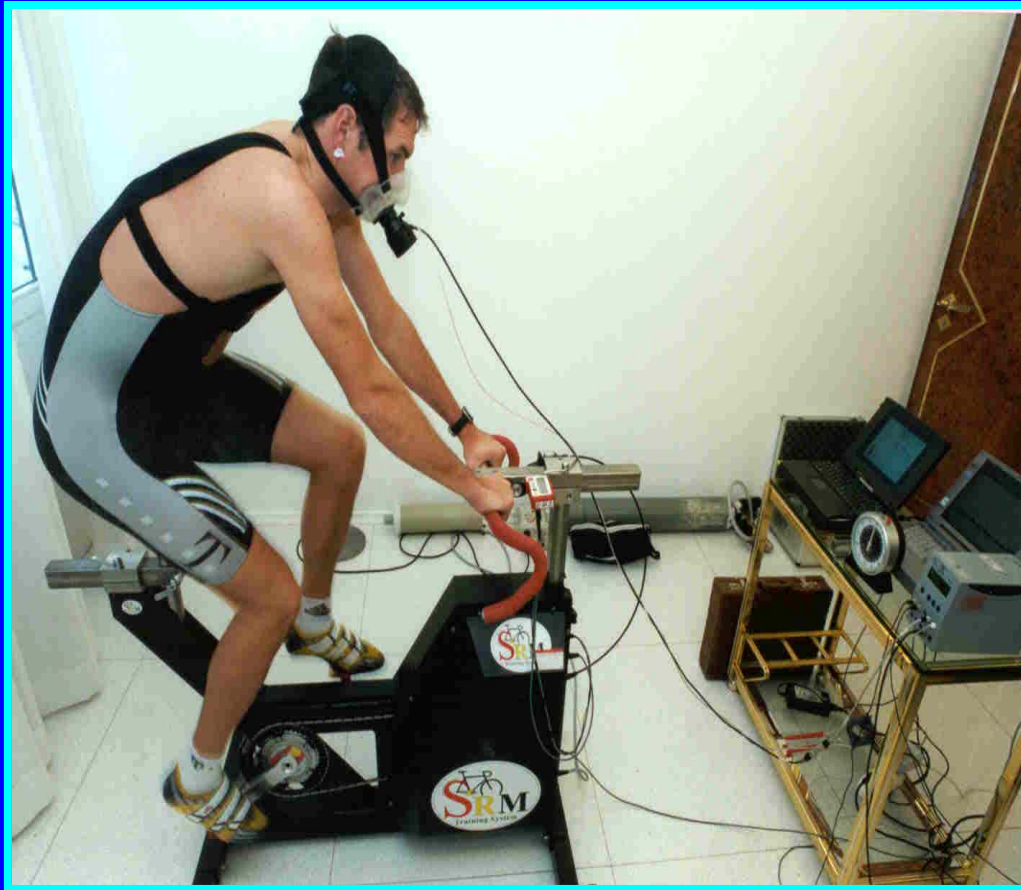


	WR _{AT4} (W)		WR _{DP} (W)	
	Mean	SD	Mean	SD
PP (n = 8)	108.9	20.2	118.7	15.2 ^a
NH (n = 8)	107.7	12.9 ^b	139.9	22.1

Ermittlung des Deflektionspunktes bei Paraplegikern möglich

Leistung am Deflektionspunkt im Vgl. zur IAS in der Regel zu hoch

Leistungsdiagnostik – Spiroergometrie



Messung von

- Atemvolumina
 - Atemminutenvolumen (VE)
 - Atemfrequenz (bf)
- Atemgasen
 - Sauerstoffaufnahme (VO₂)
 - Kohlendioxidabgabe (VCO₂)

Leistungsdiagnostik – Spiroergometrie

Sauerstoffaufnahme: Menge an O₂/min, die vom Organismus zur Energiebereitstellung umgesetzt wird

Beispiel für die Messung der Sauerstoffaufnahme (VO₂)

Atemminutenvolumen = 100 l/min

Sauerstoffgehalt der eingeatmeten Luft = 21 %

Sauerstoffgehalt der ausgeatmeten Luft = 18 %

Wie hoch ist die Sauerstoffaufnahme ???

Leistungsdiagnostik – Spiroergometrie

Beispiel für die Messung der Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}O_2$)

Atemminutenvolumen = 100 l/min

Sauerstoffgehalt der eingeatmeten Luft = 21 %

Sauerstoffgehalt der ausgeatmeten Luft = 18 %

3 % von 100 l/min = **3 l/min**

Leistungsdiagnostik in der Praxis

Ausdauer: VO₂max-Test

VO₂max: Bruttokriterium der aeroben Leistungsfähigkeit

- Rampentest (zwischen 10/10/1min. und 150/10/10 sec)
- Parameter
 - Leistung
 - Herzfrequenz
 - Spirometrie
- Bereiche:
 - HTX < 12 ml/kg KG
 - NB um 45 ml/kg KG
 - Ausdauerathlet > 80 ml/kg KG

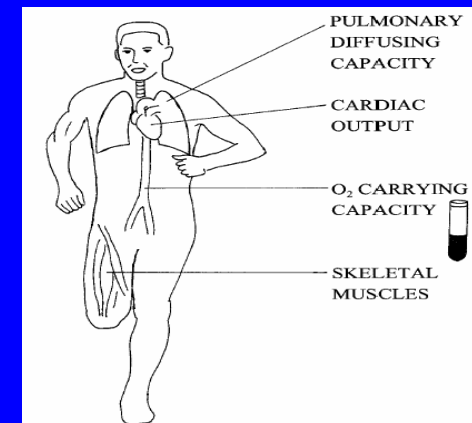
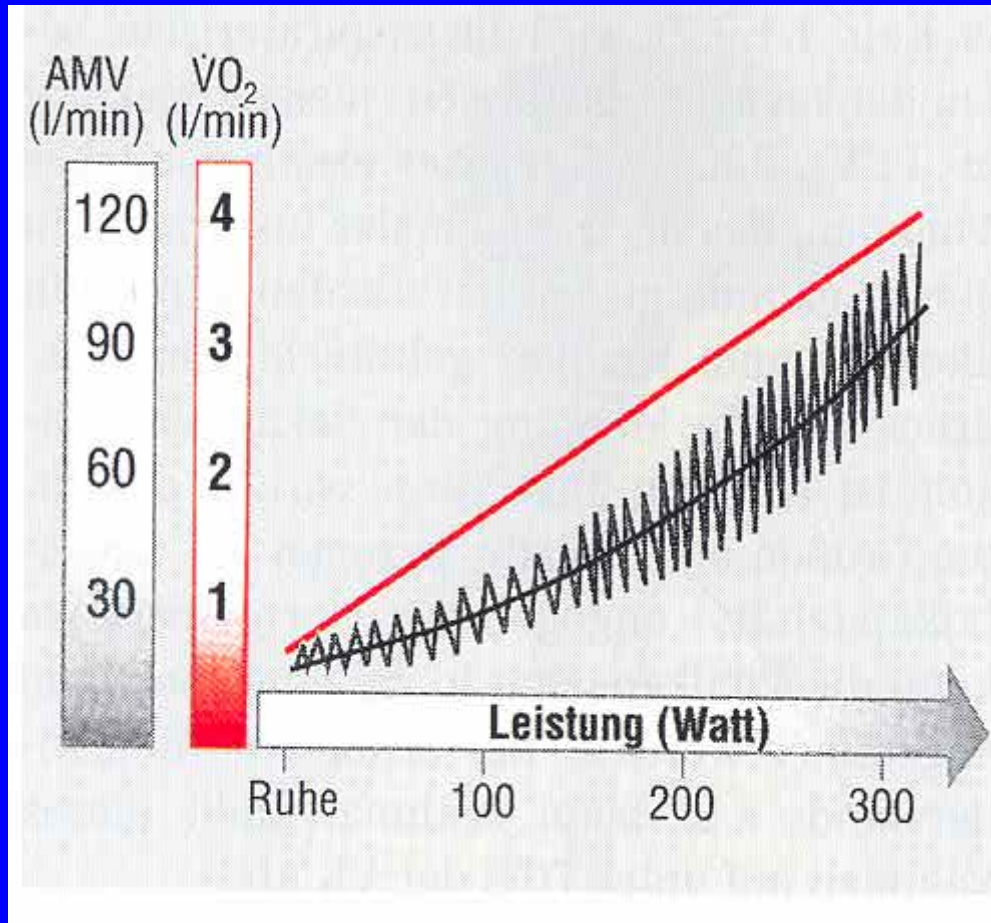


Figure 4—Physiological factors that potentially limit maximum oxygen uptake ($\dot{V}O_{2max}$) in the exercising human.



Leistungsdiagnostik – Spiroergometrie



Atemäquivalent =
Quotient aus
Atemminutenvolumen
und
Sauerstoffaufnahme

Lungenfunktion – Spiroergometrie

Beispiel für die Messung der Atemäquivalents (AÄ)

Atemminutenvolumen = 100 l/min

Sauerstoffaufnahme = 3 l/min

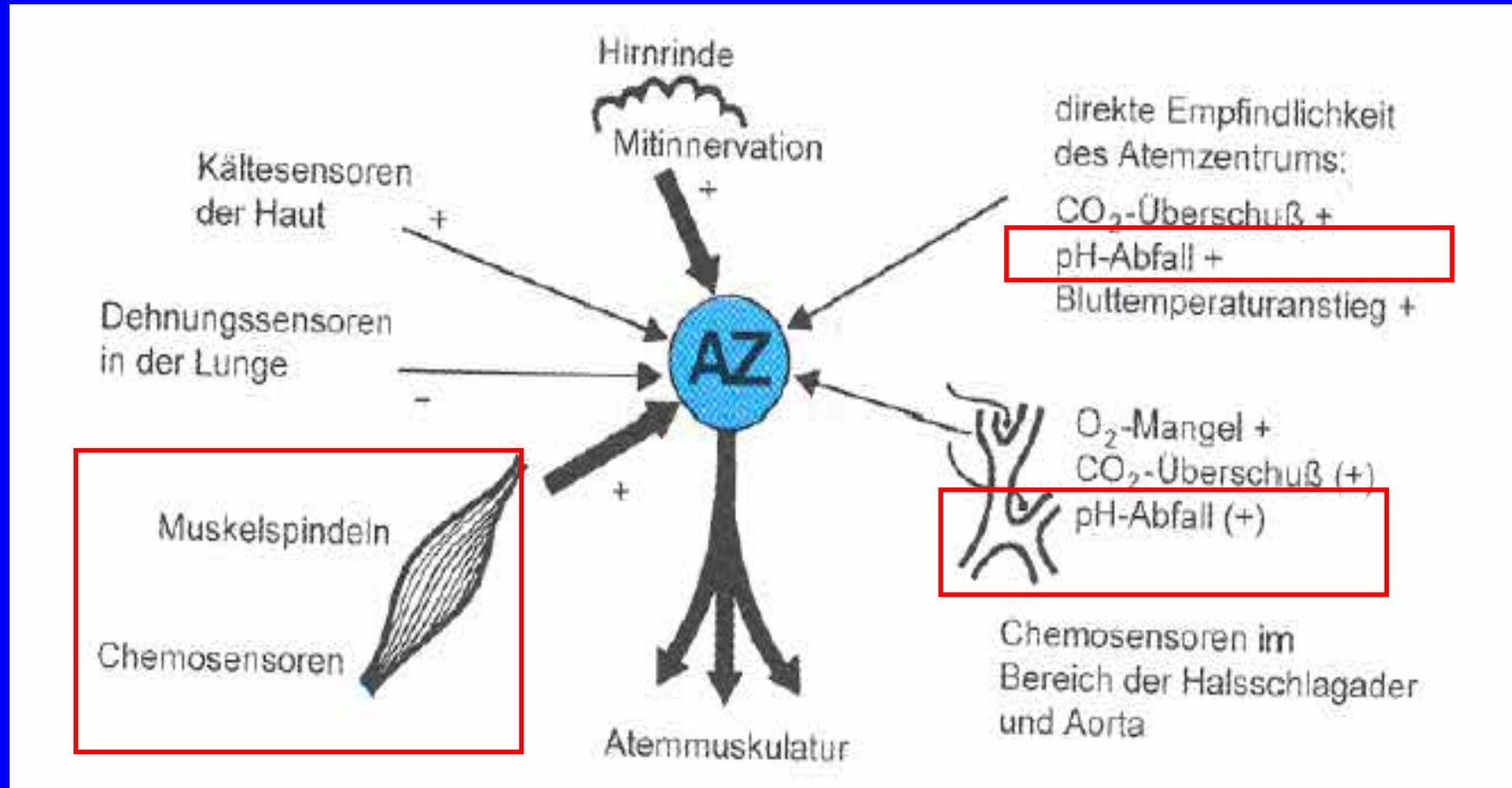
$$\text{Atemäquivalent } 100 \text{ l/min} / 3 \text{ l/min} = 33$$

Ruhe: AÄ ca. 25 (25 l/min für 1 l/min O₂)

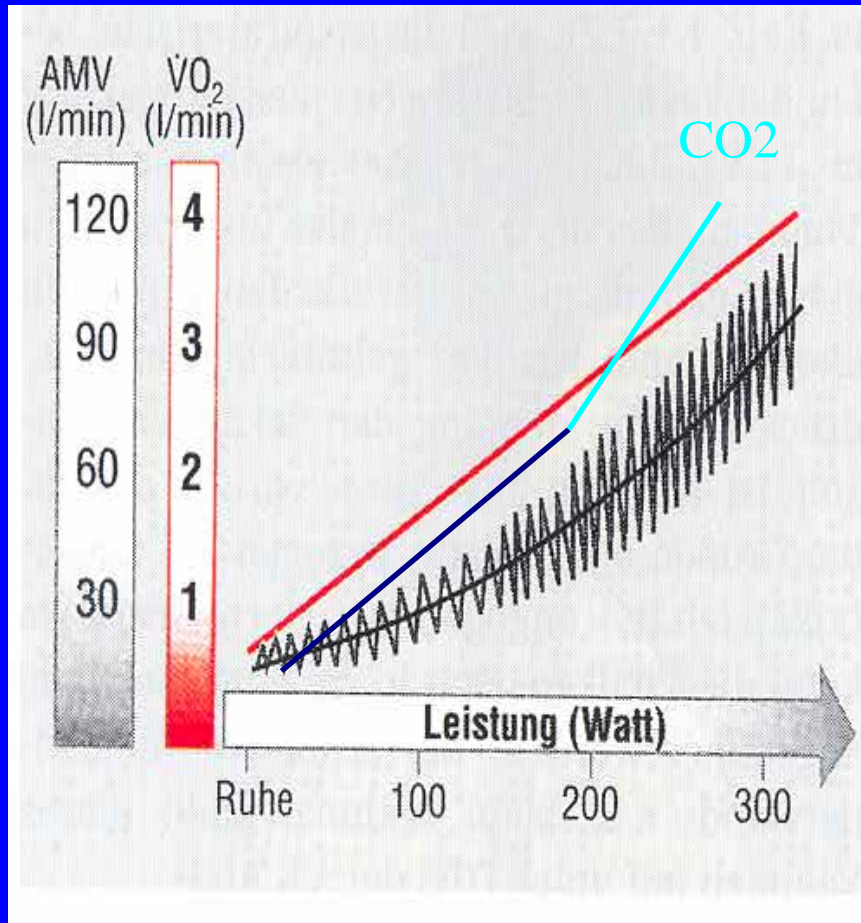
Maximal Belastung: AÄ 30-35

Minum des AÄ: optimaler Wirkungsgrad der Atmung

Lungenfunktion – Regulation Atemzentrum im Hirnstamm



Lungenfunktion – Spiroergometrie



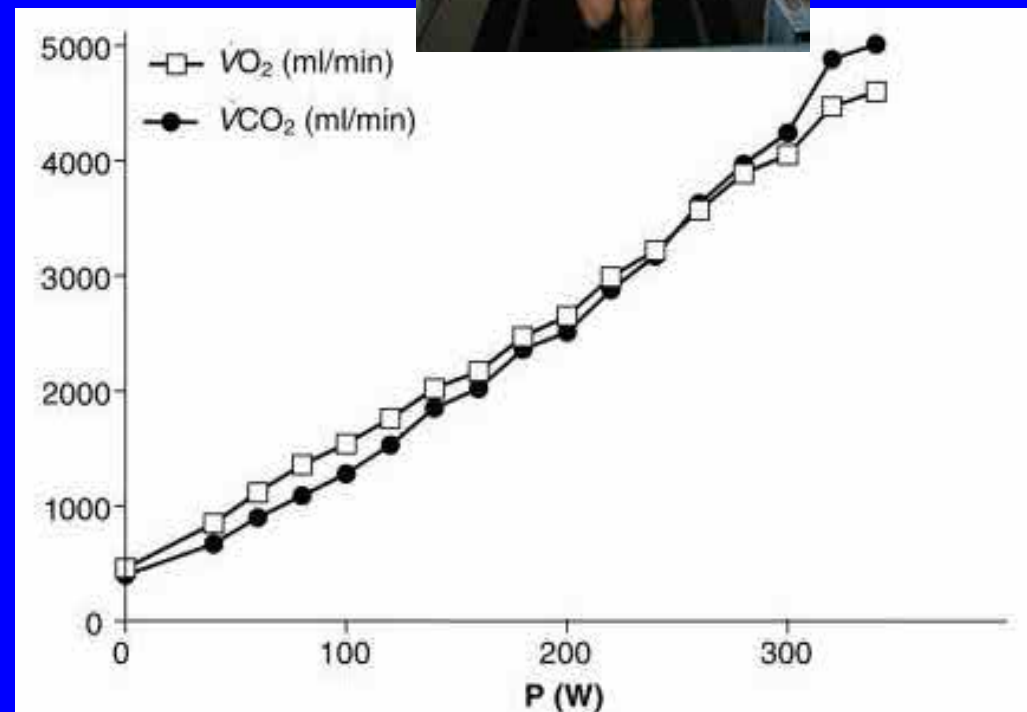
Respiratorischer Quotient (RQ) =

Quotient aus
Sauerstoffaufnahme und
Kohlendioxidabgabe

Hyperventilation =

gesteigerte alveoläre
Ventilation bei normalem
Sauerstoffpartialdruck und
erniedrigtem **CO₂-Druck**

Lungenfunktion – Spiroergometrie



Lungenfunktion – Spiroergometrie

Zeit min	Watt W	HR /min	V'E l/min	BP /min	V'O2 ml/min	VO2/kg ml/ min/kg	V'CO2 ml/min	EqO2 -	RQ -
08:10	0	0	20.0	18	692	11.5	668	25.3	0.97
28:30	0	0	48.5	60	1605	26.7	1360	25.2	0.85
28:40	0	0	51.0	48	1713	28.6	1498	26.0	0.87
28:50	0	0	53.1	59	1773	29.6	1557	25.4	0.88
29:00	0	0	55.6	50	1749	29.1	1622	27.9	0.93
29:10	0	0	58.7	54	1840	30.7	1752	27.9	0.95
29:20	0	0	64.4	64	1905	31.7	1857	29.2	0.97
29:30	0	0	63.2	58	1822	30.4	1804	30.4	0.99
29:40	0	0	68.2	68	1780	29.7	1818	33.2	1.02
29:50	0	0	71.8	58	1931	32.2	1990	33.1	1.03
30:00	0	0	65.4	53	1698	28.3	1778	34.3	1.05
30:10	0	0	71.7	78	1800	30.0	1824	34.0	1.01
30:20	0	0	76.6	78	1736	28.9	1784	38.0	1.03
Bemerkung:									
30:30	0	0	67.6	62	1776	29.6	1791	33.4	1.01
30:40	0	0	80.5	48	2003	33.4	2083	36.6	1.04

Vorstart

Belastung

$VE = 76 \text{ l/min}$, $Bf = 76$

$VO_2 = 1,73 \text{ l/min}$, $CO_2 = 1,78 \text{ l/min}$

Lungenfunktion – Spiroergometrie

Protokoll:		LE_NORM_IB-2			Ergometer:			Laufband	
Zeit	Watt	HR	V'E	BF	V'O2	VO2/kg	V'CO2	EqO2	RQ
min	W	/min	l/min	/min	ml/min	ml/ min/kg	ml/min	-	-
06:20	0	0	49.0	28	1729	26.0	1866	26.1	1.08
06:30	0	0	76.9	45	2322	34.9	2693	30.5	1.16
06:40	0	0	79.3	42	2181	32.8	2782	33.7	1.28
06:50	0	0	83.2	40	2753	41.4	2936	28.3	1.07
07:00	0	0	91.7	43	3346	50.3	3169	25.7	0.95
07:10	0	0	99.0	42	3709	55.8	3458	25.1	0.93
07:20	0	0	102.3	44	3918	58.9	3698	24.6	0.94
07:30	0	0	115.8	53	3957	59.5	3926	27.5	0.99

$VE = 115 \text{ l/min}$

$VO_2 = 3,9 \text{ l/min}$

$VCO_2 = 3,8 \text{ l/min}$

$Bf = 53/\text{min}$

Leistungsdiagnostik in der Praxis

Unterschiedliche Komponenten der Leistungsfähigkeit



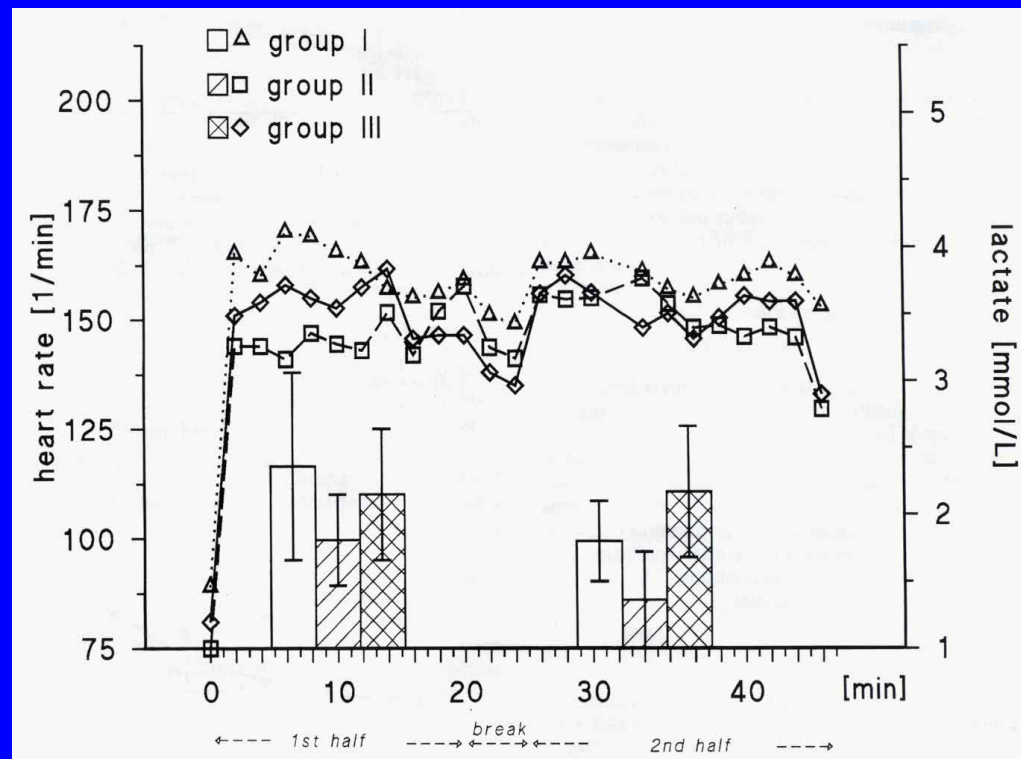
Modell der Leistungsstruktur nach EHELENZ, GROSSER und ZIMMERMANN (1985).

[HOHMANN/LAMES/LETZELTER 2002, 43]

Leistungsdiagnostik in der Praxis

Sportartspezifische physiologische Anforderung

Rollstuhl-Basketball



Hohe Ausdauerkomponente

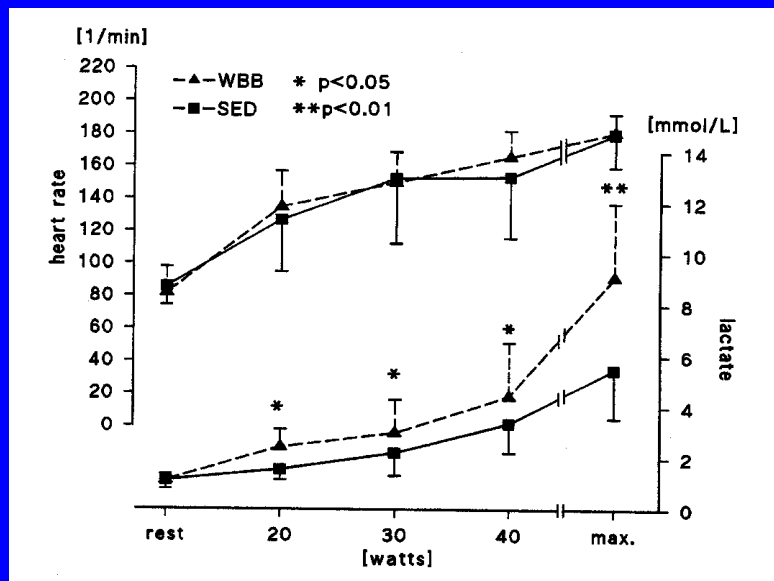
Geringe anaerob-laktazide
Anforderung

Hohe Sprintleistung

Leistungsdiagnostik in der Praxis

Sportartspezifische Leistungsdiagnostik: Rollstuhl-Basketball

Stufentest (Rollstuhlergometer)



Korrelation der im Stufentest ermittelten Daten mit der Spielstärke

Rollstuhlergometrie ist eine sportartspezifische Leistungsdiagnostik für Rollstuhl-Basketball

TABLE 2

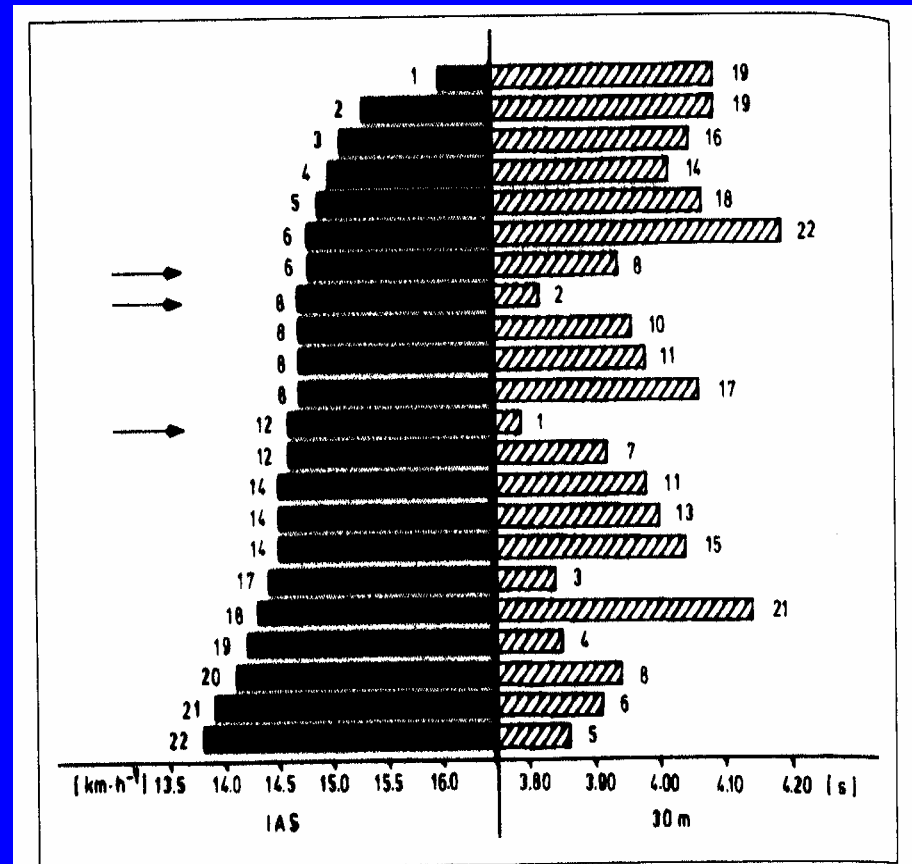
Average lactate (Lac), heart rate (HR), and game evaluation (scorer points) from the different groups (Group I, II, and III) of wheelchair basketball players during the first (FT1) and second (FT2) half of the field test

Group WBB	n	Lac _{FT1} (mmol · l ⁻¹)	Lac _{FT2} (mmol · l ⁻¹)	HR _{FT1} (l · min ⁻¹)	HR _{FT2} (l · min ⁻¹)	Scorer Points _{FT}
I	3	2.36 ± 0.70 ^a	1.80 ± 0.32	160.3 ± 8.5 ^a	157.1 ± 4.0	1.3 ± 0.4 ^{a,b}
II	6	1.81 ± 0.33 ^c	1.36 ± 0.36 ^b	145.0 ± 4.6 ^c	151.5 ± 8.1	3.4 ± 0.8 ^{b,c}
III	4	2.15 ± 0.44	2.17 ± 0.49 ^a	152.1 ± 5.3	153.3 ± 5.1	7.8 ± 0.8 ^{a,b}

Significantly ($P < 0.05$) different from ^aGroup II, ^bGroup III, and ^cGroup I.

Leistungsdiagnostik in der Praxis

Sportartspezifische Leistungsdiagnostik: Fußball



Stufentest Sprint

Abb.5

(aus: Kindermann et al., 1993, S.240)



Leistungsdiagnostik in der Praxis

SRM - Radmeßtechnik

Leistung, Herzfrequenz, Geschwindigkeit, Trittfrequenz, Zeit



Leistungsdiagnostik in der Praxis

Feldtest

- SRM Kraftmeßpedal
- Speicherung der erhobener Daten (Rad-Meßtechnik)
- Lactat-Messung



Leistungsdiagnostik in der Praxis

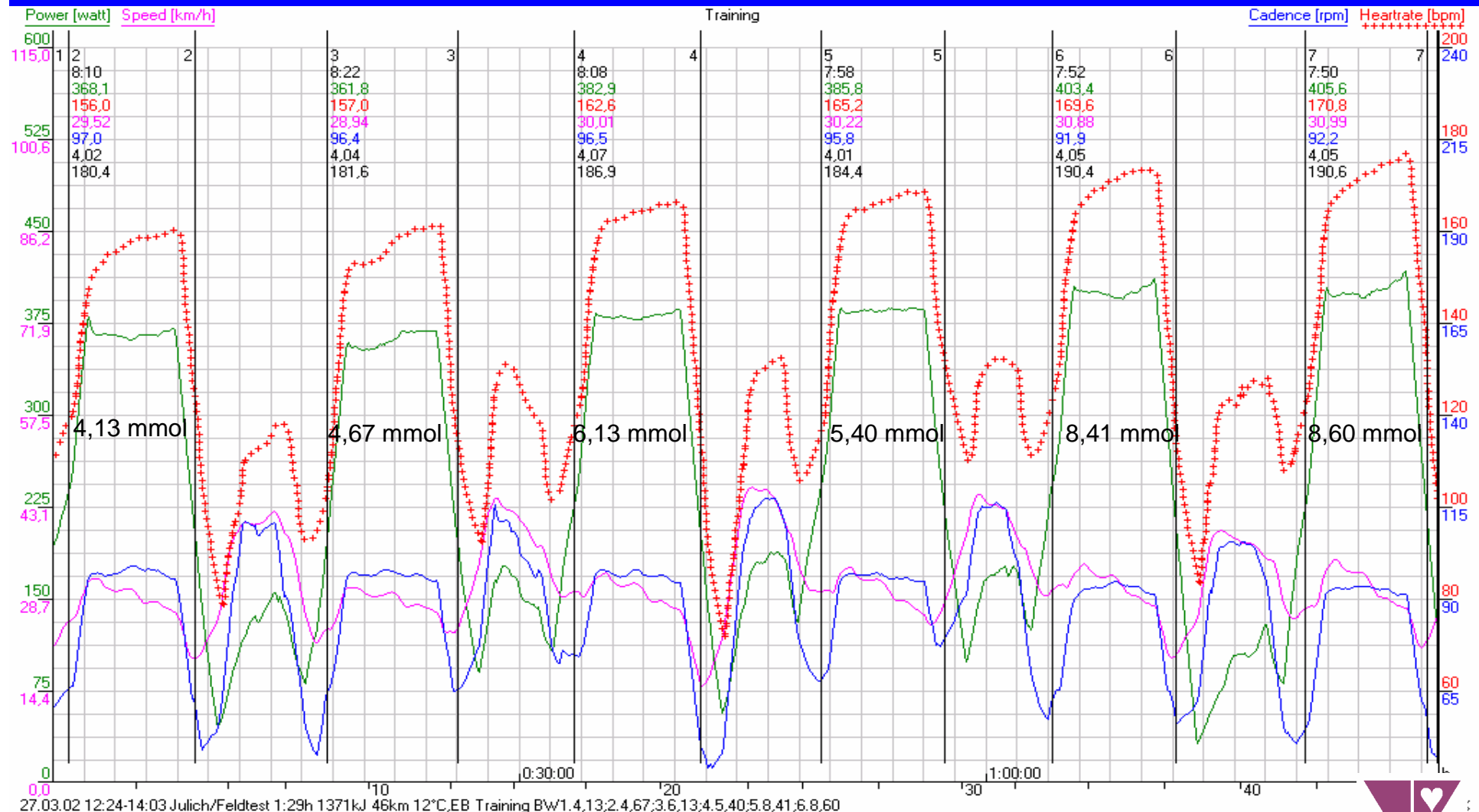
Feldtest

Definition unterschiedliche Trainingsbereiche
anhand der **Laktatkonzentration**

z.B. Radsport:	GA1	< 2 mmol/l
	GA2	2 – 4 mmol/l
	EB	4 – 8 mmol/l
	K3	3 – 6 mmol/l

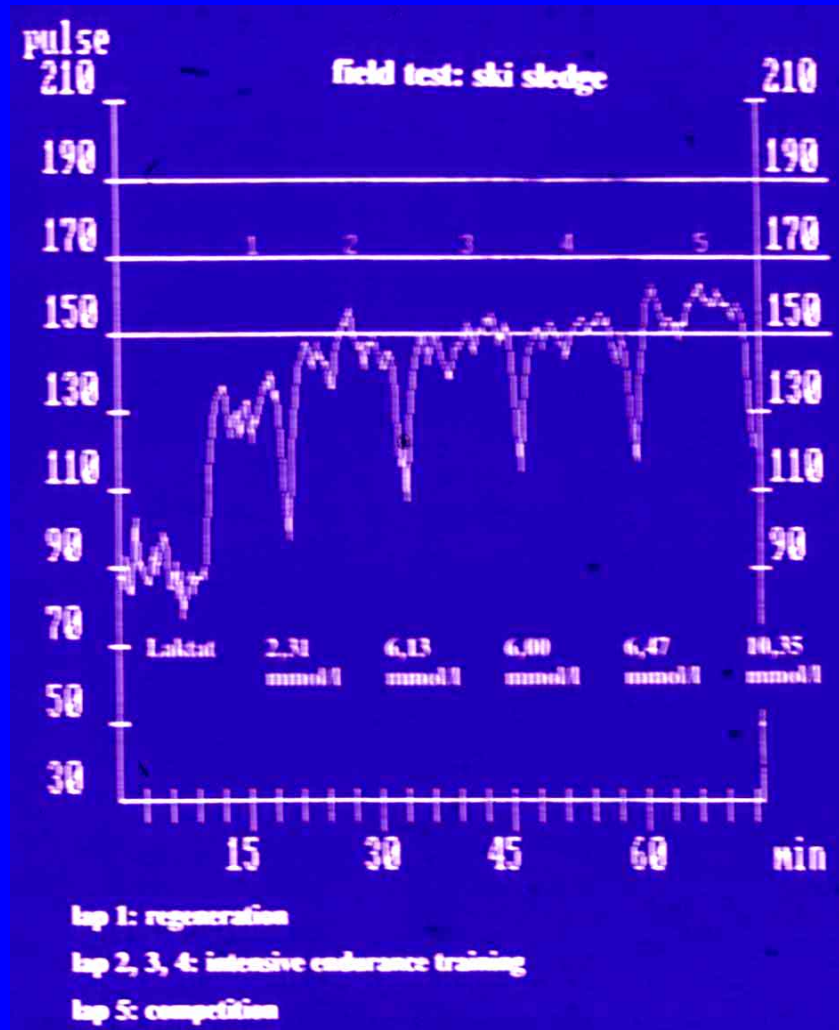
Leistungsdiagnostik in der Praxis

4 km Feldtest



Leistungsdiagnostik in der Praxis

Feldtest



Leistungsdiagnostik in der Praxis

Einfacher Feldtest

Parameter: Hf max, Hf Ruhe

Belastungspuls = Hf max – Hf Ruhe

Aerobe Schwelle:

60% Belastungspuls + Hf Ruhe

Anaerobe Schwelle:

80% Belastungspuls + Hf Ruhe



Jeweils 30 Minuten-Lauf an den kalkulierten Schwellen
mit Zeitdokumentation

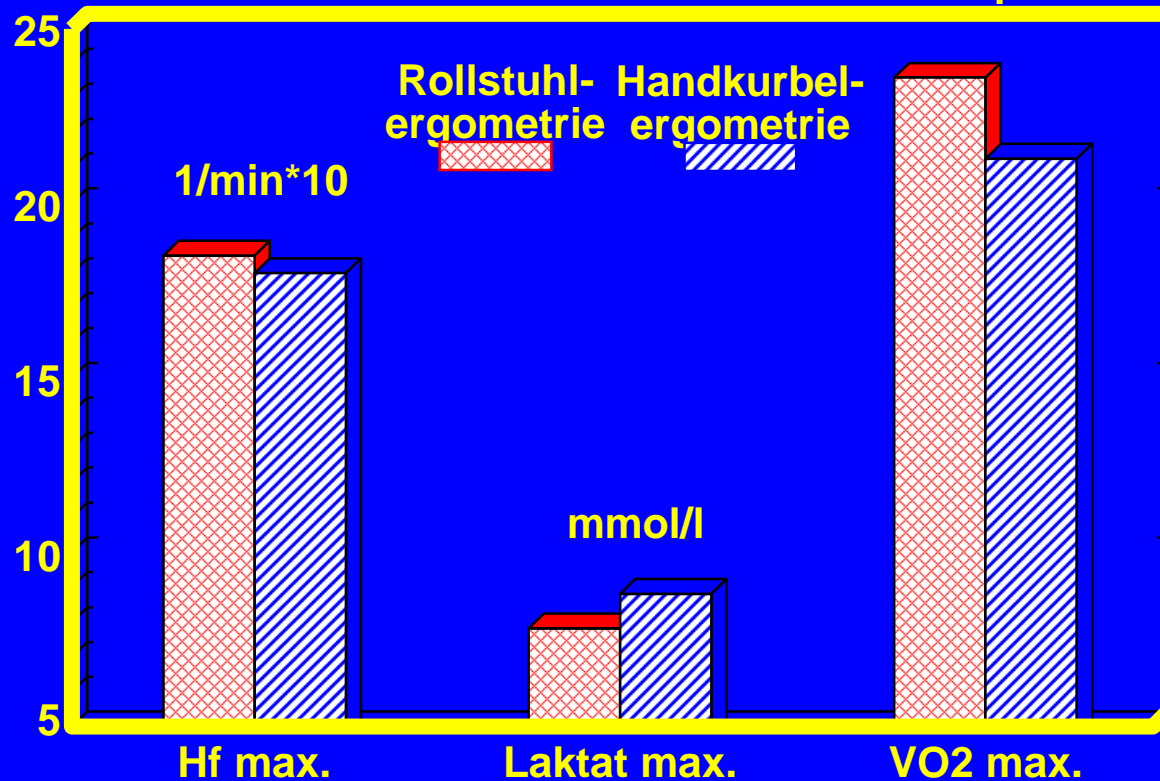
Leistungsdiagnostik in der Praxis

- muß die jeweilige Fragestellung bzw. die Sportart (sportartspezifisch, ins Training übertragbar) berücksichtigen
- sollte standardisiert, validiert und wiederholbar sein
- auch „einfache“ Tests können ausreichende Informationen für die routinemäßige Praxis liefern
- schließt sportartspezifische Feldtests mit ein

Sportartspezifische Leistungsdiagnostik

Rollstuhlergometrie (6 km/h, 2 km/h, 3 min)

Handkurbelergometrie (25 W, 25 W, 3 min)





Sportartspezifische Leistungsdiagnostik

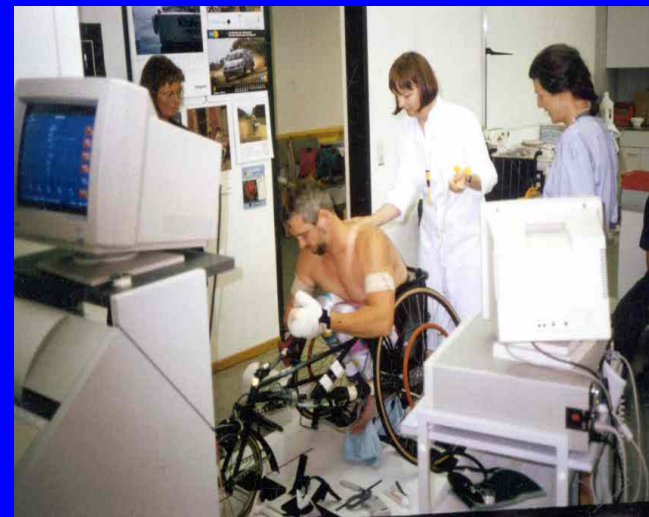


Paraplegiker: 8 km/h, 2 km/h, 3 min

20 W, 10 W, 3 min

Tetraplegiker: 4 km/h, 1 km/h, 3 min

10 W, 5 W, 3 min



Sportartspezifische Leistungsdiagnostik bei Rollstuhl-Sportarten

Skischlitten



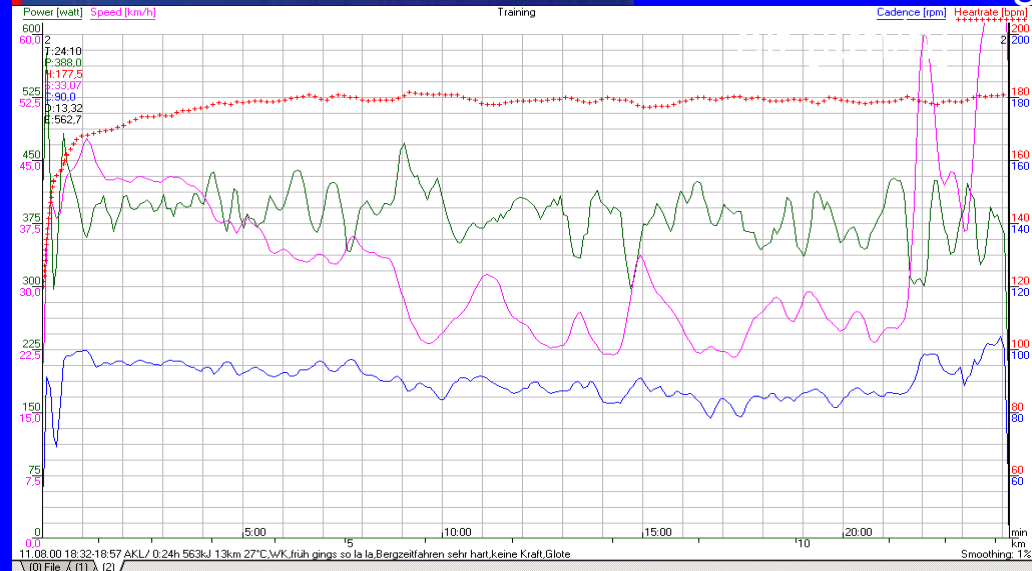
Paraplegiker: 0% Laufbandsteigung, 2%, 3 min, $v = 6$ km/h

Sportartspezifische Leistungsdiagnostik bei Rollstuhl-Sportarten

Hand-Bike



- Leistung [Watt]
- Herzfrequenz [1/min]
- Tretfrequenz [1/min]
- Geschwindigkeit



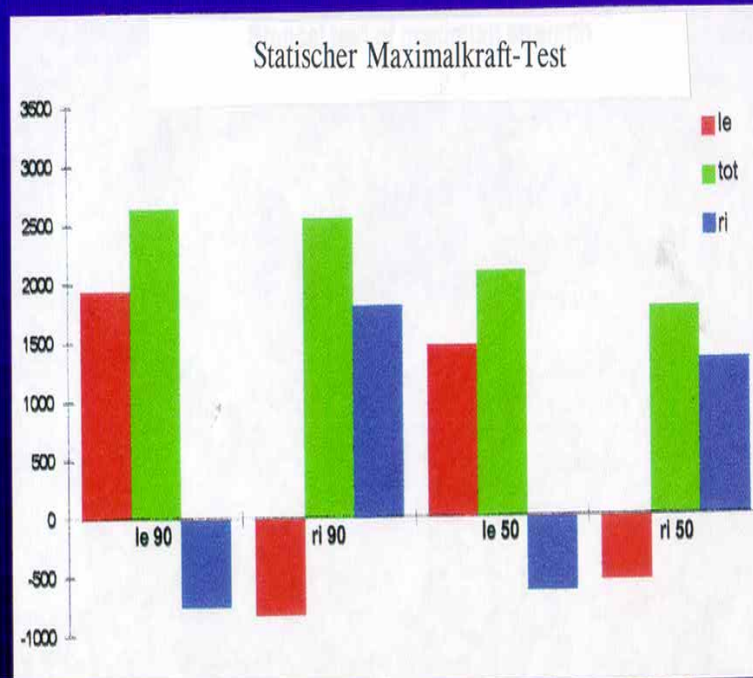
Belastungsuntersuchungen

Voraussetzungen:

- standardisiert
- reproduzierbar
- validiert
- sportartspezifisch
- in den Trainingsprozeß übertragbar



Komplexe Leistungsdiagnostik



KL	gesamt	rechts	links
li 90°	2638 N	754 N	1942 N
re 90°	2550 N	1803 N	827 N
li 50°	2087 N	638 N	1461 N
re 50°	1769 N	1323 N	555 N

SP	gesamt	rechts	links
li 90°	2712 N	765 N	1947 N
re 90°	2690 N	1823 N	867 N
li 50°	2110 N	599 N	1511 N
re 50°	1915 N	1355 N	560 N



Leistungsdiagnostik und Anpassung

Krafttraining

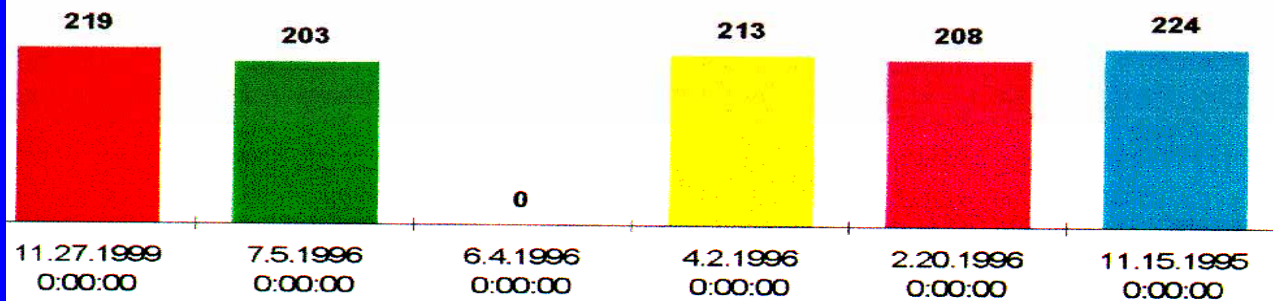
Verbesserung der Muskelkraft durch

- Verbesserung der intermuskulären und intramuskulären Koordination
- Hypertrophie (Synthese von kontraktilen Proteinen)
- mechanische Faktoren
- Änderung der Muskelfaserzusammensetzung
- mechanische Faktoren



Leistungsdiagnostik

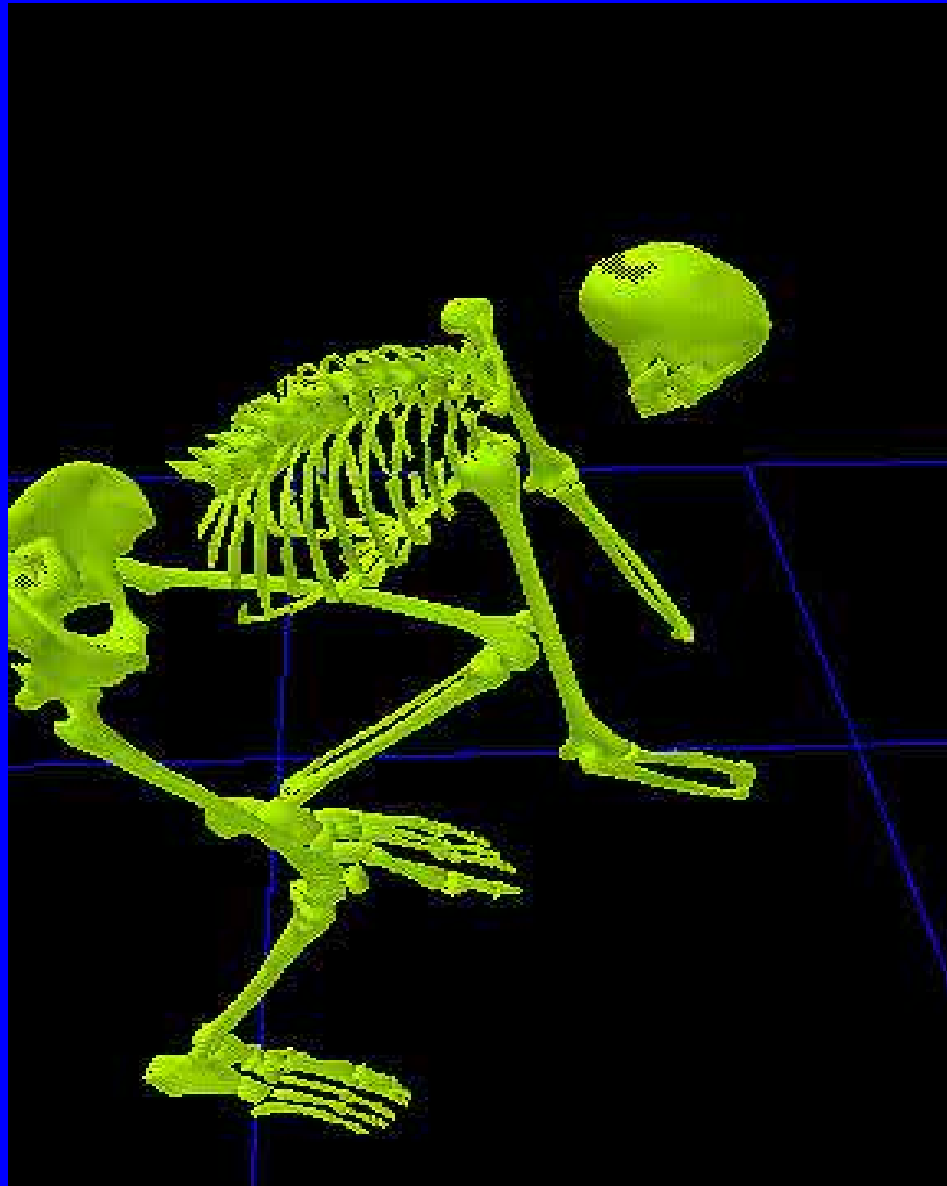
Motoriktest



Aktuell	219 U/min
Alter Wert	203 U/min

Gerät:	SRM
--------	-----

Vicon 3 D Biomechanischer Test





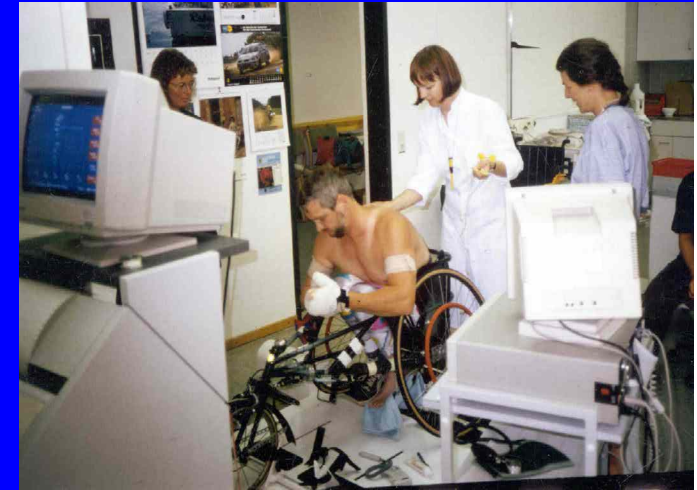
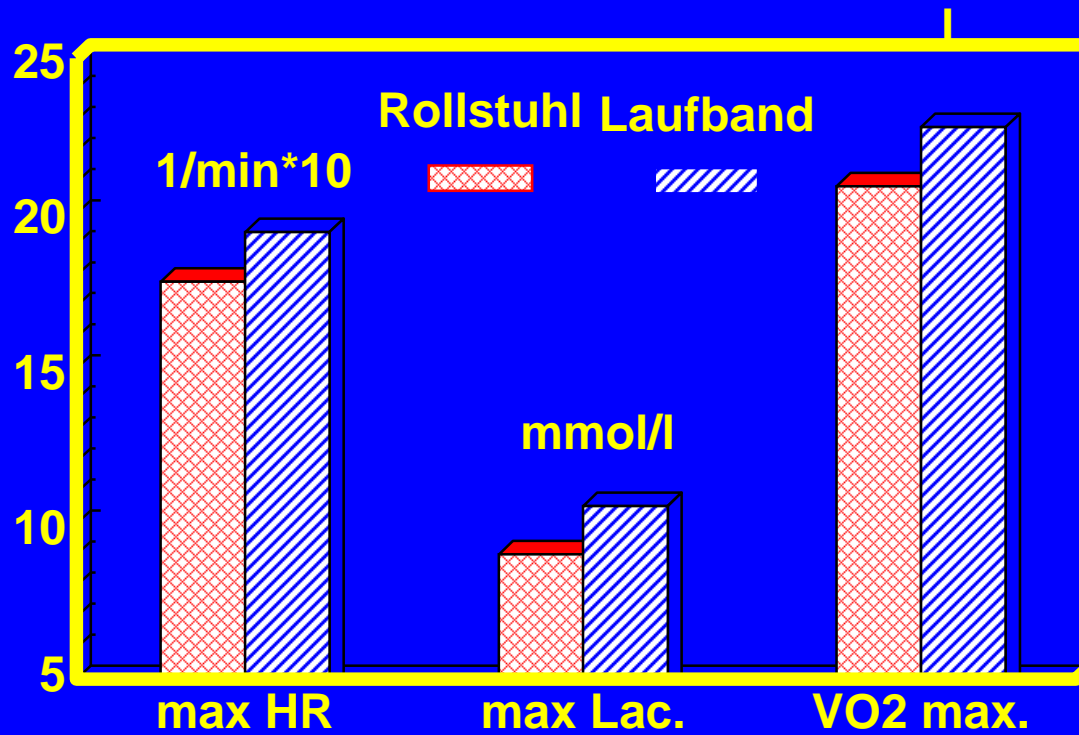
»Nicht mehr umdrehen, fahr' was du kannst« war die Anweisung von Bjarne Riis bei der Andorra-Etappe. Jan Ullrich gab alles – und siegte.

Sportartspezifische Leistungsdiagnostik

Rollstuhlergometrie

Laufband (6 km/h, 2 km/h, 3 min)

Ergometer (20 W, 20 W, 3 min)



Sportartspezifische Leistungsdiagnostik für Rollstuhl-Leichtathleten (Mittel- und Langstrecke)



	HALBMARATHON		MARATHON	
	r	p	r	p
MAX-L	0,860	0,000	0,913	0,000
MAX-LA	0,680	0,015	0,625	0,007
MAX-VO	0,655	0,021	0,704	0,002
L-2			0,609	0,036
L-3			0,833	0,000
L-4	0,602	0,038	0,860	0,000
L-IAS	0,716	0,009	0,863	0,000
L-AS	0,778	0,003	0,897	0,000
VO-4	0,613	0,034	0,681	0,005
VO-IAS	0,616	0,033	0,668	0,006
VO-AS			0,636	0,011

Paraplegiker: 6 km/h, 2 km/h, 3 min, 1,5% Laufbandsteigung

Tetraplegiker: 4 km/h, 1 km/h, 3 min, 1,5% Laufbandsteigung

Leistungsdiagnostik und Wettkampfergebnis

Korrelation der Ergebnisse der Leistungsdiagnostik mit der Wettkampfgeschwindigkeit im Rollstuhl-Marathon

	r	p
Pmax	0,913	0,00
VO2max	0,704	0,01
PAS	0,897	0,00
PIAS	0,863	0,00
P4mmol/l	0,860	0,00

Leistungsdiagnostik in der Praxis

Submaximaltest: PWC 170 (150, 130): Bewertung

- Beurteilung der aeroben Leistungsfähigkeit (Submaximalbereich) zu ohne Berücksichtigung der individuellen Hf
- Vergleichbarkeit von Alters- oder Trainingsgruppen
- Gute Beurteilung des individuellen Trainingsfortschrittes

	Männer	Frauen
PWC 130	1,50	1,25
PWC 150	2,00	1,60
PWC 170	2,50	2,00

Geschlechtsabhängige Normwerte für PWC in Watt/kg
Körpergewicht

Leistungsdiagnostik in der Praxis

Submaximaltest: PWC 170 (150, 130): Durchführung

Physical Work Capacity bei 170 Puls/min (150/min; 130/min):

- ausgehend von 25 oder 50 Watt
- Erhöhung der Belastung nach jeweils 2 min. bei gleichzeitiger Pulskontrolle
- Ermittelt wird die Wattleistung, die der Patient bei 170 Puls erreicht
- Bei über 50jährigen bietet sich 150 Puls/min. an, bzw. in höherem Alter 130 Puls/min

Leistungsdiagnostik in der Praxis

Maximaltest 180-LA (220-LA): Durchführung

- Stufentest beginnend mit 50 Watt, in 50 Watt Stufen jeweils 3 min. bis zur Ausbelastung.
- Ausbelastungskriterien sind:
Erreichen von 180- bzw. 220- LA oder subjektive Erschöpfung.
- Es handelt sich um einen Maximaltest, der Gesundheit und eine hohe Motivation erfordert.

Leistungsdiagnostik in der Praxis

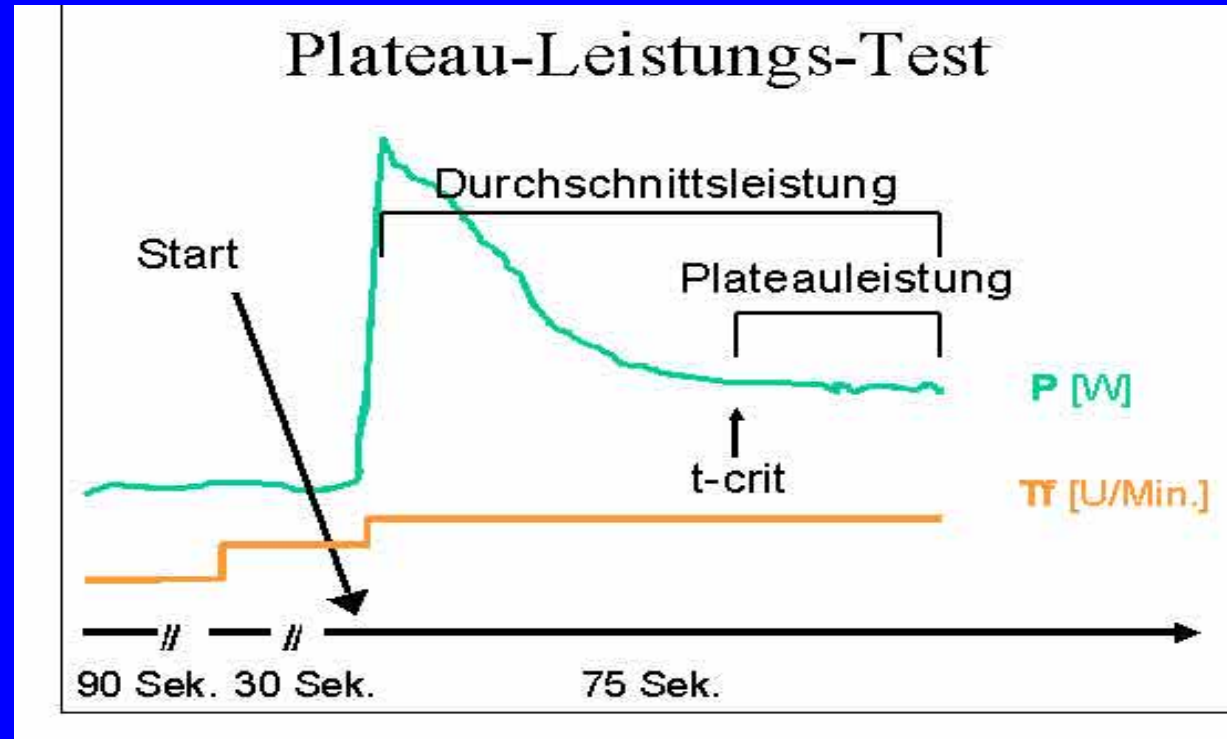
Maximaltest 180-LA (220-LA): Beurteilung

- 2.5 Watt/kg = Normalperson weiblich (20-30 Jahre)
- 3 Watt/kg = Normalperson männlich (20-30 Jahre)
- 4 Watt/kg = Gut trainierter Breitensportler,
Leistungssportler (ohne Ausdauersport)
- 5 Watt/kg = Ausdauertrainierter Leistungssportler
- 6 Watt/kg = Hochausdauertrainierter Spitzensportler
(Radrennfahrer)

Für jedes Lebensjahr über 30 Jahre wird von dem Normwert 1 % pro Lebensjahr reduziert.

Leistungsdiagnostik in der Praxis

Plateautest



- 75 sec, 90-110/min
- Leistung, VO₂, Hf und Laktat nach Belastung