

Biker werden im Winter gemacht

- theoretischen Grundlagen zu aerober und anaerober Energiebereitstellung
- Beziehung zwischen Belastungsintensität und Belastungsparametern wie Herzfrequenz, Atemparameter oder Laktat
- Sinnvolle Trainingsplanung mit einfachen Mitteln



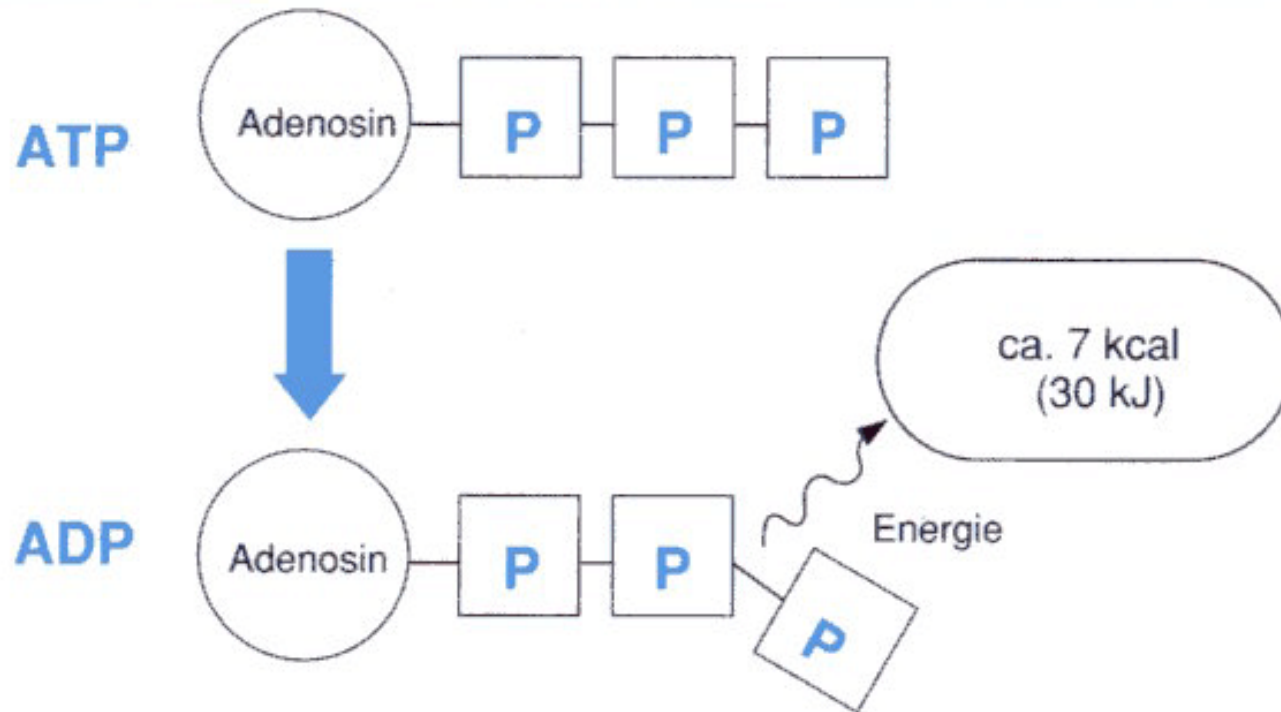
Dr. med. Doris Wiebke

Praxis Dr. A. Drießle, München

Übersicht

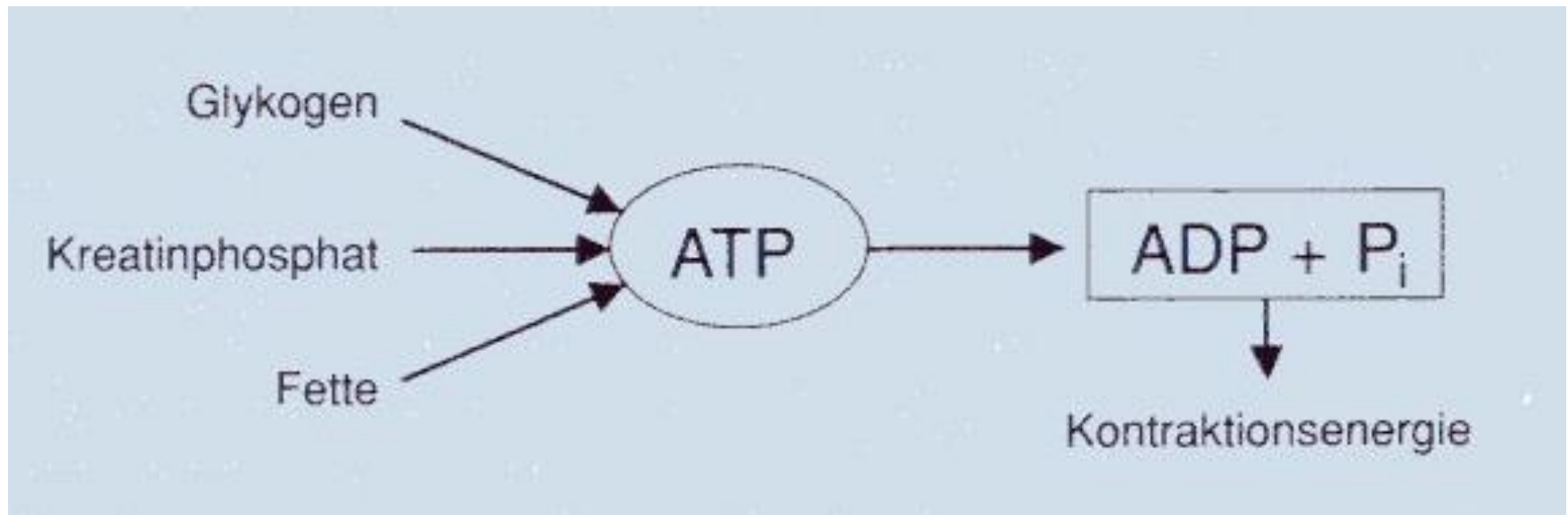
- **Energiebereitstellung**
- **Ausdauer**
- **Leistungsdiagnostik**
- **Herzfrequenz**
- **Subjektives Belastungsempfinden (Borg)**
- **Atemrhythmus**

Energiebereitstellung 1



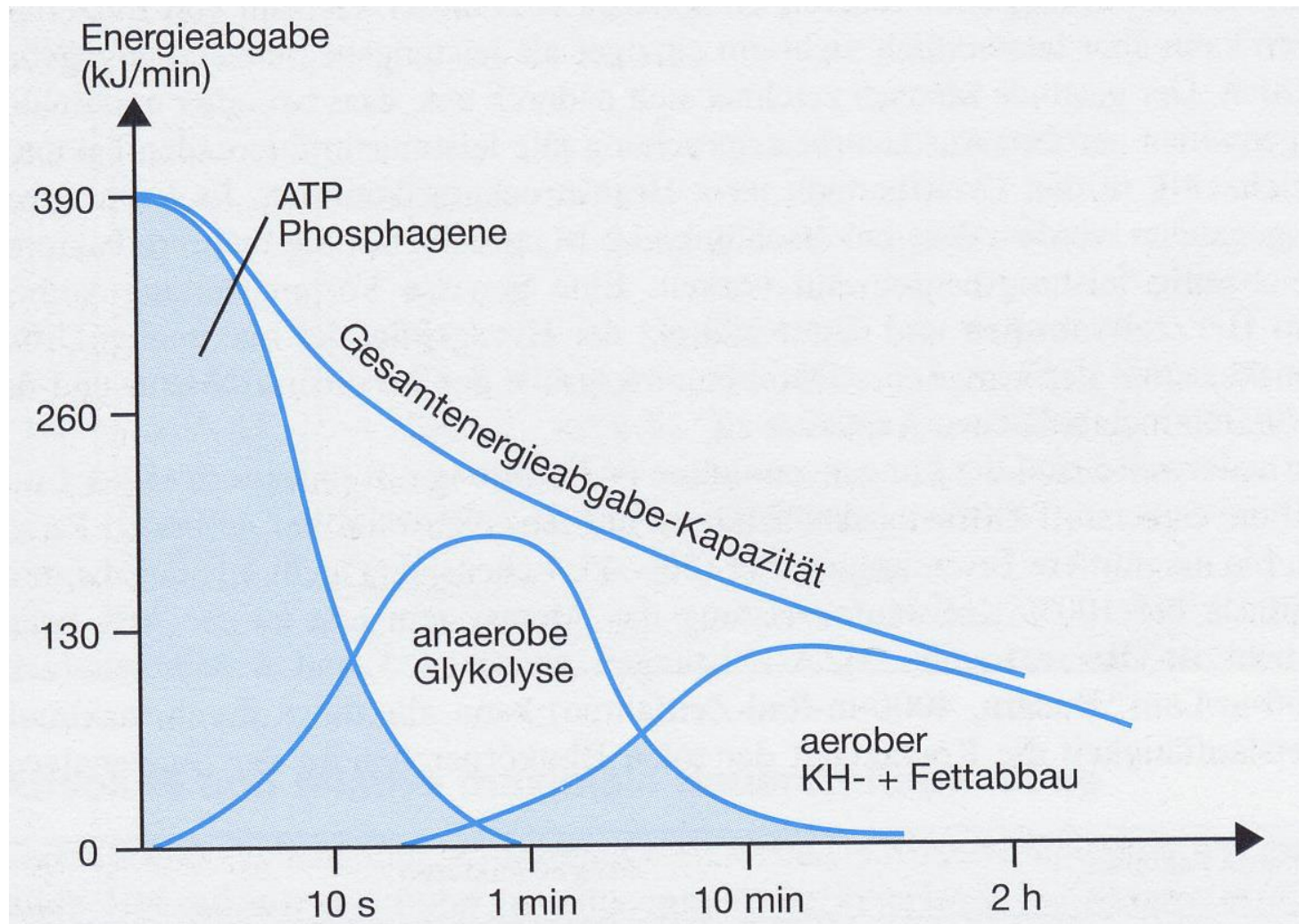
Energiebereitstellung beim Abbau von Adenosintriphosphat (ATP) in Adenosindiphosphat (ADP) mit dem zugehörigen Enzym (hydrolytische Spaltung des ATP)

Energiebereitstellung 2



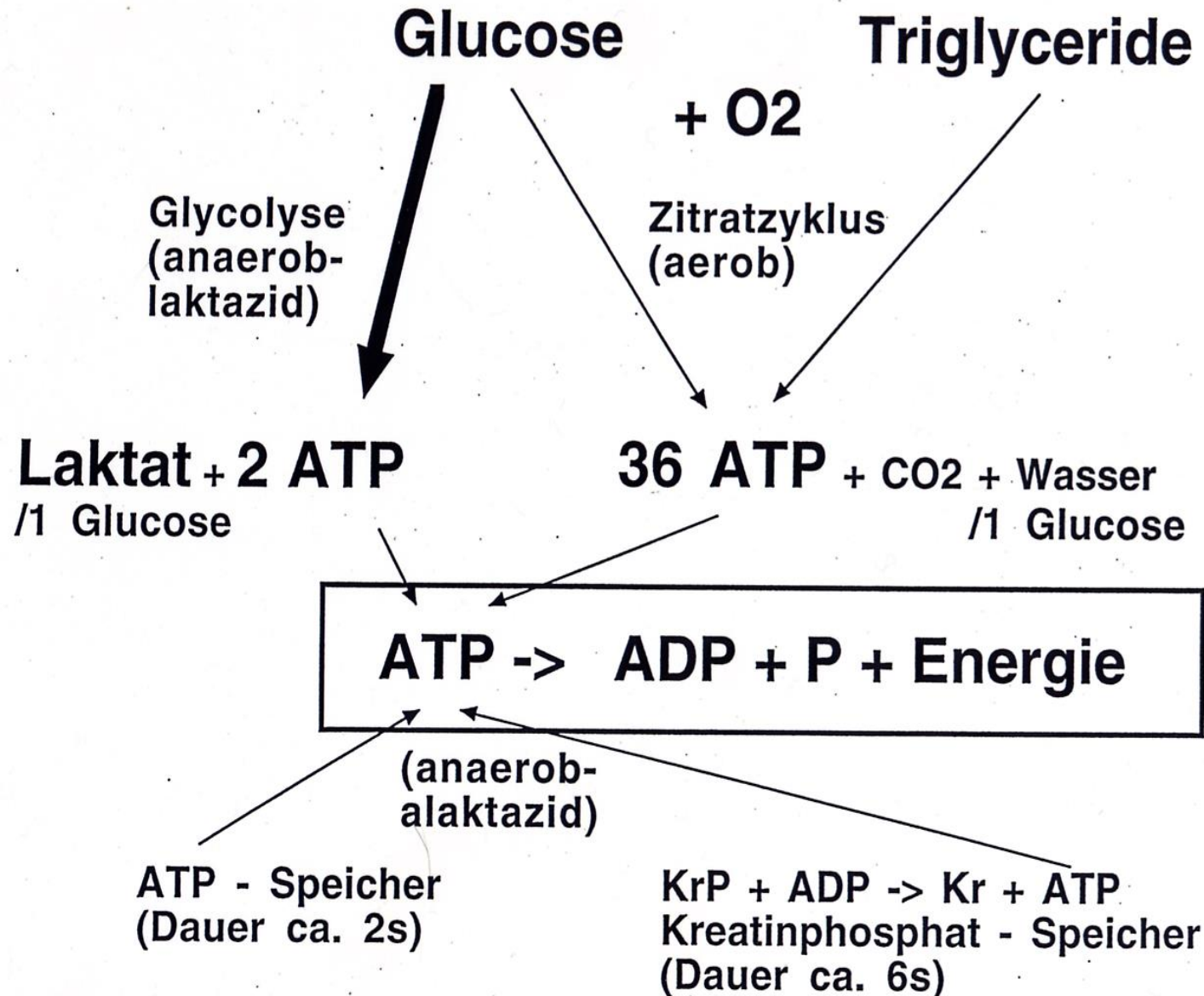
**Zentrale Rolle des Adenosintriphosphates (ATP)
im Energiestoffwechsel der Muskelzelle**

Energiebereitstellung 3



Möglichkeiten der Energiebereitstellung bei maximaler Beanspruchung in Abhängigkeit von der Zeit (nach Badtke 1995)

Energiebereitstellung 4



Übersicht

- Energiebereitstellung
- **Ausdauer**
- Leistungsdiagnostik
- Herzfrequenz
- Subjektives Belastungsempfinden (Borg)
- Atemrhythmus

Ausdauer 1

	100 m	200 m	400 m	800 m	1000 m	1500 m	5000 m	10000 m	Marathon
aerob	5	10	25	45	50	65	90	95	99
anaerob	95	90	75	55	50	35	10	5	1

Strecke (m)	Zeit (min)	m/s	O ₂ -Verbrauch (%)	O ₂ -Schuld (%)	Milchsäuregehalt im Blut
100	0:11.2	8.92	4	96	132 mg% = 14.65 mmol/l
200	0:23.6	8.47	6	94	198 mg% = 21.98 mmol/l
400	0:51.8	7.72	8	92	227 mg% = 25.20 mmol/l
800	1:56.1	6.89	23	77	211 mg% = 23.42 mmol/l
1500	3:58.1	6.29	49	51	163 mg% = 18.09 mmol/l
5000	16:10.1	5.15	73	27	109 mg% = 12.10 mmol/l
10000	33:13.6	5.07	87	13	64 mg% = 7.10 mmol/l

Prozentuale Anteile aerober und anaerober Energiegewinnung auf den leichtathletischen Wettkampfstrecken

Ausdauer 2

Leistungsbegrenzende Faktoren der verschiedenen Ausdauerformen:

- **Allgemeine anaerobe dynamische Ausdauer:**
 - Dynamische Kraft der Muskulatur, Kontraktionsgeschwindigkeit
 - Fähigkeit, große Energiemengen pro Zeit freizusetzen (anaerobe Energiemenge)
 - Hohe Lactat – Toleranz, lokale und zentrale Ermüdung
 - Viskosität, Flexibilität, Koordination
- **Allgemeine aerobe dynamische Ausdauer:**
 - Herz (max. Herz – Zeit – Volumen)
 - Blut (Transportkapazität)
 - Lunge (nur bei max. Belastungen zwischen 2-10 min leistungsbegrenzend)
 - Intrazelluläres O₂- Angebot (lokale Durchblutung = Kapillarisation, Kollateralenbildung, intramuskuläre Blutverteilung)
 - Myoglobingehalt
 - Kapazität des intramitochondrialen Stoffwechsels
 - Größe der lokalen Glycogenspeicher
 - Qualität der metabolischen Prozesse (Ökonomie)
 - Koordination

Übersicht

- Energiebereitstellung
- Ausdauer
- **Leistungsdiagnostik**
- Herzfrequenz
- Subjektives Belastungsempfinden (Borg)
- Atemrhythmus

Leistungsdiagnostik 1

Tests zur Feststellung der Ausdauerleistungsfähigkeit

Labor – und Feldtests: Feststellung Ist - Zustand
 Trainingskontrolle, Trainingsempfehlungen

Stufentest: mindestens 4 Belastungsstufen
 sportartnah

Messgrößen: **Lactat** bei definierten Belastungsstufen: **Lactat – Leistungskurve**
 (Bestimmung des anteilmäßigen anaeroben Energiestoffwechsels;
 Berechnung der aeroben + anaeroben Schwelle,
 Berechnung des aerob-anaeroben Übergangsbereiches)
 Herzfrequenz
 O₂- Aufnahme (Spiroergometrie)

Vorteil Labortest: Gesundheitsbeurteilung (Bel. EKG, RR-Verhalten)
 gute Reproduzierbarkeit und Praktikabilität
 (keine exogen modifizierende Faktoren, z.B. Temperatur ...)

Vorteil Feldtest: sportartspezifisch

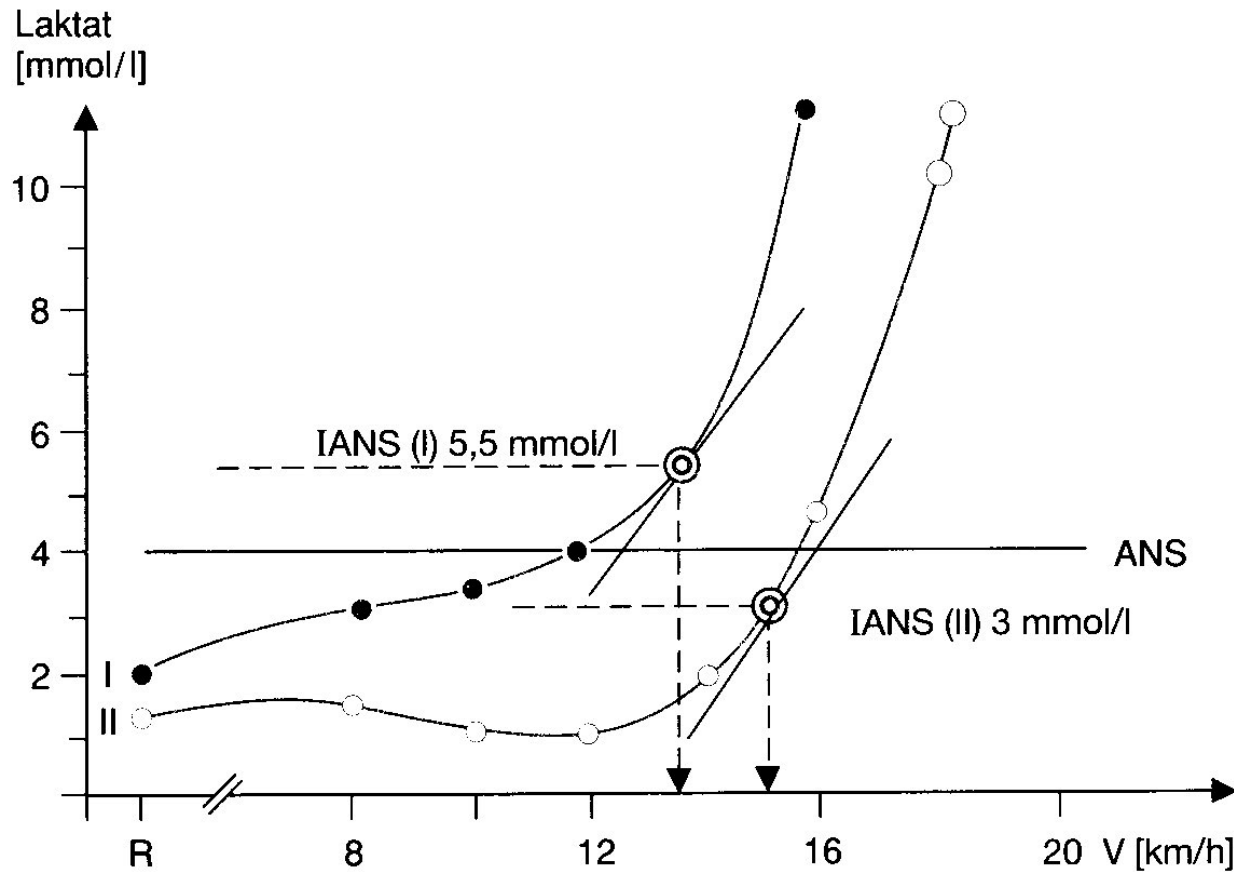
Übertragung Trainingsbereiche auf andere Sportarten **nicht** möglich!

Ausdauer: Laktatdiagnostik 1

Laktatdiagnostik:	Bestimmung der Art der Energiebereitstellung
vorwiegend aerob:	kein Laktatanstieg
vorwiegend anaerob:	Laktatanstieg

- **Aerobe Schwelle:** niedrige Belastungsintensität
(AS; ca. 2 mmol/l) Grenze der aeroben Energiebereitstellung
- **Aerob – Anaerober Übergangsbereich:**
(AANÜ) mittlere Belastungsintensität mit gemischt
aerobem und anaerobem Energiebereitstellung
Lactat – steady – state
(Gleichgewicht Laktatbildung und –abbau)
- **Anaerobe Schwelle:** hohe Belastungsintensität
(ANS; ca. 4 mmol/l) Lactat – steady – state überschritten

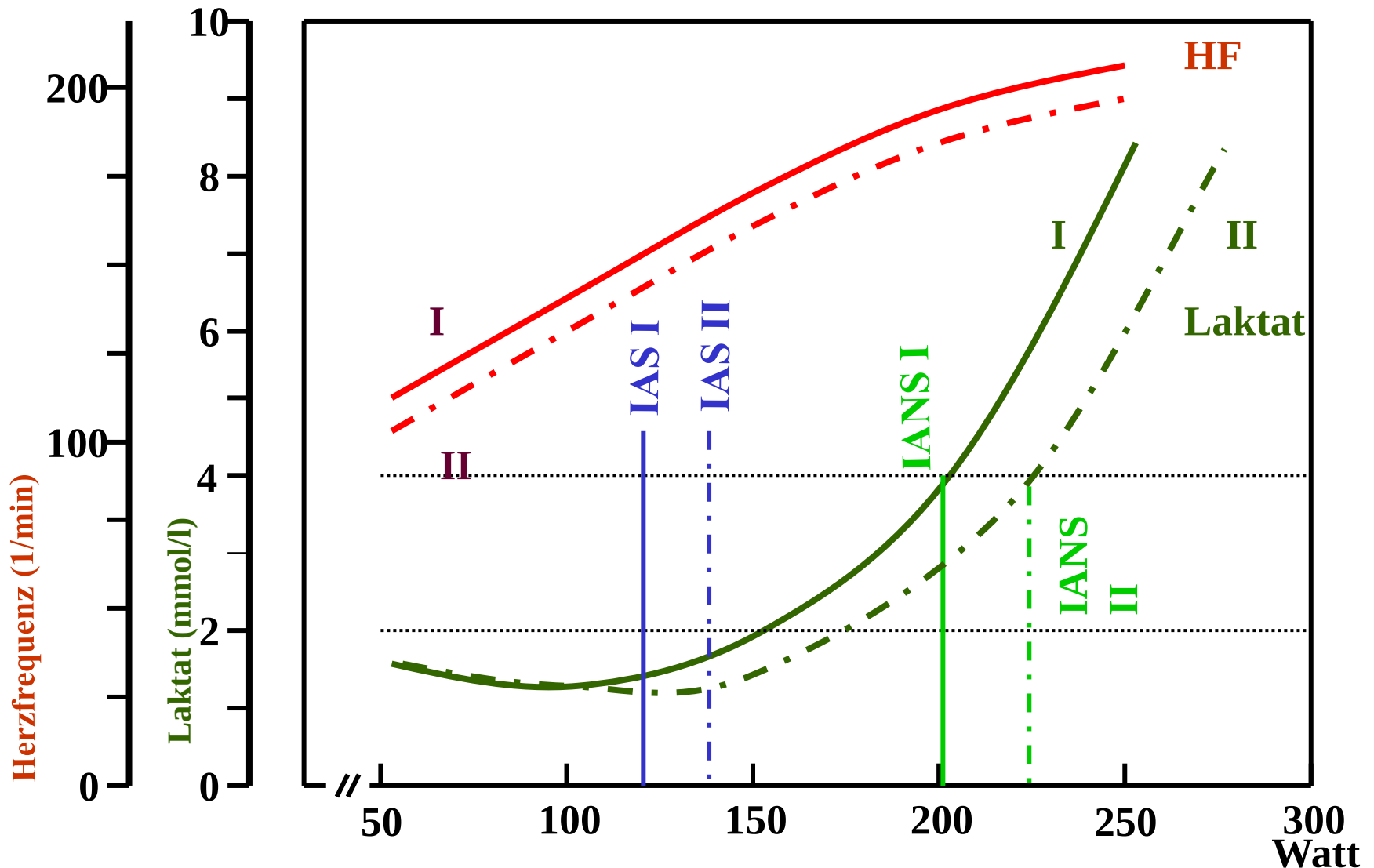
Ausdauer: Laktatdiagnostik 2



Laktat - Leistungskurven Untrainierter (I) und Hochtrainierter (II) mit den individuellen anaeroben Schwellen. Der kritische Anstieg der Laktatkurve wurde mittels einer Tangentenmethode festgelegt.

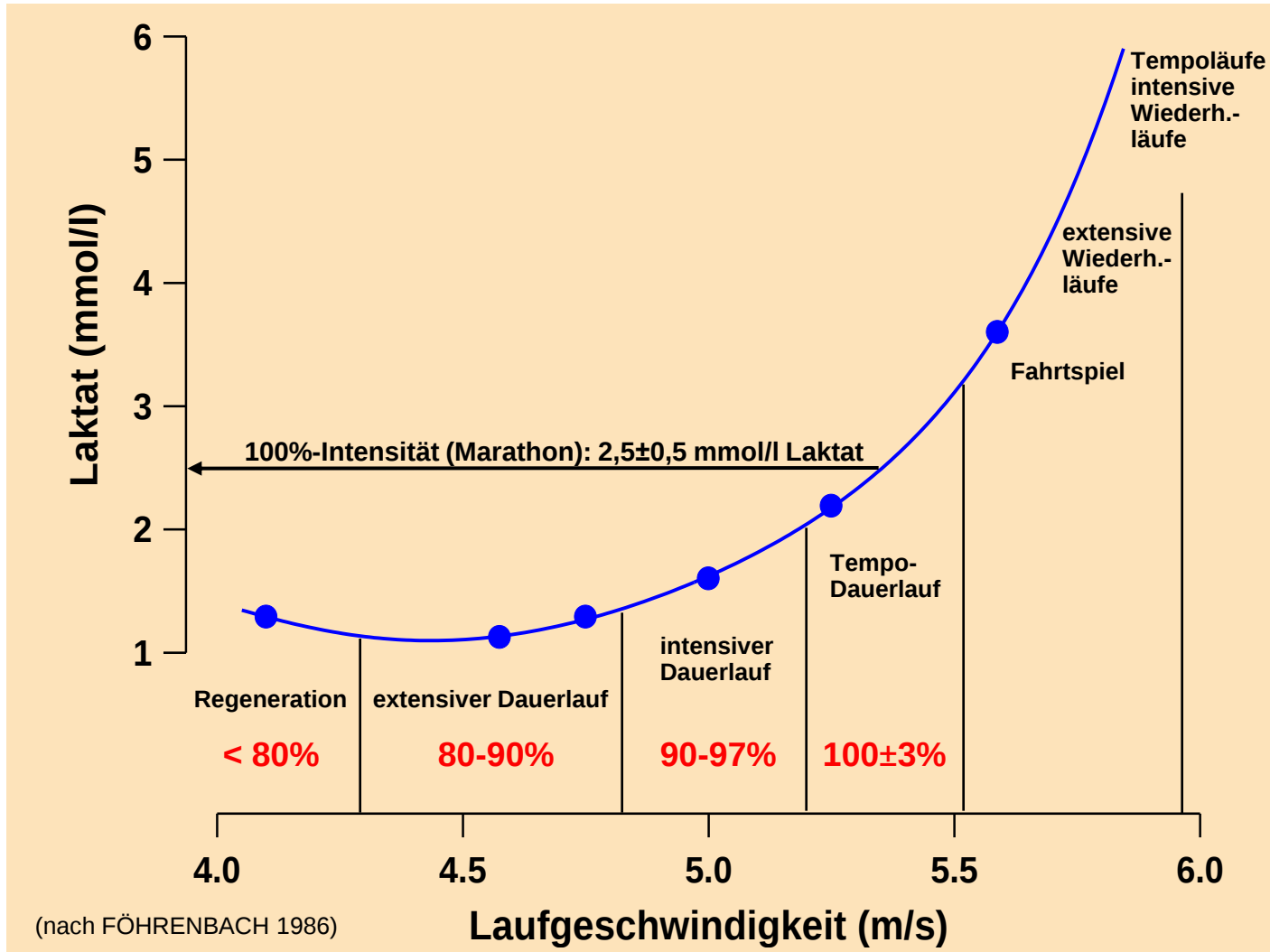
Keul et al. Dtsch.Z.Sportmed. 30, 1979)

Ausdauer: Laktatdiagnostik 3

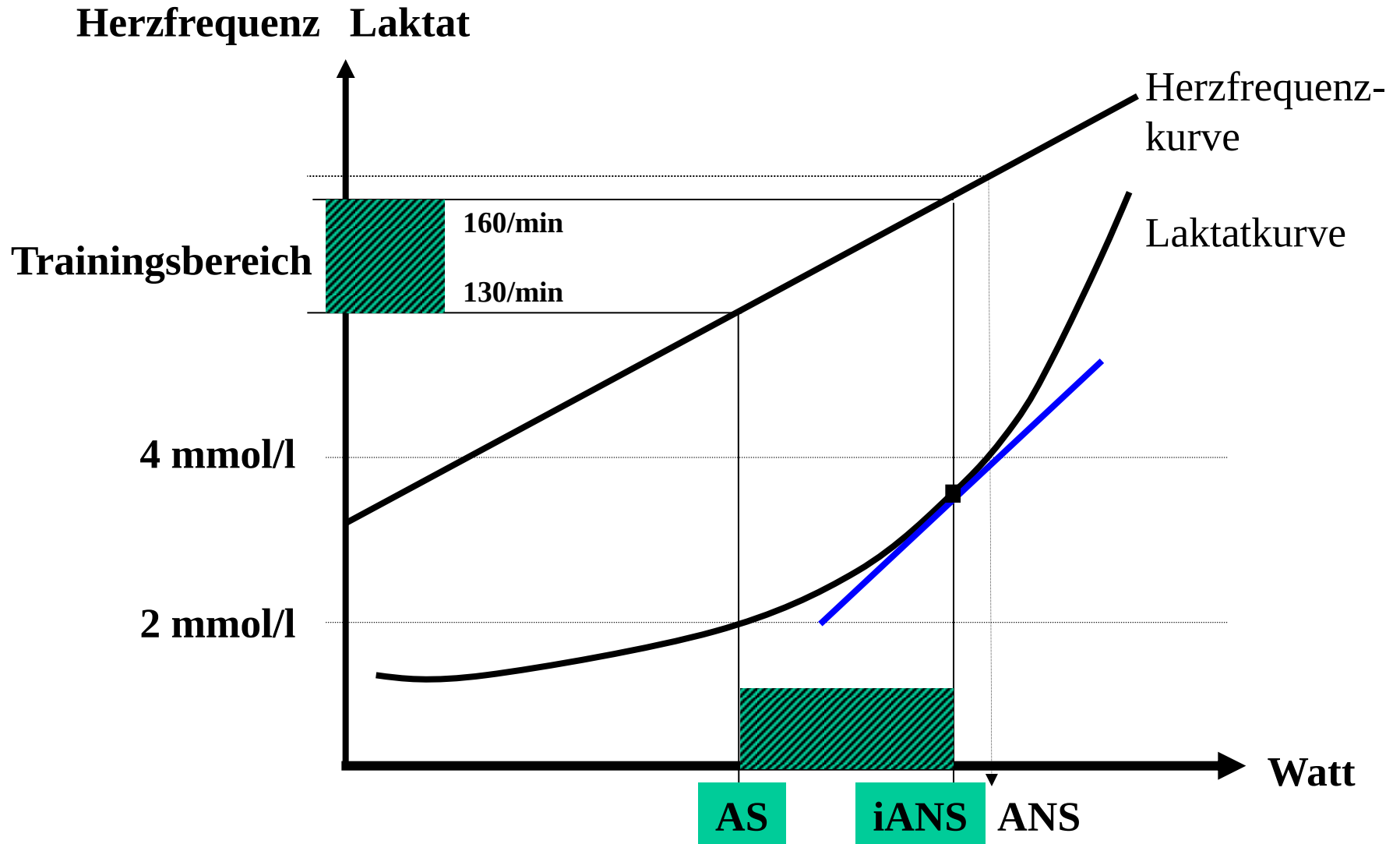


Fahrradergometrien im Abstand von 8 Wochen

Trainingsempfehlung für Marathonläufer



Trainingsbereich



Poliklinik fuer Praeventive und Rehabilitative Sportmedizin
der Technischen Universitaet Muenchen

LAUFBAND

Belastung auf dem Laufband. Beginn der Belastung mit 8 kmh
Steigerung um 2 km/h nach je 3 Minuten, Steigung 1 %.

Name: Alter: Datum:
Vorname: Groesse: 190 cm Nummer:
geb. am: Gewicht: 88.kg
Sportart: Kader:

MESSWERTE	Belastung kmh	Laktat mmol/l	HF l/min	Blutdruck (mmHg) syst. diast.
Ruhe	0	0.67	77	145 95
B1	8	1.1	133	
B2	10	1.16	151	
B3	12	1.7	164	
B4	14	2.76	178	
B5	16	5.11	185	
B6	18	9.71	191	
Erh.+1 min.	0	9.92	139	205 60
Erh.+3 min.	0	10.64	112	195 70
Erh.+5 min.	0	12.23	103	175 75

ERGEBNISSE	Laufleistung km/h m/s %vmax	Laktat mmol/l	HF l/min
MAX. WERTE	18.0 5.00 100	12.2	191

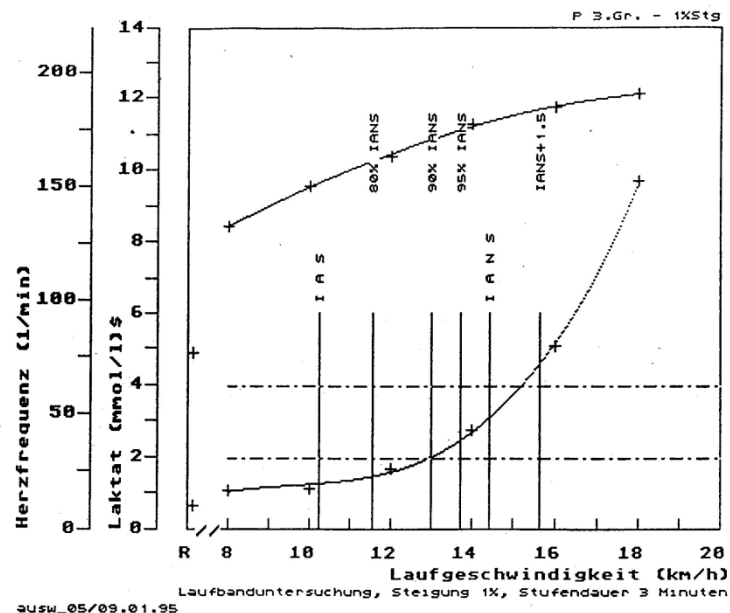
SCHWELLEN

ANS	15.2	4.22	84	3'57''	4.0	182
IANS	14.4	4.01	80	4' 9''	3.1	179
AS	13.0	3.60	72	4'38''	2.0	171
IAS	10.2	2.84	57	5'52''	1.3	152

MAXIMALLEISTUNG und SAUERSTOFFAUFNAHME

Aus der maximalen Leistung ist eine Sauerstoffaufnahme von
60 ml/(kg*min) zu berechnen. Ob hiermit die wirkliche maximale
Sauerstoffaufnahme bestimmt wurde, muss an Hand der Ausbelastungs-
kriterien ermittelt werden.

ANS = anaerobe Schwelle (Leistung bei 4 mmol Laktat)
IANS = individuelle Schwelle (Leistung b. 45 Gr. Steigung d. Laktatkurve)
AS = aerobe Schwelle (Leistung bei 2 mmol Laktat)
IAS = individuelle aerobe Schwelle (Leistung b. Minimum Laktat/Leistung)
B = Belastungsstufe, Erh. = Erholung)



TRAININGS- HINWEISE	Laufbelastung km/h m/s %IANS	min/km	Laktat mmol/l	HF l/min
IANS	115% 16.6 4.61 115	3'37''	3.1	179
IANS >>100%	14.4 4.01 100	4' 9''	3.1	179
	95%: 13.7 3.81 95	4'22''	2.5	175
	90%: 13.0 3.61 90	4'37''	2.0	171
	80%: 11.6 3.21 80	5'12''	1.5	162
	75%: 10.8 3.01 75	5'32''	1.4	157
IAS	10.2 2.84 71	5'52''	1.3	152

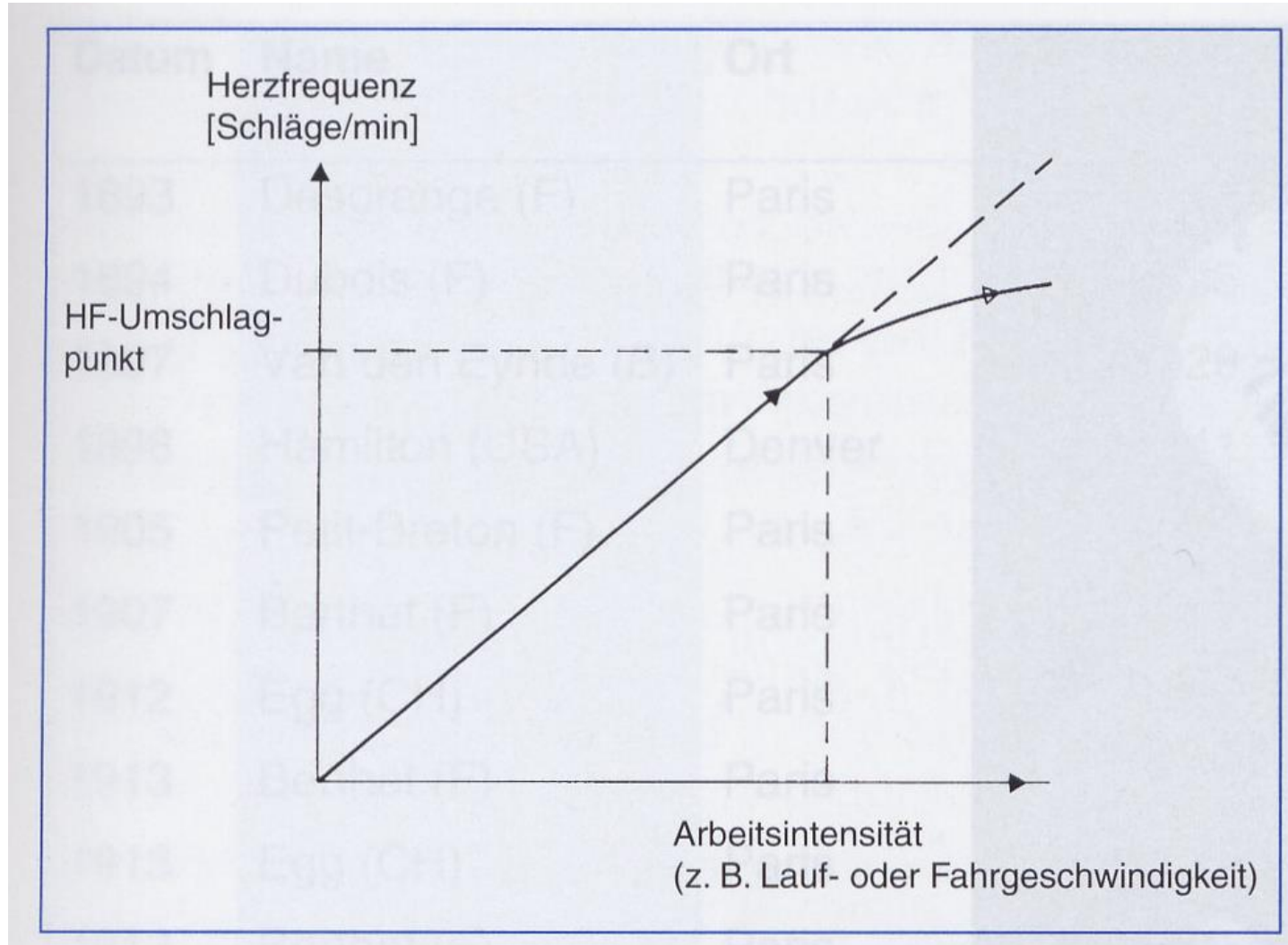
LEGENDE: Trainingshinweise

Angegeben sind Belastungsintensitaeten bzw. Bereiche zur Verbesserung der
aeroben Ausdauer. Sie sind sportartspezifisch u. unter Beachtung der
Belastungsdauer unterschiedlich zu nutzen. Bei den Bereichen wurden obere
Grenzen in Abhaengigkeit von der IANS bzw. der IAS berechnet.
Grenze Regeneration = IAS
Grenze extensiver Ausdauerbereich = 90% der IANS
Grenze intensiver Ausdauerbereich = IANS
Grenze extensiver Intervallbereich = IANS+1.5 Laktat ~115% d. IANS)

Übersicht

- Energiebereitstellung
- Ausdauer
- Leistungsdiagnostik
- **Herzfrequenz**
- Subjektives Belastungsempfinden (Borg)
- Atemrhythmus

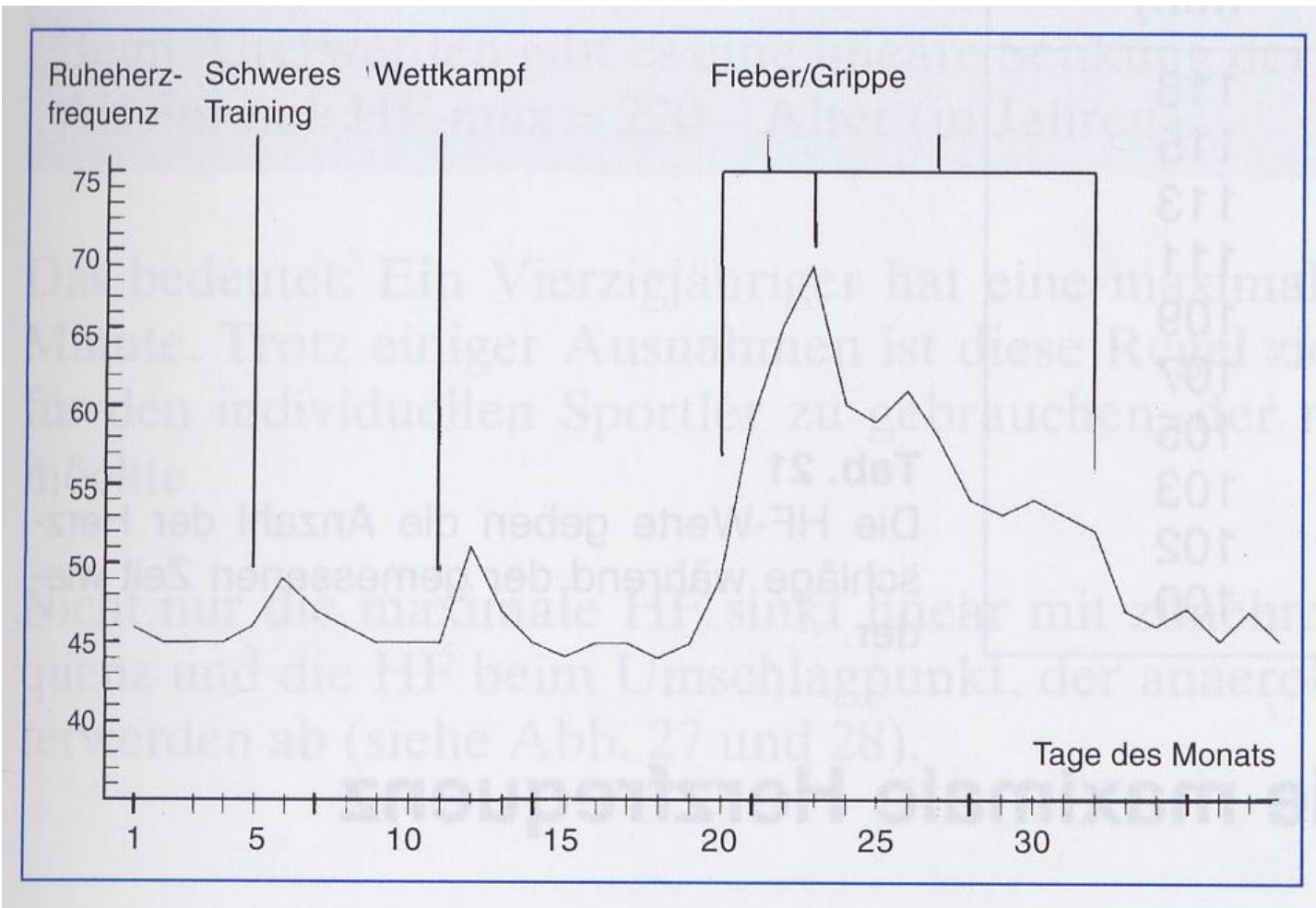
Grundlagen zur Herzfrequenz



Herzfrequenzregulation 1

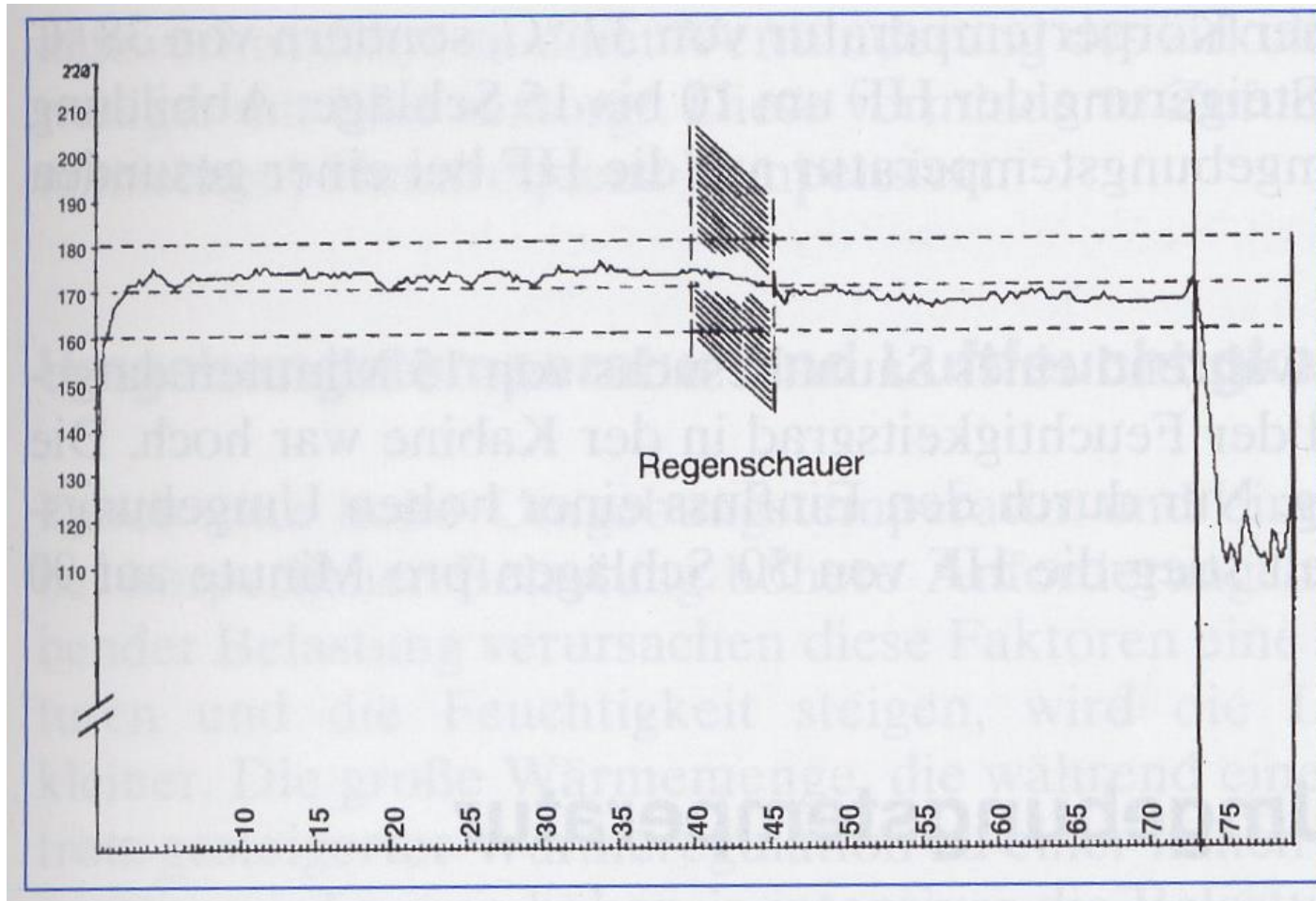
- Externe beeinflussende Faktoren:
 - Medikamente
 - Außentemperatur (Optimum 16 – 22° C)
 - Flüssigkeitsverlust
 - Luftfeuchtigkeit, Höhe
- Interne beeinflussende Faktoren:
 - Körpertemperatur
 - Schilddrüsendysfunktionen
 - Infektionen
 - Körperliche Konstitution (Lebensalter, Trainingszustand...)
- Messmodus
 - Pulsuhr
 - Eigenmessung

Herzfrequenzregulation 2



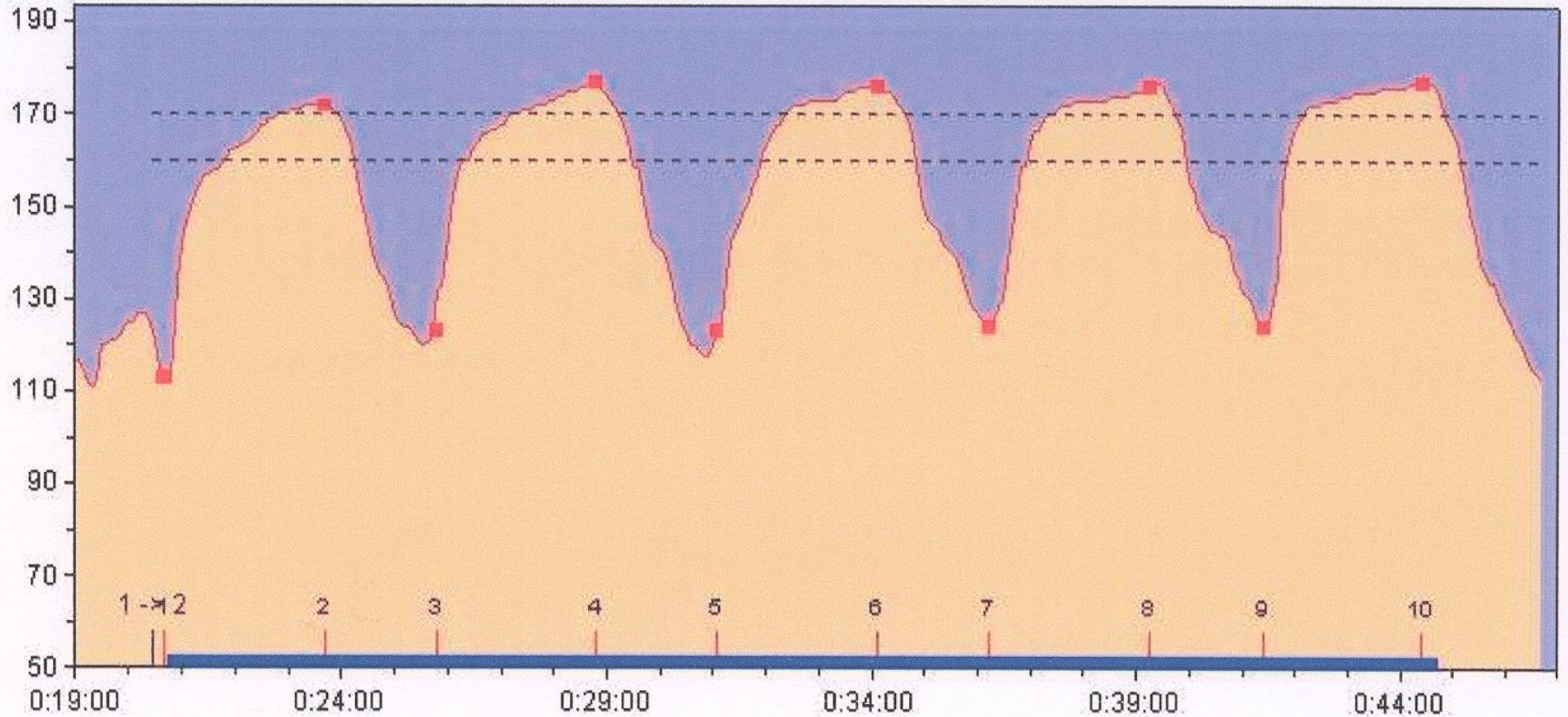
Ruhepulskurve

Herzfrequenzregulation 3



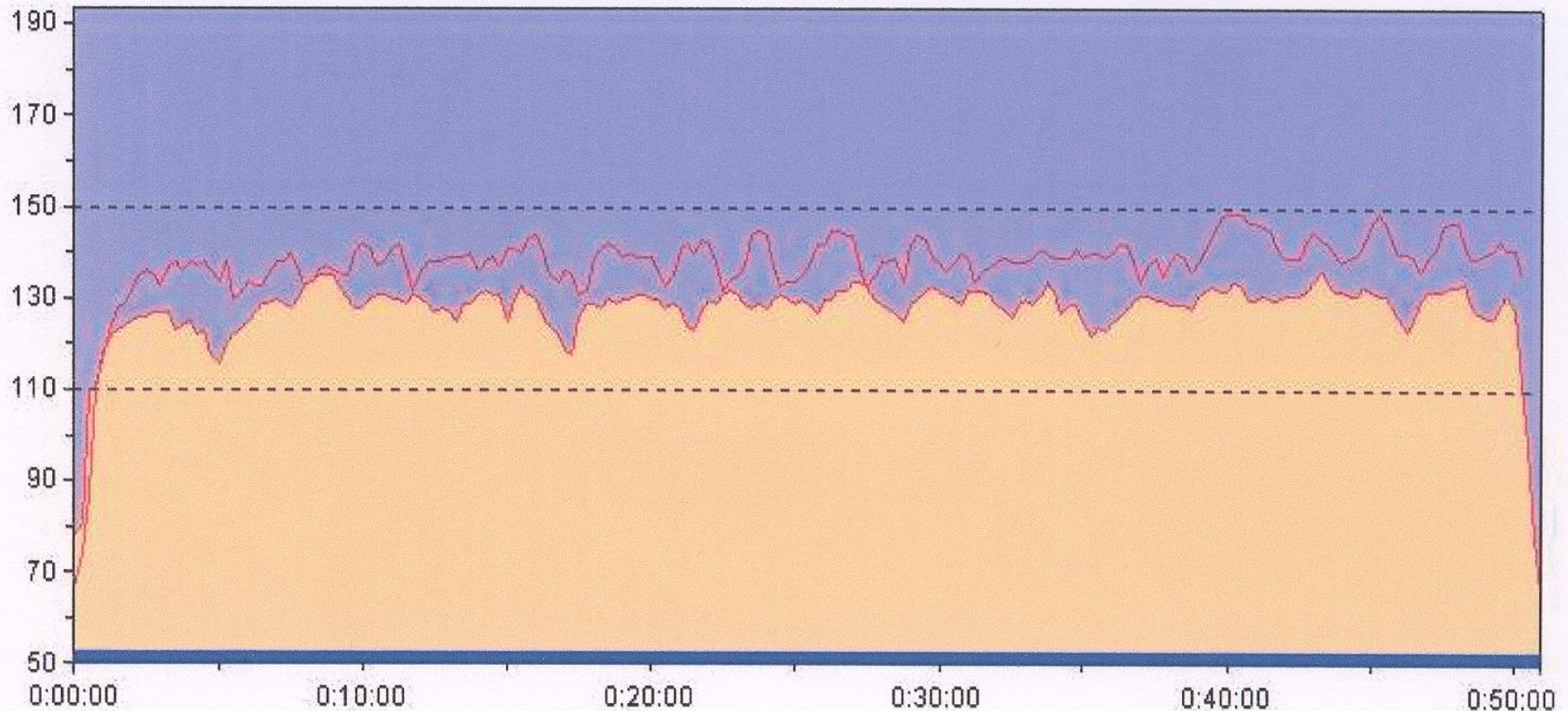
Einfluss der Außentemperatur auf die Herzfrequenz
während eines halben Marathonlaufes

Belastungsherzfrequenz 1



Beispiel einer Herzfrequenzkurve für eine Maximal-Ausdauerereinheit

Belastungsherzfrequenz 2



Herzfrequenzkurven erlauben einen Vergleich zwischen „erholt“ und „beansprucht / müde“

Anwendung der Herzfrequenzformeln

Beispiel: 30-jähriger Sportler ($Hf_{\max} = 190 \text{ min}^{-1}$, $Hf_{\text{Ruhe}} = 55 \text{ min}^{-1}$)

■	Trimming 130	DSB	
■	$0,6 \times (Hf_{\max} - Hf_{\text{Ruhe}}) + Hf_{\text{Ruhe}}$	WHO (1968)	136
■	$0,7 \times Hf_{\max}$	Hüllemann (1982)	133
■	$180 - \text{Lebensalter}$	Baum / Hollmann (1983)	150
■	$170 - 0,5 \times \text{Lebensalter}$	Schmith / Israel (1983)	155
■	<u>$0,65 \times (Hf_{\max} - Hf_{\text{Ruhe}}) + Hf_{\text{Ruhe}}$</u>	Lagerstrom / Graf (1986)	143
■	$\text{Int.} \times (Hf_{\max} - Hf_{\text{Ruhe}}) + Hf_{\text{Ruhe}}$	Haber (1986)	136
■	$0,6 - 0,7 \times Hf_{\max}$	Bringmann (1987)	114 - 133
■	<u>$0,6 - 0,9 \times Hf_{\max}$</u>	Am College Sports Med (1994)	114 - 171
■	$0,5 - 0,85 (Hf_{\max} - Hf_{\text{Ruhe}}) + Hf_{\text{Ruhe}}$	ACSM (1994)	122 - 170
■	$200 / 220 - \text{Lebensalter} \times 0,6 - 0,85$	ACSM (2018)	102 - 145

Übersicht

- Energiebereitstellung
- Ausdauer
- Leistungsdiagnostik
- Herzfrequenz
- **Subjektives Belastungsempfinden (Borg)**
- Atemrhythmus

Borg- Skala 1

6 Überhaupt nicht anstrengend
7
8 Extrem leicht
9 Sehr leicht
10
11 Leicht
12
13 Etwas anstrengend
14
15 Anstrengend schwer
16
17 Sehr anstrengend
18
19 Extrem anstrengend
20 Maximale Anstrengung

Borg-Skala zur Abschätzung des Anstrengungsempfindens RPE
(RPE = Rate of Perceived Exertion)

Borg- Skala 2

- Die Skala wird zu Beginn der Belastung (zum Beispiel Ergometrietest) dem Probanden gezeigt. Man kann die Skala mit dem erklärenden Text dem Betreffenden auch schon vor dem Belastungstest (zum Beispiel im Wartezimmer) zum Lesen geben.
- Folgende Anleitung ist zu benutzen:
„Wir wollen Ihr Anstrengungsempfinden während der Belastung bestimmen, das heißt wir wollen feststellen, wie anstrengend für Sie das Ergometertreten (beziehungsweise die Laufbandleistung) ist. Das Anstrengungsempfinden hängt von der Beanspruchung und Ermüdung der Muskulatur ab, ferner von Atemlosigkeit (beziehungsweise Luftnot) oder Brustschmerzen.“
- Auf dieser Skala bedeutet **6**: überhaupt nicht anstrengend und **20** bedeutet maximale Anstrengung.
- **9**: entspricht einer sehr leichten "Anstrengung, wie bei einer Normalperson das normale Gehen im eigenen Tempo.
- **13**: auf der Skala ist: „etwas anstrengend“, man kann bei der Belastung aber gut weitermachen.
- **15**: ist „anstrengend“ und „schwer“, aber Fortfahren ist noch möglich.
- **17**: „sehr anstrengend“. Sie können die Belastung noch weitermachen, sie müssen sich aber sehr anstrengen und sind bald erschöpft.
- **19**: „sehr sehr anstrengend“, für die meisten Personen ist dies eine sehr anstrengende Belastung, die stärkste, die sie jemals erlebt haben.
- Versuchen Sie, Ihr Anstrengungsempfinden so spontan und ehrlich wie möglich anzugeben, ohne über die aktuelle Belastung nachzudenken. Versuchen Sie, die Anstrengung weder zu über- noch unterschätzen. Ihre eigene Empfindung von Leistung und Anstrengung ist wichtig, nicht die im Vergleich zu anderen. Schauen Sie auf die Skala und die begleitenden Worte, und geben Sie eine Zahl an.
- Haben Sie noch Fragen?

Einflussfaktoren auf RPE 1

Psychologische Faktoren

➤ Denkbare Einflussfaktoren:

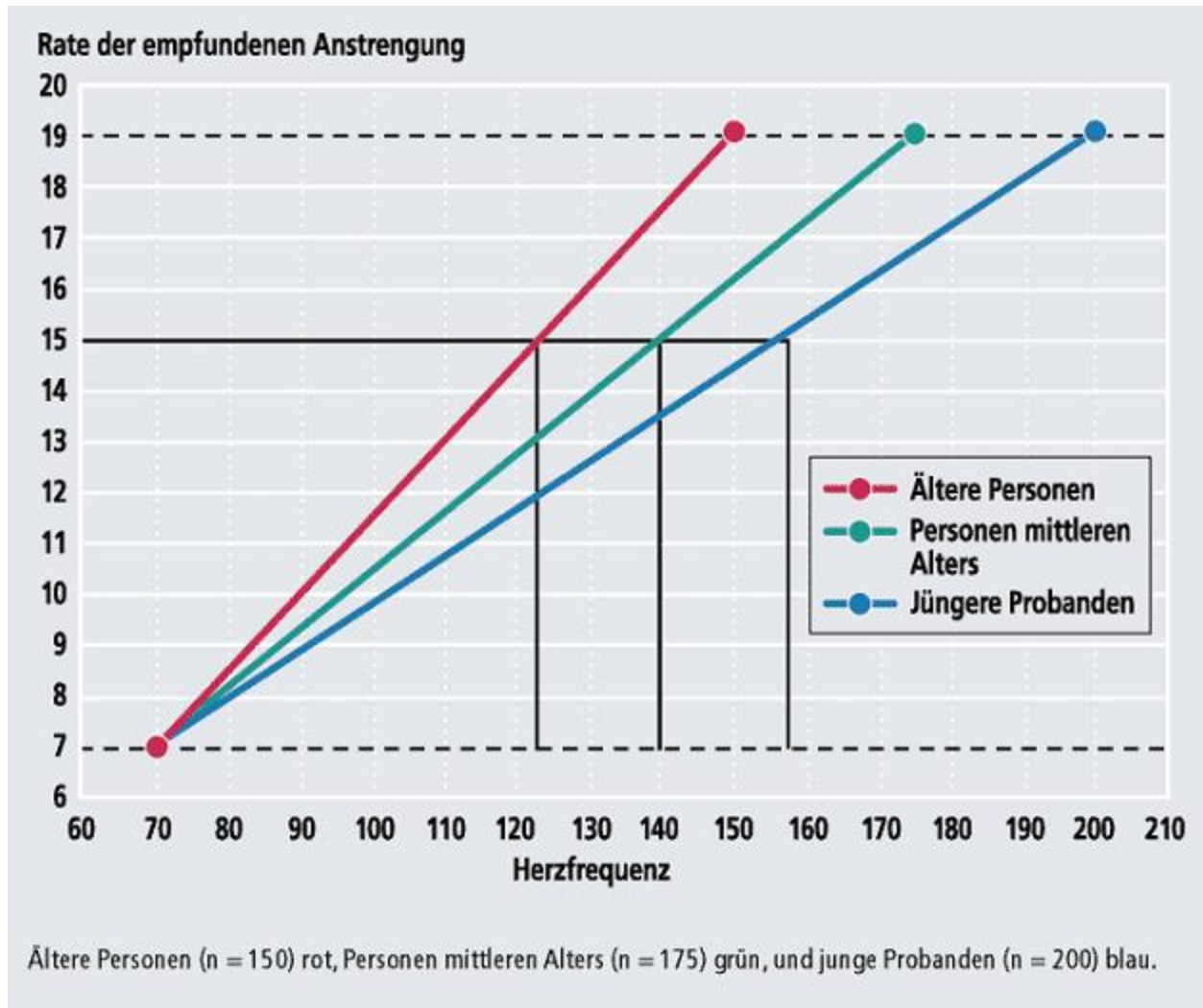
- Monotonie, Motivationsniveau, Musik
- Medikamente
- Extreme Umgebungsbedingungen
- Geschlecht?

➤ Individuelle Unterschiede zurückzuführen auf psychomentale Eigenschaften wie

- Extroversion – Introversion
- Depression, Euphorie, Ängstlichkeit
- Körperempfinden

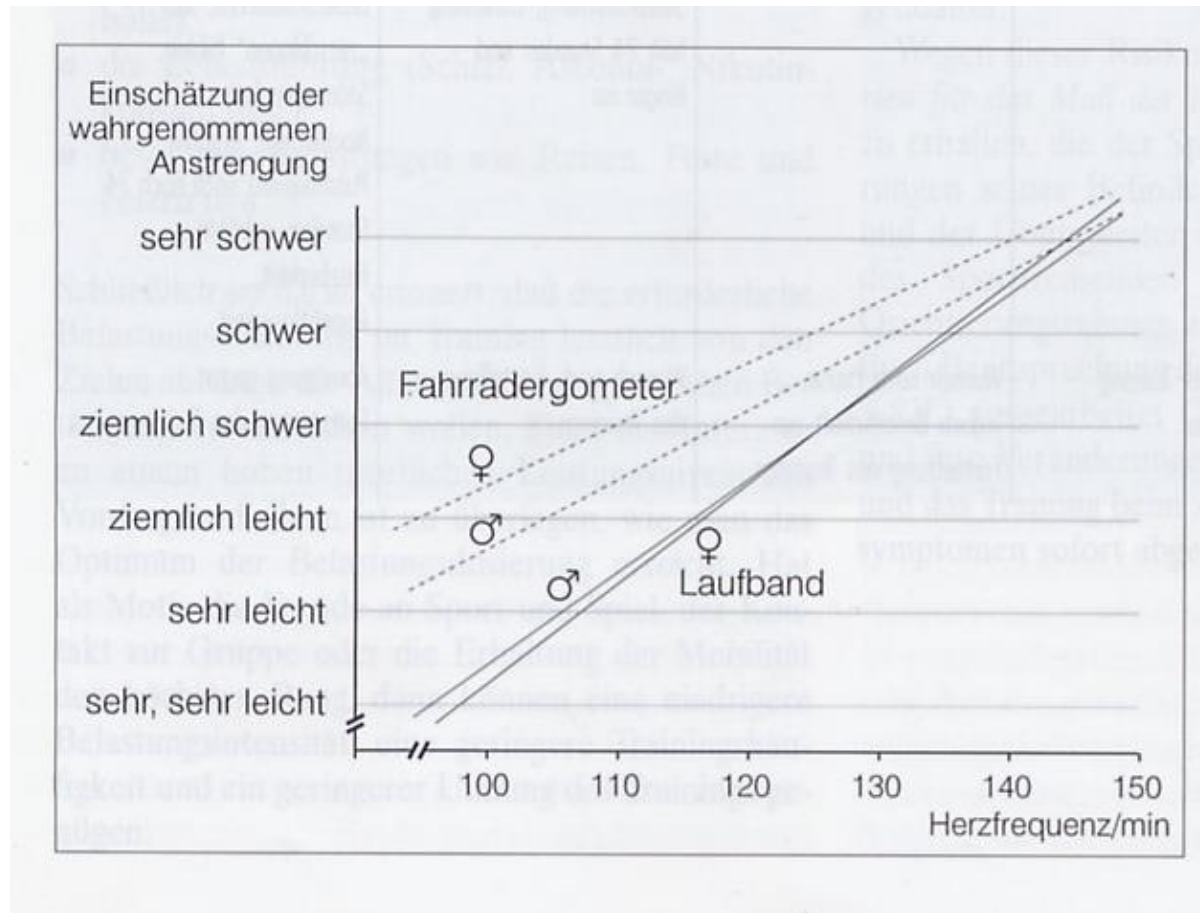
➤ Reproduzierbarkeit im sinnvollen Ausdauertrainingsbereich (50 – 80 % VO_2 max) sehr hoch (retest- Beziehungen > 0,9)

RPE und Herzfrequenz 1



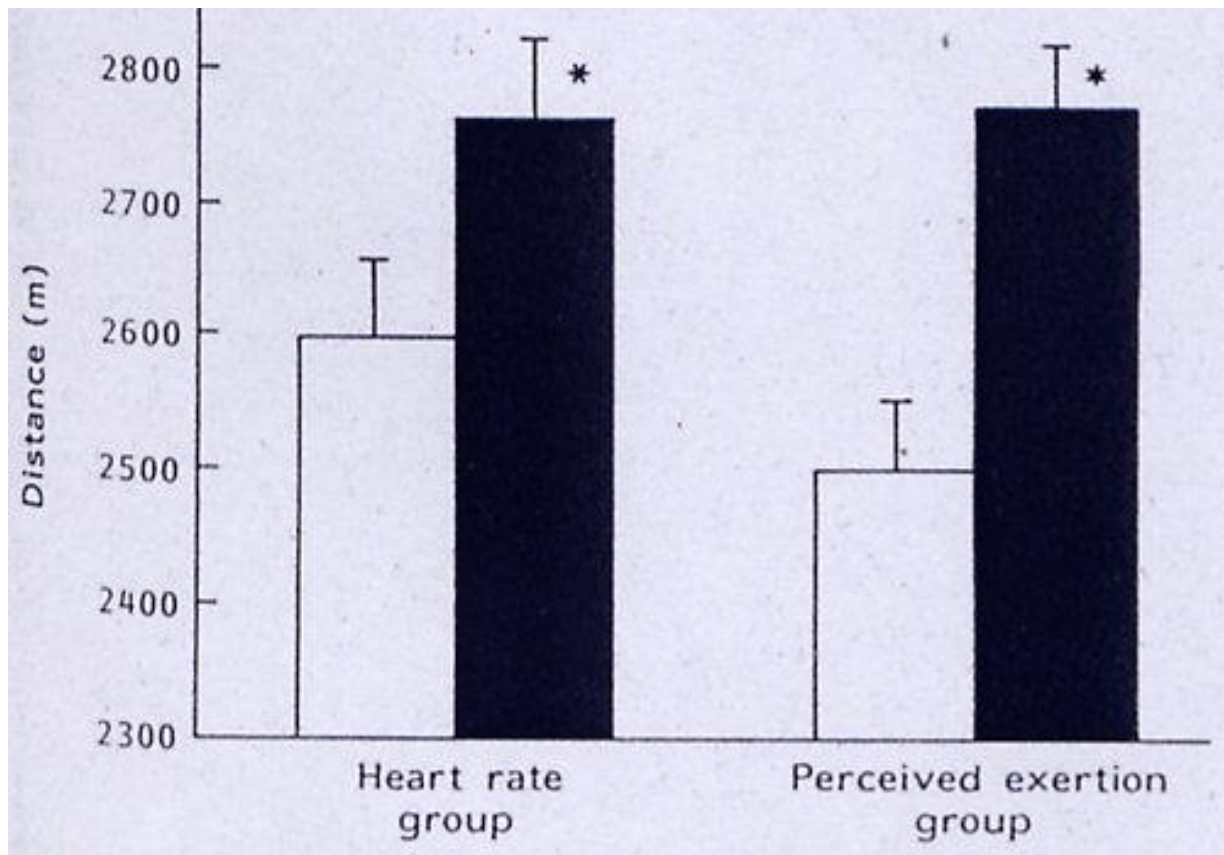
Schematische Darstellung der Beziehung zwischen Anstrengungsempfinden und der Herzfrequenz für Personen unterschiedlichen Alters

RPE und Herzfrequenz 2



**Einschätzung der wahrgenommenen Anstrengung und Herzfrequenz bei
13 Männern und 17 Frauen zwischen 60 und 70 Jahren**
(Vergleich zwischen Fahrradergometer und Laufband bei ansteigender Belastung)

Vergleich von RPE- und Hf- Training



n = 38

Alter: 20 Jahre

Training: zweimal /
Woche je 45 min

Hf-Gruppe

70 – 85 %

Hf-Reserve

RPE-Gruppe

13 – 15 (Borg)

Durchschnittliche Laufstrecke bei einem 15 min- Lauf bei Probanden einer Hf- Gruppe bzw. RPE- Gruppe vor und nach 14-wöchigem aeroben Tanztraining

aus: Demello et al.: Ratings of perceived exertion at the lactate threshold in trained and untrained men and women. MedSciSportsExerc 1987 19/4; 354-362

RPE zur Belastungsvorgabe

- Eston et al. (1987):
 - RPE 9: 49% der VO_2 max
 - RPE 13: 70% der VO_2 max
 - RPE 17: 90% der VO_2 max
- Pollock et al. (1986):
 - RPE 12 – 16: 50 – 80% der VO_2 max
 - 60 – 90% Hf max
- Demello et al. (1987):
 - RPE 13 – 14: Belastung im Bereich anaerobe Schwelle
 - bei definierter prozentualer VO_2 max- Belastung
RPE Trainierten < RPE Untrainierte
- Buskies et al. (1982):
 - bei definierter 30-minütiger LB- Belastung bei RPE 11
Laktatwerte 2-3 mmol/l (Sportstudenten / Freizeitsportler)

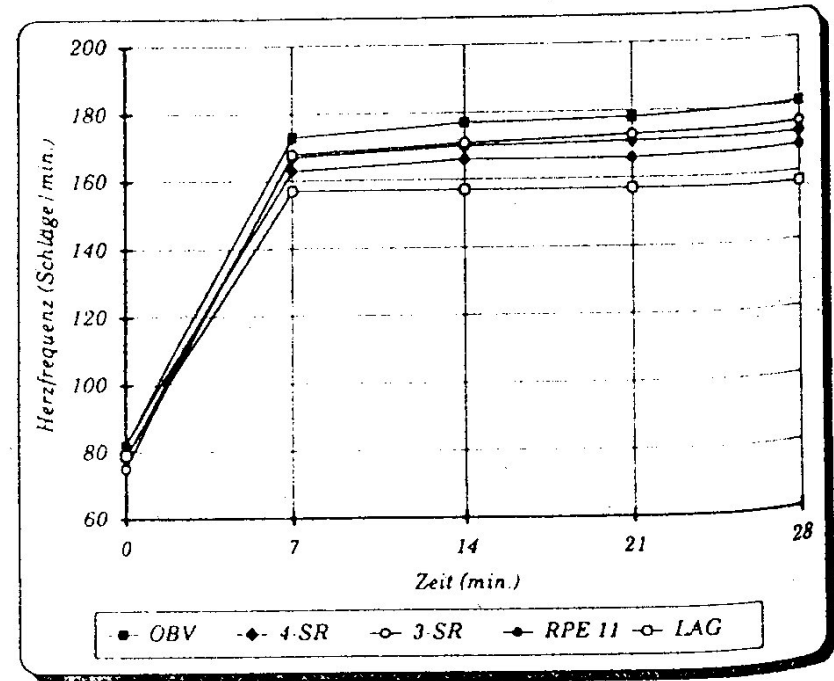
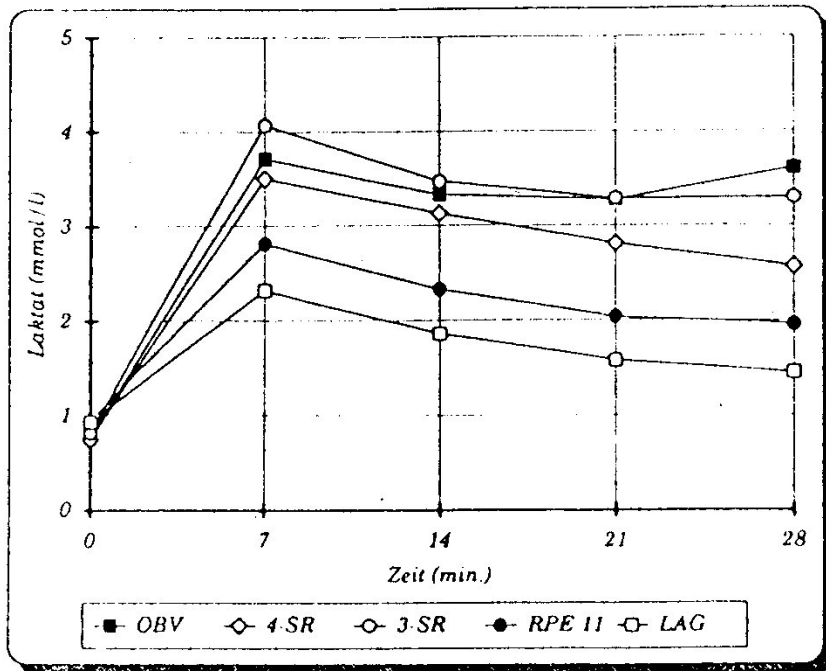
Übersicht

- Energiebereitstellung
- Ausdauer
- Leistungsdiagnostik
- Herzfrequenz
- Subjektives Belastungsempfinden (Borg)
- **Atemrhythmus**

Atmung 1

- Kopplung Herz- und Atemfrequenz: 4 : 1
- Af 40 – 50 / min: überwiegend anaerobe Belastung
- Af 60 / min: hoch intensive anaerobe Belastungen
- Maximale Atemfrequenz: 75 – 80 / min
- 2-er Atemschrittrhythmus: Af 40 / min
- 3-er Atemschrittrhythmus: Af 27 / min
- 4-er Atemschrittrhythmus: Af 20 / min

Atemrhythmus, RPE und Hf 1



Laktatverhalten

Herzfrequenzverhalten

von 20 Probanden bei den einzelnen Belastungsvorgaben
(20 Sportstudenten: 10 w, 10 m)

OBV = freies Laufen

LAG = Lauf (Lagerstrom/Graf-Formel 70% Intensität)

4-SR = Ein- und Ausatmung auf 8 Schritte

3-SR = Ein- und Ausatmung auf 6 Schritte

RPE 11 = leichte Belastungsintensität (Borg)

aus: Buskies et al.: Möglichkeiten zur Steuerung der Belastungsintensität für ein breitensportlich orientiertes Laufausdauertraining. DtschZSportmed (1992)43/6; 248-260



Vielen Dank
für
ihre Aufmerksamkeit

