

AUSDAUER

Ausdauertraining im Fußball

Kapitel-Verzeichnis

- 1  Ausdauer-Leistungsparameter
- 2  Allgemeine und spezielle Ausdauerentwicklung im Fußball – physiologische und motorische Aspekte
- 3  Allgemeines und spezielles Ausdauertraining im Fußball
- 4  Ausdauer-Diagnostik (Kurzfassung)
- 5  Ausgewählte Ist-Soll Daten von Spitzenspielern
- 6  Spielanalysen

Thematische Vorbemerkungen

Die moderne dynamische Fußball-Spielweise findet sich in der „*Panta rhei*“- *Philosophie* des altgriechischen Philosophen Heraklit (ca. 500 v. Cr.) wieder im Sinne „*alles fließt*“ (lat. „*cuncta fluunt*“) als ein „*ständiges Wechseln und Werden des Lebens und als Wesensstruktur der Welt*“ – auch als „*kriegerische Auseinandersetzung zwischen zwei Polen*“ (Heraklit). Letztere in Analogie zum modernen Fußball bedeutet die heraklitische Evolutionsphilosophie: alle Spieler sind konditionell hochfordernd in ständiger Bewegung und „kriegerischer“ Kampfbereitschaft mit wechselnder Intensität und taktischen Aufgaben (bes. Pressingvarianten). Damit gewinnt im konditionell-athletischen Bereich neben der (Handlungs-) Schnelligkeit und Sprint-Wiederholungsfähigkeit die *intervallartig aerob-anaerobe Laufleistung* bei entsprechender Trainingskonsequenz (Dauer- + Intervallmethode) einen weiteren Bedeutungsschub.

Fußballtaktische Analysen des modernen Spitzenfußballs zeigen die wachsende Bedeutung einer *hohen Laufleistung* bzgl.

aerobe / anaerobe Ausdauer
Laufgeschwindigkeit
Sprintwiederholungsfähigkeit
Schnellkraftfähigkeit
Koordinationsfähigkeit

Entscheidende Fragen zur fußballspezifischen Ausdauerentwicklung

- ⇒ Welche Trainingsmethode?
- ⇒ Welche Trainingsintensität und – umfang?
- ⇒ Kenn- und Kontrollgrößen (Indikatoren) der Ausdauerleistung?
- ⇒ Test-Anforderungen: Diagnostik und Trainingssteuerung; welche Tests?
- ⇒ Trainingskontrollmittel?
- ⇒ Ausdauer-Sollwerte im Fußball (evtl. verschiedene Spielklassen)?



Ausdauer-Leistungsparameter

Ausgewählte Leistungsparameter der aeroben Ausdauerleistung im oberen Liga-Fussballspiel
bei durchschnittlichen Laufwegen / Spieler und Spiel von 9-13 km und bis zu 80% der Gesamtlaufstrecke trabend und gehend.

1-2

- Maximale Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}) !
- Anaerobe Laktatschwelle v(IAS): höchste dynamische Arbeitsleistung bei ausbalancierter Laktatproduktion und –elimination
- Herzschlagvolumen (HSV)

Die aerobe Ausdauerleistung bzw. die aerob-anaerobe Laktatschwelle kann durch eine Verbesserung der **Laufökonomie (LÖ)**

(VO₂ pro Lauf-Meter oder VO₂ x kg⁻¹ x km⁻¹ oder VO₂ x kg^{-0,67} x km⁻¹ oder VO₂ x kg^{-0,75} x km⁻¹) mit reduziertem O₂-Verbrauch stark beeinflusst werden.

J. Helgerud et al. 2003; J. Hoff et al. 1999; J. Hoff et al. 2002

Die LÖ kann durch Verbesserung muskelmechanischer Eigenschaften (z.B. **elastische Energiespeicherfähigkeit**) und neuromuskulärer Fähigkeiten (z.B. **Kraftniveau**) mittels (Maximal-) Krafttraining deutlich erhöht werden.

J. Helgerud 1994; DL. Costill et al. 1973 ; J. Hoff / J. Helgerud 2003; B. Saltin 1990

Energiebedarf: 1600-1800 kcal / 90 Min. (Kindermann, 1993)

- ⇒ **Herzfrequenz:** 155-165 Schl/min. (Kindermann)
 176 ± 9, 173 ± 10, 170 ± 12 Schl./min (A. Ali; M. Farrally)
 164 -171 Schl/min (J. Bangsbo)
 165 Schl/min (T. Reilly)
 160 Schl/min (T. Ogushi et al.)

- ⇒ **Relative HF-Intensität:** 80-90% HFmax (J. Bangsbo, 1994; T. Reilly, 1990)
 82-86% HFmax (J. Helgerud et al., 2001)
 87% HFmax (H. Gatterer, 2007)

- ⇒ **Relative Arbeitsintensität:** nahe anaerobe Schwelle (J. Hoff et al., 2006)
 70-75% VO₂max (indirekte Bestimmung über HF-VO₂-Regression)
 61-79% VO₂max, Labor mittels HF-VO₂-Regression (T. Ogushi)
 77% bis 62% fallend während Spiel; Telemetrie (A. Ferrauti et al., 2003)
 47-60% VO₂max, Spielmessung, Telemetrie (T. Ogushi et al., 1992)
 55%- 60% VO₂max, Einzelfallmessungen, Telemetrie (H. Gatterer, 2007)

- Hinweis: 1. **indirekte** Bestimmung der VO₂max mittels HF-VO₂-Regressionsgleichung
 2. **direkte** Messung der VO₂ mittels portablem, telemetr. Spiroergometriegerät

- ⇒ **Max. O₂-Aufnahme:** 55-68 ml/(min x kg) (JA. Davis et al., 1992; U. Wisloff et al., 1998; J. Helgerud et al., 2001; J Hoff, 2005)

Allgemeine Bewertung

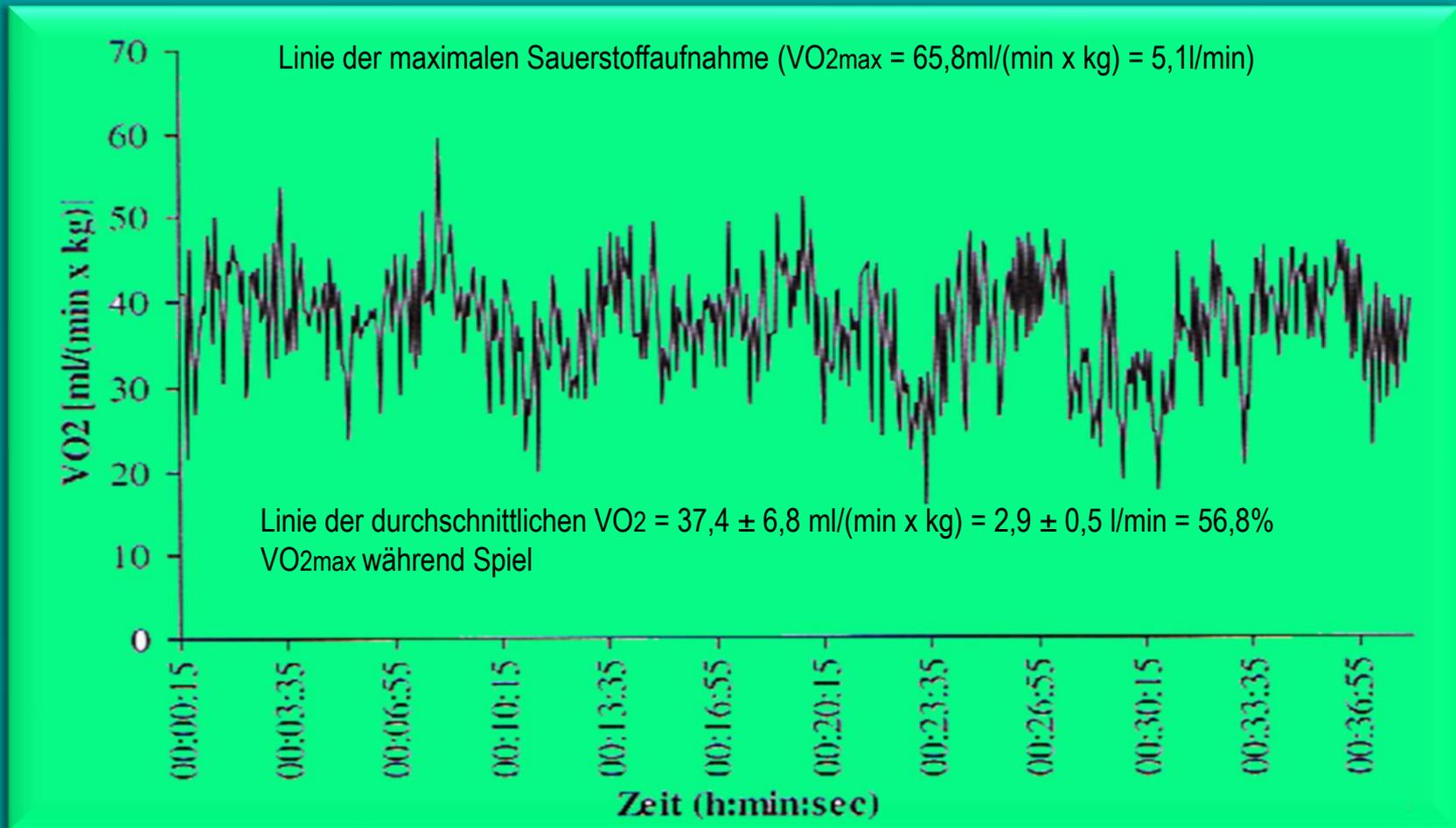
- 45-50 ml/(min x kg) = mäßiger Ausdauer-Trainingszustand
- 50-60 ml/(min x kg) = guter Ausdauer-Trainingszustand
- 60-70 ml/(min x kg) = sehr guter Ausdauer-Trainingszustand

Bei hohen Belastungen im Fußballspiel liegen die VO₂-Werte nahe der VO₂max (bis ca. 90% VO₂max)
 Hohe VO₂max-Werte sind für Fußballspieler notwendig für hochintensive Belastungsphasen bei anschließend schnellerer Regeneration



Mittlere Ausnutzung der maximalen Sauerstoffaufnahme von $65,8 \text{ ml} / (\text{min} \times \text{kg}) = 5,1 \text{ l} / \text{min}$ eines oberen Liga-Mittelfeldspielers während eines Fußballspiels (im Bild: 37 Minuten)

Methode: direkte Atemgasanalyse in 5 sec Speicherintervallen mittels portabler telemetrischer Spirometrie während eines Fußballspiels.



2

Allgemeine und spezielle Ausdauerentwicklung im Fußball –
physiologische und motorische Aspekte

Arten der Ausdauer im Fußball



Wirkung und Training der (aeroben) Grundlagenausdauer bzw. max. O₂-Aufnahme (VO_{2max}) im Fußball

Kurze zusammenfassende Fakten

- ⇒ spätere muskuläre und zentrale Ermüdung
- ⇒ hohes Spieltempo über 90 Minuten bzw. Nettospielzeit
- ⇒ geringere Laktatbildung (Energie aus O₂-Aufnahme)
- ⇒ größerer Kohlenhydrat- (= Muskelglykogen-) Speicher und dessen spätere Ausschöpfung (hohe Energiereserven)

- ⇒ Erhalt der Lauf- und psychischen Leistungsbereitschaft
- ⇒ Vergrößerung des Myoglobingehaltes (O₂-bindender, roter Muskelfarbstoff; höhere O₂-Bindungsaffinität als Hämoglobin = roter Blutfarbstoff)
- ⇒ Vergrößerung und Vermehrung der Mitochondrien (Produktionsstätte der energiereichen „Sofortenergie“ ATP und der aeroben Energiegewinnung)

- ⇒ Verbesserung der Kapillarisation und O₂-Nutzung
- ⇒ höheres Herzschlagvolumen mit höherer O₂-Transportkapazität (bis zum doppelten Wert steigerbar)
- ⇒ schnellere Erholung während und nach dem Spiel
- ⇒ geringerer Kraftverlust
- ⇒ Erhalt von Qualität und Variabilität von Technik / Koordination und Taktik sowie der Konzentration

- ⇒ Schnelle Stoffwechsel-Regeneration (z.B. Kreatinphosphat-Speicherauffüllung und Laktat-Elimination)
- ⇒ Höhere Fett- und geringere Kohlenhydratverbrennung bei gegebener Belastung (sekundärer Fettstoffwechsel wird effizienter mobilisiert und genutzt = zusätzliche Energie)
- ⇒ Höherer Glykogen-Vorrat als „schnellere“ Energiequelle zum Spielende und damit geringerer Leistungsverlust
- ⇒ Hohe Bewegungsintensität, Koordination und Konzentration bleiben länger erhalten
- ⇒ Mehr wiederholte Sprints länger möglich

Beurteilung und Höhe der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit ist stets auf die individuelle Trainierbarkeit zu relativieren! Dies gilt für ein **individualisiertes** Training der aerob-anaeroben Schwelle. Ein Ausdauertraining ist grundsätzlich **individuell** zu gestalten! Kompromiss im Fußball: **leistungshomogene Gruppenbildung** in Gestaltung / Methode des Ausdauertrainings.

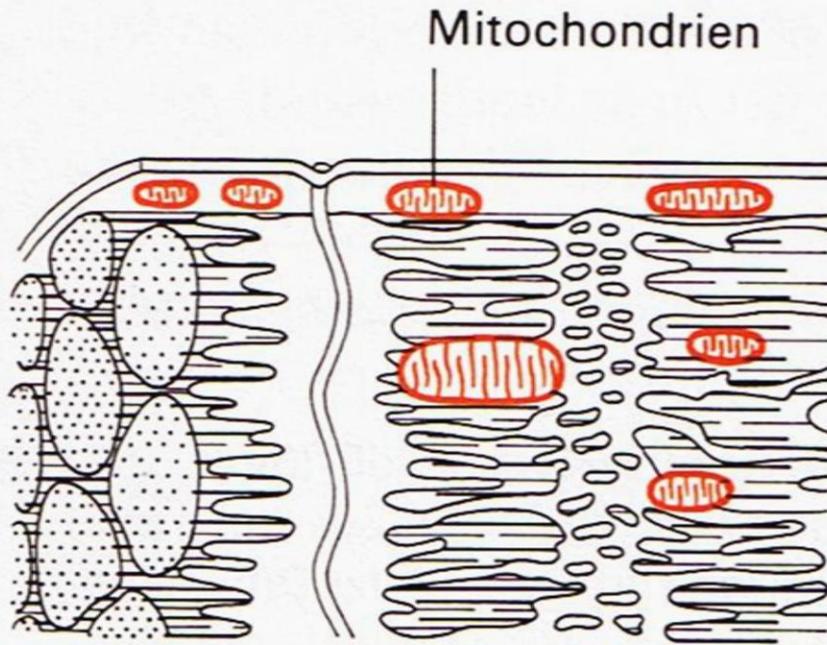
EXKURS

Mitochondrium „Kraftwerk“ der Muskelzelle

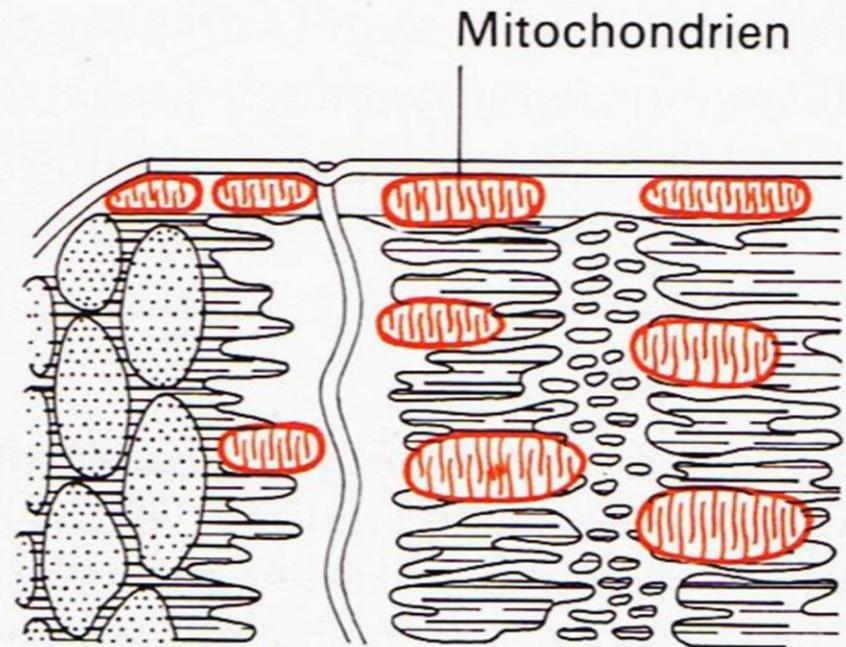
(siehe auch Datei 10 „KREATIN IM LEISTUNGSSPORT besonders Fußball“, 28-33)

Mitochondrien in untrainierter und ausdauertrainierter Muskulatur

bohnen.-/ kugelförmige spezielle Zellorgane (Organelle) in Muskel-, Nerven- und Sinneszellen; \varnothing 0,5 – 1,5 μ m als muskelluzellärer Ort der Produktion der aeroben Energie Adenosintriophosphat (ATP).



untrainierte Muskulatur



ausdauertrainierte Muskulatur

In ausdauertrainierter Muskulatur ist die Anzahl u. Größe der Mitochondrien (= „Kraftwerke“ der Muskelzelle) und somit die Kapazität der aeroben Energiebereitstellung größer gegenüber un-/gering trainierter Muskulatur.



Mitochondrium

„Kraftwerk“
der Muskelzelle

Produktion
des energiereichen Moleküls ATP (Adenosin-
triphosphat = Sofortenergie) durch aerobe
Glucose- u. Fettsäureoxidation u. somit der
aeroben Energie

Mitochondrium (griech. „Faden“, „Korn)

Schematische Darstellung



Doppelmembran
stark aufgefalteter
Innenmembran

mit

Bohnen-/ fadenförmiges Zellorgan bes. in Muskelzellen mit $\text{Ø} = 0,5 - 1,5\mu\text{m}$.

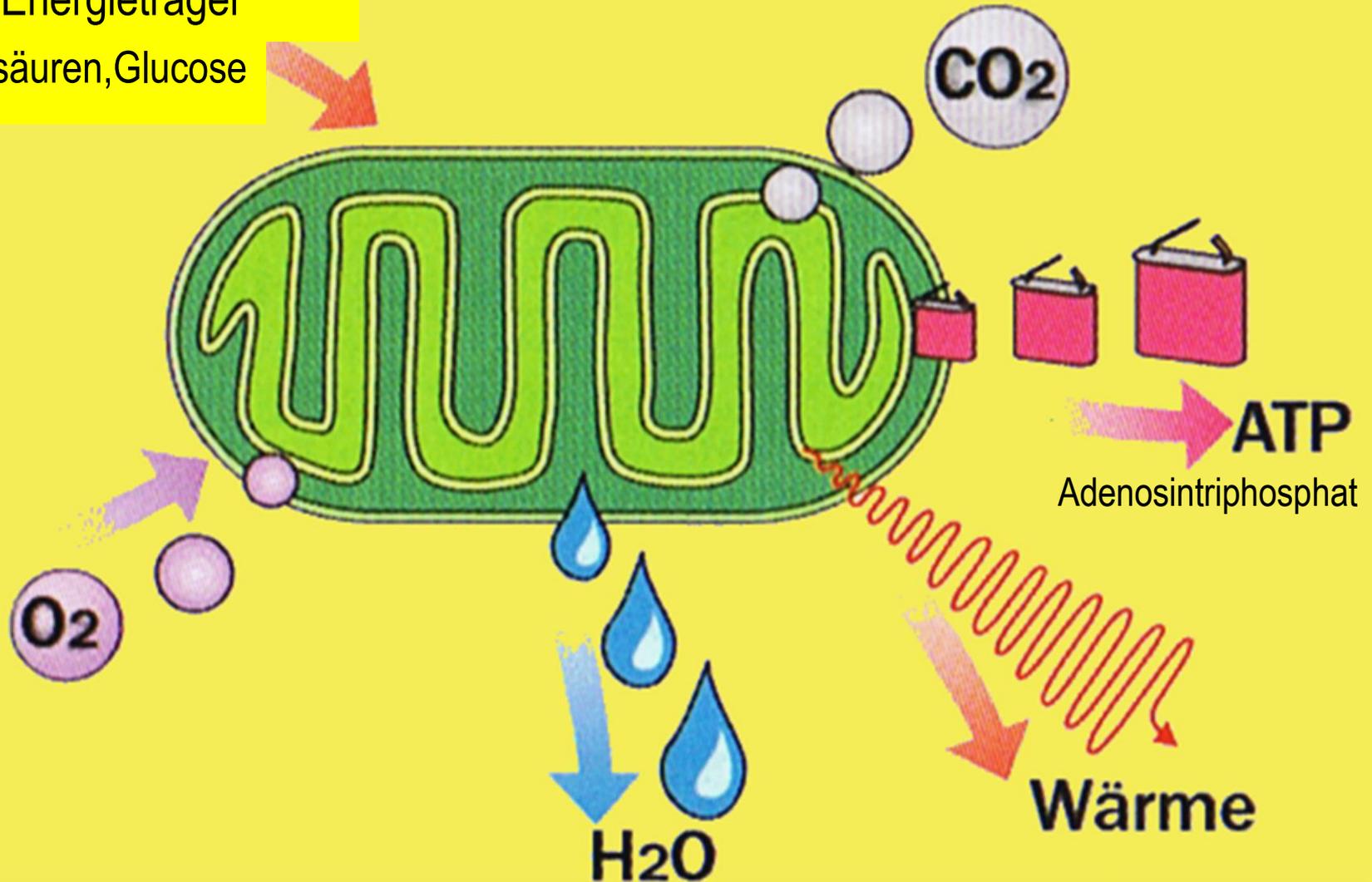
Anzahl der M. ist energiebedarfsabhängig; ausdauertrainierte Muskeln haben vermehrt viele und große M. mit verbesserter Energieversorgung.

Mit der Produktion des energiereichen Moleküls ATP durch aerobe Fettsäureoxidation werden die M. zu energieliefernden „**Kraftwerken**“ der Muskelzelle..

ATP (Adenosintriphosphat) übergibt je 1 energiereiche Phosphatgruppe via Kreatinkinase an 1 Kreatin-Molekül; dieses resynthetisiert das durch Muskelkontraktion (Fibrillen) entstandene ADP-Molekül (Adenosindiphosphat) wieder zum energiereichen ATP durch Phosphat-Übergabe an ADP (= **Kreatin-Phosphat-Shuttle**)

Vereinfachte Darstellung der aeroben Energiebereitstellung über die Mitochondrien, den „Kraftwerken“ der Muskelzelle

Energieträger
Fettsäuren, Glucose



Mitochondrium (M) – „Kraftwerk“ der Muskelzelle

Im M. wird durch aerobe Oxidation von Glucose und Fettsäuren (Energieträger) mittels Sauerstoff aus der Atmungskette und durch oxidative Phosphorylierung das energiereiche ATP (Adenosintriphosphat) erzeugt, welches zusammen mit CO₂ und H₂O das M. verlässt.

Ausdauertrainierte Muskeln haben bis zu 50% höheren M.-Anteil gegen über nicht/gering ausdauertrainierter Muskulatur. Auch die M.-Oberfläche ist bis zu 40% größer in ausdauertrainierter Muskulatur.

Die VO₂max (max. aerobe Kapazität) korreliert hoch positiv mit dem M.-Volumen, da nur in den M. die aerobe Oxidation stattfindet.

Die VO₂max als Kernkriterium der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit wird wesentlich durch die aerobe Energiebereitstellung in den M. limitiert.

Untersuchungen zeigen einen deutlich positiven Zusammenhang zwischen maximaler O₂-Aufnahme (VO₂ max) bzw. aerober Ausdauer **und**

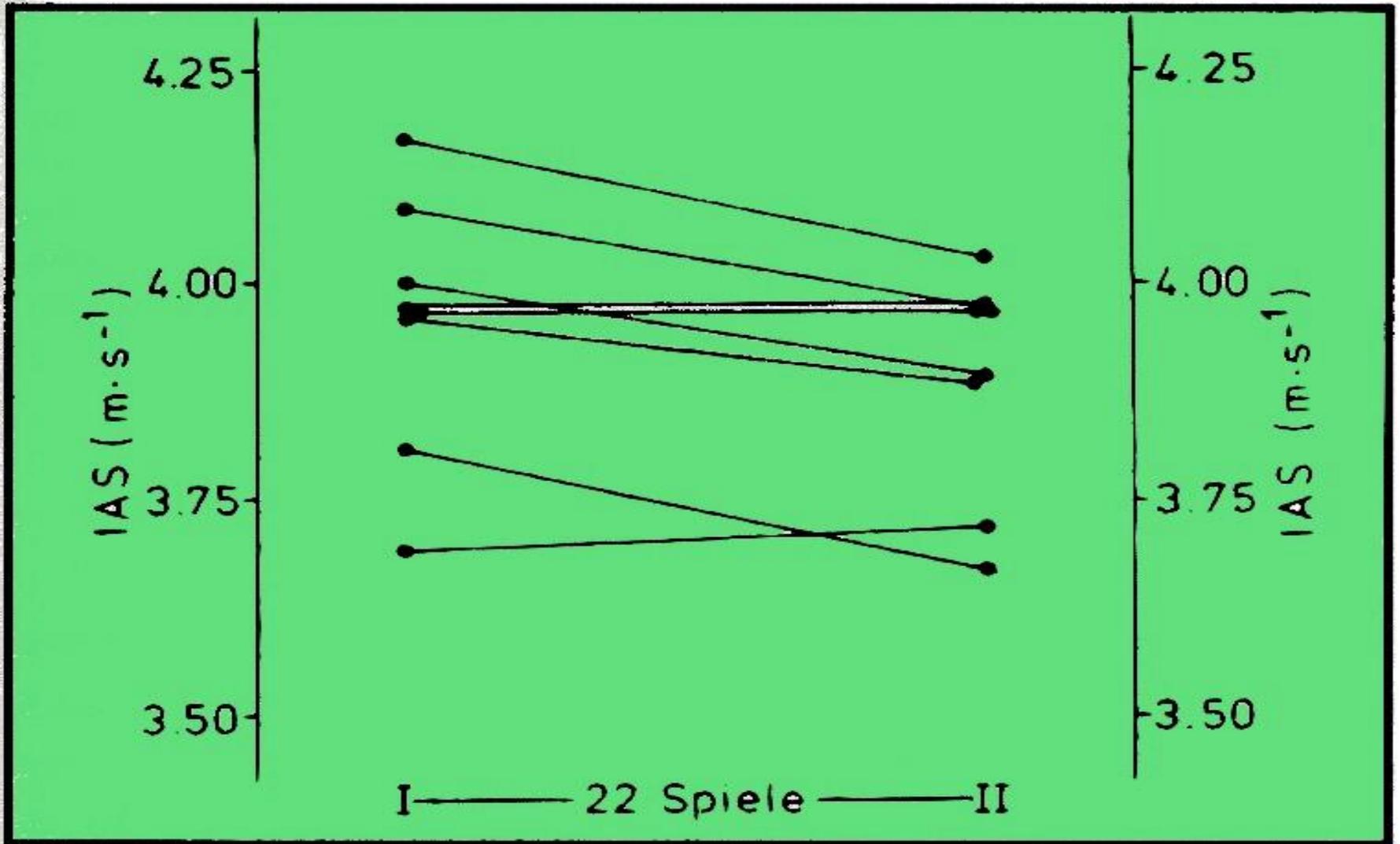
- ➔ Laufsstrecke pro Spieler und Spiel (J. Helgerud, LC Engen, U. Wisloff, J. Hoff (2001); J. Bangsbo (1994); G. Smaros (1980))
- ➔ Platzierung von Teams in der Liga (P. Apor (1988); U. Wisloff / J. Helgerud / J. Hoff (1998))
- ➔ Saisonaler Spielleistung (J. Hoff (2005))

Krafttraining zur Verbesserung der **Laufökonomie** und somit zur Erhöhung der komplexen Ausdauerleistung

Kniebeugetraining von Paula Radcliffe, weltbeste 10.000 m- und Marathonläuferin (2003 mit Marathon – Weltrekord)



Ausdauer (IAS) bei Spitzen-Fußballspielern zu Beginn und am Ende der 1. Spielsaisonhälfte



Niedrige aerobe Leistung



frühe und hohe Laktatbildung



frühe Ermüdung



lokal-muskulär

- Substratverlust
- Kraftverlust

zentral-nerval

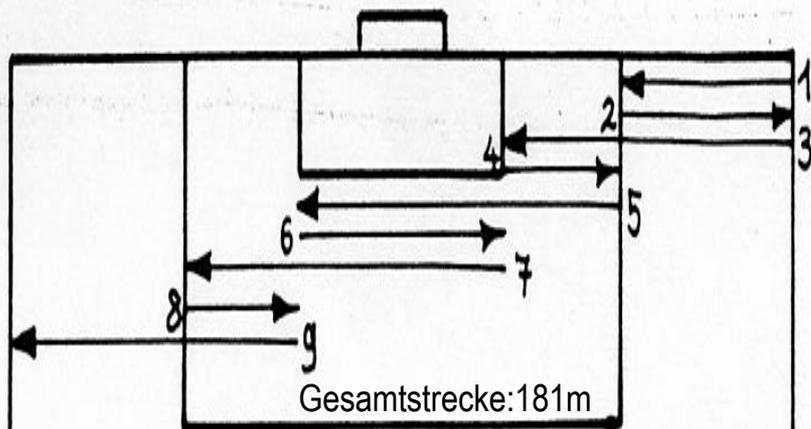
- Verlust an Koordination und Technik
- Fehlentscheidungen
- nachlassende Leistungsbereitschaft und Konzentration
- Aggression

SPRINTSCHNELLIGKEITSAUSDAUER

Trainingsbeispiele

Maximale Liniensprints
Meßgrößen: Zeit, Laktat

Maximale Liniensprints-Beispiele

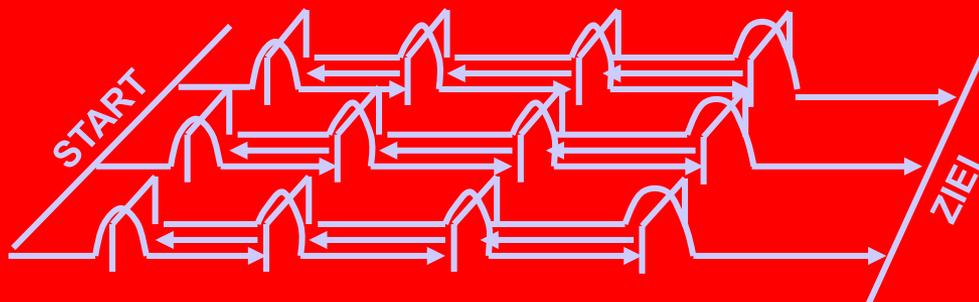


Laktat: Profis: 5-11 mmol/l Blut
 Amateure: 10-18 mmol/l Blut

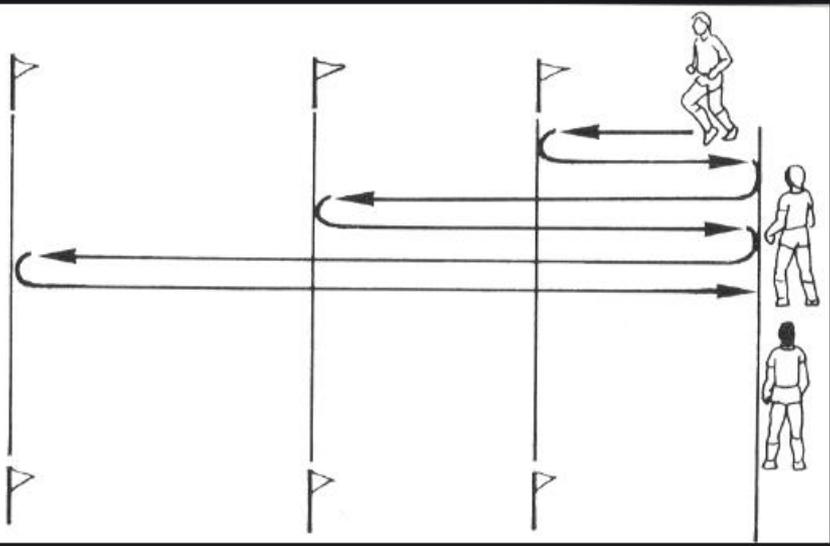
Test und Training nach Bisanz/Gerisch



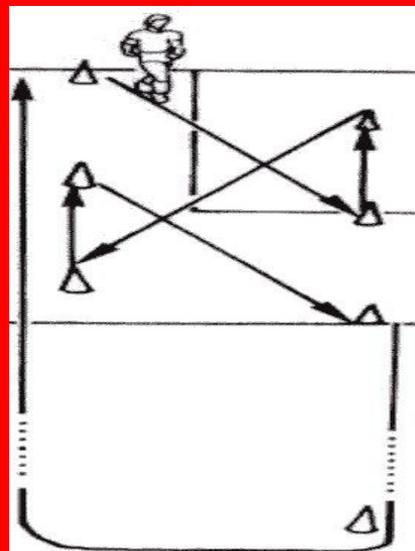
Liniensprints (shuttle-sprints):
 7m - 4m - 4m - 4m - 7m (Test u. Training)
 („Münchener Modell“ nach TDS Werthner)



Liniensprints mit Hindernissen

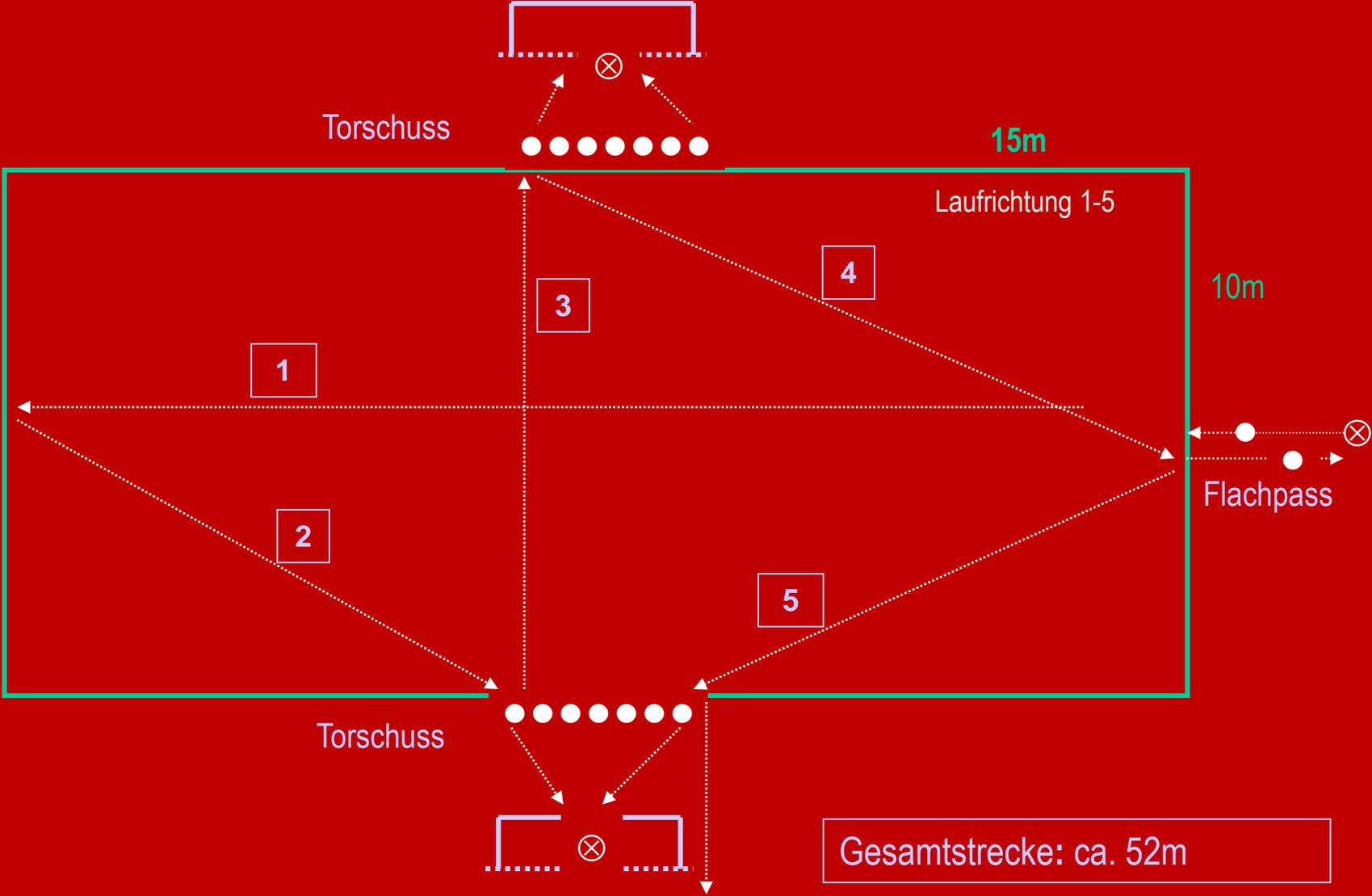


Liniensprints mit versch. Sprintstrecken



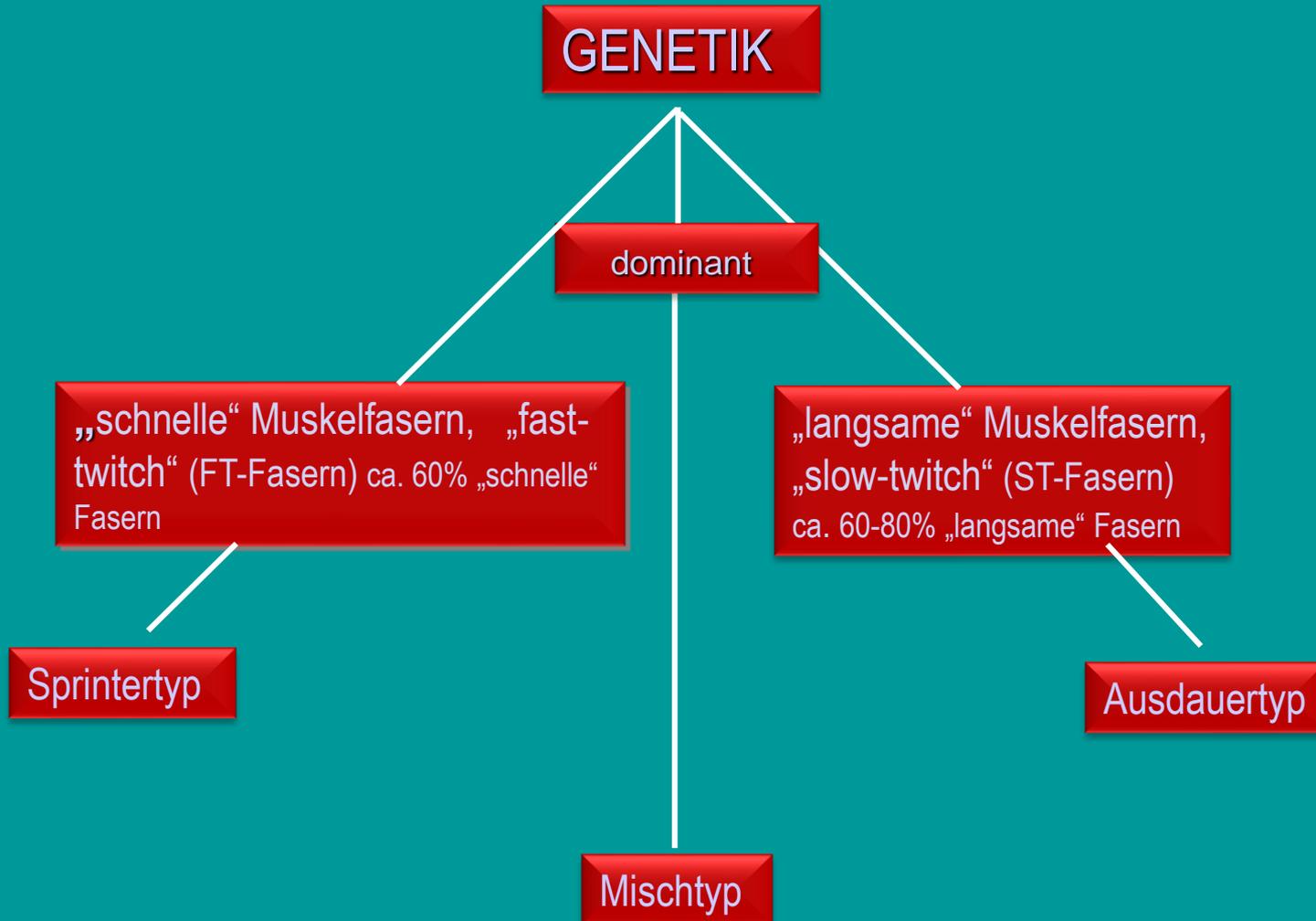
Hütchensprints mit Richtungswechsel

Sprintschnelligkeitsausdauer

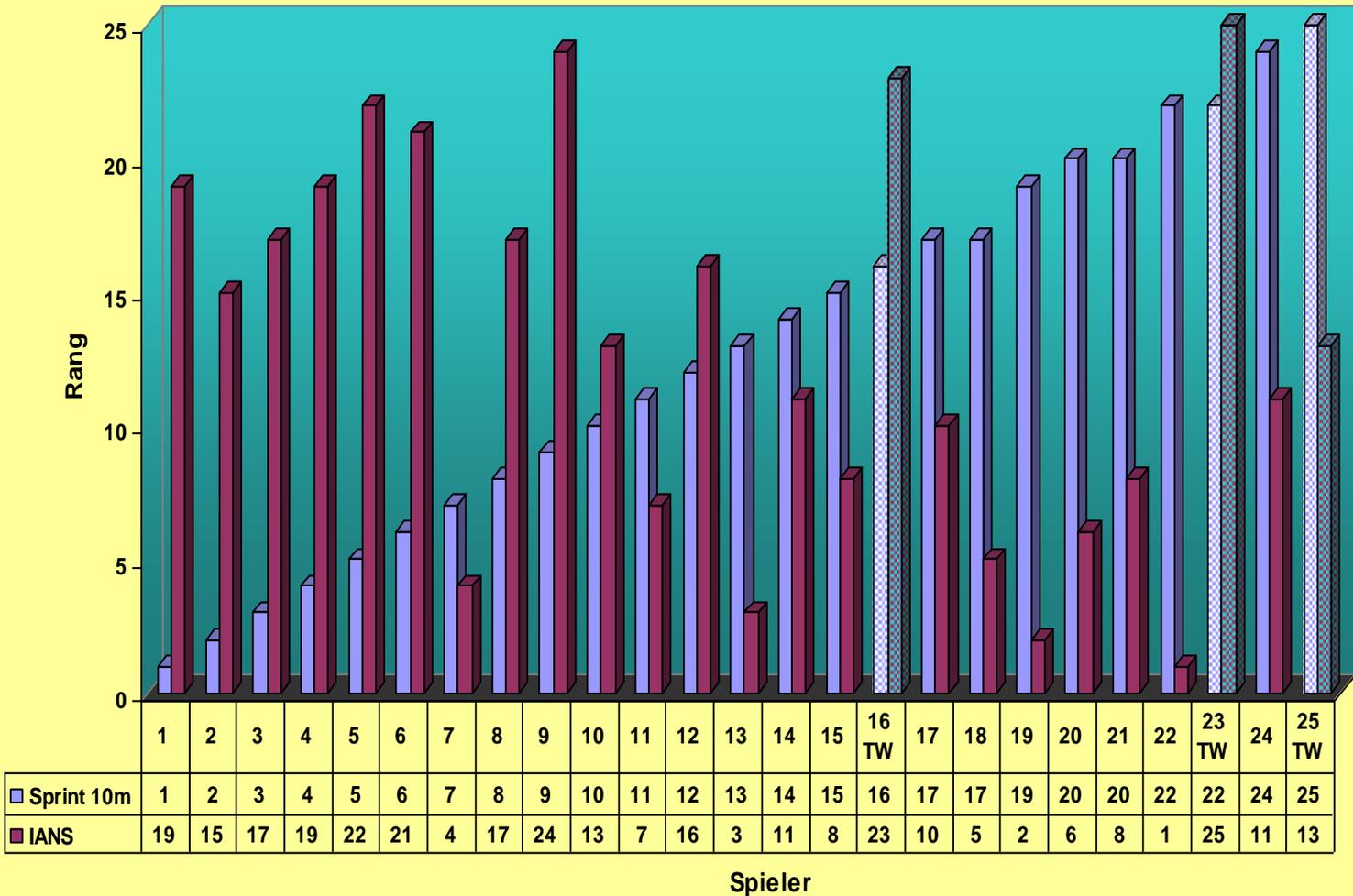


H. Allmann

Der konditionsspezifische Spielertyp



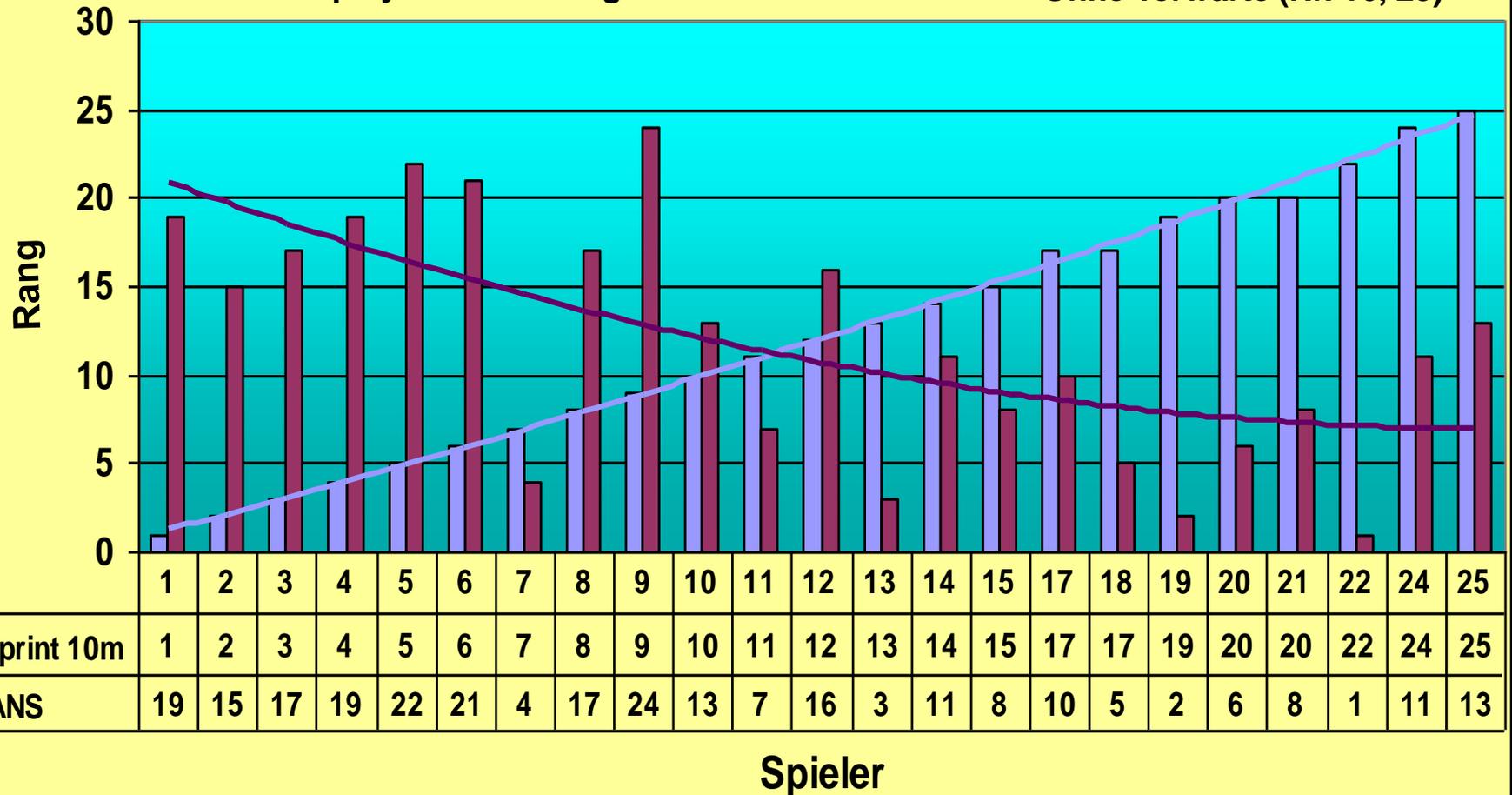
Rangvergleich 10m-Sprint u. Ausdauer (IANS) einer 1. Bundesliga-Fußballmannschaft



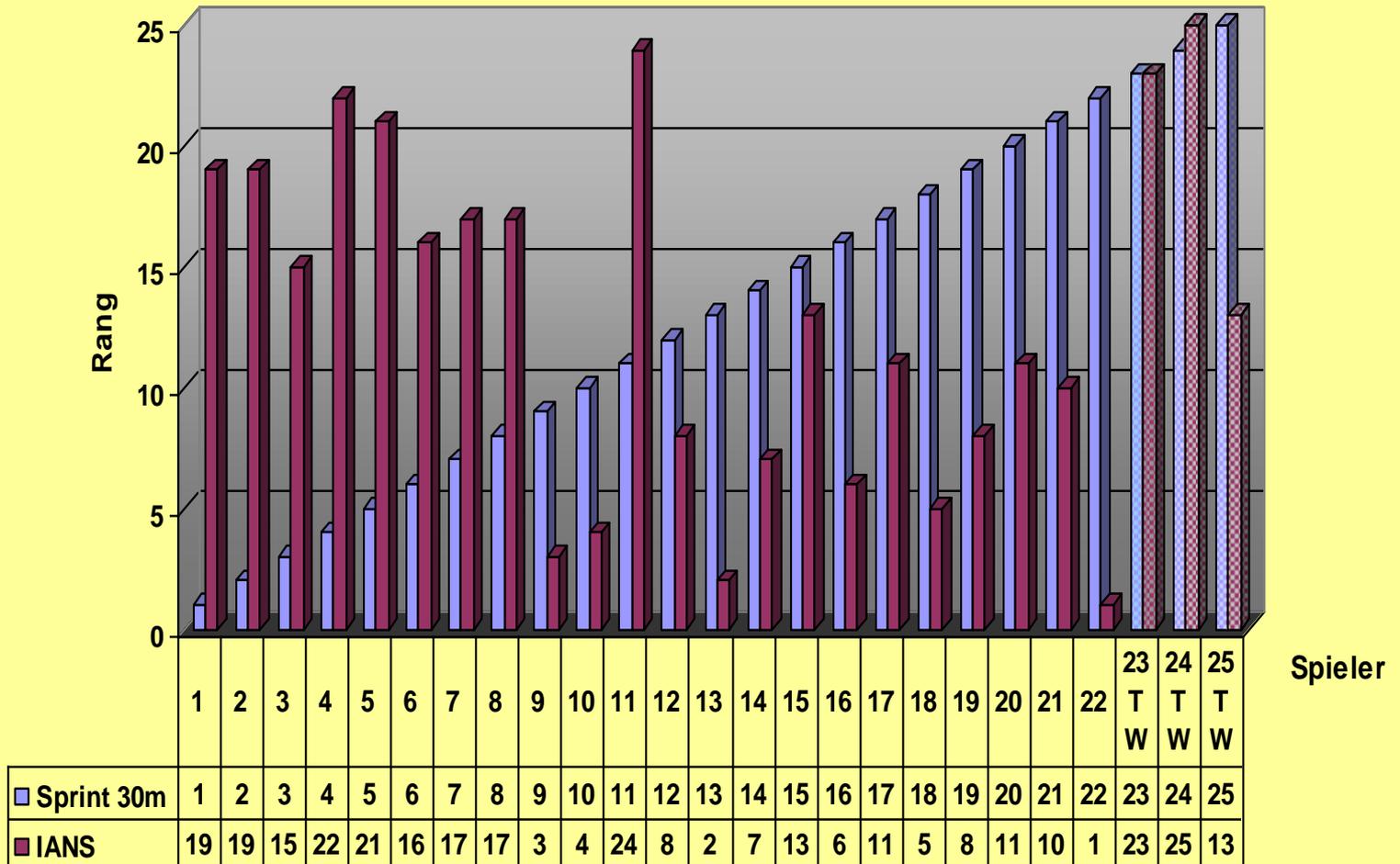
Rangvergleich 10m-Sprint und Ausdauer (IANS) einer 1. BL-Fußballmannschaft

Trendlinien: polynomische Regression

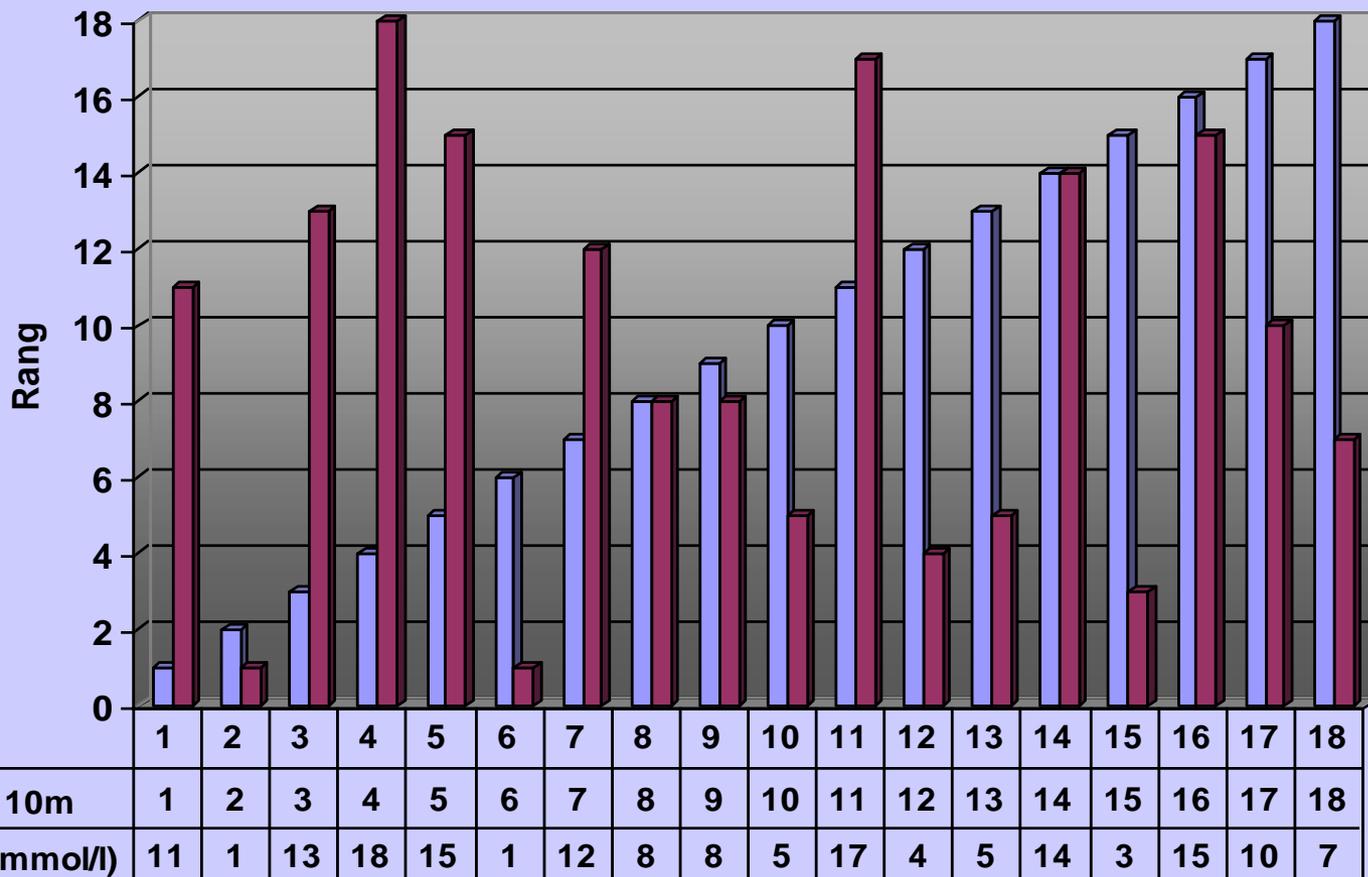
Ohne Torwarte (Nr. 16, 23)



Rangvergleich 30m-Sprint u. Ausdauer (IANS) einer 1. Bundesliga-Fußballmannschaft

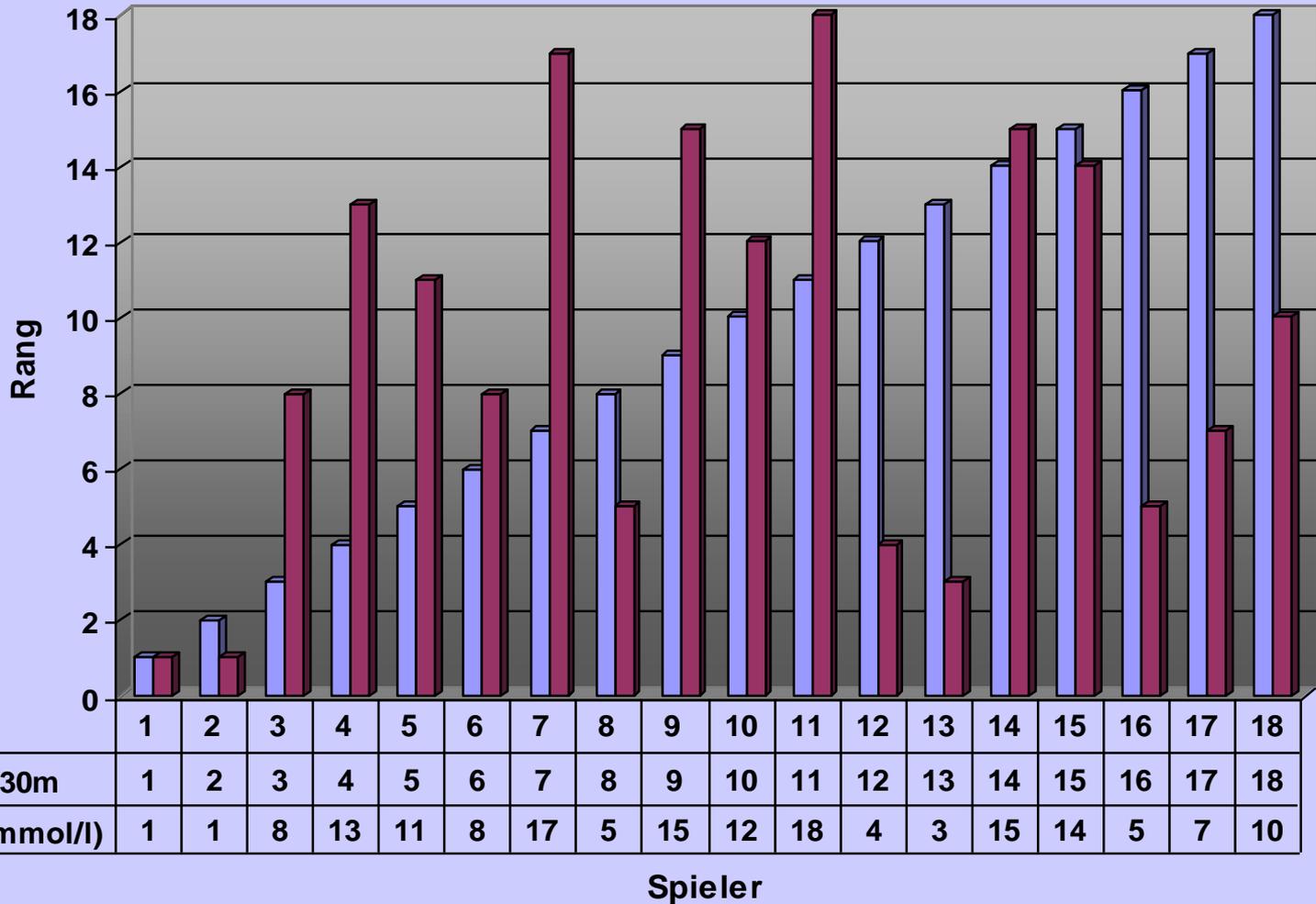


Rangvergleich 10m-Sprint u. Ausdauer (ANS, 4mmol/l La) einer A-Jugend-Fußballmannschaft der Spitzenklasse

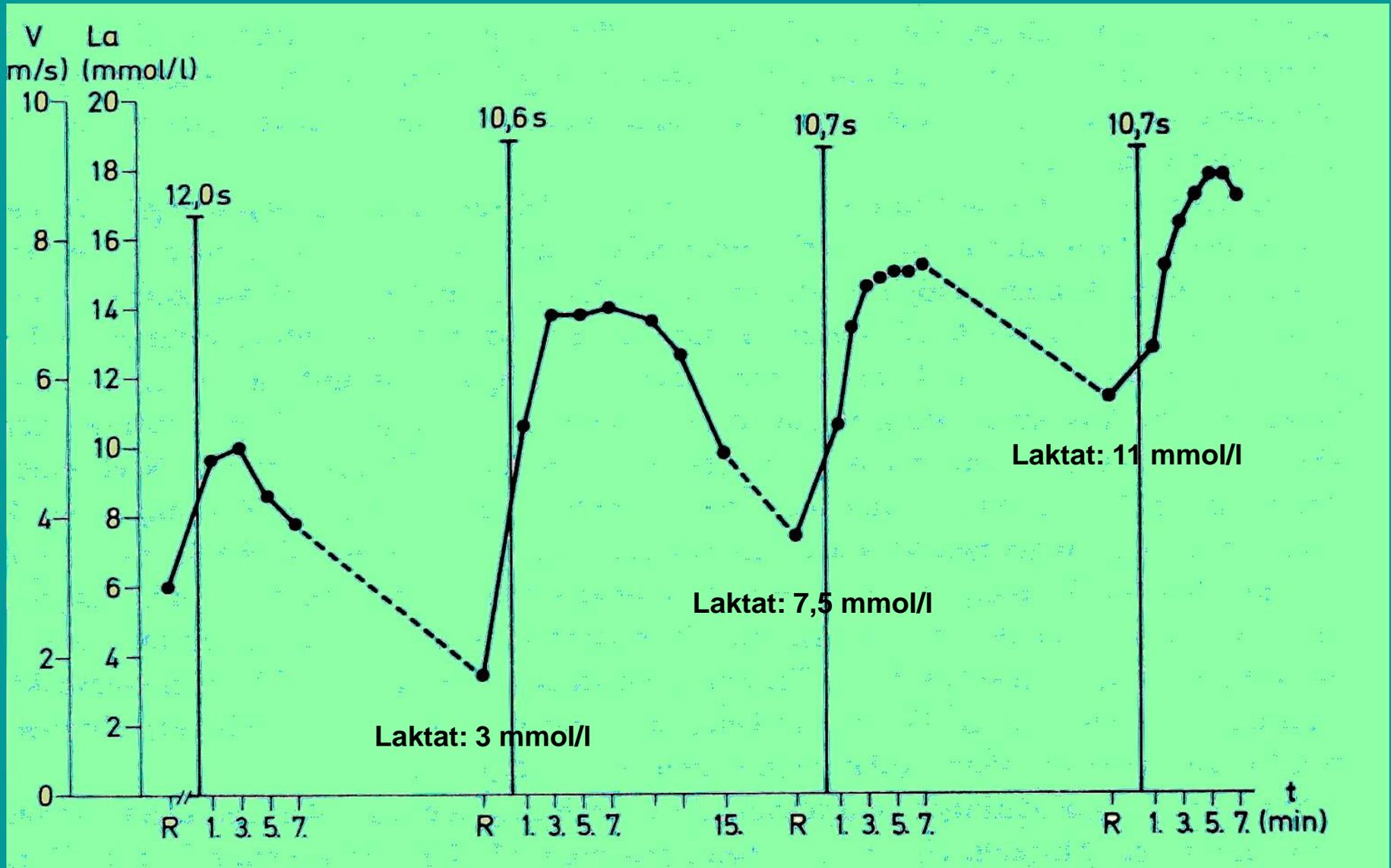


Spieler

Rangvergleich 30m-Sprint u. Ausdauer (ANS;4mmol/l LA) einer Fußball-A-Jugendmannschaft der Spitzenklasse



Arterielle Blutlaktatwerte nach 100m-Läufen bei je 20 Min. Pause des Sprinters H.B.



Energiebereitstellung im Laufe des Fußballspiels

**Aerob (mit O₂):
vorw. über Fette**

Sehr niedrige und lange Belastung: Laktat: < 2 mmol/l Blut; hohe Fettverbrennung; langsame Energieproduktion; relativ hoher Energievorrat

Aerob: vorw. über Kohlenhydrate + Fette

Mittlere Belastung: Mittlere Energieflussrate; Laktat: bis 4 mmol/l Blut; KH bzw. Muskelglykogen bis Ende 2. Spielhälfte meist erschöpft!

Anaerob-laktazid (ohne O₂)

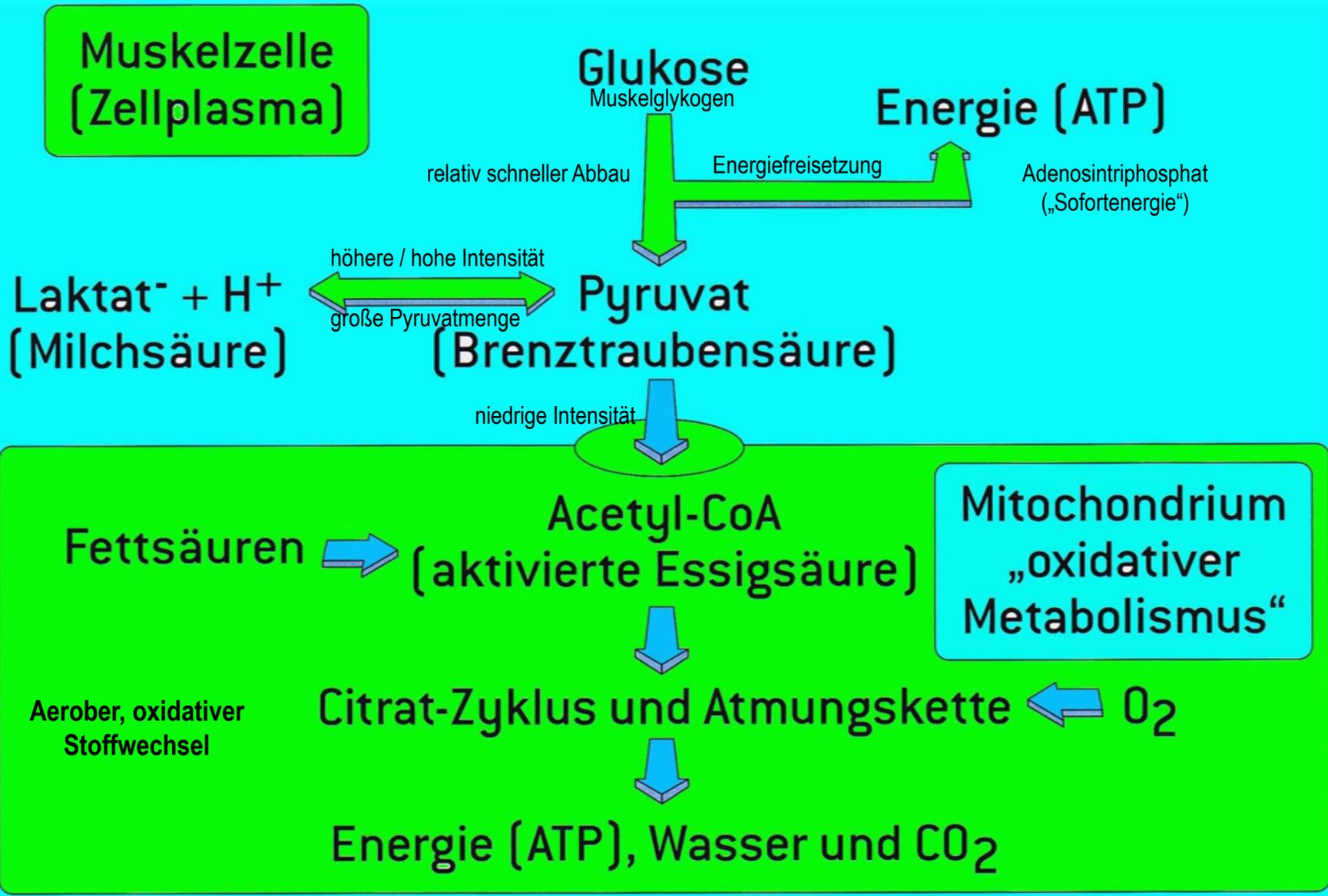
Hohe Belastung: Energieproduktion: Abbau Glykogen bis Laktat = Glykolyse; Energiefluss abhängig von Laktatkonzentration

Anaerob-alaktazid (ohne O₂)

Energie über Phosphate ohne Sauerstoff; höchste Energieflussrate; Energie für max. 20 sec; Nutzung: Antritte, Sprints, Sprünge u.ä.

Die intervallartige Belastung des Fußballspiels beansprucht „azyklisch“ alle Energiebereitstellungssysteme in belastungsabhängigen Mischproduktionen

Vereinfachtes Schema der Energiegewinnung in der Muskelzelle



Energiegewinnung in der Muskulatur

Anaerob
ohne Sauerstoff

Aerob
mit Sauerstoff

Stoffwechselwege

(sehr) niedrige Intensität

Abbau Glukose
(Kohlenhydrate)

Abbau KrP

Energie

gleichzeitig

Verbrennung Fettsäuren
Lipolyse

Verbrennung Pyruvat

Pyruvat
(Brenztraubensäure)

Einzelbeitrag abhängig von
Belastungsintensität u. -dauer

niedrige Intensität

Aktivierte Essigsäure

niedrige Intensität
aerober Stoffwechsel

Höhere Intensität
+2 H⁺

Aktiv. Essigsäure

Milchsäure
(Laktat + H⁺)

Transporteierweiße, MCT

Extrazellulär-
flüssigkeit

Blut
(Erythrozyten)

Plasma
(2-fache La-Konz.)

andere, mäßig bewegte
Muskulatur + Leber

Citrat-Zyklus
Atmungskette

Weitere Belastung

La-Produkt. > La-Abbau

Steter Anstieg La-Konzentration

von ca. 7,1 bis minimal 6,3

Abfall pH-Wert (Azidose)

Glykogen-Resynthese

Laktat-steady-state bei erhöhtem
Blutlaktat u. konstanter Belastung
(Bereich aerob-anaerober Übergang)

+ Sauerstoff

Energie (ATP), Wasser u. CO₂

Energie (ATP),
Wasser u. CO₂

- Hemmung Enzyme zur Energiegewinnung
- reduzierter, zentralnervöser Antrieb
- schnellere Ermüdung
- vorzeitiger Belastungsabbruch
- Konzentrations-/Koordinationsminderung

Muskuläre Belastung und energetisch-physiologische Reaktion

Bei höherer Belastungsintensität wird vermehrt Pyruvat zu Milchsäure umgewandelt, die zu Laktat- und Wasserstoffionen dissoziiert (zerlegt wird).

Gleichzeitig wird in anderer, weniger beanspruchter Muskulatur und Leber Laktat wieder abgebaut, bzw. in der Leber zu Glykogen resynthetisiert.

Dies führt bei bestimmter Belastungsintensität (aerob-anaerober Übergang) und bei Belastungskonstanz zu einem zwar erhöhten, aber konstanten Blutlaktatspiegel (Laktat-steady-state bis max. Laktat-steady-state $\sim \leq 4$ mmol/l Laktat).

Bei weiterer Intensitätserhöhung übertrifft die Laktatproduktion den Laktatabbau und die Laktatkonzentration steigt weiter an. Bei unzureichender Pufferung sinkt der pH-Wert (Azidose). Dies kann zur Hemmung der zur Energiegewinnung benötigten Enzyme und zu einem reduzierten zentral-nervalen Antrieb führen. Folge: Ermüdung und Leistungsabbruch.

Die Körper-Glykogen-Gesamtreserve entspricht einem Energiegehalt von etwa 2000 Kilokalorien (kcal) und reicht für etwa 90 Minuten maximaler Ausdauerbelastung (Fußballspiel ?).

Intensität und Dauer der sportlichen Leistung bestimmt den aeroben bzw. anaeroben Anteil an der Gesamtenergiebereitstellung.



Allgemeines und spezielles Ausdauertraining im Fußball
Methoden
Training

Methoden im allgemeinen und speziellen Ausdauertraining

Dauermethode:

regenerativ
extensiv
intensiv
Tempo-DL

Fahrtspiel:

Tempowechsel in
Variationen
(ausdauerorientiert,
schnelligkeitsorientiert)

Extensive Wdh-Läufe:

400, 1000m, 2000m, 3000m
leicht anaerob, Laktat: 4-6 mmol/l
5, 3, 2 Wdhl. bei 4-6 Min. Trabpause

Extensive Intervalle:

80m, 100m, 200m, 300m
Wdhl: 2x (10-5); La: 6-11
mmol/l; Pause:1-2,5Min

Intervall-Dauerlauf:

80m, 100m, 200m, 300m
viele Wiederholungen
rein aerob; Pause:30-45sec

Sprintausdauer:

z.B. max. Liniensprintläufe mit Richtungs-
wechsel und verschiedene Sprintstrecken
Gesamt-Strecke:150-180m

Wettkampfspezif. Ausdauertraining:

Spielformen in Kleingruppen, z.B. 2-2....6-6
mit versch. Aufgaben.
Ausdauer-Parcour

Extensive Wiederholungsläufe

200m	10 x
400m	8x
600m	5 x
1000m	4 x
2000m	3 x
3000m	2x

Formel für die Laufweg-Zeiten t[s]:

$$t[s] \text{ Weg} = \frac{\text{Laufweg}}{(\text{IANS}/v_4 \text{ [m/s]} \cdot x\%):100}$$

Def.: v4 ist die Laufgeschwindigkeit bei 4 mmol/l Laktat

Grundlagenausdauertraining mit Ball

Ausdauer-Laktattest unter verschiedenen Anforderungen und Spielformen S1 – S5 im
Spiel 5 gegen 5 ohne Sprints im 30 x 30m Feld mit einer Oberliga-Mannschaft

S1: keine Sprints; alle ständig in Bewegung

S2: wie S1 + 2 Kontakte/Spieler + 10 Zuspiele ohne Unterbrechung

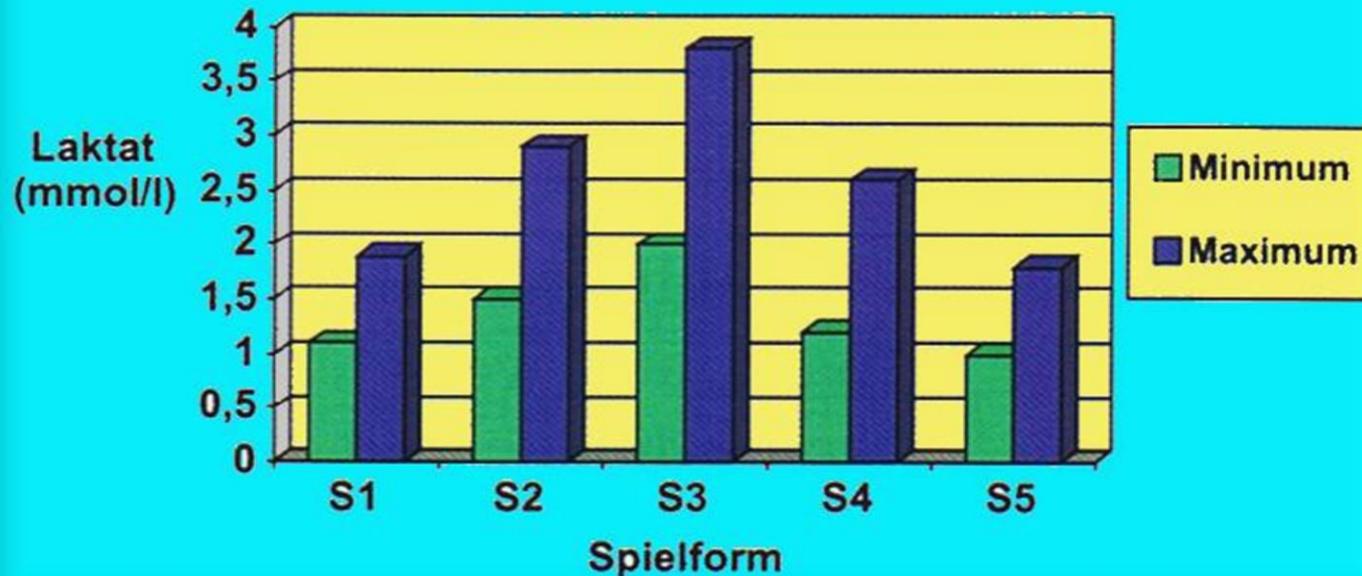
S3: wie S2 + Manndeckung (feste Gegnerpaare)

S4: Tore durch Überdribbeln der gegnerischen Grundlinie + keine Sprints + alle sind ständig in Bewegung

S5: Spiel auf 2 Großfeldtore + keine Sprints + alle sind in Bewegung

Ergebnis

Minimale und Maximale Laktatwerte bei verschiedenen Spielformen ohne Sprints



Die objektive Belastungsintensität in mmol/l Blutlaktat und das subjektive Belastungsempfinden, gemessen anhand der Borg-Skala

Läufer Fußballspieler	
Laktat max.	Borg-Skala
1,98	9
3,59	13
4,63	13
4,58	12
4,90	12
5,08	13
5,67	15
5,81	13
5,96	10
6,17	12
6,28	13
6,30	13
6,33	12
6,80	12
6,98	13
7,43	12
7,45	13
7,54	13
8,66	10
8,99	12
9,06	13
9,09	13
9,55	14
10,98	13
11,23	15
15,64	14

BORG-SKALA	
6	
7	sehr, sehr leicht
8	
9	sehr leicht
10	
11	recht leicht
12	
13	etwas anstrengend
14	
15	anstrengend
16	
17	sehr anstrengend
18	
19	sehr, sehr anstrengend
20	

Regenerationstraining

Ziel

Regeneration
Wiederherstellung nach
intensiven Belastungen

Methode

Regenerativer Dauerlauf

Intensität

sehr niedrig
La: < 2 mmol/l
60-70% HFmax
v < 75% v4

Dauer

30-45 Min.

Individuelle Intensitäten von HF u.nd Laufgeschwindigkeit:

⇨ Laktatstufentest

⇨ HFmax(real)

Kontrollgrößen und Intensitätskennwerte bei Lauf- Ausdauertraining / -belastungen

Die **Intensität** des Laufausdauertrainings kann **objektiv** über verschiedene Prozentanteile der anaeroben Schwellenwerte der Laktat-Leistungskurve stoffwechseloptimiert gesteuert werden. Kontrollgrößen sind die laktatgeeichte **Herzfrequenz** und **Laufgeschwindigkeit**.

Herzfrequenz: vorwiegend in niedrigen Intensitätsbereichen und kupiertem Gelände.

Nachteil bei Herzfrequenzkontrolle: externe und interne Einflussfaktoren mit z.T. erheblichen Schwankungen von Tag zu Tag

Laufgeschwindigkeit: bei höheren Intensitätsbereichen und unkupiertem Gelände

Herzfrequenz als Belastungskontrolle in Trainingsformen

Interne und externe Einflussfaktoren können eine vorgegebene **Kontrollherzfrequenz** im Training (z.B. Läufe, Spielformen) durch emotionale Ereignisse vor dem Training mit aktiven Stresshormonen und hohe Umgebungstemperatur mit Erhöhung der Bluttemperatur bis über 25 Schläge/min erhöhen. Eine korrekte Belastungssteuerung über die **Herzfrequenz** kann so erheblich verfälscht werden.

Training im Fettstoffwechselbereich

Nach neueren Studien erstreckt sich die **maximale Fettverbrennung** nicht nur über niedrige Intensitätsstufen, sondern über den ganzen aerob-anaeroben Übergangsbereich bei 2-4 mmol/l Laktat bzw. 55-72% VO₂max bei einem Training von ca. 90% der anaeroben Schwelle.

Deutliche Abnahme des Anteils der verstoffwechselten Fette (Fettverbrennung) erst oberhalb der anaeroben Schwelle.

W. Kindermann in: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 6 (2004) 161-162; „Standards der Sportmedizin: Anaerobe Schwelle“

Nach Simulationsuntersuchungen von MADER liegt das **Maximum der Fettverbrennung** bei $\leq 1,5$ mmol/l Laktat bzw. bei ca. 65-70% der anaeroben Schwelle.

Bei 90% (W. KINDERMANN) überwiegt bereits der Kohlenhydratstoffwechsel, bei ≥ 4 mmol/l Laktat ist die Fettverbrennung praktisch gleich Null.

A. Mader: Computersimulation des menschlichen Energiestoffwechsel im Muskel, in: gesund, vital, schlank.; Deutscher Ärzte-Verlag 2001

Fettabbau auch bei hochintensivem Training

Studie: 2 adipöse Frauengruppen (n=27) + Kontrollgruppe, 5 Tage Training/Woche über 16 Wochen

Trainingsgruppe 1: niedrig-intensives Training 5x / Wo, n=11

Trainingsgruppe 2: hoch-intensives Training 3x / Wo + niedrig-intensives Training 2x / Wo

Kontrollgruppe: gewohnte körperliche Aktivität

Kalorienverbrauch bei beiden Trainingsgruppen: 400 kcal / TE

ERGEBNIS

1. **Signifikante Reduktion** des abdominalen Fetts insgesamt, des abdominalen Unterhautfettgewebes und des abdominalen visceralen Fetts nur bei der hoch-intensiven Trainingsgruppe

2. **Keine Fettreduktion** in der niedrig-intensiven Trainingsgruppe und Kontrollgruppe

Kirkley A, Birmingham TB, Litchfield RB, Giffin SH, Willits KR, Wong CJ, Feagan BG, Donner A, Griffin SH, D'Ascario LM, Pope JE, Fowler PJ.; in: N. Engl. J. Med. 359 (2008),

Extensiver Dauerlaufbereich, GA1

- ⇒ 80-90% IANS; 75-85% ANS (=v4)
- ⇒ 75-80% HFmax (real)
- ⇒ HF-Formel (grob): 165-LA bis 180-LA (Kindermann; LA=Lebensalter)
- ⇒ Energie: rein aerob (überwiegend Fettstoffwechsel; ca.70% über Fette, 30% über Kohlenhydrate)
- ⇒ Blutlaktat: leicht erhöht (ca.1,5-2,0 mmol/l)
- ⇒ Trainingskontrolle: HF + Lauftempo
- ⇒ Laufdauer Fußball: 40-60 Min.

Intensiver Dauerlaufbereich, GA2

- ⇒ 92-95% IANS; 85-90% ANS (=v4)
- ⇒ 85-90% HFmax (real)
- ⇒ HF-Formel (grob): 195-LA bis 203-LA (Kindermann ; LA=Lebensalter)
- ⇒ Energie: leicht bis stark anaerob unter z.T. deutlichem Verlust an Kohlenhydraten (z.B.: 50% über Fett- und 50% über Kohlenhydrate)
- ⇒ Blutlaktat deutlich erhöht (2,5-3,0 mmol/l)
- ⇒ Trainingskontrolle: Laufgeschwindigkeit
- ⇒ Laufdauer Fußball: 30-40 Min.

Tempo-Dauerlauf

- ⇒ 95-101% IANS; 92-95% ANS (=v4)
- ⇒ 85-95% HFmax (real)
- ⇒ Energie: überwiegend anaerob
- ⇒ Blutlaktatwerte \geq La-Wert an IANS (individuell-anaeroben Schwelle)
- ⇒ Lauftempo im maximalen Laktat-steady-state
- ⇒ Laufdauer Fußball: 20-30 Min.

Intervalltraining – Intervallprogramme

Ausführliche Darstellung in der Datei: „HIIT-Hoch Intensives Intervalltraining“

Fußball als typische Intervallsportart mit hoher energetisch-dynamischer Variation erfordert zur konditionellen Leistungsentwicklung u.a. ein **intervallspezifisches** Training mit Wechsel von Belastung und Erholung als eine gezielt ausgewählte Trainingsmethode bei richtiger Platzierung im Mikro- bis Makro-Jahrestrainingzyklus.



Intervall(IV)-Laufprogramme

in Ableitung nach Saarbrücker Laufband-Laktat-Stufentest und Stegmannschwelle (S)

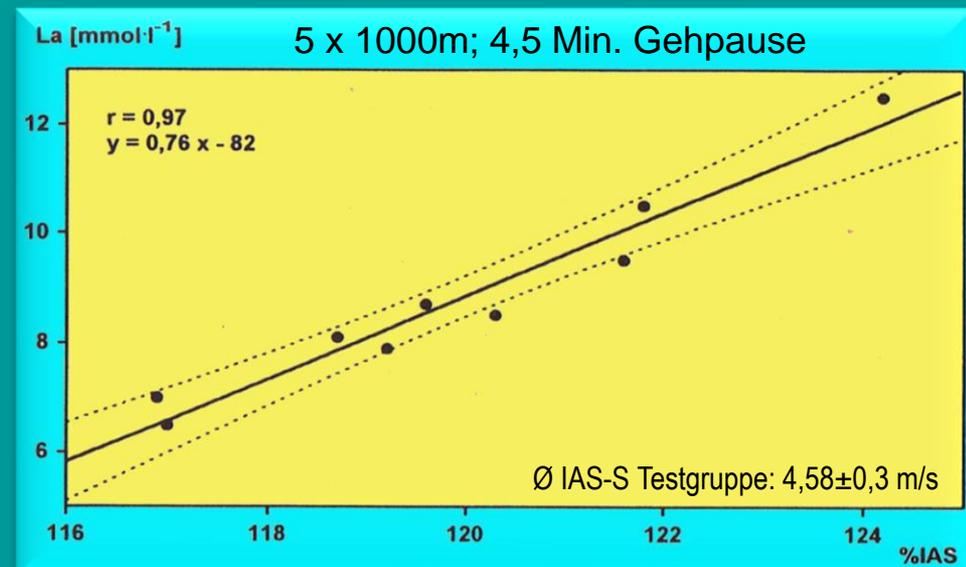
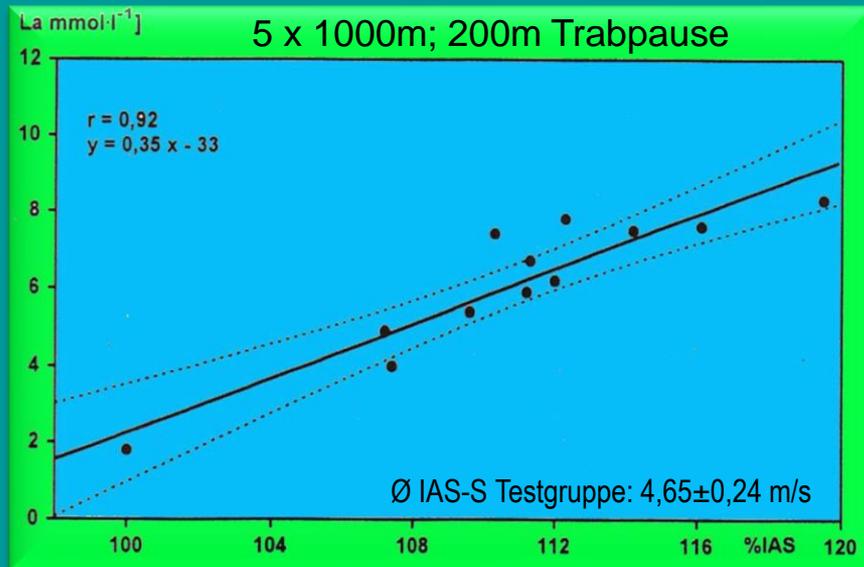
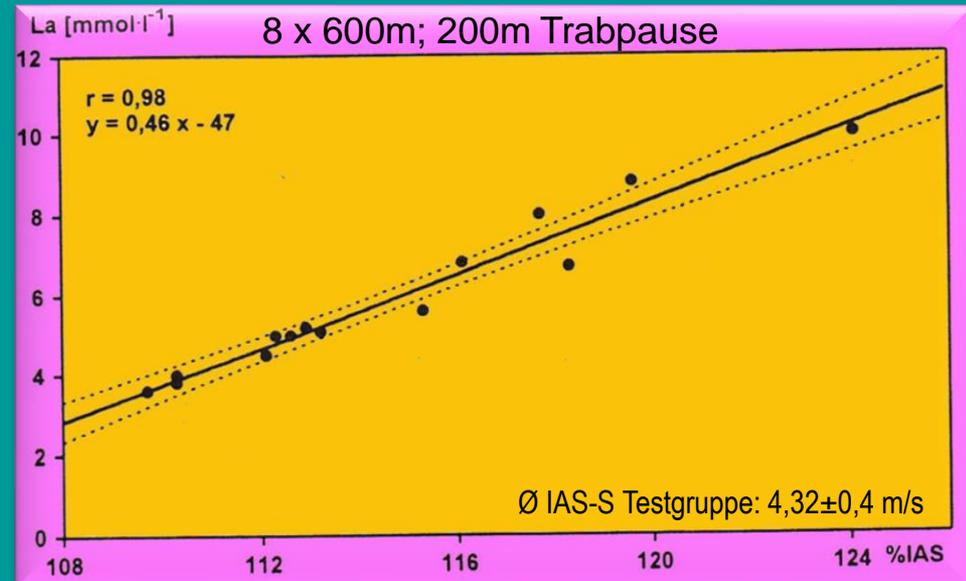
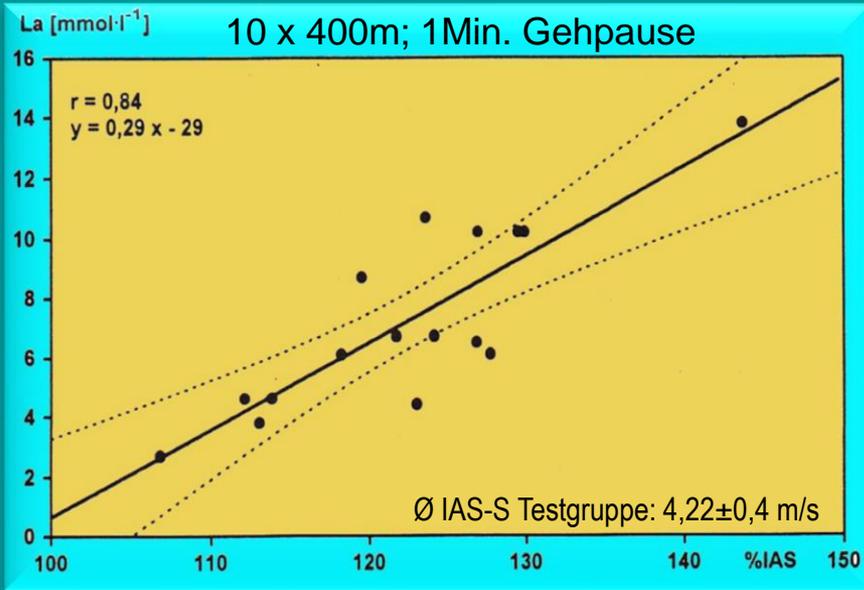
Annahme und Bestätigung

Signifikanter Zusammenhang zwischen Laktat und %IAS-S für ausgewählte Intervall-Programme mittels linearer Regressionsanalyse

TEST: Laufband (LB) und Intervall-Programme

- LB-Stufentest: LB-Steigung: 1,5%; $v_0=3,0$ m/s; Stufendauer: 3 Min.; Stufenhöhe: 0,5 m/s; Abbruch: subjektive Erschöpfung; 20sec Blutabnahme
- Laufzeit bzw. Geschwindigkeit auf 400m Kunststoff-Laufbahn als %IAS
- Konstantes Lauftempo; max. Laufzeitdifferenz innerhalb Serie: 3 sec
- Zeit zw. LB-Test und IV-Läufe: mindestens 4 Tage, höchstens 4 Wochen
- Laktatanstieg bis Programmhälfte, danach Laktat konstant
- Ausdauerorientierte, niedrig extensive Intervalle: 2-3 mmol/l Laktat
- Intensive Wiederholungsläufe: bis 15 mmol/l Laktat und höher

Lineare Regressionsanalyse zwischen Laktatkonzentration und % IAS folgender Intervall-Laufprogramme



10 x 400m (1 Minute Gehpause)

Laktaterwartung: 2-4 mmol/l

V400m: 105-112% IANS (B. Coen, 1997)
ca. 95-102% vLa4

Laktaterwartung: 4-6 mmol/l

V400m: 112-116% IANS (B. Coen, 1997)
ca. 102-106% vLa4

Laktaterwartung: 6-8 mmol/l

V400m: 116-120% IANS (B. Coen, 1997)
ca. 106-110% vLa4

Laktaterwartung: 8-10 mmol/l

V400m: 120-124% IANS (B. Coen, 1997)
ca. 110-114% vLa4

B. Coen 1997; W. Kindermann, 2002

8 x 600m (200m Trabpause)

Laktaterwartung: 2-4 mmol/l

V600m: 105-110% IANS (B. Coen, 1997)
ca. 95-100% vLa4

Laktaterwartung: 4-6 mmol/l

V600m: 110-115% IANS (B. Coen, 1997)
ca. 100-105% vLa4

Laktaterwartung: 6-8 mmol/l

V1000m: 115-120% IANS (B. Coen, 1997)
ca. 105-110% vLa4

5 x 1000m (200m Trabpause)

Laktaterwartung: 2-4 mmol/l

V1000m: 100-105% IANS (B. Coen, 1997)
ca. 90-95% vLa4

Laktaterwartung: 4-6 mmol/l

V1000m: 105-110% IANS (B. Coen, 1997)
ca. 95-100% vLa4

Laktaterwartung: 6-8 mmol/l

V1000m: 110-116% IANS (B. Coen, 1997)
ca. 100-106% vLa4

5 x 1000m (Pause: 4:30 Min)

Laktaterwartung: 4-6 mmol/l

V1000m: 110-115% IANS ; 4Min. Trabpause
113-116% IANS ; 4:30 Min. Gehpause
ca.103-106% vLa4

Laktaterwartung: 6-8 mmol/l

V1000m: 116-119% IANS
ca.106-109 vLa4

Laktaterwartung: 8-10 mmol/l

V1000m: 119-122% IANS
ca.109- 112 vLa4

4 x 2000m (2 Min. Gehpause)

Laktaterwartung: 2-4 mmol/l

V2000m: 100-104% IANS
ca. 90-95% vLa4

Laktaterwartung: 4-6 mmol/l

V2000m: 104-108% IANS
ca. 97-100% vLa4

Laktaterwartung: 6-8 mmol/l

V2000m: 108-112% IANS
ca. 104-108% vLa4

2 x 3000m (6 Min. Trabpause)

Laktaterwartung: 4-6 mmol/l

V3000m: 103-107% IANS (W. Kindermann, 2002)
ca. 94 - 97% vLa4

Formel für die Laufweg-Zeiten t[s]:

$$t[s] \text{ Weg} = \frac{\text{Laufweg}}{(\text{IANS}/v4 \text{ [m/s]} \cdot x\%):100}$$

Extensive Wiederholungsläufe

Wiederholungsläufe mit ruhigem bis mittlerem Tempo und niedrigem bis mittlerem Laktat sind eine gezielt eingesetzte **Alternative zu Dauerläufen**. Die Laufintensität lässt sich ebenfalls mittels Prozentwerte der (individuellen) anaeroben Schwellenwerte bestimmen.

Als gute Alternative zu Dauerläufen haben sich bes. **5 x 1000m** bei 110-115% der IANS (bzw. 101-106% v4), 4 Min. Trabpause und Laktat-Werten von 4-6 mmol/l besonders bewährt (z.B. im Ausdauererhaltungstraining).

Mit der Formel: $t_{1000} [\text{sec}] \cdot x [\text{m}] \div 1000$ lassen sich Kontrollstrecken gleichen Tempos (z.B. $x = 100/200/300\text{m}$) berechnen.

Die empirische Regressionsformel: $y = 0,76x - 82$

zwischen %IANS (x) und Blutlaktat (y) für 1000m-Läufe berechnet für Ziellaktat 4-6 mmol/l die 1000m-Laufgeschwindigkeit mit 110-115% IANS (ca. 101-106% v4)

Kindermann 1998

Vorteile des „Extensiven Intervall-Ausdauertrainings“

- ⇒ **Schnelle**, fußballspezifische Ausdauerentwicklung
- ⇒ Gute **Alternative** zu Dauerläufen
- ⇒ Nach Verletzung guter und schneller **Wiedereinstieg**
- ⇒ Kommt der Spielermentalität und dem **Intervallcharakter** des Fußballspiels entgegen
- ⇒ **Sprintnahe** Laufbewegungsstruktur
- ⇒ Korrekturmöglichkeit der (Sprint-)Lauftechnik
- ⇒ Fördert im Gegensatz zu Dauerlauf zeitgleich **Sprint- und Sprungfähigkeit**
- ⇒ Erlaubt Barfußlaufen (Rasen) als wirkungsvolles Mittel zur Kräftigung der Fußmuskulatur und des Vorfußlaufens (Antritt, Sprint); schonende Belastungsform der Bein- u. Hüftmuskulatur
- ⇒ Gute **Tempokontrolle** durch Trainer

Extensive Intervalle

- ⇒ 2x(5x300m): v300m = 150-155% v4
Pause: Lauf: 2:30-2:40 Min. Traben; Serie: 7-8 Min. aktiv m. Ball
- ⇒ 2x(6x200m): v200m = 158-160% v4
Pause: Lauf: 1:30-1:40 Min. Traben; Serie: 6 Min. aktiv mit Ball
- ⇒ 2-3x(8x100m): v100m = 162-164% v4 (Platzdiagonale ?)
Pause: Lauf: 1:00-1:15 Min. Traben; Serie: 5 Min. aktiv mit Ball
- ⇒ 2-3x(10x80m): v80m = 164-165% v4 (Platzdiagonale?)
Pause: Lauf: 1:00 Min. Traben; Serie: 5 Min. aktiv mit Ball

Laktaterwartung: 4 - 8 mmol/l Laktat

Formel für die jeweiligen Laufzeiten t[s]:

$$t[s] = \frac{\text{Laufweg}}{(\text{ANS}(v4) \text{ [m/s]} \cdot x\%) : 100}$$

Empirische Berechnungsformeln

Extensive Wiederholungsläufe

Laktaterwartung: 4-6mmol/l Laktat

1000m: $t_{1000} = 1000 : (v_4 \times 1,03...1,06)$ [sec]

2000m: $t_{1000} = 1000 : (v_4 \times 0,97...1,00)$ [sec]

3000m: $t_{1000} = 1000 : (v_4 \times 0,94...0,97)$ [sec]

Extensive Intervalle

t300m = $300 : (v_4 \times 1,55...1,50)$ [sec]

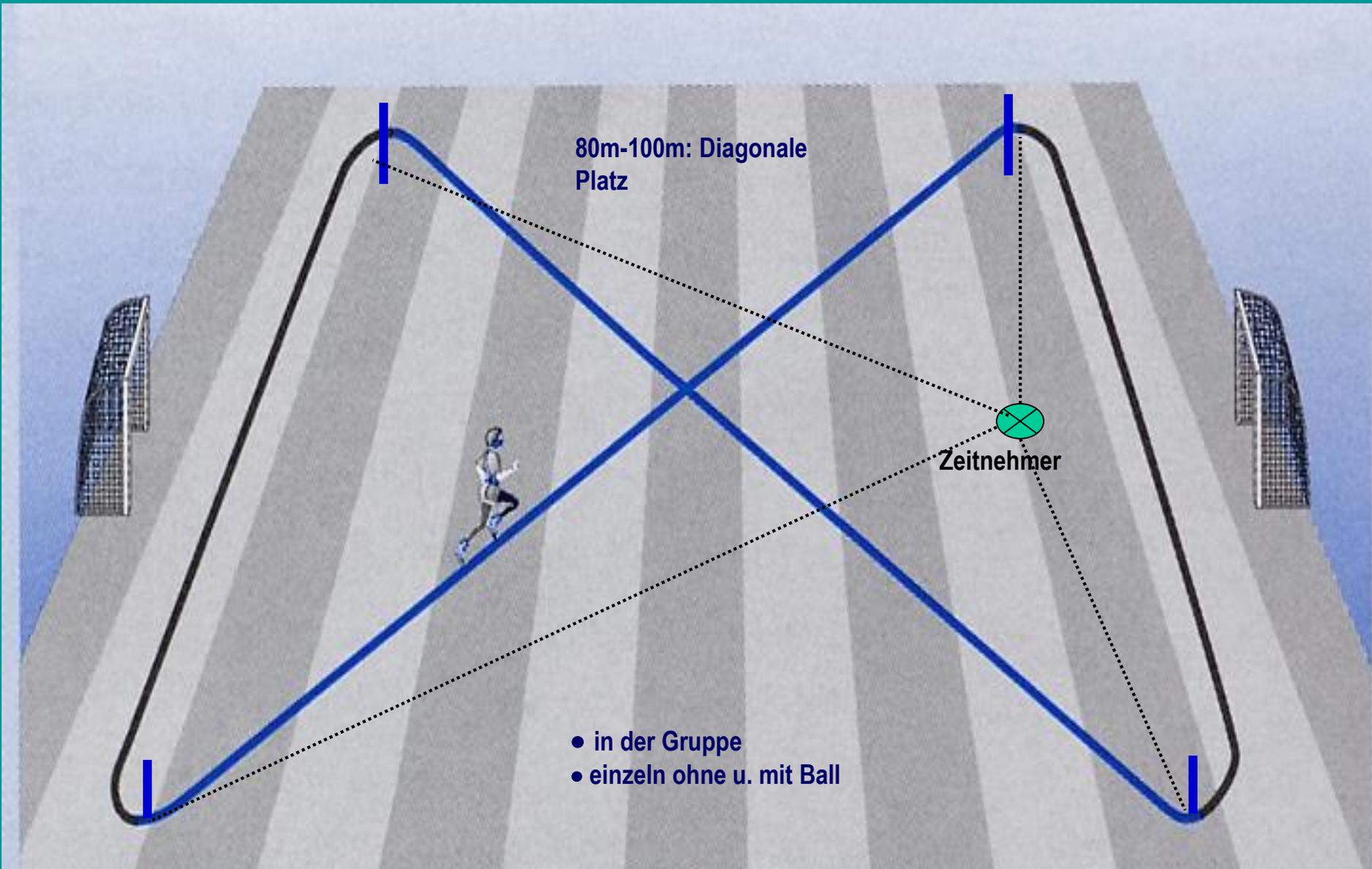
t200m = $200 : (v_4 \times 1,60...1,58)$ [sec]

t100m = $100 : (v_4 \times 1,64...1,62)$ [sec]

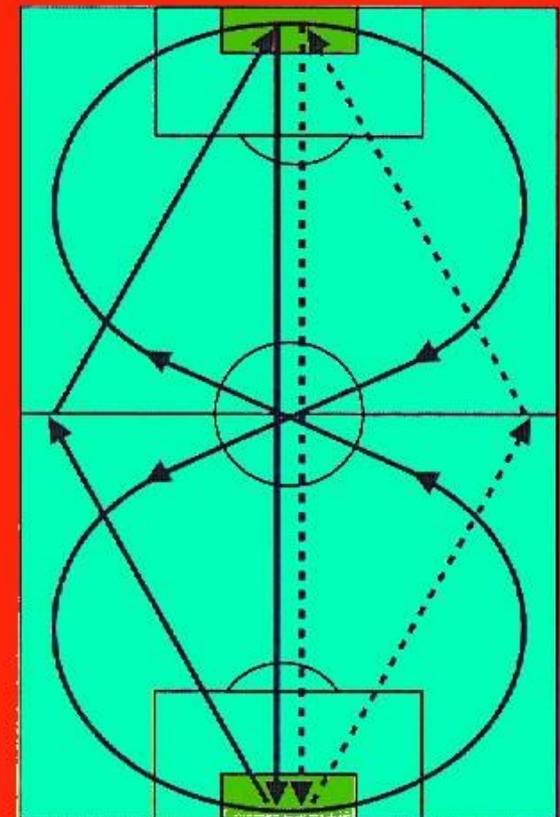
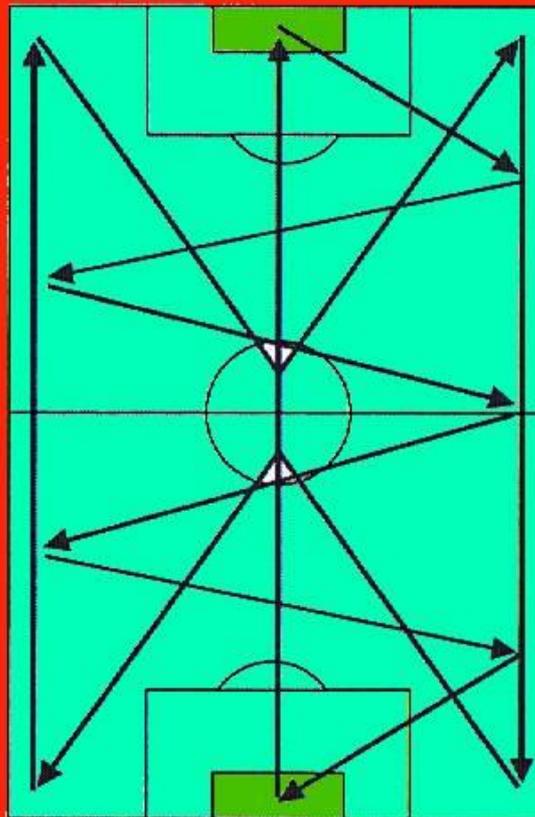
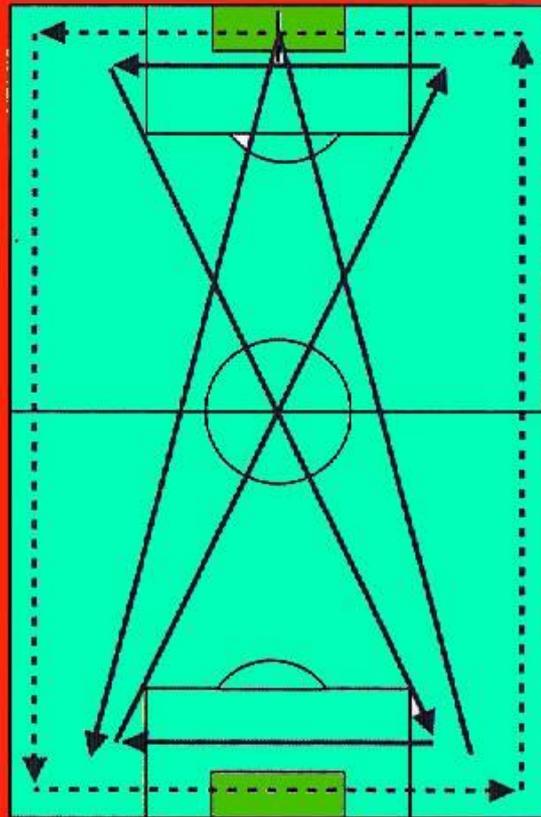
t80m = $80 : (v_4 \times 1,65...1,64)$ [sec]

(v_4 = Laufgeschwindigkeit bei 4mmol/l Laktat)

Extensives Intervall – Ausdauertraining



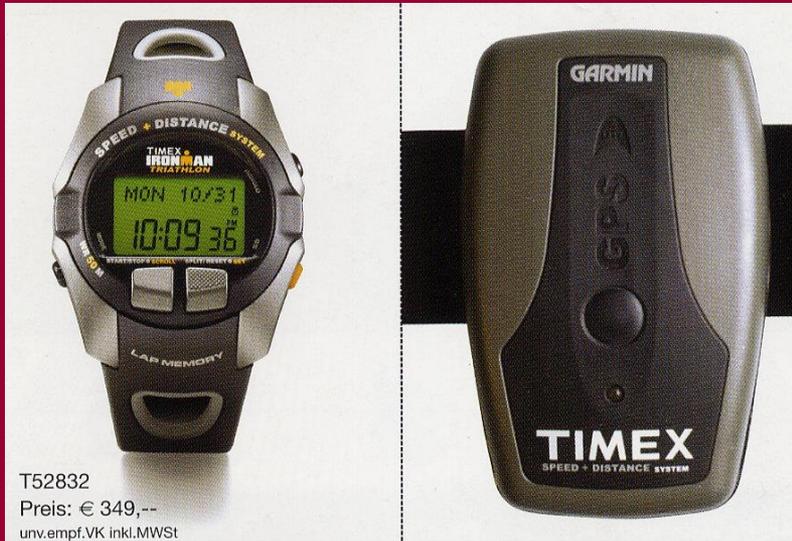
Variation der Laufwege auf dem Spielfeld zur Verbesserung der allgemeinen und speziellen Ausdauer in Kombination mit verschiedenen Laufformen und Lauf tempi mit und ohne Ball.



Mod. nach Vieth (1988) aus P.Götzinger (2005), Sportartspezifische Rehabilitation und Integrationstraining für Leistungssportler

Intensitätskontrolle beim Lauftraining

- **Laufstrecke vermessen:** 100m, 500m oder 1000m-Markierungen mit Geschwindigkeitskontrolle
- **Laufstrecke nicht vermessen (evtl. mit Hügelgelände):**
 - für regen. DL, extens. DL und intensiven DL passt die Herzfrequenz
 - für extensive WH und extensive Intervalle: Geschwindigkeitskontrolle
- **Laufende Geschwindigkeits- und Distanzkontrolle über :**

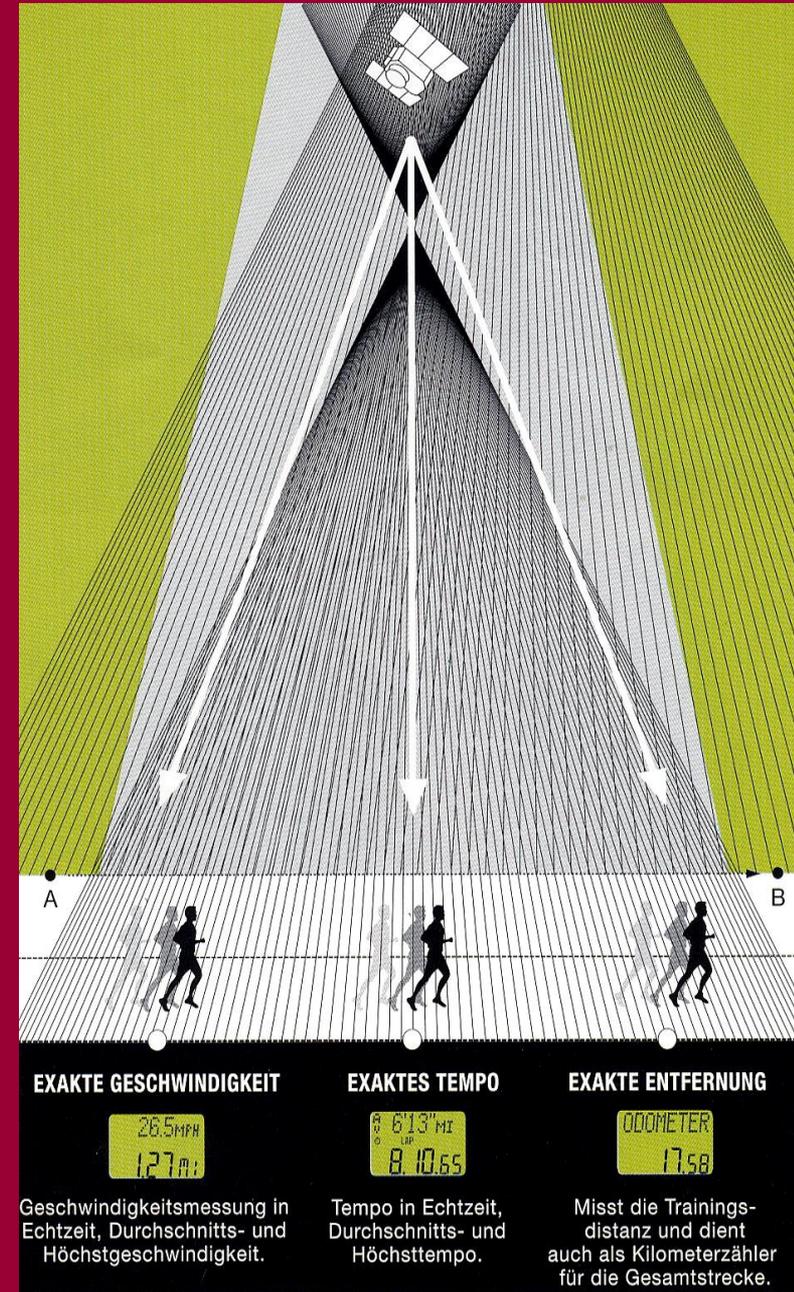


T52832

Preis: € 349,--

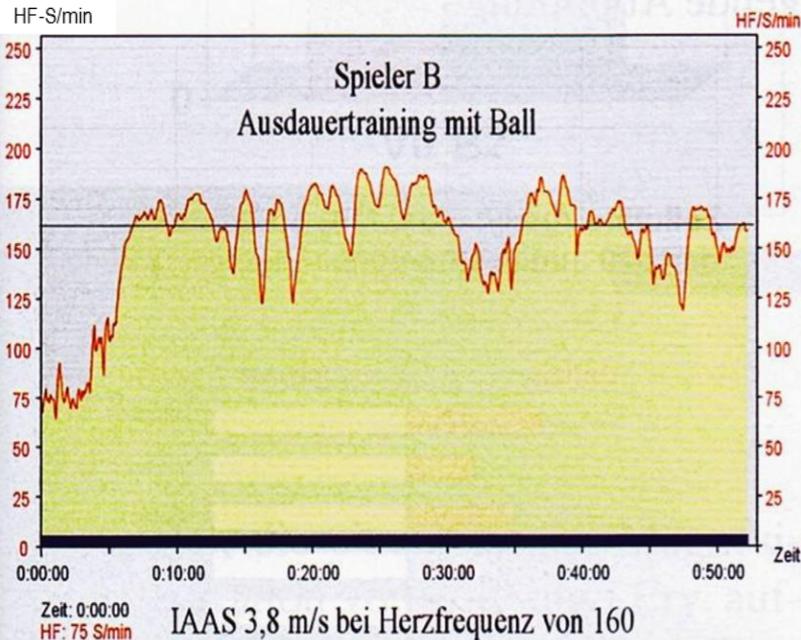
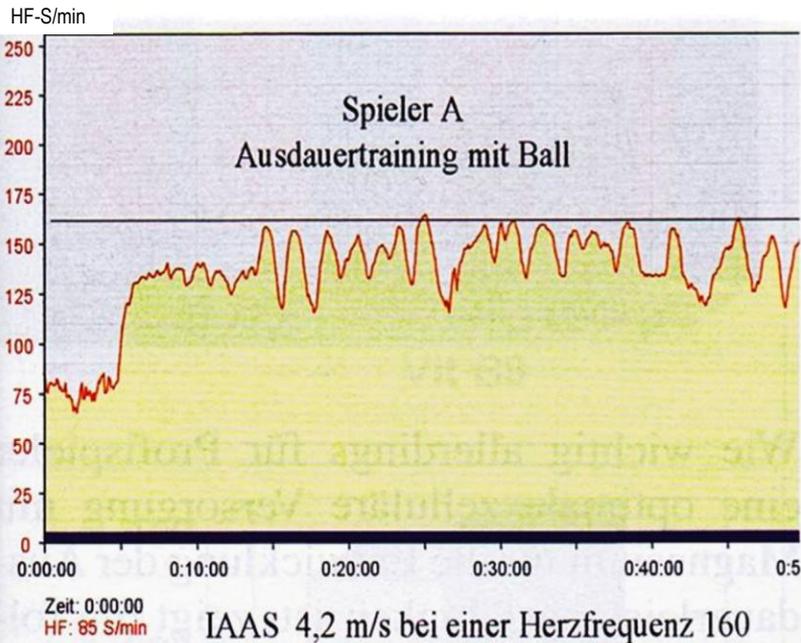
unv.empf.VK inkl.MWST

Satellitengesteuerte Geschwindigkeits- und Entfernungsmessung





Spielerbezogene Belastungskontrolle und -steuerung bei Spielformen durch telemetrische Kontrolle der laktatgeeichten Herzfrequenz (an indiv. aerob-anaerobe Schwelle) mittels **hrt.sys elgo electronics / Schweiz**



Kontrolle der Herzfrequenz von zwei A-Juniorenspieler in Bezug auf die Herzfrequenz an der ind. aerob-anaeroben Laktatschwelle während eines 50-minütigen Ausdauertrainings mit Ball mittels telemetrischer HF-Messung mit [hrt.sys elgo electronics](http://hrt.sys-elgo-electronics.com).

Spieler B liegt zu oft über dem Schwellenbereich und ist damit trainingsmethodisch überfordert.

Reaktionen bei 2 x Schnelligkeitsausdauer-Training bzw. hochintensiven Spielformen pro Woche und übrigen Training (Laktat bis über 14mmol/ Blut)

- ⇒ Katabole (abbauende) Stoffwechselsituation mit Abbau von Enzymen und kontraktilen Eiweißen
- ⇒ Keine Superkompensation; akuter und chronischer Leistungsabfall
- ⇒ Abbau von Ausdauer- und Schnelligkeitsleistung
- ⇒ Minderung der Maximalkraft und Schnellkraft
- ⇒ Minderung der tolerierten Laktatwerte
- ⇒ Aminosäureabbau zur Glykogenese
- ⇒ Aktivierung eiweißspaltender Enzyme (Eiweißabbau = Substanz- und Kraftverlust = Katabolismus)
- ⇒ Anstieg des Serumharnstoffs
- ⇒ Elektrolytverluste: Magnesium, Kalium, Phosphate und Vitaminmangel
- ⇒ Starke Beanspruchung des ZNS und vegetativen NS (Sympathikotonie) mit Verlängerung der Regenerationszeit

in Anlehnung an H. Liesen, 2001; in H. Wieland (Hrsg.), 2001

Blutlaktatkonzentrationen von 8-10 mmol/l sind im Training ausreichende und noch gut tolerierbare Laktatwerte bei noch relativ schneller Erholung!

Diese Werte werden häufig im Training und Spiel erreicht.

Stoffwechselbezogen ist ein Schnelligkeitsausdauertraining nicht notwendig.

Folgen hoher Laktatwerte >14 mmol/l Blut in den Muskelzellen

- ⇒ deutlicher Anstieg der intramuskulären Wasserstoffionenkonzentration (pH-Wert sinkt) als Hauptursache der Muskelermüdung und Leistungsminderung!
- ⇒ verminderte glykolytische Energieproduktion
- ⇒ Hemmung der Muskelkontraktion (Katz et al. 1986; Sahlin 1978)
- ⇒ langsame Rephosphorylierung
- ⇒ verminderter Kreatinphosphatbestand (Mader et al. 1983, 1986)
- ⇒ verminderte neuromuskuläre Erregungsübertragung (Lindström / Petersen 1983)
- ⇒ pH-Wert sinkt (saures Muskelzell-Milieu)
- ⇒ Störgröße im Zentralnervensystem
- ⇒ Anpassungsstörung der aeroben Enzyme
- ⇒ verlangsamte ATP-Bildung (Sofortenergie)
- ⇒ muskulärer Arbeitsstopp
- ⇒ verlängerte Regenerationszeit
- ⇒ blockierte Ausdaueranpassung
- ⇒ Immunsuppression mit erhöhter Infekt- u. Verletzungsanfälligkeit
- ⇒ gesunder Hochleistungssport ist reduziert
- ⇒ geringe Trainings- und Spilleistungen

Studie: Der Einfluss eines dosierten Ausdauer- bzw. Schnelligkeitsausdauertrainings auf die oxidative Kapazität (aerobe Ausdauer), Schnelligkeit und Sprungkraft von Fußballspielern

R. Föhrenbach, U. Frick, M. Göbel, P. Nagel, R. Stutz, D. Böhmer, D. Schmidtbleicher 1991: Institut für Sport u.nd Sportwissenschaft Frankfurt/Main

Untersuchungsmethode

Zeitraum: 6 Wochen

Personen: 17 Spieler der Landesliga

2 Gruppen nach V4 (Laktattest) parallelisiert

Gruppe 1: 1x/Woche 30 Min. DL (ca. 2 mmol/l La)

Gruppe 2: 1x/Woche 2 x 5 x 300m (8-11 mmol/l La)

Spezielles Lauftraining: 5 x (1x/Woche)

Laufintensität:

(extens.) Dauerlauf (DL): ca. 4:50 min/1000m

300m-Lauf: ca. 53 sec/300m; Pause: Wdh: 2,5 Min.; Serie: 5 Min.

Testobjekt

Lauf-Feldstufentest: 4 x 2000m

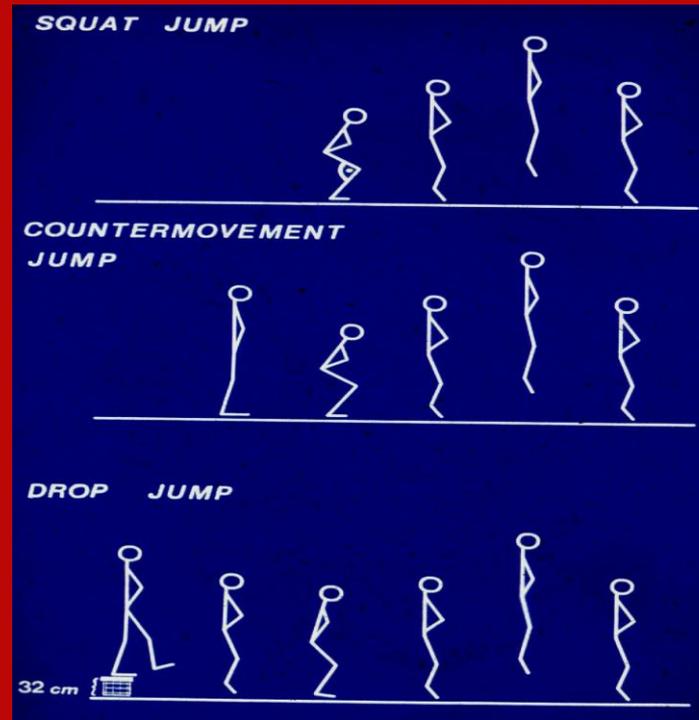
Sprinttest: 5 x 30m

Sprungkrafttest:

Squat-Jump

Drop-Jump

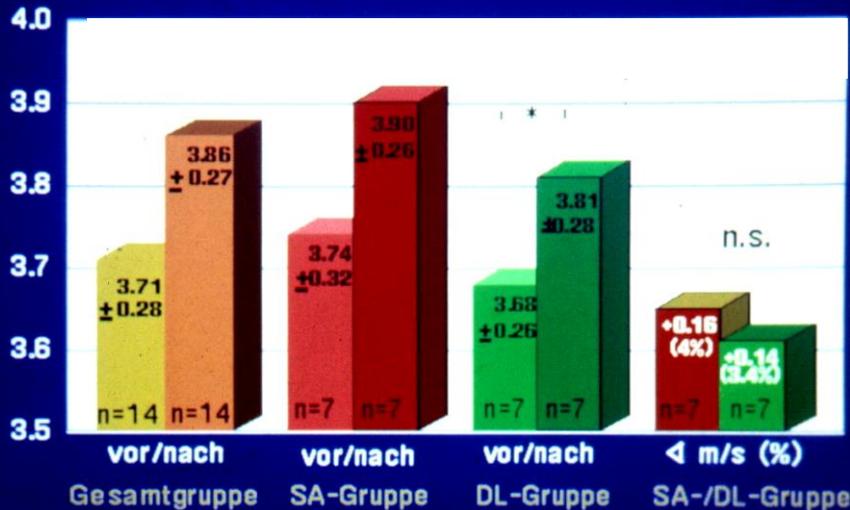
Countermovement-Jump



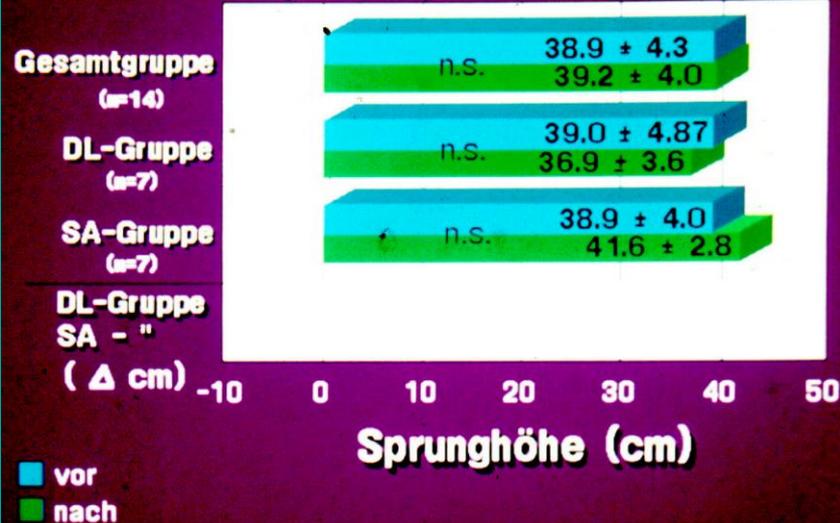
Ergebnisse

Entwicklung der aeroben Leistungsfähigkeit

VLA4 (m/s)



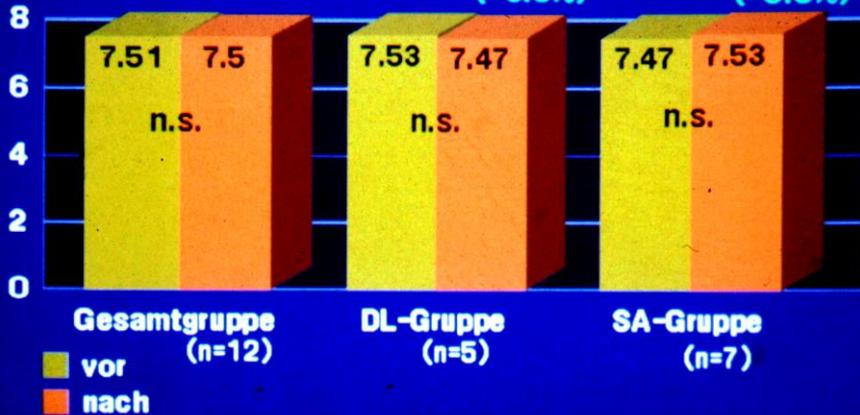
Countermovement Jump (max.)



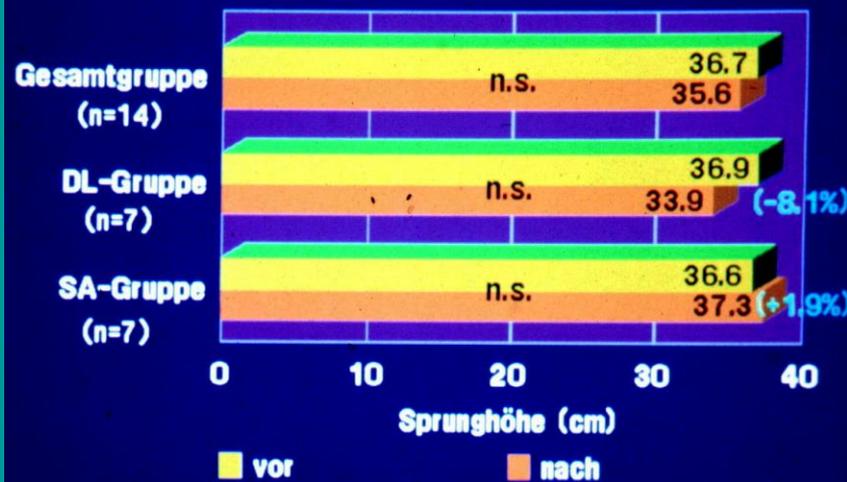
30-m-Lauf (max.)

(7.5 m/s = 4 s/30 m)

V(m/s)



Squat Jump (max.)



Zusammenfassung

- ⇒ Beide Trainingsmethoden verbessern signifikant die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit
- ⇒ Ein laktatkontrolliertes, dosiertes, extensives Schnelligkeitsausdauertraining (extensive Intervalle, z.B. 2x5x300m) weist im Vergleich zum extensiven Dauerlauf folgende Vorteile auf:
 - ⇒ deutlichere, aerobe Leistungszunahme
 - ⇒ deutlichere Sprungkraftzunahme
 - ⇒ kein Verlust der Sprintschnelligkeit, höhere, fußballspezifische Belastung
 - ⇒ sprintnähere Laufbewegungsstruktur
 - ⇒ bessere Laufgeschwindigkeitskontrolle

Studie1: Wirkungsvergleich Kontinuierliche Dauermethode vs. Variable Dauermethode

Fahrtspiel mit Schwerpunkt Schnelligkeit

Wienecke, E. / Brettschneider, G. / Diekmann, O. / Zimmermann, E.; Köln 1998

Vergleichsparameter

- ⇒ Aerobe Ausdauer (4 mmol/l Laktatschwelle)
- ⇒ Sprintschnelligkeit (Mittelwert 5x30m)
- ⇒ Erholungsfähigkeit nach Sprintläufen
(Laufgeschwindigkeit bei 6 mmol/l Blutlaktat = v6-Wert)

Untersuchungsmethode

Zeitraum: 5 Wochen; 2-3 x / Woche

Personen: 19 Sportstudenten

2 Gruppen nach v4 – Laktatschwelle (Stufentest)

G1: Fahrtspiel

G2: kontinuierlicher Dauerlauf

Nach 5 Wochen Zwischenuntersuchung

Methodenwechsel und erneut 5 Wochen Training

Ergebnis

Ein schnelligkeitsorientiertes Fahrtspiel hat im Vergleich zur Dauermethode bes. für Spielsportler (Fußball) folgende Vorteile:

- ① stärkere Verbesserung der aeroben Ausdauerleistung
- ② bessere Erholungsfähigkeit nach Sprintbelastungen
- ③ tendenzielle Verbesserung der Sprintschnelligkeit

Studie 2: Wirkungsvergleich

Einfluss Extensive Dauerlaufmethode vs. Fahrtspiel auf die Ausdauerleistung in Sportspielen

Untersuchungsmethode

Trainingsdauer: 5 Wochen; 3 TE / Woche

Personen: männliche Spielsportler; n = 16

Gruppe 1 (n=8): extensiver Dauerlauf (ExDL), Tempo: 80% vLa4, 75-85% HFmax(real); 7,5 km

Gruppe 2 (n=8): Fahrtspiel (FS): extens. DL, intens. DL, Sprints, Sidesteps im Wechsel; 7,5 km

A. Ferrauti, B. Pluim, F. Broekhof, U. Schmidt, M. Walker, Jakobs: (Univ. Bochum, Deutsche Sporthochschule Köln, 2003)

Ergebnisse

Ø-Werte	Extensiver Dauerlauf	Fahrtspiel
Herzfrequenz [S/min]	153 ±11	161 ±12
Blutlaktat [mmol/l Blut]	2,0 ±0,6	4,8 ±1,9
vLa4 Anfang (m/s) vLa4 Ende (m/s)	4,11 ±0,21 4,16 ±0,22	4,07 ±0,35 4,20 ±0,30
VO₂max Anfang VO₂max Ende (ml/min/kg)	58,0 ±3,3 60,6 ±4,8	58,5 ±2,5 64,0 ±4,3
3x(5x30m) Anf. [s] 3x(5x30m) Ende[s] 40 sec Sprintpause	4,36 ±0,24 4,35 ±0,25	4,46 ±0,18 4,41 ±0,16

Fazit: In der Grundlagenausdauerentwicklung dominiert das Fahrtspiel aufgrund der größeren Reizsetzung und intermittierender (Intervall-) Belastung über die extensive Ausdaueremethode.

Zusammenfassender Vergleich zwischen
Dauerlauf, Fahrtspiel und Intervall-Läufen

Schnelligkeitsorientiertes Fahrtspiel

(wechselndes extens. / intens. Lauftempo, Sprints, Lauf-ABC, sid-steps u.a.) und

Extensive Intervall-Läufe (z.B. 2x5x300m)

zeigen gegenüber **Kontinuierlichem, extensivem Dauerlauf**
eine deutliche Überlegenheit bzgl.

- **Aerober Grundlagen-Ausdauerentwicklung (!)**
- **Erholungsfähigkeit nach (Sprint-) Belastungen**
- **Verbesserung der Sprintschnelligkeit u. Sprungkraft**
- **Fußballspezifischer Belastungsstruktur**

Wienecke/Brettschneider/Diekmann/Zimmermann, Deutsche Sporthochschule (DSHS) Köln, 1998

Föhrenbach/Frick/Göbel/Nagel/Stutz/Böhmer/Schmidtbleicher, Univ. Frankfurt/Main, 1991

Ferrauti/Pluim/Broekhof/Schmidt/Walker/Jakobs, DSHS Köln, Univ. Bochum, 2003

Die kontinuierliche Dauerperiode mit Vor- und Nachteilen

- Aerobes Entwicklungs-/Erhaltungstraining in der Übergangsphase (Beginn Wettspielpause)
- Erholungs- / Wiederherstellungstraining
- Als Ausdauer-Grundlage und Basis für hochintensives Intervalltraining

Gefahr zu häufiger, langer, extensiver Dauerläufe:

- Verringerung der Sprintschnelligkeit
- Schnell-langsam-Transformation schnellkräftiger Muskelfasern
- Zunahme oxidativer Enzyme
- Abnahme muskulären Kreatinphosphats

Ausdauer schwache Spieler profitieren zunächst bzgl. der Entwicklung der allg. Ausdauer deutlich mehr von der **kontinuierlichen Dauerperiode** (zB.: 8-10 TE je 50-60 Min. extensiver Dauerlauf) bei tendenzieller Verringerung der Sprintschnelligkeit.

Zu lange, relativ langsame Muskelkontraktionen durch extensive / intensive, kontinuierliche Dauerläufe können bewirken:

- Transformation schnellkräftiger Muskelfasern in langsam kontrahierende MF mit Zunahme oxidativer Enzyme
- Abnahme der für Schnelligkeitsleistungen wichtigen, hohen Kreatinphosphatkonzentration der trainierten Muskulatur
- Zunehmende Ausdauerleistung verminderte bei Fußballspielern signifikant die max. Sprintgeschwindigkeit über 30m

⇒ A. Übergangsperiode (Anbahnung; ca. 2 Wochen):

Regenerativ – extensiver DL (Niedrigbereich): 2-3x / Woche; ruhig; rein aerob; Laktat < 2,3 mmol/l Blut; je 45-60 Min.

⇒ B. Vorbereitungsperiode (Entwicklung; ca. 5 Wochen):

1. Phase (ca. 3 Wochen)

Extensiver DL (oberer Bereich): aerob; La: 1,8-2,4 mmol/l Blut (Sprintertyp: ca. 3 mmol/l); HF: 120-150 Schl/Min.; 40 – 50 Min.; 2- 4 TE / Woche

Intensiver DL: aerob-anaerob; Laktat: 2,5-3,5 mmol/l; 25 - 35 Min.

2. Phase (ca. 2 Wochen)

Wettkampfspezifische Ausdauer; Schwerpunkt: extensive Intervall-Trainingsformen zur (Sprint-)Schnelligkeitsausdauer:

Fahrtspiel: DL mit intensiven Läufen bis 400m; 30- 40 Min.

Extensive Wdhl.: z.B. 5x1000m bei 110-115% IANS (101-105% vLa4); 4 Min. Trabpause; Laktat: 4-6 mmol/l Blut

Extensive Intervalle: z.B. 2x(5 x 300m / 6 x 200m); 250m / 200m Traben; 2-3x(8 x 100m / 10 x 80m); Laktat: 6-11 mmol/l Blut

Intervall-Sprints: z.B. 2x8 Platzrunden: Querseite „scharfe“ Steigerung, Längsseite traben

Spielformen mit Ball: z.B.: 3-3 / 4-4 ohne Tore; 6-8x2 Min.; 3-4 Min. Pause

⇒ C. Wettspielperiode (Erhaltung, Steigerung):

Die Inhalte orientieren sich überwiegend an denen der 2. Phase der Vorbereitungsperiode, jedoch reduziert. Dazu kommen:

Regenerativer DL: nach Spiel (30-35 Min.)

Ausdauerparcour: versch. Stationen mit/ohne Ball

Sprint-Schnelligkeitsausdauer: z.B. Linienläufe

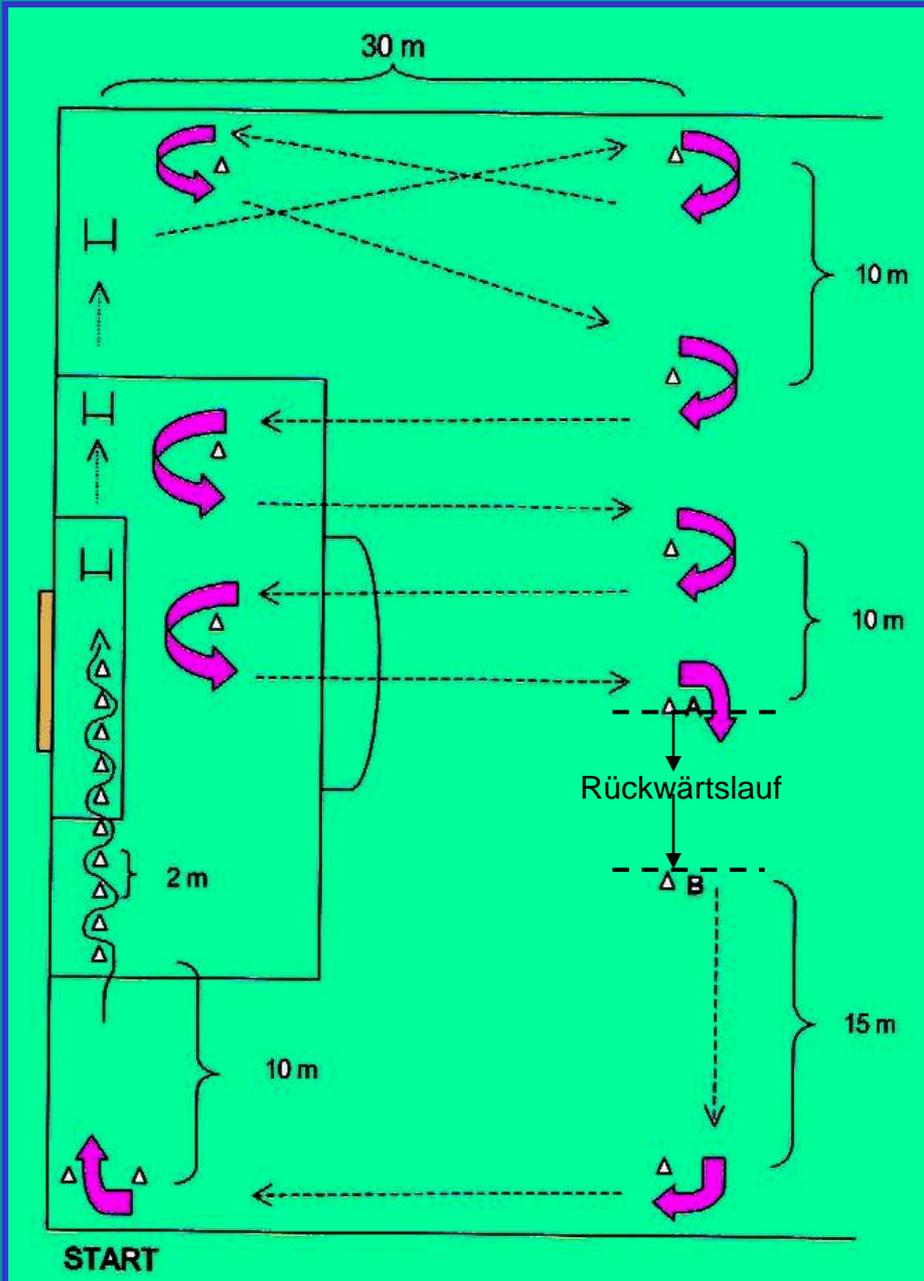
Kleinfeld-Spielformen (z.B. 2-2...4-4...6-6)

Hoch Intensives Intervalltraining HIIT: z.B. 4x4 Min.; Sprint-Intervall-training: 4x(6x40m)

(siehe Datei: HIIT- Hoch Intensives Intervalltraining)

Studie: J. Helgerud / LC. Engen / U. Wisloff / J. Hoff (2001):
Aerobic endurance training improves soccer performance

- Gegenstand: Verbesserung des **Herzschlagvolumens** als bedeutender Faktor einer hohen Ausdauerleistung (RS. Richardson 2000; PD. Wagner 2000)
- Treatment: 4x4 Min.Intervalltraining mit 90-95% HFmax; Pausen 3 Min. bei ca.70% HFmax (Laktatreduktion), 8 Wochen, 3x /Wo.
- Methode: Wiederholungs-Hochintensivtraining (HIT); Annahme: max. HSV wird nach 1-2 Min. erreicht; Kontrollgruppe: „normales“ Training
- Spieler: Elite Junior-Team; European Champions League-Team
- Ergebnis: + VO₂max = 6 ml/kg/min; Laufweg durchschnittlich 1700m verlängert; 24% mehr Ballkontakte; doppelte Sprintanzahl bzgl. Kontrollgruppe
- Erhaltung VO₂max: mindestens1-2 TE / Woche
- Anwendung: kontin. Lauf (sehr effektiv: bergauf);Trainingsparcour; Kleinfeld-Spielformen; Laufband-Ergometer
- Autorenempfehlung: 4x4 Min.Intervallbelastungen zur **Verbesserung und Erhaltung der aeroben Ausdauer bzw. VO₂max.**



Fußballspezifischer Ausdauerparcour

(nach J. Hoff / N. Kähler / J. Helgerud 2006)

Vorgaben:

- ⇒ 4 x 4 Min. Dauer
- ⇒ 90-95% max. Herzfrequenz (HFmax)
- ⇒ Pause: 3 Min. aktiv mit ca. 70% HFmax
- ⇒ Dribbeln mit Ball
- ⇒ Ziel: Erhöhung Herzschlagvolumen und max. Sauerstoffaufnahme (VO₂ max)
- ⇒ Intensität: hoch

Koordination von Trainingsmaßnahmen für gleichen Zeitpunkt der Überkompensation

Trainingsmethode und ca.-Zeitpunkt des Eintritts der Superkompensation

- Leichtes Schnelligkeitstraining: 12 Std.
- Intensives Schnelligkeitstraining: 24 Std.
- Leichtes anaerobes Training: 24 Std.
- Intensives anaerobes Training: 48 Std.
- Leichtes aerobes Training: 24 Std.
- Schweres aerobes Training: 48 Std.
- Leichtes Krafttraining: 48 Std.
- Schweres Krafttraining: 3 - 4 Tage



Ausgewählte ausdauerbetreffende Trainings-Thesen im Fußball



Nach jedem „langen“ Dauerlauf sollten 6-8 submax. Antritte über 40-50m oder Steigerungsläufe über 80m mit Trabpausen von ca. 3 Min. durchgeführt werden!

Ziel: Durchbrechen der monoton langsamen Schrittfrequenz bzw. Laufmuster!

Eine **schlechte aerobe Ausdauerleistung** (z.B. < 3,6 m/sec Laufgeschwindigkeit bei 4mmol/l Laktat) lässt sich **auch** nach 3-4 Wochen mittels eines „Stoßtrainings“ von 8-10 laktatoptimierten Dauerläufen über 50-60 Min. im Bereich 2-2.5 mmol/l Laktat sehr gut (je nach Muskelfaserspektrum) verbessern!

Entgegen bestehender Vorurteile:

Ausdauerorientierte Trainingseinheiten machen Spieler **nicht** langsamer, wenn Ausdauertraining nicht dominiert!
Ein akzentuiert athletisches Training bewirkt **keine** technischen Einbußen!

Talentsichtung

Schnelle und bewegliche Spieler sind besser ausdauertrainierbar als umgekehrt ausdauerstarke Spieler schnell zu machen!

Shnelligkeitsausdauer ist die Fähigkeit des Organismus, eine hohe Sprintleistung trotz erheblich auftretender Sauerstoffschuld einen längeren Zeitraum aufrechtzuerhalten“.

Im Nachwuchsbereich (Schüler / Jugend) **kein** akzentuiertes Schnelligkeitsausdauertraining oder nur als **extensive** Intervalle. Hohe Laktatbelastungen werden in diesem Alter vom vegetativen Nervensystem schlecht toleriert.

Faude O. et al. (2004) empfehlen nach einer Studie mit ø 12-jährigen Schulkindern als (unblutiges) Testverfahren der kardiopulmonalen Ausdauer den **20m Shuttle Run Test** ($V_0 = 8 \text{ km/h}$, $\Delta V/ \text{Min.} = 0,5 \text{ km/h}$; Abbruch wenn Wendemarke 2x nicht erreicht) oder den **6-Minuten Ausdauerlauf** (möglichst große Laufstrecke)

Eine unzureichende, konditionelle Leistung liegt oft nicht an zu geringem Training, sondern in einem **zu häufigen (!)** Training im intensiven, laktaziden Bereich !

4

AUSDAUERDIAGNOSTIK

Kurzfassung

Ausgewählte Ausdauertests

(siehe spez. Datei: „Leistungs(fähigkeits)diagnostik im Fußball“)

Ausdauerdiagnostische und trainingssteuernde Tests

Laktat-Stufentest

Feld, Labor (Laufband)
Messgrößen: HF, Laktat
HF-Laktat-Leistungskurve
aerob-anaerobe Schwelle (vLa4)
abgeleitete Trainingsempfehlungen

Conconi-Test

Kurzstufen-Test
Messgröße: Herzfrequenz
HF-Kurvendeflektionspunkt = „aerob-anaerobe Schwelle“ ?
Ca. 20% nicht bestimmbar
mangelnde Test-Gütekriterien: **kein zuverlässiger Test !**

Ausdauerdiagnostische Tests

Cooper-Test

max. 12 Min.-Lauf
Messkriterium: Strecke
La-Werte: 8-18mmol/l

YoYo- Shuttle-Test

steigende 20m-Laufgeschwindigkeit
mit/ohne Pause
Messgröße: Distanz, Laktat

Sprintausdauer-Test

max. Liniensprints
Meßgrößen: Zeit, Laktat

Exkurs

LAKTAT in der Ausdauerdiagnostik

Kurzdarstellung

Für weitere Informationen siehe Datei :
AUSDAUERDIAGNOSTIK-LAKTATSTUFENTEST

Seit Mitte der 70iger Jahre Messung der belastungsabhängigen Konzentration des **LAKTATS** (Salz der Milchsäure) im arteriellen Blut als bedeutender, biochemischer Indikator zur:

- ⇒ Beurteilung von Art und Höhe der Energiebereitstellung
- ⇒ objektiven Beurteilung der Belastungsintensität
- ⇒ objektiven Feststellung der individuellen Ausdauerleistungsfähigkeit
- ⇒ Steuerung des Ausdauertrainings

Laktatbestimmung ist unverzichtbar

- ⇒ zur Quantifizierung der individuellen Ausdauerleistung
- ⇒ zur Kontrolle des Leistungsfortschritts
- ⇒ zur Wirkungskontrolle verschiedener Trainingsmethoden
- ⇒ zur Festlegung / Steuerung der optimalen, individuellen Ausdauertrainingsbelastung für definierte Belastungsziele (regenerativ, extensiv, intensiv)
- ⇒ zur Vermeidung von Unter- und Überbelastungen
- ⇒ zur Stabilisierung des Immunsystems und somit der Gesundheit

Ziele der Laktat-Diagnostik

Primär: Ermittlung der aktuellen Ausdauerleistungsfähigkeit.

Sekundär: Bestimmung von definierten **Belastungs-Intensitätsbereichen** (z.B.: regenerativ, extensiv, intensiv) anhand der Laktat-Leistungskurve (LLK), dem aerob-anaeroben Übergang und der Herzfrequenz-Leistungskurve, um eine objektive, stoffwechseleoptimierte Trainingssteuerung zu ermöglichen.

Ausdauerentwicklungen anhand von Veränderungen der LLK zu quantifizieren.

Wirkungskontrolle definierter Ausdauer-Trainingsmethoden.

LAKTAT-MEHRSTUFENTEST

bestimmt den Übergang vom rein aeroben zum partiell anaeroben Energiestoffwechsel der Arbeitsmuskulatur (aerob-anaerobe Schwelle) als KENNWERT der aktuellen Ausdauerleistungsfähigkeit und als RICHTWERT für Trainingsintensitätsempfehlungen bzgl. definierter Trainingsziele und Intensitätsbereiche (z.B. regenerativ, extensiv, intensiv).
In der Leichtathletik relativ gute Prognose der Marathon-Laufzeit

Laktat-Stufentests von **Mader et al. (1976)** ergaben, dass im Mittel Belastungsintensitäten von **4mmol/l Laktat** als Grenze von Ausdauerläufen angenommen werden können, die über längere Zeit toleriert werden (Dauerleistungsgrenze).

Zielgruppen des ausdauerspezifischen Laktat – Mehrstufen - Tests

- (Hoch-) Leistungssportler
- Leistungsorientierte Sportler (Sporteinsteiger, Hobby- / Freizeit- / Breitensportler)
- Präventivsportler
- Rekonvaleszenzpatienten (nach Verletzung / Operation u.ä.)



Der aerobe **Lauf-Mehrstufen-Test** mit den Messparametern

- **Laufgeschwindigkeit**
- **Laktat**
- **Herzfrequenz**

erlaubt objektive Ausdauerbestimmung und stoffwechseloptimierte, individuelle Steuerung des Laufausdauertrainings.

Laktat-Mehrstufentest Lauf

Ort / Gerät: „Feld“ (Laufbahn); Labor (Laufband)

Belastungsmodus: stufenförmig

Anfangsgeschwindigkeit: z.B. 8-10 km/h (2,0-2,8 m/s); individuell

Geschwindigkeits-Steigerung: 2/1,5 km/h (i.d.R.); 0,3 / 0,4 / 0,5 m/s

Stufenlänge: 1200-2000m; 10-5 Min. (WICHTIG:möglichst gleiche Stufendauer!!)

Laufband: 1-1,5% Steigung; 3/5 Min.

Stufenzahl: 4-6 bis subjektive Erschöpfung (für max. Laktat)

Pausendauer (Blutabnahme): 45-50 sec; möglichst kurz!

Laktatbestimmung: vor Test; nach jeder Stufe; evtl. mehrfach nach Testende für Stegmann-Schwelle

Herzfrequenzmessung: nach jeder Stufe

Graphisches Ergebnis: Laktat-HF-Leistungskurve

Ausdauerkriterien: • aerobe und aerob-anaerobe Schwelle

(fixe 2- und 4 mmol/l Laktat-Schwelle; Mader-Modell)

• Individuell-anaerobe Schwelle (verschiedene Modelle)

Alle Belastungsstufen pro Test sollten **gleiche/konstante Dauer** haben; bei Labortests ist dies i.d.R. bei 3 (häufigst) bzw. 5 Minuten der Fall (außer Abbruchstufe).

Feldtests mit meist konstanter Streckenlänge und damit variabler (sich verkürzender) Stufendauer „**sind aufgrund schwer vorhersehbarer Beeinflussung der Messergebnisse nicht zu empfehlen**“ (K. Röcker, Deut. Zschr. f. Sportmed. 12(2013), 367-371), Das Testprotokoll nach W. Kindermann entspricht dieser Empfehlung!

Testvergleiche sind nur bei **gleichen** Stufendauern und Stufenhöhen sinnvoll! Unterschiede machen die Laktatschwellen bei sonst gleichem Testprotokoll nicht mehr vergleichbar. Dies gilt bes. für Längs- und Querschnittsvergleiche.

Mindestens 4-6 Belastungsstufen und mehrere Messpunkte im unteren Belastungsbereich (Beginn mit niedrigster Leistung, wenn Leistungsfähigkeit des Probanden schlecht abschätzbar oder unbekannt).
Diese Empfehlungen gelten nicht bei Belastungs-EKG und spiroergometrischen Rampentests.

Beispiel: Laktat-Stufentest der Deutschen Fußball-Nationalmannschaft am 22. März 2005 im Rahmen der WM-Vorbereitung in Frankfurt/Main (Testprotokoll und Testdurchführung nach **W. Kindermann**)

Stufe 1: 500m in 2:58,6 min = 2,8 m/s = 10,08 km/h

Stufe 2: 600m in 3:01,8 min = 3,3 m/s = 11,88 km/h

Stufe 3: 700m in 2:59,5 min = 3,9 m/s = 14,04 km/h

Stufe 4: 800m in 3:01,8 min = 4,4 m/s = 15,84 km/h

Stufe 5: 900m in 3:00,0 min = 5,0 m/s = 18,00 km/h

Testablauf:

- ⇒ Kegel alle 50m
- ⇒ 8 Spieler/Gruppe
- ⇒ 10 Messpersonen
- ⇒ Vorbelastungslaktat
- ⇒ Start an 200m-Marke der 400m-Laufbahn
- ⇒ 1 Läufer mit „Leituhr“ (unruhige Kontrolle)
- ⇒ Blutabnahmedauer: ca. 45 sec
- ⇒ Nachbelastungslaktat: nach 1.,3.,5.,7.,10. Minute
- ⇒ Schwellenmodell: nach Stegmann et al.
- ⇒ Stufenhöhe: 2 km/h

Die Stufenhöhe von 2 km/h verlängert die Laufstrecke bei 3 Min. Laufzeit / Stufe um exakt 100 m.

Feldtests mit meist konstanter Streckenlänge und damit variabler (sich verkürzender) Stufendauer „**sind aufgrund schwer vorhersehbarer Beeinflussung der Messergebnisse nicht zu empfehlen**“ (K. Röcker, Deut. Zschr. f. Sportmed. 12(2013), 367-371), Das Testprotokoll nach W. Kindermann entspricht dieser Empfehlung!

Geschwindigkeit / Zeit Steuerprogramm mit Doppelhorn- Hupsignal variabler Lautstärke für Laktat-Feldstufentest

Einheit von v : km/h m/s
v Anfang : 2.8 m/s
erhöhen um : 0.4 m/s
alle : 1200 m
 'v' eingeben, falls die Längen verschieden sind. Danach C/R drücken.
Signal alle : 50 m



Test
 momentane Geschw. : 2.8 m/s
 bisherige Zeit : 00:18.07 Strecke: 50 m
 nächstes Signal : 00:35.71 100 m

ctrl-e beendet den Test

Hupe an!

Test läuft ctrl-e Test beenden

Einheit von v : km/h m/s
v Anfang : 2.8 m/s
erhöhen um : 0.4 m/s
alle : 1200 m
 'v' eingeben, falls die Längen verschieden sind. Danach C/R drücken.
Signal alle : 50 m



Nächste Stufe
 Geschwindigkeit der nächsten Stufe: 3.2 m/s
 ctrl-s startet die nächste Stufe!
 ctrl-e beendet den gesamten Test!

ctrl-s nächste Stufe ctrl-e Test beenden

ctrl-e beendet den Test

Test läuft ctrl-e Test beenden

Einheit von v : km/h m/s
v Anfang : 3.2 m/s
erhöhen um : 0.4 m/s
alle : 1200 m
 'v' eingeben, falls die Längen verschieden sind. Danach C/R drücken.
Signal alle : 50 m



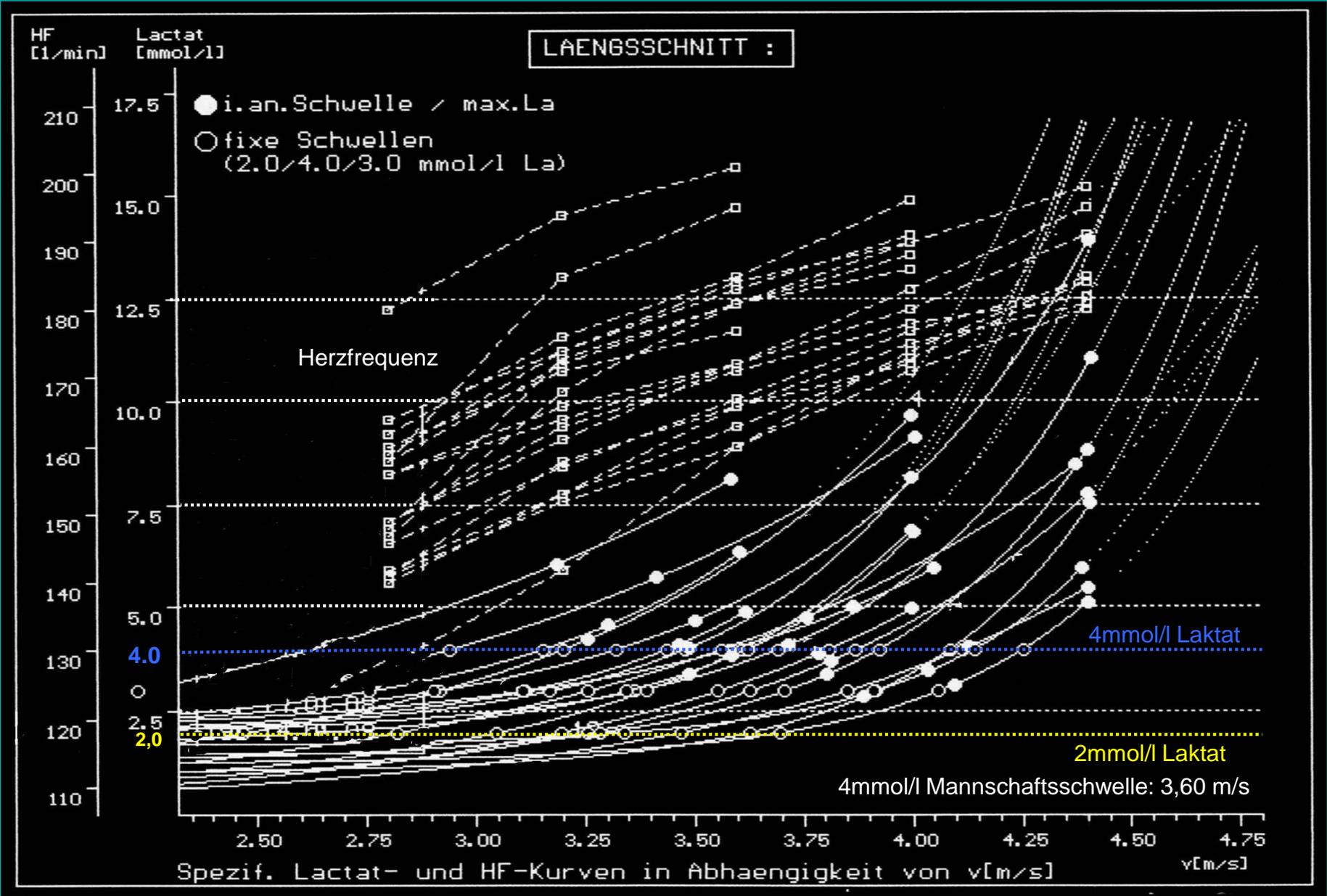
Test
 momentane Geschw. : 3.2 m/s
 bisherige Zeit : 01:34.50 Strecke: 300 m
 nächstes Signal : 01:49.38 350 m

ctrl-e beendet den Test

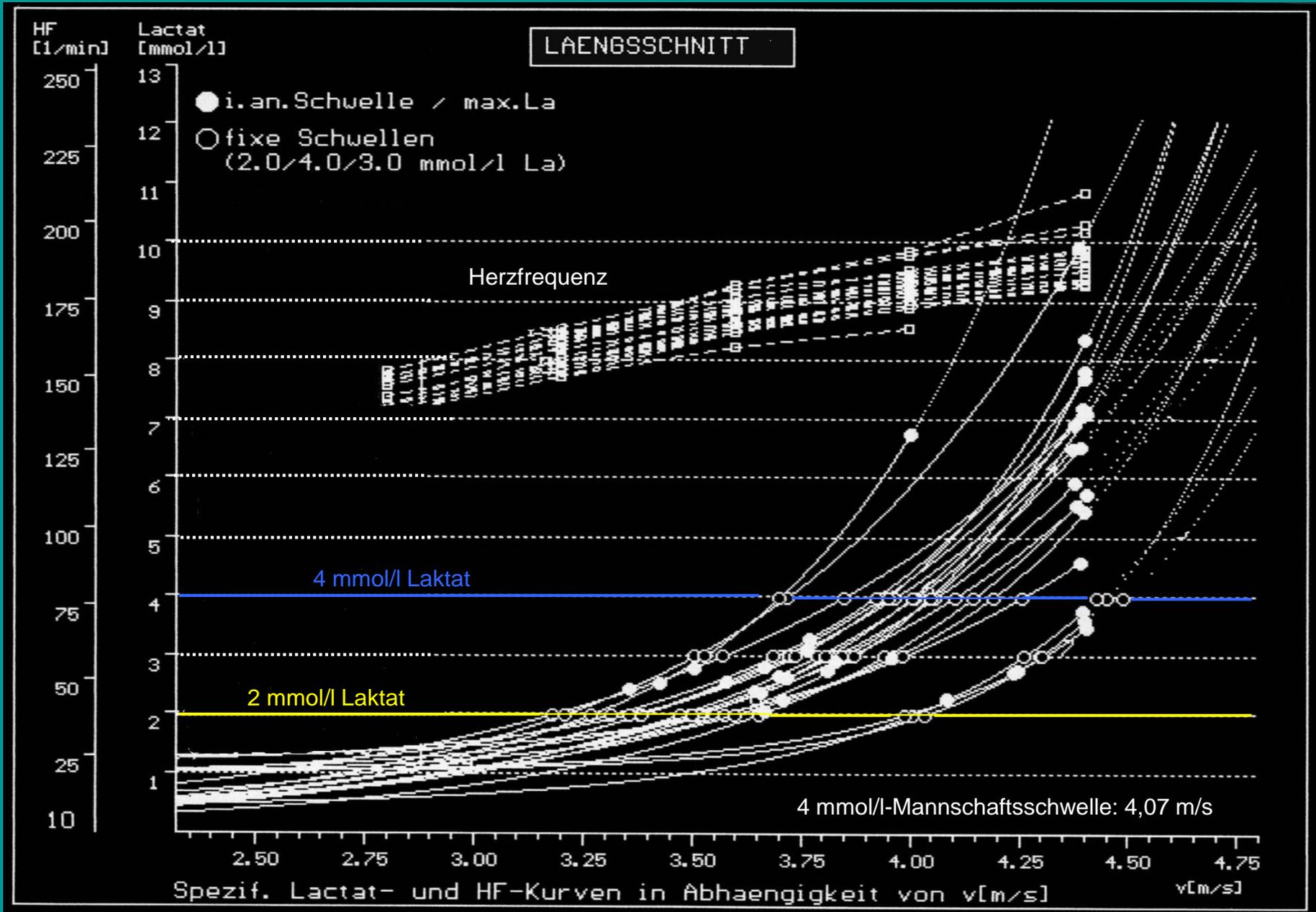
Hupe an!

Test läuft ctrl-e Test beenden

Schlechte heterogene Mannschaftsleistung Herzfrequenz und Laktat
 Regionalligamannschaft Messzeitpunkt: Beginn VP 2. Hälfte Wintersaison



Gute homogene Mannschaftsleistung Herzfrequenz und Laktat;
 Regionalligamannschaft (Messzeitpunkt: Beginn VP 2.Hälfte Wintersaison)



Exkurs

Alternative Methoden zur Ausdauer-Leistungsdiagnostik

Spiroergometrie (mehr Informationen in Datei: „*Ausdauerdiagnostik - Laktatstufentest*“)

Conconi-Test (siehe auch Datei: „*Ausdauerdiagnostik – Laktatstufentest*“)

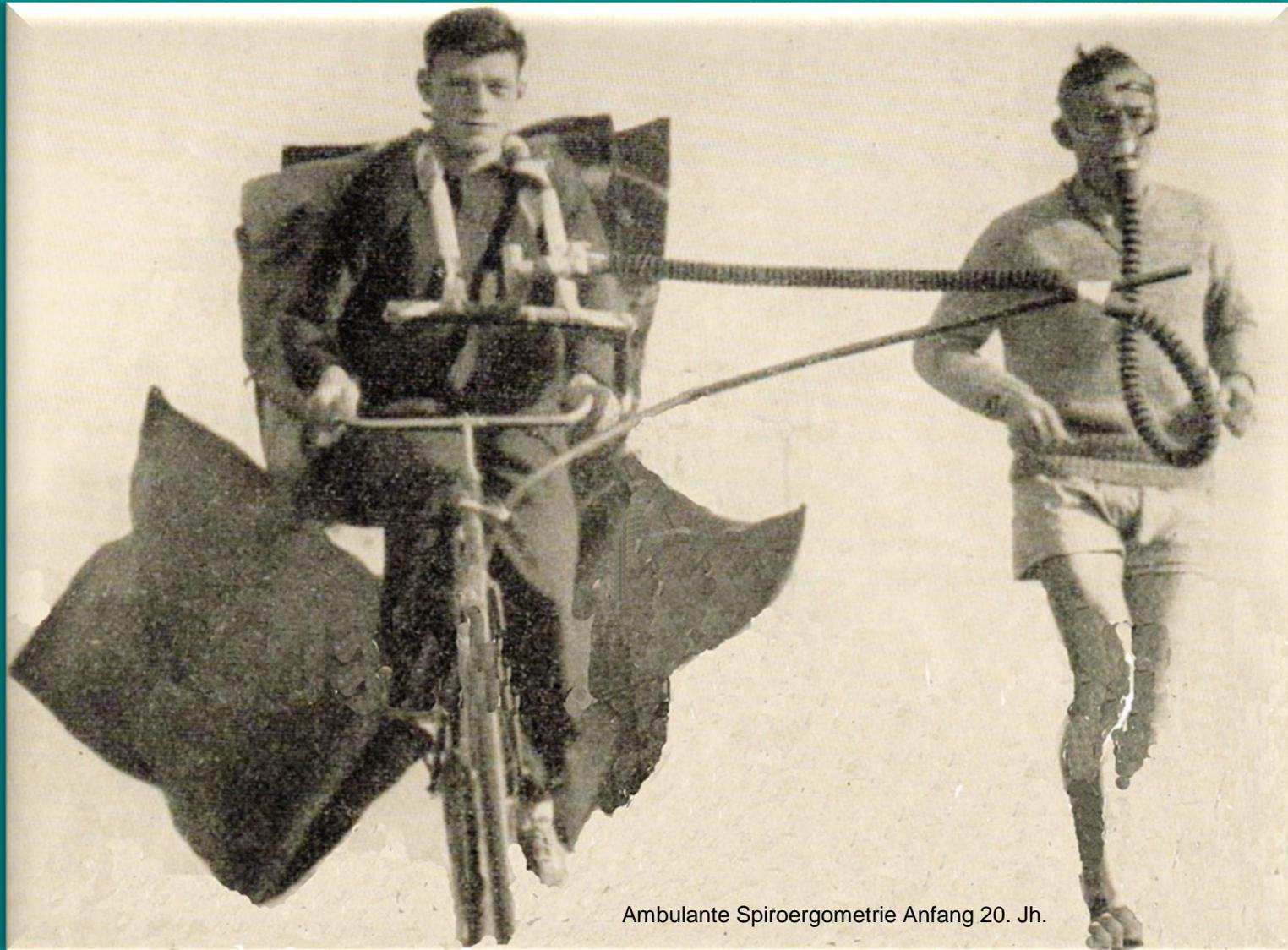
Spiroergometrie (Atemgasanalyse)

- Besonders in anglo-amerikanischen und skandinavischen Ländern beliebt zur Berechnung der Ausdauerleistung u. Trainingsbereiche über die **max. Sauerstoff (O₂) - Aufnahme**
- In Deutschland durch Laktatmessungen verdrängt
- Bestimmung der max. Sauerstoffaufnahme VO_{2max} = Bruttokriterium der aeroben Kapazität
- VO_{2max} mit **hoher** Trennschärfe „gute – schlechte“ Ausdauer in heterogenen Personengruppen, **geringe** Trennschärfe in homogenen Gruppen
- Ausbelastung notwendig für VO_{2max} = 15sec-Mittel der O₂-Aufnahme vor Belastungsabbruch
- Test nahezu ausschließlich im Labor; sehr teure Mobilgeräte selten
- Analog Laktatdiagnostik 2 spiroergometrische Schwellen: **ventilatorische Schwelle** ~ aerobe (Laktat)Schwelle
respiratorischer Kompensationspunkt ~ anaerobe (Laktat)Schwelle
- Bestimmung der Ausdauerleistung über den **respiratorischen Quotienten (RQ)** aus Kohlendioxidabgabe und O₂-Aufnahme (valide Aussage über Stoffwechsel und muskulären Ausbelastungsgrad)
- Berechnung der anaeroben Schwelle über das **Atemäquivalent**
- Genauere Beurteilung von Stoffwechselforgängen möglich mittels indirekter **Kalorimetrie** (Energieumsatzmessung) mit Messung Verhältnis Kohlenhydrat- zu Fettstoffwechsel bei einer stufenbezogenen und herzfrequenzkorrelierten Belastung. Definition von Trainingsbereichen ohne Schwellenmodelle möglich.

Nachteile für „schnelle“ u. einfache Nutzung im (Leistungs)Sport

- ⇒ sehr aufwändig und teuer ! Starke Behinderung beim Laufen mit Mobilgerät
- ⇒ kaum zusätzlich relevante Aussagen über Laktatdiagnostik hinaus mit
- ⇒ Ausbelastung zur VO_{2max}-Bestimmung notwendig und motivationsabhängig
- ⇒ mobile Geräte mit Maske und “Rucksäckchen” messfehleranfällig
- ⇒ Für allgemeine und nicht labormäßige Nutzung zur Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit im (Leistungssport) zu kompliziert, kaum umsetzbar und unrentabel
- ⇒ Analog Laktatdiagnostik (über 20 Schwellenmodelle) auch Schwellendiskussion in der Spiroergometrie (V-Slopemethode, respiratorischer Kompensationspunkt, Atemäquivalent)

Spiroergometrische Sammlung von Atemgas eines Läufers zur Bestimmung der Sauerstoffaufnahmefähigkeit Anfang des 20. Jahrhunderts.



Ambulante Spiroergometrie Anfang 20. Jh.

Spiroergometrische Bestimmung der (maximalen) Sauerstoffaufnahme

Feld

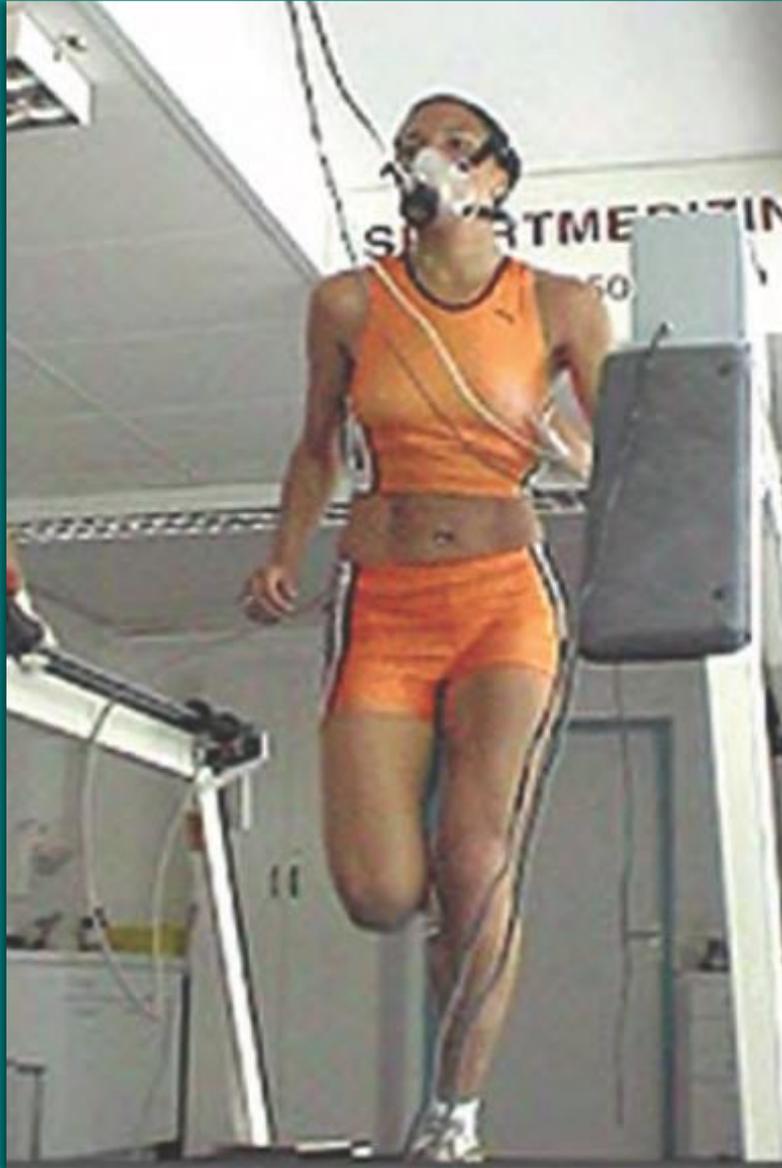


Labor



Spiroergometrische Bestimmung der (maximalen) Sauerstoffaufnahme

Labor



Feld



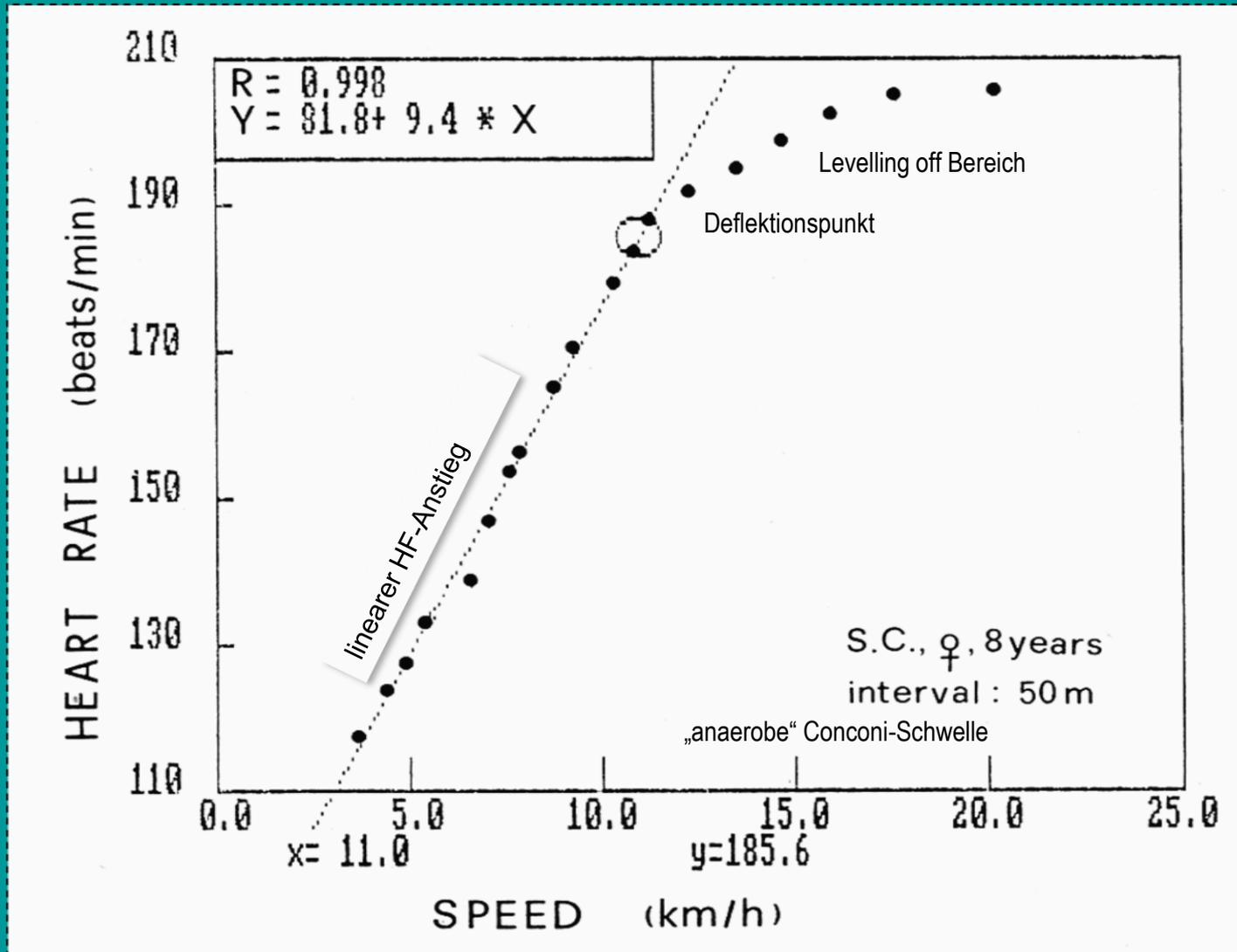
Herzfrequenz-Verfahren

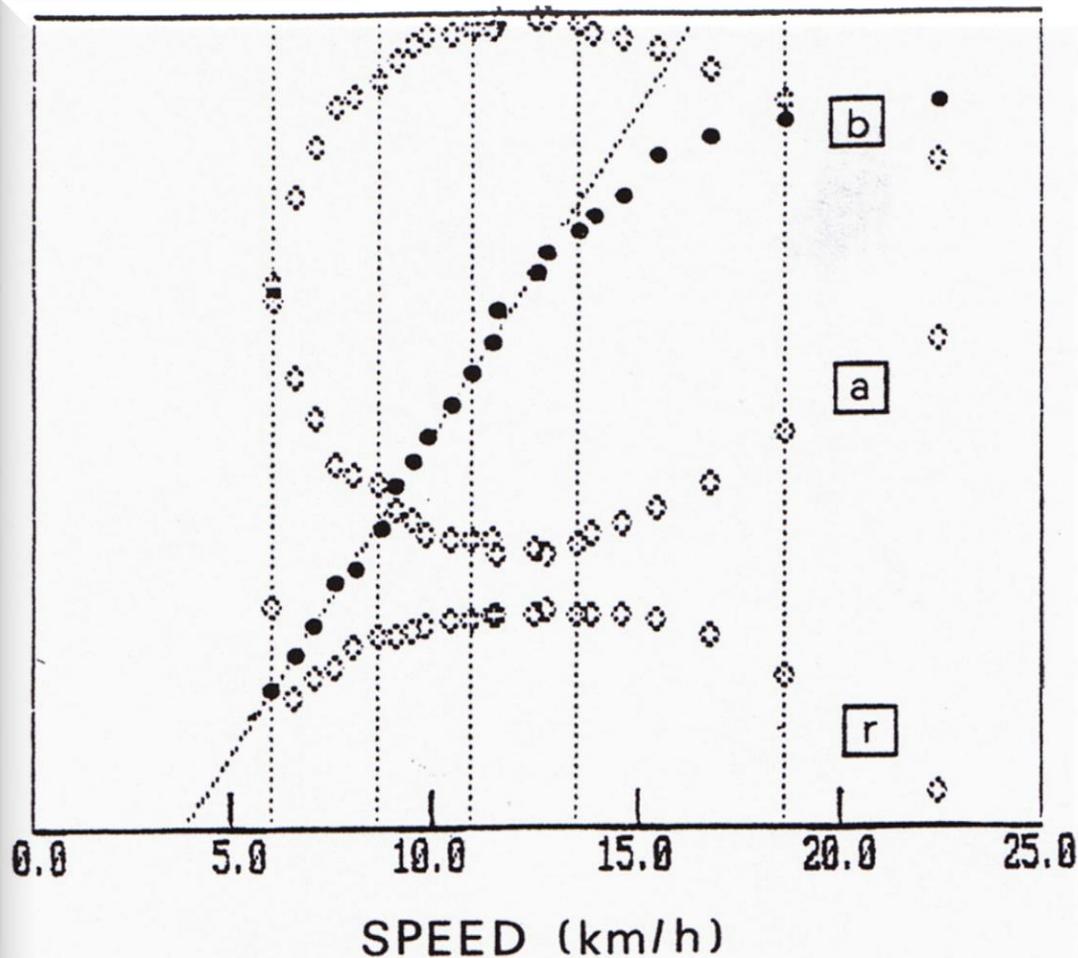
CONCONI-Test

- ⇒ Definierte Steigerung der Laufgeschwindigkeit auf def. Laufstrecken (z.B. alle 200m) mit Herzfrequenz (HF)-Messung
- ⇒ Ermittlung HF-Geschwindigkeits-Kurve (HGK) mit angenommenem HF-Kurvenknickpunkt (Deflektionspunkt) als def. „anaerobe Schwelle“
- ⇒ Beide Annahmen haben **keine** physiologische Begründung
- ⇒ Deflektionspunkt **nicht verlässlich** auffindbar

CONCONI-TEST

Bestimmung des Deflektionspunktes durch computergestützte Berechnung der linearen Regressionsgleichung und des Korrelationskoeffizienten an den Datenpunkten.



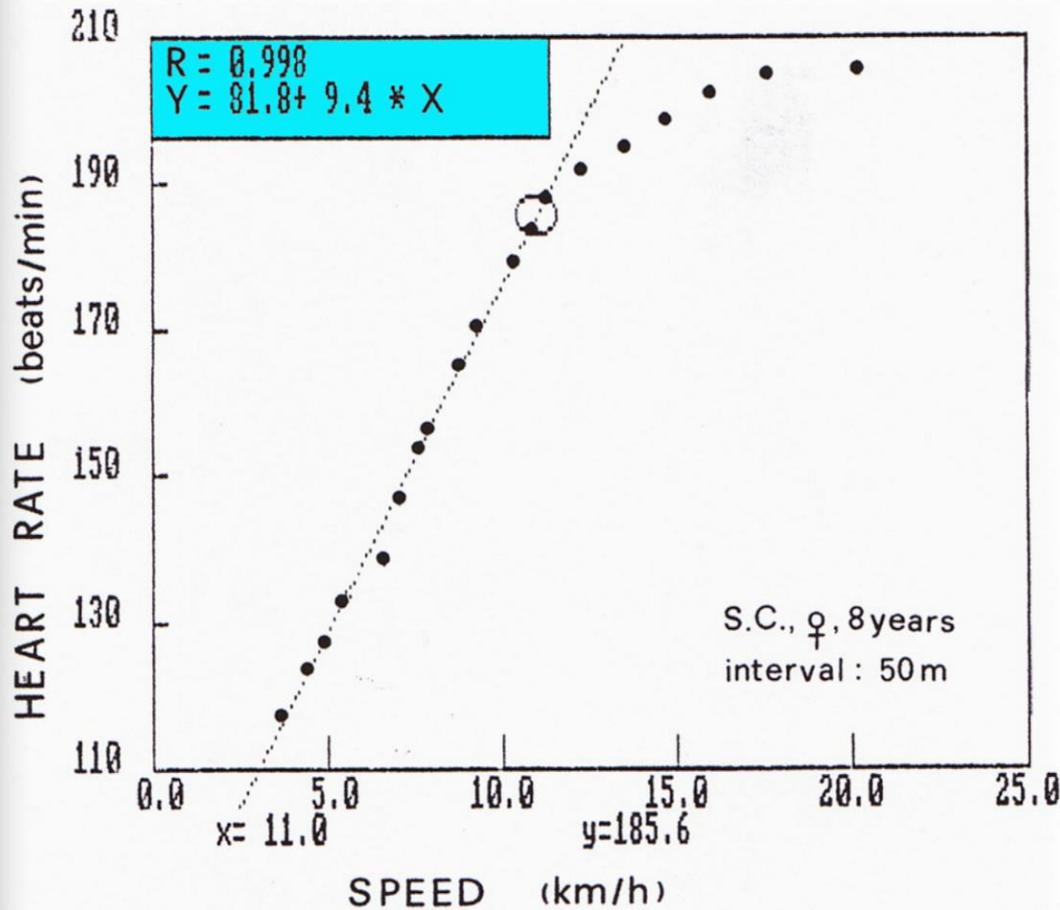


SPEED (km/h)

Mathematische Identifikation des Deflexionspunktes. Die Änderungen des Korrelationskoeffizienten (r), der Steigung (b) und des Achsenabschnitts auf der y -Achse (a) der Geraden können zur Identifikation des Deflexionspunktes herangezogen werden. Die lineare Beziehung geht nach 15 Datenpunkten verloren.

CONCONI-
Stufentest

Ermittlung der Herzfrequenz-(Lauf-)
Geschwindigkeitskurve und Deflexionspunkt

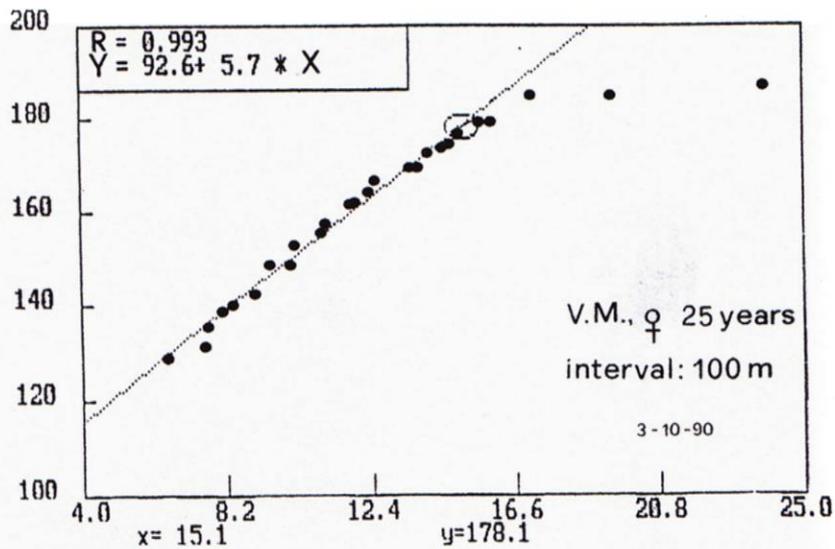


CONCONI-Stufentest

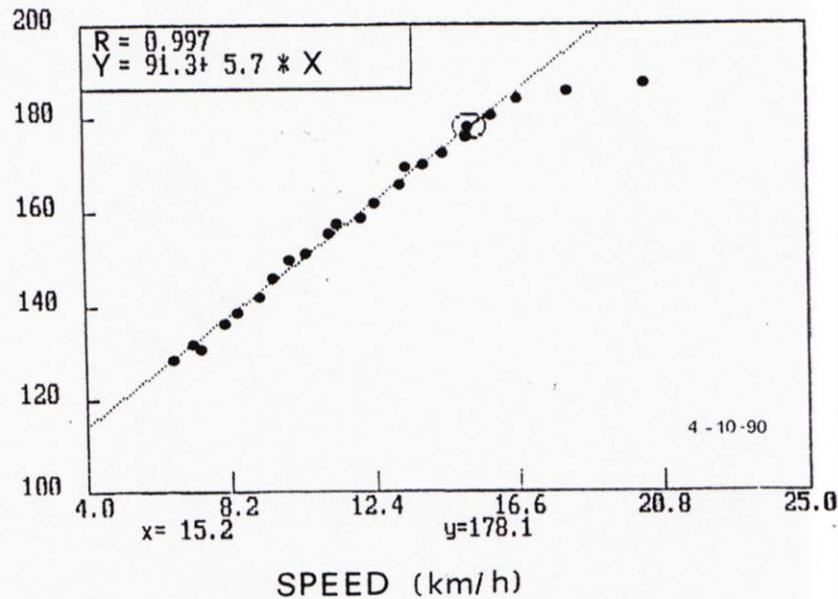
Ermittlung der Herzfrequenz-
(Lauf-) Geschwindigkeitskurve
und Deflexionspunkt

Beziehung zwischen Laufgeschwindigkeit und Herzfrequenz mit computerunterstützter grafischer Auswertung. Das Computerprogramm berechnet die lineare Regressionsgleichung und den Korrelationskoeffizienten an den verschiedenen Datenpunkten.

HEART RATE (beats/min)



CONCONI- Stufentest



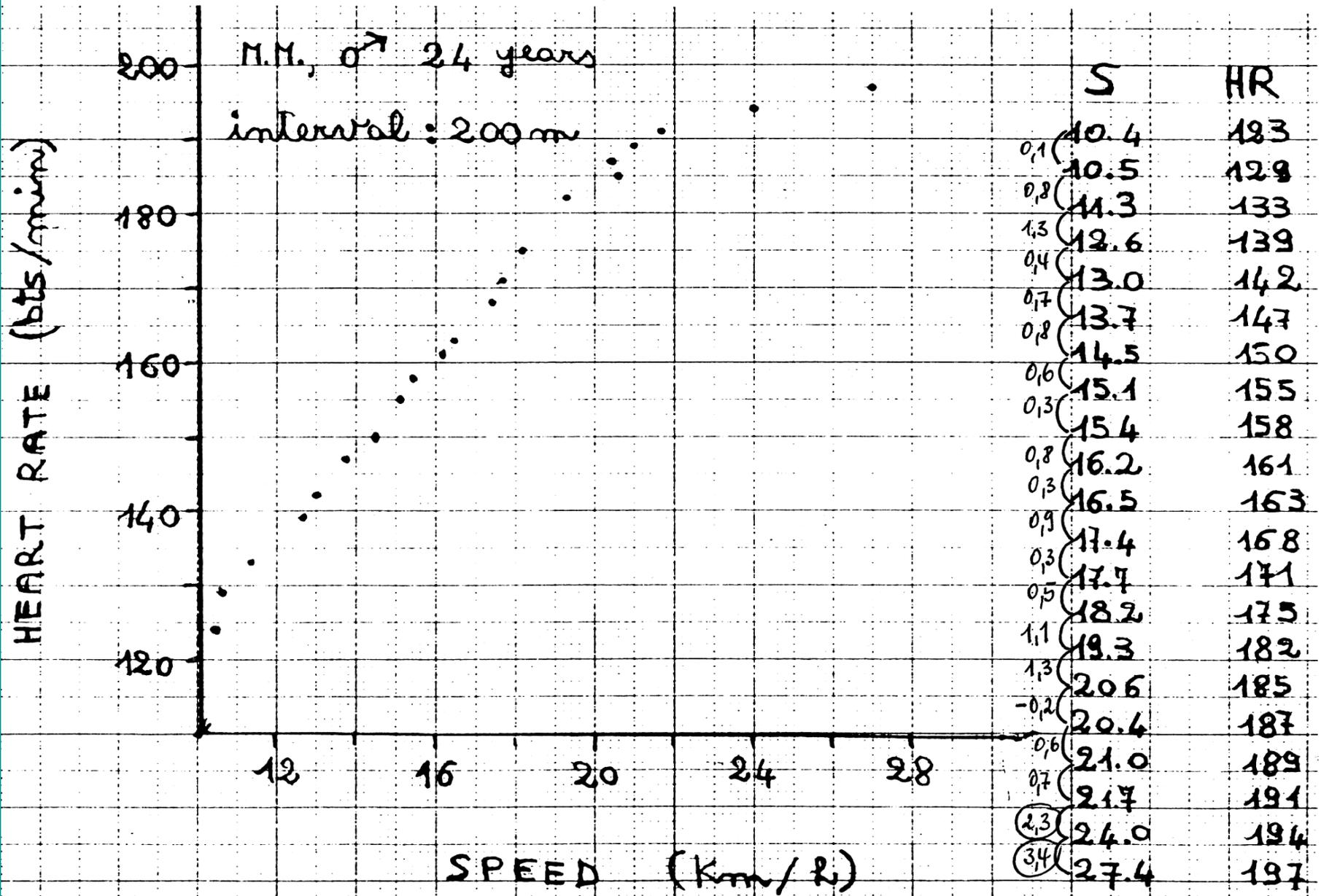
Anaerobe Conconi-Schwelle:

Test 1: 15,1 km/h (HF: 178 Schl./min)

Test 2: 15,2 km/h (HF: 178 Schl./min)

Vergleich der Ergebnisse zweier Lauftests mit demselben Probanden an zwei aufeinanderfolgenden Tagen.

Original - Protokoll von Conconi - Test



Conconi-Testverfahren (1)

Hypothese: der Übergang d. Herzfrequenz vom linearen in d. alinearen Bereich signalisiert den Beginn der anaeroben Energiegewinnung

Quelle: Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field-test in runners,

J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol. 52 (4): 869-873, 1982

Conconi-Testverfahren (2)

Voraussetzung: Die HF-Leistungskurve muss im Bereich höherer HF von der Linearität abweichen u. einen sog. "Abknickpunkt" (Deflektionspunkt) aufweisen.

Ergebnisse: 1. Testobjektivität "kein Knick"

von 17 Untersuchern (1983-1993, n = 1193)

unbestimmbar: n = 237 bzw. 19.9 %

Conconi-Testverfahren (3)

2. Variabilität (zwischen den Auswertern)

2.6-6.5%

3. Validität: (Korrelations-/Regressionsstatistik)

$r=0.53-0.99$

Conconi-Testverfahren (4)

Praktische Überprüfung:

Dauerbelastungen im Bereich von 90-100% d.

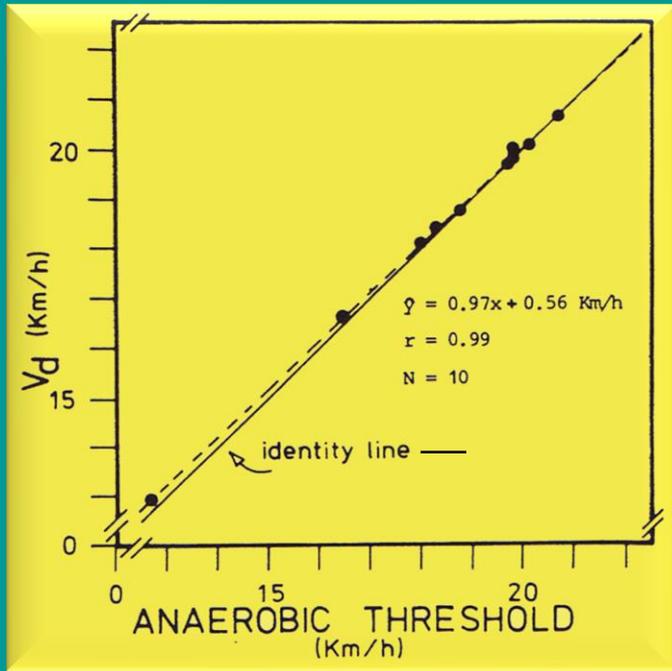
Co.-Schwelle führten zu folgenden LA-Konz:

Heck: 3 - 11 mmol/l

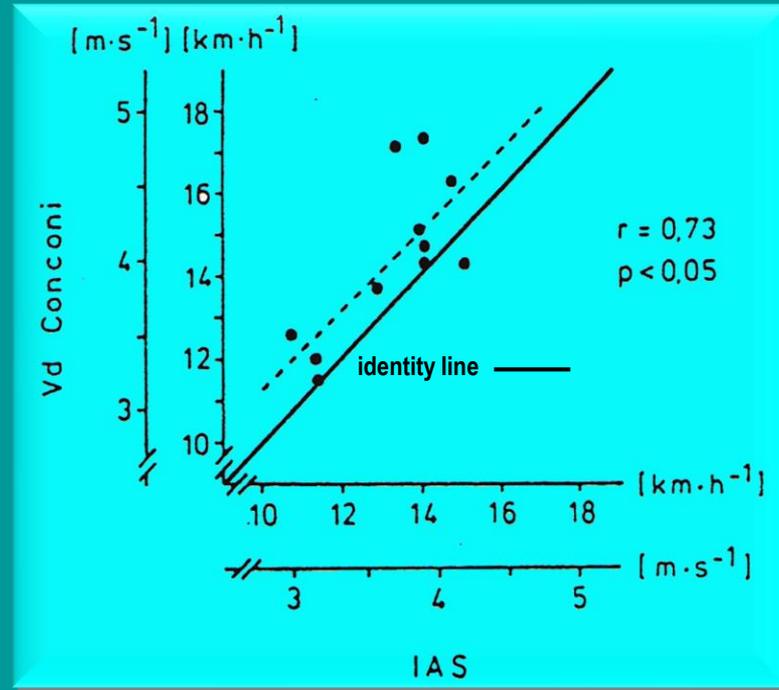
Chwilkowski: 1.6 - 8.0 mmol/l

Meinssner: 2.2 - 7.3 mmol/l

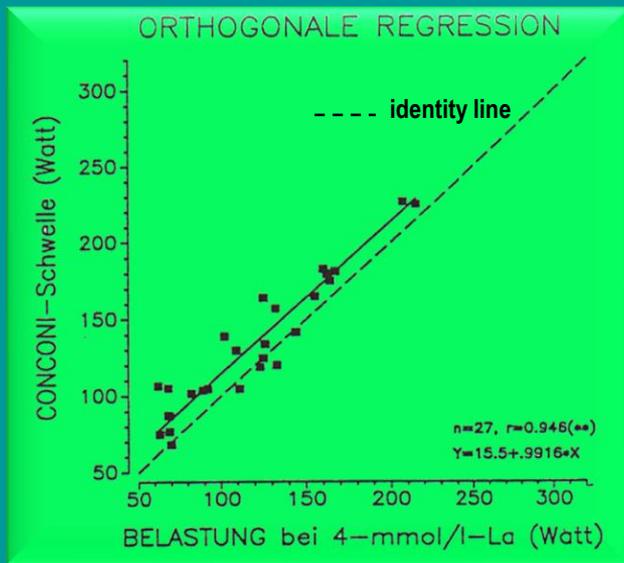
Korrelation zw. anaerober Schwelle u. Abknickgeschwindigkeit V_d
(aus **CONCONI et al.**, 1982)



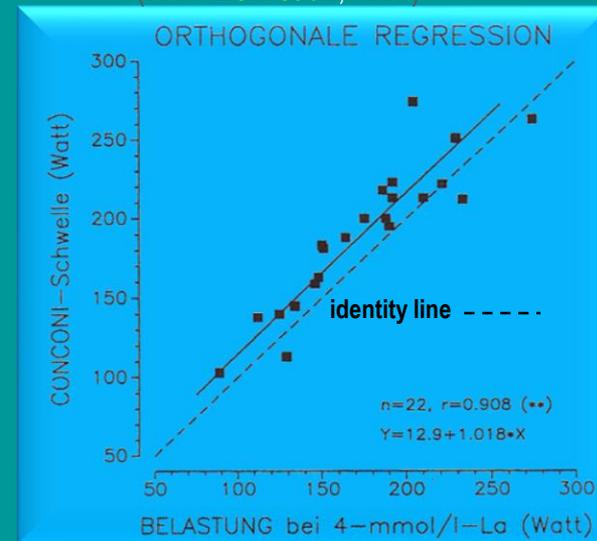
Korrelation zw. der indiv anaeroben Schwelle (IAS-S) und der Conconi-Schwelle
(nach **URHAUSEN et al.**, 1988)



Korrelation zw. 4mmol/l-La- u. Conconi-Schwelle bei Drehkurbelarbeit
(aus **Krüger et al.**, 1988)

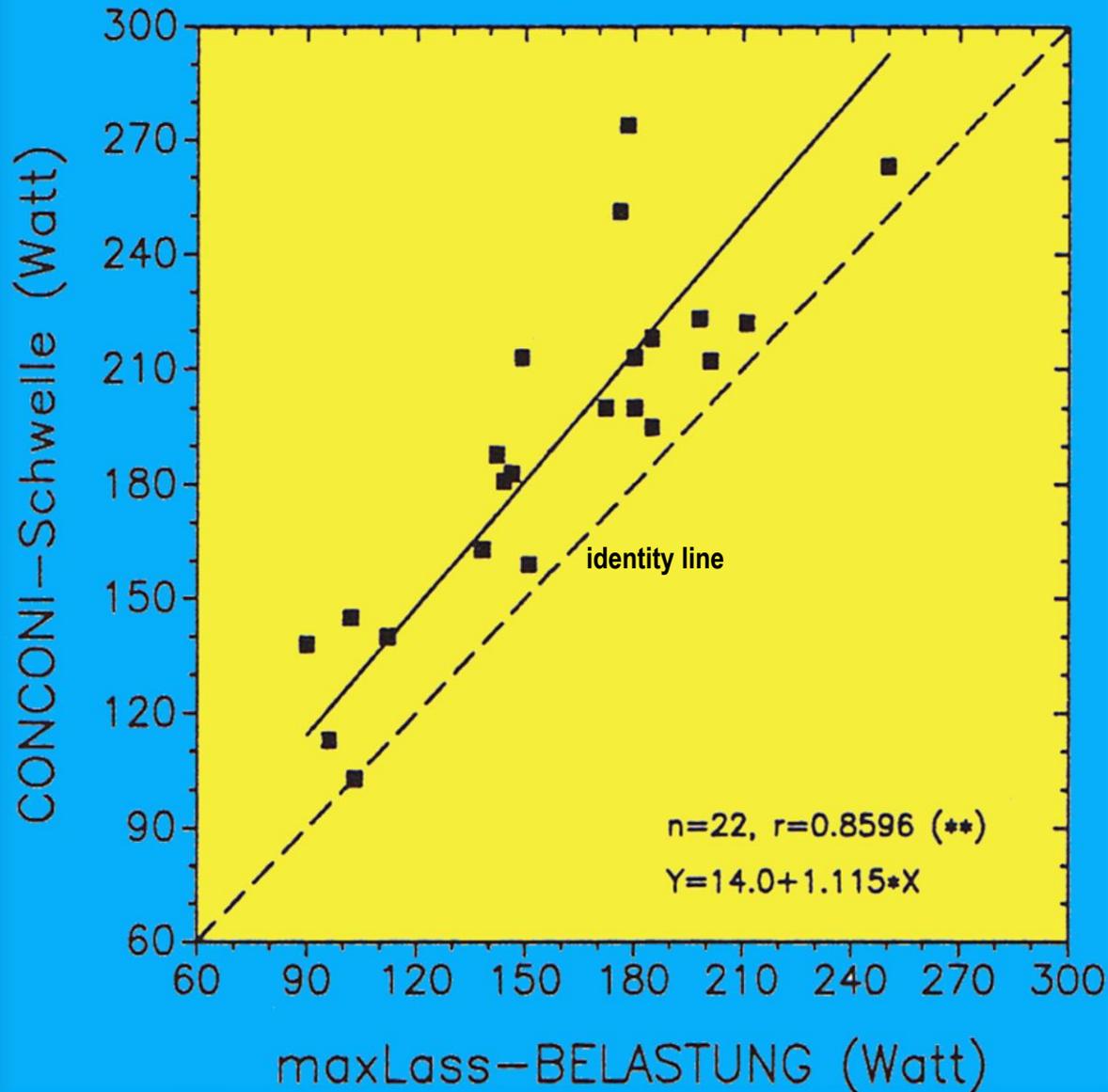


Korrelation zw. 4mmol/l-La- u. Conconi-Schwelle auf Fahrradergometer
(aus **HECK et al.**, 1989)



modif. nach H. Heck:
 Energiesstoffwechsel und
 medizinische
 Leistungsdiagnostik,
 Studienbrief 8,
 Schöndorf, 1990

ORTHOGONALE REGRESSION



Korrelation und Regression zwischen maximalem Laktat-steady-state und CONCONI-Schwelle auf dem Fahrradergometer.

Die CONCONI-Schwelle überschreitet deutlich das maximale Laktat-steady-state.

Beurteilung/Fazit CONCONI-Test

Aufgrund des großen divergierenden metabolischen Spektrums bzw. des großen Laktatbereichs bei Dauerbelastungen von 90-100 % der CONCONI-Schwelle (Heck, Chwilkowski, Meinssner u.a.) sowie die zahlreiche Unbestimmbarkeit des „Deflektionspunktes“ (Abknickpunkt) der Herzfrequenz-Leistungskurve (ca. 20% bei 17 Testern) ist eine physiologisch begründete valide Trainingssteuerung mittels CONCONI-Test nicht möglich. Die CONCONI-Schwelle stimmt nicht mit Laktat-Schwellen überein, sodass aus methodischer Sicht auf den Begriff „Schwelle“ verzichtet werden sollte (H. Heck, 1989)

„Man kann davon ausgehen, dass die HF während konstant ansteigender Belastung über das gesamte Intensitätsspektrum **nahezu linear** ansteigt. Lediglich im Bereich des Maximums kann es zu einem leichten Abflachen, dem sog. „**Levelling-off**“ kommen“. Die CONCONI-Schwelle scheint eher ein **Artefakt** des ungewöhnlichen Testdesigns zu sein“ (W. Kindermann: „Schwellentraining für Jedermann“ in Leichtathletiktraining 1-2008)

Bei angenommener Übereinstimmung von CONCONI-Schwelle mit anaerober Schwelle müssen die Schwellenbelastungen auf der Identitätslinie (Linie gleicher Werte) liegen bei hohen Korrelationskoeffizienten. Die Regressionsgerade müsste mit der Identitätslinie übereinstimmen. Dieser Fall gilt hier nur für CONCONI-nicht für die übrigen.

Die Schwellenvergleiche zeigen, dass die CONCONI-Schwelle i.d.R. **deutlich über dem max. Laktat-steady-state** liegt. 30 Min. Dauerbelastungen auf Fahrradergometer mit 90-100% Conconi-Schwelle ergaben Laktatwerte von **3-11mmol/l**, mit 80-90% Laktatwerte von **2-10mmol/l**. 30 min. Schwimmen mit Conconi-Schwellengeschwindigkeit ergab **1,6-8mmol/l** Laktat.

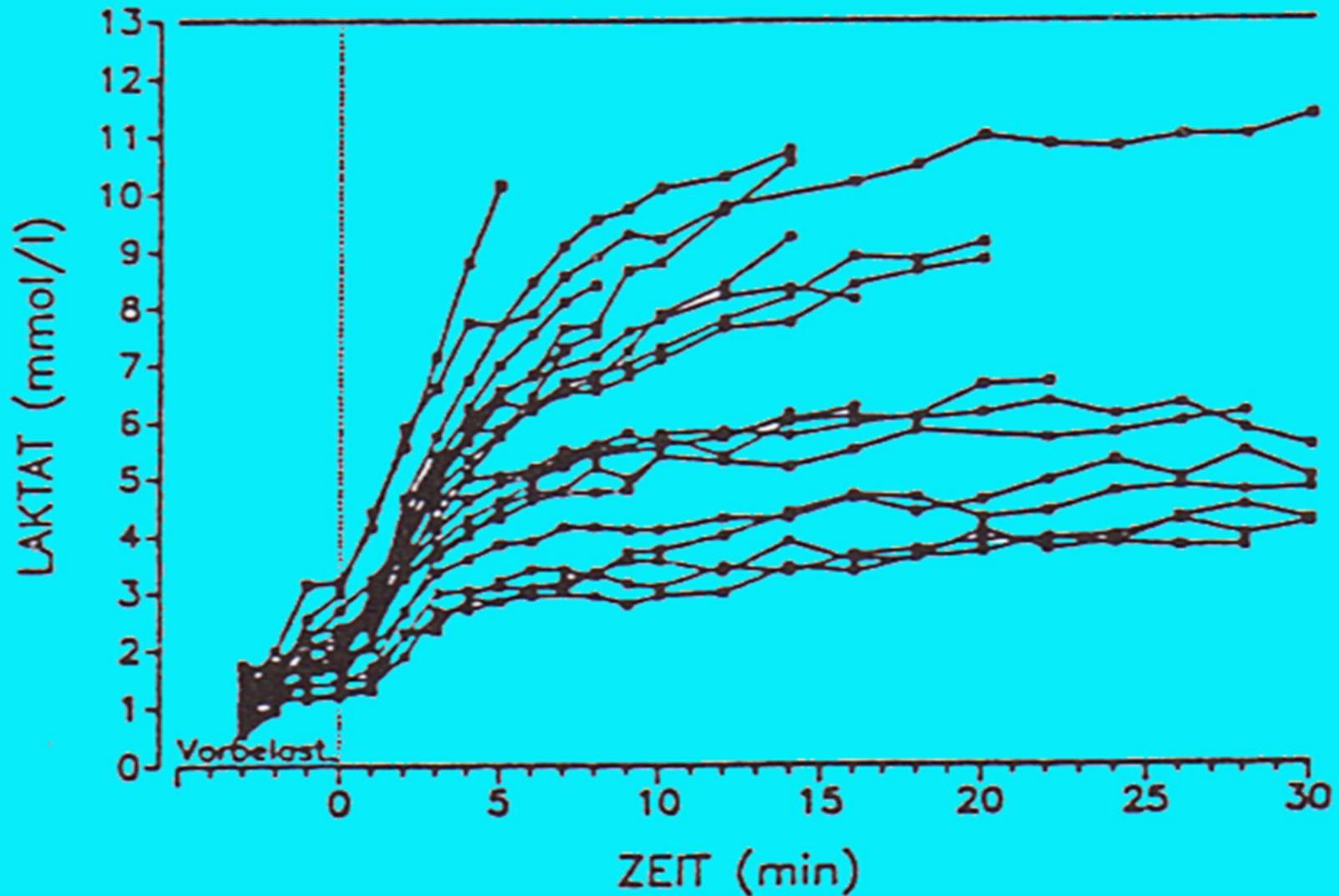
H.Heck,1990; Chwilkowski, 1988

Der **CONCONI-Test** erfüllt nicht die wissenschaftlichen Gütekriterien **Validität** (Gültigkeit) **Reliabilität** (Wiederholbarkeit) und **Objektivität** (Untersucher-Unabhängigkeit)

Die **CONCONI-Schwelle** stimmt nicht mit der Schwellendefinition für Laktat überein.

Hinreichend genaue Trainingsintensitätsableitungen zur Trainingssteuerung sind nicht möglich!

LAKTAT während Dauerbelastung mit Intensitäten zwischen >90 und 100% der CONCONI-Schwelle



Ausdauer- und Trainingssteuerung mittels Stufentest ohne Laktatmessung nur durch Herzfrequenzmessung

(nach E. Wienecke, 2007/2008/ ITK BDFL 2010)

Schritt 1: Ermittlung der maximalen Herzfrequenz (HFmax) mittels Pulsuhr

- Die Spieler laufen 4 Spielfeld-Längsbahnen, danach 6 Bahnen mit Temposteigerung, danach 2 Bahnen Sprint
- Bestimmung der HFmax und Werteintragung in ein Protokoll-Formular
- Festlegung von HF-Bereichen als %-Werte der HFmax: **70%** HFmax=Regenerationstraining, **80-85%** HFmax=extensives Ausdauertraining, **90%** HFmax=intensives Ausdauertraining
- Die HF bei 90% HFmax wird als HF-Wert an der aerob-anaeroben Schwelle angenommen

Schritt 2: Lauf-Feldstufentest mit Pulsuhr ohne Laktatmessung

400m-Laufbahn mit 50m-Markierungen, 3 Runden = 1200m pro Belastungsstufe
oder: 8-Eck auf Fußballfeld, Seitenlänge = 25m, 6 Runden = 1200m pro Belastungsstufe
Akkustische Zeitsignale nach je 50m bzw. 25m entsprechend Stufengeschwindigkeit

- **Test-Parameter:** Stufenlänge = 1200m (bis 6 Stufen), Stufenhöhe: 0,4m/s, Stufenpause: 45sec, HF-Wert nach jeder Stufe (Pulsuhr mit HF-Aufzeichnung oder HF-Sichtbeobachtung mit Notiz)
- **Kombination Ergebnis Stufentest (Laufgeschwindigkeit, HF) und Intensitätsbereiche aus HFmax:**
- **grobe** Zuordnung der HF der Trainingsbereiche (aus HFmax) zu Laufgeschwindigkeit des Stufentests zur Ermittlung des Lauftempos für die jeweilige Trainingsintensität
- Zirka-Zuordnung des 90% HFmax-Wertes als angenommene HF an aerob-anaeroben Schwelle zur Laufgeschwindigkeit des Stufentests; damit **angenommene (!) grobe Bestimmung der aerob-anaeroben Schwelle.**

Tabelle der angenommenen %-Werte maximaler Herzfrequenzen für die einzelnen Herzfrequenz-Trainingsintensitätsbereiche

Maximale Herzfrequenz	intensives Ausdauertraining 90 % der max. HF	extensives Ausdauertraining 80 - 85 % der max. HF	Regeneration 70 % der max. HF
220	198	176 – 187	154
215	194	172 – 183	151
210	189	168 – 179	147
205	185	166 – 174	144
200	180	160 – 170	140
195	176	156 – 166	137
190	171	152 – 162	133
185	167	148 – 158	130
180	162	144 – 153	126
175	156	140 – 149	123
170	153	136 – 145	119
165	149	132 – 140	116
160	144	128 – 136	112

Anzahl der 400-m-Runden			1	2	3	4	5						m m/s				
50	100	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000						
20	40	01:20	02:40	04:00	05:20	06:40	08:00	09:20	10:40	12:00	13:20						2,50
19,5	39	01:18	02:36	03:54	05:12	06:30	07:48	09:06	10:24	11:42	13:00						2,56
19	38	01:16	02:32	03:48	05:04	06:20	07:36	08:52	10:08	11:24	12:40						2,63
18,5	37	01:14	02:28	03:42	04:56	06:10	07:24	08:38	09:52	11:06	12:20						2,70
18	36	01:12	02:24	03:36	04:48	06:00	07:12	08:24	09:36	10:48	12:00						2,78
17,5	35	01:10	02:20	03:30	04:40	05:50	07:00	08:10	09:20	10:30	11:40						2,86
17	34	01:08	02:16	03:24	04:32	05:40	06:48	07:56	09:04	10:12	11:20						2,94
16,5	33	01:06	02:12	03:18	04:24	05:30	06:36	07:42	08:48	09:54	11:00						3,03
16	32	01:04	02:08	03:12	04:16	05:20	06:24	07:28	08:32	09:36	10:40						3,13
15,5	31	01:02	02:04	03:06	04:08	05:10	06:12	07:14	08:16	09:18	10:20						3,23
15	30	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00						3,33
14,5	29	00:58	01:56	02:54	03:52	04:50	05:48	06:46	07:44	08:42	09:40						3,45
14	28	00:56	01:52	02:48	03:44	04:40	05:36	06:32	07:28	08:24	09:20						3,57
13,5	27	00:54	01:48	02:42	03:36	04:30	05:24	06:18	07:12	08:06	09:00						3,70
13	26	00:52	01:44	02:36	03:28	04:20	05:12	06:04	06:56	07:48	08:40						3,85
12,5	25	00:50	01:40	02:30	03:20	04:10	05:00	05:50	06:40	07:30	08:20						4,00
12	24	00:48	01:36	02:24	03:12	04:00	04:48	05:36	06:24	07:12	08:00						4,17
11,5	23	00:46	01:32	02:18	03:04	03:50	04:36	05:22	06:08	06:54	07:40						4,35
11	22	00:44	01:28	02:12	02:56	03:40	04:24	05:08	05:52	06:36	07:20						4,55
10,5	21	00:42	01:24	02:06	02:48	03:30	04:12	04:54	05:36	06:18	07:00						4,76
10	20	00:40	01:20	02:00	02:40	03:20	04:00	04:40	05:20	06:00	06:40						5,00
9,5	19	00:38	01:16	01:54	02:32	03:10	03:48	04:26	05:04	05:42	06:20						5,26
9	18	00:36	01:12	01:48	02:24	03:00	03:36	04:12	04:48	05:24	06:00						5,55
8,5	17	00:34	01:08	01:42	02:16	02:50	03:24	03:58	04:32	05:06	05:40						5,88

Tempo-Tabelle

Umrechnung Stufen-
Laufgeschwindigkeit in
Stufen-Teilzeiten

Lauf-Feldstufentest ohne Laktatbestimmung (nach E. Wienecke)



- 400-m-Leichtathletik-Laufbahn
- alle 50 Meter einen Markierungskegel aufstellen
- 3 Runden à 400 m pro Belastungsstufe
- Pause von 45 Sekunden zwischen den Belastungsstufen

- Achteck auf dem Fußballfeld (Gesamtlänge 200 m)
- 25 Meter Abstand von Kegel zu Kegel
- 6 Runden à 200 m pro Belastungsstufe
- Pause von 45 Sekunden zwischen den Belastungsstufen



Geschwindigkeitsstufen			50-m-Zeit
1	2,5 m/s	entspricht 6:40 min auf 1000 m	20 sec
2	2,9 m/s	entspricht 5:50 min auf 1000 m	17 sec
3	3,3 m/s	entspricht 5:00 min auf 1000 m	15 sec
4	3,8 m/s	entspricht 4:20 min auf 1000 m	13 sec
5	4,2 m/s	entspricht 4:00 min auf 1000 m	12 sec
6	4,6 m/s	entspricht 3:40 min auf 1000 m	11 sec

Beurteilung der Ausdauerleistungsfähigkeit

Beispielhaftes Ergebnis des Feldstufentests		Ergebnisse des Tests zur Bestimmung der maximalen Herzfrequenz (Bsp.)
Geschwindigkeitsstufen	Herzfrequenz	
2,5 m/s	128	<ul style="list-style-type: none"> • Regenerationstraining: 136 Schläge/Minute = 70 % der max. HF • extensives Ausdauertraining: 156 bis 165 Schläge/Minute = 80 bis 85 % der max. HF <p>Die individuelle anaerobe Schwelle liegt in diesem Beispiel bei einer Geschwindigkeit von 4,2 m/s.</p>
2,9 m/s	139	
3,3 m/s	146	
3,8 m/s	164	
4,2 m/s	178	
4,6 m/s	191	

Maximale Herzfrequenz	intensives Ausdauertraining 90 % der max. HF	extensives Ausdauertraining 80 - 85 % der max. HF	Regeneration 70 % der max. HF
220	198	176 - 187	154
215	194	172 - 183	151
210	189	168 - 179	147
205	185	166 - 174	144
200	180	160 - 170	140
195	176	156 - 166	137
190	171	152 - 162	133
185	167	148 - 158	130
180	162	144 - 153	126
175	156	140 - 149	123
170	153	136 - 145	119
165	149	132 - 140	116
160	144	128 - 136	112

Ergebnisse des Feldstufentests für

Geschwindigkeitsstufen	Herzfrequenz
2,5 m/s	
2,9 m/s	
3,3 m/s	
3,8 m/s	
4,2 m/s	
4,6 m/s	

Ergebnisse des Feldstufentests für

Geschwindigkeitsstufen	Herzfrequenz
2,5 m/s	
2,9 m/s	
3,3 m/s	
3,8 m/s	
4,2 m/s	
4,6 m/s	

Ergebnisse des Feldstufentests für

Geschwindigkeitsstufen	Herzfrequenz
2,5 m/s	
2,9 m/s	
3,3 m/s	
3,8 m/s	
4,2 m/s	
4,6 m/s	

Ergebnisse des Feldstufentests für

Geschwindigkeitsstufen	Herzfrequenz
2,5 m/s	
2,9 m/s	
3,3 m/s	
3,8 m/s	
4,2 m/s	
4,6 m/s	

Ergebnisse des Feldstufentests für

Geschwindigkeitsstufen	Herzfrequenz
2,5 m/s	
2,9 m/s	
3,3 m/s	
3,8 m/s	
4,2 m/s	
4,6 m/s	

Ergebnisse des Feldstufentests für

Geschwindigkeitsstufen	Herzfrequenz
2,5 m/s	
2,9 m/s	
3,3 m/s	
3,8 m/s	
4,2 m/s	
4,6 m/s	

Protokollblatt Lauf-Feldstufentest ohne Laktatmessung

1. Eingabe Namen der Spieler (blaues Feld)
2. Eingabe Herzfrequenz der einzelnen Laufgeschwindigkeitsstufen
3. Zuordnung der HF-%-Werte der HFmax zu den entsprechenden Stufenlaufgeschwindigkeiten (z.B. Zuordnung der angenommenen HF an der aero-anaeroben Schwelle zur entsprechenden Stufen-Laufgeschwindigkeit)

Kritische Literatur-Diskussion zu „Nur-Herzfrequenz-Verfahren“ zur Bestimmung der aerob-anaeroben Laktatschwelle

Zum Laktat-Test „konkurrierende“ „NUR-HERZFREQUENZ- VERFAHREN“ mit theoretisch oder real ermittelten maximalen Herzfrequenzen mit prozentualen Trainingsherzfrequenz-Ableitungen einschließlich abgeleiteter Verfahren zur aerob-anaeroben Schwellenbestimmung werden bzgl. Zuverlässigkeit und Alternative zu Laktat-Stufentests in der Literatur kontrovers als grob fehlerhaft, unvalid (nicht tauglich) und wissenschaftlich unseriös diskutiert. Im (Hoch-)Leistungssport sind solche Tests unbrauchbar.

Rückschlüsse auf den Hauptbezugparameter Laktat an den einzelnen HF-%Werten von HFmax zur Bestimmung von Trainingsintensitätsbereichen einschließlich aerob-anaeroben Schwelle sind mit hinreichender Genauigkeit grundsätzlich nicht möglich. Die wissenschaftlichen Gütekriterien sind nicht erfüllt.

Die Bestimmung der Laufgeschwindigkeit (an) der aerob-anaeroben Schwelle und der Laufgeschwindigkeiten der einzelnen Laufintensitätsbereiche nur als %-Werte der maximalen Herzfrequenz ist keine exakte, allenfalls nur (sehr) grobe Bestimmungsmethode. Die Frage ist: welcher (nichtwissenschaftliche) Genauigkeitsgrad ist z.B. im Fußball und anderen Mannschaftssportarten noch tolerabel, wenn es z.B. um eine nur grob homogene Bildung von Leistungsgruppen geht. Hier ist die herzfrequenzbezogene Gruppenbildung der einzelnen Intensitätsbereiche eine noch vertretbare, relativ einfache Methode.

Die Annahme der aerob-anaeroben Schwelle bei einer Laufgeschwindigkeit bei 90% der maximalen Herzfrequenz ist nur ein statistischer Richtwert, der nach vielen Analysen (ca. 3000 von Allmann) von Laktatstufentests im Mittel in einem relativ kleinen, interindividuellen Wertintervall liegt. Für die Bildung einer Trainings - Leistungsgruppe mit Spielern unterschiedlicher, aber ähnlicher Schwellenwerten, ist der grobe 90% HFmax - Richtwert von praktikabler und noch tolerabler Bedeutung.

Der „Wienecke Stufentest“ ohne individuelle Laktatmessung zur Schwellenbestimmung ist unter diesen Rahmenbedingungen eine gute und praktikable Methode im Ausdauertraining. Er umgeht den sehr aufwändigen, individuellen, teuren und auswertintensiven (Software, Erfahrung!) Laktat-Stufentest! Für ein individuelles Einzeltraining ist diese nicht stoffwechselbezogene Bestimmung der intensitätsbezogenen Laufgeschwindigkeiten zu grob und nicht zu empfehlen!

„Selbst wenn die maximale Herzfrequenz annähernd genau ermittelt wird, ist das Herunterrechnen auf bestimmte Prozentanteile, in denen ein Ausdauer-/ Fettstoffwechseltraining stattfindet, ebenso wie bei den bekannten Formeln, z.B. 180-Lebensalter ungenau, da der optimale Stoffwechselbereich unbekannt ist; ferner ist die individuelle Dynamik der Herzfrequenz in diesem Bereich sehr unterschiedlich. Die wissenschaftlichen Gütekriterien werden nicht erfüllt“. (Persönliche Notiz von R. Föhrenbach an H.Allmann)

HERZFREQUENZ-FORMELN

American Heart Association:

$$\text{HFmax} = 220 - \text{Alter}$$

(mittlerer Fehler : bis zu 15 Schl. / Min. i.d.R. zu niedrig)

Karvonen-Formel:

$$\text{HF-Training} = \text{RHF} + (220 - 3/4 \text{ Alter} - \text{RHF}) \times \text{BF} \quad (\text{RHF} = \text{Ruhe-HF})$$

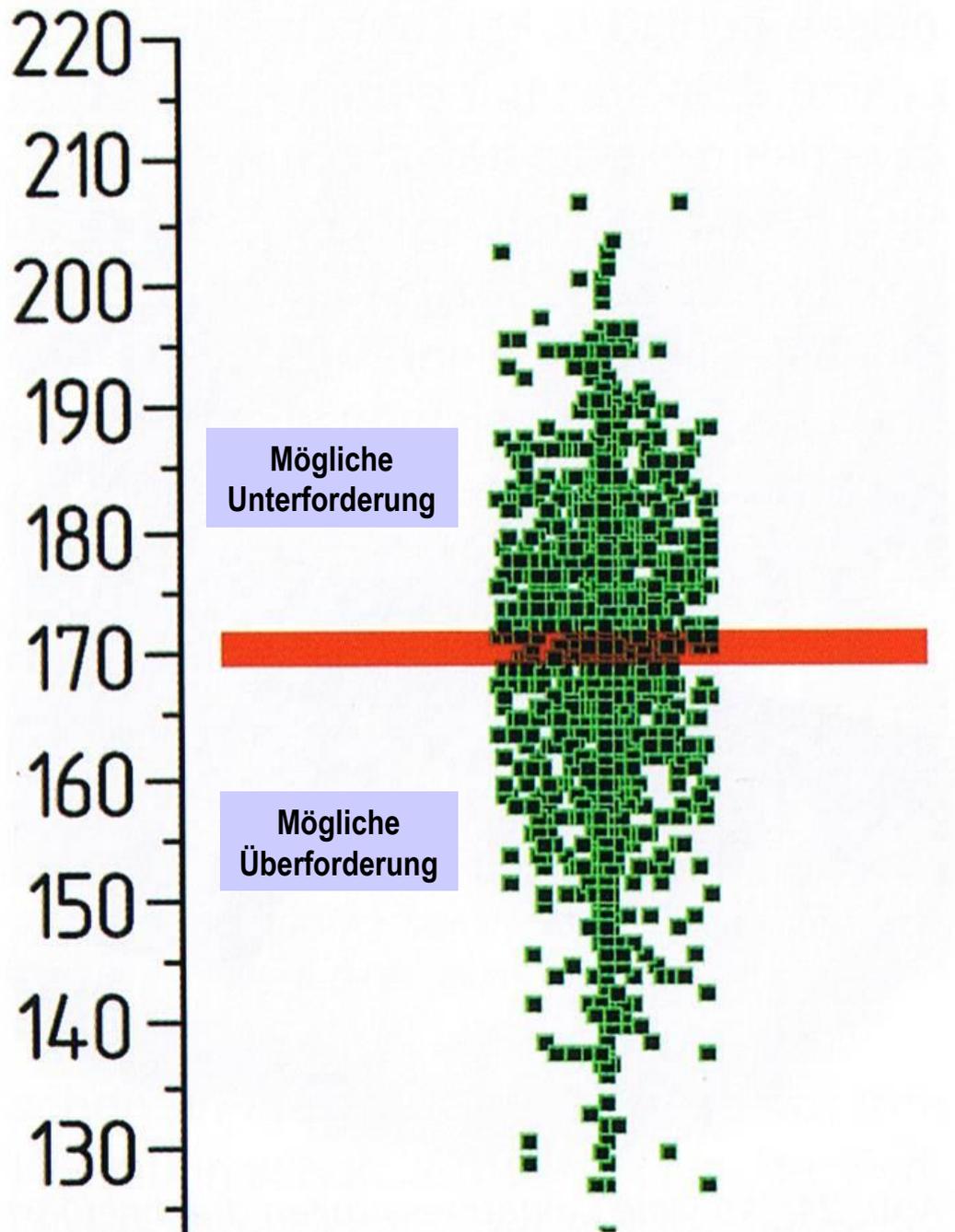
BF=Belastungsfaktor: 0,60=Einsteiger

0,65 = unregelm. Training

0,70 = regelm. Training

0,75 = Leistungssportler

Fettstoffwechseltraining: je minus 10 Schl./Min



Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle
bei 1423 Dreißigjährigen

Die Streubreite zeigt die grundsätzliche
Ungenauigkeit einer Berechnung der
Trainingsherzfrequenz über theoretische
Faustformeln.

Hier: 200 – Lebensalter (rote Linie)

Die Firma Polar (finnischer Herzfrequenz-Messgeräte-Hersteller) hat einen Pulsmesser entwickelt, der u.a. die aerobe und anaerobe Schwelle über die Abstände zwischen den Herzschlägen (Herzfrequenz-Variation) „näherungsweise“ bestimmen soll = „OwnZone“ als Bereich eines „angemessenen aeroben Trainings“.

Vergleichende Untersuchungen an Läufern führten **nicht annähernd** in einen „angemessenen“ aeroben Trainingsbereich.

Dieses Verfahren lässt **keine** Rückschlüsse auf ein Training im aeroben Stoffwechselbereich zu.

R. Föhrenbach, 2007 (www.sportdiagnostik.de)

Untersuchungen von Schulz, H., A. Horn, A. Geiger, P. Arning, S. Fröhlich und H. Heck:

Evaluation der Intensitätssteuerung mit der Polar OwnZone bei Laufbelastungen;

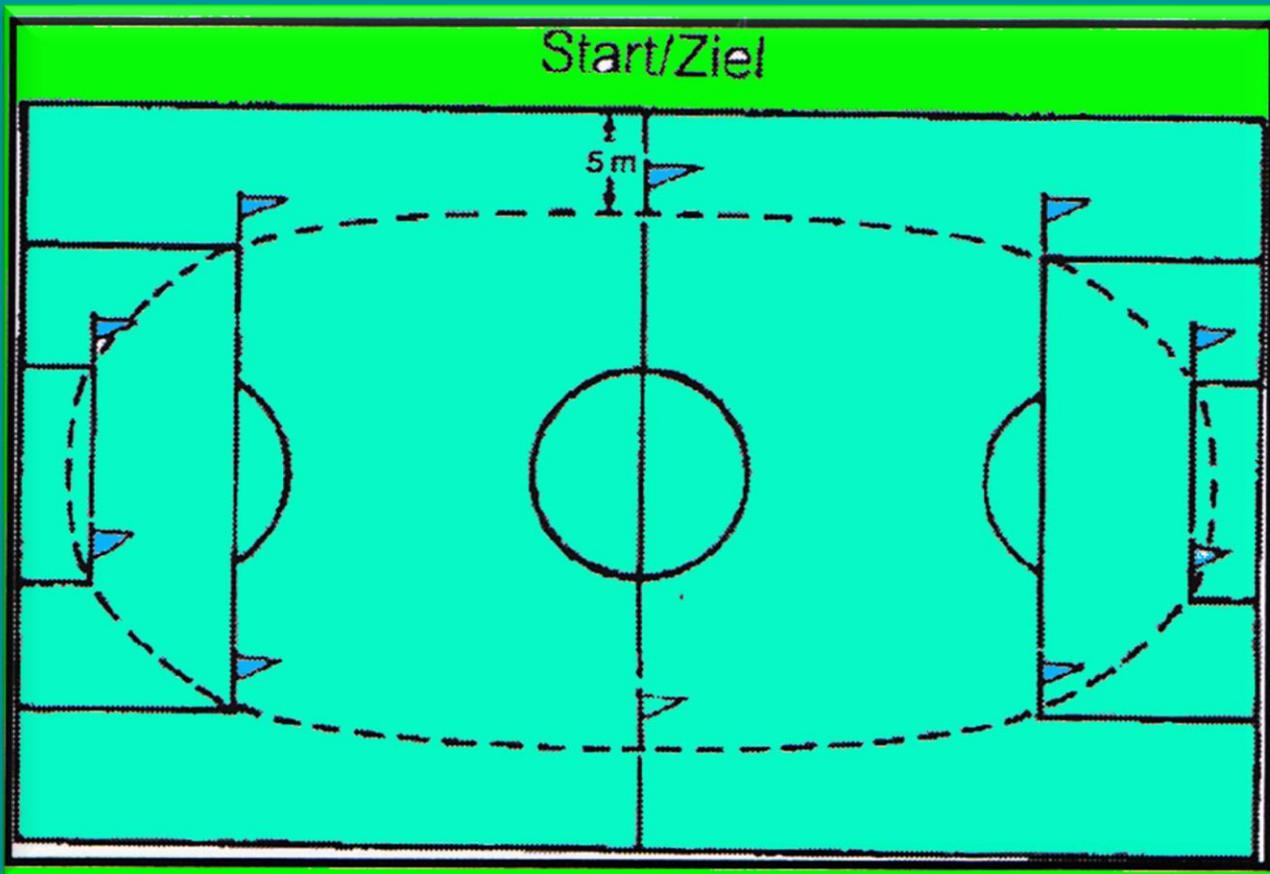
1. Die mittleren Laktatkonzentrationen wiesen bei Dauerbelastungen eine **große individuelle Variation** auf.
2. Eine individuelle Trainingssteuerung mit der „Own-Zone“ ist besonders bei hohen Intensitätsvorgaben **nicht** möglich.
3. Die Herzfrequenzvariation (HRV) weist intraindividuell ein unterschiedliches Reaktionsmuster auf.
4. Generelle Aussagen für die Anwendung der HRV zur Beurteilung des Regenerationszustandes ist **nicht** möglich.

Abstracts: dvs-Symposium, Sektion Trainingswissenschaft, 19.-21.06.2003, München

COOPER-Test

Maximaler 12-Minutenlauf bis subjektive Ausbelastung

- ⇒ Messkriterium: zurückgelegte Laufstrecke
- ⇒ Laktatwerte 8-18 mmol/l Blut (je nach Ausdauerleistung und Muskelfasertyp)
- ⇒ Trainingssteuerung nicht möglich, Trainingsintensitäten nicht ableitbar
- ⇒ wenn Herzfrequenz bei Ausbelastung gemessen, Trainingsintensitäten grob ableitbar
- ⇒ (negative) Einflussfaktoren: Tempogestaltung (!), Motivation, Tagesform/-zeit, Wetter u.a.
- ⇒ deshalb Ausdauerleistungsfähigkeit nur grob abschätzbar
- ⇒ Laufstrecke muss nach „genetischem“ Ausdauertyp beurteilt werden
- ⇒ bei max. gelaufener Distanz mit Laktat > 4mmol/l gibt es über Normwerttabelle eine regressionsanalytische Abschätzung der VO₂max



Spielfeld-Laufstrecke für
12 Minuten COOPER-Test
(statt 400m Laufbahn)



Genehmigter Abdruck aus „fussballtraining“, 6+7, 2013

Bewertung für den höheren Amateur- und Profibereich
im Fußball

Bis 2800	Schwach
2800–3000	Mäßig
3000–3200	Befriedigend
3200–3300	Gut
3300–3400	Sehr gut
Über 3400	Überragend

In Anlehnung an Weineck, 1992

COOPER-rtest: Leistungen, Sauerstoffaufnahme und Leistungsbewertungen verschiedener Autoren

Leistungskategorie	Zurückgelegte Strecke [m]	
	Männer	Frauen
Sehr gut	Über 3200	Über 2800
Gut	2801–3200	2401–2800
Mittelmäßig	2401–2800	2001–2400
Schlecht	2000–2400	1600–2000
Sehr schlecht	Unter 2000	Unter 1600

Bewertung für Spielsportarten (Hagedorn et al., 1985)

Zurückgelegte Strecke [m]	Leistungskategorie
Über 3350	Extrem überdurchschnittlich
3260–3350	Überdurchschnittlich
3160–3259	Durchschnittlich
3060–3159	Unterdurchschnittlich
Unter 3060	Extrem unterdurchschnittlich

Bewertung für männliche Spitzenfußballer (Geese, 1990)

Altersklasse	D-Jugend (10-12 J.)	C-Jugend (12-14 J.)	B-Jugend (14-16 J.)	A-Jugend (16-18 J.)
Kondition				
Ausgezeichnet	2850 m	2950 m	3050 m	3150 m
Sehr gut	2650 m	2750 m	2850 m	2950 m
Gut	2250 m	2350 m	2450 m	2550 m
Befriedigend	1850 m	1950 m	2050 m	2150 m
Mangelhaft	1250 m	1350 m	1450 m	1550 m
Ungenügend	Weniger als die unter mangelhaft zurückgelegte Strecke			
	(Mädchen in allen Klassen etwa 200 Meter weniger als Jungen)			

nach J. Weineck, 2004

Meter in 12 min	Sauerstoffaufnahme (ml/min/kg)	Meter in 12 min	Sauerstoffaufnahme (ml/min/kg)
1500	28,2	2700	48,6
1600	29,9	2800	50,4
1700	31,6	2900	52,1
1800	33,8	3000	53,8
1900	35,0	3100	55,5
2000	36,7	3200	57,2
2100	38,4	3300	58,9
2200	40,1	3400	60,6
2300	41,7	3500	62,3
2400	43,4	3600	64,0
2500	45,1	3700	65,7
2600	46,9	3800	67,4

Relative maximale Sauerstoffaufnahme nach SCHNÜRCH

Man beachte die unterschiedlichen Bewertungsbegriffe und die zeitlich ansteigende Streckenerhöhung

Fallbeispiel Tennis mit fußballspezifischer Bedeutung

Weltklasse-Tennisspielerin, ATP-Weltrangliste 40, spielt alle großen internationale Turniere

Allgemeines und spezielles Ausdauertraining: über mehrere Jahre **intensive Intervallmethode als Haupttrainingsintervention**.

Ein „zufälliger“ Lauf-Laktatstufentest bei einem anderen Trainer zeigte für diese Hochleistungsklasse eine **extrem niedrige**

Grundlagenausdauer:

- ⇒ extrem hohe Herzfrequenz- und Laktatwerte schon bei sehr niedriger Laufbelastung
 - ⇒ aerob-anaerob Laktat-Schwelle: 3,4m/s („schlecht“)
 - ⇒ max. Sauerstoffaufnahme VO₂max: 50 ml/kg/min (gering);
 - ⇒ Vergleich Tennis: gering: bis 55 ml/kg/min
 - mittel: 56-59 ml/kg/min
 - gut: 60-63 ml/kg/min
 - ausgezeichnet: 64-67 ml/kg/min
 - Weltklasse: 68-70 ml/kg/min
- Zeitgleicher Test einer Tennisspielerin: ATP-Rang 576: 67ml/kg/min)**

Laktattest: Schömezler / Allmann, 2011, unpubl.

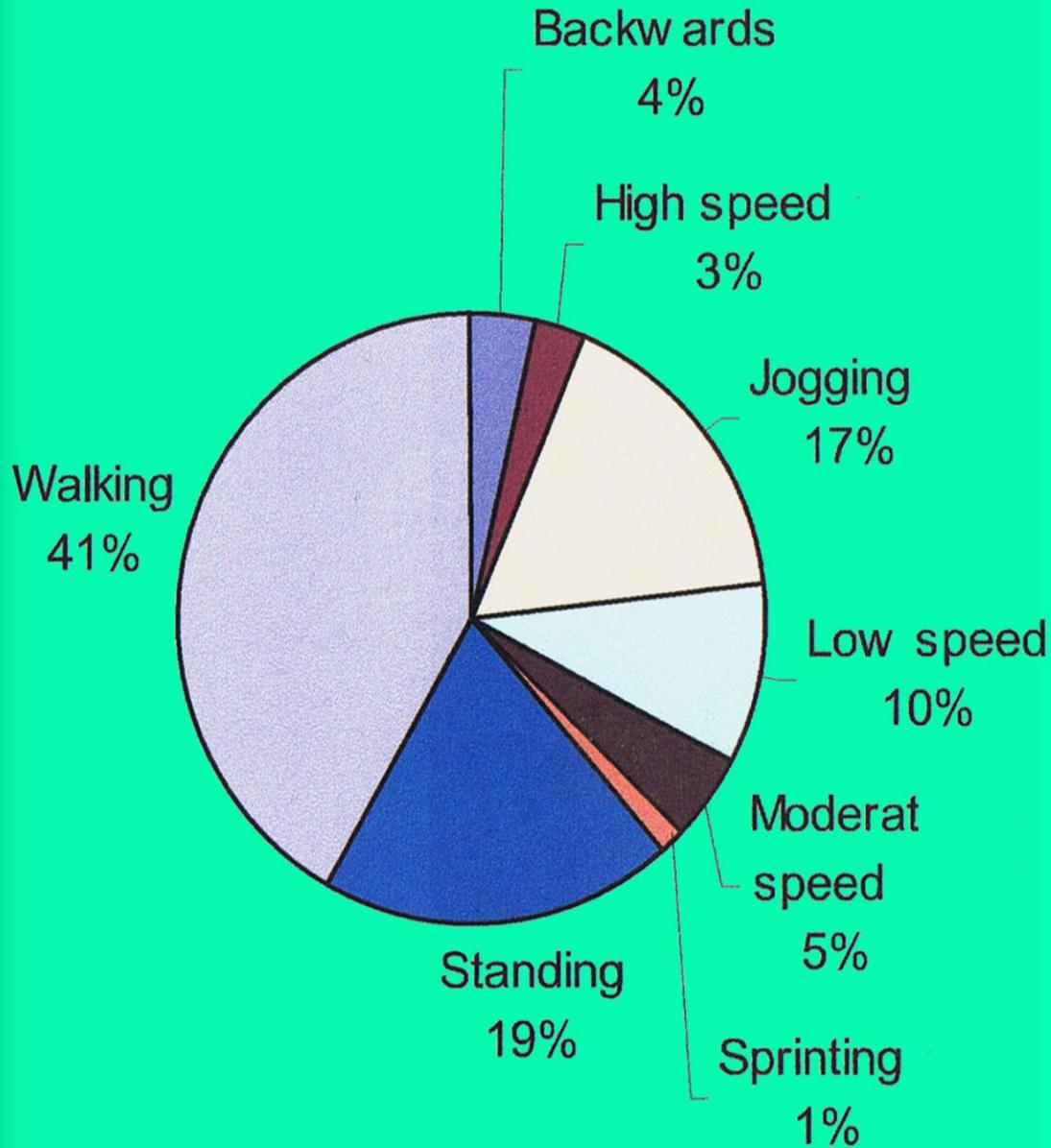
Fazit

Ausschließlich intensive Intervallmethoden über längere Zeit können die beabsichtigte Wirkung deutlich verfehlen. Die komplexe Ausdauerleistungsfähigkeit, bes. in Ballsportarten, kann eine Methode allein nicht optimal ausbilden. Im ganzjährigen Trainingsprozess müssen auch alternative „klassische“ Ausdauermethoden eingesetzt werden. Ein Ausdauertraining darf eine klug angepasste Vielfalt der Interventionen nicht verlieren.



Spielanalysen

Die ausgewählten Daten entstammen aus Spielen der oberen Fußballliga aus den Jahren 2011/2012



Durchschnittliches Bewegungsprofil eines Fußballspielers in einem oberen Liga-Fußballspiel (2011)

Positionsspezifische Laufstrecken in Abhängigkeit von Gegnerstärke und Spielstand im Fußball

Analysesystem AMISCO mit mehreren Kameras in großer Höhe um das Fußballfeld. Testobjekt: 14 Spiele der 1. BL der Saison 2009/2010 und 103 Spieler. Gegnerstärke auf Basis des aktuellen und finalen Tabellenstandes.

Positionsspezifische Laufstrecken in Metern in Abhängigkeit von Gegnerstärke und Spielstand. *: Werte auf Minute relativiert. Innenverteidiger (IV), Außenverteidiger (AV), Zentraler Mittelfeldspieler (ZM), Äußerer Mittelfeldspieler (AM), Stürmer (ST). (Dargestellt sind Mittelwert und Standardabweichung).

			IV	AV	ZM	AM	ST	Gesamt
	Laufstrecke	Gesamt	9380±573	10035±477	9919±911	10345±686	9923±915	9867±767
		Halbzeit 1	4895±262	5204±244	5064±536	5385±372	5132±385	5107±400
		Halbzeit 2	4485±379	4831±300	4855±425	4485±379	4790±543	4760±421
Gegnerstärke	Leicht	Gesamt	9343±592	9963±333	10118±904	10182±586	9860±994	9877±733
		Halbzeit 1	4884±194	5226±212	5245±508	5332±308	5123±359	5154±361
		Halbzeit 2	4459±434	4737±224	4873±449	4850±329	4737±639	4723±423
	Mittel	Gesamt	9661±490	10269±500	9941±960	11014±786	9954±1171	10060±807
		Halbzeit 1	4998±298	5284±259	4933±582	5710±479	5096±510	5146±451
		Halbzeit 2	4663±334	4985±304	5008±423	5304±329	4858±664	4914±423
	Schwer	Gesamt	9150±571	9903±602	9628±927	10169±651	9986±744	9673±759
		Halbzeit 1	4806±302	5092±269	4913±533	5248±326	5198±400	4999±396
		Halbzeit 2	4344±306	4810±368	4715±401	4921±309	4788±360	4673±391
Spielstand*	Rückstand	113±9	117±10	115±15	120±13	115±15	116±12	
	Laufleistung auf 1 Minute relativiert	Unentschieden	108±7	113±5	111±11	116±8	113±9	112±9
		Führung	97±11	106±14	110±17	113±12	107±11	106±14

Positionsspezifische Laufstrecken in verschiedenen Intensitätsbereichen.

IV=Innenverteidiger, AV=Außenverteidiger, ZM=zentraler Mittelfeldspieler, AM=äußerer Mittelfeld-spieler, ST=Stürmer.
Dargestellt sind Mittelwert und Standardabweichung

Gegnerstärke		IV	AV	ZM	AM	ST	Gesamt
Leicht	Intensiv	1114±142	1398±90	1443±355	1444±213	1304±401	1337±274
	Hochintensiv	318±58	437±77	417±120	586±107	539±151	441±134
	Sprint	80±19	118±59	81±42	151±79	173±78	112±63
Mittel	Intensiv	1176±152	1431±131	1475±380	1755±257	1314±450	1386±308
	Hochintensiv	311±86	480±108	419±143	689±90	539±201	449±164
	Sprint	53±39	164±73	61±38	167±129	163±94	110±84
Schwer	Intensiv	1127±219	1434±265	1388±360	1449±188	1301±351	1329±294
	Hochintensiv	327±84	463±157	419±102	619±93	578±30	447±143
	Sprint	95±55	109±38	105±38	200±87	151±20	120±59
Gesamt	Intensiv	1136±166	1418±162	1433±348	1508±237	1307±369	1348±287
	Hochintensiv	319±72	457±110	418±116	616±102	549±141	445±144
	Sprint	76±40	129±61	84±41	167±87	164±69	114±68

Auf eine Minute relativierte Laufstrecke aller Positionen unter Beachtung der Gegnerstärke und des Spielstandes.
Dargestellt sind Mittelwert und Standardabweichung.

Gegnerstärke	Spielstand	Laufstrecke [m/min]
Leicht	Rückstand	110,1 ± 7,4
	Unentschieden	112,1 ± 7,4
	Führung	101,6 ± 11,7
Mittel	Rückstand	115,9 ± 12,0
	Unentschieden	114,5 ± 9,4
	Führung	112,2 ± 16,5
Schwer	Rückstand	121,22 ± 12,6
	Unentschieden	107,9 ± 8,3
	Führung	105,1 ± 12,4

Positionsspezifische Laufstrecken im Fußball in Abhängigkeit von Gegnerstärke, Spielstand und Lauf-Intensitätsbereich

) Siegle M, Geisel M, Lames M: Zur Aussagekraft von Positions- und Geschwindigkeitsdaten im Fußball. Dt. Zschr. für Sportmed. 09 (2012)

Analyse und Fazit

- ⇒ Laufstrecke im Fußball wird beeinflusst von Spielposition, Gegnerstärke und Spielstand
- ⇒ Wie auch in anderen Studien haben die äußeren Mittelfeldspieler die längsten Laufwege, auch in sämtlichen Lauf-Intensitätsbereichen
- ⇒ Zentrale Mittelfeldspieler zeigen entgegen Erwartung (Literatur) geringere Laufwege
- ⇒ Die Innenverteidiger haben die geringste Laufwegleistung (gemäß Bradley und Di Salvo)
- ⇒ Die Stürmer zeigen vergleichsweise relativ geringe Laufwege
- ⇒ Gegen starke Gegner sind die Laufwege länger im Vergleich zu schwächeren Gegnern
- ⇒ Die Laufwege in der 2. Halbzeit sind nahezu bei allen deutlich geringer
- ⇒ Der Laufwegabfall in der 2. Spielhälfte ist nicht grundsätzlich mit Ermüdung zu erklären
- ⇒ Mannschaften, die im Ergebnis führen, laufen weniger als solche mit Rückstand
- ⇒ Im Vergleich zu anderen Studien sind jedoch keine einheitlichen Ergebnisse zu erkennen
- ⇒ Unterschiedliche Ergebnisse können in der Unterschiedlichkeit der Stichproben liegen
- ⇒ Da jedes Spiel „einzigartig“ ist, lassen sich allg. Gesetzmäßigkeiten nur schwer ableiten
- ⇒ Eine Spieler-Leistungsbewertung anhand der Spiel-Laufleistung ist schwer möglich

Bradley P.S. et al.: High-intensity running in English FA premier league soccer matches. J. Sports Sci. 27 (2009), 159-168

Di Salvo V. et al.: Performance characteristics according to playing position in elite soccer.. Int. Journal Sports Med. 28 (2007), 222-227

Fußball – WM – Endspiel 2002 - Brasilien – Deutschland

Effektive Spielzeit: 48 Min.

Ballbesitz Brasilien: 20 Min.

Ballbesitz Deutschland: 28 Min.

Nach Analyse Prof. Dr. Werner KUHN, Humboldt-Universität Berlin; (persönliche Mitteilung an Allmann).
Erwähnenswert ist die kurze Gesamtspielzeit!



Ausgewählte Ist-Soll-Daten von Fußball-Spitzenpielern

Ist-Soll-Laktat-Schwellenwerte bei Profifußballern

- ⇒ **V4-Streubereich: $v_4 = 3,7 - 4,7$ m/s**
- ⇒ $V_4 < 3,7$ m/s: niedrige aerobe Ausdauer
- ⇒ $V_4 = 3,8 - 4,3$ m/s: gute aerobe Ausdauer
- ⇒ $V_4 = > 4,3$ m/s: sehr gute aerobe Ausdauer
- ⇒ $IANS = > 4,2$ m/s: sehr gute aerobe Ausdauer
- ⇒ $V_4 \geq 4,6$ m/s: hervorragende aerobe Ausdauer
- ⇒ $IANS \geq 4,4$ m/s: hervorragende aerobe Ausdauer
- ⇒ Laktat_{max} (Stufentest): 6,0 – 11,5 mmol/l (Nat.Spieler)
- ⇒ VO₂max: 60 – 65 ml / kg / min

V_4 = Laufgeschwindigkeit bei 4 mmol/l Laktat

ANS = Laufgeschwindigkeit an individuellen Laktatschwelle

„Typ“-bezogene, gute Ausdauer-Leistungsfähigkeit im Fußball

Stürmer (Sprinttyp): $v_4: 3,8- 4,1$ m/s

(dominant Typ IIa / x-Muskelfasern; aerob begrenzt trainierbar)

Mittelfeld- und offensive Abwehrspieler: $v_4 \geq 4,5$ m/s

(i.d.R. „normal“-verteiltes Muskelfaserspektrum; aerob gut trainierbar)

v_4 - Mittelwert einer Fußball – Spitzenmannschaft: $v_4 = 4,3$ m/s

Laktat nach Sprint-Tests

Nationalspieler: 5 x 30m

langsame Spieler: bis 4,3 mmol/l Laktat

schnelle Spieler : bis 11,2 mmol/l Laktat

Allmann, Kindermann

Literatur: 5 x 30m: 4 – 12 mmol/l Laktat

Leichtathletische Sprinter: 100m: bis 13 mmol/l Laktat

Sprintleistungen von Spitzenspielern

Antrittsschnelligkeit, Beschleunigung, Grundschnelligkeit

Zeit 5m: 0,93 – 0,99 sec

Zeit 10m: 1,60 – 1,70 sec

Zeit 30m: 3,88 – 4,08 sec

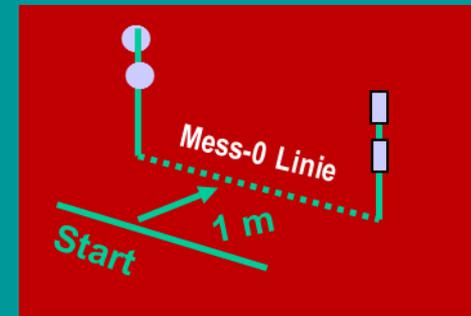
Sprint-Soll-Werte für leistungsstarke Spieler

5m – Sprint: < 0,96 sec

10m – Sprint: < 1,65 sec

30m – Sprint: < 4,00 sec

Sprint-Zeitmessung



Elektronischer Startblock - Konstruktion H. Allmann

Bei Messung steht Vorderfuß unmittelbar hinter der Startlinie, hinterer Fuß auf der Messplatte, die mit Lösen den Messvorgang mit 1000stel Messgenauigkeit auslöst. Nur so wird die Laufzeit mit Doppellichtschranken fehlerfrei gemessen.