

# Ausdauerdiagnostik

- Allgemeine Grundlagen
  - 2 km-Walking-Test
  - Cooper - Test
  - Conconi - Test
  - Ergometrie
  - $PWC_{130}$ ,  $PWC_{150}$ ,  $PWC_{170}$
- 
- Laktattest
  - Spiroergometrie



# **Ausdauer**

- *Definition*

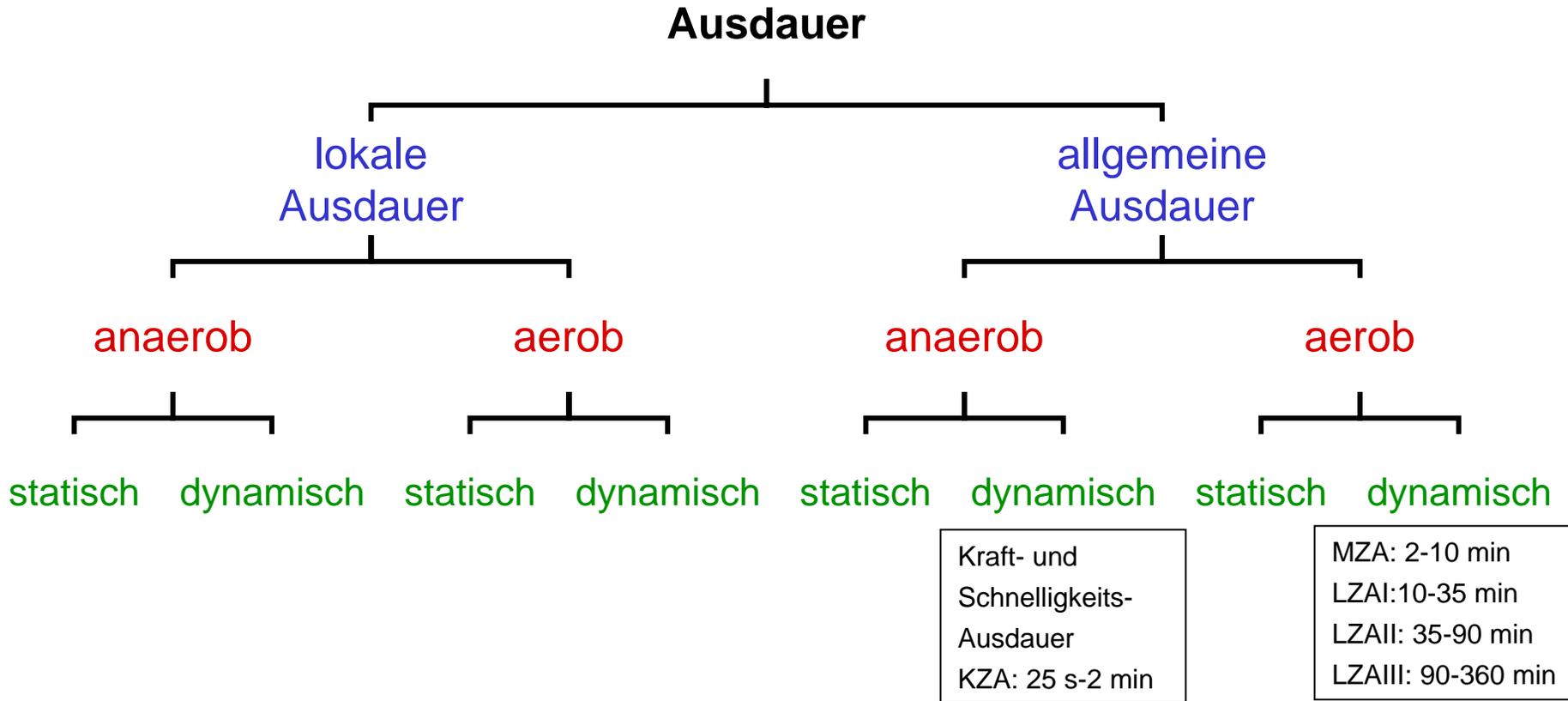
Ausdauer ist charakterisiert durch die Fähigkeit, eine gegebene Leistung über einen möglichst langen Zeitraum durchhalten zu können. Somit ist Ausdauer identisch mit Ermüdungs-Widerstandsfähigkeit.

nach Hollmann & Hettinger, 2000



# Ausdauer

- Systematisierung



morphologischer, biochemischer, biophysikalischer Aspekt



# **Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit**

- Physikalische Grundlagen

**Energie** = Fähigkeit, Arbeit zu verrichten (*Einheit: Joule*)

**Arbeit**  $[W]$  = Kraft \* Weg  $[F*s]$

*Einheit der Kraft: Newton → Einheit der Arbeit: Newtonmeter (Nm) bzw. Joule (J)*

**Leistung**  $[P]$  = Arbeit / Zeit  $[W/t]$  (*Einheit der Leistung: Nm/s bzw. J/s*)

**1Nm/s bzw. 1J/s entspricht genau 1 Watt**



# Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit

- *Physikalische Grundlagen*

METs (metabolic equivalents)

MET = Multiplikationsfaktor, um den bei einer gegebenen Belastung der Sauerstoffbedarf von 3,5 ml/kg Körpergewicht in Ruhe ansteigt.

Belastung von 3 MET → Sauerstoffaufnahme liegt bei 10,5 ml/kg



# Ausdauerdiagnostik

- Allgemeine Grundlagen
  - 2 km-Walking-Test
  - Cooper - Test
  - Conconi - Test
  - Ergometrie
  - $PWC_{130}$ ,  $PWC_{150}$ ,  $PWC_{170}$
- 
- Laktattest
  - Spiroergometrie



# ***Walking-Testverfahren***

## **Vorteile:**

- nahe an der Alltagsmotorik
- spricht breite Zielgruppen an
- ist risikolos
- benötigt keine Ausrüstung
- kann nach stationärer Therapie in den Alltag integriert werden



## **Verfahren:**

- UKK-Walk-Test
- 2 km-Walking-Test
- Reha-Walking-Test
- Laufband-Walking-Test



# UKK-Walk-Test

- Grundlagen

- 1991 von Oja & Laukkanen in Finnland entwickelt
- **Beschreibung:** Walken einer ebenen, zwei Kilometer langen Strecke in schnellstmöglicher Zeit
- **Messgrößen:** Walking-Zeit, Belastungspuls im Ziel, BMI, Alter und Geschlecht
- **Testauswertung:**
  - a) Walking-Index
  - b)  $VO_2$ max - Schätzformel



# UKK-Walk-Test: Beurteilung mittels Walking-Index

## Männer:

$$420 - (\text{min} \times 11.6 + \text{sec} \times 0.2 + \text{BP} \times 0.56 + \text{BMI} \times 2.6 - \text{Alter} \times 0.2)$$

## Frauen:

$$304 - (\text{min} \times 8.5 + \text{sec} \times 0.14 + \text{BP} \times 0.32 + \text{BMI} \times 1.1 - \text{Alter} \times 0.4)$$

## Beurteilung:

<70	weit unterdurchschnittlich
70-89	unterdurchschnittlich
90-110	durchschnittlich
111-130	überdurchschnittlich
>130	weit überdurchschnittlich





# ***UKK-Walk-Test: Beurteilung mittels $VO_2$ max-Schätzformel***

*Männer:* (relative  $VO_2$ max in ml/min/kg)

$$184,9 - (\text{Zeit} \times 4,65 - \text{HF} \times 0,22 - \text{Alter} \times 0,26 - \text{BMI} \times 1,05)$$

*Frauen:* (relative  $VO_2$ max in ml/min/kg)

$$116,2 - (\text{Zeit} \times 2,98 - \text{HF} \times 0,11 - \text{Alter} \times 0,14 - \text{BMI} \times 0,39)$$



# Exkurs: Maximale Sauerstoffaufnahme (VO<sub>2</sub>max)

**VO<sub>2</sub>max = Basismessgröße in der Sportmedizin**

abhängig von

- Sauerstoffaufnahme / äußere Atmung (Ventilation, Diffusionskapazität)
- Sauerstofftransport (HKS, Kapillarisation, Hämoglobin, Blutvolumen)
- Sauerstoffverbrauch (Mitochondrien, Enzyme, Faserspektrum usw.)



# 2 km-Walking-Test

(vereinfachte Auswertung anhand der benötigten Walking-Zeit)

Männer	--	-	O	+	++
	< PR 20	PR 21-40	PR 41-60	PR 61-80	>PR 80
20	> 16:16	16:16 – 15:08	15:07 – 14:08	14:07 – 12:58	< 12:58
30	> 16:49	16:48 – 15:41	15:40 – 14:41	14:40 – 13:31	< 13:30
40	> 17:22	17:22 – 16:14	16:13 – 15:14	15:13 – 14:04	< 14:03
50	> 17:56	17:56 – 16:48	16:47 – 15:48	15:47 – 14:38	< 14:37
60	> 18:29	18:29 – 17:20	17:19 – 16:21	16:20 – 15:11	< 15:10
70	> 19:02	19:02 – 17:54	17:53 – 16:44	16:43 – 15:44	< 15:44
80	> 19:35	19:35 – 18:27	18:26 – 17:27	17:26 – 16:17	< 16:17

(++ sehr gut, + gut, o durchschnittlich, - unterdurchschnittlich, --stark unterdurchschnittlich)

Bös, 2004



# 2 km-Walking-Test

(vereinfachte Auswertung anhand der benötigten Walking-Zeit)

Frauen	--	-	O	+	++
	< PR 20	PR 21-40	PR 41-60	PR 61-80	>PR 80
20	< 17:25	17:25 – 16:21	16:20 – 15:25	15:24 – 14:19	< 14:19
30	< 17:59	17:59 – 16:55	16:54 – 15:59	15:58 – 14:53	< 14:53
40	< 18:33	18:33 – 17:29	17:28 – 16:33	16:32 – 15:27	< 15:27
50	< 19:07	19:07 – 18:03	18:02 – 17:07	17:06 – 16:01	< 16:01
60	< 19:41	19:41 – 18:37	18:36 – 17:41	17:40 – 16:35	< 16:35
70	< 20:15	20:15 – 19:11	19:10 – 18:15	18:14 – 17:09	< 17:09
80	< 20:49	20:49 – 19:45	19:44 – 18:49	18:48 – 17:43	< 17:43

(++ sehr gut, + gut, o durchschnittlich, - unterdurchschnittlich, -- stark unterdurchschnittlich)

Bös, 2004

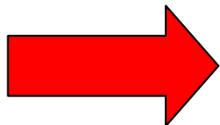


# Probleme beim Einsatz des maximalen 2 km-Walking-Tests bei Reha-Patienten

- Belastungsvorgabe: mind. 80 % der HFmax ( $205 - \frac{1}{2}$  Lebensalter)
- Intensität, vor allem bei nicht-ebenen Bedingungen

	Max. 2 km-W-T (n=33)	Submax. 2 km W-T (n=30)
<b>Ebene</b>	4,59 ± 1,91	2,45 ± 0,83
<b>25 HM</b>	5,27 ± 2,21	2,23 ± 0,69
<b>50 HM</b>	7,82 ± 2,17	2,63 ± 0,99

Laktatkonzentration in mmol/l (MW ± SD)



**Entwicklung eines submaximalen 2 km-Walking-Tests**  
(Belastungsvorgabe: Herzschlagfrequenz =  $180 - \text{Lebensalter}$ )

# Normierung – Ergebnisse (Walking-Zeit in min)

Männer		--	-	O	+	++
Alter	n	< PR 20	PR 21-40	PR 41-60	PR 61-80	>PR 80
<b>30 – 39</b>	659	> 19:04	19:04 – 17:56	17:55 – 17:10	17:09 – 16:18	< 16:18
<b>40 – 49</b>	1166	> 19:59	19:59 – 18:41	18:40 – 17:47	17:46 – 16:47	< 16:47
<b>50 – 59</b>	880	> 21:32	21:32 – 20:03	20:02 – 19:02	19:01 – 17:44	< 17:44
<b>60 – 69</b>	137	> 22:42	22:42 – 21:06	21:05 – 19:43	19:42 – 18:51	< 18:51

Frauen		--	-	O	+	++
Alter	n	< PR 20	PR 21-40	PR 41-60	PR 61-80	>PR 80
<b>30 – 39</b>	241	> 21:55	21:55 – 20:15	20:14 – 19:12	19:11 – 18:11	< 18:11
<b>40 – 49</b>	552	> 22:43	22:43 – 21:12	21:11 – 20:14	20:13 – 19:07	< 19:07
<b>50 – 59</b>	541	> 23:59	23:59 – 22:19	22:18 – 21:23	21:22 – 20:10	< 20:10
<b>60 – 69</b>	57	> 24:39	24:39 – 22:50	22:49 – 21:53	21:52 – 20:37	< 20:37



# Ausdauerdiagnostik

- Allgemeine Grundlagen
  - 2 km-Walking-Test
  - Cooper - Test
  - Conconi - Test
  - Ergometrie
  - $PWC_{130}$ ,  $PWC_{150}$ ,  $PWC_{170}$
- 
- Laktattest
  - Spiroergometrie



# Cooper – Test

- Grundlagen

## Testziel:

Messung der allgemeinen, aeroben Ausdauer (Laufausdauer)

## Anwendungsbereich:

- alle Geschlechts- und Altersgruppen
- Voraussetzung ist Lauferfahrung

## Testaufbau:

ebene, ausgemessene Laufstrecke

## Messgrößen:

zurückgelegte Strecke in 12 min



# Cooper – Test / 12 min Lauf

- Auswertungstabelle

Männer Frauen	m w	20 - 29	30 – 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69
		überragend	m w	> 2.82 > 2.32	> 2.70 > 2.22	> 2.64 > 2.14
sehr gut	m	2.64 – 2.82	2.51 – 2.70	2.46 – 2.64	2.32 – 2.53	2.13 – 2.48
	w	2.16 – 2.32	2.08 – 2.22	2.00 – 2.14	1.90 – 2.08	1.76 – 1.89
gut	m	2.40 – 2.63	2.34 – 2.50	2.24 – 2.45	2.10 – 2.31	1.94 – 2.12
	w	1.97 – 2.15	1.90 – 2.07	1.79 – 1.99	1.70 – 1.89	1.58 – 1.75
mittel	m	2.11 – 2.39	2.10 – 2.33	2.00 – 2.23	1.87 – 2.09	1.65 – 1.93
	w	1.79 – 1.96	1.70 – 1.89	1.58 – 1.78	1.50 – 1.69	1.39 – 1.57
schwach	m	1.95 – 2.10	1.89 – 2.09	1.82 – 1.99	1.65 – 1.86	1.39 – 1.64
	w	1.54 – 1.78	1.50 – 1.69	1.41 – 1.57	1.34 – 1.49	1.25 – 1.38
sehr schwach	m	< 1.95	< 1.89	< 1.82	< 1.65	< 1.39
	w	< 1.54	< 1.50	< 1.41	< 1.34	< 1.25

Cooper 1980



# Ausdauerdiagnostik

- Allgemeine Grundlagen
  - 2 km-Walking-Test
  - Cooper - Test
  - Conconi - Test
  - Ergometrie
  - $PWC_{130}$ ,  $PWC_{150}$ ,  $PWC_{170}$
- 
- Laktattest
  - Spiroergometrie



# **Conconi - Test**

- Grundlagen

## **Testziel:**

- Messung der allgemeinen, aeroben Ausdauer
- unblutige Bestimmung der anaeroben Schwelle (Conconi-Schwelle)

## **Anwendungsbereich:**

- Männer und Frauen, die lauf- und trainingsgeübt sind

## **Testaufbau:**

- Rundbahn mit abgemessenen 200m-Teilstrecken
- Pulsuhr
- Stoppuhr

## **Messgrößen:**

- Herzschlagfrequenz
- Laufgeschwindigkeit



# ***Conconi - Test***

- *Testaufbau*

- 200 m Laufstrecken mit kontinuierlich ansteigender Laufgeschwindigkeit
- Anfangsgeschwindigkeit: 2,25 m/s (90 sec auf 200 m)
- Geschwindigkeitssteigerung: 0,25 m/s



# Conconi - Test

- Tempotabelle

Tempotabelle – Conconi-Test		
Streckenabschnitt	V (m/sec)	200 m – Zeit (sec)
1	2.25	88.9
2	2.50	80.0
3	2.75	72.7
4	3.00	66.7
5	3.25	61.5
6	3.50	57.1
7	3.75	53.3
8	4.00	50.0
9	4.25	47.1
10	4.50	44.4
11	4.75	42.1
12	5.00	40.0



# Conconi - Test

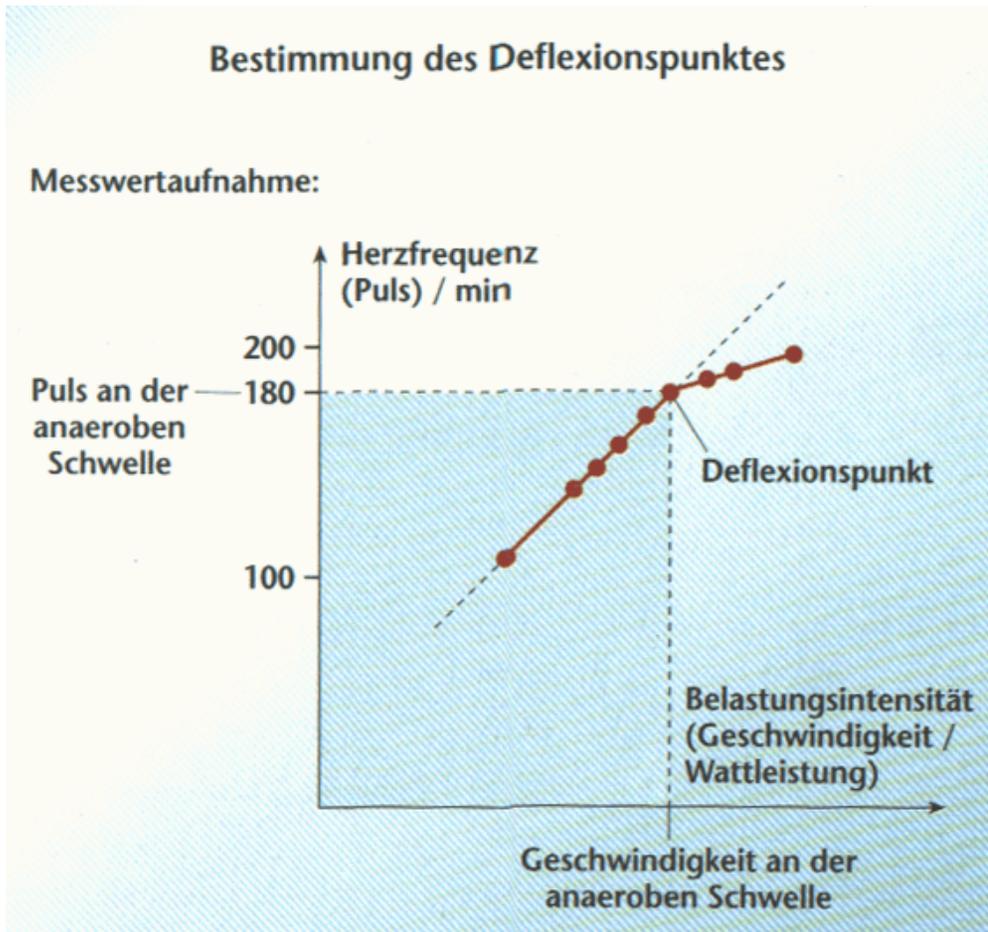
- Auswertung

- Übertragung der Messpaare Laufgeschwindigkeit und Herzfrequenz in ein Diagramm  
in 70% aller Fälle kommt es (laut Conconi) im Verlauf des Tests nach dem anfänglichen linearen Anstieg der Herzfrequenz zu einem Knick
- der Knick am Ende des linearen Herzfrequenzverlaufs wird als Deflexionspunkt definiert



# Conconi - Test

- Auswertung & Trainingssteuerung



## Trainingssteuerung

<b>Trainingsbereich</b>	<b>Intensität</b>
Reg.läufe	> 70 %
GAT 1	65-85 %
GAT ½	85-90 %
GAT 2	90-95 %
WSA	95-100 %



# ***Conconi - Test***

## *- Fehlerquellen & Bemerkungen*

Aussagekraft des Conconi-Test wird kritisch bewertet

- Deflexionspunkt häufig nicht zu erkennen
- Entsprechung Conconi-Schwelle - anaerobe Schwelle zweifelhaft
- keine Alternative zu Laktattests
- hilfreich zur Trainingskontrolle, da es bei einer Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit eines Sportlers zu einer Rechtsverschiebung des Deflexionspunkts kommt
- ungeeignet zur Festlegung von Trainingsintensitäten, da Intensitäten meist zu hoch



# Ausdauerdiagnostik

- Allgemeine Grundlagen
  - 2 km-Walking-Test
  - Cooper - Test
  - Conconi - Test
  - Ergometrie
  - $PWC_{130}$ ,  $PWC_{150}$ ,  $PWC_{170}$
- 
- Laktattest
  - Spiroergometrie



# Ergometrie

- Grundlagen

**Definition:** Unter Ergometrie bzw. Belastungsuntersuchungen versteht man Verfahren, die zum Ziel haben, physiologische Parameter während körperlicher Belastungen zu beobachten und zu analysieren

**Wichtige Messgrößen:**

- Leistung
- Herzschlagfrequenz
- Blutdruck
- Belastungsempfinden (Borg)
- EKG
- Laktat
- Pulmonale Größen



# Ergometrie

## - Grundlagen

- Ergometrien dienen der Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit
- hohe diagnostische Bedeutung bei zahlreichen kardiovaskulären und pulmonalen Erkrankungen:
  - unter Belastung:
    - latente Symptome wie Durchblutungsstörungen, Rhythmusstörungen oder überschießende Blutdruckanstiege werden sichtbar
    - auffällige Symptome in Ruhe verschwinden unter Belastungen, z.B. vegetativ bedingte Beschwerden sowie der „Weißkittel-“ oder situative Hochdruck



## ***Kontraindikationen für Belastungsuntersuchungen***

### Akute Krankheitsbilder

- akuter Herzinfarkt
- instabile Angina pectoris
- fieberhafter Infekt
- Herzmuskelentzündung (Myokarditis)

### Chronische Krankheitsbilder

- manifeste Herzinsuffizienz
- Blutdruckwerte über 200/120 mmHg

## Vorteile und Nachteile der Belastung auf einem Fahrradergometer bzw. einem Laufband

Belastungsform	Vorteile	Nachteile
<b>Laufband</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• alltagsnahe Belastungsform</li> <li>• Ausbelastung besser möglich als bei Fahrradergometer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gefährdung durch Sturz (spez. Orthostase)</li> <li>• Geschicklichkeit bzw. Übung erforderlich</li> <li>• KG bei Belastung stets beachten (Probleme bei Übergewichtigen/ Vorschädigungen)</li> <li>• Gerät kostspielig</li> </ul>
<b>Fahrrad-ergometer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Messung zusätzlicher Größen leichter möglich (z.B. Blutdruck und EKG)</li> <li>• Entlastung bei Übergewichtigen und Vorschädigungen der Gelenke (KG wird getragen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Belastung meist ungewohnt</li> <li>• muskuläre Erschöpfung vor kardiopulmonaler Ausbelastung</li> <li>• Blutdruck- und Laktatwerte höher als bei LB-Tests</li> </ul>



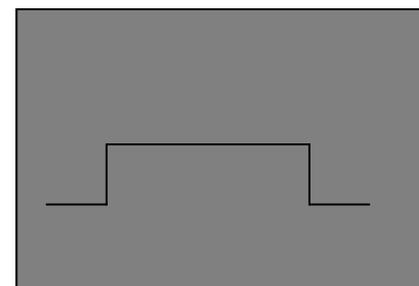
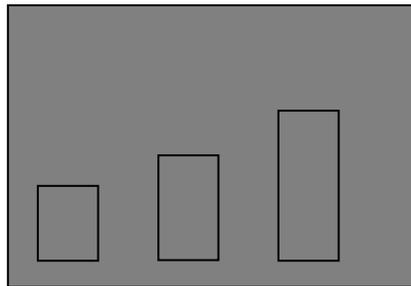
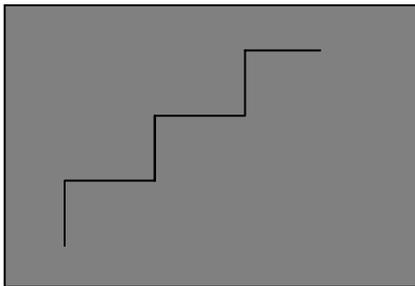
# Ergometrie

## - Belastungsschemata

In der Leistungsdiagnostik bedarf es standardisierter Belastungsschemata,

- d.h.:
- Eingangsstufe
  - Steigerung pro Stufe
  - Dauer pro Stufe
  - Pausendauer (bei nicht kontinuierlicher Belastungen)

## Unterschiedliche Belastungsschemata



# Belastungsschemata

	<b>Weltgesundheits- organisation (WHO)</b>	<b>Bundesausschuss Leistungssport (BAL)</b>	<b>Hollmann-Venrath- Schema</b>	<b>Empfehlung für Kinder (nach Rost)</b>
Eingangsstufe (Watt)	25	50 (100)	30 (70)	Halbes Körpergewicht
Anstieg pro Stufe (Watt)	25	50	40	0,5/kg
Stufendauer (min)	2	3-5	3	2
Pausendauer (min)	0	0	0	0
Drehzahl (U/min)	60-80	80-100	60-80	60-80
Zielgruppe	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Kinder ab 40 kg KG</li> <li>•ältere und leistungsschwache Menschen,</li> <li>•Herzpatienten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Leistungssportler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Breitensportler,</li> <li>•„normal“ leistungsfähige Personen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Kinder bis 40 kg KG</li> </ul>

Rost, 2001



# Walking-Test auf dem Laufband

## Belastungsprotokoll:

- 3 km/h, 4 km/h, Stufendauer 1 min, Steigung 1 %
- Männer: 5 / 6 / 7 km/h, Stufendauer 2 min, Steigung 1 %
- Frauen: 5 / 5,5 / 6 km/h, Stufendauer 2 min, Steigung 1 %
- Anschließend: Erhöhung der Steigung um 2,5 % pro Stufe

## Bewertung:

- erreichte Stufe
- Verwendung des Protokolls als Laktatstufentest



# Ergometrie

## - Abbruch- und Ausbelastungskriterien

### Abbruchkriterien

- Subjektive Erschöpfung
- Atemnot
- Schwindel
- Elektrokardiographische Veränderungen
- Atypisches Blutdruckverhalten

### Ausbelastungskriterien

- maximale Herzfrequenz (220 – LA)
- Borg – Skala
- Weitere Messparameter (u.a. Laktat, RQ, Atemäquivalent)



# Ausdauerdiagnostik

- Allgemeine Grundlagen
  - 2 km-Walking-Test
  - Cooper - Test
  - Conconi - Test
  - Ergometrie
  - $PWC_{130}$ ,  $PWC_{150}$ ,  $PWC_{170}$
- 
- Laktattest
  - Spiroergometrie



# **PWC – Test**

- Grundlagen

**Maximale Soll-Leistung** (setzt kardiopulmonale Ausbelastung voraus):

Männer: 3,0 Watt/kg minus 1 % pro Lebensjahr nach 3. Dekade

Frauen: 2,5 Watt/kg minus 0,8 % pro Lebensjahr nach 3. Dekade

Kann oder soll keine Ausbelastung erzielt werden, kann man die submaximale Leistungsfähigkeit normiert auf bestimmte Herzfrequenzen beurteilen:

 **PWC (Physical Working Capacity)**



## **PWC – Test**

- Formel zur Berechnung der Leistung/kg

$$\text{PWC}_{130} = [W_1 + (W_2 - W_1) \times \left( \frac{130 - \text{HF}_1}{\text{HF}_2 - \text{HF}_1} \right)] / \text{Körpergewicht in kg}$$

$W_1$ : letzte Wattstufe vor Erreichen der Abbruchherzschlagfrequenz (130)

$W_2$ : Wattstufe, auf der Abbruchherzschlagfrequenz erreicht wurde

$\text{HF}_1$ : Herzschlagfrequenz am Ende von  $W_1$

$\text{HF}_2$ : Herzschlagfrequenz am Ende der Belastungsstufe, auf der HF 130 erreicht wurde



## **PWC – Test** (*Physical Working Capacity*)

**Tabelle: Pulsbezogene Soll-Leistung (PWC) bei Männern und Frauen in Watt/kg Körpergewicht bei Puls 130, 150 und 170**

<b>PWC</b>	<b>Männer (Watt/kg)</b>	<b>Frauen (Watt/kg)</b>
PWC <sub>130</sub>	1,5	1,2
PWC <sub>150</sub>	2,0	1,6
PWC <sub>170</sub>	2,5	2,0

*Rost, 2001*

