

Spiroergometrie

Definition:

„Die **Spiroergometrie** ist ein diagnostisches Verfahren, mit dem sich qualitativ und quantitativ die Reaktion von Herz, Kreislauf, Atmung und Stoffwechsel auf muskuläre Arbeit sowie die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit beurteilen lassen.“

(Hollmann & Hettinger 2000)



Atemgasanalyse unter (definierter) Belastung
zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit



Geschichte

- 1789** LAVOISIER & SEGUIN: erste Gasstoffwechselfmessungen
- 1883** SPECK: erstes Ergometer
- 1889** ZUNTZ: erstes Laufband
- 1896** BOUNY: erstes Fahrradergometer
- 1911** DOUGLAS: Douglassack-Methode
- 1924** HILL: Bedeutung VO_2 max
- 1929** KNIPPING & BRAUER: Verbindung Spiro- & Ergometrie



Einsatzfelder der Spiroergometrie



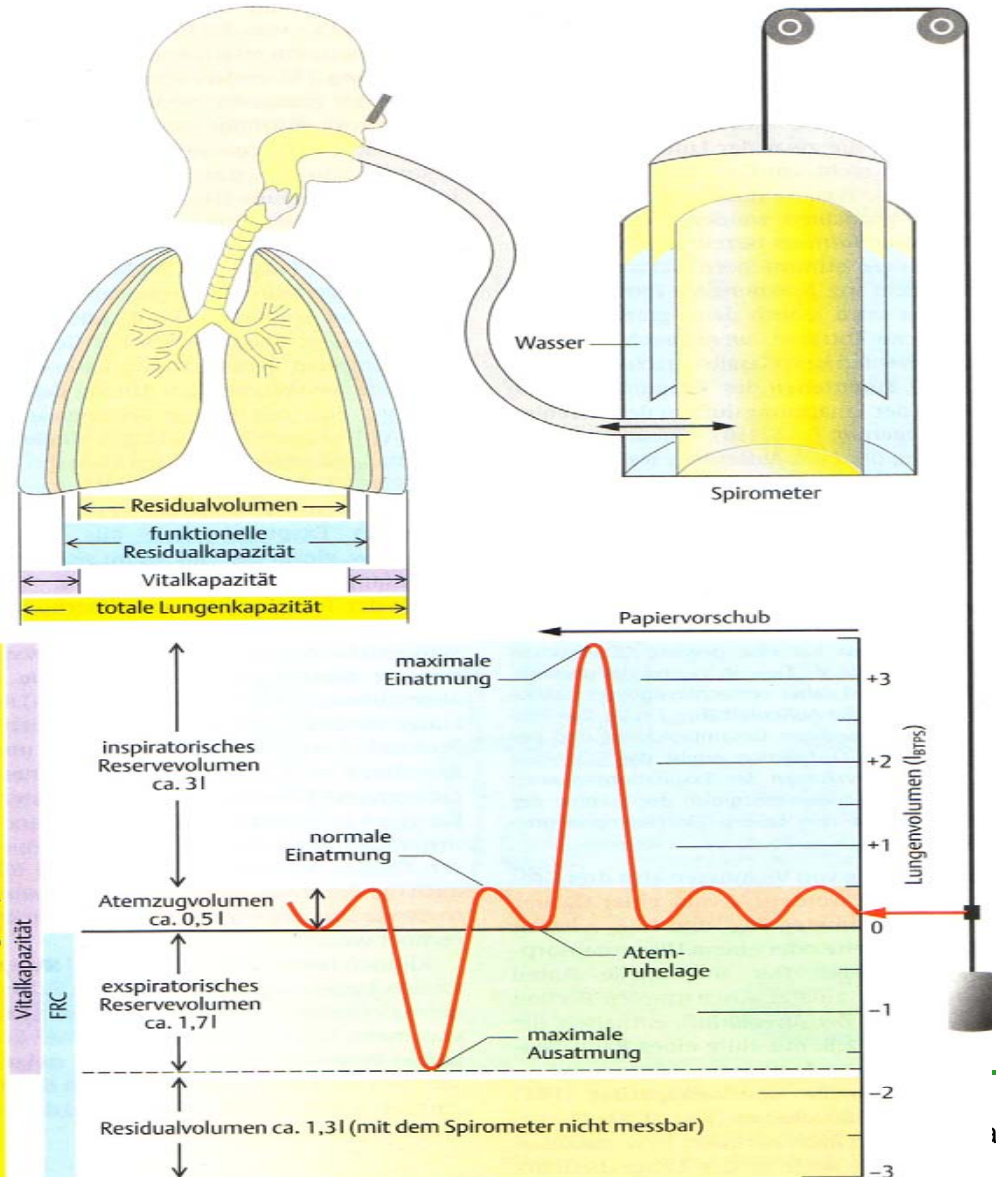
- Beurteilung der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit bei Sportlern
- Klinische Fragestellungen
- Eignungstests
- Wissenschaftliche Untersuchungen



Spirometrie (Lungenfunktionsmessung)

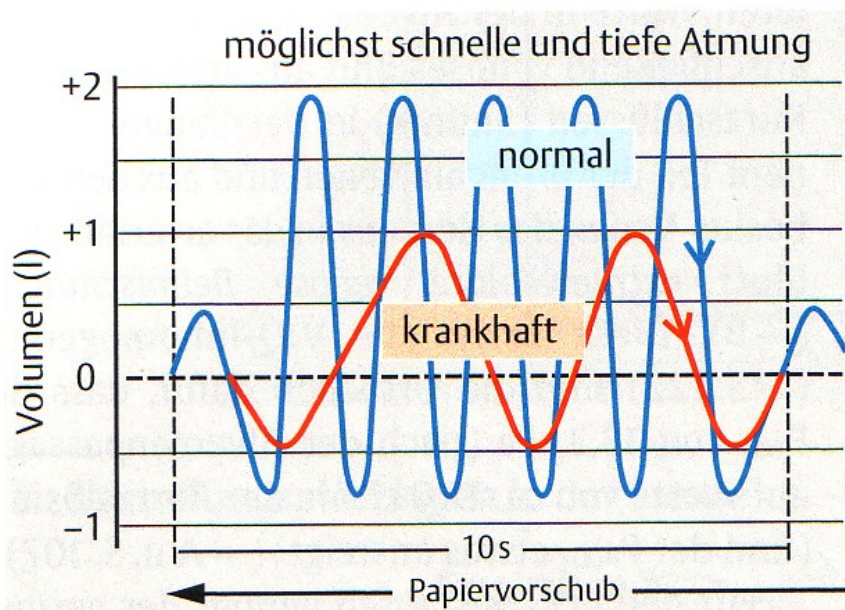
Parameter:

- Atemzugvolumen (AZV)
- inspiratorisches Reservevolumen (IRV)
- expiratorisches Reservevolumen (ERV)
- Vitalkapazität (VC)
- Residualvolumen (RV)
- funktionelle Residualkapazität (FRC)
- totale Lungenkapazität
- Einsekundenkapazität (FEV1)



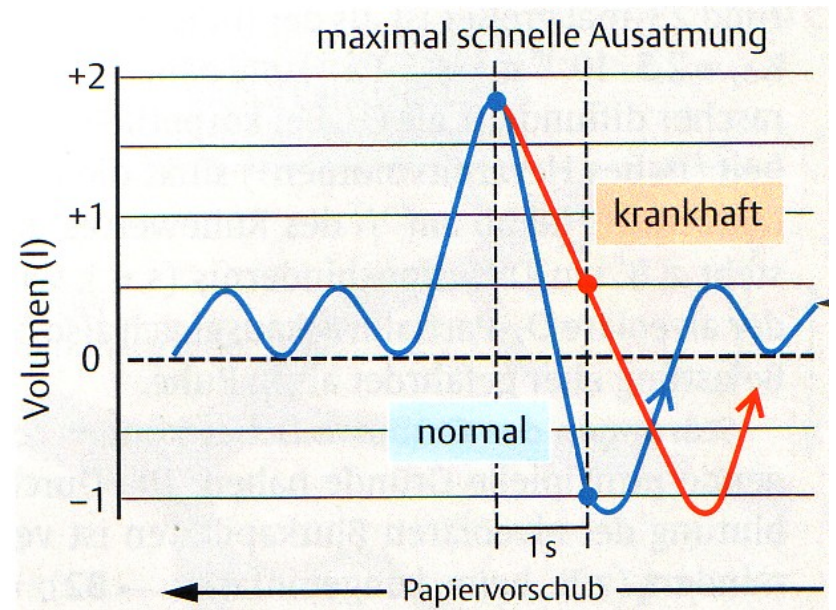
Dynamische Tests

Atemgrenzwert



restriktive Atemstörung

Expiratorische Einsekundenkapazität



obstruktive Atemstörung

Funktionsweise

- Portables, offenes System
- Breath-by-breath-Verfahren
- Volumensensor: Turbine (digital)
- Sauerstoffsensor: elektrochemische Zelle
- Kohlendioxidsensor: Infrarotabsorption



Atmung

- Zusammensetzung Umgebungsluft:
 - 20,96 % Sauerstoff (O₂)
 - 78 % Stickstoff (N₂)
 - 0,04 % Kohlendioxyd (CO₂)
 - 1 % Edelgase

- Zusammensetzung Ausatemluft:
 - ca.17 % Sauerstoff (O₂)
 - 78 % Stickstoff (N₂)
 - ca. 4 % Kohlendioxyd (CO₂)
 - 1 % Edelgase



Parameter

- Sauerstoffaufnahme (VO_2)
- Kohlendioxidabgabe (CO_2)
- Respiratorischer Quotient (RQ)
- Sauerstoffpuls (VO_2/HF)
- Atemäquivalent (AMV/VO_2)
- Ventilatorische Schwelle



Sauerstoffaufnahme (VO_2)

- Submaximale VO_2 wenig aussagekräftig
- VO_2max Basismessgröße in der Sportmedizin
- VO_2max abhängig von
 - Sauerstoffaufnahme / äußere Atmung (Ventilation, Diffusionskapazität)
 - Sauerstofftransport (HKS, Kapillarisation, Hämoglobin, Blutvolumen)
 - Sauerstoffverbrauch (Mitochondrien, Enzyme, Faserspektrum usw.)



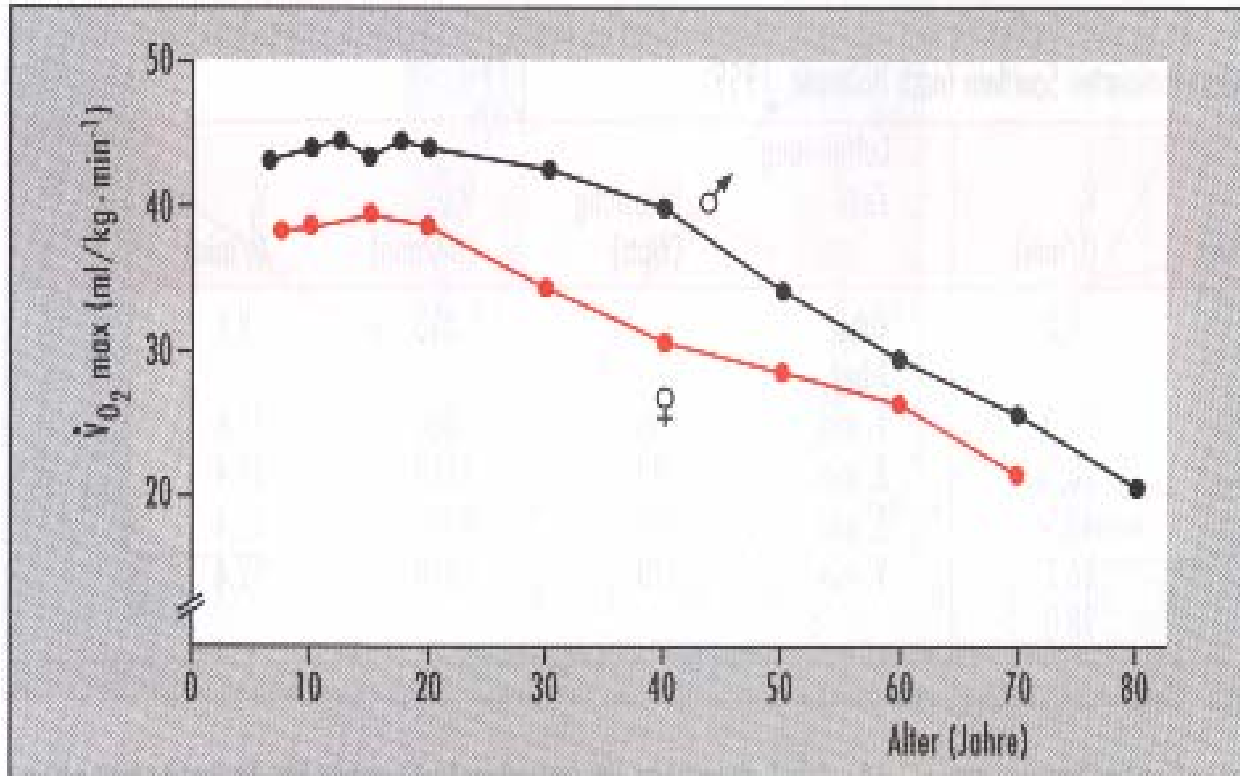
Maximale Sauerstoffaufnahme (VO_2max)

Normwerte (3. Lebensjahrzehnt):

	♂		♀	
	absolut (in l/min)	relativ (in ml/min/kg)	absolut (in l/min)	relativ (in ml/min/kg)
Untrainierte	$3,3 \pm 0,2$	40	$2,0 \pm 0,2$	35
Leistungssportler	6,0	80	3,5	65



Maximale Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}O_2\text{max}$)



© Hollmann & Hettinger 2000

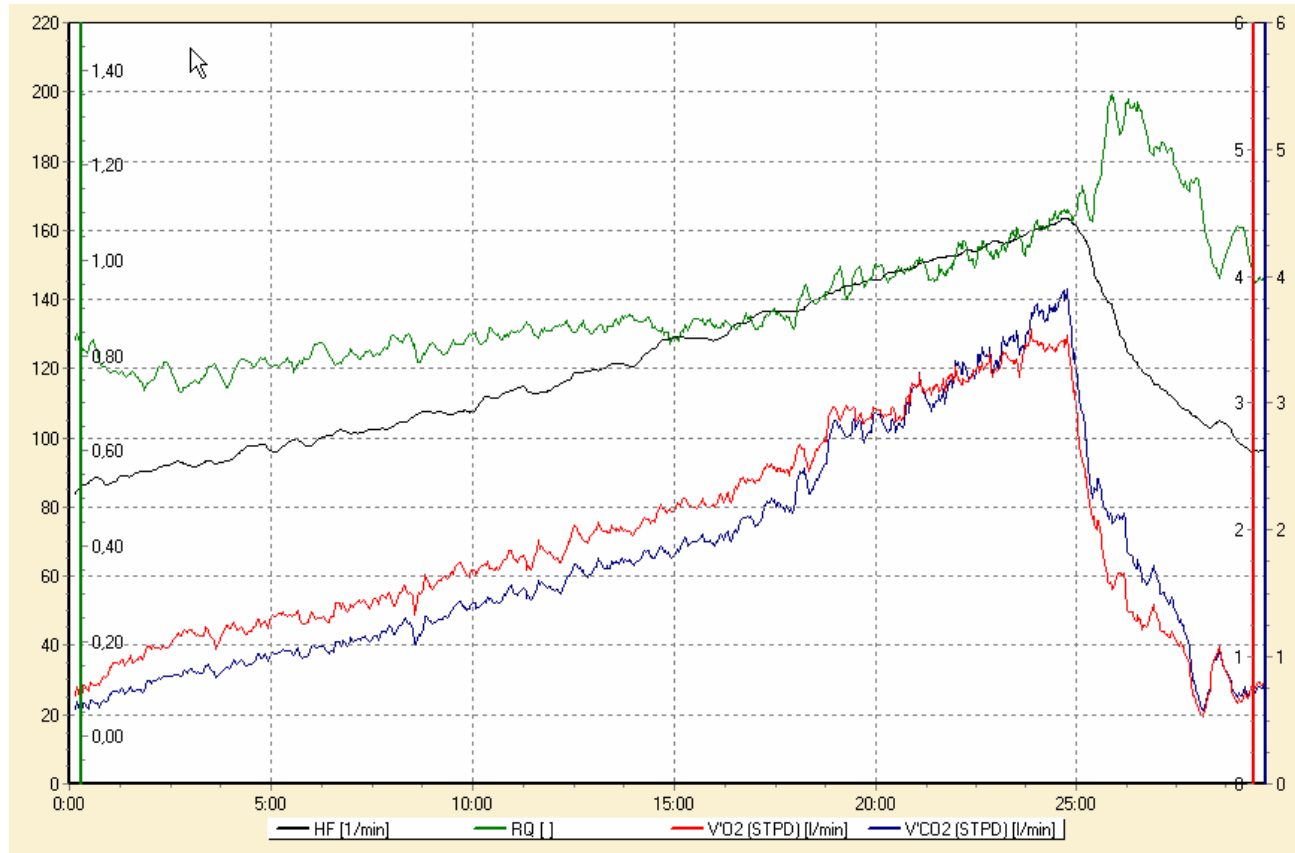


Kohlendioxidabgabe ($V\text{CO}_2$)

- Elimination über Lunge aus dem Blut
- submaximal: linearer, zu VO_2 proportionaler Verlauf
- oberhalb anaerober Schwelle deutliche Zunahme
- $V\text{CO}_2$ stimuliert Ventilation → Steigerung AMV zur respiratorischen Kompensation metabolischer Azidose



Kohlendioxidabgabe ($V\text{CO}_2$)



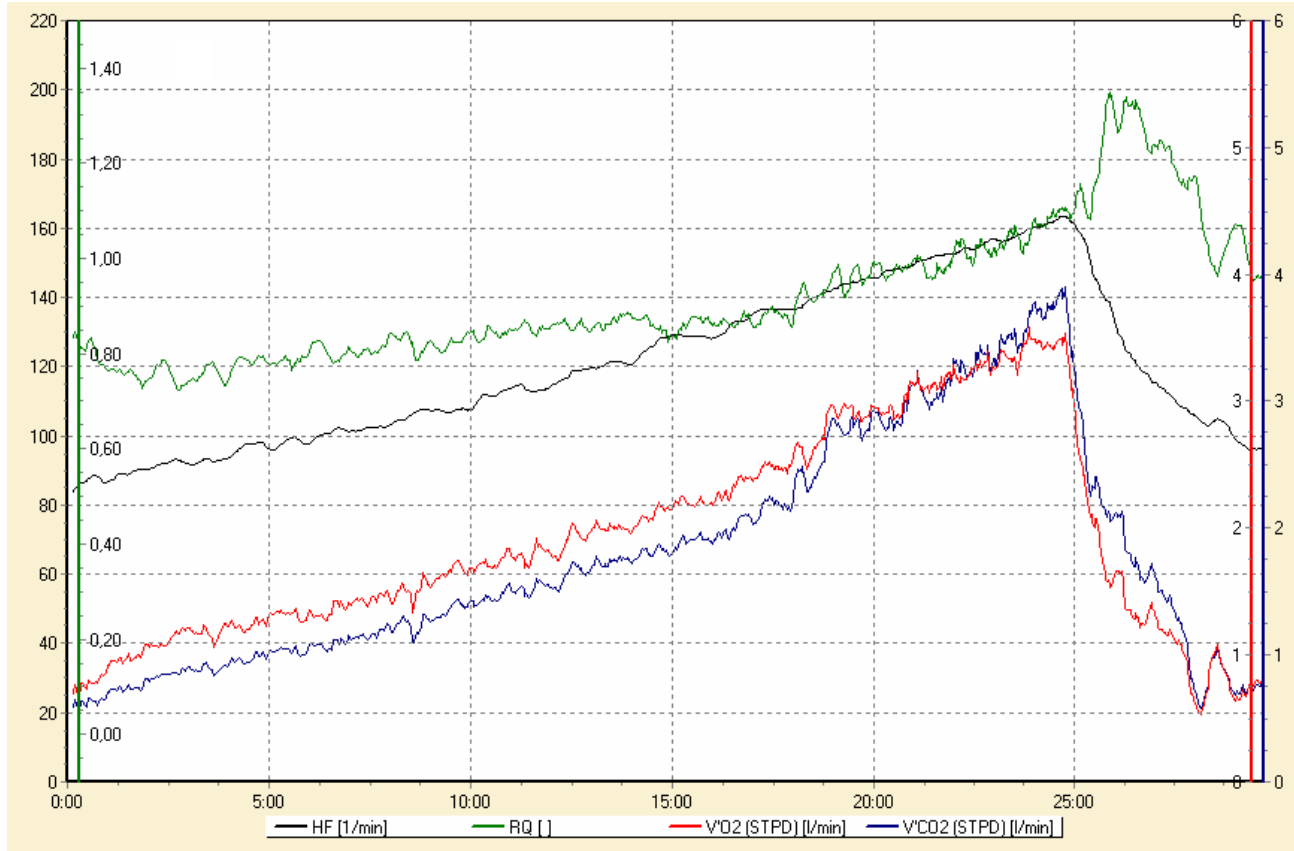
Respiratorischer Quotient (RQ)

- Verhältnis CO_2 -Abgabe / O_2 -Aufnahme
- erlaubt Aussagen über jeweilige Stoffwechselprozesse
 - RQ um 0,7: reine Fettsäure-Oxidation
 - RQ um 1,0: reine Glukose-Oxidation
- nahe Ausbelastung $\text{RQ} > 1$
- nach Belastungsende RQ-Maximum (bis 1,25)

Training → RQ bei submaximaler Belastung geringer



Respiratorischer Quotient (RQ)



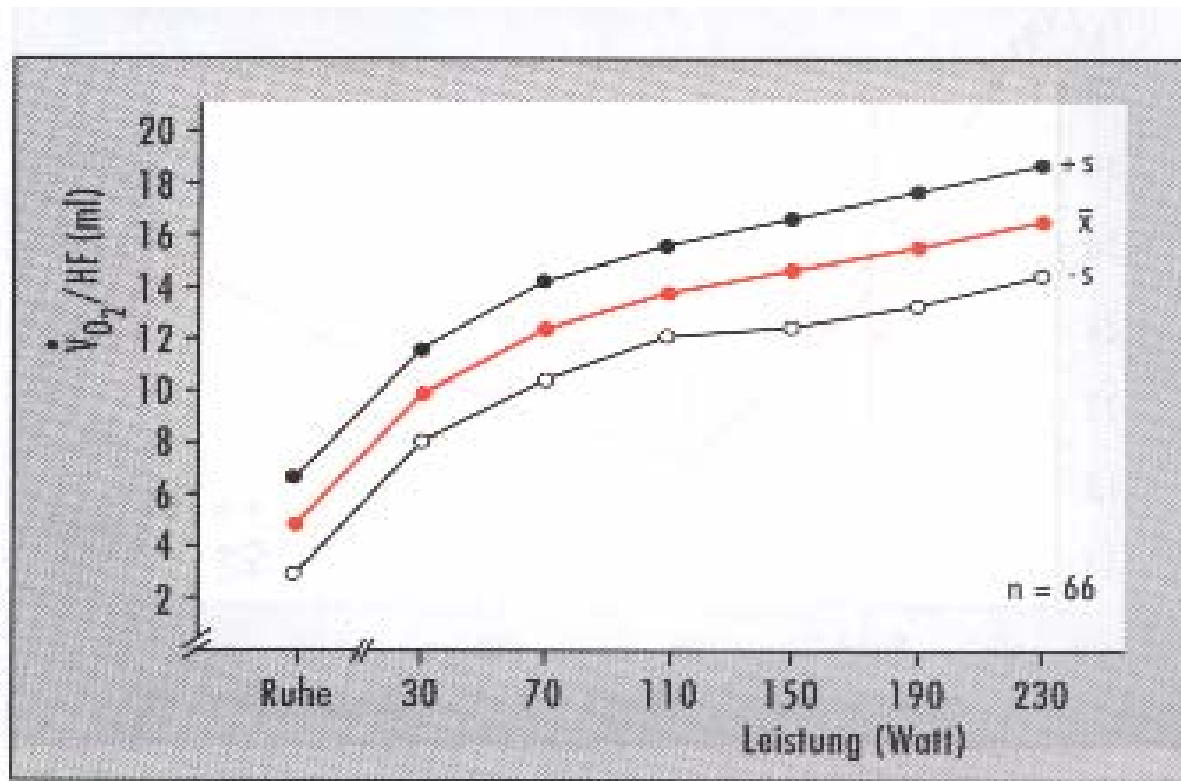
Sauerstoffpuls (VO_2/HF)

- pro Herzschlag aufgenommene O_2 -Menge
- Summenparameter für
 - Größe des Schlagvolumens
 - O_2 -Bindungskapazität des Blutes
 - O_2 -Utilisation des Gesamtorganismus
- Durchschnittswerte bei Ausbelastung (in ml)

	untrainiert	trainiert
Männer	15	21 bis max. 30
Frauen	11	16 bis max. 21



Sauerstoffpuls ($\dot{V}O_2/HR$)



© Hollmann & Hettinger 2000

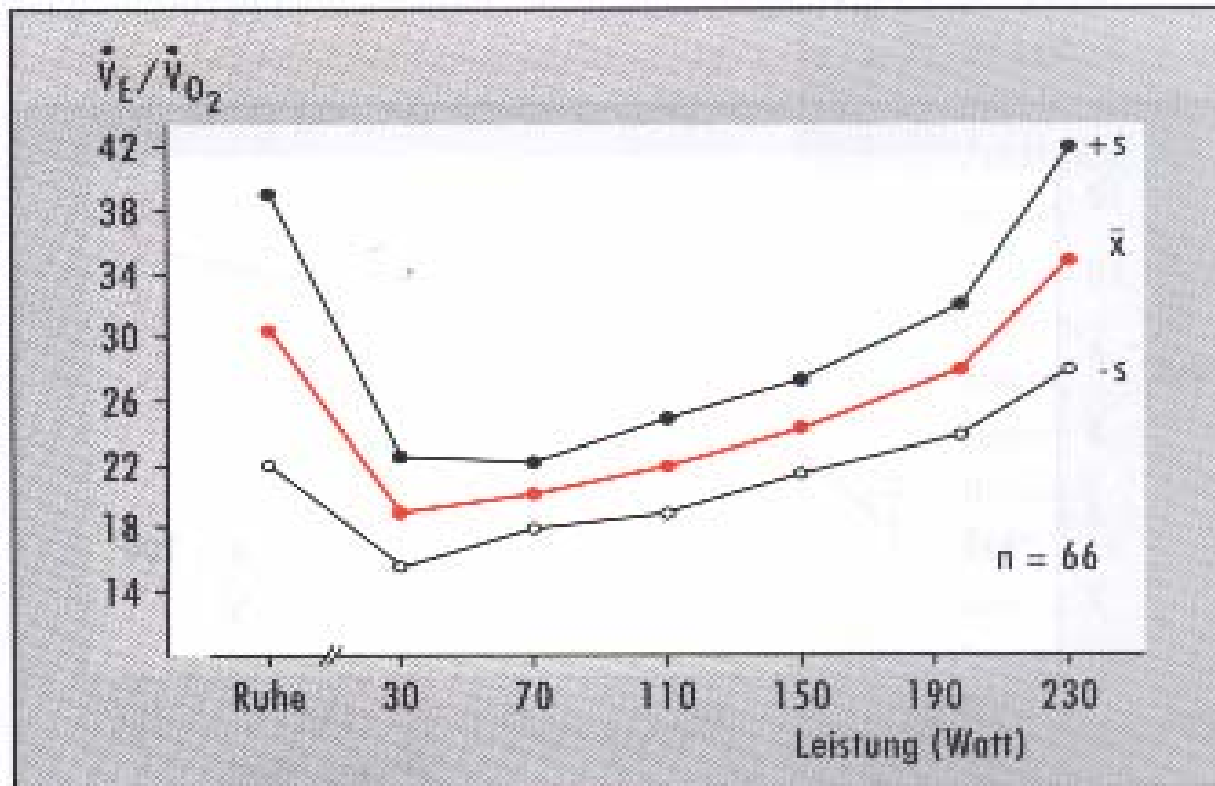


Atemäquivalent (AMV/VO_2)

- Verhältnis Atemminutenvolumen / O_2 -Aufnahme
- Indikator für Wirkungsgrad bzw. Effektivität der Atmung
- Minimum bei HF 120-130 (günstigere Atmungsökonomie als in Ruhe)
- Grenzbereich der Leistungsfähigkeit bei 30-35
- Spitzensportler bzw. Patienten mit kardiopulmonalen Störungen erreichen Werte von 40-50 und mehr



Atemäquivalent (\dot{V}_E/\dot{V}_{O_2})



© Hollmann & Hettinger 2000



Ventilatorische Schwelle

➤ Atemäquivalent-Methode:

