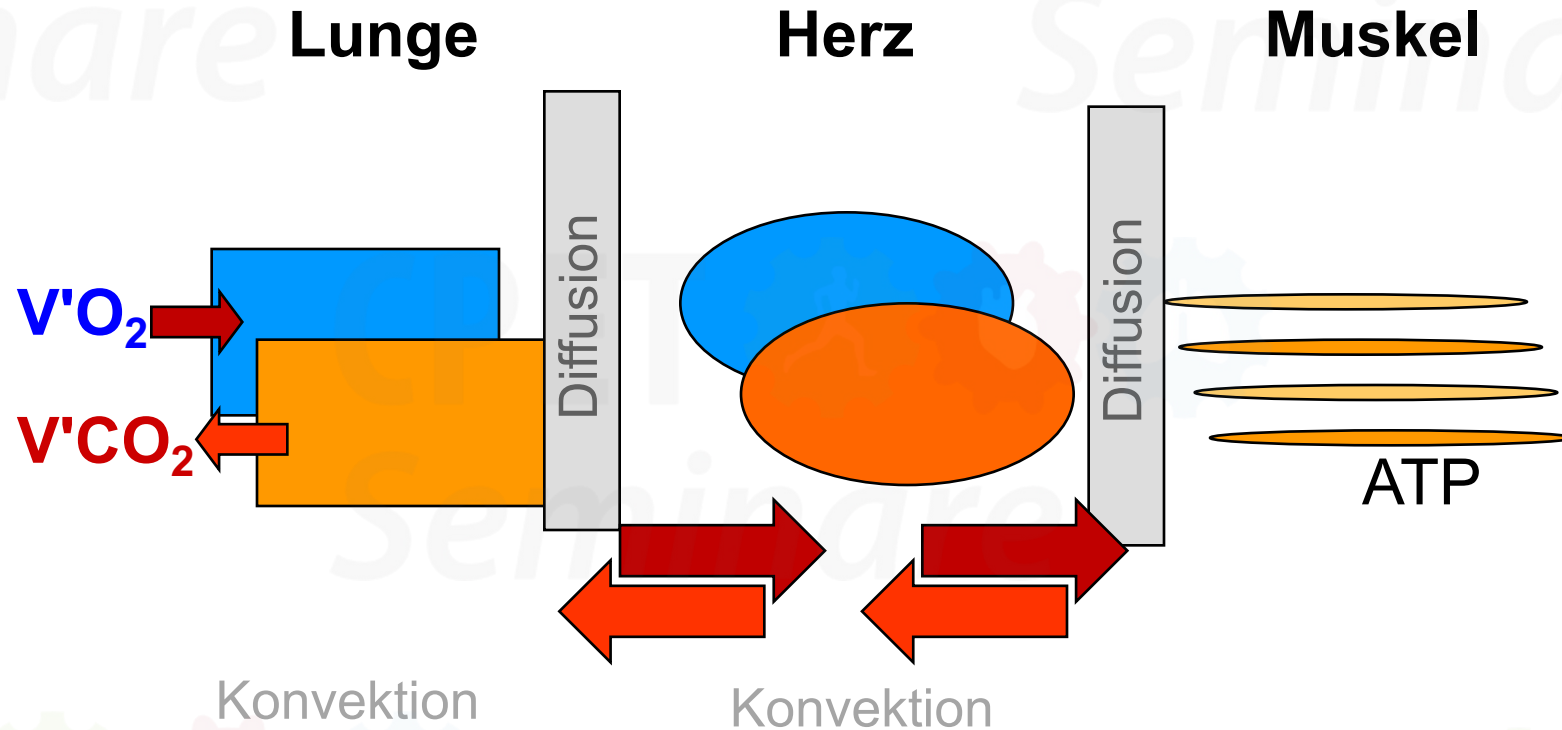


Wert  
Watt  
HR l  
VE l  
VO2  
VCO2  
RER  
SpO2  
tph

# Navigation, Referenzwerte zur Leistungsfähigkeit

# Komplexe Interaktionen der Organsysteme



Gold-Standard: globale Leistungsfähigkeit

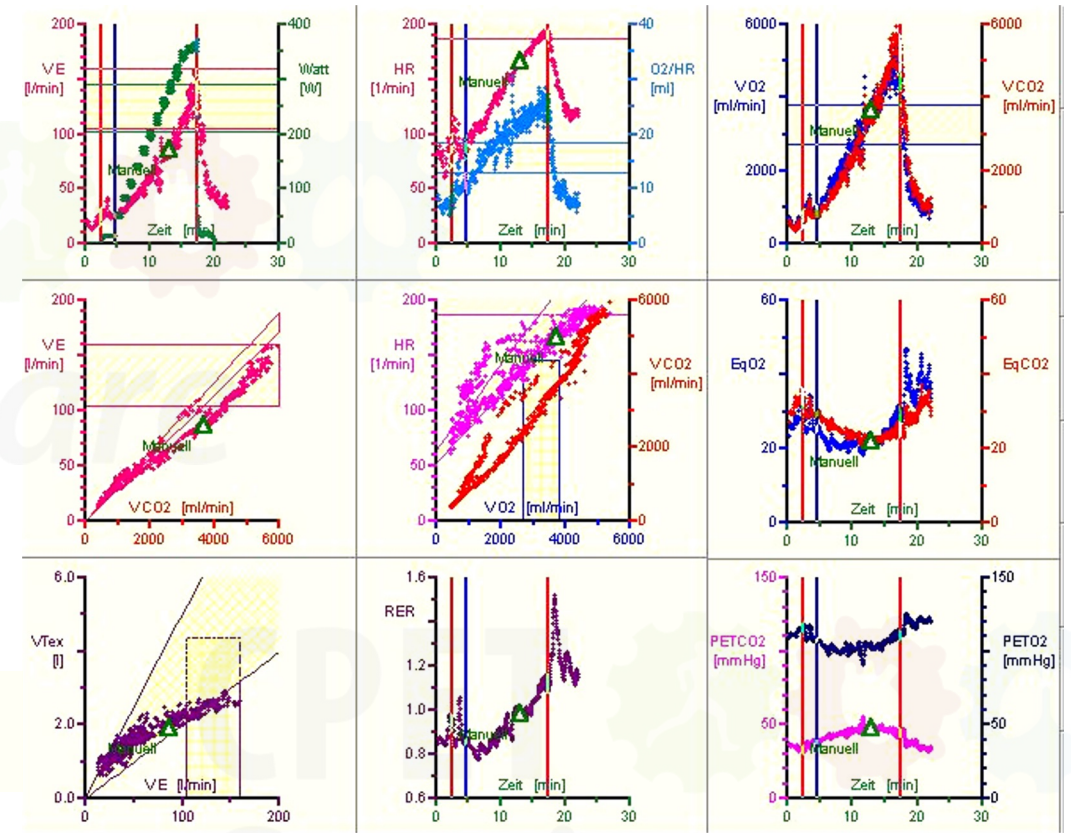
Begrenzte organspezifische Aussagekraft

# Ergebnisdarstellung

## Analytisch / tabellarisch

Zusammenfassung	Ruhe	AT Manuell	Max Watt	Erhol 240 sec	Soll
Atemzugmittelung 8 Atemzüge					
Zeit	min 01:52	05:22	11:28	14:27	
Watt	W 0	40	100	0	87
V'O <sub>2</sub>	ml/min 298	869	1512	464	1398
VO <sub>2</sub> %p	% 21	62	108	33	
VO <sub>2</sub> /kg	ml/min/kg 5.0	14.7	25.6	7.9	
RER	0.82	0.76	0.99	1.34	
HR	94	116	141	120	165
O <sub>2</sub> /HR	3.2	7.5	10.7	3.9	8.3
Psys	mmHg 135	150	180	180	
Pdia	mmHg 80	80	85	85	
V'E	11	20	38	16	71
VTex	L 0.677	1.240	1.499	1.641	
IC	L 2.17	-	1.55	2.23	
BF	17	16	26	10	42
t <sub>i</sub> /tot	% 48	47	37	33	
BR	71	49	2	60	28
EqCO <sub>2</sub>	38.0	27.2	23.5	23.6	
EqO <sub>2</sub>	31.2	20.6	23.2	31.6	
VDF/VT	% 40	25	13	0	19
PaO <sub>2</sub>	mmHg 62.90	60.40	63.20	80.00	
PaCO <sub>2</sub>	mmHg 42.60	47.40	51.60	49.50	
SaO <sub>2</sub>	% 93	91	89	94	
AaDO <sub>2</sub>	mmHg 30.67	28.23	31.09	26.15	
BE	mmol/L 6.54	3.50	-0.60	-2.70	
pH-a	7.44	7.39	7.31	7.30	
PETCO <sub>2</sub>	mmHg 32.45	41.56	54.63	45.02	

## Grafisch / Synoptisch

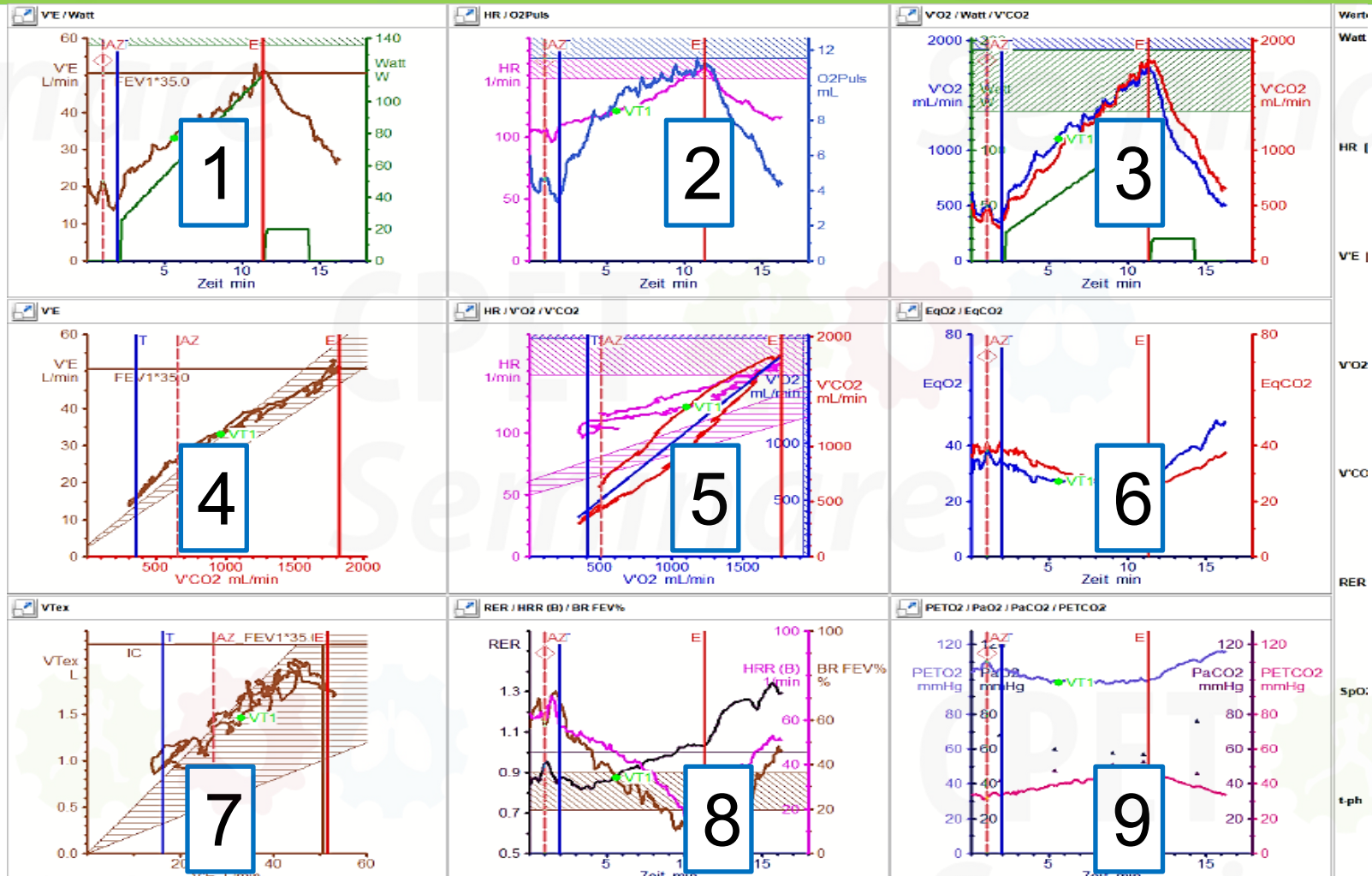


# Darstellung in der Wertetabelle (summary report)

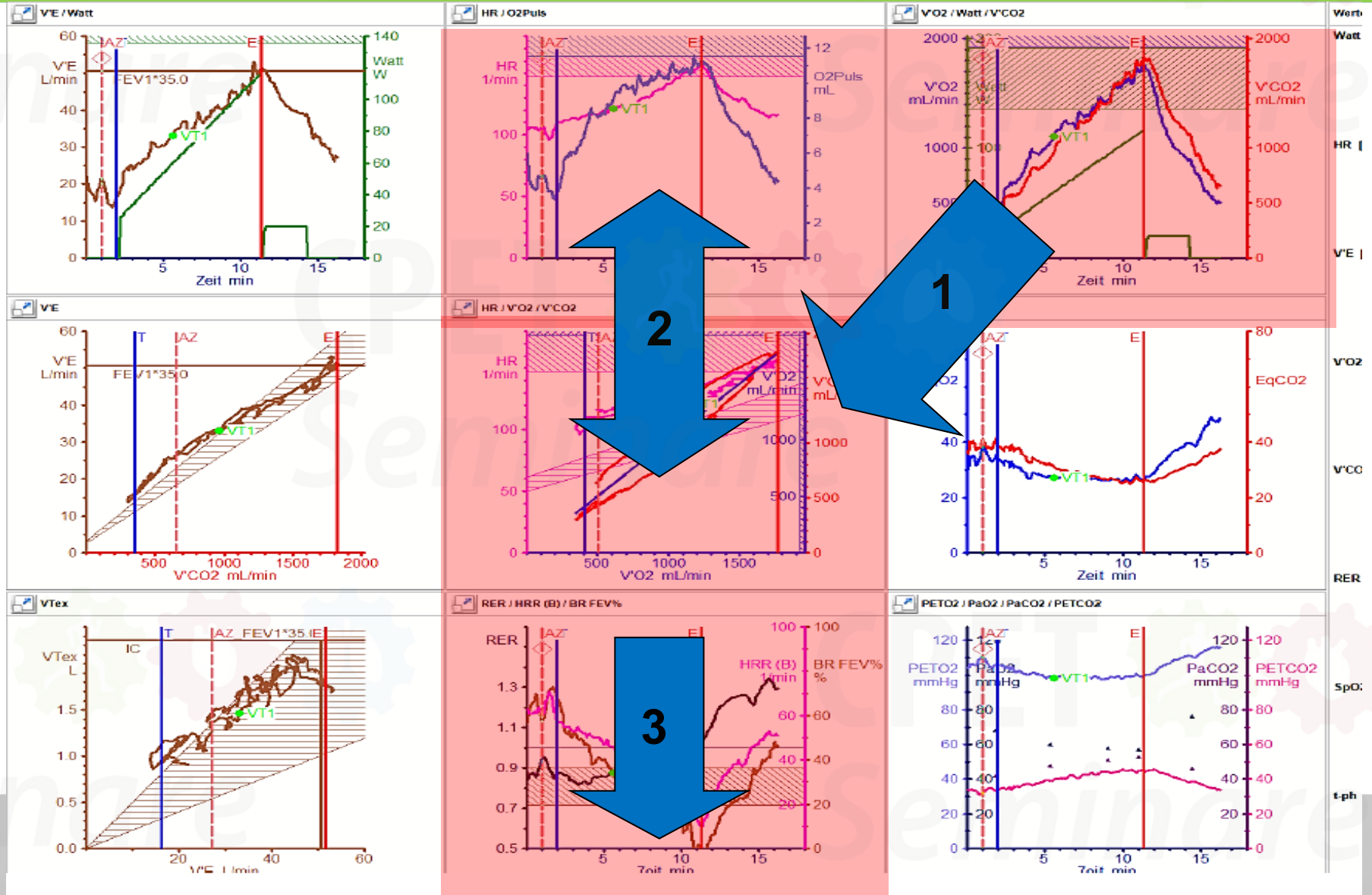
	Zusammenfassung		Ruhe	AT	Max	Erhol	Soll
				Manuell	Watt	240 sec	
Leistung	Atemzugmittelung 8 Atemzüge						
	Zeit	min	01:52	05:22	11:28	14:27	
	Watt	W	0	40	100	0	87
Metabolik	V'O <sub>2</sub>	ml/min	298	869	1512	464	1398
	VO <sub>2</sub> %p	%	21	62	108	33	
	VO <sub>2</sub> /kg	ml/min/kg	5.0	14.7	25.6	7.9	
	RER		0.82	0.76	0.99	1.34	
Kardiozirkulation	HR		94	116	141	120	165
	O <sub>2</sub> /HR		3.2	7.5	10.7	3.9	8.3
	Psys	mmHg	135	150	180	180	
	Pdia	mmHg	80	80	85	85	
Ventilation	V'E		11	20	38	16	71
	VTex	L	0.677	1.240	1.499	1.641	
	IC	L	2.17	-	1.55	2.23	
	BF		17	16	26	10	42
	ti/tot	%	48	47	37	33	
	BR		71	49	2	60	28
Atemökonomie	EqCO <sub>2</sub>		38.0	27.2	23.5	23.6	
	EqO <sub>2</sub>		31.2	20.6	23.2	31.6	
	VDF/VT	%	40	25	13	0	19
Gasaustausch	PaO <sub>2</sub>	mmHg	62.90	60.40	63.20	80.00	
	PaCO <sub>2</sub>	mmHg	42.60	47.40	51.60	49.50	
	SaO <sub>2</sub>	%	93	91	89	94	
	AaDO <sub>2</sub>	mmHg	30.67	28.23	31.09	26.15	
	BE	mmol/L	6.54	3.50	-0.60	-2.70	
	pH-a		7.44	7.39	7.31	7.30	
	PETCO <sub>2</sub>	mmHg	32.45	41.56	54.63	45.02	



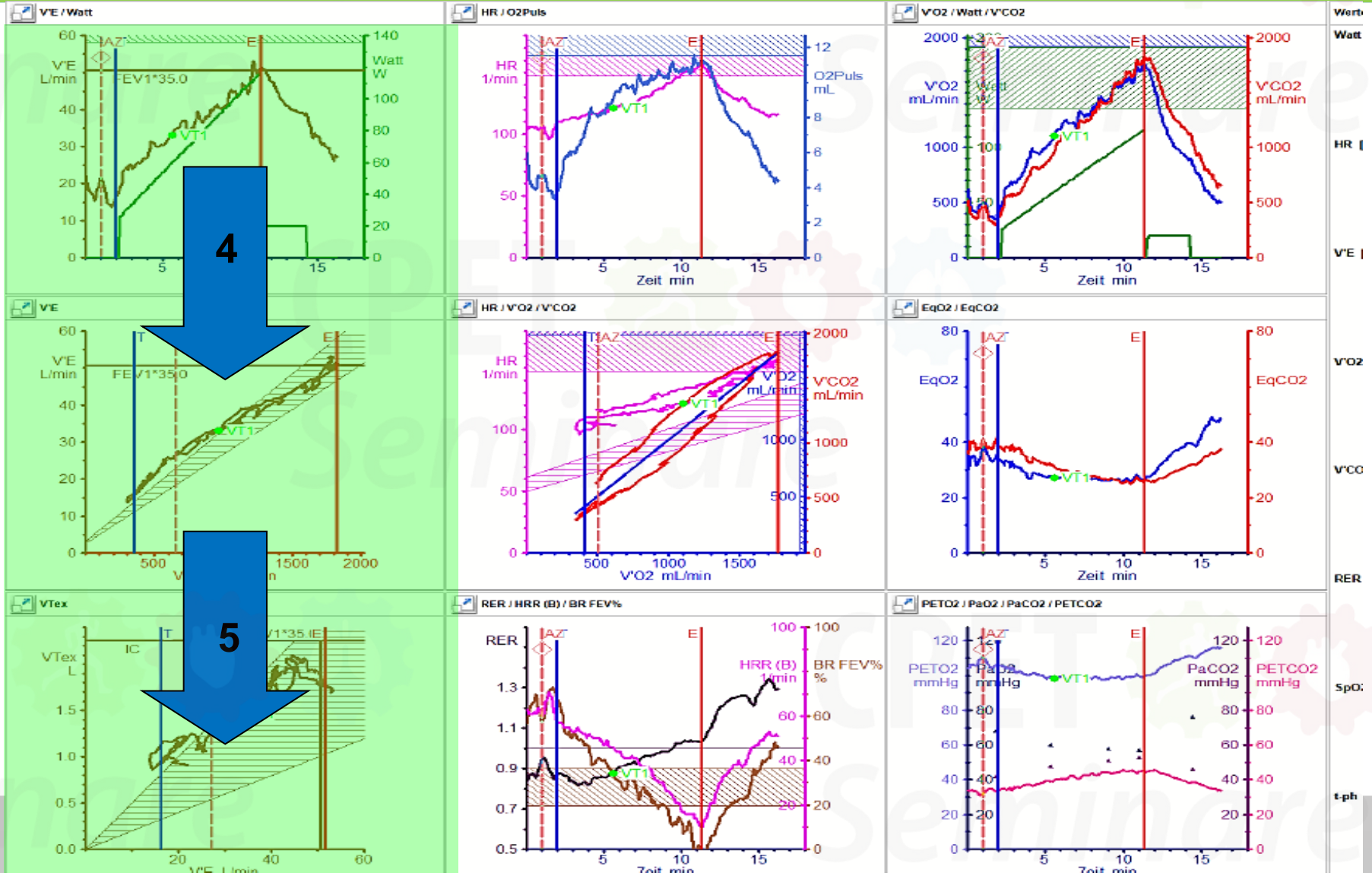
# Darstellung in der 9-Felder-Grafik



# Schrittfolge der Auswertung Kardiozirkulation / Leistung

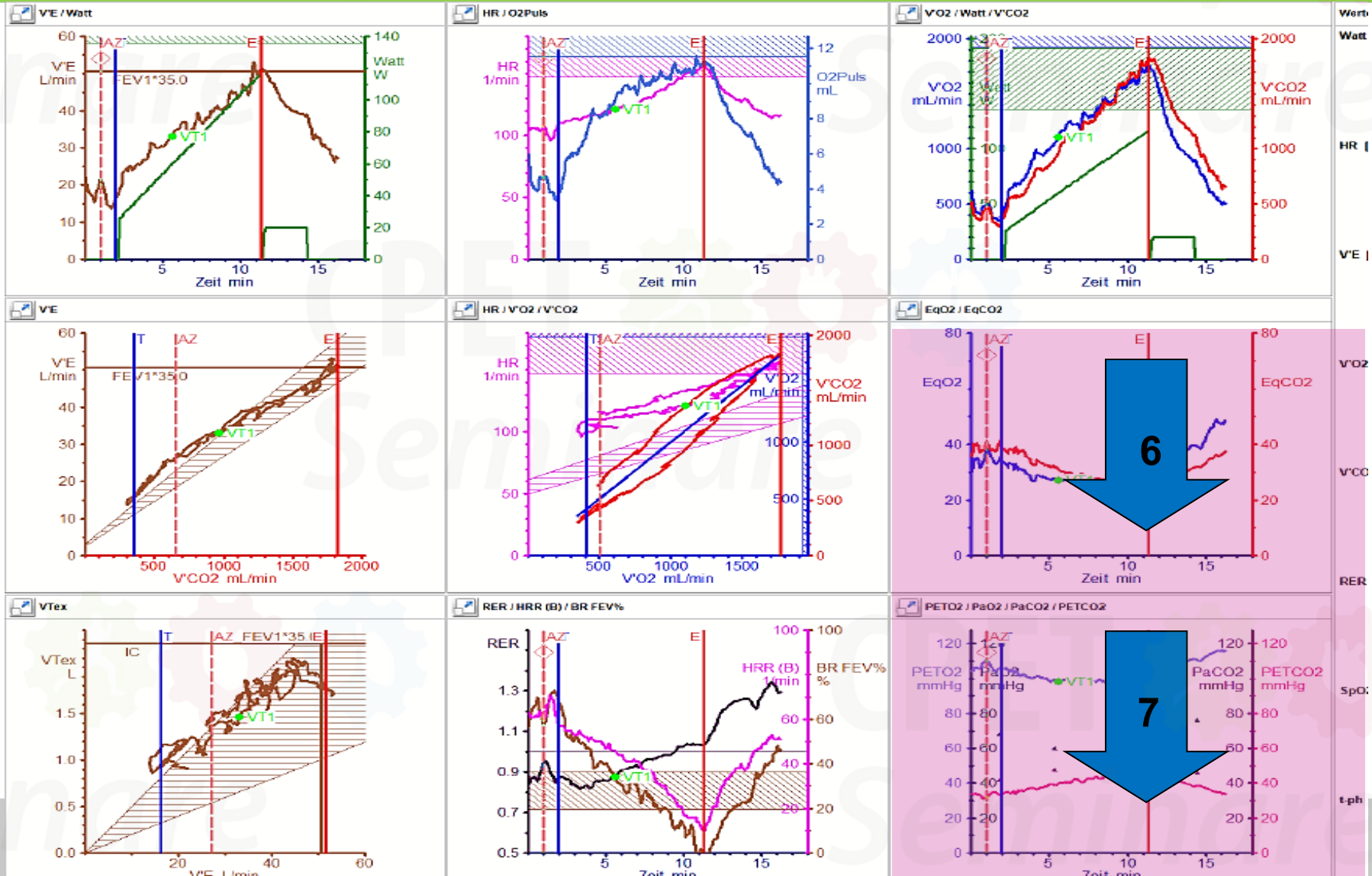


# Schrittfolge der Auswertung Ventilation



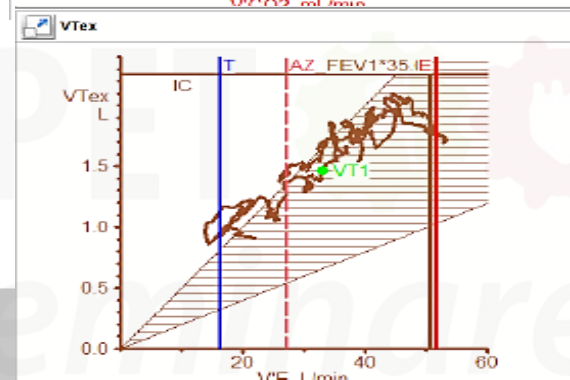
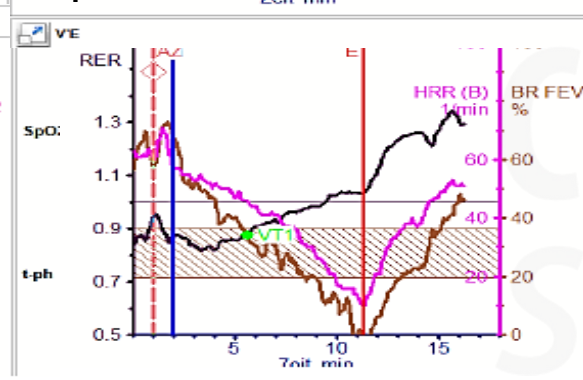
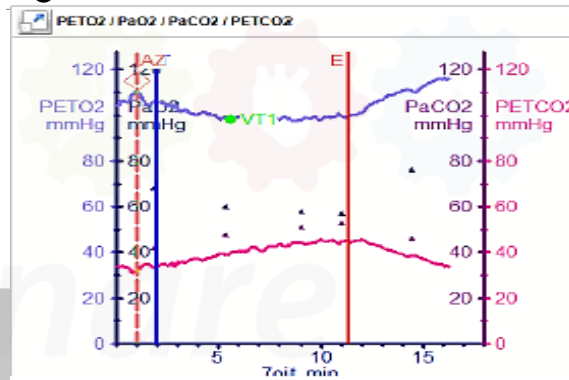
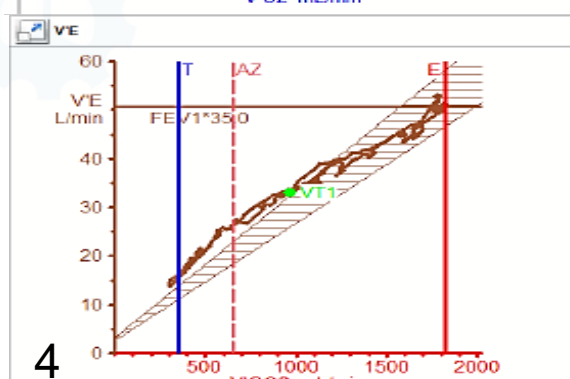
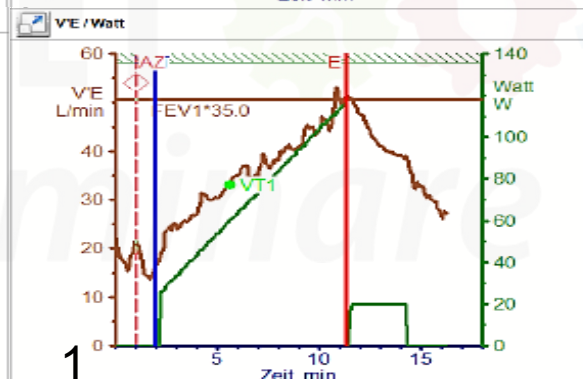
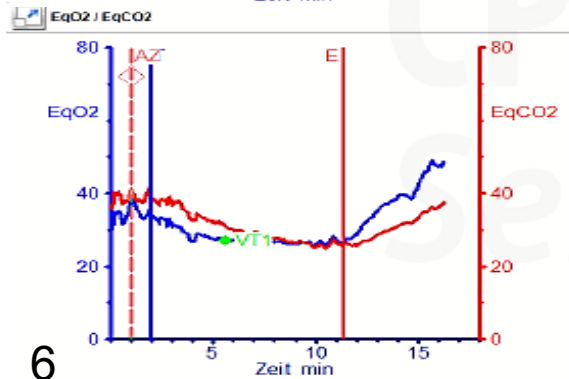
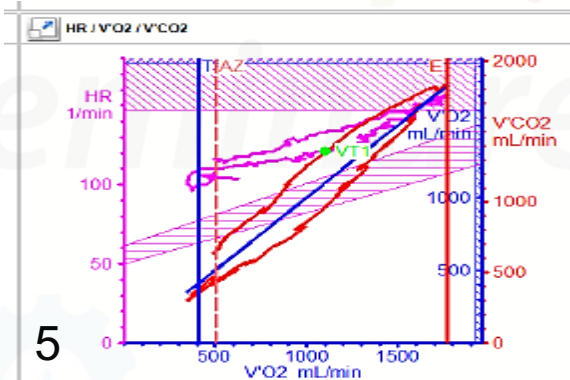
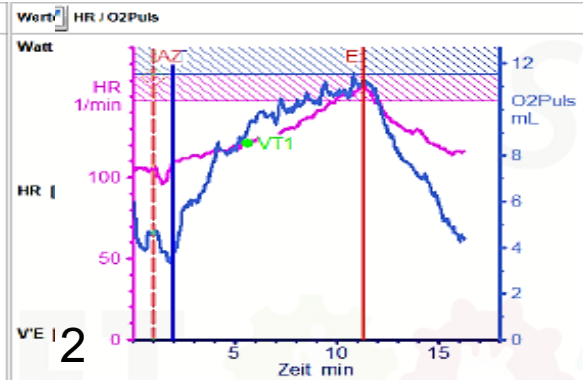
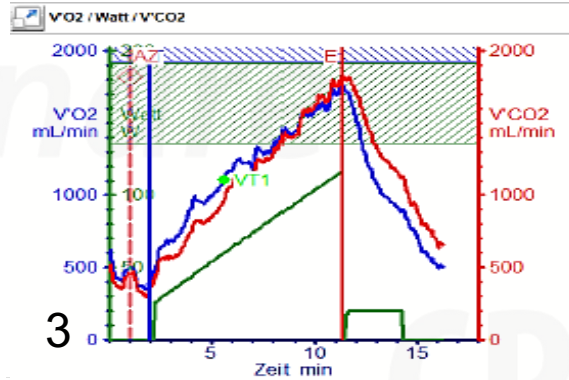


# Schrittfolge der Auswertung Gasaustausch





# Neufassung der 9-Felder-Grafik (Wasserman 2012)



# Sollwerte für CPET

---

von Referenzwerten

**gut** abgebildet:

**Mann**

**40 Jahre 180cm 80kg**

von Referenzwerten

**schlecht** abgebildet:

**Frau**

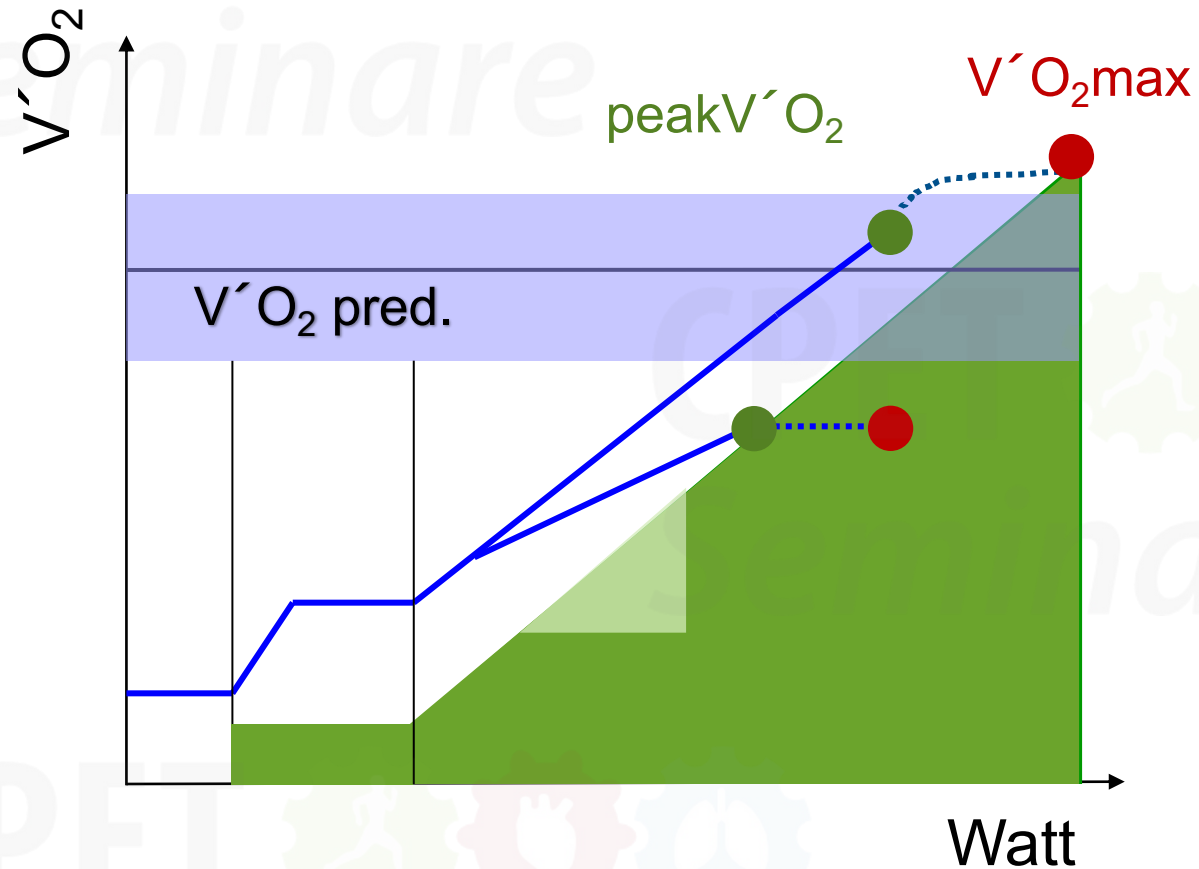
**70 Jahre 155cm 40kg**

**Merke:**

**Referenzwerte sind problematisch bei inhomogenen Gruppen  
und Randkollektiven**

**(sehr alte Patienten, deutliches Über-/Untergewicht)**

# Differenzierung $\dot{V}O_2\text{max}$ ; $\text{peak}\dot{V}O_2$



$\text{peak}\dot{V}O_2$ :  
maximal erreichte  $\dot{V}O_2$  **ohne** Plateau

$\dot{V}O_2\text{max}$ :  
erreichte maximale  $\dot{V}O_2$  **mit** Plateau

# Beurteilung der erbrachten Leistung

---

- ▶ geleistete Arbeit (Watt) in % Soll
- ▶ geleistete Watt/kg
- ▶ erreichte  $\dot{V}O_2$  max (peak) % Soll
- ▶ erreichte  $\dot{V}O_2$  /kg
- ▶  $\dot{V}O_2$  bei VT1



# Beurteilung der erbrachten Leistung

---

- ▶ geleistete Arbeit (Watt) in % Soll
- ▶ geleistete Watt/kg
- ▶ erreichte  $\dot{V}O_2$ max (peak) % Soll
- ▶ erreichte  $\dot{V}O_2$  /kg
- ▶  $\dot{V}O_2$  bei VT1

# Referenzkollektive

---

**Wasserman** Watt-Sollwerte bei Übergewichtigen sind zu hoch

**Wasserman** Watt-Sollwerte bei Frauen tendenziell zu niedrig

**Jones** Watt-Sollwerte plausibler

**SHIP** Watt-Sollwerte durch spezifisches Testprotokoll problematisch

# Beurteilung der erbrachten Leistung

---

- ▶ geleistete Arbeit (Watt) in % Soll
- ▶ geleistete Watt/kg
- ▶ erreichte  $\dot{V}O_2$ max (peak) % Soll
- ▶ erreichte  $\dot{V}O_2$  /kg
- ▶  $\dot{V}O_2$  bei VT1

# Bewertung Watt/kg Körpergewicht

---

**Besonders bei der Beurteilung von Kindern und Jugendlichen verwendet**

pauschal :

- |                  |                  |                        |
|------------------|------------------|------------------------|
| <b>1 Watt/kg</b> | <b>schlecht</b>  | <b>(Patient)</b>       |
| <b>2 Watt/kg</b> | <b>mäßig gut</b> |                        |
| <b>3 Watt/kg</b> | <b>gut</b>       | <b>(G26 Feuerwehr)</b> |
| <b>4 Watt/kg</b> | <b>sportlich</b> |                        |

Bei Erwachsenen bleiben Geschlecht und Altersgang unberücksichtigt



# Beurteilung der erbrachten Leistung

---

- ▶ geleistete Arbeit (Watt) in % Soll
- ▶ geleistete Watt/kg
- ▶ erreichte  $\dot{V}O_2$  max (peak) % Soll
- ▶ erreichte  $\dot{V}O_2$  /kg
- ▶  $\dot{V}O_2$  bei VT1

# Bewertung $\dot{V}O_2\text{max}$ (peak) % Soll (Wasserman)

---

## $\dot{V}O_2\text{max}$ (peak)

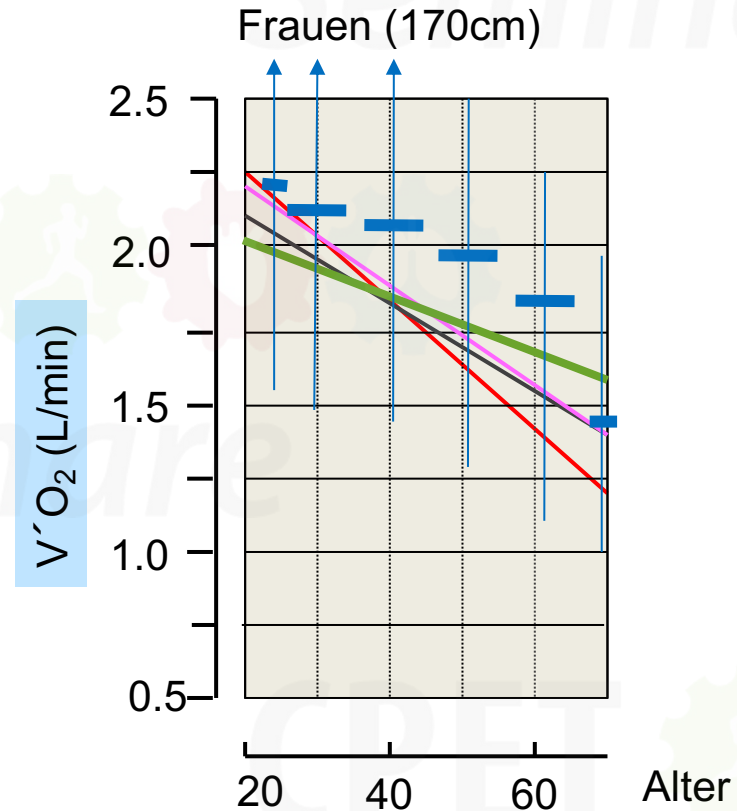
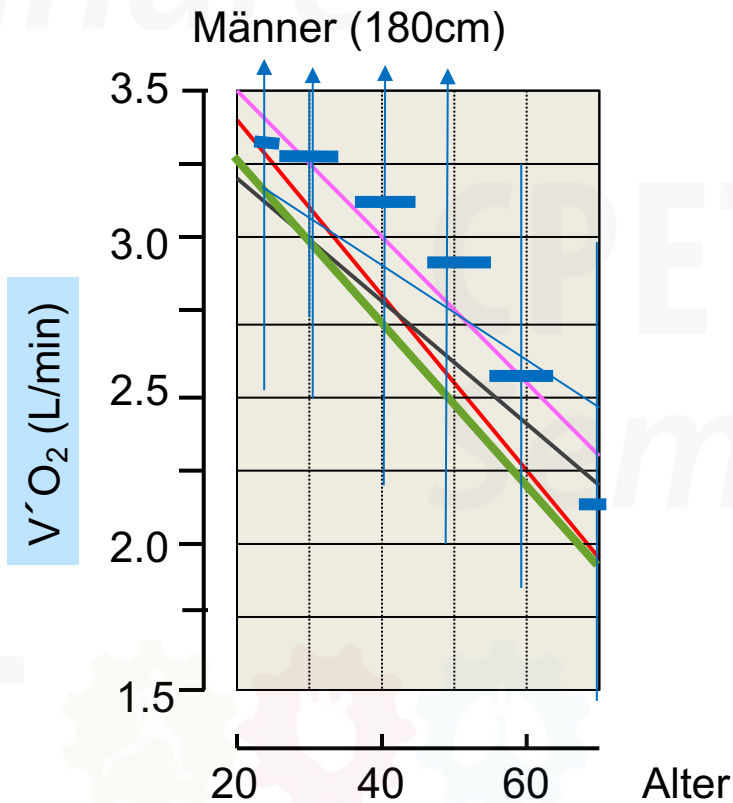
normal > 85 % Soll

## Einschränkung (Ludwigshafen-Schema)

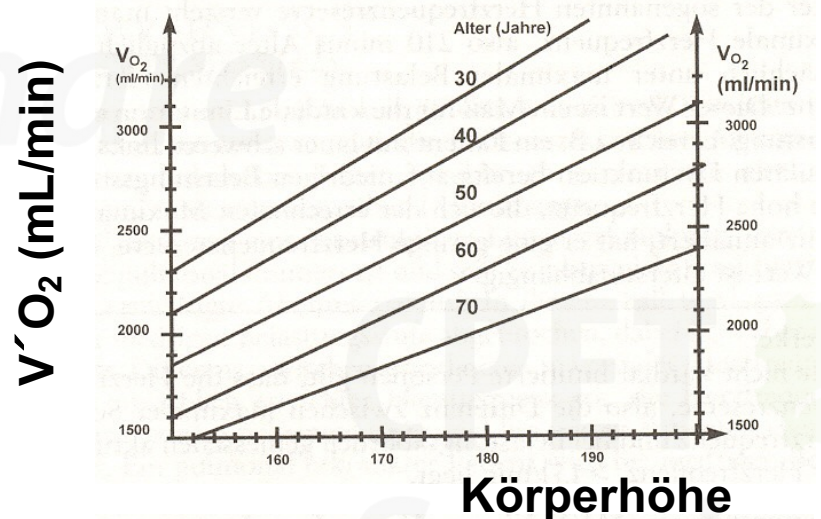
- leicht >70-85 % Soll
- mittel 50-70 % Soll
- schwer <50 % Soll

Die Referenzwerte der SHIP-Studie erlauben eine Beurteilung nach statistischen Grenzwerten auf Basis des 5% Vertrauensintervalls, auch Werte aus dem BMJ 2018 (Rapp) verfügbar

# Vergleich Referenzwerte $\dot{V}O_2\text{max}$ (peak) [l/min]



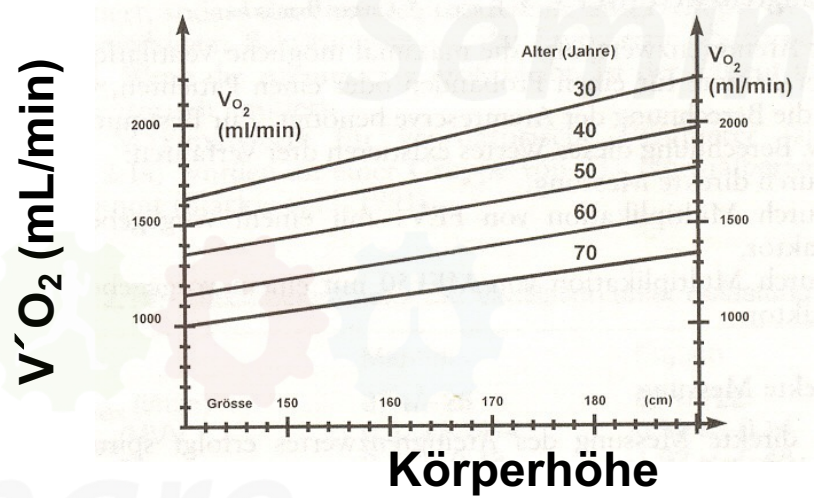
# Sollwert-Nomogramm für $\dot{V}O_2\text{max}$ (peak)



Männer

**(Größe - Alter) x 20**

Hilfreich um grobe Fehler zu erkennen (Plausibilität)



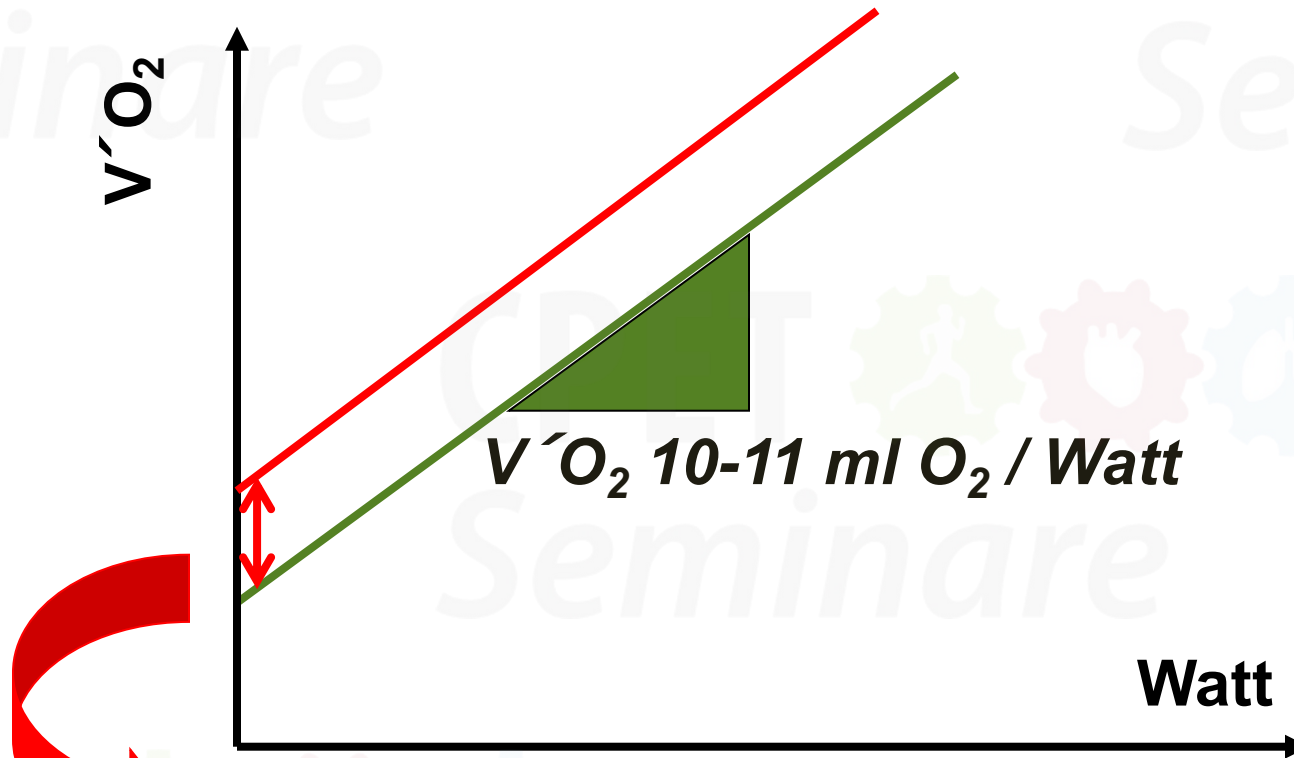
Frauen

**(Größe - Alter) x 14**

Wasserman 1994



# Einfluss von Übergewicht auf $\dot{V}O_2$



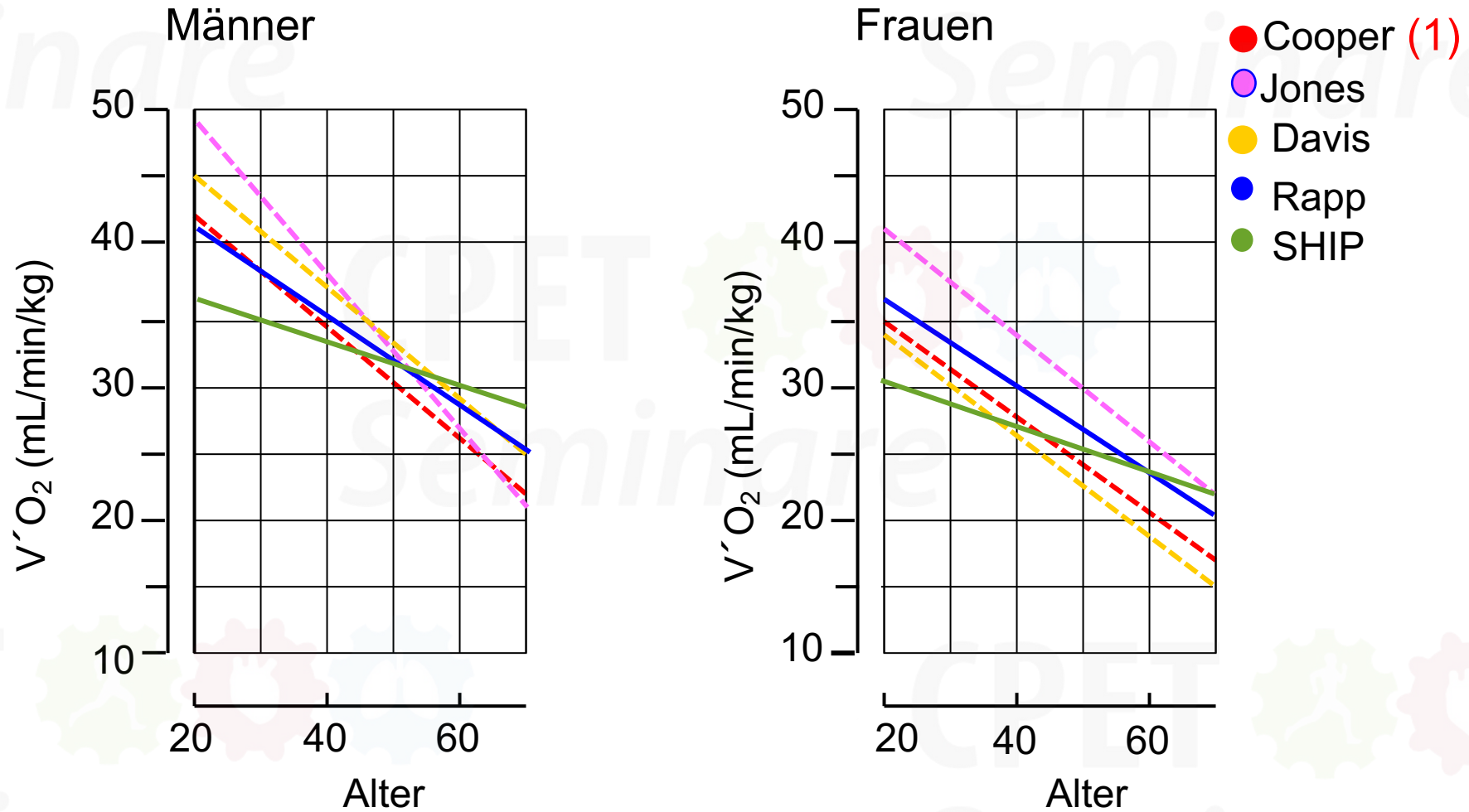
- Der Offset (Durchgang durch y-Achse) - auch „Intercept“ genannt - ist bei Übergewicht höher (6 ml/min/kg), die Steigung bleibt gleich

# Beurteilung der erbrachten Leistung

---

- ▶ geleistete Arbeit (Watt) in % Soll
- ▶ geleistete Watt/kg
- ▶ erreichte  $\dot{V}O_2$  max (peak) % Soll
- ▶ erreichte  $\dot{V}O_2$  /kg
- ▶  $\dot{V}O_2$  bei VT1

# Referenzwerte $\dot{V}O_2\text{max}$ (peak) / kg



# Fitnesskategorien (Männer) $\dot{V}O_2$ max (peak) (ml/kg)

Fitness	Altersgruppen				
	20-29J	30-39J	40-49J	50-59J	60-69J
hoch	> 48	> 46	>45	>44	>41
gut	44-47	41-45	40-44	36-43	33-40
<b>mittel</b>	<b>36-43</b>	<b>36-40</b>	<b>34-39</b>	<b>31-35</b>	<b>26-32</b>
mäßig	33-35	31-35	30-33	26-30	20-25
niedrig	< 32	< 30	< 29	< 25	< 19

Cooper et al 1978

# Fitnesskategorien (Frauen) $\dot{V}O_2\text{max}$ (peak) (mL/kg)

Fitness	Altersgruppen				
	20-29 J	30-39J	40-49J	50-59J	60-69J
hoch	> 38	> 37	>35	>33	>30
gut	34-37	33-36	31-34	29-32	25-29
<b>mittel</b>	29-33	27-32	25-30	23-28	21-24
mäßig	24-28	23-26	21-24	20-22	18-20
niedrig	< 23	< 22	< 20	< 19	< 17

Cooper et al 1978



# Beurteilung der erbrachten Leistung

---

- ▶ geleistete Arbeit (Watt) in % Soll
- ▶ geleistete Watt/kg
- ▶ erreichte  $\dot{V}O_2$ max (peak) % Soll
- ▶ erreichte  $\dot{V}O_2$  /kg
- ▶  $\dot{V}O_2$  bei VT1

# Bewertung $\dot{V}O_2$ @VT1

---

$\dot{V}O_2$  @ VT1

< 40 %  $\dot{V}O_2$  Soll :  
gemindert

ca. 60 %  $\dot{V}O_2$  Soll :  
normal

80 bis > 100 %  $\dot{V}O_2$  Soll :  
gut trainiert bzw. Leistungssport

# Grenzen der Referenzwerte / Fallbeispiel

---

Pat. D. B. , weibl. 40 Jahre KH: 189 cm, Gewicht: 138 kg

- Anamnese:** zunehmend Dyspnoe, Lungenembolie in der Vorgeschichte, jetzt Frage einer pulmonalen Hypertonie
- Rauchen:** NR
- Befunde:** leichte obstruktive Störung, EKG oB, BMI 38,6
- Diagnose:** Adipositas, leichte Obstruktion
- Therapie:** Berodual
- Fragestellung:** Hinweise auf CTEPH ?

# Zusammenfassung

---

- Numerische Daten **und** grafische Darstellungen in die Auswertung einbeziehen
- Systematische Betrachtungsabfolge der 9 Felder-Grafik einhalten
- Verwendeten Referenzwerte benennen
  - Graduierungen sind teilweise willkürlich gewählt aber klinisch etabliert
- Referenzwerte im Individualfall kritisch betrachten
  - „Anthropometrische Extreme“ sind in den Normwert-Kollektiven unzureichend abgebildet