

## Ist die transportable Spiroergometrie zur Optimierung des Rudertrainings sinnvoll; hat es Vorteile gegenüber der Lactatdiagnostik.

### 1. Einleitung

Es werden zwei verschiedene Leistungsdiagnostische Meßsysteme dargestellt. einmal die weitläufig verbreitete Lactatdiagnostik, sowie die zur Zeit nur punktuell und an einigen Stützpunkten durchgeführte transportable Spiroergometrie. Dabei soll eher die Praktikabilität und die Durchführung im Rudertraining anhand von praktischen Beispielen fokussiert werden.

### 2. Lactatdiagnostik

Grundlagen des Energiestoffwechsels

**Tab. 1-2:** Eigenschaften der verschiedenen ATP-Resynthesewege und charakteristische Beispiele aus der Leichtathletik; Angaben in mmol ATP

Energienlieferndes System	Kapazität (mmol × kg <sup>-1</sup> )	Menge an ATP pro Molekül (mol)	Leistungsfähigkeit (mmol × kg <sup>-1</sup> × s <sup>-1</sup> )	Beispiele aus der Leichtathletik	Halbwertszeit der Erholung (t/2)
Kreatinphosphat → Kreatin	26	1	2,6	Sprünge, Würfe, Antritte, Kurzsprints	15 sek
Glykogen → Laktat	60–75	3	1,4	400-m-Lauf, 800-m-Lauf	15 min (10–25 min)
Glykogen (Glukose) → CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O	Ca. 3 100	33 (32)*	0,51–0,68 (0,22)	Langstrecke, Marathon, Tage bis Wochen	Regeneration bei
Fettsäure → CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O	nahezu unbegrenzt	130 (Palmitin-Säure)	0,24	aufeinanderfolgenden Wettkämpfen	

\* Anmerkung: Die Angaben zur ATP-Ausbeute basieren auf neueren Erkenntnissen. Der derzeitige Wert von 32 mol ATP pro mol Glukose ersetzt den früheren Wert von 38 mol ATP. S.a. Tab. 1-1.

Dr. Ulrich Kau

Zunächst gehen wir noch mal auf die Grundlagen des Energiestoffwechsels ein. Es gibt drei Systeme zur Energiebereitstellung in der Muskelzelle.

Wichtig ist, daß niemals ein System alleine die Energie bereitstellt, sondern daß es sich um eine Mischung der Systeme handelt. Hierbei verschieben sich jedoch die Anteile der Systeme in Abhängigkeit von Art, Dauer und Intensität einer körperlichen Belastung.

- die Kreatinphosphatmenge ist zwar nur gering, liefert aber pro Zeit eine große Energiemenge, so daß Sie vornehmlich bei sehr kurzen , intensiven Belastungen beansprucht wird.

- der Abbau von Glykogen läuft entweder anaerob (Sauerstoffschuld des Sportlers) unter Lactatbildung. Dieses wird durch die Zwischenzellräume ins Blut diffundiert, deshalb ist der Wert im Blut 1,5-2 mmol niedriger wie in der Muskelzelle (größere Divergenz je höher der Lactatwert). Der Lactatabbau erfolgt in Leber, Niere und nicht arbeitsfähiger Muskulatur, gut trainierte Sportler können 0,5 mmol Lactat pro Minute abbauen.

-weiterhin erfolgt der Glykogenabbau aerob (mit Sauerstoff) unter Bildung von CO<sub>2</sub> und Wasser, bei langer Belastungsdauer im sog. Fettverbrennungsbereich bei dem Fettsäuren über die  $\beta$  Oxidation in die Enzymketten des aeroben Glykogenabbaus eingebaut werden.

Der Übergang vom vornehmlich aeroben in den anaeroben Stoffwechsel nennt man aerobe/anaerobe Schwelle.

Das bekannteste Schwellenwertmodell für uns Ruderer ist das Madermodell der den Fixpunkt bei 4 mmol setzt.



## Transportables Lactat-Messgerät beim Feldtest



Dr. Ulrich Kau

Die Durchführung eines Lactatest erfolgt als Feldtest auf der Tartanbahn (s. Bild), Schwimmbad, Ruderboot, Fahrrad oder als Labortest auf einem Laufband, Fahrradergometer oder Concept 2.

Es werden stationäre Lactatmessgeräte verwendet die auf photometrischem Prinzip arbeiten, oder, wie oben dargestellt, transportable Laktatmessgeräte mittels Teststreifen, die auf elektrochemischen Wege arbeiten.

Zur Darstellung eines Ruderergometer- Stufentests wurde das Ergebnis einer Doppelvierermannschaft vor und nach einem Sommertrainingslager gezeigt. Alle 4 Ruderer wurden mit 40 Wattstufensteigerung a 4 Minuten getestet; es wurden 5 Stufen gefahren. Das Ergebnis zeigt die Watt und Herzfrequenzzahl bei 4 mmol, die Watt pro Kg Körpergewicht sowie Wattzahl bei 2 und 3 mmol.



## Testergebnis vor dem TL

	Gruppe	Laktat [mmol/l]	Herzfrequenz [1/min]	Leistung [Watt]	Leistung/Gewicht [Watt/kg]
Ruderer 1		4,0	172	277	3,9
Ruderer 2		4,0	184	308	4,3
Ruderer 3		4,0	181	299	4,2
Ruderer 4		4,0	191	319	4,5

**Fixe Schwellen**

	Gruppe	2 mmol/l	3 mmol/l	4 mmol/l
Ruderer 1		218 Watt	258 Watt	277 Watt
Ruderer 2		231 Watt	285 Watt	308 Watt
Ruderer 3		268 Watt	286 Watt	299 Watt
Ruderer 4		260 Watt	297 Watt	319 Watt

**Dr. Ulrich Kau**



## Testergebnis nach dem TL

	Gruppe	Laktat [mmol/l]	Herzfrequenz [1/min]	Leistung [Watt]	Leistung/Gewicht [Watt/kg]
Ruderer 1		4.0	175	307	4.4
Ruderer 2		4.0	179	317	4.4
Ruderer 3		4.0	181	310	4.4
Ruderer 4		4.0	190	332	4.7

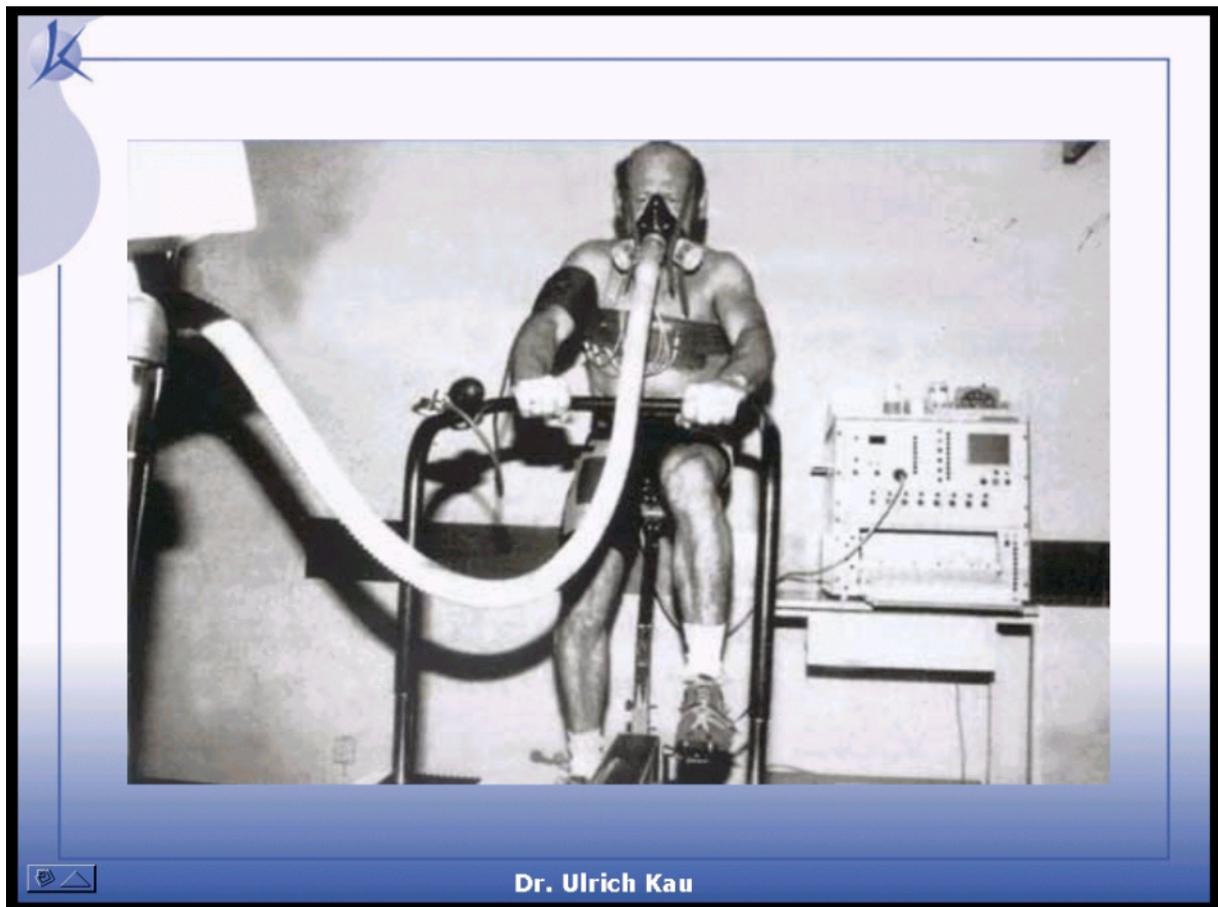
Fixe Schwellen

	Gruppe	2 mmol/l	3 mmol/l	4 mmol/l
Ruderer 1		231 Watt	281 Watt	307 Watt
Ruderer 2		266 Watt	296 Watt	317 Watt
Ruderer 3		269 Watt	293 Watt	310 Watt
Ruderer 4		291 Watt	315 Watt	332 Watt

Dr. Ulrich Kau

Die Leistung des Ruderer 1 vor dem TL zeigte doch ein deutliches Defizit. Die Konsequenz des Trainers war die intensiven Einheiten im Kleinboot zu rudern; die extensiveren Einheiten im Großboot. Die deutliche Verbesserung des Ruderers 1 sowie der Gesamtbefit der Mannschaft konnte durch die Trainingssteuerung anhand auch der Lactatdiagnostik dargestellt werden.

### 3. Die Spiroergometrie



Das Bild zeigt eine ältere Darstellung einer Spiroergometrie, noch mit erheblichen materiellen Aufwand. Erste Versuche gab es sogar schon 1926 als ein gewisser Herr Eng Sauerstoffaufnahmemessungen im Ruderboot durchgeführt hat (Hartmann). Die Spiroergometrie wird schon einige Jahre in wenigen Zentren des Rudersports durchgeführt.

Die Spiroergometrie ist eine Belastungsuntersuchung in der u.a. die Sauerstoffaufnahme und Kohlendioxidabgabe gemessen wird. Das Verhältnis dieser beiden beschreibt man als Respiratorischen Quotient (RQ). Die „Respiratorische Schwelle“ liegt bei einem RQ von 1 im Äquivalent zu der aerob/anaeroben Lactatschwelle. Die unter körperlichen Ausbelastung gemessene  $VO_2$  max. ist ein guter Indikator für die Ausdauerleistungsfähigkeit, sie wird daher auch als Bruttokriterium der Ausdauerleistungsfähigkeit bezeichnet. Für uns Ruderer ist ein hoher absoluter Wert bedeutsam und erfolgversprechend. Hochausdauertrainierte Athleten erreichen Werte von 7000ml/min.

Aus dem RQ, der Sauerstoffaufnahme und Kohlendioxidabgabe können kalometrische Daten wie Kalorienverbrauch, Fett und Kohlehydratverbrennung ermittelt werden.

Durchgeführt wurde ein Test mit einem transportablen Spiroergometriegerät der Fa. Cosmed Typ k4b2. Das Gesamtgewicht der Anlage beträgt 550 gr. Der Ruderer ist mit einem Gurtsystem versehen, in dem vorne die tragbare Einheit (versehen mit Elektronik, CO<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> Analysator, Drucksensoren und Herzfrequenzanschluß) verbunden mit dem Akku der am Rücken des Athleten sitzt. In dem Aufsatz auf der Maske befindet sich eine Turbine in der Atemfluß und Volumen gemessen werden.



Es wurde ein Belastungstest durchgeführt, in dem jeweils 3 Minuten eine SF von 24/28 und 32 mit jeweiligen Pausen gerudert wurden. Im Anschluß wurde ein Start mit 50 Schlägen gerudert.

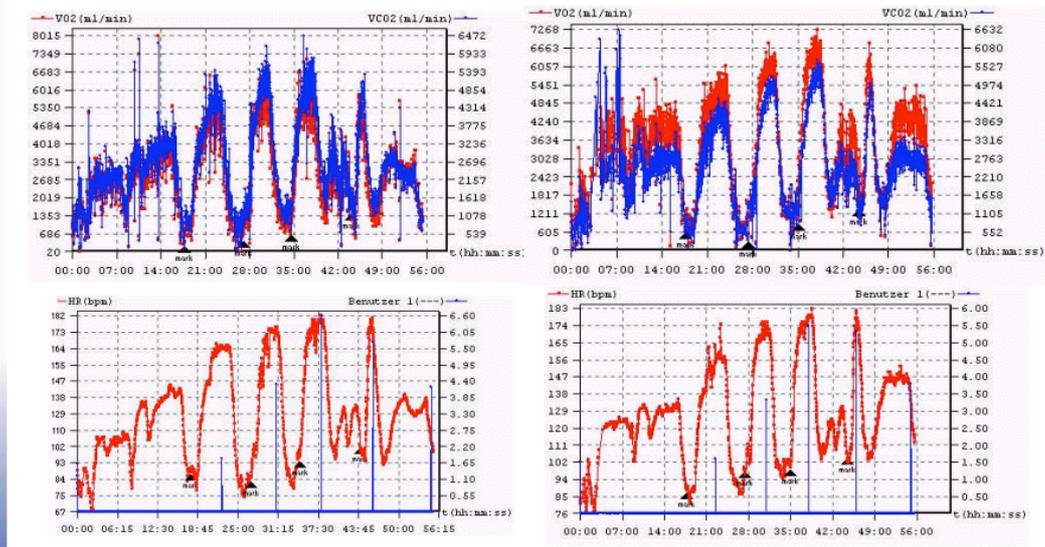
In den unteren Kurve der Abbildung sind die Herzfrequenzkurve (rot) und die Lactatwerte (blaue Balken) dargestellt; In den oberen Kurven wird die Sauerstoffaufnahme (rot) und der Kohlendioxidverbrauch (blau dargestellt).



# Test bei SF 24/28/32/Start

## Ruderer 1

## Ruderer 2



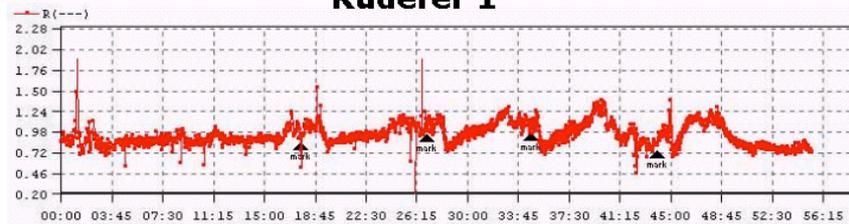
Dr. Ulrich Kau

Während in den unteren Kurven kaum Unterschiede festzustellen sind, ist doch in den oberen Abbildungen ein deutlicher Unterschied beider Sportler vom Sauerstoffaufnahme und Kohlendioxidabgabe zu erkennen, wenn auch Ruderer 2 zu hohe Volumina in der y Achse zeigt, die einen Volumenmeßfehler (bei höherer Belastung vereinzelt auftretend, mit der hier benutzten neuen Turbine im 1-3% Bereich) andeuten. Die Kernaussage, d.h. eine unterschiedliche Leistungsdarstellung beider Ruderer, die mittels der Lactatmessung nicht sichtbar ist bleibt bestehen, dies zeigt auch noch die unten abgebildete Darstellung des RQ beider Ruderer, der deutliche Unterschiede zeigt.

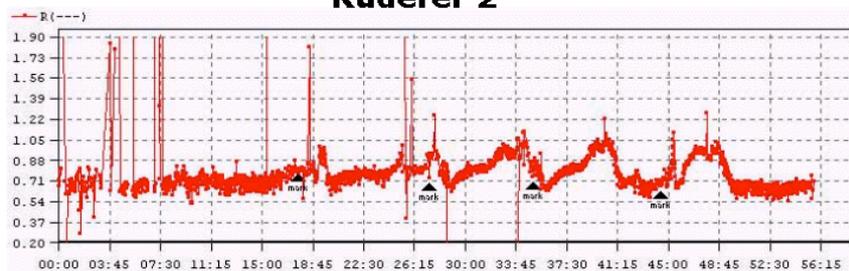


# RQ im Verlauf

## Ruderer 1



## Ruderer 2



Dr. Ulrich Kau

## 4. Fazit

Die Lactatdiagnostik ist ein gängiges Meßverfahren die vereinzelt Meßfehler (Ernährung, Trainingszustand, Abnahmefehler) zwischen 5-10% zeigen, je nach Routine des Untersuchers. Sie kann nur punktuell durchgeführt werden.

In der transportablen Spiroergometrie können ebenso Meßfehler (Sitz der Maske, Akzeptanz des Sportlers, Kalibrationsfehler, Volumenmessfehler bei höherer Belastung) auftreten. Die Messung erfolgt jedoch bei jedem Atemzug, die für Leistungskriterien so wichtige maximale Sauerstoffaufnahme kann gemessen werden. Das bei Sportlern öfters festgestellte Belastungsasthma kann hier verifiziert und Therapieerfolge dokumentiert werden. Allerdings sind die Kosten des Verfahrens sehr hoch und die Durchführung sehr aufwendig.

Es wäre jedoch zu diskutieren inwieweit dieses Verfahren zur Bildung von Mannschaften und Trainingsoptimierung im Rudersport durchzuführen wäre.