

Der Einfluss des Faktors Körpergewicht auf die ruderspezifische Leistungsfähigkeit (Grabow, V.)

1 Problemstellung

Das Körpergewicht beeinflusst die Wettkampfleistung im Rudern in zwei entgegengesetzte Richtungen:

- Erstens gilt: die ruderspezifische Leistungsfähigkeit korreliert positiv mit dem Körpergewicht.
- Zweitens gilt: der Wasserwiderstand eines fahrenden Ruderbootes korreliert ebenfalls positiv mit dem Körpergewicht.

Das heißt: durchschnittlich sind schwerere Ruderer ergometrisch deutlich stärker als leichtere, das zusätzliche Körpergewicht bremst allerdings das Boot in nicht unerheblichem Maße. Ziel muss es also sein, die ergometrisch gemessene Leistungsfähigkeit nicht absolut zu betrachten sondern in Beziehung zum Körpergewicht zu setzen, um die vortriebswirksame Leistung zu ermitteln. Ansatzweise geschieht das bereits seit Jahrzehnten durch die Bestimmung der „relativen Leistungsfähigkeit“ (Leistung pro kg Körpergewicht). Allerdings erkennt man schnell, dass diese grobe, nicht fundierte Relation sich nicht mit den praktischen Befunden deckt. Hiernach haben z.B. Leichtgewichtsruderer durchschnittlich höhere relative Leistungen bei der Ruder-Ergometrie als Ruderer der offenen Klasse; ihre Wettkampfgeschwindigkeit im Boot ist allerdings durchschnittlich etwas geringer.

Der Deutsche Ruderverband hat im Jahr 2001 auf Vorschlag des Autors einen Leistungsindex (P_{Boot}) eingeführt, der die absolute Leistung eines Ruderers (auf dem Ruderergometer) relativiert durch die „bremsende Wirkung“ des Körpergewichts:

$$P_{\text{Boot}} = P / (\text{KG} + 15)^{0,666}$$

P: Leistung auf dem Ruderergometer in Watt

KG: Körpergewicht in kg

Dieser Leistungsindex berücksichtigt neben dem Körpergewicht ein durchschnittliches Bootsgewicht.

Die vorliegende Studie aus den Jahren 1997 bis 2001 erläutert anhand empirischer Untersuchungen die Grundlagen für die Festlegung des Leistungsindex und liefert darüber hinaus Normwerte zur Orientierung und Einschätzung der physiologischen Leistungsfähigkeit von Ruderern.

2 Methodik

Die Untersuchung fand im Zeitraum „Juni 1997“ bis „November 2001“ statt. Einbezogen waren insgesamt 102 männliche erwachsene Ruderer. Alle gehörten einem Bundeskader A-C „Männer-Riemen“ an, beziehungsweise gehörten zur Nationalmannschaft des „Männer-Riemen-Leichtgewichtsbereichs“. Die anthropometrischen Daten Körpergröße und –gewicht gibt Tabelle 1 wieder.

Sämtliche Ruder-Ergometrien fanden auf einem Concept II Typ C statt. Es kamen insgesamt im Laufe der gesamten Studie 4 baugleiche Ergometer zum Einsatz.

Gewichtsklasse	„offen“	Lgw	„offen“	Lgw
	Größe	Größe	Gewicht	Gewicht
Mittelwert	194,5	183,5	92,3	74,0
Standardabweichung	4,9	4,2	6,3	1,7
Minimum	185,0	175,0	78,9	71,2
Maximum	208,0	192,0	104,8	77,7

Tab.1: Körpergröße und Körpergewicht der untersuchten Sportler der „offenen Klasse“ (n= 83) und der Leichtgewichts-Klasse (n=19)

Das Körpergewicht wurde jeweils direkt vor der Ergometrie in leichter Wettkampfbekleidung ohne Schuhe gemessen.

Ausgewertet wurden im obengenannten Zeitraum insgesamt 373 Ergometrien als Wettkampftest mit einer virtuellen Belastungsstrecke von 2000m. Die Belastungszeit lag zwischen 5:47,4 und 6:34,0 min. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde bei jedem untersuchten Sportler im Untersuchungszeitraum nur sein persönlicher Bestwert berücksichtigt. Diese Reduktion war notwendig, da unterschiedliche Testhäufigkeiten in den verschiedenen Untersuchungskollektiven und die trainingsmethodisch bedingten Schwankungen der Wettkampfleistung im Saisonverlauf (GRABOW 1999, S. 89) die Ergebnisse verfälscht hätten.

Im Ergebnisteil erscheinen also 102 Testergebnisse (n=83+19) mit Angabe der durchschnittlichen Leistung in Watt beim 2000m-Wettkampftest (P_{2000m}). Die Leistung wurde nach automatischer Beendigung des Tests am Display des Concept II-C abgelesen.

3 Ergebnisse

3.1 Die absolute Leistungsfähigkeit

Abbildung 1 zeigt die Abhängigkeit der absoluten Leistung auf dem Ruderergometer vom Körpergewicht. Es wird deutlich, dass es einen hohen Zusammenhang zwischen der Ergometerleistung und dem Körpergewicht gibt. Die gemeinsame Varianz R^2 beträgt 0,64. Das bedeutet, dass die individuelle Ausprägung der Leistungsfähigkeit zu etwa 2/3 allein durch das Körpergewicht determiniert ist.

Die eingezeichnete Regressionsgerade lautet:

$$P_{2000m} = 3,72 \times \text{KG} + 117,1 \quad \text{mit KG: Körpergewicht in kg.}$$

Die zweite, darüber liegende Gerade verbindet die beiden Bestwerte in den Gewichtsklassen „Leichtgewichte“ und „offene Klasse“. Es ist offensichtlich, dass die Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit vom Körpergewicht bei den Rekordwerten nahezu identisch ist (gleiche Steigung der Geraden).

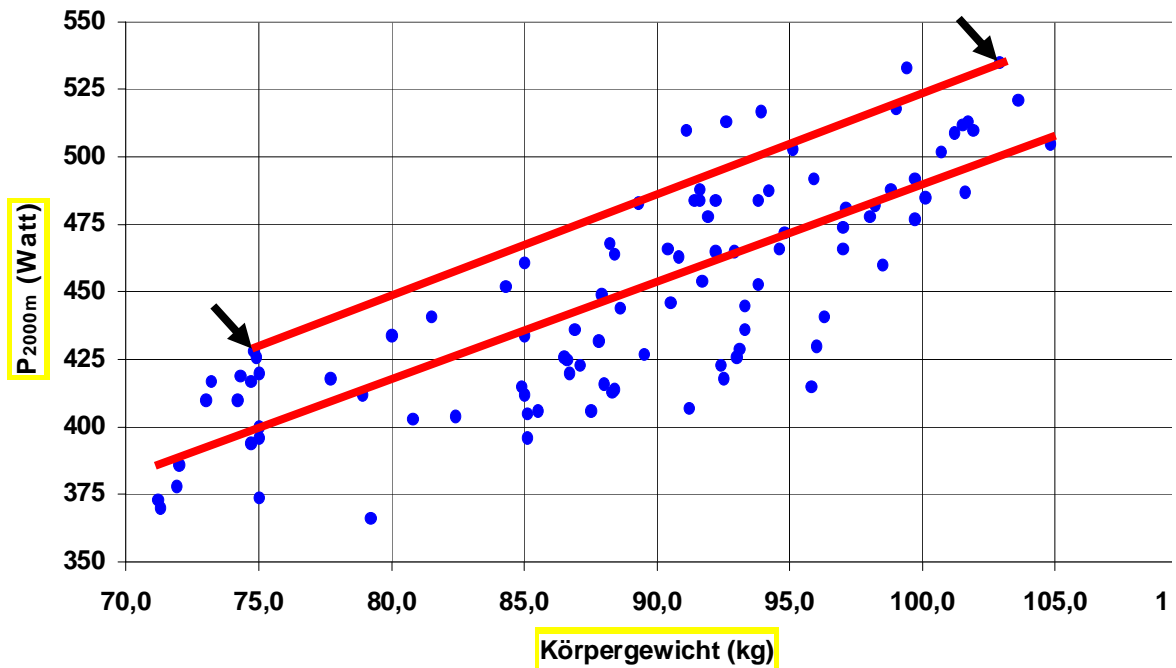


Abb.1: Zusammenhang zwischen absoluter Leistung (P_{2000m}) und Körpergewicht. Die obere Gerade verbindet die beiden Bestwerte in den Gewichtsklassen „Lgw“ und „offen“.

3.2 Die relative Leistungsfähigkeit

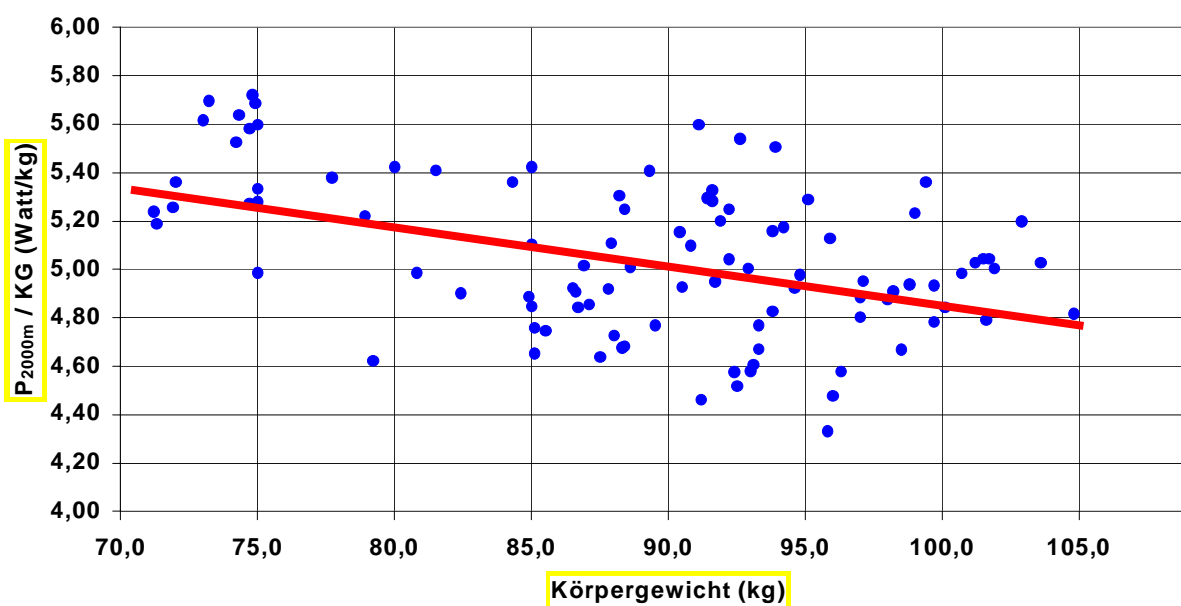


Abb.2: Zusammenhang zwischen „relativer Leistung“ (P_{2000m} / KG) und Körpergewicht.

Die Abbildung 2 zeigt den Zusammenhang zwischen der sogenannten relativen Leistungsfähigkeit (Leistung pro kg Körpergewicht) und dem Körpergewicht. Deutlich erkennbar werden die Werte hier bei zunehmendem Körpergewicht schlechter. Der Korrelationskoeffizient $R = -0,47$ deutet auf einen nicht unerheblichen negativen Zusammenhang hin.

Einen besseren Zusammenhang zwischen Leistungsfähigkeit und Körpergewicht erhält man durch Zuhilfenahme wissenschaftlicher Studien der Stoffwechselsimilarität. So ist der Energieumsatz von Lebewesen eine Potenzfunktion der Körpermasse. Sowohl rein geometrische und physikalische Überlegungen als auch experimentelle Untersuchungen ermitteln den Exponenten beim Menschen mit 0,73. (GÜNTHER 1971, S. 142)

Abbildung 3 zeigt überzeugend, dass die vorgelegte Studie nahezu exakt die Forschungsergebnisse der Similaritätstheorie bestätigt.

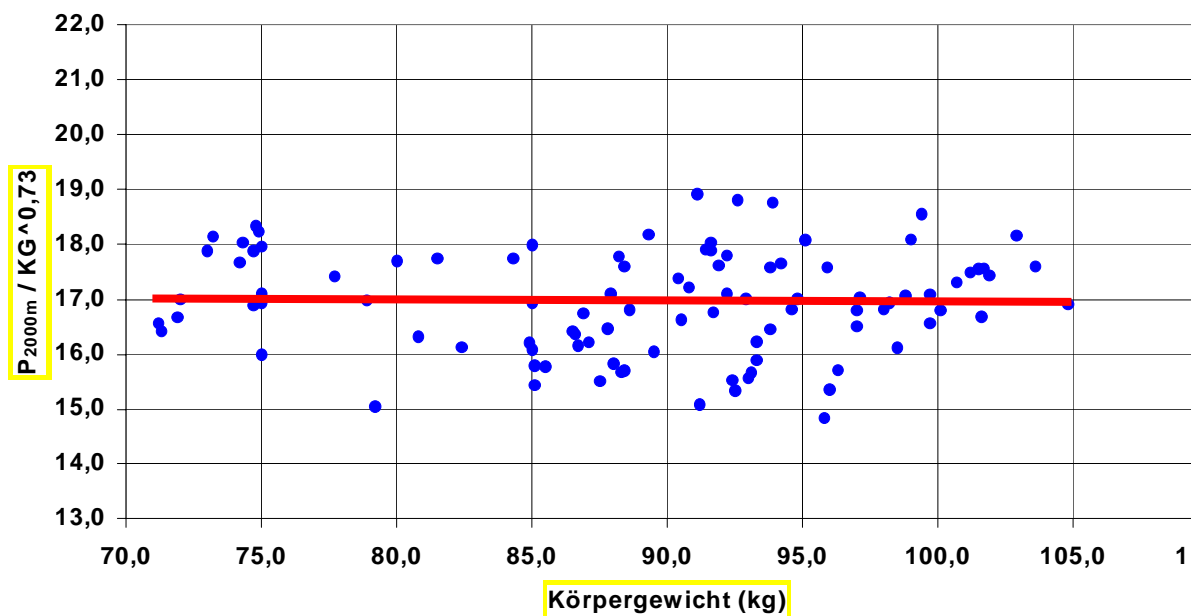


Abb.3: Zusammenhang zwischen relativer Leistung P_{rel} ($P_{2000m} / KG^{0,73}$) und Körpergewicht.

Die berechnete Varianz zeigt $R^2 = 0,0002$. Das bedeutet, dass die so bestimmte relative Leistung völlig unabhängig vom Körpergewicht ist. Graphisch ist das erkennbar an der waagerechten Regressionsgeraden. Der Vollständigkeit halber sei an dieser Stelle erwähnt, dass der empirisch ermittelte Exponent bei der hier vorliegenden Studie bei 0,726 lag.

3.3 Die Boot-spezifische Leistungsfähigkeit

In einem fahrenden Ruderboot steigt der Wasserwiderstand (W) mit seiner Masse (M) inklusive Beladung (Ruderer, Riemen/Skulls, evtl. Steuermann) an.

Dabei ist der Wasserwiderstand proportional zur dritten Wurzel der Masse zum Quadrat: $W \sim M^{0,666}$ (ADAM 1977, S.131). Es erscheint daher sinnvoll, die erbrachte Leistungsfähigkeit eines Ruderers mit der anteiligen Gesamtmasse zu relativieren. Als Beispiel diene ein „Vierer-ohne“:

$$M = KG_1 + KG_2 + KG_3 + KG_4 + M_{\text{Boot}} + 4 \times M_{\text{Riemen}} = KG_1 + KG_2 + KG_3 + KG_4 + 58\text{kg}.$$

Bei allen ungesteuerten Ruderbooten beträgt die anteilige Bootsmasse inklusive Riemen oder Skulls etwa 15 kg. Deshalb wurde einheitlich festgelegt, dass die ergometrisch gemessene Leistungsfähigkeit eines Ruderers relativiert wird durch sein Körpergewicht, erhöht um die anteilige Bootsmasse von 15kg. Abbildung 3 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Körpergewicht und der sogenannten Boot-spezifischen Leistungsfähigkeit (P_{Boot}).

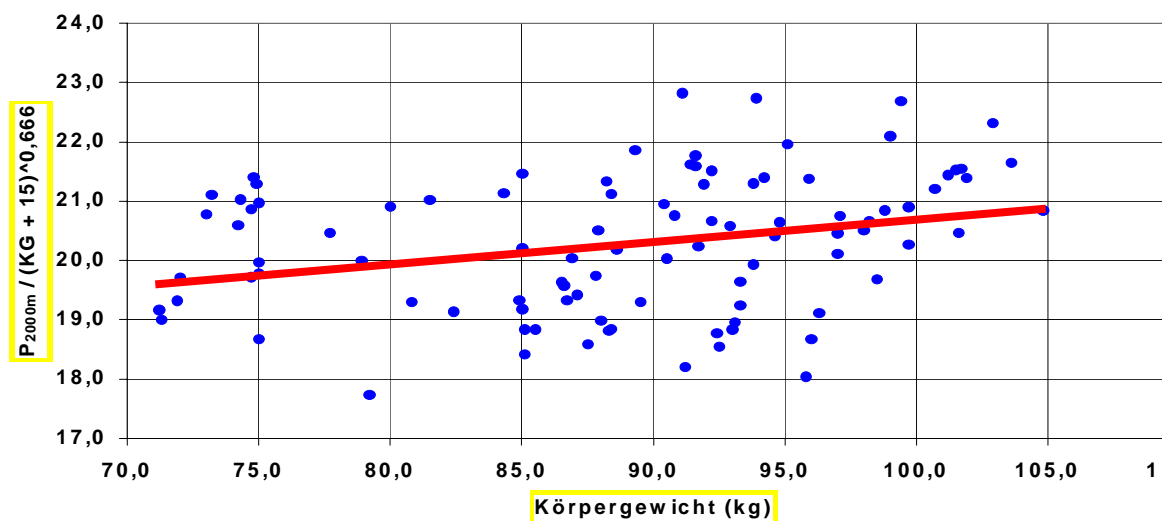


Abb.3: Zusammenhang zwischen der Boot-spezifischen Leistungsfähigkeit P_{Boot} ($P_{2000m} / (KG + 15)^{0,666}$) und Körpergewicht.

Durchschnittlich liegt dieser Wert in der offenen Klasse um den Wert von 1,0 höher als in der Leichtgewichts-Klasse. Setzt man die entsprechenden Durchschnittswerte 19,5 und 20,5 in Gleichungen ein, um daraus resultierende Bootsgeschwindigkeiten zu berechnen, so erhält man eine um 6 bis 8 Sekunden geringere durchschnittliche Fahrzeit in der offenen Klasse gegenüber der Leichtgewichts-Klasse. Dies entspricht den tatsächlichen Gegebenheiten auf dem Wasser.

4 Schlussfolgerungen

Die **absolute „2000m-Ergometerleistung“** (P_{2000m}) erhöht sich bei erwachsenen Männern durchschnittlich um ca. 3,5 – 4 Watt pro kg Körpergewicht. Das entspricht einer Verbesserung von ca. 1 Sekunde bei der 2000m-Ergometer-Wettkampfezeit pro kg Körpergewicht.

Die **relative Ergometerleistung** ($P_{\text{rel}} = P / KG^{0,73}$) erlaubt Leistungsvergleiche bei unterschiedlichem Körpergewicht. Werte über 18 bedeuten nationale Spitze, Werte über 17 sind überdurchschnittlich.

Die **Boot-spezifische Ergometerleistung** ($P_{\text{Boot}} = P / (\text{KG} + 15)^{0,666}$) berücksichtigt die im Boot bremsende Wirkung des Körpergewichts. Die Erhöhung dieses Wertes um 1 bedeutet eine durchschnittliche Fahrzeitverbesserung über 2000m von 6-8 Sekunden. Im Leichtgewichtsbereich liegt die nationale Spitze bei Werten über 21. In der offenen Klasse liegen die nationale Spitzenwerte über 22.

Abschließend sei bemerkt, dass die oben definierte „Boot-spezifische Ergometerleistung“ innerhalb des Selektionsprozesses von Mannschaftsbooten im Rudern entscheidend genauere Informationen liefert als zum Beispiel die absolute oder die relative Ergometerleistung.

Aber auch hier gilt: hohe Werte sind eine notwendige aber nicht hinreichende Bedingung für sehr gute Fahrzeiten im Rudern.

Literatur:

- ADAM, K.; LENK, H.; NOWACKI, P.; RULFFS, M.; SCHRÖDER, W.: Rudertraining. Bad Homburg 1977¹.
- GRABOW, V.: Ruderspezifische Leistungsfähigkeit unter längsschnittlichen Aspekten. In: HARTMANN, U.; KILZER, R. (Red.): Quo-vadis Rudern. Köln 1999.
- GÜNTHER, B.: Stoffwechsel und Körpergröße: Dimensionsanalyse und Similaritätstheorien. In: ASCHOFF, J. (Hrsg.): Energiehaushalt und Temperaturregulation. München 1971.