Trainomat 2000 : ein neues Test- und Trainingssystem für den Radfahrer

Autor(en): **Howald, H.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Jugend und Sport : Fachzeitschrift für Leibesübungen der Eidgenössischen Turn- und Sportschule Magglingen**

Band (Jahr): **38 (1981)**

Heft 10

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-993838

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Trainomat 2000

Ein neues Test- und Trainingssystem für den Radfahrer

Dr. med. H. Howald

Fahrradergometer sind aus der sportmedizinischen und kardiologischen Leistungsdiagnostik nicht mehr wegzudenken und spielen ausserdem eine wichtige Rolle für ein dosiertes Training im Rahmen der Rehabilitation von Herz-Kreislaufpatienten, beim Ersatztraining von verletzten Sportlern und als sogenannter Heimtrainer für das allgemeine Fitnesstraining. Von Radrennfahrern werden die bisher erhältlichen Fahrradergometer weder für die Durchführung von Leistungsprüfungen noch als Trainingsgerät geschätzt, weil Sitzposition, Tretkomfort und Ausrüstung (Sattel, Pedalen, Lenker) beim Ergometer nicht den Verhältnissen auf dem gewohnten Strassenfahrrad entsprechen. Für das Heimtraining bei schlechten Witterungs- oder Strassenverhältnissen werden deshalb von den Radfahrern Rollensysteme bevorzugt, welche allerdings den Nachteil haben, dass sich die Belastung auf diesen Geräten im Gegensatz zum Fahrradergometer weder messen noch dosieren lässt.

Um jedem Radfahrer unter Verwendung des auf seinen Körperbau abgestimmten Strassenfahrrades die Durchführung von ergometrischen Leistungstests und ein nach wissenschaftlichen Kriterien dosiertes Heimtraining zu ermöglichen, wurde in Zusammenarbeit mit der Firma *Davital AG,* 4932 Lotzwil/Schweiz das neuartige System *Trainomat 2000* entwickelt. In unserem leistungsphysiologischen Laboratorium wurde das Gerät einer eingehenden Prüfung unterzogen und insbesondere mit dem bei uns seit 20 Jahren verwendeten Standardergometer verglichen. Als Versuchspersonen dienten untrainierte Männer, Hobbyradfahrer und ein professioneller Radrennfahrer der Spitzenklasse.

Technische Beschreibung und Prüfungsergebnisse

1. Rollensystem

Das Hinterrad des durch eine Haltevorrichtung fixierten Fahrrades wird auf 2 Rollen gestellt, welche über einen Keilriemen ein Schwungrad antreiben. Die Schwungmasse kann weitgehend unabhängig von der Drehzahl in einem Leistungsbereich zwischen 50 und 600 Watt mit Hilfe einer Wirbelstrombremse gebremst werden (Abbildung 1).

Die Haltevorrichtung ist auf die verschiedenen Längen- und Höhenverhältnisse konventioneller Fahrräder abgestimmt und damit lässt sich jedes Modell sehr rasch und zuverlässig auf dem Rollensystem fixieren. Um unnötige Reibungsverluste zu verhindern, muss der Reifendruck des Hinterrades mindestens 5 atü betragen. Dank

Abb. 1: Rollensystem mit Wirbelstrombremse und Halterung.

der grossen Masse des Schwungrades ist der Tretkomfort auf dem Rollensystem sehr gut und entspricht demjenigen auf asphaltierter Strasse. Im Gegensatz zum konventionellen Fahrradergometer kann auf dem Rollensystem der Übersetzungswechsel des Fahrrades benützt und somit die Tretfrequenz wie auf der Strasse der momentanen Belastung angepasst werden. Als positiv fällt ferner beim neuen System im Vergleich mit mechanisch gebremsten Ergometern der auch bei höchsten Belastungsintensitäten nahezu lärmfreie Lauf ins Gewicht. Das für die mechanischen Teile verwendete Material sollte aller Voraussicht nach auch der Korrosionsgefahr durch Schweiss widerstehen können.

2. Elektronik

Die für die Steuerung der Belastung benötigte Elektronik ist getrennt vom Rollensystem in einem Kunststoffgehäuse untergebracht und über ein Kabel mit der Wirbelstrombremse verbunden (Abbildung 2). Über Schalter und Eingabetasten werden Geschlecht, Alter und Körpergewicht des Radfahrers sowie die gewünschte Leistung in Watt programmiert. Die eingegebenen Werte bleiben stehen und sind somit im Gegensatz zu anderen Ergometersystemen jederzeit nachkontrollierbar. Mit Hilfe von Leuchtdioden wird die Fahrgeschwindigkeit von 0 bis 50 km/h in Stufen von 5 km/h angezeigt. Auf einem Anzeigefeld mit 3 grossen Flüssigkristallzahlen können wahlweise durch Tastendruck die Anzahl der geleisteten Trainingseinheiten (Watt × Minuten : 10), die Belastungsdauer (Mi-

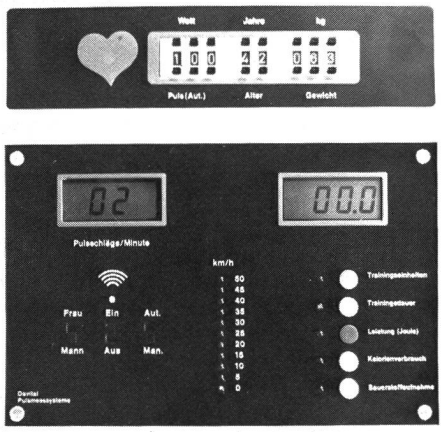

Abb. 2: Terminal für die elektronische Steuerung und die Erfassung der Pulsfrequenz.

nuten und Zehntelsminuten), sowie die vom Körper verbrauchte Energie in Joule oder in Kilokalorien sichtbar gemacht werden. Für die Berechnung des biologischen Energieverbrauchs aus der produzierten physikalischen Leistung wurde ein Wirkungsgrad von 23 Prozent angenommen.

Vorversuche haben ergeben, dass neben dem Reifendruck auch das Körpergewicht des Radfahrers den Reibungswiderstand am Rollensystem beeinflusst. Dieser Umstand wird bei der Programmierung des Gerätes berücksichtigt, indem die Wattleistung automatisch aufgrund des eingetasteten Körpergewichtes korrigiert wird. Aus technischen Gründen kann die Wirbelstrombremse nicht über den ganzen Bereich von 0 bis 600 Watt drehzahlunabhängig arbeiten. Wird bei niedriger Belastung mit zu hohen Geschwindigkeiten oder bei hohen Belastungen mit zu geringer Geschwindigkeit gefahren, so wird dies durch Blinken der Leuchtdioden angezeigt. Die Regelung der Bremskraft innerhalb eines vernünftigen Drehzahlbereiches arbeitet dank des im Gerät eingebauten Mikroprozessors zuverlässig und praktisch verzögerungsfrei.

3. Pulsfrequenzmessung

Für die Erfassung der Pulsfrequenz kommt das bereits früher bewährte System mit dem über 3 Brustwandelektroden abgetasteten und drahtlos durch den im Elektrodengürtel untergebrachten Telemetriesender übermittelten Elektrokardiogramm zur Anwendung. Der Empfänger für das Telemetriesignal ist im Gehäuse für die elektronische Steuerung des Rollensystems untergebracht. Auf einer Flüssigkeitskristallanzeige wird jeder Herzschlag als pulssynchrones P und die momentane Pulsfrequenz in Form einer dreistelligen Zahl ersichtlich. Der Empfänger sollte in nicht mehr als 2 m Distanz entweder in gerader Linie vor dem Radfahrer oder seitlich in einem rechten Winkel zu demselben aufgestellt werden.

Bei sorgfältiger Plazierung der Elektroden an der Brustwand mit genügendem Auflagedruck arbeitet das System fehlerfrei. Eine gewisse Trägheit bei der Pulsfrequenzanzeige aufgrund der für die Integration gewählten, relativ grossen Zeitkonstante fällt höchstens beim Einschalten des Gerätes etwas störend ins Gewicht, ist aber während der Belastung nur von Vorteil. Fehler bei der Erfassung der einzelnen Herzaktionen durch Artefakte an den Elektroden oder bei der Übermittlung können am unregelmässigen Aufleuchten des P-Signals erkannt werden.

4. Ermittlung des maximalen Sauerstoffaufnahmevermögens ($\dot{V}_{O_2}$max.)

Der im Steuergerät eingebaute Mikroprozessor ermöglicht die Berechnung der maximalen Sauerstoffaufnahmefähigkeit, welche bekanntlich das beste Kriterium zur Beurteilung des Dauerleistungsvermögens darstellt. Sobald bei konstanter Wattleistung für die Pulsfrequenz ein steady state oder Gleichgewichtszustand erreicht ist, kann die $\dot{V}_{O_2}$max. durch Tastendruck auf dem rechten Anzeigefeld abgefragt werden. Die Anzeige erfolgt in Milliliter Sauerstoff pro Minute und Kilogramm Körpergewicht und wird vom Mikrocomputer in Berücksichtigung von Geschlecht, Alter, Körpergewicht, momentaner Leistung und Herzfrequenz nach der Extrapolationsformel von Åstrand berechnet. Der steady state ist in der Regel nach 4 bis 6 Minuten dann erreicht, wenn die Pulsfrequenz von Minute zu Minute um nicht mehr als 5 Schläge variiert. Die Leistung sollte so vorgewählt werden, dass die Pulsfrequenz im steady state einen Wert von etwa 180 Schlägen pro Minute minus das Lebensalter in Jahren erreicht (160/min. für 20jährige, 130/min. für 50jährige).

Sofern die erwähnten Voraussetzungen erfüllt sind (Pulsfrequenz im steady state und im altersentsprechenden submaximalen Bereich), kann die maximale Sauerstoffaufnahmefähigkeit mit dem *Trainomat 2000* zuverlässig ermittelt werden. Fehleinschätzungen können allerdings bei Personen resultieren, welche die theoretisch ihrem Alter entsprechende maximale Pulsfrequenz entweder nicht erreichen oder deutlich übersteigen. Die «Fehlanzeige» ist in diesen Fällen aber nicht dem Gerät anzulasten, sondern sie ist darauf zurückzuführen, dass die wichtigste Voraussetzung für die Hochrechnung bei diesen Personen nicht erfüllt ist.

Der momentane Trainingszustand und der Zuwachs im Verlaufe eines regelmässigen Trainings lassen sich anhand der maximalen Sauerstoffaufnahmefähigkeit gut beurteilen, vor allem, wenn bei gleichbleibenden äusseren Bedingungen immer die gleiche Person mit sich selbst verglichen wird. Mit dem *Trainomat 2000* hat der Radfahrer erstmals die Möglichkeit, sein Leistungsvermögen in regelmässigen Abständen mit Hilfe einer wissenschaftlich anerkannten Methode unter Verwendung seines eigenen Fahrrades zuverlässig zu überprüfen.

5. Automatische Dosierung der Trainingsintensität über die Pulsfrequenz

Die moderne Trainingslehre zeigt, dass zur Erzielung eines gewünschten Trainingseffektes eine Belastung von ausreichender Dauer und Intensität nötig ist. Die Intensität lässt sich am zuverlässigsten über die Pulsfrequenz kontrollieren, welche während einer vorgeschriebenen Dauer bestimmte Grenzwerte nicht unterschreiten oder übersteigen soll. So ist es zum Beispiel erwiesen, dass beim Fitnesstraining innert weniger Wochen ein Zuwachs an Leistungsvermögen und maximaler Sauerstoffaufnahmefähigkeit um 10 bis 15 Prozent erfolgt, wenn dreimal pro Woche während 15 Minuten mit einer Pulsfrequenz trainiert wird, welche 80 Prozent des altersabhängigen, individuellen Maximums entspricht.

Die Kombination der elektronischen Steuerung des Rollensystems mit der telemetrischen Pulsfrequenzmessung ermöglicht beim *Trainomat 2000* eine automatische Dosierung der Trainingsintensität durch die Pulsfrequenz. In Schalterstellung «Automatik» kann statt der Wattleistung die gewünschte Pulsfrequenz vorgewählt werden und der Rollenwiderstand wird dann durch die Elektronik stufenweise so lange verändert, bis die gewünschte Pulsfrequenz erreicht ist. Die momentane Leistung wird bei dieser Betriebsart im rechten Anzeigefeld dauernd in Watt sichtbar gemacht. Sobald der gewünschte Pulsfrequenz-Bereich erreicht ist, beginnt auch die Uhr für die Erfassung der Trainingsdauer und der Trainingseinheiten zu laufen. Bleiben schliesslich Pulsfrequenz und Leistung während 3 Minuten konstant, wird automatisch das maximale Sauerstoffaufnahmevermögen in ml/min × kg Körpergewicht angezeigt.

Die automatische Nachregelung der Leistung an der Wirbelstrombremse erfolgt in Stufen von

20 Watt alle 30 Sekunden, bis die momentane Pulsfrequenz um plus oder minus 6 Schläge/min vom vorgewählten Wert abweicht. Beträgt die Abweichung weniger als 6 Schläge/min, erfolgt die Nachregelung in Stufen von 10 Watt und zwar so lange, bis ein Toleranzbereich von plus oder minus 2 Schlägen/min um die vorgewählte Frequenz erreicht ist. In der Praxis funktioniert das Regelungssystem sehr gut und mit dem *Trainomat 2000* wird somit dem Radfahrer erstmals ein System zum automatisch kontrollierten Training im optimalen Intensitätsbereich angeboten.

6. Erprobung im leistungsphysiologischen Laboratorium

Die rein physikalische Abstimmung des Systems und seiner Steuerelektronik erfolgt bei der Herstellerfirma. Dort wurden mit Hilfe eines Simulators auch die Zusammenhänge zwischen Körpergewicht des Radfahrers, Reifendruck und Reibungswiderstand am Rollensystem erarbeitet, indem der Antrieb am Tretlager des Fahrrades von einem Elektromotor übernommen wurde, dessen Leistung an einem Wattmeter abgelesen werden kann. Mit der Prüfung im leistungsphysiologischen Laboratorium sollte eruiert werden, wie genau die Messungen am Menschen bei Verwendung des *Trainomat 2000* im Vergleich mit einem anerkannten Laborergometer übereinstimmen.

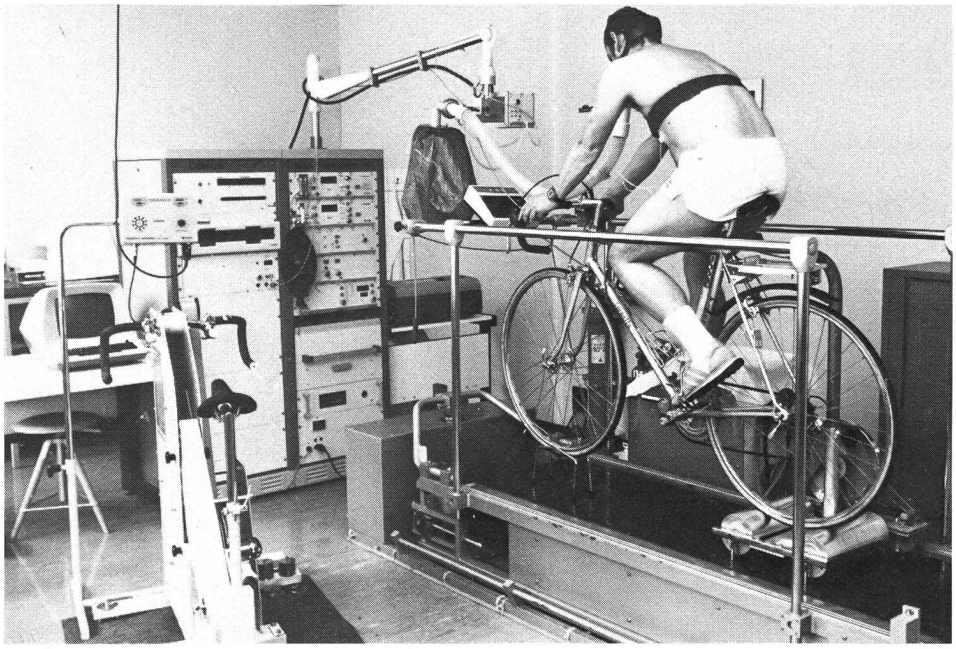

Abb. 4: Ergospirometrie auf dem *Trainomat 2000.*

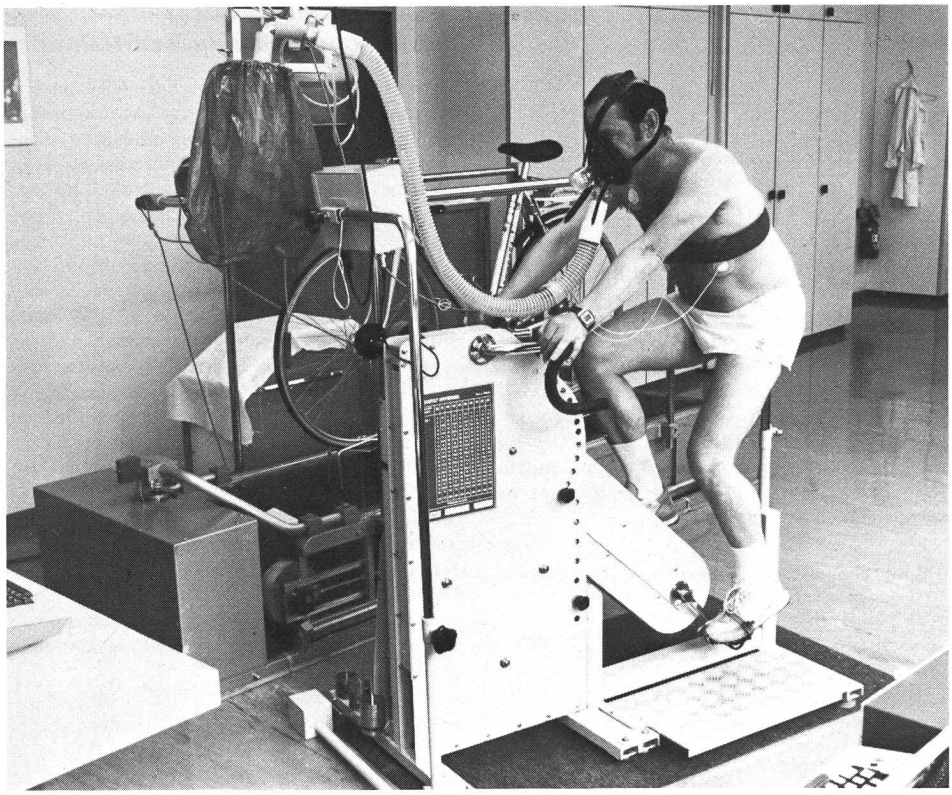

Abb. 3: Ergospirometrie auf dem Laborergometer (*Ergostat* nach Prof. Fleisch).

6.1 Einsatz als Ergometer

Die Versuchspersonen wurden auf dem mechanisch gebremsten *Ergostat* je 5 Minuten bei verschiedenen Belastungsintensitäten zwischen 90 und 360 Watt belastet, wobei die Umdrehungszahl der Pedalen 70 oder 90 pro Minute betrug. Die gleichen Personen wurden bei gleich hohen Belastungsintensitäten und gleicher Pedalumdrehungszahl auf einem Rennfahrrad mit dem System *Trainomat 2000* getestet. Als biologische Messgrössen wurden mit Hilfe des Spirometriesystems *Pneumotest* die momentane Sauerstoffaufnahme und die Herzfrequenz gemessen (Abbildungen 3 und 4). Nachdem bei den ersten Versuchen eine sehr genaue Übereinstimmung zwischen Sauerstoffaufnahme und Herzfrequenz festgestellt worden war, konnte für die weiteren Messungen auf die aufwendige Ermittlung der Sauerstoffaufnahme verzichtet werden.

Aus Abbildung 5 auf der nächsten Seite geht hervor, dass die bei gleich hoher Belastungsintensität am *Ergostat* und mit dem *Trainomat 2000* ermittelten Herzfrequenzen gut übereinstimmen (Korrelationskoeffizient $r = 0.91$), so-

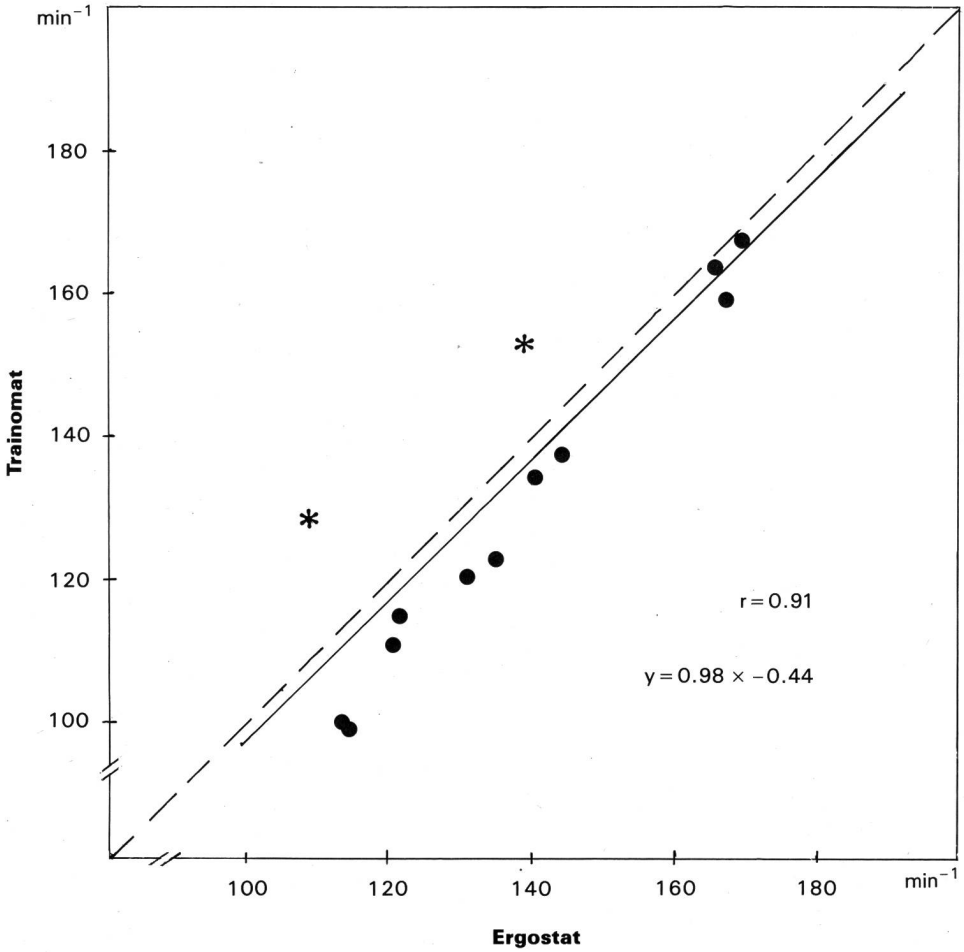

Abb. 5: Herzfrequenzen verschiedener Versuchspersonen bei Belastungen mit 90 bis 360 Watt auf dem *Ergostat* und auf dem System *Trainomat*
(Punkte = Rennrad, Sterne = Halbrenner, ausgezogene Linie = Regressionsgerade, gestrichelte Linie = ideale Übereinstimmung zwischen *Ergostat* und *Trainomat*).

fern für die Messungen ein Rennrad verwendet wird. Bei Verwendung eines sogenannten Halbrenners mit Schlauch und schmalem Reifen resultiert dagegen bei der Belastung am *Trainomat* im Vergleich mit dem Laborergometer eine etwas höhere Herzfrequenz. Die mittlere Abweichung der mit dem *Ergostat* und mit dem *Trainomat* ermittelten Herzfrequenzen liegt mit 2 Prozent noch in der Fehlergrenze der Methode. Bei der Belastungsprüfung mit Rennrädern fällt auf, dass die Übereinstimmung mit dem Laborergometer um so besser wird, je höher die gewählte Belastung ist. Dies mag unter Umständen damit zusammenhängen, dass vor allem im niedrigen Intensitätsbereich der Radfahrer auf seinem gewohnten Rennrad ökonomischer arbeitet als auf dem für ihn fremden Laborergometer.

Aus der folgenden Tabelle geht hervor, dass die Extrapolation des maximalen Sauerstoffaufnahmevermögens ($\dot{V}_{O_2}$max.) mit Hilfe des *Trainomat 2000* sowohl für einen Hobbysportler wie für einen Radrennfahrer Werte ergibt, welche sehr nahe an den mit Hilfe der Spirometrie ermittelten Messwerten liegen.

Leistung (Watt)	Herzfrequenz (min^{-1})	$\dot{V}_{O_2}$max. extrapoliert (ml/min × kg)	$\dot{V}_{O_2}$max. gemessen (ml/min × kg)
Hobbysportler 42 J./63 kg			
196	155	53	47
Radrennfahrer 26 J./73 kg			
360	162	83	84

6.2 Pulsfrequenz-gesteuertes Training

Beim automatischen Betrieb wird nach Vorwahl einer für das Dauerleistungstraining geeigneten Herzfrequenz die zur Erzielung dieser Herzfrequenz benötigte Wattleistung innerhalb etwa 3 Minuten erreicht. Es empfiehlt sich, zu Beginn des Trainings eine Aufwärmphase einzuschalten, für welche die Herzfrequenz nicht zu hoch gewählt wird. Nach Ablauf einiger Minuten kann darauf die für das eigentliche Training gewünschte Pulsfrequenz auf dem Tastenfeld des Steuergerätes eingestellt werden und die Leistung an der Wirbelstrombremse wird dann automatisch innert kurzer Zeit nachgeregelt.

Zusammenfassende Beurteilung

Mit dem *Trainomat 2000* ist neu ein System geschaffen worden, welches vor allem dem Radfahrer unter Verwendung seines eigenen Fahrrades unabhängig von der Witterung ein exakt dosiertes Training und ausserdem die Durchführung regelmässiger ergometrischer Leistungskontrollen ermöglicht. Die Vorteile gegenüber konventionellen Ergometern liegen in der Verwendbarkeit des auf den Körperbau des Fahrers abgestimmten eigenen Fahrrades und in der auch von Laien durchführbaren Messung des maximalen Sauerstoffaufnahmevermögens als Kriterium für den Ausdauerleistungszustand. Einzigartig ist im Vergleich mit anderen Ergometern oder Rollensystemen die Möglichkeit der automatischen Trainingsdosierung über die momentane Pulsfrequenz des Fahrers. Mit dem *Trainomat 2000* steht somit dem Radsportler, seinen Betreuern und dem Sportarzt ein optimales System zur Messung der physiologischen Leistungskapazität einerseits und zu einem nach wissenschaftlichen Kriterien dosierten, witterungsunabhängigen Training andererseits zur Verfügung.

Anschrift des Verfassers:
Dr. med. H. Howald
Leiter des Forschungsinstituts der ETS
2532 Magglingen