

## *Durchführung und Auswertung (PWC 130, 150, 170; max)*

*Dr. Theodor Stemper, Diplom-Sportlehrer*

### **1. Warum fahrradergometrische Tests?**

Es gibt verschiedene Möglichkeiten die *körperliche Leistungsfähigkeit* festzustellen. Grundlage aller Verfahren ist die *Ergometrie (Belastungsuntersuchung / Belastungstest)*. Mit Hilfe dieser Belastungstests soll eine Aussage über die Qualität (Güte) bzw. Ausprägung der körperlichen Leistungsfähigkeit, besonders des Herz-Kreislauf-Systems, ermöglicht werden.

Dazu wird unter einer möglichst klar vorgegebenen Belastung das Verhalten physiologischer Werte (z.B. Herzfrequenz / Puls, Blutdruck oder Laktat) untersucht. Auf dem Fahrradergometer wird solch eine Belastung ausgedrückt in Watt, auf dem Laufband in km/h.

Im *Leistungs- und Hochleistungssport* werden mehr oder weniger *aufwendige Verfahren* eingesetzt, um die Leistungsfähigkeit der jeweiligen Sportler unter den speziellen Bedingungen ihrer Sportart zu beurteilen. So werden etwa Läufer auf dem Laufband oder der Laufbahn, Schwimmer im Schwimmkanal oder im Schwimmbad, Kanuten im Sitzen am Drehkurbelergometer oder im Wildwasserkanal und Radfahrer auf dem (Renn-)Fahrradergometer oder der Radrennbahn getestet - je nach vorrangiger Belastung in der entsprechenden Sportart.

Neben den üblichen Herz-Kreislauf-(Atmungs-)Werten Herzfrequenz, Blutdruck und Sauerstoffaufnahme werden seit den 70er Jahren dabei auch immer eine Reihe von Blutwerten, wie Laktat (Milchsäure), Ammoniak und Harnsäure, bestimmt.

Im *Fitness-, Gesundheits- oder Breitensport* kann man sich dagegen mit einigen *einfachen Tests, allen voran einfachen Tests auf dem Fahrradergometer*, begnügen. Mit ihrer Hilfe ist eine annähernd genaue Aussage über den Ist-Zustand der körperlichen Leistungsfähigkeit, speziell des Herz-Kreislauf-Systems, möglich. Zusätzlich läßt sich durch wiederholte Tests die mögliche trainingsbedingte Leistungsverbesserung bestimmen.

## 2. Die Fahrradergometrie im Sitzen

Im Fitnessbereich ist mittlerweile die *Fahrradergometrie im Sitzen* am weitesten verbreitet. Andere Testvarianten, wie Kniebeuge-Tests, Steptests (3 Minuten lang auf eine Stufe hinauf- und heruntersteigen) oder Walk-Tests haben sich dagegen wegen der ungenaueren Aussage nicht durchgesetzt.

Für die Durchführung der Fahrradergometrie hat es im Laufe der Jahre in der Sport- und Arbeitsmedizin eine Reihe unterschiedlicher Vorschläge gegeben. Je nach "ergometrischer Schule" wurden z.B. die Eingangsbelastung in Watt, die Belastungsdauer pro Belastungsstufe in Minuten sowie die Gesamtbelastungszeit variiert. So finden sich Vorschläge für Belastungszeiten zwischen 1 und 6 Minuten pro Stufe und Angaben zur Gesamtbelastung zwischen 3 und 30 Minuten.

Für den *Fitnessbereich* haben sich aber unter praktischen Gesichtspunkten nur 2 Testschemata bewährt (siehe auch unten Abschnitt 2.2):

- *WHO-Schema* (Welt-Gesundheits(Health)-Organisation: 25-Watt-Standard-Test) für Personen mit vermutlich geringer Leistungsfähigkeit
- *BAL-Schema* (Bundes-Ausschuß-Leistungssport: 50-Watt-Schema) für vermutlich leistungsstarke, sportliche Personen.

Beide Verfahren erfüllen die praktischen Anforderungen zur Prüfung der körperlichen Leistungsfähigkeit:

- möglichst hohe Aussagekraft,
- möglichst geringer Zeitaufwand und
- möglichst universelle Einsetzbarkeit

in ausreichendem Maße, wengleich sie im Vergleich zu den Spezial-Tests aus dem Leistungssport natürlich etwas ungenauer sind.

Die im folgenden näher beschriebenen fahrradergometrischen Tests werden auch als *PWC-Tests* bezeichnet, denn der englische Begriff für *körperliche Leistungsfähigkeit* lautet *Physical Working Capacity*, abgekürzt *PWC*.

### 2.1. Test-Vorbereitung

Vor der Durchführung des Belastungstests auf dem Fahrradergometer sollten einige "Sicherheitsabfragen" erfolgen, um die Testperson besser einschätzen zu können und um Überbelastungen auszuschließen. Beschränkt man sich auf das Wesentliche, so sollten in einem Gespräch folgende Fragen geklärt werden (Abb. 1).

In jedem Fall gilt als Faustregel:

*"Lieber einen Test zu wenig als einen zu viel durchführen!"*

In Zweifelsfällen sollte man sich daher nicht scheuen, ärztlichen Rat einzuholen, bevor man gesundheitlich eventuell gefährdete Personen einem Belastungstest aussetzt. Die Krankenkassen bieten übrigens seit einigen Jahren den sog. "Check-ab 35" an, der Versicherten alle 2 Jahre einen Gesundheitstest bei Ihrem Hausarzt gestattet.

Wenn Sie eine der folgenden Fragen mit *JA* beantworten müssen, sollten Sie vor Durchführung eines Tests bzw. vor Aufnahme eines Trainings Ihren Arzt konsultieren.

1. Sind Sie älter als 35 Jahre und länger als 6 Monate körperlich bzw. sportlich inaktiv?
2. Sind Sie starker Raucher (> 15 Zigaretten pro Tag)?
3. Haben Sie eine Herz-Kreislauf-Erkrankung? Sind bei ihren Eltern bereits Herz-Kreislauf-Erkrankungen aufgetreten?
4. Haben Sie erhöhten Blutdruck, der regelmäßig über 160/90 mm Hg liegt? (Dieser Wert sollte vor dem Test auch gemessen werden; ggf. Messung ein- bis zweimal wiederholen)
5. Liegt Ihr Ruhepuls (morgens vor dem Aufstehen) über 90 Schlägen/Minute?
6. Sind Sie öfter kurzatmig oder liegt bei Ihnen eine Atemwegserkrankung vor?
7. Fühlen Sie sich, vor allem bei geringen Belastungen, öfters unwohl, z.B. Schwindel, Schmerzen in der Brust, Abgespanntheit?
8. Nehmen Sie regelmäßig Herz-Kreislauf-Medikamente (bes. Beta-Blocker)?

Abb. 1: Gesundheitsfragen vor einem Belastungstest

## 2.2. Test-Durchführung

### 2.2.1 Testgeräte

Da die Herzfrequenz und die Ergometerbelastung die Grundlage für die Durchführung und Auswertung des Tests darstellen, versteht es sich von selbst, daß zu ihrer Bestimmung exakte Meßsysteme erforderlich sind. Am besten sind elektronisch gesteuerte Ergometer mit integrierten Pulsmeßsystemen mit Brustgurt auf EKG-Basis (POLAR) geeignet.

### 2.2.2 Sitz- und Lenkerposition

Vor Beginn des Tests sollte die Testperson so auf das Fahrrad gesetzt werden, daß in der unteren Kurbelposition das Bein nicht ganz durchgestreckt ist.

Der Lenker sollte mit etwa 45° vorgebeugtem Oberkörper bequem zu erreichen sein. Sportliche Testpersonen sollten den Lenker im Vergleich zur Sattelhöhe niedriger einstellen.

### 2.2.3 Test-Schema

Die Wahl des *Testschemas* (WHO- oder BAL-Schema) richtet sich nach der vermuteten Leistungsfähigkeit der Testperson.

- Bei leistungsschwächeren Personen:  
Beginn mit 25 Watt,  
Steigerung der Belastung stufenweise um 25 Watt alle 2 Minuten.  
(bei sehr leistungsschwachen Personen sind auch Steigerungen um 15 Watt möglich)
- Leistungsstarke, sportliche Personen (vorwiegend Männer):  
Beginn mit 50 Watt  
(bei sehr leistungsstarken Personen kann man auch mit 100 / 150 Watt beginnen)  
Steigerung der Belastung um 50 Watt alle 3 Minuten.

## 2.2.4 Belastungsende

Die Belastung wird bei diesen Tests in der Regel bis zu einer vorher festgelegten Herzfrequenz (Pulsschlagzahl) allmählich gesteigert. Die *Herzfrequenz* gibt dann an, welche Variante des Tests durchgeführt wurde, z.B. PWC 150 (= Leistungsfähigkeit bei Puls 150).

Grundsätzlich läßt sich ein fahrradergometrischer Test *maximal, also bis zur Erschöpfung* der Testperson, oder *submaximal, also bis zu einer annähernd erschöpfenden Belastung*, durchführen.

Im Fitnessbereich wird der Test nur in seltenen Fällen - bei sportlichen, jungen Personen - *maximal*, sonst aber nur *bis zum Erreichen submaximaler Belastungen* durchgeführt. Damit vermeidet man extreme körperliche Belastungen - die mögliche Aussage zur Leistungsfähigkeit ist dennoch ausreichend genau.

Um festzulegen, wann maximale oder submaximale Belastungen erreicht sind, orientiert man sich in der Praxis an der Herzfrequenz (Puls). Da die Herzfrequenz im Laufe des Lebens abnimmt, lassen sich die maximale und submaximale Herzfrequenz annähernd genau durch die folgenden Formeln berechnen:

$$\begin{aligned} Hf \text{ max.} &= 220 - \text{Lebensalter in Jahren,} \\ Hf \text{ submax.} &= 170 - \frac{1}{2} \text{ Lebensalter in Jahren.} \end{aligned}$$

Ein 50jähriger ist demnach bei etwa  $220 - 50 = 170$  Herzschlägen ausbelastet und bei etwa  $170 - 22,5 = 147,5$  Schlägen submaximal belastet.

Um nicht für jedes Alter die entsprechende Herzfrequenz ausrechnen zu müssen - und jeweils neue Vergleichswerte heranzuziehen, hat es sich bewährt, lediglich 3 Varianten des PWC-Tests zu benutzen, mit denen man annähernd exakt den jeweils submaximalen Bereich für die verschiedenen Altersgruppen trifft:

|   |               |
|---|---------------|
| Für Personen < 30 Jahre (auch Leistungsstärkere < 40 Jahre) | PWC 170 (max) |
| Für Personen zwischen 31 und 50 Jahren                      | PWC 150       |
| Für Personen > 50 Jahre (Leistungsschwache > 40 Jahre)      | PWC 130.      |

Dabei bedeutet z.B. *PWC 150*, daß die Belastung so lange gesteigert wird, bis in einer Belastungsstufe der *Zielpulswert (Herzfrequenz) von 150* überschritten wird.

Die Stufe, in der der Zielpuls überschritten wird, wird bis zum Ende des Belastungs-Intervalls absolviert. Der dann tatsächlich erreichte Pulswert wird im Protokoll (Abb. 2) eingetragen; erst danach wird die Belastung beendet.

Dazu wird das Gerät abgeschaltet, bzw. es wird die geringstmögliche Belastung eingestellt. Damit soll die Testperson noch 1 Minute Zeit zur "Abkühlung / Cool-down" bzw. zur Beruhigung der Körperfunktionen haben. Auch der Pulswert am Ende dieser 1. Minute nach Belastung, sowie die beiden nächsten Werte, 3 und 5 Minuten nach Belastungsende (Erholungspuls), sollten noch im Test-Protokoll vermerkt werden.

Neben dieser Standard-Empfehlung ist bei der Durchführung des Tests jedoch immer darauf zu achten, daß die Testperson sich nicht überlastet. Daher muß der Testleiter während der gesamten Testdauer anwesend sein, die Testperson beobachten und die Herzfrequenz- und Blutdruckwerte regelmäßig kontrollieren. Bei ungewöhnlichen oder unerwarteten Reaktionen, wie

- Unwohlsein der Testperson (Schwindel, starke Müdigkeit, Erschöpfung),
- stark abfallende Herzfrequenz,
- stark absinkender Blutdruck,
- zu schnell steigender Blutdruck (über 200 mm Hg bevor 200 Watt - Lebensalter erreicht wurden)

sollte man den *Test sofort abbrechen*, d.h. das Gerät ausschalten und die Testperson nach kurzem "Ausradeln" vom Gerät holen. Allerdings kommt es zu solchen Zwischenfällen bei sorgfältiger Vorbereitung nur äußerst selten - nach medizinischen Untersuchungen etwa im Verhältnis von 1 : 50.000.

### 2.2.5 Test-Protokoll für PWC-Test

Kurz vor Ende eines jeden Belastungs-Intervalls wird jeweils die dazugehörige, gemessene Herzfrequenz (u.U. auch der Blutdruck) in einem Test-Protokoll (Abb. 2) eingetragen.

|              |                      |               |             |                   |            |
|--------------|----------------------|---------------|-------------|-------------------|------------|
| <b>Name:</b> | <b>SCHIEFLER</b>     | <b>Sabine</b> | <b>(w)</b>  | <b>Testdatum:</b> | 17.11.1994 |
| geb.:        | 5.10.1971            | Größe (cm):   | 174         | Gewicht (kg):     | 62         |
|              | <b>Zeit</b>          | <b>Watt</b>   | <b>Puls</b> | <b>Blutdruck</b>  |            |
|              | Ausgang              | ---           | 84          | 120 / 80          |            |
|              | 2 Min.               | 25            | 96          | 130 / 80          |            |
|              | 4 Min.               | 50            | 105         | 130 / 80          |            |
|              | 6 Min.               | 75            | 118         | 140 / 90          |            |
|              | 8 Min.               | 100           | 131         | 150 / 90          |            |
|              | 10 Min.              | 125           | 146         | 170 / 80          |            |
|              | 12 Min.              | 150           | 163         | 180 / 80          |            |
|              | 14 Min.              | 175           | 180         | 180 / 90          |            |
|              | 16 Min.              | 200           | 193         | 190 / 80          |            |
|              | 1 Min.nach Belastung | ---           | 169         | 140 / 70          |            |
|              | 3 Min.nach Belastung | ---           | 145         | 140 / 80          |            |
|              | 5 Min.nach Belastung | ---           | 127         | 130 / 80          |            |

Abb. 2: Test-Protokoll für PWC-Test

## 2.3. Test-Auswertung

Nach der *Test-Durchführung* werden zur *Test-Auswertung* Herzfrequenz und Wattleistung beim PWC-Test zueinander in Beziehung gesetzt.

Besonders der Puls-, bzw. Herzfrequenz-Bereich zwischen 100 und 170/180 Schlägen pro Minute ist bedeutsam, da in dieser Zone der Puls mit der Belastung linear ansteigt. Das bedeutet, daß sich in diesem Bereich bei steigender Belastung (erhöhte Wattzahl) auch der Puls (Herzschlagzahl) entsprechend erhöht.

Die Höhe der Pulssteigerung, bzw. der "Puls-Sprünge" bei der jeweils nächsten Belastungs-Stufe, gibt Auskunft über die Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislauf-Systems.

Je schneller der Puls während des Tests ansteigt, umso schlechter ist die Testperson trainiert. Denn dann muß sich das Kreislaufsystem bereits bei geringen Belastungen enorm "anstrengen", und die Testperson ist schon frühzeitig erschöpft. Steigt der Puls dagegen während des Belastungstests jeweils von Stufe zu Stufe nur langsam an, so deutet das auf einen besseren Trainingszustand hin. Eine solche Testperson kann dann mehr Belastungsstufen bewältigen, bevor sie ihren Zielpuls, z.B: 150 oder 170, erreicht - sie ist also leistungsfähiger.

*Grundsätzlich gilt demnach:*

*je schneller der Puls bei vergleichbaren Belastungen steigt, umso schwächer ist die Herz-Kreislauf-Leistungsfähigkeit;  
je langsamer der Puls steigt, umso größer die Leistungsfähigkeit.*

### 2.3.1. "Geschätzte Auswertung" aus dem Protokoll

Die Test-Auswertung läßt sich zum einen aufgrund des angefertigten Protokolls durchführen. Allerdings kommt es nur in seltenen Fällen zu dem "Glücksfall", daß am Ende einer Belastungsstufe genau der Zielpuls erreicht wird, so daß die Leistung auf dieser Stufe der gesuchten Leistung beim Zielpuls entspricht. Meistens muß man jedoch die gesuchte Leistung bei der gewählten Zielpulsfrequenz aus dem Protokoll überschlagsweise "schätzen".

Für die PWC 170-Leistung im obigen Testprotokoll ist das der Fall. Daher muß man aus den beiden Stufen, die dem Zielpuls am nächsten liegen, die Leistung beim Zielpuls "einschätzen".

Für das vorliegende Test-Protokoll (Abb. 2) lauten die beiden nächsten Werte: Puls 1 = 163 Schläge / min. bei 150 Watt und Puls 2 = 180 Schläge / Min. bei 175 Watt. Der Puls 170 liegt in etwa zwischen den beiden Werten, jedoch etwas näher an 163, wie der folgende Ausschnitt zeigt.

| Zeit    | Watt | Puls | Blutdruck |
|---------|------|------|-----------|
| 12 Min. | 150  | 163  | 180 / 80  |
| 14 Min. | 175  | 180  | 180 / 90  |

Daher ist auch die Leistung in Watt zwischen den beiden zugehörigen Watt-Werten 150 und 175, jedoch etwas näher in Richtung der 150-Watt-Leistung bei Puls 163, zu suchen. Die "geschätzte Leistung" bei Puls 170 beträgt demnach ca. 160 Watt (vgl. Abb. 4 unten).

### 2.3.2 Auswertung durch Berechnung mit Formel

Natürlich gibt es auch eine exakte Formel, um die Leistung genau zu berechnen. Mit ihrer Hilfe berechnet man, wieviel Leistung zu der Stufe unter dem Zielpuls noch hinzugerechnet werden muß, um auf die Zielpuls-Leistung zu kommen. Die Formel basiert auf derselben Überlegung wie die "Schätzung" und lautet:

$$\text{gesuchte PWC-Leistung bei Zielpuls } P = W_1 + (W_2 - W_1) \times \frac{(P - P_1)}{(P_2 - P_1)}$$

Dabei ist P die gesuchte bzw. angestrebte Herzfrequenz (Zielpuls) - in unserem Beispiel 170.

Die Kürzel W 1 und W 2 stehen für Wattleistungen, P 1 und P 2 für Pulswerte. Dabei bedeutet die Ziffer 1 die Werte unter dem Zielpuls, die Ziffer 2 die Werte über dem Zielpuls.

Setzt man die Zahlen aus unserem Beispiel in die Formel ein, so ergibt sich:

$$\text{PWC-Leistung 170} = 150 \text{ Watt} + (175 - 150) \times \frac{(170 - 163)}{(180 - 163)}$$

$$\text{PWC-Leistung 170} = 150 \text{ Watt} + 25 \times \frac{7}{17}$$

Zuerst muß das Produkt berechnet werden ("Punkt- vor Strichrechnung").

Für  $25 \times 7 / 17$  errechnet sich ein Wert von 10,29.

Diesen Wert muß man zu 150 Watt hinzuzählen, so daß man als Ergebnis erhält:

$$\begin{aligned} \text{PWC-Leistung 170} &= 150 \text{ Watt} + 10,29 \\ &= 160,29 \text{ Watt.} \end{aligned}$$

Wie man sieht, weicht dieser "berechnete" Wert (160,29 Watt) kaum von dem "geschätzten" Wert (160 Watt) ab. Erfahrene Test-Auswerter können daher auf die umständliche Berechnung getrost verzichten. Als Alternative bietet sich auch die Verwendung eines Computer-Programms (z.B. *TL-Check*) an.

### 2.3.3 Grafische Auswertung

Ähnliche Ergebnisse wie mit "Schätzung" und "Berechnung" erhält man auch mit der grafischen Auswertung, die zudem sehr anschaulich das Pulsverhalten unter Belastung darstellen kann. Dazu trägt man die gemessenen Werte auf Millimeter-Pa-

pier auf und erhält das folgende Bild (Abb. 3). Zieht man dann eine horizontale Verbindungslinie vom Zielpuls (z.B. 170) auf die *Herzfrequenz-Leistungs-Kurve*, und fällt anschließend vom Schnittpunkt dieser Linien eine senkrechte Linie auf die untere Achse, so erhält man als Ergebnis wiederum ca. 160 Watt.

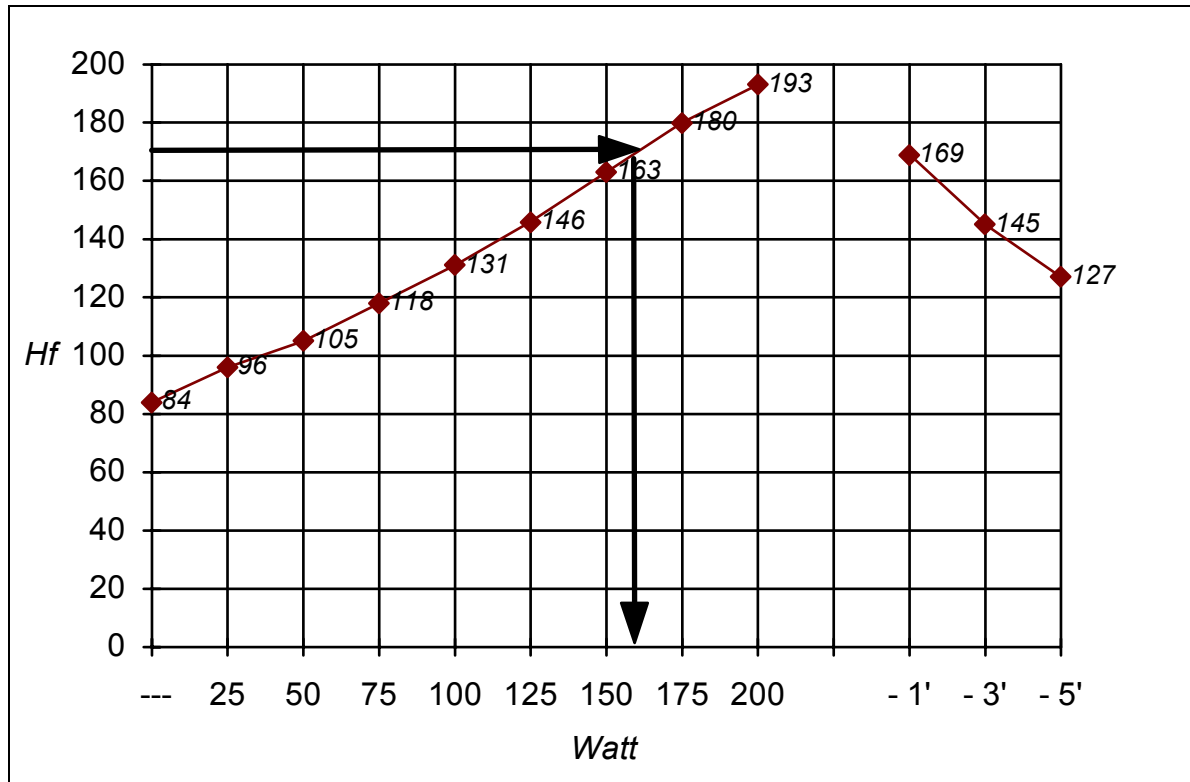


Abb. 3: PWC-Test: Beispiel für die grafische Auswertung der absoluten Leistung bei Puls 170 (ca. 160 Watt)

## 2.2.4 Relative und absolute Leistung

Dieses Auswertungs-Verfahren muß abschließend noch um einen entscheidenden Punkt ergänzt werden: Die Beurteilung der Leistungsfähigkeit auf dem Fahrradergometer erfolgt *relativ*, d.h. *abhängig vom Körpergewicht*.

Das bedeutet, daß die beim Zielpuls erreichte *absolute Leistung in Watt* noch *durch das Körpergewicht geteilt werden muß*. Damit erhält man dann die maßgebliche *relative Leistung in Watt / kg Körpergewicht*. Dieses Verfahren ist erforderlich, da die absolute Leistungsfähigkeit eines großen, schweren Menschen selbstverständlich größer ist als die eines kleinen, leichten, so daß nur die relative Leistung einen Vergleich aller Personen ermöglicht.

Die Testperson in unserem Beispiel, die lediglich 62 kg wiegt, hat folglich bei der absoluten Leistung von 160 Watt, die sie bei ihrem Zielpuls von 170 Schlägen / Min. erreichte, eine *relative Leistungsfähigkeit* von:

$$160 \text{ Watt} / 62 \text{ kg} = 2,58 \text{ Watt} / \text{kg},$$

Würde dagegen eine Person mit 100 kg Körpergewicht die gleiche absolute Leistung von 160 Watt erreichen, so wäre die relative Leistung lediglich:



$$160 \text{ Watt} / 100 \text{ kg} = 1,6 \text{ Watt} / \text{kg}$$

und damit offensichtlich um einiges geringer als bei unserer Testperson. Um dagegen die gleiche Leistungsfähigkeit wie unsere Testperson zu erreichen, müßte die 100 kg-Person den gleichen relativen Wert, d.h. in diesem Fall das 2,58fache seines Körpergewichts, also absolut 258 Watt bei Puls 170, leisten.

## 2.4. Test-Bewertung (Interpretation)

### 2.4.1 Leistungsfähigkeit

Durch tausende von Untersuchungen sind im Laufe der letzten 30 Jahre Vergleichswerte ermittelt worden. Damit läßt sich die Leistungsfähigkeit der Testperson bestimmen, indem das gemessene Pulsverhalten im Vergleich zur erreichten relativen Leistung in Watt /kg Körpergewicht beurteilt wird (Abb. 4).

Wie aus der folgenden Abbildung (Abb. 4 unten) hervorgeht, sind die *submaximalen Normwerte vom erreichten Zielpuls und vom Geschlecht, nicht aber vom Lebensalter abhängig*. Das heißt, daß die Werte bei gleichem Zielpuls (z.B. 170) für alle Altersgruppen gleich sind. Es gelten lediglich für Frauen im Vergleich zu Männern niedrigere Normwerte, da sie im Verhältnis zum Körpergewicht eine um ca. 15-20% geringere Muskelmasse aufweisen.

Die *maximalen Werte sind dagegen alters- und geschlechtsabhängig*. Die angegebenen Normwerte gelten daher nur für junge Erwachsene bis zum 30. Lebensjahr - ältere Personen erhalten einen Bonus (Männer 1%, Frauen 0,8% / Jahr > 30 Jahre), der dem natürlichen Leistungsrückgang im Alter Rechnung trägt.

Dieser Sachverhalt ist erfahrungsgemäß nicht leicht zu verstehen, denn warum sollte dieser Altersbonus bei submaximalen Leistungen nicht gelten?

Die Antwort darauf lautet: Es war ein zufälliger Befund, daß die Leistung bei gleichen submaximalen Pulswerten in den verschiedenen Altersgruppen gleich war.

Als Erklärung dafür kommt der bereits angesprochene Tatbestand in Frage, daß die erreichbare Herzfrequenz im Alternsgang abnimmt. Puls 150 bedeutet demnach für einen 20jährigen eine geringe, für einen 40jährigen eine submaximale, einen 60jährigen jedoch eine fast maximale Belastung. "Zufällig" waren die Testergebnisse für die hohe Belastung des 60jährigen, die mittlere des 40jährigen und die geringe des 20jährigen gleich. Bei gleichem Puls werden also unterschiedliche Ausbelastungen erreicht - daher auch die Empfehlung, altersabhängig den Zielpuls (130, 150, 170) zu wählen.

Da die Normwerte für die 3 PWC-Test-Varianten so praktikabel sind - es gibt nur immer jeweils einen Normbereich für Frauen und Männer - hat diese Test-Variante der submaximalen PWC-Tests eine solch große Verbreitung gefunden.

Die folgende Abbildung (Abb. 4) verdeutlicht, wie der oben erwähnte PWC 170-Test ausgewertet werden könnte. Der Vollständigkeit halber sind alle Varianten des PWC-Tests (130, 150, 170, maximale Ausbelastung) ausgewertet. Normalerweise reichte für diese Testperson (Jahrgang 1971, d.h. 23 Jahre) der PWC 170-Test.

|              |                  |               |  |                   |  |
|--------------|------------------|---------------|--|-------------------|--|
| <b>Name:</b> | <b>SCHIEFLER</b> | <b>Sabine</b> | <b>(w)</b>   | <b>Testdatum:</b> | 17.11.1994                             |
| geb.:        | 5.10.1971        | Größe (cm):   | 174  | Gewicht (kg):     | 62                                     |
| <b>Zeit</b>  | <b>Watt</b>      | <b>Puls</b>   | <b>Auswertung</b><br>(Test-Ergebnis)                       |                   | <b>Bewertung</b><br>(s. Tabelle unten) |
| Ausgang      | ---              | 84            |  |                   |  |
| 2 Min.       | 25               | 96            |  |                   |  |
| 4 Min.       | 50               | 105           |  |                   |  |
| 6 Min.       | 75               | 118           |  |                   |  |
| 8 Min.       | 100              | 131           |  |                   |  |
| 10 Min.      | 125              | 146           |  |                   |  |
| 12 Min.      | 150              | 163           | <b>PWC 150 = 2,10 Watt/kg:</b><br>(= ca. 130 Watt / 62 kg) |                   | +; da > 2,0<br>"gut"                   |
| 14 Min.      | 175              | 180           | <b>PWC 170 = 2,58 Watt/kg:</b><br>(= ca. 160 Watt / 62 kg) |                   | +(+); da > 2,4<br>"gut "               |
| 16 Min.      | 200              | 193           | <b>PWCmax = 3,23 Watt/kg:</b><br>(= 200 Watt / 62 kg)      |                   | +(+); da > 3,0<br>"gut"                |
|              |                  |               |  |                   |  |
| 1 Min.nach   | ---              | 169           |  |                   |  |
| 3 Min.nach   | ---              | 145           |  |                   |  |
| 5 Min.nach   | ---              | 127           |  |                   |  |

| TEST      |   | Bewertungsnormen (Watt / kg) |             |     |     |     | Spezial. |
|-----------|---|------------------------------|-------------|-----|-----|-----|----------|
|           |   | -                            | Ø<br>(Norm) | +   | ++  | +++ |          |
| PWC 130   | m | 1,1                          | <b>1,5</b>  | 1,9 | 2,4 | 2,9 |          |
|           | w | 1,0                          | <b>1,3</b>  | 1,6 | 2,0 | 2,5 |          |
| PWC 150   | m | 1,5                          | <b>2,0</b>  | 2,5 | 3,0 | 3,5 |          |
|           | w | 1,2                          | <b>1,6</b>  | 2,0 | 2,4 | 2,9 |          |
| PWC 170   | m | 2,0                          | <b>2,5</b>  | 3,0 | 3,5 | 4,0 |          |
|           | w | 1,6                          | <b>2,0</b>  | 2,4 | 2,9 | 3,4 |          |
| PWC max * | m | 2,5                          | <b>3,0</b>  | 3,5 | 4,1 | 4,6 | > 6,2    |
|           | w | 2,1                          | <b>2,6</b>  | 3,0 | 3,5 | 3,8 | > 5,4    |

\* NB: für PWCmax bei Männern: -1% / Jahr > 30 Jahre; bei Frauen: -0,8% / Jahr

Abb. 4: Auswertung und Normwerte für den PWC-Test

Die im Beispiel untersuchte Testperson hat im Vergleich zu den Normwerten eine gute Leistungsfähigkeit. Die erreichten relativen Werte liegen jeweils knapp über der +-Leistung. Dabei ist anzumerken, daß sich das vorgeschlagene Normensystem auf gesunde, untrainierte Personen bezieht, die maximal 1 Stunde pro Woche sportlich aktiv sind. Gute Leistungsfähigkeit bedeutet daher lediglich: "gut im Vergleich zu wenig trainierten Normalpersonen".

Man sollte daher beachten, daß gute leistungssportliche Werte in dem Bewertungsschema erst bei +++ beginnen, und Spezialisten noch weitaus höhere Werte erzielen!

## 2.4.2 Blutdruck

Die Bewertung des Blutdruckverhaltens ist vorwiegend während der Testdurchführung nötig. Dabei kann man sich auf die Beurteilung des oberen, systolischen Wertes beschränken, da der untere, diastolische Wert mit dem üblichen indirekten Verfahren nach RIVA-ROCCI (Auskultation) zu niedrig gemessen wird.

Für den *systolischen Wert* gilt die Faustregel, daß ein Blutdruck von 200 mm Hg erst auf einer Belastungsstufe von 200 Watt - Lebensalter in Jahren erreicht werden sollte. Ein 30jähriger sollte einen Druck von 200 mm Hg also erst bei 170 Watt, ein 60jähriger bei 140 Watt erreichen. Werden diese Werte vorher bereits deutlich überschritten, so sollte der Test beendet und ein Arzt konsultiert werden.

## 2.4.3 Erholungspuls

Häufig wird zusätzlich zur Bewertung der Leistung beim Zielpuls auch das Pulsverhalten nach Belastungsende (sog. "Erholungspuls") bewertet. Die Bewertung bezieht sich auf den Rückgang der Herzfrequenz 1, 3 oder 5 Minuten nach Belastung (vgl. Abb. 5).

| Rückgang der Herzfrequenz (Puls) | Bewertung     |
|----------------------------------|---------------|
| unter 20                         | schlecht      |
| 20-30                            | mäßig         |
| 30-35                            | ausreichend   |
| 35-45                            | gut           |
| 45-50                            | sehr gut      |
| über 50                          | ausgezeichnet |

Abb. 5: Bewertung des Erholungspulses 5 Minuten nach submaximaler Belastung

Die entsprechenden Vorschläge zur Bewertung des Erholungspulses sollten jedoch nur mit Zurückhaltung verwendet werden. Denn gerade in Test-Situationen kommt es oft zu zahlreichen Störungen, die vor allem die Ausgangs- und Erholungspulsfrequenz erhöhen können. Dadurch kommt es zu ungewöhnlich hohen Werten, die eine objektive Beurteilung erschweren.

Entscheidend für die Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit bleibt daher die Herzfrequenz-Leistungskurve unter Belastung.

## 2.5 Mögliche Trainingsempfehlungen

Im Idealfall sollte nach Durchführung des PWC-Tests nicht nur die Beurteilung der Leistungsfähigkeit (IST-Zustand) erfolgen, sondern es sollten auch Hinweise zur Verbesserung oder Erhaltung der Leistungsfähigkeit gegeben werden (Trainings-

empfehlung). Ein einfaches Modell zeigt die folgende Abbildung (Abb. 6). In Abhängigkeit vom jeweiligen Testergebnis legt es die Belastungsnormative

- Belastungsintensität
- Belastungsdauer
- Belastungshäufigkeit pro Woche

für das Training auf dem Fahrradergometer fest. Da die Vorschläge im wesentlichen das Ausdauertraining nach der *Dauer*methode vorsehen, erübrigen sich Angaben zur Belastungsdichte (Pausendauer = 0) und zum Belastungsumfang (hier = -dauer).

| <b>PWC-Test-Ergebnis</b> | <b>empfohlener Programm-Typ</b>                        | <b>Intensität (Puls) *</b>        | <b>Dauer</b>                           | <b>Häufigkeit / Woche</b> |
|--------------------------|--|-----------------------------------|--|---------------------------|
| < -                      | <i>Aufbau</i>  | ca. 160 - Alter                   | < 10 ' (ggf. 3 x 3 min.; 1 min. Pause) | 2                         |
| - bis Ø                  | <i>Minimal</i>   | ca. 160 - Alter                   | 10-20 '                                | 2-3                       |
| Ø bis +                  | <i>Mittel</i>  | ca. 170 - Alter                   | 20-30 '                                | 2-3                       |
| + bis ++                 | <i>Optimal</i>   | ca. 180 - Alter bis 170 - ½ Alter | > 30 '                                 | 3-5                       |
| > ++                     | <i>"Spezial"</i> (z.B. nach Laktat- oder Conconi-Test) | individuell (meist > 150)         | > 45 '                                 | 4-6                       |

\* (1) Für Frauen grundsätzlich ca. 5-10 Schläge höher

(2) Bei Trainingsziel "Fettabbau" jeweils ca. 10 Schl./min. geringer

(3) Beim Laufen ca. 5-7 Schläge höher

Abb. 6: CARDIO-Fitness: Trainingsempfehlung RAD-Training nach PWC-Test

Anhand des vorgeschlagenen Schemas (Abb. 6) lassen sich schnell Trainingsempfehlungen ableiten. Liegt die Leistung im PWC-Test, wie in unserem Beispiel beim PWC 170, etwa im Bereich + (gut) bis ++ (sehr gut), so empfiehlt sich ein sog. "Optimal-Programm". Es umfaßt eine Belastungs-Intensität von ca. 180 - Alter (bzw. max. 170 - ½ Alter), einer jeweiligen Belastungsdauer von 30-45 Minuten und einer Trainingshäufigkeit von 3-4 (5) Mal pro Woche.

Nach etwa 8-10 Wochen sollte dann ein Wiederholungs-Test durchgeführt werden, um zu kontrollieren, daß das empfohlene Trainingsprogramm zu den gewünschten Effekten geführt hat.

Selbstverständlich sind auch andere Trainingsvorschläge denkbar. Legt die Testperson zum Beispiel Wert auf ein abwechslungsreiches Programm mit dem Hauptziel "Fettabbau", so läßt sich besonders vorteilhaft ein Kombi-Programm zusammenstellen, in dem in Form des Circuittrainings abwechselnd Übungen an Fitness- und an Cardio-Geräten (Stepper, Ruder-Gerät, Fahrrad-Ergometer) absolviert werden. Der Phantasie sind nur durch die Belastungsnormative, also die Trainingsmethode, nicht aber bezüglich der Inhalte Grenzen gesetzt.

#### Literaturempfehlungen:

ROST, R, H. HECK, W. HOLLMANN: Die Fahrradergometrie in der Praxis. Broschüre der BAYER AG

---

STEMPER, Th.: Gesundheit - Fitness - Freizeitsport. Bund-Verlag, Köln 1988 (zu beziehen über SSV-Verlag, Hamburg)