

DIE ERGOMETRIE

Unter einer *Ergometrie* versteht man einen zu Diagnosezwecken stufenförmig ansteigenden körperlichen Belastungstest auf einem dafür geeigneten und geeichten Testgerät, einem sog. *Ergometer*. Für den Laien geläufiger ist der Begriff „Belastungs-EKG“, da eine Ergometrie in der Regel unter EKG-Kontrolle erfolgt. Das EKG (= Elektro-Kardiogramm) zeichnet die Herzstromkurve auf.

In der Praxis wird meist das Fahrradergometer verwendet, seltener das Laufbandergometer. Im Hochleistungssport kommen noch andere (sportartspezifische) Ergometer zur Anwendung.

Die Ergometrie wird nach einem Stufenprotokoll durchgeführt, wobei dieses frei programmierbar ist. Vorgegeben werden die Stufendauer (in Minuten) und die Belastungssteigerung pro Stufe (beim Fahrradergometer in Watt, beim Laufbandergometer in km/h).

Das in Österreich gängige Stufenprotokoll der Fahrradergometrie beginnt mit einer Belastung von 25 oder 50 Watt mit einer Laststeigerung von 25 Watt alle 2 Minuten. Dies ist das übliche WHO-Protokoll, das bei PatientInnen zur Anwendung kommt.

Im (Leistungs-)Sport sollte jedoch eine längere Stufendauer (4 Minuten) gewählt werden, um dem Herz-Kreislauf-System und dem Muskelstoffwechsel ein Fließgleichgewicht (steady state) auf jeder Stufe zu ermöglichen.

Ein rasches Einstellen eines solches Fließgleichgewichts, erkennbar am schnellen Erreichen eines Plateaus der Herzfrequenz, spricht prinzipiell für einen guten Trainingszustand. In diesem Fall wird die der Belastung entsprechende Herzfrequenz rasch (innerhalb einer Minute) erreicht und dann konstant gehalten.

Mit zunehmender Belastung dauert es immer länger, bis der "Erfordernispuls" erreicht wird und ab einer gewissen Intensität (einer bestimmten Wattstufe auf dem Fahrradergometer bzw. einer bestimmten Bandgeschwindigkeit auf dem Laufbandergometer) ist es nicht mehr möglich, innerhalb der Stufendauer ein Plateau der Herzfrequenz zu erreichen. Das ist ein Zeichen dafür, dass die Belastung bereits über der sog. "Dauerleistungsgrenze" liegt und vorwiegend anaerob, d.h. unter "Sauerstoff-Schuld" erbracht werden muss.

Je später dieser Zustand erreicht wird, desto höher ist die Ausdauer-Leistungsfähigkeit.

Der Test sollte immer bis zur objektiven Ausbelastung, sprich Ausbelastung des Herz-Kreislauf-Systems, erfolgen, was bei guter Motivation der Testperson ihrer subjektiven "Erschöpfung" entspricht. Zu diesem Zeitpunkt ist die Übersäuerung der Beinmuskulatur durch die zunehmende "Milchsäure"konzentration (in Wirklichkeit sind es Protonen, die die Azidose bewirken) aufgrund des anaeroben Zuckerabbaus so weit fortgeschritten, dass die intensive Muskelarbeit nicht mehr möglich ist, und die Belastung abgebrochen werden muss. Im Sportlerjargon heißt das "blau sein". [siehe [DIE MUSKULÄRE ENERGIEBEREITSTELLUNG IM SPORT](#)]

Bei mangelnder Motivation und vorzeitigem Abbruch der Belastung ist die Ergometrie nur bedingt verwertbar. Abbruchkriterien von Seiten des Arztes sind selten.

Je länger ein Proband imstande ist, die stufenförmig ansteigende Belastung zu bewältigen, desto größer ist seine Ausdauerleistungsfähigkeit.

Folgende Parameter werden bei der Ergometrie kontrolliert bzw. ermittelt:

1. Die (maximale) Leistungsfähigkeit (PWC = physical work capacity):
auf dem Fahrrad in Watt, auf dem Laufband in km/h (evtl. zusammen mit der Steigung in %)
 - a) absolut (maximale Wattleistung, Watt pro kg Körpergewicht bzw. max. Laufgeschwindigkeit)
 - b) relativ in Prozent eines mittels Körperoberfläche und Alter ermittelten Sollwertes, der der Durchschnittsleistung gesunder Probanden entspricht (= 100%).
2. Die Herz-Kreislauf-Parameter Herzfrequenz (online) und Blutdruck (am Ende jeder Belastungsstufe).
3. Die Herzstromkurve mittels EKG.



Ein gezieltes Ausdauertraining sollte immer über die Herzfrequenz gesteuert werden. Es ist aber ungenau, wenn man sich im Training nach Formeln oder Tabellen richtet, wie man sie z.B. in Fitnessstudios vorfindet (z.B. 180 minus Lebensalter). Es ist zwar richtig, sich an der maximalen Herzfrequenz zu orientieren, jedoch entspricht diese oft nicht der Formel "220 minus Alter". Prinzipiell ist zu sagen, dass jeder Mensch seine individuelle "Pulskurve" hat, die mittels einer Ergometrie bis zur objektiven Ausbelastung ermittelt werden kann (oder selbst mittels Pulsuhr und einer kurzzeitigen Belastung bis zur subjektiven "Erschöpfung").

[siehe DIE [RICHTIGE BELASTUNGSINTENSITÄT BEIM AUSDAUERTRAINING](#)]

Abgesehen davon wird bei unterschiedlichen Sportarten je nach Ausmaß des Muskeleinsatzes eine unterschiedlich hohe maximale Herzfrequenz erreicht (z.B. beim Laufen um ca. 10 höher als beim Radfahren). [siehe [SINN UND GRENZEN EINES PULSGESTEUERTEN AUSDAUERTRAININGS](#)]

Während bei gesunden Testpersonen und Sportlern die Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung durch Ermittlung der optimalen Trainings-Herzfrequenzen im Vordergrund stehen [im Leistungssport besteht weiters die Möglichkeit der Atemgasanalyse mittels der sog. *Spiroergometrie* zur Erfassung weiterer Parameter wie der Sauerstoffaufnahme (VO_2 , VO_{2max}), der Ventilation (Liter Atemluft pro Minute), des respiratorischen Quotienten (RQ), des Atemäquivalentes, des Sauerstoffpulses usw., mit denen in Verbindung mit der Laktatanalyse (Bestimmung der "Milchsäure"konzentration im Blut) die *individuelle anaerobe Schwelle* ermittelt werden kann [siehe [DIE RICHTIGE BELASTUNGSINTENSITÄT BEIM AUSDAUERTRAINING](#)], sind für Patienten mit Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems in erster Linie Punkt 2 und 3 von Bedeutung.

So dient das Blutdruckverhalten unter Belastung einerseits zur Diagnosesicherung bzw. Diagnosestellung eines Bluthochdrucks, der sich nicht selten erst bei geringgradiger körperlicher Belastung (Alltagsbelastungen!) zeigt, andererseits zur Überprüfung der Wirksamkeit einer medikamentösen Blutdruckeinstellung. [siehe [BLUTHOCHDRUCK...](#)]

Die laufende Kontrolle der Herzstromkurve (EKG) dient zur Erfassung von Rhythmusstörungen und vor allem zur Erkennung eines durch Herzkranzgefäßverengung auf dem Boden einer Koronarsklerose mangelndurchbluteten Herzmuskels, der aufgrund des damit verbundenen Sauerstoffmangels meist zu typischen Beschwerden führt (*Angina pectoris*, wörtlich übersetzt "Brustenge"). Jeder Muskel, der mangelndurchblutet wird, schmerzt (klassisches Beispiel: zu enger Schischuh), so auch der Herzmuskel (Koronare Herzkrankheit, KHK)

Bleibt der Patient trotz Sauerstoff-unterversorgtem Herzmuskel beschwerdefrei, spricht man von "stummer Ischämie" (Ischämie = Blutleere eines Gewebes). In diesem Fall ist die Ergometrie besonders wichtig, da sonst die Herzinfarktgefahr nicht fassbar ist.

Nicht nur bei SportlerInnen ist eine genaue Leistungsdiagnostik mit optimaler Trainingssteuerung wichtig. Auch bei Patienten mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen sollte mit Hilfe der Ergometrie ein individuell "dosiertes" Kreislauftraining quasi als "Medikament" verordnet werden. Körperliche Inaktivität stellt nämlich den vermutlich größten kardiovaskulären Risikofaktor unserer Zeit dar [siehe [DIE PRÄVENTIVMEDIZINISCHE BEDEUTUNG KÖRPERLICHER AKTIVITÄT...](#)]. Dabei wird - wie auch im Leistungssport - die Belastungsintensität (die "Dosis") über die Herzfrequenz gesteuert.

Abgesehen vom Wohlbefinden durch körperliches Fitsein ("Wellness") und der Notwendigkeit körperlicher Aktivität zum Abbau von Übergewicht (Reduktion von Körperfett) hilft regelmäßiges Ausdauertraining einen Bluthochdruck zu senken [siehe [BLUTHOCHDRUCK...](#)], den Cholesterin- und vor allem Blutzuckerstoffwechsel günstig zu beeinflussen (wie auch Krafttraining, siehe [METABOLISCHE EFFEKTE KÖRPERLICHER AKTIVITÄT](#)) sowie eine vorhandene Herzinsuffizienz ("Herzschwäche") zu bessern.

Dr. Kurt A. Moosburger
www.dr-moosburger.at

Innsbruck, im Februar 1999 (überarbeitet im August 2004)