Was ist steady state?

Autor(en): **Schönholzer, G.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **24 (1967)**

Heft 4

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-995037

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

Forschung—Training—Wettkampf

LEHRBEILAGE DER ETS-FACHZEITSCHRIFT FÜR DEN WETTKAMPFSPORT

2.1967.4

Was ist steady state?

Prof. G. Schönholzer, Magglingen

Der Ausdruck «steady state» ist heute sehr geläufig und erscheint in jedem Gespräch über Sportphysiologie. Er stammt aus der englischen wissenschaftlichen Sprache – englische Gelehrte haben sich sehr frühzeitig mit Arbeits- und Leistungsphysiologie befasst – und bedeutet zunächst «gleichmässiger Zustand». Ein deutscher, gleichbedeutender Ausdruck hat sich nie eingebürgert. Am nächsten würde das Wort «Gleichgewicht» oder «Gleichgewichtszustand» liegen.

Der allgemein gültige Begriff steady state hat seine Bedeutung nicht nur in der Sportphysiologie, sondern wird auch auf andern Gebieten verwendet, dann, wenn es sich darum handelt, einen Vorgang zu charakterisieren, der im Gleichgewicht zwischen verschiedenen Einflüssen verläuft.

Auch in der Physiologie wird der Begriff nicht nur im speziellen Sinn gebraucht wie dies gewöhnlich angenommen wird.

Zur Erklärung folgendes:

Befindet sich der menschliche Organismus im Ruhezustand so weist er einen gewissen Stoffwechsel auf – den Ruheumsatz – das heisst, er setzt eine gewisse Menge Energie unter Einsatz seiner Vorräte an Zucker und Fett um. Er benötigt dabei eine gewisse Menge Sauerstoff und scheidet eine entsprechende Menge Kohlensäure und andere Abfallstoffe aus. Die gewonnene Energie wird zum Betrieb des Herzens, des Kreislaufs, der Atmung und der inneren Organe – kurz zur Unterhaltung der Lebensvorgänge verwendet. Der Ruhezustand stellt also auch einen gewissen «steady state» dar; der Ausdruck wird jedoch in diesem Zusammenhang nicht gebraucht.

Wird nun der Organismus zur Arbeit gezwungen, steigt sein Energieumsatz im selben Mass an, wie er mechanische Arbeit leisten muss. In gleicher Weise werden zahlreiche Funktionen angekurbelt, wobei wir einmal als Beispiele für die folgenden Ausführungen die Sauerstoffaufnahme, die Kohlensäureabgabe und die Pulsfrequenz herausgreifen wollen.

Fortbewegungsorgan ist die Muskulatur; einzig sie kann Kraft liefern. In ihr hat die Natur dem Warmblüter – wie immer in technisch nicht nachahmbarer Genialität – einen Motor geschenkt, der sowohl in der Lage ist, seine absolute Maximalkraft innerhalb Bruchteilen von Sekunden zur Verfügung zu stellen (rohe Kraft), aber auch für Leistungen von aussergewöhnlicher Dauer tauglich ist. Eine Energiegewinnung basiert auf Verbrennungsprozessen (Oxydation) unter Verbrauch von Sauerstoff, der seinerseits durch das komplizierte Atmungs-Kreislaufsystem herbeigeschafft werden muss, was nicht ohne Zeitverlust möglich ist. Um ihr Ziel, die sofortige Einsatzfähigkeit der maximalen Kraft zu erreichen, hat die Natur im Muskel eine zweite, sofort bereit stehende Möglichkeit der Energiegewinnung vorgeschaltet, die ohne Sauerstoff funktioniert (anaërober Stoffwechsel), die jedoch zu Endprodukten führt, deren Ansammlung der Organismus nur bis zu einer gewissen Grenze ertragen kann. Es ist hauptsächlich Milchsäure, die anschliessend wieder entfernt und verbrannt werden muss. Der Körper geht eine Sauerstoffschuld ein, die er aber früher oder später abtragen muss.

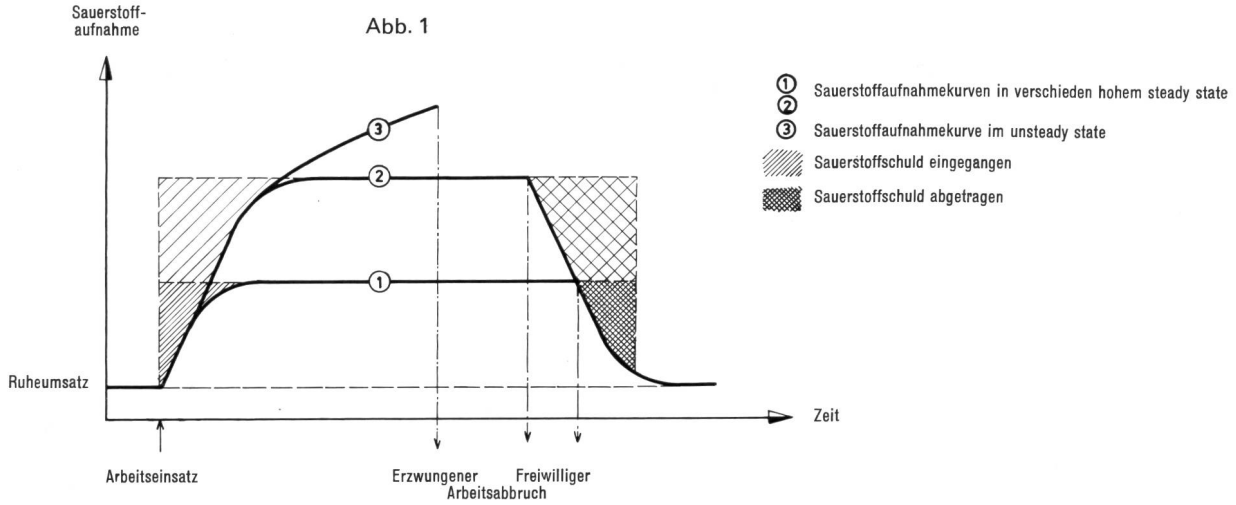
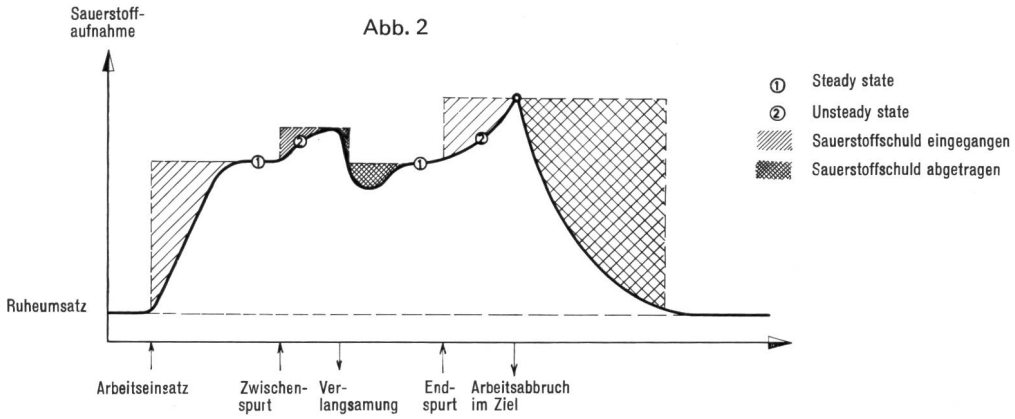
Jede Arbeit wird vom Organismus vorerst unter Eingehen einer mehr oder weniger grossen Sauerstoffschuld begonnen. Nach einer gewissen Zeit stellt sich der Körper jedoch dann auf einen Zustand ein, in dem wohl noch eine gewisse Sauerstoffschuld bis zum Ende der Arbeit mitgeschleppt wird, in dem aber die Energieausgabe für die Leistung und die dafür nötigen Stoffwechselprozesse im Gleichgewicht sind. Die Leistung geht nicht mehr auf das «Schuldenkonto», sondern die «Bilanz» ist ausgeglichen. Insbesondere sind die Sauerstoffaufnahme, wie auch die Kohlensäureabgabe konstant und auch die Pulsfrequenz steigt nicht mehr an. Der Körper ist im steady state, wobei von einem Sauerstoff- oder Puls-steady state gesprochen wird. Die Verhältnisse gehen kurvenmässig aus der Abbildung 1 hervor.

Wird nun die Arbeitsintensität gesteigert, erreicht die Sauerstoffaufnahme, die selbstverständlich vorerst immer grösser wird, eine Grenze, die nicht mehr überschritten werden kann. Sie ist beim gesunden, jüngeren Menschen durch die vorhandene maximale Herzkraft (Herz-Minutenvolumen) gegeben. Eine weitere Steigerung muss also zwangsmässig zu einem Anstieg der Sauerstoffschuld führen, was wieder nur bis zu einer gewissen Grenze möglich ist, bevor es zum Abbruch der Arbeit kommen muss. Dieser erfolgt unter Zeichen grosser Atemnot (Reizung des Atemzentrums durch die Milchsäure) und des «Nichtmehrkönnens». Sobald die Leistung so gross ist, dass sich die Sauerstoffschuld ständig vermehrt, nachdem natürlich das maximale Sauerstoffaufnahmevermögen ausgenützt wurde, ist der Gleichgewichtszustand gestört, der Körper gleitet in den unsteady state, womit seine Möglichkeiten bald erschöpft sind. Ein gutes Durchstehvermögen hat derjenige, der diesen Zustand einer grossen und zunehmenden Sauerstoffschuld möglichst lang ertragen kann, eine Eigenschaft, die von den chemischen Blutverhältnissen, aber auch vom Willen abhängig und der trainierbar ist.

Ein Sauerstoff-steady state kann sich nun natürlich auf verschiedener Höhe einstellen (s. Abb. 1). Je mehr Sauerstoff ein Mensch zum Beispiel während eines Laufs aufnehmen kann, um so mehr Energie kann er aus seinen Reserven in äussere Leistung umsetzen, d.h. um so schneller kann er in einer gegebenen Zeit laufen, bzw. in um so kürzerer Zeit eine gegebene Strecke durchmessen. Handelt es sich um Strecken von 800 m an aufwärts, kann er es sich aber nicht leisten, den steady state längere Zeit zu verlassen, da er sonst auf der Strecke «stirbt». Je höher also die Sauerstoffaufnahme sein kann, ohne dass das Gleichgewicht verlassen werden muss, um so besser ist die Dauerleistungsfähigkeit.

Aus dem Gesagten geht für das Problem der Leistungstests hervor, dass zur Erfassung der Dauerleistungsfähigkeit, d.h. der Potenz des Herz-Kreislaufapparates, eine Messung im steady state unerlässlich ist. Ein solcher wird aber, individuell verschieden, erst nach einer Arbeit von 2–5 Minuten Dauer erreicht. Das hat zur Folge, dass eine Testbelastung, sollen die Ergeb-

nisse stichhaltig sein, 4 besser 5 Minuten dauern muss. Andernfalls besteht die Gefahr, dass lediglich vegetativ-nervöse Umstellungsvorgänge oder allenfalls das Stehvermögen getestet werden. Ersteres ist zum Beispiel durch Pulskontrollen nach einigen Kniebeugen der Fall.

In der Sportpraxis, z.B. bei einem 5000-m-Lauf, entspricht die Situation prinzipiell durchaus dem Gesagten, ist aber im Einzelnen etwas komplizierter. Der Läufer in guter Konkurrenz wird nur durchschnittlich im steady state laufen, ihn jedoch nicht über die ganze Strecke gleichmässig einhalten. Er wird zu Zwischenspurts gezwungen und kann oder muss sich an andern Stellen entsprechende Reserven auferlegen, um die im Zwischenspurt im vorübergehenden Ungleichgewicht angestiegene Sauerstoffschuld wieder zu normalisieren. Er muss ferner wissen, wann und wie intensiv er seinen Endspurt ansetzen darf, um am Ziel nicht im steady state (unausgelaufen), aber auch nicht in vorzeitig zu grosser Sauerstoffschuld (abgeschlagen, «gestorben») anzukommen, sondern mit möglichst maximaler Sauerstoffschuld, also unter Ausnützung seines ganzen Stehvermögens. Seine Sauerstoffaufnahmekurve wird also vielleicht verlaufen wie in Abbildung 2 gezeichnet. Zum Schluss sei kurz erwähnt, dass bei hohen Leistungen und vorwiegend bei schlechtem Trainingszustand der Übergang von der anfänglichen Sauerstoffschuld zum steady state mit Beschwerden verbunden sein kann, die wir als toten Punkt oder tote Zone bezeichnen. Ist das Gleichgewicht dann gefunden, wird dies als sehr angenehme Befreiung – second wind – empfunden.

Die Grundlage der Dauerleistungsfähigkeit, nämlich die möglichst langdauernde Einhaltung eines möglichst hoch gelegenen steady states ist die Leistungsfähigkeit des Herzkreislaufsystems; sie ist durch Dauerbelastungen oder Intervallbelastungen trainierbar.