



Titel: pushing-limits.de

HYCYS Advisor #1

Der menschliche Motor

Wann ist ein Athlet fit? Wenn er schnell ist, ausdauernd, viel Watt aufs Pedal bringt? Nun, Fitsein ist sicherlich eine Frage des individuellen Anspruchs und der jeweiligen sportlichen Ziele und damit Definitions-sache. Es gibt aber auch ein sportwissenschaftliches Maß dafür: die Leistungsfähigkeit. Hier erfahrt ihr, wie Leistung entsteht, was dafür notwendig ist und wie sie sich steigern lässt.

HYCYS Advisor #1

Keine Leistung ohne Training

Wer seine Leistung steigern möchte, sollte dies strukturiert tun; das heißt, kein Sporttreiben nach Lust und Laune, sondern ein sinnvoller und geplanter Wechsel aus Be- und Entlastung über mehrere Wochen, Monate oder gar Jahre, der darauf abzielt, die körpereigenen Systeme in Bestform zu bringen. Ein solches strukturiertes Training verbessert die Eckpfeiler sportlicher Leistungsfähigkeit, die da sind: Ernährung, Bewegungsökonomie (wie effizient bewegt sich ein Sportler) und Physiologie. Letztere beschreibt bestimmte Abläufe im Körper und ist maßgeblich daran beteiligt, dass Leistung überhaupt entstehen kann. Schauen wir uns deshalb die Physiologie einmal genauer an.

Leistungsfähigkeit und Energieumsatz Die Leistung als wichtigste Kenngröße

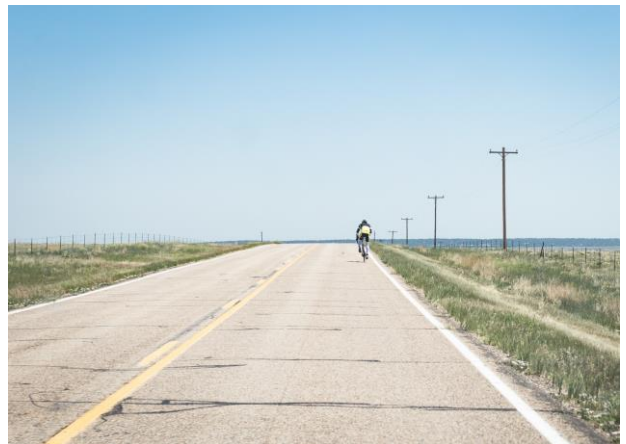
Im Triathlon, Langstreckenlauf und Radsport geht es, banal ausgedrückt, darum, so schnell wie möglich von A (dem Start) nach B (dem Ziel) zu kommen. Damit das gelingt, muss der Athlet in der Lage sein, über diese vorgegebene Strecke eine möglichst hohe Leistung aufrechtzuerhalten. Das Training sollte also darauf abzielen, ihn genau dazu zu befähigen.

Was aber ist Leistung überhaupt?

Radsportler sind ihr vielleicht schon in Form von Wattzahlen begegnet. Denn Powermeter gießen diese doch recht abstrakte Kenngröße in mittlerweile ziemlich brauchbare Zahlen auf dem Display. Schwieriger ist es, die Leistung im Laufen oder Schwimmen zu erfassen. Denn im Gegensatz zum Radfahren, wo sich der Bewegungsablauf sogar auf den Millimeter genau beschreiben lässt, ist er bei den anderen beiden Disziplinen nicht so stringent vorgegeben.

Auf dem Bike sitzt der Sportler in einem bestimmten Winkel zur Kurbel auf dem Sattel, ist mit Fuß und Schuh in einem Pedal eingeklickt und bewegt die Kurbel mit einem vor-

definierten Kurbelarm dauerhaft über 360 Grad mit einer entsprechenden Umdrehungsgeschwindigkeit.



Beim Laufen und Schwimmen kann die Bewegungskörperausführung deutlich mehr variieren, was wiederum die Effizienz, mit der diese ausgeführt wird, beeinflusst.

Lässt sich die Leistung dann trotzdem bestimmen? Wann ist sie gut, wann ausbaufähig und wie lässt sie sich verbessern? Um diese Fragen zu beantworten, müssen wir zunächst verstehen, wie Leistung entsteht. Um Leistung zu definieren, gibt es eine physikalische Formel, die manche vielleicht noch aus dem Schulunterricht kennen:

Leistung ist der Quotient aus aufgewendeter Arbeit oder Energie pro Zeiteinheit oder

allerdings nur langsam und aufwendig in Energie umgewandelt werden.

$$P = W/t$$



Oder auf den Sport umgemünzt: Je mehr Energie der Athlet umsetzen kann, desto höher ist seine Leistungsfähigkeit.

Das heißt, die erbrachte Leistung eines Athleten ist das Ergebnis seines Energieumsatzes über einen definierten Zeitraum. Diese Energie kommt dabei aus unterschiedlichen Quellen, die sich gezielt steuern und anpassen lassen, um die Leistungsfähigkeit zu beeinflussen.

Die Quellen des Energieumsatzes Kohlenhydrate – schnell aber „endlich“

Dem Radfahrer, Langstreckenläufer oder Triathleten stehen bei sportlicher Belastung zwei Hauptenergiequellen zur Verfügung: Kohlenhydrate und Fette. Diese unterscheiden sich in ihren Haupteigenschaften grundsätzlich.

Kohlenhydrate sind in der Energiebereitstellung schnell verfügbar, leider aber nur in geringer Speicherkapazität im Körper vorhanden. Fette hingegen stehen in nahezu unbegrenzter Form zur Verfügung, können

„Mit steigender Belastungsintensität nimmt die Notwendigkeit der Kohlenhydrate exponentiell zu“

Kohlenhydrate sind als Glykogen in der Muskulatur eingelagert, der Athlet kann sie exogen, zum Beispiel in Form von Riegeln, Gels oder Sportgetränken zuführen. Sie liefern die benötigte Energie zwar schnell, mit steigender Belastungsintensität nimmt die Notwendigkeit der Kohlenhydrate allerdings auch exponentiell zu.

Das wäre kein Problem, wären nicht sowohl die körpereigenen Speicher (ca. 400-600 g, je nach Körperkonstitution) als auch die Aufnahmekapazität beziehungsweise Resorptionsrate pro Stunde (1-1,2 g pro kg Körpergewicht) begrenzt.

Deshalb lassen sich selbst kürzere Rennformate im Ausdauersport nicht allein mit Kohlenhydraten als Energielieferant bestreiten, da dafür:

- Unsere körpereigenen Speicher nicht ausreichen
- Nicht genügend Kohlenhydrate im Vergleich zum notwendigen Verbrauch von uns aufgenommen werden können
- Eine übermäßige Kohlenhydrataufnahme nötig wäre, die unseren Magen-Darm-Trakt überfordern würde
- Die Form der Energiebereitstellung klar abgegrenzt sein müsste, in der Realität aber immer unterschiedliche Systeme beteiligt sind.

Die „unendlichen“ Fettreserven und ihre Limitation

Die Speicher für körpereigene Fette sind hingegen riesig oder nahezu „unendlich“. Schauen wir uns exemplarisch einen Athleten mit 70 kg Körpergewicht und einem Körperfettanteil von 15 % an. Dieser hat demnach eine Körperfettmasse von 10,5 kg, wovon jedes Kilogramm einen Energiegehalt von circa 9.000 Kilokalorien aufweist (1 g Fett = ca. 9 kcal).

Unser Sportler hat also 94.500 kcal an Bord. Selbst im austrainierten Zustand, in dem er weiterhin circa 7 % Fettanteil haben sollte, stünden ihm immer noch 50.000 kcal rein für die Energiebereitstellung zur Verfügung.

Würde die Energiebereitstellung rein aus Fetten erfolgen, würde diese Menge den Sportler, grob gerechnet, dazu befähigen, circa 10 bis 15 Marathons allein mit diesen Fettreserven als Energielieferant zu laufen.

Soweit die Theorie. In der Praxis ist die Rechnung leider nicht so simpel, denn um die körpereigenen Fette zu verstoffwechseln, sind zwei elementare Dinge zu beachten: Zum einen sollte der Energiestoffwechsel erst einmal so trainiert sein, dass man sich diese „unendliche“ Quelle zunutze machen kann.

Zum anderen ist der Aufwand, den der Körper betreiben muss, um die Fette zur Energiegewinnung zu nutzen, so groß, dass andere limitierende Faktoren (z. B. Mineralstoffmangel, verminderte motorische Ansteuerung der Arbeitsmuskulatur, neuronale Ermüdung) auftreten, bevor die Körperfettreserven auch nur annähernd ausgeschöpft sind.

Fette sind demnach eine sehr wichtige Energiequelle und sollten speziell für längere, niedrig- bis moderat-intensive Belastungen die Hauptquelle sein. Weil sie aber nicht so schnell und unkompliziert verfügbar sind wie Kohlenhydrate, bleibt die Energiebereitstellung bis zu einer gewissen Intensität eine Mischkalkulation.



Die Energiebereitstellung Der Mensch ist ein Hybrid

Schafft man es in der Automobilindustrie erst seit wenigen Jahrzehnten, sinnvolle Hybrid-Modelle zu bauen, ist der Mensch bereits von Geburt an mit einem Hybrid-Motor ausgestattet. Damit nicht genug: Ist das Auto meist auf zwei Systeme limitiert (Benzin und Strom), hat der Mensch sogar drei, um Energie in Vortrieb umzuwandeln:

- das alaktazide,
- das laktazide und
- das aerobe System



Foto: sportgraf.de

Dabei unterscheiden sich diese Systeme deutlich in ihrer Leistungsfähigkeit und Kapazität, haben aber gemein, dass sie ATP bereitstellen und sogar resynthetisieren können. ATP, oder auch Adenosin triphosphat, ist notwendig, damit ein Muskel kontrahieren, d. h. sich zusammenziehen, kann. Ohne Muskelkontraktionen keine Fortbewegung. Schauen wir uns deshalb die drei Vortriebsmotoren einmal genauer an.

Die energieliefernden Systeme

Das alaktazide System

Das alaktazide System basiert auf der Umwandlung energiereicher Phosphate, ist mit Abstand das leistungsfähigste System und agiert extrem schnell. Bei einem einzelnen

Sprung oder innerhalb der ersten Sekunden eines Sprintstarts ist das alaktazide System das entscheidende. Allerdings sind die energiereichen Phosphate extrem limitiert. Bereits nach wenigen Sekunden maximal intensiver Belastung reduzieren sie sich so deutlich, dass die Belastung verringert werden muss. Aus diesem Grund lässt sich der Peak in einer Sprintleistung nicht länger als maximal fünf Sekunden aufrechterhalten.

„Beim laktaziden System wandelt der Körper ohne Zuhilfenahme von Sauerstoff ausgehend von seinen Speichern Glykogen in Laktat um.“

Da das alaktazide System zwar höchst leistungsfähig aber auch derart eingeschränkt ist, zieht der Mensch bei hohen Belastungen ein weiteres System zu Hilfe: das laktazide System. Dieses ist zwar weniger leistungsfähig, besticht aber durch eine deutlich längere Halbwertszeit. Beim laktaziden System wandelt der Körper ohne Zuhilfenahme von Sauerstoff (anaerob) ausgehend von seinen Speichern Glykogen in Laktat um, welches dann zur Resynthese von ATP genutzt wird und so zur Muskelkontraktion beiträgt.

Das laktazide System

Die Sportwissenschaft beschreibt das laktazide System mit der maximalen Laktatbildungsrate ($V_{La_{max}}$). Das laktazide, anaerobe System ist zuständig für hochintensive Belastungen wie Attacken, Sprints oder das „Drüberbügeln“ über Kopfsteinpflaster-Passagen mit dem Rad, da es Energie schnell

über Glykogen und ohne Sauerstoff zur Verfügung stellt.

Allerdings zerlegt dieses System die Zuckermoleküle nicht vollständig, es entsteht vergleichsweise weniger ATP, dafür kann es aber zu einer Akkumulation von Laktat kommen. Eine solche Energiebereitstellung ist bei hohen Intensitäten nach wenigen Minuten ausgereizt, je nachdem, wie viel Laktatanhäufung und damit einhergehende Azidose ein Sportler toleriert.

„Das laktazide, anaerobe System ist zuständig für hochintensive Belastungen wie Attacken, Sprints oder das „Drüberbügeln“ über Kopfsteinpflaster-Passagen.“

Man könnte das laktazide System als eine Art „Gegenspieler“ der Ausdauer-leistungsfähigkeit beschreiben, da es:

- Bei hohen Intensitäten zur Übersäuerung führt
- Sich der limitierten Kohlenhydrate als Energieträger bedient
- Die Aktivität des Fettstoffwechsels maßgeblich hemmt.



Das aerobe System

Das wichtigste energieliefernde System im Ausdauersport ist zugleich das leistungsärmste des Körpers: das aerobe System. Hier werden unter Zuhilfenahme von Sauerstoff Glykogen und Fettsäuren in Energie umgewandelt. Die Kenngröße, die die individuelle Größe des aeroben Systems beschreibt, ist die maximale Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}).

Im Vergleich zum alaktaziden und laktaziden System sind die reinen Leistungen, die mit dem aeroben System erbracht werden können, zwar vergleichsweise gering; die Belastungsdauer liegt aber vielfach höher und lässt sich, wie wir es aus dem Ausdauersport kennen, Stunden, bis gar Tage aufrechterhalten.

Der limitierende Faktor des aeroben Systems sind die Substrate, also Fette, Kohlenhydrate und Proteine. Da die Fette, wie zuvor beschrieben, nahezu „unendlich“ sind und Eiweiß für die Energiegewinnung unter Belastung kaum eine Rolle spielt, ist der Glykogenhaushalt bestimmend. Entsteht eine Glykogenverarmung, lahmt auch das aerobe System, und stellt nicht mehr ausreichend Energie für die Muskelkontraktion bereit.

Der Hybrid-Schalter wie im Auto fehlt

Was die Grundausrüstung an energieliefernden Systemen betrifft, kommt der Mensch besser weg als das Auto. Letzteres hat aber einen entscheidenden Vorteil: es gibt einen Schalter, um gezielt zwischen den Systemen zu wechseln. Das geht beim Sportler nicht, genau genommen sind sogar immer alle drei Systeme dauerhaft an der Fortbewegung beteiligt:

Das alaktazide System hilft auch bei langen, niedrig-intensiven Ausdauerbelastungen mit, ATP zu resynthetisieren. Allerdings tut es das nur zu so geringen Anteilen, dass sich die ATP-Konzentration in der Muskulatur dadurch kaum verändert. Das laktazide System und die Produktion von Laktat springen vor allem immer dann vermehrt an, wenn ein gewisser Anteil schneller Muskelfasern (Typ II-Fasern) im Einsatz ist. Die lassen sich nicht komplett ausschalten, auch wenn wir langsam unterwegs sind. Je nach Trainingszustand benutzen wir mehr oder weniger davon, produzieren daher immer auch Laktat und verbrauchen eine entsprechende Menge Kohlenhydrate.

Das aerobe System ist im Radsport, Langstreckenlauf oder Triathlon im Dauereinsatz und stellt bei Ausdauerleistungen wie diesen den größten Energieanteil bereit. Über dieses System, die maximale Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}), lässt sich die Ausdauerleistungsfähigkeit eines Athleten bewerten, je höher sie ist, desto höher die Leistungsfähigkeit. Sie gilt allerdings nur als Bruttokriterium, da sie lediglich die obere Grenze der Leistungsfähigkeit abbildet.

„Das Potential in der Beeinflussung der Leistungsfähigkeit liegt in der Optimierung der energieliefernden Systeme. Das gelingt durch Training.“

Die energieliefernden Systeme können demnach nicht beliebig hin- und her oder an- und ausgeschaltet werden, welches wie stark genutzt wird, ist von zwei Faktoren abhängig:

- Vom Trainingszustand und dem individuellen physiologischen Profil des Sportlers
- Der Intensität, mit der der Sportler sich im Training oder Wettkampf bewegt.

Da bei Letzterem immer die höchstmögliche Intensität, beziehungsweise Leistung, angestrebt ist, liegt das Potenzial in der Beeinflussung der Leistungsfähigkeit, also in der Optimierung der energieliefernden Systeme. Das gelingt durch Training. Damit hat der Mensch zwar nach wie vor keinen Schalter, um die Energiesysteme zu wechseln, aber einen Hebel, um sie für sich optimal zu nutzen.



Leistungsfähigkeit steigern und Grenzen verschieben

Die Leistung an der anaeroben Schwelle

Form und Leistungsfähigkeit des Ausdauersportlers lassen sich am besten mit der Kenngröße der Leistung definieren. Eine ganz zentrale Rolle spielt dabei eine ganz bestimmte: die Leistung an der anaeroben Schwelle.

Als anaerobe Schwelle wird der Zustand der energieliefernden Systeme bezeichnet, in dem sich die Laktatproduktion des laktaziden Systems und die Laktat-Verstoffwechslung des aeroben Systems exakt die Waage halten.

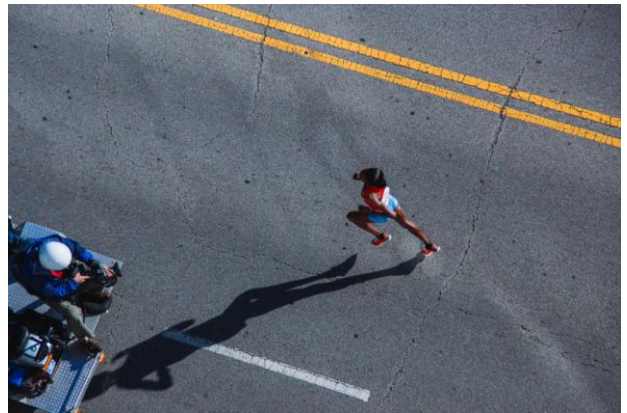
Das sogenannte metabolische Fließgleichgewicht aus Laktatauf- und Laktatabbau ist also im Gleichgewicht. Je höher die Leistung, an der dieses Fließgleichgewicht stattfindet, desto leistungsfähiger ist der Athlet.

„Die Systeme unterscheiden sich demnach nicht nur in Form von Kapazität und Leistungsfähigkeit, sondern auch im Verlauf relativ zur Belastungsintensität.“

Dabei gibt es eine Besonderheit zu beachten: Das aerobe System – definiert über die VO_{2max} – steigert sich mit zunehmender Belastungsintensität linear. Bis hin zur Leistung an der anaeroben Schwelle lässt sich sagen, dass der Sportler für ein Watt am Pedal etwa 12 ml Sauerstoff pro Minute verarbeiten muss.

Das laktazide System, welches Laktat produziert, steigt im Verlauf der Mehrleistung leider nicht linear, sondern exponentiell an, sodass es bei einer bestimmten Leistung zum genannten Schnittpunkt beider Systeme kommt – der anaeroben Schwelle.

Die Systeme unterscheiden sich demnach nicht nur in Form von Kapazität und Leistungsfähigkeit, sondern auch im Verlauf relativ zur Belastungsintensität. Diese Verläufe sind trainierbar.



Die Systeme trainieren

Leistungsfähiger werden heißt, die Leistung an der anaeroben Schwelle nach oben verschieben. Um das zu erreichen, gibt es – pauschal ausgedrückt – zwei Möglichkeiten:

- Das aerobe, linear laufende System nach oben zu bringen, sprich: zu verbessern
- Das laktazide, exponentiell laufende System zu reduzieren und erst bei höheren Leistungen ansteigen zu lassen.

Erstrebenswert ist es, beide Möglichkeiten zu nutzen. Für einen Ausdauersportler mit sehr „gleichmäßiger“ Belastung wie einem Langstrecken-Triathleten oder einem Radmarathon-Fahrer liegt zum Beispiel die bestmögliche Optimierung in einem möglichst großen aeroben und einem möglichst kleinen anaeroben, laktaziden System. Dadurch überschneiden sich die Systeme spät, sprich: bei hoher Leistung, woraus eine hohe anaerobe Schwelle resultiert.



Podcast Junkmiles – Science und Szene!

Du hast Interesse an Training, Ernährung oder anderen sportwissenschaftlichen Themen? Oder interessierst dich für Infos aus der Triathlon- und Radsport-Szene? Dann ist unseren Podcast „Junkmiles“ für dich das Richtige. Alle Folgen findest du auf den bekannten Podcast-Portalen und in der Übersicht hier:

[Podcast Junkmiles – Übersicht](#)

Du hast Interesse an einem Coaching?

Coaching ist für uns bei HYCYS weitaus mehr als die Erstellung von Trainingsplänen. Abgestimmt auf die ermittelten physiologischen Stärken und Schwächen unserer Athleten und ihrer individuellen Lebensumfelder planen wir jede einzelne Trainingseinheit ganz genau. Wir gestalten gemeinsam die Rennvorbereitung und entwickeln sowie testen die optimale Pacing- und Ernährungsstrategie. Dabei haben wir die Ziele unserer Sportler stets im Blick.

Bei unserem ganzheitlichen Coaching können wir auf zahlreiche Erfahrungen im Triathlon, Radsport und Laufsport mit Profis und Age Groupern zurückgreifen.

Wir bieten unseren Athleten für ihre individuellen Ansprüche unterschiedliche Betreuungspakete an – direkt mit und auf Wunsch auch ohne Leistungsdiagnostik. Du möchtest dich auf dem Weg zu deinem nächsten sportlichen Highlight von uns begleiten lassen?

Lass dich von uns unverbindlich beraten!

Kontakt

Mail: contact@hycys.de

Web: www.hycys.de

Fon: +49 221 999 887 10

