

Zeitschrift: Magglingen : Monatszeitschrift der Eidgenössischen Sportschule Magglingen mit Jugend + Sport

Herausgeber: Eidgenössische Sportschule Magglingen

Band: 52 (1995)

Heft: 3

Artikel: Auswirkungen auf den Organismus

Autor: Hoppeler, Hans

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-993180>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Aufenthalt und Training in der Höhe

Auswirkungen auf den Organismus

Hans Hoppeler, Anatomisches Institut der Universität Bern
Fotos: Ulrich Wenger

Die Auswirkungen des Höhentrainings sind seit Jahren umstritten. Die Frage, ob ein Höhentaining wirksam ist, kann wohl in einer globalen Form gar nicht beantwortet werden. Es müssen dabei eine ganze Reihe von Faktoren berücksichtigt werden, welche in komplexer Art zusammenspielen und über Erfolg oder Nichterfolg eines Trainingslagers in der Höhe entscheiden.

Vorerst gilt es zu beantworten ob ein Höhentaining einem Wettkampf gilt, welcher in der Höhe oder im Flachland stattfindet. Dazu ist festzuhalten, dass Training unter wettkampfähnlichen Bedingungen immer eine sinnvolle Option darstellt. Damit ist gesagt, dass die Mehrheit der Fachleute die Meinung vertritt, dass Höhentaining in jedem Fall eine gute Vorbereitung für einen Wettkampf in der Höhe darstellt. Das Problem stellt sich eigentlich nur dann, wenn das Höhentaining einem Wettkampf im Flachland gilt. Da, wie eingehend bemerkt, eine globale Antwort nicht möglich ist, möchte ich im folgenden einige trainingstechnische und einige physiologische Konsequenzen von Höhentaining aufzeigen; es wird dem einzelnen

Trainer oder Athleten überlassen bleiben, aus dem Strauss der nachgewiesenen oder vermuteten Effekte ein, für den Einzelfall geeignetes, Protokoll zu erstellen. Patentrezepte gibt es nicht. In der folgenden Diskussion wird davon ausgegangen, dass ein Höhentaining eine Mindestdauer von 3 Wochen haben sollte. Diese Zeit scheint notwendig, um im Körper die erwünschten Anpassungsvorgänge auszulösen.

Trainingstechnische Randbedingungen

Es ist zu beachten, dass ungewohnter Aufenthalt in der Höhe Anforderungen an den Organismus stellt. Es ist demzufolge sinnvoll, einen Höhentaining zu planen, dass er mit einer Regenerationsphase des Trainings beginnt. Der Körper braucht mehrere Tage, um sich an die Höhe anzupassen. Symptome, welche dabei häufig auftreten sind Schlafstörungen, Kopfschmerzen und, bei Sportlern vielleicht weniger wichtig, Alkoholunverträglichkeit. Generell sind diese Beeinträchtigungen um so schlimmer, je rascher und grösser der Höhenwechsel ausfällt. Aus eigener Erfahrung mit Reisen nach La Paz (3800 m) bleibt bei einem Sprung auf diese Höhe die Reduzierung des Befindens und der subjektiven Leistungsfähigkeit für mindestens eine Woche bestehen.

Bei der Gestaltung des Trainings ist darauf zu achten, dass die Dauerleistungsfähigkeit in der Höhe stark abnimmt. Man kann davon ausgehen, dass die VO_{2max} auf 2000 m Höhe um etwa 15% reduziert ist. Es ist unmöglich, im Höhentaining mit den gleichen Intensitäten über die gleichen Distanzen zu trainieren wie im Flachland. In allen Disziplinen, bei denen die Technik wichtig ist, kann dies zu einer Verschlechterung des Bewegungsablaufs führen. Dies sind Beobachtungen, welche vor allem im Lager der Ruderer (Thor Nielsen) gemacht wurden. Eine Möglichkeit dieses Problem zu lösen besteht darin, die Trainingsdistanzen in der Höhe zu kürzen, um die Intensität und damit die technischen Bedingungen konstant zu halten.

Prof. Dr. med. Hans Hoppeler ist Leiter der Abteilung für Systematische Anatomie am Anatomischen Institut der Universität Bern. 1993/94 leitete er das Sportwissenschaftliche Institut der ESSM.

Ein oft vernachlässigter Aspekt des Höhentrainings besteht darin, dass die Lufttemperaturen mit zunehmender Höhe abnehmen. Gerade im Dauerleistungsbereich sind die Anpassungen an die klimatischen Voraussetzungen des Wettkampfs (Temperatur, Luftfeuchtigkeit) von ausschlaggebender Bedeutung. Es nützt nichts, wenn der Athlet in kühler Höhe sein Leistungsvermögen optimiert, nur um im Wettkampf einen Hitzekollaps zu erleiden.

Ein weiterer gesundheitlicher Aspekt der im Zusammenhang mit Dauerleistungen in der Höhe Beachtung verdient, ist das Höhenlungenödem. Dabei werden während einer Anstrengung in der Höhe die Lungen mit Wasser gefüllt, was unter Umständen lebensbedrohend ist. Obwohl selten unter 3000 m Höhe beobachtet, kann ein Höhenlungenödem bei Personen, welche dafür anfällig sind, bereits ab etwa 2000 m auftreten. Symptome, die es zu beachten gilt, sind persistierende Atemlosigkeit, Husten und raselnder Atem.

Nicht zu vergessen ist, dass ein Höhentraining, je nach Voraussetzungen, auch einen Teil der mentalen Vorbereitung eines Athleten auf einen wichtigen Wettkampf sein kann. Je nach Planung, Umfeld und Bedingungen kann ein Höhentraining damit das Pünktchen auf eine erfolgreiche Saisonplanung oder ein totales Desaster werden.

Physiologische Anpassungen

Es gibt eine ganze Reihe von Anpassungen, mit welchem der Organismus eine Anpassung an eine Höhenlage vornimmt. Vermutlich ist die eindrücklichste davon der Anstieg des Erythropoietins, also desjenigen Hormons, welches für die Erythropoese (die Bildung der roten Blutkörperchen) zuständig ist. Der An-

stieg des Erythrozytengehalts des Blutes kompensiert in einem gewissen Umfang die höhenbedingte Abnahme des Sauerstoffgehalts der Luft. Begibt man sich mit einem erhöhten Blutgehalt ins Flachland, so ist dort die VO_{2max} nachweislich erhöht. Gesamthaft gesehen sind diese Veränderungen aber bescheiden und oft mit statistischen Methoden nicht nachweisbar. Der Anstieg des Erythropoietins ist nicht an Training gebunden, sondern findet bei jedem Höhengaufenthalt statt. Neuere Untersuchungen zeigen, dass ein Aufenthalt von mindestens zwei Stunden auf Höhen von 5000 m notwendig ist, um das Erythropoietin optimal ansteigen zu lassen (Knaupp et al., J. Appl. Physiol. 73:837-840, 1992). Kurze Expositionen während eines hypoxischen Trainings genügen nicht, um Veränderungen des Hämoglobingehalts des Blutes zu erreichen. Es ist dabei zu beachten, dass eine Erhöhung des Gehalts an roten Blutkörperchen grundsätzlich mit einer Erhöhung des Blutvolumens und der Gefahr der Bluteindickung einhergeht.

Generell scheint in der Höhe eine zentralnervöse Limitierung der Leistungsbereitschaft aufzutreten. Diese äussert sich zum Beispiel darin, dass in sehr grosser Höhe, trotz subjektiver Ausbelastung, nur noch relativ niedrige Plasamalaktat Spiegel gemessen werden. Dieser Zustand wurde von verschiedenen Autoren auch als «Laktatparadox» bezeichnet. Die Ätiologie gilt allerdings nicht als vollständig gesichert. Es muss aber beachtet werden, dass ein Höhentraining dazu führt, dass der Metabolismus vermehrt auf die Oxidation von Glucose umstellt und die Fettverbrennung in den Hintergrund rückt.

Die Wirkungen einer kontinuierlichen Höhenexposition auf die Muskulatur sind vielfach und teilweise umstritten. Als gesichert kann gelten, dass die Puf-

ferkapazität der Skelettmuskulatur erhöht wird (z.B. Mizuno et al., J. Appl. Physiol. 68:496-502, 1990). Damit wird die Sprintfähigkeit (Fähigkeit, extreme Ansäuerung zu ertragen) signifikant verbessert. Diese Arbeit, welche eine zweiwöchige Exposition von Elite-Langläufern auf einer Höhe von 2700 m untersuchte, zeigte aber auch, dass die Auswirkungen auf die oxidative Kapazität der Muskulatur (z.B. Mitochondriengehalt) und auf die Gefässversorgung unterschiedlich sein kann. Dabei kann die Höhe und die Vortrainingsbedingungen zu überraschenden und schwierig zu interpretierenden Resultaten führen. Entgegen früheren Annahmen, dass ein Training in grosser Höhe zu einer Zunahme der Muskelmitochondrien und der Kapillarisation führt, zeigen verschiedene neuere Studien, dass ein Aufenthalt in grosser Höhe (Himalayaexpedition) zu einer massiven Verminderung der oxidativen Kapazität der Muskulatur, ja sogar der Muskelmasse führt. Die Zunahme der Kapillarisation kommt durch die Abnahme der Fasergrösse zustande; die Kapillaren können dabei enger zusammenrücken (Hoppeler et al., Int. J. Sports Med. 11:S3-S9, 1990). Eine Veränderung der Fasertypenzusammensetzung wird dabei nicht beobachtet.

Zusätzliche Untersuchungen haben gezeigt, dass diese ungünstigen Veränderungen am ehesten die Konsequenz der permanenten Hypoxie darstellen. Diese scheinen dazu zu führen, dass die zellaufbauenden und zellerhaltenden Mechanismen der Muskelzelle behindert werden. Wird nämlich nur das Training in (künstlicher) Hypoxie durchgeführt, und hält sich der Athlet im übrigen im Flachland auf, so findet nicht nur eine massive Zunahme der Mitochondrien, sondern auch des Muskelvolumens statt (Desplanches et al., Pflügers Arch. 425: 263-267, 1993). Letzteres wird im Dauerleistungstraining in Normoxie nicht beobachtet. Wird ein Training in mittlerer Höhe, d.h. in einer Höhe um 2000 m durchgeführt, dürften die negativen Aspekte der extremen Hypoxie wohl noch keine Rolle spielen.

Zusammenfassung

Gesamthaft gesehen führt ein Höhentraining zu einer komplexen Folge von Regulationsvorgängen in verschiedensten leistungsrelevanten Systemen des Menschen. Die Kenntnis dieser Regulationsvorgänge ist aber keinesfalls vollständig. Neben den physiologischen Veränderungen scheinen aber häufig trainingstechnische Massnahmen wichtiger für den Erfolg oder Nichterfolg eines Höhentrainings zu sein, als die im Labor messbaren Veränderungen am Athleten. ■



«Es ist unmöglich im Höhentraining mit den gleichen Intensitäten zu trainieren.»