

Höhentraining - Hypoxietraining

Vorbemerkung:

Was verbirgt sich hinter dem Begriff *Höhentraining*?

Höhentraining ist eine wirksame Methode zur Belastungssteigerung im Trainingsprozess. Die Belastungssteigerung ergibt sich aus der in der Höhe auftretenden *Hypoxie*.

Hypoxie ist der Zustand von Sauerstoffmangel in den Körperzellen durch ein verringertes Sauerstoffangebot verursacht. Hypoxie ruft demzufolge Sauerstoffmangelercheinungen des Organismus hervor, auf die dieser durch entsprechende Anpassungsreaktionen reagiert. Dies macht sich der Leistungssport zunutze, um eine Steigerung der Leistungsfähigkeit bei entscheidenden Wettkämpfen zu erreichen. Höhentraining kann also zu Recht auch Hypoxie-Training genannt werden und dieser Begriff hat sich im deutschen Sprachgebrauch durchgesetzt.

In der internationalen Literatur war ein Streit entstanden, wer der Erfinder des Hypoxie-Trainings sei. Zwei Länder haben sich aus unterschiedlichen Gründen nicht an diesem Streit beteiligt – das eine Land war Österreich, das andere Land die ex-DDR.

Erste medizinische Untersuchungen begannen 1967 in Belmeken im Bulgarischen Rila-Gebirge (ca. 2000 m Seehöhe). Weitere Berichte stammen aus dem Jahr 1968 aus dem Kaukasus und aus Mexiko.

1969 hielt das Höhentraining in Österreich Einzug. Dr. Leo Losert, einer der erfolgreichsten Rudertrainer Österreichs, hat erkannt, dass ein Training in mittlerer Höhe sich positiv auf die sportliche Leistungsentwicklung auswirkt. In einer Zeit, als noch niemand daran dachte wie wertvoll ein Höhentrainingsein könnte, hat er bereits die Moserbodentalperre in Kaprun als ideales leistungssteigerndes Trainingsrevier genutzt.

Da sämtliche Erkenntnisse aus dieser Zeit nicht wissenschaftlich aufgearbeitet oder veröffentlicht wurden, gingen sie mit dem Abgang des Rudertrainers verloren.

Das 2. Land, das in der internationalen Literatur zu Hypoxieproblemen nicht auftauchte, war die ex-DDR. Von Dr. Losert auf die Spur gebracht und dem Zwang der Olympischen Spiele 1968 in Mexiko folgend, sind mit großem finanziellen Aufwand wissenschaftliche Untersuchungen zum Thema Hypoxie-Training in Gang gesetzt worden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen waren nur zum eigenen Gebrauch bestimmt und fanden nur Eingang in die interne Literatur. Über mehr als 20 Jahre wurde das Höhentraining perfektioniert und sich in nahezu allen Sportverbänden zunutze gemacht.

Was ist Höhenttraining?

Unter Höhenttraining oder Hypoxie-Training wird das körperliche Training in sauerstoffreduzierter Luft verstanden. In der Natur sind diese Bedingungen nur im Gebirge vorzufinden. Obwohl der prozentuale Sauerstoffanteil in der Luft auf allen Höhen konstant bei knapp unter 20,9 % liegt, steht durch den herrschenden geringeren Luftdruck in der Höhe absolut entsprechend weniger Sauerstoff zum Atmen zur Verfügung. Durch diese Veränderung weist das Gehirn den Körper an, die Atemtätigkeit zu verstärken und mehr rote Blutkörperchen zu produzieren. Dies führt zu einem erhöhten Sauerstofftransport, die Stoffwechselftätigkeit wird angeregt und mehr Energie freigesetzt. Von diesem Verhalten profitiert der gesamte Organismus. Das gesamte Zellgeschehen wird belebt. Im Einzelnen passt sich der Körper in nachfolgend aufgeführten fünf Schritten an die geringere Sauerstoffmenge an:

- die Atemventilation nimmt zu; in 2500 m Höhe beträgt die Zunahme der Atemventilation anfänglich 65 %. Innerhalb von 2-5 Tagen erfolgt die Anpassung an die veränderten hypoxischen Bedingungen. Die Körperprozesse werden durch Inhalieren der Höhenluft stimuliert und die Ventilation gegenüber normal auf das Drei- bis Siebenfache gesteigert.
- der Hämoglobinanteil im Blut steigt
- die Diffusionskapazität der Lungen erhöht sich
- die Gefäße im Gewebe erweitern sich
- der Fettstoffwechsel wird gesteigert, um die erforderliche Energiemenge zu erzeugen.

Gegenüber dem konventionellen Training unter „normoxischen“ Bedingungen kann daher im Höhenttraining trotz reduzierter Trainingszeiten der gleiche Trainingseffekt erzielt werden. Durch Höhenttraining erhöht sich kontinuierlich die Kapillarität des Gewebes, wodurch mehr Sauerstoff und Energiesubstrate dorthin transportiert werden, wo sie gebraucht werden, nämlich in der Muskulatur.

Inhaltsverzeichnis

- 1 Grundlagen
- 2 Was ist in der Höhe anders?
- 3 Anpassungsreaktionen des Körpers
- 4 Was muss man beim Höhentaining beachten
- 5 Zeitliche Einordnung des Höhentrainings
- 6 Trainingsplan
- 7 Die verschiedenen Höhentrainingsformen
- 8 Konzepte
- 9 Phasengestaltung
- 10 Ist Höhentaining Doping?
- 11 Ist Höhentaining schädlich?

Grundlagen

Höhentaining wird in Sportarten eingesetzt, in denen eine gute Ausdauerleistung benötigt wird, z.B. Langstreckenlaufen, Radsport oder Skilanglauf. Um über längere Zeit eine möglichst hohe Leistung zu erreichen, ist es nötig, dass die Energiebereitstellung in den Zellen aerob, also mit Sauerstoff erfolgt. Würde die Energie anaerob bereitgestellt, würde vermehrt Laktat (Milchsäure) entstehen. Das Laktat führt zu einer Übersäuerung der Muskulatur, sodass die Enzyme schlechter arbeiten können und die Energiebereitstellung somit schnell zum Stillstand kommt. Wenn Energie nur kurzzeitig und schnell zur Verfügung gestellt werden muss, ist dies nur über anaerobe Energiegewinnung möglich. Bei zeitlich ausgedehnten sportlichen Leistungen ist aber überwiegend das Ausmaß und die Geschwindigkeit der aeroben Energiebereitstellung maßgebend. Es muss also dafür gesorgt werden, dass möglichst viel Sauerstoff in die Muskelzellen gelangt damit kein Sauerstoffmangel entsteht, und somit muss das Blut möglichst viel Sauerstoff transportieren können.

Der Sauerstoff wird im Blut zum größten Teil von den roten Blutkörperchen (Erythrozyten) transportiert. Ein kleiner Teil des Sauerstoffs wird auch im Blut gelöst und dadurch transportiert. Dieser kleine Teil ist aber nicht besonders relevant und kann auch nicht verbessert werden. Die Erythrozyten bestehen zu einem sehr großen Teil aus Hämoglobin, welches den Sauerstoff bindet. Um eine bessere Ausdauerleistung zu erreichen, ist es also notwendig, die Zahl der roten Blutkörperchen und die Menge des Hämoglobins zu erhöhen. Dies ist durch Höhentaining indirekt möglich.

Was ist in der Höhe anders ?

Der Hauptunterschied zwischen dem Flachland und der Höhenlage, ist der in Höhen reduzierte Luftdruck (ca. 760 mmHg auf Meereshöhe und z.B. in 2500 Metern Höhe nur noch 560 mmHg). Durch den geringeren Luftdruck nimmt auch der Partialdruck des Sauerstoffs ab. Dies führt dazu, dass je Zeiteinheit selbst bei ausbelasteter Atmung relevant weniger Sauerstoff ins Blut gelangt. Es kommt daher bei gleichen Belastungen eher zu einer Unterversorgung der Muskulatur mit Sauerstoff. Dies begrenzt zum einen die in der Höhe erzielbare Leistung, macht das Training schwieriger, veranlasst jedoch den Körper gegenzusteuern und mehr rote Blutkörperchen zu bilden.

Anpassungsreaktionen des Körpers

Der Sauerstoffmangel in der Muskulatur führt erst einmal zu einer erheblichen Reduktion der Leistungsfähigkeit. Der Sauerstoffmangel führt zudem zu Hyperventilation. Um diesen Sauerstoffmangel zu beheben passt sich der Körper folgendermaßen an: Nach 1-2 Tagen in Höhenlage sinkt der Plasmaanteil des Blutes, dies führt zu einem erhöhten Hämoglobin und Hämatokritwert. Dieser reduzierte Plasmaanteil besteht auch nach dem Höhentaining noch fort und führt zu einer erhöhten Sauerstofftransportkapazität. Zudem wird verstärkt Erythropoetin gebildet, was zu einer verstärkten Bildung von Erythrozyten führt. Dies geschieht bereits 2 Stunden nach dem Einsetzen der Hypoxie. Durch diese Anpassungs-Reaktionen wird also die Sauerstofftransportkapazität erhöht. Dadurch kann mehr Sauerstoff transportiert werden, sodass auch in der Höhe wieder die gleiche Leistung wie zuvor erzielt werden kann. Begibt man sich nach dem Höhentaining jedoch wieder ins Flachland, so ist das Leistungsvermögen größer als zuvor. Es gelangt wieder mehr Sauerstoff in die Lunge, es kann aber auch mehr Sauerstoff zu den Muskeln transportiert werden als vor dem Höhentaining, da mehr rote Blutkörperchen zum Sauerstofftransport im Blut zur Verfügung stehen.

Was muss man beim Höhentaining beachten

Zur Neubildung von Erythrozyten ist Eisen notwendig, deshalb sollte auf eine ausreichende Versorgung mit Eisen geachtet werden. Es empfiehlt sich außerdem eine gute Versorgung mit Vitaminen. Die trockenere Luft in der Höhe trocknet die Schleimhäute aus, deswegen ist eine erhöhte Flüssigkeitszufuhr empfehlenswert. Da die verstärkte Erythrozytenbildung erst nach 2 Wochen nachweisbar ist, sollte ein Höhentainingslager

mindestens 2, besser 3 oder 4 Wochen dauern. Der Athlet muss außerdem absolut gesund und mit einer bereits guten aeroben Ausdauer anreisen. Zudem sollten direkt vor dem Höhenttraining keine größeren intensiven Belastungen, wie z.B. Wettkämpfe, stattfinden.

Es ist des Weiteren zu beachten, dass Höhenttraining nicht bei allen Sportlern die gleiche positive Wirkung zeigt. Zum Misserfolg beim Höhenttraining trägt meist eine Nichtbeachtung der bereits genannten Aspekte bei. Weitere Aspekte sind zu hohe Trainingsbelastungen in der Höhe, größere Trainingsbelastungen als bisher im Flachland realisierte, sowie nicht ausreichende Regenerationsphasen.

Die Leistungssteigerungen, die sich bei den einzelnen Athleten durch Höhenttraining erreichen lassen, sind sehr unterschiedlich. Auch kommen die unterschiedlichen Studien immer wieder zu verschiedenen Ergebnissen was die Leistungssteigerungen angeht, die durch Höhenttraining realisiert werden können. Trotzdem bietet Höhenttraining eine gute Möglichkeit die maximalen Leistungsreserven auszuschöpfen. So entschieden sich 60 % der deutschen Ausdauerathleten vor den Olympischen Spielen 1996 ein Höhenttraining zu absolvieren und 55% davon erzielten anschließend gute bis sehr gute Ergebnisse. Höhenttraining kann bis zu 2- oder 3-mal im Jahr in den Trainingsplan integriert werden. Es sollte entweder als Belastungshöhepunkt oder als unmittelbare Wettkampfvorbereitung in den Trainingsplan eingebaut werden.

Zeitliche Einordnung des Höhenttrainings

Hier muss man zwischen den zwei verschiedenen Zielen des Höhenttrainings unterscheiden. Entweder wird in großer Höhe trainiert, um danach einen Wettkampf im Flachland zu bestreiten, oder es wird in großer Höhe trainiert, um sich auf einen Wettkampf in großer Höhe vorzubereiten. Im ersten Fall sollten zwischen der Abreise aus dem Höhenttrainingslager und dem Wettkampf ca. 7-10 Tage liegen, da erst nach dieser Zeitspanne die erhöhte Leistungsfähigkeit voll genutzt werden kann. Findet ein Wettkampf in der Höhe statt muss zwischen dem Höhenttrainingslager und dem Wettkampf keine Zeit liegen.

Trainingsplan

Die ersten 4-6 Tage des Höhenttrainings werden zur Akklimatisation genutzt. Hier sollten keine hohen Belastungen, die zu starker Laktatbildung führen, ins Training eingebaut werden. In der anschließenden Belastungsphase sollten 2 Belastungsschwerpunkte von jeweils 8-10 Tagen enthalten sein. Dazwischen empfehlen sich 2-3 Regenerationstage mit leichtem aerobem Training. Der Trainingsumfang während des Höhenttrainings sollte mit dem Trainingsumfang im Flachland identisch sein, jedoch müssen die Pausen zwischen den Belastungen reduziert werden und es sollte auf größere Anteile von anaerob laktazidem

Training verzichtet werden. Nach der Rückkehr ins Flachland ist ebenfalls wieder eine "Akklimation" nötig, die zwischen 7 und 10 Tage dauert. Hier empfiehlt sich Schnelligkeits- und Schnelligkeitsausdauertraining sowie Ausdauertraining. Der Trainingsumfang sollte nicht zu groß sein. Ist das Höhentaining als Vorbereitung auf einen "Höhenwettkampf" gedacht sollten nach der Akklimationsphase Grundlagenausdauertraining, Schnelligkeits-Ausdauertraining und Wettkampfausdauerbelastungen stattfinden. Es ist hier außerdem darauf zu achten keine stark laktaziden Trainingsformen zu wählen. Nach dieser Phase erfolgt die individuelle Wettkampfvorbereitung mit mittleren Belastungen bis zum Wettkampf. Allgemein gilt für die Belastungssteuerung beim Höhentaining: Durch die Höhe kann das subjektive Einschätzungsvermögen der Sportler verändert sein, Belastungen werden oft geringer eingeschätzt als sie eigentlich sind. Deshalb muss die Trainingsintensität mit objektiven Mitteln kontrolliert werden, z.B. Pulskontrollen oder Laktatmessungen. Ziel muss es sein den Sportler zu einer eigenen Einschätzung der Belastungen unter Höhenbedingungen zu befähigen. Es gilt aber zu beachten: Die meisten Studien haben gezeigt, dass die maximale Herzfrequenz in der Höhe meist abnimmt, die Pulsfrequenzen müssen also angepasst werden.

Die verschiedenen Höhentrainingsformen

Die wohl einfachste Möglichkeit ist es, das Höhentaining an einem Ort durchzuführen, der in großer Höhenlage liegt. Empfohlen werden hier 1800-3500 Meter über Normalnull. Es wird zudem empfohlen, in größerer Höhe zu schlafen jedoch auf geringerer Höhe zu trainieren, um mit voller Leistungsfähigkeit Trainingsreize setzen zu können, was insbesondere bei Kraftausdauersportarten wichtig ist.

Es ist aber ebenso möglich, in einer Unterdruckkammer zu trainieren und/oder zu schlafen, in der der Sauerstoffgehalt reduziert ist. Es gibt ebenso Druckkammern, in denen nicht der Sauerstoff sondern lediglich der Luftdruck reduziert wird. Solche Anlagen existieren z.B. in der Sportschule Kienbaum bei Berlin oder in der Sportschule Magglingen in der Schweiz. Besonders ambitionierte Sportler können sich auch eine eigene Höhentrainingskammer in ihr Haus bauen, wie es z.B. Lance Armstrong und Jan Ullrich getan haben. Außerdem ist es noch möglich, mit Gasmasken zu trainieren, die ebenfalls den Sauerstoffgehalt in der Atemluft reduzieren.

Technisch ist es ebenso möglich durch Stickstoffeinleitung in abgedichtete Räume den Sauerstoffgehalt zu reduzieren (z.B. himaxx Center Berlin, TOSMA Berlin).

Konzepte (Holdhaus)

Vorbereitung auf Wettkämpfe im Flachland

Vorbereitung auf Wettkämpfe in der Höhe

- LH – TH Living high - Training high
↳ Älteste Form des Höhentrainings
Optimale Akklimatisation für Wettkämpfe in der Höhe
3 – 4 Wochen Akklimatisation für Ausdauersportler
Belastungsintensität stark reduziert
- LH – TL Living high - Training low
↳ Neuere Form des Höhentrainings
Permanenter Höhengaufenthalt ausser beim Training
Bessere aerobe Leistung – $\dot{V}O_2$ max
1 -3 % Ausdauer-Verbesserung
Bessere anaerobe Leistung
Effektdauer ca. 4 Wochen
3 – 4 Wochen Aufenthalt in 2300 – 2600 m
15 – 19 Std. Höhengaufenthalt täglich
Optimale Effekte nach ca. 3 Wochen
Anwendung im Ausdauersport, Mannschaftssport u.
Kampfsportarten
- LL – TH Living low – Training high
↳ Kaum Veränderungen der aeroben Leistungsfähigkeit
Verbesserung anaerober Fähigkeiten
Effizientere O_2 -Nutzung in der Muskelzelle –
Mitochondrien – oxydative Enzyme
Optimierung der Glykolyse
Verbesserung der Kapillarisation
Dauer der Trainingseinheiten 20 – 120 min.
Einsatz zur Unterstützung in intensiven Trainingsphasen
Relativ kurze Wirkung – 10 – 15 Tage

Hypoxie-Kammer:

Konzepte: z.B. Wechseltraining (Hypoxie / 3000 m)
2 min. 85 - 95 % Hf max. - 3 min. 75 – 80 Hf max.
Dauer 30 – 40 min., 2 -3 Trainingseinheiten/W.

Dauermethode (Hypoxie / 2500 m)
90 – 120 min. Ausdauertraining 75 – 80 % Hf max.
täglich – 10 Tage

Phasengestaltung

Vorbereitungsphase

- Gesundheitscheck
- Feststellung der aeroben Ausdauer-LF
- Aerobes Ausdauertraining 4-6 Tage

Akklimatisationsphase

- Extensives Ausdauertraining
- Regeneration
- Kompensation
- Dauer 4 – 6 Tage

Trainingsphase

- Intensitätssteigerung
- Belastung
- Regeneration
- Dauer 2 – 4 Wochen

Transformationsphase

- 1 bis 2 Tage individuelle Reaktionen
- 6 - 10 Tage Kompensation

Leistungsphase

- Wettkampfspezifisches Training
- Wettkämpfe
- Dauer 2-3 Wochen

Steuerungsparameter

- Herzfrequenz
- Laktat
- Leistung
- Erholungsfähigkeit
- Subjektives Empfinden

Kontrollparameter

- Ruhepuls
- Körpergewicht
- Schlaf
- Kreatinkinase
- Harnstoff
- Subjektives Empfinden

Ernährung

- Flüssigkeitshaushalt
- Kohlenhydratausgleich
- Proteinzufuhr
- Eisen
- Folsäure
- Vitamin B 12

Sonstiges

- Freizeit
- Abwechslung
- Soziales Umfeld

- Konfliktmanagement

Ist Höhenttraining Doping?

Höhentraining wird von der WADA (World Anti Doping Agency) nicht als Doping gewertet. Es stellt somit einen legalen Weg dar, seine Ausdauerleistungsfähigkeit zu erhöhen. Jedoch muss auch beim Höhenttraining der dopingkritische Hämatokritwert beachtet werden. Dieser gibt das Verhältnis zwischen festen Bestandteilen und Plasma im Blut an und sagt somit etwas über den Erythrozytengehalt aus. Bei normalen Voraussetzungen liegt der Hämatokritwert überwiegend bei 42-46. Liegt der Hämatokritwert bei einer Messung am Wettkampftag über dem Grenzwert von 50 (sportartspezifische Unterschiede möglich), so wird dies von der WADA stillschweigend als möglicher Hinweis auf die Einnahme von Dopingmitteln gewertet und der Sportler erhält für einige Tage oder Wochen eine so genannte Schutzsperre. Wie der erhöhte Hämatokritwert zustande kam, ist dabei irrelevant.

Faktisch wird damit ein Limit für die durch Höhenttraining zusätzlich erreichbar Leistung gesetzt, die zwar Exzesse verhindert, allerdings auch Sportler, die durch gutes Training einen Vorteil hatten, in ihrer Weiterentwicklung gehemmt. Im gar nicht seltenen Fall eines genetisch bedingten, von haus aus hohen Hämatokritwertes von 50 oder kurz darunter, haben Sportler sogar Probleme, nach harten Trainingseinheiten oder längeren Wettkampfsituationen unter dem Grenzwert zu bleiben. Dem wird begegnet, indem der HB-Wert vor einer Dopingkontrolle gemessen und im Extremfall Blut entnommen wird. Durch einströmendes Zellwasser verdünnt sich das Blut minimal und sinkt wieder unter den erlaubten Grenzwert. Von dieser Methode machen jedoch auch die Personen Gebrauch, die sich zuvor mit illegalen Methoden an die Grenze herangedopt haben.

Ist Höhenttraining schädlich?

Höhentraining an sich ist zunächst nicht schädlich, wenn man von dem Verlust von Leistungsfähigkeit bei längeren Aufenthalten absieht: Das dickflüssigere Blut führt ja u.a. zu einem höheren Leistungsbedarf des Herzens. Der in der Höhe in geringerem Mass vorhandene Sauerstoff wird ja eben durch den steigenden Hämatokritwert weitgehend kompensiert und stellt kein Problem dar.

Der erhöhte Hämatokritwert sorgt jedoch für ein dickeres und damit zäheres Blut. Damit steigt das Risiko für Thrombosen und Gefäßverschlüsse, was zu Herzinfarkten und Schlaganfällen führen kann - insbesondere bei Personen, die nicht genetisch in der Gesamtheit aller Blutparameter an die Höhe angepasst sind, sondern nur einen künstlich erhöhten Wert längere Zeit halten wollen. Auch Personen, die von Natur aus über einen dauerhaft erhöhten Hämatokritwert verfügen, weisen nicht zwangsläufig ein größeres Ausdauerleistungsvermögen auf.

