

Auswirkungen von Höhenttraining auf die Leistungsfähigkeit im Flachland

Autor(en): **Howald, H.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **28 (1971)**

Heft 9

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-994684>

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.

Auswirkungen von Höhentraining auf die Leistungsfähigkeit im Flachland

Dr. med. H. Howald, Forschungsinstitut der ETS

Aus der Sicht der Leistungsphysiologie wird den Olympischen Sommerspielen 1968 in Mexico City noch lange Zeit eine ganz besondere Bedeutung zukommen. Die weltweite, intensive Auseinandersetzung mit dem Problem der menschlichen Höchstleistung in einer Höhe von 2240 Metern über Meer brachte uns eine Reihe von sehr wertvollen wissenschaftlichen Erkenntnissen. Aber auch die Sportpraxis profitierte vom «Experiment Mexico»: Viele Athleten konnten nach einem längeren Akklimatisationsaufenthalt in mittleren Höhen ihre persönlichen Bestleistungen unmittelbar nach der Rückkehr ins Flachland verbessern, ja es wurden nach Höhentrainingslagern sogar neue Weltrekorde etabliert. Aufgrund dieser Erfahrungen wird heute in der Sportpraxis vielerorts als Vorbereitung auf wichtige Wettkämpfe ein Trainingsaufenthalt in der Höhe empfohlen, auch wenn der Wettkampf selbst im Flachland stattfindet und in vielen Ländern sind in den letzten Jahren mit grossem finanziellem Aufwand sogenannte Höhentrainingszentren entstanden. In Unkenntnis der zugrundeliegenden biologischen Vorgänge wird leider viel zu oft das Instrument Höhentraining am falschen Ort eingesetzt und bittere Enttäuschungen sind dann die unerfreuliche Folge. Aufgabe von Leistungsphysiologie und Sportmedizin muss es daher sein, auch auf diesem Gebiet durch vermehrte Vermittlung von Grundlagenkenntnissen und durch gezielte experimentelle Arbeit klärend einzugreifen.

1. Leistungsphysiologische Aspekte des Höhentrainings

Sowohl körperliches Training wie Sauerstoffmangel in der Höhe führen zu vielschichtigen Anpassungserscheinungen im menschlichen Organismus. Die trainingsbedingte Adaptation führt zu der erwünschten Erhöhung der körperlichen Leistungsfähigkeit, die hypoxiebedingte Adaptation soll trotz ungünstigerer Umweltbedingungen die normale Leistungsfähigkeit so weit als möglich erhalten.

Nach neueren Erkenntnissen spielen sich die Anpassungsvorgänge sowohl beim Training wie unter Hypoxie¹ einerseits auf der Ebene der Zellen und ihrer Organellen und andererseits auf der Ebene der Funktionssysteme des Gesamtorganismus ab. Als Arbeitshypothese sei die Behauptung aufgestellt, dass da günstige Auswirkungen von Höhentrainings zu erwarten sind, wo trainingsbedingte und hypoxiebedingte Adaptation in gleicher Richtung verlaufen und sich damit gewissermassen potenzieren.

Überlegen wir uns also anhand dieser Hypothese, wie sich die verschiedenen Komponenten der körperlichen Leistungsfähigkeit durch ein Höhentraining beeinflussen lassen:

a) Aerobe Kapazität (Tabelle 1)

Auf dem Sektor aerobe Kapazität ergibt sich eine sehr weitgehende Übereinstimmung der durch Training und durch Hypoxie hervorgerufenen Adaptationsvorgänge.

Auf Zellniveau kommt es sowohl durch ein gezieltes Training wie durch Sauerstoffmangel zur Erhöhung der mitochondrialen Oxydationskapazität, und zwar offenbar dank einer mengen- und volumemässigen Zunahme der Mitochondrien und damit verbunden erhöhten Enzymaktivitäten in Citratcyclus und Atemkette. Durch den ebenfalls in beiden Situationen erhöhten Myoglobin-Gehalt der Muskelzellen steht denselben ausserdem ein grösserer Sauerstoffvorrat zur Verfügung, doch kommt diesem Mechanismus gegenüber dem erstgenannten nur untergeordnete Bedeutung zu.

Auf der Ebene der Funktionssysteme lassen sich trainings- wie hypoxiebedingt gleichgerichtete Anpassungsvorgänge im Bereich der gesamten Sauerstoff-Transportachse erkennen, nämlich Zunahme von Atemminutenvolumen, Vergrösserung von Herzminutenvolumen und -schlagvolumen, verbes-

serte Kapillarisation der Skelettmuskulatur und Zunahme des Totalhaemoglobingehaltes.

Tabelle 1:

Aerobe Kapazität	Einfluss von Training Hypoxie	
Zellniveau		
mitochondriale Enzymsysteme (Citratcyclus, Atemkette)	+	+
Myoglobin-Gehalt	+	+
Funktionssysteme		
Atmung (\dot{V} , Atemäquivalent)		
Herz-Kreislauf (SV, \dot{Q})	+	+
Kapillarisation	+	+
Blut 2,3 — DPG	?	+
Totalhaemoglobin	+	+

Aufgrund dieser grossen Übereinstimmung wäre zu erwarten, dass die aerobe Kapazität durch ein Training unter Sauerstoffmangel günstig beeinflusst wird. Die durch Höhentraining gesteigerte aerobe Kapazität müsste ferner auch im Flachland zu verbesserten Leistungen in jenen Sportdisziplinen führen, bei welchen diese Komponente der Leistungsfähigkeit entscheidende Bedeutung zukommt. Dass beide Erwartungen erfüllt sind, wird später anhand von Ergebnissen aus experimentellen Untersuchungen belegt werden.

b) Anaerobe Kapazität (Tabelle 2)

Viel weniger eindeutig sind die Verhältnisse auf dem Sektor der anaeroben Kapazität, vor allem was den Einfluss von Hypoxie auf den anoxydativen Zellstoffwechsel betrifft. Gezieltes Training führt nach verschiedenen Autoren zu einer Zunahme des zellulären Creatinphosphat- und vor allem des Glykogengehaltes, während der ATP-Gehalt wahrscheinlich nicht beeinflusst wird. Untersuchungsergebnisse über gleichartige, hypoxiebedingte Adaptationsvorgänge sind uns nicht bekannt. Das Gleiche gilt für die extramitochondrialen Enzymsysteme, deren Aktivität nachgewiesenermassen durch entsprechendes Training zunehmen soll. Ob durch Training oder durch Hypoxie die zelluläre Säuretoleranz zunimmt, ist bei der

¹) Hypoxie = Sauerstoffmangel

Tabelle 2:

Anaerobe Kapazität

Zellniveau	Einfluss von Training Hypoxie	
	?	?
ATP-Gehalt	+	?
CP-Gehalt	+	?
Glykogen-Gehalt	+	?
extramitochondriale Enzymsysteme (CPK, Glykolyse)	+	?
Säuretoleranz	(+)	(+)
Gesamtorganismus		
Pufferungskapazität	+	+
Säuretoleranz	+	+

bekannt hohen pH-Abhängigkeit enzymatischer Reaktionen zumindest fragwürdig.

Die anaerobe Kapazität des Gesamtorganismus lässt sich in erster Linie über die sowohl nach Training wie unter Hypoxie vergrösserte Pufferungskapazität des Blutes steigern. Schliesslich kann sowohl der Mittelstreckenläufer wie der Höhenbewohner oder Alpinist bis zu einem gewissen Grad lernen, mit den unangenehmen Sensationen im Zusammenhang mit der Blutübersäuerung fertig zu werden, das heisst er erwirbt sich eine verbesserte allgemeine Säuretoleranz.

Eine Übereinstimmung trainingsbedingter und hypoxiebedingter Adaptation ist für den anoxydativen Bereich der Energiebereitstellung nicht gesichert und von unserer Arbeitshypothese her wäre damit von einem Höhentaining keine zusätzliche Verbesserung der anaeroben Kapazität zu erwarten.

c) Kraft (Tabelle 3)

Krafttraining führt zu Anpassungsvorgängen am kontraktilen Element des Skelettmuskels, nämlich zu einer Zunahme der Myofibrillen und daneben wahrscheinlich zu Verschiebungen innerhalb der ursprünglichen Myosin-Aktin-Konstellation. Am Gesamtmuskel lässt sich der Trainingseffekt am vergrösserten Querschnitt ermassen.

Sauerstoffmangel führt dagegen weder auf der Zellebene noch am Gesamtmuskel zu einer Adaptation im Sinne des Kraftzuwachses. Einem Krafttraining unter Hypoxiebedingungen kann demnach auch kein potenzierender Effekt zukommen und für reine Kraftsportarten kann sicher auf Höhentrainingslager verzichtet werden.

Tabelle 3:

Kraft Zellniveau	Einfluss von Training Hypoxie	
	+	φ
Myofibrillen	+	φ
Myosin, Aktin	+	φ
Gesamtmuskulatur		
Muskelquerschnitt	+	φ

d) Psychomotorik

Unter der Psychomotorik als letzter Grundkomponente der Leistungs-

fähigkeit fassen wir Begriffe wie Geschicklichkeit, Koordination und Reaktionsgeschwindigkeit zusammen. Das Training komplizierter technischer Bewegungsabläufe besteht in langfristigen Lernprozessen mit Bahnung von Reflexen und Bildung von dynamischen Stereotypen. Hypoxie führt zu Übererregbarkeit des Zentralnervensystems, Beschleunigung spinaler Reflexe und Verbesserung der neuromuskulären Überleitung. Erfahrungsgemäss kommt es nun aber dadurch auch unter mässigem Sauerstoffmangel nicht etwa zu einer Verbesserung von sportlichen Leistungen in technischen Disziplinen. Es sei in diesem Zusammenhang lediglich darauf verwiesen, dass an den Olympischen Spielen in Mexico trotz ausreichender Akklimatisation in keiner technischen Disziplin ein Weltrekord aufgestellt wurde (Ausnahme: Kugelstoss der Frauen), obwohl Rekordleistungen rein aufgrund günstigerer ballistischer Bedingungen bei reduziertem Luftwiderstand eigentlich zu erwarten gewesen wären. Die weitgehend automatisierten Bewegungsabläufe werden wahrscheinlich in ihrer zeitlichen Feinkoordination durch die Hypoxie recht empfindlich gestört. Am stärksten machen sich derartige Störungen naturgemäss bei akuter Hypoxieexposition bemerkbar, das heisst also zu Beginn eines Höhentrainingslagers. Aber auch bei der Rückkehr ins Flachland ist in den ersten Tagen mit einer Übererregbarkeit des Nervensystems zu rechnen, die sich in den gleichen Folgeerscheinungen äussert.

In Sportdisziplinen, bei denen die Psychomotorik als leistungsbestimmender Faktor ganz im Vordergrund steht, überwiegen nach dem Gesagten die negativen Auswirkungen eines Höhentrainings.

2. Sportmedizinische Aspekte des Höhentrainings

Höchstleistungen in Training und Wettkampf können nur von einem gesunden Individuum erbracht werden. In jedem Falle stellt ein Training unter Höhenbedingungen eine zusätzliche Belastung des Organismus dar, und einer sorgfältigen Gesundheitskontrolle ist deshalb vor Antritt des Höhenaufenthaltes und während demselben besondere Beachtung zu schenken.

Als Störfaktoren treten in den ersten Tagen eines Höhenaufenthaltes gehäuft Dysregulationen des vegetativen Nervensystems auf, die sich meist in Schlaf- und Appetitstörungen, Unruhe, Antriebslosigkeit und orthostatischer Labilität äussern. Die gleichen Störungen können übrigens als sogenanntes Readaptationssyndrom auch wieder in den ersten Tagen nach der Rückkehr ins Flachland auftreten.

Latente Infektionen wie Zahngranulome, Sinusitis und Tonsillitis werden infolge Resistenzverminderung bei der Umstellung auf das Höhenklima sehr häufig manifest. Das rauhe Gebirgsklima selbst ist wegen seiner geringen Luftfeuchtigkeit, plötzlichen Kälteeinbrüchen und nicht selten Schneefällen mitten im Sommer, schliesslich häufig die Ursache akuter Erkrankungen der oberen Luftwege, welche die Trainingsarbeit mehrerer Wochen zunichte machen können.

3. Psychologische Aspekte des Höhentrainings

Mehrwöchige Höhentrainingslager führen auch in psychischer Hinsicht zu Mehrbelastungen, die nicht zu unterschätzen sind. Die Höhentrainingszentren befinden sich häufig in abgelegenen und für ungewohnte Personen recht unwirtlichen Gegenden. Die Sportler werden dadurch einer völlig veränderten Umweltsituation ausgesetzt und müssen sich dazu, wenigstens in den ersten drei bis vier Wochen eines Höhenaufenthaltes, erst noch mit einer empfindlichen Leistungseinbusse abfinden. Die langfristige Abwesenheit vom gewohnten Milieu und das enge Zusammenleben mit Trainern und anderen Sportlern kann Anlass geben zu Spannungen sozialpsychologischer Natur, die sich in der Regel eher ungünstig auf die Leistungsbereitschaft des Athleten auswirken. Unter Umständen wird durch solche psychische Störfaktoren sogar der ganze Erfolg eines Höhentrainings in Frage gestellt.

4. Ergebnisse aus wissenschaftlichen Untersuchungen

Die Frage nach den Auswirkungen eines Höhentrainings auf die körperliche Leistungsfähigkeit nach der Rückkehr ins Flachland ist bisher systematisch nur wenig bearbeitet worden. Zudem betreffen die mitgeteilten Ergebnisse ausschliesslich die messtechnisch am besten zu erfassende aerobe Kapazität.

Faulkner, Daniels und Balke berichteten 1967 über eine Verbesserung der maximalen Sauerstoffaufnahme bei fünf Versuchspersonen, welche die Autoren einem intensiven Lauftraining in 2300 Meter Höhe unterzogen hatten. Keine Verbesserung der aeroben Kapazität fanden dagegen Buskirk und Mitarbeiter (1967) bei ihren sechs gut trainierten Läufern im Anschluss an einen längeren Trainingsaufenthalt in 4000 Meter Höhe. Retrospektiv muss jedoch für die einander widersprechenden Ergebnisse dieser beiden Studien die ungleiche Versuchsanordnung und insbesondere die nach späteren Erfahrungen zu grosse Höhe von 4000 Meter in Buskirk's Experiment verantwortlich gemacht werden. Zu-

dem fehlt leider bei beiden Untersuchungsreihen eine Kontrollgruppe, welche keinem Höhentaining unterzogen wurde.

Eine solche Kontrollgruppe wurde erstmals 1969 in einer Versuchsreihe von Roskamm und Mitarbeitern mitgeführt, in welcher die Probanden einem standardisierten, vierwöchigen Fahrradergometertraining in Höhen von 260 Metern, 2250 Metern und 3450 Metern unterzogen wurden. Die in 3450 Meter Höhe trainierte Gruppe erzielte durch das vierwöchige Training eine signifikant grössere Steigerung ihrer maximalen Sauerstoffaufnahme als die im Flachland trainierte Kontrollgruppe und die Autoren kommen zur Schlussfolgerung, dass sich körperliches Training und Hypoxieeinfluss gegenseitig potenzieren.

Die wohl bisher umfassendste Studie wurde 1970 von Mellerowicz und Mitarbeitern veröffentlicht. Die Autoren bildeten zwei elfköpfige Gruppen von Mittel- und Langstreckenläufern, wobei die beiden Gruppen nach Alter, Grösse, Gewicht und Dauerleistungsvermögen möglichst identisch zusammengesetzt wurden. Nach einer gemeinsamen, sechswöchigen Vortrainingsperiode wurde die eine Gruppe in ein vierwöchiges Höhentrainingslager in St. Moritz (1800 bis 2500 Meter über Meer) geschickt, während die andere Gruppe ein Trainingsprogramm von gleicher Dauer und Intensität auf Meereshöhe absolvierte. In einer abschliessenden, zweiwöchigen Nachtrainingsperiode wurden schliesslich die beiden Gruppen wieder im Flachland vereinigt und bezüglich ihrer Leistungsfähigkeit miteinander verglichen.

In beiden Läufergruppen nahm im Verlaufe der vierwöchigen Haupttrainingsperiode die maximale Sauerstoffaufnahme zu (Abbildung 1). Der mittlere Zuwachs war dabei bei der Gruppe, welche das Höhentaining absolviert hatte, hochsignifikant grösser als die mittlere Zunahme der maximalen Sauerstoffaufnahme bei der Läufergruppe, welche auf Meereshöhe weitertrainiert hatte. Von den zehn Läufern mit dem grössten Gewinn an aerober Kapazität gehörten deren neun der Höhentrainingsgruppe an (Abbildung 2) und der anhand der Laufzeit über 3000 Meter gemessene Leistungszuwachs war ebenfalls in der Höhengruppe stärker ausgeprägt (Abbildung 3).

In Bestätigung der Ergebnisse von Roskamm und Mitarbeitern kann somit auch bei dieser der Sportpraxis sehr nahe kommenden Versuchsanordnung von einem potenzierenden Effekt der Höhe auf den trainingsbedingten Zuwachs an aerober Kapazität gesprochen werden. Die

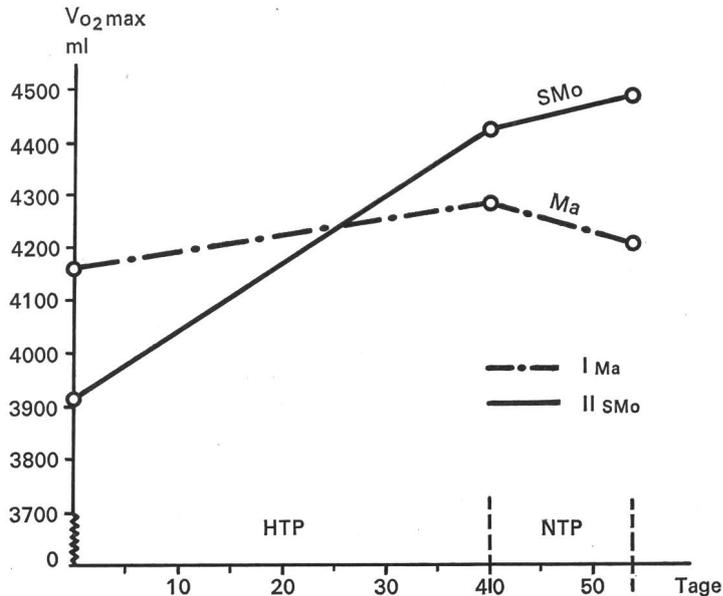


Abbildung 1:

Die mittlere maximale O₂-Aufnahme (ml, STPD) der Gruppen I_{Ma} und II_{SMO} bei Fusskurbelarbeit. 1. Messung vor Beginn des Haupttrainings, 2. und 3. Messung in der Nachtrainingsperiode ~ 50 Meter über Meer. (Nach Mellerowicz).

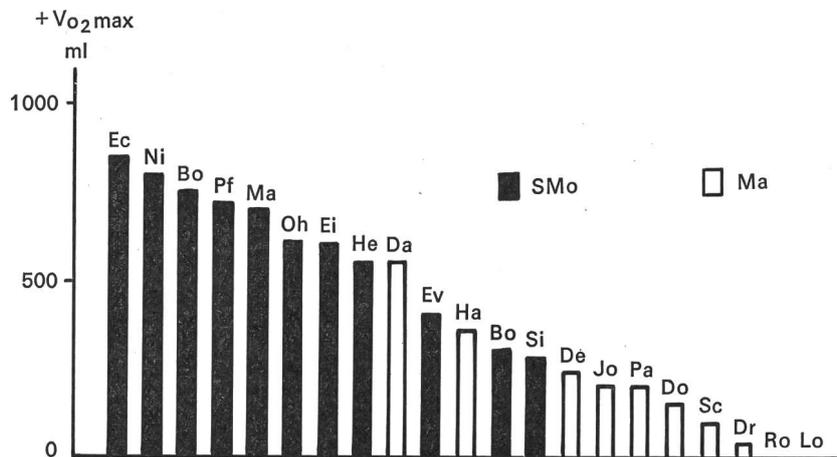


Abbildung 2:

Zunahme der maximalen O₂-Aufnahme aller Läufer der Gruppen I_{Ma} und II_{SMO} (ml, STPD) vor Beginn der Haupttrainingsperiode bis Ende der Nachtrainingsperiode. Von den zehn Läufern mit dem grössten O₂-Zuwachs hatten neun am Höhentaining teilgenommen. (Nach Mellerowicz).

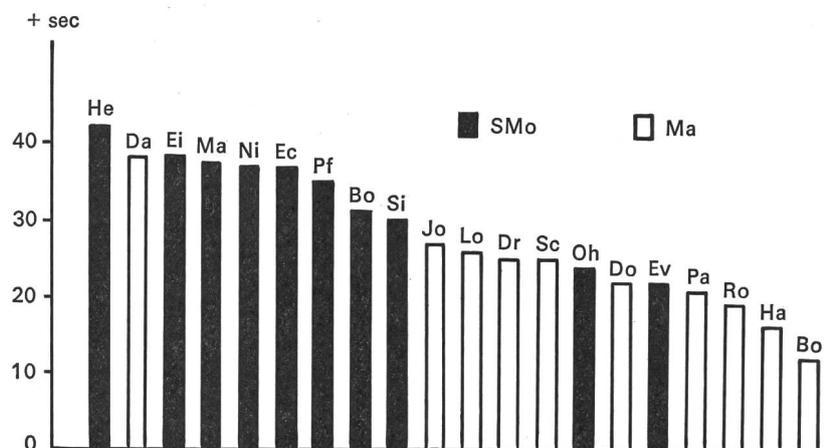


Abbildung 3:

3000-Meter-Leistungszuwachs in Sekunden jedes einzelnen Läufers im Laufe der Haupt- und Nachtrainingsperiode (ohne den Läufer De, der einen Leistungsabfall hatte). Unter den zehn Läufern mit dem grössten Leistungszuwachs hatten acht am Höhentaining teilgenommen. (Nach Mellerowicz).

günstigen Auswirkungen des Höhentrainings hielten in der Studie von Mellerowicz und Mitarbeitern auch drei Wochen nach der Rückkehr der Läufer ins Flachland an.

5. Schlussfolgerungen

Aufgrund der dargestellten wissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse und unserer leistungsphysiologischen, sportmedizinischen und psychologischen Überlegungen lassen sich für die Praxis zur Frage der Auswirkungen von Höhentaining auf die Leistungsfähigkeit im Flachland die folgenden Schlussfolgerungen ziehen:

a) Durch ein geeignetes Dauerleistungstraining in der Höhe lässt sich die aerobe Kapazität eines Individuums erhöhen und seine Dauerleistungsfähigkeit im Flachland wird dadurch verbessert. Dies gilt mit grosser Wahrscheinlichkeit auch für Sportler, die im Flachland bereits die Grenze ihrer individuellen Leistungsfähigkeit erreicht hatten. Die günstige Wirkung des Höhentrainings hält nach der Rückkehr ins Tiefland während mindestens drei Wochen an.

Eine günstige Beeinflussung der anaeroben Kapazität durch Höhentaining, welche über das Mass des auch im Flachland zu er-

zielenden Trainingseffektes hinausginge, ist nicht gesichert.

Bezüglich Kraft ist von einem Höhentaining nichts, bezüglich psychomotorischer Eigenschaften sogar eher ein negativer Einfluss zu erwarten.

b) Ein Höhentaining zur Vorbereitung wichtiger Wettkämpfe im Flachland empfiehlt sich in erster Linie für Sportarten mit hohem Einsatz der aeroben Kapazität, das heisst für Disziplinen mit mehr als sechs Minuten Wettkampfdauer. Zur Verbesserung der aeroben Kapazität als entscheidender Grundlage auch in Disziplinen mit einer bis sechs Minuten Wettkampfdauer kann ein Höhentaining in Sportarten mit vorwiegend anaerobem Belastungstypus eingesetzt werden. Das Gleiche gilt für Disziplinen mit zyklischer Beanspruchung, also zum Beispiel für alle Mannschaftsspiele.

Die kritiklose Anwendung von Höhentaining in Sportarten mit kurzdauernden Leistungen unter einer Minute, in Kraftsportarten und vorwiegend technischen Disziplinen ist abzulehnen.

c) Die für die Durchführung von Höhentrainingslagern optimale Höhe wird heute allgemein mit 2300 Meter plus/minus 300 Meter über Meer angenommen.

Die Trainingsintensität soll im Höhentrainingslager vom ersten Tag an hoch sein, die Leistungsanforderungen an die Athleten sind jedoch proportional zur hypoxiebedingten Leistungseinbusse zu reduzieren. Die Trainingspläne sollten am besten in Zusammenarbeit mit einem erfahrenen Leistungsphysiologen aufgestellt werden.

Die Höhentrainingsperiode sollte nicht weniger als drei Wochen dauern. Länger dauernde Höhentrainingslager können ohne Leistungseinbusse durch kurze Tieflandaufenthalte unterbrochen werden.

d) Einer besonders sorgfältigen Gesundheitskontrolle und der Prophylaxe von Erkältungskrankheiten ist gebührende Beachtung zu schenken. Die psychologische Betreuung der Sportler ist im Höhentrainingslager zu intensivieren.

e) Zwischen Rückkehr ins Flachland und Wettkampf empfiehlt sich die Einschaltung eines Zeitintervalles von drei bis vier Tagen, um leistungsmindernde, negative Reaktionsreaktionen aufzufangen.

Literatur beim Verfasser.