

ALTO '06

Ein Höhentrainingshandbuch für die Praxis



we are on fire!

Impressum

Herausgeber

Swiss Olympic Association
Haus des Sportes
Postfach 606
CH-3000 Bern 22
Tel. +41 (0)31 359 71 11
Fax +41 (0)31 352 33 80
info@swissolympic.ch
www.swissolympic.ch

Redaktion

Dr. med. Beat Villiger (Vorsitz)
Dr. Michael Vogt (Sekretär und Editor)
Dr. Michael Angermann
Matthias Baumberger
Daniel Birrer
Christof Mannhart
Dr. Claudio Perret
Dr. med. Christian Schlegel
Jon Wehrlin

Auflage

500 D

Datum

Oktober 2005

Zur Unterstützung der Höhenvorbereitung im Hinblick auf die Olympischen Spiele von Torino 2006 fasste die Arbeitsgruppe «ALTO '06» das theoretische und praktische Wissen zum Thema Höhenttraining praxisnah zusammen.

Zwecks besserer Lesbarkeit wird in allen Texten die geschlechtsneutrale oder männliche Formulierung verwendet. Wenn nicht explizit erwähnt, sind damit immer beide Geschlechter gemeint.

Inhalte

1.	Was ist in der Höhe anders als im Flachland?	8
1.1.	Literatur	8
2.	Anpassungsmechanismen des Körpers an die Höhe.....	9
2.1.	Inhaltsverzeichnis	9
2.2.	Akute Anpassungsmechanismen des Körpers an die Höhe	10
2.2.1.	Veränderung der Leistungsfähigkeit bei einer akuten Höhenexposition	10
2.2.2.	Atemminutenvolumen	11
2.2.3.	Säure-Basen-Haushalt	11
2.2.4.	Veränderungen im Herz-Kreislaufsystem	12
2.2.5.	Effekte auf das Blut.....	12
2.3.	Chronische Anpassungsmechanismen des Körpers an die Höhe.....	14
2.3.1.	Veränderungen der Leistungsfähigkeit bei chronischem Höhengaufenthalt.....	14
2.3.2.	Atemminutenvolumen und Säure-Basen-Haushalt.....	15
2.3.3.	Veränderungen im Herz-Kreislaufsystem	16
2.3.4.	Effekte auf das Blut.....	16
2.3.5.	Anpassungen im Bereich des Muskels	17
3.	Höhentrainingskonzepte.....	19
3.1.	Inhaltsverzeichnis	19
3.2.	Live high – train high (LHTH).....	20
3.2.1.	LHTH als Vorbereitung für Wettkämpfe in der Höhe.....	20
3.2.2.	LHTH als Vorbereitung für Wettkämpfe im Flachland	20
3.3.	Live high - train low (LHTL)	21
3.3.1.	Weshalb LHTL?	21
3.3.2.	Wie wirkt sich das LHTL auf die Leistungsfähigkeit aus?.....	21
3.3.3.	Welche biologischen und physiologischen Effekte hat das LHTL?	22
3.3.4.	Wem wird LHTL empfohlen?	23
3.3.5.	Für welches Ziel kann LHTL wann eingesetzt werden?	23
3.3.6.	Mehrmalige Durchführung von LHTL Höhenttrainingslagern	24
3.3.7.	Was muss vor einer LHTL Höhenttrainingsperiode beachtet werden?.....	24
3.3.8.	Was muss während einer LHTL Höhenttrainingsperiode beachtet werden?	25
3.3.9.	Was muss nach der LHTL Höhenttrainingsperiode beachtet werden?.....	25
3.3.10.	Wo kann LHTL durchgeführt werden?.....	26
3.3.11.	Praktisches Beispiel mit Spitzenathleten	26
3.3.12.	Literatur LHTL	28

3.4.	Live low – Train high (LLTH, Hypoxietraining)	32
3.4.1.	Wie wirkt sich Hypoxietraining auf die Leistungsfähigkeit aus?	32
3.4.2.	Welche biologischen und physiologischen Effekte hat Hypoxietraining?	32
3.4.3.	Wann kann Hypoxietraining eingesetzt werden?	33
3.4.4.	Wem wird Hypoxietraining empfohlen?	33
3.4.5.	Trainingsmethodik	33
3.4.6.	Wo kann Hypoxietraining durchgeführt werden?	35
3.4.7.	Was muss vor einer Hypoxietrainingsperiode beachtet werden?	35
3.4.8.	Was muss während der Hypoxietrainingsperiode beachtet werden?	35
3.4.9.	Was muss nach der Hypoxietrainingsperiode beachtet werden?	36
3.4.10.	Literatur LLTH	36
4.	Trainingssteuerung in der Höhe	38
4.1.	Inhaltsverzeichnis	38
4.2.	Allgemeines	39
4.2.1.	Bedeutung der Trainingssteuerung	39
4.2.2.	Leistungsfähigkeit in der Höhe	39
4.2.3.	Trainingsformen	39
4.2.4.	Konzeptionelle Planung eines Höhentrainings	40
4.3.	Parameter zur Trainingssteuerung	40
4.3.1.	Trainingsparameter	40
4.3.2.	Trainingsbegleitende Parameter	41
4.3.3.	Akute und chronische Effekte der Höhe auf die Trainingssteuerungsparameter	42
4.4.	Trainingsgestaltung	44
4.4.1.	Training	44
4.4.2.	Tipp aus der Praxis von erfahrenen Trainern	44
4.5.	Regeneration	45
4.6.	Tests / Kontrollen	47
4.6.1.	Erholungsverhalten der Herzfrequenz	47
4.6.2.	Submaximale Stufentests	47
4.6.3.	Submaximaler Feldtest	47
4.6.4.	Kurzer Maximalleistungstest (1 min – 3 min)	47
4.6.5.	Messung des Hypoxiegrades	47
4.6.6.	Feststellung des subjektiven Befindens	48
4.6.7.	Messung der Herzfrequenzvariabilität	48
4.6.8.	Verlaufskontrolle von Ruhepuls und Körpergewicht	48
4.7.	Literatur	48
5.	Übertraining	49
5.1.	Inhaltsverzeichnis	49
5.2.	Warum ist die Beschäftigung mit Fragen des Übertrainings wichtig?	50
5.3.	Was ist Overreaching?	50
5.4.	Was ist Übertraining?	51
5.5.	Welche Arten von Übertraining kennen wir?	52

5.6.	Wie kann die Entstehung eines Übertrainingszustandes aussehen?	52
5.7.	Kann ein Übertraining nur aus zu viel Training entstehen?	53
5.8.	Ist die Gefahr der Entstehung eines Übertrainings in der Höhe grösser?	53
5.9.	Wie kann ein Übertrainingszustand erkannt werden?	53
5.10.	Was ist die Rolle der Athleten und Athletinnen?	54
5.11.	Gibt es bestimmte Athleten, die gefährdeter sind als andere?	54
5.12.	Wie kann ein Athlet das Übertrainingsrisiko minimieren?	55
5.13.	Literatur	55
6.	Ernährung und Supplemente	56
6.1.	Inhaltsverzeichnis	56
6.2.	Weshalb ist ein konstantes Körpergewicht ($\pm 1\%$ des Gewichts in tieferen Lagen) in der Höhe von grosser Bedeutung?	57
6.3.	Trinke ich genug?	57
6.4.	Esse ich genug?	57
6.5.	Wovon soll mit zunehmender Höhe mehr/weniger gegessen und getrunken werden? ...	58
6.6.	Sportgetränke: was ist in der Höhe/Kälte anders als im Flachland?	59
6.7.	Wie kann ich ernährungsseitig möglichst schnell regenerieren?	60
6.8.	Werden in der Höhe besondere Supplemente benötigt?	60
6.8.1.	Blutbildung	60
6.8.2.	Aggressive Sauerstoffverbindungen	60
6.9.	Literatur	61
7.	Regeneration	63
7.1.	Inhaltsverzeichnis	63
7.2.	Was ist Regeneration?	64
7.3.	Ist in der Höhe der Bedarf an Erholung grösser?	64
7.4.	Ist Regeneration in der Höhe anders?	64
7.5.	Ist Regeneration für alle gleich?	65
7.6.	Welche erholungsfördernden Massnahmen kennen wir?	65
7.7.	Welche Ziele werden in der proaktiven Regeneration verfolgt?	65
7.8.	Welche aktiven und passiven Erholungsmassnahmen kennen wir? Was wissen wir über deren Wirksamkeit?	66
7.8.1.	Aktive Massnahmen	66
7.8.2.	Passive Massnahmen	66
7.9.	Was soll bei der Planung der Erholung beachtet werden?	69
7.10.	Fazit	69
7.10.1.	Trainer sollten	69
7.10.2.	Athleten sollten	70
7.11.	Literatur	71
8.	Sportpsychologische Aspekte	72
8.1.	Inhaltsverzeichnis	72
8.2.	Welche psychischen Vorgänge sind bei Höhengaufenthalten zu erwarten?	73
8.3.	Was sollten Trainer und Athleten bezüglich Stimmungslage während der Höhenakklimatisierung wissen?	73

8.4.	Was sollte während der Höhenakklimatisierung vermieden werden?	74
8.5.	Wie kann die Höhenakklimatisierung mental unterstützt werden?.....	74
8.6.	Literatur	74
9.	Sportmedizinische Aspekte	75
9.1.	Inhaltsverzeichnis	75
9.2.	Weshalb gibt es spezielle sportmedizinische Probleme bei einem Höhengaufenthalt?	76
9.3.	Welchen Erkrankungen beeinträchtigen den Spitzensportler in der Höhe am meisten?..	76
9.4.	Gibt es spezielle Ursachen für die vermehrten Infektionen bei Wintersportlern in der Höhe?	77
9.5.	Gibt es vorbeugende Massnahmen zur Reduktion der Infektanfälligkeit der Winterspitzensportler in der Höhe?	77
9.5.1.	Schädigung der Schleimhäute	77
9.5.2.	Schwächung des Immunsystems.....	78
9.5.3.	Reduktion der Ansteckungsgefahr	79
9.5.4.	Was muss ich beim Verdacht auf eine beginnende Infektion tun?	80
9.6.	Kälte-/Anstrengungsasthma: wie gross ist das Problem wirklich?	81
9.6.1.	Wie kommt es zum Kälte-/Anstrengungsasthma?	81
9.6.2.	Was sind die Symptome des Kälte-/Anstrengungsasthmas?.....	81
9.6.3.	Wie kann man dem Kälte-/Anstrengungsasthma vorbeugen, wie sollte man es behandeln?	82
9.6.4.	Müssen Asthmamittel bei der Dopingbehörde gemeldet werden?.....	82
9.7.	Führen mangelnde Flüssigkeitszufuhr und falsche Ernährung in der Höhe zu Krankheitssymptomen?	83
9.8.	Was ist bezüglich der Blutbildung in der Höhe zu beachten?	83
9.9.	Ist die Unterkühlung eine Gefahr für die Gesundheit?.....	84
9.10.	Schläft man in der Höhe schlechter?	84
9.11.	Weshalb schmerzen in der Höhe gelegentlich die Zähne?	84
10.	Möglichkeiten zur Höhenexposition	85
10.1.	Inhaltsverzeichnis	85
10.2.	Definition der Höhenlagen	86
10.3.	Natürliche Höhenbedingungen	86
10.4.	Künstliche Höhenbedingungen	88
10.4.1.	Höhenhäuser, Höhenzimmer und Höhenzelte zur Nutzung von Hypoxie in Ruhe	88
10.4.2.	Höhensimulationsgeräte zur Nutzung von Hypoxie in Ruhe und unter Belastung.....	89
10.4.3.	Unterdruckkammern	90
11.	Anhänge zu Kapitel 6.....	93

«Swiss Olympic dankt der Arbeitsgruppe ALTO '06 herzlich für Ihren Einsatz.»

Werner Augsburg, Chef de Mission 2006

Mitglieder der Arbeitsgruppe ALTO '06:

Dr. med. Beat Villiger (Vorsitz)

Dr. Michael Vogt (Sekretär und Editor)

Dr. Michael Angermann

Matthias Baumberger

Daniel Birrer

Christof Mannhart

Dr. Claudio Perret

Dr. med. Christian Schlegel

Jon Wehrlin

1. Was ist in der Höhe anders als im Flachland?

Autor: Claudio Perret, perretc@gmx.ch

In der Höhe herrschen verglichen mit Meereshöhe ein verminderter Luftdruck und eine geringere Luftdichte. Aufgrund des sinkenden Luftdrucks, nimmt in der Höhe auch die absolute Sauerstoffmenge stetig ab (reduzierter Sauerstoffpartialdruck). Der prozentuale Sauerstoffanteil beträgt aber in jeder Höhe 20.9%. Um eine gewünschte Höhenlage auf Meereshöhe mittels normobarer Hypoxie simulieren zu können, muss also der Sauerstoffgehalt der Luft entsprechend gesenkt werden (Tabelle 1).

Höhe über Meer	Luftdruck	Sauerstoffgehalt in simulierter, normobarer Hypoxie
0m	760mmHg	20.9%
1000m	670mmHg	18.4%
1500m	630mmHg	17.3%
2000m	591mmHg	16.3%
2500m	556mmHg	15.3%
3000m	522mmHg	14.3%
3500m	490mmHg	13.5%
4000m	460mmHg	12.7%

Tabelle 1: Luftdruckabnahme bei zunehmender Höhe und entsprechender absoluter Sauerstoffgehalt im Vergleich zu Meereshöhe (Normoxie)

Die Luft wird mit zunehmender Höhe trockener, die Umgebungstemperaturen sinken (ca. -0.5°C pro 100m Höhenzunahme) und die Erdanziehungskraft nimmt leicht ab, während die Strahlenbelastung (UV-Strahlung) steigt. Eine geringere Luftdichte in der Höhe bedeutet auch einen kleineren Luftwiderstand, was sich auf gewisse Sportarten positiv auswirken kann (z.B. Eisschnelllauf). Zudem muss bei einer verminderten Luftdichte pro Atemzug weniger Atmungsarbeit geleistet werden. Allerdings gilt es zu berücksichtigen, dass für dieselbe Menge Sauerstoff auch deutlich mehr Luft eingeatmet werden muss als auf Meereshöhe (+35% auf 2500m!). Insgesamt wird also die Atmung bei körperlichen Anstrengungen in der Höhe stärker gefordert (siehe Kapitel 2: Atemminutenvolumen).

1.1. Literatur

Astrand, P.O., and K. Rodahl: Textbook of work physiology. McGraw Hill, New York, 1977.

Hollman, W., and T. Hettinger: Sportmedizin - Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin. 4. Auflage, 2000, Schattauer-Verlag.

2. Anpassungsmechanismen des Körpers an die Höhe

Autoren: Jon Wehrlin, jon.wehrlin@baspo.admin.ch und Michael Vogt, vogt@ana.unibe.ch

2.1. Inhaltsverzeichnis

2.2.	Akute Anpassungsmechanismen des Körpers an die Höhe	10
2.2.1.	Veränderung der Leistungsfähigkeit bei einer akuten Höhenexposition	10
2.2.2.	Atemminutenvolumen.....	11
2.2.3.	Säure-Basen-Haushalt	11
2.2.4.	Veränderungen im Herz-Kreislaufsystem	12
2.2.5.	Effekte auf das Blut	12
2.3.	Chronische Anpassungsmechanismen des Körpers an die Höhe	14
2.3.1.	Veränderungen der Leistungsfähigkeit bei chronischem Höhengaufenthalt	14
2.3.2.	Atemminutenvolumen und Säure-Basen-Haushalt	15
2.3.3.	Veränderungen im Herz-Kreislaufsystem	16
2.3.4.	Effekte auf das Blut	16
2.3.5.	Anpassungen im Bereich des Muskels	17

Durch den geringeren Luftdruck in der Höhe sinkt der Sauerstoffdruck der Einatemungsluft (Sauerstoffpartialdruck); dem Athleten steht bei gleicher eingeatmeter Luftmenge weniger Sauerstoff zur Verfügung als im Flachland. In einer Höhe von 3000m ist das Sauerstoffangebot bereits um ca. einen Drittel reduziert. Der für eine bestimmte Arbeit notwendige Sauerstoffbedarf bleibt jedoch unverändert, es besteht in der Höhe deshalb die Gefahr eines Sauerstoffmangels im Gewebe. Der Sauerstoffmangel im Gewebe wird «Hypoxie» genannt.

Je nach Dauer des Sauerstoffmangels unterscheidet man zwischen akuter und chronischer Hypoxie. Der menschliche Organismus verfügt über eine Reihe von wirksamen Anpassungsmechanismen, mit dem Ziel dem Sauerstoffmangel entgegenzuwirken. Diese betreffen besonders die Atmungs-, Herz-Kreislauf- und Zellfunktion. Der Oberbegriff hierfür ist die Höhenakklimatisation. Ziel dieses Kapitels ist es, die akuten und chronischen Anpassungsmechanismen des Körpers in der Höhe vorzustellen.

2.2. Akute Anpassungsmechanismen des Körpers an die Höhe

Unter akuten Höhenanpassungen verstehen wir Vorgänge im Bereich der ersten 48 Stunden der Höhenexposition.

2.2.1. Veränderung der Leistungsfähigkeit bei einer akuten Höhenexposition

- ⇒ *Die aerobe Leistungsfähigkeit ist unter akuter Höhenexposition reduziert.*
- ⇒ *Die Trainingsintensität kann in der Praxis über die Herzfrequenz gesteuert werden.*
- ⇒ *Ausdauersportarten mit einer hohen Bewegungsgeschwindigkeit (z.B. Bahnradfahrer) profitieren in der Höhe vom reduzierten Luftwiderstand.*

Bei akuter Höhenexposition sind die Ausdauerleistungsfähigkeit und die maximale Sauerstoffaufnahme (VO_2max) proportional zur Höhe, aber individuell in unterschiedlichem Masse, reduziert. Dies ist bei gut trainierten Athleten bereits in einer Höhe unter 1000m der Fall. Die VO_2max reduziert sich bei Ausdauerathleten durchschnittlich um etwa 6-7% pro 1000m zunehmender Höhe.

Da die anaerobe Leistungsfähigkeit bei akuter Höhenexposition ungefähr gleich bleibt, sinkt die Leistungsfähigkeit im Verhältnis zum Anteil der aeroben Energiebereitstellung (VO_2max). In der Höhe wird deshalb die Wettkampfleistungsfähigkeit nur in Sportarten mit einer Belastungsdauer, welche grösser als 2min ist, reduziert sein.

Bei submaximalen Belastungsintensitäten kann das verschlechterte Sauerstoffangebot in der Höhe teilweise mit einer Zunahme der Herzfrequenz kompensiert werden. Das heisst, die gleiche absolute Belastung stellt in der Höhe eine intensivere Belastungsintensität dar. In der Praxis kann aber die Belastungsintensität in der Höhe über die Herzfrequenz gesteuert werden (siehe Kapitel 5: Trainingssteuerung).

Ein Spezialfall stellen Sportarten mit hohen Bewegungsgeschwindigkeiten dar. Durch die reduzierte Luftdichte in der Höhe verringert sich der Bewegungswiderstand. So hat ein Bahnradsfahrer in der Höhe zwar den Nachteil einer reduzierten VO_2max , auf der anderen Seite kann er vom reduzierten Luftwiderstand bei hohen Geschwindigkeiten profitieren.

2.2.2. Atemminutenvolumen

⇒ *Das Atemminutenvolumen steigt unter akuter Höhenexposition an.*

Die Zunahme des Atemminutenvolumens (geatmete Menge Luft pro Minute) ist die wichtigste und schnellste Anpassung bei akuter Höhenexposition. Durch die Reduktion des Sauerstoffangebotes in der Höhe werden Chemosensoren im Bereich der Halsschlagader erregt, die über das Atemzentrum eine Zunahme der Atmung veranlassen. Die gesteigerte Aktivität des sympathischen Anteils des vegetativen Nervensystems führt zudem zu einer Weitstellung der Atemwege, was die Atemarbeit erleichtert. Das Atemminutenvolumen ist in Ruhe und auf allen submaximalen Belastungsintensitäten im Vergleich zum Flachland erhöht. Das maximale Atemminutenvolumen kann aufgrund des verringerten Strömungswiderstandes sogar über den im Flachland gemessenen Werten liegen. Durch die vermehrte Atmung entsteht zusätzlich ein so genannter Hyperventilationseffekt. In der Höhe wird bei gesteigertem Atemminutenvolumen ein etwas grösserer prozentualer Anteil des Lungenvolumens pro Atemzug durch Frischluft ersetzt, weil die Atemtiefe ansteigt und dabei der prozentuale Anteil des Kohlendioxides im Alveolarraum sinkt. Der Anstieg des Atemminutenvolumens trägt dazu bei, das reduzierte Sauerstoffangebot wieder etwas zu verbessern.

2.2.3. Säure-Basen-Haushalt

⇒ *Die Pufferkapazität ist bei akuter Höhenexposition reduziert.*

Die Veränderungen im Säure-Basen-Haushalt stellen keinen Anpassungsmechanismus des Körpers an den Sauerstoffmangel dar, sondern sind die Folge des gesteigerten Atemminutenvolumens. Durch die Zunahme der Atmung in der Höhe wird vermehrt Kohlendioxid (CO_2) abgeatmet. Bei gleich bleibender CO_2 -Produktion im Gewebe führt dies zu einem Ungleichgewicht im Säure-Basen Haushalt. Der Säuregrad des Blutes verändert sich, es wird mehr alkalisch. Man spricht in diesem Zusammenhang von der respiratorischen (durch die vermehrte Atmung bedingte) Alkalose. Durch diesen Effekt steigt die Sauerstoffsättigung im Blut. Da der Organismus bestrebt ist, wieder ein Säure-Basen Gleichgewicht herzustellen, wird vermehrt Bikarbonat (ein Säurepuffer) über die Nieren ausgeschieden. Durch die Ausscheidung des Bikarbonats reduziert sich die Fähigkeit des Körpers Wasserstoffionen (H^+ ; fallen bei

intensiver Muskellarbeit an und bewirken Übersäuerung) abzpuffern. Zu Beginn des Höhengaufenthaltes ist deshalb die Pufferkapazität vermindert.

2.2.4. Veränderungen im Herz-Kreislaufsystem

- ⇒ *Bei submaximaler Belastungsintensität kompensiert das Herzminutenvolumen das verschlechterte Sauerstoffangebot in der Höhe durch eine Zunahme der Herzfrequenz.*
- ⇒ *Bei maximaler Belastungsintensität kann das Herzminutenvolumen das verschlechterte Sauerstoffangebot in der Höhe nicht kompensieren, da die maximale Herzfrequenz und das Schlagvolumen nicht weiter gesteigert werden können.*

Die Herzfrequenz ist in der Höhe in Ruhe und unter submaximaler Belastung erhöht. Als Beispiel stieg in einem Versuch die Herzfrequenz für die gleiche Laufgeschwindigkeit von 133 Schlägen pro Minute (300m) auf 155 Schläge pro Minute (2800m) an. Bei maximaler Belastung bleibt die Herzfrequenz unverändert oder nimmt in grossen Höhen gar ab. Das Schlagvolumen des Herzens (ausgestossene Blutmenge pro Herzschlag) verändert sich bei submaximaler und maximaler Belastung nicht oder nimmt leicht ab. Da das Sauerstoffangebot in der Höhe trotz gesteigerter Atmung reduziert bleibt (tiefere Sauerstoffsättigung im Blut), aber der Sauerstoffverbrauch für eine gleiche absolute Belastungsintensität (z.B. Laufen mit 16km/h) gleich bleibt, nimmt das submaximale Herzminutenvolumen (Herzfrequenz x Schlagvolumen) in der Höhe deutlich zu.

2.2.5. Effekte auf das Blut

- ⇒ *Durch die akute Höhenexposition nimmt das Plasmavolumen ab, was zu einem Anstieg des Hämatokritwerts führt. Dies hat zur Folge, dass mit jedem Herzschlag mehr Sauerstoff zur Muskulatur transportiert wird.*
- ⇒ *Bei maximaler Belastungsintensität ist allerdings das Schlagvolumen aufgrund der Plasmavolumenreduktion reduziert, somit gleicht sich der Vorteil des höheren Hämatokritwerts wieder aus.*
- ⇒ *Der Sauerstoffmangel führt zu einem Anstieg des körpereigenen Hormons EPO, was längerfristig zu einem Anstieg des Erythrozytenvolumens führt (siehe chronische Anpassungen).*

Durch die akute Höhenexposition nimmt das Blutplasmavolumen in den ersten 1-2 Tagen ab. Die Ursachen hierfür sind noch nicht ganz geklärt. Eine mögliche Ursache sind Flüssigkeitsverluste durch eine Reduktion von Plasmaproteinen und durch erhöhte harntreibende Prozesse. Dies hat zur Folge, dass der Hämatokritwert und der Hämoglobinwert ansteigen, ohne dass es zu einer absoluten Zunahme der roten Blutkörperchen kommt (siehe Abbildung 1).

Der Sauerstoffmangel führt bereits nach wenigen Stunden zu einem Anstieg des körpereigenen Hormons Erythropoietin (EPO). Der Anstieg von EPO ist abhängig von der Höhe und zeigt grosse individuelle Unterschiede. Nach diesem initialen Anstieg reduziert sich das EPO wieder und ist nach 3 Wochen in der Höhe wieder auf dem Ausgangsniveau angelangt. Die Zunahme des EPO führt schliesslich zu einer erhöhten Produktion von neuen roten Blutkörperchen (Retikulozyten) (siehe chronische Anpassungen).

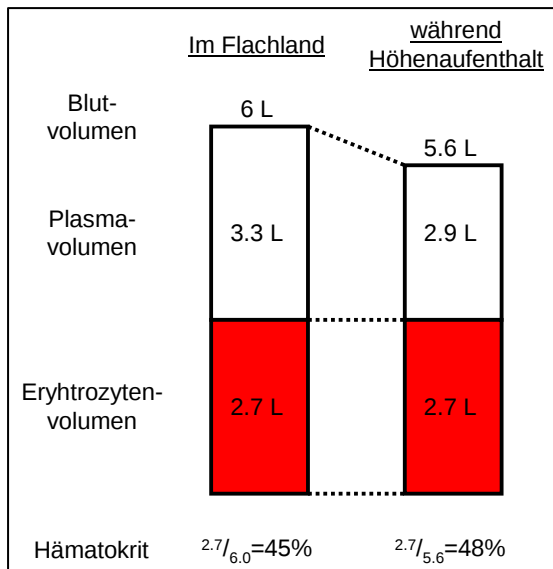


Abbildung 1: Effekte einer akuten Höhenexposition auf das Blutvolumen, Blutplasmavolumen, Erythrozytenvolumen und den Hämatokritwert.

2.3. Chronische Anpassungsmechanismen des Körpers an die Höhe

2.3.1. Veränderungen der Leistungsfähigkeit bei chronischem Höhengaufenthalt

⇒ Akklimatisation an die Zielhöhe führt zu einer besseren submaximalen und maximalen Leistungsfähigkeit in der Höhe

Die verschiedenen Anpassungsmechanismen des Körpers an die Höhenbedingungen führen bei einem längeren Höhengaufenthalt dazu, dass sich die $\dot{V}O_2\text{max}$ und Leistungsfähigkeit in der Höhe mit zunehmender Akklimatisationsdauer leicht erhöhen. Diese liegt jedoch immer noch unter derjenigen auf Meeresniveau. In Abbildung 2 ist die Veränderung der $\dot{V}O_2\text{max}$ während eines 25-tägigen Höhentrainingsaufenthaltes auf 2200m aufgezeigt. Dies macht die Wichtigkeit einer Höhenakklimatisation bei Wettkämpfen in der Höhe deutlich.

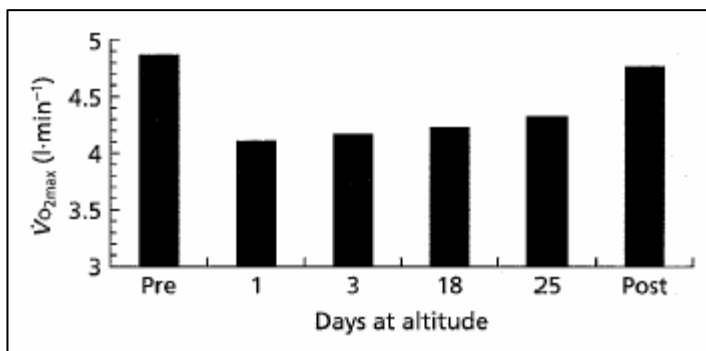


Abbildung 2: Veränderung der maximalen Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}O_2\text{max}$) während eines Höhentrainingsaufenthaltes auf 2200m (aus Rusko, 2003)

Auf das Höhenttraining wird in verschiedener Form an anderer Stelle eingegangen (siehe Kapitel 3: Höhenttrainingskonzepte). Abbildung 3 zeigt den Verlauf der Herzfrequenz- und Blutlaktatwerte sowie die Blutlaktatwerte im Verhältnis zur Herzfrequenz in einem 4 x 4min Stufentest während eines Höhenttrainingsaufenthaltes von Langläufern auf 2200m. Aus der Abbildung wird deutlich wie stark die Herzfrequenz und speziell die Blutlaktatwerte in den ersten Tagen des Höhengaufenthaltes bei gleicher absoluter Belastung erhöht sind.

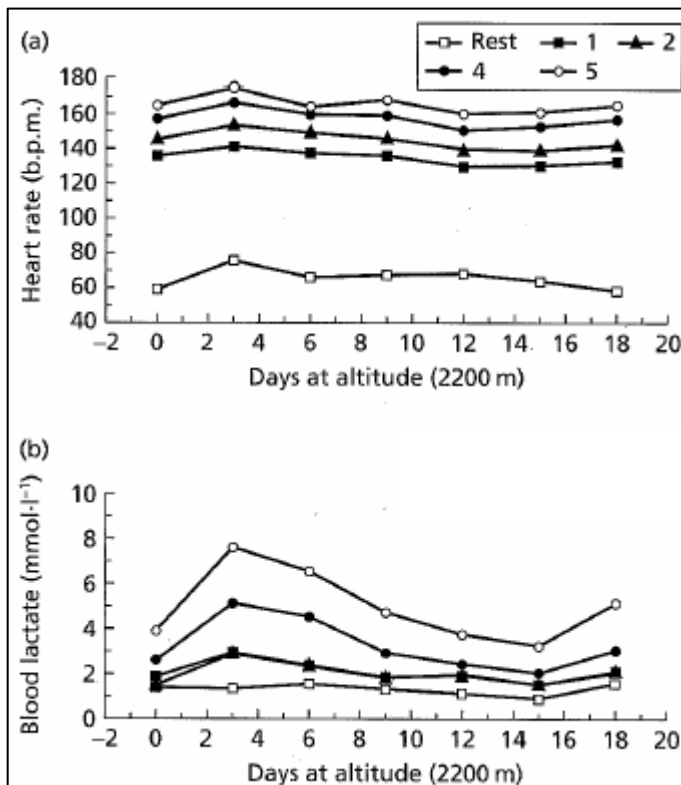


Abbildung 3: Herzfrequenz (a) und Blutlaktat (b) während eines submaximalen Stufenbelastungs-tests. Der Test wurde jeden 3. Tag während eines Höhengaufenthalts auf 2200m durchgeführt. Bei konstanter Laufgeschwindigkeit nahm von Stufe zu Stufe die Steigung (1°, 2°, 4°, 5°) zu (aus Rusko 03).

Folgende Mechanismen können während der Höhenakklimatisierung der Minderung der Leistungseinbusse in der Höhe entgegenwirken:

- Erhöhung der Sauerstoffversorgung (Blut, Herz-Kreislauf, Lunge)
- Ökonomisierung des Sauerstoffverbrauchs der Muskelzellen

2.3.2. Atemminutenvolumen und Säure-Basen-Haushalt

- ⇒ Das Atemminutenvolumen stabilisiert sich nach ca. 1 Woche Höhengaufenthalt auf höherem Niveau.
- ⇒ Die Pufferkapazität bleibt in der Höhe vermindert, kann aber nach dem Höhengaufenthalt verbessert sein.

Bei längerem Höhengaufenthalt steigt das Atemminutenvolumen weiter an und erreicht etwa nach einer Woche ein konstantes Niveau. Dieses Verhalten muss im Zusammenhang mit dem Säure-Basen-Haushalt gesehen werden. Durch die erhöhte Abatmung von CO₂ wird zur Kompensation über die Niere Bikarbonat ausgeschieden, mit dem Bestreben das Säure-Basen Gleichgewicht wieder herzustellen. Dieses Verhältnis der CO₂-Abatmung und die Ausscheidung von Bikarbonat stabilisiert sich bei längerem Höhengaufenthalt.

Dies hat zur Folge, dass die Pufferkapazität (Elimination von «sauren» Stoffwechselprodukten) während längerer Höhengaufenthalte reduziert ist. Während eines Höhengaufenthaltes ist deshalb anaerobes Training mit Vorsicht einzusetzen. Die erhöhte Hämoglobinmenge (Hämoglobin ist auch ein Säurepuffer) im Blut

und die Neubildung von anderen Puffersubstanzen im Gewebe können den Effekt des Bikarbonatverlusts in der Höhe teilweise abfangen. Nach dem Höhengaufenthalt kann die Pufferkapazität erhöht sein, da sich die Bikarbonatspeicher wieder normalisieren und die durch die Höhe erhöhten Puffersubstanzen dem Körper eine gewisse Zeit erhalten bleiben.

2.3.3. Veränderungen im Herz-Kreislaufsystem

⇒ *Bei submaximaler Belastung bleibt die Herzfrequenz im Vergleich zum Flachland erhöht*

In Abhängigkeit der Aufenthaltsdauer und der Höhenlage nehmen das Herzminutenvolumen und das Schlagvolumen submaximal und maximal ab. Die maximale Herzfrequenz kann ebenfalls reduziert sein. Hingegen bleibt die submaximale Herzfrequenz erhöht. Es wird (bedingt u.a. durch die Zunahme des Hämatokritwerts) von einer Kräftigung des Herzmuskels nach einem Höhengaufenthalt bei Leistungssportlern berichtet, was zu einer Ökonomisierung der Herzarbeit führt. Die maximale Herzfrequenz bleibt in moderater Höhe tendenziell reduziert.

2.3.4. Effekte auf das Blut

- ⇒ *Höhenakklimatisation führt zu einer Zunahme der roten Blutkörperchen*
- ⇒ *Dadurch verbessert sich die Sauerstofftransportkapazität*

Einer der wichtigsten Gründe für Athleten aus Ausdauersportarten sich in der Höhe aufzuhalten ist eine erwartete Zunahme der Hämoglobinmasse und des Erythrozytenvolumen (siehe Kapitel 3: «Live high – train low»). Dies führt zu einem verbesserten Sauerstofftransport zur Muskulatur, was dazu beiträgt, die submaximale Ausdauerleistung zu ökonomisieren und die Ausdauerleistungsfähigkeit zu verbessern.

Die Veränderung der Hämoglobinmasse und des Erythrozytenvolumens durch einen Höhentrainingsaufenthalt bei Studien mit Spitzenathleten zeigen jedoch unterschiedliche Resultate (Abbildung 4). Dabei scheint nebst individuellen Unterschieden und unterschiedlichen Messmethoden vor allem die «Höhendosis» entscheidend zu sein. Um eine leistungsrelevante Veränderung der Hämoglobinmasse und des Erythrozytenvolumens von 5% zu erwirken, sollte man sich einer Gesamtdauer von 400 Stunden auf einer Höhe von 2300-2600m aufhalten. Ist die gewählte Höhe geringer (z.B. klassisches Höhenttraining im Engadin auf 1800m) und/oder ist die Aufenthaltsdauer kürzer, nehmen die Hämoglobinmasse und das Erythrozytenvolumen wahrscheinlich nicht in messbarem Ausmass zu (Abbildung 4). Durch die Abnahme des Plasmavolumens und die Zunahme des Erythrozytenvolumens stiegen die Konzentrationsmasse Hämatokrit (%) und Hämoglobin (g/dl) während des Höhengaufenthaltes an. Gewöhnlicherweise normalisiert (und superkompensiert) das Plasmavolumen ein paar Tage nach dem

Höhentrainingsaufenthalt im Flachland wieder, so dass sich die Hämatokrit- und Hämoglobinwerte bei höherem Blutvolumen wieder normalisieren.

Höhenexposition führt in den roten Blutkörperchen zu einem Anstieg von 2-3-Diphosphoglycerat (2-3-DPG). Dies bewirkt, dass der Sauerstoff besser vom Hämoglobin an das Gewebe (z.B. Muskel) abgegeben wird.

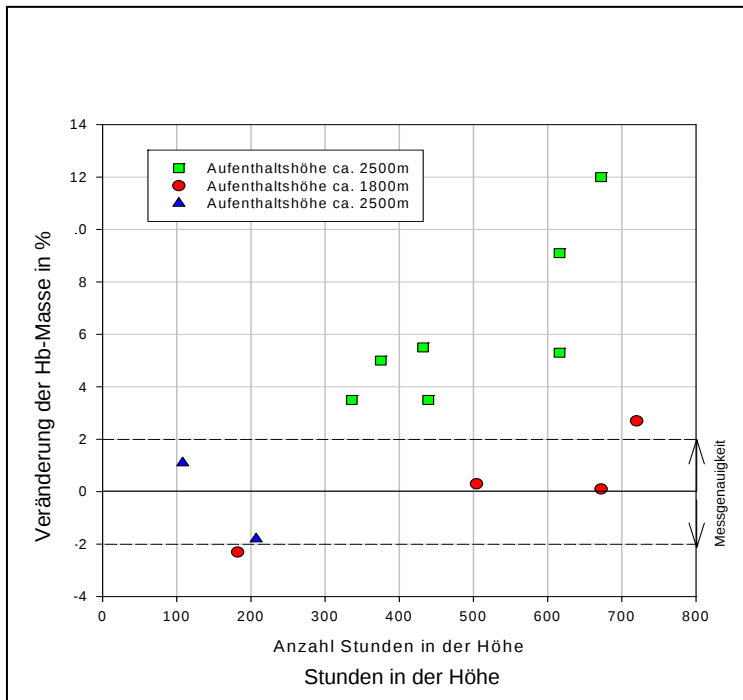


Abbildung 4: Prozentuale Veränderung der Hämoglobinmasse in Abhängigkeit der Höhenaufenthaltsdauer bei Ausdauerathleten.

2.3.5. Anpassungen im Bereich des Muskels

- ⇒ *Lange Höhenaufenthalte in grossen Höhen führen zu einer Abnahme der oxidativen Enzyme, der Mitochondrien und des Muskelfaserquerschnitts.*
- ⇒ *Lange Höhenaufenthalte verbessern die muskuläre Pufferkapazität und bewirken eine Zunahme der Kapillardichte und der Myoglobinkonzentration.*

Das verringerte Sauerstoffangebot in der Höhe wird teilweise auch durch Anpassungen der Mikrozirkulation und Anpassungen innerhalb der Muskelzelle kompensiert.

Extreme Höhenexposition (>5000m) führt zu Abnahmen der Muskelmasse. Parallel zur Abnahme der Muskelmasse wurde bei Alpinisten nach 8 Wochen Aufenthalt auf über 5000m im Oberschenkelmuskel eine Reduktion des Muskelfaserquerschnitts von rund 20% gemessen. Es gibt beim Menschen keine Hinweise für Fasertypenverschiebungen durch chronische Höhenexposition.

Die Kapillardichte im Muskel nimmt bei chronischem Höhenaufenthalt zu. Die Anzahl der Kapillaren pro Muskelfaser bleibt unverändert. Die Zunahme der Kapillardichte ist daher in der Abnahme des Muskelfaserquerschnitts (Kapillardichte = Anzahl Kapillaren pro Muskelvolumen) begründet. Dies bedeutet

für die einzelne Muskelfaser eine optimierte Sauerstoffversorgung, weil mit der gleichen Kapillarzahl ein geringeres Muskelvolumen versorgt werden muss.

Die oxidative Kapazität der Muskulatur nimmt bei längeren Höheng Aufenthalten ab. Parallel dazu nimmt die Zahl der Mitochondrien in ähnlichem Umfang ab. Wenn man die individuellen Daten anschaut, fällt auf, dass die Person mit der ursprünglich höchsten Mitochondriendichte die grösste Abnahme der oxidativen Kapazität in der Muskulatur erfährt. Da die Gesamtkapillarlänge unverändert bleibt, verbessert sich für die restlichen Mitochondrien die Sauerstoffzufuhr.

Im Weiteren gibt es Hinweise, dass während chronischer Höhenexposition die Pufferkapazität verbessert wird und die Konzentration des muskulären Sauerstofftransporters Myoglobin zunimmt.

Die höhenbedingten muskelstrukturellen Anpassungen können zumindest zu einem Teil die funktionellen Anpassungen an grosse Höhen erklären. Die Daten zeigen, dass extreme Hypoxie negative Auswirkungen auf das Muskelgewebe und demzufolge die muskuläre Leistungsfähigkeit hat. Auf der anderen Seite gehen die gefundenen Anpassungen in diejenige Richtung, welche den Transport und die Nutzung des limitierten Sauerstoffangebots in der Muskulatur optimieren. Inwieweit diese Untersuchungen auf mögliche Anpassungen in moderater Höhe übertragbar sind, ist nicht klar. Trotzdem müssen sich Sportler und Trainer bewusst sein, dass lange Höheng Aufenthalte für Ausdauerathleten im Hinblick auf Wettkämpfe im Flachland negative muskuläre Auswirkungen haben können.

3. Höhentrainingskonzepte

In den letzten 20 Jahren hat die Leistungsfähigkeit von Ausdauerathleten in den meisten Sportarten zugenommen. Viele Faktoren sind für den sportlichen Erfolg wichtig. Es ist aber auffallend, dass bei Grossanlässen viele Medaillengewinner ihre Wettkämpfe durch gezieltes Höhenttraining vorbereitet haben oder dass die Wettkämpfe von Athleten, welche in Höhenlagen wohnen, gewonnen worden sind. Beim Einsatz von Höhenttraining muss zwischen zwei Zielsetzungen unterschieden werden:

- 1) «Höhentraining» zur Vorbereitung für Wettkämpfe in der Höhe (Torino 2006)
- 2) «Höhentraining» zur Vorbereitung für Wettkämpfe im Flachland (Beijing 2008)

In den letzten Jahren haben sich für die Erreichung dieser Zielsetzungen verschiedene Methoden entwickelt. Die unterschiedlichen Konzepte werden nachfolgend vorgestellt.

3.1. Inhaltsverzeichnis

3.2.	Live high – train high (LHTH)	20
3.2.1.	LHTH als Vorbereitung für Wettkämpfe in der Höhe	20
3.2.2.	LHTH als Vorbereitung für Wettkämpfe im Flachland.....	20
3.3.	Live high - train low (LHTL)	21
3.3.1.	Weshalb LHTL?	21
3.3.2.	Wie wirkt sich das LHTL auf die Leistungsfähigkeit aus?	21
3.3.3.	Welche biologischen und physiologischen Effekte hat das LHTL?	22
3.3.4.	Wem wird LHTL empfohlen?	23
3.3.5.	Für welches Ziel kann LHTL wann eingesetzt werden?	23
3.3.6.	Mehrmalige Durchführung von LHTL Höhenttrainingslagern	24
3.3.7.	Was muss vor einer LHTL Höhenttrainingsperiode beachtet werden?	24
3.3.8.	Was muss während einer LHTL Höhenttrainingsperiode beachtet werden?	25
3.3.9.	Was muss nach der LHTL Höhenttrainingsperiode beachtet werden?	25
3.3.10.	Wo kann LHTL durchgeführt werden?	26
3.3.11.	Praktisches Beispiel mit Spitzenathleten	26
3.3.12.	Literatur LHTL	28
3.4.	Live low – Train high (LLTH, Hypoxietraining)	32
3.4.1.	Wie wirkt sich Hypoxietraining auf die Leistungsfähigkeit aus?	32
3.4.2.	Welche biologischen und physiologischen Effekte hat Hypoxietraining ?	32
3.4.3.	Wann kann Hypoxietraining eingesetzt werden?	33
3.4.4.	Wem wird Hypoxietraining empfohlen?	33
3.4.5.	Trainingsmethodik	33
3.4.6.	Wo kann Hypoxietraining durchgeführt werden?	35
3.4.7.	Was muss vor einer Hypoxietrainingsperiode beachtet werden?	35
3.4.8.	Was muss während der Hypoxietrainingsperiode beachtet werden?	35
3.4.9.	Was muss nach der Hypoxietrainingsperiode beachtet werden?	36
3.4.10.	Literatur LLTH	36

3.2. Live high – train high (LHTH)

Autor: Jon Wehrlin, jon.wehrlin@baspo.admin.ch

Definition:

Beim «klassischen» Höhentrainingskonzept «Live high - train high» (LHTH) wird in der Höhe geschlafen und trainiert. Je nach Wettkampfhöhe ist die LHTH Höhe dieselbe oder sogar etwas höher gelegen.

3.2.1. LHTH als Vorbereitung für Wettkämpfe in der Höhe

LHTH kann Idealerweise dazu gebraucht werden, um sich durch eine Akklimatisation an die Höhe für die Wettkämpfe in der Höhe vorzubereiten. Der positive Effekt einer körperlichen Akklimatisation auf die Leistungsfähigkeit auf der Wettkampfhöhe darf nicht unterschätzt werden. Er gilt in der Literatur als unbestritten.

So wird international Flachländern empfohlen, sich ca. 3-4 Wochen eine Wettkampfhöhe von 1500 bis 1800m zu akklimatisieren. Da die meisten Schweizer Ausdauerathleten zwischen 500 und 1500 m wohnen, genügt für diese Wettkampfhöhe eine Akklimatisation von 10 - 14 Tagen. Für Athleten aus Spilsportarten sind 7 - 10 Tage sinnvoll.

Es muss jedoch erwähnt werden, dass eine Akklimatisation an diese geringen Höhen kaum zu einer Zunahme der roten Blutkörperchen führt (siehe Kapitel 2: Anpassungsmechanismen an die Höhe). Dafür muss man sich nach neustem Wissensstand ca. 400 Std. auf 2500m aufhalten. Der Nachteil dabei ist allerdings, dass beim Training in diesen Höhen die absolute Belastungsintensität reduziert ist, was zu einem reduzierten mechanischen Belastungsreiz auf die Muskulatur führt. Dies kann sich negativ auf die Leistungsfähigkeit auswirken.

3.2.2. LHTH als Vorbereitung für Wettkämpfe im Flachland

Studienresultate mit Spitzenathleten, welche LHTH als Vorbereitung für Wettkämpfe im Flachland durchführten, zeigen unterschiedliche Resultate. Der Grund hierfür ist wahrscheinlich, dass dem positiven Effekt einer Zunahme der roten Blutkörperchen der Nachteil einer absolut gesehen geringeren Belastungsintensität gegenübersteht. Man folgerte daraus, dass sich Vor- und Nachteil gegenseitig aufheben (Abbildung 1).

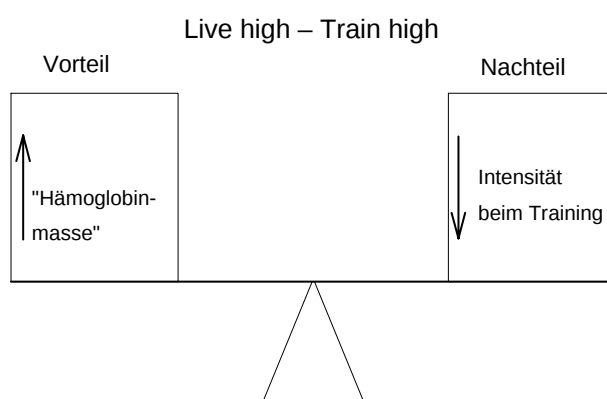


Abbildung 1: «Live high – train high» als Vorbereitung für Wettkämpfe im Flachland.

Vorteil und Nachteil heben einander gegenseitig auf !

3.3. Live high - train low (LHTL)

Autor: Jon Wehrlin, jon.wehrlin@baspo.admin.ch

Definition:

Beim Höhentrainingskonzept «Live high - train low» wird in der Höhe geschlafen und möglichst viel Zeit verbracht, während das Training in tiefen Lagen stattfindet.

3.3.1. Weshalb LHTL?

Das Höhentrainingskonzept LHTL ist eine optimierte Form des klassischen Höhentrainings «Live high - train high». Das Konzept des LHTL basiert darauf, auf der einen Seite die Vorteile der Akklimatisationseffekte an die Höhe durch das «Live high» zu nutzen (Zunahme der roten Blutkörperchen und der Hämoglobinmasse) und auf der anderen Seite die Nachteile des «Train high» (Reduktion der absoluten Trainingsintensität) zu minimieren (Abb. 2).

LHTL kann für die Vorbereitung von Wettkämpfen im Flachland und in der Höhe eingesetzt werden. Nachfolgend eine Kurzversion zum Thema.

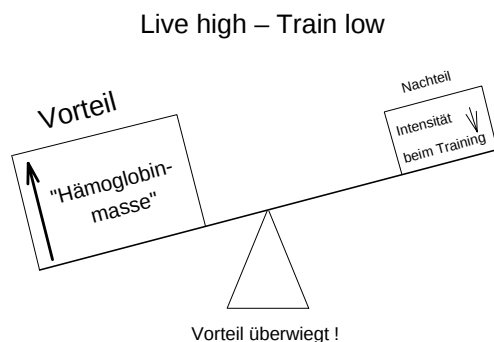


Abbildung 2. Konzept von «Live high – train low».

3.3.2. Wie wirkt sich das LHTL auf die Leistungsfähigkeit aus?

Praktisch alle Studien mit Spitzenathleten zeigen eine verbesserte Leistungsfähigkeit nach dem LHTL Höhentrainingslager. Das Potential zur zusätzlichen Leistungssteigerung gegenüber normalem Training bei Ausdauerathleten beträgt ungefähr 1-3%. Folgende Effekte auf wichtige Leistungsparameter wurden in verschiedenen Untersuchungen gezeigt:

- Zunahme der aeroben Leistungsfähigkeit (VO₂max) (siehe Abbildung 3)
- Zunahme der Laufzeit zur Erschöpfung auf dem Laufband im Stufentest
- Verbesserung der 5000 und 3000m Laufzeiten
- Verbesserung der durchschnittlichen Wattleistung auf dem Fahrradergometer während 4 Minuten

- Verbesserte 400m Laufzeiten

Bei richtiger Durchführung eines LHTL Höhentrainingslagers kann deshalb von positiven Effekten auf die Leistungsfähigkeit ausgegangen werden. Es wird vermutet, dass die positiven Effekte des LHTL Höhentrainings ca. 4-5 Wochen nach dem LHTL Höhentrainingslager anhalten (siehe dazu auch Kapitel 3.3.9)

Wichtige Erfolgsfaktoren sind:

- 1) Eine genügende «Höhendosis» (die ideale Aufenthaltshöhe beträgt dabei ca. 2300 bis 2600m, kombiniert mit einer minimalen Aufenthaltsdauer von wahrscheinlich 400h, was bei einer LHTL-Dauer von 3 - 4 Wochen einem täglichen Höhenaufenthalt von ca. 14 - 19 Std. entspricht)
- 2) Ein angepasster Trainingsstimulus während des LHTL (siehe auch Kapitel 4)
- 3) Gutes «Timing» des Wettkampfes und des Trainings nach dem LHTL (siehe dazu Kapitel 3.3.9)
- 4) Vermeidung medizinischer Probleme (siehe dazu auch Kapitel 9).

3.3.3. Welche biologischen und physiologischen Effekte hat das LHTL?

Der relevanteste Akklimatisationseffekt des «Live high» ist die Zunahme der roten Blutkörperchen (Erythrozytenvolumen; EV) und der Hämoglobinmasse (Hbmasse). Diese Zunahme führt durch den verbesserten Sauerstofftransport sowohl in der Höhe als auch im Flachland zu einer erhöhten maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_2max) und zu einer verbesserten Ausdauerleistungsfähigkeit.

Diese Zunahme der roten Blutkörperchen hat jedoch einen starken Zusammenhang mit der Aufenthaltshöhe und der Aufenthaltsdauer. Resultate von Studien mit Ausdauerspitzenathleten zeigen, dass ca. 400 Std. auf einer Höhe von ca. 2300 bis 2600m verbracht werden müssen, um von einer ca. 5% Zunahme der roten Blutkörperchen zu profitieren (für detaillierte Informationen siehe auch Kapitel 2).

Weitere positive Akklimatisationseffekte des «Live high» sind (siehe auch Kapitel 2) eine Ökonomisierung der Herzarbeit (Kräftigung des Herzens), eine Zunahme der Pufferkapazität nach dem LHTL (Zunahme des Stehvermögens), eine verbesserte Sauerstoffversorgung der Muskulatur und eine verbesserte Sättigung des Blutes mit Sauerstoff.

Ein Nachteil des Trainings in der Höhe ist, dass bei länger dauernden Belastungen (> 2 Minuten) aufgrund der reduzierten aeroben Leistungsfähigkeit in der Höhe nicht mehr mit den gleichen Bewegungsgeschwindigkeiten und damit absoluten Belastungsintensitäten trainiert werden kann wie im Flachland. Dies hat zur Folge, dass die mechanischen und nervalen Reize auf die Muskulatur beim Training in der Höhe reduziert sind. Bei länger andauernden Höhenaufenthalten in mittleren und grossen Höhen (siehe Kapitel 10: Möglichkeiten zur Höhenexposition) besteht deshalb die Gefahr Muskelmasse zu verlieren. Aus diesem Grund wird beim Höhentrainingskonzept LHTL möglichst in tiefen Lagen trainiert.

Diese biologischen und physiologischen Effekte müssen jedoch in der Praxis im Zusammenhang mit den Reisewegen und der Erholungszeit gesehen werden. Als Beispiel kann ein LHTL Höhentrainingslager im Engadin so aussehen: Schlafen auf 2500m, absolvieren des Grundlagentrainings auf 1800m im Tal und Durchführung des Intervalltrainings auf 1000m in Poschiavo.

3.3.4. Wem wird LHTL empfohlen?

Die Durchführung von LHTL wird allen Athleten von Sportarten empfohlen, bei welchen eine hohe Ausdauerleistungsfähigkeit von grosser Wichtigkeit ist (z.B. Läufer, Langläufer, Triathleten, Radfahrer, Schwimmer, Ruderer etc.). Aber auch andere Sportarten mit kombiniert aerob und anaeroben Anforderungen können von LHTL profitieren (z.B. Mannschaftssportarten wie Eishockey, Fussball, Handball oder Kampfsportarten wie Judo, Boxen etc.). Die Anwendung von LHTL sollte jedoch mit einer Fachperson besprochen werden.

3.3.5. Für welches Ziel kann LHTL wann eingesetzt werden?

Das Höhenttraining mit der Methode LHTL kann sowohl zur unmittelbaren Vorbereitung von Wettkämpfen im Flachland und in der Höhe (siehe Beispiele), aber auch während dem Trainingsaufbau eingesetzt werden.

Vorbereitung eines Wettkampfes in der Höhe (z.B. Torino 2006)

Die Wichtigkeit einer genügend langen Akklimatisation an die Wettkampfhöhe in der Vorbereitung auf Wettkämpfe in der Höhe ist wissenschaftlich gesehen unbestritten.

Als einfachste Variante kann man sich während ca. 2 Wochen an die Zielhöhe von 1500 - 1800m akklimatisieren. Alternativ empfiehlt sich, zusätzlich 3-4 Wochen «Live high» auf ca. 2500m «vorzuschalten» (z.B. durch wohnen auf Muottas Muragl im Engadin und «train low» im Tal auf 1700-1800m, siehe Abbildung 3). Damit kann zusätzlich von einer Zunahme der roten Blutkörperchen und einer Verstärkung anderer Akklimatisationseffekte profitiert werden. Der Start der Olympiade erfolgt dann ca. 3 Wochen später. So hat man genügend Zeit, sich an die Zielhöhe zu akklimatisieren, profitiert aber noch von den Effekten des LHTL. Natürlich ist bei der Vorbereitung auf andere Wettkämpfe, das «train low» der Zielhöhe anzupassen.



Abbildung 3. Schematische Darstellung des Ablaufs der Höhenvorbereitung mit der Variante LHTL zur Vorbereitung eines Wettkampfes in der Höhe.

Vorbereitung eines Wettkampfes im Flachland (z.B. Beijing 2008)

Abbildung 4 zeigt einen möglichen Ablauf einer Vorbereitung des Wettkampfes im Flachland. Diese Vorbereitungsphase dauert ca. 7 Wochen. Während den ersten 4 Wochen wird ein LHTL Höhentrainingslager absolviert. Der Zeitpunkt des ersten Wettkampfes ist dabei ca. 3 Wochen (zum erwarteten Zeitpunkt der besten Leistungsfähigkeit) nach dem Ende des LHTL -Höhentrainingslagers geplant (siehe dazu Kapitel 3.2.9). Nicht vergessen werden darf dabei aber die Vorbereitung auf andere klimatische Bedingungen (Hitze: siehe Dokumente der Arbeitsgruppe «Heat and Exercise» von Swiss Olympic) beim Zielwettkampf.

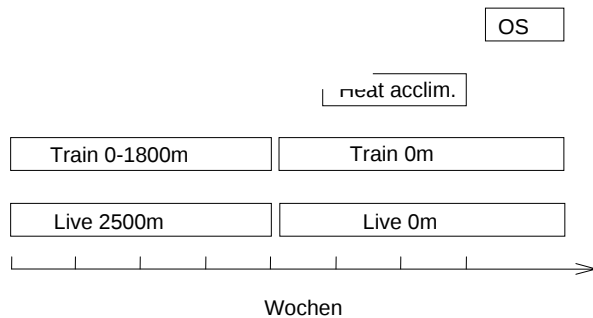


Abbildung 4. Schematische Darstellung des Ablaufs einer Höhentrainingsvorbereitung mit LHTL für einen Wettkampf im Flachland, inklusive Hitzeakklimatisierung.

3.3.6. Mehrmalige Durchführung von LHTL Höhentrainingslagern

Durch das mehrmalige Durchführen von Höhentrainingslagern können die positiven Akklimatisationseffekte teilweise noch vergrößert werden (neuste Erfahrungen in einem Projekt mit Schweizer Spitzenathleten). Zudem braucht der Körper bei der mehrmaligen Anwendung immer weniger Zeit, um sich zu akklimatisieren. Man «verliert» weniger Zeit bis richtig trainiert werden kann. Es empfiehlt sich eine solche Planung, auch im Zusammenhang mit vorgesehenen Wettkämpfen, mit einer Fachperson zu besprechen.

3.3.7. Was muss vor einer LHTL Höhentrainingsperiode beachtet werden?

Der Athlet sollte das Höhentrainingslager gut erholt, gesund, sowie auf einem hohen Leistungsniveau beginnen. Es ist daher sinnvoll, vor dem Höhentrainingslager 1 - 2 Tage zur Erholung einzuplanen. Müdigkeit und Krankheit bereits zu Beginn des Höhentrainingslagers gefährden nicht nur den Erfolg des ganzen Höhentrainingslagers, sondern können negative Auswirkungen auf den ganzen Saisonverlauf haben. Höhenttraining als Kompensator für einen schlechten Formzustand ist deplaziert.

Ferritin als Speicherform des Eisens, ist ein notwendiger Baustein des Hämoglobins. Es wurde berichtet, dass es bei Ausdauerathleten mit Serum Ferritin Werten < 20 ng/ml (Frauen) und < 30 ng/ml (Männern) zu keiner Zunahme des Erythrozytenvolumens nach einem 4-wöchigen Höhentrainingslager auf 2500m kam. Es ist deshalb ratsam, die Ferritinwerte (allenfalls auch Vitamin B12 sowie die Folsäurewerte) vor dem Höhenaufenthalt zu kontrollieren (siehe auch Kapitel 6 und 9: Ernährung, Sportmedizinische Aspekte).

3.3.8. Was muss während einer LHTL Höhentrainingsperiode beachtet werden?

Der Umgang mit den veränderten Umgebungsbedingungen in der Höhe stellt für das Training eine spezielle Herausforderung dar. Es ist deshalb wichtig, dass Trainingsbelastung und Erholung im Einklang stehen. Mögliche Hilfen sind: Messung des Ruhepulses, Durchführung submaximaler Leistungstests mit Messung der Herzfrequenz, des Blutlaktates und des subjektiven Empfindens; Durchführung von Orthostatetests etc. (siehe Kapitel 4 und 5: Trainingssteuerung, Übertraining). Wertvolle Hilfen können auch psychologische Instrumente liefern (siehe Kapitel 8: Sportpsychologische Aspekte). Sehr wichtig ist die sorgfältige Dokumentation der Messungen und des subjektiven Empfindens in einem Trainingstagebuch, damit in der Folge von den gemachten Erfahrungen profitiert werden kann.

Durch den Aufenthalt in der Höhe wird der Athlet einem erhöhten Stress ausgesetzt und speziell die Atemwege sind durch die trockene Luft in der Höhe vermehrt beansprucht. Dies führt zu einer erhöhten Infektanfälligkeit während und nach der Höhentrainingsperiode (siehe Kapitel 9: Sportmedizinische Aspekte). Wichtig ist auch eine angepasste Ernährung und speziell eine angepasste Flüssigkeitsaufnahme (siehe Kapitel 6: Ernährung).

Phasen des Höhentrainings: Während des Höhentrainingslagers ist es wichtig, die Phasen des Höhentrainings zu kennen und zu beachten (siehe dazu auch Kapitel 4: Trainingssteuerung):

Ruhephase. In den ersten paar Tagen in der Höhe (z.B. 2-3 Tage; die Zahl variiert jedoch individuell und nach Aufenthaltshöhe) sollte dem Körper Zeit gegeben werden, sich den neuen Bedingungen anzupassen. In dieser Phase sollte nur mit tiefer Intensität trainiert werden.

Es folgt die Haupttrainingsphase. Diese besteht aus einem ersten Teil, in welchem nur mit moderater Intensität trainiert wird (ca. 5-7 Tage), sowie einem zweiten Teil (ca. 14 Tage, in welchem die Trainingsbelastung erhöht wird und auch intensive Trainingseinheiten mit erhöhtem anaerobem Anteil eingebaut werden). Als generelle Regel kann gesagt werden, dass in der ersten Höhentrainingswoche in der Höhe das Trainingsvolumen verglichen mit dem Trainingsvolumen im Flachland ca. um 20% und in der 3. Woche etwa um 10% reduziert ist. Ein ähnliches Trainingsvolumen wie im Flachland ist meist erst nach 5 Wochen in der Höhe sinnvoll. Die Intervalltrainingsintensität ist zu Beginn in der Höhe um ca. 5-7% und in der 3. Woche um 3-5% reduziert. Die Intervallerholungszeit ist in der ersten Höhentrainingswoche ungefähr verdoppelt und in der 3. Woche noch ca. um 50% erhöht.

Falls direkt nach dem Höhenaufenthalt Wettkämpfe geplant sind, ist es natürlich wichtig, am Ende des Höhentrainingslagers Regenerationstage einzuplanen.

3.3.9. Was muss nach der LHTL Höhentrainingsperiode beachtet werden?

Das richtige Verhalten nach dem Höhentrainingslager ist ebenso wichtig, wie das richtige Verhalten während dem Höhentrainingslager selber. Als Grundmuster sei nachfolgend das «Norwegische Modell» aufgeführt. Es muss aber betont werden, dass dieses nur beschränkt Gültigkeit hat, da jeder Athlet sein optimales Muster zur Wettkampfvorbereitung nach dem Höhentrainingslager herausfinden muss.

Die ersten zwei Tage nach dem Höhentrainingslager dienen der Erholung. Es folgt eine ca. 8-tägige Trainingsphase in welcher Trainingsvolumen und –intensität erhöht werden. Diese Phase wird in der

Literatur oft als instabil oder als «period of poor performance» bezeichnet. In dieser Zeitperiode sollten keine Wettkämpfe durchgeführt werden.

In der nachfolgenden Vorwettkampfphase (5-11 Tage) sollte der Athlet eine stabile Leistungsphase mit erhöhter Leistungsfähigkeit aufweisen. In dieser Periode kann auf hohem Niveau trainiert oder bereits erste kurze Testwettkämpfe durchgeführt werden.

Schliesslich folgt die 4-7 Tage dauernde Wettkampfphase, in welcher Höchstleistungen möglich sind. Das norwegische Modell sieht den Zeitpunkt der besten Leistungsfähigkeit ca. 16 – 24 Tage nach dem Höhentrainingslager.

Oft werden auch die ersten 1 - 2 Tage nach dem Höhentrainingslager als Zeitperiode einer sehr guten Leistungsfähigkeit genannt (siehe dazu auch Kapitel 3.3.11). Diese Zeit eignet sich allerdings nur, wenn lediglich ein Wettkampf bestritten wird. Werden an mehreren Tagen Wettkämpfe durchgeführt, können diese in die „instabile Phase“ nach dem Höhenttraining fallen.

Aufgrund der individuellen Unterschiede wird empfohlen, vor wichtigen Wettkämpfen ein oder mehrere Höhentrainingslager durchzuführen, um das individuell richtige «Timing» herauszufinden.

3.3.10. Wo kann LHTL durchgeführt werden?

LHTL kann sowohl in Echthöhe als auch unter künstlichen Bedingungen (Höhenzimmern, Höhenzelten) durchgeführt werden. In Kapitel 10 sind weitere praktische Informationen aufgelistet.

3.3.11. Praktisches Beispiel mit Spitzenathleten

Als Vorbereitung für die Leichtathletik Weltmeisterschaften 2003 in Paris absolvierten die beiden Weltklasseläufer Viktor Röthlin (VR; Marathon) und Christian Belz (CB; 5000m) ein 26-tägiges LHTL Höhentrainingslager im Engadin. Sie wohnten während 26 Tagen (ca. 18 Std. pro Tag) auf einer natürlichen Höhe von 2456m ü.M. (Muottas Muragl). Zwei Mal täglich trainierten beide auf einer Höhe von 1800m ü.M. Vor und nach dem LHTL Höhentrainingslager wurden die relativen Blutwerte Hämatokrit (Hct; %), Hämoglobin (Hb; g/dl) sowie die absoluten Blutwerte Hämoglobinmasse, Erythrozytenvolumen, Plasmavolumen sowie das Blutvolumen bestimmt. Die Leistungsfähigkeit wurde mit Wettkampfergebnissen und subjektiver Einschätzung dokumentiert.

Resultate Blutwerte. Die relativen Blutwerte Hct und Hb waren bei CB (Werte vor vs. nach dem Höhentrainingslager: Hct: 38.8 vs 38.6; Hb:13.2 vs 13.3) und VR (Hct: 42.7 vs 43.8; Hb:15.6 vs 15.7) praktisch unverändert. Die absolute Hämoglobinmasse, das Erythrozytenvolumen und das Blutvolumen war nach dem LHTL bei beiden Athleten in vermutet leistungsrelevantem Ausmass erhöht (Figur 1). Dies zeigt, dass der Effekt eines Höhentrainings auf die Blutwerte nur mit einer «Blutvolumenmessung» aussagekräftig dokumentiert werden kann und sich die traditionellen Konzentrationsmasse Hct (%) und Hb (g/dl) dafür nicht eignen. Der sehr tiefe Hct-Wert von CB ist dadurch zu erklären, dass er ein sehr hohes Plasmavolumen hat. Das Erythrozytenvolumen beider Athleten ist etwa gleich gross. Ein Ausdauerspitzenathlet kann also durchaus mit einem Hämatokritwert um die 40 % Weltklasseleistungen erbringen, wenn er ein genug hohes Erythrozytenvolumen hat.

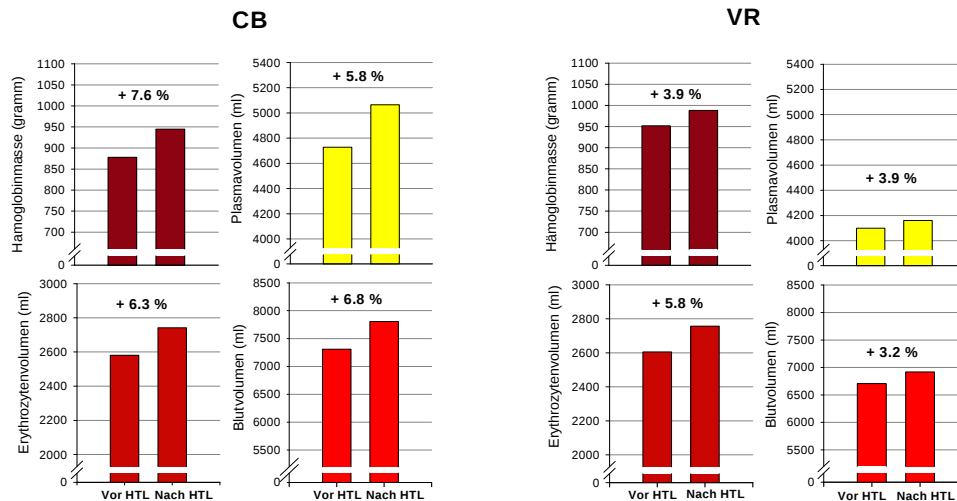


Abbildung 5. Effekt eines 26-tägigen Höhentrainingslagers auf Hämoglobinmasse, Erythrozytenvolumen, Plasma-volumen und Blutvolumen von Christian Belz (CB) und Viktor Röthlin (VR).

Resultate Leistungsfähigkeit: Die Wettkampfergebnisse (Laufzeiten, Platzierungen) sind aufgrund unterschiedlicher äusserer Bedingungen (Rennverlauf, Gegner, Wetter, Strecke etc.) nur bedingt miteinander vergleichbar. Trotzdem sind sie in Abbildung 6 aufgeführt.

Beide Athleten erreichten an der WM in Paris eine Spitzenrangierung (CB: Rang 13; VR: Rang 14) und schätzten ihr Resultat als sehr positiv ein. Bei CB ist nebst Läufen in Paris, das Qualifikationsrennen in Belgien mit einer gelaufenen 5000m-Zeit von 13:12:16 speziell erwähnenswert. Bei den praktisch identischen Marathonzeiten von VR gilt es nebst der Tatsache, dass beide Rennen mit LHTL vorbereitet wurden zu berücksichtigen, dass die selektive WM-Strecke mit diversen Steigungen und Richtungswechseln kaum Bestzeiten zuließ.

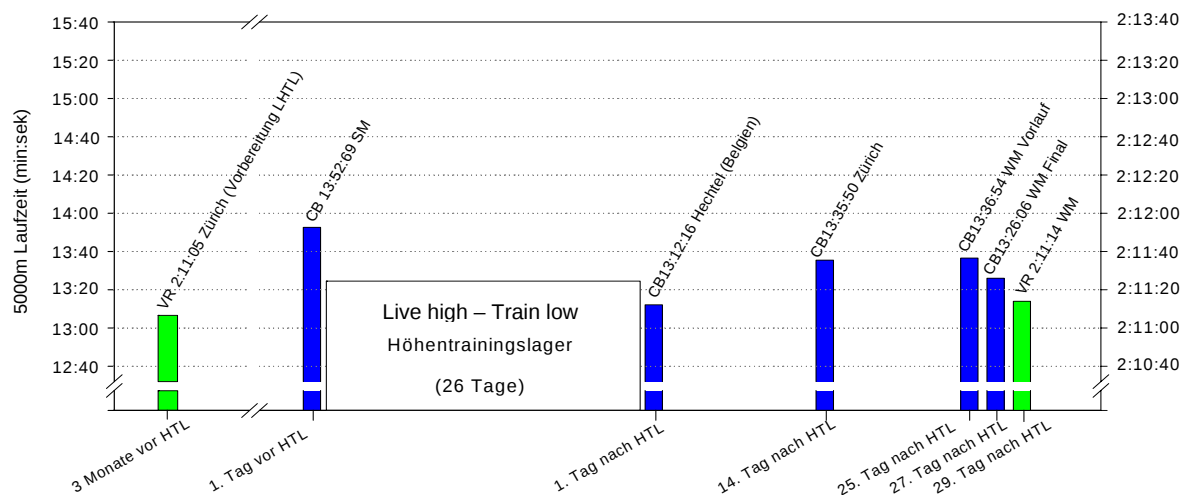


Abbildung 6. Wettkampfergebnisse vor und nach dem „Live high - train low“ Höhentrainingslager (HTL) von Viktor Röthlin (VR) und Christian Belz (CB).

3.3.12. Literatur LHTL

- Adams, W. C., E. M. Bernauer, D. B. Dill, and J. B. Bomar. Effects of equivalent sea-level and altitude training on VO₂max and running performance. *J Appl Physiol*:262-266, 1975.
- Ashenden, M. J., C. J. Gore, G. P. Dobson, and A. G. Hahn. "Live high, train low" does not change the total haemoglobin mass of male endurance athletes sleeping at a simulated altitude of 3000 m for 23 nights. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 80:479-484, 1999.
- Ashenden, M. J., C. J. Gore, D. T. Martin, G. P. Dobson, and A. G. Hahn. Effects of a 12-day "live high, train low" camp on reticulocyte production and haemoglobin mass in elite female road cyclists. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 80:472-478, 1999.
- Bailey, D. M., B. Davies, L. Romer, L. Castell, E. Newsholme, and G. Gandy. Implications of moderate altitude training for sea-level endurance in elite distance runners. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 78:360-368, 1998.
- Berglund, B., G. Birgegård, L. Wide, and P. Pihlstedt. Effects of blood transfusions on some hematological variables in endurance athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 21:637-642, 1989.
- Berglund, B., P. Hemmingsson, and G. Birgegård. Detection of autologous blood transfusions in cross-country skiers. *Int J Sports Med*. 8:66-70, 1987.
- Billat, V. L., P. M. Lepretre, R. P. Heubert, J. P. Koralsztein, and F. P. Gazeau. Influence of acute moderate hypoxia on time to exhaustion at vVO₂max in unacclimatized runners. *Int J Sports Med*. 24:9-14, 2003.
- Birrer, D. Einsatz psychomotorischer Instrumente in der Uebertrainingsdiagnostik. *Schweiz Z Sportmed Sporttraumatol*. 2:57-61, 2004.
- Burtscher, M., W. Nachbauer, P. Baumgartl, and M. Philadelphy. Benefits of training at moderate altitude versus sea level training in amateur runners. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 74:558-563, 1996.
- Buskirk, E. R., J. Kollias, R. F. Akers, E. K. Prokop, and E. P. Reategui. Maximal performance at altitude and on return from altitude in conditioned runners. *J Appl Physiol*. 23:259-266, 1967.
- Chapman, R. F., J. Stray-Gundersen, and B. D. Levine. Individual variation in response to altitude training. *J Appl Physiol*. 85:1448-1456, 1998.
- Daniels, J. and N. Oldridge. The effects of alternate exposure to altitude and sea level on world-class middle-distance runners. *Med Sci Sports*. 2:107-112, 1970.
- Dehnert, C., M. Hutler, Y. Liu, E. Menold, C. Netzer, R. Schick, B. Kubanek, M. Lehmann, D. Boning, and J. M. Steinacker. Erythropoiesis and performance after two weeks of living high and training low in well trained triathletes. *Int J Sports Med*. 23:561-566, 2002.
- Dempsey, J. A. and P. D. Wagner. Exercise-induced arterial hypoxemia. *J Appl Physiol*. 87:1997-2006, 1999.
- Dick, F. W. Training at altitude in practice. *Int J Sports Med*. 13 Suppl 1:S203-206, 1992.
- Dill, D. B. and W. C. Adams. Maximal oxygen uptake at sea level and at 3,090-m altitude in high school champion runners. *J Appl Physiol*. 30:854-859, 1971.
- Eckardt, K. U., U. Boutellier, A. Kurtz, M. Schopen, E. A. Koller, and C. Bauer. Rate of erythropoietin formation in humans in response to acute hypobaric hypoxia. *J Appl Physiol*. 66:1785-1788, 1989.
- Ekblom, B. T. Blood boosting and sport. *Baillieres Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*. 14:89-98, 2000.
- Faulkner, J. A., J. T. Daniels, and B. Balke. Effects of training at moderate altitude on physical performance capacity. *J Appl Physiol*. 23:85-89, 1967.
- Faulkner, J. A., J. Kollias, C. B. Favour, E. R. Buskirk, and B. Balke. Maximum aerobic capacity and running performance at altitude. *J Appl Physiol*. 24:685-691, 1968.
- Friedmann, B., F. Frese, E. Menold, F. Kauper, J. Jost, and P. Bartsch. Individual variation in the erythropoietic response to altitude training in elite junior swimmers. *Br J Sports Med*. 39:148-153, 2005.
- Friedmann, B., J. Jost, T. Rating, H. Mairbaurl, and P. Bartsch. No increase of total red blood cell volume during three weeks of training at an altitude of 1800m. *Med Sci Sports Exerc*. 28:S67, 1996.
- Fry, R. W., A. R. Morton, and D. Keast. Overtraining in athletes. An update. *Sports Med*. 12:32-65, 1991.
- Fulco, C. S., P. B. Rock, and A. Cymerman. Improving athletic performance: is altitude residence or altitude training helpful? *Aviat Space Environ Med*. 71:162-171, 2000.

- Fulco, C. S., P. B. Rock, and A. Cymerman. Maximal and submaximal exercise performance at altitude. *Aviat Space Environ Med.* 69:793-801, 1998.
- Ge, R. L., S. Witkowski, Y. Zhang, C. Alfrey, M. Sivieri, T. Karlsen, G. K. Resaland, M. Harber, J. Stray-Gundersen, and B. D. Levine. Determinants of erythropoietin release in response to short-term hypobaric hypoxia. *J Appl Physiol.* 92:2361-2367, 2002.
- Gore, C. J., A. Hahn, A. Rice, P. Bourdon, S. Lawrence, C. Walsh, T. Stanef, P. Barnes, R. Parisotto, D. Martin, D. Pyne, and C. Gore. Altitude training at 2690m does not increase total haemoglobin mass or sea level VO₂max in world champion track cyclists. *J Sci Med Sport.* 1:156-170, 1998.
- Gore, C. J., A. G. Hahn, R. J. Aughey, D. T. Martin, M. J. Ashenden, S. A. Clark, A. P. Garnham, A. D. Roberts, G. J. Slater, and M. J. McKenna. Live high:train low increases muscle buffer capacity and submaximal cycling efficiency. *Acta Physiol Scand.* 173:275-286, 2001.
- Gore, C. J., A. G. Hahn, C. M. Burge, and R. D. Telford. VO₂max and haemoglobin mass of trained athletes during high intensity training. *Int J Sports Med.* 18:477-482, 1997.
- Gore, C. J., A. G. Hahn, G. C. Scroop, D. B. Watson, K. I. Norton, R. J. Wood, D. P. Campbell, and D. L. Emonson. Increased arterial desaturation in trained cyclists during maximal exercise at 580 m altitude. *J Appl Physiol.* 80:2204-2210, 1996.
- Gore, C. J., S. C. Little, A. G. Hahn, G. C. Scroop, K. I. Norton, P. C. Bourdon, S. M. Woolford, J. D. Buckley, T. Stanef, D. P. Campbell, D. B. Watson, and D. L. Emonson. Reduced performance of male and female athletes at 580 m altitude. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 75:136-143, 1997.
- Hahn, A. G. and C. J. Gore. The effect of altitude on cycling performance: a challenge to traditional concepts. *Sports Med.* 31:533-557, 2001.
- Hahn, A. G., C. J. Gore, D. T. Martin, M. J. Ashenden, A. D. Roberts, and P. A. Logan. An evaluation of the concept of living at moderate altitude and training at sea level. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* 128:777-789, 2001.
- Heinicke, K., N. Prommer, J. Cajigal, T. Viola, C. Behn, and W. Schmidt. Long-term exposure to intermittent hypoxia results in increased hemoglobin mass, reduced plasma volume, and elevated erythropoietin plasma levels in man. *Eur J Appl Physiol.* 88:535-543, 2003.
- Heinicke, K., B. Wolfarth, P. Winchenbach, B. Biermann, A. Schmid, G. Huber, B. Friedmann, and W. Schmidt. Blood volume and hemoglobin mass in elite athletes of different disciplines. *Int J Sports Med.* 22:504-512, 2001.
- Hirsch, L. and W. Klein. In der Höhe richtig trainieren. *Leichtathletiktraining*:22-27, 2002.
- Ingjer, F. and K. Myhre. Physiological effects of altitude training on elite male cross country skiers. *J Sport Sci*:37-47, 1992.
- Jedlickova, K., D. W. Stockton, H. Chen, J. Stray-Gundersen, S. Witkowski, R. L. Ge, J. Jelinek, B. D. Levine, and J. T. Prchal. Search for genetic determinants of individual variability of the erythropoietin response to high altitude. *Blood Cells Mol Dis.* 31:175-182, 2003.
- Jensen, K., T. S. Nielsen, J. O. Fiskestrand, J. O. Lund, N. J. Christensen, and N. H. Secher. High-altitude training does not increase maximal oxygen uptake or work capacity at sea level in rowers. *Scand J Med Sci Sports*:256-262, 1993.
- Kayser, B. Nutrition and energetics of exercise at altitude. Theory and possible practical implications. *Sports Med.* 17:309-323, 1994.
- Laitinen, H., K. Alopaeus, R. Heikkinen, H. Hietanen, L. Mikkelsen, H. O. Tikkanen, and H. Rusko. Acclimatization to living in normobaric hypoxia and training in normoxia at sea level in runners. *Med.Sci Sports Exerc.* 27:S109, 1995.
- Leigh-Smith, S. Blood boosting. *Br J Sports Med.* 38:99-101, 2004.
- Levine, B. D. and J. Stray-Gundersen. The effects of altitude training are mediated primarily by acclimatization, rather than by hypoxic exercise. *Adv Exp Med Biol.* 502:75-88, 2001.
- Levine, B. D. and J. Stray-Gundersen. The effects of altitude training are mediated primarily by acclimatization, rather than by hypoxic exercise. In: *Hypoxia: From Genes to the Bedside*. R. Roach (Ed.) New York: Kluwer Academic /Plenum Publishers, 2001, pp. 75-88.
- Levine, B. D. and J. Stray-Gundersen. "Living high-training low": effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. *J Appl Physiol.* 83:102-112, 1997.
- Levine, B. D. and J. Stray-Gundersen. "Living high-training low": the effect of altitude acclimatization/normoxic training in trained runners. *Med Sci Sports Exerc*:S25, 1991.
- Levine, B. D. and J. Stray-Gundersen. A practical approach to altitude training: where to live and train for optimal performance enhancement. *Int J Sports Med.* 13 Suppl 1:S209-212, 1992.

- Mairbaurl, H. Red blood cell function in hypoxia at altitude and exercise. *Int J Sports Med.* 15:51-63, 1994.
- Matlina, E. Effects of physical activity and other types of stress on catecholamine metabolism in various animal species. *J Neural Transm.* 60:11-18, 1984.
- Mattila, V. and H. Rusko. Effect of living high and training low on sea level performance in cyclists. *Med Sci Sports Exerc.* 28:S156, 1996.
- Mizuno, M., C. Juel, T. Bro-Rasmussen, E. Mygind, B. Schibye, B. Rasmussen, and B. Saltin. Limb skeletal muscle adaptation in athletes after training at altitude. *J Appl Physiol.* 68:496-502, 1990.
- Nummela, A. and H. Rusko. Acclimatization to altitude and normoxic training improve 400-m running performance at sea level. *J Sports Sci.* 18:411-419, 2000.
- Olsen, N. V., I. L. Kanstrup, J. P. Richalet, J. M. Hansen, G. Plazen, and F. X. Galen. Effects of acute hypoxia on renal and endocrine function at rest and during graded exercise in hydrated subjects. *J Appl Physiol.* 73:2036-2043, 1992.
- Peltonen, J. E., H. K. Rusko, J. Rantamäki, K. Sweins, S. Niittymäki, and J. T. Viitasalo. Effects of oxygen fraction in inspired air on force production and electromyogram activity during ergometer rowing. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 76:495-503, 1997.
- Piehl Aulin, K. Normobaric hypoxia: physical performance. *J Sport Sci.* 1122, 1999.
- Piehl Aulin, K., J. Svedenhag, L. Wide, B. Berglund, and B. Saltin. Short-term intermittent normobaric hypoxia--haematological, physiological and mental effects. *Scand J Med Sci Sports.* 8:132-137, 1998.
- Roberts, A. D., S. A. Clark, N. E. Townsend, M. E. Anderson, C. J. Gore, and A. G. Hahn. Changes in performance, maximal oxygen uptake and maximal accumulated oxygen deficit after 5, 10 and 15 days of live high:train low altitude exposure. *Eur J Appl Physiol.* 88:390-395, 2003.
- Ronsen, O. and H. Rusko. Special and practical issues in cross country skiing. In: *Handbook of Sports Medicine and Science - Cross country skiing.* H. Rusko (Ed.) Massachusetts, Oxford, Victoria, Berlin: Blackwell Science Ltd, 2003.
- Rusko, H., H. O. Tikkanen, L. Pavolainen, K. Härmäläinen, A. Kalliokoski, and A. Puranen. Effect of living in hypoxia and training in normoxia on sea level VO₂max and red cell mass. *Med Sci Sports Exerc.* 31:S86, 1999.
- Rusko, H. K., H. O. Tikkanen, and J. E. Peltonen. Altitude and endurance training. *J Sport Sci.* 22:928-945, 2004.
- Rusko, H. K., H. O. Tikkanen, and J. E. Peltonen. Oxygen manipulation as an ergogenic aid. *Curr Sports Med Rep.* 2:233-238, 2003.
- Saunders, P. U., R. D. Telford, D. B. Pyne, R. B. Cunningham, C. J. Gore, A. G. Hahn, and J. A. Hawley. Improved running economy in elite runners after 20 days of simulated moderate-altitude exposure. *J Appl Physiol.* 96:931-937, 2004.
- Sawka, M. N., V. A. Convertino, E. R. Eichner, S. M. Schnieder, and A. J. Young. Blood volume: importance and adaptations to exercise training, environmental stresses, and trauma/sickness. *Med Sci Sports Exerc.* 32:332-348, 2000.
- Schmidt, W., J. Rojas, D. Boning, H. Bernal, S. Garcia, and O. Garcia. Plasma-electrolytes in natives to hypoxia after marathon races at different altitudes. *Med Sci Sports Exerc.* 31:1406-1413, 1999.
- Stray-Gundersen, J., C. Alexander, A. Hochstein, D. deLemos, and B. D. Levine. Failure of red cell volume to increase to altitude exposure in iron deficient runners. *Med Sci Sports Exerc.* 24:S90, 1992.
- Stray-Gundersen, J., R. F. Chapman, and B. D. Levine. "Living high-training low" altitude training improves sea level performance in male and female elite runners. *J Appl Physiol.* 91:1113-1120, 2001.
- Stromme, S. B. and F. Ingjer. [High altitude training]. *Nord Med.* 109:19-22, 1994.
- Svedenhag, J., K. Piehl-Aulin, C. Skog, and B. Saltin. Increased left ventricular muscle mass after long-term altitude training in athletes. *Acta Physiol Scand.* 161:63-70, 1997.
- Svedenhag, J., B. Saltin, C. Johansson, and L. Kaijser. Aerobic and anaerobic exercise capacities of elite middle-distance runners after two weeks of training at moderate altitude. *Scand J Med Sci Sports:*205-214, 1991.
- Telford, R. D., D. Graham, J. R. Sutton, A. Hahn, and D. A. Campbell. Medium altitude training and sea-level performance. *Med Sci Sports.* 28:S91, 1996.
- Terrados, N., J. Melichna, C. Sylven, E. Jansson, and L. Kaijser. Effects of training at simulated altitude on performance and muscle metabolic capacity in competitive road cyclists. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 57:203-209, 1988.

- Townsend, N. E., C. Gore, A. G. Hahn, and e. al. Living high - training low increases hypoxic ventilatory response of well-trained endurance athletes. *J Appl Physiol*. 93:1498-1505, 2002.
- Vallier, J. M., P. Chateau, and C. Y. Guezennec. Effects of physical training in a hypobaric chamber on the physical performance of competitive triathletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 73:471-478, 1996.
- Wagner, P. D. New ideas on limitations to VO₂max. *Exerc Sport Sci Rev*:10-14, 2000.
- Wehrlin, J. Linear reduction of VO₂max from 300 to 2800m above sea level in men with a VO₂max above 60 ml/kg/min. Master Thesis. Norwegian University of Sport and Physical Education, Department of Sport Biology, Oslo, 2000.
- Wehrlin, J., G. E. Clénin, and B. Marti. Erste Referenzwerte für Hämoglobinmasse und Blutvolumen bei Schweizer Spitzensportlerinnen und Spitzensportlern. Trainerherbsttagung Swiss Olympic Association. Magglingen, 2004.
- Wehrlin, J. and J. Hallén. Linear reduction of maximal oxygen uptake in acute hypoxia at simulated altitudes between 300 and 2800m above sea level in endurance trained athletes. 6th Annual Congress of the European College of Sport Sciences. Cologne, 2001.
- Wehrlin, J., P. Zuest, G. E. Clénin, J. Hallén, and B. Marti. 24 days live high:train low increases red cell volume, running performance and VO₂max in swiss national team orienteers. 8th Annual Congress of the European College of Sport Science. Salzburg, 2003.
- Wehrlin, J. P. and B. Marti. Live high-train low associated with increased haemoglobin mass as preparation for 2003 world championships in two native european world-class runners. *Br J Sports Med*. (in press).
- Wehrlin, J. P. "Live high - train low": Ein erfolgreiches Höhentrainingsparadigma zur Leistungssteigerung bei Eliteausdauerathleten. *Schw Z Sportmed Sporttraumatol*. 53: 68-75, 2005.
- Wilber, R. L. Altitude Training and athletic performance. Campaign, IL: Human Kinetics, 2004

3.4. Live low – Train high (LLTH, Hypoxietraining)

Autor: Michael Vogt, vogt@ana.unibe.ch

Definition:

Hypoxietraining ist Training unter natürlichen oder künstlich simulierten Höhenbedingungen, wobei die Erholung bzw. trainingsfreie Zeit auf Normalhöhe stattfindet (live low – train high, LLTH).

3.4.1. Wie wirkt sich Hypoxietraining auf die Leistungsfähigkeit aus?

Hypoxietraining nach dem Prinzip LLTH kann eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit bei hochintensiven Belastungen auf «Normalhöhe» und in der Trainingshöhe bewirken. Die maximale Sauerstoffaufnahme (VO_2max) wird beim trainierten Athleten nicht oder nur wenig verbessert sein. Hingegen findet man im Leistungstest auf dem Fahrradergometer Verbesserungen in der maximalen Wattleistung (P_{max}) im Bereich von 3 – 7%. Dies weist drauf hin, dass durch Hypoxietraining vor allem die anaerobe Leistungsfähigkeit zunimmt. In einer holländischen Untersuchung mit trainierten Radfahrern konnten diese unterschiedlichen Auswirkungen auf die aerobe und anaerobe Leistungsfähigkeit deutlich aufgezeigt werden.

3.4.2. Welche biologischen und physiologischen Effekte hat Hypoxietraining?

Hypoxietraining nach dem Prinzip LLTH wurde in der ehemaligen DDR erstmals systematisch im Trainingsprozess von Hochleistungssportlern eingesetzt. Hypoxietraining wirkt vor allem auf die im Training belastete Skelettmuskulatur. Zusätzlich zu den mechanischen und metabolen Belastungsreizen löst Hypoxie in der trainierenden Muskulatur Anpassungen aus, welche das unzureichende Sauerstoffangebot unter hypoxischen Bedingungen kompensieren. Dies führt dazu, dass:

- die Nutzung von Sauerstoff in den Muskelfasern effizienter wird
- die Zufuhr von Sauerstoff und Nährstoffen bzw. der Abtransport von muskulären «Abfallstoffen» aus der Muskulatur verbessert wird

Im trainierten Skelettmuskel wurden nach Hypoxietraining folgende Anpassungen gefunden:

- Zusätzliche Vermehrung der muskulären Blutgefässe (Kapillarisation)
- Zusätzliche Verbesserung der oxidativen Kapazität (oxidative Enzyme, Mitochondrien)
- Aktivierung des Kohlenhydratstoffwechsels (Glykolyse)
- Konzentrationszunahme des muskulären Sauerstofftransporters (Myoglobin)

Zunahmen der Kapillarisation und der Mitochondriendichte bzw. der oxidativen Kapazität werden natürlich auch bei Ausdauertraining auf Normalhöhe gefunden. Jedoch können durch den Reiz der Hypoxie diese Anpassungen verstärkt werden. Für austrainierte Athleten kann deshalb Hypoxietraining ein zusätzlicher Trainingsreiz sein, welcher das muskuläre Anpassungsniveau auf eine höhere Ebene bringt.

Der metabolische Vorteil in der verstärkten Nutzung des Kohlenhydratstoffwechsels liegt darin, dass pro Zeiteinheit und pro verbrauchte Sauerstoffmenge mehr Energie für die körperliche Arbeit freigesetzt werden kann. Die Energiebereitstellung wird so effizienter, was eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit bewirken kann. Andererseits werden aber durch die erhöhte Nutzung der Kohlenhydrate die muskulären Kohlenhydratspeicher schneller entleert. Bei längeren, mehrstündigen Wettkämpfen kann dies negativ sein.

Hypoxietrainingsseinheiten dauern zwischen 20 und 120 Minuten. Aufgrund dieser kurzen Expositionszeit hat Hypoxietraining keinen messbaren Effekt auf die Bildung roter Blutzellen. Hingegen können schon kurzzeitige Höhenexpositionen die Atmungsregulation bzw. Ventilation beeinflussen. Passive Höhenexposition von täglich einer Stunde während einer Woche führen zu einer Zunahme der Ventilation bei submaximalen Belastungen und dadurch zu einer verbesserten Sauerstoffsättigung im Blut. Hypoxietrainingsstudien zeigen erhöhte maximale Ventilationswerte nach der Trainingsintervention, was ebenfalls auf eine Beeinflussung der Atemregulation durch Hypoxietraining hinweist.

3.4.3. Wann kann Hypoxietraining eingesetzt werden?

Der Einsatz von Hypoxietraining wird deshalb Athleten empfohlen:

- während der intensiven oder spezifischen Phase im Trainingsaufbau
- als Variante zur unmittelbaren Vorbereitung auf Wettkämpfe in der Höhe
Die Leistungsfähigkeit verbessert sich vor allem in derjenigen Höhe, in welcher trainiert wird.
- als Vorbereitung für (Trainings-) Aufenthalte in der Höhe

3.4.4. Wem wird Hypoxietraining empfohlen?

Die Durchführung von Hypoxietraining empfiehlt sich für alle Ausdauersportarten sowie für Sportarten, wo neben einem hohen Ausdauerniveau auch der anaerobe Stoffwechsel (Stehvermögen) für die Energiebereitstellung von Bedeutung ist (z.B. Ski Alpin, Fussball, Eishockey etc.).

3.4.5. Trainingsmethodik

Der Einsatz von Hypoxietraining nach dem Prinzip LLTH setzt ein gut ausgebildetes aerobes Ausdauerniveau voraus. Vor dem Einsatz dieser Trainingsform muss deshalb zuerst eine gute Basis erarbeitet sein. Wird beispielsweise der Jahrestrainingsplan in extensive Phase, intensive Phase, spezifische Phase, Wettkampfphase und Erholungsphase aufgeteilt, empfiehlt sich die Durchführung von Hypoxietraining während der intensiven Phase. Folgende praxiserprobte Trainingsvarianten können empfohlen werden

Variante A

Methode:	Intensität intermittierend
Umfang:	3 – 6 Wochen, dazu tiefintensives (<70-75% Hfmax) Grundlagenausdauertraining in Normoxie
Einheiten:	2 – 3 pro Woche
Dauer pro Einheit:	30 – 40 Minuten
Intensität:	Hohe Intensität: 2 Min., 85–90% der max. Herzfrequenz Tiefe Intensität: 3 Min., 75 – 80% der max. Herzfrequenz im Wechsel über die ganze Dauer der Einheit
Trainingshöhe:	2500 – 3000 m.ü.M., Hypoxie künstlich oder natürlich

Variante B

Methode:	Hypoxie und Intensität intermittierend: Wechsel zwischen 5-minütigen Belastungsphasen in Hypoxie und 5-minütigen Ruhephasen in Normoxie
Umfang:	3 – 6 Wochen, dazu tiefintensives (<70-75% Hfmax) Grundlagenausdauertraining in Normoxie
Einheiten:	2 – 3 pro Woche
Dauer pro Einheit:	60 Minuten
Intensität:	85-90% der max. Herzfrequenz
Trainingshöhe:	3000 – 5000 m.ü.M., Hypoxie künstlich

Variante C

Methode:	Training an der anaeroben Schwelle
Umfang:	3 – 6 Wochen, dazu tiefintensives (<70-75% Hfmax) Grundlagenausdauertraining in Normoxie
Einheiten:	2 pro Woche
Dauer pro Einheit:	wöchentlich ansteigender Belastungsumfang Woche 1: 2 Einheiten à 2 x 10 Min. mit 5 Min. Pause Woche 2: 2 Einheiten à 2 x 15 Min. mit 5 Min. Pause Woche 3: 2 Einheiten à 2 x 20 Min. mit 5 Min. Pause
Intensität:	85 – 90% der max. Herzfrequenz
Trainingshöhe:	2500 - 3000 m.ü.M.

Variante D

Methode:	Dauermethode
Umfang:	Während 10 Tagen täglich eine Einheit (kein zusätzliches Ausdauertraining dazu)
Trainingsdauer:	90 – 120 Min. pro Einheit
Intensität:	75 – 80 % der maximalen Herzfrequenz
Trainingshöhe:	2000 - 2500 m.ü.M., Hypoxie künstlich oder natürlich

3.4.6. Wo kann Hypoxietraining durchgeführt werden?

- In natürlichen Höhenlagen (z.B. Gletschertraining von Ski Langlauf oder Ski Alpin Athleten). Der Vorteil liegt darin, dass die Trainings im Freien und sportartspezifisch durchgeführt werden können. Ein Nachteil können Reisezeiten bzw. Hotelkosten sein. Es sollte beachtet werden, einen möglichst schnellen Auf- bzw. Abstieg zu ermöglichen, damit die unmittelbaren Anpassungs- und Regenerationsprozesse in einer sauerstoffreicheren Umgebung ablaufen können.
- Mit Höhensimulationsanlagen (siehe Kapitel 10: Möglichkeiten zur Höhenexposition): Der Vorteil von Höhensimulationsanlagen liegt darin, dass die klimatischen Bedingungen sowie die Höhe genau reguliert werden können. Beispielsweise mit dem portablen Altitrainer können die Höhentrainings an jedem beliebigen Ort (z.B. zu Hause) durchgeführt werden. Ein offensichtlicher Nachteil besteht darin, dass das Training an eine stationäre Trainingssituation (Fahrradergometer, Laufband, Ruderergometer, Langlaufergometer, Armzuggerät etc.) gebunden ist. Während für Radfahrer, Mountainbiker, Du- und Triathleten, Läufer, Langläufer und Ruderer ein Training mit solchen Simulationsanlagen sicher empfehlenswert ist, kann dies für Athleten aus technisch komplexeren Sportarten ein Problem darstellen.

3.4.7. Was muss vor einer Hypoxietrainingsperiode beachtet werden?

- Die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit muss auf hohem Niveau sein.
- Die Ferritinwerte (Eisenspeicher) sollten überprüft werden (Kapitel 6: Ernährung; Kapitel 9: sportmedizinische Aspekte).
- Allfällige Defizite an Eisen, anderen Mineralstoffen und Vitaminen sollten mit entsprechender Supplementation behoben werden (Kapitel 6: Ernährung; Kapitel 9: sportmedizinische Aspekte).
- Eine Hypoxietrainingsperiode sollte nie unerholt gestartet werden.

3.4.8. Was muss während der Hypoxietrainingsperiode beachtet werden?

- Hypoxietraining ist sehr belastend. Die Erholungszeiten sind länger als bei vergleichbaren Trainings in Normoxie. Während einer Hypoxietrainingsperiode empfiehlt sich eine Reduktion bzw. Streichung anderer intensiver Trainingsinhalte.
- Training periodisieren und variieren.
- Eine kohlenhydratreiche Ernährung wird empfohlen (55 - 60% der Gesamtenergie)
- Die Regeneration bzw. die körperlichen Anpassungsprozesse unmittelbar nach einer Hypoxietrainingseinheit können durch die Einnahme von protein- bzw. aminosäurehaltigen Kohlenhydratgetränken optimiert werden.
- Bei körperlichen Symptomen (Kopfweh, Schwindel, Übelkeit) ist das Hypoxietraining abubrechen.

- Trainingsprotokollierung durchführen.
- Befindlichkeitsfragebögen (EBF, BFS) mitführen lassen (siehe Kapitel 5: Übertraining)

3.4.9. Was muss nach der Hypoxietrainingsperiode beachtet werden?

- In einer neueren Studie konnte gezeigt werden (Hendriksen & Meeuwsen, 2003), dass die Leistungsfähigkeit 10 Tage nach Beendigung des Hypoxietrainings höher ist als 2 Tage nach Trainingsende.
- Akklimatisierungseffekte, wie erhöhte Ventilation und verbesserte Sauerstoffsättigung, sollten mindestens 7 Tage anhalten.
- 20 Tage nach Beendigung einer Hypoxietrainingsperiode scheinen sich die Effekte auf die muskuläre Leistungsfähigkeit wieder zurückzubilden.

3.4.10. Literatur LLTH

Bailey D.M., Davies B., Baker J.: Training in hypoxia: modulation of metabolic and cardiovascular risk factors in men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32, 1058-1066 (2000)

Desplanches D., Hoppeler H., Linossier M.T., Denis C., Claassen H., Dormois D., Lacour J.R., Geyssant A.: Effects of training in normoxia and normobaric hypoxia on human muscle ultrastructure. *Pflügers. Arch.* 425, 263-267 (1993)

Emonson D.L., Aminuddin A.H., Wight R.L., Scroop G.C., Gore C.J.: Training-induced increases in sea level VO₂max and endurance are not enhanced by acute hypobaric exposure. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 76, 8-12 (1997)

Geiser J., Vogt M., Billeter R., Zuleger C., Belforti F., Hoppeler H.: Training High - Living Low: Changes of aerobic performance and muscle structure with training at simulated altitude. *Int. J. Sports Med.* 22, 579-585 (2001)

Green H., MacDougall J., Tarnopolsky M., Melissa N.L.: Downregulation of Na⁺-K⁺-ATPase pumps in skeletal muscle with training in normobaric hypoxia. *J. Appl. Physiol.* 86, 1745-1748 (1999)

Hendriksen, I. J., Meeuwsen, T. The effect of intermittent training in hypobaric hypoxia on sea-level exercise: a cross-over study in humans. *Eur J Appl Physiol.* 88(4-5), 396-403 (2003)

Hochachka, P. W., Buck, L. T., Doll, C. J. and Land, S. C. Unifying theory of hypoxia tolerance: Molecular/metabolic defense and rescue mechanisms for surviving oxygen lack. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 93, 9493-9498 (1996)

Hoppeler H., Vogt M.: Muscle tissue adaptations to hypoxia. *J Exp Biol.* 204, 3133-3139 (2001)

Katayama K., Sato Y., Morotome Y., Shima N., Ishida K., Mori S., Miyamura M.: Intermittent hypoxia increases ventilation and SaO₂ during hypoxic exercise and hypoxic chemosensitivity. *J. Appl. Physiol.* 90, 1431-1440 (2001)

Kooyman G.L., Ponganis P.J.: The physiological basis of diving to depth: birds and mammals. *Annu. Rev. Physiol.* 60, 19-32 (1998)

Meeuwsen T., Hendriksen I.J., Holewijn M.: Training-induced increases in sea-level performance are enhanced by acute intermittent hypobaric hypoxia. *Eur. J. Appl. Physiol.* 84, 283-290 (2001)

Melissa L., MacDougall J.D., Tarnopolsky M.A., Cipriano N., Green H.J.: Skeletal muscle adaptations to training under normobaric hypoxic versus normoxic conditions. *Med. Sci. Sports Exerc.* 29, 238-243 (1997)

Terrados N., Melichna J., Sylven C., Jansson E., Kaijser L.: Effects of training at simulated altitude on performance and muscle metabolic capacity in competitive road cyclists. *Eur. J. Appl. Physiol.* 57, 203-209 (1988)

Terrados N., Jansson E., Sylven C., Kaijser L.: Is hypoxia a stimulus for synthesis of oxidative enzymes and myoglobin? *J. Appl. Physiol.* 68, 2369-2372 (1990)

Ventura N., Hoppeler H., Seiler R., Binggeli A., Mullis P., Vogt M.: The response of trained athletes to six weeks of endurance training in hypoxia or normoxia. *Int J Sports Med.* 24(3):166-72 (2003)

Vogt M., Werlen L., Hoppeler H.: Spielformen des Höhentrainings. *Schweiz. Zeitschr. Sportmed. Sporttraumat.* 47, 125-128 (1999)

Vogt M., Puntchart A., Geiser J., Zuleger C., Billeter R., Hoppeler H.: Molecular adaptations in human skeletal muscle to endurance training under simulated hypoxic conditions. *J. Appl. Physiol.* 91, 173-182 (2001)

4. Trainingssteuerung in der Höhe

Autor: Michael Angermann, michael.angermann@inode.at

4.1. Inhaltsverzeichnis

4.	Trainingssteuerung in der Höhe.....	38
4.1.	Inhaltsverzeichnis.....	38
4.2.	Allgemeines.....	39
4.2.1.	Bedeutung der Trainingssteuerung.....	39
4.2.2.	Leistungsfähigkeit in der Höhe.....	39
4.2.3.	Trainingsformen.....	39
4.2.4.	Konzeptionelle Planung eines Höhentrainings	40
4.3.	Parameter zur Trainingssteuerung	40
4.3.1.	Trainingsparameter	40
4.3.2.	Trainingsbegleitende Parameter	41
4.3.3.	Akute und chronische Effekte der Höhe auf die Trainingssteuerungsparameter	42
4.4.	Trainingsgestaltung.....	44
4.4.1.	Training.....	44
4.4.2.	Tipp aus der Praxis von erfahrenen Trainern.....	44
4.5.	Regeneration	45
4.6.	Tests / Kontrollen	47
4.6.1.	Erholungsverhalten der Herzfrequenz	47
4.6.2.	Submaximale Stufentests	47
4.6.3.	Submaximaler Feldtest.....	47
4.6.4.	Kurzer Maximalleistungstest (1 min – 3 min).....	47
4.6.5.	Messung des Hypoxiegrades	47
4.6.6.	Feststellung des subjektiven Befindens	48
4.6.7.	Messung der Herzfrequenzvariabilität	48
4.6.8.	Verlaufskontrolle von Ruhepuls und Körpergewicht	48
4.7.	Literatur.....	48

4.2. Allgemeines

4.2.1. Bedeutung der Trainingssteuerung

Beim Höhenttraining hält sich der Sportler zeitweise oder andauernd unter Höhenbedingungen auf – d.h. er lebt und/oder trainiert unter reduziertem Sauerstoffangebot. Das verminderte Sauerstoffangebot bewirkt ganz spezifische Veränderungen im Organismus. Diese haben Einfluss auf die körperlichen Reaktionen während (Training) und nach Belastung (Erholungsverhalten).

Aus diesem Grund muss die Trainingsmethodik an die gegebenen Umweltbedingungen angepasst werden. Trainingsmethodische Mängel sind einer der Hauptgründe, dass ein Höhenttraining nicht die erwünschten positiven Effekte bringt oder sogar negative Auswirkungen hat.

4.2.2. Leistungsfähigkeit in der Höhe

Aufgrund des reduzierten Sauerstoffangebots ist die Leistungsfähigkeit in der Höhe reduziert. Je höher man sich hinaufbegibt, desto größer sind die Leistungseinbussen. Das Ausmaß des höhenbedingten Leistungsabfalls hängt von folgenden Faktoren ab:

- Leistungsfähigkeit
- Maximale Sauerstoffaufnahme
- Atmungsverhalten
- Höhenerfahrung
- Dauer der Belastung (Kurz-, Mittel- und Langzeit):
 - je länger die Belastung ist, desto größer ist der Anteil der aeroben Energiebereitstellung und desto größer ist der leistungsmindernde Einfluss der Höhe
- Fortbewegungsart (z.B. Laufen, Skilanglauf, Rodeln):
 - je größer der Anteil an aktiver Körpermasse während der Bewegung ist, desto größer ist der Einfluss der Höhe
- Gesundheitszustand

4.2.3. Trainingsformen

Verschiedene Formen des Höhenttrainings werden in der Praxis angewendet. Die Trainingsmethodik bzw. die Trainingssteuerung muss in erster Linie bei der Variante «live high – train high» (LHTH) und «live high – train low» (LHTL) angepasst werden.

4.2.4. Konzeptionelle Planung eines Höhentrainings

(am Beispiel von LHTH)



Abbildung 1: Konzeption eines Höhentrainingslagers, adaptiert nach Reis M 1990/1998

Bemerkungen:

- In der Vorbereitungsphase wird nur leichtes Training betrieben und der Gesundheitszustand überprüft
- Der Trainingsblock kann je nach Gesamttrainingsdauer des Höhentrainings in 1 bis 2 Blöcke unterteilt werden. Bei 2 Blöcken bietet es sich an, einen regenerativen Block einzuschieben.
- Es sind bewusst keine Zeitangaben angegeben, weil die verschiedenen Phasen individuell unterschiedlich lange dauern können (speziell in der Transformationsphase)
- Ein Höhentaining muss in jedem Fall entsprechend VOR- und NACHBEREITET werden.
- Das Höhentaining sollte als integrativer Bestandteil des (Mehrjahres)Trainingskonzeptes angesehen werden - z.B. in Form von (aufbauenden) Höhenketten.

4.3. Parameter zur Trainingssteuerung

4.3.1. Trainingsparameter

- Herzfrequenz
- Laktat
- Leistung (z.B. Watt oder Laufgeschwindigkeit)
- Subjektives Belastungsempfinden
- Sauerstoffsättigung des Blutes (SaO₂)
- Erholungsverhalten der Herzfrequenz und des Laktats

4.3.2. Trainingsbegleitende Parameter

- Körpergewicht
- Morgendlicher Ruhepuls
- Schlaf (Qualität und Quantität)
- Subjektives Befinden (Motivation, Leistungsbereitschaft, allgemeine Stimmung, ...)
- Kreatinkinase
- Harnstoff
- Herzfrequenzvariabilität

Viele der genannten Messparameter (z.B. Laktat-, Harnstoff und Kreatinkinasebestimmungen) bedürfen des Einsatzes von geschultem Personal. Die Verwendung dieser und anderer Methoden ist nur bei systematischem Einsatz sinnvoll.

4.3.3. Akute und chronische Effekte der Höhe auf die Trainingssteuerungsparameter

Das Ausmaß der Veränderung der Trainingssteuerungsparameter hängt vor allem auch von der Aufstiegshöhe ab.

Parameter	Akut ¹	Akklimatisiert ²	Wichtige Hinweise
Herzfrequenz	max: ↘ submax: ↑	max: → submax: ↓	Bei gleicher submaximaler Hf wie auf Normalhöhe ist die Leistung in der Höhe geringer (siehe Abb. 2). Bei ausdauer schwächeren Sportlern ist die Hf-Regulation weniger ausgeprägt – diese Sportler sind daher vorsichtig zu belasten. Ebenso ist die Herzfrequenz-Regulation mit zunehmender Höhe (>3500m) ungünstig eingeschränkt. Die höhenbedingten Veränderungen sind für den Sportler relativ gut spürbar.
Laktat	max: → ↗ submax: ↑	max: ↘ submax: ↓	Akut findet eine Linksverschiebung der Laktatleistungskurve statt: bei gleicher submaximaler Belastung ist das Laktat in der Höhe erhöht (siehe Abb. 2).
Leistung	max: ↓ submax: ↘	max: ↑ submax: ↑	Die submaximale Leistungsfähigkeit (LF) ist in der Höhe reduziert (Tab. 2), wenngleich auch geringer als die maximale LF. Dies hat in jedem Fall immer eine Auswirkung auf die Trainingsgestaltung. Für das Training ist aber in erster Linie die submaximale LF von Bedeutung.
Subjektives Belastungsempfinden			Kann zu Beginn des Höhentrainings „täuschen“: Die Belastung wird oftmals als geringer eingeschätzt als sie tatsächlich ist. Ebenfalls ist nach dem Höhentaining darauf zu achten, dass man mit dem guten „Höhengefühl“ das Training auf Normalhöhe im richtigen, vorgesehenen Intensitätsbereich absolviert (Gefahr zu hoch zu belasten).
Sauerstoffsättigung	max: ↓ submax: ↘	max: ↑ submax: ↑	Die Sauerstoffsättigung (SaO ₂) ist in der Höhe (in Ruhe) unter Belastung individuell unterschiedlich stark reduziert. Je höher die SaO ₂ gehalten werden kann, desto besser ist dies für die LF in der Höhe. Um eine adäquate Sauerstoffversorgung der Muskulatur zu gewährleisten, müssen bei einem höhenbedingten Abfall der SaO ₂ die Atmung und das Herz-Kreislaufsystem verstärkt arbeiten. Ein geringer Abfall der SaO ₂ stellt sich während der Akklimatisation ein. Dieser Effekt wird nach dem Höhentaining mindestens eine Woche anhalten.
Körpergewicht			Das Körpergewicht sollte sich im Verlauf des Höhentrainings nicht ändern. In jedem Fall aufmerksam zu beobachten ist ein Gewichtsverlust (Energiebilanz – Verlust an Muskelmasse).
Morgendlicher Ruhepuls	↗	↘	Der morgendliche Ruhepuls ist in der Höhe erhöht. Eine deutliche Erhöhung kann - wie bei Training unter Normalbedingungen - ein Zeichen für Ermüdung oder eine Krankheit sein.
Schlaf	(↘)	(↗)	Die Schlafqualität wird mit zunehmender Höhenlage negativ beeinflusst. Da der Schlaf einen wichtigen Beitrag zur Regeneration leistet, muss der Schlafqualität während eines Höhentrainings besondere Bedeutung geschenkt werden.
Subjektives Befinden	↗		Das subjektive (Belastungs-) Befinden kann zur Trainingssteuerung nützlich sein; speziell am Ende eines Höhentrainings oder bei Belastungsspitzen, wenn sich Erschöpfungserscheinungen manifestieren können.

Tabelle 1: Übersicht zum Verhalten der Parameter zur Trainingssteuerung

¹ Bei gleicher Belastung/Leistung wie auf Normalhöhe

² Im Vergleich zum Beginn des Höhentrainings

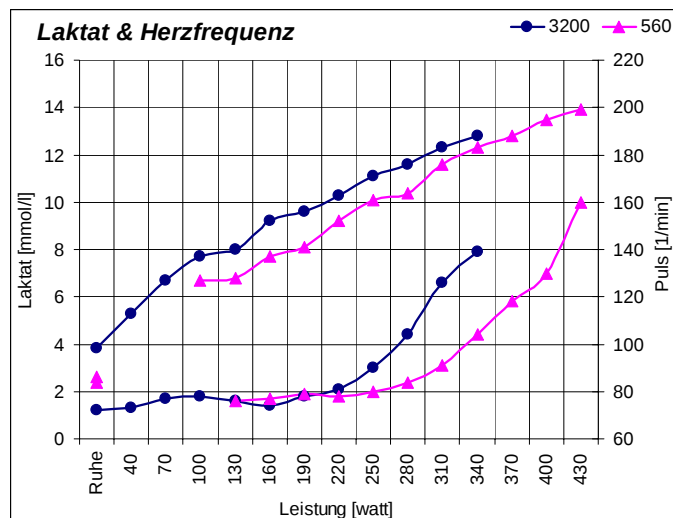


Abbildung 2: Beispiel für die Veränderung von Trainingssteuerungsparametern bei akuter Höhenexposition (3200m) auf dem Fahrrad bei einem gut trainierten Nordisch Kombinierten. Unter Höhenbedingungen ist die Linksver-schiebung der Laktatkurve und die höhere Herzfrequenz bei gleicher Belastung gut erkennbar.

Individuelle Schwellen						
Parameter		Laktat	Leistung			Borg
		mmol/l	watt	watt/kg	% max	1/min
560 m.ü.M.	aerobe Schwelle	1,8	220	2,62	50,9	152
	anaerobe Schwelle	3,1	310	3,69	71,7	176
3200 m.ü.M.	aerobe Schwelle	1,4	160	1,90	44,6	152
	anaerobe Schwelle	3,7	265	3,15	73,9	174

Tabelle 2: Veränderung der Trainingssteuerungsparameter bei akuter Höhenexposition (gleiche Person wie Abbildung 2). Man kann erkennen, dass die Schwellenherzfrequenz auf 560m und auf 3200m sehr ähnlich ist (ähnliches gilt auch für das Laktat) – die Schwellenleistung aber auf 3200m deutlich tiefer ist.

Die Höhenakklimatisation kann individuell unterschiedlich lange dauern. Sie ist auch von der Trainingsgestaltung und der gewählten (Trainings-)Höhe abhängig.

Erste Anpassungen treten innerhalb von wenigen Stunden auf (z.B. Atmung) – weitere Anpassungen (Herzfrequenzregulation, Laktatverhalten, Hämokonzentration) finden innerhalb der nächsten 3-5 Tage statt. Dies führt zu einer erhöhten Belastbarkeit des Sportlers.

Hinweis für die Praxis:

- *Akut wird das Training über die Herzfrequenz und das Laktat gesteuert bzw. kontrolliert und dadurch das subjektive Belastungsempfinden geschult. Später erfolgt mehr und mehr die Orientierung an der Wettkampfgeschwindigkeit.*
- *Das subjektive Befinden wird zum wichtigsten Parameter der Trainingssteuerung, er muss in der Höhe aber zuerst „angelernt“ werden.*
- *Die individuell unterschiedlichen Akklimatisationszeiten und die unterschiedlichen Leistungsveränderungen in der Höhe müssen berücksichtigt werden (Gefahr bei Gruppentrainings)!*

4.4. Trainingsgestaltung

4.4.1. Training

Wie beim Training auf Normalhöhe ist beim Höhenttraining die richtige Abstimmung von Intensität und Umfang wichtig. Zu Beginn des Höhenttrainings sollte der Schwerpunkt des Trainings auf Umfangsarbeit gelegt werden. Dementsprechend ist die Intensität nieder zu halten. Im Verlauf des Höhenttrainings kann die Trainingsintensität erhöht werden. Schnelle Trainingseinheiten schulen das Tempogefühl und ermöglichen eine wettkampfnaher Technikausführung. Grundsätzlich sollten aber stark anaerob-laktazide Belastungen sehr sparsam und dosiert eingesetzt werden. Spielt die Kraftkomponente in der eigenen Sportart eine wichtige Rolle, kann (Schnell-) Krafttraining betrieben werden. Schnellkraft- und Schnellkeitsleistungen von kurzer Dauer (anaerobe-laktazide Leistungsfähigkeit) sind von der Höhe nicht so sehr beeinflusst und können entsprechend früher im Verlauf eines Höhenttrainings angewandt werden.

4.4.2. Tipp aus der Praxis von erfahrenen Trainern

Um die Trainingsintensität auch unter Höhenbedingungen hoch zu halten, kann man beim Intervalltraining die Intervalldauer zugunsten der Trainingsintensität verringern. Ebenfalls ist es unter Umständen möglich, die Ausführungsbedingungen zu erleichtern, um dadurch eine hohe Bewegungsgeschwindigkeit aufrecht erhalten zu können - z.B. Windschatten nützen, bergab laufen, Verwendung von zusätzlichem Sauerstoff, Verwendung schnellerer Fortbewegungsmittel (Inline statt Rollski beim Trockentraining im Skilanglauf), für die intensiven Einheiten ins Tal fahren.

Hinweis für die Praxis:

- *Trainiere zu Beginn ungefähr mit der gleichen Herzfrequenz wie auf Normalhöhe (= geringere Intensität als auf Normalhöhe) oder leicht darunter – mit zunehmender Akklimatisierung wird bei gleicher Herzfrequenz die Intensität automatisch höher.*
- *Bei Laktatmessungen muss immer der Verlauf während des Trainings beobachtet werden und nicht so sehr der absolute Laktatwert. Geringere Laktatwerte (bei gleicher Belastung) sind ein Zeichen für eine gelungene Adaptation – fällt das Laktat im Verlauf des Höhentrainings unvorhergesehen deutlich ab, ist an entleerte Glykogenspeicher zu denken.*
- *Vermeide die Vermischung von aeroben und anaeroben Trainingsschwerpunkten. Die Trainingswirksamkeit wird dadurch verringert!*
- *Erholungstage und -phasen fest einplanen!*
- *Individualität beachten!*

4.5. Regeneration

Die Regeneration (siehe Kapitel 7: Regeneration) betrifft die Zeit zwischen mehreren Einzelbelastungen (Pausen beim Intervalltraining) und der Zeit zwischen zwei Trainingseinheiten. Aufgrund der veränderten Umgebungsbedingungen in der Höhe ist der Körper auch in der belastungsfreien Zeit speziell gefordert. Um mit den gesetzten Trainingsreizen eine optimale Adaptation zu erzielen, müssen die Regenerationszeiten erhöht werden.

Zuschläge für Regenerationszeiten zwischen den Trainingseinheiten

- moderates Grundlagenausdauertraining: 0-10%
- schnelleres Grundlagenausdauertraining: 15% (2500m) bzw. 30% (3000m)
- Schwellentraining: 30% (2500m) bzw. 60% (3000m)

Zuschläge für Regenerationszeiten zwischen Intervallen

Aufgrund der verminderten Erholungsfähigkeit muss in der Höhe die Pausenlänge zwischen den Intervallen verlängert werden. Die Halbwertszeit für Laktat (Abbau des Laktats bei leichter aktiver Bewegung) ist auf 4000m ungefähr verdoppelt und auf 3000m ca. um die Hälfte länger als auf Normalhöhe. Je besser akklimatisiert der Sportler ist, desto näher kann man an die Pausenlängen von Training auf Normalhöhe herangehen (Beispiel siehe Abb. 3).

Hinweis für die Praxis:

- Unter Höhenbedingungen sind die Pausenzeiten zwischen den Trainingseinheiten in Abhängigkeit von der Höhe, der Belastungsintensität, des Belastungsumfangs und dem individuellen physischen Leistungsniveau zu verlängern.
- Die trainingsfreie Zeit sollte so stressarm wie möglich gestaltet werden.
- Individualität beachten!
- Eine bedarfsgerechte Ernährung kann die Regeneration effektiv unterstützen (siehe Kapitel 6: Ernährung).
- Es ist auf eine gute Infektionsprophylaxe zu achten (siehe Kapitel 9: Sportmedizinische Aspekte).

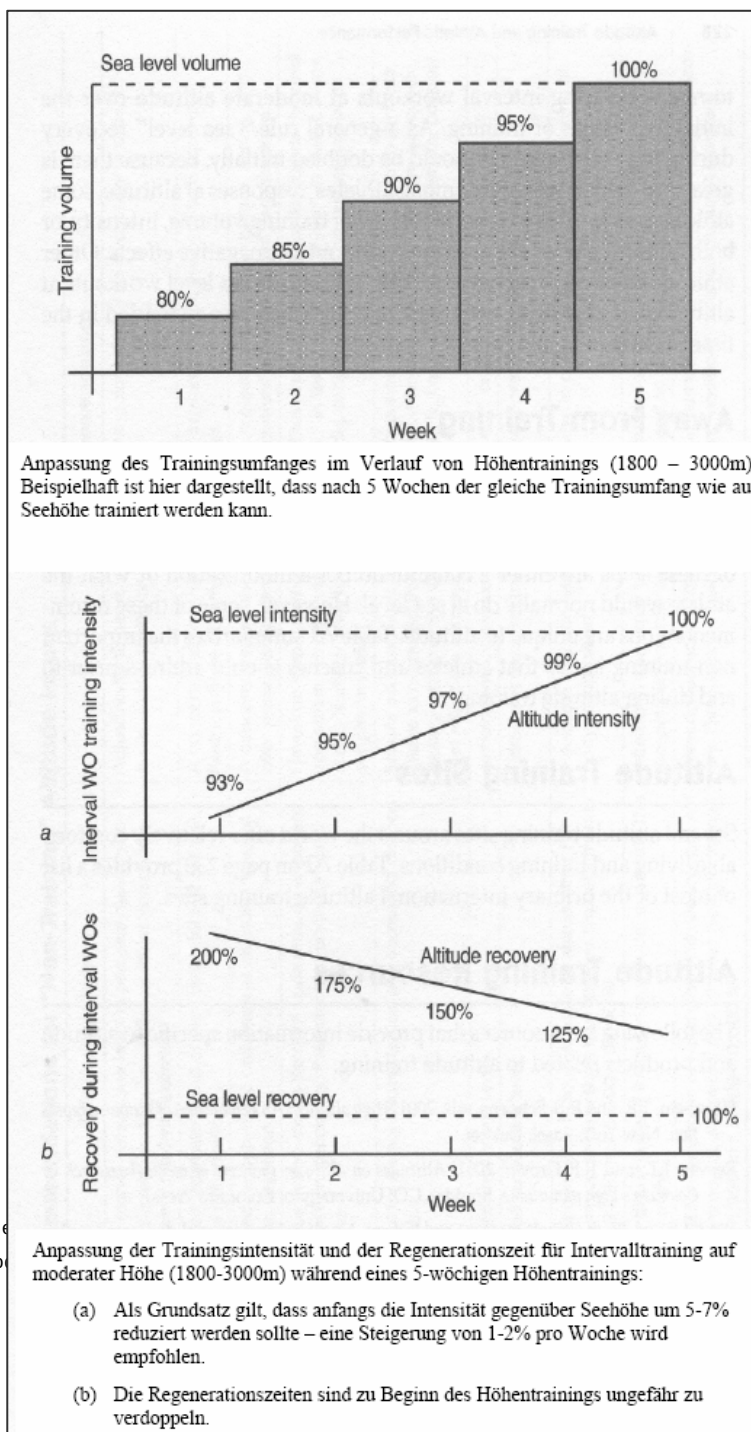


Abbildung 3: Schematische Darstellung wie trainingsmethodisch ein Höhentrainingslager bezüglich Intensität, Volumen und Regeneration geplant werden kann. nach Wilber 2004, S.227)

4.6. Tests / Kontrollen

Zwecks Detailinformationen für die Durchführung und Interpretation nachfolgend genannter Testverfahren wende man sich an leistungsdagnostisch geschultes Fachpersonal.

4.6.1. Erholungsverhalten der Herzfrequenz

Kann einen Hinweis über den Akklimatisationsgrad bzw. die Trainingsverträglichkeit geben, z.B. Zeit bis die Herzfrequenz bei Intervalltraining auf 130 zurückgeht.

4.6.2. Submaximale Stufentests

Dieser Test wird zur Bestimmung des Verhältnisses von Leistung – Herzfrequenz – subjektivem Belastungsempfinden und Laktat eingesetzt. Er sollte möglichst unter standardisierten Bedingungen durchgeführt werden und dient der Einstellung der Trainingssteuerungsparameter.

4.6.3. Submaximaler Feldtest

Wie schnell bin ich bei einer bestimmten Pulszahl bzw. wie weit komme ich? Dieser einfache Test kann zur Beurteilung der submaximalen Leistungsfähigkeit herangezogen werden und gibt in der Verlaufskontrolle einen Hinweis auf die Akklimatisation bzw. auf eine Leistungsverbesserung (Ökonomisierung).

4.6.4. Kurzer Maximalleistungstest (1 min – 3 min)

Dieser Test kann im Feld durchgeführt werden, um die Laktatbildungsfähigkeit zu testen oder auch um die maximale Herzfrequenz festzustellen.

4.6.5. Messung des Hypoxiegrades

Über die Messung der Sauerstoffsättigung kann man den Hypoxiegrad feststellen. Je länger man in der Höhe ist, desto weniger sollte die SaO_2 während einer standardisierten Belastung abfallen. Bei Sportlern, die noch wenig Höhentrainingerfahrung haben, kann diese Messung auch für die Schulung der Selbsteinschätzung eingesetzt werden. Dem Trainer kann diese Messung zur Bestimmung der Höhensensitivität eines Sportlers dienen. Diese Messung kann integriert im Rahmen eines submaximalen Stufentests durchgeführt werden.

4.6.6. Feststellung des subjektiven Befindens

Während der Belastung kann die Borgskala (6-20) zur Trainingssteuerung herangezogen werden. Die generelle Befindlichkeit kann mit Fragebögen erhoben werden (EBF, BFS). Dabei ist vor allem die Verlaufskontrolle entscheidend (siehe Kapitel 5: Übertraining).

4.6.7. Messung der Herzfrequenzvariabilität

Dieser Test kann mit speziellen Herzfrequenzmessern durchgeführt werden. Er dient der Feststellung des Erholungsverhaltens und widerspiegelt dabei das Zusammenspiel der sympathischen und parasympathischen Anteile des autonomen Nervensystems. Dieser Test wird morgens durchgeführt. Bedeutende Aussagen sind nur bei sorgfältiger Durchführung und Kontinuität der Messungen möglich (siehe Kapitel 5: Übertraining).

4.6.8. Verlaufskontrolle von Ruhepuls und Körpergewicht

Das Körpergewicht und der Ruhepuls sollten während eines Höhentrainings regelmässig und unter standardisierten Bedingungen durchgeführt werden. Die Messungen erlauben Aussagen über die Energie- bzw. Flüssigkeitsbilanz, das Erholungsverhalten und den Gesundheitszustand.

Hinweis für die Praxis:

- Submaximale Tests zu Beginn, in der Mitte und evtl. am Ende des Höhentrainings. Maximale Tests eher erst ab der Mitte und am Ende des Höhentrainings.
- Tests auf Normalhöhe als Referenz beziehen
- Trainingsbegleitende Einflüsse für die Testbeurteilung berücksichtigen

4.7. Literatur

Reis M. Hauptrichtungen des Einsatzes und der Methodik des Höhentrainings in den Ausdauersportarten. Leistungssport. 4, 1998.

Fuchs U, Reis M. Höhenttraining. Trainerbibliothek DSB 27, 1990.

Friedmann B. Entwicklungen im Höhenttraining: Trends und Fragen. Dt. Zeitschrift für Sportmedizin. 51(2). 2000.

Wilber R. Altitude Training and athletic performance. Human Kinetics, 2004.

5. Übertraining

Autor: Daniel Birrer, daniel.birrer@baspo.admin.ch

5.1. Inhaltsverzeichnis

5.2.	Warum ist die Beschäftigung mit Fragen des Übertrainings wichtig?.....	50
5.3.	Was ist Overreaching?	50
5.4.	Was ist Übertraining?	51
5.5.	Welche Arten von Übertraining kennen wir?	52
5.6.	Wie kann die Entstehung eines Übertrainingszustandes aussehen?.....	52
5.7.	Kann ein Übertraining nur aus zu viel Training entstehen?.....	53
5.8.	Ist die Gefahr der Entstehung eines Übertrainings in der Höhe grösser?.....	53
5.9.	Wie kann ein Übertrainingszustand erkannt werden?	53
5.10.	Was ist die Rolle der Athleten und Athletinnen?.....	54
5.11.	Gibt es bestimmte Athleten, die gefährdeter sind als andere?.....	54
5.12.	Wie kann ein Athlet das Übertrainingsrisiko minimieren?	55
5.13.	Literatur	55

5.2. Warum ist die Beschäftigung mit Fragen des Übertrainings wichtig?

Trainingsumfänge nehmen kontinuierlich zu. Das Finden der Balance zwischen dem richtigen Trainingsreiz und der dazu angemessenen Erholung scheint heutzutage die zentrale Herausforderung der Trainingssteuerung zu sein. Nur wenn dieser Gleichgewichtszustand gefunden wird, findet der Organismus zur richtigen Adaptation und damit zur optimal gewünschten Leistungssteigerung. Oft finden Athleten diese Balance nicht und gelangen in einen Zustand des Übertrainings.

5.3. Was ist Overreaching?

In der Regel erlangt der Organismus - nach einem Leistungsabfall direkt nach dem Training - nach entsprechender Erholung eine höhere Leistungsfähigkeit (siehe Abb. 1). In einer Phase des Overreaching werden bewusst mehrere Trainingsbelastungen so aneinandergereiht, dass es zu einer erhöhten Belastung mit ungenügender Erholung und damit zu einem kurzfristigen Leistungsabfall kommt. Nach einigen Tagen mit erhöhter Erholung wird ein Superkompensationseffekt erreicht. Das heisst, die Leistungsfähigkeit wird auf einem erhöhten Niveau wiederhergestellt (vgl. Abb. 1 und Abb. 2).

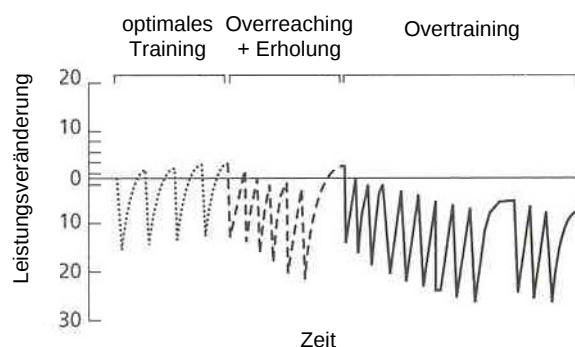


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Leistungsentwicklung während eines normalen Trainingsverlaufs, einer „Overreaching“ und eines Übertrainings. In einem Übertrainingsprozess kann die normale Leistungsfähigkeit auch nach einer längeren Erholungsphase nicht mehr erreicht werden (aus Rusko, 2003).

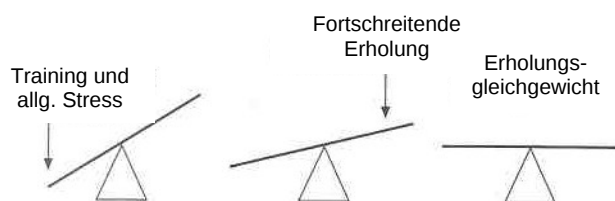


Abbildung 2: Schematische Darstellung eines statischen Gleichgewichtsprozesses. Ein Gleichgewicht wird durch Erholung wieder hergestellt. Die Geschwindigkeit der Wiederherstellung wird dabei durch die Höhe, von weiteren Trainings- aber auch Alltagsstressoren bestimmt (aus Rusko, 2003).

5.4. Was ist Übertraining?

Im Bestreben einen maximalen Leistungsgewinn zu erreichen, versuchen Trainer und Athleten die höchst mögliche Trainingsbelastung gepaart mit der richtigen Erholung anzustreben. Sowohl die individuelle Stressverträglichkeit, als auch die individuelle Erholungskapazität, sind jedoch begrenzt. Wird nun die individuelle Belastungsverträglichkeit überschritten, oder die Erholung ist unzureichend, das heisst die Belastung übersteigt die Erholungsfähigkeit, kann ein Zustand des Übertrainings erreicht werden. Von einem Übertrainingszustand wird gesprochen, wenn ein Ungleichgewicht zwischen Erholung und Belastung besteht, in welcher die Leistungsfähigkeit reduziert ist und auch eine Erholungsphase von 2 Wochen zu keiner Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit führt. Ein Zustand des Übertrainings kann mehrere Wochen bis Monate dauern und sogar den Karriereverlauf eines Athleten gefährden. Ein Übertrainingszustand kann gut durch das Modell eines dynamischen Fließgleichgewichts dargestellt werden (siehe Abbildung 4). Der Inhalt des Brunnens stellt die Leistungsfähigkeit des Sportlers dar; der Zufluss entspricht dem Leistungszuwachs, welcher durch die Erholung optimiert wird, der Abfluss der Belastung. Ein Sportler ist nun fähig relativ lange Raubbau mit sich zu betreiben, ohne dass er merkt, dass der Flüssigkeitszustand des Brunnens immer mehr abnimmt. Ist der Brunnen jedoch einmal leer, ist ein Übertrainingszustand entstanden und es braucht sehr lange, bis die normale Leistungsfähigkeit wieder erreicht ist, da dies nur durch Training möglich ist, Training jedoch auch den Flüssigkeitszustand des Brunnens wieder negativ beeinflusst.

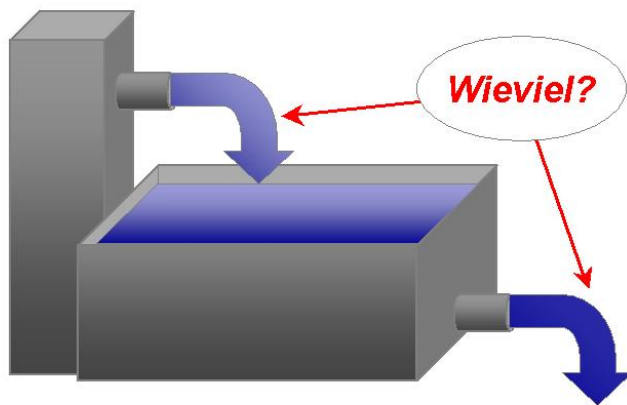


Abbildung. 4: Schematische Darstellung eines dynamischen Fließgleichgewichts. Das Gleichgewicht kann gehalten werden, wenn in einem bestimmten Zeitraum der Ausfluss dem Zufluss entspricht (Vogel, persönliche Arbeitsunterlage).

5.5. Welche Arten von Übertraining kennen wir?

Der Mechanismus, der mit dem Übertrainingsphänomen verbunden ist, scheint mit der Funktion des autonomen Nervensystems verbunden zu sein. So wird oft von zwei unterschiedlichen Übertrainingsarten gesprochen. Dem sympathischen und dem parasympathischen Übertrainingstyp (Tab. 1). Beide Typen haben in etwa die gleichen Auswirkungen, zeigen jedoch nicht genau die gleiche Entstehungsgeschichte. Vor allem der parasympathische Typ ist im Ausdauerbereich schwierig zu erkennen, da dessen Symptome kaum von Merkmalen, welche bei niedrigintensiven Trainingsformen mit sehr hohem Umfang auftreten, zu unterscheiden sind.

Sympathischer Typ	Parasympathischer Typ
▪ Eingeschränkte Leistungsfähigkeit ▪ Ruhelosigkeit, Reizbarkeit ▪ Schlafstörungen ▪ Erhöhter Ruhepuls ▪ Erhöhter Ruheblutdruck ▪ Verzögerte Erholungsfähigkeit ▪ Erniedrigtes maximales Blutlaktat ▪ Geringerer Appetit ▪ Erhöhte Anfälligkeit für Verletzungen und Krankheiten ▪ Geringerer Tatendrang, geringere Trainingslust	▪ Eingeschränkte Leistungsfähigkeit ▪ Müdigkeit, Niedergeschlagenheit ▪ Guter Schlaf ▪ Tiefer Ruhepuls ▪ Tiefer Ruheblutdruck ▪ Schnelle Erholung der Herzfrequenz ▪ Erniedrigter Belastungspuls ▪ Geringeres submaximales Blutlaktat ▪ Unterzuckerung während dem Training ▪ Phlegmatisches Verhalten

Tabelle 1: Symptomatik des sympathischen und parasympathischen Übertrainingstyps (Rusko, 2003)

5.6. Wie kann die Entstehung eines Übertrainingszustandes aussehen?

Ist ein Athlet fähig, mit den entsprechenden Trainingsbelastungen (und den trainingsfremden Belastungen) um zu gehen, verändert sich in aller Regel die Stimmungslage wenig. Der Athlet ist gut gelaunt und voller Tatendrang (keine Niedergeschlagenheit und Müdigkeit gering). Bei erhöhten Trainingsbelastungen wird zunächst eine Erhöhung der Müdigkeit beobachtet und der Tatendrang geht in einem zweiten Schritt zurück. Das ist in aller Regel eine normale Reaktion auf erhöhte physische Belastung mit unzureichender Erholung (overreaching). Hält dieser Zustand über längere Zeit an und ist der Athlet nicht fähig dies durch entsprechende Erholungsmassnahmen zu kompensieren, geht als nächster Schritt die gute Laune zurück. Beginnt sich der Athlet auch noch niedergeschlagen zu fühlen, ist das ein wichtiges Warnsignal. Der Trainingsumfang sollte reduziert und die Erholungsbemühungen intensiviert werden. In der Sportwelt hat sich jedoch eine «no pain no gain» Mentalität festgesetzt, d.h. die Vorstellung, dass ein Training nur nützt, wenn es schmerzt, ist weit verbreitet. Zudem neigen wir dazu, an einmal festgelegten Trainingsplänen fest

zu halten (eine Verringerung von Trainingsintensität oder Trainingsumfang wird als Schwäche interpretiert). Zusätzlich ist auch die Vorstellung verbreitet, je mehr man trainiere, desto grösser sei auch der Leistungszuwachs.

Fühlt sich nun ein Athlet nicht mehr so leistungsfähig hält er an einem strengen Trainingsregime fest, da er denkt, er müsse einfach noch mehr trainieren, damit seine Leistungsfähigkeit wieder steigt. Die oben beschriebenen Stimmungsschwankungen treten auf und der Athlet ist zusätzlich verunsichert. Da die Leistungen nicht stimmen, sieht der Athlet seine Ziele gefährdet. Deshalb wird mit allen Mitteln versucht, das Ziel trotzdem noch zu erreichen. Da der Sportler in aller Regel gelernt hat, dass er durch mehr Training oder intensiveres Training besser wird, wendet er in seiner Verunsicherung genau wieder die gleichen Strategien an. Er trainiert mehr und härter. Ein Übertrainingszustand wird erreicht und unter Umständen eine ganze Saison gefährdet.

5.7. Kann ein Übertraining nur aus zu viel Training entstehen?

Es ist wichtig festzustellen, dass eine zu hohe Belastung in einer Akkumulation von Trainingsbelastungen, aber auch in einer Anhäufung sportfremder Stressfaktoren begründet sein kann. In der Praxis wurde oftmals beobachtet, dass es sich in vielen Fällen nicht um ein zuviel an Training handelt, sondern die Ursache in einer ungenügenden Erholung von trainings- und allgemeinem Stress zu sehen ist.

5.8. Ist die Gefahr der Entstehung eines Übertrainings in der Höhe grösser?

Ja. Bei Höhenexposition sollte beachtet werden, dass einerseits die Belastung in der Höhe grösser und andererseits die Erholung eingeschränkt ist. Das bedeutet, dass die Gefahr der Entstehung von Übertraining grösser ist. Dementsprechend sollten Höhentrainingslager ausgeruht und gesund angetreten werden. Der Akklimation ist entsprechend Rechnung zu tragen und die Erholungsphase sollte auch entsprechend verlängert werden. Hinweise dazu sind in Kapitel 4.5.2 zu finden.

5.9. Wie kann ein Übertrainingszustand erkannt werden?

Es muss betont werden, dass es bis heute keinen verlässlichen Test gibt, um einen Übertrainingszustand eindeutig zu diagnostizieren. Trotzdem können uns verschiedene Indikatoren Hinweise auf einen Übertrainingszustand geben oder diesen im Nachhinein bestätigen. Oft ist es auch die Summe verschiedener Indikatoren, welche auf einen Übertrainingszustand schliessen lassen. Ein Hauptindikator ist der Leistungsverlust, der trotz kurzfristiger (zwei- bis dreiwöchiger) Erholungsphase nicht wettgemacht werden kann. Einfache submaximale und maximale Testmethoden zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit finden sich im Kapitel Trainingssteuerung (siehe Kapitel 4: Trainingssteuerung)

Eine einfache Möglichkeit stellen auch Orthostase-Tests dar. In einem Orthostase-Test werden nach einem genau festgelegten Protokoll Pulswerte liegend (3-5min.) und Pulswerte stehend (3min.) aufgezeichnet. Beurteilt werden nachher die Pulsfrequenz und die Variabilität der Pulsfrequenz. Ist die Erholungsfähigkeit gut, kann dies in niedrigen Pulsfrequenzen liegend und stehend, sowie in einem kleinen Anstieg der Pulsfrequenz beim Aufstehen erkannt werden. Zudem ist die Variabilität der Herzfrequenzen sowohl liegend als auch stehend recht gross. Eine genauere Beschreibung des Orthostase-Tests kann bei Rusko (2003) nachgelesen werden.

Nach verschiedenen Autoren sind jedoch Stimmungsparameter und subjektive Beschwerden die aussagekräftigsten Indikatoren für das Aufkommen von Übertrainingszuständen. Es existieren einfache Fragebögen (Befindlichkeitsskalen (BFS), Erholungs-Belastungsfragebogen-Sport (EBF-Sport)), die den psychophysischen Gesamtzustand einer Person wider geben. Um die Entstehung eines Übertrainingszustandes erkennen zu können, sollten diese Instrumente jedoch regelmässig eingesetzt werden. Neben der Anwendung dieser Instrumente sollte die subjektive Befindlichkeit des Sportlers nicht vernachlässigt werden. Der Sportler sollte sensibilisiert darauf sein, dass die Veränderung seiner Stimmung direkt mit Stress verbunden ist und dass seine subjektive Empfindung wichtig für die Beurteilung des Trainingsprozesses ist.

Hormonelle Untersuchungen sind sehr teuer. Die Aussagekraft dieser Analysen bezüglich eines Übertrainings ist aber oft unklar.

5.10. Was ist die Rolle der Athleten und Athletinnen?

Sportler sollten lernen ihre Selbstaufmerksamkeit zu erhöhen, um Zeichen für Erholungsbedürfnisse wahr zu nehmen und in Zusammenarbeit mit dem Trainer dementsprechend zu reagieren. Dies kann eine Verringerung der Trainingsintensität oder des Trainingsumfangs, bzw. eine Veränderung der Trainingsinhalte, oder/und eine Erhöhung oder Veränderung der Erholungsmassnahmen bedeuten. Auf alle Fälle sollte das Ungleichgewicht zwischen Belastung und Erholung zu Gunsten der Erholung verschoben werden. Dies kann auch durch die Veränderung des persönlichen Umfelds verbessert werden. Die Verantwortung in der Beurteilung des Erholungs-Belastungs-Zustandes liegt beim Athleten. Der Athlet kann dies am besten beurteilen und sollte unbedingt mit dem Trainer darüber sprechen.

5.11. Gibt es bestimmte Athleten, die gefährdeter sind als andere?

Athleten, die dazu neigen in einen Übertrainingzustand zu gelangen, sind in vielen Fällen äusserst perfektionistisch, verfügen über viele Ressourcen und sind im Allgemeinen sehr stressresistent. Zudem verfügen sie über ein hohes Mass an Selbstkontrolle. Das heisst, sie sind fähig viele Dinge zu tun, auch wenn sie viele äussere und innere Widerstände gegen sich haben. Sie trainieren auch wenn sie überhaupt keine Lust dazu haben und ordnen alles einem Ziel unter. Ein Risikofaktor ist zudem eine für das Leistungsniveau mangelhafte Grundausdauer.

5.12. Wie kann ein Athlet das Übertrainingsrisiko minimieren?

- Harte intensive Trainings erfordern auch intensive Erholung (Schlaf)
- Achte auf deine Ernährung (siehe Kapitel 6: Ernährung)
- Infektionsprophylaxe (siehe Kapitel 9: Sportmedizinische Aspekte)
- Achte auf deine Stimmungen und nimm Veränderungen als Warnsignal wahr
- Diskutiere Stimmungsveränderungen mit Personen aus dem Team (Coach, Psychologe etc.)
- Wenn die Müdigkeit andauernd steigt, diskutiere dies mit dem Trainer und ziehe einen Ruhetag in Erwägung
- Habe realistische Erwartungen und Zielsetzungen betreffend deinem Sport
- Setze Prioritäten. Du kannst nicht in allen Lebensbereichen gleichzeitig Erfolg haben
- Beachte Stressfaktoren ausserhalb des Sportes und versuche sie zu minimieren
- Löse Probleme und Konflikte sofort und lasse sie nicht ungelöst liegen (suche aber nicht aktiv Konflikte)
- Unterhalte auch Aktivitäten und soziale Kontakte ausserhalb des Sports
- Mache eine Saisonplanung für deine anderen Aktivitäten (Schule, Beruf, Sponsorverpflichtungen, Ferien usw.)
- Vermeide häufige Wechsel in deiner gesamten Lebenssituation (Wohnortswechsel, Wechsel von Freunden, Lebenspartner etc.)
- Mache dein privates Leben nicht unnötigerweise von andern Personen abhängig
- Kompensiere häufiges Training nicht durch ein exzessives Sozialleben
- Schaffe dir deine persönlichen „Erholungsinseln“
- Speziell für Höhentrainingslager: Plane deine Erholungsaktivitäten und nimm die dafür nötigen Hilfsmittel mit (Bücher, Spiele, usw.)

5.13. Literatur

Birrer, D. (2004). Einsatz psychometrischer Instrumente in der Übertrainingsdiagnostik. Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie 52 (2), 57-61.

Rusko, H. (2003). Cross Country Skiing. Handbook of Sports Medicine and Science. Blackwell Science.

Wilber, R.L. (2004). Altitude training and athletic performance. Human Kinetics.

6. Ernährung und Supplemente

Autor: Christof Mannhart, christof.mannhart@baspo.admin.ch

6.1. Inhaltsverzeichnis

6.2.	Weshalb ist ein konstantes Körpergewicht in der Höhe von grosser Bedeutung?	57
6.3.	Trinke ich genug?.....	57
6.4.	Esse ich genug?.....	57
6.5.	Wovon soll mit zunehmender Höhe mehr/weniger gegessen u. getrunken werden?	58
6.6.	Sportgetränke: was ist in der Höhe/Kälte anders als im Flachland?	59
6.7.	Wie kann ich ernährungsseitig möglichst schnell regenerieren?	60
6.8.	Werden in der Höhe besondere Supplemente benötigt?	60
6.8.1.	Blutbildung	60
6.8.2.	Aggressive Sauerstoffverbindungen.....	60
6.9.	Literatur	61

Die Basisernährung baut auf wichtigen Eckpfeilern wie dem Kalorienbedarf entsprechend essen, Vielseitigkeit und Ausgewogenheit auf. Diese Aspekte haben grundsätzlich in tiefen Lagen sowie in der Höhe ihre Gültigkeit. Mit zunehmender Höhe können Stoffwechselveränderungen eintreten, die zusätzlich Anpassungen seitens der Basisernährung oder Supplementation erfordern. Die folgenden 7 Fragen/Antworten zielen darauf ab, die Basisernährung ergänzende Informationen bezüglich Ernährung und Supplementation in der Höhe zu vermitteln.

6.2. Weshalb ist ein konstantes Körpergewicht ($\pm 1\%$ des Gewichts in tieferen Lagen) in der Höhe von grosser Bedeutung?

- weil durch die Kälte und die trockene Luft vermehrt Flüssigkeit über den Urin ausgeschieden wird bzw. über die Atmung (1-2 dl pro Stunde Aufenthalt in der Höhe) verloren geht. Deshalb können kurzfristig starke Gewichtsverluste auftreten.
- weil mit steigender Höhe einerseits der Körper mehr Energie verbraucht und andererseits der Hunger zunehmend unterdrückt wird (weitere Infos siehe Frage 2 und 3). Diese zwei Faktoren führen mittelfristig dazu, dass weniger Energie aufgenommen als verbraucht wird und kontinuierlich Gewicht (auch in Form von Muskelmasse) verloren geht.

6.3. Trinke ich genug?

In kalter Umgebung in höheren Lagen soll über den Tag verteilt soviel getrunken werden, dass das Körpergewicht nicht mehr als 1% nach unten oder oben vom Normalgewicht abweicht. Wägungen vor dem Frühstück und vor dem Abendessen in ähnlicher Kleidung in Kombination mit der Kontrolle der Urinfarbe (siehe Urinfarbenkarte Swiss Olympic Association) sind einfache Mittel, um den Flüssigkeitshaushalt kontrollieren zu können.

Beachte: Vitaminpräparate (z.B. Vitamin B2), Randen etc. können zu einer zu dunklen Urinfarbe, das Trinken grosser Wassermengen in den Stunden nach hohen Flüssigkeitsverlusten zu einer zu hellen Urinfarbe und somit zu Fehleinschätzungen führen.

6.4. Esse ich genug?

Der erhöhte Energieverbrauch in Kombination mit einem in der Höhe reduzierten Hungergefühl führen oft dazu, dass in der Höhe zuwenig gegessen wird und dadurch auch Muskelmasse verloren gehen kann. Aus diesem Grund wäre es sinnvoll, in der Höhe

- mit grosser Lust und Freude und weniger über den „Kopf“ gesteuert zu essen.
- das Körpergewicht 2 x täglich zu erfassen und den Gewichtsverlauf zu protokollieren, um allfällige Flüssigkeitsverluste möglichst schnell ausgleichen zu können.

- bewusst mindestens 6 Mahlzeiten/Zwischenmahlzeiten pro Tag einzunehmen (siehe Anhang 1: Beispiel Menuplan Langlauf während Wettkampf).
- bei sinkendem Körpergewicht konsequent Kohlenhydrat- und Regenerationsgetränke nach Belastungen einzusetzen, den Konsum energiereicher Lebensmittel (z.B. Nussmischungen, Nusstörtchen, Rahmquark etc.) zu erhöhen, alle flüssigen Speisen mit Maisstärke (Maltodextrin) anzureichern oder speziell hochkonzentrierte Flüssignahrung einzusetzen.

6.5. Wovon soll mit zunehmender Höhe mehr / weniger gegessen und getrunken werden?

Mit zunehmender Höhe werden verstärkt Kohlenhydrate als Energiequelle genutzt. Falls zuwenig gegessen werden kann, steigt auch der Bedarf an Eiweiss. Aus diesen Gründen soll(en) bei längeren Aufenthalten in der Höhe:

- bewusst mehr und kohlenhydratreicher gegessen werden (siehe Anhang 2: Beispiel Menueplan Training Ski).
- während und nach Belastungen konsequent, dem Flüssigkeitsverlust entsprechend, kohlenhydrathaltige Sportgetränke in Kombination mit Regenerationsgetränken eingesetzt werden (Ausnahme: unerwünschte Gewichtszunahme).
- bei Ausdauerbelastungen, die länger als eine Stunde dauern und:
 - o wenig Flüssigkeit verloren geht und deshalb wenig getrunken wird, der Kohlenhydratanteil im Sportgetränk erhöht werden (siehe Anhang 3, Tab. 2).
 - o viel Flüssigkeit verloren geht und dementsprechend mehr getrunken wird, der Kohlenhydratanteil im Sportgetränk gesenkt werden (siehe Anhang 3, Tab. 2).
- die Alkoholzufuhr besonders in Phasen hoher Belastungsumfänge/-intensitäten auf ein Minimum reduziert werden. (Alkohol führt in der Kälte zu erhöhten Wärme- und Flüssigkeitsverlusten und verlangsamt verschiedene, für die Regeneration entscheidende Stoffwechselprozesse)
- Personen, die nicht an Koffein gewohnt sind, aufgrund der koffeinbedingten, erhöhten Flüssigkeitsverluste die Zufuhr koffeinhaltiger Lebensmittel und Getränke einschränken. Der gezielte Einsatz von Koffein ca. 1 Stunde vor den Wettkämpfen führt nicht zu verstärkten Flüssigkeitsverlusten während der Belastung und kann die körperliche Leistungsfähigkeit positiv beeinflussen.

- um die über den Tag angefallenen Flüssigkeitsverluste wieder aufzufüllen, nach Belastung pro Kilogramm Körpergewichtsverlust 1,5 Liter Flüssigkeit in Verbindung mit ca. 2 Gramm Kochsalz konsumiert werden (siehe Anhang 3, Tabelle 1). Dabei sollte bewusst möglichst direkt nach Belastung mit der Wiederauffüllung der verlorenen Flüssigkeit begonnen werden, da grosse Flüssigkeitszufuhren kurz vor Bettruhe zu häufigem Wasserlösen in der Nacht zwingen und damit die Schlafqualität beeinträchtigen können.

6.6. Sportgetränke: was ist in der Höhe / Kälte anders als im Flachland?

Da in der Höhe die von den Muskeln produzierte Wärme einfacher an die kalte Umgebung abgegeben werden kann, wird in der Höhe häufig weniger geschwitzt. Infolge der trockeneren Luft geht im Gegensatz zum Schwitzen pro Stunde Aufenthalt in der Höhe etwas mehr Flüssigkeit über die Atmung verloren (ca. 1-2 dl pro Stunde). In Anbetracht dieser Ausgangslage werden über die Verwendung von Sportgetränken folgende Hauptziele verfolgt:

In der Höhe sollte soviel von einem Sportgetränk (siehe Anhang 4: mögliche Sportgetränkvariationen) getrunken werden, dass während Belastungen maximal 2% des Ausgangsgewichts verloren gehen.

Beispiel:

Ausgangsgewicht:	70 kg
maximal tolerierter Gewichtsverlust während Belastung:	2% = 1,4 kg
Minimalgewicht nach Belastung:	68,6 kg

Eine zu hohe Aufnahme von Sportgetränken während Belastungen, die zu einer Gewichtszunahme führt, sollte unbedingt vermieden werden.

Bei Ausdauerbelastungen, die länger als 1 Stunde dauern, sollen 60 Gramm Kohlenhydrate pro Stunde Belastung zugeführt werden. Der Kohlenhydratgehalt des Getränks wird sinnvollerweise in Abhängigkeit der Trinkmenge angepasst (siehe Anhang 3: Tabelle 2) und kann einfach über die Zufuhr von Maltodextrin erhöht oder durch tiefere Mengen Sportgetränkepulver reguliert werden.

Bei intensiven Belastungen im Bereich von Minuten bis 1 Stunde scheinen Mundspülungen (mit Sportgetränken direkt vor Belastung) die Leistungsfähigkeit zu verbessern.

Bei Kälte ist es sinnvoll, warme Sportgetränke vor, während und nach Belastungen einzusetzen.

Geschmacklich und in Bezug auf die Verträglichkeit müssen Sportgetränke unbedingt den individuellen Anforderungen entsprechen.

6.7. Wie kann ich ernährungsseitig möglichst schnell regenerieren?

Oft stehen bis zur nächsten Trainings- bzw. Wettkampfbelastung (>1 Stunde) nur wenige Stunden zur Verfügung. Ernährungsseitig sollen in dieser kurzen Zeit die Flüssigkeits- und Elektrolytverluste ausgeglichen und die in der Höhe verstärkt entleerten Glykogenspeicher wieder aufgefüllt werden. Zusätzlich können in dieser Phase Eiweisse, Vitamine und Mineralstoffe mithelfen, verschiedene Stoffwechselprozesse (z.B. Muskelproteinaufbau, Stoffwechsel verschiedener Immunzellen) zu optimieren. Der Menuplan (siehe Anhang 5: Beispiel Menuplan Regeneration) soll eine Idee vermitteln, wie diese Aspekte in die Praxis umgesetzt werden können. Dieser Plan ist für eine 70 kg schwere Person berechnet und müsste bei höherem oder tieferem Körpergewicht dementsprechend angepasst werden. Da speziell in der Höhe oft mit einem unterdrückten Hunger zu rechnen ist, bewähren sich besonders flüssige Formen der Energie- und Nährstoffzufuhr wie die konsequente Einnahme von Regenerationsgetränken in Kombination mit hochkonzentrierten Kohlenhydrat-Elektrolyt-Getränken.

6.8. Werden in der Höhe besondere Supplemente benötigt?

Mit zunehmender Höhe verdienen die Aspekte der Blutbildung und die durch die Höhe und Kälte vermehrt entstehenden aggressiven Sauerstoffverbindungen (Radikale und reaktive Sauerstoffverbindungen) vermehrt Beachtung.

6.8.1. Blutbildung

Bezüglich einer optimalen Blutbildung ist es empfehlenswert, im Vorfeld eines Höhengaufenthaltes die Eisenwerte (bei Eisenmangel auch die Folsäure- und Vitamin B12-Werte) im Blut messen zu lassen und bei Bedarf in Absprache mit behandelnden Arzt spezielle Vitamin- oder Eisenpräparate einzunehmen (siehe Kapitel 9: Sportmedizinische Aspekte). Besonders während den ersten Wochen in der Höhe wäre es sinnvoll, in Absprache mit dem behandelnden Arzt höhere Dosierungen an Eisen, B-Vitaminen (B2, B6, B12), Folsäure und bei ungenügender Energieaufnahme auch zusätzlich Kohlenhydrat-Eiweiss-Getränke oder Eiweiss einzunehmen.

6.8.2. Aggressive Sauerstoffverbindungen

Aggressive Sauerstoffverbindungen können durch Vitamine (z.B. Vitamin E, Vitamin C), Mineralstoffe (z.B. Zink, Kupfer, Mangan, Selen) und sekundäre Pflanzenstoffe (z.B. verschiedene Farbstoffe in Pflanzen) neutralisiert werden. Obwohl langfristig (über Jahre) ein verstärktes Auftreten dieser aggressiven Sauerstoffverbindungen mit dem Auftreten von verschiedenen Krankheiten in Verbindung gebracht wird, wird der Nutzen einer kurzfristigen (über Wochen) Neutralisation besonders im Sport immer noch kontrovers diskutiert. Dies deshalb, weil:

- sportlich aktive Personen nicht nur mehr Radikale und reaktive Sauerstoffverbindungen produzieren sondern auch verbesserte Neutralisationssysteme aufweisen.

- geringe Mengen dieser aggressiven Sauerstoffverbindungen verschiedene Stoffwechselprozesse ankurbeln.
- zu hohe Mengen an Antioxidantien zu einem verstärkten Auftreten von aggressiven Sauerstoffverbindungen führen können.

Die Zufuhr von Antioxidantien im Vorfeld oder während der Höhenexposition sollte deshalb unbedingt mit einer Fachperson abgesprochen werden (siehe Kapitel 9: Sportmedizinische Aspekte).

6.9. Literatur

Allgemein verwendete Literatur (Physiologie/Sporternährung, Sporternährung/Höhe)

Lundby C, Saltin B. Exercise at altitude: physiological responses and limitations. In: Hargreaves M, Hawley J, eds. *Physiological bases of sports performance*. McGraw-Hill Australia, pp. 277-296, 2003.

Armstrong LE, ed. *Performing in extreme environments*. Champaign: Human Kinetics, 2000.

Wilber RL, ed. *Altitude training and athletic performance*. Champaign: Human Kinetics, 2004.

Maughan RJ, Burke LM, Coyle EF, eds. *Food, nutrition and sports performance II – The International Olympic Committee Consensus on Sports Nutrition*. London: Routledge, 2004.

Jeukendrup AE, Gleeson M, eds. *Sport nutrition: an introduction to energy production and performance*. Champaign: Human Kinetics, 2004.

Febbraio M. Nutritional issues for special environments: training and competing at altitude and in hot climates. In: Burke L, Deakin V, eds. *Clinical sports nutrition*. McGraw-Hill Australia, pp. 710-726, 2000.

Marriott BM, Carlson SJ, eds. *Nutritional needs in cold and in high-altitude environments*. Washington: National Academy Press, 1996.

Ergänzende Artikel

Berglund B. High-altitude training – aspects of haematological adaptation. *Sports Med* 14 (5): 289-303, 1992.

Mettler S. Ferrum – ein Mineralstoff im Sport. *Schweiz Z Sportmed Sporttraum* 52 (3): 105-14, 2004.

Carter JM, Jeukendrup AE, Jones DA. The effect of carbohydrate mouth rinse on 1-h cycle time trial performance. *Med Sci Sports Exerc* 36 (12): 2107-11, 2004.

Nikolopoulos V, Arkinstall MJ, Hawley JA. Reduced neuromuscular activity with carbohydrate ingestion during constant load cycling. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 14: 161-70, 2004.

Ji LL. Exercise, oxidative stress, and antioxidants. *Am J Sports Med* 24 (6 suppl): S20-S24, 1996.

Clarkson PM, Thompson HS. Antioxidants: what role do they play in physical activity and health? *Am J Clin Nutr* 72 (suppl): 637S-46S, 2000.

Sen CK. Antioxidants in exercise nutrition. *Sports Med* 31 (13): 891-908, 2001.

Reid MB. Invited review: redox modulation of skeletal muscle contraction: what we know and what we don't. *J Appl Physiol* 90: 724-31, 2001.

Leeuwenburgh C, Hollander J, Leichtweis S, Griffiths M, Gore M, Ji LL. Adaptations of glutathione antioxidant system to endurance training are tissue and muscle fiber specific. *Am J Physiol* 272 (Regulatory Integrative Comp Physiol 41): R363-R369, 1997.

Koury JC, de Oliveira AV, Portella ES, de Oliveira CF, Lopes GC, Donangelo CM. Zinc and copper biochemical indices of antioxidant status in elite athletes of different modalities. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 14: 358-72, 2004.

Nieman DC, Henson DA, Mcanulty SR, Mcanulty LS, Morrow JD, Ahmed A, Heward CB. Vitamin E and immunity after the Kona Triathlon World Championship. *Med Sci Sports Exerc* 36 (8): 1328-35, 2004.

Chao WH, Askew EW, Roberts DE, Wood SM, Perkins JB. Oxidative stress in humans during work at moderate altitude. *J Nutr* 129: 2009-12, 1999.

Subudhi AW, Davis SL, Kipp RW, Askew EW. Antioxidant status and oxidative stress in elite alpine ski racers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 11: 32-41, 2001.

Bailey DM, Davies B. Acute mountain sickness; prophylactic benefits of antioxidant vitamin supplementation at high altitude. *High Alt Med Biol* 2 (1) 21-29, 2001.

Pfeiffer JM, Askew EW, Roberts DE, Wood SM, Benson JE, Johnson SC, Freedman MS. Effect of antioxidant supplementation on urine and blood markers of oxidative stress during extended moderate-altitude training. *Wilderness Environ Med* 10: 66-74, 1999.

7. **Regeneration**

Autor: Daniel Birrer, daniel.birrer@baspo.admin.ch

7.1. **Inhaltsverzeichnis**

7.2.	Was ist Regeneration?	64
7.3.	Ist in der Höhe der Bedarf an Erholung grösser?	64
7.4.	Ist Regeneration in der Höhe anders?	64
7.5.	Ist Regeneration für alle gleich?	65
7.6.	Welche erholungsfördernden Massnahmen kennen wir?	65
7.7.	Welche Ziele werden in der proaktiven Regeneration verfolgt?	65
7.8.	Welche aktiven und passiven Erholungsmassnahmen kennen wir?	66
7.8.1.	Aktive Massnahmen.....	66
7.8.2.	Passive Massnahmen.....	66
7.9.	Was soll bei der Planung der Erholung beachtet werden?	69
7.10.	Fazit	69
7.10.1.	Trainer sollten	69
7.10.2.	Athleten sollten	70
7.11.	Literatur	71

7.2. Was ist Regeneration?

Als Regeneration bezeichnet man alle Massnahmen, die es dem Körper und der Psyche ermöglichen, seine ursprüngliche Leistungsfähigkeit zurück zu erlangen. Die Regeneration ist ein fester Bestandteil des Trainings. Nur durch ein ausgewogenes Zusammenspiel von körperlichem Training und entsprechender Erholung kann eine optimale Leistungssteigerung erreicht werden. Es hat sich gezeigt, dass in Phasen wiederholter hoher Trainings- und Wettkampfbelastungen eine optimale Erholung leistungsbeeinflussend wirkt und dass die Häufigkeit und Qualität der Erholung genau so wichtig ist, wie das Training selber. Deshalb gehört die sorgfältige Planung der Erholung zu einem gut durchdachten und effektiven Trainingsregime.

Genau wie das Training selber ist Erholung graduell und kumulativ. Das heisst, je intensiver und härter das Training ist, desto qualitativ besser und zeitintensiver sollte der Erholungsprozess sein.

7.3. Ist in der Höhe der Bedarf an Erholung grösser?

Da durch die besonderen Verhältnisse in der Höhe sowohl die Beanspruchung erhöht, als auch die Erholungsfähigkeit reduziert ist (eine sauerstoffarme Umgebung bietet keine optimalen Voraussetzungen für eine rasche Regeneration (Rusko, 2003)), sollte bei der Höhenexposition umso mehr auf erholungsfördernde Aspekte geachtet werden. Einerseits sind die Beanspruchungen in der Höhe zu reduzieren (für dementsprechende Faustregeln siehe Kapitel 4: Trainingssteuerung), andererseits ist auch die Regenerationsfähigkeit eingeschränkt. Es gilt, den verlängerten Erholungszeiten während und nach den entsprechenden Trainings in der Höhe Rechnung zu tragen und diese sowohl bei der Trainings- als auch der Erholungsplanung zu berücksichtigen.

7.4. Ist Regeneration in der Höhe anders?

Grundsätzlich unterscheiden sich die regenerativen Massnahmen in der Höhe nicht von jenen im Flachland. Erholung kann durch unterschiedliche Strategien gefördert werden:

- Reduktion der entsprechenden Belastung
- Wechsel von Belastungsformen
- Belastungspausen
- Bewusster Aufbau und/oder Ersetzen von verbrauchten Ressourcen.

Das heisst auch, dass Erholung nicht einfach nichts tun bedeuten muss, sondern dass auch ein Wechsel von Aktivitäten Erholung begünstigen kann. Da die Beanspruchung in der Höhenlage besonders gross ist, sollten auch den regenerativen Massnahmen grosse Beachtung geschenkt werden.

7.5. Ist Regeneration für alle gleich?

So wie Trainingsreize individuell gesetzt werden sollten, ist auch die Erholung von individuellen Unterschieden gekennzeichnet. Eine Aktivität, welche ein Athlet als entspannend wahrnimmt (z. B. Lesen, Videospiele etc.), kann von einem anderen Athleten als belastend empfunden werden. Dementsprechend sollten auch in der Planung und Durchführung der Erholungsmassnahmen individuelle Unterschiede berücksichtigt werden.

7.6. Welche erholungsfördernden Massnahmen kennen wir?

Wie es verschiedene Stressoren gibt, kann man die erholungsfördernden Massnahmen auch in physische, psychische, soziale und Umwelt-Faktoren unterteilen. Man unterscheidet dabei hauptsächlich zwischen aktiven (wie z.B. Auslaufen, leichte Gymnastik, Stretching), passiven (z.B. Massage, Sauna) und neuerdings auch proaktiven Massnahmen. Unter proaktiven Erholungsmassnahmen versteht man die Antizipation von wahrscheinlichen Erholungsbedürfnissen und deren Planung. Das heisst, bereits in der Trainingsplanung werden mögliche Erholungsaktivitäten vorbereitet und die entsprechenden Massnahmen in die Wege geleitet. Nach erfolgter Beanspruchung werden die geplanten Aktivitäten in die Tat umgesetzt. Insbesondere gilt es, auf eine ausgewogene Ernährung mit ausreichender Flüssigkeitszufuhr (siehe Kapitel 6: Ernährung) sowie auf einen optimalen Lebensstil mit genügend Schlaf zu achten. Ausserdem sind weitere aktive und passive Regenerationsmassnahmen empfehlenswert.

7.7. Welche Ziele werden in der proaktiven Regeneration verfolgt?

Welche konkreten erholungsfördernden Massnahmen angewendet werden, hängt neben individuellen Bedürfnissen stark von der vorhergehenden Belastung ab und variiert je nach Ziel der erholungsfördernden Massnahmen. Wir unterscheiden grob zwischen physischen und psychischen Zielsetzungen. Tabelle 1 informiert über die möglichen unterschiedlichen Zielsetzungen.

Physische Zielsetzungen	Psychische Zielsetzungen
▪ Reduktion von muskulären Spannungen und Schmerzen ▪ Abbau von Laktat ▪ Verringerung neuronaler „Müdigkeit“ ▪ Ausgleich des Flüssigkeits- und Elektrolythaushalt ▪ Wiederauffüllung der muskulären Substratspeicher (Glykogen, Fett) ▪ Optimierung von Stoffwechselprozessen (z.B. Muskelproteinaufbau)	▪ Wiederherstellung des emotionalen Gleichgewichts ▪ Abbau von psychischem Stress ▪ Reduktion von Leistungsdruck ▪ Aufbau von Selbstvertrauen ▪ Beibehaltung der Trainingsmotivation

Tabelle 1: Hauptsächliche Zielsetzungen von Regenerationsmassnahmen

7.8. Welche aktiven und passiven Erholungsmassnahmen kennen wir? Was wissen wir über deren Wirksamkeit?

7.8.1. Aktive Massnahmen

Auslaufen, leichte Gymnastik

Wissenschaftliche Evidenz findet sich dafür, dass leichte Bewegung Muskelschmerzen reduzieren kann. Befunde, wonach leichte Bewegung metabolische Vorteile mit sich bringt, werden kontrovers diskutiert. Durchgängig berichtet werden jedoch positive Effekte bezüglich Reduktion der Blutlaktatkonzentration durch leichte Bewegung, manchmal auch in Kombination mit der Anwendung von passiven Massnahmen.

Ein gutes Auslaufen kann zudem die Muskelanspannung reduzieren. Verringerte Muskelspannung, bzw. eine entspannte Körperhaltung sind mit erhöhtem Selbstvertrauen verbunden.

Stretching

Trotz der weiten Verbreitung finden sich keine eindeutigen Befunde, wonach Stretching die Erholung von Athleten fördert. Hinweise sind vorhanden, dass Stretching prophylaktisch Muskelschmerzen und Muskelkater verringern kann. Die Vorteile, die Stretching zur Beibehaltung von Beweglichkeit und Flexibilität mitbringen, sind hier nicht beurteilt.

7.8.2. Passive Massnahmen

Ernährung

Richtige Ernährung gilt als wesentlicher Faktor in der Regeneration. Da dieses Thema sehr wichtig ist, ist ihm ein eigenes Kapitel zugewiesen. An dieser Stelle wird deshalb verzichtet, dieses Thema ausführlich zu behandeln (siehe Kapitel 6: Ernährung).

Schlaf

Schlaf ist wohl die ursprünglichste und wichtigste Erholungsmethode – wahrscheinlich auch die zeitintensivste. Eine Schlafdauer von acht bis zehn Stunden wird für eine ausreichende Erholung generell empfohlen, wobei die Quantität des benötigten Schlafes von Individuum zu Individuum stark schwanken kann. Neben der Schlafdauer sollten jedoch auch die persönlichen Unterschiede in der Schlafzeit berücksichtigt werden (Frühschläfer – Frühaufsteher, Spätschläfer – Spätaufsteher). Welche Prozesse im Schlaf genau ablaufen, sind trotz intensiver Schlafforschung immer noch ungeklärt. Klar ist jedoch, dass ohne Schlaf keine Regeneration möglich ist. Empfehlenswert sind auch sogenannte Power-Naps nach dem Mittag. Die positiven Effekte von Power-Naps sind in der Schlafforschung hinreichend belegt. Versuchspersonen reagieren nach einem Mittagsschlaf bei ihrer Arbeit schneller, arbeiten aufmerksamer und sind besser gelaunt als Kollegen ohne Schlafpause.

Was ist ein Power-Nap?

Als Power-Nap wird ein kurzer Mittagsschlaf bezeichnet, der dem natürlichen Schlafbedürfnis des Menschen entspricht und sehr gut zur Wiederherstellung des Frischegefühls geeignet scheint. Die Leistungskurve des menschlichen Organismus erreicht mittags gegen 13 oder 14 Uhr einen Tiefstand, genau so wie um drei Uhr nachts. Der Power-Nap trägt diesem Umstand Rechnung und verhilft zur Wiederherstellung der Energie.

Achtung: Wird zu lange geschlafen, fühlt man sich nachher nicht energievoller sondern eher schlaffer. Als optimal gelten Schlafperioden zwischen 10 und 30 Minuten. Wer länger schläft, braucht mitunter zu lange, um wieder fit zu werden.

Entspannungstechniken

Bei der Ausübung von Entspannung treten ähnliche Gehirnwellen auf, wie sie bei gewissen Schlafphasen beobachtet werden, die so genannten Beta-Wellen. Verschiedene Entspannungstechniken (z.B. Progressive Muskelentspannung, Autogenes Training, Atementspannung, Hypnose, Bio-Feed-Back) scheinen daher hervorragend geeignet, um die Erholungsfähigkeit eines Athleten zu verbessern. Wirkungen sind vor allem auf der psychischen Seite belegt (grössere innere Ruhe, grössere Stressresistenz, usw.). Bei regelmässiger Anwendung zeigt sich eine erhöhte emotionale Stabilität, welche natürlich auch auf das Selbstvertrauen einen positiven Einfluss hat. Welche der zahlreichen Entspannungstechniken angewendet werden soll, hängt von den Vorlieben der Athleten ab.

Was ist eine Entspannungsreaktion?

Die Entspannungsreaktion ist ein biologisch angelegter Prozess der das Gegenstück zur ebenfalls biologisch angelegten Stressreaktion darstellt. Kennzeichen der Entspannungsreaktion sind Abnahme des Muskeltonus, Erweiterung der peripheren Gefässe, Verlangsamung des Pulsschlages, Abnahme des Sauerstoffverbrauchs, Verlangsamung der Atemfrequenz, Zunahme der Hautleitfähigkeit, Veränderung der hirnelektrischen Aktivität, Ausbreitung innerer Ruhe und mentale Frische. Die hirnelektrische Aktivität während einer Entspannung gleicht oft der Aktivität in gewissen Schlafphasen. Die Entspannungsreaktion ist zwar eigentlich ein physiologischer Prozess, der jedoch mental ausgelöst werden kann. Es braucht dazu einfach eine gewisse Übung.

Massage

Massage ist wohl die am meisten angewendete (passive) erholungsfördernde Massnahme. Die Massage soll in erster Linie den Muskeltonus senken. Ein durchwegs positiver Einfluss von Massage auf die Befindlichkeit konnte nicht schlüssig nachgewiesen werden, gilt aber unter Praktikern als wahrscheinlich.

Sprudelbad

Dafür, dass die Anwendung von Unterwassermassagedüsen die Erholung fördert, gibt es geringe Evidenz. Es gibt zwar Hinweise, wonach die neuronale Müdigkeit reduziert und die neuromuskuläre Leistung besser aufrechterhalten werden kann. Es gibt jedoch auch Hinweise, dass damit auch eine erhöhte Gefahr der Entstehung neuromuskulärer Schäden besteht.

Stützbekleidung oder Stützverbände

Elastische Stützstrümpfe ermöglichen einen äusseren Druck auf die Haut und die Muskulatur der (unteren) Extremitäten. In der letzten Zeit ist das Tragen von Stützstrümpfen in verschiedenen Sportarten nach intensiven Trainingseinheiten verbreitet. Studien weisen darauf hin, dass durch die Anwendung von Stützbekleidung die Blutlaktatkonzentration verringert, der Blutrückfluss erhöht und die Leistung (bei Anwendung zwischen zwei Leistungstests) verbessert werden kann. Da das Tragen von Stützverbänden nicht als «sexy» bezeichnet werden kann, wird das Potenzial zur Erholungsförderung wohl verkannt.

Kontrasttherapie (heisses – kaltes Wasser)

Die Anwendung von Heiss-Kalt-Wechselbädern soll die Blutzirkulation fördern. Die vorgeschlagene Anwendung beinhaltet einen 3-minütigen Aufenthalt in einem Warmwasserpool (ca. 40°) der von einem 30-60 Sekunden-Aufenthalt in einem Kaltwasserbecken gefolgt wird. Dieses Prozedere wird dreimal wiederholt. Als Alternative zum Aufenthalt im Pool werden Kontrast-Duschen empfohlen: 30 Sekunden unter warm-heissem Wasser folgen 30 Sekunden unter kaltem Wasser. Dieser Wechsel wird dreimal durchgeführt. Neuere Studien zeigen, dass durch die Kontrasttherapie die Blutlaktatkonzentration genau gleich effizient reduziert werden kann, wie durch aktive Erholungsmassnahmen. Bei gleichem Resultat wird die Anwendung der Kontrasttherapie jedoch subjektiv als weniger belastend empfunden. Aufgrund der durchblutungsfördernden Wirkung dürfen positive Resultate im Verlauf von Muskelkater und der Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit nach intensiven Kraftbelastungen erwartet werden.

Soziale Erholung

Neuere Arbeiten zeigen den Einfluss von sozialen Aktivitäten auf die psychische Erholung und die Motivation von Athleten. Unter sozialen Aktivitäten werden Aktivitäten in der Gruppe verstanden, wie gemeinsame Spiele, Diskussionen usw. Wichtig ist, dass dabei der Kontakt in der Gruppe als ungezwungen und bereichernd empfunden wird. In Höhentrainingslagersituationen sollte darauf geachtet werden, dass entsprechende Möglichkeiten vorhanden sind. Zudem sollte der Kontakt zu Personen ausserhalb der Trainingsgruppe gewährleistet sein (Internet, E-Mail, Telefon). Die Möglichkeit zu sozialer Erholung scheint auch auf dem Hintergrund der Burnout-Prophylaxe von enormer Bedeutung zu sein.

7.9. Was soll bei der Planung der Erholung beachtet werden?

- Neben Training sollte auch die Erholung geplant werden.
- Zu Beginn eines Höhentrainingslagers sollte der Trainingsumfang im Vergleich zum Umfang auf Meereshöhe zwischen 10% und 20% reduziert werden.
- Zu Beginn eines Höhentrainingslagers sollte die Trainingsintensität von Intervalltrainingsformen um 5% bis 7% der Intensität auf Meereshöhe reduziert werden.
- Die Pausen während Intervalltrainings sollten im Vergleich zu den Pausen auf Meereshöhe zu Beginn eines Höhentrainingslagers verdoppelt werden.
- Taperingphasen benötigen andere Formen von Erholung als hochintensive, bzw. Phasen mit hohen Trainingsumfängen.
- Ein Klima, in welchem Stressoren abgebaut werden können, soll aktiv aufgebaut werden.
- Ein Klima, in welchem Athleten offen über Erholung und den Bedarf an Erholung diskutieren können, soll vorhanden sein.

7.10. Fazit

Der Erholung ist im Trainingsprozess eine grosse Bedeutung beizumessen. Dies gilt vor allem auch für die Situation in Höhentrainingslagern, da durch die Höhenexposition der Organismus einem erhöhten Stress ausgesetzt ist. Die potentiell erholungswirksamen Massnahmen sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

7.10.1. Trainer sollten...

- Ursachen von mangelnder Erholung erkennen und wissen, dass sowohl sportfremde Faktoren als auch der Sport selber Ursache dafür sein kann.
- ein offenes leistungsorientiertes Klima aufbauen, welches erlaubt, dass Athleten auch Fragen der Erholung offen diskutieren können.
- individuelle Unterschiede in der Reaktionsweise der Athleten kennen.
- ein regelmässiges Monitoring der Trainingsbelastung für jeden Athleten durchführen.
- Erholungsstrategien als Bestandteil des normalen Trainings integrieren.
- hartes Training abwechslungsreich gestalten.
- Variation von unterschiedlichen Trainingsreizen in der Periodisierung des Trainings einplanen.
- Das Training periodisieren und Ruhetage einplanen.

- bei leichten Überlastungserscheinungen die Trainingsmodalitäten an die neuen Voraussetzungen anpassen.
- während harten Trainingsphasen nur die anvisierten Trainingsreize anpeilen und andere Belastungen minimieren.

7.10.2. Athleten sollten...

- die Selbstkenntnis erhöhen: Wissen, wie Training oder andere Lebensfaktoren die Stresswahrnehmung beeinflussen.
- aktive Strategien erlernen, mit Hilfe derer Stress beeinflusst werden kann.
- Symptome von mangelnder Erholung erkennen können.
- Unterschiedliche Erholungstechniken lernen und anwenden.
- die Balance zwischen verschiedenen Lebensbereichen finden.
- lernen, welche Bedeutung die eigenen Stimmungen im Trainingsmonitoring haben können.
- während harten Trainingsphasen nur die anvisierten Trainingsreize anpeilen und andere Trainingsbelastungen minimieren.

Verfahren	Wissenschaftliche Evidenz	Wirkungen	Mögliche Nachteile
Schlaf	hoch	Genaue Wirkungen noch unklar	Zeitintensiv
Ernährung	hoch	Wiederauffüllung von Flüssigkeit, Elektrolyten und Substraten Optimierung verschiedener Stoffwechselprozesse	Übersensibilisierung im Diätbereich
Entspannungstechniken	mittel	Ausbreitung innerer Ruhe Erhöhte Stressresistenz Emotionale Ausgeglichenheit Verbesserte Schlafqualität	Längere Trainingsphase zur Aneignung nötig
Kontrasttherapie	gering - mittel	Reduktion von Blutlaktat Reduktion von Muskelschmerzen	Überwindung
Auslaufen Leichte Gymnastik	gering - mittel	Reduktion von Muskelschmerzen Laktatreduktion	Wird manchmal als zusätzliche physische Belastung empfunden
Stützbekleidung	gering	Reduktion der Blutlaktatkonzentration Leistungsverbesserung	Unmodisch
Wassermassagedüsen	gering	Reduktion neuronaler Müdigkeit	Muskuläre Schäden auf Mikroebene
Massage	gering	Senkung des Muskeltonus Reduktion der neuronalen Aktivität	zeitintensiv
Soziale Erholung	gering	Reduktion von Stress Emotionale Ausgeglichenheit	Kann auch sozialen Stress erzeugen

Tabelle 2: Zusammenfassung unterschiedlicher Erholungsmassnahmen und deren wissenschaftliche Evidenz

7.11. Literatur

Berry, M. J. & R. G. McMurray (1987). Effects of graduated compression stockings on blood lactate following an exhaustive bout of exercise. *Am J Phys Med.* 66, 121-132.

Coffey, V., M. Leveritt, & N. Gill (2004). Effect of recovery modality on 4-hour repeated treadmill running performance and changes in physiological variables. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 7, 1-10.

Mayberry, J. C., G. L. Moneta, R. D. DeFrang, & J. M. Porter (1991). The influence of elastic compression stockings on deep venous hemodynamics. *J Vasc Surg.* 13, 91-99.

Rodenburg, J. B., D. Steenbeek, P. Schiereck, & P. R. Bar (1994). Warm-up, stretching and massage diminish harmful effects of eccentric exercise. *Int J Sports Med*, 15, 414-419.

Cheung, K., P. Hume, & L. Maxwell (2003). Delayed onset of muscle soreness: treatment strategies and performance factors. *Sports Med*, 33, 145-164.

Hilbert, J. E., G. A. Sforzo, & T. Swensen (2003). The effects of massage on delayed onset of muscle soreness. *Br J Sports Med*, 37, 72-75.

Peterson, K. (2005). Overtraining: Balancing practice and performance. In S. Murphy (Ed.), *The Sport Psych Handbook* (S. 49-70). Champaign, IL: Human Kinetics.

8. Sportpsychologische Aspekte

Autor: Daniel Birrer, daniel.birrer@baspo.admin.ch

8.1. Inhaltsverzeichnis

8.2.	Welche psychischen Vorgänge sind bei Höhengaufenthalten zu erwarten?	73
8.3.	Stimmungslage während der Höhenakklimatisierung?.....	73
8.4.	Was sollte während der Höhenakklimatisierung vermieden werden?	74
8.5.	Wie kann die Höhenakklimatisierung mental unterstützt werden?.....	74
8.6.	Literatur	74

8.2. Welche psychischen Vorgänge sind bei Höhengaufenthalten zu erwarten?

Ein Höhenttraining, speziell wenn es mit echtem Höhengaufenthalt in den Bergen verbunden ist, kann für viele Athleten ein echtes Highlight darstellen. Sie haben die Chance aus ihrem normalen Alltag herauszukommen und eine neue Umgebung und auch neue Trainingsmethoden kennen zu lernen. Zusätzlich wirken die imposanten Bergkulissen, die Natur und die Abendstimmungen sehr motivierend. Allein diese Veränderungen können bereits einen positiven Effekt auf Leistung und Motivation bewirken.

Neben diesen eindeutig positiven Effekten müssen aber vor allem in der Anfangsphase negative Stimmungsveränderungen beachtet werden. Durch die Höhenexposition werden Trainings anders empfunden als vergleichbare Trainings auf Meereshöhe. Schlechte Stimmungen erhöhen das subjektive Belastungsmpfinden, der eigene Leistungszustand wird unterschätzt. Zudem können örtliche Veränderungen auch zu Stress führen. Für erfolgreiche Höhengaufenthalte ist deshalb eine gute Akklimation, verbunden mit einem «sanften» Trainingseinstieg und guter Erholung sehr wichtig.

8.3. Was sollten Trainer und Athleten bezüglich Stimmungslage während der Höhenakklimatisierung wissen?

- Während der Akklimation treten positive und negative Stimmungsveränderungen auf.
- Personen, welche unter normalen Voraussetzungen zu Stimmungsschwankungen neigen, sind auch in der Höhe anfälliger.
- Stimmungsschwankungen können Warnsignale für unzureichende Erholung sein.
- Physiologische Empfindungen können beeinträchtigt sein. Leichtes und moderates Training in negativer Stimmungslage ist generell mit höheren Herzfrequenzen verbunden. Das heisst, subjektiv kann ein leichtes Training bei schlechter Stimmung als anstrengender wahrgenommen werden. Dies kann den Höheneffekt noch verstärken. Eine schlechte Stimmungslage aktiviert den Sympathikus, was im Training zu höheren Herzfrequenzen führt und die Erholung beeinträchtigt.
- Die Schmerzschwelle wird herabgesetzt.
- Negative Befindlichkeiten treten weniger auf, wenn genügend Flüssigkeit aufgenommen und angepasste Kleidung getragen wird.
- Ein zuviel an Belastung kann nicht nur von Trainingsbelastungen ausgehen, sondern auch von Reisetress, privatem Stress, Sponsorenverpflichtungen etc.

- Der Sportler sollte ein aktives Stimmungsmanagement kennen. Dies beginnt mit dem aktiven Wahrnehmen und Erkennen der eigenen Stimmungslagen und dem aktiven Beeinflussen des aktuellen Stimmungszustandes durch Entspannung, Beschäftigen mit kognitiven Aufgaben (Kreuzworträtsel, Lesen, Musik hören, Italienisch-Kurs etc.) und positiven Selbstgesprächen. Zusätzlich sind natürlich Aktivitäten sinnvoll, die Spass machen und ablenken.
- Die veränderte Umgebung in der Höhe sollte unbedingt auch im positiven Sinne genutzt werden, zum Beispiel durch gemeinsames Erleben von Sonnenaufgang oder Sonnenuntergang sowie auch kleineren Aktivitäten in der Umgebung.
- Mittels Fragebögen (EBF, BFS, siehe Kapitel 5: Übertraining) ist es möglich, die Stimmung zu erfassen und so die subjektive Empfindung sichtbar zu machen.

8.4. Was sollte während der Höhenakklimatisierung vermieden werden?

Negative Stimmungslagen sollten auf keinen Fall einfach negiert und unter den Teppich gekehrt werden. Stimmungsschwankungen und Ermüdungszustände sollen mit dem Trainer diskutiert werden. Als erfolgreich hat sich gezeigt, dass die Situationen, welche negative Stimmungen auslösen, neu und in positivem Sinne bewertet werden sollen. Hierbei ist wichtig, dass die Sportler wissen, dass in einer Akklimatisationsphase Stimmungsveränderungen und Verunsicherungen nicht ungewöhnlich sind.

8.5. Wie kann die Höhenakklimatisierung mental unterstützt werden?

Die Beachtung folgender Punkte erleichtert eine erfolgreiche Höhenanpassung:

- Antreten des Höhentrainingslagers in erholtem Zustand und bei voller Gesundheit
- Fokussierung der Gedanken auf die erfolgreiche Akklimatisierung
- Setzen von realistischen Zielen betreffend Akklimatisierung und Leistungsentwicklung
- Anwendung von aktiven und passiven Regenerationsmassnahmen
- Eine frühere erfolgreiche Höhenakklimatisation kann Verunsicherungen minimieren

8.6. Literatur

Lane, A.M., Terry, P.C., Stevens, M.J., Barney, S., Dinsdale, S.L. (2004). Mood responses to athletic performance in extreme environments. *Journal of Sports Sciences*, 22, 886-897.

9. Sportmedizinische Aspekte

Autoren: *Beat Villiger (Beat.Villiger@resortragaz.ch)*

Christof Mannhart (christof.mannhart@baspo.admin.ch)

Christian Schlegel (Christian.Schlegel@resortragaz.ch)

9.1. Inhaltsverzeichnis

9.2.	Weshalb gibt es spezielle medizinische Probleme bei einem Höhengaufenthalt?	76
9.3.	Welchen Erkrankungen beeinträchtigen Spitzensportler in der Höhe am meisten?	76
9.4.	Was sind Ursachen für die vermehrten Infektionen bei Wintersportlern in der Höhe?	77
9.5.	Gibt es vorbeugende Massnahmen zur Reduktion der Infektanfälligkeit der Winterspitzensportler in der Höhe?	77
9.5.1.	Schädigung der Schleimhäute	77
9.5.2.	Schwächung des Immunsystems	78
9.5.3.	Reduktion der Ansteckungsgefahr	79
9.5.4.	Was muss ich beim Verdacht auf eine beginnende Infektion unternehmen?	80
9.6.	Kälte-/Anstrengungsasthma: wie gross ist das Problem wirklich?	81
9.6.1.	Wie kommt es zum Kälte-/Anstrengungsasthma?	81
9.6.2.	Was sind die Symptome des Kälte-/Anstrengungsasthmas?	81
9.6.3.	Wie kann man dem Kälte-/Anstrengungsasthma vorbeugen bzw. behandeln?	82
9.6.4.	Müssen Asthmamittel bei der Dopingbehörde gemeldet werden?	82
9.7.	Führen mangelnde Flüssigkeitszufuhr und falsche Ernährung in der Höhe zu Krankheitssymptomen?	83
9.8.	Was ist bezüglich der Blutbildung in der Höhe zu beachten?	83
9.9.	Ist die Unterkühlung eine Gefahr für die Gesundheit?	84
9.10.	Schläft man in der Höhe schlechter?	84
9.11.	Weshalb schmerzen in der Höhe gelegentlich die Zähne?	84

9.2. Weshalb gibt es spezielle sportmedizinische Probleme bei einem Höhengaufenthalt?

Der Aufenthalt in mittleren Höhen bedeutet für unseren Organismus einen grossen psychophysischen Stress. Dabei kommt es zu Adaptationsprozessen (siehe Kapitel 2: Anpassungsmechanismen des Körpers an die Höhe) mit Auswirkungen auf unseren Allgemeinzustand und unsere Organsysteme (Kreislauf, vegetatives Nervensystem, Atmung, Immunsystem, Psyche etc). Daneben sind es aber auch die direkten thermophysikalischen Belastungen (Kälte, Trockenheit der Luft, Wind, UV-Einstrahlung etc), die unserem Organismus zusetzen (siehe Kapitel 1: Was ist in der Höhe anders als im Flachland). Da Höhengaufenthalte nur von einem gesunden Organismus gut toleriert werden, sollte 3-4 Wochen vor jedem Höhengaufenthalt eine sportmedizinische Basis-Laboruntersuchung durchgeführt und ev. Symptome (Müdigkeit, Husten, Unwohlsein etc.) abgeklärt werden!

Passen wir unser Verhalten nicht den erhöhten Belastungen der Höhe an, so kommt es relativ rasch zu Symptomen und letztlich Erkrankungen, die unsere Leistungsfähigkeit einschränken. Neben spezifischen Massnahmen (Hygiene, Ernährungsverhalten, Immunmodulation etc.) muss aber vor allem dem erhöhten Erholungsbedarf und der reduzierten Belastbarkeit Rechnung getragen werden. So sind alle Massnahmen zur Verhütung von Infekten der Luftwege leider wenig wirksam, wenn das Immunsystem durch Überbelastung (siehe Kapitel 5: Übertraining) und fehlende Regeneration (siehe Kapitel 7: Regeneration) geschwächt ist!

Fazit: Höhengspezifische Erkrankungen können durch allgemeine Massnahmen (Trainingsanpassungen, Erholung, Ernährung) und durch spezifische Massnahmen (Hygiene, Immunmodulation, Medikamente) auf ein Minimum reduziert werden.

9.3. Welchen Erkrankungen beeinträchtigen den Spitzensportler in der Höhe am meisten?

Es ist seit langem bekannt, dass Spitzensportler vermehrt an Infektionen der oberen und unteren Luftwege erkranken. Während die «Normalbevölkerung» durchschnittlich 0-2x einen grippalen Infekt durchmacht, erkranken Spitzensportler 2-5x pro Jahr, wobei vor allem die Wintersportler, die sich häufig in der Höhe und Kälte aufhalten, am meisten gefährdet zu sein scheinen. Infektionen der Atemwege sind bei weitem der häufigste Grund, weshalb Spitzensportler an wichtigen Wettkämpfen nicht teilnehmen oder diese nicht im Vollbesitz ihrer Kräfte absolvieren können!

Fazit: Eine gute Infektionsprophylaxe der Atemwege ist vor allem bei Winterwettkämpfen in der Höhe von zentraler Bedeutung

9.4. Gibt es spezielle Ursachen für die vermehrten Infektionen bei Wintersportlern in der Höhe?

Die Ursache liegt im durch die Höhe bedingten psychophysischen Stress, der das Immunsystem der Spitzensportler zusätzlich schwächt. Wir konnten zeigen, dass Hobby-Langläufer in mittlerer Höhe deutlich weniger erkranken als Spitzenlangläufer, die im Blut eine deutliche Abnahme der gesamten Immunabwehr zeigten. Diese Immunschwäche ist am stärksten ausgeprägt nach intensiven Trainings und Wettkämpfen (für ca. 2h) und bei Overreaching/Übertraining (siehe Kapitel 5).

Diesen negativen Auswirkungen des Spitzensports auf die Infektabwehr werden im Winter sowie in der Höhe durch die schädigende Wirkung der Kälte und Trockenheit der Luft auf die Schleimhäute, eine nicht der Höhe angepasste Ernährung, den erhöhten Indoor-Keimgehalt (v.a. Viren) der Luft oder eine falsche Hygiene verstärkt.

Fazit: Die vermehrte Infektanfälligkeit der Spitzensportler im Winter wird durch die Höheneinflüsse noch verstärkt. Gezielte Massnahmen sind deshalb angezeigt!

9.5. Gibt es vorbeugende Massnahmen zur Reduktion der Infektanfälligkeit der Winterspitzensportler in der Höhe?

9.5.1. Schädigung der Schleimhäute

Durch die thermophysikalische Belastung (Kälte, Trockenheit der Luft, Wechsel Kälte-Wärme, hohes Atemvolumen) der Schleimhäute in der Nase und in den Bronchien kommt es zu einer Schädigung der Schleimhaut, welche die Passage der Viren/Bakterien ins Blut erleichtert und die Selbstreinigung der Schleimhaut erschweren. Die durch die Kälte und die Lufttrockenheit irritierte Schleimhaut scheidet mehr Flüssigkeit aus. Dieser «Flüssigkeitssee» auf den Schleimhäuten erleichtert das Viren-/Bakterienwachstum, insbesondere da in dieser Flüssigkeit die schleimhautspezifischen Oberflächenantikörper (IgA) deutlich reduziert sind.

Massnahmen:

Outdoor: Es ist wichtig, die Belastung der Schleimhäute in grosser Kälte auf ein Minimum zu reduzieren (kurze Trainings, tiefe Intensität, rasch an die Wärme) oder die Belastung der Schleimhäute durch Wärmeschutzgeräte (Lung Plus, Masken etc.) abzuschwächen.

Indoor: Die Trockenheit der warmen Indoor-Luft muss mittels Luftbefeuchter reduziert und der erhöhte Flüssigkeitsbedarf in der Höhe durch vermehrte Flüssigkeitszufuhr (siehe Kapitel 6: Ernährung) kompensiert werden. Gegen die Austrocknung der Nasenschleimhäute können Nasensalben, Salzwassersprays oder Salzwasser-Nasenduschen eingesetzt werden. Zudem sollte

jede Schleimhautentzündung mit entzündungshemmenden Mitteln vom Typ Aspirin konsequent behandelt werden. So kann die Schleimhautschädigung reduziert werden.

Fazit: Die krankmachende Schädigung der Schleimhäute kann durch reduzierte Kälteexposition und geeignete Indoor-Massnahmen reduziert werden. Kein Zimmer ohne Befeuchter!

9.5.2. Schwächung des Immunsystems

Der psychophysische Stress der Spitzensportler führt, kombiniert mit der Belastung der mittleren Höhen, zu einer deutlichen Schwächung der Immunabwehr. Dieser psychophysische Stress muss durch Reduktion der körperlichen Belastung (v.a. in der Adaptationsphase, siehe Kapitel 2 und 5: Höhenanpassungen und Übertraining) und die Verstärkung der Regenerations-massnahmen (siehe Kapitel 7: Regeneration) reduziert werden. Bei der Immunmodulation unterscheiden wir spezifische und unspezifische Massnahmen.

Spezifische Massnahmen:

- Grippeimpfung: Damit werden die schweren Grippeerkrankungen verhindert, die einen Athleten für Wochen «aus dem Verkehr» ziehen. Nicht beeinflusst werden die leichteren grippalen Infekte. Mit den neuen Impfstoffen sind die Nebenwirkungen minimal und dauern höchstens 2 Tage an. Diese Impfung ist für alle, die an Winterwettkämpfen erfolgreich sein wollen, ein Muss! Dies gilt nicht nur für Athleten, sondern auch für alle Betreuer!!! Für einen optimalen Schutz während der ganzen Wintersaison wird am besten im Oktober und im Januar geimpft – also 2x!
- Immunglobuline: Die passive Impfung (Injektion von Antikörpern = Immunglobuline) schützt uns für kurze Zeit teilweise vor grippalen Infekten. Wegen der kurzen Wirkungsdauer werden sie unmittelbar vor den wichtigen Wettkämpfen eingesetzt. Das Medical Team steht für Informationen jederzeit zur Verfügung.
- Immunmodulation: Präparate aus Bakterienbestandteilen verbessern die Immunabwehr und reduzieren die Häufigkeit der Infekte der Luftwege sowie deren Schweregrad signifikant. Sie werden im Spätherbst eingesetzt, müssen nach einem bestimmten Schema über Wochen eingenommen werden und sind dann während eines ganzen Jahres wirksam. Nebenwirkungen dieser «biologischen» Präparate (Luivac, Bronchovaxom etc.) sind nicht bekannt.

Unspezifische Massnahmen (siehe auch Kapitel 6: Ernährung):

- **Ungenügende Energie- und Makronährstoffzufuhr vermeiden** (z.B. Kohlenhydrate, Protein).
- **Konsequent kohlenhydrathaltige Sportgetränke während und nach Belastungen einsetzen.**

- Optimale, regenerative Ernährung: Sofort nach der Leistung 1-1,5g Kohlenhydrate/kg KM **in Verbindung mit ca. 0,3 g Eiweiss/kg KM (mindestens 6g essentielle Aminosäuren)** zur Optimierung der Kohlenhydrat- und Proteinsynthese sowie Sicherstellung der Kohlenhydratzufuhr 1-6 Std. nach Leistung.
- Mikronährstoffdefizite (z.B. **Eisen, Zink, Vitamin A, C, E und B-Vitamine**) vermeiden: Basisernährung optimieren, ausgewogenes niedrig dosiertes (unausgewogen und zuviel kann schädlich sein!) Mikronährstoffpräparat (z.B. Salt Lake City Tablette) inkl. Vitamin C.
- Entzündungsreaktion und oxidativen Stress minimieren: Genügend Kohlenhydrate vor und während längeren und/oder intensiven Belastungen sowie **gezielt Omega 3 Fettsäuren** (hochwertige Oele oder Wildfisch) zuführen. Zusätzlich ev. Antioxidantien (v.a. **Vitamin C**) einsetzen: Achtung! Nur nach Rücksprache mit Arzt oder Ernährungsspezialist, da auch hier falsch eingesetzte Antioxidantien eine negative Wirkung haben können. Phytopharmaka (**Sibrovita, Echinacea, Adaptogene** u.a.), ätherische Oele (**Gelomyrthol, Sibrovita** u.a.), und schleimlösende Mittel (**Fluimucil** u.a.) und spezielle Eiweisspräparate können die Immunreaktion ebenfalls modulieren.

Fazit: Das Immunsystem ist in der Höhe bei Spitzensportlern geschwächt. Zur Verhinderung von Infektionen sind neben der Reduktion der Belastung und der Erhöhung der Regenerationszeit die Grippeimpfung und Immunmodulation mit Bakterienbestandteilen (spezifische Immunmodulation) sowie die richtige Ernährung, Supplemente und Phytopräparate (unspezifische Immunmodulation) von grösster Wichtigkeit.

9.5.3. Reduktion der Ansteckungsgefahr

Die erhöhte Ansteckungsrate hat viele Gründe: Einerseits ist der Virengehalt der Luft im Winter erhöht, andererseits erleichtern die vermehrten Indoor-Aufenthalte die Entstehung von Infektionen im Winter und in der Höhe, da die Infektionsrate mit der Aufenthaltszeit und der Anzahl Personen im Raum korreliert. Im Weiteren werden die Grippeviren v.a. durch Körperkontakte (Handschütteln, Küssen etc) übertragen und nicht wie früher angenommen ausschliesslich durch Tröpfcheninfekte (Husten, Niesen). Am grössten ist die Ansteckungsgefahr aber unmittelbar nach intensiven Trainings und nach dem Wettkampf (ca. 2 Std.). Frieren verstärkt den Immunstress und begünstigt die Ansteckung.

Massnahmen

- Allgemeiner Grundsatz: Keine unnötigen Menschenkontakte. Menschenansammlungen vermeiden respektive möglichst kurz halten
- Infektionswege unterbrechen: mehrfaches Händewaschen pro Tag, kein Händeschütteln, möglichst wenig «Intimitäten», gute persönliche Hygiene

- Nach intensiven Trainings und Wettkämpfen sofort auslaufen oder «unter die Dusche», möglichst wenig Kontakte, warme und trockene Bekleidung
- Keine gemeinsamen «Bidons» etc.

Fazit: Die Ansteckungsgefahr kann durch richtiges Verhalten und durch gute Hygiene deutlich reduziert werden.

9.5.4. Was muss ich beim Verdacht auf eine beginnende Infektion tun?

Da die Infektionsrate bei Trainings und Wettkämpfen in der Höhe erhöht ist (siehe 9.4) sind die frühzeitige Diagnostik/Behandlung und die Verhinderung von Ansteckungen der Teammitglieder von grösster Bedeutung. Dies gilt nicht nur für die Sportler, sondern auch für die übrigen Teammitglieder (Coach, Trainer, Techniker).

Persönliche Massnahmen

- Sofortige Meldung beim medizinischen Personal (Medical Team)
- Sofortige Selbstbehandlung (siehe Richtlinien in der Athletenapotheke)
- Information Trainer
- Möglichst wenig Kontakte mit anderen Teammitgliedern bis zur Arztuntersuchung

Falls Infektverdacht bestätigt wurde

- Keine gemeinsamen Mahlzeiten und Kontakte mit Teammitgliedern (Gilt auch für technisches Personal!!!)
- «Quarantäne» in separatem Krankenzimmer (Freigabe nur durch Arzt)
- eventuell Verlegung nach Hause (temporär oder definitiv, je nach Diagnose)

Fazit: Die Verantwortung für die rasche Genesung und die Verhinderung der Ansteckung anderer Teammitglieder liegt bei jedem selbst! Sofortige Meldung beim medizinischen Personal zwecks Diagnostik und Einleitung von Massnahmen, sofortige Selbstbehandlung, Information Trainer, selbst verordnete Kontaktsperre. Das bewusste Verheimlichen von Symptomen ist gefährlich und wegen der Ansteckungsgefahr in höchstem Masse unfair!!!

9.6. Kälte- / Anstrengungsasthma: wie gross ist das Problem wirklich?

In den frühen 1990er Jahren haben Studien gezeigt, dass Wintersportler viel häufiger an Asthma leiden als Sommersportler. Vor allem die Winterausdauersportler wie Langläufer (bis zu 50%) scheinen gefährdet, aber auch Alpine, Eishockeyspieler und Eiskunstläufer (> 20%). Bei Anwendung der «harten», vom IOC festgelegten diagnostischen Kriterien dürfte die durchschnittliche Häufigkeit des Kälte-/Anstrengungsasthmas bei den Wintersportlern bei ca. 20% liegen.

Fazit: Jeder 5. Winter-Spitzensportler leidet an einem Kälte-/Anstrengungsasthma.

9.6.1. Wie kommt es zum Kälte- / Anstrengungsasthma?

Ursache jeder asthmatischen Reaktion ist eine Entzündung der Bronchien. Diese wird beim Wintersportler vor allem durch eine längere intensive Belastung in grosser Kälte (< - 18 Grad) ausgelöst und ev. durch begleitende Infektionen der Atemwege verstärkt. Diese kälte- oder infektsbedingte Entzündung führt zu einer Überempfindlichkeit (Hyperreaktivität) der Bronchien, die für den Bronchialkrampf (Bronchospasmus) verantwortlich ist. Dadurch kommt es zu einer Behinderung der Atmung mit entsprechendem Leistungsabfall.

Da die Reaktion der Bronchien umso stärker ausfällt je kälter und trockener die Luft ist respektive je mehr geatmet wird, reagieren Athleten v.a. dann mit einem Kälte-/Anstrengungsasthmaanfall, wenn sie sich in der Kälte intensiv belasten. Geschieht dies in grosser Höhe wird der Effekt durch die grössere Trockenheit der Luft und die höhenbedingte Hyperventilation noch verstärkt.

Fazit: Das Kälte-/Anstrengungsasthma wird beim Wintersportler durch intensive Aktivitäten in der Kälte ausgelöst. Die Symptome sind umso stärker, je kälter und trockener es ist.

9.6.2. Was sind die Symptome des Kälte- / Anstrengungsasthmas?

Das Hauptsymptom ist der trockene Reizhusten, der während oder nach der Belastung in der Kälte auftritt. Weitere Symptome sind eine pfeifende Atmung, Druckgefühle in der Brust oder einfach ein Leistungsabfall in der Kälte. Typischerweise treten die Symptome ca. 6-8 Minuten nach Belastungsbeginn auf und können nach 20-30 Minuten spontan wieder verschwinden („Running through“). Wird das Asthma nicht behandelt, so kann sich die asthmatische Entzündung weiter verschlimmern und der Leistungsabfall weiter zunehmen.

Fazit: Leidet ein Athlet an den typischen Asthmasymptomen (v.a. trockener Husten während und nach körperlicher Belastung), sollte er sich Teamarzt melden oder sich beim Lungenfacharzt abklären und behandeln lassen.

9.6.3. Wie kann man dem Kälte- /Anstrengungsasthma vorbeugen, wie sollte man es behandeln?

Die beste Prävention des Kälteasthmas ist der Verzicht auf längere intensive Belastungen in grosser Kälte. Deshalb sind Belastungen in grosser Kälte möglichst kurz und wenig intensiv zu halten. Zusätzlich kann man die Bronchien mittels Wärmeaustauschern (Lung plus) oder Masken vor der Kälteexposition schützen. Da jede Infektion der Atemwege die Situation verschlechtert, ist eine maximale Infektprävention zu betreiben (siehe auch 9.3.). Besteht bereits eine bronchiale Überempfindlichkeit, sollte vor dem Wettkampf/Training mit einem entsprechenden Medikament (siehe unten) inhaliert werden. Zudem wirkt sich ein ausgedehntes Einlaufen günstig auf die Stabilität der Bronchien aus.

Die Behandlung des Kälte-/Anstrengungsasthmas basiert auf der Basistherapie und der präventiven Behandlung vor einer körperlichen Belastung. Die Basistherapie besteht aus einem Entzündungshemmer in Kombination mit einem langwirksamen bronchial-krampflösenden Mittel (Bronchospasmolytikum). Diese werden heute meistens als Kombinationspräparat 1-2x täglich inhaliert (z.B. Symbicort Turbuhaler) und ev. zusätzlich durch antientzündliche Tabletten (Singulair) und Omega 3 Fettsäuren unterstützt. Zum Schutz vor einem Bronchialkrampf bei Belastung in Kälte sollte zusätzlich rechtzeitig (mindestens 15 Minuten vor Belastungsbeginn) mit einem Bronchospasmolytikum inhaliert werden (z.B. Oxis TH oder Ventolin «Pümpeli»). Diese therapeutischen und prophylaktischen Massnahmen sollten aber nur unter ständiger ärztlicher Kontrolle durchgeführt und regelmässig auf ihre Wirksamkeit überprüft werden.

Fazit: Die beste Prävention für das Kälte-Asthma ist der Verzicht auf längere, intensive Belastungen in grosser Kälte (< -18 Grad). Die Basisbehandlung des Kälte-Asthmas besteht aus einer entzündungshemmenden und bronchialkrampflösenden Substanz, welche meistens inhaliert werden kann. Zur Vorbeugung eines Asthmaanfalles sollte zudem zusätzlich mindestens 15 Minuten vor Belastung inhaliert werden.

9.6.4. Müssen Asthmamittel bei der Dopingbehörde gemeldet werden?

Der Einsatz der in Kapitel 9.4.3. beschriebenen Asthmamittel ist erlaubt, sofern das Asthma korrekt diagnostiziert worden ist, und die entsprechende Meldung (aTUE) an die Dopingbehörde erfolgte. In der Dopingliste sind die erlaubten Asthmamittel klar festgelegt. Die Liste kann unter www.swissolympic.ch oder www.dopinginfo.ch eingesehen werden. Sobald der Arzt das vom ihm und dem Athleten unterschriebene Gesuch an Swiss Olympic gefaxt hat, kann das Medikament während eines Jahres inhaliert werden. Gewisse Internationale Verbände (z.B. FIS) müssen zusätzlich informiert werden.

Für die Olympischen Spiele bestehen spezielle Bedingungen für den Einsatz von Asthmamitteln. So sind z.B. die diagnostischen Kriterien für das Anstrengungsasthma deutlich strenger. Zusätzlich muss bei der Medizinischen Kommission des IOC rechtzeitig ein Gesuch für den Einsatz der Asthmamittel anlässlich der Spiele gestellt werden.

Fazit: Gewisse Asthmamittel sind erlaubt. Sie müssen aber mittels aTUE bei den Dopingbehörden gemeldet werden. Andernfalls gelten sie als Doping!!! Für die Olympischen Spiele gelten spezielle «Gesetze».

9.7. Führen mangelnde Flüssigkeitszufuhr und falsche Ernährung in der Höhe zu Krankheitssymptomen?

Durch den vermehrten Flüssigkeitsverlust über die Atmung und den erhöhten Energiebedarf bei reduziertem Hungergefühl werden bei ungenügender Flüssigkeits- und Energiezufuhr v.a. die Adaptationsprobleme (Instabilität des Kreislaufes, Belastungsintoleranz, Müdigkeit etc.) verstärkt. Es lohnt sich deshalb den speziellen Anforderung der Höhe an die Ernährung Rechnung zu tragen (siehe Kapitel 6: Ernährung und Supplemente).

9.8. Was ist bezüglich der Blutbildung in der Höhe zu beachten?

Wegen der Ausschüttung des Erythropoietins (EPO) kommt es in der Höhe zu einer vermehrten Produktion von roten Blutkörperchen (Erythrozyten). Da die Bildung der Erythrozyten aber vom Vorhandensein von Eisen, Folsäure und Vitamin B12 abhängig ist, müssen insbesondere die Eisenspeicher (ev. auch Folsäure und Vitamin B12) vor dem Höhengaufenthalt kontrolliert und ein Mangel ausgeglichen werden (siehe Kapitel 6: Ernährung). Eine norwegische Studie konnte zeigen, dass bei Eisenmangel das EPO wirkungslos bleibt. Auf welche Art die Zufuhr des Eisens erfolgt, entscheidet der zuständige Arzt.

Wegen des hohen Verbrauchs an Eisen und der blutbildenden Vitamine muss in der Höhe die Dosis dieser Substanzen häufig in Absprache mit dem Arzt erhöht werden. Zusätzlich ist auf eine ausgeglichene Energiebilanz zu achten.

Fazit: Ohne genügend Eisen, Vitamin B12 oder Folsäure kommt es in der Höhe zu keinem Anstieg der roten Blutkörperchen. Eine entsprechende Laboruntersuchung ist deshalb vor jedem Höhengaufenthalt notwendig.

9.9. Ist die Unterkühlung eine Gefahr für die Gesundheit?

Über die Bedeutung der Unterkühlung auf die Infektionserkrankungen der Atemwege ist sich die Wissenschaft uneinig. Es konnte aber gezeigt werden, dass die Unterkühlung einen grossen psychophysischen Stress für den Organismus bedeutet, und damit die Immunreaktion deutlich schwächt. Somit ist anzunehmen, dass längeres Stehen in Kälte und Nässe die Infektabwehr schwächt und es zu einem vermehrten Auftreten von Infekten kommt. Aus diesem Grunde sollte man sich in der Kälte durch adäquate Kleidung schützen und sich (insbesondere nach Wettkämpfen) sofort umziehen und die warme Unterkunft aufsuchen.

Fazit: Unterkühlung begünstigt Infektionen der Luftwege: Sofort umziehen und in die Wärme!

9.10. Schläft man in der Höhe schlechter?

In der Adaptationsphase ist der Schlaf nicht nur in grosser Höhe sondern auch auf mittlerer Höhe gestört (Einschlafstörungen und Durchschlafstörungen mit Zunahme der Wachphasen und reduzierte Tiefschlafphasen). Dafür sind vor allem Schlafadaptationsvorgänge an die Höhe und der durch die Höhe verursachte Stress (erhöhtes Cortison und Adrenalin) verantwortlich. Nach der Höhenadaptation schläft man aber gemäss der AMAS Studie in mittlerer Höhe besser, während in grosser Höhe die Schlafqualität bei einzelnen weiterhin reduziert bleibt. Günstigen Einfluss auf die Schlafqualität haben gezielte Ernährungsmassnahmen (leichte kohlenhydratreiche Kost vor dem Schlafen), gute Indoor-luftqualität (kühl, genügende Luftfeuchtigkeit) sowie eine gute «Bettwärme». In einzelnen Fällen ist in der Adaptationsphase der Einsatz von «leichten» Schlafmitteln (Phytotherapeutika, Melatonin u.a.) in Absprache mit dem Arzt sinnvoll und erlaubt.

Fazit: Die Schlafqualität kann in der Höhenadaptationsphase vermindert sein. Diese Reaktion ist ein normaler Adaptationsvorgang und ist nach wenigen Tagen abgeschlossen.

9.11. Weshalb schmerzen in der Höhe gelegentlich die Zähne?

Durch die Druckabnahme beim Höhenanstieg dehnen sich «Gasansammlungen» im Bereich der Zahnwurzel aus. Diese können vor allem bei Zähnen nach Wurzelkanalbehandlungen, schadhafte Füllungen oder bei anderen Zahnschäden auftreten und in der Höhe zu Schmerzen und Komplikationen führen. Die Zahnkontrollen vor Höhengaufenthalten resp. mindestens 1x pro Jahr sind deshalb ein Muss für jeden Spitzenathleten.

Fazit: Jährlich mindestens eine zahnärztliche Kontrolle, am besten 1-2 Monate vor einem geplanten Höhengaufenthalt.

10. Möglichkeiten zur Höhenexposition

Autor: Claudio Perret, perretc@gmx.ch

10.1. Inhaltsverzeichnis

10.2.	Definition der Höhenlagen.....	86
10.3.	Natürliche Höhenbedingungen	86
10.4.	Künstliche Höhenbedingungen	88
10.4.1.	Höhenhäuser, Höhenzimmer und Höhenzelte zur Nutzung von Hypoxie in Ruhe	88
10.4.2.	Höhensimulationsgeräte zur Nutzung von Hypoxie in Ruhe und unter Belastung	89
10.4.3.	Unterdruckkammern	90

10.2. Definition der Höhenlagen

Zur Höhenanpassung werden die Athleten entsprechenden Höhenbedingungen ausgesetzt, mit dem Ziel, die Ausdauerleistungsfähigkeit zu verbessern (Leistungssteigerung) oder den Körper auf bevorstehende Wettkämpfe in der Höhe vorzubereiten (Akklimatisation).

Die unterschiedlichen Höhenlagen werden dabei wie folgt definiert:

0 - 500 m	Meereshöhe
500 - 1000 m	sehr geringe Höhen
1000 - 2000 m	geringe Höhen
2000 - 3000 m	mittlere Höhen
3000 - 4500 m	grosse Höhen
4500 - 6000 m	sehr grosse Höhen
über 6000 m	extreme Höhen

Zur Akklimatisation und zum Training unter Höhenbedingungen bestehen natürliche und künstliche Möglichkeiten, auf die nachfolgend (Tabelle 1) näher eingegangen wird.

10.3. Natürliche Höhenbedingungen

Für ein Höhenttraining werden verschiedene Varianten gewählt (siehe Kapitel 3: Höhenttrainingskonzepte). Während einzelne Athleten in der Höhe trainieren und schlafen («live high - train high»), suchen andere die Höhe nur zum Schlafen («live high - train low») bzw. zum Trainieren («live low - train high») auf.



Abbildung 1: Unterkunft Gütsch oberhalb Andermatt (2344 m)

Ort (Trainingsort)	Kontakt und Infos	Konditionen	Bemerkungen	Bahnbetrieb / Zufahrt
Gütsch ob Andermatt: 2344m (Andermatt 1445m)	Maj Markus Regli Leiter ASSA Andermatt makus.regli@fwk.admin.ch	Übernachtung für Nationalkaderathleten sowie Benützung der ASSA-Anlagen gratis	Küche und Essraum für 10 Personen vorhanden, Verpflegung muss selbst geregelt werden	Im Sommer mit dem Auto erreichbar oder sonst via Sessellift und Fussmarsch von Mitte Juli bis Ende Okt. und Mitte Nov. bis Ende März (9-17h)
Jakobshorn Davos: 2590m (Davos: 1540m; Klosters: 1120m)	Stefan Stocker, Panoramarestaurant Jakobshorn 081 413 70 04 o. 079 303 38 65	Sommertarif: Für Kaderathleten Fr. 55.-- pro Nacht inkl. Frühstück, Nachtessen und Gondelbahn Wintertarif: 125.--	Im Winter meist ausgebucht	Sommerbetrieb von Ende Juni bis Mitte Okt.; im Sommer notfalls Zufahrt mit Auto möglich Winterbetrieb: Mitte Nov. bis April (8.30-16.30h)
Muottas Muragl Samedan: 2456m (St. Moritz: 1777m; Scoul: 1275m)	Sportsekretariat St. Moritz 081 837 33 88 (Hr. Rutz, Fr. Zweifel) Berghotel Muottas Muragl 7503 Samedan 081 842 82 32 (Hr. Ewald)	Teilweise via Verbandskontingente abgedeckt, sonst für Kaderathleten Fr. 90.- mit Frühstück und Nachtessen inkl. Bahn und 1 Getränk	Vollpension Fr. 105.- EZ-Zuschlag ca. Fr. 30.--	Sommerbetrieb Mitte Juni bis Ende Okt.; Winterbetrieb Mitte Dez. bis Mitte April (7.45h-23h)
Säntis: 2501 m (Schwägalp: 1360m; Urnäsch: 841m)	Säntisbahnen 071 277 99 55 (Herr Näf)	Für Kaderathleten pro Übernachtung Fr. 57.-- plus 20.-für Frühstück	Definitives Konzept in Zusammenarbeit mit Sportschule Appenzell noch im Aufbau	ganzjähriger Betrieb (8.30-17h; Juni bis Okt.: 7.30-18h)
SLF Weissfluhjoch Davos: 2663m (Davos: 1540m; Klosters: 1120m)	Eidg. Institut für Schnee und Lawinenforschung (SLF/ENA) Flüelastrasse 11 7260 Davos Dorf 081 417 02 24 miller@slf.ch (Fr. Miller)	Für Kaderathleten Fr. 50.- pro Nacht mit, Fr. 40.-- ohne Bettwäsche (exkl. Verpflegung) Teilweise Abgeltung via Verbandskontingente möglich	Verpflegung muss selbst geregelt werden (gute Infrastruktur vorhanden), Fitnessraum vor Ort Weitere Angaben unter: www.slf.ch/media/weissfluhjoch-de.html	Bahnbetrieb von Juli - Okt. und Ende Nov. - Ende April (8.15-16.15h); Zufahrt je nach Verhältnissen mit geländegängigem Fahrzeug notfalls möglich

Tabelle 1: Orte für einen Aufenthalt unter natürlichen Höhenbedingungen

10.4. Künstliche Höhenbedingungen

10.4.1. Höhenhäuser, Höhenzimmer und Höhenzelte zur Nutzung von Hypoxie in Ruhe

Eine Möglichkeit zur Simulation künstlicher Höhenbedingungen in Ruhe bieten entsprechend eingerichtete Höhenhäuser, Höhenzimmer oder Höhenzelte (Tabelle 2). Das Prinzip eines Höhenhauses besteht darin, den Sauerstoffgehalt der Luft bei Normaldruck von 21% auf z.B. 15-16% zu reduzieren (normobare Hypoxie), was einer Höhe von rund 2500m entspricht. Die Athleten halten sich ca. 12-16 h pro Tag (zum Schlafen) im Höhenhaus bzw. Höhenzimmer auf, während das Training ausserhalb auf Normalhöhe absolviert wird (simuliertes «live high – train low», siehe Kapitel 3: Höhentrainingskonzepte). Nach demselben Prinzip funktionieren die im Handel erhältlichen Höhenzelte.



Abbildung 2: Höhenzimmer in Magglingen (links) und auf dem Langis (rechts)

Möglichkeiten	Kontakt und Infos	Konditionen	Bemerkungen
Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen (Höhenzimmer)	032 327 61 25 (Jon Wehrlin) jon.wehrlin@baspo.admin.ch	Kaderathleten können Übernachtung und Verpflegung via Verbandskontingent abgelden	Frühzeitige Anmeldung notwendig, da nur zwei Plätze vorhanden
Glaubenberg-Langis (Höhenzimmer)	Berghotel Langis Heinz Rohrer 6063 Stalden / Glaubenberg 041 675 10 68 info@berghotel-langis.ch	Für Kaderathleten Übernachtung inkl. Frühstück Fr. 45.-; zusätzlich für Abendessen Fr. 25.-	max. 10 Plätze zur Verfügung Bilder und weitere Infos unter http://www.berghotel-langis.ch
Höhenzelt	Hypoxico Inc. 50 Lexington Ave. Suite 249 New York, NY 10010 info@hypoxico.com www.hypoxicotent.com	Preis: Je nach Modell bis zu Fr. 8000.--	Mit Zubehör können Höhen bis zu 4000m simuliert werden; System ist gut transportierbar. Kann ortsunabhängig eingesetzt werden

Tabelle 2: Angaben zu Höhenzimmern, Höhenhäusern und Höhenzelt

10.4.2. Höhensimulationsgeräte zur Nutzung von Hypoxie in Ruhe und unter Belastung

Höhensimulationsgeräte werden für eher kürzere Expositionszeiten in Ruhe oder unter Belastung (simuliertes «live low – train high») eingesetzt (siehe Kapitel 3: Höhentrainingskonzepte). Dabei können beliebige Höhenlagen bis ca. 5000m simuliert werden. Zu diesem Zweck wird die Sauerstoffkonzentration in der Einatemungsluft durch Stickstoffanreicherung gesenkt (normobare Hypoxie). Die Anreicherung der Luft mit Stickstoff ist stufenlos regulierbar, so dass für die Hypoxieexposition bzw. für Hypoxietrainings jede gewünschte Höhe simuliert werden kann. Es erfolgt eine permanente Kontrolle und Anzeige der Sauerstoffkonzentration in der Einatemungsluft. Eine andere Möglichkeit entsprechende Höhenlagen zu simulieren besteht darin, die ausgeatmete Luft in einem Behälter zu sammeln und diese sauerstoffarme Luft zusammen mit einem entsprechenden Anteil Frischluft wieder einzusatmen (Rebreather-Technik). Das anfallende Kohlendioxid wird dabei durch einen Filter absorbiert.

Entsprechende Geräte (Altitrainer®200, Hypoxator®, Go2Altitude®-200 Hypoxicator) werden heute kommerziell angeboten. Die Geräte Altitrainer® und Hypoxator® (Abbildung 3) erlauben Atemvolumina von bis zu 200 l/min, was für Eliteathleten ein intensives Training oder Tests bis zur Ausbelastung unter simulierten Höhenbedingungen ermöglicht. Mit dem Go2Altitude®-200 Hypoxicator sind in Abhängigkeit der Höhe lediglich Atemvolumina von bis zu 16 l möglich, was den Einsatz dieses Gerätes während Belastung verunmöglicht. Für weiterführende Informationen sei auf folgende Angaben verwiesen:

Altitrainer®200:	SMTEC, Sport & Medical Technologies av. Henri-Golay 40, 1219 Châtelaine GE Tel. / Fax. 022 797 04 62, menut@infomaniak.com Bei Swiss Ski können Altitrainer®200 gemietet werden Kontaktperson: Dr. Michael Vogt; vogt@ana.unibe.ch
Hypoxator®:	ROSAS Maschinenbau GmbH, Bahnhofstrasse 15 D-86420 Diedorf http://www.hypoxator.de , support@hypoxator.de Tel. +49 (0) 8238 902823
Go2Altitude®-200:	Biomedtech Australia PTY LTD; http://www.go2altitude.com Vertrieb Schweiz: Goodaging AG Hübelacherstr. 15, 5242 Lupfig info@goodaging.ch ; www.goodaging.ch Tel. 056 464 00 20



Abbildung 3: Höhensimulationsgeräte AltiTrainer® (links) und Hypoxator® (rechts)

10.4.3. Unterdruckkammern

Durch Erzeugung eines Unterdrucks wird der Luftdruck gesenkt, wodurch Höhenbedingungen simuliert werden können (hypobare Hypoxie). Unterdruckkammern (Abbildung 4) können sowohl für Akklimations- als auch für Trainingszwecke verwendet werden. Solche Kammern, die vorwiegend für Forschungszwecke benutzt werden, befinden sich beispielsweise am Physiologischen Institut der Universität Zürich und am Universitätsspital Zürich.



Abb. 4: Unterdruckkammer aussen und innen

Höhentrainingsart	Vorteile	Nachteile	geeignet für
Natürliche Höhe	- relativ einfach durchführbar - willkommene Abwechslung im Trainingsalltag (Tapetenwechsel; natürliche Umgebung, psychologischer Vorteil)	- Abhängig von Umwelteinflüssen (Wetter, Schneeeverhältnisse) - Kosten - Reisezeiten	LHTL, LHTH, LLTH
Höhenhaus Höhenzimmer	- unabhängig von Umwelteinflüssen	- beschränkte Raum- / Platzverhältnisse (Lagerkoller) - apparativer Aufwand nötig	LHTL, LLTH Akklimation
Höhenzelt	- unabhängig von Umwelteinflüssen - ortsunabhängig, mobil	- beschränkte Platzverhältnisse - apparativer Aufwand nötig - Anschaffungskosten hoch	LHTL Akklimation
Portable Geräte für das Training unter normobarer Hypoxie (AltiTrainer®; Hypoxator®, Go2Altitude®)	- ortsunabhängig, mobil - relativ einfach durchführbar - Trainingshöhe innerhalb eines Trainings veränderbar - einsetzbar als Vorbereitung auf ein Höhentrainingslager	- teilweise sportartspezifisches Training nicht möglich - gewisser apparativer Aufwand notwendig - Go2Altitude® für Training unter Belastung ungeeignet - Anschaffungskosten hoch	LLTH Akklimation
Unterdruckkammer (hypobare Hypoxie)	- auch Simulation von extremen Höhen möglich	- enge Platzverhältnisse - apparativer Aufwand sehr gross	LHTL, LLTH Akklimation

Tabelle 3: Vor- und Nachteile verschiedener Höhentrainingsarten. LHTL: Live high - train low; LHTH: Live high - train high; LLTH: Live low - train high

Sportart:

z.B. Langlauf

Hauptinhalt:

Wettkampf, Erholung, Skipräparation (Ziel: Speicher möglichst schnell wieder füllen)

Zeitachse	Modul Nr.	Aktivität	Mahlzeitenart / mögliche Lebensmittel	Bemerkungen
06.00 15 30 45	7	↓ wake up Frühstück	7 Grosse Vorleistungsmahlzeit mit tiefem Anteil an Fett, Nahrungsfasern und Eiweiss a) Falls Verträglichkeit garantiert: - Variante 1: Weissbrot (evtl. Ruchbrot) in Kombination mit Honig und/oder belegt mit Bananenstückchen Variante 2: Cornflakes nature kombiniert mit etwas reifer Banane und evtl. wenig Haferflocken mit etwas verdünnter Milch oder verdünntem Fruchtsaft Variante 3: Getreidebreie, Griessbrei, Haferbrei, Milchreis kombiniert mit etwas Banane, Rosinen Variante 4: Teigwaren (keine Eierteigwaren), Reis, Mais, (evtl. Kartoffelstock) mit fettarmer Sauce (z.B. Tomatensauce ohne Zwiebeln, Knoblauch etc., evtl. fettarmer, klarer Sauce), evtl. Bouillon kombiniert mit Weissbrot - dazu ca. 0,5 Liter Getränk in Form von Wasser, Früchtetee, Mineralwasser, sehr stark verdünnten Fruchtsäften (Verdünnung: mindestens 1/3 Fruchtsaft, 2/3 Wasser) b) Falls von einer schlechten Verträglichkeit auszugehen ist: - Variante 1: Kinderbrei evtl. angereichert mit etwas reifer Banane + ca. 0,5 Liter Getränk in Form von Wasser, Früchtetee, Mineralwasser, sehr stark verdünnten Fruchtsäften (Verdünnung: mindestens 1/3 Fruchtsaft, 2/3 Wasser) Variante 2: bis zu ca. 2 Liter (selbst gemachtes) gut verträgliches Sportgetränk auf Maltodextrinbasis, aufgeteilt in kleinere Trinkmengen (ca. 1,5 - 2 dl), kombiniert mit häppchenweise Weissbrot, Banane, Zwieback, fettarmen Riegeln, evtl. Milchreis etc.	Optimierung Glykogen für optimale Leistungsbereitschaft
07.00 15 30 45	8			
08.00 15 30 45		↑		
09.00 15 30 45	4	Wettkampf-vorbereitung Wettkampf Auslaufen		
10.00 15 30 45		↓		
11.00 15 30 45	5		8 Kleine Vor- oder Nachleistungsmahlzeit a) Falls Verträglichkeit garantiert: - häppchenweise fettarme Nahrungsmittel wie Weissbrot, Getreidewaffeln (z.B. Reiswaffeln) kombiniert mit reifen Bananen oder Honig, fettarme Getreideriegel, evtl. Milchreis, Griessköpfl, Zwieback, Salzstengeli, evtl. Cornflakes ungesüsst mit Banane, Honig an stark verdünnter Milch oder stark verdünntem Fruchtsaft - dazu schluckweise Getränke in Form von Wasser, Früchtetee etc. b) Falls von einer schlechten Verträglichkeit auszugehen ist oder während des Einlaufens: - schluckweise von (selbstgemachtem), gut verträglichem Sportgetränk	Blutzuckerkonstanz
12.00 15 30 45	6	Mittagessen		
13.00 15 30 45	4		4 Leistungsverpflegung - Bei intensiven Belastungen sollen pro Stunde Belastung unter klimatischen Normalbedingungen ca. 0,8 Liter eines kohlenhydrathaltigen Sportgetränkes konsumiert werden. Bei hohen Schweißverlusten und dementsprechend hohem Sportgetränkekonsum sowie bei auftretenden Verträglichkeitsproblemen können die untenstehenden Getränkevarianten mit bedeutend geringeren Pulver- und Maltodextrinmengen zubereitet werden. Sportgetränkvariante 1: im Handel erhältliche Sportgetränke von etablierten Herstellern Sportgetränkvariante 2: 1 Liter Tee + 30 g Zucker oder Fruchtzucker + ca. 50 g Maltodextrinpulver + 1-2? g Kochsalz* (+ evtl. Zitronensaft) Sportgetränkvariante 3: 1 Liter Wasser + 30 g Sirup + ca. 50 g Maltodextrinpulver + 1-2? g Kochsalz* (+ evtl. Zitronensaft) Sportgetränkvariante 4: 1 Liter Wasser + 15 g Zucker + 15 g Fruchtzucker + ca. 50 g Maltodextrinpulver + 1-2? g Kochsalz* (+ evtl. Zitronensaft) - evtl. häppchenweise feste Nahrungsmittel (z.B. Bananenstückchen, Riegelstückchen, Stückchen von weissem Brot, Anisschnitte, Biberli, Basler Leckerli etc.) - falls bewusst Nüchtern- und Fettstoffwechseltrainings absolviert werden, muss auf die Zufuhr an kohlenhydrathaltigen Getränken verzichtet werden	* Ein Zusatz von Kochsalz ist unter Betrachtung folgender Aspekte sinnvoll: - bei sportlicher Aktivität >2h - in Phasen sehr hoher Schweißverluste - bei Personen mit stark salzhaltigem Schweiß („Salzkrusten“) - bei der Verwendung der Getränke zur Rehydratation - nur soviel, dass Getränke unter Belastung gerne getrunken werden
14.00 15 30 45	2	Skipräparation Erholung		
15.00 15 30 45	4	↑ Regen. Training		
16.00 15 30 45	5	↓		
17.00 15 30 45			5 Direkte Nachleistungsmahlzeit (soviel, dass folgende Hauptmahlzeit mengenmässig nicht beeinträchtigt wird) - Flüssigkeit (z.B. während dem Auslaufen) ca. 0,5 bis ? Liter (selbstgemachtes), gut verträgliches Sportgetränk (evtl. gut verträgliches, gesüsstes Tafelwasser, alkoholfreies Bier, Bouillon) Die Flüssigkeitszufuhr nach der Leistung muss 1,5 mal grösser sein als die während der Leistung angefallenen Flüssigkeitsverluste. - feste Nahrungsmittel (z.B. nach dem Auslaufen) fettarme Riegel, evtl. Banane, weisses Brot, Getreidewaffeln, evtl. Anisschnitte, Biberli, Basler Leckerli, Milchreis, Griessköpfl, evtl. Sandwiches (z.B. Brot mit Hüttenkäse, Brot mit Banane, Honigbrot etc.), evtl. Kombination Brot-Quark, Kartoffeln-Quark - spezifische Regenerationsgetränke?	- Flüssigkeitszufuhr - Kohlenhydratzufuhr für optimale Regeneration - Elektrolytersatz (v.a. Na, K) - Insulinmodulation
18.00 15 30 45	6	Abendessen		
19.00 15 30 45			6 Leichter verdauliche Hauptmahlzeit - grosse Mengen an Reis, Mais, Teigwaren, Kartoffeln oder Brot (z.B. Tomatenspaghetti, Tomatenrisotto, Ricotta-Ravioli, Tortellini, Gnocchi etc.) in Kombination mit Suppe, evtl. leichtem Dessert, so viel rohes Gemüse, Salat, dass beschwerdefrei trainiert oder geschlafen werden kann - dazu genügend Flüssigkeit (ca. 0,5 Liter) in Form von Wasser, Mineralwasser, Früchtetee, stark verdünnten Fruchtsäften etc.	regenerative Mahlzeit evtl. kurzer Mittagsschlaf?
20.00 15 30 45	2	Infos		
21.00 15 30 45			2 Zwischenmahlzeit - Brot, Getreideriegel, Banane, Basler Leckerli, Willisauer Ringli, Biberli, Honigbrot, Bananen-Sandwich	
22.00				

Sportart:

z.B. Ski alpin

Hauptinhalt:

Trainingstag Ski

Zeitachse	Modul Nr.	Aktivität	Mahlzeitenart / mögliche Lebensmittel	Bemerkungen
06.00 15 30 45	1	↓ wake up Frühstück	1 Frühstück - Variante 1: Ruchbrot mit wenig Streichfettaufstrich, mit Honig, Konfitüre, Hüttenkäse oder in Kombination mit 1 Saisonfrucht, Quark, Blanc battu, Joghurt, Nüssen, Kernen Variante 2: grosse Portion Müesli (falls Verträglichkeit garantiert), Haferflocken, Cornflakes in Kombination mit Früchtsalat oder Saisonfrucht und Vollmilchjoghurt (ungesüsst), Nüssen, Kernen Variante 3: Getreidebreie (z.B. Haferbrei, Griessbrei etc.), evtl. kombiniert mit Banane, Cornflakes, Haferflocken, Nüssen, Sultaninen - dazu ca. 0,5 Liter Getränk in Form von Früchtetee, Wasser, Mineralwasser oder verdünnten Fruchtsäften	regenerative Mahlzeit
07.00 15 30 45		Bergfahrt		
08.00 15 30 45		↑		
09.00 15 30 45	4	Skitraining	4 Leistungsverpflegung - Bei intensiven Belastungen sollen pro Stunde Belastung unter klimatischen Normalbedingungen ca. 0,8 Liter eines kohlenhydrathaltigen Sportgetränkkes konsumiert werden. Bei hohen Schweißverlusten und dementsprechend hohem Sportgetränkekonsum sowie bei auftretenden Verträglichkeitsproblemen können die untenstehenden Getränkevarianten mit bedeutend geringeren Pulver- und Maltodextrinmengen zubereitet werden. Sportgetränkvariante 1: im Handel erhältliche Sportgetränke von etablierten Herstellern Sportgetränkvariante 2: 1 Liter Tee + 30 g Zucker oder Fruchtzucker + ca. 50 g Maltodextrinpulver + 1-2? g Kochsalz* (+ evtl. Zitronensaft) Sportgetränkvariante 3: 1 Liter Wasser + 30 g Sirup + ca. 50 g Maltodextrinpulver + 1-2? g Kochsalz* (+ evtl. Zitronensaft) Sportgetränkvariante 4: 1 Liter Wasser + 15 g Zucker + 15 g Fruchtzucker + ca. 50 g Maltodextrinpulver + 1-2? g Kochsalz* (+ evtl. Zitronensaft) - evtl. häppchenweise feste Nahrungsmittel (z.B. Bananenstückchen, Riegelstückchen, Stückchen von weissem Brot, Anisschnitte, Biberli, Basler Leckerli etc.) - falls bewusst Nüchtern- und Fettstoffwechseltrainings absolviert werden, muss auf die Zufuhr an kohlenhydrathaltigen Getränken verzichtet werden	* Ein Zusatz von Kochsalz ist unter Betrachtung folgender Aspekte sinnvoll: - bei sportlicher Aktivität >2h - in Phasen sehr hoher Schweißverluste - bei Personen mit stark salzhaltigem Schweiß („Salzkrusten“) - bei der Verwendung der Getränke zur Rehydratation - nur soviel, dass Getränke unter Belastung gerne getrunken werden
10.00 15 30 45		↓		
11.00 15 30 45	5?			
12.00 15 30 45	6	Mittagessen		
13.00 15 30 45		(Mittagessen?)	5 Direkte Nachleistungsmahlzeit (soviel, dass folgende Hauptmahlzeit mengenmässig nicht beeinträchtigt wird) - Flüssigkeit (z.B. während dem Auslaufen) ca. 0,5 bis ? Liter (selbstgemachtes), gut verträgliches Sportgetränk (evtl. gut verträgliches, gesüsstes Tafelwasser, alkoholfreies Bier, Bouillon) Die Flüssigkeitszufuhr nach der Leistung muss 1,5 mal grösser sein als die während der Leistung angefallenen Flüssigkeitsverluste. - feste Nahrungsmittel (z.B. nach dem Auslaufen) fettarme Riegel, evtl. Banane, weisses Brot, Getreidewaffeln, evtl. Anisschnitte, Biberli, Basler Leckerli, Milchreis, Griessköpfli, evtl. Sandwiches (z.B. Brot mit Hüttenkäse, Brot mit Banane, Honigbrot etc.), evtl. Kombination Brot-Quark, Kartoffeln-Quark - spezifische Regenerationsgetränke?	- Flüssigkeitszufuhr - Kohlenhydratzufuhr für optimale Regeneration - Elektrolytersatz (v.a. Na, K) - Insulinmodulation
14.00 15 30 45	2			
15.00 15 30 45	4	Training	6 Leichter verdauliche Hauptmahlzeit - grosse Mengen an Reis, Mais, Teigwaren, Kartoffeln oder Brot (z.B. Tomatenspaghetti, Tomatenrisotto, Ricotta-Ravioli, Tortellini, Gnocchi etc.) in Kombination mit Suppe, evtl. leichtem Dessert, so viel rohes Gemüse, Salat, dass beschwerdefrei trainiert oder geschlafen werden kann - dazu genügend Flüssigkeit (ca. 0,5 Liter) in Form von Wasser, Mineralwasser, Früchtetee, stark verdünnten Fruchtsäften etc.	regenerative Mahlzeit evtl. kurzer Mittagsschlaf
16.00 15 30 45	5	↓		
17.00 15 30 45	3	Abendessen	2 Zwischenmahlzeit - Ruchbrot in Kombination mit Saisonfrucht, Joghurt, Quark; Griessköpfli, Milchreis, Getreidewaffeln oder Zwieback in Kombination mit Saisonfrucht; fettarme Getreideriegel; evtl. Sandwiches (z.B. mit Hüttenkäse); evtl. Cornflakes ungesüsst mit Banane; Joghurt; Nüsse, Kernen (je nach Verträglichkeit werden Joghurt, Saisonfrüchte etc. direkt vor intensiven Leistungen und kurz vor Bettruhe nicht gut vertragen)	
18.00 15 30 45			3 Schwerer verdauliche Hauptmahlzeit - komplette Mahlzeit bestehend aus grossen Mengen an Teigwaren, Reis, Mais, Kartoffeln, evtl. Brot in Kombination mit Fisch oder Fleisch (darf durchaus etwas Sauce enthalten), ergänzt durch relevante Mengen an Suppe, Salat (an Salatsauce aus hochwertigen Salatölen wie Raps-, Weizenkeim-, Soja-, Leinöl in Kombination mit Olivenöl) und Gemüse - Dessert in Form von Glacé, Crème (z.B. Vanille), Basler Leckerli, Bärenätzli, Biberli, Anisschnitte etc. sind durchaus toleriert - dazu genügend Flüssigkeit (ca. 0,5 Liter) in Form von Wasser, Mineralwasser, Früchtetee, sehr stark verdünnten Fruchtsäften, Suppe etc.	regenerative Mahlzeit
19.00 15 30 45				
20.00 15 30 45				
21.00 15 30 45				
22.00				

NCM® Anhang 3:

Tabelle 1: Salzgehalt in Lebensmitteln und mögliche Kombinationen zur schnellen Wiederauffüllung der Flüssigkeitsspeicher bei hohen Flüssigkeitsverlusten

1g* Salz ist enthalten in: * = ca. 1/3 gestrichener Teelöffel	pro kg Körpergewichtsverlust müsste davon konsumiert werden:
• ca. 1l Sportgetränk (mit Natrium) oder Eigenmischung mit Salz • ca. 1,5l Regenerationsgetränk mit Salzzusatz • ca. 2dl Gemüsebouillon • ca. 25g Knabbergebäck (z.B. Salzstengeli) • ca. 50g Brot • ca. 64g Cracker • ca. 40g Cornflakes • ca. 40g Knuspermüesli • ca. 50g Sandwich mit Trockenfleisch • ca. 65g Sandwich mit Käse • ca. 65g Sandwich mit Thon • ca. 50g geröstete, gesalzene Nüsse	• ca. 1,5l Sportgetränk (mit Natrium) oder Eigenmischung mit Salz (schluckweise einnehmen) • ca. 1,5l Regenerationsgetränk mit Salzzusatz (schluckweise einnehmen) • ca. 4dl Gemüsebouillon + 1,1l Flüssigkeit • ca. 50g Knabbergebäck + 1,5l Flüssigkeit • ca. 100g Brot + 1,5l Flüssigkeit • ca. 128g Cracker + 1,5l Flüssigkeit • ca. 80g Cornflakes + 1,5l Flüssigkeit • ca. 80g Knuspermüesli + 1,5l Flüssigkeit • ca. 100g Sandwich mit Trockenfleisch + 1,5l Flüssigkeit • ca. 130g Sandwich mit Käse + 1,5l Flüssigkeit • ca. 130g Sandwich mit Thon + 1,5l Flüssigkeit • ca. 100g geröstete, gesalzene Nüsse + 1,5l Flüssigkeit

Tabelle 2: Kohlenhydratkonzentration der Sportgetränke in Abhängigkeit der Trinkmenge während Ausdauerleistungen >1 Stunde (Ziel: Kohlenhydratzufuhr von 60 g pro Stunde)

Trinkmenge pro Stunde Ausdauerbelastungen	im Handel erhältliches Sportgetränk normal, Zubereitung 80 g Pulver pro Liter	Sportgetränkevarianten siehe Anhang 4 mit 80 g verschiedenen Zuckern pro Liter	zusätzlich benötigte Menge von Maltodextrin in Gramm Pulver pro Liter Getränk
ca. 3 dl	80 g Pulver	Varianten 2 - 4	+ 120 g
ca. 3 - 4 dl	80 g Pulver	Varianten 2 - 4	+ 70 g
ca. 4 - 5 dl	80 g Pulver	Varianten 2 - 4	+ 40 g
ca. 5 - 6 dl	80 g Pulver	Varianten 2 - 4	+ 20 g
ca. 6 - 7 dl	80 g Pulver	Varianten 2 - 4	/
ca. 7 - 8 dl	70 g Pulver	Varianten 2 - 4, Gesamtzufuhrmenge auf 70 g reduziert	/
ca. 8 - 9 dl	65 g Pulver	Varianten 2 - 4, Gesamtzufuhrmenge auf 65 g reduziert	/
ca. 9 - 10 dl	60 g Pulver	Varianten 2 - 4, Gesamtzufuhrmenge auf 60 g reduziert	/
ca. 10 - 11 dl	55 g Pulver	Varianten 2 - 4, Gesamtzufuhrmenge auf 55 g reduziert	/
ca. 11 - 12 dl	50 g Pulver	Varianten 2 - 4, Gesamtzufuhrmenge auf 50 g reduziert	/
ca. >12 dl	<50 g Pulver	Varianten 2 - 4, Gesamtzufuhrmenge auf <50 g reduziert	/

06.07.05/cm

Mögliche Sportgetränkvariationen

Um bei länger dauernder sportlicher Aktivität (>1 Stunde) das Hauptziel einer minimalen Dehydratation (<2% Körpermassenverluste) und damit die körperliche Leistungsfähigkeit aufrecht erhalten zu können, sollen pro Stunde Belastung unter klimatischen Normalbedingungen ca. 0,8 Liter eines kohlenhydrathaltigen Sportgetränkes konsumiert werden. Je nach den individuellen Schweissverlusten, klimatischen Faktoren etc. können die Zufuhrmengen individuell aber stark variieren. Bei hohen Schweissverlusten und dementsprechend hohem Sportgetränkekonsum sowie bei auftretenden Verträglichkeitsproblemen können die untenstehenden Getränkevarianten mit bedeutend geringeren Pulver- und Maltodextrinmengen zubereitet – bei geringen Eiweissverlusten mit bedeutend höheren Maltodextrinmengen angereichert – werden (siehe Anhang 3 Tabelle 2).

Sportgetränkvariante 1: im Handel erhältliche Sportgetränke von etablierten Herstellern	Sportgetränkvariante 2: 1 Liter Tee + 30 g Zucker oder Fruchtzucker + ca. 50 g Maltodextrinpulver + 1-2? g Kochsalz* (+ evtl. Zitronensaft)
Sportgetränkvariante 3: 1 Liter Wasser + 30 g Sirup + ca. 50 g Maltodextrinpulver + 1-2? g Kochsalz* (+ evtl. Zitronensaft)	Sportgetränkvariante 4: 1 Liter Wasser + 15 g Zucker + 15 g Fruchtzucker + ca. 50 g Maltodextrinpulver + 1-2? g Kochsalz* (+ evtl. Zitronensaft)

* Ein Zusatz von Kochsalz ist unter Betrachtung folgender Aspekte sinnvoll:

- bei sportlicher Aktivität >2 Stunden
- in Phasen sehr hoher Schweissverluste
- bei Personen mit stark salzhaltigem Schweiss („Salzkrusten“)
- bei der Verwendung der Getränke zur Wiederauffüllung grosser Flüssigkeitsverluste
- nur soviel, dass Getränke unter Belastung gerne getrunken werden
- 1 g Kochsalz entspricht in etwa 1/3 gestrichener Teelöffel

Evtl. happchenweise feste Nahrungsmittel (z.B. Bananenstückchen, Riegelstückchen, Stückchen von weissem Brot, Anisschnitte, Biberli, Basler Leckerli etc.).

Falls bewusst Nüchtern- und Fettstoffwechseltrainings absolviert werden, muss auf die Zufuhr an kohlenhydrathaltigen Getränken verzichtet werden.

06.07.05/cm

Regenerationsmenueplanvorschläge für eine 70 Kilogramm wiegende Person, wenn nur einige Stunden bis zur nächsten intensiven Belastung zur Verfügung stehen

In den folgenden Vorschlägen wird versucht, regenerative Aspekte wie Rehydratation, Glykogenresynthese, Protein-synthese, und Wiederaufbau intramyozellulärer Triglyzeride zu berücksichtigen.
(Ziel: ≤ 6h ≥ 8g Kh/kg KM, ca. 1,5 Liter Flüssigkeit pro Liter Schweißverlust, Protein, Salz, Fett)

Zeit nach Belastung	Modul Nr.	Aspekt	Mahlzeitenart / mögliche Lebensmittel
0h 00'	(1)	Belastung	1 Kohlenhydrat- (70g), eiweissbetonte Nachleistungsmahlzeit sofort nach Belastung (1g Kohlenhydrate (Kh) pro kg Körpermasse (KM) + Protein + Flüssigkeit + Salz) <u>entweder</u> - spezifische Kh-Protein-Regenerationsgetränke (105g Pulver), aufgelöst in ca. 5-6dl Flüssigkeit (Wasser, evt. stark verdünnte Milch oder stark verdünnte Fruchtsäfte) + evt. Salz <u>oder</u> - falls Regenerationsgetränke nicht verfügbar sind und eine gute Milchverträglichkeit vorausgesetzt werden kann: ca. 7dl „Energy Milk“ oder Choco Drink <u>oder</u> - falls Regenerationsgetränke nicht verfügbar sind: ca. 70g Proteinriegel + ca. 7dl Kohlenhydrat-Elektrolyt-Getränk oder Eigenmixtur mit Maltodextrin + Salz
0h 30'	(2)		
1h 00'	(2)		2 Kleine, kohlenhydratbetonte (42g) Zwischenmahlzeiten (Verschiedene Varianten) (0,6g Kohlenhydrate (Kh) pro kg Körpermasse (KM) + Flüssigkeit + Salz) <u>entweder</u> 60g Kohlenhydratgel + Wasser + Salz <u>oder</u> 70g Energieriegel + Wasser + Salz <u>oder</u> 5dl Kohlenhydrat-Elektrolyt-Getränk (8% Kh-Anteil) oder Eigenmixtur mit Maltodextrin + Salz <u>oder</u> 75g Weissbrot (2 mittlere Stücke) mit etwas Honig + Wasser + Salz <u>oder</u> 60g Basler Leckerli (7-8 Stück) + Wasser <u>oder</u> 75g Biberli (ca. 1 Stück) + Wasser <u>oder</u> 55g Anisstengel (ca. 2/3 Stück) + Wasser <u>oder</u> 200g reife Banane (ca. 2 mittlere Bananen) + Wasser <u>oder</u> 60g Farmer Soft Stengel (3 Stück) + Wasser <u>oder</u> - Bouillon + ca. 40g Maltodextrin <u>oder</u> 280g Kartoffeln gekocht (ca. 3 Stück) + Wasser + Salz <u>oder</u> 55g Salztengeli + Wasser <u>oder</u> 65g Datteln (ca. 5-6 mittlere Datteln) + Wasser <u>oder</u> 210g Wasserglacé <u>oder</u> 130g Sorbet + Wasser <u>oder</u> 4dl Süssgetränk (nicht koffeinhaltig) <u>oder</u> 50g Willisauer Ringli (ca. 10 Stück) + Wasser
1h 30'	(3)		
2h 00'	(4)		
2h 30'	(2)		
3h 00'	(2)	Kurz-Regeneration	3 Kleine kohlenhydrat- (42g), eiweissbetonte Zwischenmahlzeit (ca. 0,6g Kohlenhydrate (Kh) + 0,2g Protein pro kg Körpermasse (KM) + Flüssigkeit + Salz) <u>entweder</u> - spezifische Kh-Protein-Regenerationsgetränke (ca. 60g Pulver), aufgelöst in ca. 3dl Flüssigkeit (Wasser, evt. stark verdünnte Milch oder stark verdünnte Fruchtsäfte) + evt. Salz <u>oder</u> - falls Regenerationsgetränke nicht verfügbar sind und eine gute Milchverträglichkeit vorausgesetzt werden kann: ca. 4dl „Energy Milk“ oder Choco Drink <u>oder</u> - falls Regenerationsgetränke nicht verfügbar sind: ca. 50g Proteinriegel + ca. 4dl Kohlenhydrat-Elektrolyt-Getränk oder Eigenmixtur mit Maltodextrin + Salz
3h 30'	(5)		
4h 00'	(2)		4 Leicht verdauliche kohlenhydratbetonte (ca. 84g) Mahlzeit (ca. 1,2g Kohlenhydrate (Kh) pro kg Körpermasse (KM) + Flüssigkeit + Salz) <u>entweder</u> 280g eifreie Teigwaren gekocht (ca. 1 grosser Teller), kombiniert mit leichter Sauce (Gemüse, Tomaten) oder Apfelmus + Wasser + Salz <u>oder</u> 400g Reis gekocht (ca. 1 grosser Teller), kombiniert mit leichter Sauce (Gemüse, Tomaten) oder Apfelmus + Wasser + Salz <u>oder</u> 100g Cornflakes, evt. kombiniert mit reifer Banane + stark verdünnter Milch + Wasser <u>oder</u> 150g Weissbrot (ca. 3-4 Stück) mit Bouillon oder leichter Gemüsesuppe + Wasser
4h 30'	(2)		
5h 00'	(2)		
5h 30'	(2)		
6h 00'	(2)	Falls möglich, auf Basiser-nährung umstellen	5 Grosse Hauptmahlzeit mit hohem Kohlenhydratgehalt (> 84g) (> 1,2g Kohlenhydrate (Kh) pro kg Körpermasse (KM) + Flüssigkeit + Salz) ca. 0,5 Liter Wasser, Mineralwasser, Früchtetee, sehr stark verdünnter Frucht- oder Gemüsesaft etc. + evt. 1 Teller Suppe + ca. 250g (ca. 1 Suppenteller) Salat an hochwertiger Salatsauce (zubereitet mit hochwertigen Salatölen wie Rapsöl, Weizenkeimöl, Sojaöl, (Leinöl), evt. kombiniert mit Olivenöl) <u>oder</u> ca. 200-300g Gemüse (gekocht, gedämpft) + ca. 150g (2 Stück) Pouletschenkeli + 200g Erbsen <u>oder</u> ca. 200g Pouletbrüsti <u>oder</u> ca. 180g mageres Fleisch <u>oder</u> ca. 200g magerer Fisch <u>oder</u> ca. 100g Trockenfleisch <u>oder</u> ca. 150g Schinken <u>oder</u> ca. 250g Hülsenfrüchte <u>oder</u> ca. 200g Tofuburger <u>oder</u> ca. 100g Käse + 1/2 Becher Saurer Halbbrham zu Geschwellten etc. + ca. 500g Kartoffeln gekocht <u>oder</u> ca. 350g Teigwaren gekocht <u>oder</u> ca. 300g Kartoffelgratin <u>oder</u> ca. 400g Reis gekocht <u>oder</u> ca. 250g Risotto + evt. 1-2 Früchte <u>oder</u> Beeren, falls keine Früchte/Beeren gegessen wurden + Tee/Kaffee ohne Zucker, evt. mit etwas Milch (höchstens 3 Tassen Kaffee pro Tag)
6h 30'			
7h 00'			

Swiss Olympic Association

Haus des Sportes
Laubeggstrasse 70
Postfach 606
CH-3000 Bern 22

Telefon +41 (0)31 359 71 11
Fax +41 (0)31 352 33 80
info@swissolympic.ch
www.swissolympic.ch