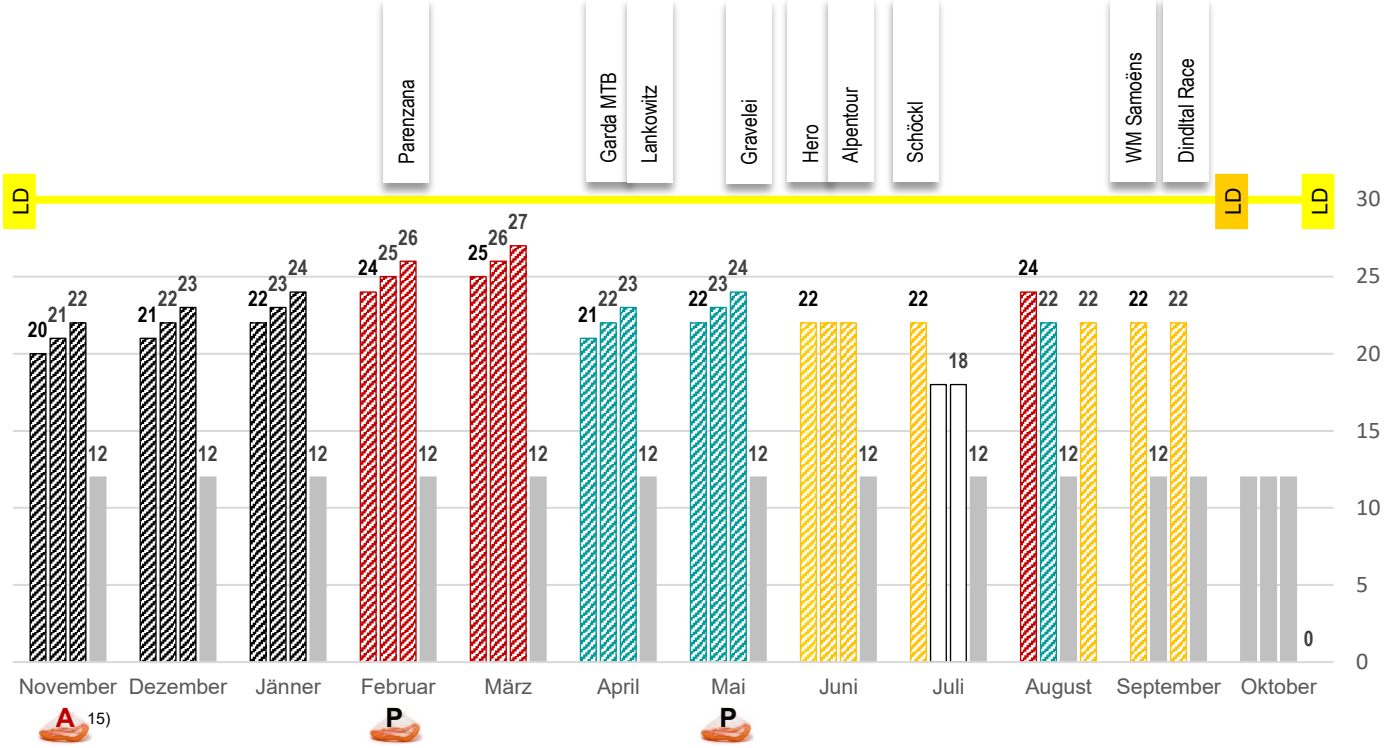
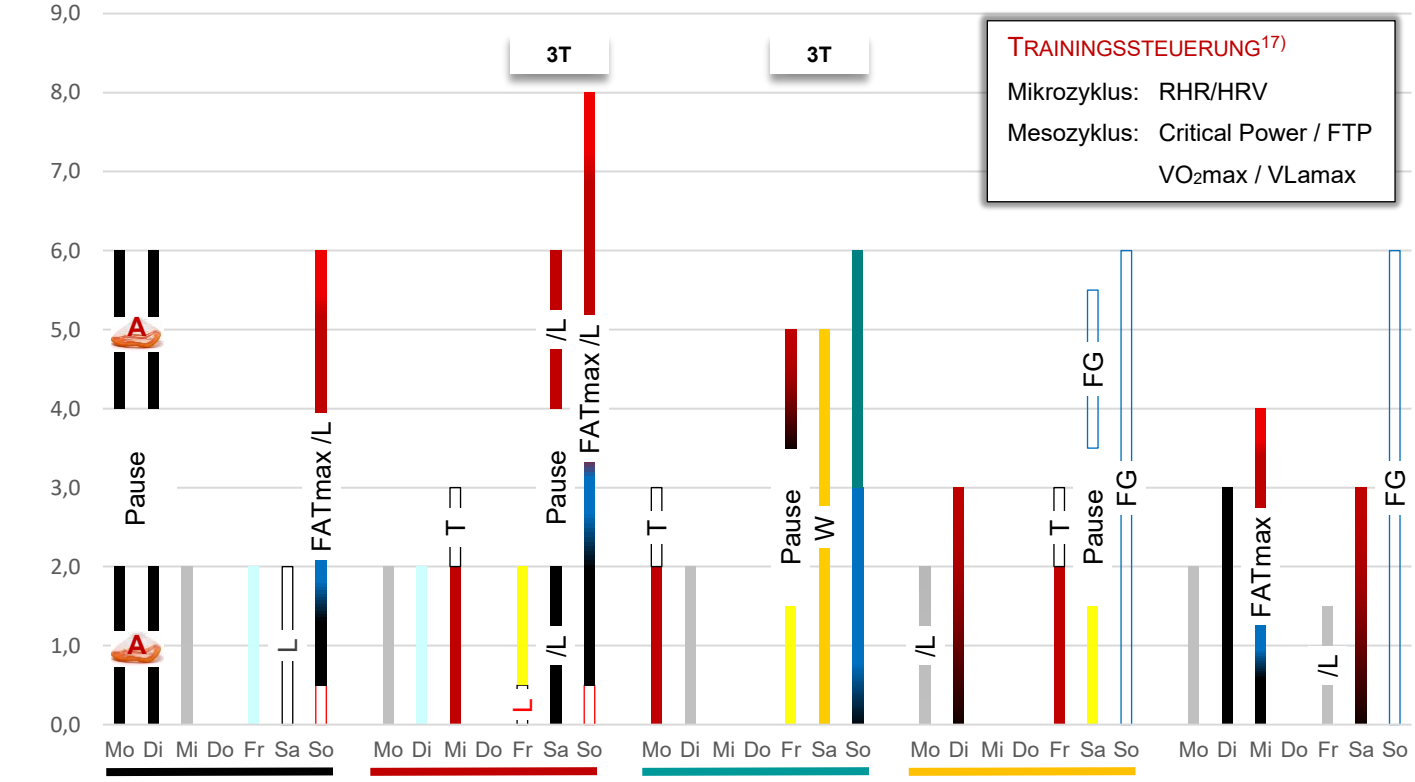
2027 Trainingskonzept Rad - Einfache Periodisierung - 3:1 / Lange Wettkampfperiode

VP1	VP2	WV	WP	ÜP	RP
Vorbereitungsperiode 1	Vorbereitungsperiode 2	WK-Vorbereitung	Wettkampfperiode	Übergangs- und	
Polarisiertes Training	*Polarisiertes Training*	*Schwellenorientiert*	*Wettkampfform*	Regenerationsperiode	
8-12 Wo Umfang steigern	8-12 Wo: Umfang maximal	4-8 Wo: Umfang < VPII	Umfang konstant	4-8 Wo: Umfang reduzieren	



Trainingsbereiche nach Perioden (Makrozyklen), Wochenstunden maximal, Trainingszeiten inkl. Ein- und Ausfahren



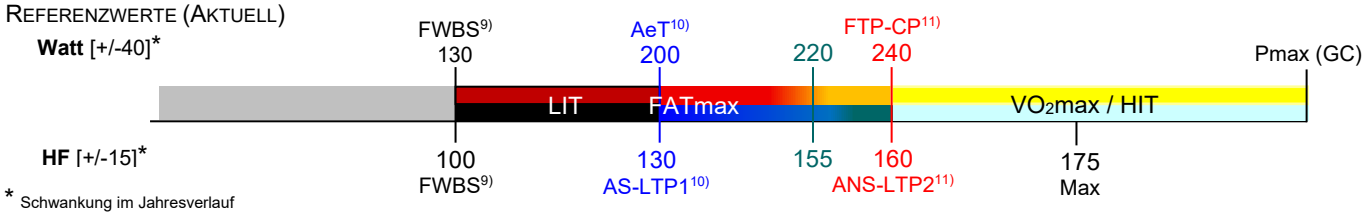
Kraft[12, 13)] K K K PH | K K K PH | K K PH | K K PH | K PH

EMS[14)] QBG Kraftausdauer | QBG | QBG Maximalkraft | QBG Konservierung | QBG Regeneration

Elektro-**M**yo-**S**timulation + Atemtraining: Quadrizeps [Q], Biceps femoris+Gastrocnemius [B], Gesäß+Rücken [G], Abdomen [A]

	TRAININGSZONEN	Profil	Methode	Watt	TF[7]	HF	Laktat[8]	Energie[6]
1	RE[5] Regeneration, Aktive Erholung			-100		-110	<1	AE
2	GA1[0] Grundlagenausdauer - Frequenz	flach-wellig	Dauer / **LIT** / **FATmax**	130-200	80-100	100-130	~1-2	AE
3	GA2[0] Kritische Dauerleistung - Frequenz	flach-wellig	Dauer / Intervalle / **FATmax**	200-220	80-120	130-155	~2-3	AEAN
4	EB[1] Entwicklungsbereich - Frequenz	flach-wellig	Dauer / **Sweetspot**	220-240	80-120	155-160	>3	AEAN
5	SB[2] Spitzenbereich - Frequenz	flach-wellig	Intervalle / **VO_2max** / **HIT**	240-max	120>	160-175	>5	AN
2	K1[3] Grundlagenausdauer - Kraft	wellig-Berg	Dauer / **LIT** / **FATmax**	130-200	40-80	100-130	~1-2	AE
3	K2[3] Kritische Dauerleistung - Kraft	wellig-Berg	Dauer / Intervalle / **FATmax**	200-220	40-80	130-155	~2-3	AEAN
4	EB[1] Entwicklungsbereich - Kraft	wellig-Berg	Dauer / **Sweetspot**	220-240	40-80	155-160	>3	AEAN
5	K3[2] Spitzenbereich - Kraft	wellig-Berg	Intervalle / **VO_2max** / **HIT**	240-max	40-80	160-175	>5	AN
	SK[4] Schnellkraft / Sprint	flach-wellig	Intervalle	max	max			AE/AL

REFERENZWERTE (AKTUELL)

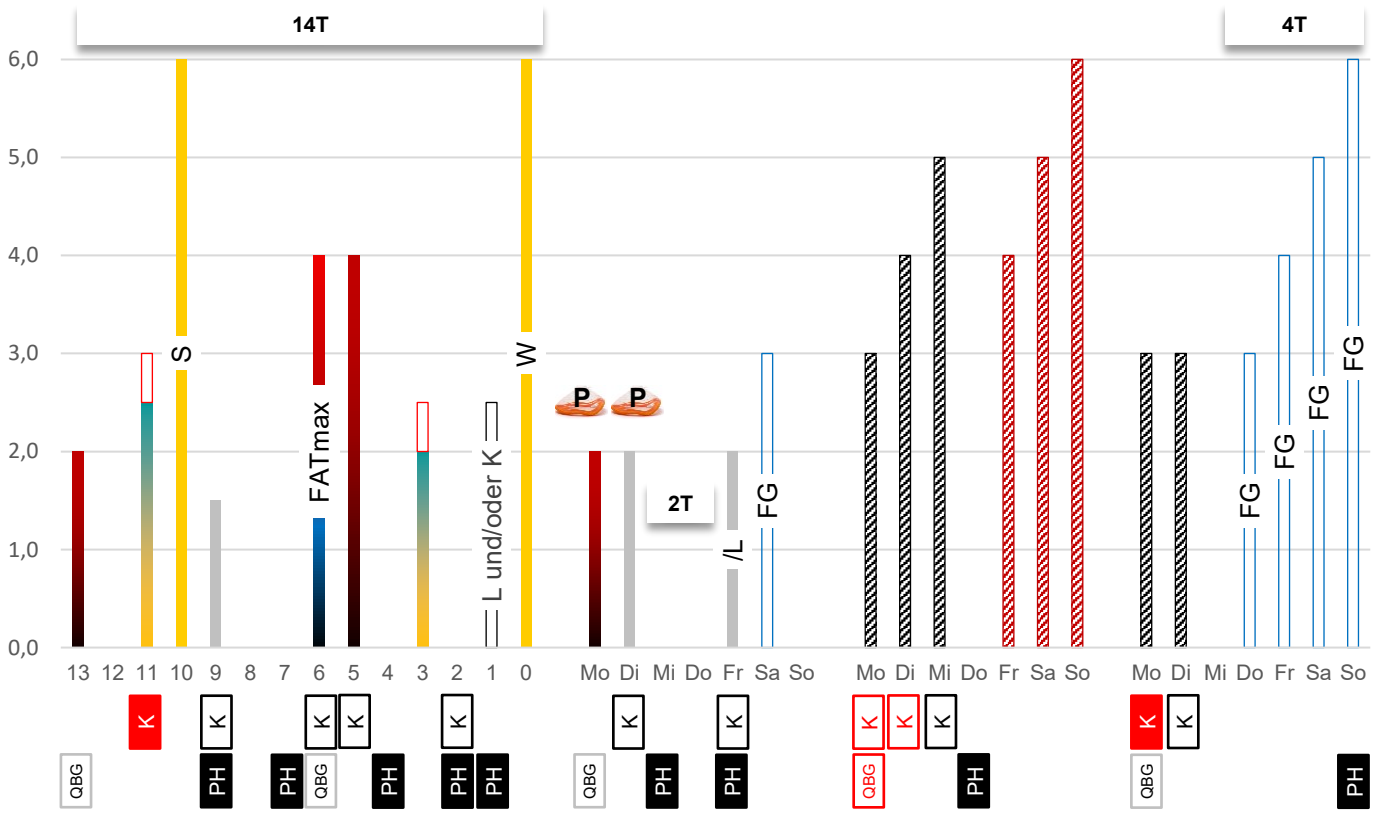


* Schwankung im Jahresverlauf

W	Wettkampf oder WK-Training	FG	Freie Gestaltung: siehe17) VO_2max, VLamax
S	Superkompensation: 10 Tage vor WK - Wettkampfspezifisch	T	Technik einbeinig li/re 5 min, Fahrtechnik, Koordination
L	Laufen, Berglauf, Gehen lang, Langlauf, Schitour	L	Laufen/Gehen in Radeinheit
	Farbverläufe: Intensität im Wechsel (z.B. FATmax) oder wahlweise	/L	oder L als Alternative zur Radeinheit
PH	Physiotherapie: Massage, Sauna, Infrarot…	K	Maximalkraft, 4x5 WH oder Progression[13] + KOORDINATION + DEHNEN
LD	1x/J: (Spiro-)Ergometrie, Blutbild, Mikronäherstoffstatus	K	Kraftausdauer 70-85%, 4x30 WH + KOORDINATION + DEHNEN
LD	Tag: RHF/HRV, Wo: Gewicht, RR, EKG, Spirometer, Mo: VLamax	K	Kraft Eigengewicht[12] + KOORDINATION + DEHNEN

Intermittierendes Hypoxie-Training – **A**ktiv oder **P**assiv[15]

MUSTERWOCHEN



2 Vorbereitungswochen auf Hauptwettkampf	Regenerationswoche	Trainingswoche VP	Trainingswoche WK
Superkompenstion: am Tag 11/10, auf WK abgestimmt	Umfang auf 50% reduzieren	Intensität nach Periode / Höhentraining / WK-Training	

LEGENDE

14)

PHYSIO	Prog.	Min
MULTI-TENS	01	20
AGILITY&POWER	02	90
INTENSIV POWER	03	15
RELAXATION	04	28
RESISTANCE/STRENGTH	05/06	45
EXPLOS. STRENGHT	07	35
ENDURANCE	08	60
ACTIVE RECOVERY	09	24
POTENTATION	10	04
PULSE CONST/MOD/ALT1/ALT2	11/12/13/14	28

P4	Prog.	Min
KONSERVIERUNG	01 / 45	45
KRAFTAUSDAUER	02 / 90	90
MAXIMALKRAFT	03 / 60	60
REGENERATION	04 / 20	20

AXION	Prog.	Min
TENS	01-05 / 09-15	30-45
EMS-Kraft	17-**19-20**	**30-60**
EMS-Muskelmasse	21-24	20-30
EMS-Ausdauer	25-**27-28**	**30-90**
EMS-Relax	**29-30**	**20**
EMS-Regeneration	31-**32**	**20**
EMS-Dyn. Stimulation	**33**	**20**
MASSAGE	42-**43-44-47-51-52**-57	**30-60**
MANUELL	58-60	

Details: AXION_STIM-PRO_X9B.pdf

XT BLOCK_Training: Einheiten (Anzahl der Tage) hintereinander absolvieren, Steuerung (Beginn) nach LD

0) GA1 / GA2: GA1 halten = LIT (Low Intensity) ODER FATmax: GA1<> AeT/GA2 5-20 min ODER GA2 bis 120 min mit Pausen RE
1) EB: Frequenz / Kraft: 3-10 km ODER Pyramide 1-2-3-2-1 min ODER Sweetspot: 2-4x10-20 min ODER 1x60 min<>RE 10 min
2) SB / K3: Frequenz / Kraft: VO_2max: 4x4-8 min<>RE 4-8 min ODER HIT (High Intensity / ALLOUT): 3x12 - 30/30, 40/20 sek ODER XC
3) K1 / K2: K1 halten = LIT (Low Intensity) ODER FATmax: K1<> AeT/K2 5-20 min ODER K2 bis 120 min mit Pausen RE
4) SK: Schnellkraft / Sprinttraining: 1-3 Sätze: 12x 6-20 sek, Pause 1-5 min
5) RE: Regenertion oder Aktive Erholung: alle Sportarten möglich, Intensität unter LIT
6) Energie: AE: aerob (80% Fettl), AN: anaerob (80% KH), AEAN: aerob-anaerob, AL: aerob-alaktazid
7) Trittfrequenz: U/min
8) Laktat: mmol/l
9) FWBS: Fettstoffwechsel-Basisschwelle, HF konstanter Wert, andere Schwellen variieren nach Trainingszustand
10) AS: Aerobe HF-Schwelle / LTP1: Laktatturningpoint1
AeT: Aerobe Watt-Schwelle / Bestimmung: **GoldenCheetah CP-Modell** -> Ergo 90-120 min -> **GC ScatterPlot** (Seite 13)
11) ANS: Anaerobe HF-Schwelle / LTP2: Laktatturningpoint2 = Individuelle anaerobe Schwelle
CP: Anaerobe Watt-Schwelle / Bestimmung: **GoldenCheetah CP-Modell** - Critical Power / FTP (Functional Threshold Power)
12) Kraft: Krafttraining+Koordination: Eigengewicht, Ball, Balance Board. Gibbon…
13) Progression: mit ~70% beginnen > Gewicht steigern (+10kg)

15) **A**ktiv - IHT / **P**assiv - IHT oder IHHT (Wechsel Hypoxie<>Hyperoxie, z.B. 20<>10 Minuten) > 8 Wochen Pause > 1-2 E in RE-Woche

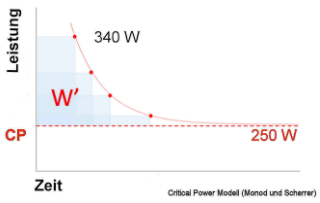
Aktiv (Ergo): VP1 - 12 Einheiten (4E/Wo)

E 01	3000m	60min	SpO2 ≥ 86%	RE/GA1/2
E 02-03	3500m	60- 90min	SpO2 ≥ 84%	RE/GA1/2
E 04-06	4000m	90-120min	SpO2 ≥ 82%	RE/GA1/2
E 07-09	4500m	90-120min	SpO2 ≥ 80%	RE/GA1/2
E 10-12	5000m	90-150min	SpO2 ≥ 78%	RE/GA1/2

Passiv: 12 Einheiten

Aufbau				
		6400m	60-90min	SpO2 ≥ 60%
1. Wo / E 01-03		4000m	60min	SpO2 ≥ 80%
2. Wo / E 04-06		4600m	60min	SpO2 ≥ 75%
3. Wo / E 07-09		5200m	60-90min	SpO2 ≥ 70%
4. Wo / E 10-12		5800m	60-90min	SpO2 ≥ 65%

17) **TRAININGSSTEUERUNG** (DURCHFÜHRUNG SEITE 9-14)



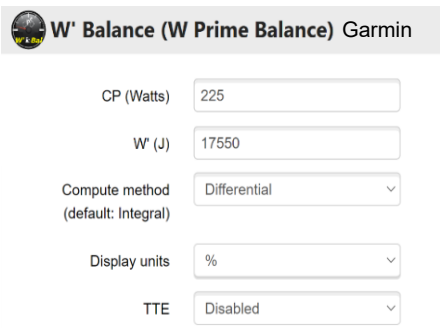
CP: Wird in **GC** aus Raddaten errechnet, **CP-Modell:** CP extended.
Critical Power = CP20 der letzten 6-8 Wochen.
W'Bal: Anaerobe Kapazität (vorhandene Energie ober CP in Joule), Rennstrategie.
Zielsetzung hoch: wird durch VO2max-Erhöhung und VLamax-Justierung erreicht.

VO_2max: Maximale Sauerstoffaufnahme ml/kg/min ≈ 10.8 × (5min-Peak-Watt / kgK) + 7 [**GC**].
Zielsetzung hoch: durch GA1/K1-Training mit 1-(2) HIT- oder VO_2max-Einheiten/Woche, langfristige Leistungsentwicklung.

VLamax: Maximale Laktatbildungsrate, anaerobe Kapazität, Bestimmung: einfacher **Laktattest**.
Zielsetzung individuell nach Sportart:
MTB-Marathon ≤ 0,5 mmol/L/s (hohe Fettverbrennung).
XCO / Sprinter ≥ 0,6 mmol/L/s (Explosive Kraft), Straßenfahrer 0,5-0,7 mmol/L/s.
Senkung: GA2/K2/EB oder Sweetspot, kein HIT- oder VO_2max.
Erhöhung: HIT- oder VO_2max-Einheiten.

AS/AeT: Aerobe Schwelle (HF/Watt), Bestimmung: **CP-Modell.**

RHR/HRV: Ruhepuls und Herzfrequenzvariabilität, Parameter für Ermüdung, Stress, Infekte, **Kubios HRV** zur täglichen Trainingsplanung (Mikrozyklus).

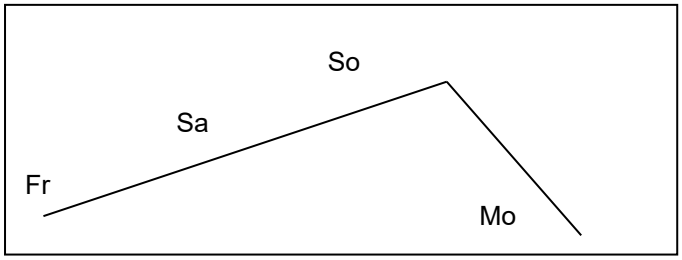


WEITERE PARAMETER ZUR TRAININGSKONTROLLE:

RI: Relative Intensität: % Verhältnis xPower zu CP / IF: Intensitätsfaktor: NP zu FTP.
xPower: Reale Leistung (Gleitender ø) im CP-Modell / entspricht NP (Normalized Power).
BS: BikeScore: Gesamtbelastung einer Einheit = Verhältnis x/Power / RI^2 / Dauer.

1. Grundregeln der Trainingsgestaltung

Einteilung des Trainings in Mikro-, Meso- und Makrozyklen: 1 Mikrozyklus = 1 Trainingswoche mit Ruhetag(en)
1 Mesozyklus = 3-5 Trainingswochen - Standardzyklus 3:1 (2:1, 4:1)
1 Makrozyklus = 1 Trainingsperiode besteht mindestens aus 1 Mesozyklus



Periodisierung: Aufteilung des Jahres in Trainingsperioden - Makrozyklen (VPI - VPII - UWV - WP - ÜP - RP)

VPI: 1. Vorbereitungsperiode

VPII: 2. Vorbereitungsperiode

WV: Wettkampfvorbereitung: mindestens 1 Zyklus (3:1) vor einer Wettkampfperiode

WP: Wettkampfperiode: Hauptwettkämpfe müssen am Ende eines Wettkampfzyklus liegen

ÜP: Übergangsperiode: im Anschluß an die letzte WP mit mindestens 3 - 4 Mikrozyklen, bei Zweifachperiodisierung u.U. auch zwischen WP's

RP: Regenerationsperiode: lange Ausfahrten, Laufen und Berggehen

Jede Periode muss zum Erreichen des Trainingszieles der jeweiligen Periode mindestens 6 Wochen andauern.

Ein Kalenderjahr wird in 2 oder 3 Saisonen eingeteilt: Einfach-, Zweifach- oder Dreifach-Periodisierung

Einfache Periodisierung: 1 Saisonhöhepunkt – VPI > VPII > UWV > WP > ÜP

Zweifache Periodisierung: 2 Saisonhöhepunkte – VPI > VPII > UWV > WP > VPII > UWV > WP > ÜP

Dreifache Periodisierung: 3 Saisonhöhepunkte – VPI > VPII > UWV > WP > VPII > UWV > WP > VPII > UWV > WP > ÜP

Die Zusammenstellung erfolgt nach den Renntterminen. Vorsicht vor Übertraining bei WP ohne VP. Es können auch unterschiedlich lange Zyklen (2:1, 3:1, 4:1) miteinander kombiniert werden.

- Belastungen sollten im Block erfolgen, 2-5 aufeinander folgende Tage. 2-3 Tage bei intensiven Einheiten.
- Nach den Belastungsblöcken muss ein Erholungstag mit einer kurzen RE-Einheit erfolgen.
- Intensitäts- und Krafttraining (Rad) beginnt nach dem Erholungs- oder Ruhetag.
- zwischen 2 anaeroben Trainingseinheiten (SB) sollten mindestens 48 h liegen.
- Kraft- und Koordinationstraining (Übungen Ball, Balanceboard, MFT, Eigengewicht) muss ganzjährig (20% des gesamten Trainings) erfolgen.

Kontinuität ist König: der Oktober oder November wird von Radfahrern und Triathleten gerne als Trainingspause benutzt, um Abstand von der Rennsaison zu bekommen und Körper und Geist Gelegenheit zu Erholung zu geben. Eine solche Pause benötigen aber nur die Athleten, die wirklich eine anstrengende Saison hinter sich haben. 3-4 Wochen Auszeit mit stark reduziertem Training, am besten in anderen Sportarten, sind dann optimal. Alle anderen sollten besser im Training bleiben. Und auch die Profis steigen nach kurzer Pause wieder konsequent ein. Denn fast nichts ist im Ausdauersport wichtiger als Kontinuität. Nur wer regelmäßig trainiert und am Ball bleibt kann sich langfristig steigern.
Ein Ausdauersportler benötigt 10-12 Jahre konsequenten Trainings, um sein Potential voll zu entfalten!

Schwellen:	Standard vieler Autoren	Wolfram Lindner	nach Ergometriedaten
Fettstoffwechsel-Basisschwelle (H. Bergmüller)	1-1,5 mmol/l		FWBS
aerobe Schwelle / Laktatturningpoint 1	2 mmol/l (1,3 - 2,5)	3 mmol/l	AS / LTP1
Laktatturningpoint 2			LTP2
individuelle anaerobe Schwelle			IANS
anaerobe Schwelle	4 mmol/l (3,0 - 4,5)	6 mmol/l	ANS - 90-93% von HFmax

Trainingsbereiche:			Stoffwechsel - Energiebereitstellung [1)]
aerob	RE, GA1, K1	bis AS	~ 80% Fett - 20% Kohlehydrat
aerob-anaerober Übergangsbereich	GA2, EB, K2	bis IANS / ANS	~ 50% Fett - 50% Kohlehydrat
anaerob	SB	> ANS	~ 20% Fett - 80% Kohlehydrat

1) durch höheren Gesamtkalorienverbrauch bei intensiverer Belastung kommt es trotz geringerer relativer Beteiligung des Fettstoffwechsels bei gleicher Trainingszeit zum höheren Verbrauch von Fettkalorien: a) langsames Laufen mit 60% der HF max (120/min) bedeutet ~ 80% Fettverbrennung, Energieumsatz = 8 Kcal/min davon 80% = **6-7 Fettkalorien**. b) Laufen mit mittlerer Geschwindigkeit mit 80% der HF max (160/min) bedeutet ~ 50% Fettverbrennung, Energieumsatz = 15-18 Kcal/min, davon 50% = **9 und mehr Fettkalorien**.

Trainingsformen

1. Polarisiertes Training

Verteilung :

- 🟢 **~80–90 %** locker (Grundlagen) 🔴 **~10–20 %** sehr hart (SB) **Kaum Schwelle** (EB)

Merkmale: Sehr klare Trennung: *entweder sehr leicht oder sehr hart,* kaum „Grauzone“

Vorteile: Sehr effektiv für Leistungssteigerung, gute Regeneration, besonders bewährt bei gut trainierten Athleten

Nachteile: Hohe Intensitäten sind mental & körperlich fordernd, weniger spezifisch für Schwellenrennen (z. B. 10 km)

Geeignet für

- Fortgeschrittene & Profis
- Lange Wettkämpfe (Marathon, Triathlon, Radrennen)

2. Pyramidales Training

Verteilung:

- 🟢 **Viel locker ~70–80 %** 🟡 **Etwas Schwelle ~10–20 %** 🔴 **Wenig hochintensiv ~5–10 %** (Form wie eine Pyramide)

Merkmale: Am häufigsten im Freizeitsport. natürliches Trainingsverhalten vieler Athleten

Vorteile: Sehr ausgewogen, nachhaltig & gut verträglich, gute Allround-Leistungsentwicklung

Nachteile: Weniger maximaler Reiz als polarisiert

Geeignet für

- Freizeit- & ambitionierte Hobbyathleten
- Längere Trainingsphasen
- Saisonaufbau

3. Schwellenorientiertes Training

Verteilung:

- 🟡 **Großer Anteil an Zone 3 (Schwelle/EB)** Weniger locker & weniger sehr hart

Merkmale: Fokus auf Tempo nahe der Laktatschwelle, „Tempo-Dauerläufe“, lange Intervalle

Vorteile: Sehr wettkampfspezifisch, schnelle Leistungsverbesserung

Nachteile: Hohes Überlastungs- & Ermüdungsrisiko, schwer regenerierbar bei hohem Umfang

Geeignet für

- Kurze Wettkämpfe (5–10 km, Zeitfahren)
- Kurzfristige Wettkampfvorbereitung
- Zeitlich begrenzte Trainingsphasen

Praxis-Empfehlung:

- **Grundlage:** pyramidal oder polarisiert
- **Leistungspeak:** polarisiert
- **Wettkampfnah:** schwellenorientiert (dosiert!)

2. Regeneration

Zeitlicher Ablauf der Regeneration im Sport	
4.-6. Minute	vollständige Auffüllung der muskulären Creatinphosphatspeicher.
20. Minute	Rückkehr der Herzfrequenz und Blutdruck zum Ausgangswert.
20.-30. Minute	Ausgleich der Unterzuckerung, nach Kohlehydrataufnahme Einsetzen eines vorübergehenden Blutglucoseanstieges.
30. Minute	Erreichen eines Gleichgewichtes im Säure-Basen-Haushalt, Abnahme der Laktatkonzentration unter 3 mmol/l.
60. Minute	Nachlassen der Proteinsynthesehemmung in beanspruchter Muskulatur.
90. Minute	Umschlag von der katabolen in die überwiegend anabole Stoffwechsellage, verstärkter Proteinumsatz zur Regeneration und Adaptation.
2. Stunde	Wiederherstellung in den ermüdeten neuromusk. und sensomotor. Funktionen der Muskulatur, 1. Stufe motorischer Wiederbelastbarkeit.
6. - 24. Stunde	Ausgleich im Flüssigkeitshaushalt, Normalisierung des Hämatokrits.
1. Tag	Wiederauffüllung des Leberglykogens.
2.-7. Tag	Auffüllung des Muskelglykogens in stark beanspruchter Muskulatur.
3.-5. Tag	Auffüllung der muskulären Fettspeicher (Triglyceride).
3.-10. Tag	Regeneration teilzerstörter kontraktiler Proteine (Aktin, Myosin, Troponin) in Muskelfasern, Wiederkehr der submaximalen Ausdauer - und Kraftleistungsfähigkeit.
7.-14. Tag	Strukturaufbau in funktionsgestörten Mitochondrien (allmählicher Wiedergewinn der vollen muskulären sportartspezifischen und aeroben Leistungsfähigkeit).
1.-3. Woche	Psychische Erholung vom gesamtorganismischen Belastungsstress und Wiederabrufbarkeit der sportartspezifischen Komplexleistung in Kurz -, Mittel - und Langzeitausdauersportarten I und II (noch nicht in LZA III und IV: Marathon...).
	Durchschnittswerte aus Neumann/Pfützner/Berbalk, Optimiertes Ausdauertraining, Aachen 1998

Die folgende Tabelle fasst die wichtigsten Mechanismen für Erholung bei verschiedenen Herzfrequenz-Zielzonen zusammen. Zellhomöostase bezieht sich in erster Linie auf Säure-Basen- und auf Elektrolytbalance sowie auf die Auffüllung der sofort verfügbaren Energiespeicher (Creatinphosphat (CP) und Adenosin-Triphosphat (ATP)) in den Muskelzellen.

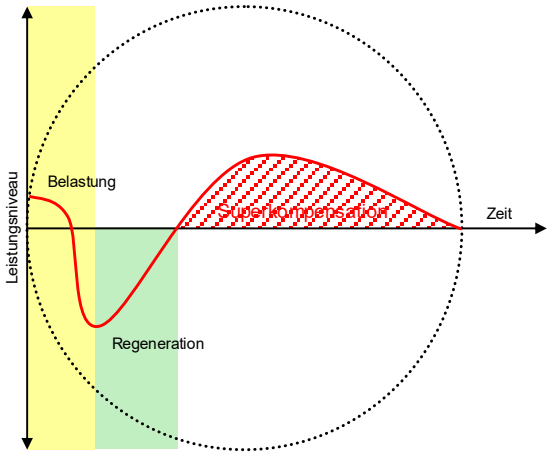
Erholungszeit	Belastung	Belastungs-Zeit	Mechanismen der Erholung
06 - 24 Stunden	Training an AS	50%	Flüssigkeitshaushalt, Zellhomöostase
12 - 24 Stunden	AS - ANS		Glykogenspeicher, Zellhomöostase
12 - 48 Stunden	ANS - ANS +10%		Zellhomöostase, Glykogenspeicher
12 - 72 Stunden	bis Maximum		Zellhomöostase, Hormonhomöostase
	aus Lance Armstrong Trainingsprogramm 2000		
08 Stunden	Ausdauerbelastung im aeroben Bereich	0 - 6 h	
08 - 10 Stunden	intensives Tempotraining	30 - 60 min	
24 - 36 Stunden	intensives Tempotraining	75 - 120 min	
24 Stunden	am anaeroben Schwellenwert	14 - 45 min	
24 - 36 Stunden	am anaeroben Schwellenwert	60 - 90 min	
24 - 36 Stunden	im Laktatbereich	10 - 30 min	
36 - 48 Stunden	im Laktatbereich	≥ 45 min	

3. Prinzip der Superkompensation

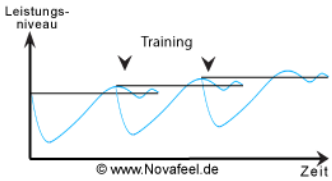
Eine Trainingseinheit im Ausdauersport, die zur Leistungssteigerung führen soll, muss die interne Balance des Körpers (Homöostase) stören und eine Anpassung hervorrufen. Das Training an sich ist erschöpfend (Ermüdungsreiz), es verschlechtert die Leistung.
Der Organismus passt sich den Anforderungen des Trainings an, um diese Leistung erneut erbringen zu können. In der Erholungsphase wird der Körper sogar etwas über den Ausgangszustand hinaus aufgebaut, ein Phänomen mit der Bezeichnung *Superkompensation.*
Demnach steigt die Leistungsfähigkeit in einer kurzen und festgelegten Zeit nach dem Training leicht über den Ausgangszustand an. Dieses Phänomen ist die Grundlage aller Trainingsprogramme. Um trainingswirksam zu sein, muss ein *Trainingsreiz* eine bestimmte Intensitätsschwelle überschreiten, da sonst keine Anpassungsreaktion ausgelöst wird.
Man unterscheidet dabei in der Regel zwischen vier verschiedenen Reizschwellen:

1. Unterschwelliger Reiz - bleibt wirkungslos.
2. Überschwellig, geringer Reiz - erhält das Trainingsniveau.
3. Überschwellig, mittlerer bis starker Reiz - ist die optimale Reizintensität.
4. Überschwellig, zu starker Reiz - schädigt das System.

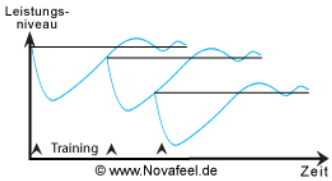
Der individuelle Schwellenwert der Belastung und die für die Erholung benötigte Zeit hängt von der Intensität, der Dauer der Trainingseinheit, der Art des Trainingaufbaus (Periodisierung), der Erholungsfähigkeit und dem aktuellen Leistungszustand ab, ist zum Teil aber auch genetisch vorbestimmt. Durch Setzen des nächsten Belastungsreizes in der Phase der Superkompensation ist es möglich die Leistungsfähigkeit allmählich zu steigern. Zu kurze Abstände führen zu Übertraining, zu weit auseinander liegende Einheiten ergibt Stagnation. Es ist allerdings schwierig, die Effekte von Intensität und Dauer, und damit die richtige Erholungszeit einzuschätzen.



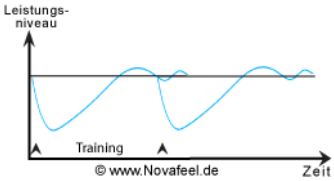
Leistungskurven:



Zuwachs: richtige Abstände



Reduktion: Abstände zu gering



Kein Fortschritt: Abstände zu groß

Durch Ausdauertraining kommt es durch die sukzessive Entleerung und Wiederauffüllung der Energiespeicher (Glykogen und Fett) im Laufe der Zeit zu deren Vermehrung. Die Glykogenzunahme in der Muskulatur und in der Leber kann mehr als 100% betragen (Weineck 2004). Das Modell der Superkompensation ist auf die diversen Stoffwechselvorgänge durchaus anwendbar, eine kontinuierliche Leistungssteigerung muss eher als Wunschdenken bezeichnet werden. Insgesamt handelt es sich um zuviele gleichzeitig ablaufende Vorgänge, die für eine Verbesserung des Leistungsniveaus verantwortlich sind.
Das Prinzip der Superkompensation muss als Modell verstanden werden, das die Anforderungen an die Trainingsgestaltung im Zeitverlauf aufzeigt.

Superkompensationseffekte haben auch eine Langzeitwirkung: 6-10 Tage nach Etappenrennen ist bei optimaler Regeneration eine erhöhte Leistungsbereitschaft vorhanden.

Die Ausdauerleistung wird also nicht durch die Belastung allein, sondern durch ausreichende Erholung gesteigert. Regenerations (Kompensations) - Training, aktive Erholung, Stretching, Massage, ausreichend Schlaf (7 ½ bzw. 9 h), eine auf Regeneration abgestimmte Ernährung, warmes Vollbad, milde Saunagänge, heiße Duschen mit anschließender Bettruhe, Entspannungstechniken, regenerative Elektrostimulation verkürzen die Regeneration - damit kann der nächste Belastungsreiz früher gesetzt werden.
Nach anaeroben Belastungen dauert es bis zu 3 Tage, bis die Balance des Körpers (Zell- und Hormonhomöostase) wieder erreicht wird. Abhängig von Intensität und Länge der Trainingsblöcke kann es 2-3 Wochen dauern, bis die volle muskuläre und aerobe Leistungsfähigkeit bzw. die psychische Erholung vom Belastungsstress wiedererlangt wird (Neumann, Pfützner, Berbalk 1998).

In der kritischen Phase der Regeneration, der Organismus ist zu diesem Zeitpunkt geschwächt, leistet die Ernährung und der gezielte Einsatz von Mikronährstoffen einen wesentlichen Beitrag (Antioxydative Wirkung, Stärkung des Immunsystems, Zellschutz, Regeneration). Vitamine, Spurenelemente und Aminosäuren haben einen Einfluss auf muskuläre Stressreaktionen. Wie Prof. Aloys Berg aus Freiburg in der Deutschen Zeitschrift für Sportmedizin (1997) berichtet, wurde nach einem erschöpfenden 15 Kilometer-Cross-Lauf, der in einer Zeit von 62 bis 63 Minuten zurückgelegt worden ist, bei den Athleten die *Creatininkinase*, das *Myoglobin*, *Akute-Phase-Proteine*, *Cortisol* und immunologische Parameter wie *IL-6* gemessen. Weitere Messungen erfolgten eine Stunde und 20 Stunden nach dem Lauf. Sowohl der Muskelstressparameter *Myoglobin* als auch die *Creatinkinase* waren bei den Sportlern signifikant niedriger, die das Enzym-Hefepräparat (Sanuzella® Zym) eingenommen hatten. Der p-Wert war in beiden Fällen kleiner als 0,01. Verursacht wird der Effekt vermutlich durch eine Veränderung der zellulären Permeabilität. Enthalten ist in der Hefe (Saccharomyces cerevisiae) ein hoher Gehalt an Vitamin-B-Komplex, Spurenelementen, Mineralstoffen und Gluthation (Tripeptid, das aus drei Aminosäuren Glutaminsäure, Cystein und Glycin gebildet wird).
Aufgrund der dokumentierten Daten kann für das untersuchte Kollektiv von Ausdauerathleten von einer signifikanten Beeinflussung der belastungs-induzierten muskulären Stressreaktion nach Gabe des getesteten Enzym-Hefezell-Wirkstoff ausgegangen werden. Die aufgezeigten Veränderungen sind in der sportmedizinischen Beurteilung als positiv in Bezug auf die muskuläre Belastbarkeit anzusehen. Die Verbesserung der muskelzellulären Belastbarkeit wird von Veränderungen der Monozytenfunktion und der Plasmaproteine begleitet, die als Zeichen einer verbesserten Stressverarbeitung und eines verbesserten Regenerationsstoffwechsels interpretiert werden können.

Grundvoraussetzung für den Einsatz von Nahrungsergänzungsmitteln ist eine umfassende sportmedizinische Diagnostik mit Erstellung eines Mikronährstoff-Status. Auf Basis dieser Ergebnisse wird für jeden Sportler ein individueller Ernährungsplan erstellt. Das speziell in Sportlerkreisen oft gehörte Motto: „*Nutz's nix - schad's nix*“ ist durch mögliche Überdosierung von Substanzen, die vom Körper nicht automatisch abgebaut bzw. ausgeschieden werden, gesundheitlich bedenklich.

Das Prinzip der *Superkompensation* kann trainingsmethodisch zur Steigerung der Leistungsbereitschaft vor *Eintageswettkämpfen* genutzt werden. 2-5 Tage vor einem Hauptwettkampf, die Reaktion ist individuell unterschiedlich, wird ein Trainingsreiz mit 1-2 Einheiten angesetzt.
Die Einheit des *Superkompensationstrainings* besteht aus einer umfangreichen und intensiven Belastung.

Insgesamt ergeben sich als Wettkampfvorbereitung mehrere Varianten:

a) Eintages-Trainingswettkampf: es erfolgt keine spezielle Vorbereitungswoche, der normale Trainingszyklus wird bis auf 2 Tage vor dem Rennen durchgeführt.

b) Eintages-Hauptwettkampf
- Tag 6: Regeneration…
- Tag 5: GA2-EB kurz
- Tag 4: Superkompensation (wettkampfspezifisch), macht nicht für jeden Sinn
- Tag 3 / 2: Ruhetag und Regeneration
- Tag 1: Regeneration mit ein bis zwei intensiveren Einlagen (GA2 / K1)
- Tag 0: Wettkampf

c) Langdistanz und Etappenrennen: 3 Wochen vor dem Wettkampf Regenerations- und Grundlagenwochen mit Superkompensationseinheit 10 Tage vor dem Rennen,
dann volle Regeneration und lockere Grundlageneinheiten.
Tag 3 / 2 / 1 wie bei Eintages-Hauptwettkampf. Bei diesen Anforderungen macht es keinen Sinn auf den klassischen Superkompensationseffekt zu bauen.

4. Trainingskontrolle und Trainingssteuerung

Der monatliche Trainingsplan ist als Grundgerüst zu verstehen. Abhängig von der Trainingsperiode sind Vorschläge für Trainingseinheiten ausgearbeitet. Der tatsächliche Wochenablauf ist individuell nach Kontroll- und Steuerungsparametern festzulegen. Dabei ist insbesonders auf ein optimales Timing zu achten. Intensive Einheiten (Schlüsseleinheiten) erfordern eine hohe Leistungsbereitschaft um effektiv zu sein. Zum falschen Zeitpunkt durchgeführt wirken sie kontraproduktiv. Das Erkennen des optimalen Zeitpunktes für hohe Intensitäten bzw. nötiger Regeneration ist nur auf Basis objektiver Testwerte möglich.

Erfolgreiches Training basiert auf einem wirksamen Belastungsreiz (siehe auch Prinzip der Superkompensation) durch kurzzeitiges Übertraining, längere Trainingseinheiten, höhere Intensitäten oder ein höheres Gesamtvolumen. Um ein Übertraining zu vermeiden, muss auf eine Belastung immer eine adäquate Erholungszeit folgen. Nicht angepasste Regenerationszeiten können zur Folge haben, dass die Leistungsfähigkeit aufgrund eines zu hohen Trainingsvolumens sinkt. Für die Trainingskontrolle und Trainingssteuerung werden zur Beurteilung der Effektivität verschiedene Parameter herangezogen. Wünschenswert wäre eine Kontrolle und Steuerung des täglichen Trainings.
. Gemeint ist damit die Auswahl des Trainings auf Basis bestimmter Parameter vor der Einheit, um die Intensität und Dauer nach dem momentanen Zustand des Organismus zielgerecht anzupassen. Als Steuerparameter stehen verschiedene Laborwerte (Blutbild, Spiroergometrie, Herzfrequenzdaten) bzw. das Körpergefühl zur Verfügung:

Labor und (Spiro)-Ergometrie	
- *Harnstoff*	Eiweißstoffwechsel.
- *Creatinkinase*	Muskelstoffwechsel.
- *Kreatinin*	Nierenfunktion, Flüssigkeitshaushalt, Muskelstoffwechsel.
- *Blutbild*	Hämoglobin, Hämatokrit, Rote- und weiße Blutkörperchen etc.
- *Laktat*	Laktatkurve mit Bestimmung der Schwellen und der Trainingsbereiche.
- *VLamax*	Maximale Laktatbildungsrate
- VO_{2max}	Ausdauerleistungsfähigkeit (relative maximale Sauerstoffaufnahme).
- *Herz-Kreislaufsystem*	Erkennung organischer Probleme (z.B. Belastungshochdruck).
Herzfrequenz	
- *Ruhepuls*	Regeneration, Krankheit, Stress etc.
- *Herzfrequenzvariabilität* (HRV)	Regeneration, Krankheit, Stress, Vegetative Einflüsse etc.
- *Orthostatische Tests*	Pulsverhalten, HRV nach Aufstehen aus einer entspannten Ruhe-Position.
Körpergefühl	
- Positive Einstellung	Gutes Gefühl bei Training und Wettkampf, Gefühl „gesund“ zu sein.
- Leistungsbereitschaft	Wunsch zu Trainieren.
- Schlafverhalten	
- Appetit	

Die Herzfrequenzdaten werden zusammen mit Alter, Geschlecht, Größe, Gewicht und Aktivitätsgrad ausgewetet und interpretiert. In verschiedenen Tests wird als zentraler Basiswert die HRV herangezogen. Diese einfach durchführbaren Methoden eignen sich zur Steuerung und Optimierung von Trainingsprogrammen. Die Auswahl der Methoden erfolgt individuell nach einer Probephase (ideal wäre ein ganzer Makrozyklus), nicht jeder Parameter hat für jeden Sportler dieselbe Aussagekraft.

4.1Ruhepuls / HRV

Ruhepuls und Herzfrequenzvariabilität, einfach zu erhebende Parameter, sind aus heutiger Sicht für eine *Trainingssteuerung* am besten geeignet. Für 3-5 Minuten wird durch Starten einer Trainingseinheit auf einer entsprechenden Polar-Uhr der Ruhepuls und die Herzfrequenzvariabilität (HRV) aufgezeichnet. Das Ergebnis beider Parameter kann erst nach Datenübertragung in die Software beurteilt werden. Für die Leistungsdiagnostik ist es sinnvoll eigene Sportarten zu verwenden - *LD-Rad, LD-Ergo, LD-Ruhe* (Leistungsdiagnostik in Ruhe). Damit wird es ermöglicht die Ergebnisse in den Abfragen von den Trainingseinheiten zu trennen. Die Trainingseinheiten werden in diesen Berichten nicht angezeigt (Option im Tagebuch).

4.1.1 Ruhepuls

Der Wert des Ruhepulses nach 3-5-minütigen Aufzeichnung wird dokumentiert.
Achtung: der während der Aufzeichnung ablesbare Wert ist meist nicht der kleinste. Die RR-Aufzeichnung zeigt nach der Datenübertragung immer noch niedrigere Werte. Erhöhte Werte (> 10 Schläge) sind Hinweis auf Trainingseffekte nach intensiver Aktivität oder haben andere Ursachen (Stress, versteckte Krankheiten, Infekte, Schlafverhalten, Schmerz, Temperatur, Höhe, zu hohe Gesamtbelastung).

4.1.2 HRV

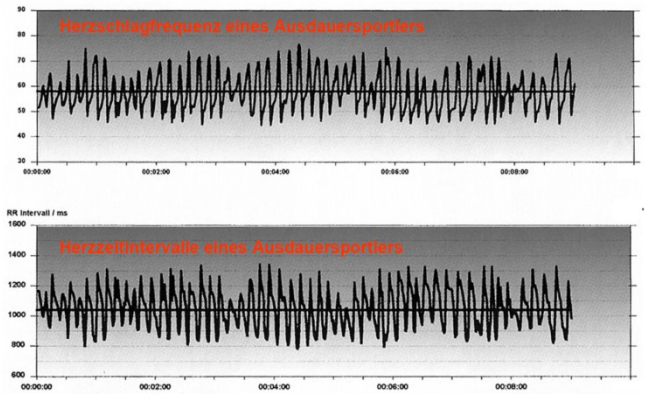
In der Auswahl-Info der RR-Aufzeichnungen der Software sind die verschiedenen Parameter der HRV zusammengefasst.

Kubios HRV in GC dokumentiert (siehe dort). Nach Belastungen kommt es zum Absinken des Wertes. Verschlechterungen unter den Durchschnittswert (10-14 Tage) oder fallende Tendenz erfordern Einheiten im Regenerationsbereich oder Ruhetage. Andere Faktoren wie Stress, versteckte Krankheiten, Infekte, Schlafverhalten, Schmerz, Temperatur, Höhe, zu hohe Gesamtbelastung, führen ebenfalls zu einem Absinken der HRV. Eine Erhöhung oder gleichbleibende Werte sind Hinweis auf Erholung und Bereitschaft für intensives Training. Die HRV ist auch der zentrale Parameter des OwnIndex-Tests.

Die Bedeutung der HRV in der Sportmedizin wurde vielfach untersucht, ein Beispiel dafür zeigt die folgende Publikation:
Kiviniemi AM, Hautala AJ, Kinnunen H, Tulppo MP. Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements.
Eur J Appl Physiol. 2007;101(6):743-51.
Department of Exercise and Medical Physiology, Verve Research, Kasarmintie 13, P.O. Box 404, 90101, Oulu, Finland.
Purpose of this study was to test utility of heart rate variability (HRV) in daily endurance exercise prescriptions. Twenty-six healthy, moderately fit males were randomized into predefined training group (TRA, n = 8), HRV-guided training group (HRV, n = 9), and control group (n = 9). Four-week training period consisted of running sessions lasting 40 min each at either low- or high-intensity level. TRA group trained on 6 days a week, with two sessions at low and four at high intensity. Individual training program for HRV group was based on individual changes in high-frequency R-R interval oscillations measured every morning. Increase or no change in HRV resulted in high-intensity training on that day. If there was significant decrease in HRV (below reference value [10-day mean-SD] or decreasing trend for 2 days), low-intensity training or rest was prescribed. Peak oxygen consumption (VO(2peak)) and maximal running velocity (Load(max)) were measured in maximal treadmill test before and after the training. In TRA group, Load(max) increased from 15.1 +/- 1.3 to 15.7 +/- 1.2 km h(-1) (P = 0.004), whereas VO(2peak) did not change significantly (54 +/- 4 pre and 55 +/- 3 ml kg(-1) min(-1) post, P = 0.224). In HRV group, significant increases were observed in both Load(max) (from 15.5 +/- 1.0 to 16.4 +/- 1.0 km h(-1), P < 0.001) and VO(2peak) (from 56 +/- 4 to 60 +/- 5 ml kg(-1) min(-1), P = 0.002). The change in Load(max) was significantly greater in HRV group compared to TRA group (0.5 +/- 0.4 vs. 0.9 +/- 0.2 km h(-1), P = 0.048, adjusted for baseline values). No significant differences were observed in the changes of VO(2peak) between the groups. We concluded that cardiorespiratory fitness can be improved effectively by using HRV for daily training prescription.

In den folgenden Folien sind die Grundlagen der HRV von O. Bachmann (BSPA Innsbruck) dargestellt. Acrobat-Dokument

Herzfrequenzvariabilität (HRV)



Dr. Oliver Bachmann – Grundlagen der Trainingslehre

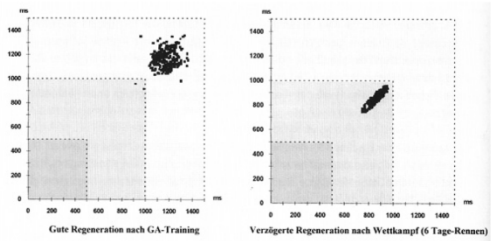
Ursachen für die HRV

HRV wird durch das **vegetative Nervensystem** beeinflusst.

Hohe Aktivität des Parasympathikotonus ⇨ HRV nimmt zu
⇨ die Herzschlagfolge wird unrhythmischer.

Beim **Überwiegen der sympathischen Einflüsse** ⇨ HRV verringert sich ⇨ keine rhythmische Schwankungen (Herzschlagfolge wird „starrfrequent“)

Streudiagramm der HRV (Neumann/Pfützner/ Berbalk 2005,58)



Messung der Herzfrequenzvariabilität

Messung im RR-Modus (Beat to Beat – Messung)

Messverfahren

Langzeitmessung: Messung über 24 Stunden

Kurzzeitmessung: 10 - 15 Minuten mit Provokation - Wechsel von fünfminütiger Liegephase zu fünfminütiger Stehphase (zu fünfminütiger Liegephase)

Stehphase: starke Aktivierung der **sympathischen Phase** durch Umverteilung des Blutes, Regulierung der Gefäßspannung und Zunahme der Herzarbeit

Liegephase: Zuname der **parasympathischen Aktivität**

Dr. Oliver Bachmann – Grundlagen der Trainingslehre

HRV - Erhobene Parameter

Zeitdomäne: wird direkt gemessen

SDNN: Standardabweichung aller RR-Intervalle

SDNNi: Standardabweichung aller RR-Intervalle des jeweiligen Abschnittes

MSSD: mittlere quadratische Abweichung aller RR-Intervalle

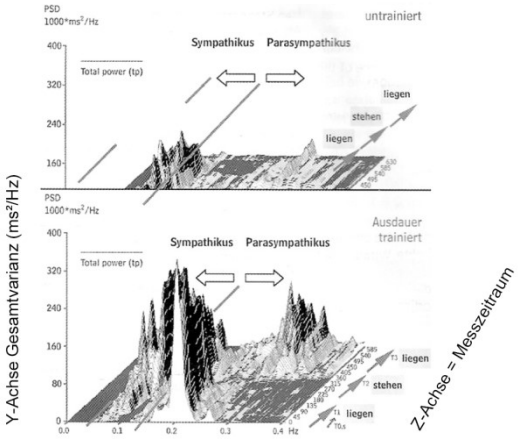
RMSSD: Quadratwurzel des quadrierten Mittelwertes der Summe aller Differenzen aufeinander folgender RR-Intervalle

pNN50: Anteil aufeinanderfolgender RR-Intervalle, die sich mehr als um 50ms unterscheiden

RLX: als Entspannungsrate bezeichnet (RLX … relax) = modifizierter Kurzzeitvariabilitätsparameter der Software Polar Precision Performance = jener Wert, der auf der Polar Uhr angezeigt wird

Dr. Oliver Bachmann – Grundlagen der Trainingslehre

Dreidimensionale Frequenzanalyse und vegitative Interaktion im Vergleich zwischen einem untrainierten (oben) und trainierten (unten) Probanden im stadartisierten Lagewechseltest (König 2003, 7)



X-Achse = transformierte Zeitachse

Dr. Oliver Bachmann – Grundlagen der Trainingslehre

HRV - Störgrößen bei der Messung (König u.a. 2003, 6)

Atmung

Ein- und Ausatmung sind Zustände unterschiedlicher Druckverhältnisse ⇨ Einfluss auf die Blutzirkulation im Gefäßsystem ⇨ Änderung des Druckgradienten ⇨ vegetative Anpassung der Herzfrequenz

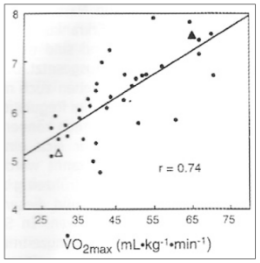
- **Einatmen** ⇨ Anstieg der Herzfrequenz = respiratorische Sinusarrhytmie (RSA) ⇨ Absinken HRV
- **Ausatmen** ⇨ Sinken der Herzfrequenz ⇨ Anstieg HRV

Notwendig: vor der Messung eine fünfminütige Entspannungsphase bis eine regelmäßige Bauchatmung eintritt.

Dr. Oliver Bachmann – Grundlagen der Trainingslehre

HRV und Sauerstoffaufnahme

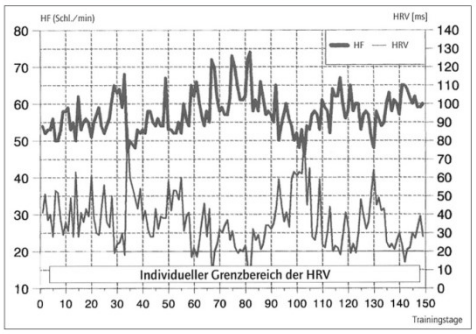
Goldsmith u.a. zeigten 1997, dass **zwischen Sauerstoffaufnahme** und dem **HF-Band der HRV** eine **lineare Beziehung** besteht ⇨ somit kann eine Aussage über das Leistungsvermögen des Athleten gemacht werden.



Lineare Beziehung zwischen vagalen Aktivität (HF) und der max. Sauerstoffaufnahme (Goldsmith 1997 in König 2004, 8)

Dr. Oliver Bachmann – Grundlagen der Trainingslehre

HRV und sportliche Belastungen

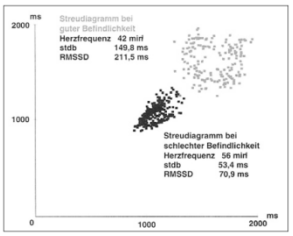


Dynamik der Ruheherzfrequenz und HRV eines Radsportlers über 150 Trainingstage; Grenzbereich wurde während mehrer 6-Tage-Rennen kurzzeitig unterschritten (z.B. 65. – 85. Tag). Ein Übertrainingszustand lag jedoch nicht vor (Neumann/Pfützner/Berbalk 2005, 59).

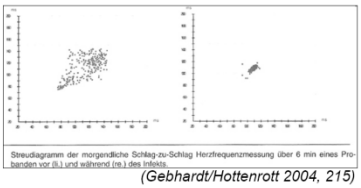
Dr. Oliver Bachmann – Grundlagen der Trainingslehre

Eignung der Herzfrequenzvariabilität für die Trainingssteuerung (Bauer/Berbalk 2004, 181-190)

HRV ist ein geeigneter diagnostischer Parameter für die Trainingspraxis.
Erfasst komplexe vegetative Störungen schneller als die Ruheherzfrequenz.



(Bauer/Berbalk 2004, 184)



(Gebhardt/Hottenrott 2004, 215)

Dr. Oliver Bachmann – Grundlagen der Trainingslehre

Messung der HRV
Vergleichende Messungen mittels Polar S810 und Standardmethoden der Medizin
(Löllgen, Jung, Mück-Weymann 2004, 121-135)

HRV-Untersuchungen an 29 Personen mittels der Sportuhr Polar S810 sowie klinischen Verfahren mit PowerLab und Oxford Medilog.

„Im Hinblick auf die Einsatzmöglichkeiten der Polar S810 und anderen Modellen mit der Messgröße HRV zeigt sich, dass diese Pulsuhr vergleichbare Werte zeigen kann, wenn die Anwendung korrekt erfolgt.“ (Löllgen/Jung/Mück-Weymann 2004, 134).

Ist eine Bestätigung der Untersuchung von Horn (2003, 27).

Dr. Oliver Bachmann – Grundlagen der Trainingslehre

4.2 VO_2max / Polar Fitness-Test

Die VO_2max gilt als ein sehr aussagekräftiger Parameter für die Ausdauerleistungsfähigkeit. Die (absolute) maximale Sauerstoffaufnahme liegt abhängig vom Trainingszustand zwischen 3 und 6 Liter Sauerstoff in der Minute (Spiroergometrie). Um Sportler miteinander vergleichen zu können wird die gewichtsbezogene *relativen maximalen Sauerstoffaufnahme* in ml/kg-Körpergewicht/Minute angegeben. Mehr Gewicht erfordert für die gleiche Leistung eine höhere Sauerstoffaufnahme. Profis erreichen 80-90 ml/kg/min, untrainierte 20-30-Jährige 40-45. Untrainierte Männer verlieren 1% (Frauen 0,8%) pro Jahr.

Mit dem Polar Fitness-Tests können wir die aerobe (kardiovaskuläre) Fitness in Ruhe einfach, schnell und zuverlässig messen. Das Ergebnis, der Polar OwnIndex, ist vergleichbar mit der *relativen maximalen Sauerstoffaufnahme* (VO_{2max}). Das langfristiges Aktivitätsniveau, die Herzfrequenz, die Herzfrequenz-Variabilität in Ruhe, das Alter, Geschlecht, Gewicht und die Körpergröße beeinflussen den OwnIndex.

Bei Leistungssportlern weist der OwnIndex gewöhnlich Werte von über 70 (Herren) bzw. 60 (Damen) auf. Bei Sportlern, deren Leistungsniveau dem von Olympiateilnehmern entspricht, können Werte in der Größenordnung von über 80 erreicht werden. Der OwnIndex ist in Sportarten am höchsten, bei denen große Muskelgruppen beansprucht werden, wie etwa Laufen und Skilanglauf. Die Klassifizierung basiert auf einer Auswertung von 62

Studien, bei denen eine Direktmessung der VO_2max an gesunden erwachsenen Probanden aus den USA, Kanada und 7 europäischen Ländern durchgeführt wurde.

Shvartz E, Reibold RC. Aerobic fitness norms for males and females aged 6 to 75 years: a review. *Aviat Space Environ Med;61:3-11,1990*.

Männer - Alter/Jahre	Sehr gut	Exzellent		Frauen - Alter/Jahre	Sehr gut	Exzellent
20-24	57-62	> 62		20-24	47-51	> 51
25-29	54-59	> 59		25-29	45-49	> 49
30-34	52-56	> 56		30-34	43-46	> 46
35-39	49-54	> 54		35-39	41-44	> 44
40-44	47-51	> 51		40-44	38-41	> 41
45-49	44-48	> 48		45-49	36-38	> 38
50-54	42-46	> 46		50-54	33-36	> 36
55-59	40-43	> 43		55-59	31-33	> 33
60-65	37-40	> 40		60-65	28-30	> 30

Der Polar Fitness-Test ist für gesunde Erwachsene bestimmt. Die zusätzlich ermittelte maximale Herzfrequenz (HF_{max}-p) ist nicht für Jeden representativ und wird besser durch Ergometrien oder Rennbelastungen ermittelt. VO_2max wird ebenfalls nach dem Test nicht aktualisiert, da der Wert durch Ergometrie, die zumindest 1x / Jahr durchgeführt werden sollte, exakter bekannt ist.

Ausgangsmessungen:
Der *OwnIndex* in den ersten zwei Wochen mehrmals bestimmt werden, um die persönlichen Ausgangswerte zu bestimmen.

Ruhepuls und *HRV* ermöglichen durch die Sensitivität (deutliche Veränderungen im Vergleich zum Vortag) eine einfache Interpretation.

Analog zum Trainingsplan der jeweiligen Trainingsperiode wird die nächste Trainingseinheit (nach Intensität) ausgewählt. Ruhepuls und HRV bestimmen die individuelle Wochengestaltung. Für eine *Trainingssteuerung* werden Ruhepuls und HRV täglich bestimmt.

Der *Fitnesstest* zeigt auf tägliche Einflüsse kaum Reaktionen, er eignet sich zur langfristigen Kontrolle des Leistungsniveaus.

Der *OwnIndex* muss in den ersten zwei Wochen mehrmals bestimmt werden, um die persönlichen Ausgangswerte zu bestimmen. Später wird der Test 1x / Monat (am Ende einer Regenerationswoche) durchgeführt und dient so als langfristige Beobachtung der kardiovaskulären Entwicklung (Korrelation zu VO_2max).

VO_2max wird nach jeder Trainingseinheit in GC angezeigt.

1. Als Wert, der aus den Raddaten (z.B. Garmin) kommt.
2. Als errechneter Schätzwert von GoldenCheetah: Formel in GC: VO_2max (ml/kg/min) ≈ 10.8 × (5min-Peak-Watt / kgK) + 7.

Erhöhung durch strukturiertes Ausdauertraining (Polarisation, Umfang + Intervalle).

4.3 VLamax

Maximale Laktatbildungsrate

1) Protokoll-Ergometer

- Ruhe-Laktat (Baseline) messen unmittelbar vor dem Sprint.15-Sekunden (oder 30-Sekunden): All-out-Sprint (auf Rolle/Ergo).
- Laktat messen in Blut (z. B. Kapillar) minütlich 1-10 Minuten nach Sprint.
- Verwende den **höchsten** gemessenen Wert als Peak-Laktat (typisch nach 2–5 min).

2) Formel

VLamax ≈ (Laktat_Peak − Laktat_Rest) ÷ ZeitEffektiv

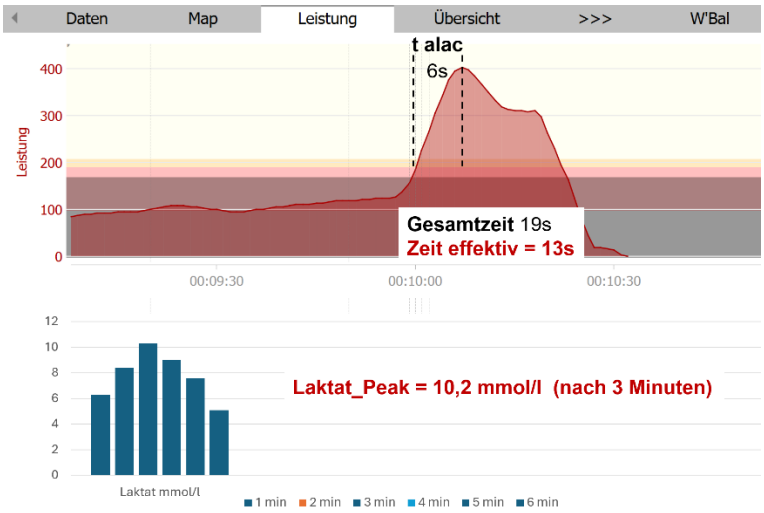
- VLamax in **mmol/Liter/Sek (mmol/L/s)**
- Laktat in **mmol/L**
- ZeitEffektiv = effektive Zeit, über die die Laktatproduktion stattgefunden hat.
  Gesamtzeit maximaler Leistung abzüglich der alaktaziden Zeit (t alakt)

  Auswertung der Einheit und genaue Beurteilung der Sekunden mit maximaler Leistung.

3) Beispielrechnung - 15-s Sprint

Angenommene Messwerte:

- Laktat_Rest = **1,9 mmol/L**
- Laktat_Peak = **10,2 mmol/L** (gemessen bei 3 min)
- Sprintdauer = **15 s**
- **Schritt 1 - Differenz berechnen:**
  Laktat_Peak − Laktat_Rest: 10,2 − 1,9 = **8,3 mmol/L**



Schritt 2 - durch ZeitEffektiv teilen (VLamax in mmol/L/s):

8,3 ÷ 13 ≈ **0,6 mmol·L/s**

4) Hinweise zur Interpretation & Fehlerquellen

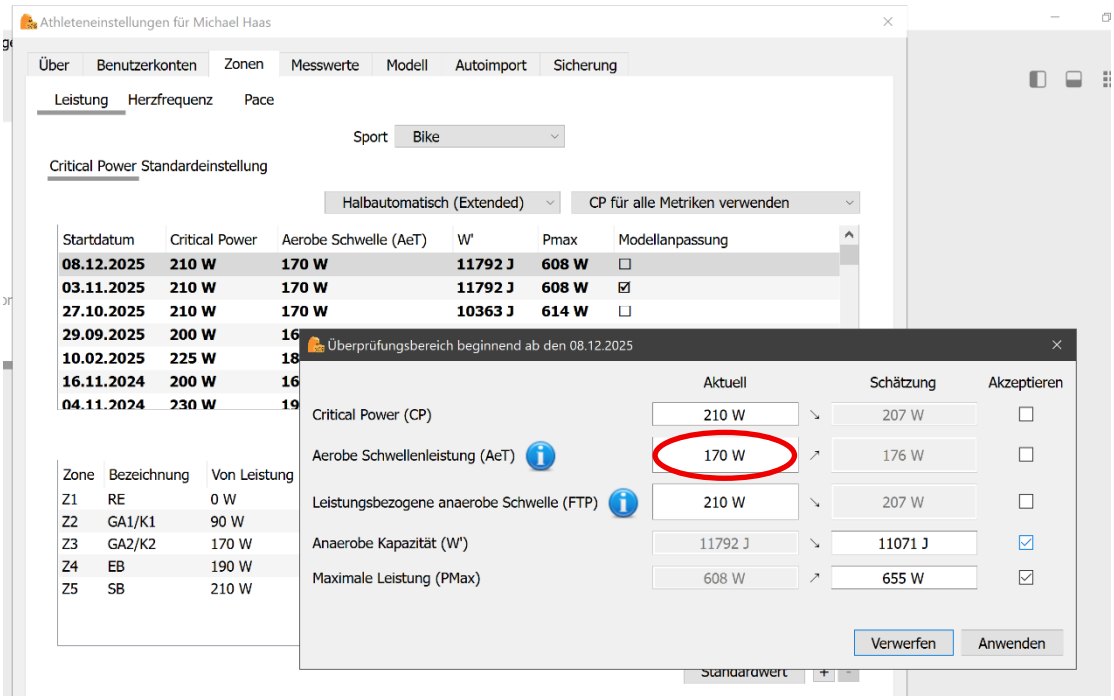
- Hydration, Temperatur, Messgerät-Genauigkeit, vorheriger Belastungszustand beeinflussen Peak-Laktat.
- Diese Näherung misst effektiv die **sichtbare** Laktatakkumulation.

Athletentyp	Typisches VLamax	Wichtige Eigenschaft
Ironman-Profi / Ultra-Ausdauer	≤ 0,4 mmol/L/s	Hohe Fettverbrennung für lange Belastungen
MTB- Marathon **MTB-XCO**	≤ 0,5 mmol/L/s ≥ 0,6 mmol/L/s	Hohe Fettverbrennung Explosive Kraft
Zeitfahrer / Allrounder	0,4 – 0,6 mmol/L/s	Gute Balance zwischen Ausdauer und Power
Straßenrennfahrer	0,5 – 0,7 mmol/L/s	Fähigkeit zu wechselnden Belastungen
Sprinter / Bahnrad	≥ 0,6 mmol/L/s	Hohe explosive Kraft, Sprints

4.4 AS/AeT - Aerobe Schwelle

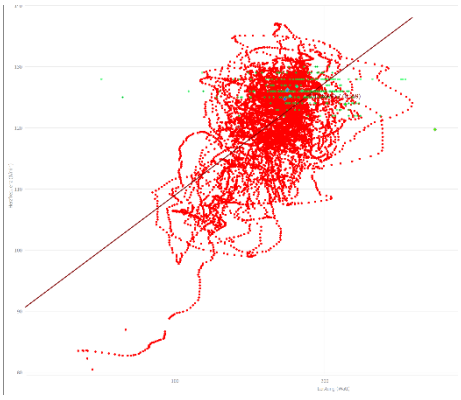
Die Bestimmung der aeroben Schwelle erfolgt in 3 Schritten:

1. Vorschlag aus GoldenCheetah - CP-extended Modell:



2. Verifizierung der vorgeschlagenen Schwelle am Ergometer:

- Steady-State Einheit 120 Minuten (an der aeroben Watt-Schwelle).
- Möglichst gleichmäßige Leistung.
- Möglichst konstante Kadenz.
- Outdoor schwierig, möglichst konstante Verhältnisse nötig.
- Keine Intervalle, keine Unterbrechungen.



3. GoldenCheetah aerobe Schwelle (AS/AeT) anhand eines Scatter Plots

Datenvorbereitung in GodenCheetah:

- Trainingseinheit > Charts → Scatter Plot
- x-Achse: Power (W)
- y-Achse: Heart Rate (bpm)

Interpretation HF<>Watt bzw. Scatter Plot:
AS (y-Achse) / AeT (X-Achse)
Ziel: Punkt finden, an dem Leistung ↔ Herzfrequenz deutlich an Stabilität verlieren → aerobe Schwelle.
a) Niedrige Leistungen (GA1): Enge, relativ lineare Punktwolke → HR reagiert vorhersehbar auf Power → voll aerob.
b) Mit steigender Leistung (GA2) wird die Wolke breiter – HF steigt stärker als Power - Plot zeigt klare Streuung → Hier beginnt der Bereich der AS.
c) Leistungsbereiche oberhalb AS: Punkte verteilen sich deutlich breiter - HF steigt pro Watt deutlich stärker - Die Punktwolke wirkt “aufgefächert”.

Typische Spannbreite der Veränderung

Bei einem Ausgangswert von **HF 130 bpm** kann man – je nach Training – folgende realistische Veränderungen erwarten:

Trainingszustand / Entwicklung	Veränderung über 6–12 Monate
Konstantes, moderates Grundlagentraining	+3 bis +8 bpm
Strukturiertes Ausdauertraining (Polarisation, Umfang + Intervalle)	+5 bis +12 bpm
Sehr ambitioniertes Training (hoher Umfang + gezielte Periodisierung)	+10 bis +15 bpm
Kein oder wenig Training	0 bis –5 bpm

5. Höhentraining

5.1Zusammenfassung nach Weineck (2004):

- Höhentraining für Ausdauersportarten zur Vorbereitung auf einen Wettkampf im Flachland:
  Ausdauerleistungsfähigkeit nimmt im Verlauf des Höhentrainings zunächst ab, steigt dann wieder an und erreicht nach Rückkehr in das Flachland ein erhöhtes Niveau (6-8%).
- Erhöhter Wasserbedarf für Ausdauersportler durch atmungsbedingte Zusatzverluste, ab 2000 m kommt es zur Austrocknung der Schleimhäute, erst nach 3 Wochen kompensiert der Körper diesen Wasserverlust durch verbesserte Schleimhautdurchblutung.
- Abnehmender Sauerstoffpartialdruck reduziert ab 1500 m die maximale Sauerstoffaufnahmefähigkeit pro 1000 hm um 10%.
- Begleiterscheinungen: - Abnahme der analytischen Denkfähigkeit.
  - Veränderung im affektiv-sozialen Persönlivhkeitsbereich (Nervosität, mangelnde Kooperationsbereitschaft…).
  - Abnahme der sensorischen und koordinativen Leistungsfähigkeit.
  - Abnahme der Reaktionsfähigkeit.
  - Schlafstörungen.
  - Erhöhter Ruhepuls, Reduktion auf Normalwerte erst nach Akklimatisation durch längerfristigen Höhenaufenthalt.
  - Erhöhung: Blutvolumen, Hämoglobin, Erythrozyten, Hämatokrit (Anstieg Ery > Anstieg Blutvolumen).
  - Beeinträchtigung der anaeroben Energiebereitstellung (verstärkte Bikarbonatausscheidung der Nieren reduziert die Pufferkapazität des Blutes gegenüber sauren Stoffwechselprodukten.

5.2 Durchführung:

- In den Monaten vor dem Aufenthalt in der Höhe ist auf eine Grundlagen-Ausdauer-Basis (Verbesserung des aeroben Bereiches) zu achten.
- In den letzten Tagen vor dem Höhentraining sollte nur mehr extensiv trainiert werden (niedriger Puls, keine intensiven Belastungen!).
- Tägliche Ruhepulskontrolle für allgemeine Anpassung in der Höhe und Vermeidung von Übertraining!
- 2 bis 3 wöchentlicher Aufenthalt auf 1700 - 2300 m in Vorwettkampfphase bzw. unmittelbare Wettkampfvorbereitung.
- Wiederholtes Höhentraining scheint durch verbesserte Anpassung günstige Auswirkungen zu haben.
- Nach einer einige Tage dauernden Eingwöhnungszeit mit umfangbetontem Training (Block 1) werden intensive Einheiten mit aus dem Flachland gewohnten Einheiten erst in einem 2. Block durchgeführt.
- Wenn möglich Blutwerte checken – Hämatokritwert (bessere Sauerstofftransportfähigkeit) steigt ab dem dritten Tag. Der Laktatwert ist vor allem am Beginn der Anpassung leicht erhöht.
- Aufgrund der verschärften Belastungslage und der herabgesetzten Erholungsfähigkeit ist in der Höhe auf verlängerte Pausen zu achten.
- Beendigung 1-3 Wochen vor geplantem Leistungshöhepunkt:
  - nach einer Reakklimatisierungsphase von etwa 1 Woche (Regenerationswoche) mit einem vorübergehenden Leistungseinbruch erreicht die Leistungsfähigkeit in der 2. und 3. Woche ihr Maximum (beträchtliche individuelle Schwankungen).
  - Achtung: intensive Einheiten in dieser Höhe erfordern im Anschluss unbedingt eine ganze Regenerationswoche.
  - Vorsicht bei der Planung wichtiger Bewerbe.
- Ernährungsrichtlinien: - Kompensation des erhöhten Flüssigkeits- und Elektrolytbedarfes (erhöhter Eisenbedarf).
  - Kohlenhydrate erhöhen (gesteigerter muskulärer Glykogenabbau durch Intensitätssteigerung).
- Im Optimalfall werden die wichtigen Parameter (Laktat, Harnstoff s.u.) kontrolliert.
- Schlafen in der Höhe - Training in tieferen Lagen könnte noch besseren Effekt zeigen.

5.3Auszüge aus Höhentraining (BIRGIT FRIEDMANN / PETER BARTSCH, www.hopoxator.de:

Durch ein Höhentrainings sinkt infolge des fallenden Luftdrucks (in 2500 m Höhe ca. 560 mmHg gegenüber ca. 760 mm auf Meereshöhe) der Sauerstoffpartialdruck und damit auch der arterielle p02 sowie die arterielle Sauerstoffsättigung z.B. in 2500 m Höhe auf ca. 65 mmHg bzw. 91 Prozent gegenüber 90 mmHg und 96 Prozent auf Meereshöhe. Bei der wissenschaftlichen Hypothese hinsichtlich der Wirksamkeit des Höhentrainings zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit im Tiefland, geht man davon aus, dass ein solcher leichter Sauerstoffmangel (Hypoxie) einen zusätzlichen Trainingsstimulus darstellt und/oder dass die Höhenakklimatisation die Leistungsfähigkeit fördert (BÄRTSCH 1997).

Aus diesen Überlegungen ergeben sich drei theoretische Ansätze zum Höhentraining:

1. In der Höhe leben und trainieren
2. Im Tiefland leben und unter Höhenbedingungen trainieren
3. In der Höhe leben und im Tiefland trainieren

Höhenakklimatisation:

Während der ersten ein bis drei Wochen eines Höhenaufenthalts werden durch den ungewohnten Sauerstoffmangel folgende Anpassungsreaktionen im Körper ausgelöst:

- Atmung: schon in den ersten Tagen in der Höhe ist gegenüber dem Tiefland in Ruhe und unter Belastung eine Hyperventilation zu beobachten. Die Angaben über die Steigerung des maximalen Atemminutenvolumens schwanken von durchschnittlich 10 Prozent bis 42 Prozent in Höhen von 1600m bis 4300 m (ADAMS u.a. 1975, BAILEY u.a. 1998, BUSKIRK u.a. 1967, DILL/ADAMS 1971, PUGH 1967; ROSKAMM u.a. 1968).

- Sauerstofftransportkapazität: innerhalb von ein bis zwei Tagen eines Höhenaufenthalts kommt es zu einer Abnahme des Plasmavolumens, wodurch ein Anstieg der Hämoglobinkonzentration sowie des Hämatokrits und damit eine Erhöhung der Sauerstofftransportkapazität bedingt sind (DILL u.a. 1974, HANNON u.a. 1969). Als weitere physiologische Reaktion zur Erhöhung der Sauerstofftransportkapazität wird die Blutneubildung gesteigert. 15 Minuten bis 2 Stunden nach Beginn der Hypoxieexposition steigt die Erythropoietinkonzentration im Blut gefolgt von einer vermehrten Neubildung roter Blutzellen und nachfolgender Ausschüttung aus dem Knochenmark (Retikulozytose) (BERGLUND 1992, KLAUSEN u.a. 1991, MAIR-BÄURL u.a. 1986). Als Resultat können die Erythrozytenmasse und das Gesamtkörperhämoglobin zunehmen; allerdings sind Effekte aufgrund vermehrter Neubildung von Erythrozyten frühestens nach ca. zwei Wochen Hypoxie-Exposition zu erwarten. Um eine Zunahme der Erythrozytenmasse oder des Gesamtkörperhämoglobins feststellen zu können, sind Messungen des Gesamthämoglobins (z.B. CO-Rückatmungsmethode) oder der Erythrozyten-Masse (z.B. Evans-Blau-Methode) notwendig; Bestimmungen der Hämoglobinkonzentration des Hämatokrits reichen nicht aus, da sie wie bereits erwähnt - auch durch Abnahme des Plasmavolumens bedingt sein können. Es wird postuliert, dass ein Aufenthalt von mindestens drei Wochen in mindestens 2500m nötig ist, um einen relevanten Anstieg der Erythrozytenmasse auszulösen (LEVINE/STRAY-GUNDERSEN 1992).
- Eisenmangel: außer Frage steht, dass ein Eisenmangel adäquate Blutneubildung verhindert (STRAY-GUNDERSEN 1992). Es gibt allerdings Hinweise darauf, dass eine prophylaktische Verabreichung von Eisen bei Sportlern ohne Eisenmangel unnötig ist und sich eventuell negativ auswirken kann (FRIEDMANN u.a. 1999).
- Muskulatur: Struktur, Enzymaktivität, Pufferkapazität:
  Über Veränderungen in der Muskulatur nach einem Höhentraining gibt es unterschiedliche Berichte in der Literatur. Übereinstimmung herrscht darin, dass sich die Muskelfaserverteilung nicht verändert.
  Von Veränderungen des Muskelfaserquerschnitts und des Myoglobingehalts existieren unterschiedliche Beobachtungen. Neben einer möglichen Förderung des aeroben Muskelstoffwechsels im Hypoxietraining wurde auch eine Steigerung der lokalen Pufferkapazität des Muskels gefunden (MIZUNO u.a. 1990; SALTIN u.a. 1995), was günstige Auswirkungen auf die bisher bei Untersuchungen zum Höhentraining meist vernachlässigte anaerobe Leistungsfähigkeit haben könnte.

Insgesamt gewinnt man bei der Analyse der verfügbaren Literatur den Eindruck, dass günstige Auswirkungen auf Struktur und Stoffwechsel des Skelettmuskels vor allem dann beschrieben werden, wenn in der Höhe mit gleicher absoluter Belastungsintensität und damit intensiver als im Tiefland trainiert wurde, während bei relativ gleicher Trainingsintensitat diese "Höheneffekte? ausblieben.
Aufgrund der beschriebenen Anpassungsvorgänge besteht kein Zweifel darüber, dass Höhentraining die Leistungsfähigkeit in der Höhe verbessert und als Vorbereitung auf einen Wettkampf in der Höhe unerläßlich ist. Für eine eventuelle Steigerung der Leistungsfähigkeit im Tiefland infolge Höhentrainings kommen nur die unter den Abschnitten "Sauerstofftransportkapazität?, "Muskulatur" beschriebenen Veränderungen in Frage.

Zusammenfassung und Ausblick

Keine der kontrollierten Studien zum klassischen Höhentraining mit Spitzenathleten zeigt eine signifikante Verbesserung der V02max oder der Wettkampfleistung. Hier muss allerdings berücksichtigt werden, dass Leistungssteigerungen bei Spitzenathleten, die im Tiefland bereits maximal trainiert sind, nur noch in einem solch geringen Ausmaß zu erwarten sind, dass zur Erfassung von statistisch signifikanten Effekten wesentlich größere Gruppen untersucht werden müssten. Wenn bei weniger gut trainierten Sportlern eindeutig positive Auswirkungen der Höhenexposition (mit und ohne Training) nachgewiesen werden, liegt die Vermutung nahe, dass ähnliche Effekte auch bei Spitzenathleten erreicht werden können. Auch kann die Frage: "In welcher Höhe und wie lang muss ein Höhentrainingslager sein, um deutliche Verbesserungen zu erzielen ?? nicht abschliessend beantwortet werden.

Fazit

Erfolg oder Misserfolg des Einsatzes von natürlichen und künstlichen Höhenbedingungen im Hochleistungsbereich hängen in erster Linie von dem dabei realisierten Training und seiner Gestaltung ab. Das Höhentraining ist kein Wundermittel, aber eine natürliche Leistungsreservenund eine bedeutende Möglichkeit, neue Trainingsreize zu setzen, wenn die Trainingsgestaltung vor, während und nach dem Höhenaufenthalt beherrscht, die erkannten Prinzipien eingehalten und seine Möglichkeiten im Jahrestrainingsaufbau und im mehrjährigen Verlauf wirksam ausgeschöpft werden. Das Höhentraining ist daher nur als Bestandteil eines auf Spitzenleistungen orientierten Trainingskonzepts sinnvoll, in erster Linie für Sportler in den Langzeit-Ausdauerdisziplinen die nicht in der Höhe leben.
Es empfiehlt sich, mehrjährig orientierte individuelle Höhentrainingskonzepte zu erarbeiten, um systematisch die Potenzen des Höhentrainings für die Leistungssteigerung unter professionellen Trainingbedingungen zu erschließen. Aus trainingswissenschaftlicher Sicht ist das Höhentraining - ausgehend von der gekennzeichneten Zielstellung und aktuellen Erkenntnislage - vordergründig keine medizinisch geprägte Problematik mehr, sondern in erster Linie ein trainingsmethodisch zu bewältigendes Problem. Diese Position gilt vor allem zur Festlegung von Prioritäten für die weitere wissenschaftliche Durchdringung des Höhentrainings. Erkenntnisdefizite bestehen hauptsächlich in der Optimierung der Belastungs- und Regenerationsgestaltung während der gekennzeichneten Hauptphasen des Höhentrainings, eng verbunden mit der Übertragung seiner Effektivitätskriterien auf individuelle Trainingskonzepte im Sinne der Entwicklung und Anwendung individueller Bestlösungen.

Folgerungen für den weiteren Einsatz des Höhentrainings

Die Erhöhung der Wirksamkeit des Höhentrainings unter natürlichen Höhenbedingungen ist durch die Spitzenverbände unbedingt eine gezielte Trainingssteuerung/wissenschaftliche Trainingsbegleitung zu gewährleisten. Sie sollte die Zustandsbestimmungen und nach dem Höhentraining, die Kontrollen zur Beurteilung der Trainingswirkung in den Trainingseinheiten, den Verlauf der Belastung die Regenerationsdynamik sowie die Ernährungsoptimierung umfassen.

Die wissenschaftlichen Untersuchungen zum Höhentraining sind stärker auf eine individuell optimale trainingsmethodische Gestaltung des Höhentrainings mit Sportlern des Hochleistungsbereichs zu konzentrieren und nicht so sehr auf die Wiederholung vielfältiger biologischer Grundlagenuntersuchungen mit wenig trainierten Sportlern.

Literatur

REISS, Manfred, Stellvertretender Leiter der Fachgruppe Ausdauersportarten des Instituts für Angewandte Trainingswissenschaft Leipzig In: Leistungssport Juli 1998, 21-28

Belastungssteuerung im Höhentraining

Alle Maßnahmen der Belastungssteuerung müssen besonders darauf gerichtet sein, die Selbsteinschätzungsfähigkeit und Selbststeuerung der Sportler zu unterstützen. Folgende Maßnahmen wurden in der Höhe erfolgreich erprobt und haben sich für die Steuerung der Belastung bewährt (NEUMANN 1994, SCHMIDT/ HARTMANN 1995, POPOV/ SALTIN 1997):

A: die tägliche Kontrolle der Herzfrequenz-Ruhewerte und des Körpergewichts,

B: die Herzfrequenzkontrolle während des extensiven Grundlagenausdauer- und Kraftausdauertrainings zur Einhaltung des effektiven Trainingsbereichs,

C: die Laktatkontrolle zur Einhaltung des effektiven Trainingsbereichs im intensiven Grund-lagenausdauer- und Kraftausdauertraining,

D: die Kontrolle der Realisierung bewegungstechnischer Anforderungen in den Trainingsprogrammen, die tägliche Kontrolle der Werte von Harnstoff und Kreatinkinase zur Beurteilung der Trainingsreize und des Verlaufs der Erholungsprozesse,

E: die Kontrolle der Ernährungsgewohnheiten der Sportler (Kohlenhydrate, Eiweiße, Flüssigkeit) sowie des Eisenspiegels, um keine Defizite zuzulassen und die Wiederherstellungsprozesse nicht negativ zu beeinflussen.

Es muss beachtet werden, dass unter Höhenbedingungen das subjektive Empfinden der Sportler nicht mit dem bei Absolvierung gleicher Belastungen wie im Flachland übereinstimmt. Belastungen werden in nicht wenigen Fällen, insbesondere von höhenunerfahrenen Sportlern, als geringer eingeschätzt als es z.B. die Parameter für Laktat- und Kreatinkinase anzeigen. Das "Gefühl der Sportler" und das "Auge des Trainers? allein bieten noch keine sichere Basis für das Erreichen der geplanten Wirkung des Höhentrainings. Daher bilden die genannten Steuermaßnahmen notwendige Mittels um die Wirksamkeit des Höhentrainings abzusichern. Eine aussagesichere Kontrolle der Wirkung des Höhentrainings auf die Entwicklung der Ausdauerfähigkeiten sollte frühestens 10 Tage nach Rückkehr aus der Höhe vorgenommen werden. Erst zu diesem Zeitpunkt ist mit einem stabilen Zustand des Organismus zu rechnen,

Periodisierung

Die Einordnung des Höhentrainings in den Jahrestrainingsaufbau muss vor allem die Durchsetzung des Prinzips der ansteigenden Trainingsbelastung, eine Trainingsreizerhöhung im Jahresverlauf unterstützen. Es erweist sich deshalb als zweckmäßig, das Höhentraining als Belastungsschwerpunkt, als eine Art Gipfelbelastung im jeweiligen Mesozyklus, einzusetzen. Besonderes "Fingerspitzengefühl" in der methodischen Gestaltung erfordert das Höhentraining, wenn es im Abschnitt der unmittelbaren Vorbereitung von Wettkampfhöhepunkten eingesetzt werden soll. Als langjährig erprobt gilt für die Kurzzeitausdauer- und die Mittelzeitausdauerdisziplinen der Einsatz des Höhentrainings im Rahmen einer etwa 6wöchigen unmittelbaren Wettkampfvorbereitung. Für die Langzeitausdauerdisziplinen dagegen erwiesen sich längere Abschnitte bis zu 10 und mehr Wochen als effektiv. Damit ist in erster Linie beabsichtigt, vorangegangene hohe Wettkampfbelastungen zu transformieren, sowie das Niveau der Grundlagenausdauer- und Kraftausdauerfähigkeiten weiter auszubauen, um Potenzen für eine Leistungssteigerung zum Wettkampfhöhepunkt zu schaffen. Durch ein Zwischenwettkampftraining können, auch unter Nutzung von Höhenbedingungen, vorangegangene Wettkampfbelastungen transformiert, die Regeneration stärker betont und die aerobe Ausdauer stabilisiert werden. Einzelne Trainingsreize im Wettkampfausdauerbereich erhalten die notwendige wettkampfspezifische Aktivierung. Der Einsatz des Höhentrainings in einem Abschnitt der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung erfordert zwingend entsprechende Erfahrungen zur Wirkung des Höhentrainings und seiner individuellen Verträglichkeit. Die Häufigkeit des Einsatzes des Höhentrainings im Jahr sollte von einer mehrjährigen Strategie bestimmt werden, die auf eine mehrjährige Steigerung des Höhentrainingsreizes abzielt.

Folgende Schritte sollten einem mehrjährigen Vorgehen zugrunde gelegt werden: Höhentrainingseinsteiger beginnen mit einer dreiwöchigen Erprobung in einem Trainingsabschnitt der betonten Grundlagenausdauer- und Kraftausdauer-Entwicklung. Ein Zweimaliges Höhentraining im Jahr, davon einmal während der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung, sollte dann eingesetzt werden, wenn bereits ausbaufähige Anschlussleistungen zur Weltklasse erzielt wurden. Für Weltklassesportler ist ein drei- und mehrmaliges Höhentraining im Jahr bis zur "Höhentrainingskette? anzustreben. Dabei kann auch die Nutzung verschiedener Höhenstufen und Höhenbedingungen im Jahr und während eines Höhenaufenthalts eingeplant werden.

Methodische Prinzipien

Eine zentrale Aufgabenstellung für das Höhentraining ist die Entwicklung des Komplexes der disziplinspezifischen aeroben und aerob/anaeroben Ausdauer- und Kraftausdauerfähigkeiten sowie der Schnelligkeitsmotorik. Zu erreichen ist das durch eine Kopplung von Grundlagenausdauertraining mit Kraftausdauertraining und Schnelligkeitstraining in Trainingseinheiten, Trainingstagen und Mikrozyklen. Das gilt für diesen Trainingsakzent sowie für den ersten Teil jedes Höhentrainings.

Auch in der Gestaltung der Mikrozyklen sind gegenüber dem Flachland keine prinzipiellen Veränderungen notwendig. Im extensiven Dauer- und Intervalltraining bedarf es keiner Abstriche an der Streckenlänge, der Häufigkeit der Wiederholungen. Die Trainingsgeschwindigkeit dagegen muss aufgrund des niedrigeren aktuellen aeroben Ausdauerniveaus unter Höhenbedingungen reduziert werden, gleichzeitig ist es notwendig, die Pausendauer zwischen den Wiederholungen innerhalb einer Trainingseinheit um ein Viertel bis ein Drittel zu verlängern, damit die geplante Trainingswirkung erreicht wird. Die Summe der anaerob-laktaziden Trainingsanteile sollte im Höhentraining gering gehalten werden und - wenn in der zeitlichen Nähe zu Wettkämpfen (wie in den Kurzzeitausdauer- und Mittelzeit - Ausdauerdisziplinen geplant - im letzten Drittel des Höhenaufenthaltes sehr dosiert eingeordnet werden. Es empfiehlt sich, das Training der Schnelligkeitsausdauer und Wettkampfausdauer unter Höhenbedingungen für die Kurzzeitausdauer-, Mittelzeitausdauer- und Langzeitausdauerdisziplinen bis 30 Minuten Wettkampfdauer auf kurzen Strecken mit Geschwindigkeiten im Renntempo des Wettkampfs und schneller durchzuführen. Damit wird das Tempogefühl geschult, die Beherrschung der hohen Geschwindigkeiten systematisch vorbereitet und vor allem wettkampfnah bewegungstechnisch trainiert. Längere Trainingsstrecken bei laktaziden Anforderungen führen relativ schnell zum Abbau der Reserven und führt zu einer negativen Beeinträchtigung der aeroben Prozesse.

Für die Langzeitausdauerdisziplinen mit einer Wettkampfdauer von über 30 Minuten ist es in Vorbereitung auf Wettkämpfe notwendig, das Wettkampfausdauertraining mit Geschwindigkeiten über 90 Prozent des Renntempos des Wettkampfs bereits ab der zweiten Hälfte des Höhenaufenthalts mit einem zunehmenden Anteil einzusetzen. Zu beachten ist, dass intensive kurzzeitige Belastungen bis zu 60 Sekunden Dauer in der Höhe wegen des geringeren Luftwiderstands im Vergleich zum Flachland bevorteilt sind.

Die Hauptphase der Leistungsausprägung durch Schnelligkeitsausdauer- und Wettkampfausdauertraining ist unter Nutzung des "Nachhöheneffekts“ generell unter Flachlandbedingungen mit wettkampfnahen Strecken, sogenannten Aufbauwettkämpfen durchzuführen. Diese Trainingsphase sollte ca. 3 Wochen vor dem Hauptwettkampf beginnen. In der Gestaltung der Mikro- und Mesozyklen ist darauf zu achten, dass ein inhaltlich klar ,überschaubares, akzentuiertes Training in der geplanten Hauptwirkung gesichert wird. Vor allem sollte eine Vermischung von Grundlagenausdauer- und Kraftausdauertraining zur Entwicklung der aeroben Leistungsfähigkeit mit größeren Umfängen anaerob - laktaziden Trainings vermieden werden. Ein solches "Mischtraining“ überdeckt und vermindert die Anpassungseffekte. Es erweist sich auch in der Höhe als Vorteil, nach intensiven Belastungen aerobe Ausdauertrainingsblöcke einzuschieben. Gleichermaßen bedürfen konzentrierte Belastungsphasen noch zwingender als im Flachland der Kopplung mit Phasen konzentrierter Entlastung und Regeneration (MARTIN 1994, SUSLOV 1994, NIKONOROV 1997).

Untersuchungen weisen darauf hin, dass die Nichtbeachtung der genannten Prinzipien zu erheblichen Einschränkungen in der Wirkung des Höhentrainings führen kann. Bei falschem Training in der Höhe ist mit noch nachhaltigeren negativen physischen und auch psychischen Auswirkungen als im Flachland zu rechnen, die über mehrere Wochen anhalten können und wo die Sportler sich „total von der Rolle" fühlen. Besonders entwicklungshemmend wirken in erster Linie - die Aufnahme des Höhentrainings mit einem instabilen Gesundheitszustand sowie einem individuell niedrigen Ausgangsniveau der aeroben Ausdauer, der zu häufige Einsatz intensiver, insbesondere laktazider Belastungen in der Höhe, die Nichtbeachtung der spezifischen Erfordernisse der Akklimatisations- und Re-Akklimatisationsphase,
die nicht ausreichende Regeneration zwischen hohen Belastungen sowie eine der Belastung unter Hypoxie nicht adäquate Ernährung.

Häufigste Ursachen für die nicht eingetretene Entwicklung waren:

- eine zu intensive Trainingsbelastung in Höhe,
- eine zu hohe Belastung gegenüber der bisher im Flachland realisierten,
- eine nicht Ausreichende Regeneration zwischen den Belastungen sowie aufgetretene Infekte.

Methodische Reihenfolge

Feste methodische Reihenfolge der Trainingsaufgaben in der Höhe: die Gestaltung des Gesamtabschnitts des Höhentrainings muss eine klare methodische Reihenfolge bei der Lösung oben genannter Trainingsaufgaben einhalten, um wirkungsvoll zu sein. Folgende Schritte für das Vorgehen lassen sich verallgemeinern:

1. Die Anreise in die Höhe muss in gutem konditionellen Zustand, vor allem guten aeroben Leistungsniveau und Gesundheitszustand erfolgen. In den 2 bis 3 Tagen vor der Anreise sollten keine hohen intensiven Belastungen absolviert werden.
2. Die Gestaltung des ersten Teils des Höhenaufenthalts erfordert eine Verbindung von aeroben mit niedrig aerob-anaeroben Grundlagenausdauertraining zur Steigerung der aeroben Ausdauerfähigkeiten. Bis zu 50 Prozent dieses Trainings sollten als kraftbetontes Grundlagenausdauertraining, also mit höheren Widerstanden wie Berganstrecken, Zusatzgewichten etc. realisiert werden.
Dieser Aufgabe zuzuordnen ist ein schnelligkeitsmotorisches Training, insbesondere für die Kurzzeitausdauer- und Mittelzeitausdauerdisziplinen.
3. Der zweite Teil des Höhentrainings ist durch eine Verlagerung des Anteils im aerob/anaeroben Grundlagenausdauertraining in höhere Geschwindigkeitsbereiche (90 bis 100 Prozent des Renntempos) und die Kombination mit Schnelligkeitsausdauertraining zur Vorbereitung der Wettkampfausdauerbelastungen gekennzeichnet.
4. Abgeschlossen werden sollte das Höhentraining mit einem ein- bis zweitägigen aeroben Trainingsblock.
5. Die Gestaltung der ersten sieben Tage nach Rückkehr aus der Höhe muss von aerob und aerob/anaeroben Grundlagenausdauertraining sowie Schnelligkeits- und Schnelligkeitsausdauertraining geprägt sein. Es sollten keine hohen laktaziden Belastungen eingesetzt werden.

Gezielte Nutzung des Höheneffekts im Wettkampf

Gezielte Ausnutzung des Höheneffekts für die Steigerung der Leistungsfähigkeit im Training bzw. zur Leistungsausprägung für die Wettkämpfe. Sie beginnt nach einem 3- bis 4wöchigen Höhentraining zwischen dem 7. und dem 10. Tag nach der Rückkehr ins Flachland, wenn die Belastungsgestaltung nach den oben genannten Prinzipien erfolgte. Die leistungssteigernde Wirkung des Höheneffekts kann bis zu 30 und mehr Tage (in Abhängigkeit von der Dauer des Höhentrainings) anhalten.

Im Unterschied zum Einsatz des Höhentrainings für die Leistungssteigerung im Flachland sollte die Trainingsstruktur für eine effektive Vorbereitung von Wettkämpfen in der Höhe folgende spezielle Merkmale aufweisen:

Voraussetzung und notwendige Eingangsgröße für eine erfolgreiche Vorbereitung von Wettkämpfen in der Höhe ist die Ausprägung eines hohen Niveaus der komplexen Leistungsfähigkeit unter Flachlandbedingungen 2 bis 3 Wochen vor dem "Höhenwettkampf". Diesem Trainingsabschnitt sollte eine Höhentrainingskette von 2 bis 4 Höhenaufenthalten im Jahr vorausgehen. Für eine möglichst nahe an den individuellen maximalen Möglichkeiten liegenden Wettkampfleistung unter Höhenbedingungen ist eine 2- bis 3wöchige Anpassung an die konkreten Höhen- und klimatischen Bedingungen des Wettkampfortes notwendig. Sie kann um so wirkungsvoller sein, je höhentrainingserfahrener und aktuell höhentrainierter die Sportler sind.

Die Trainingsstruktur sollte durch folgende Akzente gekennzeichnet sein:

- ca. 4 bis 6 Tage Akklimatisation an die Höhen- und klimatischen Bedingungen,
- 8 bis 10 Tage zur Aktivierung und Stabilisierung des erreichten komplexen Leistungsniveaus vorwiegend durch aerobes Grundlagenausdauertraining sowie einzelne aerob/ anaerobe Grundlagenausdauer-, Schnelligkeitsausdauer- und Wettkampfausdauerbelastungen mit Wettkampfgeschwindigkeiten auf kurzen Strecken. Wichtig ist, dass keine hohen laktaziden Auslenkungen zugelassen und Reserven im Training aufgebaut werden
- ca. 4 bis 6 Tage gezielte individuelle Wettkampfvorbereitung mit Herstellung einer ausgeprägten psycho-physischen Frische bei mittleren aeroben Trainingsbelastungen und einzelnen Wettkampfausdauer-Belastungen zur Aktivierung der Funktionssysteme. Für den Erfolg jedes Höhentrainings ist es wichtig, dass eine optimale, den Erfordernissen der Höhenbedingungen entsprechende und Darmkrankheiten vorbeugende Ernährung und Ernährungsdisziplin, dem erhöhten Eisen- und Vitamin C-Bedarf Rechnung getragen, sowie eine umfassende Infektionsprophylaxe gesichert wird.

Grundstrukturen des Trainingsaufbaus

Die effektive Gestaltung des Höhentrainings erfordert die Einhaltung einer festen Grundstruktur im Trainingsaufbau, differenziert für Leistungssteigerung im Flachland und für die Vorbereitung von Wettkämpfen in der Höhe. Diese Grundstruktur umfasst fünf Phasen:

- Vorbereitung: die 4- bis 6tägige Vorbereitungsphase auf das Höhentraining Sie beinhaltet eine Gesundheitsüberprüfung die Kontrolle des aeroben Ausdauerniveaus. Das Training in dieser Phase sollte vorwiegend auf aerobe Ausdauerbelastungen konzentrieren. Hohe, vor allem intensive Trainings- und Wettkampfbelastungen, deren Regeneration eine längere Zeit in Anspruch nimmt und daher die Anpassung an die Höhe erschweren kann, sind zu vermeiden.
- Akklimatisation: die 4- bis 6tägige Phase der Akklimatisation an die Höhenbedingungen beinhaltet vorwiegend extensive anaerobe Grundlagenausdauerbelastungen als allgemeine, semispezifische und spezifische Belastungen sowie schnelligkeitsmotorische Anforderungen keinesfalls hohe intensive Belastungen, die mit größeren laktaziden Reaktionen verbunden sind und die Akklimatisation verzögern.
- Hauptbelastungsphase unter Höhenbedingungen: sie sollte bei einem 3- bis 4wöchigen Höhenaufenthalt zwei Belastungsschwerpunkte von jeweils 8 bis 10 Tagen umfassen. Diese sind jeweils 2 bis 3 Regenerationstagen mit vorwiegend aeroben Training zu kombinieren, um die Belastungsvorbereitung zu unterstützen. Ein Überziehen der Belastung ist zu vermeiden und die Rückanpassung an die Flachlandbedingungen zu erleichtern.
- Re-Akklimatisation an die Flachlandbedingungen: ihre Dauer differiert individuell zwischen 5 und 10 Tagen und ist von einem aktuell instabilen psycho-physischen Zustand begleitet. Haupttrainingsinhalte sind das aerobe und aerob/anaerobe Ausdauertraining sowie das Schnelligkeits- und Schnelligkeitsausdauertraining mit mittleren Trainingsumfängen.

Individuelle Voraussetzungen für ein Höhentraining

Die Wirksamkeit eines Höhentrainings hängt in nicht unerheblichem Maße von individuellen Voraussetzungen ab. Wichtig ist es dabei, sich darüber im klaren zu sein, dass nur bestimmte physiologische Stärken wie z.B. individuelle Hämoglobinwerte an der oberen Grenze des bekannten Normbereichs Vorteile für das Training in der Höhe bringen.

Negativ für eine Höhenanpassung können nach Aussagen von ALTIN (1988) Sportler reagieren, deren Leistungsfähigkeit des Herzens auf Meereshöhe größer ist als die Lungen an Sauerstoff transportieren können. D.h., dass diese Sportler bereits im Flachland einen geringeren Sauerstoffgehalt im Blut haben und ihre Lungen in der Nähe des oberen Grenzwerts arbeiten. Diese Sportler können daher die Höhe schlechter vertragen als andere.

5.4 Intermittierendes Hypoxietraining:

IHT Aktiv

Performance Balance I – Train high

Hypoxietrainingsprogramme für Athleten

Prinzip und Zielgruppe:

Dieses Trainingsprinzip richtet sich an Athleten aus dem Ausdauerbereich, die über ein gutes Leistungsvermögen verfügen. Im Jahresaufbau ist dieser Trainingsblock in der Entwicklung der Grundlagenausdauer unterzubringen.

Höhen:

2500m-3000m

Physiololgisches Ziel:

Erhöhung des aerob-anaeroben Potentials der Zelle, Verbesserung der Ventilation, Aktivierung der Erythropoese

Methodik:

Das Hypoxieprogramm besteht aus insgesamt 12-15 Einheiten. Es sollten nach Möglichkeit zwischen den Trainingseinheiten keine längeren Unterbrechungen sein (maximal 3 Tage). Sehr gut Trainierte können die Einheiten ohne Pausentag durchführen. Die ersten 3-4 Einheiten sollten „enbloc" (z.B. Mo-Di-Mi-Do.) durchgeführt werden. Genutzt wird das Ergometer oder Laufband. Sehr gut Trainierte können die Einheiten bis auf 150 Minuten ausdehnen.

Dauer, Intensität und Pausengestaltung wie folgt

Einheiten	Höhe	Belastungsdauer	Belastungsform	Intensität
1-4	2500m	45 min	Dauer	75-85%HFmax
5-7	2500m	60 min	Dauer	75-85%HFmax
8-10	2700m	90 min	Dauer	75-85%HFmax
11-13	3000m	60 min	Dauer	75-85%HFmax
14-15	3000m	90 min	Dauer	75-85%HFmax

Sauerstoffsättigung

Die Sauerstoffsättigung sollte bei 2500m nicht unter 86% und bei 3000m nicht unter 82% absinken.

Trainingszyklus:

Nach dem Trainingsprogramm von 15 Tagen folgt eine Erholung von der Hypoxie von ca. 6-10 Wochen.

Regeneration auf NN:

Dem aktiven Höhenblock sollte ein extensiver Ausdauertrainingsblock folgen, sodass der Körper genügend Zeit für die Regeneration hat.

Performance Balance IV - IHT & Train low

Hypoxietrainingsprogramme für Athleten

Prinzip und Zielgruppe:

Dieses Trainingsprinzip richtet sich an Athleten aus dem Ausdauersport, aber auch anderer Sportarten wie z.B. der Spielsportarten. Es basiert auf den Erfahrungen von Prof. Burtscher et. al an der Universität Innsbruck. Dieses Protokoll zeigte bei hochausdauertrainierten Läufern (VO_2max = 70 ml/kg) signifikante Verbesserung der Bewegungsökonomie. Weiterführende Studien der Höhenbalance zeigten deutlich verbesserte Energiesubstratbereitstellung.

Physiologisches Ziel:

Aktivierung der Herzkreislauffunktion (Herzfrequenz/Blutdruck), Verbesserung der Atemantwort, erhöhte Anteile des Fettstoffwechsels (Ketonkörperbildung als zusätzliches Energiesubstrat)

Methodik:

Es werden 3 Einheiten pro Woche angesetzt mit einer Dauer von jeweils 60 Minuten. Man genießt die sauerstoffreduzierte Luft passiv sitzend; mit Maske hört Musik oder relaxed. Die Einheiten sollen mind. 3 Stunden vor dem aktiven oder 2 Stunden nach dem aktiven Training erfolgen

Dauer, Intensität und Pausengestaltung wie folgt

Einheiten	Höhe	Belastungsdauer	Belastungsform	Sauerstoffsättigung
1. Woche	4000m	60min	Dauer	88%
2. Woche	4400m	60min	Dauer	80%
3. Woche	4800m	60min	Dauer	78%
4. Woche	5400m	60min	Dauer	75%

5.5 Literatur:

https://www.hoehenbalance.de/studien-wissenschaft/

Pupiš, M. et al.: The effects of intermittent training on aerobic capacity... Acta Kinesiologica 5 (2011) 2: 48-52 48
THE EFFECTS OF INTERMITTENT HYPOXIC TRAINING ON AEROBIC CAPACITY AND BLOOD COMPONENTS OF ENDURANCE ATHLETES
Martin Pupiš[1], Zuzana Tonhauserová[1] and 5DWNR3DYORYLüð [1] Department of Physical Education and Sport, Matej Bel University, Banská Bystrica, Slovakia [2] Faculty of Physical Education and Sport, East Sarajevo, Bosnia & Herzegovina Original scientific paper Abstract Aim: The aim of this paper was to evaluate the influence of a three-week intermittent hypoxic training (IHT) on endurance athletes´ organism from the point of haematological parameters, aerobic capacity and aerobic efficiency of the organism. Methods: 7 athletes (4 Б, 3Б) aged 23 – 32 years who practice on a daily basis participated on the research. These athletes completed a 21 – 25-day IHT with three days (every seventh day) without hypoxia. They performed the IHT at rest, which means 90 min before and after the IHT they were not exposed to load. Within the IHT training days the monitored athletes were exposed to hypoxia during the first 6 days for 60 min and every day another 5 min were added up until the 90 min exposure duration was achieved at the end, for the interval of 6 min of hypoxia + 3 min of normoxia (10 repeats at the end altogether). During the IHT the athletes were exposed to a hypoxia on the level of 14 – 8 % O2 concentration in the air (corresponding to the altitude of 3500 – 7000 a.s.l.). The oxygen saturation of the blood (SpO2) during the first week was in a diapason of 90 – 85% and from the second week on decreased down to the level of 75%. Results: Due to the IHT the increase of reticulocytes was observed, the increase was from 5,86 ‰ to 8,14 ‰, which in the absolute expression means the increase of 28,1%. Increase from 3,5 to 4,7 % was also measured in the case of erythrocytes, haemoglobin, and hematocrit. In the case of VO2max, VO2max.kg-1, VO2max at ANT, and VO2max.kg-1 at ANT the increase dispersal was between 7,3 – 9,8%. In all observed parameters there was a significant increase (P<0,01).

Conclusion:
On the basis of our findings we consider a threeweek IHT as an appropriate means of endurance development (development of aerobic capacity, efficiency and improvement of blood quality from the point of transport capacity of O2) of athletes. From the point of the IHT realization an effective way seems the exposure to hypoxia on the level of 14 – 8 % of the oxygen content in the air (equivalent to the altitude of 3500 – 7000 m a.s.l), and the blood saturation with the oxygen (SpO2) during the first week should be in a diapason of 90 – 85% and from the second week on decreased down to the level of 75%. Due to such an IHT the raise of reticulocytes was observed, the increase was from 5,86 ‰ to 8,14 ‰, which in the absolute expression means the increase of 28,1%. Increase from 3,5 to 4,7 % was also measured in the case of erythrocytes (3,5%), haemoglobin (3,7 %), and hematocrit (4,7 %). In the case of VO2max, VO2max.kg-1 , VO2max at ANT, and VO2max.kg-1 at ANT the increase dispersal was between 7,3 – 9,8%. Pupiš, M. et al.: The effects of intermittent training on aerobic capacity... Acta Kinesiologica 5 (2011) 2: 48-52 51 From the point of endurance performance for the most important we consider the VO2max at ANT indicator where we measured the increase from 88,9 % of the absolute expression to 89,95 % of the absolute expression of the maximum oxygen consumption. The maximum oxygen consumption increased by 8,9 %, VO2max at ANT for 8,4 % and VO2max.kg-1at ANT for 9,8%.

Michael Vogt, Martin Flück, Hans Hoppeler „Living low – Training high“:

ZUSAMMENFASSUNG

Höhentraining ist im Ausdauersport sehr populär. Einerseits werden durch den Höhenreiz Leistungsverbesserungen erwartet, andererseits machen Wettkämpfe in der Höhe eine Höhenvorbereitung unverzichtbar. Ausdauerathleten reagieren bezüglich Leistungsfähigkeit sehr unterschiedlich auf akute Höhenexposition und das Training in der Höhe. Sie zeigen in der Höhe eine mehr oder wenig hohe Abnahme der maximalen Sauerstoffaufnahme. Deshalb entwickelten sich in den letzten Jahren aus der klassischen Höhentrainingsform verschiedene Formvarianten. Neben „Living high – Training low“, welche vor allem auf eine Verbesserung der Sauerstofftransportkapazität des Herzkreislaufsystems zielt, findet die Form „Living low – Training high“ immer mehr Beachtung. Dabei wird unter künstlichen oder natürlichen Höhenbedingungen trainiert, während man in der trainingsfreien Zeit in Normalhöhe weilt. Mehrere Studien belegen, dass mit dieser Trainingsform sowohl die maximale Sauerstoffaufnahme als auch die aerobe und anaerobe Leistungsfähigkeit verbessert werden kann. Mit molekularen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass der Hypoxie induzierbare Transkriptionsfaktor HIF-1 als Mastergen in zellulären Anpassungsprozessen unter hypoxischen Bedingungen operiert. Wir finden im Skelettmuskel, dass bei „Living low – Training high“ die Induzierung von Genen des glykolytischen Stoffwechsels, des Kapillarwachstumsfaktors VEGF und des Myoglobins sowie eine Zunahme der Kapillarisierung und der Mitochondriendichte parallel einhergehen mit der Induzierung des HIF-1 Systems. Diese Anpassungen bewirken im trainierten Skelettmuskel eine Verschiebung des Stoffwechsels in Richtung vermehrter Oxidation von Kohlenhydraten sowie optimierte Bedingungen für den Transport und die Nutzung des Sauerstoffs. Je nach Sportart können mit unterschiedlichen Trainingsprotokollen, welche das Konzept „Living low – Training high“ zu Grunde haben, diese muskulären Anpassungen trainiert bzw. zur Leistungssteigerung genutzt werden.

TRAININGSEMPFEHLUNGEN

Aufgrund der beobachteten Anpassungen kann Hypoxietraining nach dem Prinzip „Living low – Training high“ eine Möglichkeit für Athleten sein die Leistungsfähigkeit im Hinblick auf Wettkämpfe in der Höhe und im Flachland zu verbessern. Wir gehen davon aus, dass vor allem Athleten von dieser Trainingsform 9 profitieren, welche beim Höhentest nur eine geringe Abnahme der Sauerstoffsättigung zeigen. Die Athleten können unter simulierten hypoxischen Bedingungen unter Benützung eines portablen Sauerstoffverdünnungsgerät (Altitrainer200R , SMTEC, Chatelaine, Schweiz) trainieren. Möglich ist auch die Benutzung von Druckkammern oder kurzfristige Aufstiege in natürliche Höhen bei sofortigem Wiederabstieg nach Trainingsende. Es gibt Hinweise, dass die erwarteten Effekte auf Höhen unter 2500m nicht in demselben Umfang erreicht werden (19). Wir empfehlen deshalb Trainingshöhen zwischen 2500 und 3200m. Aufgrund unserer molekularen Untersuchungen gehen wir davon aus, dass das Hypoxietraining eher intensiv gestaltet werden soll. Hingegen hat Meeuwsen (20) gezeigt, dass mit weniger intensiven aber längeren Trainingseinheiten sehr positive Effekte auf die aerobe und anaerobe Leistungsfähigkeit erreicht werden können. Gerade in technisch komplexen Ausdauersportarten ist es aber nicht von Vorteil, den gesamten Trainingsumfang auf einer stationären Trainingseinrichtung, wie beispielsweise einem Fahrradergometer oder einem Laufband zu absolvieren. Unsere Trainingsprotokolle zielen deshalb darauf ab, dass die Athleten nur einen kleinen Teil ihres Trainings unter hypoxischen Bedingungen durchführen, um damit einen organischen Effekt zu erzielen ohne dabei Einbussen im technisch-koordinativen Bereich zu erleiden. Im Gegensatz dazu arbeitete Meeuwsen mit Elite-Radfahrern und wählte deshalb ein Protokoll, in welchem alle Trainingseinheiten durch das Hypoxietraining ersetzt wurden. Tabelle 1 gibt einen Ueberblick zur Trainingsmethodik dieser zwei Trainingsprotokolle. Aus einer Studie mit Radfahrern haben wir Hinweise, dass Hypoxietraining, wenn auch nur dreimal wöchentlich durchgeführt, eine hohe körperliche Belastung darstellt und Ermüdungssymptome hervorrufen kann (30). Ausreichende Erholungsmassnahmen sind deshalb von grosser Bedeutung. Andere intensive Trainingseinheiten neben dem Hypoxietraining werden oft nicht verkraftet. Werden diese Punkte nicht beachtet, können kurzfristige Ueberbelastungszustände oder gar Uebertrainingsymptome die Folge sein. Bei der Durchführung von Hypoxietraining ist ferner auf eine qualitativ hochstehende Ernährung zu achten. Insbesondere in der unmittelbaren Erholungsphase nach einer Trainingseinheit kann eine kohlenhydratund proteinreiche Diät die Anpassungsprozesse positiv beeinflussen. Wie bei allen Höhentrainingsformen müssen die körpereigenen Eisenspeicher vor Trainingsbeginn gut aufgefüllt sein. Schliesslich sollte ein solches Training nur im erholten und gesunden Zustand aufgenommen werden.

J Sports Sci. 2019 Jun;37(11):1235-1241. doi: 10.1080/02640414.2018.1554177. Epub 2018 Dec 17.

The effects of 4 weeks normobaric hypoxia training on microvascular responses in the forearm flexor.

Fryer S, Stone K, Dickson T, Wilhelmsen A, Cowen D, Faulkner J, Lambrick D, Stoner L

Abstract: Intermittent exposure to hypoxia can lead to improved endurance performance. Currently, it is unclear whether peripheral adaptions play a role in improving oxygen delivery and utilization following both training and detraining. This study aimed to characterize skeletal muscle blood flow (mBF), oxygen consumption ($m\dot{V}O_2$), and perfusion adaptations to i) 4-weeks handgrip training in hypoxic and normoxic conditions, and ii) following 4-weeks detraining. Using a randomised crossover design, 9 males completed 30-min handgrip training four times a week in hypoxic (14% FiO_2 ~ 3250m altitude) and normoxic conditions. mBF, $m\dot{V}O_2$ and perfusion were assessed pre, post 4-weeks training, and following 4-weeks detraining. Hierarchical linear modelling found that $m\dot{V}O_2$ increased at a significantly faster rate (58%) with hypoxic training(0.09 $mlO_2 \cdot min^{-1} \cdot 100g^{-1}$ per week); perfusion increased at a significantly (69%) faster rate with hypoxic training (3.72 μM per week). mBF did not significantly change for the normoxic condition, but there was a significant increase of 0.38 $ml \cdot min^{-1} \cdot 100ml^{-1}$ per week (95% CI: 0.35, 0.40) for the hypoxic condition. During 4-weeks detraining, $m\dot{V}O_2$ and perfusion significantly declined at similar rates for both conditions, whereas mBF decreased significantly faster following hypoxic training. Four weeks hypoxic training increases the delivery and utilisation of oxygen in the periphery.

Biol Sport. 2018 Mar;35(1):49-56. doi: 10.5114/biolsport.2018.70751. Epub 2017 Oct 11.

Intermittent hypoxic training for 6 weeks in 3000 m hypobaric hypoxia conditions enhances exercise economy and aerobic exercise performance in moderately trained swimmers.

Park HY, Shin C, Lim K.

Athletic endurance performance at sea level can be improved via intermittent hypoxic training (IHT). However, the efficacy of IHT for enhancement of aerobic exercise performance at sea level is controversial because of methodological differences. Therefore, the aim of the study was to determine whether the IHT regimen ameliorates exercise economy and aerobic exercise performance in moderately trained swimmers. A total of 20 moderately trained swimmers were equally assigned to the control group (n=10) training in normoxic conditions and the IHT group (n=10) training at a simulated altitude of 3000 m. They were evaluated for metabolic parameters and skeletal muscle oxygenation during 30 min submaximal exercise on a bicycle, and aerobic exercise performance before and after 6 weeks of training composed of aerobic continuous exercise set at 80% maximal heart rate (HRmax) during 30 min and anaerobic interval exercise set at the exercise load with 90% HRmax measured in pre-test during 30 min (10 times 2 min exercise and 1 min rest). According to the results, the IHT group demonstrated greater improvement in exercise economy due to decreases in VO2 (p=.016) and HHb (p=.002) and increases in O2Hb (p<.001) and TOI (p=.006). VCO2 was decreased in the IHT group (p=.010) and blood lactate level was decreased in the control (p=.005) and IHT groups (p=.001). All aerobic exercise performance including VO2max (p=.001) and the 400 m time trial (p<.001) were increased in the IHT group. The present findings indicate that the 6 week IHT regime composed of high-intensity aerobic continuous exercise and anaerobic interval exercise can be considered an effective altitude/hypoxic training method for improvement of exercise economy and aerobic exercise performance in moderately trained swimmers.

Biol Sport. 2018 Mar;35(1):39-48. doi: 10.5114/biolsport.2018.70750. Epub 2017 Oct 11.

Comparison of the effect of intermittent hypoxic training vs. the live high, train low strategy on aerobic capacity and sports performance in cyclists in normoxia.

Czuba M, Fidos-Czuba O, Płoszczyca K, Zając A, Langfort J.

The aim of the study was to compare the effect of intermittent hypoxic training(IHT) and the live high, train low strategy on aerobic capacity and sports performance in off-road cyclists in normoxia. Thirty off-road cyclists were randomized to three groups and subjected to 4-week training routines. The participants from the first experimental group were exposed to normobaric hypoxia conditions (FiO2 = 16.3%) at rest and during sleep (G-LH-TL; n=10; age: 20.5 ± 2.9 years; body height 1.81 ± 0.04 m; body mass: 69.6 ± 3.9 kg). Training in this group was performed under normoxic conditions. In the second experimental group, study participants followed an intermittent hypoxic training (IHT, three sessions per week, FiO2 = 16.3%) routine (G-IHT; n=10; age: 20.7 ± 3.1 years; body height 1.78 ± 0.05 m; body mass: 67.5 ± 5.6 kg). Exercise intensity was adjusted based on the lactate threshold (LT) load determined in hypoxia. The control group lived and trained under normoxic conditions (G-C; n=10; age: 21.8 ± 4.0 years; body height 1.78 ± 0.03 m; body mass: 68.1 ± 4.7 kg; body fat content: 8.4 ± 2.4%). The evaluations included two research series (S1, S2). Between S1 and S2, athletes from all groups followed a similar training programme for 4 weeks. In each research series a graded ergocycle test was performed in order to measure VO2max and determine the LT and a simulated 30 km individual time trial. Significant (p<0.05) improvements in VO2max, VO2LT, WRmax and WRLT were observed in the G-IHT (by 3.5%, 9.1%, 6.7% and 7.7% respectively) and G-LH-TL groups (by 4.8%, 6.7%, 5.9% and 4.8% respectively). Sports performance (TT) was also improved (p<0.01) in both groups by 3.6% in G-LH-TL and 2.5% in G-IHT.

Significant changes (p<0.05) in serum EPO levels and haematological variables (increases in RBC, HGB, HCT and reticulocyte percentage) were observed only in G-LH-TL. Normobaric hypoxia has been demonstrated to be an effective ergogenic aid that can enhance the exercise capacity of cyclists in normoxia. Both LH-TL and IHT lead to improvements in aerobic capacity. The adaptations induced by both approaches are likely to be caused by different mechanisms. The evaluations included two research series (S1, S2). Between S1 and S2, athletes from all groups followed a similar training programme for 4 weeks. In each research series a graded ergocycle exercise test was performed in order to measure VO2max and determine the lactate threshold as well as a simulated 30 km individual time trial.

6. Trainingsbereiche

nach Wolfram Lindner, Achim Schmidt modifiziert:

Regenerationsbereich - RE

Trainingsziel	Der **Regenerationsbereich (Kompensation)** hat die niedrigste Trainingsintensität. Er wird zur Regeneration und Stabilisierung nach hochintensiven Belastungen (Wettkämpfen und Training z.B. im Kraft-, Entwicklungs- und Spitzenbereich) eingesetzt.
Energiegewinnung	aerob, Laktat 0-1,5 mmol/l (Fettstoffwechsel)
Intensität	gering, niedrigste Intensitätsstufe im Training
Steuerparameter	HF entsprechend -2 mmol/l. TF 60-90 U/pm
Strecke	30-60 km/TE, flaches Profil
Methoden	Dauermethode

Grundlagenausdauerbereich - GA1

Trainingsziel	Training zur Entwicklung und Stabilisierung der GA. Verbesserung der aeroben Kapazität. Bei richtiger Anwendung kommt es bei dieser Trainingsform zu einer Erhöhung der aeroben Leistungsfähigkeit.
Energiegewinnung	ausschließlich aerob, Laktat 1,5-2 mmol/l
Intensität	leicht
Steuerparameter	Hauptparameter ist die HF in einer Bandbreite von max. 20 Schlägen, die optimale HF soll in regelmäßigen Abständen durch Tests individuell ermittelt werden. TF ca. 100 U/pm.
Hinweise zur Trainingssteuerung	mit der Steuerung über die **HF, TF** und die **Übersetzung** entsteht ein Dreieck. Die **HF** und die **TF** (100U/pm) sind die **entscheidenden Steuerparameter**. Die Übersetzung wird so gewählt, dass die Vorgaben der HF + TF realisiert werden. Die **Geschwindigkei**t wird registriert, ist aber **kein Steuerparameter**. Sie liegt in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Leistungsstand zwischen 20 und 30 km/h.
Streckenlänge/Profil	in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Kategorie 50-300 km pro TE. Flaches bis leicht wellige Profile sind am besten geeignet.
Methoden	Dauermethode
Besonderheiten	Training im GA Bereich kann auch hinter Auto oder Motorrad durchgeführt werden. Wichtig ist das Einhalten der HF- und Laktatvorgabe. Der inhaltliche Schwerpunkt dieser TE ist die **Motorikschulung**.

Grundlagenausdauerbereich - GA2

Trainingsziel	Training zur Entwicklung und Stabilisierung der wettkampfspezifischen Ausdauer (kritisches Dauerleistungsvermögen). Verbesserung der aeroben Kapazität. Bei richtiger Anwendung kommt es bei dieser Trainingsform zu einer Erhöhung der Leistungsfähigkeit im aerob/anaeroben Bereich.
Energiegewinnung	aerob, mit kurzzeitigem Verlassen der stabilen, aeroben Stoffwechsellage: aerob/anaerober Übergangsbereich, Laktat -4 mmol/l.
Intensität	Leicht - submaximal.
Steuerparameter	Wie im GA1 (Laktat + HF) in den Intensitätseinlagen bis 6 mmol/l. Hauptparameter ist die HF in einer Bandbreite von max.40 Schlägen.
Hinweise zur Trainingssteuerung	Mit der Steuerung über die **HF, TF** und die **Übersetzung** entsteht ein Dreieck. Die **HF** und die **TF** (100U/pm) sind die **entscheidenden Steuerparameter**. Die Übersetzung wird so gewählt, dass die Vorgaben der HF + TF realisiert werden. Die **Geschwindigkei**t wird registriert, ist aber **kein Steuerparameter**.
Streckenlänge/Profil	In Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Kategorie 100-120 km pro TE. Leicht wellige Profile sind am besten geeignet.
Methoden	Wechselmethode

Entwicklungsbereich - EB

Trainingsziel	Entwicklung der wettkampfspezifischen Ausdauer, der Schnelligkeits - und Kraftausdauer. Training im aerob/anaerober Übergangsbereich. Der Organismus soll auf die Wettkampfsituation vorbereitet werden, wo derartige Stoffwechselprozesse erforderlich sind und er soll den Laktatabbau erlernen. Zwei inhaltliche Schwerpunkte unterscheiden das EB-Training: **1. Trittfrequenzorientiertes EB-Training** **2. Kraftorientiertes EB-Training**
Energiegewinnung	aerob/anaerob; Laktat 2-4 mmol/l.
Intensität	hohe Intensität
Steuerparameter	**1. Trittfrequenzorientiertes EB-Training** TF: 100-120 U/pm **2. Kraftorientiertes EB-Training** TF 60-90 U/pm.
Hinweise zur Trainingssteuerung	Im EB-Training wird das gleiche System wie im GA-Bereich praktiziert, also Steuerung über die HF + TF, die Übersetzung gestaltet sich variabel. **Die Geschwindigkeit ist das Ergebnis, keine Steuergröße!** Sie liegt in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Leistungsstand zwischen 30 und 50 km/h.
Strecke/Profil	Das EB Training wird nach einer Aufwärmphase im GA-Bereich als Teilstreckentraining durchgeführt. Die Teilstrecken betragen in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Kategorie 3km - 5km - 10km - 20km - 30km. Im TF-orientierten EB-Training werden flache Strecken (auch mit Rückenwind), im kraftorientierten EB-Training wellige bis bergige Strecken (oder flache Strecken mit Gegenwind) empfohlen.
Methoden	Wiederholungsmethode: Beispiel einer TE (4x 10km EB) 30 min. Erwärmung im GA1 Bereich 10km EB -> 20 min. aktive Pause 10km EB -> 20 min. aktive Pause 10km EB -> 20 min. aktive Pause 10km EB -> 40 min. ausfahren im REG Bereich Am Ende jeder aktiven Pause ist darauf zu achten, dass die HF einen Wert von ca. 100 P/min. erreicht hat.

Spitzenbereich – SB/K3

Trainingsziel	Ausprägung und Entwicklung der Schnelligkeit, der Schnelligkeitsausdauer. Der Sportler soll durch das Training in diesem Bereich in die Lage versetzt werden, sehr hohe **anaerobe Mobilisationen** zu vollziehen und sich davon innerhalb kürzester Zeiträume auch wieder vollständig zu erholen.
Energiegewinnung	anaerob, Laktat 6-20 mmol/l.
Intensität	Höchste Intensitätsstufe, maximal.
Steuerparameter	**1. Trittfrequenzorientiertes SB-Training** TF: 100-120 U/pm **2. Kraftorientiertes K3-Training** TF 60-90 U/pm.
Strecke/Profil	Für die Entwicklung der **Schnelligkeitsausdauer** (Stehvermögen im Sprint) sind mittlere Distanzen (1000, 2000, 3000, 4000 m) mit flachem Profil ratsam. z.B.: 2 Serien zum 5x 1-4 km mit 20 min. Pause, Serienpause 60 min. Für die Entwicklung des **Sprintvermögens** werden kurze, flache Strecken bevorzugt (200, 300, 400, 500 m). z.B.: 2 Serien zum 5x 200-500 m mit 15 min. Pause, Serienpause 30 min.
Methoden	Intervallmethode, deren Charakteristikum das Intervall (Pause) ist.

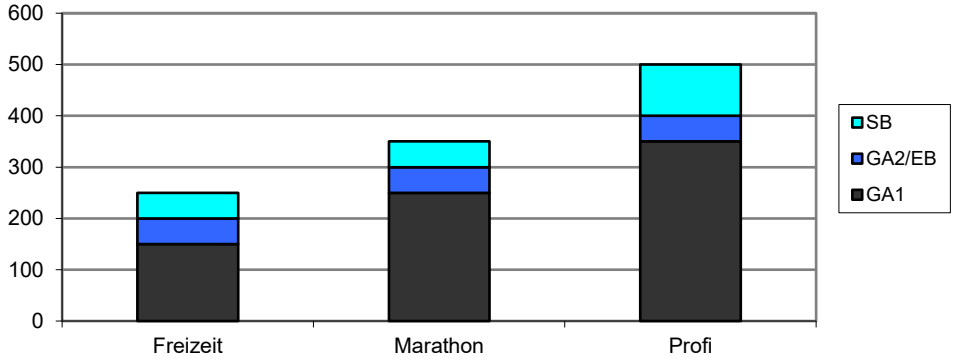
Kraftausdauerbereich – K1, K2

Trainingsziel	Entwicklung der Kraftausdauer
Energiegewinnung	aerob und aerob/anaerober Übergangsbereich, Laktat 2-6 mmol/l.
Intensität	leicht - submaximal
Anwendung	Die KA Programme werden ausschließlich mit dem Rad absolviert. Der Kraftreiz wird durch relativ hohe Übersetzungen, die mit einer niedrigen TF - im Sattel sitzend - bewältigt werden, noch erhöht.
K3	**Rad oder Ergometer**
Bestimmende methodische Faktoren	Belastungsdauer: 20-120 min. (reine Fahrzeit am Berg), Wiederholungszahl: 1-2 in Abhängigkeit der Berglänge, Tempoverlauf: gleichmäßig, HF -2 mmol/l, TF 40-60 U/pm
Standardablauf	Warmfahren mindestens 30 min. im GA1 Bereich, Ausfahren: mind. 30 min. im RE Bereich (kleine Übersetzung) **Ratsam**: zur optimalen Kraft und Motorikentwicklung soll am Abend nach dem K1 und K2 Training ca. 20 min. auf der Rolle oder Ergometer mit hoher TF gefahren werden.

Schnellkrafttraining - SK

Trainingsziel	Verbesserung der Maximal - und Schnellkraft
Intensität	hoch, maximal
Anwendung	ganzjährig in 1. Stunde von GA1-Einheiten
SK	**Schnellkraftprogramm am Rad oder Ergometer**
Energiegewinnung	aerob-alaktazid (Fettstoffwechsel)
Bestimmende methodische Faktoren	Belastungsdauer: 6 sek. nahezu aus dem Stand, Wiederholungszahl: 10-12, Belastungsintensität: maximal, TF max., aus dem Stand antreten. Pausenlänge: ca. 5 min., aktiv im GA Bereich
Energiegewinnung	anaerob-alaktazid
Bestimmende methodische Faktoren	Belastungsdauer: ca. 20 sek., Wiederholungszahl: 1-3 Serien mit je 6-10 Wiederholungen in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Kategorie. Belastungsintensität: maximal, TF: beginnend mit 70 U/pm, dann steigern, Pausenlänge: 1min. aktiv im GA Bereich, Serienpause: 15 min. aktiv
Standardablauf	Warmfahren: 20 min. mit ca. 1,5-2 Watt/kg., 80-90 U/pm HF wie GA, Ausfahren: 10 min. ohne Vorgaben (individuell)

Leistungsprofile (Watt) im Vergleich



6. Verhalten bei Trainingsunterbrechungen

Unterbrechungen durch Krankheit oder Verletzung: VP1 (Vorbereitungsperiode 1, Wintertraining) VP2 (Vorbereitungsperiode 2) WP (Wettkampfperiode) ÜP (Übergangsperiode) RP (Regenerationsperiode)			
VP1	in Erholungswoche	keine Änderung des Trainingsplanes.	
	bis 2 Tage	Korrektur erfolgt in der Wochenplanung.	
	bis 9 Tage	die Zeit der Unterbrechung wird zur Erholungswoche, es erfolgt eine Umplanung des Wintertrainings mit neuer Periodisierung.	
	von mehr als 9 Tagen	neue Planung, je nach Form und Belastungsverträglichkeit können bei dieser Neuplanung einzelne Makrozyklen weggelassen werden.	
VP2, WP	in Erholungswoche	keine Änderung des Trainingsplanes.	
	bis 2 Tage	Korrektur erfolgt in der Wochenplanung.	
	bis 9 Tage	die Zeit der Unterbrechung wird zur Erholungswoche, es erfolgt eine Umplanung der Saison abhängig vom Zeitpunkt der Unterbrechung:	
		in erster Hälfte von VP2	neue Saisonplanung mit verkürzter WP1 und den restlichen Wochen von VP2.
		in zweiter Hälfte von VP2	neue Saisonplanung nur mit WP1 und WP2.
		in erster Hälfte von WP1	neue Saisonplanung nur mit WP1 und WP2.
		in zweiten Hälfte von WP1	neue Saisonplanung nur mit WP2.
		in WP2	Pech gehabt ! Eine Korrektur ist nur in den Mikrozyklen möglich.
	von mehr als 9 Tagen	Zielsetzung neu überdenken, neue Saisonplanung, je nach Form und Belastungs-verträglichkeit können bei dieser Neuplanung einzelne Makrozyklen weggelassen werden.	
ÜP	in Erholungswoche	keine Änderung des Trainingsplanes.	
	bis 2 Tage	Korrektur erfolgt in der Wochenplanung.	
	bis 9 Tage	neue Planung der ÜP und RP: 3 Mikrozyklen der Übergangsperiode sollten eingehalten werden.	
	von mehr als 9 Tagen	neue Planung der ÜP und RP: 3 Mikrozyklen der Übergangsperiode sollten eingehalten werden.	
RP	in Erholungswoche	keine Änderung des Trainingsplanes.	
	bis 2 Tage	Korrektur erfolgt in der Wochenplanung.	
	bis 9 Tage	keine Änderung der restlichen Periode.	
	von mehr als 9 Tagen	keine Änderung der restlichen Periode.	

© M. Haas 2026
teamgc.at
teamgc@m-haas.at