

Reihe:

**Themen der Workshops im
Landestrainerhauptseminar 2022 des
Landessportverbandes Baden-Württemberg**

**Höhentraining in natürlicher Höhe
(Live high – Train high)**

Dr. Michael Spikermann

Stand 15.7.2022

Vorwort

In den nachfolgenden Überlegungen zum Einsatz des Trainingsmittels „Natürliche Höhe“ möchte ich gerne meine Erfahrungen und die Leistungsentwicklungen von mir betreuter Sportler*innen durch Höhentraining darstellen. Meine Ausführungen erheben nicht den Anspruch einer wissenschaftlich abgesicherten Studie.

Zusammen mit meinen Sportlern habe ich seit 1999 110 Wochen in Höhen Trainingslagern verbracht. Von 2012-2019 war ich zuständig für das Höhentraining der Beckenschwimmer im Deutschen Schwimm-Verband.

Der Austausch mit Kollegen aus vielen Sportarten in den Höhen Trainingslagern und die intensive Diskussion mit den Trainerkollegen während des LSV-Workshops „Leistungsreserve Höhentraining (Heidelberg, 27.6.2022) haben gezeigt, dass Interesse an der Thematik vorhanden ist.

Es wurde aber auch deutlich, dass zu vielen Bereichen noch Informationsbedarf besteht. Darüber hinaus sehe ich im Erfahrungsaustausch mit den Kollegen aus verschiedenen Sportarten eine große Leistungsreserve. Vor diesem Hintergrund möchte ich mit der ersten Auflage des „Newsletters.....“ zum Austausch und zur Kooperation anregen.

Warum Höhentraining?

Die Ergebnisse der Olympischen Spielen '21 in Tokio und '22 in Peking haben gezeigt, dass in Zukunft große Anstrengungen nötig sind, um Platzierungen unter den Top 5-Nationen zu erreichen. Das gilt sowohl für das Gesamtergebnis von „Team GER“, als auch für die Medaillenausbeute in den Einzelsportarten.

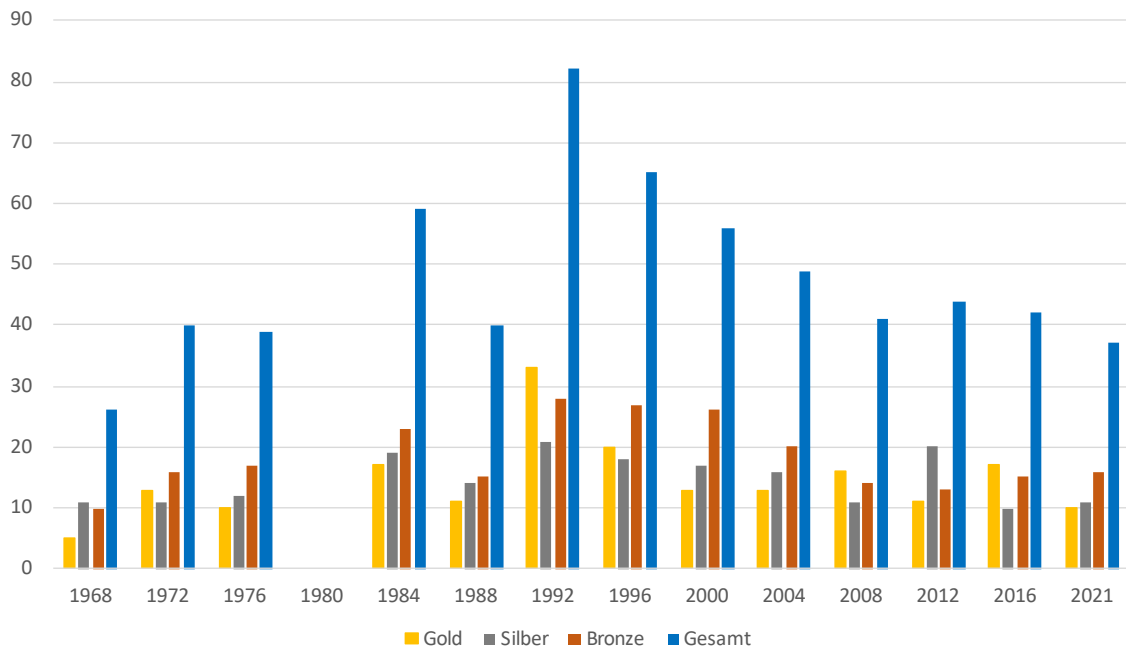


Abbildung 1: Medaillen Bundesrepublik Deutschland bei Olympischen Sommerspielen seit 1968

Erreichen von Weltspitzenleistungen erfordert neben organisatorischen Verbesserungen auch die Suche und Organisation effektiver Trainingsprogramme im langfristigen Leistungsaufbau und in der mittelfristigen Planung des Trainings.

Die Auswertung der Olympiavorbereitung erfolgreicher Sportnationen hat gezeigt, dass das Thema „Höhentraining“ in allen nationalen Spitzensportstrategien und/oder Leistungssportlichen Forschungsprojekten eine Rolle spielt. Zum Beispiel:

- / USA: Nationales Trainingszentrum in Colorado Springs (plus Flagstaff, Boulder und weitere); Wissenschaftliche Projekte zum Höhentraining (Natürliche und künstliche Höhe) seit 2004.
- / GB: Projekt „künstliche Höhe“ des English Institute of Sport an den nationalen Trainingszentren (2019)
- / AUS: Projekt Höhenhaus am Australian Institute of Sport (Versuche mit simulierten extremen Höhenbedingungen bis 5500m, 2003/04);
- / CHN: Von 30 nationalen und regionalen Trainingszentren befinden sich 12 auf mittlerer Höhe (1245-2366m).

Training unter Höhenbedingungen wird seit langem und vor allem in Sportarten eingesetzt, in denen Ausdauer eine wichtige Leistungsvoraussetzung ist. Neuere Erkenntnisse weisen darauf hin, dass der Einsatz des Trainingsmittels Höhe auch eine verbesserte Trainierbarkeit und eine schnellere Regeneration nach intensiven Belastungen bewirkt.

Eigene Erfahrungen im Rahmen von Höhentrainingsprojekten im Deutschen Schwimm-Verband haben gezeigt, dass unabhängig von Geschlecht und Streckenlänge nach dem Einstieg in ein Höhenttraining (dreimal 3-4 Wochen im Trainingsjahr) eine überproportionale Steigerung der Wettkampfleistung erzielt werden kann. Liegt die individuelle Bestleistung des Sportlers/der Sportlerin in einem Bereich von 5-7% über der altersspezifischen internationalen Spitzenleistung, kann durch Höhenttraining eine Anhebung der individuellen Leistung auf ein international konkurrenzfähiges Niveau erreicht werden. Das Fortführen von Höhenttraining ermöglicht die Erhaltung dieses Leistungsniveaus mit realistischen Entwicklungsraten.

Forschungsstand zum Höhenttraining

Training unter natürlichen Höhenbedingungen wird genutzt, um die allgemeine und streckenspezifische Energiebereitstellung zu verbessern. Erfahrungen und Ergebnisse erfolgreicher Sportler führender Sportnationen lassen den Schluss zu, dass Höhenttraining die Wettkampfleistung bei einem definierten Zielwettkampf deutlicher steigert als Training unter NN-Bedingungen (Wakayoshi, 2005).

Neben Verbesserungen der allgemeinen und spezifischen Ausdauergrundlagen konnte beobachtet werden, dass vermutlich aufgrund hormoneller Regulationen als Adaptation auf die Höhenbedingungen, die Wirksamkeit von Trainings-(Krafttrainings-)Reizen gesteigert wird.

Der Aufenthalt in Höhen ab 1500 m führt zu einer Zunahme der roten Blutmasse. Diese Anpassung findet auch ohne Training statt. Der Vergleich zweier Trainingslager (Höhe 2300m ü.M., Klima auf Meereshöhe) von jeweils 3wöchiger Dauer zeigte folgende Veränderungen der absoluten Hämoglobinemenge (tHb):

Meereshöhe:	-3%	bis	+6%
Höhe:	-2%	bis	+12%

Bei der Interpretation dieser Veränderungen müssen Störgrößen beachtet werden, die Einfluss auf die Blutbildung haben. Das können zu geringe Eisenspeicher, Infekte, Magen-Darm-Beschwerden oder Verletzungen sein. Das Training unter Höhenbedingungen führt neben Veränderungen des Blutbildes zu einer Zunahme der Kapillarisation und Mitochondrien-Anzahl in der Arbeitsmuskulatur.

Für Kurz- und Mittelzeitausdauerdisziplinen (vgl. auch Tabelle 1) sind v.a. Adaptationen in den Bereichen des Kohlehydratstoffwechsels, des Hormonhaushalts und der Atemmotorik/-muskulatur ausschlaggebend. Die Erhöhung der roten Blutzellmasse spielt eine etwas untergeordnete Rolle, ist aber für eine schnellere Wiederherstellung und als Grundlage für intensive und spezifische Belastungen unter NN-Bedingungen relevant (Schmidt et al., 2009).

Streckenlänge:	Belastungszeit (ca.):	Anteil aerobe Energiebereitstellung:
50 m	22-31 sec	20 %
100 m	47-67 sec	40-50 %
200 m	105-145 sec	60-70 %
400 m	223-280 sec	80-85 %

Tabelle 1: Wettkampfstrecken und -zeiten im Beckenschwimmen (nach Wakayoshi, 2005)

Aufgrund der Studienlage zum Höhenttraining kann man davon ausgehen, dass ab Höhen von 1200-1500 m ü.M. die o.g. Anpassungen einsetzen. In Höhen über 3000 m ü.M. ist ein effektives Training (bezogen auf die Belastungsdauer und -intensität für Kurz- und Mittelzeitausdauerdisziplinen) kaum möglich.

Im Hinblick auf eine für die komplexe Wettkampfleistung wirksame Adaptation der beteiligten Systeme ist ein Aufenthalt von mindestens 16 Tagen in der Höhe nötig. Wenn man drei Tage für die Anpassung („Einschwingen“) und drei Tage für die Rückanpassung („Ausschwingen“) einrechnet, sollte mit einem Aufenthalt von drei Wochen in der Höhe geplant werden. Die Studienlage, Trainererfahrungen und logistisch-organisatorische Gesichtspunkte lassen Höhen zwischen 2200 – 2500 m ü.M. als optimal für Höhenttrainingslager erscheinen. Das bezieht sich vor allem auf das Training in natürlicher Höhe („Live high-train high“).

Der Einsatz von künstlichen Höhenbedingungen durch normobare (Verringerte Sauerstoffkonzentration) oder hypobare (Erniedrigung des Umgebungsluftdruck) Hypoxie, sowie „Live high- Train low“ bzw. „Train High-Live low“- Konzepte können aus organisatorischen Gründen Sinn machen (Wenn zum Beispiel geeignete Wasserflächen für den Wasserfahrsport in der Höhe nicht verfügbar sind). Die Vorbereitung eines Höhenttrainings durch künstliche Hypoxie (Zelte, Masken) ist individuell im Sinne einer beschleunigten Anpassung denkbar.

Bezüglich des zeitlichen Abstandes zwischen Ende des Höhenttrainingslagers (HTL) und dem Zielwettkampf gibt es Erfahrungen mit drei Varianten, die geschlechts- und streckenspezifisch gesehen werden müssen (Chapman et al., 2014). Die Zunahme der roten Blutmasse (Hb-Masse) ist für Kurz- und Mittelzeitausdauerdisziplinen nicht der primär zu beachtende Faktor, sondern die trainingsmethodische Gestaltung des Zeitraumes zwischen der Abreise aus der Höhe und dem Zielwettkampf:

- / Direkte Anreise aus der Höhe zum Zielwettkampf (1-4 Tage), die Leistungsausprägung ist in der Höhe abgeschlossen: Vier bis fünf Tage nach Abreise aus der Höhe sind die höhenbedingten Adaptationen noch voll wirksam und schlagen sich (v.a. bei Frauen) in hohen Wettkampfleistungen nieder. Nach fünf Tagen beginnt eine kritische Phase der Rückanpassung bezogen auf die Leistungsfähigkeit.
- / Abreise aus der Höhe 14-24 Tage vor dem Zielwettkampf, die Leistungsausprägung beginnt in der Höhe: Wenn die Leistungsausprägung in der Höhe beginnt, ist die Intensität und Qualität des Trainings eine kritische Größe (ebenfalls geschlechtsspezifisch und für Frauen leichter umzusetzen).
- / Abreise aus der Höhe 28-50 Tage vor dem Zielwettkampf, die Leistungsausprägung erfolgt nach Abreise aus der Höhe: Werden intensive Trainingsphasen und die Leistungsausprägung unter NN-Bedingungen nach einem Höhenttrainingslager geplant, können die Adaptationswirkungen der Höhe für dieses Training genutzt werden, sind aber bis zum Zielwettkampf wieder reduziert (Wachsmuth et al. 2013).

Planung und Durchführung von Höhenttrainingslagern

Am Beispiel „Höhenttraining im Olympiazzyklus 2017-2020“ der Beckenschwimmer des Deutschen Schwimm-Verbandes

In den Jahren ab 2012 wurden pro Trainingsjahr 3 Höhenttrainingslager (HTL) durchgeführt, also ein HTL pro Makrozyklus innerhalb einer dreigipfligen Periodisierung. Um individuelle Erfordernisse (erster Start beim Zielwettkampf, längerer Aufenthalt in der Höhe etc.) berücksichtigen zu können, sind Zeiträume von vier Wochen organisiert worden. Die „Kerntrainingszeit“ in den HTL für Kurz- und Mittelstreckler (100 m- bis 400 m-Strecken) umfasste 3 Wochen mit festen Abständen zum Zielwettkampf (z.B. 31 Tage vor dem ersten Start). Die Durchführung von Stufentests (i.d.R. Pansoldtest 4x400) diente der Steuerung des Trainings in der Höhe und Überprüfung der Wirksamkeit des Trainings. Standardserien wurden grundsätzlich mit Laktatkontrollen durchgeführt. Darüber hinaus wurden weitere Belastungsparameter wie zum Beispiel CK und Harnstoff erhoben.

Die Platzierung eines HTL innerhalb eines Makrozyklus (MAZ) ist in Tabelle 2 exemplarisch dargestellt. Der gesamte MAZ umfasste 15 Trainingswochen. Der Trainingsaufbau wurde rückgerechnet vom ersten Wettkampftag des Zielwettkampfes wie folgt gewählt:

- / 2-3 Wochen Kraftblock: 4 Krafttrainingseinheiten, 2 Athletikeinheiten, 6 Schwimmeinheiten
- / 3-4 Wochen Trainingsblock 1: 2-3 Krafteinheiten, 3 Athletikeinheiten, 10 Schwimmeinheiten
- / 3 Tage Anpassung („Einschwingen“): Reduktion von Umfang und Intensität des Trainings
- / 3 Wochen Höhenttraining (bis -31 Tage): 3 Krafteinheiten, 3 Athletikeinheiten, 11 Schwimmeinheiten
- / 3 Tage - 1 Woche Rückanpassung („Ausschwingen“): 2-3 Krafteinheiten, 3 Athletikeinheiten, 10 Schwimmeinheiten
- / 1 Wochen Intensität (bis -18 Tage): 2 Krafteinheiten, 4 Athletikeinheiten (kompensatorisch), 10 Schwimmeinheiten
- / 3 Wochen (18-21 Tage): Leistungsausprägung („Tapering“): sukzessive Reduktion der Umfänge und der Anzahl der Trainingseinheiten

2. Makrozyklus					
KW 52 23.12.19 bis 29.12.19 23 24 25 26 27 28 29 aktive Erholung ↑ Weihnachten ↑ Hi. Abend	KW 1 30.12.19 bis 05.01.20 30 31 1 2 3 4 5 Silvester ↑ Neujahr	KW 2 06.01.20 bis 12.01.20 6 7 8 9 10 11 12 Kraftblock Klimalehrgang	KW 3 13.01.20 bis 19.01.20 13 14 15 16 17 18 19	KW 4 20.01.20 bis 26.01.20 20 21 22 23 24 25 26	KW 5 27.01.20 bis 02.02.20 27 28 29 30 31 1 2 DMS
KW 6 03.02.20 bis 09.02.20 3 4 5 6 7 8 9 Anpassung	KW 7 10.02.20 bis 16.02.20 10 11 12 13 14 15 16 HTL	KW 8 17.02.20 bis 23.02.20 17 18 19 20 21 22 23 Sierra	KW 9 24.02.20 bis 01.03.20 24 25 26 27 28 29 1 11.2.-3.3.20	KW 10 02.03.20 bis 08.03.20 2 3 4 5 6 7 8 Rückanpassung -31 -30 -29 -28 -27 -26	KW 11 09.03.20 bis 15.03.20 9 10 11 12 13 14 15 intensive Woche -25 -24 -23 -22 -21 -20 -19
KW 12 16.02.20 bis 22.02.20 16 17 18 19 20 21 22 -18 -17 -16 -15 -14 -13 -12	KW 13 23.03.20 bis 29.03.20 23 24 25 26 27 28 29 Bergen Swim Festival 20 -11 -10 -9 -8 -7 -6 -5	KW 14 30.03.20 bis 05.04.20 30 31 1 2 3 4 5 Swim Open 20 Stadel (Quali OS) -4 -3 -2 -1	KW 15 06.04.20 bis 12.04.20 6 7 8 9 10 11 12 aktive Erholung ↑ Karfreitag ↑ Os	KW 16 13.04.20 bis 19.04.20 13 14 15 16 17 18 19 ↑ tem	KW 17 20.04.20 bis 26.04.20 20 21 22 23 24 25 26

Tabelle 2: Jahresplanung/Planung Makrozyklus

Ein typischer Trainingsrhythmus für Höhentrainingslager ist in der Tabelle 3 dargestellt. Im Laufe der letzten Jahre wurden in Absprache mit den betreuenden Physiologen (hier: Dr. Joachim Jost/OSP Metropolregion Rhein-Neckar) Anpassungen vorgenommen. Der trainingsfreie Sonntag wurde eingeplant, um eine Akkumulation der CK-Werte zu verhindern und die folgende Trainingswoche in einem ausreichend regenerierten Zustand zu beginnen (vgl. auch 5.).

Trainingsrhythmus DSV-HTL Februar/März 2018								Anzahl TE:
Montag, 19.2.	Dienstag, 20.2.	Mittwoch, 21.2.	Donnerstag, 22.2.	Freitag, 23.2.	Samstag, 24.2.	Sonntag, 25.2.		
		Anreise	7.00 9.00 WT 1	7.00 9.00 WT 1	7.00 9.00 WT 1		10 TE	
			9.00 Frühstück	9.00 Frühstück	9.00 Frühstück	9.00 Frühstück		
			12.30 Mittagessen	12.30 Mittagessen	12.30 Mittagessen	12.30 Mittagessen		
		Spaziergang	14.30 16.30 WT 2	14.30 16.30 WT 2	14.30 16.30 WT 2			
		2.0 eig Progr.	Athletik Outdoor	Kraft Training	Athletik			
		20.00 Abendessen	20.00 Abendessen	20.00 Abendessen	20.00 Abendessen	20.00 Abendessen		
Montag, 26.2.	Dienstag, 27.2.	Mittwoch, 28.2.	Donnerstag, 1.3.	Freitag, 2.3.	Samstag, 3.3.	Sonntag, 4.3.		
7.00 9.00 WT 1	7.00 9.00 WT 1	7.00 9.00 WT 1	7.00 9.00 WT 1	7.00 9.00 WT 1	7.00 9.00 WT 1	7.00 9.00 WT 1	11 TE	
9.00 Frühstück	9.00 Frühstück	9.00 Frühstück	9.00 Frühstück	9.00 Frühstück	9.00 Frühstück	9.00 Frühstück		
12.30 Mittagessen	12.30 Mittagessen	Kraft Training	Kraft Training	12.30 Mittagessen	12.30 Mittagessen	12.30 Mittagessen		
14.30 16.30 WT 2	14.30 16.30 WT 2	12.30 Mittagessen	14.30 16.30 WT 2	14.30 16.30 WT 2	14.30 16.30 WT 2	14.30 16.30 WT 2		
Kraft Training	Athletik	Massage/n/Physio	Athletik	Kraft Training	Athletik			
20.00 Abendessen	20.00 Abendessen	20.00 Abendessen	20.00 Abendessen	20.00 Abendessen	20.00 Abendessen	20.00 Abendessen		
Montag,	Dienstag,	Mittwoch,	Donnerstag,	Freitag,	Samstag,	Sonntag,		
7.00 9.00 WT 1	7.00 9.00 WT 1	7.00 9.00 WT 1	7.00 9.00 WT 1	7.00 9.00 WT 1	7.00 9.00 WT 1	7.00 9.00 WT 1	11 TE	
9.00 Frühstück	9.00 Frühstück	9.00 Frühstück	9.00 Frühstück	9.00 Frühstück	9.00 Frühstück	9.00 Frühstück		
12.30 Mittagessen	12.30 Mittagessen	Kraft Training	Kraft Training	12.30 Mittagessen	12.30 Mittagessen	12.30 Mittagessen		
14.30 16.30 WT 2	14.30 16.30 WT 2	12.30 Mittagessen	14.30 16.30 WT 2	14.30 16.30 WT 2	14.30 16.30 WT 2	14.30 16.30 WT 2		
Kraft Training	Athletik	Massage/n/Physio	Athletik	Kraft Training	Athletik			
20.00 Abendessen	20.00 Abendessen	20.00 Abendessen	20.00 Abendessen	20.00 Abendessen	20.00 Abendessen	20.00 Abendessen		
Montag,	Dienstag,	Mittwoch,	Donnerstag,	Freitag,	Samstag,	Sonntag,		
7.00 9.00 WT 1	7.00 9.00 WT 1						9 TE	
9.00 Frühstück	9.00 Frühstück							
12.30 Mittagessen	12.30 Mittagessen	Rückreise						
14.30 16.30 WT 2	14.30 16.30 WT 2							
Kraft Training	Athletik							
20.00 Abendessen	20.00 Abendessen							

Tabelle 3: Trainingsrhythmus Höhentrainingslager

Die Tabellen 4 bis 6 zeigen Beispiele für eine extensive, eine intensive Trainingseinheiten und eine Trainingseinheit mit Schnelligkeitscharakter. Neben Pulskontrollen werden die Haupt- und Standardserien durch Laktatabnahmen während und nach der Belastung kontrolliert, um sicherzustellen, dass die Sportler*innen in den für sie trainingswirksamen Bereichen trainieren.

Die Serie 4x4x25 mit Start/25 Kompensation (Belastungszeit ca. 11-15 sec, Startabstand 1:30 min, Serienpause 14 min) ab 2017 als Standard in die HTL eingeführt. Diese Trainingsaufgabe zielt in erster Linie auf die Erhöhung der Kapazität der Phosphatspeicher (aerob-alkalotazide Energiebereitstellung). Darüber hinaus weisen neuere Studien darauf hin, dass kurze intensive Sprintintervalle die maximale Sauerstoffaufnahme (in der Nachatmung) bei hochtrainierten Ausdauersportlern steigern (vergl. auch Wahl et al., 2010). Bei dieser Aufgabe werden 16 Starts unter wettkampfnahen Bedingungen ausgeführt (technischen Aspekt).

Grundsätzlich wurden in den Vormittagstrainingseinheiten extensive Programme (Laktatbereich 2-3) mit Schnelligkeitsaufgaben absolviert. In den Nachmittagseinheiten wurden Standardserien in verschiedenen Intensitätsbereichen durchgeführt (Zum Beispiel: 8x400 2x Belastungszone 3 [Laktat 2-3], 4x Belastungszone 3/4 [Laktat 3-4], 2x Belastungszone 4 [Laktat 4-6]; 3x10x100 [Belastungszonen 3, 3/4, 4]).

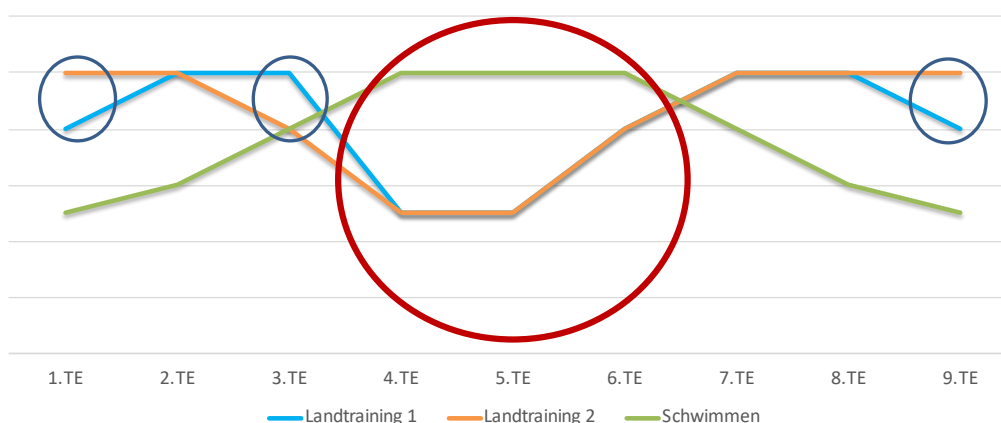
Kraft- und Athletiktraining in der Höhe

Die Krafttrainings- und Athletikprogramme wurden für die Sportler*innen von den Athletiktrainern*innen an den Heimstützpunkten erstellt (für den BSP Heidelberg von Mareike Rittweg/OSP Metropolregion Rhein-Neckar). Die Trainingsaufgaben waren individualisiert. Aus der Basis der Jahresplanung wurde das Krafttraining an die anderen Trainingsinhalte angepasst werden.

Im Beispiel für die Planung eines MAZ in Tabelle 2 wird Krafttraining als „Block“ zum Beginn des MAZ platziert. Dem liegt die Erfahrung zugrunde, dass sich gleichzeitig (im Mikrozyklus) durchgeführtes Krafttraining und intensive/qualitativ hochwertige Trainingsinhalte im spezifischen Training negativ in ihrer Wirkung beeinflussen. Krafttraining kombiniert mit Schnelligkeitsaufgaben (anaerob-laktazid), niedrigen Intensitäten (<Laktat 2), kompensatorischem und/oder Transfer-Training ist gut möglich. Abbildung 2 zeigt exemplarisch die Umfangs- und Intensitätsverteilung des Krafttraining in einer Woche eines Höhentrainingslagers.

Trainingsplanung Höhentrainingslager

Intensitäts-/Umfangsverteilung Krafttraining Kurzstrecke



27.06.2022

8

Abbildung 2: Planung Krafttraining in einem Höhentrainingslager (Rittweg, 2022)

Die Abbildung 3 zeigt Beispiele für individuelle Kraft- und Schnellkraftprogramme in einem HTL. Bezüglich der Wirksamkeit von Krafttraining unter Höhenbedingungen ist zu beachten, dass sich die hormonelle Regulation als Adaptation auf die Höhenbedingungen positiv auswirken könnte. Darüber hinaus weisen Studien darauf hin, dass Hypoxie während des Krafttrainings eine Metaboliten-Akkumulation hervorruft, die möglicherweise einen positiven Einfluss auf die Steigerung der Muskelproteinsynthese hat (u.a. Karayigit et al., 2022).

Beispiele individuelle Trainingsplanung

Kraft 1				Kraft 2				Stabil Athletik		Vor dem Schwimmen	
Kraft 1				Kraft 2				Stabil Athletik		Vor dem Schwimmen	
RL PezziBall Bein abheben 1x8/8				Kraul Pezzi 1x20				Bauchprogramm 4 30/10 (8Ü)		Hüft-flow 2x5/5	
Biceps LH 1x10				Rudem KH diagonal 1x10/10				Stabilprogramm 130/15 (8Ü)		Ankle Rockers 2x5/5	
Bauch Pezzi 1x12				Toes to bar 3x10				Hürden elemente 1x 6 Hürden		BWS Mabi Vierfüßler 2x8/8	
Hip Thrusts eb 1x8/8				Knie fix Pezzi eb 1x10/10				Medballprogramm 3x 6/5/4kg		Eine Tillaübung	
Standwaage 1x8/8				RDL LH eb 1x10/10 20kg				Je 8 Würfe/Übung		BWS Mabi Open Book 2x5/5	
Umsetzen 5/4/3/3/3				Umsetzen 5/4/3/3/3				2,5 3' Serien pause		Hintere Kette 2x3/3	
Bankdrücken 4x5				Schulterdrücken 4x5				Sprungzirkel 3 Übungen		BWS Mabi Open Book 2x5/5	
Kniebeuge 4x5				Absprünge Hexbar +20kg 4x5				10 12 14 12 10			
Latzug 4x5				Bankziehen 4x5				1' Pause zw den Sprungformen			
Rumpfextension 2x12				BauchSlides 2x12							
Landmine 2x10/10				Lateralflexion 2x10/10							
Schulter ext Seilzug 2x12				Trizeps 2x12							

2. MAZ

27.06.2022

11

Abbildung 3: Individuelle Trainingsplanung Kraft/Athletik (Rittweg, 2022)

Individuelle Leistungsentwicklungen

In den Abbildungen 4 bis 8 sind exemplarisch die prozentualen Leistungsentwicklungen von Sportlerinnen und Sportlern dargestellt, die über mehrere Jahre das Trainingsmittel Höhe eingesetzt haben. Als Referenz (blaue Kurve) für die Beurteilung der individuellen Leistungsentwicklung wurde der streckentypische Entwicklungsverlauf auf Weltrekordniveau unter Berücksichtigung des biologischen Alters, des Trainingsalters und des statistischen Mittels der TOP 10 der „ewigen“ Weltbestenliste gewählt.

Diese Werte orientieren sich an Zeiten der sog. „Rudolph-Tabelle“ (Rudolph, 2020), die typische Entwicklungsverläufe ab 8 Jahren (Altersklassenrekorde) bis zur offenen Klasse und deren Abstände zum Weltniveau (Mittel der zehn besten Zeiten der „ewigen“ Weltbestenliste) einbezieht.

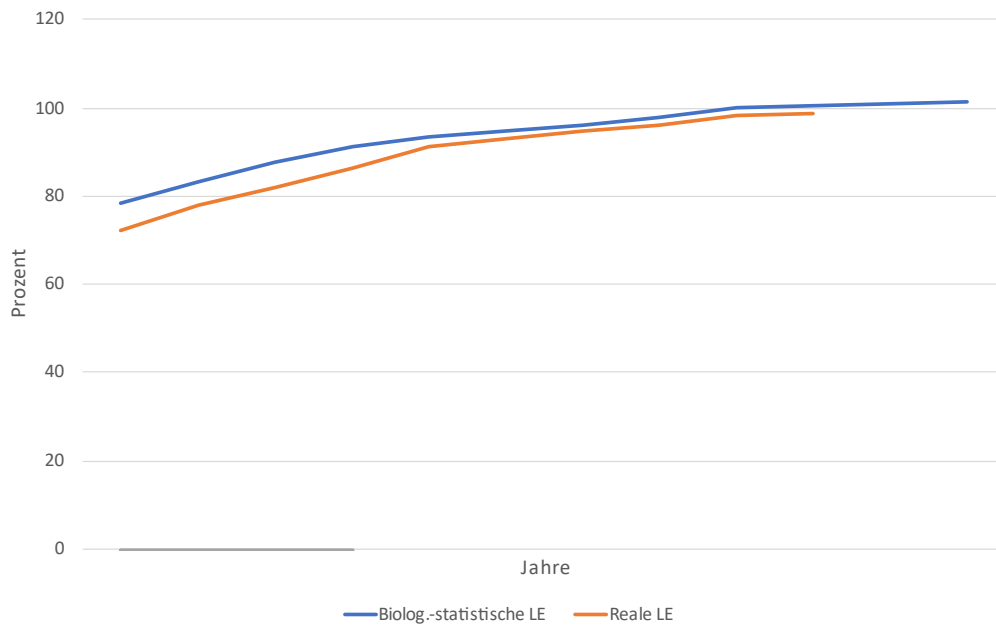


Abbildung 4: Entwicklungsraten 100 m Strecke männlich

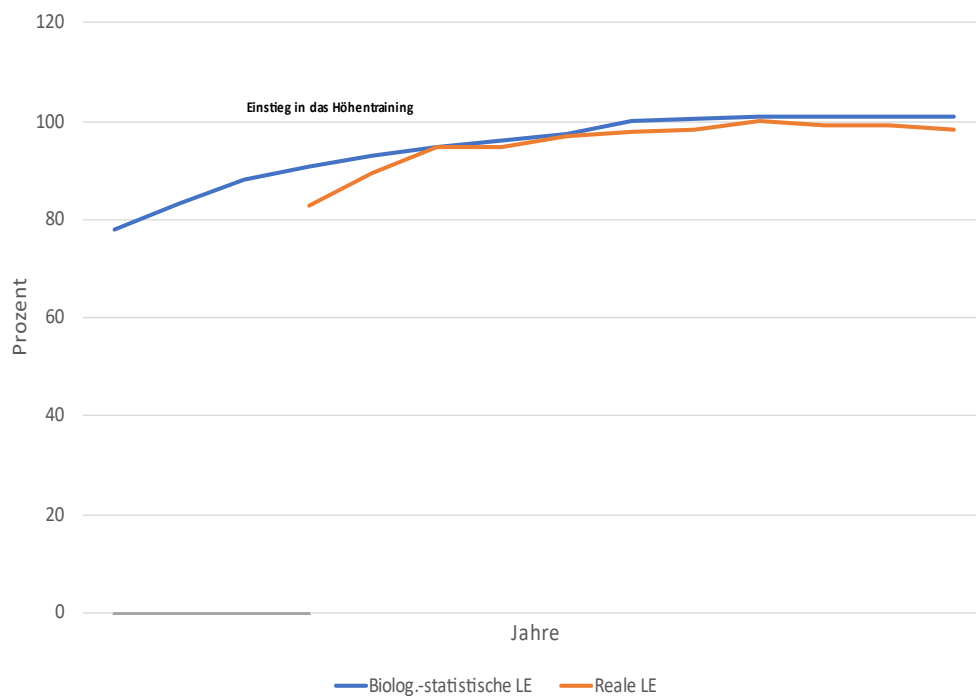


Abbildung 5: Entwicklungsraten 200 m Strecke männlich

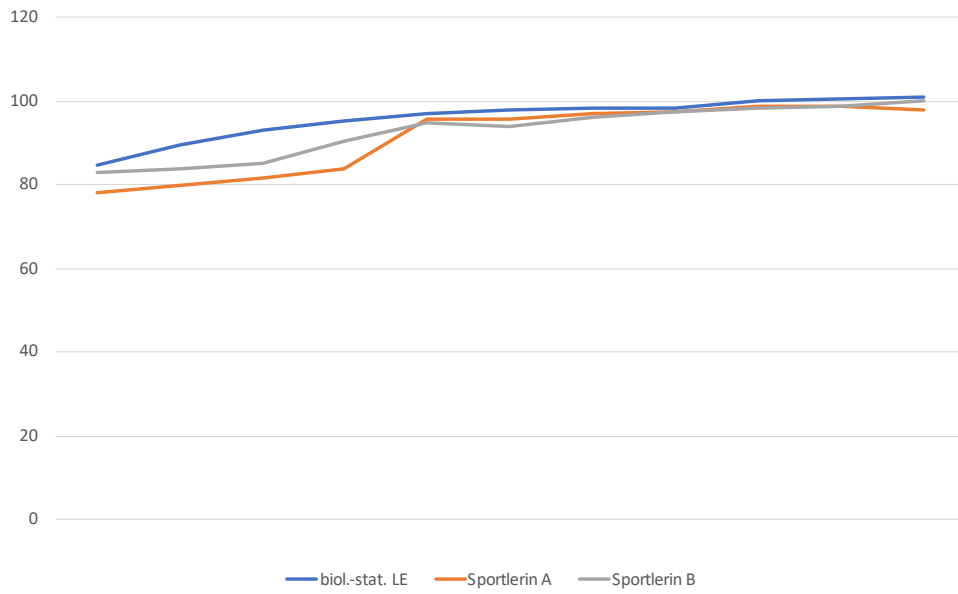


Abbildung 6: Entwicklungsraten 400 m Strecke weiblich

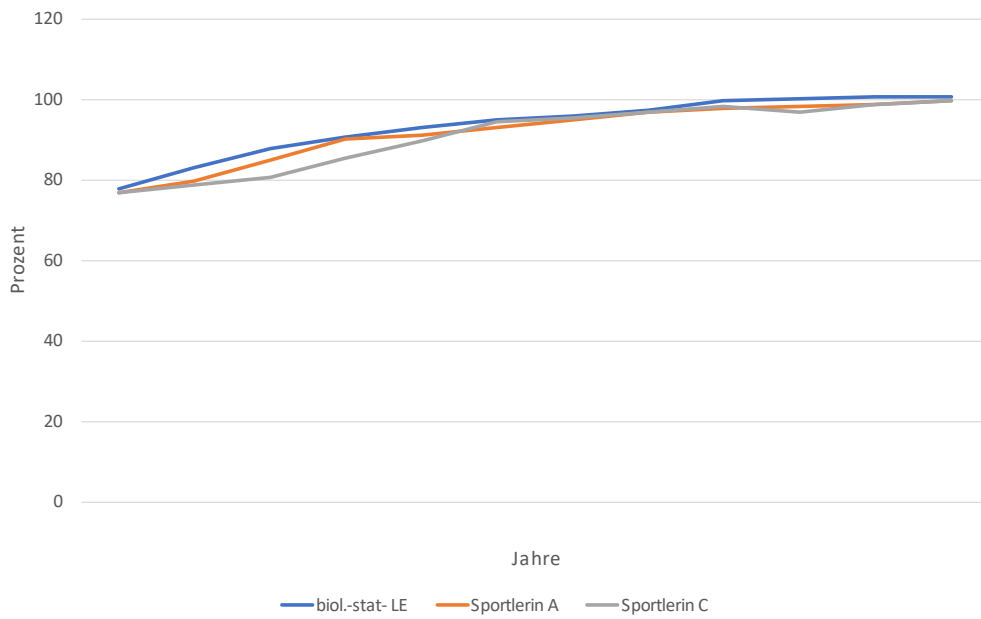


Abbildung 7: Entwicklungsraten 800 m Strecke weiblich

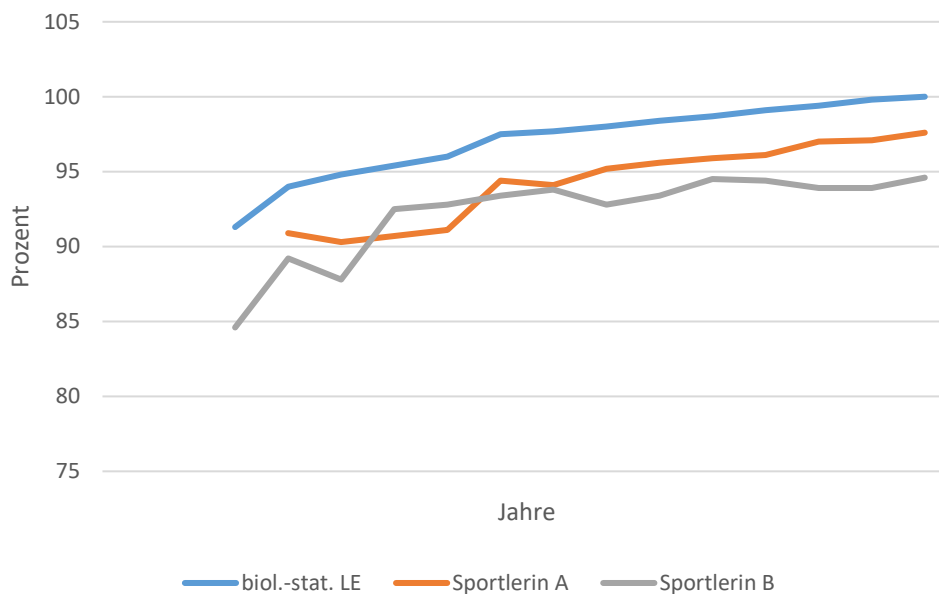


Abbildung 8: Entwicklungsraten 1500 m Strecke weiblich

Die Sportlerinnen (3) und Sportlern (2) haben unabhängig von der Streckenlänge nach dem Einstieg in das Höhentraining eine überproportionale Steigerung der Wettkampfleistung gezeigt. Das gilt sowohl für die Verbesserung der persönlichen Bestleistung als auch für das Niveau der persönlichen Bestleistung im internationalen Vergleich. Im weiteren Verlauf ihrer sportlichen Laufbahn „schwenken“ die Sportler*innen auf den Verlauf der Referenzkurve ein und halten ihr Niveau mit den zu erwartenden Entwicklungsraten.

In der Abbildung 9 ist exemplarisch der Verlauf der Leistungsentwicklung dargestellt, der das Erreichen der Weltrekordzeit über 200 m Freistil bei den Frauen ermöglichen würde (blaue Linie). Die orange Linie entspricht der Leistungsentwicklung, die mindestens vollzogen werden muss, um in den Bereich des Weltrekordniveaus zu kommen (Zielkorridor). Die Abstände zur Weltrekordlinie entsprechen den altersspezifischen Entwicklungsraten. Diese Leistungszuwächse sind jedoch nur unter der Voraussetzung einer vollständigen technischen Ausbildung und einer adäquaten Belastungsprogression im langfristigen Leistungsaufbau möglich.

Berücksichtigt man das biologische Alter und das Trainingsalter, macht der Einstieg in ein Höhentrainingsprogramm im Alter von 13 Jahren bei den Frauen (Abstand zum Zielniveau 5-7%), spätestens im Alter von 15/16 Jahren (Abstand zum Zielniveau 2-4%) Sinn. Bei den Männern im Alter von 15/16 Jahren, spätestens mit 18 Jahren. Das entspricht den Erfahrungen, die wir im Rahmen des Höhentrainingsprogramms Beckenschwimmen seit 2011 gemacht haben. Die Finalisten bei den Olympischen Spielen von Tokio 2021 haben mit 13/14 Jahren Frauen und 15/16 Jahren Männer mit dem Höhentraining (i.d.R. dreimal drei Wochen pro Trainingsjahr) begonnen.

An dieser Stelle möchte ich nochmals darauf hinweisen, dass Höhentraining nicht geeignet ist, um Defizite in den individuellen Leistungsvoraussetzungen auszugleichen. Höhentraining ist nach unseren Erfahrungen nur dann zielführend, wenn die Sportler*innen die Belastungsanforderungen eines Höhentrainingslagers unter N.N.-Bedingungen problemlos erfüllen können. Die Belastungsgrößen sind sportartspezifisch festzulegen (z.B. Beckenschwimmen: 8-10 Wassertrainingseinheiten und 4-5 Athletikeinheiten pro Woche, Trainingsumfänge von 50-80 km pro Woche und Jahresumfängen von 1600-2000 km in 48 Trainingswochen).

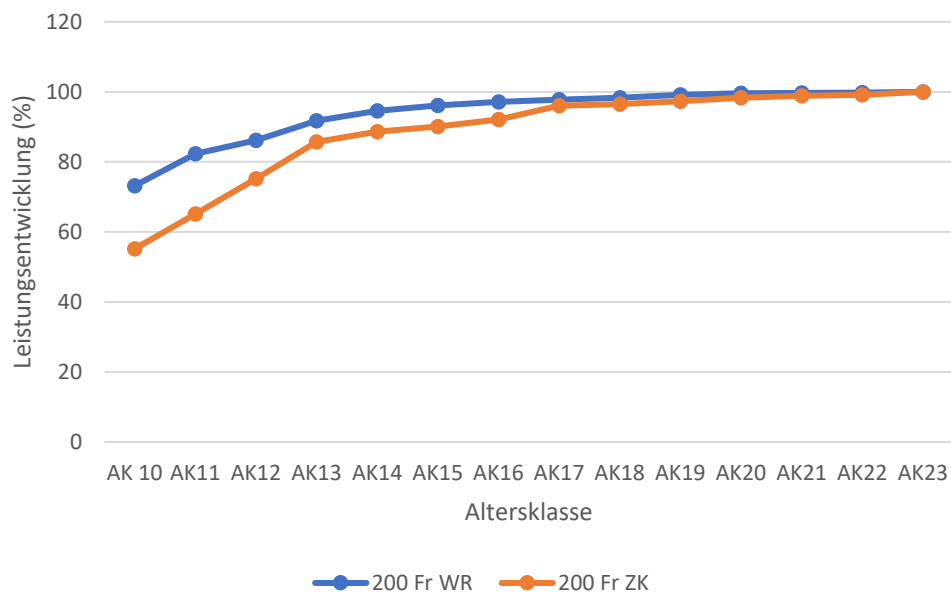


Abbildung 9: Zielkorridor 200 Freistil Frauen

Zielkorridor AK 13:	2:02,33 - 2:09,43	Deutscher Altersklassenrekord: 2:01,57 (1991)
Zielkorridor AK 17:	1:55,44 - 1:57,52	Deutscher Altersklassenrekord: 1:57,02 (2011)
		Weltrekord: 1:52,98 (2009)

Bei der Bewertung der Wirksamkeit eines Höhentrainingsprogramms muss unbedingt berücksichtigt werden, dass das Ergebnis beim Zielwettkampf in erheblichem Maße von der Trainingsorganisation und den -inhalten auf der Grundlage der Jahresplanung mitbestimmt wird. Das gilt insbesondere für die Höhe der Qualifikationsnormen sowie die Abstände zwischen der nationalen Qualifikation und den internationalen Zielwettkämpfen. Abhängig vom individuellen Leistungsstand muss bei hohen Normen mehr trainingsmethodischer „Aufwand“ betrieben werden, um die Qualifikation zu erreichen und es wird dementsprechend schwerer, in der UWV einen Trainingsreiz zu organisieren, um diese Leistung beim Zielwettkampf noch einmal zu steigern.

Wenn die internationale Meisterschaft mit einem HTL (Zum Beispiel nach dem o.g. Schema) vorbereitet werden soll, muss die Unmittelbare Wettkampfvorbereitung (UWV, 3. Makrozyklus) mindestens 12 Trainingswochen umfassen. Das heißt der Abstand zwischen der Qualifikation und dem Zielwettkampf müsste entsprechend groß sein.

Trainingssteuerung im Höhentaining

Der Aufenthalt und das Training unter Höhenbedingungen unterliegen spezifischen Gesetzmäßigkeiten, die unbedingt beachtet werden müssen, um ein erfolgreiches Training absolvieren zu können. Aufgrund der Höhenbedingungen wird die Homöostase der Sportler*innen deutlich stärker „gestört“. Die beschriebene Adaptation der körpereigenen Systeme an die Höhenbedingungen findet parallel zur Anpassung an die Trainingsreize statt. Belastungen unter

Höhenbedingungen bewirken (v.a. bei Anfängern) stärkere Reaktionen auf das jeweilige Training bei den Sportlern*innen. Vor diesem Hintergrund nimmt die Bedeutung der individuellen Trainingssteuerung und ein effektives Regenerationsmanagement zu. Die Tabelle 8 zeigt die während der HTL erhobenen Parameter.

Als Folge von Training in der Höhe nimmt die Kapillarisation und die Anzahl der Mitochondrien in der Arbeitsmuskulatur zu. Die Mitochondrien werden durch Stress (psychisch und physisch [oxidativer und nitrosativer Stress]) in ihrer Funktion gestört und sie sind säureempfindlich (Laktatbildung).

Erfahrungsgemäß ist unter Höhenbedingungen deutlich mehr Kompensation nach intensiven Belastungen (>6 mmol Laktat) nötig. Erhöhte Laktatwerte über längere Zeit (>4-5min) in der Muskulatur sind wahrscheinlich eingeschränkt trainingswirksam oder sogar kontraproduktiv (v.a. bei Anfängern). Die Kontrolle des Trainings durch Laktatmessungen (mit Sofortinformation) während und nach dem Training sind unerlässlich.

Die Konzentration des Enzyms Creatinkinase (CK) im Blut ist ein Indikator für Mikrotraumata in der Muskulatur und dient zur Einschätzung der muskulären Belastung. Kraft- und Schnellkräftenheiten führen erwartungsgemäß im Wochenverlauf zu erhöhten CK-Werten, aber auch Serien, die als isolierte Beine-Aufgabe geschwommen werden, hatten eine Zunahme der CK-Werte zur Folge. Diese Auslenkungen müssen individuell bewertet werden (Körpergröße, -gewicht, Muskelfasertyp). Eine Akkumulation im Verlauf eines HTL sollte vermieden werden (siehe auch 3.1.).

Harnstoff ist ein Indikator, der eine erhöhte metabolische (katabole) Beanspruchung anzeigt (Wiewelhove et al., 2021). Erhöhungen der Harnstoffkonzentration im Blut können durch große Belastungsumfänge hervorgerufen werden, aber auch als Folge einer zu hohen Proteinzufuhr durch Nahrungs- und/oder Nahrungsergänzungsmittel. Bei der Interpretation ist auch bei den Harnstoffwerten eine individuelle Bewertung wichtig. Im Extremfall weisen bleibend hohe Harnstoffwerte auf katabole Stoffwechselforgänge hin, die ein wirksames Training gefährden.

Name	Vorname	Jg.	m/w	Parameter	Erläuterung	Bewertung	12.06.2018	13.06.2018	14.06.2018	15.06.2018	16.06.2018	17.06.2018	18.06.2018	19.06.2018	20.06.2018	21.06.2018	22.06.2018	23.06.2018	24.06.2018
				KG	immer zur gleichen Tageszeit								85,8	85,8	85,5	85,4	85,3	85,0	
				Ruhe-Puls	vor dem Aufstehen - 1 min lang								63	63	61	63	60	63	
				Harnstoff	vor dem Frühstück nach dem Pinkeln										4,6	4,8		7,1	
				CK	vor dem Frühstück nach dem Pinkeln										286,2	243,6		283,4	
				O2-Sättigung									95	93	94	95	91	94	
				Schlaf (h)	mit Mittagsschlaf								7,0	8,0	8,0	7,0	8,0	8,0	
				HRV															
			1991 m	körperliche Leistungsfähigkeit	kraftvoll, leistungsfähig, energiegeladener, voller Power	trifft gar nicht zu = 0 trifft voll zu: = 6							4	4	4	3	2	3	
				mentale Leistungsfähigkeit	aufmerksam, aufnahmefähig, konzentriert, mental hellwach	trifft gar nicht zu = 0 trifft voll zu: = 6							6	6	6	6	5	5	
				Emotionale Ausgeglichenheit	zufrieden, ausgeglichen, gut gelaunt, alles im Griff habend	trifft gar nicht zu = 0 trifft voll zu: = 6							6	6	6	6	6	6	
				Allgemeiner Erholungszustand	erholt, ausgeruht, muskulär locker, körperlich entspannt	trifft gar nicht zu = 0 trifft voll zu: = 6							4	4	3	3	2	2	
				Muskuläre Beanspruchung	muskulär überanstrengt, muskulär ermüdet, muskulär übersäuert, muskulär verhärtet	trifft gar nicht zu = 0 trifft voll zu: = 6							2	2	3	3	4	4	
				Aktivierungsmangel	unmotiviert, antriebslos, lustlos, energieles	trifft gar nicht zu = 0 trifft voll zu: = 6							3	3	3	4	4	2	
				Emotionale Unausgeglichenheit	bedrückt, gestresst, genervt, leicht reizbar	trifft gar nicht zu = 0 trifft voll zu: = 6							0	0	0	0	0	0	
				Allgemeiner Beanspruchungszustand	geschafft, entkräftet, überlastet, körperlich platt	trifft gar nicht zu = 0 trifft voll zu: = 6							2	2	3	3	4	4	

Tabelle 7: Belastungsparameter

Die Wirksamkeit des Trainings unter Höhenbedingungen ist viel stärker als Training unter NN-Bedingungen von der Belastungsgestaltung und -verteilung in der Woche, von einer effektiven Anpassung und Rückanpassung und von der Absicherung individuell wirksamer Intensitäten in den Trainingseinheiten abhängig.

Zwischenmahlzeiten kombiniert mit zertifizierten Nahrungsergänzungsmitteln könnten eine trainingsnahe und belastungsgerechte Nährstoffzufuhr sicherstellen. Damit könnten katabole Effekte minimiert und das Erreichen der angestrebten Trainingswirkungen abgesichert werden.

Passive regenerative Maßnahmen (Kältebecken, Sauna) und physiotherapeutische Maßnahmen unterstützen eine ausreichend schnelle Wiederherstellung (siehe auch Tabelle 3).

Folgerungen und Ausblick

Das Training in natürlicher Höhe (hier: Beckenschwimmen; 3x3 Wochen im TJ) kann im ersten und zweiten Jahr zu einer überproportional hohen Leistungssteigerung führen. Das scheint geschlechtsunabhängig und bezogen auf die Strecken im Beckenschwimmen (Kurzeit- und Langzeitausdauer 1) unabhängig von der Streckenlänge zu sein (50 m-Strecken sollten gesondert betrachtet werden).

Wird dieses Training fortgeführt, kann mit Leistungsentwicklungen in statistisch zu erwartenden Bereichen gerechnet werden. Verfügen die Sportler*innen über ausreichende Leistungsvoraussetzungen, können sie auf ein internationales Niveau geführt und dort gehalten werden (Anschlussstraining). Man kann davon ausgehen, dass durch Höhentaining auch Leistungsstagnationen überwunden werden können.

Höhentaining eignet sich nicht, um unzureichende Leistungsvoraussetzungen auszugleichen. Einen Abstand der persönlichen Bestleistung der Sportler*innen von mehr als 7%, bezogen auf das Zielniveau über die entsprechende Strecke und die Altersklasse/das Trainingsalter, kann durch Höhentaining wahrscheinlich nur in Ausnahmefällen (sehr geringes Trainingsalter oder Wechsel der Hauptstrecke/-Schwimmart) erfolgreich verringert werden.

Der systematische Einsatz des Trainingsmittels Höhe erfordert ein ausreichend hohes individuelles Trainingsniveau unter „Heimtrainingsbedingungen“ und einen Aufenthalt von mindestens 9 Wochen in mittleren Höhenlagen. Das setzt ein hohes Maß an Willensqualitäten bei den Sportlern*innen voraus. Die Sportler*innen müssen von Höhentaining sachlich überzeugt sein und sollten auf dieses Training psychologisch/pädagogisch vorbereitet und begleitet werden.

Die Erfahrungen der zurückliegenden Jahre haben gezeigt, dass ein erfolgreiches HT in hohem Maße von einer verlässlichen Jahresplanung und Planung eines Olympiazklus abhängt. Das betrifft die Abstände zu den jeweiligen internationalen Zielwettkämpfen und die nationalen Qualifikationskriterien/Qualifikationswettkämpfe. Es gilt die Abläufe und Belastungsverteilungen zu planen und zu üben, die innerhalb eines Olympiazklus trainiert werden sollen. Anpassungen und Modifikationen (z.B. Abstände zum Zielwettkampf, Inhalte) sollten möglichst im ersten Jahr eines OZ vorgenommen und erprobt werden. Das Ziel sollte die größtmögliche Sicherheit für das Olympiejahr sein.

Höhentrainingslager anderen Sportarten konnten wir in der Sierra Nevada/ESP regelmäßig beobachten und uns mit den Trainerkollegen austauschen. Leichtathleten, Triathleten, Kanuten und Ruderer, aber auch Kampfsportler (Judo, Ringen) und Mannschaftssportarten (Handball, Rugby und Wasserball) haben das Trainingsmittel Höhe in unterschiedlichen Zeiträumen der Jahresplanung eingesetzt und internationale Turniere erfolgreich in der Höhe vorbereitet.

Langzeitausdauerdisziplinen (Lauf, Gehen, Radsport) nutzen die Höhe (hier: CAR Sierra Nevada) regelmäßig und z.T. mit längeren und häufigeren Aufenthalten. Bei diesen Sportarten spielt die rote

Blutmasse (Hb-Masse) jedoch eine viel größere Rolle. Es wird aus organisatorischen Gründen auch in niedrigeren Höhen trainiert (v.a. Radsport und Rudern).

Vor diesem Hintergrund wäre zu überlegen, Höhenmaßnahmen für mehrere Sportarten (mit ähnlichem Anforderungsprofil) gemeinsam zu organisieren. In der Vergangenheit hat es immer wieder personelle und/oder logistische Einschränkungen gegeben (kein medizinisches Personal, kein Physiotherapeut, Messgeräte nicht verfügbar etc.), welche die Qualität des Trainings in der Höhe beeinflusst haben. Kooperationen könnten Qualitätsverbesserungen und eine Erleichterung bei der Organisation eines ausreichend großen Betreuerstab mit sich bringen.

Literatur

Chapman, R. F., Laymon Stickford, A. S., Lundby, C. & Levine, B. D. (2013). Timing of return from altitude training for optimal sea level performance. *J. Appl. Physiol.*, 116 (2014), 837-843

Ferliche, B., Garcia-Ramos, A., Morales-Artacho, A., Padial, P. (2017). Resistance Training Using Different Hypoxic Training Strategies: a Basis of Hypertrophy and Muscle Power Development. *Sports Medicine-Open* (2017)

Halawa, I.N. (2019). Effect of 4 Week Hypoxic Training on some Physiological and Biomechanical Parameters Of Athletes. *International Journal of Sports Science & Medicine* 10 (2019)

Karayigit, R., Eser, M.C., Sahin, F.N., Sari, C., Sanchez-Gomez, A., Dominguez, R., Kos, M. (2022): The acute Effects of Normobaric Hypoxia on strength, Muscular Endurance and cognitive Function: Influence of Dose and Sex. *Biology MDPI* 2 (2022)

Nishimura, A., Sugita, M., Kato, K., Fukuda, A., Sudo, A., Uchida, A. (2010). Hypoxia Increases Muscle Hypertrophy Induced by Resistance Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 12 (2010)

Rittweg, M. (2022). Kraft-/Athletiktraining im Höhentrainingslager. Vortrag im Rahmen des Workshops „Leistungsreserve Höhentaining“, Heidelberg 27.07.2022

Rudolph, K. (2020). Vorwort zur Rudolph-Tabelle 2020. Zugriff am 07.10.2021 unter https://www.dsv.de/fileadmin/dsv/documents/schwimmen/Vorwort_zur_Rudolph_Punkttabelle.pdf.

Schmidt, W., Völzke, C., Prommer, N., Schmidt-Trucksäss, A., Eastwood, A., Freese, F., Madsen, Ö., Spahl, O., Stray-Gundersen, J., Berbalk, A. & Wachsmuth, N. (2009). Bestimmung der totalen Hämoglobinemenge während Höhen- und Flachlandtrainingslagern. *BISp-Jahrbuch – Forschungsförderung 2008/09*, 65-69.

Wachsmuth, N., Völzke, C., Hoffmann, J., Saunderson, P. U. & Schmidt, W. (2013). Leistungsentwicklung nach einem Höhentrainingslager – eine Pilotstudie. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 64 (11), 339-342.

Wahl, P., Hägele, M., Zinner, C., Bloch, W., Mester, J. (2010). High Intensity Training (HIT) für die Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit im Leistungssport. *Schweizerische Zeitung für „Sportmedizin und Sporttraumatologie“*, 58 (4), 125-133

Wakayoshi, K. (2005). Höhentrainingsmaßnahmen in der japanischen Schwimm-Nationalmannschaft. *Leistungssport*, 35 (5), 32-36.

Wiewelhoeve, T., Buder, F., Hecksteden, A., Forster, S., Jakowski, S., Ferrauti, A., Kellmann, M., Pfeiffer, M., Meyer, T. (2021). Regenerationsmanagement im Leistungssport. *Leistungssport* 51 (4), 4-8