

HIIT

Hoch-**I**ntensives **I**ntervall-**T**raining
High-**i**ntensity **i**ntermittent **t**raining

- unter besonderer Berücksichtigung im Fußball -

Renaissance eines „alten Weins in neuen Fässern“

„Time for a Rethink?“ (JA. Hawley, 2008; Lit. 35)

Kapitel-Verzeichnis

1.  Gegenstand, Begriff , Definition
2.  Kurzer, historischer Rückblick
3.  HIIT und die Rolle des Laktats (Exkurs)
4.  HIIT – wann und wie?
5.  HIIT-Varianten und Wirkungsweisen
6.  Effizienztests von HIIT-Methoden
7.  Ausgewählte Studien zur HIIT- und SIT-Methode
8.  Wesentliche Erkenntnisse u. zusammenfassende Faktenübersicht aus HIIT-Studien
9.  Fußball-Ausdauertraining mit HIIT in der Vorbereitungsphase und im Saisonverlauf
10.  HIIT im Kindesalter / frühen Nachwuchsalter
11.  HIIT im Gesundheits-, Präventions- und Rehabilitationssport
12.  HIIT und Kreatin
13.  Weitere Ausdauer-Trainingsmethoden mit shuttle-run und Intervallcharakter
14.  Literatur



Gegenstand, Begriff, Definition

Vorbemerkungen 1-4

HIIT = Hochintensives Intervalltraining

ist eine Niedrig-Volumen Trainingsstrategie mit wiederholtem, rhythmischem Wechsel relativ kurzer, hochintensiver Belastungsphasen und entsprechend kurzer herzfrequenz- oder zeitgesteuerter Entlastungsphase = Intervall, der sog. „lohnenden Pause“. Dabei kann neben der *primär* anaeroben auch – je nach Belastung-/ Intervallmodifikation - die aerobe Leistungsfähigkeit verbessert werden. Neuere Studien zeigen auch bei HIIT neben der primär verbesserten anaeroben Ausdauerleistungsfähigkeit auch eine deutliche Steigerung der VO₂max bei Trainingsreduktion der Langzeit-Dauermethode.

HIIT erweist sich aus trainingswissenschaftlicher Sicht und praktischer Erfahrung als die beste Trainingsintervention zur zeitökonomischen Verbesserung der anaerob / aeroben Energiebereitstellungssysteme für das moderne hochdynamische Fußballspiel. (siehe Literaturübersicht).

HIIT setzt für die Komplexität und Vielfalt des Fußballtrainings Zeiträume frei für andere Trainingsmaßnahmen, besonders für den Amateurfußball mit eingeschränkter Trainingszeit. Als Spielformen mit Ball kommt eine hohe Motivation der Spieler hinzu.

Dennoch „sollten auch die traditionellen Trainingsansätze (Dauermethode) aufgrund anderer Anpassungserscheinungen eingesetzt werden“ (L.Herdener 2017; Lit. 71)

Vorbemerkungen 1

Zu Beginn des 21. Jahrh. rückte bes. in den europäischen Ländern (Norwegen, Frankreich, Italien, England, Deutschland) das Ausdauertraining nicht nur im (leistungs)sportlichen, sondern auch im klinischen Rehabilitationsbereich erneut verstärkt in den Fokus der (Trainings)Wissenschaft. Forschungsgegenstand war/ist das Ende der 1930iger und Anfang der 1940iger Jahre vom deutschen W. Gerschler für den leichtathletischen Mittel- und Langstreckenlauf entwickelte **Intervalltraining**. Die Renaissance dieser aerob/anaerob-ausdauerbezogenen Belastungsintervention führte durch zahlreiche internationale Studien mit vielen Anwendungsmodifikationen – bes in intervalltypischen Sportarten wie *Fußball* – zur ergänzenden Umgestaltung des Ausdauertrainings mit verstärkt anaeroben Ausdauerwirkungen gegenüber der traditionellen, niedrigintensiven „Dauermethode“ in deutlich kürzerer Trainingszeit. Fußballspezifische Anwendungsfelder von HIIT sind reines Laufen, Ausdauerparcours ohne/mit Ball und intensive Kleinfeldspiele. *Intervalltraining wurde für den Fußball - mit erheblicher Verspätung - als bedeutendste Trainingsmethode zur gezielten Verbesserung der aeroben und verstärkt anaeroben Energiebereitstellungssysteme „entdeckt“*.

Nur HIIT kann ab einem bestimmten Leistungsstatus die aerobe und bes. die anaerobe Ausdauerleistung weiter verbessern. Die **Zeiteinsparung** durch HIIT ermöglicht Spielern bei hoher Wettkampfdichte und begrenzter Trainingszeit (Amateurfußball) in der Spielsaison Freiraum für technisch-taktisches Training bei Ausdauererhalt oder sogar Verbesserung.

Die summarische Belastung eines HIIT ist von der Belastungsart und -intensität, Intervall (Erholungs-) Dauer und -gestaltung und Wiederholungszahl abhängig.

Vorbemerkungen 2

Viele Autoren von Intervall-Beiträgen haben in Erklärungsversuchen definitorische „Probleme“ mit den Begriffen „Intervall“ und „Pause“.

INTERVALL – lateinisch „intervallum“ = **Zwischenraum** (zeitlich, räumlich)

INTERVALL ist die sog. „lohnende“ Pause zwischen 2 Belastungsphasen und **nicht** die Belastungsphase selbst!

Viele Autoren setzen die zeit- oder herzfrequenzgesteuerte Intervall-„Erholungs“-Belastung als Intensitätsmaß der Hauptbelastungsphase eines Intervalltrainings. Die intensitätsniedrige Erholungsbelastung ist die eigentliche Intervallbelastung. Der Begriff „Intervallpause“ sollte in dieser pleonastischen Formulierung nicht angewandt werden.

Beispiel von vielen (!) aus dem Fußball: „...intensives Intervalltraining mit einer **Intervalldauer** von 4 min und einer **Pause** zwischen 3 und 4 min...“.

Tim Meyer, Oliver Faude, Karen aus der Fünten: Sportmedizin im Fussball, 2014, S.140

Die HIIT-Praxis ist je nach motorischer Gestaltung an bestimmten Referenzwerten zeit- oder herzfrequenzdefiniert: für lineare Läufe sind dies z.B. 90-95% der Maximalgeschwindigkeit der Laufstrecke (z.B. 50m-200m) bei angepasster Wiederholungszahl und Intervalldauer. Für Fußball-Spielformen gibt es Erfahrungswerte (siehe später). Die relativ hohe Reiz-/Belastungsstärke von HIIT kann bei hoher Wiederholung in Kombination mit einer relativ (zu) kurzen Intervalldauer einen kontinuierlichen Laktatanstieg bei nur geringer Absenkung im niedrigintensiven Intervall (z. B. Trainingsziel reines „Stehvermögen“) bewirken. Die Absenkung der zugeordneten Herzfrequenz ist i.d.R. deutlich größer. Diese unterschiedliche Absenkdynamik im anaeroben Belastungsbereich kann bei Steuerung der Intervalldauer über die Herzfrequenz (HF) aufgrund des Fehlens einer festen Beziehung zwischen HF und metabolischer Situation das HIIT-Ziel „*Anhebung der anaeroben dynamischen Ausdauer*“ negativ beeinflussen und ist als Steuerfaktor *nicht geeignet*. Bei Zeitläufen ist z.B. über eine Änderung / Abnahme der Sollleistung über mehrere Leistungsparameter möglich. *Siehe Grafik HIIT-Test Folie 43!*

Vorbemerkungen 3

Terminologische Hinweise aus der themenbezogenen Fachliteratur

HIIT=HIT(Literatur) wird oft synonym verstanden als

1. Hoch-Intensives „Lang“-Intervall-Training (long-intermittent training)
 2. Hoch-Intensives aerobes Training (aerobic high-intensity training; Lit. 4)
- Beide Trainingsmethoden verwenden im Fußball das 4x4 Min.-Modell (Norwegen)

HIIT=HIT=SIT wird ebenfalls synonym verstanden als

1. Hoch-Intensives „Kurz“-Intervall-Training (short-intermittent training)
2. Sprint-Intervall-Training (SIT)
3. Anaerobes Schnelligkeits- und Schnelligkeitsausdauertraining (anaerobic speed and speed-endurance training; Lit. 4)

Beispiele: 40m/20sec-, 15/15 sec-, 30/30 sec Belastung / Intervall (=Pause); Anzahl der Wiederholungen individuell

HIIT ist eine spezifische Form von HIT und kann generell nicht durch diese gleichgesetzt werden!

Beispiel: Ein Tempo-Dauerlauf über 40 Min. ist ein HIT aber kein HIIT



Vorbemerkungen 4

Das komplexe, multiple Fähigkeits- und Fertigungsprofil des **Fußballs** mit seinen (hoch)intensiven, intervallartigen Aktionen und hohem Trainingszeitbedarf fordert immer mehr wissenschafts- und erfahrungsgestützte, **zeitökonomische** Trainingsstrategien bes. im konditionell-athletischen Bereich. In der aerob/anaeroben **Ausdauerentwicklung** erweist sich das **hochintensive Intervalltraining (HIIT)** in seinen verschiedenen Anwendungsformen in Konkurrenz zur Dauermethode als eine **hocheffektive Trainingsmethode**.

In Diskussion steht jedoch Art und Anteil des HIIT in die zeitliche Planung eines fußballspezifischen Ausdauertrainings. Der Einsatz von HIIT – anfänglich nur ergänzend zum niedrig-/mittelintensiven Ausdauerlauf als weiterer Leistungsschub – verdrängt zunehmend, z.T. sogar gänzlich, den Anteil der hochvolumigen Ausdauer-methode. Eine hohe Effizienz des HIIT gelingt aber nur in (individueller) Kombination (!) mit der Dauermethode. Erst ca. 60 Jahre nach Entwicklung der Intervallmethode (Leichtathletik) wurde diese mit erheblicher Verspätung auch für den Fußball „entdeckt“ und erneut zum internationalen Forschungsgegenstand.

Siehe Literaturübersicht.



Kurzer historischer Rückblick

Intervall-Methode oder **Dauer-Methode** zur effektiven Entwicklung der aeroben Ausdauerleistung ist seit den **1940er** Jahren umstrittener Gegenstand in **leichtathletischen** Fachdiskussionen im Mittel- und Langstreckenlauf. In dieser Zeit wird in Deutschland schon nach der Intervall-Methode trainiert.

Bereits Ende der 1930er Jahre entwickelten Dr. Woldemar GERSCHLER und Dr. Herbert REINDELL (Kardiologe) das „Klassische“ Intervalltraining (IT).

Die **Grundidee**: viele (hoch)intensive Läufe mit kurzen Pausen wurde bis Anfang der 1950er Jahre bis zur Blütezeit der „klassischen Intervallmethode“ der „**Freiburger Intervall-Schule**“ (Anfang 1950 bis Ende 1970) um Gerschler / Reindell weiterentwickelt:

1. **serielle Kurzstanz-Läufe** (100m, 200m, seltener 300m und 400m),
2. **Belastungsherzfrequenz**: ca. **HF180** ; Pausenreduktion bis ca. **HF120**
3. **Trainingsprinzip** der sog. „**lohnenden Pause**“
4. **danach nächster Lauf**

In dieser Zeit ist Intervalltraining die führende Ausdauer-Trainingsmethode - auch sportartübergreifend - und galt der Dauermethode überlegen.

Trainingspraxis trifft Sportmedizin – das „Traumpaar“ des Intervalltrainings – die praktische und theoretische Begründung des Intervalltrainings



Dr. Woldemar Gerschler
Begründer des Intervalltrainings



Prof. Dr. Herbert Reindell

W. Gerschler: Begründer des praktischen Intervalltrainings; Trainer zahlreicher, intervalltrainierter Weltrekordler und Olympiasieger in den leichtathletischen Mittel- u. Langstreckendisziplinen

H. Reindell: Nestor der deutschen Sportmedizin. Als Kardiologe galt sein besonderes Interesse den Auswirkungen sportlichen Trainings auf Herz und Kreislauf. „*Das Sportherz ist das normale Herz, unnormal ist das Herz der nicht sporttreibenden Bevölkerung*“ (H. Reindell). Er ist der Vater des Sportherzens.

In enger Zusammenarbeit haben beide das Intervalltraining praktisch und sportmedizinisch / trainingswissenschaftlich begründet und erklärt und im Hinblick auf die Vergrößerung des Herzens optimiert.

H. Reindells Haupt-Forschungsinteresse: Wirkung des Intervalltrainings auf Herz-Kreislaufsystem (z.B. Herzvolumen, Schlagvolumen) zur Entwicklung der aeroben und anaeroben Ausdauer.

H. Reindells Erkenntnis: Trainingseffekt und Anpassungsreiz liegt in der Pausenreaktion (Intervall-Phase) unmittelbar nach intensiver Belastung. Durch Anstieg des Herzschlagvolumens (HSV) und der O₂-Aufnahme bei abfallender Herzfrequenz in der Intervallphase pumpt das Herz mit jedem Herzschlag eine größere Blutmenge, was als „Krafttraining“ für das Herz interpretiert werden kann. Der Herzmuskel adaptiert ähnlich wie der Skelettmuskel und wird größer und stärker. Der eigentliche Trainingseffekt des HIIT liegt in der Phase der absinkenden Herzfrequenz

Das **Intervall (=Pause)** setzt den Entwicklungsreiz des Intervalltrainings. auf das Herz (30)

„It is during the interval, that the heart adapts, growing larger and stronger“



Dr. Woldemar Gerschler
Begründer des Intervalltrainings



Dr. Woldemar Gerschler (Mitte)



Josy Barthel, 1500m Olympiasieger 1952



Rudolf Harbig 1939
Weltrekorde 800m (16 J. Dauer) u. 400m



Roger Moens Weltrekordler
1955-1962 über 800m



Sebastian Coe ,Olympiasieger 1980
über 800m und Weltrekordler 800m



Emil Zatopek, 1952 dreifacher Olympiasieger
über 5000m, 10000m u. Marathonlauf

Kurzer historischer Rückblick

Intervall-Training wurde zur **Basismethode** von Weltrekordlern, Weltmeistern und Olympiasiegern in der Leichtathletik zur Schaffung einer allgemeinen und speziellen Ausdauerbasis für Mittel- und Langstreckenläufe (siehe Folie zuvor). Die frühesten, bekannten HIIT-Olympiasieger waren vor Zatopek Hannes Kolehmainen (1912) und Paavo Nurmi (1928).

Viele Ausdauersportarten – auch Sportsportarten – übernahmen diese erfolgreiche Trainingsmethode.

Beispiel **Intervalltraining Emil Zatopek** (1952 dreifacher Olympiasieger über 5000m, 10000m u. Marathonlauf): Trainingsbeispiel: 6 x 400m mit kurzen sog. „lohnenden Wiederholungspausen“ (= Intervalle) : Belastungs-HF=160-170 Schl./Min. und Erholungs-HF=120-130 Schl./Min).

Die „schnellen“ Läufe sollten bzgl. Laufstrecke (z. B. 100m-400m) in einer TE nicht, können jedoch in anderen TE geändert werden. Dies gilt dann auch für die entsprechende Intervall-Dauer.

Nahezu zeitgleich entwickelte **1930** der schwedische Leichtathletik-Nationaltrainer Gösta HOLMER das sog. **FAHRTSPIEL (Fartlek)**, bis heute eine hocheffektive Methode zur speziellen und allgemeinen Ausdauerentwicklung.

Im Unterschied zum Intervalltraining wechseln in einer Trainingseinheit Art, Dauer und Intensität der Laufaktionen – ausdauer- oder schnelligkeitsorientiert- je nach Anpassungsziel der Zielsportart – deshalb nicht standardisierbar.

Im Fußball ist **FAHRTSPIEL** bis heute eine oft genutzte, ergänzende oder konkurrierende Trainingsmethode zum Intervalltraining, bes. effektiv in einem stark kuppigen Gelände.



Emil Zatopek

Zu Beginn der 1960er Jahre begründete Dr. Ernst van Aaken entgegen der damaligen (Intervall-) Lehr- und Trainingspraxis und Sportmedizin die Dauermethode mit langen, ruhigen Dauerläufen auch für Frauen in paralleler Konkurrenz zur noch vorherrschenden Intervallmethode.

Es war der Beginn einer langen, heftigen und leidenschaftlich kontrovers geführten Methodendiskussion! Als Gegenpol zur „Freiburger Intervallschule“ unter Gerschler/Reindell etablierte sich parallel die „Waldnieler Dauerlaufschule“ unter Ernst van Aaken für Läufer und Läuferinnen.

Führende Trainer (z.B. van Aaken, Lydiard, Cerutti u.a.) und Sportmediziner (z.B. Prof. Dr. mult. W. Hollmann) favorisierten ab Mitte der 1960er Jahre zunehmend die Dauermethode als Führungsmethode und zentrale Trainingsform als vermeintlich effektivste Methode zur Entwicklung der aeroben Ausdauer mit allmählicher Zurücksetzung der Intervall-Methode.

Grundlegendes Trainingsmittel waren tägliche Dauerläufe mit hohen km-Zahlen in niedriger bis mittlerer Intensität (GA1-Intensität) zur langsamen und nachhaltigen Ausdauerentwicklung (Vorbereitungsperiode). In Wettkampfperiode kürzere, intensivere Läufe bis zum Intervallprinzip mit Blöcken von längeren Läufen. Die Intervall-Methode verlor nie gänzlich an Bedeutung als punktuelle und kurzfristige Methodenalternative.

Prominente Athleten trainierten bereits in den 1960er Jahren nach der Dauermethode (z.B. Herb Elliott, australischer Olympiasieger 1960 über 1500m (z.B. 600km Dauerlauf pro Monat) und Harald Norpoth, olympische Silbermedaille 1964 über 5000m Tokio).

Kurzer historischer Rückblick

Der in der trainingswissenschaftlichen Standardliteratur lange manifestierte Irrglaube, dass häufige, höhere Laktatkonzentrationen nach intensivem Intervalltraining (HIIT) eine *Schädigung der ATP-energieerzeugenden Mitochondrien mit Strukturzerstörung, Abnahme der Anzahl und Größe mit Minderung der aeroben Arbeitskapazität und Leistung, abnehmender Erholungsfähigkeit und Ermüdungsresistenz und Muskelverletzungen bewirken* führte spätestens in den 1980er und 1990er Jahren endgültig zur niedrigintensiven, umfangsbetonten Dauermethode (High-Volume-Training = HVT) als

1. extensives Grundlagentraining (65-75% HFmax, 2-2,5 mmol/l Laktat, 50-80% VO2max)
2. intensives „Schwellen“-Training (80-85% HFmax, 3-5 mmol/l Laktat)

Neuere Studien zeigen nach HIIT jedoch keine (!) geschädigten Mitochondrien, sogar eine verbesserte qualitative Anpassung und mitochondriale Funktion (81).

Konsequenterweise folgte auch der **Fußball** dieser Trainingsmethode. Gero Bisanz, Chefausbilder der deutschen Fußballlehrer 1971-2000, verordnete in einem Musterplan für die Vorbereitungsperiode der 1980er Jahre in jeder Trainingseinheit Laufen über **30-45 Min.** für die Profis.

Alle Läufe waren in 2-4 Laufetappen gegliedert mit Dehnen, Gymnastik, Sprungübungen u. ä. in den Pausen. Die ersten 3-4 Wochen lief man in „Unterhaltungsintensität“, danach mit ansteigendem Fahrtspiel mit Tempowechsel bis zu den Wettspielen. Während der WP wurden spiel- und trainingsbelastungsorientiert moderate Dauerläufe über 20-40 Min. durchgeführt.

Gero Bisanz: Das Fußballtraining für Profimannschaften in der Vorbereitungsperiode. In „fußballtraining, Sammelband 1 (1983), Hrsg. Gero Bisanz, DFB

- Anforderungskritische Argumente aus sog. „Intervall“-Sportsportarten, in denen ein hoher Anteil der VO₂max intervallartig eingesetzt wird, und das Prinzip möglichst spielnaher Trainingsbelastungen
- Neue Erkenntnisse zur Physiologie und Metabolismus des Laktats
- Erfolge in der Ausdauerleistungsfähigkeit des vormaligen Intervalltrainings (Weltrekordler, Olympiasieger in der Leichtathletik) führten zur Rückbesinnung auf die früher bewährte **extensive** und **intensive Intervallmethode** unter erweitertem Anwendungs- und Forschungsaspekt und zur **Umkehr des Laktatvermeidungstrainings**.

Erstes Fazit

Seit der Jahrtausendwende erfährt das „Intensive Intervalltraining“ ein Revival mit zusätzlich erweiterter Anwendung (siehe Kap. 10.3, Exkurs 3) mit

- (hoch) intensiven Belastungen von 15 sec bis 5 Minuten
- Pausen = Intervalle gleichlang oder länger
- Belastungs-HF ≥ 180 Schl./Min.; Erholungs-HF ≤ 130
- Wiederholungszahl entsprechend Belastung

Erst 60 Jahre nach Beginn der Intervall - / Dauermethoden-Diskussion der **intervalluntypischen**, leichtathletischen „reinen Dauerläufer“ entdeckten die eigentlich „zuständigen“ intervalltypischen Sportarten wie der Fußball die (**intensive**) **Intervallmethode** mit einer sehr bemerkenswerten **Verspätung!!** Eine Umkehrung der Sportarten wäre erwartungsgemäß und deutet auf Versäumnisse in der Lehre des Fußballs!

Erweiterter Anwendungs- und Forschungsaspekt des „Neuen“ HIIT zum „klassischen“ Intervalltraining (IT)

- Variationen bzgl. Belastungsart und Belastungsdauer mit entsprechend **zeitkontrollierter** Pause (=Intervall)
- Wirkung auf energiebereitstellende Systeme
- Neues Wirkungsverständnis des **Laktats** (siehe Kap. 3: „Exkurs: Laktat in der neuen trainingswissenschaftlichen Betrachtungsweise und Bewertung“)
- Anwendung und Wirkung des HIIT im Gesundheits-, Präventions- und Rehabilitationssport (z.B. Herzinsuffizienz-, Koronar- und Diabetes-Patienten).
- Studien in der kardiologischen Rehabilitation zeigten bei ausdauerspezifischen Parametern nach einem hochintensiven Intervalltraining (HIIT, kürzere, höhere Intensitäten) im Vergleich zu standardisiertem Ausdauertraining signifikant höhere, positive Effekte.
- Herzpatienten konnten HIIT gut tolerieren ohne erhöhtes, kardiales Risiko.
- Kardiologen empfehlen eine stärkere Integration von HIIT in kardiologische Rehabilitationsprogramme (siehe Kap. 10.3, Exkurs 3).

(Beispielstudie: Schweitzer et al.: Hochintensives Intervalltraining (HIIT) in der ambulanten kardiologischen Rehabilitation-RCT. Deut. Zschr. für Sportmed., 7-8 (2016), abstracts.



Hochintensives Intervalltraining (HIIT) und Laktat

Ausgewählte Interaktionen

EXKURS

Laktat in der „*neuen*“ trainingswissenschaftlichen Betrachtungsweise und als Reaktion durch HIIT

Ausgewählte Argumente

1-4

Neuere Erkenntnisse zeigen ein verändertes und sehr **komplexes** Laktatverständnis zur Beurteilung der aerob-anaeroben Energiebereitstellung (Stand 2007)

Bei intensiver körperlicher Belastung stellt der Abbau von Kohlenhydraten (KH) die benötigte Energie im Muskel bereit. Dabei entsteht **Pyruvat**, welches bei niedriger Intensität entweder in den aeroben, oxidativen Stoffwechsel überführt wird, oder vermehrt zu **Milchsäure** bzw. **Laktat** und H^+ Ionen umgewandelt wird

Laktat ist kein Stoffwechsel-**Endprodukt**, sondern als **Zwischenprodukt** ein energiereiches Substrat, das im oxidativen Energiestoffwechsel wieder genutzt werden kann. Die Laktat-Verstoffwechselung findet primär in der Skelettmuskulatur, aber auch in der Leber, Herz und Gehirn statt. Laktat verbessert als Energieträger und Energielieferant sowohl die anaerobe als auch die aerobe Energiebereitstellung.

Milchsäure dissoziiert zu 99% zu Laktat- und H^+ Ionen. Die H^+ Ionen-Freisetzung, sowie extrazelluläre K^+ (Kalium-Ionen) werden als bedeutender Faktor der Muskelermüdung angenommen, da sie die Aufnahme von Kalzium zur Energiefreisetzung aus ATP hemmen. Laktat ist **kein Hauptfaktor** muskulärer Ermüdung. Laktat hat einen positiven Effekt auf die Leistung eines ermüdeten Muskels und beeinflusst indirekt die Aufrechterhaltung der Aktionspotentiale für die Muskelkontraktion. **Die Laktatazidose wird als Grund für die Muskelermüdung in Frage gestellt!**

HIIT kann zu einer hohen Dichte laktazider Belastungen (z.B. nach HIIT-Blöcken) führen mit einer Stabilisierung des **HIF-1 Faktors** (reguliert die O_2 -Versorgung der Zelle und sorgt für eine Balance zwischen O_2 -Bedarf und O_2 -Versorgung). Dieser aktiviert das Erythropoetin-Gen mit einer Erhöhung der Erythropoetin-Synthese und zusätzlicher **Erythropoese**. Dieser Prozess ist weitgehend identisch wie unter hypoxischen Höhenbedingungen mit reduziertem Sauerstoff-Partialdruck (1,18,19,20). Eine hohe laktazide Belastungsdichte kann somit eine **hypoxieähnliche Erythropoese-Aktivierung** bewirken mit einer Erhöhung des Blutvolumens, Hämoglobins und VO_{2max} (1,18,19, 20).

Niedrige Blutlaktatkonzentrationen von Ausdauertrainierten kommen **nicht** durch eine geringere Laktat-Produktion zustande, sondern durch eine **bessere Verstoffwechselung** des Blutlaktats.

Bei anhaltend intensiver Belastung entsteht über Kohlenhydratabbau **Pyruvat**, das zu **Milchsäure** und weiter zu **Laktat** und **Wasserstoff-Ionen (H^+)** umgewandelt wird. Die H^+ -Ionen werden als **wesentlicher Faktor der Muskelermüdung** gesehen, da sie die Aufnahme von Kalzium zur Energiefreisetzung aus Adenosintriphosphat (ATP) hemmen.

Die unter **HIIT-Belastung** produzierte, leistungsmindernde, intramuskuläre Wasserstoffionen-Konzentration kann durch ein Bicarbonat-Puffersystem im Blutkreislauf kompensiert und verringert werden mit einer verzögerten Übersäuerung und einer Leistungssteigerung wiederholter, hoher Belastungen. Verantwortlich für diesen Übersäuerungs-Verzögerungsprozess sind die durch HIIT vermehrten Monocarboxylat Transporter (MCT1 und MCT), die Laktat aus den Muskelzellen transportieren zur Verhinderung einer Übersäuerung. HIIT erhöht damit die Laktattoleranz (L. Herdener, 2017)

Laktat(azidose) gilt nicht mehr als **Hauptursache** der Muskelermüdung.
Laktat hat sogar einen positiven Effekt auf die Leistung eines ermüdeten Muskels.

HIIT kann zu einer hohen Dichte laktazider Belastungen (z.B. nach **HIIT**-Blöcken) führen mit einer Stabilisierung des HIF-1 Faktors* (reguliert die O₂-Versorgung der Zelle und sorgt für eine Balance zwischen O₂-Bedarf u. O₂-Versorgung). Dieser aktiviert das Erythropoetin-Gen mit einer Erhöhung der Erythropoetin-Synthese und zusätzlicher **Erythropoese** („Epo“-Produktion).

Dieser Prozess ist weitgehend identisch mit Training unter hypoxischen Höhenbedingungen oder Training/Aufenthalt in speziellen Räumen mit reduziertem Sauerstoff-Partialdruck.

*: HIF= hypoxia-inducible factor, stimuliert die „Epo“-Produktion

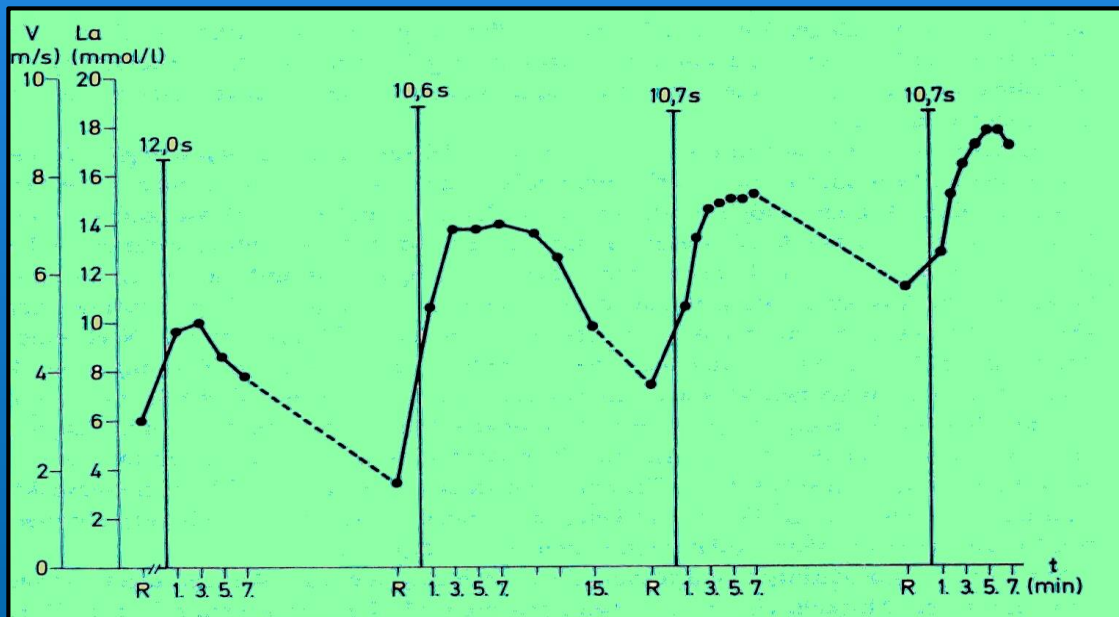
Eine durch **HIIT** provozierte hohe laktazide Belastungsdichte kann somit eine **hypoxieähnliche Erythropoese-Aktivierung** („Epo“ Produktion) bewirken mit einer Erhöhung des Blutvolumens, Erythrozyten und Hämoglobins (1,18,19, 20)

Somit sind höhere Laktatkonzentrationen ein **legales** Mittel – im Vergleich zu **verbotenen** „Epo“- produzierenden chemischen Substanzen (z.B. Kobalt-Salz, Xenon Gas u.a.) - Höhentrainingseffekte zu erzielen.

Besonders (sub)maximale Serien-Intervall-Sprintläufe produzieren je nach Belastungs-Pausen-Verhältnis Blutlaktatkonzentrationen über 13 mmol/l, die in dieser Größenordnung völlig unbedenklich sind und zu **keiner** Zellschädigung (z.B. Mitochondrien) und Leistungsminderung (vorzeitige Ermüdung) führen.

Laktat bewirkt als sog. **Signalmolekül** und als anaboler Stimulus trainingsbedingte (Gewebs-) Anpassungen wie **Blutgefäß-Neubildung** und –**erweiterung** mit verstärkter Muskeldurchblutung und verbessert als Energielieferant die aerob-oxidative und anaerobe Energiebereitstellung des Skelettmuskels (1,3,14,15). Höhere Laktatkonzentrationen können somit gleiche Effekte haben wie ein Training unter **Hypoxiebedingungen**. **HIIT** beeinflusst den Laktattransport über vermehrt produzierte Transportproteine und fördert somit den Laktat- und Wasserstoff-Ionenaustausch der Zelle (84).

Sprint-Laktatstudien mit leichtathletischen Sprintern zeigten bei Blutlaktatkonzentrationen bis 13 mmol/l bei 30m Serien-Sprintläufen bis 100m-Läufen keine Leistungsminderung.



Arterielle Blutlaktatwerte
nach 100m-Läufen bei je 20 Min.
Pause des Sprinters H.B.

Mader / Allmann, 1976; in: W. Hollmann / Th. Hettinger: Sportmedizin, 1990

Energiegewinnung in der Muskulatur

Stoffwechselwege

Anaerob

Aerob

mit Sauerstoff

(sehr) niedrige Intensität

Abbau Glukose
(Kohlenhydrate)

Abbau KrP

Energie

gleichzeitig

Einzelbeitrag abhängig von
Belastungsintensität u. -dauer

Verbrennung Fettsäuren
Lipolyse

Verbrennung Pyruvat

niedrige Intensität

Aktivierte Essigsäure

Citrat-Zyklus
Atmungskette

+ Sauerstoff

Energie (ATP), Wasser u. CO₂

Pyruvat
(Brenztraubensäure)

niedrige Intensität
aerober Stoffwechsel

Höhere Intensität

Aktiv. Essigsäure

Milchsäure
(Laktat + H⁺)

Weitere Belastung

andere, mäßig bewegte
Muskulatur + Leber

Citrat-Zyklus
Atmungskette

La-Produkt. > La-Abbau

Steter Anstieg La-Konzentration

Energie (ATP),
Wasser u. CO₂

Abfall pH-Wert (Azidose)

Glykogen-Resynthese

Laktat-steady-state bei erhöhtem
Blutlaktat u. konstanter Belastung
(Bereich aerob-anaerober Übergang)

- Hemmung Enzyme zur Energiegewinnung
- reduzierter, zentralnervöser Antrieb
- schnellere Ermüdung
- Konzentrations-/Koordinationsminderung



HIIT – Wann und Wie

Der Einsatz eines Hoch-intensiven Intervalltrainings (HIIT) ist abhängig von

- Sportart (auch Spilsportarten)
- Wettsiel-/Wettkampfsaison (VP, WP)
- Trainingshäufigkeit (3x/Wo, 5x/Wo)
- Niveau der aerob/anaeroben Ausdauerleistung

HIIT ist kein vollständiger Ersatz eines Langzeit-Ausdauertrainings (z.B. nach der Dauermethode = „high volume training = HVT).

Zahlreiche Studien (s. Lit.) bescheinigen einem **Hochintensiven Intervall-Training (HIIT)** hocheffektive Ausdauerereffekte – im Fußball in den Ausführungsweisen:

Intervall-Läufe

Parcours ohne Ball (fußballspezifische Bewegungen)

Dribbling-)Parcours mit Ball (fußballspezifische Aufgaben)

Kleinfeld-Spielformen (bewährt: 3 - 3 und 4 - 4)

Eine gute aerobe Kapazität (Grundlagenausdauer) ist die unverzichtbare Toleranzbasis für ein hochintensives Intervalltraining (HIIT) zur Verbesserung der fußballspezifischen Ausdauer-Leistungsfähigkeit.

Die „klassische“ Dauerlaufmethode wird durch HIIT **nicht** „entsorgt“ und bleibt weiterhin eine wesentliche Methode zur Entwicklung der Grundlagenausdauer.

Ab Mitte VP und in der WP kann die „ungeliebte“ Dauerlaufmethode alternierend durch **Fahrtspiel** und **extensive/intensive Intervallmethode** (s.u.) ersetzt / kombiniert werden.

Die durch HIIT bewirkte schnelle und deutliche Steigerung der VO₂max und der Ausdauer-Leistungsfähigkeit – bes. bei Sportlern mit geringer Ausdauer - kann nach Beendigung dieser Trainingsintervention auch zum **schnellen Verlust dieses Gewinns** führen.

Es ist allgemeiner Konsens, dass ein durch HIIT erworbener Gewinn nur dann **nachhaltig** ist, wenn in der Ausdauerentwicklung HIIT mit der Dauermethode in einem individuellen Verhältnis **kombiniert** wird.

Es zeigt sich, dass nur die intelligente **Kombination** von Dauer- mit Intervallmethode der „Goldstandard“ für Ausdauerentwicklung ist.

„It is now recognised, that a longer lasting fitness can be achieved, if the intervaltraining is combined with sufficient aerobic endurance development to stabilise the improved cardio-respiratory response“.

HIIT in der Saisonvorbereitung bzw. Saisonbeginn im Fußball

Nur bei guter Belastbarkeit und Athletik der Spieler (erhöhtes Verletzungsrisiko)

(Hoch)effektive, spielnahe Ausdauerentwicklung unter Zeitminimum durch variable Spiel-/Übungsformen mit kleinen Teams auf kleinen Spielfeldern (small-sided games), bes. im Amateurbereich (z.B. 4 geg.4, 3 geg.3, 1 geg.1)

Schnelle Wiedereingliederung in die Mannschaft nach Verletzung

Die HIIT-typische, schnelle Verbesserung der VO_{2max} schont den muskulären Energiespeicher durch höhere Energiebereitstellung aus Fett und Kohlenhydraten.

Studien mit unterschiedlichen Leistungs- und Altersklassen im Fußball zeigen im Spiel eine O_2 -Aufnahme von ≈ 70 -80% von VO_{2max} und eine aerobe Energiebereitstellung zu ca. 90% (77). Die VO_{2max} liegt bei männlich 55-67 ml/kg/min, bei weiblich 39-58 ml/kg/min (85). Eine obere Begrenzung der Belastungsintensität beim HIIT kann als %-Wert der HF_{max} , der max. Laufgeschwindigkeit oder der VO_{2max} nicht herangezogen werden.

Es gilt als „common sense“, dass (sehr) gut ausdauertrainierte Sportler mit einer VO_{2max} von ≥ 60 ml/kg/min nahezu alle - mittels „high-volume training“ (HVT) möglichen - kardiorespiratorischen und muskelstoffwechselspezifischen Anpassungen weitgehend ausgeschöpft haben. Weitere Anpassungen mittels HVT haben keinen oder nur geringen leistungssteigernden Effekt (79, 80, 87). Ein solcher ist, bes. unter Zeitmangel wie im fähigkeitskomplexen Fußball, nur noch über einen Anstieg der Trainingsintensität mittels einer periodisierten und variablen HIIT-Intervention möglich.



HIIT – Varianten und Wirkungsweisen

HIIT-Studien und HIIT-Protokolle (Literatur) variieren bzgl.

Belastungsintensität: 75-170% der VO₂max ^(42, 60); 90-100% HFmax ⁽⁴²⁾; 80-175% der max. Leistung ⁽⁸⁶⁾

Intervall (=Pausen) dauer und Pausengestaltung: 15sec - 8min und aktiv / passiv

Belastungs-Wiederholungszahl: 4 - 5 ^(82, 14, 60)

Belastungsart: Lauf, Parcours ohne/mit Ball, Kleinfeldspiel (z.B. 3 – 3, 4 – 4) ^(9, 43, 7)

Die **HIIT-Belastungsdauer (HIB)** wird unterschieden in:

1. **Kurzzeit**-Intervallmethode als **Intervallsprints** mit HIB 10-20 sec mit primär alaktazid-anaerober Energiebereitstellung mittels energiereicher Phosphatverbindungen (Adenosintriphosphat und Kreatinphosphat)

2. **Mittelzeit**-Intervallmethode als **Intervalltempoläufe** mit HIB 20-30 sec und *überwiegend* laktazid-anaerober Energiebereitstellung mit glykolytischer Energie-Nachlieferung

Beide Intervallmethoden verbessern zwar *überwiegend* die allgemeine *anaerobe dynamische* Ausdauer.

Studien belegen auch in geringerem Ausmaß eine Verbesserung der *aeroben* Ausdauer.

3. **Langzeit**-Intervallmethode als **Intervalldauerlauf** mit >120 sec Belastungsdauer gehört überwiegend zum *extensiven* Intervalltraining mit zunehmend aerober Energiebereitstellung und **nicht zum HIIT**.

Hoch-Intensives Intervall-Training (HIIT)

Das populär gewordene **4x4 Minuten-Konzept** (Norwegen: Belastung 90-95 % der HFmax und 3 Minuten aktive Pause bei 60-70% HFmax) hat sich nach zahlreichen Studien (Lit. 1,2,3,4,5,6,7,8,17) als eine hocheffektive, fußballspezifische „Langintervall“-Ausdauerethode erwiesen, synonym auch als **Aerobic High-Intensity-Training** (4)

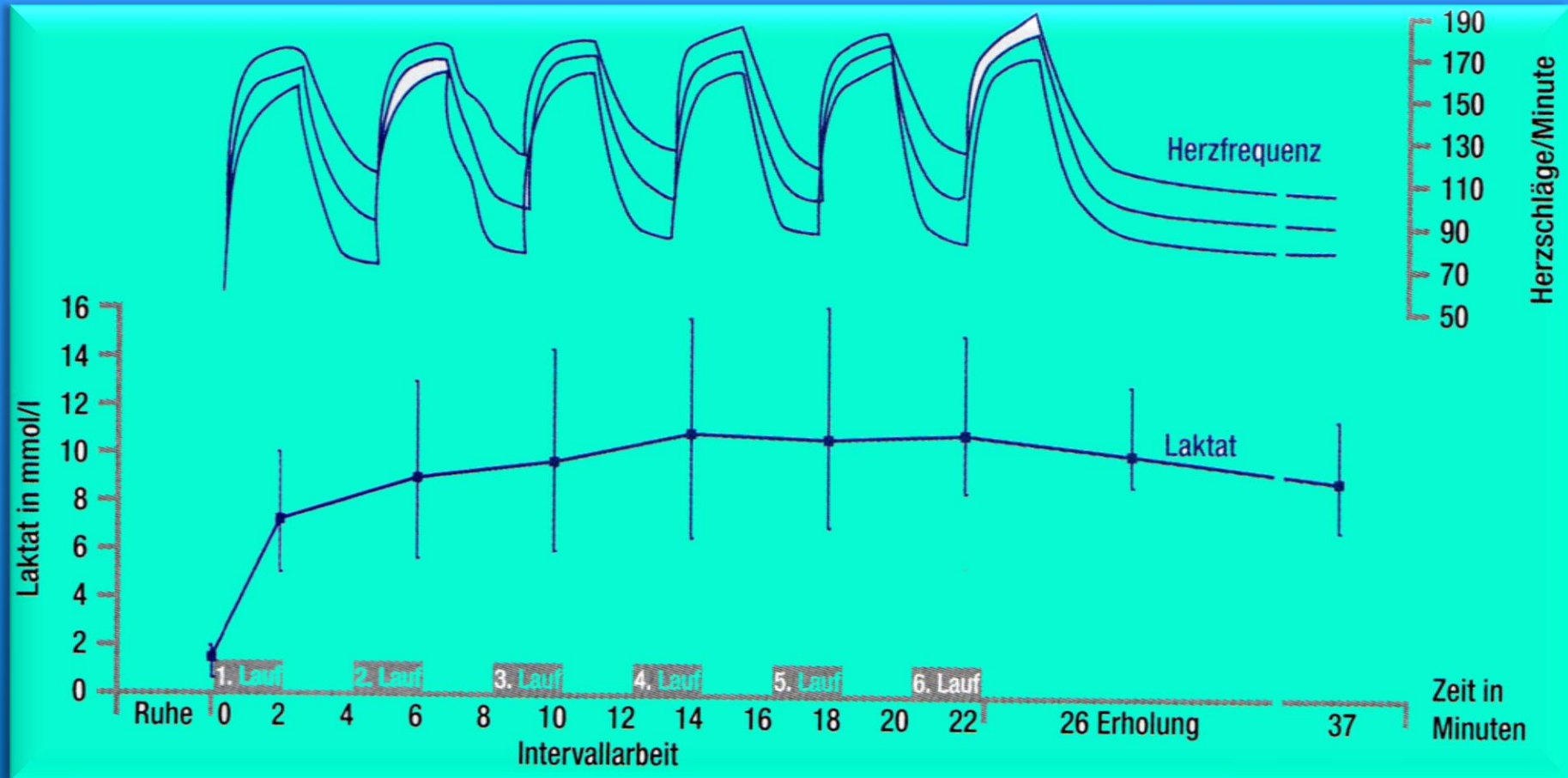
Geeignete Trainingsformen: kontinuierlicher Lauf (bes. bergauf), Fußball-/Dribbling-Parcours, **Kleinfeldspiele** (3 gegen 3 oder 4 gegen 4 bis 4 Min. Pause), Trainingsgesamtdauer: **25 Min.** bei 3 Min. Pause, **28 Min.** bei 4 Min. Pause. Studien verweisen auf deutliche^{re} Verbesserungen der Ausdauerleistung bei Spielformen vs. reinem Lauf oder Parcours ohne Beeinträchtigung von Kraft und Schnelligkeit.

In der Fußball-Saison**vorbereitungsphase** über 6 Wochen: HIIT (bis 6x4 Minuten) 1-2x/Wo., im oberen Amateur- u. Profibereich bis zu 3x/Woche bei Umfangsreduktion. Eine generelle Empfehlung ist aufgrund verschiedenster Randbedingungen nicht möglich.

Hochintensives Intervalltraining (HIIT) und das „Klassische“ Intervalltraining (IT) unterscheiden sich nur in der Herzfrequenz der Intervall- (=Pausen-) Belastung. Das heutige HIIT liegt mit Einschränkung nahe am „klassischen“ IT.

Hochintensives Lauf-Intervalltraining

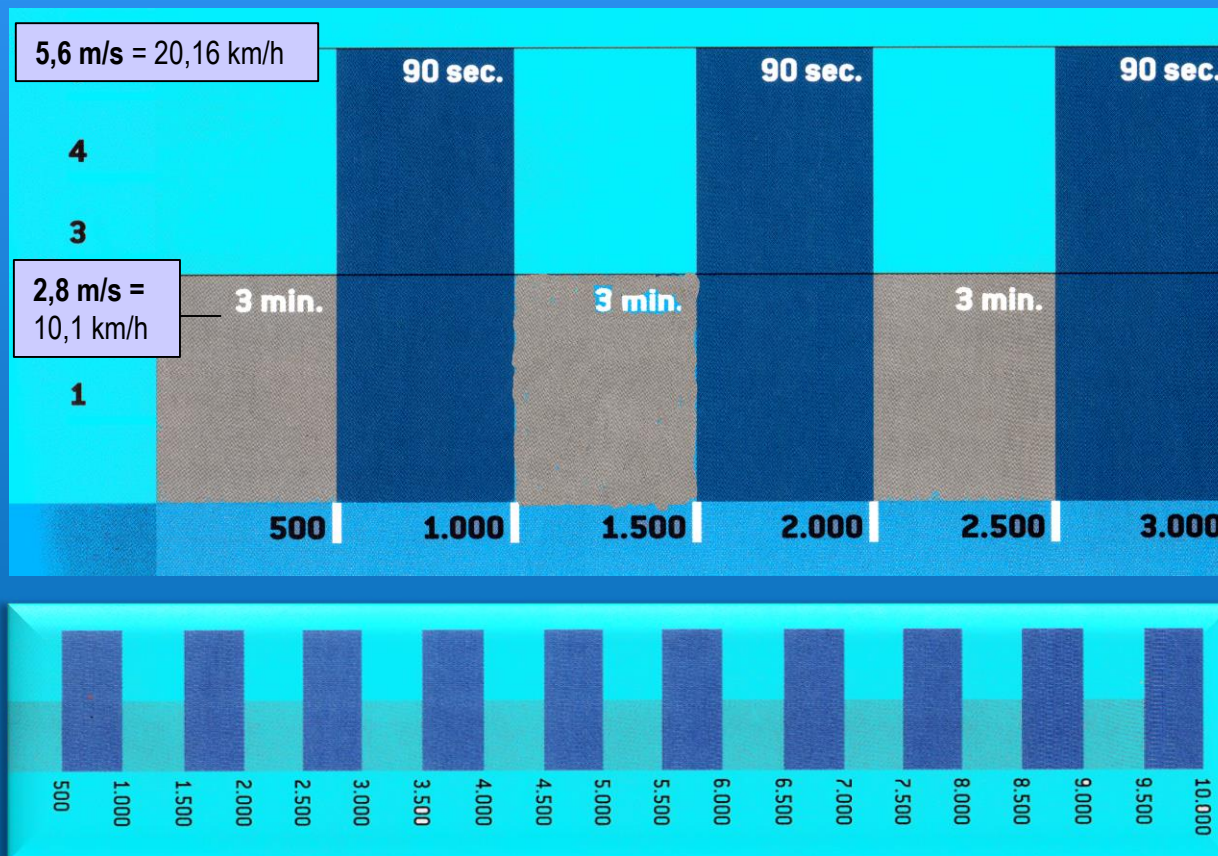
Herzfrequenz- und mittlere Laktatkurve von 3 Probanden: 2 Min. Belastung – 2 Min. Pause



Tempowechseldauerlauf als „Kombinationsform“ von Dauerlauf und Intervalllauf

Diese Ausdauer-Laufvariante kombiniert die methodischen Prinzipien des reinen Dauerlaufs und Intervalllaufs zur hocheffektiven Ausdauerentwicklung und Ausdauer-Niveauerhalt in bestimmten saisonalen Phasen (z.B. in der Wettspiel-Vorbereitungsphase).

Beispiel: Eine vorgegebene Gesamtlaufstrecke zwischen 5 km und 10 km wird beispielhaft in 500m-Teilstrecken abwechselnd in 3 Min. (=2,8m/s) und in 90 sec (=5,6m/sec) gelaufen.



Fußballstudien (Lit. 5,6,7,8,9,10,11,12,13)

2-3 Monaten HIIT als 4x4 Min.-Training, 2x/Woche ergab

- VO₂max Zuwachs von 7-11% (spiroergometrische Messung)
- Verbesserter O₂-Transport; erhöhtes Herzminuten- (14) und Blutvolumen (89)
- Verbesserte Sprint-Wiederholungsfähigkeit (Repeated-Sprint-Ability); späterer Erschöpfungszustand
- Verbesserte Lauf-/Bewegungsökonomie (3-7%)
- Geringere Blut-Laktatkonzentration durch verbesserte Laktat-Pufferkapazität (Erhöhung MCT-Dichte)*
- Erhöhte Laufleistung bei fußballspezifischen Parcours und im Spiel
- Erhöhte Fettoxidation bei reduzierter KH-Oxidation (44, 45)
- Schonung des limitierten Muskel-Glykogenspeichers
- Verbesserte Laufleistung im YYIR-Test Level 1 um 13-14% (s.u.)

*: MCT= Monocarboxylattransporter für Laktattransport aus Muskelzellen, um das Zellinnere nicht zu übersäuern (71)

Als Hoch-Intensives Intervall-Training (HIIT) erweist sich auch die „Kurz“-Intervall Trainingsform mit 10-40 sec Belastungsdauer und maximalen Geschwindigkeiten als („short intermittent“) **Sprint-Intervalltraining (SIT)** bzw. „**anaerobic speed and speed-endurance training**“ (4) zur Erhöhung der Wiederholungen anaerober Maximalsprints bei minimaler Erholung zwischen den Sprints als fußballspezifisch.

Trainingsbeispiel 1: **4x(8x15/15 sec)** Belastung/Entlastung, 3 Min. Pause als Linienläufe
Belastungsherzfrequenz: 90-95% HFmax (kontinuierliche HF-Messung)

Trainingsbeispiel 2: **3x(5x30/30 sec)**, 4 Min. Pause, Belastungs-HF: 90-95% HFmax

Trainingsbeispiel 3: **3-4x(6x40m)** (sub-)max. Seriensprints, Wdh.-Pause: 20 sec, Serienpause: 3-4 Min. als Blocktraining 10-12 Wo. mit 2 TE/Wo.

Trainingsbeispiel 4: „**All-out-Sprints**“ über 30-40 sec
Alle Entlastungsphasen mit geringintensiven, sportartspezifischen Belastungen. Spielformen als Belastungsart sind – wenn sinnvoll - zu bevorzugen.

Effekte: Erhöhung VO₂max, verringerte Laktatbildung, ausdauerabhängig verringerter respiratorischer Quotient (RQ=Kohlendioxidabgabe ÷ Sauerstoffaufnahme), geringe bis keine Verbesserung der Sprintschnelligkeit !! (1)

Fußballstudien 1 (Lit.: 10,11,13,31,43,44,45,46,50,51,52,53,54,55,65,66,67)

ergaben nach Sprint-Intervalltraining (SIT) bzw. Sprint-Ausdauertraining („speed and speed endurance training“) mit wiederholten Sprints bis 40m:

1. Erhöhte **Sprint-Wiederholungsfähigkeit** bei geringerer Ermüdung, verkürzter Erholungszeit und Verbesserung der Ausdauerleistung
2. Geringere **Blut-Laktatkonzentration** nach kurzzeitigen, intensiven Wiederholungsbelastungen (verbesserte Laktat-Verstoffwechselung)
3. Erhöhung des Muskel-**Glykogengehalts** als bedeutendes Energiesubstrat (44)
4. Erhöhung der Muskel-**Kapillarisation** mit erhöhter Diffusion zwischen Kapillaren und Muskelfasern mit verzögerter Ermüdung nach intensiver Belastung
5. Deutliche Erhöhung der **VO₂max** (in Studien ähnlich hoher Anstieg wie nach 4x4 Min. Training)
6. **SIT** in Kombination mit dem **4x4 Min.**-Konzept kann die fußballspezifische, konditionelle Leistung um ca. 10-15% steigern
7. (Hoch)signifikante Erhöhung der fußballspezifischen Testleistungen im YoYo Intermittent Recovery-Test (YYIR-Test1/2 s.u.) als valider Test der fußballspezifischen Ausdauer und **signif. Verbesserung im Sprint-Wiederholungstest** (Lit.: 10, 31, 43, 46, 50, 52, 53, 54, 65)

Fußballstudien 2

8. Die Sprint-Wiederholungsfähigkeit konnte im Vergleich SIT(3x(6x40m) vs. 4x4 Min. Konzept nur das SIT signifikant verbessern (10, 46, 65)
9. Nach 7 Wochen SIT- in der VP 2x/Wo - Steigerung im YYIR-Test (s.u.) um 22%; SIT verbessert nach Studien die fußballspezifische Schnelligkeitsausdauer am stärksten (10)
10. SIT bewirkt nach shuttle-run-Intervall-Sprinttraining auch eine Sprungkraftverbesserung im Squat-Jump, Counter-Movement-Jump und Jump-and-Reach-Test (65, 66, 67).
11. Eine Kurz sprint-Zeitverbesserung konnte nur bei jungen Sportlern/Spielern nachgewiesen werden. Bei älteren, erwachsenen Spielern konnte keine Sprintzeitverbesserung nachgewiesen werden (10, 11, 13, 65)
12. Studien zeigen, dass ausschließliches (!) Sprint-Intervalltraining ohne laufkoordinatives und kraftorientiertes Ergänzungstraining sehr schnell zur „Barrieren“-Bildung ohne Steigerung der Sprintschnelligkeit führt.

Ein bes. praktikables und effektives HIIT ist die Belastung-/Entlastungs-Form
4x(8x15/15sec), 3 Min. Pause = 25 Min. Gesamtdauer
2x(12-15x15/15sec), 5 Min. Pause = 17-20 Min. Gesamtdauer
als Linienläufe in Leistungsgruppen.

Laufintensität bzw. Laufstrecke in 15sec mittels Laktatstufentest
ca. 110% max. Laufgeschwindigkeit eines Laktatstufentests
ca. 140% Laufgeschwindigkeit der anaeroben Laktatschwelle (z.B. v4)
Laufstarke Spieler laufen die 15sec-Trainingsstrecke ~ 75m-95m nach Tim Meyer et al., 2014 (57)
Laufstarke Spieler laufen die 15sec-Trainingsstrecke ~ 85-95m nach Horst Allmann

Beispiel 1: Gut ausdauertrainierte Fußballmannschaft der 2.BL. (2014)

Mittels der Formel: Laufstrecke s[m] in 15 sec = $v4 \cdot 140 \div 100 \cdot 15$ wurden die 4 Gruppen-
Laufstrecken in 15 sec über die Gruppen-Ø Werte der anaeroben 4mmol/l Laktatschwellenwerte (v4) berechnet:

Gruppe 1: Ø v4 = 4,65m/s: s(15sec) = 97,65m

Gruppe 2: Ø v4 = 4,36m/s: s(15sec) = 91,56m

Gruppe 3: Ø v4 = 4,09m/s: s(15sec) = 85,89m

Gruppe 4: Ø v4 = 3,71m/s: s(15sec) = 77,91m

Die 15 sec-Laufstrecken 75m-95m entsprechen v4~3,6-4,5m/sec. Spieler mit v4=3,6m/sec sind keine „laufstarken“ Spieler (mindestens 85m-95m)

Formel für 15sec-Laufstrecke nach v4: $v4 \cdot 140 \div 100 \cdot 15$; Beispiel: Annahme v4=4,1m/sec: Laufweg = 86m

Zur Effektsteigerung des HIIT ohne Beeinflussung durch andere Trainingsinhalte und -methoden bewährt sich ein zeitbegrenztes **HIIT-Blocktraining**. Blockdauer: 10-12 Tage mit 12-15 x SIT.

Die durch ein **HIIT-Blocktraining** effektivere Leistungssteigerung der Ausdauerleistungsfähigkeit im Vergleich mit einem kontinuierlichen Lauftraining wird auf die **verbesserte oxidative Kapazität der Mitochondrien der Skelettmuskulatur** zurückgeführt.

Dem **kontinuierlichem** Ausdauer-Lauftraining (Dauermethode) wird eine verstärkte **Vermehrung der Kapillargefäße** zugeschrieben.

Die noch geringen HIIT- Vergleichsstudien (2018) mit kontinuierlichem Ausdauertraining (Dauermethode) garantieren jedoch aus **statistischer** Sicht eine hohe Wahrscheinlichkeit einer relativ kurzfristig-effektiven, signifikanten Leistungssteigerung der Ausdauerleistungsfähigkeit und Anhebung der maximalen Sauerstoffaufnahme als wichtiger Ausdauer-Kennwert mittels **HIIT in zeitbegrenzten Blöcken**.

*„Bei hohen Trainingsumfängen sollten aber auch die klassischen Ausdauermethoden ihren Platz haben, da sie andere Adaptationsprozesse anstoßen, die nicht vernachlässigt werden sollten. **Eine reine Ausrichtung auf HIIT** (gemeint HIIT; Allmann) **ist folglich nicht zu empfehlen**“.*

L. Herdener (71)



Effizienztests von HIIT-Methoden

Effizienztests verschiedener HIIT-/SIT-Maßnahme

1. Spiroergometrischer Test (atemgasanalytischer Test)

Messung Sauerstoffaufnahme und Kohlendioxidabgabe der Atemluft unter ansteigender Belastung
Die sportmedizinisch relevante Messgröße ist die **exakte** Bestimmung der **relativen VO₂max** (Bruttokriterium der Ausdauerleistungsfähigkeit) und das **Herzschlagvolumen (HSV)**. Der Test hat im klinischen Bereich eine höhere Bedeutung.

Weitere Informationen in Themendatei 6: „Leistungs(fähigkeits)diagnostik im Fußball, Kapitel 13, Folie 324, 326, 327 ,333“

2. Laktatstufentest (Laktat unter stufenförmig ansteigender Belastung)

Hauptbestimmungsgrößen:

- Leistung (z.B. Laufgeschwindigkeit) an der (individuellen) **aeroben** und **anaeroben Laktat-Schwelle** mit Herzfrequenzen als Kennwert der Ausdauerleistungsfähigkeit
- Bestimmung von **Trainings-Intensitätsbereichen** (regenerativ, extensiv, intensiv)
- regressionsanalytische, **relative VO₂max [ml/min/kg]**

Weitere Informationen in Themendatei 8: „Ausdauerdiagnostik-Laktatstufentest“

3. Sportmotorische Tests

1. Laufzeiten (z.B. Sprint)
2. Sprint- **Wiederholungsfähigkeits-Test** (z.B. nach E. Rampinini) (37)
3. Fußballspezifische Ausdauer tests (z.B. Parcours-Tests, **YoYo-Tests** u.a.)



Elektronischer Startblock
nach H. Allmann



EXKURS

Sprint-Wiederholungsfähigkeit
Repeated Sprint Ability
Kurzfristig wiederholte, maximale Sprintleistungen

Zahlreiche Wettspielanalysen zeigen nahezu einstimmig:

- mit fortschreitender Spieldauer vermindert sich das Spieltempo
- die Gesamtlaufdistanz pro Spieler verringert sich in der 2. Spielhälfte z.T. erheblich
- hochintensive Aktionen werden langsamer und die Aktionspausen werden länger
- die Anzahl von Antritten und Sprints verringert sich mit fortlaufender Spieldauer

Die Ursachen liegen in individuellen Defiziten in der **Sprint-Wiederholungsfähigkeit (SWF)**. Sie ist mittels verschiedener Sprint-Intervall-Trainingsprogramme (siehe „*Testdesign*“ nächste Folie) gut trainierbar und diagnostisch unter verschiedenen definierten Kennwerten berechenbar (siehe Berechnungsformeln).

Die Höhe der SWF korreliert positiv mit folgenden physiologischen Parametern :

1. Aerobe Kapazität: Erhöhung der Grundlagenausdauer verbessert die SWF (zahlreiche Studien)
2. Laktattoleranz: durch Training des Laktatshuttlesystems mit Laktattransport in weniger beanspruchte Muskulatur mit Laktatentlastung der Arbeitsmuskulatur (siehe anderer Ort)
3. Kreatinphosphat: Die Geschwindigkeit der Kreatinphosphat-Resynthese zur ATP-Resynthese bei hochintensiven muskulären Belastungen ist limitierender Faktor der SWF. Eine Optimierung scheint durch Training mit 6-10 x 2 Min. hochintensiver Belastung, 1 Min. Pause bei 2 gegen 2 auf Kleinfeld am besten zu gelingen (Entleerung der KP-Speicher mit hohem Superkompensationsreiz)
4. Anaerobe Kapazität: Energiegewinnung unter mangelnder Sauerstoffzufuhr bei kurzen hochintensiven Belastungen. Ihre Erhöhung gelingt effektiv durch hohes Belastungstraining von z.B. 3 x 20-30 sec Dauer mit 4-6 Min. Pause (=Intervalldauer).

Sprint-Wiederholungsfähigkeit (SWF) = Repeated Sprint Ability (RSA)

Testmodell 1: Kennwert **Ermüdungsindex (EI)**

Testdesign: Sprintanzahl: 6-20, Sprintdistanz: 10m-40m, Pause (Intervall): 20-30 sec, Laufweise: nur linear oder als shuttle-run. Testökonomisch werden 10 Sprints mit 60 sec Pause empfohlen (L. Herdener, Lit. 71).

	30 m
Sprint 1	3,94
Sprint 2	3,98
Sprint 3	4,13
Sprint 4	4,17
Sprint 5	4,17
Sprint 6	4,19
Sprint 7	4,21
Sprint 8	4,25
Sprint 9	4,38
Sprint 10	4,39
Schnellster Sprint (SS)	3,94
Langsamster Sprint (LS)	4,39
Ermüdungsindex (EI)	-11,4

Beispiel: Testprotokoll zur Bestimmung des Ermüdungsindex

(nach L. Herdener 2017, Lit. 71). Modifiziert von H. Allmann

Berechnung des Ermüdungsindex EI

$$EI = 100 \times \frac{t_{SS} \text{ minus } t_{LS}}{t_{SS}}$$

Je kleiner der negative Zahlenwert des EI, desto geringer ist der Leistungsabfall. Bei einem effektiven RSA-/ SWF-Training strebt dieser Wert gegen 0 (= kein Leistungsabfall)

Sprint-Wiederholungsfähigkeit (SWF) = Repeated Sprint Ability (RSA)

Testmodell 2: Kennwert **Sprintleistungsabnahme (SLA)**

nach definierter Anzahl gleicher Wiederholungssprints (Intervallsprints) über def. Sprintlänge und Wiederholungspausen.

Beispiel: Testprotokoll zur Bestimmung der Sprinterholungsfähigkeit nach E. RAMPININI (2009) Lit 37

Testablauf

Sprintlänge: 40m (als 2x20m shuttle-run)

Sprintanzahl: 6

Erholung (Intervall): 20 sec

<u>Sprint</u>	<u>Testprotokoll</u>	<u>Zeit in sec</u>
1		6,85
2		6,98
3		7,09
4		7,28
5		7,37
6		7,49
Durchschnitt		7,18
bester Sprintlauf		6,85
Sprintabnahme*		4,8%

Berechnung der SLA [%]*

$$SLA = \frac{\text{Ø aller Sprints} \times 100}{\text{Bestzeit}} \text{ minus } 100$$

Testwerte Sprint 6x40m Shuttle-Sprints

(nach E. Rampinini, Lit.37)

Testwerte für 6x40m Shuttle-Sprints (20m+20m, 180° Drehung; 20 sec passive Pause)

Ø – Werte 40m: Top-Profis: 7,12 sec ; Amateure: 7,55 sec

Best 40m: Top-Profis: 6,85 sec; Amateure: 7,08 sec

Abfall Sprintleistung: Top-Profis: 3,3%; Profis Mittelklasse: 5,1%; Amateure: 6,1%

Studie: Verbesserung der Sprintwiederholungsfähigkeit durch wiederholtes Sprinttraining unter hypoxischen (sauerstoffreduzierten) Bedingungen („Repeated Sprint-Training in Hypoxia“)

Faiss et al., 2013; Millet et al. 2019

Wiederholtes Sprinttraining unter Hypoxie (WSH) wurde erstmalig am Sportwissenschaftlichen Institut der Universität von Lausanne praktiziert, 2013 zuerst von **Faiss et al. (2013)** beschrieben mit Nachfolgepublikationen in 25 internationalen Fachzeitschriften. Aufgrund der Kürze der WSH-Methode ist die verbesserte Sprintwiederholungsfähigkeit *nicht* mit einer höheren Sauerstofftransportkapazität wie bei den hypoxischen Ausdauer-Methoden „Live High – Train High / Low“ in mindestens 2000-2500m Höhe zu erklären. Diskutiert werden neben anderen eine verbesserte Funktion der Fast-Twitch Fasern und eine schnellere Kreatinphosphat Resynthese.

Generell bewirkt WSH eine gesteigerte wiederholte Sprintfähigkeit mit schnelleren mittleren Sprintzeiten, höherer Kraftentwicklung und erhöhter Ermüdungsresistenz (!) im Vergleich mit einem normoxischen Training. Diese Ergebnisse führten zu einem geänderten „Live High – Train Low + WSH“ bzw. „Live High – Train Low and High“, was bes. für Spilsportarten sowohl die aerobe Kapazität als auch die Sprintwiederholungsfähigkeit effektiv verbessert.

Zeitsparend (ohne wochenlanges Höhentrainingslager) und kostengünstig sind Trainingseinheiten in speziellen Hypoxie simulierten Räumen mit regulierbarem Sauerstoffgehalt. Unter verschiedenen Hypoxie-Trainingsmodellen hat sich die zeitnahe Kombination von Hypertrophie- mit Normoxietraining gezeigt. Für Spilsportarten mit hoher repetitiver Sprintforderung wäre z.B. ein bis 10x40m (2x20m shuttle-run mit 30sec Pause) Sprint in Räumen mit künstlich erzeugter Hypoxie mit parallelem normoxischem Training effektiv.

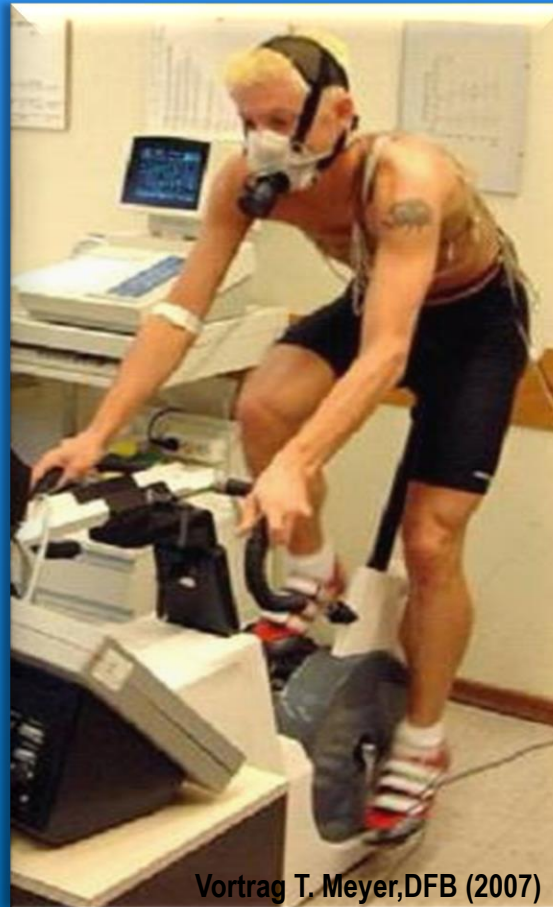
Spiroergometrie (Atemgasanalyse)

Die **Ausdauer-Leistungsdiagnostik** ist neben anderen Diagnostik-Bereichen mit der Bestimmung der **relativen max. Sauerstoffaufnahme** ($\text{VO}_{2\text{max}}$ [ml/min/kg]) als zentraler Kennwert der aeroben Ausdauerleistung der größte sportmedizinische Einsatzbereich. Hauptmessparameter sind die O_2 -Aufnahme (VO_2) und CO_2 -Abgabe der Atemluft.

Testvariationen



Labortest Laufband



Vortrag T. Meyer, DFB (2007)

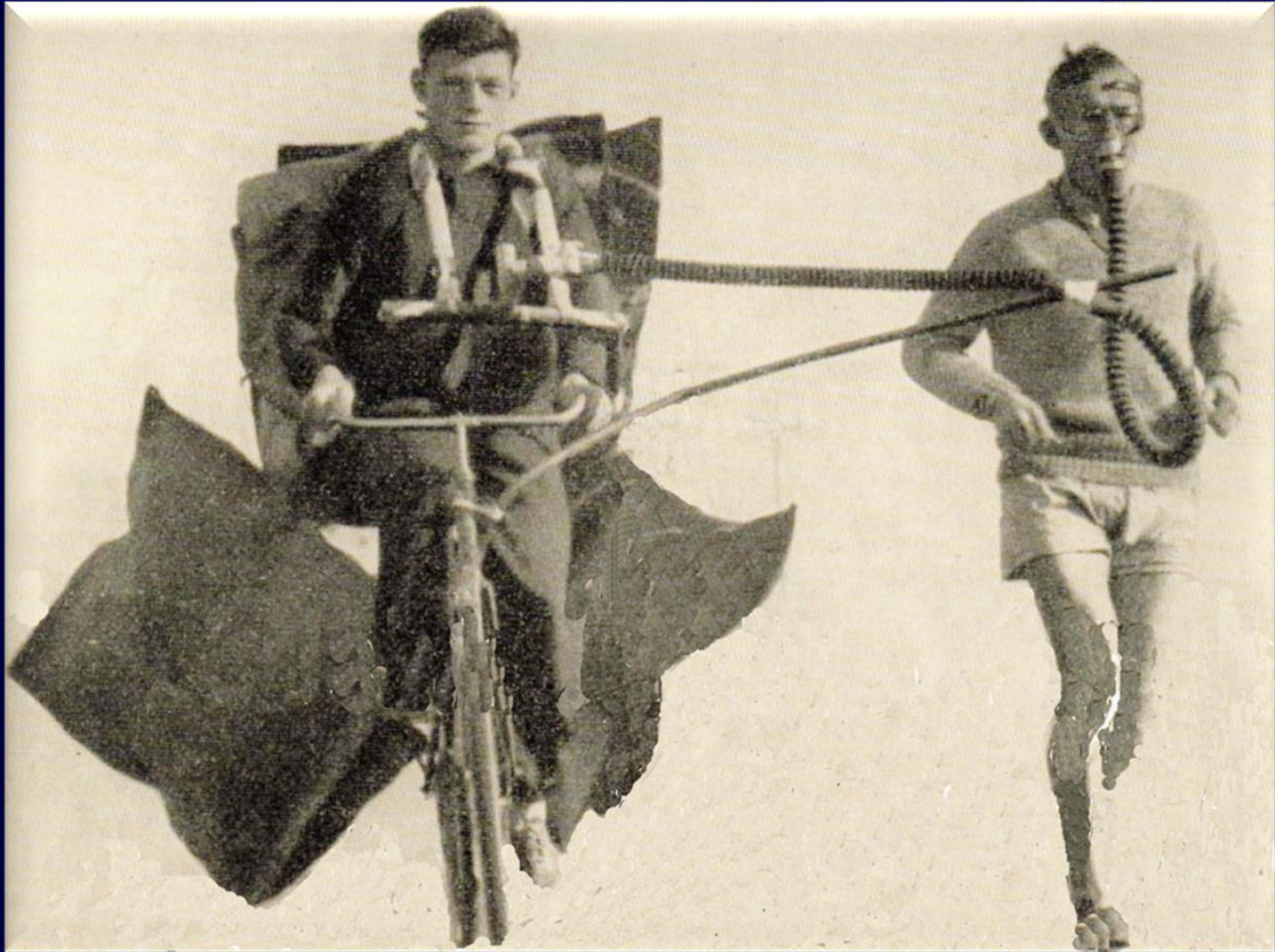
Labortest Fahrradergometer



Aus Vortrag T. Meyer, DFB (2007)

Feldtest Laufen

Spiroergometrische Sammlung von Atemgas eines Läufers zur Bestimmung der Sauerstoffaufnahme-fähigkeit
Anfang des 20. Jahrhunderts.



Nur für Diagnostiker mit Nostalgie-Leidenschaft

Spiroergometrie (Atemgasanalyse)

Atemgasanalytische Bestimmung der **relativen max. Sauerstoffaufnahme** als Kriterium der aeroben Ausdauerleistung

Zur Ableitung intensitätsbezogener Trainingsempfehlungen ist VO_2max **wenig geeignet**, da bestimmte %-Werte von VO_2max die metabolische Beanspruchung nur **ungenau** vorhersagen kann (39).

Da die VO_2max anpassungsdynamisch an verschiedene Ausdauer-Trainingsmethoden ein relativ **träges** Merkmal ist, muss eine hohe fußballspezifische Testleistung **nicht** zwangsläufig mit hohen VO_2max -Werten korrelieren (41, 42)

Nachteile für „schnelle“ und einfache Nutzung im (Leistungs)Sport

Sehr **aufwändig** und **teuer** ! Starke Laufbehinderung mit Mobilgerät →

Rampentest (8-12 Min.) oder „**klassischer**“ **Stufentest** (Stufe 5-7 Min)?

Ausbelastung notwendig für VO_2max Bestimmung

Mobile Geräte mit Maske und “Rucksäckchen” **meßfehleranfällig**

I.d.R. **Labortest** (Laufband, Fahrradergometer.); als Feldtest **unrentabel**

Aus Ventilationswerten sind **ventilatorische aerobe** und **anaerobe Schwelle** mit Herzfrequenz zur **Trainingssteuerung** ableitbar

Analog Laktatdiagnostik (über 10 Schwellenmodelle) auch **Schwellendiskussion** in der Spiroergometrie (V-Slopemethode, respiratorischer Kompensationspunkt, Atemäquivalent)



Ambulante Spiroergometrie

Zunehmender Trend zu einfacheren, fußballspezifischeren Ausdauertests führte zur Gruppe der

Yo-Yo-Tests als (20m) Shuttle-Run-Tests

MULTISTAGE FITNESS TEST
YO-YO INTERMITTENT RECOVERY TEST
YO-YO INTERMITTENT ENDURANCE TEST

Testparameter: maximale Laufgeschwindigkeit bzw. maximale Laufdistanz (Level+Shuttle)

Testziel: Lauf-Ausdauerleistungsfähigkeit; empirisch-regressionsanalytische Bestimmung der VO₂max

Testerfahrung: hohe Korrelation zur Laufleistung/Spielintensität im Wettspiel

Yo-Yo Intermittent Recovery Test (YYIR-Test) Level 1 und 2

gilt für viele HIIT-Maßnahmen als führender **Referenztest** zur Überprüfung der spezifischen Ausdauer-Leistungsänderung.

Kurzdarstellung; ausführliche Darstellung in Datei: „LEISTUNGS(FÄHIGKEITS)DIAGNOSTIK IM FUSBALL“

Begründung

Der **Yo-Yo Intermittent Recovery Test (YYIR-Test)** erfüllt alle statistischen Haupt-Gütekriterien: **Objektivität, Reliabilität, Validität** und Neben-Gütekriterien: **Ökonomie, Nützlichkeit, Vergleichbarkeit**

Die Leistung im YYIR-Test widerspiegelt die Fähigkeit für wiederholte, intensive Belastungen **besser** als die VO_{2max} (37)

Die Leistung im YYIR-Test korreliert **hochsignifikant** mit der Laufleistung im Wettspiel (50) mit hoher **Ausdauer-Leistungstrennschärfe** zwischen Spielern

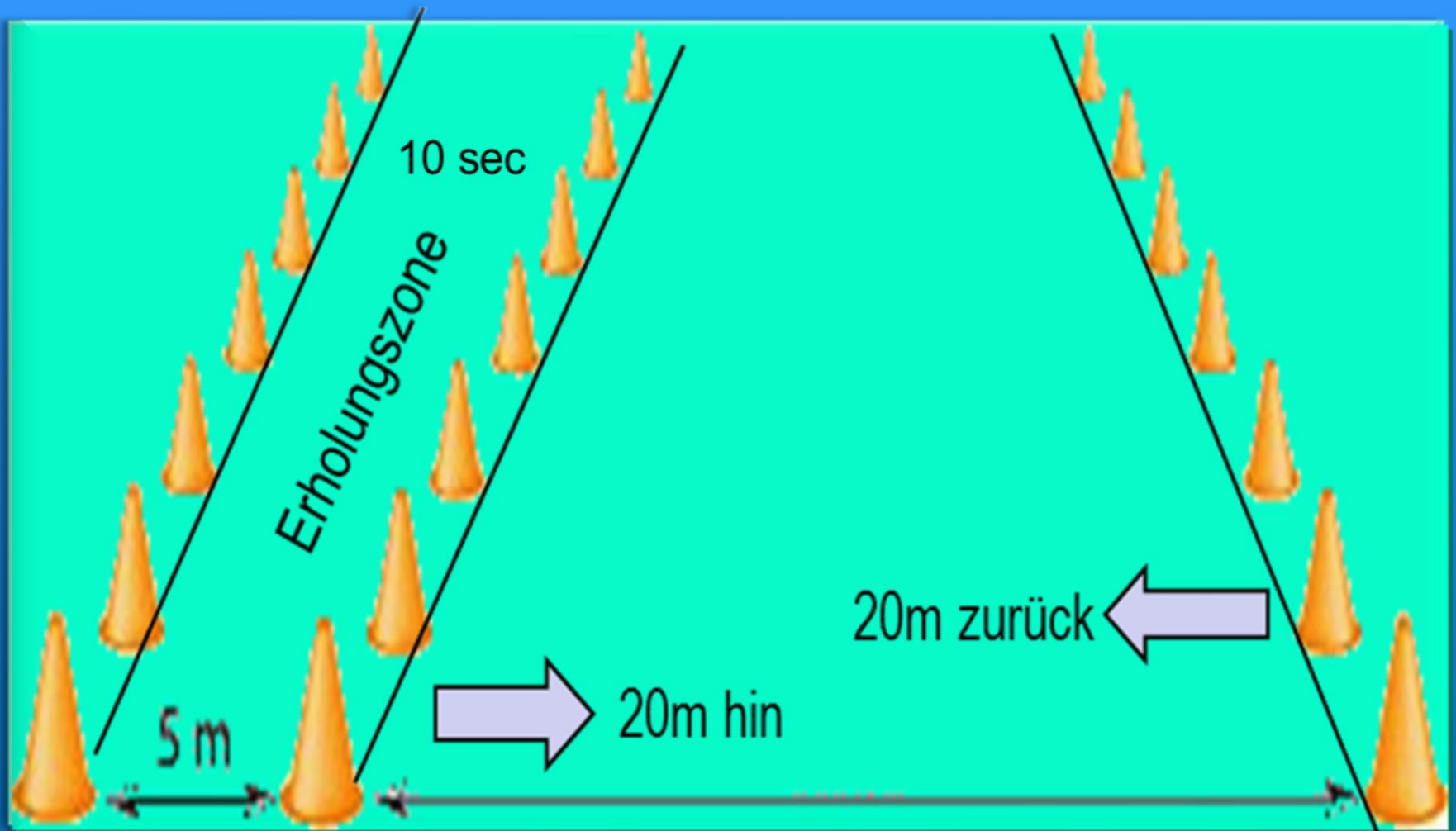
YYIR-Testleistungen australischer Top-Fußballspieler differierten sehr stark trotz **gleicher** VO_{2max} (41)

Weltklassem Spieler erreichen im YYIR-Test Level 1~2400m, Level 2~1300m (41)

Der YYIR-Test gilt unter Fußballtrainern als bester Fußball-Ausdauerstest!

YoYo-Intermittent-Recovery-Test (YYIR-Test)

Pausen – Variante des Multistage Fitness Tests



Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1

Levels, speeds and accumulated distances for Yo-Yo Intermittent Recovery Test 1

Für Anfänger, Frauen und
gering Trainierte;
max. Testdauer: ca. 29 Min.

Nach jedem Shuttle 10 sec Pause

stage	speed level	speed (km/hr)	shuttles (2 x 20m)	accumulated dist. covered			
				<u>Level-Zeit (s)</u>	(m)	<u>20m-Zeit</u>	<u>Shuttle-Zeit</u>
1	5	10.0	1	14,4	40	7,2	14,4
2	8	11.5	1	12,52	80	6,26	12,52
3	11	13.0	2	22,16	160	5,54	11,08
4	12	13.5	3	31,98	280	5,33	10,66
5	13	14.0	4	41,12	440	5,14	10,28
6	14	14.5	8	79,52	760	4,97	9,94
7	15	15.0	8	76,8	1080	4,8	9,6
8	16	15.5	8	74,4	1400	4,65	9,3
9	17	16.0	8	72,0	1720	4,5	9,0
10	18	16.5	8	69,8	2040	4,36	8,72
11	19	17.0	8	67,84	2360	4,24	8,48
12	20	17.5	8	65,76	2680	4,11	8,22
13	21	18.0	8	64,0	3000	4,0	8,0
14	22	18.5	8	62,24	3320	3,89	7,78
15	23	19.0	8	60,64	3640	3,79	7,58

Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 2

levels, speeds and accumulated distances for Yo-Yo Intermittent Recovery Test 2

Für trainierte
(Leistungs)Sportler, Männer;
max. Testdauer: ca. 27 Min.

	stage	speed level	speed (km/hr)	shuttles (2 x 20m)	accumulated dist. covered			
					<u>Levelzeit (sec)</u>	<u>covered (m)</u>	<u>20m-Zeit (sec)</u>	<u>Shuttle-Zeit (sec)</u>
Nach jedem Shuttle 10sec Pause	1	11	13.0	1	11,08	40	5,54	11,08
	2	15	15.0	1	9,6	80	4,8	9,6
	3	17	16.0	2	18.0	160	4,5	9,0
	4	18	16.5	3	26,16	280	4,36	8,72
	5	19	17.0	4	33,92	440	4,24	8,48
	6	20	17.5	8	65,76	760	4,11	8,22
	7	21	18.0	8	64,0	1080	4,0	8,0
	8	22	18.5	8	62,24	1400	3,89	7,78
	9	23	19.0	8	60,64	1720	3,79	7,58
	10	24	19.5	8	59,1	2040	3,69	7,38
	11	25	20.0	8	57,6	2360	3,60	7,2
	12	26	20.5	8	56,2	2680	3,51	7,02
	13	27	21.0	8	54,9	3000	3,43	6,86
	14	28	21.5	8	53,6	3320	3,35	6,7
	15	29	22.0	8	52,4	3640	3,27	6,54

Table data adapted from the research paper: "The Yo-Yo Intermittent Recovery Test A Useful Tool for Evaluation of Physical Performance in Intermittent Sports", by Jens Bangsbo F. Marcello Iaia and Peter Krstrup, Sports Med 2008; 38 (1): 37-51 (siehe Lit.41).

Tabelle ergänzt von H. Allmann

Yo-Yo Intermittent Recovery Test

Video



Yo-Yo Intermittent Recovery Test

nach P. Krstrup, J. Bangsbo et al. Med.Sci. Sports Exerc. (35) 4,2003

Shuttle run

- 2x20m (hier: 40m = 1 Shuttle; akustisches beep-Signal nach je 20m)
- 10sec / Variante: 5sec Pause (nach jedem Shuttle in 5m-Erholungszone)

Progressive Temposteigerung (nach jedem Level (1 Min.) mit mehreren Shuttles um 0,5 km/h; Lauftemposteuerung mittels audio-Test-CD)

Testprotokoll: Beginn 8 km/h=Level1; je nach Alter, Geschlecht u. Leistung
Testbeginn bei späteren Levels u. größeren Temposprüngen

Abbruchkriterium: max. Belastung; Tempo wird 2x nicht mehr gehalten oder 6-8m Rückstand

Testparameter: Laufdistanz: max. Levels u. Shuttles (optional: max. Herzfrequenz, max. arterielles Blut-Laktat); max. shuttles: bis 91=3640m (maximal 182 Läufe über 20m)

VO₂max-Abschätzung: aus Laufdistanz nach empirischer Regressionsformel



Yo-Yo Intermittent Recovery Test

Vorteile gegenüber Dauerlauf und Yo-Yo-Test ohne Pausen

1. Spielnahe, fußballspezifisch-intermittierende Belastung
2. Fußballspezifisches Beschleunigen / Abbremsen
3. Zentrale Adaptation wie bei Dauerlauf + lokale Muskeladaptation
4. Wechsel der Energiesysteme (ATP, CP, Glucose, Fett, aerob, anaerob)
5. Hohe Motivation durch direkte Konkurrenzsituation, auch mit Ball
6. Einfache Testdurchführung (Ausbelastung!) und Auswertung
7. Viele Spieler gleichzeitig in kurzer Zeit
8. Maximale Testdauer: Level1: ca. 29 Min.; Level 2: ca. 27 Min.
9. Hohe Reliabilität, Validität und Testökonomie
10. Gute regressionsanalytische Abschätzung der VO₂max

Gilt unter Fußballtrainern als bester Fußball-Ausdauer-Test

YoYo Intermittent Recovery Test

Nachteile

Individuelle, stoffwechselorientierte Trainingssteuerung **nicht** möglich! Nur grob über maximale Herzfrequenz

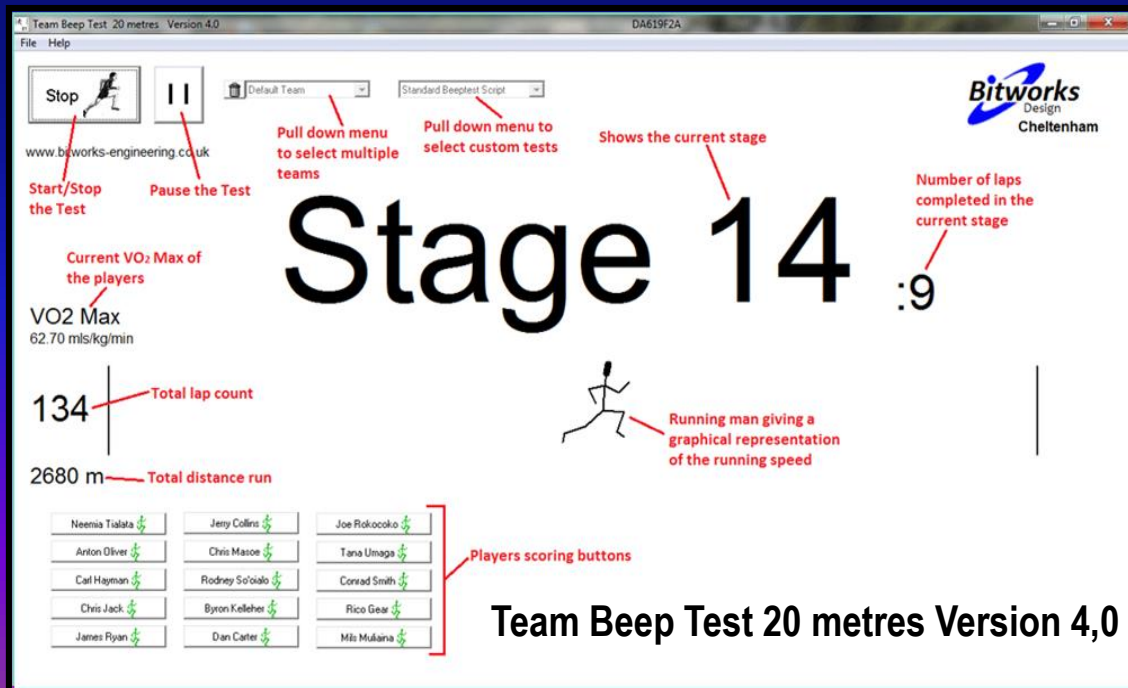
DVD mit Testprogramm, Laptop + externe Lautsprecher

Spielerbelastung im Test mit objektiven Parametern dokumentieren, z.B. HFmax (mindestens 220 minus Lebensalter), Blut-Laktatkonzentration ($> 8 \text{ mmol/l}$), evtl. kombiniert mit Borg-Skala (subjektives Belastungsempfinden)

Software für verschiedene Yo-Yo Testversionen

Beispiele

1. **Software Übersicht: File Guru:** Free YoYo Intermittent Recovery Test downloads
(http://www.fileguru.com/apps/yoyo_intermittent_recovery_test/p4)
2. **AE-FITEVAL:** yo yo test software, yo yo recovery test software
3. **Topendsports:** Team Beep Test software (erlaubt Modifikation aller Testparameter für jede Yo-Yo Testart / Testversion u. jede beep-Art (Version 4,0 in 2011); laufende VO2max-Anzeige)





Ausgewählte Studien zur HIIT- und SIT-Methode

Vergleich von vier häufig verwendete Ausdauer-Trainingsprotokolle ohne Ball:

1. HVT= Grundlagenausdauertraining bei 70% HFmax
2. Laufgeschwindigkeit an der aerob-anaeroben Laktatschwelle bei ca. 85% HFmax
3. HIIT mit 15 x 15sec-Läufen bei 90-95% HFmax u. aktive 15sec-Pausen bei 70% HFmax
4. 4 x 4min bei 90-95% HFmax mit jeweils 3min Pause mit Läufen bei 70% HFmax

ERGEBNIS: Die Zunahme der VO₂max beim 15/15-Protokoll bzw. 4 x 4min-Protokoll lag signifikant bei 5,5% bzw. 7,2% ohne Verbesserung der Laufökonomie und der laktatbasierten Schwellengeschwindigkeit. Andere Arbeitsgruppen kamen zu ähnlichen Ergebnissen bei Verwendung des 4 x 4min-Protokolls (19, 10, 11), welches mit hoher Effektivität auch die Laufleistung im YoYo- und Shuttle-Run Test und Laufleistung im Spiel verbesserte.

HIIT-Studien im Fußball konnten eine Verbesserung der VO₂max von ca. 0,5-0,7% pro TE nachweisen (11,13).

Ein 1x/Woche durchgeführtes HIIT als Kleinfeldspiel (2-4min Belastung, 2-4min Pause (=Intervall) und Gesamtbelastung von 30 Min.) führte zu einer Steigerung der aeroben u. anaeroben Ausdauerleistungsfähigkeit von 5-15% nach 10-12 Wochen.

Zur Steuerung der Belastungsintensität bei Kleinfeldspielen ist eine kontinuierlich-individuelle HF-Messung zu empfehlen.

Studie: J. Helgerud / LC. Engen / U. Wisloff / J. Hoff (2001):
Aerobic endurance training improves soccer performance

- Gegenstand: Verbesserung des **Herzschlagvolumens (HSV)** und **VO2max** als bedeutende Faktoren der Ausdauerleistung
- Treatment: 4x4 Min.Intervalltraining mit 90-95% HFmax; Pausen 3 Min. bei ca.70% Hfmax, 8 Wochen, 3x /Woche
- Spieler: Elite Junior-Team; European Champions League-Team
- Ergebnis: + VO2max = 6 ml/kg/min; Laufweg durchschnittl.1700m verlängert; 24% mehr Ballkontakte; doppelte Sprintanzahl vs Kontrollgruppe
- Erhaltung VO2max: mindestens 1-2 TE / Woche
- Anwendung: kontin. Lauf (sehr effektiv: bergauf);Trainingsparcours; Kleinfeld-Spielformen; Laufband-Ergometer
- Autorenempfehlung: 4x4 Min.Intervallbelastungen zur Verbesserung und Erhaltung der aeroben Ausdauer bzw. VO2max.

Fußballspezifischer Ausdauerparcours

(nach J. Hoff / N. Kähler / J. Helgerud 2006)

Trainings-Treatment

4 x 4 Min. Dauer

90-95% HFmax

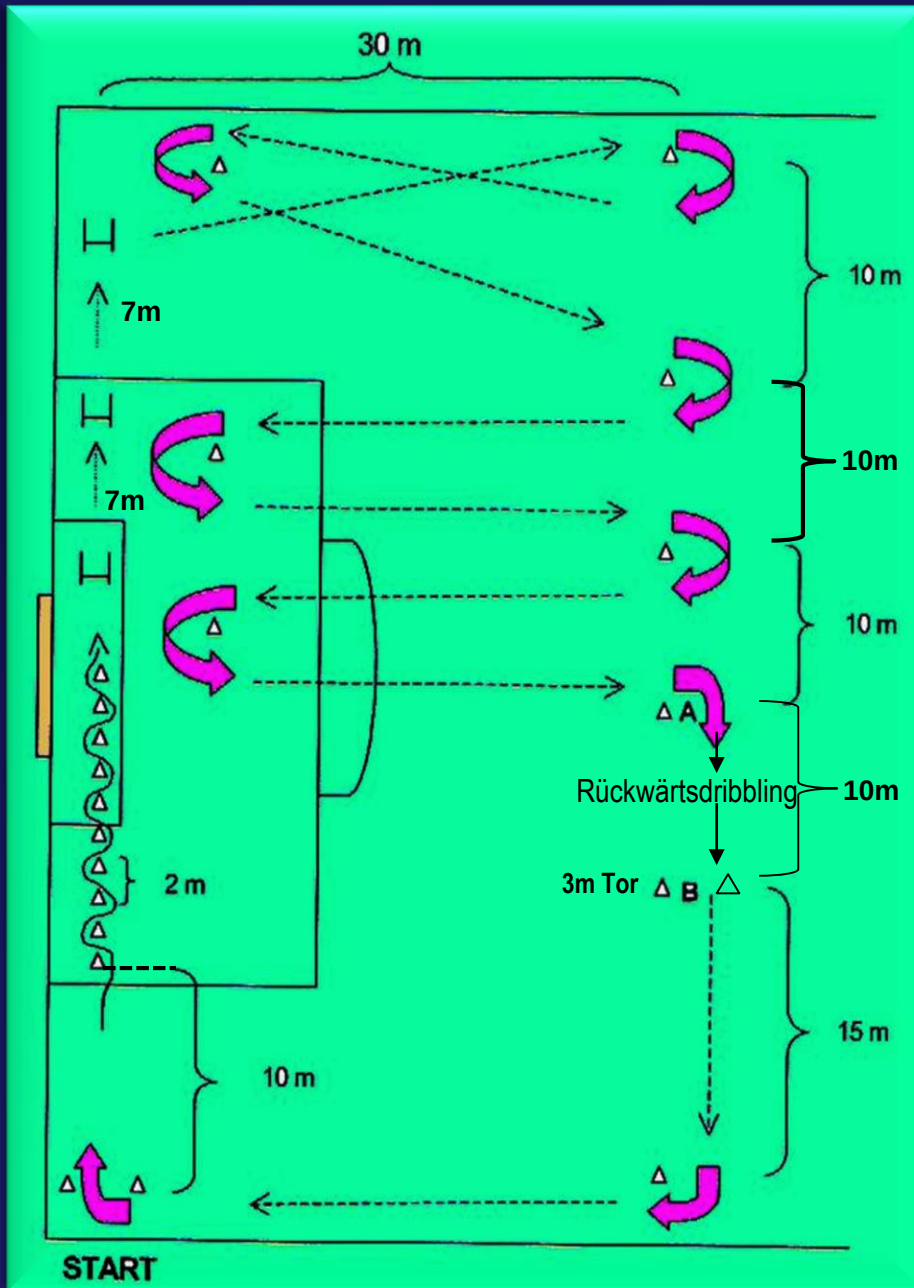
Pause: 3 Min. aktiv mit ca.70% HFmax, Dribbeln mit Ball

Ziel: Erhöhung Herzschlagvolumen und VO2max

Trainingsbeispiel im „Hoff“-Parcour

18 Spieler, 8 Wochen Parcourstraining, 2x/Woche, 4x4
Min.- Konzept

Ergebnis: Laufstrecke: + 9,6%; VO2max: Ø +14,5% [l/min]
bzw. Ø +7,5% [ml/kg/min]



J. Kappenstein, A. Ferrauti: Intervallsprinttraining verbessert die aerobe Ausdauer im Grundschulalter (2015), Lit. 69

Ziel: Effekte eines spielerisch ausgerichteten, zehnwöchigen Ausdauertrainings nach der intensiven Intervallsprintmethode im Vergleich mit jenen eines Trainings nach der extensiven (variablen) Dauermethode auf die aerobe Ausdauer, Sprintschnelligkeit, Körperkomposition, Belastungsverträglichkeit und die Akzeptanz von Kindern im Grundschulalter.

Studiendesign / Probanden: 10 Wochen Intervention, 2TE/Wo.; 42 präpubertäre Kinder; $9,5 \pm 1,1$ Jahre; 16 Mädchen, 26 Jungen; Eingangs- u. Ausgangsdiagnostik: Anthropometrie, aerobe Leistung (VO_{2max}), Sprintschnelligkeit (20m Linearsprint); nach VO_{2max} -Eingangsuntersuchung Parallelisierung in 3 leistungshomogene Gruppen: Intervallgruppe (INT), Dauergruppe (DM) Kontrollgruppe (KON, ohne Training);

INT: 30 Min. intervallsprintorientierte Lauf- und Spielformen bei 100% v_{max} bis „all out“ in den 5-15 sekundigen Belastungsphasen

DM: 50 Min. Lauf- und Spielformen nach extensiver (variabler) Dauermethode

KON: kein spezielles Training

Während 7. und 14. TE Messung HF und nach Training Laktat

VO_{2max} , $LaKtatmax$, $HFmax$ und v_{max} wurden per Laufbandstufentest (1,6m/s - 0,4m/s – 3 Min., Steigung 1%) bis Ausbelastung bestimmt.

Ergebnisse

VO₂max: Gruppe INT (=SIT) = +20% signifikant.; Gruppe DM = +19% signifikant; KON = +4%
Zwischenmessung nach 7./14. TE: INT-Gruppe: Blutlaktat sign. höher und HF sign. niedriger als bei DM-Gruppe.

Methodenakzeptanz: bei INT-Gruppe signifikant höher als bei DM-Gruppe

Fazit

Eine Anhebung der Trainingsintensität als intensive Intervallmethode mit Kurzzeitintervallen vergleichbar mit Sprintintervalltraining mit Verkürzung der Trainingsdauer von 40 % gegenüber einem Dauertraining konnte auch bei Kindern im Grundschulalter bei hoher Methodenakzeptanz gleichwertige Verbesserungen der aeroben Ausdauerleistung und eine Stabilisation von Körpergewicht u. BMI bewirken. Die Sprintschnelligkeit wurde in beiden Gruppen nur geringfügig verbessert. Auffallend war die stärkere Zunahme von Körpergewicht und BMI bei der KON-Gruppe. Zeitersparnis und Akzeptanz der kindgemäßen, intermittierenden Belastungsmustern eröffnen neue, effektive Möglichkeiten eines gesundheitsorientierten Ausdauertrainings z.B. im zeitbeschränkten Schulsport.

Vergleichsstudie

SIT 2x/ Wo 3x(6x40m) als 2x20m-shuttle-Sprints, Sprintpause: 20s, Satzpause: 4 Min.

versus

HIIT 2x/ Wo 4x4 Minuten-Läufe, 90-95% HFmax, Satzpause:3 Min.

Ergebnis nach 8 Wochen

1. Nur die Spieler der SIT-Gruppe verbesserte die Fähigkeit zu wiederholten Sprints
2. Die SIT-Gruppe hatte signifikant größere Verbesserung beim Yo-Yo Intermittent Recovery-Test 1 (28,1% in VP) im Vergleich mit 4x4 Minuten Lauf-Gruppe
3. SIT hat hoch positiven Effekt auf hochintensive Intervall-Leistungen u. verbessert **stärker** die fußballspezifische Ausdauer aufgrund sowohl aerober als auch anaerober Energiebereitstellung
4. 4x4 Min.-Läufe verbessern die fußballspezifische Laufleistung weniger effizient als ein SIT

Ferrari Bravo et al. 2008 (Lit. 10)

Zur Verbesserung der fußballspezifischen Ausdauerleistung zeigte sich ein SIT mit kurzen Sprints (3x6x40m=2x20m shuttle) **effizienter** als ein 4x4 Min. **Lauf**-Trainingsprotokoll trotz verbesserter VO₂max (YYIR-Test).

Intervall-Sprinttraining (SIT) u. 4x4 Min. **Kleinfeldspiele** erweisen sich **beide** als **sehr effizient** in der Verbesserung der YYIR-Testleistung (Referenztest für fußballspezifische Ausdauerleistung).

Impellizziri FM et al. 2006 (Lit. 7)

4 Wochen HIIT 4x4 Min. als **Kleinfeldspiele**, 2TE/Woche in der VP mit gut trainierten Fußballspielern

Ergebnis

Anstieg der Gesamt-Laufleistung im Wettspiel: **6,4%**
Anstieg der hochintensiven Läufe im Wettspiel: **28%**
Verbesserung Laufzeit in fußballspez. Parcours: **15,8%**
Erhöhung anaerobe Laktatschwelle: **9,7%**
Erhöhung VO₂max: **7,1%**

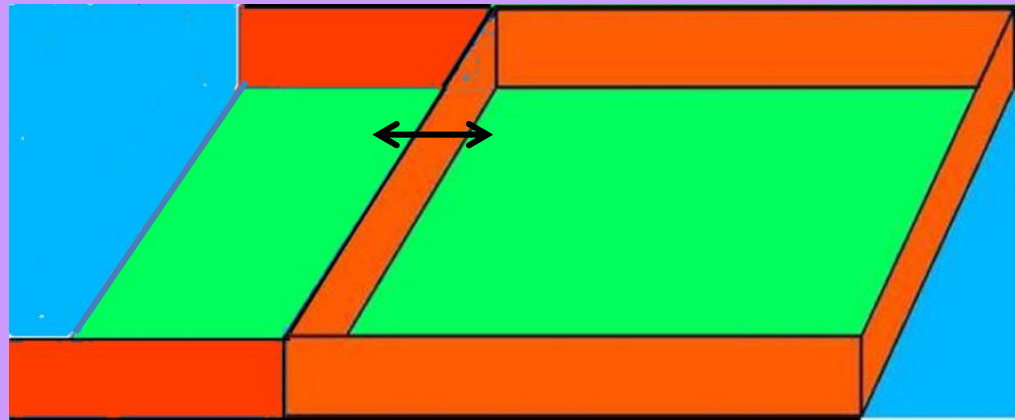
Weitere Studien zu Kleinfeld-Spielformen (4x4 Min. und Varianten) und YYIR-Test 1/2

Hill-Haas et al. (2009): + 17% im YYIR-Test 1 (Lit. 43)
Jensen et al. (2007): + 15,2% im YYIR-Test 2 (Lit. 51)
Iaia et al. (2009): + 19 ± 4,5% im YYIR-Test 2 (Lit. 4)

Als Kleinfeldspiel erwies sich als optimale Spielerzahl **3 gegen 3** und **4 gegen 4**; über diese Spielerzahl hinaus war die geforderte HF von 90-95 % HFmax schwieriger zu erreichen.

Geeignete Kleinspielfeld-Größen bei 4x4 Min.Training

2 gegen 2: 20m x 25m
3 gegen 3: 20/25m x 30/35m
4 gegen 4: 25/30m x 40m
5 gegen 5: 35m x 45m



Spielefeld mit verschiebbarer Bande für variable Spielfeldgröße und hohe Spielintensität (Ball bleibt immer im Spielfeld)

Weitere, begrenzte Kleinspielfelder im Fußball-Gerätehandel für hohe Spielintensität



Trainingsbeispiel für hochintensives Sprint-Intervalltraining in 3er - Gruppen

Spieler1 ----->

1

4

Spielbeginn: Sp.3 spielt Ball in freie Ecke 4 und sprintet diagonal zur Ecke 1
Sp.1 sprintet zum Ball und spielt ihn auf derselben Linie zurück nach 3 u. sprintet nach Ecke 2
Sp. 2 sprintet zum Ball nach Ecke 3 und spielt ihn zurück nach 4 u. sprintet diagonal nach Ecke 1
Sp.3 sprintet zum Ball nach Ecke 4 und sprintet diagonal nach Ecke 2
Sp. 2 sprintet zum Ball nach Ecke 3 und spielt ihn zurück nach Ecke 4
Sp.1 sprintet diagonal von Ecke 4 nach Ecke 3
u.s.w.

Jeder Spieler hat nur eine sehr kurze Sprintpause.
Seitenlänge, Sprintdistanz, Sprint- / Belastungsdauer und Belastungsintervall (Pause) sind je nach Spielerleistung variabel.
Seitenlänge ca. 15m-25m.

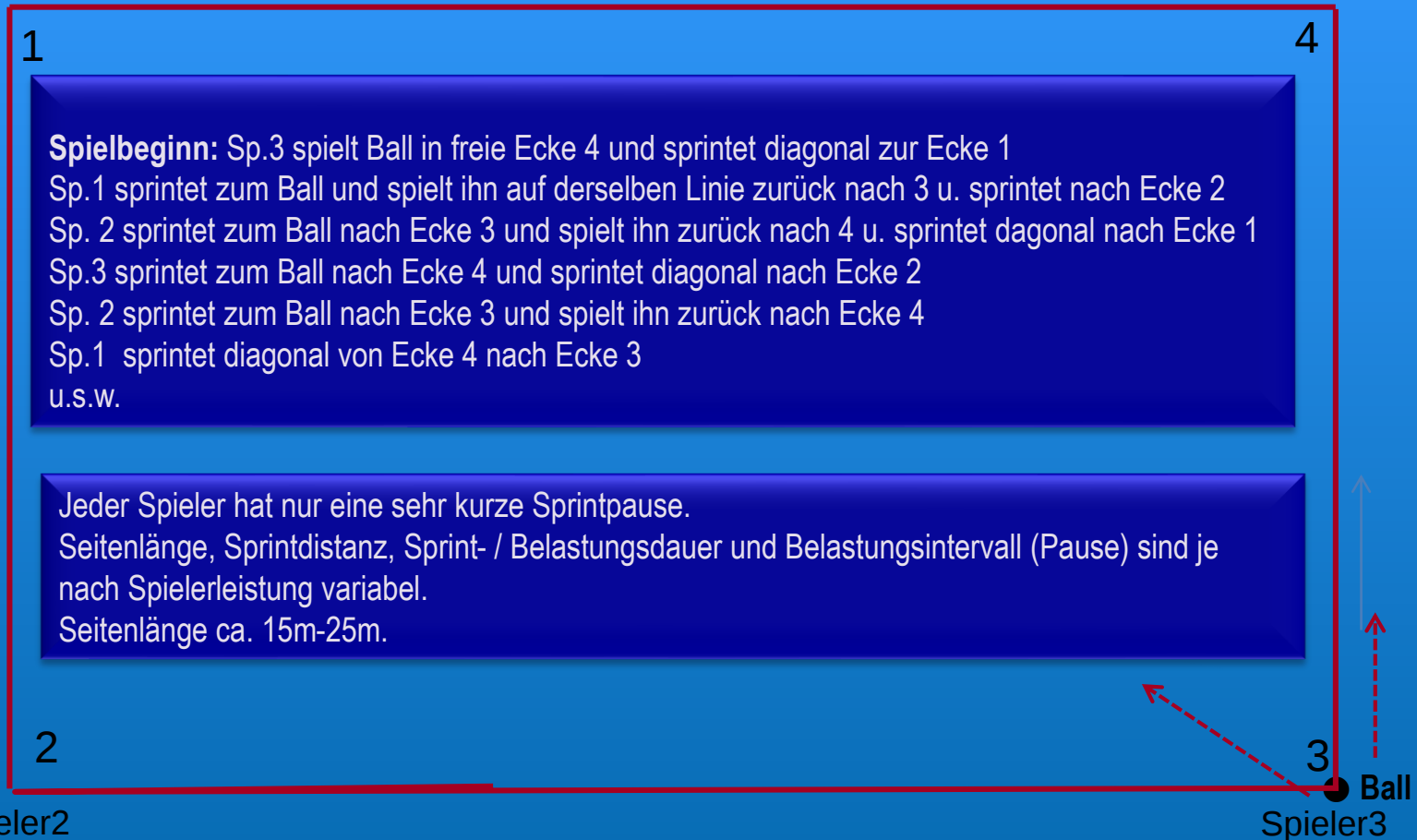
2

3

Ball

Spieler3

Spieler2



Untersuchungsgegenstand: Auswirkungen von **SIT** auf die Verbesserung der aeroben und anaeroben Ausdauerleistungsfähigkeit im Vergleich mit einem **extensiven Dauerlauftraining**

Probanden: 34 Jugendfußballer im Alter von $13,5 \pm 0,6$ Jahren (Österreich, Landesliga)

Trainingsintervention:

Sprintintervall - Gruppe (G-SIT)

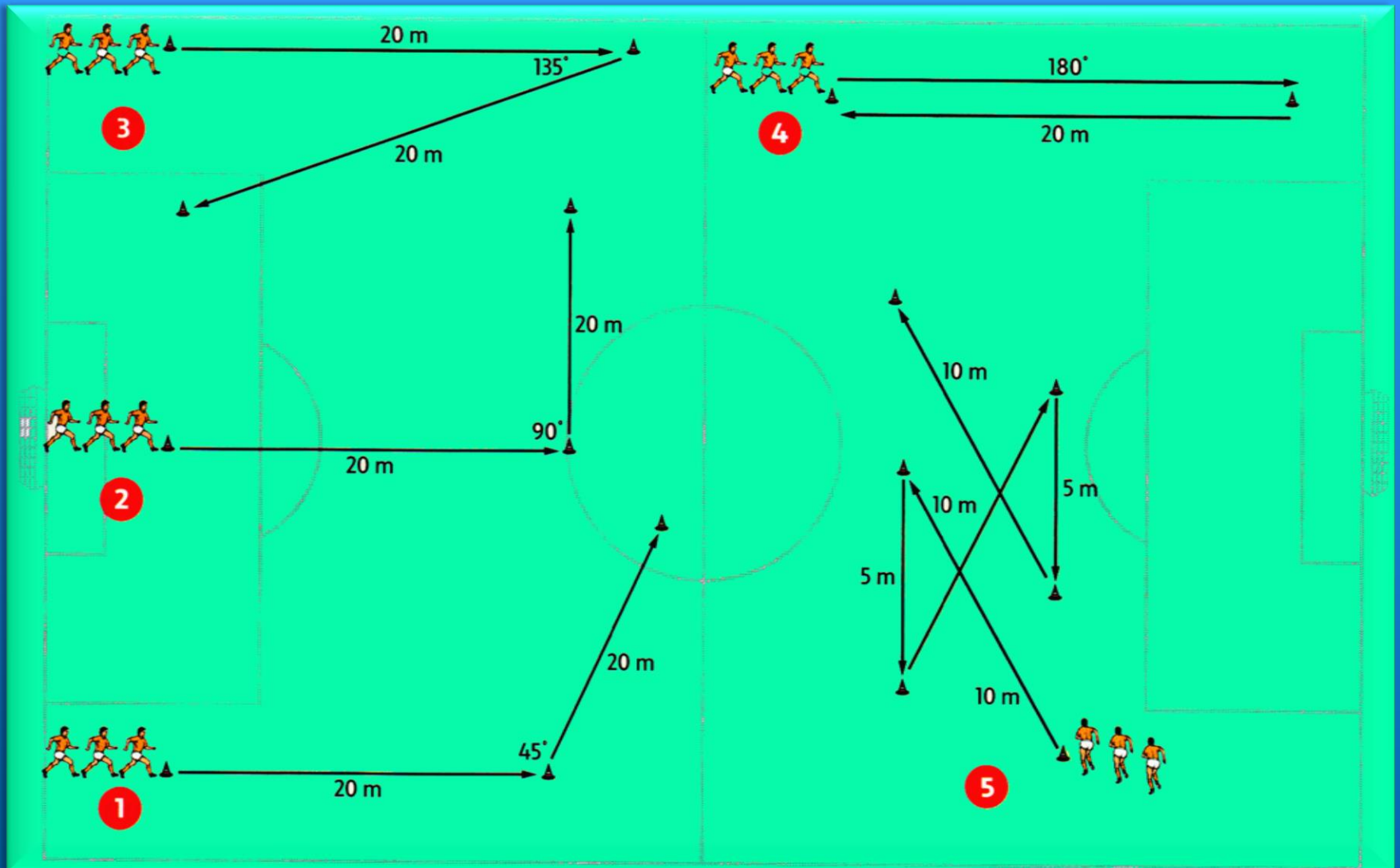
17 Spieler, 12 TE in 6 Wochen bzw. 2 TE / Woche; Woche 1+2: **3x3x40m**, Woche 3+4: **4x3x40m**, Woche 5+6: **5x3x40m**; Sprintbelastung maximal mit je 60sec Sprintwiederholungspause und 3 Min. Serienpause. Die 40m Sprints wurden shuttleartig (siehe Abb. nächste Folie) mit verschiedenen Richtungsänderungen nach je 20m (45°, 90°, 135°, 180°) gelaufen.

Dauerlauf – Gruppe (G-DL)

17 Spieler, 12 TE in 6 Wochen bzw. 2 TE / Woche; Belastungsintensität extensiv mit 65-75% der HFmax; Woche 1+2: **28 Min.**, Woche 3+4: **34 Min.**, Woche 5+6: **41 Min.**

Tests vor und nach Trainingsende zur Aufdeckung der Trainingswirkungen auf die Leistungen: 30m-Sprint, 300m anaerob, Agility, Jump & Reach, Conconi-Test, YoYo-Intermittent Recovery Test 1(YoYo IRT1).

Laufwege der 40m-Sprints



Effekte von Sprintintervall- und Dauerlauftraining auf ausgewählte Leistungsgrößen

Parameter	SIT-Trainingsgruppe (n = 17)		DL-Trainingsgruppe (n = 17)	
	pre	post	pre	post
30-m-Sprint	4,74	4,50	4,77	4,54
300-m-Sprint	62,85	60,53	62,96	61,53
Agility	16,01	15,45	16,31	15,35
Sprungkraft	36,38	40,46	38,64	38,79
YoYo IRT1	810	1357	782,5	1283

Studie: Salah A. Gahlul, Peter Hofmann: Sprint-Intervalltraining (SIT) bei jugendlichen Fussballern (Lit. 65)

Effektvergleich Sprint-Intervalltraining (SIT) vs. Dauerlauftraining (DL)

1. SIT vs. DL und „Fußballspezifische Ausdauer“ mittels Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 (YYIRT 1) (s.o.)

Starke Erhöhung der Laufstrecke von Test 1 (T1) zu Test 2 (T2) beider Trainingsgruppen (G): G-SIT: 810m zu 1357m, $\Delta s=547m$; G-DL: 782,5m zu 1283m, $\Delta s=500,5m$). Kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen.

Fazit: das Sprint-Intervalltraining verbessert mindestens gleich effektiv die (aerobe) fußballspezifische Ausdauerleistung wie ein extensives Ausdauertraining.

2. SIT vs. DL und Maximale Sauerstoffaufnahme (VO_{2max})

Die G-SIT verbesserte VO_{2max} von T1 zu T2 **signifikant (+10,6%)**, während die G-DL die VO_{2max} (+9,8%) nur im Bereich des Signifikanz-Niveaus ($p < 0,05$ Irrtumswahrscheinlichkeit) verbessern konnte. Dies spricht für eine etwas **stärkere** Verbesserung der VO_{2max} mit der Trainingsstrategie des Sprintintervalltrainings.

Die VO_{2max} wurde regressionsanalytisch über die maximale Laufstrecke im YYIRTest 1 berechnet.

3. SIT vs. DL und Sprint-Leistungsfähigkeit (hier: 30m-Zeit)

G-SIT und G-DL erzielten in ihren Trainingsinterventionen nahezu **gleiche signifikante** Verbesserungen der 30m-Sprintzeit (G-SIT: + 5%, G-AD: + 4,8%).

Dieses Ergebnis sollte unter Beachtung des jugendlichen Probandenalters von $13,5 \pm 0,6$ Jahren interpretiert werden, wo Sprintbewegungs- und Koordinationsmuster auf neuronaler Ebene noch prägungssensibel sind. Zahlreiche Studien mit älteren Spielern/Athleten belegen eine sehr veränderungsresistente Reaktion auf intervallartiges Kurzsprintraining – ein z.B. im leichtathletischen Sprinttraining bekanntes Stillstandphänomen.

So konnten Helgerud et al. (2001), Ferrari et al. (2008) und McMillan et al. (2005) nach Sprint-Intervalltraining (erwartungsgemäß) **keine Verbesserung der 10m-Sprintzeit** nachweisen.

Studie: Salah A. Gahlul, Peter Hofmann: Sprint-Intervalltraining (SIT) bei jugendlichen Fussballern (Lit. 65)

4. SIT vs. DL und anaerobe Leistungsfähigkeit im 300m shuttle-run-Test

Nur die **G-SIT** verbesserte die anaerobe Leistungsfähigkeit **signifikant** um 3,7%; die G-DL verbesserte sich **nicht signifikant** nur um 2,3%.

5. SIT und Sprungkraft

SIIT zeigte eine Steigerung der Sprungleistung beim Jump-and-Reach-Test um **11%**.

Bei Thorstensson et al. (1975) steigerte ein SIIT mit 5sec Sprintdauer die Sprungleistung um **9%**. Bei Sperlich et al. (2010) wurde nach 13 Einheiten SIT die Leistung im Squat-Jump und Counter-Movement-Jump um **11%** verbessert.

Demgegenüber zeigten SIT-Studien von Franke (2011), Ferrari et al. (2008) und Helgerud et al. (2001) weder eine Verschlechterung noch Verbesserung der Sprungkraft.

Die kontroversen Ergebnisse lassen vermuten, dass die Art der Sprintausführung – mit oder ohne Richtungswechsel – einen Einfluss auf die Sprungkraftfähigkeit hat. **Richtungswechselaktionen** aktivieren deutlich die Aktivität der sprunggenerierenden Muskeln auch mit Verbesserung der Sprungfähigkeit. Deshalb sind **shuttle-run-Sprints beim SIT zu empfehlen**.

Weitere ausgewählte Studien zu Sprint-Intervalltraining und anaerobe Leistungsfähigkeit

Sporis et al. (2008): Nach SIT verbesserte sich die 300 Yard-Zeit um 2,2%; auch die Laufzeiten über 200m bis 2400m konnten deutlich verbessert werden.

Ferrari et al. (2008): Nach SIT mit 40m „All Out“ (maximal) verbesserte sich die **Sprint- Wiederholungsfähigkeit** um 2,1%

Eine ausgewählte, **metaanalytische Studienübersicht** zeigt nach einem Sprint-Intervalltraining einen Zunahmebereich der VO₂max von **ca. 4% - 11%** mit Ø 6,7%. Die Unterschiede sind in den verschiedenen Testdesignes zu vermuten.

Weitere Testergebnisse SIT und YYIRT

Ferrari et al. (2008): SIT erhöhte Laufstrecke bei YYIRT1 um **28,1%** und zeigt deutlich **höhere Effizienz** in der Verbesserung der Ausdauerleistung bei Fußballern vs. Ausdauertraining.

Hill-Haas et al. (2009): Schnelligkeitsausdauertraining SIT erhöhte Laufstrecke bei YYIRT1 um **22%** , bei kleinen Spielformen um **17%**.

Rønnestad, Bent, Lillehammer, Norwegen (Lit.59)

Kurze“ HIIT-Einheiten 3 x [13 x (30 sec hart + 15 sec locker)] mit 3 Minuten Pause verbesserte die aerobe Ausdauerleistung und VO₂max **stärker** als ein Training mit „langen“ HIIT-Einheiten 4 x 5 Minuten hart + 2,5 Minuten locker.

Studie: Slettalokken G., Ronnestad Bent R. 2014 (Lit. 58)

Wirkung 5 x 4 Min. Läufe bei 87-97% HFmax und 3 Min. Pause über 6 Wochen in der Saison-Vorbereitungsphase zusätzlich zum normalen Training zur **Erhaltung** der aeroben Ausdauerleistung bei **a) wöchentlicher (Gr.1)** und **b) 2 wöchentlicher (Gr. 2)** Anwendung.

Probanden: 17 männl., semi-professionelle, norwegische Fußballspieler (2. und 3. Liga)

Vor und nach Trainingsintervention wurde ein **20m-shuttle run Test** und ein spiroergometrischer **VO2max-Test** absolviert.

Ergebnis

1xHIIT/ Woche in der VP zusätzlich zum „normalen“ Training „speichert“ VO2max nicht besser als 1xHIIT alle 2 Wochen. Der fußballspezifischere 20m-shuttle run Test zeigte eine vergleichbare, **geringfügige** Leistungsreduktion in **beiden** Gruppen.

Studie: Jensen J.et al. 2007 (Lit. 56)

1x/Woche 30 Min. 2-4 Min. Belastung, Pause (Intervall) 1-2 Min. als kleine Spielform über 12 Wochen in der Spielsaison zeigte:

- + 15,2% im YYIR-Test 2
- + 20,8% verbesserte Sprintausdauer/-Wiederholung
- + 5,2% VO2max
- keine Verbesserung 30m-Sprint

Die Autoren halten dieses modifizierte Intervalltraining für ausreichend, um die fußballspezifischen Intervallbelastungen bei Elitespielern in der Wettspielsaison zu verbessern.

Beispiele weiterer Modifikationen im (Hochintensiven) Intervalltraining

Beispiel 1

Modifizierte 10-12 Shuttle-Läufe im Wechsel 10/10 bzw. 10/15 Belastung /Pause. In jedem Hin- und Rücklauf mit je 10 bzw. 15 sec Pause müssen verschiedene fußballspezifische Aufgaben unter Einbeziehung des Balles und Hindernisse (Dribbeln, Springen, Sprinten, Ausweichbewegungen u.a.) erfüllt werden. Akustische Lauf- und Pausenzeitkontrolle.

Beispiel 2

Schweizerischer Fußballverband:

HIIT = „Intermittierendes Ausdauertraining“ (IMAT)

- 15/15 und 30/30 Belastung/Pausen-Modelle in der **Vorbereitungsphase (VP)**
- 10/20 und 5/25 Belastung/Pausen-Modelle in der **Wettspielphase (WP)**
- (2x12) 10/20 sec –Wechsel als Linienläufe alternierend mit 3 x (3gegen3) über je 3 Min.
Die hochintensiven Belastungen werden in den Pausen bis 150-160 HF reduziert.
- Das IMAT wird mit technischen, taktischen oder konditionellen Akzenten kombiniert.
- 5 /25 **Laufform** (SIT) gilt als ähnlich effektiv wie **Kleinfeldspiel** 3:3 und 4;4 aber besser steuerbar.

EXKURS

HIIT in anderen Sportarten

Rad(renn)-Sport
Skilanglauf
Schwimmen
Tennis

MacDougall JD. et al. 1998; McMaster University, Canada (Lit. Nr.21)

Fahrradergometer

HIIT 7 Wochen, 3 TE / Woche

Von Woche 1 bis Woche 7 ansteigende Zahl der maximalen **30 sec Belastungen** bei reduzierten Pausen jede Woche:
+ 1 x 30sec - 13 sec Pause

Woche 1: 4x30sec mit 4 Min. Pause / TE; TE-Dauer: 14 Min.; Woche 7: 10x30sec mit 2,5 Min. Pause / TE; TE-Dauer: 30 Min.

Anstieg der VO₂max: **9%**.

Nachweis und Fazit: auch Intervall-Kurzzeitbelastungen führen zu signifikanten Verbesserungen der VO₂max.

Rodas G et al. 2000 (Lit. Nr. 25)

Fahrradergometer

2 Wochen täglich eine HIIT-Einheit

2 x 15sec maximale Sprints mit 45sec Pause, gefolgt von 2 x 30sec maximale Sprints mit 12 Min. Pause,
die letzten 3 TE bestanden aus 7 x 15sec und 7 x 30sec

Ergebnis

VO₂max stieg von **57±3 auf 64±3 ml/kg/min**

Fazit: Auch mit kurzzeitigen, maximalen Belastungen konnte die VO₂max deutlich erhöht werden.

Tabata et al. 1997; National Institute of Fitness and Sport, Japan (Lit. Nr. 22)

Radsport - Radrennsport

HIIT 6 Wochen, 5 TE / Woche, 2 Vergleichsgruppen

Gruppe 1: Dauertraining **60 Min.**, moderate Intensität (70% VO₂max); Gesamtzeit: 5 Std. / Woche
VO₂max – Anstieg: 9%

Gruppe 2: HIIT: 8 max. **20sec** – Sprints mit je 10sec Pause ; Gesamtzeit: 20 Minuten / Woche
VO₂max – Anstieg: 15%

Fazit: Der Test zeigt eine deutliche Überlegenheit der Intervall-Kurzzeit-Belastung hoher Intensität im Vergleich mit einem „Langzeit“-Dauertraining zur Verbesserung der VO₂max.
Zur Vermeidung von Übertrainingseffekten sollte gehäuftes Intervall-Training (HIIT) nur in kürzeren Blöcken durchgeführt werden.

Lindsay FH et al. 1996 (Lit. Nr. 23)

Radrennsport

4 Wochen **Intervalltraining** von hochtrainierten Radrennfahrern und Einfluss auf das 40km Zeitfahren im Vergleich mit moderatem **Languausdauertraining**.

HIIT ersetzte 15% des moderaten Lang-Ausdauertrainings. HIIT: 6 TE mit je 6-8 5minütiger Fahrintensität 80% der maximalen Leistung mit je 60 sec Erholung

Ergebnis: signifikante 2 Minuten geringere Fahrzeit beim 40km Zeitfahren gegenüber kontinuierlichem Ausdauertraining: 54,4±3,2 vs 56,4±3,6 Min.

Rønnestad et al. 2014 (Lit. Nr. 70)

Radrennsport

Studie: 3 Mesozyklen zu je 4 Wochen mit verschiedenen HIT-Einheiten:

Gruppe 1 = **Blockgruppe** (n=8) mit HIT-Verteilung pro Woche: 5-1-1-1

Gruppe 2 = **sog. traditionelle Gruppe** (n=7) mit HIT-Verteilung pro Woche: 2-2-2-2

Probanden: 15 gut trainierte Radrennfahrer variierten in der VP über 12 Wochen das Grundlagentraining mit verschiedenen HIT-Einheiten. Vor Interventionsbeginn absolvierten alle Fahrer ein 12-wöchiges, traditionelles Grundlagen-Ausdauertraining. Das Training an den anderen Tagen war lang und weniger intensiv.

Ergebnis

Die Blockgruppe (G1) hatte eine signifikante Verbesserung vs. zur traditionellen Gruppe (G2).

VO_{2max}: G1 = + 8,8 ± 5,9%; G2 = + 3,7 ± 2,9%

Die Verfasser empfehlen das Blocktraining nicht nur in einem Mesozyklus, sondern auch in der gesamten Vorbereitungsperiode, punktuell auch in der Wettkampfperiode.

Gaskill SE et al. 1999 (Lit. Nr. 28)

Skilanglauf

Läufer mit geringen Leistungsverbesserungen nach 1 Jahr highvolume - lowintensity training hatten eine **hochsignifikante** Verbesserung im folgenden Jahr mit einem high-intensity Intervalltraining bei reduziertem high-volume low-intensity training.

Studie: Zimek R. / Fernandez-Fernandez J. / Wiewelhove Th. / Ferrauti A.

Tennis

1+2

Intervallsprint-Training effektiver als das High Intensity Training in den Sportspielen?

Studienziel: Vergleich von HIIT mit SIT in den Auswirkungen auf Parameter der allgemeinen und exemplarischen, tennisspezifischen Ausdauer und der linearen und Sprint-Wiederholungsschnelligkeit.

Hinweis: die Studie hat einen relevanten Bezug zum Fußball, da die tennisspezifischen Kurzintervallsprints und VO₂max bei Turniertennisspielern (Verbands-/Oberliga) eine große Schnittmenge mit denen im Fußball haben.

Untersuchungsdesign: 32 männl. Probanden. 3 Gruppen mit vergleichbarer Leistungsfähigkeit (Laufbandergometrie-Test : VO₂peak , vLa4, HFmax): Gruppe HIIT n=11, Gruppe SIT n=12, Kontrollgruppe KON n=9. 6 Wochen Trainingsintervention bei 3 TE/Wo., je 1 Woche Pretest und Posttest. Zur weiteren Bestimmung der tennisspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit wurde der „**HIT & Turn-Tennis-Test**“ (siehe Datei „Leistungs(Fähigkeits)Diagnostik im Fußball“) verwendet.

Messung Intervallsprintfähigkeit (repeated sprint ability): maximale 10 x 21m Pendelsprints mit jeweils zwei zwischengeschalteten Richtungswechseln 5m + 11m + 5m (Sprints entlang der Tennisfeld-Grundlinie). Messung Zeit für 20m Linearsprint.

Die Trainingsintervention der SIT-Gruppe pro TE: 3 Serien zu je 10 maximale 21m Pendelsprints von je ca. 5 sec Dauer und 15 sec passive Erholung (5 / 15 sec Be-/Entlastung).

Testergebnisse

1. Beide Trainingsinterventionen HIIT und SIT erhöhten signifikant die VO_{2max} (6,0% zu 4,9%) und somit die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit. Vergleichbare Studien aus dem Fußball zeigen ähnliche Ergebnisse (Lit. 7, 9, 10, 54). Die Kontrollgruppe zeigte keine Änderung)
2. Ein Transfer der HIIT-Methode auf die Sprintintervall-Leistung fand nicht statt, jedoch erhöhte SIT die tennisspezifische und allgemeine, aerobe Ausdauerleistung. Somit kann das SIT als eine trainingsökonomische Methode zur wirkungsvollen, simultanen Verbesserung der aeroben und anaeroben Ausdauerleistung und der Sprintwiederholungsfähigkeit bzw. Intervallsprintleistung gegenüber der HIIT-Methode beurteilt werden.
Anforderungsspezifisch können diese tennisspezifischen Untersuchungsergebnisse auch auf den Fußball übertragen werden. Da HIIT stärker die Ausdauer für längere Spielbelastungen und SIT schnell aufeinander folgende Sprintbelastungen verbessert, sollten anforderungsspezifisch in Ballspielsportarten wie Fußball HIIT und SIT alternativ bzw. ergänzend in Kombination zur Abdeckung der notwendigen physiologischen und neuromuskulären Adaptationen eingesetzt werden.
3. In einer synoptischen Betrachtung können für Ballsportarten die Interventionsprogramme HIIT und SIT im Vergleich mit dem hochvolumigen, extensiven und zeitfordernden Ausdauertraining favorisiert werden. Die Vorteile bes. des Sprintintervalltrainings SIT liegen im guten Aufwand-Nutzen-Verhältnis und in der Zeitfreigabe für das umfangreiche Technik-Taktik-Training und weitere Trainingsnotwendigkeiten im konditionell-athletischen Bereich.

Fallbeispiel Tennis

Weltklasse-Tennisspielerin, ATP-Weltrangliste 44, spielt alle internationale Turniere

Allgemeines und spezielles Ausdauertraining: **über mehrere Jahre intensive Intervallmethode als Haupttrainingsintervention.**

Ein „zufälliger“ Lauf-Laktatstufentest bei einem anderen Trainer zeigte für diese Hochleistungsklasse eine extrem **niedrige** Grundlagenausdauer:

- extrem hohe Herzfrequenz- und Laktatwerte schon bei sehr niedriger Laufbelastung
- aerob-anaerob Laktat-Schwelle: 3,4m/s („schlecht“)
- max. Sauerstoffaufnahme VO_{2max} : **50 ml/kg/min** (gering);
- **Vergleich Tennis:**
 - gering: bis 55 ml/kg/min
 - mittel: 56-59 ml/kg/min
 - gut: 60-63 ml/kg/min
 - ausgezeichnet: 64-67 ml/kg/min
 - Weltklasse: 68-70 ml/kg/min
- Parallel getestete Spielerin: ATP-Rang 576: VO_{2max} = **67 ml/kg/min**

Laktattest: Schömezler / Allmann, 2011, unpubl.

Fallbeispiel Schwimmen

Mester J. et al. untersuchte bei Kindern im Alter von 9-12 Jahren die **Auswirkungen von hochintensivem (HIIT) vs. umfangs-betontem (HVT) Training auf die Ausdauerleistungsfähigkeit**. 27 Kinder trainierten anhand ihrer Bestzeit über 100m Freistil in 2 Gruppen: die HIIT-Gruppe bei im Durchschnitt 93% , die HVT-Gruppe mit 85% ihrer persönlichen Bestzeit bei 5 TE/Woche. Vor u. nach 5 Wochen Training wurde mittels Radstufentest die VO_{2max} ermittelt. Zudem absolvierten alle Probanden einen 6x50m-Test (Intervalldauer = 15 sec).

Ergebnis: Für beide Parameter konnte zwischen den Gruppen und auch im Pre-Post Testvergleich **kein Unterschied** ermittelt werden. Die HVT-Methode erwies sich gegenüber der HIIT-Methode – zumindest in diesem Alter – nicht als die effektivere Trainingsmethode. Gleiche Trainingseffekte wurden mit der HIIT-Methode in kürzerer Zeit erreicht.

Faude et al.(2008) konnte bei jugendlichen Schwimmern im HIIT – HVT Methodenvergleich ähnliche physiologische Effekte im 2000m Ausdauerstest für beide Trainingsmethoden nachweisen. Die gleichen HIIT-Effekte konnten in der Hälfte der HVT-Trainingszeit erzielt werden.



FAZIT

Eine hohe VO_{2max} bedeutet in typischen Intervall-Sportarten (Fußball, Tennis u.a.) nicht grundsätzlich auch eine hohe sportart-typische, konditionelle Leistungsfähigkeit und umgekehrt.

Die VO_{2max} ist nicht **ausschließliches** Merkmal und Abbild einer intervallartigen, konditionellen Leistungsfähigkeit.

Die Effektivität eines HIIT zur Ausdauerverbesserung – bes. für „Intervall“-Sportarten - darf nicht **ausschließlich** über Veränderung der VO_{2max} bewertet werden. Anaerobe Kapazität und Laufökonomie leisten ebenso einen Erklärungsbeitrag für die erbrachte Leistung.

Zahlreiche Studien stellen die VO_{2max} als **alleinigen**, die fußballspezifische Intervall-Ausdauerleistung bestimmende Parameter, **kritisch infrage** (41, 42, 43).

Hohe Ausdauer-Intervall-Leistungen im Fußball korrelieren nicht immer **gleichartig** auch mit hohen VO_{2max} - Werten.

8

Wesentliche Erkenntnisse und
zusammenfassende Faktenübersicht aus
HIIT-SIT-Studien

Die Besonderheit des HIIT ist die **schnelle Steigerung** der Ausdauer-Leistungsfähigkeit sowohl für Langzeit- als auch für sog. „Intervall“-Ball sportarten (z.B. Fußball) ohne negativen Einfluss auf Kraft- und Schnelligkeitsparameter (4). Bei kurzfristigen HIIT-Inter-ventionen belegen zahlreiche Studien eine zeitgewinnend, effektbezogene Überlegenheit des HIIT vs. hochvolumiger Dauermethode, bes. wichtig bei komplexen Ball sportarten.

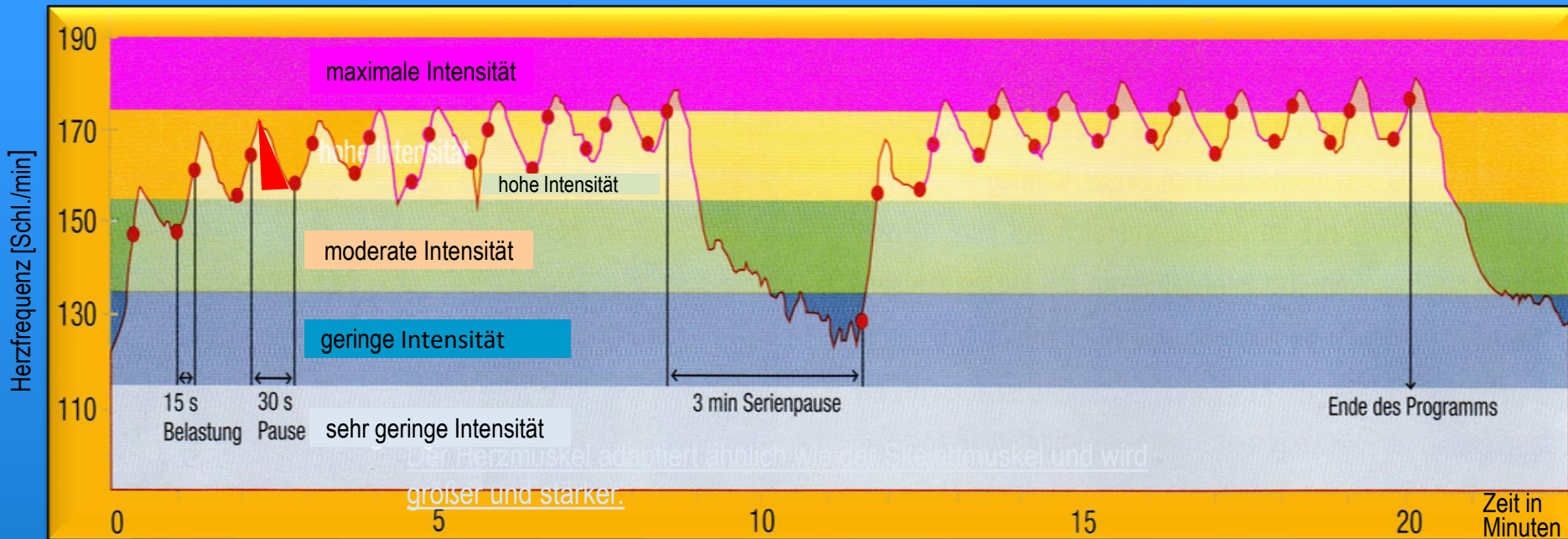
HIIT induziert vielfältige kardiovaskuläre, zelluläre und molekulare Anpassungsprozesse: **kardiovaskulär** produzieren hohe Belastungsspitzen mechanische und metabolische Stimuli mit einer Zunahme der Herzgröße, Blutfluss und Dehnbarkeit von Blutgefäßen mit verbesserter Sauerstofftransportkapazität, schnellerer Sauerstoffaufnahme und höherer maximaler Sauerstoffaufnahme (11, 50, 72, 73).

Auf **molekularer** und **metabolischer** Ebene bewirkt HIIT z.B. eine Aktivitätssteigerung oxidativ und glykolytisch wirkender Enzyme (44) und die Optimierung der zellulären pH-Regulation durch Verbesserung der muskulären Laktattransport-Kapazität* (74). Die Summe solcher Adaptationen führt zu einem aerob u. anaerob erhöhtem Energiefluss.

Spieler können so hochintensive Belastungen länger (Erhöhung der „tlim“=Zeit bis zur Erschöpfung) tolerieren (23) u. im/nach Training / Spiel schneller regenerieren (4).

*: Laktattransportkapazität=Laktatshuttlekapazität bewirkt, dass Laktat in weniger/nicht beanspruchte Muskeln transportiert wird zur Übersäuerungvermeidung der Arbeitsmuskulatur.

Beispiel: Herzfrequenzverlauf bei einem hochintensiven Intervalltraining (HIIT): 2 x 10 x 100m



Quelle: Körner Ph. (2018); siehe Lit.

HIIT mit 2 x (10 x 100m) bei 90-95 % der maximalen Herzfrequenz (HFmax) und je 15 sec Belastung. Die Intervalldauer (= Pausendauer) betrug 30 sec. Nach Ende einer jeden (Lauf) Belastung stieg die HF noch etwas weiter an und verringerte sich bis zur nächsten Belastung. Die Belastungsherzfrequenz blieb über die gesamte Serie auf hohem Intensitätsniveau und steigerte sich noch weiter in der zweiten Serie. Diese relativ hohe Verweildauer der HF auf hohem Intensitätsniveau ist eine wesentliche Adaptationsvoraussetzung und Stimulus zur Leistungssteigerung des Herzens in der jeweils kurzen HF-Reduktionsphase (rotes Dreieck=Phase der absinkenden Herzfrequenz) bis zur nächsten Belastung.

Der Herzmuskel adaptiert ähnlich wie der Skelettmuskel und wird größer und stärker.

HFmax gilt in der sportmedizinischen Diagnostik als valides **Ausbelastungskriterium**.

Zur (theoretischen) Abschätzung der HFmax gelten folgende Faustformeln:

HFmax = 220 – Lebensalter (für Laufband) American Heart of Association

oberhalb 40 Jahre wird HFmax unterschätzt; mittlerer Fehler: bis 15 Schl./Min.

HFmax = 200 - Lebensalter (für Fahrradergometrie) (männerspezifisch)

HFmax = 206 – (Alter x 0,88) (frauenspezifisch)

HFTraining (Karvonen-Formel) = **RHF + (220 – ¾ Alter – RHF) x BF**

BF = Belastungsfaktor : 0,60 = Einsteiger

0,65 = unregelmäßiges Training

0,70 = regelmäßiges Training

0,75 = Leistungssportler

Fettstoffwechseltraining: je minus 10 Schl./Min.

Zur genauen HFmax-Bestimmung eignen sich die praktischen Tests:

1. zwei kurz aufeinanderfolgende maximale 200m –Läufe

2. Steigerungslauf über 1000m mit Erschöpfungszustand nach ca.600m

Der höchste gemessene HF-Wert gilt als maximale HF (HFmax)

Formeln nach: U. Such, T. Meyer: *Die maximale Herzfrequenz*. Deutsche Zschr. für Sportmed. Jg.61, 12 (2010), 310-311

K. Roecker et al.: *Heart rate prescriptions from performance and anthropometrical characters*. Med. Sci.Sports Exerc. 34 (2002) 881-887

M. Gulati et al.: *Heart rate response to exercise stress testing in asymptomatic women*. Circulation 122 (2010) 130-137

„It is now recognised, that a longer lasting fitness can be achieved, if the intervall-training is combined with sufficient aerobic endurance development to stabilise the improved cardio-respiratory response“.

Peter John Thompson, 2010 (Lit. 60)

Ein durch HIIT erworbener, schneller Ausdauererwerb ist nur dann **nachhaltig**, wenn HIIT **ganzjährig** mit aerober Ausdauerentwicklung – z.B. mittels Dauermethode als grundlagenschaffende Toleranzbasis für HIIT - oder alternierend mit extensiven Intervall-Läufen (siehe Exkurs „Extensives Intervall-Training“) bzw. Fahrtspiel - kombiniert wird.

Ein zu häufiges oder gar ausschließliches HIIT/SIT – bes. in der WP – kann schnell zum **Übertraining** und zur **Minderung der Grundlagenausdauer** als Toleranzbasis für jegliches Intervalltraining führen! Die beabsichtigte Wirkung wird verfehlt! Andererseits kann auch eine durch HIIT erreichte schnelle Leistungssteigerung nach Absetzung des HIIT schnell wieder verloren gehen.

HIIT führt sowohl bei nicht bis mäßig wie auch bei hoch Ausdauertrainierten zu einer leistungssteigernden Trainingsanpassung durch eine verbesserte Energieversorgung, durch Hochregulation aerober und anaerober Stoffwechselprozesse (60) und durch erhöhte Sauerstofftransportkapazität (14).

Es ist internationaler Studienkonsens – auch im historischen Rückblick – dass ein **HIIT** mit Lang- und Kurzzeit-Belastungen

- im Intensitätsbereich von 90-95 % HFmax (30,42) bzw. 80-100% VO₂max
- mit einer Gesamtbelastung / TE von mindestens 15 Min.
- mit relativ hohen Laktatwerten (≥ 8 mmol/l)

eine hocheffektive Steigerung der VO₂max, der **Ausdauerleistungs-** und **Wiederholungsfähigkeit** nach intensiven Belastungen (z.B. Sprints) (37) bei deutlich kürzerer Trainingszeit gegenüber einem Lang(zeit)-Ausdauertraining (Dauermethode) bewirkt. HIIT bewirkt sowohl aerobe und anaerobe wie auch zentrale und periphere Anpassungen.

Zahlreiche Studien mit Patienten, Freizeit- und Leistungssportlern zeigen, dass über einen Trainingszeitraum von mindestens 6-12 Wochen sowohl das HIIT als auch das SIT gegenüber der Dauermethode zur Verbesserung der maximalen Sauerstoffaufnahme VO_{2max} und damit der allgemeinen Ausdauerleistung die **effektivere** Trainingsmethode auch unter **zeitökonomischem** Aspekt darstellt. Ein HIIT/SIT in **Blöcken** von 10-14 Tagen erhöht deutlich die Effektivität.

Darüberhinaus zeigt HIIT vs. Dauermethode günstigere Effekte auf Risikofaktoren für Herz-Kreislauf- und Stoffwechselerkrankungen (z.B. chron. Herzinsuffizienz, Diabetes 2, Adipositas u.a.) und schnellere Anpassungen auf molekularer bzw. zellulärer Ebene.

Eine Anwendung von Intervalltraining sollte sich **primär** an der jeweils vorhandenen **aeroben Kapazität** orientieren. Begleitende Trainingseinheiten nach der Dauermethode sind weiterhin unverzichtbar. HIIT Beginner über 35 Jahren sollten zuvor sich einem sportärztlichen Check unterziehen.

HIIT/SIT zeigt **keine** Effektabhängigkeit von Spielklasse und Alter (ab U17), sowie von unterschiedlichen Probandengruppen (Untrainierte, Sportstudenten, Ballspieler u. gut trainierte Ausdauerathleten). Hoch ausdauertrainierte Athleten brauchen als weitere metabolische stimuli HIIT-Belastungen nahe an der VO_{2max} bzw. im 90-95% HFmax-Bereich. Dies gilt bes. auch für den Profi-Fußballbereich.

Das Wettspiel selbst muss als HIIT-Variante in die intensive Trainingsgestaltung mit einkalkuliert werden und ist durch kein Training ohne HIIT/SIT-Reize ersetzbar (z.B. Ersatzspieler, Rekonvaleszenten)

Zahlreiche Studien stellen die VO_{2max} als **alleinigen** und zu maximierenden, physiologischen Leistungsparameter für die fußballspezifische Intervall-Ausdauerleistung **kritisch infrage** (41, 42, 43).

Da die VO_{2max} anpassungsdynamisch an verschiedene Ausdauer-Trainingsmethoden ein relativ **träges** Merkmal ist, muss eine verbesserte Ausdauer-Intervall-Leistung im Fußball nicht zwangsläufig mit einer entsprechenden Änderung der VO_{2max} korrelieren (41, 42, 43).

Die sehr unterschiedlichen, intervallartigen Aktionsanforderungen im Fußball können **nicht** mit einer einzigen Intervallmethode abgedeckt werden.

Langzeit- und Kurzzeit- Intervallmethoden bewirken spezifische, physiologische Antwortreaktionen und Leistungsanpassungen und müssen **beide** zum Einsatz kommen.

Da beide Intervallmethoden die VO_{2max} verbessern, kann durch sie eine zuvor geschaffene ausreichend hohe aerobe Kapazität über gewisse Zeit erhalten werden.

Besonders das **4x4 Minuten Intervalltraining** erweist sich als ein überwiegend zeitsparendes **Erhaltungstraining** einer guten Grundlagenausdauer.

Fußballspezifisch erweisen sich **4x4 Min. Kleinfeldspiele** – auch deren Variationen - als gutes Ausdauersteigerungs- und Erhaltungstraining – und effizienter als 4x4 Min.-Läufe.

Kombiniert mit **[3x(6x40m)] SIT, 15/15 sec Linienläufe und Sprintpendelläufe** erhöht zusätzlich die Trainingseffizienz.

Diese HIIT-Modelle müssen alternierend mit

extensiven Dauerläufen (je nach Trainingsperiode)

extensiven Intervall-Läufen (s.u.)

Fahrtspiel (ausdauerorientiert)

zur Stabilisierung der Ausdauerbasis kombiniert werden.

Eine 5-Methoden-Mischung aus **Dauerlauf, extensiver / intensiver Intervallmethode, Fahrtspiel und Shuttle-Runs** mit methoden-interner **Variation** - auch mit Ball - scheint den komplexen, ausdauerspezifischen Anforderungen des Fußballs am besten gerecht zu werden.

Ein begleitendes, schnellkraftorientiertes **Krafttraining** mittels Maximalkrafttraining zur Verbesserung der Laufbeschleunigung und Laufgeschwindigkeit sollte ergänzend erfolgen.

Unter Annahme der Anwendung:

- 1 Lauf-Dauer-Methode (überwiegend extensiv)
- 2 Intervall-Methoden (Lang-/Kurzintervallmethode; z.B.: 4x4 Min. und 3x[6x40m])
- 1 Fahrtspiel-Methode (ausdauer- oder schnelligkeitsorientiert)
- 1 Shuttle-Run Methode

ergeben sich 10x zweifache und 10x dreifache Kombinationsmöglichkeiten der Ausdauer-Trainingsinterventionen.

Es gibt nicht EIN richtiges Ausdauertraining im Fußball. Jeder Trainer muss nach Spielerleistung, Alter, Spielklasse, Trainingshäufigkeit, Zeitpunkt und konditionellen Defiziten aus den vielfältigen Trainingsinterventionen:

Dauermethode, extensive / intensive Intervallmethode, Fahrtspielmethode, Shuttle-Run-Methode unter Anwendung methodeninterner Variationen das aktuell optimale Ausdauer-Trainingskonzept finden, welches eine ständige zeit- und belastungsorientierte Modifikation notwendig macht.

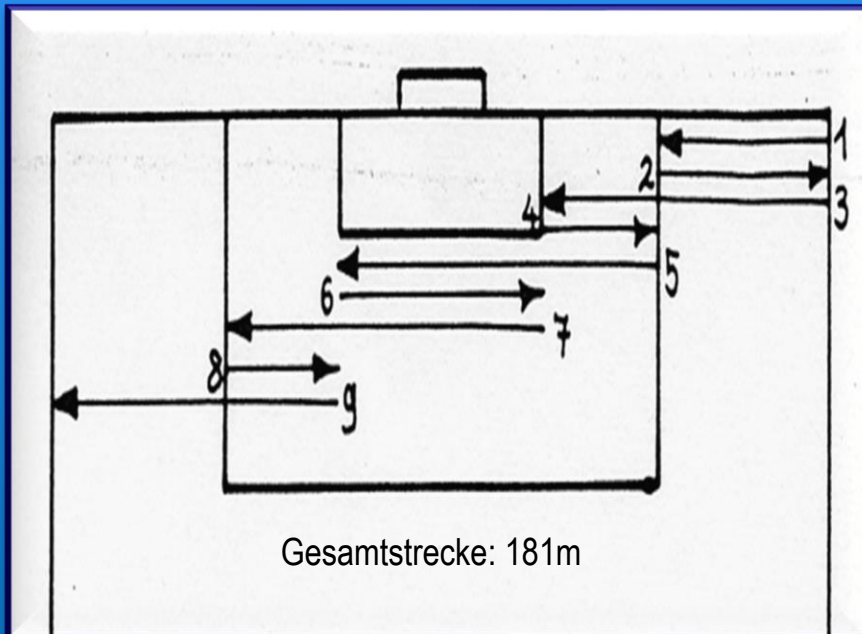
Situation, Variation und Motivation sind die Eckpfeiler einer situativ optimierten Ausdauer-Trainingssteuerung.

Es ist die „Kunst“ des Trainers, aus diesen Möglichkeiten im Rahmen der jeweiligen Randbedingungen (Spielerkondition, Alter, Klasse, Trainingshäufigkeit, Zeitpunkt u.a.) die aktuell optimale Anwendungsstrategie zu finden.

Die Variation macht's!

Ein fußballspezifisches Ausdauertraining und der Sprintwiederholungsfähigkeit ist nur über eine „intelligente“ Variation/Vielfalt der Interventionen effektiv. Ein konkreter Trainingsplan bzw. Trainingskonzept kann aufgrund der fallspezifischen, situativ vorgegebenen Leistungsfaktoren nicht formuliert werden. Jeder Trainingsplan ist ein Unikat unter Nutzung der verschiedenen Interventionsmittel.

Shuttle-Runs zur fußballspezifischen Ausdauerverbesserung werden als Linienläufe über **variable** Shuttle-Streckenabschnitte mit einer Gesamtdistanz von ca. **160m – 180m** im (sub-)maximalem Lauftempo bei 6-8 Wdh. absolviert. Die Belastungsdauer pro Wdh. liegt i.d.R. bei **15-20sec** und einer (Trab-) Pause (Intervall) von **15-20sec**.



Beispiel 1: Linien shuttle-Sprints nach Bisanz/Gerisch



Shuttles: 20m-20m-40m-40m-20m-20m
Richtungswechsel: 5
Gesamtdistanz: 160m
Laufzeit: 18-19sec
Trabpause: 12-15sec

Beispiel 2

EXKURS

Extensives Intervall-Training

Weitere Informationen in Datei: „Ausdauertraining für Fußballspieler, Kap. 2“

Extensive Intervall-Läufe

Wiederholungsläufe oberhalb der Intensität eines 60 Minuten intensiven Dauerlaufs als gezielt eingesetzte **Alternative zu Dauerläufen**.

Die Laufintensität lässt sich ebenfalls mittels Prozentwerte der (individuellen) **anaeroben Schwellenwerte** bestimmen.

Extensive Intervall-Läufe

2x(5x300m): $v_{300m} = 150-155\% v_4$

Pause: Lauf: 2:30-2:40 Min. Traben; Serie: 7-8 Min. aktiv mit Ball

2x(6x200m): $v_{200m} = 158-160\% v_4$

Pause: Lauf: 1:30-1:40 Min. Traben; Serie: 6 Min. aktiv mit Ball

2-3x(8x100m): $v_{100m} = 162-164\% v_4$ (Platzdiagonale ?)

Pause: Lauf: 1:00-1:15 Min. Traben; Serie: 5 Min. aktiv mit Ball

2-3x(10x80m): $v_{80m} = 164-165\% v_4$ (Platzdiagonale?)

Pause: Lauf: 1:00 Min. Traben; Serie: 5 Min. aktiv mit Ball

Laktaterwartung: 4 - 8 mmol/l Laktat

Formel für die jeweiligen Laufzeiten $t[s]$:

$$t[s] = \frac{\text{Laufweg}}{(\text{ANS}(v_4) [\text{m/s}] \cdot x\%) : 100}$$

Empirische Berechnungsformeln
der Laufzeiten für extensive Intervall-Läufe

$$t_{300m} = 300 : (v_4 \times 1,55 \dots 1,50) \text{ [sec]}$$

$$t_{200m} = 200 : (v_4 \times 1,60 \dots 1,58) \text{ [sec]}$$

$$t_{100m} = 100 : (v_4 \times 1,64 \dots 1,62) \text{ [sec]}$$

$$t_{80m} = 80 : (v_4 \times 1,65 \dots 1,64) \text{ [sec]}$$

Laktaterwartung: 4 - 8 mmol/l Laktat

(v₄ = Laufgeschwindigkeit bei 4mmol/l Laktat)

Berechnung Laufzeit t80 für extensive Intervall-Läufe

(z.B. 2-3x(10x80m als Spielfeld-Diagonale)

$$t_{80m} = 80 : (v_4 \times 1,65 \dots 1,64) [\text{sec}]$$

Annahme: $v_4 = 4,1 \text{ m/sec}$ (4mmol/l Laktatschwelle); $\sim v_4\text{-range: } 3,8\text{-}4,6 \text{ m/sec}$

Laufzeit 80m: 11,8 – 11,9 sec (hochgerechnet auf 100m: 14,7 – 14,9 sec)

Pause: Lauf: 1 Min. Traben;

Serie: 5 Min. aktiv mit Ball

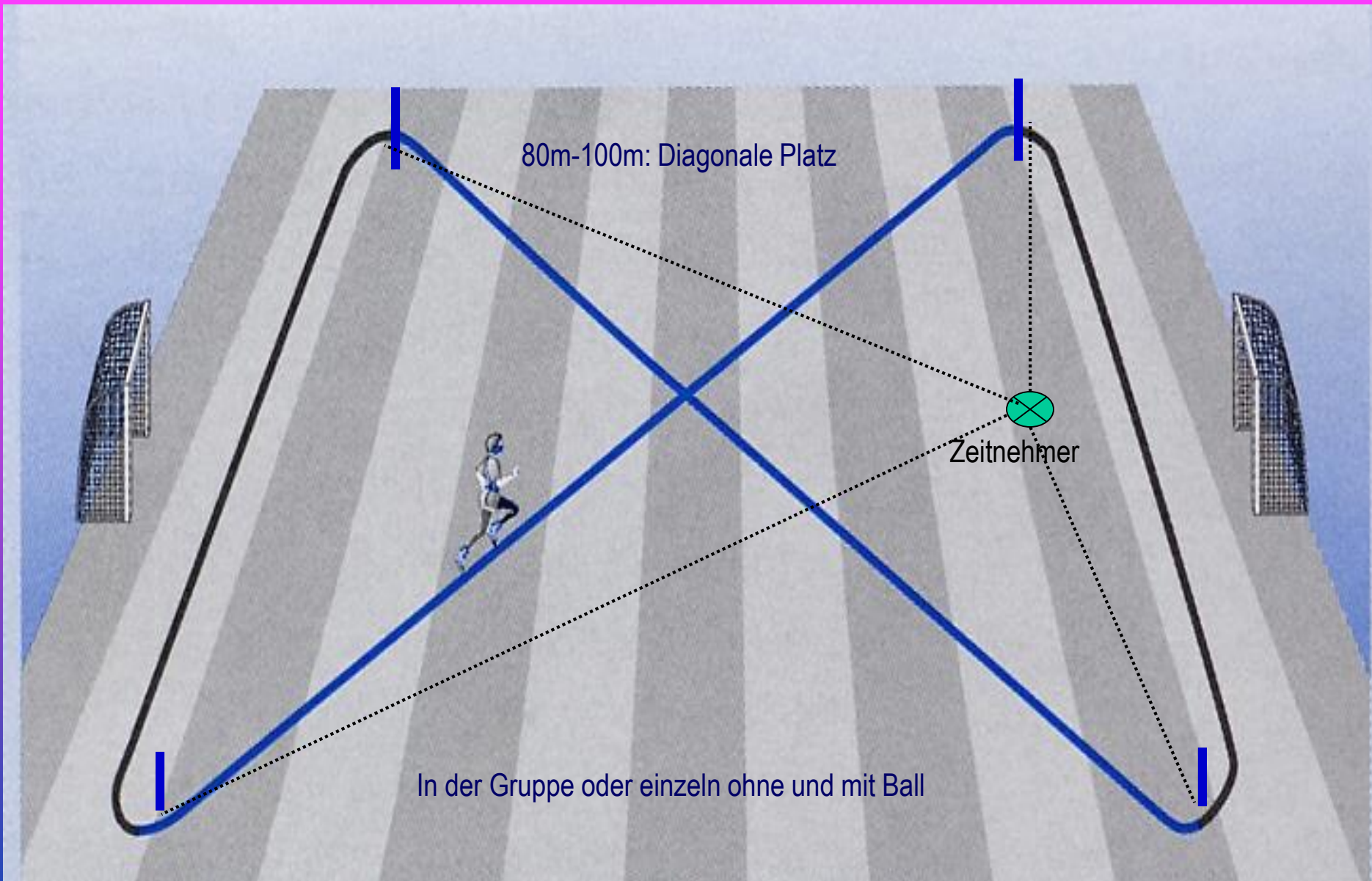
Für andere Laufstrecken siehe Tabelle „Empirische Berechnungsformeln“

Nach Laktattest genaue v_4 - Eingabe mit Laufgruppenbildung.

Laktaterwartung: 4 - 8 mmol/l Laktat

(v_4 = Laufgeschwindigkeit bei 4mmol/l Laktat)

Extensives Intervall – Ausdauertraining



Zusammenfassender Vergleich zwischen Dauerlauf, Fahrtspiel und extensiven Intervall-Läufen

Schnelligkeitsorientiertes Fahrtspiel

(wechselndes extens. / intens. Lauftempo, Sprints, Lauf-ABC, side-steps u.a.)

Extensive Intervall-Läufe

(z.B. 2x5x300m) zeigen gegenüber

Kontinuierlichem, extensivem Dauerlauf
eine deutliche Überlegenheit bzgl.

- Aerober Grundlagen-Ausdauerentwicklung (!)
- Erholungsfähigkeit nach (Sprint-) Belastungen
- Verbesserung der Sprintschnelligkeit und Sprungkraft
- Fußballspezifischer Belastungsstruktur

Föhrenbach/Frick/Göbel/Nagel/Stutz/Böhmer/Schmidtbleicher, Univ. Frankfurt/Main, 1991

Wienecke/Brettschneider/Diekmann/Zimmermann, Deutsche Sporthochschule Köln, 1998

Ferrauti/Pluim/Broekhof/Schmidt/Walker/Jakobs, DSHS Köln, Univ. Bochum, 2003

Die Dauerlaufmethode spielt in der Intervall-Sportart Fußball gegenüber anderen Ausdauersportarten eine **verminderte** und nur gezielt-punktuell (z.B. Beginn VP oder regenerativ in WP) einzusetzende Rolle.

Wesentlich ist sie immer noch im Ausdauer-Leistungsaufbau nach **längerem Trainingsausfall**, evtl. mit begleitender Laktatdiagnostik zur Schaffung einer anforderungsspezifischen **Ausdauerbasis**.

Zu lange relativ langsame Muskelkontraktionen durch extensive / intensive kontinuierliche Dauerläufe können bewirken:

- Transformation schnellkräftiger Muskelfasern in langsam kontrahierende MF mit Zunahme oxidativer Enzyme und Mitochondrienvolumen (Pette, 1984)
- Abnahme der für SchnellLeistungen wichtigen hohen Kreatinphosphatkonzentration der trainierten Muskulatur
- Zunehmende Ausdauerleistung verminderte bei Fußballspielern signifikant die maximale Sprintgeschwindigkeit über 30m (R. Föhrenbach / A. Mader / W. Hollmann, 1986)

Erfahrung mit HIIT aus dem leichtathletischen Leistungssport: **geblocktes** HIIT („Stoßtraining“) baut schnell die Wettkampf-form auf, kann aber nur kurzfristig gehalten werden.

Slogans wie:

„Wer Ausdauer will, muss nicht stundenlang im Wohlfühlbereich trainieren;

„Raus aus dem Wohlfühlbereich“

„Viel schneller wird fit, wer kurz und heftig trainiert“

gehen zwar in die richtige Richtung, wecken in dieser Verabsolutierung jedoch einseitige, falsche und gefährliche Hoffnungen!

9

Fußball-Ausdauertraining mit HIIT in der Vorbereitungsphase und im Saisonverlauf

Hochintensives Intervalltraining (HIIT) gilt im Fußball – in später Erkenntnis im Vergleich mit anderen Sportarten - als eine hocheffektive, hochökonomische und zeiteffiziente Trainingsmethode der aeroben und anaeroben Ausdauer.

Gründe und Argumente für ein Hochintensives Intervalltraining HIIT im Fußball als eine hocheffektive und zeiteffiziente Trainingsmethode – in Stichworten

1, 2

Zunehmende Fußball-Dynamik fordert vom Spieler gesteigerte konditionelle Anforderungen im Bereich der Ausdauer bzw. der aeroben und anaeroben Laufleistung bzw. Energiestoffwechsel.

Während der gesamte Laufweg pro Spiel nahezu gleichgeblieben ist, erhöhte sich die Lauf- und maximale Sprintgeschwindigkeit sowie die Sprintanzahl nach der JH-Wende erheblich (bis zu 50% im Spitzenbereich) (98).

Statistische Dokumentationen und Messungen zeigen in der 2. Halbzeit z.T. deutliche Minderungen der Laufleistung und in den letzten 15 Minuten einen Anstieg der Torerfolge. Eine Verbesserung der Ausdauer und der Sprintwiederholungsfähigkeit über die gesamte Spielzeit ist am effektivsten mittels HIIT und Variationen erreichbar.

Ein solches Schnelligkeitsausdauertraining (SAT) ist als „All – out“ Intensitäts-Training“ charakterisiert mit relativ kurzer Belastungs-Pausendauer (= Intervalldauer) im Verhältnis 1:1 – 1:3. als hocheffektive Verbesserung der Lauf-/Sprint –Wiederholungsfähigkeit. Liegt das Belastungs-Pausenverhältnis bei 1: ≥ 5 , ist verstärkt eine kurzfristige maximale Lauf-Leistungsfähigkeit zu erwarten.

HIIT sollte grundsätzlich mit regelmäßigen geringvolumigen Dauerbelastungen (20-40 Min.) kombiniert werden zur gezielten Verbesserung der muskulären oxidativen Kapazität, Erhöhung der Ermüdungstoleranz bei wiederholten „All out“ -Belastungen und der Laufleistung beim YYIR-Test Level 2 (siehe „LEISTUNGS(FÄHIGKEITS)DIAGNOSTIK IM FUßBALL“)- besser als durch Kleinfeldspiele (97).

Kleinfeldspiele gelten als die fußballspezifischsten HIIT-Interventionen. Ihr Verbesserungspotential für Schnelligkeitsausdauer und hochbelastende Wiederholungsfähigkeit wird jedoch in der Literatur kontrovers beurteilt (99).

Ade et al. (99) konnte nach Kleinfeldspielen physiologisch geringere Anpassungen aufzeigen vs. Schnelligkeitsausdauertraining mit „All-out“-Intensität. Dieses Ergebnis unterstützt die Meinung anderer Autoren, dass die Belastungsintensität bei Kleinfeldspielen (z.B. 4 vs. 4 und 6 vs. 6) mit zu geringer hochintensiver Laufdistanz die Hauptursache für eine zu niedrige und unzureichende physiologische Anpassung an höhere anaerobe Leistungsfähigkeit und intermittierende Laufleistungen darstellt. Darüber hinaus konnte (plausibel) gezeigt werden, dass Kleinfeldspiele mit vielen Antritts- und Abstoppbewegungen die fußballtypischen Antritte über ca. 5m besser trainieren als hochintensive Läufe.

Ein **aerobes** HIIT zielt auf eine verbesserte Toleranz längerdauernder, intervallartiger Belastungen mit Verkürzung der Regenerationszeit. Dazu dient eine Belastungsdauer von 2-4 Minuten bei einem Belastungs-Erholungs (Pausen=Intervall) – Verhältnis von 2:1 mit 85-90% der HF_{max}.

Mehrere Studien zum **aeroben** HIIT mit 4 vs. 4 Trainingsprotokollen und 90% HF_{max} und gleichem Trainingsumfang konnten erwartungsgemäß Verbesserungen der VO₂max (6,6 – 10,8%) bei geringerem Nachbelastungs-Blutlaktat aufzeigen. Fußballspezifische YYIR-Tests zeigten Verbesserungen von 12,5 – 14,3%. *Als entscheidender Anpassungs- bzw. Entwicklungsparameter wurde eine hohe Belastungsintensität von mindestens 90% der HF_{max}, eine Belastungsdauer von 2-4 Minuten und ein Belastungs-Erholungs-Verhältnis von 2:1 genannt und postuliert.*

Zur Verbesserung der VO₂max ist ein anaerobes einem aeroben HIIT wegen höherer Belastungsintensität vorzuziehen! Die im Fußball hohe Bedeutung der Sprint-Wiederholungsfähigkeit kann mit einem anaeroben HIIT stärker und gezielter verbessert werden.

Hochintensive Intervall-Trainingsmodelle im Fußball – Art, wann, wieoft

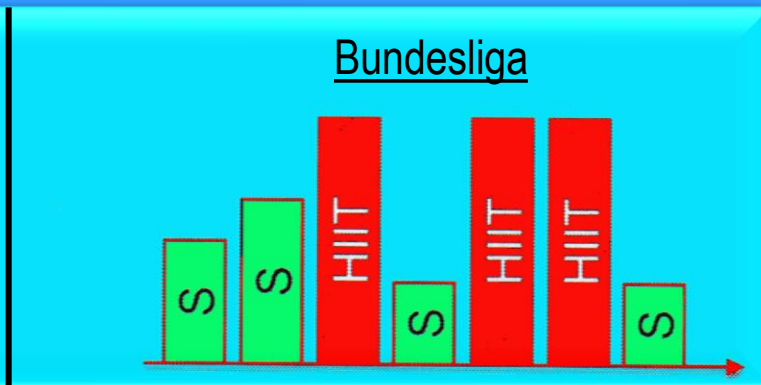
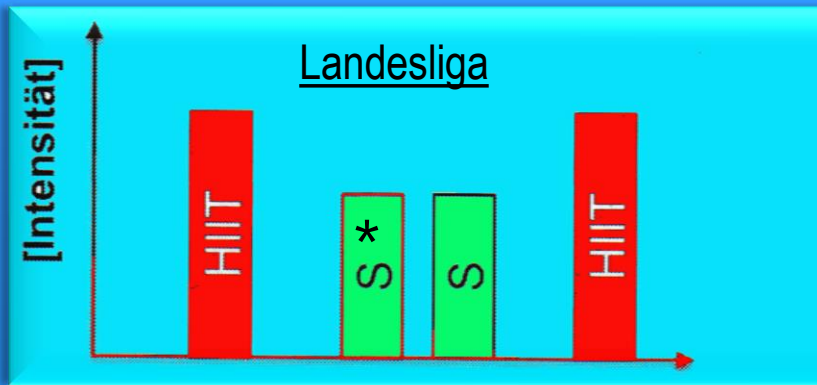
„**Periodisierte**“ Trainingsmodelle (PTM) als systematischen Wechsel von Art, Intensität und Umfang zeigten im Vergleich mit „**linearen**“ Trainingsmodellen (LTM) als kontinuierliche Entwicklung von Umfang und Intensität höhere Trainingseffekte durch Wechsel unterschiedlicher, neuromuskulärer und metabolischer Reizsetzungen. Die HIIT- und SIT-typischen physiologischen Veränderungen bleiben anpassungssensibel.

Laursen/Jenkins (60): „*Wird häufig derselbe Trainingsreiz (nur HIIT-ähnliche oder nur HVT-Protokolle) wiederholt, führt dies in der Folge zu einer schwachen Homöostaseänderung und stellt somit keinen weiteren Stimulus für Trainingsadaptation dar.*“

Für die Saisonvorbereitung im Fußball empfiehlt die Arbeitsgruppe um **T. Stolen et al. (5)** zur Art- und Umfang-Entscheidungsfindung HIIT oder HVT 1-2 „*Schockmykrozyklen*“ (13 HIIT-Einheiten in 10 Tagen, auch 1x während jeder Saisonhälfte), da Spieler mit niedriger und hoher VO₂max **beide** von HIIT profitieren. 1 HIIT-Einheit/Woche während der Saison dient zum Erhalt der VO₂max. Mikrozyklische Wechsel und (wöchentliche) Anzahl der hochintensiven Intervall-Trainingsmodelle orientieren sich an vielen Randbedingungen (Leistungsklasse, Anzahl Trainingseinheiten, Trainingssaison, Spielprogramm, Trainingsziel, Regeneration) und sind schwer standardisierbar.

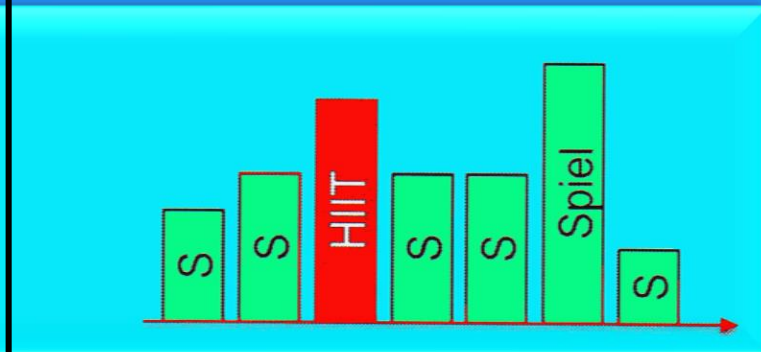
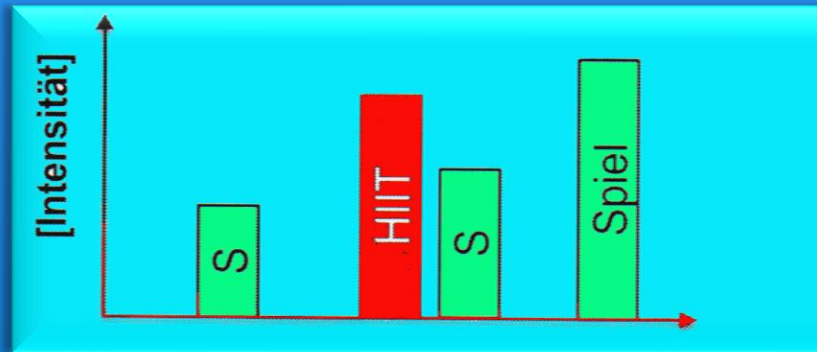
Die nachfolgenden Abbildungen in Anlehnung an **B. Sperlich et al. (31)** zeigen exemplarisch mögliche Mikrozyklen einer Landesliga- und einer Bundesligamannschaft in unterschiedlichen Saisonzeitpunkten, sowie unterschiedliche HIIT-Varianten.

Exemplarischer Wochen-Mikrozyklus einer Fußball-Landes- und Bundesligamannschaft

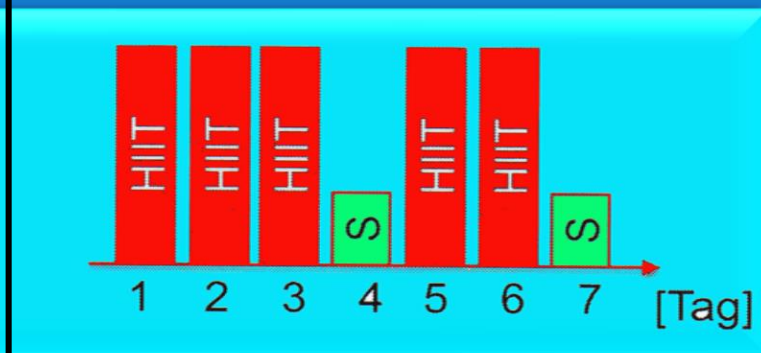
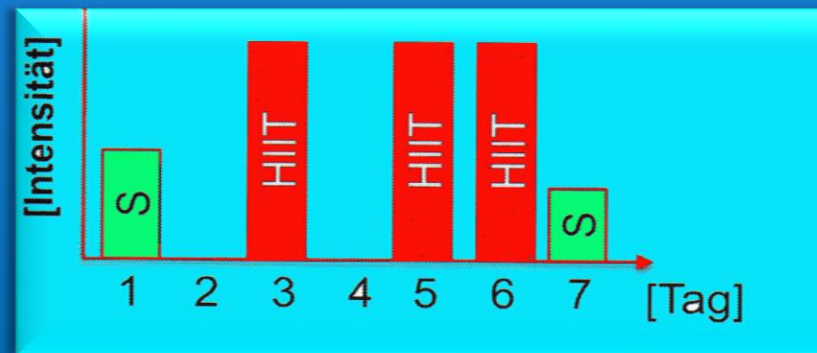


Saison-
Zeitraum

Vorbe-
reitung



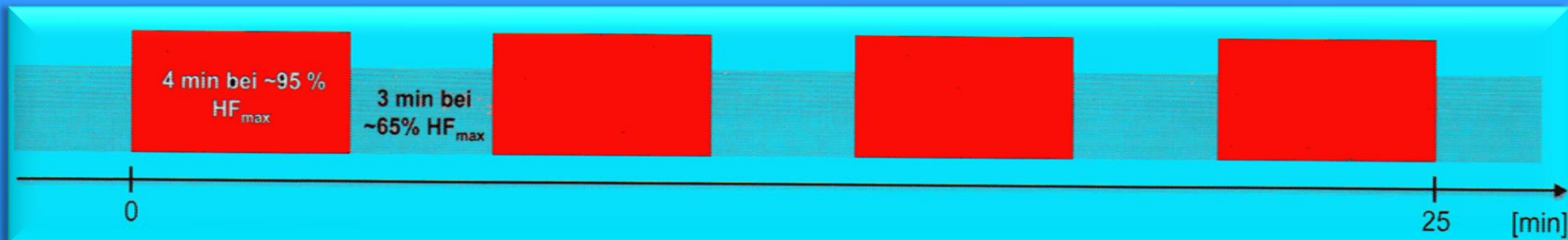
Spiel-
saison



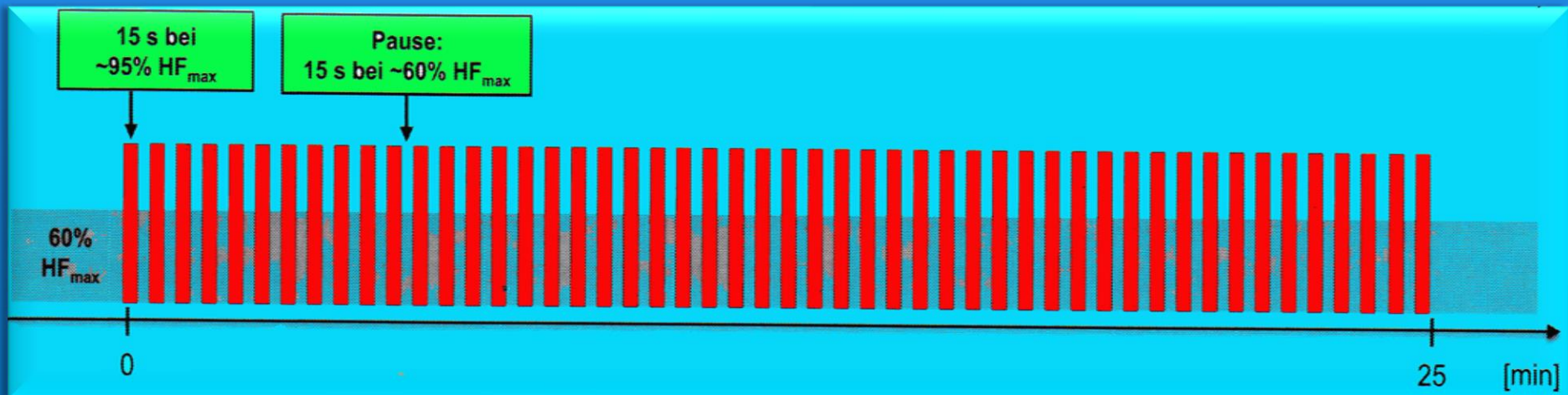
Block-
training
(1-3 Wochen)

* S = andere Trainingsinhalte mit geringer bis moderater Intensität (z.B. Technik-/Taktik-Training)

HIIT-Variante „4 x 4min“ (~95% HF_{max} mit je 3min Intervall=Pause bei ~ 65% HF_{max}); Gesamtdauer: 25 Minuten



HIIT-Variante „15/15“ (50 x 15sec ~95% HF_{max} und je 15sec Intervall=Pause bei ~60% HF_{max}; Gesamtdauer: 25 Min.



Ausdauertraining mit HIIT in 6-wöchiger Vorbereitungsphase (situativ änderbar)

Oberer Leistungsbereich

Phase 1: Ende Spielsaison bis Beginn Vorbereitungstraining (VBT)

2-3 Wo. Training Grundlagenausdauer (eigenständig)

1. und 2. Woche: 3TE/Wo. je 60 Min. extensiver Dauerlauf mit 65-75% HFmax

letzte Woche vor Beginn VBT: 1 TE Dauerlauf wie Wo.1+2 und 1 TE 4x4 Min.-Lauf

Phase 2: Beginn 6 Wochen VBT mit 5 TE/Woche.(HIITE=HIITEinheit)

Wo.1: 3 HIITE als 4x4 Min.-Läufe oder 4x4 Min. Parcours ohne/mit Ball

Wo. 2: 4 HIITE (wie Wo.1)

Wo. 3+4: 1-2 regenerative Läufe/Wo. über 40-45 Min. mit 65-75% HFmax

(in diesen Wochen evtl. andere Schwerpunkte, z.B. Kraft und Schnelligkeit)

Wo. 5+6 je 2 HIITE (als Läufe, Parcours, Kleinfeld-Spielformen) +1SITE (Intervallsprints)

In Anlehnung an J. Brings (36)

Ausdauertraining mit HIIT in 6-wöchiger Vorbereitungsphase (situativ änderbar)

Unterer Leistungsbereich

Phase 1: Ende Spielsaison bis Beginn Vorbereitungstraining (VBT)

1-2 Wo. Training Grundlagenausdauer (eigenständig)

1. Wo.: 2TE 45-60 Min. extensiver Dauerlauf mit 65-75% HFmax

2. Wo.: 3 TE 60 Min. extensiver Dauerlauf mit 65-75% HFmax

Phase 2: Beginn 6 Wochen (Wo.) VBT mit 3 TE/Wo.

Wo. 1+2: je 1HIITE als 4x4 Min.-Läufe

Wo. 3: 2 HIITE als 4x4 Min.-Läufe oder 1x als Parcours

Wo. 4+5: je 1 HIITE (Parcours, Kleinfeldspiele) + 1 SITE 3-4x(6x40m) max. „Pendelsprint“

Wo. 6: 1x HIITE (4x4 Min.-Läufe, Parcours oder Kleinfeld-Spiele)+1SITE 3-4x (6x40m)

In Anlehnung an J. Brings (36)

10

HIIT im Kindesalter / frühen Nachwuchsalter



Entgegen langjähriger Auffassung, dass HIIT für Kinder durch die hohe Intervallbelastung gefährlich und ungesund sei, zeigen nicht nur zahlreiche Untersuchungen, aber auch die Kinder selbst in ihrem natürlichen Bewegungsverhalten und Naturell ein intervallartiges Bewegungsprofil das Gegenteil. So plädiert B. Sperlich (Prof. für integrative u. experimentelle Trainingswissenschaft, Julius-Maximilian-Universität Würzburg) „...*bei Kindern je nach Sportart u. sportlichem bzw. therapeutischem Ziel klar für Intervalltraining*“. Ergebnisse von Studien und Reviews zeigen nach HIIT bei Kindern gleiche kardiologische (z.B. Schlagvolumen) und metabolische (absolute u. relative VO₂max) Anpassungen wie bei Erwachsenen. Bei HIIT-Belastungen brauchen Kinder weniger Pause (= Intervalldauer) nach Belastungsphasen und regenerieren sehr schnell (Sperlich 1993; Lit. 92).

HIIT ist bes. im frühen Nachwuchsfußball eine besonders effektive und Trainingszeit einsparende Form des Ausdauertrainings, da die vielfältigen komplexen konditionellen und koordinativen Trainingsinhalte in diesem Alter den Zeitrahmen weitgehend ausschöpfen.

HIIT-Interventionen sind inhaltlich sehr variabel strukturierbar über kurze, mittlere und lange Belastungs- u. Pausenphasen (siehe auch Kapitel 5). HIIT-Inhalte sind grundsätzlich am Alter, Sportart u. individuelle Neigungen auszurichten, wobei im Kindesalter kurzdauernde Belastungen ≤ 15 sec bei individuell passiver Pause (= Intervall) und Belastungsanzahl zu empfehlen sind. Strenge Reglements können demotivieren; Kinder wissen sehr gut, wann und wie lange sie eine Pause brauchen. Bei passiven Pausen nach 15 sec-Belastungen konnten Kinder im Vergleich mit aktiven Pausen deutlich mehr Wiederholungen und Laufstrecken erreichen (93).

11

HIIT/SIT im Gesundheits-, Präventions- und Rehabilitationssport

HIIT als Ergänzung zum moderaten, kontinuierlichen, aeroben Ausdauertraining (MKT) hat nach der Jahrtausendwende auch in der kardiologischen und klinischen Rehabilitation (KR) bei Patienten mit koronarer Herzkrankheit (KHK) und chronischer Herzinsuffizienz (CHI = verminderte, linksventrikuläre Pumpfunktion) in mehreren Metaanalysen signifikante Vorteile im Vergleich zu MKT aufgezeigt (83, 88).

55 Trainingsstudien bis 2019 belegen, dass die Effektivität der Intervention in der KR maßgeblich durch die Trainingsintensität und weniger durch die Belastungsdauer positiv beeinflusst wird. HIIT erweist sich als sichere und gleichwertige Trainingsform zu MKT ohne höheres Risiko bei diesen Hochrisiko-Patienten (76). Klinische Studien zeigten nach Myokardinfarkt und chronischer Herzinsuffizienz schon kurzzeitig eine deutliche Erhöhung der maximalen VO_{2max}. Eine Metaanalyse (91) mit KHK-Patienten zeigte bei den Parametern Ruhepuls, Blutdruck und BMI Entwicklungsvorteile vs. einem klassisch-kontinuierlichem Ausdauertraining. Deshalb sollten für eine komplexe, effektive Ausdauerentwicklung beide Ausdauermethoden – wie im Leistungssport bereits üblich – sinnvoll und zielorientiert miteinander kombiniert werden.

HIIT-Studien mit Koronar- u. Herzinsuffizienz-Patienten zeigten mit dem 4x4 Min.- Belastungskonzept mit ca. 90% HFmax bzw. im Bereich der maximalen Sauerstoffaufnahme vergleichbare Verbesserungen wie konservativ trainierende Kontrollgruppen (33,34, Übersicht in 32).

Herzinsuffizienz-Patienten mit einer Mindestleistungsfähigkeit von VO_{2max} >18 ml/kg/min können mit einem HIIT bei 60%-100% VO_{2max} für jeweils 10-30sec Belastung auf dem Laufband oder Fahrradergometer unter Aufsicht erfolgreich therapiert werden. Anhand des akuten klinischen Zustandes wird das HIIT angepasst und modifiziert. Zuvor sollte eine sportmedizinische Belastbarkeitsprüfung bes. bei „koronaren“ Patienten erfolgen!

Studienbeispiele

Wisloff U. et al. 2007 (29)

Studie mit Herzinsuffizienz-Patienten

(linksventrikuläre Auswurfraction von 30%)

HIIT auf Laufband mit 4x4 Min. Belastung, Intensität 90-95% HFmax und 3 Min. aktive Pause

Kontrollgruppe mit moderatem Ausdauertraining und 70-75% HFmax

Ergebnis

Die HIIT-Gruppe war bzgl. Leistungsfähigkeit und linksventrikulärer Auswurfraction der Kontrollgruppe deutlich überlegen. Zwischenfälle gab es keine!

Gibala, Martin, McMaster University Hamilton, Ontario (59)

Studie mit HIIT und Typ-2-Diabetes

3 TE/Woche mit 10 einminütigen HIIT-Interventionen und 3 Min. Pause bewirkte eine deutliche Verbesserung des Blutzuckerspiegels innerhalb von 14 Tagen (59).

Nach 4 Wochen 12 Minuten tägliches HIIT auf dem Fahrradergometer mit 1-Minuten-Belastungen konnte die Insulinresistenz um 23% vermindert werden (60).

12

HIIT und Kreatin

Wenige ausgewählte Fakten

Weitere, ausführliche Informationen zu Kreatin zum Erhalt und Steigerung sportlicher / körperlicher / mentaler Leistungsfähigkeit in spezieller Themen-Datei: „Kreatin im Leistungssport, besonders Fußball“.

HIIT und KREATIN (Cr)

Hochintensives Fußballtraining provoziert eine hohe, muskuläre Kreatinphosphat- Entleerung besonders der im Fußball wichtigen, „**schnellen**“ **Typ II-Muskelfasern** (höchster Cr- und PCr-Gehalt) und damit eine erhebliche Verringerung der Schnellkraft- und Schnelligkeitsleistung.

Je mehr Cr im Muskel gespeichert, desto mehr Energie kann bei großem Energiebedarf mittels schnellerer Neubildung von PCr (Kreatinphosphat=Phosphokreatin) für eine hohe körperliche und mentale Leistung transportiert und gespeichert werden. Durch intensive Muskelkontraktionen kann zu ADP verbrauchtes ATP (Sofortenergie) schneller wiederhergestellt werden.

Folge: z.T. deutliche Steigerung der Schnellkraft, Schnelligkeits- und Ausdauerleistung.

Die Höhe des muskulären Cr/PCr-Speichers hat bes. im Fußball mit intensiven Intervall-Belastungen eine **hohe leistungslimitierende** Bedeutung. Eine Supplementierung mit Kreatin (Nahrung oder synthetisch) kann die muskuläre Leistungsfähigkeit länger aufrechterhalten.

13

Weitere Ausdauertrainings- und Testmethoden mit shuttlerun- und Intervallcharakter

Multistage Fitness Test

Yo-Yo Intermittent Recovery Test

University of Montreal Track Test (UMTT)

Ausdauer-Testparcours

Mehr Informationen in Datei: „Leistungsfähigkeitsdiagnostik im Fußball“

Multistage Fitness Test

Multistage 20m Shuttle-Run-Test for Aerobic Fitness (seit 1988)



MFT ein ausreichend validiertes und reliables Testverfahren zur regressionsanalytischen **Abschätzung der VO_{2max}** zur Beurteilung der kardiopulmonalen Ausdauer

Tomkinson GR. et al. analysierte 55 MFT-Studien in 11 Ländern, publiziert in: Sports Med 33 (2003) 285-300

Regressionsanalytische **Abschätzung VO_{2max}** [ml/min/kg) aus Anzahl der Levels und Shuttles bei Testabbruch aus Tabelle oder PC-Berechnungsformel (Variation: $\pm 0,3$ ml/min/kg)

Für MFT liegen für verschiedene Altersklassen Norm-Vergleichswerte vor und anhand der VO_{2max} validiert

Korrelationskoeffizienten r zwischen MFT und VO_{2max} : **Leger et al.**: $r = 0,71$ (47); **Boreham et al.**: $r = 0,87$ (48)

Multistage Fitness Test

Testkonzept

21-23 Levels mit **je** mehreren shuttles,

Je Level **gleiches** Shuttletempo (ca. 1Min.)

Testbeginn: 8,0 bzw. 8,5 km/h (Schüler/Erwachsene)

Nach Level mit x shuttles + 0,5 km/h Tempoerhöhg.

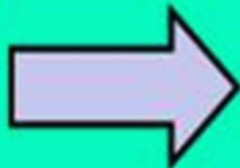
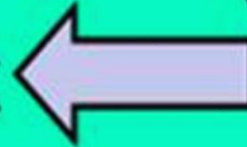
Testende: Tempo wird 2x nicht gehalten

Endlevel und Endshuttle ergibt regressionsanalytische

Abschätzung VO_{2max}

1 shuttle =

20m zurück



20m hin = 1 shuttle

Yo-Yo Multistage Fitness (beep) Test 1

Video



Yo-Yo Multistage Fitness (beep) Test 2

Video



Die Eingabe der Anzahl der maximal gelaufenen Levels und Shuttles ergibt die regressionsanalytisch berechnete, maximale Sauerstoffaufnahme mit einem maximalen Fehlerbereich von +/- 0,3 ml/kg/min

VO₂max-Werte (spiroergometr.):

Fußball: 57-75 ml/min/kg (4)

Tennis: 55-70 ml/min/kg

MultiStage Fitness Test

Enter the Level and Shuttles achieved

Level 10

Shuttles 11

VO₂ max - 46,9 ml/kg/min

Compared to the MultiStage Fitness Test Tables the calculated VO₂ max value could be in error by up to +/- 0.3 ml/kg/min.



MultiStage Fitness Test

Enter the Level and Shuttles achieved

Level 13

Shuttles 10

VO₂ max - 59,8 ml/kg/min

Compared to the MultiStage Fitness Test Tables the calculated VO₂ max value could be in error by up to +/- 0.3 ml/kg/min.



Testvorteile MFT (wie bei YYIR-Test)

Nähe zur fußballspezifischen (Lauf)Intervall-Belastung

Zeit- und durchführungsökonomisch auch für Spielergruppe

Testdauer ca. 20 Minuten für gesamte Mannschaft

hohe Spielermotivation durch direkte Konkurrenzsituation

Schneller Vor-/Retest-Vergleich und Trainingserfolgskontrolle

Testnachteile (wie bei YYIR-Test)

Individuelle, stoffwechselorientierte Trainingssteuerung nicht möglich!
Nur grob über maximale Herzfrequenz

DVD mit Testprogramm, Laptop + externe Lautsprecher

University of Montreal Track Test (UMTT)

Kontinuierlicher Lauf Multistage Fitness Test besonders für Ballsportler

Testziel: aerobe Ausdauer durch valide **Abschätzung der VO₂max** mittels Ausbelastungs-Laufgeschwindigkeit (v_{max}).

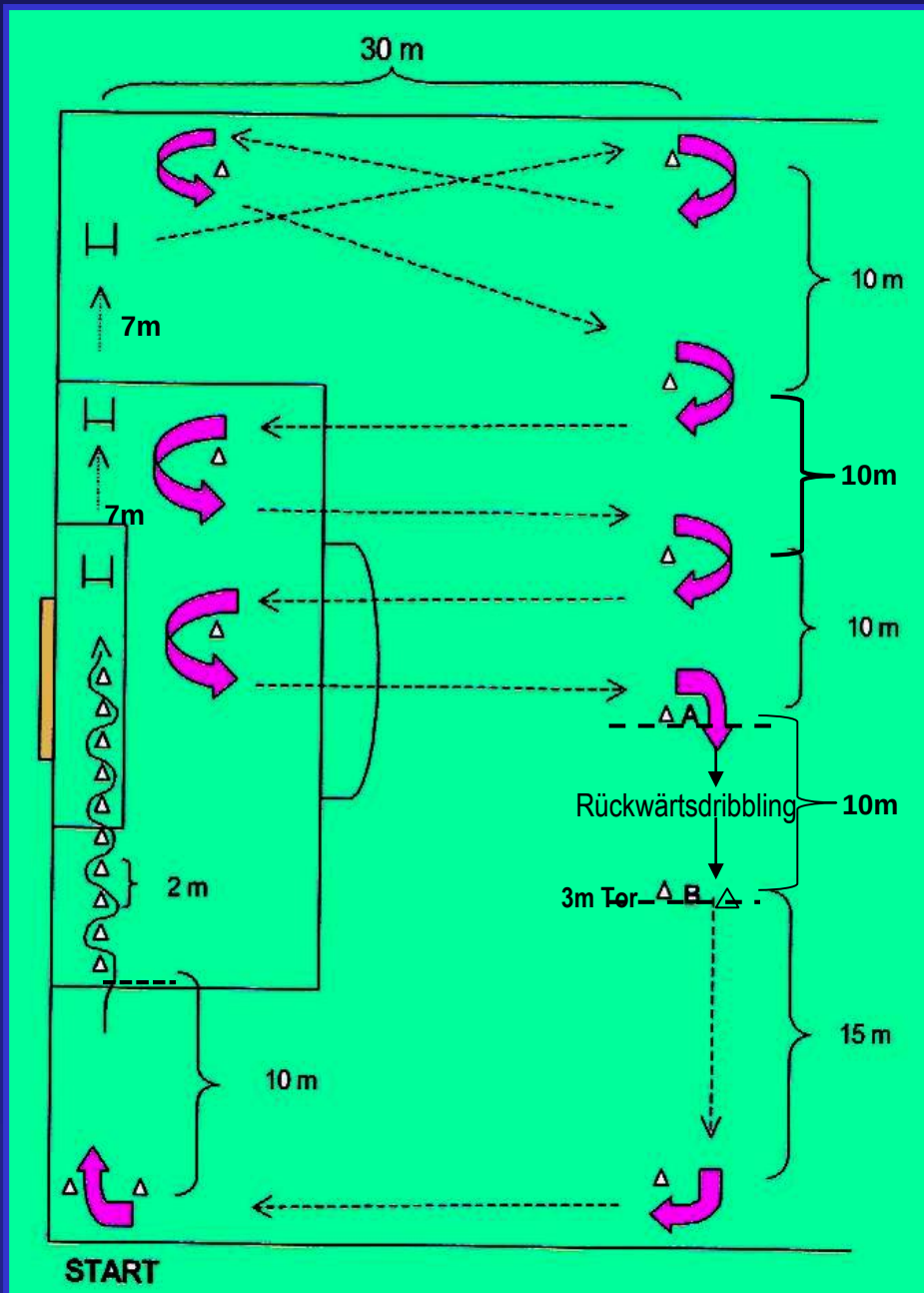
Abschätzungsformel: $VO_{2max} = 1,353 + (3,163 \cdot v \text{ letzte Stufe}) + [(0,0122586 \cdot v \text{ letzte Stufe})^2]$ (Ahmaidi et al. 1992)

Test: 400m-Laufbahn mit 50m-Intervallen; v₀: ca. 6 km/h; v-Steigerung: 1,2 km/h alle 2 Min. Minuten (audio-Signale von CD);
Testende: **Ausbelastung** bzw. Lauftempo nicht haltbar

Messparameter: Laufdistanz und Laufgeschwindigkeit bei Laufabbruch zur Berechnung der VO₂max

UMTT korreliert (hoch) signifikant mit dem Multistage Fitness Test (r = 0,79, p=0,01)

UMTT gilt als valider und reliabler Test zur Abschätzung von VO₂max (Test-CD im Handel). Die max. Laufgeschwindigkeiten in UMTT und Yo-Yo-Tests korrelieren hoch mit der mittleren und hohen Lauf-/ Sprintgeschwindigkeit und Laufleistung im Wettspiel (Rampinini et al., 2007)



Fußballspezifischer Ausdauerparcours

(nach J. Hoff / N. Kähler / J. Helgerud 2006)

Trainings-Treatment

4 x 4 Min. Dauer

90-95% HFmax

Pause: 3 Min. aktiv mit ca.70% HFmax

Dribbeln mit Ball

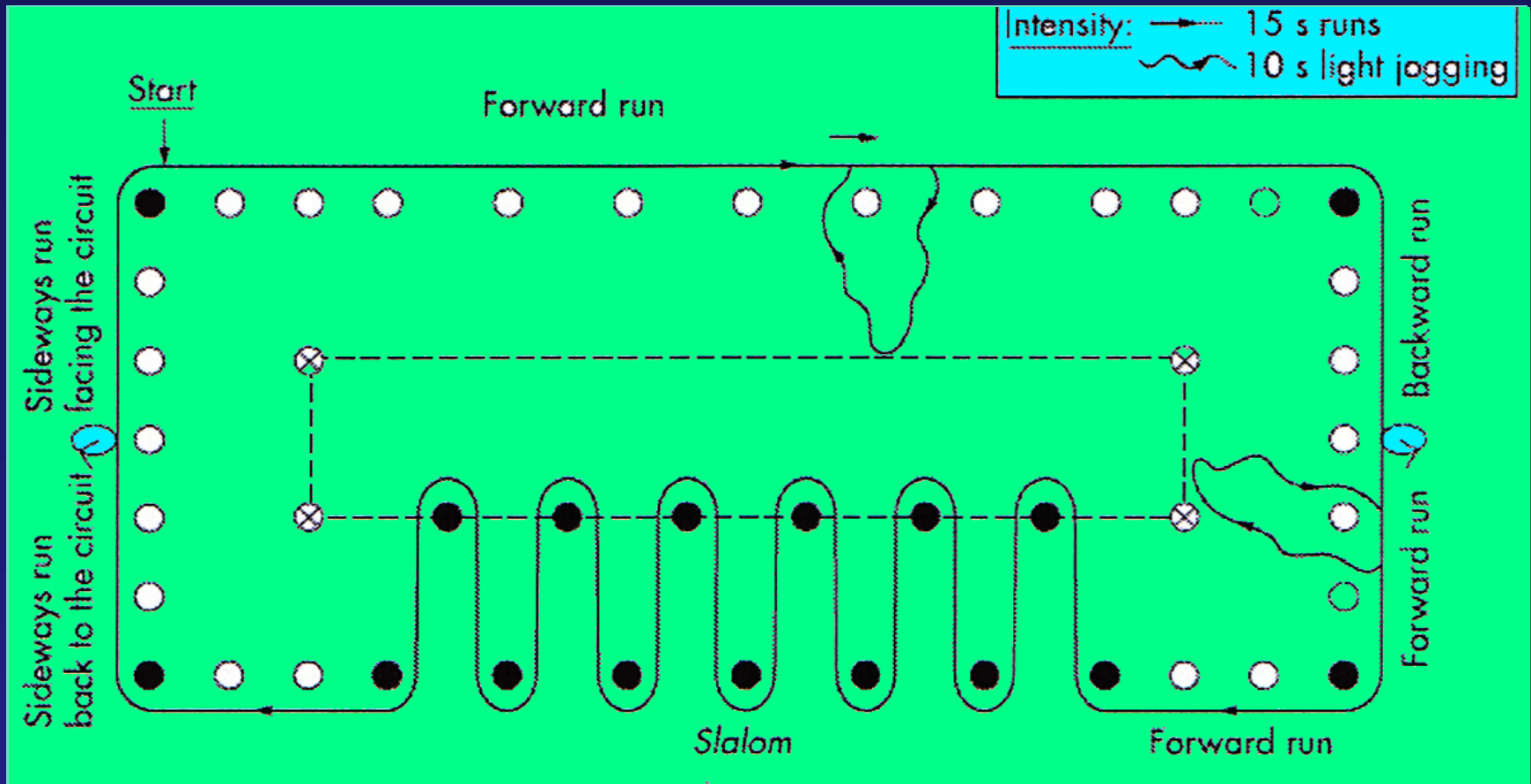
Ziel: Erhöhung Herzschlagvolumen und VO₂max

Trainingsbeispiel im „Hoff“-Parcours

18 Spieler, 8 Wochen Parcourstraining, 2x/Woche, 4x4 Min.

Ergebnis: Laufstrecke: + 9,6%; VO₂max: Ø +14,5% [l/min]
bzw. Ø +7,5% [ml/kg/min]

Fußballspezifischer Ausdauer-Test-Parcours nach BANGSBO



Streckenlänge (ohne Joggingschleifen): 160m; Testdauer: 16,5 Min.; Spielerbelastung: 40 x 15sec hochintensiv, 40 x 10sec niedrigintensiv (15sec schnell – 10sec langsam usw.); Testleistung: max. Laufstrecke in 16,5 Min. (= Kriterium der Ausdauerleistungsfähigkeit)

Testbewertung: nur gering signifikanter Zusammenhang zwischen spiroergometrischer Labortestung der VO_{2max} -Änderung u. der Leistungsänderung im Bangsbo-Test. BANGSBO-Test gibt keine zufriedenstellende Abschätzung der VO_{2max} .



Kritische Anmerkungen

Solche fußballspezifische Parcours-**Test**-Verfahren ermöglichen zwar eine grobe Einschätzung der Ausdauerleistungsfähigkeit; falsche „Renneinteilung“ und Motivationslage können jedoch das Ergebnis verfälschen.

Im unteren Amateurbereich einfache Möglichkeit der Diagnostik; im höheren Leistungsbereich infrage zu stellen.

Als Ausdauertrainingsform (z.B. 4x4 Min. Intervalle) sind solche Parcours für alle Leistungsklassen sehr geeignet.

14

Literatur

Seite 1-8

1. Bieri K., Gross M., Wachsmuth N., Schmidt W., Hoppeler H., Vogt M.: HIIT im Nachwuchsfußball-Blockperiodisierung von hochintensivem Intervalltraining. Dtsch. Zschr. f. Sportmed., Nr. 10 (2013), S.307-312
2. Gluding F, Faude O, Meyer T, Kindermann W: Aktuelle Erkenntnisse zum Ausdauertraining. Fußballtraining 26 (2007) S. 42-49
3. Hoff J et al.: Training sowie Ausdauer- und Krafttests von professionellen Fußballspielern. Dtsch. Zschr. F. Sportmed 57 (2006)
4. Iaia FM, Rampinini E, Bangsbo J: High-intensity training in football. Int J Sports Physiol Perform 4 (2009) 291-306
5. Stolen et al.: Physiology of soccer: an update. Sports medicine (Auckland, NZ 35 (2005) 501-536
6. Breil FA et al.: Block trainingperiodization in alpine skiing effects of 11-day HIT on VO₂max and performance. Eur J Appl Physiol 109 (2010) 1077-1086
7. Impellizzeri FM et al.: Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. Int J Sports Med 27 (2006) 483-492
8. Stöggl T et al.: Hochintensives Intervall-(HIT) und Schnelligkeitstraining im Fußball. Leistungssport (2010) 43-49
9. Chamari K et al.: Endurance training and testing with the ball in young elite soccer players. Br J Sports Med 39 (2005) 24-28
10. Ferrari Bravo D et al.: Sprint vs. interval training in football. Int J Sports Med 29 (2008) 668-674
11. Helgerud J et al.: Aerobic endurance training improves soccer performance. Med Sci Sports Exerc 33 (2001) 1925-1931
12. Helgerud J et al.: Strength and endurance in elite football players. Int J Sports med 32 (2001) 677-682
13. McMillan K et al.: Physiological adaptation to soccer specific endurance training in professional youth soccer players. Br J Sports Med 39 (2005) 273-277
14. Helgerud J et al.: Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. Med Sci Sports Exerc 39 (2007) 665-671
15. Zafeiridis A et al.: The effects of heavy continuous versus long and short intermittent aerobic exercise protocols on oxygen consumption, heart rate and lactate responses in adolescents. Eur J Appl Physiol 110 (2010) 17-26

16. Finn CH: Effects of High-Intensity Intermittent Training on Maximum Oxygen Uptake and Endurance Performance. *Sportscience* 5 (1) (2001)
17. Kraus K: Die Erholungsfähigkeit trainieren, das Spiel entscheiden. *Fussballtraining* 6+7 (2013)
18. Hunt TK et al.: Aerobically derived lactate stimulates revascularization and tissue repair via redox mechanisms. *Antioxid Redox Signal* 9 (2007) 1115-1121
19. Wahl P et al.: High intensity training (HIT) for the improvement of endurance capacity of recreationally active people and in prevention & rehabilitation. *Wien Med Wochenschr* 160 (2010) 627-636
20. Philp A et al.: Lactate – a signal coordinating cell and systemic function. *J Exp Biol* 208 (2005) 4561-4575
21. MacDougall JD et al.: Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. *Journ. of Appl. Physiol.*, 84 (1998)
22. Tabata I et al.: Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO₂max. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28 (1997) 1327-1330
23. Lindsay FH et al.: Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28 (1996) 1427-1434
24. Stepto NK et al.: Effects of different intervaltraining programs on cycling time-trialperformance. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 31 (1999) 735-741
25. Rodas G et al.: A short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. *European Journ. of Applied Physiology*, 82 (2000) 480-486
26. Acevedo EO, Goldfarb AH: Increased training intensity effects on plasma lactate, ventilatory threshold and endurance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21 (1989) 563-568
27. Hawley JA et al.: Training techniques to improve fatigue resistance and enhance endurance performance. *Journal of Sports Sciences*, 15 (1997) 325-333
28. Gaskill SE et al.: Responses to training in cross-country skiers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31 (1999) 1211-1217
29. Wisloff U et al.: Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients. A randomized study. *Circulation*, 115 (2007) 3086-3094

Themen- und studienbezogene Literatur

30. Reindell H, Roskamm H: Ein Beitrag zu den physiologischen Grundlagen des Intervalltrainings unter besonderer Berücksichtigung des Kreislaufs. Schweiz Zschr Sportmed, 7 (1959) 1-8
31. Sperlich B et al.: Ausdauertraining – Dauermethode versus intensive Intervallmethode im Fußball. Dtsch Zschr Sportmed, 64,1 (2013) 10-17
32. Wahl P et al.: High Intensity Training (HIT) für die Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit von Normalpersonen und im Präventions- & Rehabilitationsbereich. Wien Med Wochenschr, 160 (2010) 627-636
33. Currie KD et al.: Low-volume, high-intensity interval training in patients with CAD. Med Sci Sports Exerc, 45 (2013) 1436-1442
34. Moholdt T et al.: Home-based aerobic interval training improves peak oxygen uptake equal to residential cardiac rehabilitation: a randomized controlled trial. PLoS One, 7 (2012)
35. Hawley JA: Specificity of training adaptation: time for a rethink?. Journ Physiol, 586 (2008) 1-2
36. Brings J: Dank HIT in Überzahl? Fussballtraining 6+7 (2010) 32-39
37. Rampinini E: High Intensity Training and Performance, 4 (2009); Intern. Journal of Sports Physiol. and Performance, 4 (2009)
38. Wahl P., Bloch W., Mester J.: Moderne Betrachtungsweisen des Laktats: Laktat ein überschätztes und zugleich unterschätztes Molekül. In: Schweizerische Zeitschrift für „Sportmedizin und Sporttraumatologie“ 57 (3), 2009, 100-107
39. Scharhag-Rosenberger F, Schommer K: Die Spiroergometrie in der Sportmedizin. Deut. Zschr. für Sportmed. 12 (2013) 362-366
40. Röcker K: Die sportmedizinische Laktatdiagnostik: Technische Rahmenbedingungen und Einsatzbereiche. Deut. Zschr. für Sportmed. 12 (2013) 367-371
41. Bangsbo J, Iaia FM, Krstrup P: The yo-yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. In: Sports Med. 38 (1) 2008, 37-51

42. **Iaia F et al.:** Reduced volume but increased training intensity elevates muscle Na⁺-K⁺ pump alpha1-subunit and NHE1 expression as well as short-term work capacity in humans. *Am. J. Physiol. Regul Integr. Comp Physiol.* 294 (3) 2008, 966-974
43. **Hill-Haas S et al:** Generic versus small-sided game training in soccer. *Int. J. Sports Med.* 2009; in press
44. **Ross A, Leveritt M:** Long-term metabolic and skeletal muscle adaptations to short-sprint training: implications for sprint training and tapering. *Sports Med.* 31 (15) , 2001,1063-1082
45. **Iaia F et al.:** Four weeks of speed endurance training reduces energy expenditure during exercise and maintains muscle oxidative capacity despite a reduction in training volume. *J. Appl. Physiol.* 106 (1), 2009, 73-80
46. **Sporis G et al.:** The anaerobic endurance of elite soccer players improved after a high-intensity training intervention in the 8-week conditioning program. *J. Strength Con. Res.* 22 (2) 2008, 559-566
47. **Leger L et al:** The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J. Sports Science* 6, 1988, 93-101
48. **Boreham et al.:** A comparison of the PWC 170 and 20m multistage fitness test of aerobic fitness in adolescent schoolchildren. *J. Sports Science* 6, 1988
49. **Leger L, Lambert J:** A multistage 20m shuttle run test to predict the VO₂max. *European Journ. of appl. Physiol.*,49, 1982, 1-12
50. **Krustrup P et al.:** The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability and validity. *Med. Sci. Sports Exerc.* 35 (4) 2003, 697-705
51. **Jensen L et al.:** Effect of high intensity training on capillarization and presence of angiogenic factors in human skeletal muscle. *J. Physiol.* 557(Pt 2), 2004, 571-582
52. **Krustrup P et al.:** The yo-yo IR2 test: physiological response, reliability and application to elite soccer. *Med. Sci. Sports Exerc.* 38(9), 2006,1666-1673

53. Rampinini E et al.: Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *Int. J. Sports Med.* 28(3), 2007, 228-235
54. Impellizzeri F et al.: Validity of a repeated –sprint test for football. *Int. J. Sports Med.* 29(11), 2008, 899-905
55. Dupont G et al.: The effect of in-season, high-intensity interval training in soccer players. *J. Strength. Cond. Res.* 18(3), 2004. 584-589
56. Jensen J et al.: Effect on additional in-season aerobic high-intensity drills on physical fitness of elite football players. *J. Sports Science Med.* 6(10), 2007, 79
57. Meyer T et al.: Sportmedizin im Fußball. Verlag Meyer & Meyer, Aachen 2014
58. Slettalokken G, Ronnestad B R: High intensity interval training every second week maintains VO₂max in soccer players during off-season. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 20.Febr. 2014
59. Mertin Ansgar: Hochintensitätstraining HIIT-Raus aus dem Wohlfühlbereich. In Spiegel Online, 04.04.2014
60. Thompson P J: New Interval Training. 2010 (Internet)
61. Pottgießer T, Bode C, Röcker K: Leistungsbegrenzung und Trainingstherapie bei chronischer Herzinsuffizienz. *Deutsche Zschr. für Sportmedizin* 4, 2014, 85-92
62. Föhrenbach, Frick, Göbel, Nagel, Stutz, Böhmer, Schmidtbleicher: Der Einfluss eines dosierten Ausdauer- bzw. Schnelligkeitsausdauertrainings auf die oxidative Kapazität, Schnelligkeit und Sprungkraft von Fußballspielern. Universität Frankfurt/Main, 1991
63. Wienecke, Brettschneider, Diekmann, Zimmermann: Wirkungsvergleich Kontinuierliche Dauermethode vs. Variable Dauermethode mit Schwerpunkt Schnelligkeit (Fahrtspiel). Deutsche Sporthochschule Köln, 1998
64. Ferrauti, Pluim, Broekhof, Schmidt, Walker, Jakobs: Einfluss Extensive Dauermethode vs. Fahrtspiel auf die Ausdauerleistung in Sportspielen. Deutsche Sporthochschule Köln, Universität Bochum, Niederländischer Tennisverband, 2003
65. Gahlul S.A., Hofmann P.: Sprint-Intervalltraining bei jugendlichen Fussballern. *Leistungssport* 2, 2015 , 31-35

66. Thorstensson A. et al.: Enzyme activities and muscle strength after sprint training in man. *Acta Physiol. Scand*, 94 (3), 1975
67. Sperlich B. et al.: Vergleich von intensivem Intervalltraining vs. umfangsbetontem Ausdauertraining in der Vorbereitungsphase im U14-Fußball. *Sportmed. Sporttraumatol.* 58 (4), 2010, 120-124
68. Franke J.: Ausdauertraining in ausgewählten Sportarten – extensives Dauerlauftraining versus intensives Intervalltraining in der Saisonvorbereitung. Fakultät für Sportwissenschaft der Ruhr-Universität Bochum, 2011
69. Kappenstein J., Ferrauti A.: Intervallsprinttraining verbessert die aerobe Ausdauer im Grundschulalter. *Deutsche Zschr. für Sportmedizin* 66 (5), 2015, 128-133
70. Ronnestad B.R. et al.: HIT maintains performance during the transition period and improves next season performance in well-trained cyclists. *Eur. J. Appl. Physiol.* 114 (9), 2014, 1831-1839
71. Hordener L.: Die Ausdauer gemäß den Spielanforderungen trainieren. *Fussballtraining* 6+7, 2017
72. Rakobowchuk M. et al.: Sprint interval and traditional endurance training induce similar improvements in peripheral arterial stiffness and flow-mediated dilation in healthy humans. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 295 (1), 2008, 236-242
73. Zimek R. et al.: Intervallsprint-Training: effektiver als das High Intensity Training in den Sportspielen? *Leistungssport* 5, 2011
74. Mohr M. et al.: Effect of two different intense training regimens on skeletal muscle ion transport proteins and fatigue development. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 292 (4), 1594-1602
75. Körner Ph.: Ein riesiger HIT? Teil 2 – Hochintensives Training zur Ausdauerschulung. *Leichtathletiktraining*, 1 (2018) 28-32
76. Nebel R., Bjarnason-Behrens B.: Hochintensives Intervalltraining bei Patienten mit KHK und erhaltener ventrikulärer Pumpfunktion
77. Bangsbo J.: The physiology of soccer—with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand Suppl* 619 (1994) 1-155
78. Buchheit M. et al.: Game-based training in young elite handball players. *Int. J Sports Med* 30 (2009) 251-258
79. Costill DL. et al.: Effects of repeated days of intensified training on muscle glycogen and swimming performance. *Med Sci Sports Exerc* 20 (1988) 249-254
80. Costill DL. et al.: Adaptations to swimming training: influence of training volume. *Med Sci Sports Exerc* 23 (1991) 371-377
81. Edge J. et al.: Effects of high- and moderate-intensity training on metabolism and repeated sprints. *Med Sci Sports Exerc* 37 (2005) 1975-1982

82. Gibala MJ. et al.: Short-term sprint interval versus traditional endurance training similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol* 575 (2006) 901-911
83. Guiraud T. et al.: High-intensity interval training in cardiac rehabilitation. *Sports Med* 42 (2012) 587-605
84. Gunnarsson TP. et al.: Effect of additional speed endurance training on performance and muscle adaptation. *Med Sci Sports Exerc* 44 (2012) 1942-1948
85. Hoff J., Helgerud J.: Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Med* 34 (2004) 165-180
86. Laursen PB., Jenkins DG.: The scientific basis for high-intensity interval training optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med* 32 (2002) 53-73
87. Londeree BR.: Effect of training on lactate/ventilatory thresholds: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc* 29 (1997) 837- 843
88. Serpiello FR. et al.: Repeated sprints alter signalling related to mitochondrial biogenesis in humans. *Med Sci Sports Exerc* (2011)
89. Shepley B. et al.: Physiological effects of tapering in highly trained athletes. *J Appl Physiol* 72 (1992) 706-711
90. Weineck J.: Optimales Fußballtraining: das Konditionstraining des Fußballspielers. Spitta-Verlag, Balingen, 2004
91. Meßler C.F. et al.: Multimodal Therapy Involving High-Intensity Interval Training Improves the Physical Fitness, Motor Skills, Social Behavior, and Quality of Live of Boys With ADHD: A Randomized Controlled Study. *J. Atten Disord.* 22, (2018) 806-812
92. Hebestreit H. et al.: Recovery of muscle power after high-intensity short-term exercise: comparing boys and men. *Journal Applied Physiology* 74 (1993) 2875-2880
93. Baquet G. et al.: Active Versus Passive Recovery in High-Intensity Intermittent Exercises in Children: An Exploratory Study. *Pediatr. Exerc. Sci.* 31 (2019) 248-253
94. Engel F.A., Sperlich B.: (Hoch-)Intensives Intervalltraining mit Kindern und Jugendlichen im Nachwuchsleistungssport. *Wien Med. Wochenschr.* 164 (2014) 228-238
95. Liou K. et al.: High Intensity Interval versus Moderate Intensity Continuous Training in Patients with Coronary Artery Disease: A Meta-analysis of Physiological and Clinical Parameters . *Heart Lung Circ.* 25 (2016) 166-174
96. Hutterer Chr.: HIIT in Kindersport und Therapie. *Deutsche Zschr. für Sportmed.* 9 (2019)
97. Fransson D. et al.: Skeletal muscle and performance adaptation to high-intensity training in elite male soccer players: speed endurance runs versus small-sided game training. *European Journal of Applied Physiology*, 2018, 111-121



98. **Klauke J.:** Hochintensives Intervalltraining (HIIT) im Fußball – Effekte anaerober und aerober Varianten. Deutsche Zschr. für Sportmedizin 71, 11-12 / 2020, D10-D11
99. **Ade JD. et al.:** Physiological response, time-motion characteristics and reproducibility of various speed-endurance drills in elite youth soccer players:small-sided games versus generic running. Intern. Journal Sports Physiol. Perform. 2014, 9: 471-479