



universität
wien

MAGISTERARBEIT

Titel der Magisterarbeit

„AEROBE UND ANAEROBE AUSDAUER“

EMPIRISCHE STUDIE MIT VERGLEICHEN DER AEROBEN UND
ANAEROBEN SCHWELLE BEIM
FELDSTUFENTEST BZW. SHUTTLE-RUN

Verfasserin/ Verfasser

Bakk. Manfred Winkler

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaft (Mag. rer. nat.)

Wien, Mai 2009

Studienkennzahl lt. Studienbuchblatt: A066/ 826

Studienrichtung lt. Studienbuchblatt: Magisterstudium Sportwissenschaft

Betreuer: Ao. Univ.-Prof. Dr. Gerhard Smekal

Kurzfassung

Fußball zählt trotz der Vielzahl an Sportarten, dem permanenten Zuwachs an neuen Bewegungsprogrammen und nicht zuletzt immer stärker werdenden Fitnesstrends nach wie vor zu den populärsten Sportarten der Welt. Wenn davon ausgegangen werden kann, dass so viele Menschen der Sportart Fußball regelmäßig nachgehen, dann ist das Verhältnis zu wissenschaftlichen Publikationen im physiologischen und diagnostischen Bereich vergleichsweise gering.

Diese Arbeit gibt, basierend auf der Grundlagenstudie der aktuellen internationalen Literatur, einen einschneidenden Einblick in das Belastungs- und Beanspruchungsprofil eines österreichischen Nachwuchsfußballspielers der *Frank-Stronach-Fußballakademie* in Hollabrunn wieder. Über einleitendes Basiswissen zum Thema „Ausdauer“ führen weitere Erläuterungen zum Thema „Energiebereitstellungssysteme“. Im weiteren Verlauf der Arbeit bekommen Sie Einblicke in die physiologischen Parameter der Trainingsplanerstellung und verschiedene Testmöglichkeiten für die Sportart Fußball.

Im Anschluss daran finden Sie zwei internationale wissenschaftliche Studien, die einen Vergleich mit der FSA – Statistikauswertung, welche am Ende dieser Arbeit angehängt ist, verständlicher machen sollen. Signifikante Zusammenhänge bzw. Unterschiede zwischen den Ergebnissen eines Feldstufentests und einem Shuttle-Run werden mit Hilfe eines Statistikprogramms durchgeführt.

Abstract

Even though there is a significant increase in fitness trends and new state of the art exercise programmes, soccer is still considered the most popular sport in the world. If you further consider the high number of people, who are practicing soccer on a regular basis, the scientific publications that deliver insight into the related physiological and diagnostic areas are rather rare.

This paper is based on the study of current international literature and a detailed presentation of my study and generation of a personal physical exposure profile and strain testing of a young Austrian soccer talent at the Frank-Stronach-Soccer-Academy in Hollabrunn. The study covers basic knowledge about physical endurance and hence recesses on the topic energy supply systems. In the second half of this essay you receive views on the physiological parameters of a designed training schedule as well as different test options for soccer.

In addition to that, two international scientific studies are attached to this paper to help making the comparison with the FSA - statistics evaluation more understandable. Significant connections and/or differences between the results of a “field stage test” and a “shuttle run” are shown by a detailed statistic overview.

I. Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eidesstatt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne Benützung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe.

Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

Wien, im Mai 2009

Winkler Manfred

II. Dankesworte

Ich möchte mich auf diesem Wege ganz herzlich bei meinen Eltern bedanken, die mir im Laufe meiner Studienjahre in keiner Weise Druck gemacht haben. Sie standen bei allen wichtigen Entscheidungen hinter mir und haben mich ständig motiviert mein Ziel konsequent zu verfolgen.

Ein herzlicher Dank gebührt auch meinen Großeltern, die mir während dieser Zeit unaufhörlichen Halt in meinem Leben gaben. Speziell meinem Opa möchte ich besonderen Dank übermitteln, denn der hat sich immer wieder nach dem „Status quo“ erkundigt und sich mit seiner humorvollen Art und Weise nach der Dauer meines Abschlusses informiert. Nun ist es soweit.

Meiner Freundin Christina Wiesnagrotzki ist es zu verdanken, dass die Zeit der Fertigstellung meiner Diplomarbeit endlich ein Ende gefunden hat. Durch ihre nötige Motivation und Stärke hat sie einen großen Teil dazu beigetragen, mein Ziel nicht aus den Augen zu lassen.

Viele sehr nette Menschen habe ich während meines Studiums in Wien kennen gelernt, einige haben aufgrund ihres freundlichen Wesens meine Studienjahre geprägt. Ihr dürft euch hierbei angesprochen fühlen.

An dieser Stelle möchte ich mich auch ganz herzlich für die tolle Betreuung meiner Diplomarbeit bei Herrn Ao. Univ.-Prof. Dr. Gerhard Smekal bedanken. Er hatte für mich und meine Recherchen zu jeder Zeit ein offenes Ohr und hat mich stets mit Rat und Tat unterstützt.

III. Vorwort

Im Nachhinein könnte ich sagen, der Sport war mir von klein auf sympathisch. Seit meiner Jugend war ich immer ein Teamsportler. Ich fing an, meine ersten Erfahrungen im Sport durch Basketball und Eishockey zu sammeln. Mit zehn Jahren begann ich regelmäßig meine Fußballschuhe für den SV Feldkirchen zu schnüren, vier Jahre später war ich Kapitän der U14 Mannschaft, und mit sechzehn Jahren durfte ich einige Einsätze in der U19 Mannschaft bestreiten. Der Fußball war stets ein wichtiger Teil in meinem Leben. Die jahrelange Erfahrung als Fußballspieler war ein ganz bedeutender Grund, meine Diplomarbeit über die konditionellen Fähigkeiten im Fußballsport zu schreiben. Ausschlaggebend für die Fokussierung meiner Arbeit war zweifelsohne auch mein Berufspraktikum während meines Bakkalaureatstudiums, das ich an der Frank-Stronach-Fußballakademie (FSA) in Hollabrunn absolvieren durfte.

Die Sportart Fußball verbindet nicht nur Menschen mit gleichen Interessen, sondern sie zählt trotz der Vielzahl an Sportarten, dem permanenten Zuwachs an neuen Bewegungsprogrammen und nicht zuletzt immer stärker werdenden Fitnesstrends nach wie vor zu den populärsten Sportarten der Welt. Ein paar Fakten gefällig: Bei 208 Mitgliedsstaaten, sind über 40 Millionen Spieler in Vereinen aktiv tätig und bei über 200 Millionen spielenden Menschen zählt Fußball zum regelmäßigen Hobby. Damit zählt die FIFA (Federation International de Football Association) gegenwärtig zu den größten Verbänden der Welt. (www.diepresse.com; Zugriff am: 29.06.2008).

Wenn davon ausgegangen werden kann, dass so viele Menschen dieser Sportart regelmäßig nachgehen, dann ist laut Tschan H. et al (2001, 1, S. 7) das Verhältnis zu wissenschaftlichen Publikationen im physiologischen und diagnostischen Bereich vergleichsweise gering. Um dieser Statistik einen Wendepunkt zu verschaffen, war es mein Ziel, die FSA etwas genauer unter die Lupe zu nehmen. Mit der Unterschätzung von Dr. Gerhard Smekal und der Zustimmung aus Hollabrunn stand meiner Diplomarbeit nichts mehr im Wege. Das Thema für die Arbeit wurde in einigen Sitzungen besprochen und mit der Ausdauerleistungsfähigkeit im Fußballsport festgelegt.

IV. Einleitung

Diese vorliegende Arbeit, basierend auf der Grundlage der aktuellen internationalen Literatur, soll einen einschneidenden Einblick in das Belastungs- und Beanspruchungsprofil eines österreichischen Nachwuchsfußballspielers anhand der Frank-Stronach-Fußballakademie in Hollabrunn wiedergeben.

Die Hypothese dieser Arbeit wird determiniert, ob signifikante Zusammenhänge bzw. Unterschiede zwischen den Ergebnissen des Feldstufentests und dem Shuttle-Run herrschen. Um diese beiden Ausdauertests miteinander zu vergleichen wurde das Statistikprogramm (SPSS) zur Hilfe genommen.

Rekordzahlen bei der Weltmeisterschaft 2006 in Deutschland bestätigen, dass der Fußballsport populärer ist denn je. Es besuchten 3.360.000 Zuschauer die 64 WM-Spiele, was einen Durchschnittswert von 52.500 Besucher pro Spiel bedeutet. Darüber hinaus wurden die WM-Spiele von knapp 27 Milliarden Menschen vor den TV-Geräten verfolgt. Fußball hat den Beliebtheitsgrad seit der ersten Weltmeisterschaft 1930 in Uruguay, an der nur dreizehn Teams teilnahmen, stets gesteigert. (www.fifa.com, Zugriff am: 15.07.2008).

Diese enorme Popularität an der Sportart Fußball zeigt uns, welch hohen Stellenwert der Sport in der Gesellschaft innehat. Ritscher (2003) deutet darauf hin, dass sowohl der gesellschaftliche, als auch der wirtschaftliche und tourismusbezogene Aspekt an der weltweit drittgrößten Sportveranstaltung bei der Europameisterschaft 2008 im eigenen Land nicht außer Acht gelassen werden darf. Für mich als Sportwissenschaftler steht jedoch die physiologische und medizinische Betrachtungsweise bei der Ausübung an dieser Sportart im Vordergrund.

Meine zuvor angesprochene Laufbahn als Fußballspieler war ein Punkt, der mich schon in meinen Kindheits- und Jugendtagen mit großen Augen in die internationale Fußballszene blicken hat lassen. Diese einzelnen Gründe waren mitentscheidend dafür, dass ich dieses Diplomarbeitsthema gewählt habe und mich mit intensiven Recherchen in die Thematik vertieft habe.

Die erst kürzlich in Österreich und der Schweiz stattgefundene Fußballeuropameisterschaft, war ebenfalls ein magnetischer Anziehungspunkt, der mich noch einschneidender in diese Materie involviert hat.

Um die Spitzenleistungen in dieser Sportart ständig abrufen zu können, bedarf es heutzutage einer permanent steigenden körperlichen Fitness, welche aber nur mit einer fundierten wissenschaftlichen Trainings- und Wettkampfsteuerung erreicht werden kann. Ein fußballspezifisches Belastungs- und Beanspruchungsprofil ist bei Trainingsbeginn unumgänglich, bevor mit konditionellen, koordinativen, kognitiv-taktischen und psychischen Fähigkeitstraining in der Praxis begonnen werden kann. Um genau dieses komplexe Anforderungsprofil auf multidisziplinärer Ebene zusammenfassen zu können, wird ein unabdingliches Zusammenarbeiten zwischen Spezialisten aus sportwissenschaftlichen und sportmedizinischen Bereichen benötigt.

Diese interdisziplinäre Kooperation zwischen Sportwissenschaftler, Mediziner, Jugendfußballtrainer, Pädagogen und Psychologen findet in der FSA eine optimale Mischung. Die Erstellung von Trainingsplänen, Durchführung von sportmedizinischen Tests und die erfolgreiche Schulbildung der talentierten Fußballer, gehören in Hollabrunn zum üblichen Tagesablauf. Damit sie sich vorstellen können, auf welchem Niveau die FSA in Hollabrunn navigiert wird, werde ich in Kapitel 1 den Grundgedanken der Akademie näher erläutern. Im weiteren Verlauf der Arbeit bekommen sie Einblicke in die physiologischen Parameter der Trainingsplanerstellung und verschiedene Testmöglichkeiten für die Sportart Fußball. Im Anschluss daran wurden von mir zwei internationale wissenschaftliche Studien angehängt, die einen Vergleich mit der FSA – Statistikauswertung, die sich am Ende dieser Arbeit befindet, verständlicher machen.

INHALTSVERZEICHNIS

I.	Eidesstattliche Erklärung	1
II.	Dankesworte	2
III.	Vorwort	3
IV.	Einleitung	4
1.	Frank Stronach Fußball – Nachwuchsakademie (FSA)	8
2.	Sportbiologische Grundlagen im Kindes- und Jugendalter	11
2.1.	Aktueller Erkenntnisstand	12
3.	Ausdauer, Definition und Begriffserklärung	14
3.1.	Gliederung der Ausdauer	15
3.1.1.	Ausdauer nach Art der beanspruchten Muskulatur	16
4.	Ernährung	
4.1.	Kohlehydrate	18
4.2.	Fette	19
5.	Energiebereitstellungssysteme	20
5.1.	Ausdauer nach Art der Energiebereitstellung	21
5.1.1.	Aerobe Energiebereitstellung	22
5.1.2.	Intensive aerobe Energiebereitstellung	22
5.1.3.	Extensive aerobe Energiebereitstellung	24
5.1.4.	Anaerobe Energiebereitstellung	24
5.1.5.	Alaktazide anaerobe Energiebereitstellung	25
5.1.6.	Laktazide anaerobe Energiebereitstellung	26
5.1.7.	Zusammenfassung Energiebereitstellungssysteme	27
6.	Laktat - Definition und Einführung	29
6.1.	3-Phasen-Konzept der Energiebereitstellung	31
6.2.	Methoden zur Bestimmung der aeroben/anaeroben Schwelle	34
6.2.1.	Metabolische Bestimmung des Laktates	34
6.2.2.	Ventilatorische Bestimmung des Laktates	35
6.3.	Laktat – steady – state (LSS)	38
6.4.	Maximales – Laktat – steady – state (MLSS)	38

7. Ausdauertests und -kontrollformen der Leistungsdiagnostik	39
8. Methoden der Belastungsuntersuchungen	41
8.1. Sportmotorische Leistungstests	41
8.1.1. Feldtests	41
8.1.2. Labortests	43
9. Allgemeine Ausdauertestformen	46
9.1. Conconi – Test	46
9.2. Cooper – Test	50
9.3. Fußballspezifische Ausdauertests	52
9.3.1. Shuttle – Run	52
9.3.2. Hoff – Test (Endurance Training)	55
9.3.3. Bangsbo – Test (Field and Laboratory testing)	64
10. Pubmed Literaturrecherche	
10a) Lactate threshold	75
10b) Soccer specific aerobic endurance training	86
11. Statistische Auswertung über die FSA	95
11.1. Aerobe Messung	96
11.2. Anaerobe Messung	100
11.3. Zusammenhänge zwischen aerober und anaerober Messung	104
11.4. Leistungsunterschiede nach Jahrgängen aerob/anaerob	105
11.5. Unterschiede zwischen den Schwellen	118
11.6. Zusammenfassung der Statistikauswertung	122
12. Literaturverzeichnis	125
13. Lebenslauf	134

1. Frank Stronach Fußball – Nachwuchsakademie (FSA)

In Hollabrunn, eine kleine Stadt in Niederösterreich, werden an der Frank Stronach Fußballakademie pro Jahrgang ca. 25 Kinder im Alter von 14 Jahren aufgenommen. Der Grundgedanke der Schule mit Internatcharakter liegt darin, mit hoher Qualität die sportliche, schulische und persönliche Ausbildung der talentierten Jugendlichen mit optimalen Rahmenbedingungen zu fördern. Großer Wert wird dabei auf ein homogenes Mitarbeiterteam gelegt, das dazu beitragen soll, die Persönlichkeitsentwicklung und Leistungssteigerung im österreichischen Fußball zu fördern. Die Ziele an der FSA werden folgendermaßen definiert:

1. Individuell ausgebildete Profifußballer, die (inter)national erfolgreich sind.
2. Sportler, die sich auf- und außerhalb des Fußballfeldes team- und gesellschaftsfähig verhalten.
3. Zufriedene, selbstbewusste Absolventen mit bestmöglicher schulischer und sportlicher Existenzgrundlage.

(Zugriff am 29. Mai 2008 auf <http://www.fsa-hollabrunn.at/public/index>).

Damit diese Ziele erreicht werden können, wird seit dem Jahr 2000 ein professionelles Scouting- und Sichtungssystem (TDS) angewendet, um den talentiertesten Nachwuchsfußballspielern des Landes eine optimale Vernetzung von Sport und Schule zu bieten. Den Ausbildungsinhalten an der FSA liegen Sozialkompetenz, Zukunftsorientierung, Offenheit und Weitblick zu Grunde. Für die individuelle Entwicklungssteuerung dienen Erkenntnisse aus den vielen internationalen Vergleichen und der modernen Sportwissenschaft.

Diese großartige Ausbildung wird jedem Nachwuchsfußballer ermöglicht, der das nötige Talent und die Einsatzbereitschaft mitbringt. Der finanzielle Aspekt steht hierbei nicht im Vordergrund, denn der Schulbesuch an der Akademie, einschließlich Unterkunft und Verpflegung ist im Internat für alle Spieler kostenlos. Der Sponsor für die Finanzierung dieses Projektes ist niemand geringerer als Multimilliardär Frank Stronach höchstpersönlich.

An der FSA gibt es insgesamt drei Jahrgänge, die U15, die U17 und die U19 Mannschaft. Diese Teams nehmen als AKA – Mannschaft des FK Austria Magna am laufenden Meisterschaftsbetrieb teil. Alle Spieler sind bei FK Austria Magna und beim ÖFB gemeldet. Weiteres werden mindestens drei internationale Turniere pro Jahr bestritten. Als Beispiel ist in Tabelle 1 ein kurzer Überblick über den außernatürlichen Wettkampfkalender der U15 Mannschaft:

Tabelle 1: U15 Turnierkalender Sommer/Herbst 2007. (www.fsa-hollabrunn.at).

Name	Datum	Ende	Ort	Mannschaften
Nike Cup	01.05.	01.05.	Kapfenberg (Stmk)	
Nike Cup Europafinale	17.05.	20.05.	Lisse (Holland)	FC Basel, Besiktas Istanbul, Slavia Prag, Sparta Rotterdam, Boavista Porto, FC Utrecht, Valerenga, FC Marburg, Beitar Jerusalem, BK Odense, FC Nitra
Nike Cup Weltfinale	19.07.	28.07.	Kuala Lumpur	bei Qualifikation
Ratingen	10.08.	12.08.	Ratingen (D)	Borussia Dortmund, PSV Eindhoven, Hajduk Split, Getafe, MSV Duisburg
Bremen	14.09.	16.09.	Bremen (D)	Hamburger SV Borussia Dortmund FC Bayern München Brondby Kopenhagen Bayer 04 Leverkusen Werder Bremen
Traun	02.12.	02.12.	Traun (OÖ)	
Friedrichshafen	07.12.	09.12.	Friedrichshafen (D)	

Jeder, der sich mit der Sportart Fußball näher beschäftigt, kann an Tabelle 1 erkennen, dass der Terminplan mit Meisterschaft, diversen Cups und nationalen bzw. internationalen Turnieren relativ ausgefüllt ist. Für die richtige Mischung von Belastung und Erholung sorgen mehrere hoch qualifizierte Trainer, die allerhand verschiedene Trainerprüfungen absolviert und größtenteils ebenfalls eine Profikarriere durchlaufen haben. Trainingsplanerstellung, sportmotorische Tests und Rehabilitationstrainingseinheiten fielen bis dato (Juni 2008) in den Aufgabenbereich von Dr. Martin Mayer, der die Akademie von Beginn an als Sportwissenschaftler geleitet hat. Eine sportmedizinische Betreuung wird vom ÖISM (Österreichisches Institut für Sportmedizin) und dem Vereinsarzt der Kampfmannschaft von FK Magna Wr. Neustadt Herrn Dr. Christoph Resinger gewährleistet.

Durch die Zusammenarbeit mit dem Sportinstitut Wien, unter der Leitung von Ao. Univ.-Prof. Dr. Gerhard Smekal, wurde ein spitzensportgerechtes Ernährungskonzept entwickelt, dass den Anforderungen und der leistungsorientierten Sportausbildung von Jugendlichen gerecht wird. Täglich kann auf Buffetbasis mit 2-3 Menüs zugegriffen werden, wobei je nach Trainingsschwerpunkt und Jahreszeit die Ernährung auf adaptierter Mischkost basiert. Weitere Informationen zum Thema Ernährung im Leistungssport siehe Kapitel 4.

2. Sportbiologische Grundlagen im Kindes- und Jugendalter

...körperliches Training, vor allem im Kindes- und Jugendalter ist vorbehaltlos zu befürworten, wenn es alters- und entwicklungsgemäß erfolgt. Weineck (2007, S. 169).

Zu Beginn jedes Schuljahres, werden die Jugendlichen an der FSA einer orthopädischen und internistischen Allgemeinuntersuchung unterzogen. So werden mögliche krankhafte Befunde oder Veränderungen im Bereich des aktiven und passiven Bewegungsapparates (Muskeln, Bänder, Knochen) sowie des kardiopulmonalen Systems (Herzkreislaufsystem), die im Rahmen eines Hochleistungssports eine erhöhte Gefährdung darstellen könnten, weitgehend ausgeschlossen. Diese Untersuchungen werden in regelmäßigen Abständen wiederholt, um eventuelle trainingsbedingte Überlastungsschäden rechtzeitig erkennen zu können oder zu vermeiden. Auch Weineck (2007, S. 169) befürwortet eine regelmäßige Allgemeinuntersuchung und fügt hinzu, dass jedes Leistungstraining freiwillig und entsprechend altersgemäß aufgebaut werden soll.

Für Pokan et al (2004, S. 162) ist das Nachwuchstraining zweigeteilt: Einerseits das Grundagentraining mit einer sportartgerechten Grundausbildung und andererseits in ein Aufbautraining mit einer zunehmenden Spezialisierung in der gewählten Sportart. Das Ziel des Aufbautrainings ist es, die Voraussetzungen für den Übergang zum Hochleistungstraining zu setzen. Gleichermäßen versucht die FSA in Hollabrunn zum Erfolg zu kommen, denn das Aufbautraining von der U15 über die U17 bis zur U19 Mannschaft nimmt mit der Gesamttrainingsstundenanzahl (JNTZ) pro Jahr kontinuierlich zu.

Eine bestimmte sportmotorische Leistung stellt den Ausprägungsgrad einer sportlichen Leistungsfähigkeit dar und wird laut Pokan (2004, S. 155) aufgrund seines komplexen Bedingungsgefüges von einer Vielzahl an spezifischen Faktoren bestimmt. Diese multifaktorielle Zusammensetzung ist sehr komplex zu trainieren und kann nur durch eine harmonische Entwicklung aller leistungsbestimmenden Faktoren zur individuellen Höchstleistung führen. Abbildung 1 zeigt den richtigen Zeitpunkt für die fachgemäßen Trainingsimpulse

im Kindes- und Jugendalter, wobei diese in den Sportarten, aber auch im Geschlecht bzw. bei besonderen Ausnahmen variieren können.

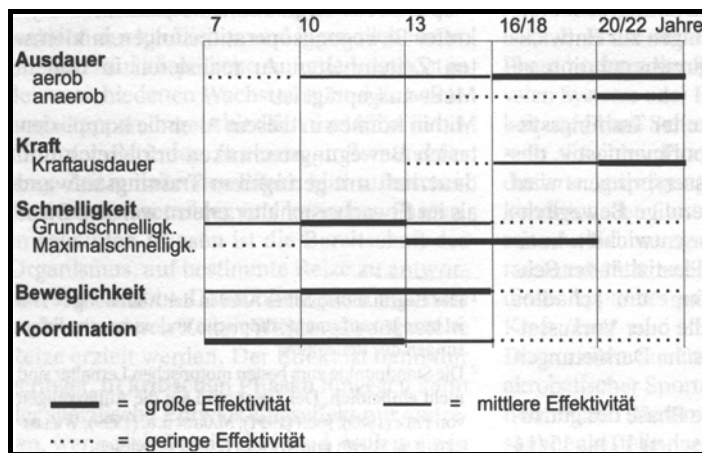


Abbildung 1: Richtiges Training zum richtigen Zeitpunkt. (Eklov, 1992; in Schnabel 2005, S. 374).

2.1. Aktueller Erkenntnisstand

Laut Verheijen (2000) zeichnet sich der Fußball von heute durch viele Aufgaben aus, die die Spieler von ihren Trainern bekommen. Es ist Faktum, dass bei den Spitzenmannschaften an den einzelnen Positionen nach einem taktischen Konzept gespielt wird. In der Vergangenheit wurde in jedem Land eine eigene Fußballkultur entwickelt, mit charakteristischer Auffassung über die Art und Weise, wie Fußball gespielt werden kann. So wird in Brasilien „Samba Fußball“ praktiziert, in England wurde jahrzehntelang der „kick and rush“ betrieben und die Niederländer versuchten mit ihrem „Totalfußball“ zum Erfolg zu kommen. Diese Spielkulturen erforderten ungleiche Laufarbeiten der Spieler. Ein Vergleich zwischen niederländischen und englischen Profis ist in Abbildung 2 ersichtlich.

	Gehen	Traben	Laufen	Sprinten	Summe
Verteidiger					
Niederlande	3,2 km	2,0 km	1,4 km	1,4 km	8,4 km
England	2,2 km	4,6 km	0,6 km	0,1 km	9,0 km
Mittelfeldspieler					
Niederlande	2,6 km	5,2 km	1,8 km	1,1 km	10,9 km
England	2,8 km	7,0 km	0,8 km	0,2 km	12,1 km
Stürmer					
Niederlande	3,4 km	2,0 km	1,6 km	1,8 km	9,8 km
England	3,5 km	4,0 km	1,2 km	0,4 km	10,4 km
	Slidings	Sprünge	Schüsse	Zweikämpfe	Summe
Verteidiger					
Niederlande	9x	15x	24x	34x	82
England	19x	25x	41x	56x	141
Mittelfeldspieler					
Niederlande	6x	11x	37x	56x	110
England	11x	33x	19x	51x	114
Stürmer					
Niederlande	6x	17x	32x	36x	91
England	7x	42x	23x	52x	134

Abbildung 2: Laufarbeit und fußballspezifische Arbeit von niederländischen und englischen Profis. (Verheijen, 2000, S. 28).

Stadler (2007) verweist in seinem Artikel auf den „Österreichischen Weg“ und dessen Talentförderungssystem des ÖFB. Die aktuelle Situation mittels Landesausbildungsstätten für unterschiedliche Altersgruppen sei kein völlig neues Ausbildungssystem, sondern eine Optimierung etablierter Strukturen. Fachmänner, Trainer und Sportwissenschaftler sind sich dabei einig. Der Entwicklungsprozess der sportlichen Form ist von biologischen Anpassungsgesetzmäßigkeiten abhängig und ist bis zum Ende der Talentförderungssysteme noch nicht optimal ausgereift. Der regelmäßige und frühzeitige Einsatz von diesen talentierten jugendlichen Fußballspielern in Kampfmannschaften schmälert die Entwicklung im kreativen Bereich der Formentwicklung und kann später kaum kompensiert werden. Das größte Ziel der Trainerteams in den Bundesländern ist jenes, die Talente aus- und weiterzubilden. Die Trainingsplanung und ihre erzielten Leistungen werden dokumentiert, analysiert und kontrolliert. Das Endziel und vor allem die Aufgabe der regionalen Vereine sind daher, die leistungswilligsten, talentiertesten Spieler zu erfassen und zu fördern. Ausbildungsstätten wie jene von Austria Wien haben neben ihrer Sichtungorganisationen auch nationale und internationale Scouting Abteilungen etabliert, damit sie stets up-to-date über den Stand ihrer Rohdiamanten sind.

Hyballa (2007) beschreibt die Nachwuchsentwicklung in den Niederlanden mit den folgenden Worten: Das Scouting, das Aufspüren von Talenten, formt das Fundament der gesamten Talentförderung. Ein Ausbildungssystem für Scouts, welche Praxiserfahrungen sammeln und vom Verband begleitet werden, sind Eckpfeiler für die gesamte Nachwuchsentwicklung in den Niederlanden. Die Geheimformel des holländischen Fußballs liegt nicht in der Art und Weise einem Kind das Fußballspielen beizubringen, sondern dem „Begleiten“ und nicht Verbieten. In Deutschland wird die Talentförderung durch subjektive Entscheidungen der Trainer beeinflusst, die mit einer intensiven Leistungsdiagnostik den körperlichen Zustand der Spieler beurteilen. Die soziale Kompetenz als entscheidenden Indikator nennt Szyska (2007) in einem Atemzug mit den Stichworten Laufbereitschaft, Disziplin, Kommunikation und Fairplay. Die schulischen Leistungen aber auch eine gewisse Intelligenz der Spieler gehören zu den vielen kleinen Faktoren, die ein zukünftiger Profispieler als Voraussetzung mitbringen sollte.

3. Ausdauer, Definition und Begriffserklärung

Um nur einen kleinen Auszug an der Vielzahl der verschiedenen Definitionen unterschiedlichster Autoren zu erwähnen, hier ein paar Beispiele:

Schnabel et al (2005, S. 166) reiht die Ausdauer zu den konditionellen Fähigkeiten; Widerstandsfähigkeit gegenüber Ermüdung, die bei sportlichen Belastungen ermüdungsbedingte Leistungsverluste mindert.

Für Tomasits et al (2005, S. 19) ist die Definition von Ausdauer kurz aber prägnant, die Fähigkeit der Muskelzelle bei Belastungen verbrauchtes ATP zu resynthetisieren.

Pokan et al (2004, S. 156) definiert unter Ausdauer im Allgemeinen, die psychophysische Ermüdungswiderstandsfähigkeit des Sportlers. Die Ausdauer kann eingeteilt werden in Kurzzeit-, Mittelzeit- und Langzeitausdauer, in aerobe und anaerobe Ausdauer, in Kraftausdauer, Schnelligkeitsausdauer und Schnellkraftausdauer, in allgemeine und spezielle Ausdauer, in lokale und allgemeine Muskelausdauer und in dynamische und statische Ausdauer.

Unter Ausdauer definiert Weineck (2004, S. 23) die allgemeine psychophysische Ermüdungswiderstandsfähigkeit bei längeren Belastungen und die Fähigkeit zur raschen Wiederherstellung nach Belastungen. Die physische Ausdauer beinhaltet dabei die Fähigkeit des Spielers, einem Reiz, der zur Intensitätsverringerung bzw. zum Abbruch einer Belastung auffordert, möglichst lange widerstehen zu können. Die physische Ausdauer stellt die Ermüdungswiderstandsfähigkeit des gesamten Organismus bzw. einzelner Teilsysteme dar.

Zintl (1994, S. 28) versteht unter Ausdauer die Fähigkeit, einer Belastung physisch und psychisch lange widerstehen zu können, deren Intensitätsgrad und Dauer letztendlich zu einer unüberwindbaren Ermüdung führt und/oder sich nach dieser Belastung rasch regenerieren zu können.

Nach Röthig (1992, S. 41) ist Ausdauer die Fähigkeit, eine Belastung ohne Ermüdung über einen möglichst langen Zeitraum auszuhalten, in weiterer Folge die eintretende Ermüdung bei sportlicher Beanspruchung bis hin zur Ausbelastung und in Grenzfällen bis zur Erschöpfung widerstehen zu können.

Im Anschluss an diese sinngemäß ähnlichen Definitionen werde ich nun kurz auf die einzelnen Unterteilungen der Ausdauerarten näher eingehen und diverse fußballspezifisch analysieren.

3.1. Gliederung der Ausdauer

Die Ausdauer lässt sich nach unterschiedlichsten Aspekten betrachten und unterteilen (siehe Abbildung 3). Einige von diesen Unterteilungen werde ich sportspezifisch genauer beleuchten, andere aufgrund ihrer Unnotwendigkeit bei Fußballspielern nicht weiter erwähnen. Weineck (2004, S. 23) unterscheidet nach dem Anteil der beteiligten Muskulatur (siehe Kapitel 3.1.1.), die für einen Fußballspieler von großer Bedeutung ist. Demgegenüber beschreibt Schnabel et al (2005, S. 167ff) die allgemeine und die lokale Ausdauer (Kapitel 3.2.). Er untergliedert weiter unter dem Aspekt der Sportartspezifität, die allgemeine und spezielle Ausdauer, unter dem Gesichtspunkt der muskulären Energiebereitstellung in die aerobe und anaerobe Ausdauer (Kapitel 5.1.) und zu guter letzt in die Arbeitsweise der Muskulatur in dynamische und statische Ausdauer.

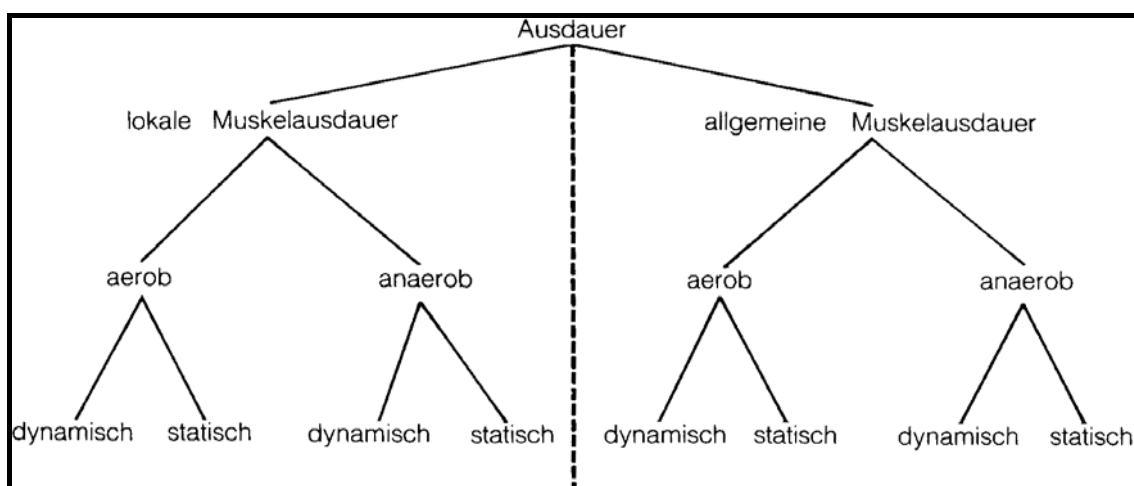


Abbildung 3: Schematische Darstellung der verschiedenen Formen der Ausdauerleistungsfähigkeit (nach Hollmann/Hettinger 1980, S. 304; aus Weineck 2004).

Die Hauptbeanspruchungsformen werden in Kraft-, Schnellkraft-, Sprintkraft- und Schnelligkeitsausdauer untergliedert. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal der Ausdauerformen liegt in der Zeitdauer der Ausübung. Diese wird schließlich in Kurz-, Mittel- und Langzeitausdauer gruppiert.

3.2. Ausdauer nach Art der beanspruchten Muskulatur

Unter den unterschiedlichen Erscheinungsformen und Betrachtungsweisen lässt sich die Ausdauer unter dem Aspekt der beteiligten Muskulatur differenzieren. Hierbei wird nach Weineck (2007, S. 229f) die allgemeine von der lokalen Ausdauer getrennt.

Mehr als ein Siebtel bis ein Sechstel der gesamten Skelettmuskulatur muss betätigt werden, um von allgemeiner (Muskel) – Ausdauer sprechen zu können. Limitierend dafür sind vor allem das Herz-Kreislaufatmungssystem ($\text{VO}_{2\text{max}}$) und die periphere Sauerstoffausnutzung. Schnabel et al (2005, S. 167) hat als Basis aller sportartspezifischen Arten der Ausdauer die Grundlagenausdauer genannt. Auch Dickhut et al (1981, S. 151) erwähnt die auffällig hohe Ausdauerleistungsfähigkeit der Leistungsträger einer Fußballmannschaft. Trotz dieser Erkenntnis ist von Fußballern zwar eine ausreichende Grundlagenausdauer zu fordern, jedoch keine mit einem leichtathletischen Ausdauersportler vergleichbare Ausdauerleistungsfähigkeit. Aufgrund der stark wechselnden Belastungsintensitäten beim Fußball müsste laut Weineck (2004, S. 26f) damit gerechnet werden, dass sich der Muskel an die Belastung des Trainings anpasst und so auf Kosten der Schnelligkeits- und Schnellkrafteigenschaften einhergeht. Die Bedeutung einer guten bzw. ausreichend entwickelten Grundlagenausdauer spielt in verschiedenen Manifestationen in jeder Sportart eine wichtige Rolle.

Vorteile und Bedeutung der Grundlagenausdauer:

- Erhöhung der physischen Leistungsfähigkeit
- Optimierung der Erholungsfähigkeit
- Minimierung von Verletzungen
- Steigerung der psychischen Belastbarkeit
- Konstant hohe Reaktions- und Handlungsschnelligkeit
- Verringerung technischer Fehlleistungen
- Stablere Gesundheit

Eine wissenschaftliche Studie von McMillan et al (2005, 39, S. 273-277) über die physiologische Anpassung von Fußballspielern bei sportartspezifischen Ausdauertraining verifiziert, dass eine $\text{VO}_{2\text{max}}$ über 70 ml/kg/min für die Zukunft als Richtwert anzunehmen ist.

Dieselbe Prognose stellten auch weitere wissenschaftliche Forscher (Helgerud, 2001 & Hoff, 2004) auf, die verschiedene Studien über die Ausdauerleistungsfähigkeit bei Fußballspielern publiziert haben. Um von diesem Thema an die nächsten anknüpfen zu können, ist es vorher wichtig zu wissen, woher die Energie für die einzelnen Belastungsintensitäten kommt und wie lange von ihren Ressourcen gezerzt werden kann. Die Grundlagenausdauer wird in einer Belastungshöhe praktiziert, in der hauptsächlich Fettdepots als Energielieferanten herangezogen werden. Die Intensität ist verhältnismäßig niedrig und die Dauer der Durchführungsmöglichkeit dafür umso höher. Bei regelmäßigem Ausdauertraining wird die richtige Ernährung vorausgesetzt, denn durch die ständige Depotentleerung beim Sporttreiben, kommt es im Anschluss zur Wiederauffüllung und gleichzeitiger Vermehrung der Energiespeicher. Die fachgemäße Ernährung der angehenden Spitzensportler ist somit unersetzbar und nimmt eine bedeutende Stelle ein. Bei Fußballern ist eine Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit über die Vermehrung der zellulären Energiespeicher klar zu erkennen. Howald (1989, 23) erkannte eine Verbesserung der mitochondrialen Kapazität innerhalb einer sechswöchigen aeroben Trainingsstudie.

Die fachgemäße Ernährung der Spieler ist wie zuvor angesprochen ebenfalls als entscheidender Faktor anzusehen, der den gewissen Unterschied ausmachen kann. Auf Training und Wettkampf abgestimmt Ernährung wird bei der FSA großer Wert gelegt. Welchen wichtigen Teil die einzelnen Nährstoffe mit sich bringen, wird im folgenden Kapitel fußballspezifisch genauer beleuchtet.

4. Ernährung

Über die Nahrung werden laufend die wichtigsten Energielieferanten für die Muskelzelle aufgenommen. Weineck (2007, S. 151) führt genauere Angaben über die Energieträger für den Muskelstoffwechsel an:

1. *Kohlehydrate* (decken normalerweise etwa zwei Drittel des Energiebedarfs)
2. *Fette* (ein Drittel)
3. *Eiweiße* (Proteine werden an dieser Stelle vernachlässigt, für den Energiestoffwechsel kaum von Bedeutung)

Um im Leistungssport eine intensive Leistung von 90–120 Minuten zu ermöglichen, können sich die Glykogenspeicher durch Ausdauertraining beinahe verdoppeln. Eine Kohlehydrataufnahme von mindestens 60% der Tagesenergiemenge wird für den Fußballsport von Smekal (2004, S. 183) deshalb empfohlen.

4.1. Kohlehydrate

Kraus (2005, S. 7) nennt die Kohlehydrate als die mengenmäßig am meisten synthetisierten Verbindungen unseres Planeten. Energetisch verwertbar ist allerdings ausschließlich die Glukose, die auf Grund ihrer Struktur ($C_6H_{12}O_6$) für den menschlichen Körper einfacher zu verarbeiten ist als Lipide (Fette) und Aminosäuren (Eiweiße). Die zelluläre Speicherform ist das Glykogen, das in Leber- und Muskelzellen eingelagert ist. Bedeutend für den intermediären Stoffwechsel bestimmter Organe, wie Gehirn, Rückenmark und den Erythrozyten ist die Glykose insbesondere wertvoll, da sie ihren Energiebedarf beinahe ausschließlich aus dieser Form der Energiebereitstellung decken. Über dem hinaus können diese dem Sportler schneller zur Verfügung stehen und haben eine höhere Energieflussrate, welche für intensive Intensitäten während eines Spieles erwünschenswert ist. Die Energieflussrate beschreibt Smekal (2004, S. 181) als die Geschwindigkeit der Energiefreisetzung, die für die anaerobe Glykolyse eine schnelle und für die aerobe Energiegewinnung aus Fettsäuren eine langsame Energiefreisetzung bedeutet. Der physiologische Brennwert wird definiert als die Energiemenge, die aus einem Gramm Energiesubstrat gewonnen werden kann (siehe Tabelle 2).

Tab. 2: Physiologischer Brennwert. (Smekal 2004, S. 180)

1 g Kohlenhydrate	17kJ	4,1 kcal
1 g Fett	39kJ	9,3 kcal
1 g Eiweiß	17kJ	4,1 kcal
1 g Alkohol	30kJ	7,1 kcal

4.2. Fette

Smekal (2004, S. 188) betont, dass der tageskalorische Fettanteil von 25% für Sportsportarten nicht überstiegen werden soll. In der Wettkampfphase kann eine Reduktion des Fettkalorienanteils auf 20% leistungsoptimierend wirken. In weiterer Folge wird aber von einer geringeren Fettzufuhr abgeraten, da der Bedarf an fettlöslichen Vitaminen, Mineralstoffen und Spurenelementen fast unmöglich ist. Auch Kraus (2005, S. 32f) erwähnt in diesem Zusammenhang die Fähigkeit des menschlichen Organismus, Fettsäuren selbst zu synthetisieren. Essentielle Fettsäuren wie Linol und α -Linolensäure müssen dem Körper durch Nahrung zugeführt werden. Die Essentialität beruht darauf, dass diese Fettsäuren ein Hauptbestandteil der Membranlipiden sind, welche eine große Bedeutung für die Zellintegrität haben und eine wichtige Funktion beim Sehvorgang besitzen. Einige mehrfach ungesättigte Fettsäuren sollen den gesättigten bevorzugt werden, da diese leichter abzubauen sind und den Empfehlungen des Energieverbrauchs entsprechen. Fettsäurepräparate mit mittlerer Kettenlänge (MCTs = Medium Chained Triglycerides) brachten keine leistungssteigernden Erfolge.

Diese einzelnen Energieträger müssen im Körper durch unterschiedliche Systeme verarbeitet werden um daraus Energie gewinnen zu können. Im kommenden Kapitel werden die biochemischen Energiebereitstellungssysteme erläutert, die für die Belastungsintensitätswahl des Organismus von großer Bedeutung sind.

5. Energiebereitstellungssysteme

Für Smekal (2004, S. 83f) ist das Substrat ATP (Adenosintriphosphat) die einzige unmittelbare Energiequelle der Muskelfaser für eine Muskelkontraktion, dessen Vorrat intrazellulär jedoch begrenzt ist. Der ATP-Vorrat beträgt in der Muskelzelle pro Kilogramm Muskelfeuchtgewicht ca. 6 mmol ATP, erlaubt aber nur etwa 3-4 maximale Muskelkontraktionen, die einer Arbeitsdauer von maximal 1-2 Sekunden entsprechen. Somit ist es die Aufgabe der Muskelzelle, sich verschiedene Wege der ATP-Resynthese zu bedienen. Hierbei unterscheidet Weineck (2007, S. 145) die aerobe - auch oxidative Energiegewinnung genannt, von der anaeroben oder anoxidativen genannten Energiegewinnung.

Um die Begriffe aerobe und anaerobe Energiegewinnung bzw. -bereitstellung auch für den Laien verständlich zu machen, werden sie in den folgenden Kapiteln intensiver beleuchtet. Smekal et al (2004, S. 92f) stellt die Frage, welche Belastungsintensität der Sportler überwiegend ausübt, damit die maximal mögliche Energiefreisetzung pro Zeiteinheit (energetische Flussrate) erreicht werden kann.

Tabelle 3: Größe der körpereigenen Energiespeicher in Absolutzahlen (kcal bzw. kJ). Weineck 2007, S. 151.

ATP	1,2 bzw. 5,2
KP	3,6 bzw. 15,07
Kohlehydrate	1.200 bzw. 5.024
Fett	50.000 bzw. 209.340

Um das in Tabelle 3 angeführte große Fettdepot als Energiequelle heranziehen zu können, muss Fett im Blut in Form von freien Fettsäuren (FFS) an Albumin gebunden und zur Muskelzelle transportiert werden. Laut Chamari et al (2004, 38, 191-198) bedeutet dies für einen 17,5 (+/- 1,1) Jahre jungen Fußballspieler, mit durchschnittlichen 70,5 kg (+/- 6,4) und einem Körperfettanteil von 11,8% (8,32kg), eine Gesamtenergiemenge von knapp 75.000 kcal, nur durch Fett. Hinzu kommt noch die Menge von Fettverbindungen, die intramuskulär gespeichert werden. Einziges Problem ist die Beschränkung der Energieflüsse pro Zeiteinheit, denn bei intensiven Belastungen kann nur langsam darauf zugegriffen und Kohlehydrate

müssen als Energiequelle herangezogen werden. Dieser Kohlehydratspeicher ist vom Organismus wie oben beschrieben allerdings begrenzt und setzt sich aus zirkulierender Glukose im Blut und in Muskeln und Leber gespeichertes Glykogen zusammen. Die Energieflussraten aus Kohlehydraten übertreffen jene, die aus Fetten möglich sind, wobei die anaerobe Glykolyse wiederum mehr Energie pro Zeiteinheit liefert als die Oxidation von Kohlehydraten.

Diesen biologischen Prozess beschreibt Smekal (2004, S. 88ff) genauer, der sich mit steigender Belastung die Energiebereitstellung immer mehr in Richtung der anaeroben Glykolyse verschiebt. Denn auch die Proteine werden zur Energiegewinnung herangezogen, wobei der Anteil an der Energiebereitstellung an der Gesamtenergiemenge bei Belastung mit etwa 10% relativ gering ist. Allerdings führt dies bei einem Kohlehydratmangel zu katabolen Zuständen, denn sowohl der Abbau von funktionellen Eiweißen als auch der Stickstoffverlust ist damit betroffen. Problematisch dabei ist vor allem der Abbau von funktionellen Eiweißen, weil davon die Muskulatur betroffen ist und einen negativen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Sportler einhergeht. Bei einer ausreichenden Kohlehydratsubstitution und einer ausgeglichenen Eiweißbilanz von ca. 1,3 bis 1,5 Gramm pro Kilogramm Körpergewicht, wird den oben angesprochenen Problemen entgegengewirkt.

5.1. Ausdauer nach Art der Energiebereitstellung

Um diese körperlichen Höchstleistungen beim Sporttreiben ermöglichen zu können, ist die Umwandlung von chemischer Energie in mechanische Energie notwendig. Grob werden von Tomasitis et al (2005, S. 19ff) im menschlichen Körper zwei verschiedene Energiesysteme angesprochen, nämlich die aerobe und anaerobe Energiebereitstellung. Diese beiden Systeme werden weiters untergliedert in:

- Intensiv aerobe Ausdauer
- Extensiv aerobe Ausdauer
- Laktatazidose
- alaktazid anaerobe Ausdauer
- laktazid anaerobe Ausdauer

5.1.1. Aerobe Energiebereitstellung

Zum einen das aerobe Energiesystem, bei der die ATP-Resynthese durch den oxidativen Abbau aus Brennstoffen wie Glukose und Fettsäuren gewinnt und laut Marées (2002) in die energielosen Endprodukte CO_2 und Wasser (H_2O) umwandelt wird. Wenn das aus Glykogen und Glukose gewonnene Pyruvat auf Grund von mangelnder Sauerstoffeinwirkung nicht mehr zu H_2O und CO_2 verarbeitet werden kann und so auch kein weiteres Adenosintriphosphat (ATP) zur Verfügung stellen kann, wird es zu Laktat.

Die aerobe Kapazität wird durch die maximale Sauerstoffaufnahme ausgedrückt. Bestimmend für sie sind das maximale Herzzeitvolumen, Kreislauf- und Atmungsregulationsmechanismen und Größe und Güte der kapillaren Austauschfläche auf der einen Seite sowie der Ausprägungsgrad der Muskelzelle mit der Fähigkeit zur aeroben Energiegewinnung auf der anderen Seite. Die quantitative Bestimmung der intensiven aeroben Ausdauer erfolgt daher auch durch die Messung des $\text{VO}_{2\text{max}}$ bzw. der durch die $\text{VO}_{2\text{max}}$ ermöglichte Leistung. Je nach Art des dabei abgebauten Substrates, Fettsäuren und/oder Glukose, können zwei Unterformen der aeroben Ausdauer unterschieden werden. Auf der einen Seite das aerobe intensive und auf der anderen Seite das aerobe extensive Energiesystem, näheres in den beiden folgenden Kapiteln.

5.1.2. Intensive aerobe Energiebereitstellung

Die intensive aerobe Energiebereitstellung wirkt bei einer Belastungsintensität von über 65% der maximalen Leistungsfähigkeit. Tomasits et al (2005, S. 20f) bejaht dies und fügt hinzu, dass ab dieser Schwelle der $\text{VO}_{2\text{max}}$ hauptsächlich Glukose oxidativ abgebaut wird um die ATP-Synthese durchzuführen, mit der Begründung, dass dabei die Energiebilanz um 6,4% günstiger ist als bei der Fettoxidation (FOX).

Für einen Fußballspieler, der nach Impellizzeri et al (2006, 27, S. 483ff) überwiegend intensive aerobe Ausdauer betreibt, ist dies stark vom Glykogenvorrat der Arbeitsmuskulatur abhängig, denn wenn dieser Vorrat aufgebraucht ist (siehe Abbildung 4), muss überwiegend auf FOX umgestellt

werden, was aber mit einem enormen Leistungseinbruch während der Spielzeit verbunden ist. Das physiologische Kennzeichen der ausschließlichen Nutzung der intensiv aeroben Ausdauer ist ein Laktatspiegel von mehr als 4 mmol/l. Sofern es sich dabei um ein Laktat steady state (Kapitel 6.3.) handelt, ist die Energiebereitstellung tatsächlich zu 100% aerob. Ein Training für Fußballspieler in diesem Trainingsbereich ist nur in der Vorbereitungs- und Übergangszeit sinnvoll und sollte auch nur sportartenspezifisch durchgeführt werden. Tomasits et al (2005, S. 21) ergänzt dabei, dass die intensive aerobe Ausdauer hauptsächlich durch die Enzymmasse der Mitochondrien limitiert ist.

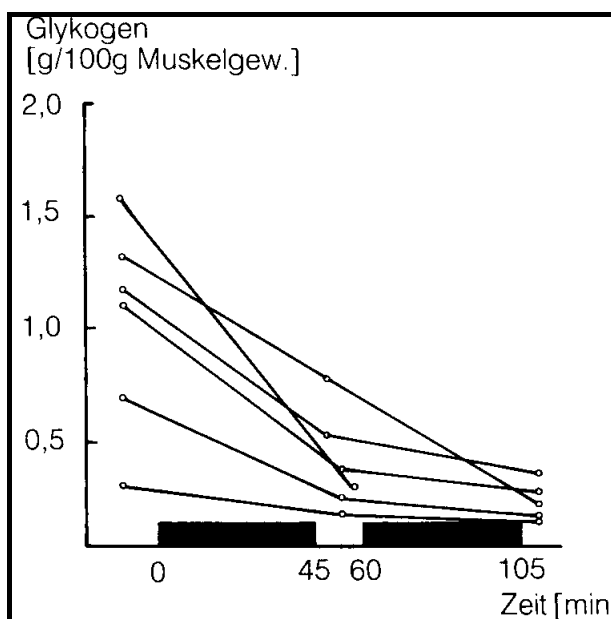


Abbildung 4: Abnahme des Glykogengehalts im vierköpfigen Oberschenkelmuskel von Fußballspielern (M. quadriceps femoris) im Verlauf und nach Beendigung eines Meisterschaftsspiels der schwedischen A-Division (nach Karlsson 1969, in Weineck 2007, S. 239).

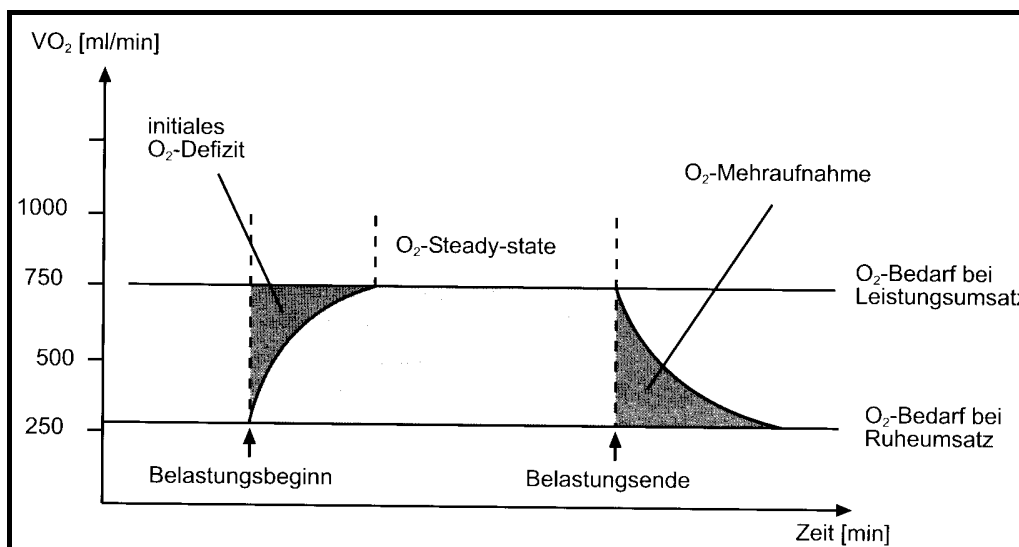


Abbildung 5: Initiale Sauerstoffschuld und Sauerstoffmehraufnahme bei aerober Dauerbelastung nach Belastungsende. (Weineck 2007, S. 148).

5.1.3. Extensive aerobe Energiebereitstellung

Für länger andauernde Belastungen wie bei einem Fußballspiel über 90 Minuten, nimmt der Prozentsatz der VO_{2max} systematisch ab und die Energiebereitstellung erfolgt dann mittels extensiver aerober Ausdauer. Die ATP-Synthese während der Belastung erfolgt dann mittels oxidativen Glukose- und Fettabbau (Mischstoffwechsel). In diesem Fall dienen Fettsäuren und Glukose in unterschiedlichem Verhältnis für die extensive aerobe Ausdauer. Ab einem Laktatspiegel von 4mmol/l wird die FOX blockiert und es kann nur noch Glukose abgebaut werden. Dies ist der Übergang von extensiver auf intensiver aerober Ausdauer, wobei die extensive Ausdauer die entscheidende Ausdauerart für den langfristigen Konditionsaufbau ist. Aerobes Training führt laut Tomastits et al (2005, S. 21) zur Vermehrung (Proliferation) der Kapillaren und Mitochondrien, aber nur in den trainierten Muskeln.

5.1.4. Anaerobe Energiebereitstellung

Bei der anaeroben Energiebereitstellung erfolgt die ATP-Resynthese ohne O_2 durch Spaltung energiereicher Moleküle wie Kreatinphosphat, was erheblich hohe Energieumsatzraten und damit eine höhere Leistung ermöglicht. Die anaerobe Kapazität wird durch laktazide und alaktazide Energiebereitstellung sowie Azidosetoleranz beeinflusst. Weineck (2007, S. 147) weist dabei auf die Sauerstoffschuld hin, die nach Beendigung der Arbeit wieder abgetragen werden muss (Abbildung 6). Dieser Zustand tritt bei intensiven Belastungen ein, bei der dem Organismus in unzureichendem Maße Sauerstoff zur Verfügung steht. Dem Sportler arbeitet so lange anaerob, bis entweder die Arbeit abgebrochen oder die Leistungsintensität gemindert werden muss, dass eine ökonomische oxidative Substratverbrennung möglich ist.

Dabei ist die anaerobe Kapazität zu erwähnen, die im Kindes- und Jugendalter ein geringeres Volumen aufweist als bei Erwachsenen. Eine erhöhte aerobe Leistungsfähigkeit ist im Gegensatz dazu jedoch gegeben und der anaerobe Stoffwechsel wird weniger beansprucht. Für Pokan et al (2004, S. 302) ist der niedrigere Wert der Enzyme des anaeroben Stoffwechsels, besonders der Phosphofruktokinase (PFK) als Schlüsselenzym, als möglicher Grund dafür

gefunden. Bestimmend für die alaktazide und laktazide Kapazität ist die unterschiedliche Ausprägung der Muskelfasern. Die alaktazide Flussrate hängt von der Hydrolyse der energiereichen Phosphate ab, die laktazide Energiebereitstellung von der enzymatisch gesteuerten Laktatbildungsrate sowie von der Laktattoleranz im Rahmen der Pufferkapazität.

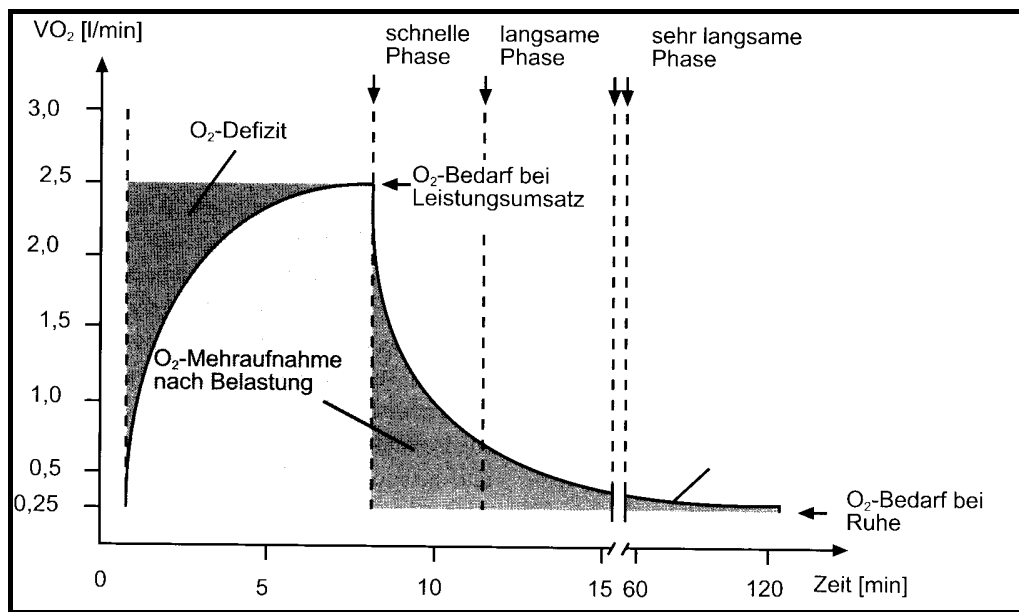


Abbildung 6: Initiale Sauerstoffschuld und Sauerstoffmehraufnahme bei intensiver Belastung nach Belastungsende. (Weineck 2007, S. 148).

5.1.5. Alaktazide anaerobe Energiebereitstellung

Die Spaltung von Kreatinphosphat (KP) dient als Energiegrundlage der alaktaziden Energiebereitstellung. Der KP-Speicher liegt für Smekal (2004, S. 85) bei 28 mmol pro kg Muskelfeuchtgewicht, das etwa 4-fach höhere Konzentration ergibt als der ATP-Speicher. Mit dieser KP-Speicherkapazität können maximale Muskelkontraktionen von etwa 5-6 Sekunden durchgeführt werden und in Kombination mit dem ATP-Speicher sind dies bis zu 8 Sekunden maximale Muskelkontraktion. Weineck (2007, S. 145f) beschreibt das energieliefernde Substrat KP als ähnliche chemische Verbindung wie ATP, welches die Spaltung und Energiefreisetzung augenblicklich bewirkt und mit einer dem ATP-Zerfall gleichen Geschwindigkeit erfolgen kann. Diebschlag (1991) stimmt dem zu und ergänzt, dass die anaerobe Kapazität durch die Laufzeit bei Maximalbelastungen bis zur Erschöpfung und durch die maximale mögliche Laktatkonzentration gemessen wird. Die bei dieser hohen Intensität resultierenden Stoffwechsellmuster

lassen sich vornehmlich die physiologischen Parameter Sauerstoffaufnahme ($\text{VO}_{2\text{max}}$) und Blutlaktatkonzentration (LA) beschreiben. Jakobs (2003, S. 11) gibt an, dass die Anteile der Energiebereitstellung abhängig von Arbeitsintensität und –dauer, sowie Ernährungs- und Trainingszustand sind.

5.1.6. Laktazide anaerobe Energiebereitstellung

Die Energiegrundlage für laktazid anaerobe Belastungen ist die anaerobe Glykolyse, dass einem anaeroben Glykolyseabbau zu Pyruvat gleichkommt. Dieses System wird stimuliert, wenn der Gesamtenergiebedarf größer ist als durch aerobe Energiegewinnung bereitgestellt werden kann. In diesem Zusammenhang erwähnt Tomasits et al (2005, S. 20), die begrenzten Kapazitäten der oxidativen Enzymsysteme in den Mitochondrien. Unter diesen Bedingungen wird mehr Pyruvat im Muskel produziert, als oxidativ in Zitronensäurezyklus abgebaut werden kann. Dadurch ist nicht der Glykolysevorrat limitierend, sondern die Laktatazidose in den Muskelzellen bzw. im Blut. Bis zu 15 kcal können bei der Glykolyse in 40 Sekunden maximal zur Verfügung gestellt werden, dann muss aufgrund der Azidose die Belastung abgebrochen werden. Dies geschieht bei einer Laktatkonzentration von ca. 15 mmol/l und es ist eine Erholungspause zum Abbau der Azidose erforderlich. Die gleiche Energiemenge kann, allerdings mit geringerer Intensität und langsameren Laktatanstieg, bis etwa drei Minuten lang gestreckt werden. Bei längerer Belastung wird die Glykolyse wieder gehemmt und zum Hauptteil von der oxidativen Energiebereitstellung übernommen. Ein beträchtlicher Energieabfall der Leistung ist mit diesem, so genannten Pasteur-Effekt, verbunden.

Die laktazid-anaerobe Ausdauer spielt nur für Wettkämpfe mit einer Belastungsdauer von bis zu ca. 6-8 Minuten eine leistungsdeterminierende Rolle. Das sportspezifische Training soll nur in der Spezialsportart durchgeführt werden. Da die laktazid-anaerobe Ausdauer rasch, nämlich binnen 2-3 Monaten entwickelt werden kann, erfolgt das entsprechende Training schwerpunktmäßig erst in der unmittelbaren Vorbereitung auf den Wettkampf. Bei gesundheitsorientiertem Training sollen, bei medizinischen Zielstellungen müssen laktazid-anaerobe Belastungen vermieden werden.

5.1.7. Zusammenfassung von aerober/anaerober Energiebereitstellung

Trotz der Erkenntnis der unterschiedlichen Energiesysteme (Abbildung 7) ist nach Tomasits et al (2005, S. 47) zu beachten, dass beide stets gleichzeitig aktiv sind, die anaerobe Energiebereitstellung niemals die aerobe ersetzt, doch bei einer auf Hochtouren laufenden oxidativen Energiebereitstellung, die anaerobe Arbeit hinzu geschaltet ist.

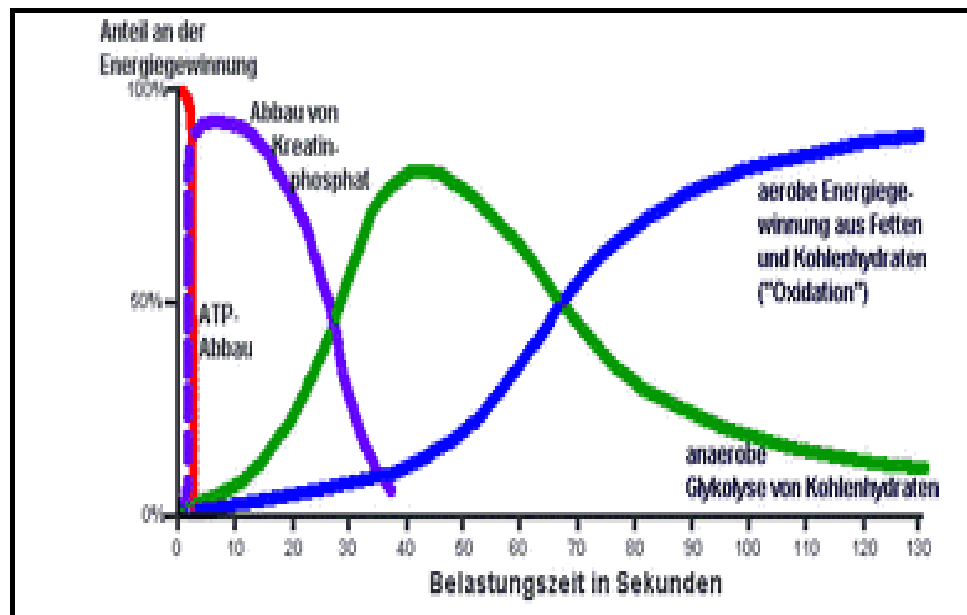


Abbildung 7: Der Anteil der verschiedenen energieliefernden Substrate an der Energiebereitstellung (verändert nach Keul/Doll/Keppler 1969, S. 38).

Die aerobe und die anaerobe Energieversorgung sind keine alternativen Möglichkeiten, sondern parallel ablaufende, ineinander verzahnte Mechanismen, die je nach Belastungsintensität unterschiedlich stark beansprucht werden (Abbildung 8). Vor allem in Sportarten mit stark wechselnden Belastungen und/oder technisch-taktischen Komponenten wie beim Fußballsport, nimmt die Bedeutung der anaeroben Schwelle als Steuerungsgröße für das Training zu. Für Pokan et al (2004, S. 150) sind mehrmals stattfindende Feldtests das Ziel, die dem Athleten durch vielfache Messungen ein Gespür für verschiedene Belastungsintensitäten vermitteln. Auch für den Fußballsport wurden eine Reihe sportartspezifische Testanordnungen entwickelt (Kapitel 9.3.), um die metabolische und kardiozirkulatorische Leistungsfähigkeit überprüfen zu können.

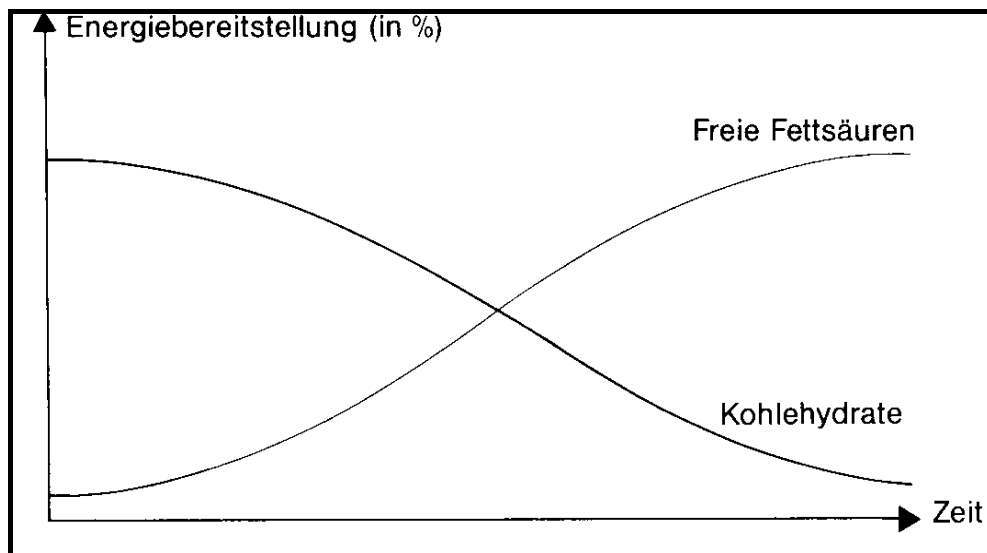


Abbildung 9: Die Energiebereitstellung bei Maximalbelastungen unterschiedlicher Dauer (nach Keul 1975, S. 596).

6. Laktat - Definition und Einführung

Zu Beginn dieses Abschnittes versuche ich, stützend auf einschlägige Literatur, einzelne Begriffe der Leistungsphysiologie zu definieren, abzugrenzen und die unterschiedlichen Modelle der Energiebereitstellung darzustellen. Nach Tomasits et al (2005, S. 4f) ist die Glykolyse der Abbau der Glukose und dient somit der Energiebereitstellung. Das Endprodukt der Glykolyse ist die Benztraubensäure, auch Pyruvat genannt, welches bei zunehmender Konzentration in Milchsäure (Laktat) umgewandelt wird.

Für Kent et al (1996, 50, S. 285f) ist Laktat das Salz bzw. Ester der Milchsäure nach Ersatz des Wasserstoffions der Karboxylgruppe durch ein Metallion bzw. durch ein organisches Radikal. Die dabei auftretende Laktatkonzentration wird in Millimol pro Liter Blut (mmol/l) gemessen. Dieses Laktat stellt das Dissoziationsprodukt der Milchsäure im Blut dar. Unter körperlicher Belastung werden bei geringer Intensität Laktatwerte von 2 bis 4 mmol/l erreicht, unter maximalen anaeroben Belastungen können Laktatwerte von bis zu 20 mmol/l erreicht werden. Somit ist Laktat das ausschlaggebende Kennzeichen für hohe Belastungsintensitäten und damit verstärktem Zuckerabbau. Bei diesem Abbau steigt die Pyruvat-Konzentration in der Muskelzelle an, was zur Bildung von Laktat führt. Abhängig von der Energiebereitstellung (Kapitel 5) und der damit verbundenen Stoffwechselprozesse, werden je nach Trainingsniveau unterschiedlich hohe Laktatwerte erzielt. Eine Abgrenzung zwischen aerober und anaerober Energiebereitstellung wird in zwei Schwellen berücksichtigt.

Im Laufe der Forschung kam es zu den verschiedensten Definitionen der Laktatschwellen. Die heute gebräuchlichsten und zur Trainingsdiagnostik und Trainingssteuerung verwendeten werden von ÖISM (2008) und Tomasits et al (2005) im Allgemeinen wie folgt beschrieben:

Die aerobe Schwelle wird vom ÖISM (<http://www.sportmedizin.or.at>) definiert als, die Laktatkonzentration von 2 mmol/l Laktat im Blut. Sie kennzeichnet jenen Zeitpunkt, an dem es unter Belastung zum Einsetzen der anaeroben Mechanismen zur Bereitstellung der benötigten Energie kommt.

Für die anaerobe Schwelle (ANS) gibt es laut Tomasits et al (2004, S. 47) keine einheitliche Definition. Seiner Meinung nach gibt es kaum einen Begriff in der Trainingswissenschaft, der derart häufig über- und auch fehlinterpretiert wird. Die anaerobe Schwelle wird unter anderem definiert als diejenige Sauerstoffaufnahme oder Belastung, die oberhalb der zusätzlich zur aeroben Energiebereitstellung auch anaeroben Stoffwechselprozesse notwendig wäre, um die Belastung zu bewältigen. Wichtig anzumerken ist, dass die anaerobe Schwelle nichts mit einem Mangel an Sauerstoff zu tun hat, den es in einem gesunden Organismus nie gibt und bedeutet auch kein Umschalten von aerober auf anaerober Energiebereitstellung.

Der aerob-anaerobe Übergang, der dem Bereich zwischen aerober und anaerober Schwelle entspricht, kann als wichtiges Kriterium für die Leistungscharakterisierung angesehen werden. Für Pokan et al (2004) sind eine sinnvolle Trainingssteuerung und eine genaue Bestimmung der Übergangsbereiche zwischen den einzelnen Phasen der Energiebereitstellung mittels exakter Meßmethoden absolut notwendig. Aus der Belastungsuntersuchung können zur genauen Trainingssteuerung verschiedene Kenngrößen ermittelt werden. Die Bestimmung submaximaler leistungs-diagnostischer Parameter wurde für die Charakteristik muskulärer Stoffwechselvorgänge immer wichtiger, weil diese einerseits motivationsunabhängig und gut reproduzierbar sind, und andererseits auch präzisere Informationen als Maximalwerte liefern. Es zeigte sich, dass die beiden wichtigsten Einflussgrößen der aerob-anaerobe Übergang für den rein aeroben Stoffwechsel, sowie der gemischt aerob-anaeroben Stoffwechsels sind.

Im Modell der stufenförmigen Belastungssteigerung, wo die Energie bei steigender Belastung zunächst rein aerob bereitgestellt wird, versteht Bachl (1985, S. 547) unter der aeroben Schwelle daher die beginnende Hyperventilation zur respiratorischen Pufferung der steigenden Laktatkonzentration. In dieser Phase besteht ein Gleichgewicht zwischen der Produktion des Laktats in der Arbeitsmuskulatur, seiner Verwendung und dem Abbau in der nicht arbeitenden Muskulatur, sowie in Leber und Herz, als auch der Kompensation des Laktats mittels Atmung. Sollte die Belastung weiter gesteigert werden und die Laktatproduktion in dessen Folge die Verwendungs- und Kompensations-

mechanismen des Körpers übersteigen, spricht man dort von der anaeroben Schwelle.

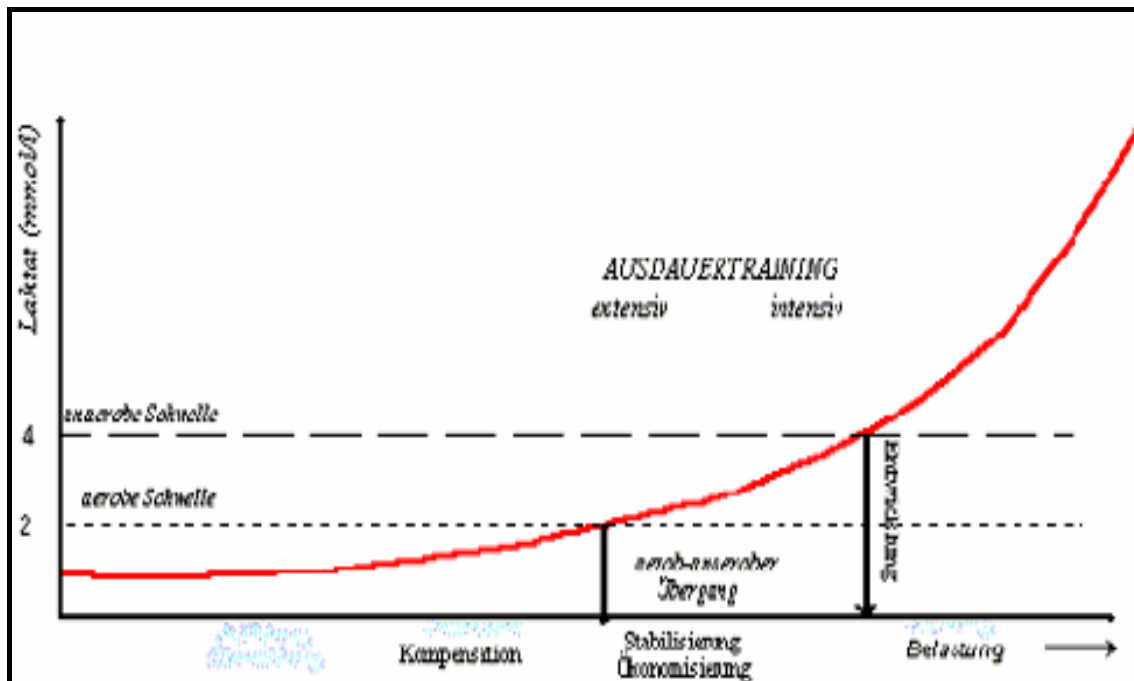


Abbildung 10: Laktatleistungskurve. (<http://www.sportmedizin.or.at/laktat2.htm>).

Wie zuvor erwähnt, ist es schwierig konkrete Bezeichnungen für die einzelnen Energiebereitstellungen zu finden. Deshalb wird als wesentliche Grundlage das 3-Phasen-Konzept von Skinner und McLellan (1980) verwendet. Aus den unterschiedlichen Energiestoffwechseln und den daraus resultierenden Substratutilisation ergeben sich somit folgende drei Phasen der Energiebereitstellung:

6.1. 3-Phasen-Konzept der Energiebereitstellung

- Phase I = aerobe Phase
- Phase II = aerob-anaerobe Übergangsphase
- Phase III = anaerobe Phase

	Atemgase	Blutlaktatkonzentration	Herzfrequenz
<i>PHASE I (aerobe Phase)</i>			
<i>Aerobe Schwelle</i>	AT (anaerobic threshold) (Wassermann et al. 1964)	2 mmol (Kindermann et al. 1979)	
	AT (V-slope) (Beaver et al. 1886)	LT (log-log Transformation) (Beaver et al. 1985)	
	VT 1 (McLellan 1985, Weston and Gabbet 2001)	LT (Tiefpunkt Laktatäquivalent) (Aunola and Rusko 1988, Berg et al. 1980)	
	VE/VO₂ (Tiefpunkt Atemäquivalent O ₂) (Simonton et al. 1988)	LTP 1 (first lactate turn point) (Hofmann et al. 1997, Pokan et al. 1997)	
<i>PHASE II (aerob-anaerobe Übergangsphase)</i>			
<i>Anaerobe Schwelle</i>	RCP (resp. comp. point) (Beaver et al. 1886)	4 mmol (Mader et al. 1976)	V_d (deflection velocity) (Conconi et al. 1982)
	VT 2 (McLellan 1985, Weston and Gabbet 2001)	IAT (diffusions-eliminations-Model) (Stegmann et al. 1981, Urhausen et al. 1993)	HR_d (heart rate deflection) (Conconi et al. 1996)
	VE/VCO₂ (Tiefpunkt Atemäquivalent CO ₂) (Simonton et al. 1988)	OBLA (Karlsson and Jacobs 1982)	HRT (heart rate threshold) (Hofmann et al. 1994, Hofmann et al. 1997)
		LTP (lactate turn point) (Davis et al. 1983, Hofmann et al. 1994)	HRTP (heart rate turn point) (Pokan et al. 1998, Pokan et al. 1999)
		LMT (Laktat-In- und Evasions-Technik, Laktatsenke) (Tegthur et al. 1993)	
		LTP 2 (second lactate turn point) (Hofmann et al. 1997, Pokan et al. 1997)	
		IAT (LT + La 1,5 mmol.l ⁻¹) (Dickhuth et al. 1999, Röcker et al. 1998)	
<i>PHASE III (anaerobe Phase)</i>			

Abbildung 11: Schwellenkonzepte (Pokan, 2004, S. 40).

In der Abbildung 12 werden die unterschiedlichen medizinischen Parameter wie $\dot{V}O_2$ (Sauerstoffaufnahme), LA (Blutlaktatkonzentration), $\dot{V}CO_2$ (Kohlendioxidabgabe) und $\dot{V}E$ (Ventilation = Atemminutenvolumen) veranschaulicht und wie sie sich während der einzelnen drei Phasen der Energiebereitstellung verändern.

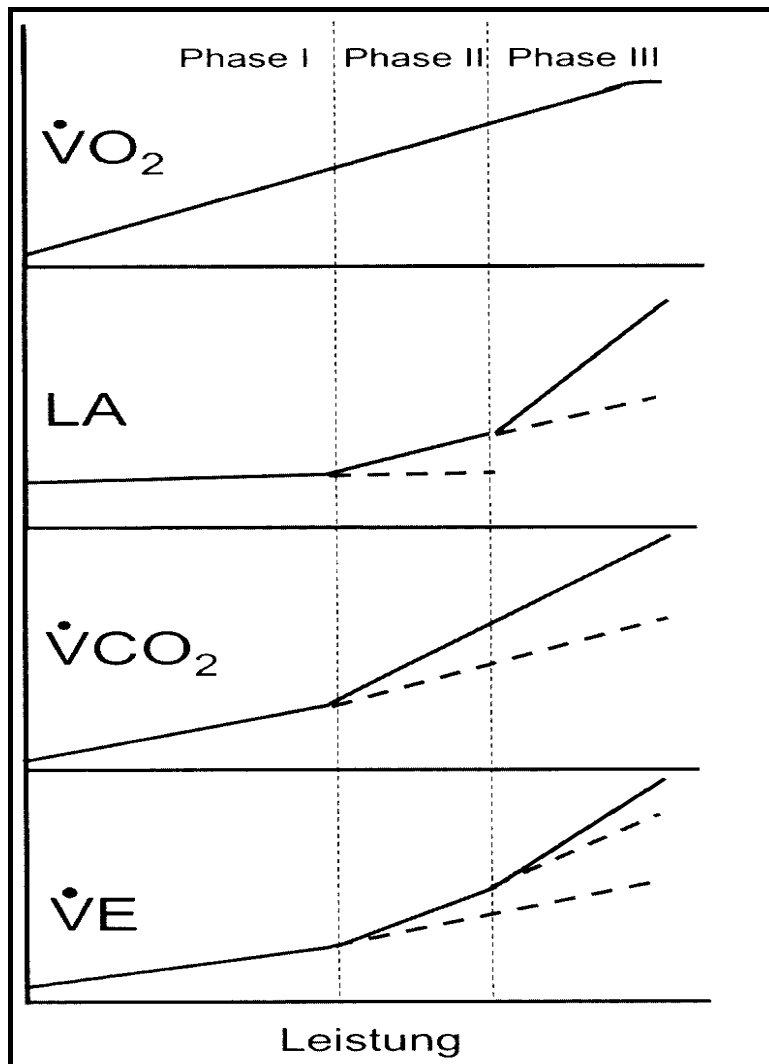


Abbildung 12: Die drei Phasen der Energiebereitstellung. $\dot{V}O_2$ (Sauerstoffaufnahme), LA (Blutlaktatkonzentration), $\dot{V}CO_2$ (Kohlendioxidabgabe), $\dot{V}E$ (Ventilation = Atemminutenvolumen). (Pokan et al, 2004, S. 41).

6.2. Methoden zur Bestimmung der aeroben/anaeroben Schwelle

Neben der Laktatkonzentration werden auch Parameter des Gasstoffwechsels zur Bestimmung der aeroben/anaeroben Schwelle angewendet. Laktat wird von Bikarbonat im Blut abgepuffert, wodurch eine proportionale Menge an CO_2 freigesetzt und über die Lunge abgeatmet wird. Vor allem der Übergang des linearen zum nicht-linearen Anstieg des Atemminutenvolumens (VE), sowie der plötzliche starke Anstieg der Sauerstoffkonzentration in der Ausatemluft werden hierfür verwendet. Die anaerobe Schwelle gibt dabei Auskunft über den nutzbaren Anteil der maximalen Sauerstoffaufnahme der Ausdauerbelastung. Die Bestimmungsmethode für die aerobe Schwelle ist aber nicht so exakt wie jene für die anaerobe Schwelle. Es stehen jedoch auch für diese Schwelle sowohl metabolische, als auch ventilatorisch-respiratorische Bestimmungsmethoden zur Verfügung. Abgesehen von der einfachen Messung des Laktatspiegels im Blut (=metabolisch), können auch die Daten aus einer Atemgasanalyse zur Bestimmung der anaeroben Schwelle herangezogen werden (=ventilatorisch).

6.2.1. Metabolische Bestimmung der Laktatschwellen

Die metabolische Bestimmung des Laktatwertes erfolgt über die Messung der Laktatkonzentration im Blut. Diese entsteht als Resultat von Laktatinvasion, durch Diffusion und Transport aus der arbeitenden Muskulatur sowie Laktatelimination aus dem Blut, durch Abdiffundierung in den extrazellulären Raum des Organismus und durch Laktatelimination bei der Oxydation oder Resynthese zu Glykogen. Um festzustellen welche Laktatwerte bei den einzelnen Sportlern bei bestimmten Leistungen erreicht werden, muss man Messungen durchführen. Messproben können aus dem Muskel, der Arterie, Vene oder Kapillarblut entnommen werden. An der FSA werden diese Proben aus dem hyperämisierten Blut des Ohrläppchens, also aus Kapillarblut entnommen. Nach Kindermann et al (1978) und Keul et al (1978) liegt die aerobe Schwelle bei 2 mmol/l, die anaerobe Schwelle ist individuell verschieden und liegt bei ca. 4 mmol/l. Grundsätzlich geht Pokan et al (2004, S. 115) davon aus, dass die bekannteste metabolische Schwelle die 4 mmol/l Laktatschwelle ist, denn diese Schwelle gilt als höchste Belastungsstufe, die noch über eine trainingsabhängige, unterschiedlich lange Zeit ohne weiteren Milchsäureanstieg durchgehalten werden kann.

6.2.2. Ventilatorische Bestimmung der Laktatschwellen

Die ventilatorische Schwelle ist für Wasserman et al (2000) diejenige Sauerstoffaufnahme, an der eine Unterstützung der Energiebereitstellung durch anaerobe Mechanismen einsetzt. Diese ventilatorische Schwelle (Synonyme „anaerobic threshold“ [AT], „ventilatory anaerobic threshold“ [VAT]) gilt als objektiver Index der aeroben Leistungsfähigkeit ohne maximale Ausbelastung und ohne willentliche Beeinflussung des Probanden. Bei kontinuierlich steigender Belastung wird ein plötzlicher Anstieg der Laktatproduktion im arteriellen Blut über dem Ruhewert mit einer inadäquaten Sauerstoffversorgung zu den Mitochondrien in Verbindung gebracht. Aus diesem Vorgang resultiert der historische Name „anaerobic threshold“ von Wasserman et al (1990). Weiters steigt das Laktat, die Katecholamine (Adrenalin, Noradrenalin) und auch die Körperkerntemperatur nicht linear steil an. Der erhöhte Laktatanstieg führt dazu, dass überschüssige H^+ Ionen gepuffert werden müssen um den physiologischen pH-Wert konstant halten zu können. Um das entstehende CO_2 abzuatmen, kommt es zu einer zusätzlichen Stimulation der Ventilation. Dieser Punkt des ersten nicht-linearen Anstieges der Ventilation (\dot{V}_E) wird von Pokan et al (2004, S. 141) zur nicht-invasiven Bestimmung der ventilatorischen Schwelle (V_T) verwendet (Abbildung 13).

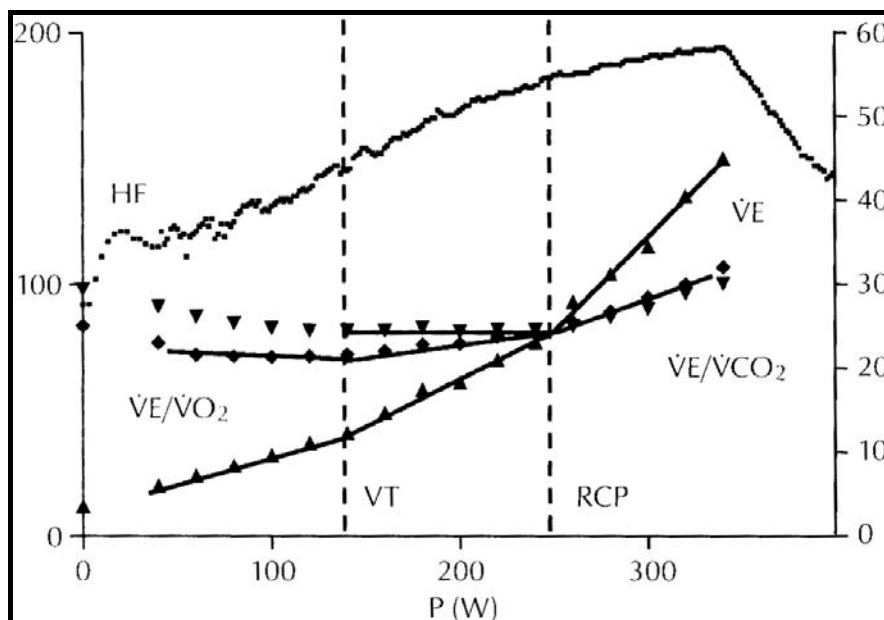


Abbildung 13: Schematische Darstellung der Bestimmung von der ventilatorischen Schwelle (V_T) und des „respiratory compensation point“ (RCP) durch Analyse der Ventilation (\dot{V}_E) und der Atemäquivalente für Sauerstoff ($\dot{V}_E/\dot{V}O_2$) und Kohlendioxid ($\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$). Pokan et al (2004, S. 141).

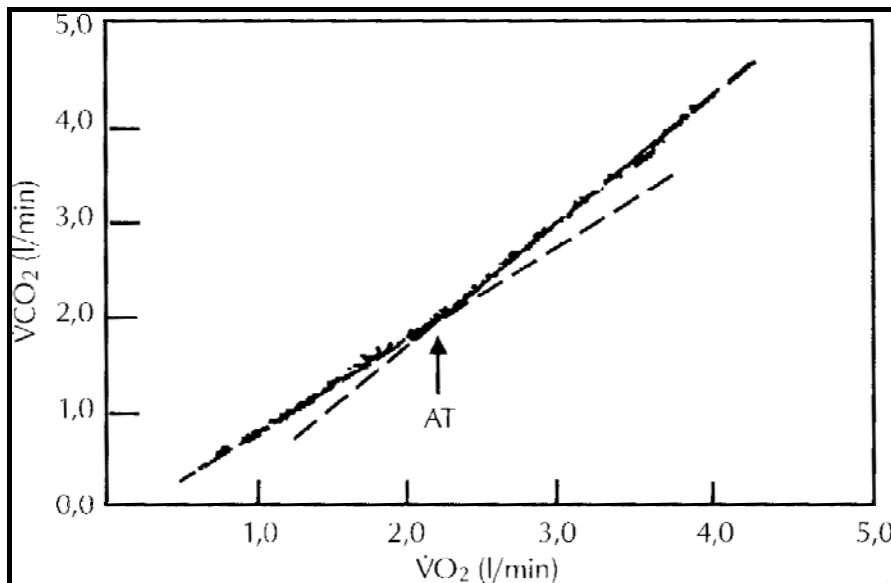


Abbildung 14: Darstellung der „V-slope“ Methode (Beaver et al. 1986): Kohlendioxidproduktion (VCO_2) vs. Sauerstoffaufnahme (VO_2), der Schnittpunkt der beiden Regressionslinien kennzeichnet die VT. (Pokan et al, 2004, S. 141).

Folgende Werte können bei der Spiroergometrie gemessen werden:

- AMV (Atemminutenvolumen) in l/min
- VO_2 (Sauerstoffaufnahme)
- VCO_2 (Kohlendioxidabgabe)
- Atemfrequenz

Folgende Werte werden daraus errechnet:

- $FIO_2 - FEO_2$
- $VO_2 = AMV \cdot (FIO_2 - FEO_2)$
- Relative VO_2 (VO_2/KG , in ml/kg/min)
- Sauerstoffpuls ($VO_2P = VO_2$ in l/min/HF)
- Relativer Sauerstoffpuls (VO_2P/KG)
- $VCO_2 = \text{Kohlendioxydabgabe} = AMV \cdot FECO_2 \cdot STPD$
- $AEO_2 = \text{Atemäquivalent für } O_2 = AMV / VO_2$
- Respiratorischer Quotient ($RQ = VCO_2/VO_2$)
- Atemäquivalent für O_2 ($A\ddot{A}O_2 = VE/VO_2$)
- Atemäquivalent für CO_2 ($A\ddot{A}CO_2 = VE/VCO_2$)
- Atemzugvolumen ($AZV = VE/AF$)

Im Respiratorischen Quotienten (RQ) kommt das Verhältnis von Kohlendioxidabgabe und Sauerstoffaufnahme zum Ausdruck, welches bei reiner Zuckerverbrennung 1 beträgt. Der RQ ergibt bei ausschließlicher Fettverbrennung 0,7 aber nur theoretisch, denn bei reiner Fettverbrennung wäre die Glykolyse blockiert. Man unterscheidet den metabolischen RQ, der in Körperruhe und bei Grundumsatzbedingungen gemessen wird, vom ventilatorischen RQ, der bei Belastung während der Spiroergometrie gemessen wird. Ein geringerer respiratorischer Quotient führt bei glykogenarmer Ernährung zu einer verminderten Leistungsfähigkeit. Dieses Phänomen kann nach Weineck (2007, S. 327) zu einer trainingsbedingten Rechtsverschiebung der Laktatleistungskurve kommen und eine falsche Trainingsempfehlung führen bzw. die Ausdauerleistungsfähigkeit überschätzt werden. Weil sowohl die erhöhte Durchsatzrate, als auch die zusätzliche Bildung von CO_2 in Folge der Bikarbonatpufferung den RQ beeinflussen, lassen sich Stoffwechselvorgänge nur bei niedrigen submaximalen Belastungen anhand des RQ abschätzen. Seine starken Schwankungen sind weiters der Grund, dass der RQ lediglich zur Abschätzung der Ausbelastung, sowie zur Überprüfung der Ruheumsatzbedingungen verwendet wird.

Soll nun eine Beurteilung der anaeroben Energiebereitstellung vorgenommen werden, so werden dafür aus der Spiroergometrie vor allem die Parameter RQ, das aufsummierte O_2 , die O_2 -Schuld und die zusätzlich abgeatmete Menge CO_2 (dient als Laktatäquivalent) zu Rate gezogen. Die heutzutage aber gebräuchlichste Methode ist, wegen ihrer Genauigkeit, die Bestimmung der Laktatkonzentration sowie die Analyse der Blutgase. Die Möglichkeiten der anaeroben Energiebereitstellung werden bestimmt durch den höchsten Laktatwert, der umso später in der Erholungsperiode gemessen wird, je höher die Ausbelastungslaktatkonzentration war. Liegt diese maximale Laktatkonzentration unter 8 mmol, so spricht man im Allgemeinen von einer geringen Ausbelastung. Analog definieren die Werte 8-12 mmol eine mittlere und 12-16 mmol eine hohe Ausbelastung. Bachl (1985, S. 546) gibt die eher niedrigen Laktatwerte für Langzeitausdauertrainierte (zwischen 8 und 12 mmol) vor, die sich aus dem inversen Zusammenhang zwischen maximaler Sauerstoffaufnahme (sowie

anaerobe Schwelle) und Laktatkonzentration ergeben. Demzufolge hat eine hohe maximale Sauerstoffaufnahme bedingt einen niedrigen Laktatwert.

6.3. Laktat - steady - state (LSS)

Dieser Punkt des Laktatspiegels liegt vor, wenn Abbau und Aufbau der energiereichen Phosphate im Gleichgewicht stehen. Zu Beginn einer gleichförmigen Belastung (z.B. Feldtest) besteht vom ersten Moment an jener ATP-Verbrauch, welcher der Belastung entspricht. Für Tomasits et al (2005, S. 46) nimmt die oxidative ATP-Resynthese zunächst rasch und dann immer langsamer zu, bis sie nach ca. 1,5 – 3 Minuten soweit hochgefahren ist, dass die Produktion wieder dem Verbrauch entspricht. Dieser Zustand entspricht einer ATP-Homöostase bzw. Fließgleichgewicht oder steady-state genannt. Um saubere Messdaten erzielen zu können, ist für Pokan et al (2004, S. 124) die Einstiegsbelastung, die Höhe der Belastungssprünge und die -länge von primärer Bedeutung. Die Belastungspausen müssen konstant eingehalten werden um die Abnahmebedingungen zu gewährleisten.

6.4. Maximales Laktat-steady-state (MLSS)

Tomasits et al (2005, S. 50) definiert die MLSS folgendermaßen:

„... kann individuell sehr verschieden hoch sein und hängt, abgesehen von genetischen Voraussetzungen, vor allem vom Trainings- und Ernährungszustand ab.“

Für Pokan et al (2004, S. 116) ist die MLSS jenes Belastungsniveau, bei dem sich gerade noch ein Gleichgewicht zwischen muskulärer Laktatproduktion und Laktatabbaurate des gesamten Organismus einstellt und damit die Laktatkonzentration konstant bleibt. MLSS wird im deutschsprachigen Raum auch als anaerobe Schwelle bezeichnet, die das maximale Laktat-Steady-State repräsentiert. Die Standardmethode für diesen bestimmten Schwellenbereich ist die der wiederholten Dauerversuche. Diese Belastungen werden mindestens über 30 Minuten mit geringen Belastungsunterschieden und längeren Pausen zwischen den einzelnen Durchgängen absolviert. Diese Methode ist sehr zeitaufwendig und für die Praxis eher unbrauchbar.

7. Ausdauertests und -kontrollformen der Leistungsdiagnostik zur Trainingssteuerung

Um über das ganze Jahr adäquate Informationen über die Leistungsoptimierung der einzelnen Spieler zu bekommen, müssen unterschiedliche Tests durchgeführt werden. Hierbei unterscheidet man die komplexen Tests, die über die Spielbeobachtung mit diversen Computerprogrammen ermittelt werden, von den einfachen sportmotorischen Leistungstests (Kapitel 7.1.), welche einzelne konditionelle oder technisch-taktische Leistungsfaktoren abtesten. Für Weineck (2007, S. 302) ist der ständige Vergleich von Ist- und Sollwert während der langfristigen Trainingsprozesse, die einzige Kontrolle für Trainingseffektivität und Leistungsoptimierung. Unter den bekanntesten allgemeinen Ausdauertests sind der Cooper – Test (Kapitel 8.1.2.) und die maximale Laufbandergometrie (Kapitel 7.1.2.) zu finden. Beide Tests werden laut Verheijen (2000, S. 183) mit nahezu gleichmäßigen Tempo gelaufen und zählen zu den azyklischen aeroben sportartunspezifischen Ausdauertests.

Weiteres werden die Testverfahren für die Ermittlung der allgemeinen Ausdauer (Kapitel 8.1.) von jenen zur Kontrolle der speziellen Ausdauer (Kapitel 8.2.) unterschieden, wobei gerade beim Fußballsport die Ermittlung der speziellen Ausdauer für McMillan et al (2005, 39, S. 273) die bedeutendere Rolle spielt. Diese Instrumentarien der Trainingssteuerung sind unabdingbar für die kurz-, mittel- und langfristige Trainingsplanung. Da diese Tests zwar dem Mannschaftssport dienen, aber einzeln durchgeführt werden, ist es aufgrund der Ergebnisse einfacher, individuell die vorliegenden Defizite zu trainieren.

Es wird von Weineck (2004, S. 112) darauf hingewiesen, dass Konditionstest in ihrer Aussage nicht überschätzt werden sollen. In einer komplexen Sportart wie Fußball können einzelne konditionelle Testergebnisse nur Hinweise auf Detailkomponenten der Spielfähigkeit geben und Konditionstests eignen sich zur Grobdiagnose einzelner, teilweise auch komplexer Anteile der Kondition.

Grosser et al (1988, S.22) unterscheidet zwischen direkter und indirekter Leistungskontrollen. Als direkte Kontrolle wird die Registrierung der komplexen sportlichen Leistung in Verbindung mit dem Wettkampf bezeichnet. Im Gegensatz dazu wird als indirekte Überprüfung die Erfassung einzelner Leistungselemente verstanden, die während oder zusätzlich zum Training erhoben werden. Am Beispiel eines Fußballspielers (Tabelle 4) wird gezeigt, welche Möglichkeiten der direkten und indirekten Leistungskontrolle es geben kann.

Tabelle 4: Übersicht der Möglichkeiten der direkten und indirekten Leistungskontrolle im Fußballspiel. Grosser/Neumaier 1988, S. 22).

	DIREKT	INDIREKT
Technische Komponente	Registrierung erfolgreicher und nicht erfolgreicher Aktionen bei folgenden technischen Elementen: Ballannahme und -mitnahme, Dribbling, Zuspiel, Zweikampf, Torschuss Durchführung: Stadion Fernseh-, Videoaufnahme	Technik-Testbatterie: Ballannahme und -mitnahme, Zuspiel, Dribbling, Torschuss, Jonglieren, Komplextests Durchführung: Sportplatz/Halle
Taktische Komponente	Numerische Feststellung von Aktionen (z. B. Einschalten in den Angriff) bzw. Auswertung individuell-taktischer Verhaltensweisen in Angriff und Abwehr nach einem zwei- oder mehrstufigen Bewertungssystem Durchführung: Videoaufnahme mit einem dem Auswertungszweck angemessenen Umfeld	Taktik-Testbatterie: Die Überprüfung des taktischen Verständnisses anhand von Spielszenen nach dem Richtig-Falsch- oder Multiple-choice-Verfahren mit einer oder mehreren Bestantworten Durchführung: nicht an einen bestimmten Ort gebunden
Konditionelle Komponente	Registrierung der Laufleistung (zurückgelegte Distanz mit und ohne Ball); differenziert nach Anzahl, Länge, Tempo der Läufe; differenziert nach Spielabschnitten. Telemetrische und blutchemische Untersuchungen während und unmittelbar nach Beendigung eines Spiels Durchführung: Stadion	Konditions-Testbatterie: zur Messung des allgemeinen Leistungsvermögens hinsichtlich Kraft, Ausdauer, Schnelligkeitsausdauer, Flexibilität, Messung der Herz-Kreislauf-Parameter unter fußballspezifischen Belastungsbedingungen, z. B. Leistungstest am Laufband, wobei die Stop-and-Go Bewegung (mit Variation des Bewegungstempos) des Fußballspielers simuliert wird. Durchführung: Sportplatz/Halle, medizinisches Labor

8. Methoden der Belastungsuntersuchungen

8.1. Sportmotorische Tests

Eine Unterteilung der sportmotorischen Leistungstests wird in Feld- und Labortests getroffen, wobei erstere im heutigen Fußballsport durch ihre Sportartspezifität bevorzugt werden. Diese sportmedizinischen Tests, die in Zusammenarbeit mit einer sportmedizinischen Institution getätigt werden, sind seit 2000 bis dato an der FSA durch das ÖISM (Österreichisches Institut für Sportmedizin) durchgeführt worden. Über diese speziellen Testverfahren ist es möglich, Fehler in der Trainingsplanung bzw. -gestaltung zu erkennen und konsequent zu korrigieren.

Allen sportmedizinischen Verfahren liegt das Belastungs-Beanspruchungsprinzip zu Grunde. Einer objektiven Belastung (z.B. 100 Watt) wird die subjektive Beanspruchung (z.B. Herzfrequenz) zugeordnet. Bei Vergleichen von Pokan et al (2004, S. 355) spielt dabei die Ökonomie der Bewegung eine entscheidende Rolle. Je ökonomischer eine Bewegung durchgeführt wird, umso niedriger wird die subjektive Beanspruchung auch sein. Die beiden gebräuchlichsten und am weitesten verbreiteten sportmedizinischen Belastungsuntersuchungen sind im Folgenden kurz vorgestellt und charakterisiert.

8.1.1. Feldtests

Der Name „Feldtest“ kommt vom Ort, an dem die Trainingsbelastungen durchgeführt werden. Sportartspezifische Bewegungsabläufe, vor allem im Fußballsport sind auf Ergometern nicht vollständig reproduzierbar, deshalb ist eine Notwendigkeit von Feldtests unabdingbar. Diese Tests werden mehrmals pro Jahr an den Spielern angewendet, um ihre konditionelle Fitness zu testen. Das Ziel dieses Tests ist es, eine größtmögliche sportartspezifische Leistungsüberprüfung vorzunehmen und die limitierenden biologischen Belastungsgrößen (Herzkreislauf, Atmung, Muskelstoffwechsel) zu überprüfen. Weil die Beurteilung der Leistungsfähigkeit nach Feldtests besonders hoch ist, sind viele Trainer der Ansicht, auf Labortests ganz zu verzichten. Pokan (2004, S. 112) betont die hohe Treffsicherheit der spezifischen Leistungsfähigkeitsbeurteilung bei Feldtests, weist aber darauf hin, dass auf die Standardlabortests nicht verzichtet werden soll.

Auch wenn einige Trainer Befürworter der praxisnahen Feldtests sind und die theoriefernen Labortests meiden wollen, hat sich die Sportmedizin durch so genannte mehrstufige Belastungsverfahren am Fahrrad- oder Laufbandergometer bewährt. Schnabel et al (2005, S. 176) besagt, dass Labortests häufig mit Felduntersuchungen kombiniert werden sollen, um Vor- und Nachteile beider Verfahrensweisen auszugleichen bzw. zu optimieren. Einzelne Messparameter, die sich in ihrem aeroben und anaeroben Ausdauergrad widerspiegeln, können dabei quantifiziert werden. Diese Untersuchungsmethoden finden im Labor statt und stecken voller standardisierter Informationen. Pokan et al (2004, S. 148) gibt Fehlermöglichkeiten von Feldtests an:

- Zu hohe Anfangsgeschwindigkeit
- Zu intensives oder zu geringes Aufwärmen
- ungeeignetes Protokoll für die spezifische Fragestellung
- Inkonstante Belastungsintensität
- Pausenlänge: inkonstante Pausendauer
- Technische Probleme: Umgang mit den Herzfrequenz-Messgeräten, Laktatabnahme, Laktatmessung, Messgerätewahl etc.
- Ungeeignete Organisation des Testlaufs

Feldtests erlauben eine bessere Differenzierung der Leistungsfähigkeit, denn es wird sowohl nach methodischen Kriterien (Geschwindigkeit, Belastungsintensität, Wiederholungsanzahl, Übungsstabilität u.ä.) getestet als auch mit biologischen Messgrößen geprüft. Für Weineck (2007, S. 302), ist der regelmäßige Vergleich von Ist- und Sollwert während der langfristigen Trainingsprozesse die einzige Kontrolle für Trainingseffektivität und Leistungsoptimierung.

8.1.2. Labortests

Nach Pokan et al (2004, S. 27), werden unter sportmotorische Leistungstests Fahrrad-, Laufband- und Spezialergometrie genannt, die in die Kategorie Labortests eingereiht werden. Bei dieser Testserie wird von den Sportlern die Leistungsfähigkeit, die Registrierung von Blutdruck, Herzfrequenz und EKG, die Bestimmung von Laktat (Schwellendiagnostik) getestet, um Rückschlüsse auf die Trainingsprozesse im Verlauf zu bekommen. Standardisierte Belastungsprotokolle und Testbedingungen, die von der jeweiligen Sportart unabhängig sind, müssen dabei genau beachtet werden. Mit speziellen Softwareprogrammen, die PC-unterstützt durchgeführt werden, wird eine Auswertung, Dokumentation und Längsschnittanalyse protokolliert.

Fahrradergometer

Die Fahrradergometrie hat sich durch ihre genaue Dosierbarkeit und Reproduzierbarkeit als gebräuchlichste Methode in Mitteleuropa durchgesetzt. Einzig die aufwändige Eichung der Geräte, sowie das angesprochene Problem der kardiopulmonalen Ausbelastung stehen als Nachteile dieser Methode zu Buche. Grundsätzlich unterscheidet Pokan et al (2004, S. 35f) hier zwischen drehzahlabhängigen und drehzahlunabhängigen Ergometern. Die erzielte Leistung ergibt sich in jedem Fall als Produkt aus Umdrehungen pro Minute und überwundener Bremskraft. Der große Vorteil der drehzahlunabhängigen Geräte liegt damit deutlich auf der Hand. Während die Probanden bei den drehzahlabhängigen Ergometern selbst trachten müssen die Umdrehungszahl konstant zu halten um die Leistung konstant zu halten, kann die Umdrehungszahl bei den drehzahlunabhängigen Geräten mehr oder minder frei gewählt werden, weil der Widerstand automatisch angepasst wird und die Leistung somit automatisch konstant bleibt. Vor allem für ungeübte Probanden ist dieser Aspekt bedeutend.

Laufbandergometer

Der offensichtlichste Unterschied zwischen Laufband- und Fahrradergometer besteht in der Abhängigkeit der Leistung vom Körpergewicht bei der Laufbandergometrie. Der Laufbandergometer ist der am häufigsten verwendete Spezialergometer. Die Berechnung der Leistung (L) erfolgt nach der Formel $L = K \cdot v \cdot \alpha$, wo K das Körpergewicht (kg) ist, v (m/s) die Geschwindigkeit und α der Steigungswinkel. Ein Vorteil des Laufbandes gegenüber anderen Prüfbelastungen liegt vor allem in der Tatsache, dass Gehen und Laufen sehr natürliche Bewegungsformen unter Verwendung großer Muskelgruppen sind. Eine volle Ausbelastung ohne Limitierung durch Muskelermüdung kann damit erreicht werden. Für alle Athleten aus Laufdisziplinen sowie für Fußballspieler (Spielsportarten) stellt das Laufband also eine adäquate Prüfbelastung dar.

Als Nachteile sind besonders Schwierigkeiten bei der Abnahme des EKG und des Blutdruckes, sowie die höhere Unfallgefahr zu nennen. Für die Trainingssteuerung ist die Geschwindigkeit am Laufband bei der anaeroben Schwelle der wichtigste Parameter, der aber für die Praxis angepasst werden muss. (fehlender Luftwiderstand, Material der Laufbahn,...)

Vor- und Nachteile von Feld- und Labortestungen

Ein bedeutender Unterschied zwischen Feld- und Labortest ist, dass beim Feldtest meist die vorgegebenen Strecken konstant bleiben und damit die Zeit pro Belastungsstufe bei steigender Intensität kürzer wird. Pokan (2004, S. 148) gibt Probleme für die Interpretation der zeitabhängigen Messgröße Laktatkonzentration an. Zu Beginn der Untersuchungen ist zu klären, ob man Ein-, Zwei- oder Mehrstufentests bei aerober oder anaerober Orientierung verwendet, die bestenfalls mit maximaler Ausbelastung kombiniert sind.

Aufgrund der unzählig verschiedenen Sportarten ist es gelungen, durch die Leistungsdiagnostik sowohl sportartunspezifische als auch sportartspezifische Feldtests zu entwickeln. Dieser Unterschied wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit, wie schon vorher erwähnt, als allgemeine und spezielle Ausdauer tests (Kapitel 9) gehandhabt. Weineck (2004, S. 113f) und Schwabegger (1984) geben in Tabelle 5 Vor- und Nachteile von Labor- und Feldtestungen an.

Tabelle 5: Vor- und Nachteile von Labor- und Feldtests (nach Weineck, 2004).

Labor	Kriterium	Feldtest
nicht immer vorhanden	Sportartspezifität	grundsätzlich vorhanden
nicht immer möglich	Spezielle Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung	grundsätzlich möglich
genau möglich	Allgemeine Leistungsdiagnostik	nicht genau möglich
detailliert erfassbar	Konditionelle Leistungskomponenten	nicht genau erfassbar
zahlreich	Messgrößen	limitiert
sehr gut	Genauigkeit, Standardisierbarkeit, Normierbarkeit	schlecht

9. Allgemeine Ausdauerformen

Unter allgemeine Konditionstests fallen wie vorhin erwähnt die Laufband- und Fahrradergometrie, welche in die Kategorie Labortests (Kapitel 7.1.2.) eingereiht werden. Aufgrund der unzählig verschiedenen Sportarten ist es gelungen, durch die Leistungsdiagnostik einige allgemeingültige Ausdauerformen zu entwickeln. Unter die Kategorie Feldtests sind speziell der Cooper-Test und der Conconi-Test weitläufig bekannt. Diese beiden Tests möchte ich auch bei den allgemeinen Ausdauerformen hervorheben und sie auf ihre Praktikabilität für den Fußballspieler untersuchen. Des Weiteren wird der Feldstufentest unter den Allgemeinen Ausdauerformen näher beschrieben, da er an der FSA in Hollabrunn praktiziert wird und für die abschließende Statistikauswertung relevant ist.

9.1. Conconi – Test

Zur Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit ist der Conconi – Test in der Praxis eine vielfach verwendete Methode. Zur Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung werden gegenwärtig zwei Schwellenkonzepte systematisch angewendet. Nach Lehnertz et al (1988, S. 5) gibt es zum einen die Laktatleistungskurve als Beschreibung der Laktatkinetik und zum anderen die Herzfrequenzleistungskurve als Ausdruck der Herzfrequenzkinetik bei bestimmter stufenförmiger Belastung. Mit Hilfe der Herzfrequenz hat Conconi (1982, S. 869) unblutig, also ohne Laktatbestimmung, die aerobe und die anaerobe Schwelle anhand von zwei Knickstellen (Herzfrequenzumschlagspunkt) der Herzfrequenz bei kontinuierlich gesteigerter Belastung gefunden. Abbildung 15 zeigt uns, welchen linearen Bezug zwischen Belastungsintensität und Herzfrequenz bei kontinuierlich gesteigerter Belastung besteht.

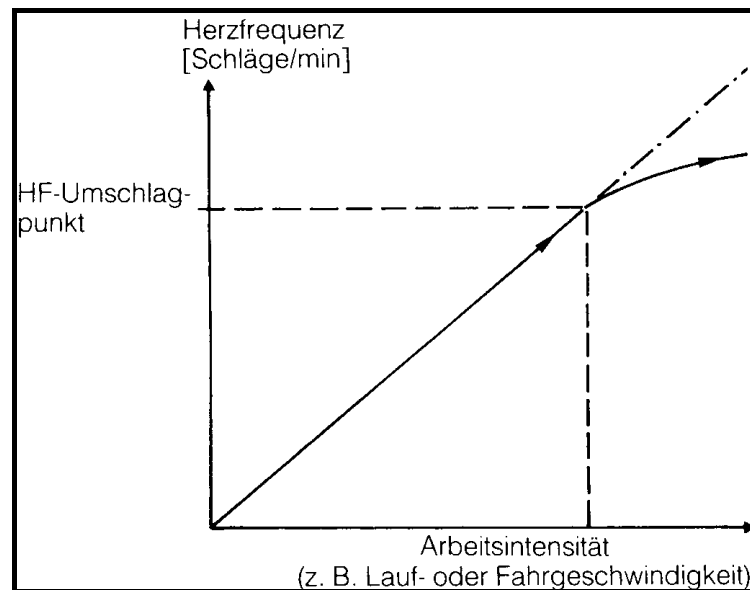


Abbildung 15: Das Prinzip von Conconi (nach Janssen 1989, S. 19 in Weineck 2007, S. 310).

Die Durchführung des Tests ist zeitsparend und einfach anzuwenden, jedoch bei der Interpretation wird Routine vorausgesetzt. Nach ausreichendem Aufwärmprogramm wird jedem Spieler ein Pulsgurtset (Gurt, Pulsuhr und ev. Laufsensoren) angelegt, mit dem alle Daten aufgezeichnet werden können. Mit diesem Gerät werden in jeder Geschwindigkeitsstufe exakt die Pulsfrequenzen erfasst und im Anschluss mittels PC-Schnittstelle übertragen und ausgewertet.

Laut Schnabel et al (2005, S. 175) wird der Test mit einer Belastungsstufe von 200m in 72 Sekunden gestartet und für alle weiteren Stufen sind jeweils zwei Sekunden weniger Zeit für die Strecke zur Verfügung (70, 68, 66, usw.) Ab einem Zeitintervall von 40 Sekunden pro 200m wird jede weitere Stufe nur mehr um eine Sekunde verkürzt. Um den Probanden neben regelmäßig durchgeführten akustischen Signalen auch optische Unterstützung geben zu können, werden an der Laufstrecke im Abstand von 50m Markierungen angebracht (Abbildung 16).

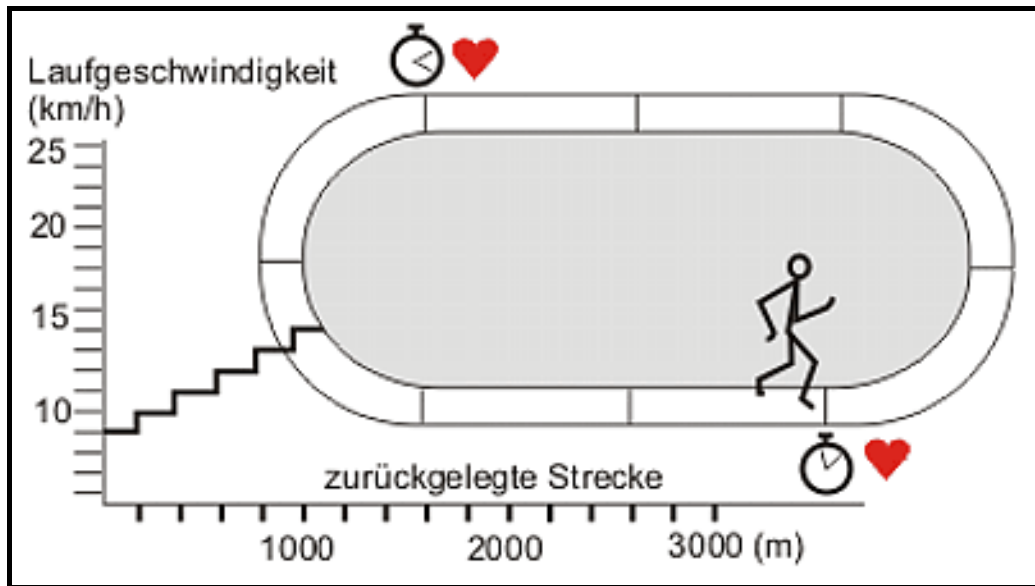


Abbildung 16: Conconi – Test. <http://www.fitnessonline.at> (Zugriff am 29.01.2008).

Platz: _____ Datum: _____

Name: _____ Alter: _____

Sportart: _____

Zahl	Weg	♥	⌚ Zeit	km/h
1	200			
2	400			
3	600			
4	800			
5	1000			
6	1200			
7	1400			
8	1600			
9	1800			
10	2000			
11	2200			
12	2400			
13	2600			
14	2800			
15	3000			
16	3200			
17	3400			
18	3600			

Zeit für 200 m	km/h	Zeit für 1000 m
70	10	6'00"
65	11	5'30"
60	12	5'00"
55	13	4'30"
50	14	4'00"
45	15	3'30"
40	16	3'00"
39	17	2'30"
38	18	2'00"
37	19	1'30"
36	20	1'00"
35	21	0'30"
34	22	0'00"
33	23	
32	24	
31	25	
30	26	
29	27	
28	28	
27	29	
26	30	
25		
24		

a b

Abbildung 17: Musterprotokoll für den Conconi - Test (a) mit zugehöriger Umrechnungstabelle (b). Mit Hilfe der Umrechnungstabelle kann aus der 200-m-Zeit die Laufgeschwindigkeit (km/h) abgelesen werden (nach Janssen 1989, S. 71). (Weineck, 2004, S. 138).

Rundenzahl	Zeit für 200 m [s]	Zeit für 50 m [s]	Pfiff bei Strecke [m]
1/2	72	18	50 – 100 – 150 – 200
1	70	17,5	250 – 300 – 350 – 400
1 1/2	68	17	450 – 500 – 550 – 600
2	66	16,5	650 – 700 – 750 – 800
2 1/2	64	16	850 – 900 – 950 – 1000
3	62	15,5	1050 – 1100 – 1150 – 1200
3 1/2	60	15	1250 – 1300 – 1350 – 1400
4	58	14,5	1450 – 1500 – 1550 – 1600
4 1/2	56	14	1650 – 1700 – 1750 – 1800
5	54	13,5	1850 – 1900 – 1950 – 2000
5 1/2	52	13	2050 – 2100 – 2150 – 2200
6	50	12,5	2250 – 2300 – 2350 – 2400
6 1/2	48	12	2450 – 2500 – 2550 – 2600
7	46	11,5	2650 – 2700 – 2750 – 2800
7 1/2	44	11	2850 – 2900 – 2950 – 3000
8	42	10,5	3050 – 3100 – 3150 – 3200
8 1/2	40	10	3250 – 3300 – 3350 – 3400
Unter 40 Sekunden wird das Tempo nur noch um je 1 Sekunde gesteigert!			
9	39	9,75	3450 – 3500 – 3550 – 3600
9 1/2	38	9,5	3650 – 3700 – 3750 – 3800
10	37	9,25	3850 – 3900 – 3950 – 4000
10 1/2	36	9	4050 – 4100 – 4150 – 4200
11	35	8,75	4250 – 4300 – 4350 – 4400
11 1/2	34	8,5	4450 – 4500 – 4550 – 4600
12	33	8,25	4650 – 4700 – 4750 – 4800
12 1/2	32	8	4850 – 4900 – 4950 – 5000
13	31	7,75	5050 – 5100 – 5150 – 5200
13 1/2	30	7,5	5250 – 5300 – 5350 – 5400
14	29	7	5450 – 5500 – 5550 – 5600
14 1/2	28	6,75	5650 – 5700 – 5750 – 5800
15	27	6,5	5850 – 5900 – 5950 – 6000
15 1/2	26	6,25	6050 – 6100 – 6150 – 6200
16	25	6	6250 – 6300 – 6350 – 6400
17	24	5,75	6450 – 6500 – 6550 – 6600

Abbildung 18: Tempotabelle für den Conconi-Test.
Notwendiges Arbeitsinstrumentarium: Pfeife und Stoppuhr
(mit 1/100 Zeitangabe). (Weineck 2007, S. 312).

Es ist zu beachten, dass bei diesem Test nicht wie gewöhnlich bei Feldtests in fixen Zeitinkrementen, sondern in fixen Streckenlängen (200m) die Belastung vorgegeben wird. Pokan et al (2004, S. 114) festigt dieses, nicht - invasive Verfahren und bestätigt die Bestimmung der anaeroben Schwelle aus dem Verlauf der HF-Leistungskurve. Durch den kontinuierlichen Verlauf des Tests ohne Unterbrechung ist eine direkte Beurteilung der Stoffwechselsituation im submaximalen Bereich allerdings nicht möglich.

Beim Conconi – Test wurde irrtümlicherweise lange Zeit davon ausgegangen, dass ein linearer Zusammenhang zwischen Belastung und Herzfrequenz besteht. Doch Brooke et al (1972, in Pokan S. 50) haben bereits vorher einen S-förmigen Verlauf der Herzfrequenzleistungskurve mit einer Abflachung auf submaximalen Belastungsstufen entdeckt. In den 90er Jahren wurden Untersuchungen durchgeführt, die diese Abflachung der Herzfrequenzleistungskurve bei 85% von

gesunden jungen Personen zeigten und zur unblutigen Bestimmung der anaeroben Schwelle herangezogen wurden. Bei dieser Schwellenbestimmungsmethode wird von den Probanden keine maximale Ausbelastung vorausgesetzt und die damit verbundenen erhöhten Ansprüche an die Willenskraft kommen nicht zum Tragen. Sobald der Sportler ein bestimmtes Tempo nicht mehr laufen kann, wird der Test abgebrochen. Für Weineck (2007, S. 310) kann die Konsequenz für die Trainingspraxis einer submaximalen Belastungsintensität unterhalb der anaeroben Schwelle eine beträchtliche Fehleinschätzung für die Trainingsintensität sein. Eine punktgenaue Erhebung der anaeroben Schwelle ist dieser Test nur bedingt durchführbar.

9.2. Cooper - Test

Der Cooper-Test (Abbildung 19) ist ein sehr häufig angewendeter 12min Ausdauer-test, bei dem die zurückgelegte Strecke als Ausdruck der Leistungsfähigkeit bewertet wird. Dieser Test wird zur Ermittlung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit an einer 400m Bahn durchgeführt. Ein brauchbares Ergebnis des Cooper – Tests ist nur dann gegeben, wenn der Sportler stets unter selben Rahmenbedingungen (Wetter, Vorbelastungszustand, Ernährung usw.) und mit höchster Motivation getestet wird. Gleichmäßiges Tempo und kein Schlusssprint sind wichtige Kriterien für eine qualitativ hochwertige Laktatmessung.

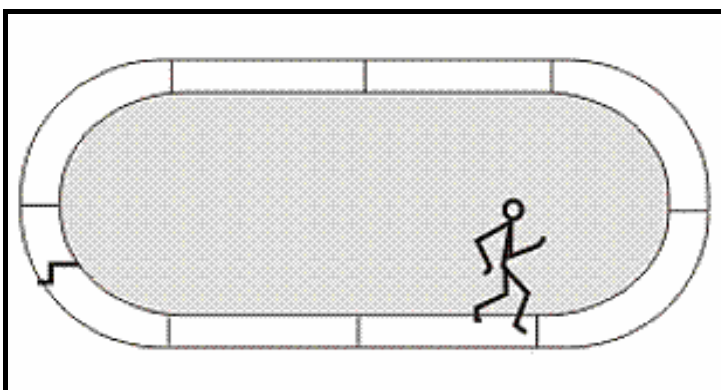


Abbildung 19: Cooper – Test. (Zugriff am 29.01.2008).
<http://www.fitnessonline.at/wissen/index.html>

Ohne verfügbare Laufbahn sind Abwandlungen wie nach Klante (1979, Weineck 2004, S.114) auf einem Fußballplatz ebenfalls nachahmbar. Anhand der absolvierten Strecke nach exakt zwölf Minuten ist es durch Wertungstabellen (Tabelle 5) für die verschiedenen Altersstufen und Leistungsklassen möglich, Rückschlüsse auf die Sauerstoffaufnahme-fähigkeit (VO_{2max}) zu bekommen.

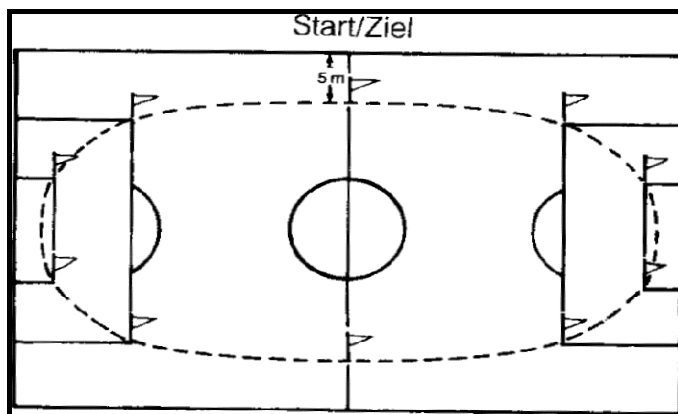


Abbildung 20: Abwandlung nach Klante (1979, S. 212 in Weineck S. 114)

Tabelle 6: Bewertungstabelle für Jugendliche im Cooper-Test. (Weineck, 2004, S. 116).

Altersklasse	D-Jugend (10-12 J.)	C-Jugend (12-14 J.)	B-Jugend (14-16 J.)	A-Jugend (16-18 J.)
Kondition				
Ausgezeichnet	2850 m	2950 m	3050 m	3150 m
Sehr gut	2650 m	2750 m	2850 m	2950 m
Gut	2250 m	2350 m	2450 m	2550 m
Befriedigend	1850 m	1950 m	2050 m	2150 m
Mangelhaft	1250 m	1350 m	1450 m	1550 m
Ungenügend	Weniger als die unter mangelhaft zurückgelegte Strecke			
(Mädchen in allen Klassen etwa 200 Meter weniger als Jungen)				

Nach Schnabel (2005, S. 175) steht der medizinische Parameter VO_{2max} in enger Korrelation mit der Laufleistung. Eine wissenschaftliche Studie von Chamari et al (2004, 38, S. 191-196) bestätigt diese Aussage und besagt, dass eine 11%ige Verbesserung der VO_{2max} in Verbindung mit einer trainingsbedingten Laufökonomiesteigerung von 5%, die durchschnittliche Laufleistung pro Spiel um 1000m verbessern kann. Erstaunlicherweise ist diese Erkenntnis auch nicht von der Spielposition abhängig, wie uns die Studie von Rustu Guner et al (2006, 23 (3), 395-403) beweist. Einzig und alleine die Herzfrequenz sinkt in Verbindung mit der Laufgeschwindigkeit an den verschiedenen Laktatschwellen mit dem Alter und den Trainingsjahren.

9.3. Fußballspezifische Ausdauer tests

Eine effektive Trainingsgestaltung der jungen Fußballer ist nur dann möglich, wenn die einzelnen Trainer (U15, U17, U19) entsprechende Rückmeldungen bzw. Erkenntnisse über die Wirksamkeit der Trainingseinheiten erhalten. Diese können im weiteren Training gezielt und steuernd für den Mittel- und Langzeittrainingsplan eingebracht werden. Deshalb kann der Trainer bei den spezifischen Ausdauer tests aufgrund der Ergebnisse differenzierter auf die einzelnen Spieler, bestimmte Mannschaftsteile oder die gesamte Mannschaft zum Defizit beseitigenden Extratraining bitten. Aus diesem Grunde ist der Grundbaustein bei Fußballspielern wie bei anderen Sportsportarten auch, der aerob/anaerobe Übergang der Laktatkonzentration. Bei einer Testung kann mittels Herzfrequenz und Laktatmessung genau bestimmt werden, in welchem Trainingszustand sich der einzelne Spieler befindet. Die ausgewählten Testverfahren sollen so angelegt werden, dass sie einer Wettkampfbewegung sehr nahe kommen.

Laut Binz (1985, S. 35) soll die wettkampfspezifische Ausdauer den im Fußballspiel auftretenden Ausdaueranforderungen, mit charakteristischen Belastungswechsel, möglichst entsprechen. Ebenso geben qualitative (Intensität der Läufe, technisch-taktische Aktionen) und quantitative Spielanalysen (gelaufene Strecken, Summe bestimmter technisch-taktischer Aktionen) wichtige Hinweise für die Gestaltung der sportartspezifischen Testserien.

9.3.1. Shuttle – Run Test

Beim Shuttle–Run Test wird die azyklische aerobe Ausdauer des Spielers getestet. Verheijen (2000, S. 185f) bezeichnet diesen Test als „fußballspezifischer“ im Vergleich zum berühmteren Conconi – Test. Dieser Test misst die Ausdauer, wobei während des Testes immer wieder abgebremst und beschleunigt werden muss. Die Aufgabe für den Testkandidat besteht darin, innerhalb zweier Linien, die 20 Meter voneinander entfernten sind, immer schneller hin und her zu laufen (Abbildung 21). Dabei wird der Läufer von einem Signal begleitet, wobei er die Linie mit mindestens einem Fuß berühren muss, bevor er wenden darf. Ein einziges Mal ist es erlaubt, die Linie verspätet zu erreichen. Beim zweiten Mal ist der Test für diesen Spieler beendet. Die vorgegebene Geschwindigkeit wird dem

Teilnehmer durch akustische Signale mit Hilfe eines Taktgebers oder durch eine Reihe von Pfeifsignalen des Trainers mitgeteilt. Der Test beginnt bei einer Geschwindigkeit von 8 km/h und wird jede Minute um 0,5 km/h erhöht, sodass die Geschwindigkeitserhöhung stufenweise stattfindet. Wird der Test von einem Spieler beendet, muss er den Parcours schnellstmöglich verlassen, um die anderen Spieler bei der Fortsetzung nicht zu behindern. Im Anschluss wird die erreichte Stufenanzahl mit einer Genauigkeit von einer halben Stufe ausgedrückt, wobei das erreichte Ergebnis die letzte vollendete halbe oder ganze Stufe zählt (Abbildung 22).

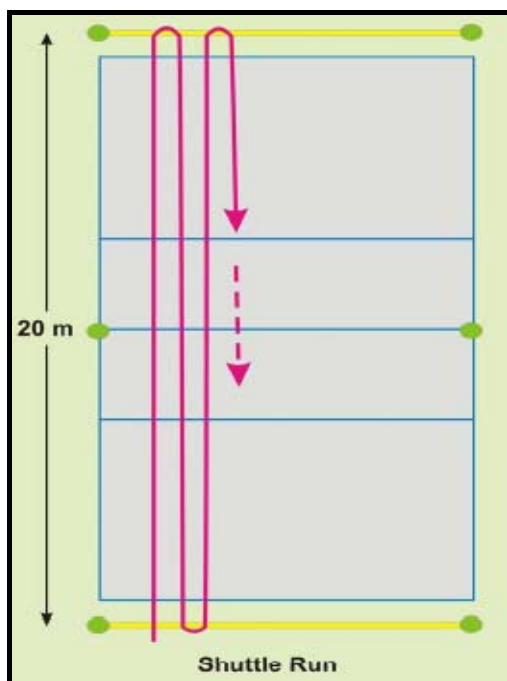


Abb. 21: Skizze Shuttle Run (Verheijen, 2000, S. 187).

Shuttle Run (20 m)		LAPS
1	1 2 3 4 5 6 7	
2	1 2 3 4 5 6 7 8	
3	1 2 3 4 5 6 7 8	
4	1 2 3 4 5 6 7 8 9	
5	1 2 3 4 5 6 7 8 9	
6	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	
L 7	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	
E 8	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	
V 9	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	
E 10	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	
L 11	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	
12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	
13	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	
14	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	
15	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	
16	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14	
17	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14	
18	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	
19	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	
20	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	
21	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	

= $\dot{V}O_{2max}$

Abb. 22: Shuttle-Run Levels. (Verheijen, 2000, S. 186).

Im Laufe eines Shuttle-Run Tests, wird auf kontinuierliche Art und azyklische Weise bis zur maximalen Herzfrequenz hingearbeitet. Durch die stetige Belastungssteigerung erhöhen sich Muskeldurchblutung und die Atmung bis zum Maximum, um am Höhepunkt der maximalen Herzfrequenz die größtmögliche Energiemenge pro Zeiteinheit zu produzieren. Laut Verheijen (2000, S. 186) ist die maximale Herzfrequenz, die in Verbindung mit der Endstufe im Shuttle – Run Test erreicht wird, ein Maß für die aerobe Ausdauer eines Sportlers.

Es ist durchaus möglich, diesen Test auch in submaximaler Form durchzuführen. Diese Anwendung der Testung unterscheidet sich von einer maximalen Ausbelastung in dem Ausmaß, dass nur bis zu einer bestimmten Stufe belastet werden muss, um Ergebnisse über den aktuellen Ausdauerstand zu bekommen. Deshalb wird beim Shuttle – Run empfohlen, die Herzfrequenz auch während des Tests zu messen. Auf diese Weise hat der Trainer Einblicke in die Veränderung der Herzfrequenz bei unterschiedlichen Belastungsstufen und kann so Rückschlüsse auf die Veränderungen im Vergleich zu vorangehenden Tests schließen. Die verbesserte Kontrolle der Herzfrequenz ist mit dem Polar® Sportmesser RS800sd möglich, der sekundengenau die einzelnen Daten aufzeichnet und über PC grafisch dargestellt, um Interpretationen einfacher zu gestalten. Sehr gut eignet sich diese Testform für Spieler, die nach einer Verletzung oder Krankheit noch nicht voll belastbar sind. Diese Spieler können somit einer Testbelastung unterzogen werden, ohne an ihre maximalen Grenzen gehen zu müssen.

Um die Standardisierung der Testergebnisse zu unterschiedlichen Terminen sicherzustellen und miteinander vergleichen zu können, wird von Verheijen (2000, S. 187) befürwortet, die Tests jedes Mal unter möglichst identischen Bedingungen (Untergrund, Witterungsbedingungen, Testtag, Schuhwerk) stattfinden zu lassen. Diese Testserien sollten 3- bis 4-mal pro Spielsaison durchgeführt werden, um die Ausdauerwerte zu bestimmten Zeitpunkten zu kontrollieren bzw. zu vergleichen.

Tabelle 7: Shuttle – Run – Testergebnisse und Laufzeiten. (Verheijen, 2000, S. 188).

Shuttle – Run	Laufzeit
Sehr gut	> 13,30 sec
Gut	> 12,30 sec
Mäßig	> 11,30 sec
Schlecht	< 11,30 sec

9.3.2. HOFF - Test

Endurance training and testing with the ball in young elite soccer players

In „The British Journal of Sports Medicine“ haben Chamari et al (2005, 39, S. 24) sehr interessante Informationen über die aerobe Ausdauerleistungskapazität von jungen Fußballspielern publiziert. Zu Beginn dieser Studie wurde die Hypothese aufgestellt, dass ein achtwöchiges Intervalltraining bei U15 – jugendlichen Spitzenfußballern, zusätzlich zum gewohnten Training die Ausdauerleistungsfähigkeit mit hoher Signifikanz ($p < 0.01$) zur maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}) und der Laktatschwellen (Lactate Threshold) steigern kann. Um diese Behauptung verifizieren zu können, wurden 18 Spieler im Alter von 14 (0.4) Jahren aus Tunesien für dieses Experiment getestet. Die Kriterien für das studienadäquate Intervalltraining waren folgende Punkte:

- Dauer: acht Wochen
- Umfang: zwei Mal pro Woche
- Häufigkeit: vier Mal 4 Minuten mit einer Laufintensität von 90-95% der Hf_{max}
- aktive Erholungsperioden: 60-70% der Hf_{max} zwischen den Durchgängen
- dieses Training soll zusätzlich zum gewohnten Training erfolgen

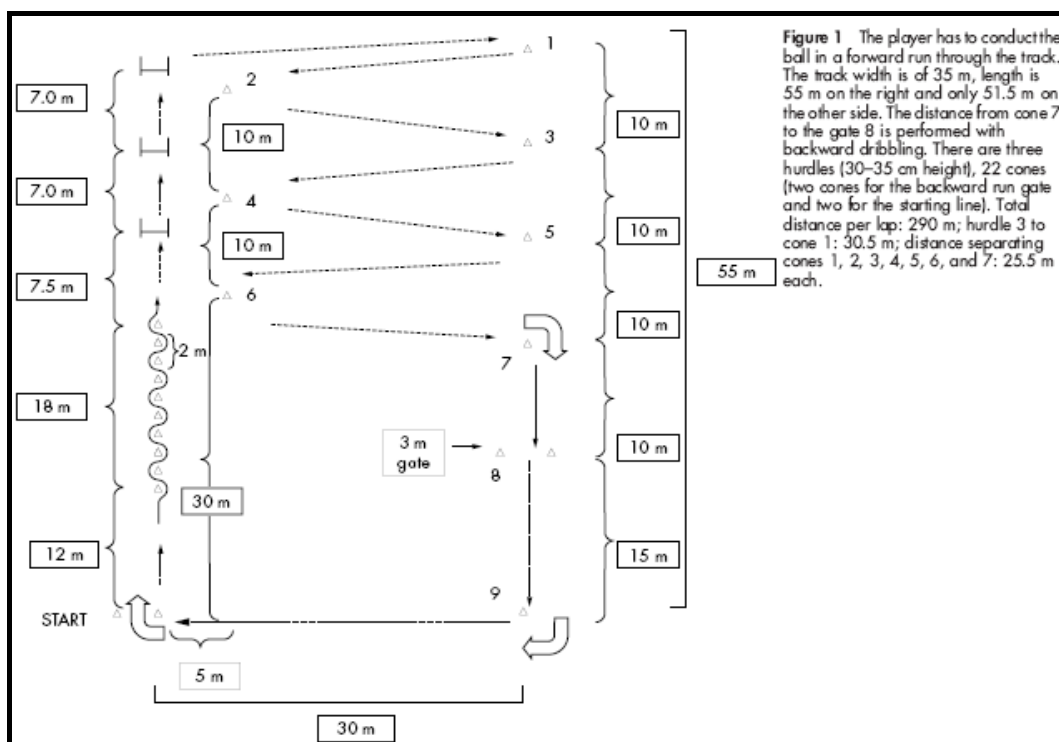


Abbildung 23: Hoff Test nach Chamari et al (2005, 39, S. 26).

Methodologie und Durchführung der Testserie

Die positiven Effekte der aeroben Kapazität bei Fußballspielern wurden bei wissenschaftlichen Untersuchungen von Helgerund et al (2001, 33, S. 1925-31) bereits bewiesen. Er demonstrierte, dass eine verbesserte maximale Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}) von 5 ml/kg/min und eine erhöhte Laufökonomie von 7%, einen erheblichen Einfluss auf die technische und taktische Arbeitsleistung der Spieler während eines Spieles hat. Diese Erkenntnis spiegelt die wichtige Rolle der modernen Spieler von heute wieder, denn die Spielgeschwindigkeiten und das Intensitätsniveaus sind immer schneller und höher geworden. Die aerobe Kapazität kann mit einer Spiroergometrie bei Labortests überprüft werden. Dieser Test ist dagegen nicht für alle Teams möglich und somit beschreibt Kemi et al (2003, 43, S. 139-144) ein tragbares Messgerät für diese Parameterbestimmung. Es ist nicht erwiesen, welchen exakten Zusammenhang die gelaufene Strecke mit der VO_{2max} hat, ob die gesteigerte Strecke vom spezifischen Testversuch abhängig ist oder nicht. Das Ziel dieses sportartspezifischen Ausdauer Tests nach Hoff ist es, diese Zweifel klar zu stellen. Bei dieser Studie wurden zwei Tests durchgeführt, wobei der erste Test knapp nach Saisonmitte der tunesischen Meisterschaft absolviert wurde und ein weiterer nach acht Wochen des speziellen Intervalltraining während der Saison.

Labortest vor dem Hoff – Test

Um die VO_{2max} der einzelnen Spieler ermitteln zu können, wurde ein Labortest mit dem Ergometer (Ergo XELG 90, Woodway, Weil, Deutschland) vorab durchgeführt. Gestartet wurde mit einem „Warmlaufen“ von vier Minuten bei einer Geschwindigkeit von 7km/h. Mit 1km/h Steigerungsstufen wurde jede weitere Minute die Geschwindigkeit bis zur auftretenden Erschöpfung der Probanden gesteigert. Die höchste Herzfrequenz (Hf) an dieser Stelle wurde für den Test als maximale Herzfrequenz (Hf_{max}) bestimmt. Nach Angaben von Chamari et al (2003) diente der Labortest als Pre-Test (Voruntersuchung) und wurde im Jänner bei durchschnittlichen 19.5° in Tunesien zwischen 14:00 – 17:00 durchgeführt. Der Atmosphärendruck betrug 1019.3 (9.7) mmHg und es herrschte dabei eine Luftfeuchtigkeit von 74.3 (3)%.

Der Post-Test (Nachuntersuchung) fand zur selben Tageszeit bei 19.8° im März, einem Atmosphärendruck von 1021.8 (1) mmHg und 69.5 (0.6)% Luftfeuchtigkeit statt. Die Spieler trugen bei beiden Tests Sportbekleidung, Laufschuhe und hielten sich am Vortag der Tests mit dem Training zurück. Koffeinhaltige Getränke durften an beiden Testtagen nicht zugeführt werden.

Bedingungen bei der Feldtestserie des Hoff-Test

Der Feldtest wurde für alle 18 Spieler zwischen drei und sieben Tagen nach dem Labortest durchgeführt. Dieser erste Test im Jänner wurde von 16:00 – 18:30 Uhr bei 15°C, Luftatmosphäre von 1017 mmHg und 87% Luftfeuchtigkeit absolviert. Der zweite Test im März fand zur selben Tageszeit bei 20°C, Atmosphärendruck von 1021 mmHg und 75% Luftfeuchtigkeit statt. Für diesen Test wurden wieder Sportbekleidung, Laufschuhe und derselbe Untergrund (Rasen) verwendet. Diese Daten wurden erhoben, um keine vermeidbaren äußeren Einflüsse auf den Test einwirken zu lassen.

Hoff – Test Durchführung

Dieser Test wird zum ersten Mal in der gegenwärtigen Studie präsentiert und auf einem Parcours durchgeführt, der erstmalig durch Hoff (2002, 36, 218-221) befürwortet wurde. Für diese Studie wurde der Hoff – Test auf eine Parcourslänge von 290m modifiziert, bei dem die einzelnen Spieler den Ball während des gesamten Tests durch den Parcours dribbeln mussten. Der primäre Verwendungszweck dieses aeroben Fußballausdauer-tests ist es, so viele Meter wie möglich in zehn Minuten zurückzulegen. Jeder Spieler wird zur Halbzeit und nach neun Minuten akustisch darauf hingewiesen, wie viele Minuten noch zu absolvieren sind. Fünf Spieler können somit gleichzeitig, im Zeitintervall von einer Minute, zeitgleich den Test ausführen und sparen damit Zeit bei der Durchführung. Für einen besseren Überblick bekamen die Testpersonen Überziehleibchen, die sich in Farbe oder Nummer unterschieden. Vier Tage bevor der erste Testlauf gestartet wurde, sind die Spieler gebeten worden, einen Pre-Test zu starten, bei dem sie sich maximal anstrengen sollten.

Training für den Hoff – Test

Die 18 Spieler unterzogen sich über acht Wochen dem Intervalltraining durch den Hoff – Test. Dieses zusätzliche Ausdauertraining fand zwei Mal pro Woche im Anschluss an das herkömmliche Training statt. Jeden Dienstag wurden vier mal vier Minuten mit 90-95% der Hf_{max} im Hoff – Parcours trainiert. Zwischen den einzelnen Durchgängen wurde in drei Minuten, eine Erholungsphase mit 60-70% der Hf_{max} gelaufen. Dieses Zusatztraining nahm somit ein Zeitpensum von knapp 25 Minuten in Anspruch. Die Spieler wurden über ihre individuelle Zielherzfrequenz informiert und konnten so mühelos nach ein bis zwei Trainingseinheiten die oben erwähnten Zielbereiche während der Belastungsstufen beibehalten. Die Herzfrequenz wurde mittels Polar S-610 (Polar Elektronik, Kempele, Finnland) stets überprüft.

Mit derselben Intensität absolvierten die Spieler jeden Mittwoch einen ähnlichen Teil wie beim Intervalltrainings durch den Hoff - Test. Sie mussten vier mal vier Minuten auf einem 20m Quadrat den Ball in der eigenen Mannschaft halten. In den Erholungspausen wurde der Ball jongliert und den anderen Mitspielern zugepasst. Die Spielregeln unterschieden sich Woche für Woche: a) maximal zwei bis drei Berührungen pro Spieler; b) verpflichtender Pass außerhalb des Spielfeldes zu einem Mitspieler nach fünf erfolgreichen Pässen; c) keine Möglichkeit eines direkten Rückpasses zum selben Mitspieler; Hauptziel dieses Spieles war es, eine maximale Punkteanzahl zu erreichen, wobei fünf erfolgreiche Pässe einen Punkt ergaben. Für die Hoff - Trainingseinheiten verwendeten die Spieler die Herzfrequenzuhren um die Pulsfrequenzen beizubehalten. Innerhalb der vier Minuten Intervalle war dies nicht immer möglich, denn bei unkontrollierten Pässen wurde eine verminderte Herzfrequenz ($<90\% Hf_{max}$) dokumentiert. (vgl. Chamari et al, 2005, 39, S. 25f).

Blutstichprobenerhebung und Erfassung der Blutlaktatkonzentration

Die Blutlaktatproben wurden 3,5 Minuten nach dem Erreichen der VO_{2max} und nach dem Hoff-Test aus dem hyperämisierenden Ohrläppchen mittels Pipette mit 20 μ l Fassungsvermögen entnommen. Die Blutlaktatkonzentration wurde mit der enzymischen Methode (Microzym L; Setric Génie Industriel, Toulouse, France) bemessen.

Statistiken

Alle Werte wurden als Mittel (SD) ausgedrückt. Eine Pearson Zusammenhang Matrix wurde zwischen den Variablen des Hoff – Feldtests und der Labortests durchgeführt. Ein Wert von $p < 0.05$ wurde als statistisch signifikant angesehen.

Resultate

Während der Laufbandergometertests stieg die Sauerstoffaufnahme trotz der Laufgeschwindigkeitssteigerung nicht mehr weiter an. Die $\text{VO}_{2\text{max}}$ wurde bei einem Atmungaustauschverhältnis von 1.2 (0.3) und einer Blutlaktatkonzentration von 9.5 (1.3) mmol/l erreicht. Beim Hoff – Test konnte während der letzten beiden Minuten die Herzfrequenz von < 5 Schlägen/Minute unter der Hf_{max} erreicht werden und die Post-Test Laktatkonzentration betrug dabei 10.4 (1.6) mmol/l.

Nach dem achtwöchigen Training, verbesserte sich die gelaufene Distanz beim Hoff – Test um 9,6%, wobei die $\text{VO}_{2\text{max}}$ um 14,5% (l/min), körpertgewichtsbezogen um 7,5% (ml/kg/min) und adäquat skaliert um 12% (ml/kg^{-0,75}/min) anstieg. Der Energieaufwand, bemessen an der 7 km/h Stufe fiel um 14% ab. Wenn dieser auf die traditionelle Weise (ml/kg/m) bemessen wurde, fiel er beim passenden gestuften Verfahren (ml/kg^{-0,75}/m) um 10% ab. Die submaximale Herzfrequenz beim Lauf an der 7 km/h Stufe verminderte sich um neun Schläge pro Minute, das ein Hinweis für ein verbessertes Anschlagsvolumen des Herzens bedeutet.

Table 1 Results from the physiological tests		
	Pre-test	Post-test
Body mass, kg	60.5 (5.2)	63.6 (5.7)*
Body fat, %	11.6 (3.4)	11.0 (3.2)
Maximum heart rate, beats/min	198 (7)	197 (7)
Maximum oxygen uptake		
l/min†	3.49 (0.4)	4.00 (0.5)*
ml/kg/min†	65.3 (5.0)	70.7 (4.3)
ml/kg ^{0.75} /min†	176 (18)	194 (16)
Running economy		
ml/kg/min† at 7 km/h	38.8 (2.1)	33.6 (2.2)*
ml/kg/m†	0.33 (0.02)	0.29 (0.02)*
ml/kg ^{0.75} /m†	0.90 (0.04)	0.81 (0.05)*
Anaerobic threshold, % $\text{VO}_{2\text{max}}$	87.8 (4.3)	88.2 (4.9)
Treadmill speed at $\text{VO}_{2\text{max}}$, km/h	13.8 (1.2)	14.6 (1.4)
Maximum treadmill speed, end of $\text{VO}_{2\text{max}}$, km/h	15.3 (1.4)	15.8 (1.1)
Distance covered in the Hoff test, metres	1771 (137)	1942 (154)*

Data are means (SD). *Significantly different from pre-test, $p < 0.01$; †per kg lean body mass.

Abbildung 24: Resultate aus den Physiologischen Tests. (Chamari et al, 2005, 39, 25).

Signifikante Korrelationen entstanden zwischen der VO_{2max} ($R=0.68$, $p<0.01$); dem Zeitpunkt der Erschöpfung während des Laufbahntests ($R=0.71$, $p<0.01$) ausgedrückt in $ml/kg^{-0.75}$ in Anlehnung an die Körpermasse pro Minute ($R= - 0.62$, $p<0.02$) und der erreichten Distanz im Hoff – Test. Multiple rückwirkende Regressionsanalysen demonstrierten, dass die VO_{2max} die erklärende Variable für die erreichte Distanz im Hoff – Test sei. Der Regressionskoeffizient (SE) war 5.0 (1.4), $p= 0.003$; der verbleibende SD 3.0 und der angepasste $R^2= 0.44$. (vgl. Chamari et al, 2005, 39, S. 26).

Zusammenfassung

Diese Studie von Chamari et al (2005, 39, S. 24-28) zeigt uns, dass die verbesserte Leistung im Hoff – Test, sich mit der im Labor bemessenen VO_{2max} signifikant korreliert und eine Verbesserung der VO_{2max} in der Laufleistung des Hoff – Test reflektiert. Das Faktum dieses Feldtests mit der Zusatzkonstante Ball in Zusammenhang mit der aeroben Ausdauerkapazität ist, dass dieser sportartspezifische Feldtest großes Interesse für die Fußballtrainer darstellt. Selbstverständlich ist es leichter, den Spielern eine Verbesserung ihrer Ausdauerleistungsfähigkeit mit Ball mitzuteilen, als ohne. Der Fortschritt in diesem modifizierten Hoff – Test liegt in Verbindung mit der VO_{2max} durch die Laufbandergometertests. Doch die Relationen sind noch immer nicht aussagekräftig genug, um die maximale Sauerstoffaufnahme nach vorangegangenen Literaturen erwartungsgemäß voraussagen (vgl. □strand, 2003).

Die grafische Darstellung der erreichten Distanz im Hoff – Test und der VO_{2max} ist ersichtlich in Abbildung 25. Einige Beispiele der statistischen Auswertung für die Verbesserung der VO_{2max} durch den Hoff – Test gefällig? Als Beispiel einer prophezeiten Laufleistung von 1900m ist der Hoff – Test bedeutungslos, da die Werte zwischen $150 - 210 ml/kg^{-0.75}/min$ liegen können. Diese Daten weisen darauf hin, dass die vorliegende Studie kaum Unterschiede zu anderen Studien darzubieten hat, deren Ziel es ebenfalls war, die VO_{2max} der einzelnen Probanden zu prophezeien. Die Präsenz des Balles in einer spezifischen Testform ist ein

entscheidender Pluspunkt für die Motivation der Spieler, um ihre aerobe Leistungsfähigkeit zu protokollieren.

Zudem zeigen die Spieler, die im Hoff – Test mehr als 2100m gelaufen sind, eine VO_{2max} von über $200\text{ml/kg}^{-0,75}/\text{min}$ (grün gekennzeichnet) und jene die weniger als 1900m (rot gekennzeichnet) erreicht haben, eine VO_{2max} unter $200\text{ml/kg}^{-0,75}/\text{min}$.

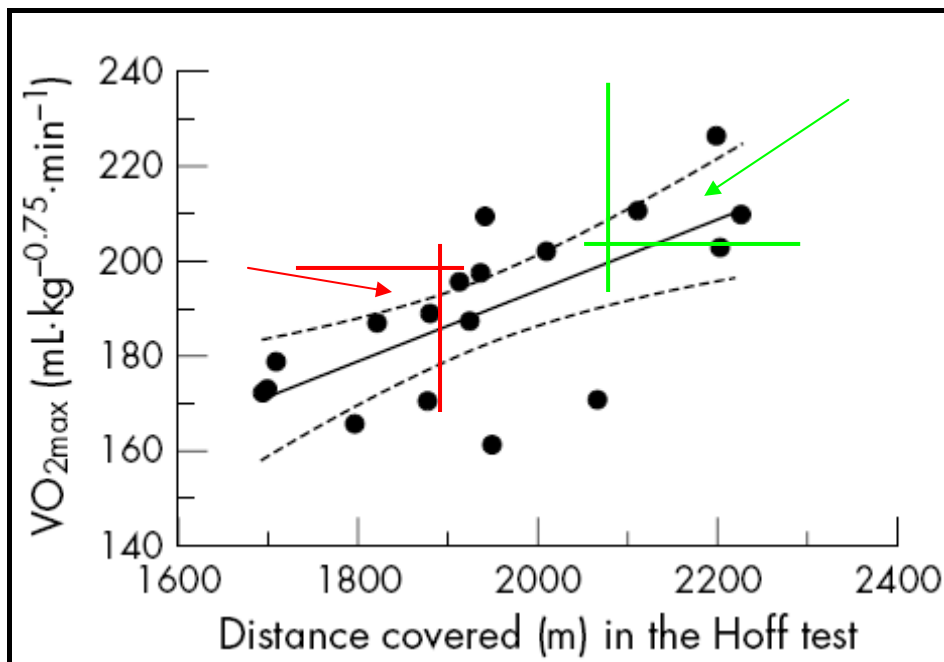


Abbildung 25: Zusammenhang zwischen Distanz aus dem Post - Hoff – Test und der maximalen Sauerstoffaufnahme. ($R = 0.68$; $p < 0.01$) (Chamari et al, 2005, 39, S. 26).

Aufgrund dieser Testdaten behaupten Chamari et al (2005, 39, S. 27), dass das Ziel für einen U-15 Spieler eine Laufleistung von über 2100m in zehn Minuten sein muss. Diese Laufleistung bedeutet 7,25 Runden im modifizierten Hoff – Test, wobei der Spieler gerade das Hüttchen Nummer 1 passiert.

Die vorliegende Studie über die VO_{2max} Ergebnisse rangiert unter den größten jemals berichteten Untersuchungen für ein U-16 Fußballteam. (vgl. Franks 1999, 17, S. 812).

Ein sehr effektives Intervalltrainingsprogramm, das eine VO_{2max} Steigerung von 0,5% pro Trainingseinheit bewirkt, ist unlängst beschrieben worden (vgl. Helgerud 2001; Hoff 2002). Helgerud bestätigt (2001, 33, S. 1925-31), dass durch die

Steigerung der VO_{2max} das gesamte Team um 18.000m mehr Laufarbeit leistet, dabei höhere Intensitäten durchführt und sich die Zahl der Involvierungen mit dem Ball erhöht. Die augenblicklichen Vorteile in Laufökonomie und VO_{2max} sind beträchtlich, aber in einem Atemzug mit den vorherigen Studien in den Labors zu erwähnen. Die vorliegende Studie zeigte uns, wie ungenau der altbewährte Ausdruck der Sauerstoffaufnahme in direktem Verhältnis mit dem Gewicht (ml/kg/min) ist. Dieser Fall tritt ein, wenn bei den Probanden die aerobe Kapazität über eine längere Zeitdauer variiert und sich dabei ihr Körpergewicht zusätzlich verändert.

Maximum oxygen uptake		
l/min†	3.49 (0.4)	4.00 (0.5)*
ml/kg/min†	65.3 (5.0)	70.7 (4.3)
ml/kg ^{0.75} /min†	176 (18)	194 (16)
Running economy		
ml/kg/min† at 7 km/h	38.8 (2.1)	33.6 (2.2)*
ml/kg/m†	0.33 (0.02)	0.29 (0.02)*
ml/kg ^{0.75} /m†	0.90 (0.04)	0.81 (0.05)*

Abbildung 26: Resultate des physiologischen Tests. *Signifikanter Unterschied zum Vortest; $p < 0.01$; (Chamari et al, 2005, 39, S. 25).

Der Erfolg der VO_{2max} bei richtiger Anwendung der Formel $ml/kg^{0.75}/min$ ist körpergewichtsbezogen und gibt den einzelnen Spieler den Ausdruck der tatsächlich erreichten Sauerstoffaufnahme wieder. Diese VO_{2max} - Steigerung von 7.5% auf 12% macht auch mehr Sinn für die Spieler, die jetzt mehr Muskulaturanteile haben als vor dem Test bei ähnlicher Körperfettmasse (Abbildung 27).

	Pre-test	Post-test
Body mass, kg	60.5 (5.2)	63.6 (5.7)*
Body fat, %	11.6 (3.4)	11.0 (3.2)

Abbildung 27: Resultate des physiologischen Tests. *Signifikanter Unterschied zum Vortest; $p < 0.01$; (Chamari et al, 2005, 39, S. 25).

Endergebnis

Die vorliegende Studie demonstriert uns den signifikanten Zusammenhang zwischen einer Labortestung der VO_{2max} und der Verbesserung im fußballspezifischen Hoff – Test. Die Verbesserung der VO_{2max} spiegelt sich in der Ausdauerleistung des Feldtests wieder. Die Autoren Chamari et al (2005) weisen darauf hin, dass es für einen U-15 Fußballspieler das zukünftige Ziel sein muss, 2100m im Hoff – Test zu bewältigen und sich damit eine VO_{2max} von über $200\text{ml/kg}^{-0,75}/\text{min}$) anzueignen.

9.2.3. BANGSO – Test

Field and laboratory testing in young elite soccer players

Chamari (2004, 38, S. 191-196) war es, der in „The British Journal of Sports Medicine“ in seiner Studie den physiologischen Zusammenhang von Feld- und Labortests bei jugendlichen Fußballspielern zu vergleichen versuchte. 34 männliche Spieler im Alter von 17.5 (1.1) Jahren nahmen an dieser Studie teil. Die maximale Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}) beim Laufbandtest und vertikale Sprunghöhe mit Hilfe einer Kraftmessplatte wurden im Labor gemessen. Der Feldtest bestand aus einem fußballspezifischen Ausdauer-Test (Bangsbo-Test) und zusätzlichen 30m Sprints, wobei die 10m Zwischenzeiten gestoppt wurden. Durchgeführt wurde diese Studie an der Universität für Geschichte der Technologie in Trondheim, Norwegen.

Die technischen und taktischen Eigenschaften im Fußballsport sind laut Bangsbo (1994, 15) und Hoff (2002, 36) stark von den physischen Kapazitäten der einzelnen Spieler abhängig. Mehr als 90% der Spielzeit wird durch den aeroben Stoffwechsel verrichtet und die durchschnittliche Belastungsintensität liegt dabei an der anaeroben Laktatschwelle, die zirka 80-90% der maximalen Herzfrequenz entspricht. Deshalb ist die maximale Sauerstoffaufnahme-fähigkeit (VO_{2max}) der wichtigste Einflussfaktor auf die Intensität der Spieler. Eine ähnliche Studie von Helgerud (2001, 33, S. 1925-1931) beweist, dass eine trainingsbedingte VO_{2max} Verbesserung von 11% durch Training, die Matchintensität um 5% und die Laufstrecke im Spiel um 1800m verbessern kann. Die Laufökonomie (C_R) ist eine weitere Variable, die die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit der Spieler beeinflusst. Hoff et al (2002, 36, S. 218-221) zeigte auf, dass bei einer Laufökonomieverbesserung von 5%, die Laufleistung pro Match um 1000m zunehmen würde. Dies ist der Beweis dafür, dass sowohl der anaeroben Laktatschwellenwert als auch die Laufökonomie in Verbindung mit einer VO_{2max} -Anhebung, eine Laufleistungssteigerungen mit sich bringt. Kemi et al (2003, 43, S. 139-144) erreichten diesen Entwicklungsprozess anhand eines fußballspezifischen Ausdauer-Tests. Dieser Test würde allerdings einen tragbaren Gasanalysator verlangen, der allerdings nicht für die meisten Teams finanziell

tragbar wäre. Bisher wurden viele sportspezifische Feldtests für Fußballspieler entwickelt, doch keiner korreliert mit den Testergebnissen direkt mit dem klassischen Laufbandergometerwerten aus dem Labor. Ob die Resultate des Bangsbo-Tests die VO_{2max} Werte aus dem Labor reflektieren, war ein Ziel dieser Studie, um die Qualität des Tests zu erforschen.

Wenngleich ein Großteil der Spielzeit aerobe Energiegewinnung benötigt wird, sind die entscheidenden Szenen wie die Möglichkeit hoch zu springen, schnell zu sprinten oder Zweikämpfe mit dem Gegner zu gewinnen, anaerober Natur. Wisløff (2004, 38) präsentiert in seiner Studie eine starke Korrelation zwischen maximaler Muskelkontraktion, vertikaler Sprungfähigkeit und 10-30m Sprints bei gut trainierten männlichen Fußballspielern. Ob die Relation bei jüngeren, weniger gut trainierten Spielern ebenfalls existiert, ist bisher noch nicht erwiesen. Die entscheidenden Tests für das adäquate messen von Kraft, Leistung und Sprint im Fußballsport sind der vertikale Sprungtest mit Hilfe einer Kraftmessplatte und der 10-30m Sprint. Die Hypothese dieser Studie ist es, ob die Ergebnisse des Bangsbo-Tests die Werte der VO_{2max} , welche mit dem Laborlaufbandtest ermittelt wurden, reflektieren.

Methodologie und Durchführung der Testserie

34 männliche Fußballspieler haben sich freiwillig bereit erklärt an dieser Studie teilzunehmen. Die einzelnen Spieler hatten zu jedem beliebigen Zeitpunkt die Möglichkeit die Testserie zu beenden. Ihre biologischen Merkmale waren wie folgt:

Tabelle 8: Persönliche Merkmale.

Alter	17.5 (1.1)
Größe in cm	177.8 (6.7)
Gewicht in kg	70.5 (6.4)
BMI kg/m^2	22.5 (1.4)
Körperfettanteil in %	11.8 (2.0)

22 der teilnehmenden Probanden sind Spieler der U19 Nationalmannschaft Tunesiens, die verbleibenden 12 Spieler gehören den drei bestplatziertesten Teams der tunesischen Liga in den letzten zehn Jahren an. Diese zuletzt genannten Spieler sind in einem vom Verband integrierten „Centre of Excellence“,

einem so genannten Spezialverein für Nachwuchstalente untergebracht. Zum Zeitpunkt des Experiments ergab die durchschnittliche Trainingshäufigkeit 8-10 Mal pro Woche, wobei eine Einheit 90 Minuten betrug. Diese Trainingseinheiten beinhalteten hauptsächlich Ball-, Technik- und Taktiktraining und äußerst seltenes Lauf- oder Krafttraining. Dieses Experiment wurde Mitte der Saison, also drei bis fünf Monate nach Beginn der Wettbewerbssaison, begonnen. Die Gruppe beinhaltet vier Torhüter, je zwölf Verteidiger bzw. Mittelfeldspieler und sechs Stürmer.

Testprotokolle

Infolge von Verletzungen und Terminkollision, konnten nicht alle Spieler an allen Tests teilnehmen. Jeder einzelne Spieler wurde separat instruiert und verbal aufgefordert, bei jedem Test sein Maximales zu geben. Die Anzahl der einzelnen Spieler die an den unterschiedlichen Tests teilnahmen sind in den Tabellen und Abbildungen vermerkt.

Labortest

Der Labortest wurde an zwei Tagen, die durch eine Woche getrennt waren zwischen 14:00 und 17:00 Uhr bei einer Temperatur von 21 (1) °C durchgeführt. Die Spieler trugen bei beiden Tests Sportbekleidung, Laufschuhe und hielten sich am Vortag der Testserien mit dem Training zurück. Koffeinhaltige Getränke durften an beiden Testtagen nicht eingenommen werden.

TAG 1

Zu Beginn der Labortestung musste jeder einzelne Testteilnehmer für 15 Minuten auf einer Bank liegen und sich ausruhen, wobei die niedrigste Herzfrequenz während dieser Zeit wurde notiert wurde. Nach dieser Zeit wurde auf einem Laufband (Ergo XELG 90, Woodway, Weil, Germany) für drei Minuten bei 9 km/h eingelaufen. Eine Geschwindigkeitssteigerung von 1 km/h pro Minute bis zur maximalen Ausbelastung wurde in den nächsten 10-15 Minuten für jeden einzelnen Probanden dadurch erzwungen. Die folgenden Kriterien wurden bei der Messung der $\text{VO}_{2\text{max}}$ getroffen:

- a) Abflachung der Sauerstoffaufnahme (VO_2) bei Geschwindigkeitssteigerung;
- b) ein Atmungsgasaustauschverhältnis höher als 1.1;
- c) Blutlaktatkonzentrationswert höher als 6 mmol/l.

Der höchste Herzfrequenzwert bei der Ausbelastung wurde dokumentiert. Mit dem Atmungssystem (ZAN 680, Messgeräte, Oberthulba, Germany) wurden die kardiorespiratorischen Werte wie Sauerstoffaufnahme, Herzrate und Lungenventilation beim Test bestimmt. Wenn die $\text{VO}_{2\text{max}}$ in ml/kg/min ausgedrückt wird, dann werden leichte Personen nach Wisløff et al (1998, 30, S. 394-399) überbewertet und schwere Probanden unterbewertet. Aufgrund dieser Tatsache war die Konsequenz von Hoff et al (2002, 36, S. 218-221) für Athleten und Fußballspieler, die unterschiedlich schwer sind, die Sauerstoffaufnahme in $\text{ml/kg}^{-0,75}/\text{min}$ auszudrücken. Denn es wurde von Bergh et al (1991, 23, S. 205-211) bewiesen, dass die $\text{VO}_{2\text{max}}$ nicht in direkter Proportion zum Gewicht steigt. Um Vergleiche mit vorherigen Studien machen zu können, wurde von Chamari et al (2004, 38, S. 191-196) die Variante mit $\text{ml/kg}^{-0,75}/\text{min}$ gewählt.

TAG 2

Der vertikale Sprung wurde von einer festen, halbuntersetzten Position mit den Händen in den Hüften durchgeführt. Verwendet wurde dabei eine Kraftmessplatte (9281 C, Bioware, Kistler, Switzerland). Jeder einzelne Spieler hatte drei Versuche, wobei zwischen den Sprüngen jeweils zwei Minuten Pause gewährt wurde und der beste Sprung dabei gewertet wurde. Maximale Sprungkraft (F_{peak}), höchste Sprungkraftgeschwindigkeit (V_{peak}), maximale anaerobe Sprungkraft (W_{an}) und hochgradigste Sprunghöhe (H_{peak}) konnten dabei gemessen werden. Die maximale Kraft wird in $\text{N/kg}^{-0,67}$ gemessen.



Abbildung 28: Vertikal Jump Test. (www.werthner.at/tds).

Feldtest

Alle Feldtests wurden eine Woche nach dem Ende der Labortests an einem Tag durchgeführt. Der Sprinttest stand am Vormittag und der Bangsbo-Test am Nachmittag desselben Tages auf dem Programm. Beide Tests fanden auf einem natürlichen Rasen statt und die Spieler trugen dabei Fußballschuhe. Während der Feldtesttage regnete es nicht. Der Wind betrug nicht mehr als 8 Knoten (4.11 m/s) und die Temperatur betrug zwischen 23° und 26° Grad.

30m Sprint

Jedem Spieler standen 20 Minuten für individuelles Aufwärmen zur Verfügung. Es wurden drei Versuche über 30m absolviert, wobei bei 10m ebenfalls eine Zeitnehmung vorgenommen wurde. Zwischen den Durchgängen wurden drei Minuten Erholung eingeplant. Die Geschwindigkeit und die Zeit für die Strecken 10m und 30m wurden mit Infrarotzellen (Matsport timing BTS, Seyssinet, France), die 1m über dem Boden positioniert waren, gemessen. Die 20m Zeiten konnten dann aus diesen Daten errechnet werden. Die Zeit startete erst, als der hintere Fuß von einem am Boden verankerten Fußraster gelöst wurde und der Körper sich in Richtung der 30m-Linie bewegte. Der beste 30m Sprint wurde für die Studie herangezogen.

Bangsbo-Test

Dieser fußballspezifische Ausdauerstest wurde geplant von Bangsbo und Lindquist (1992, 13, S. 125-132). Die Weiterentwicklung dieses Tests fand durch Bangsbo (1995, 38, S. 3-8) statt.

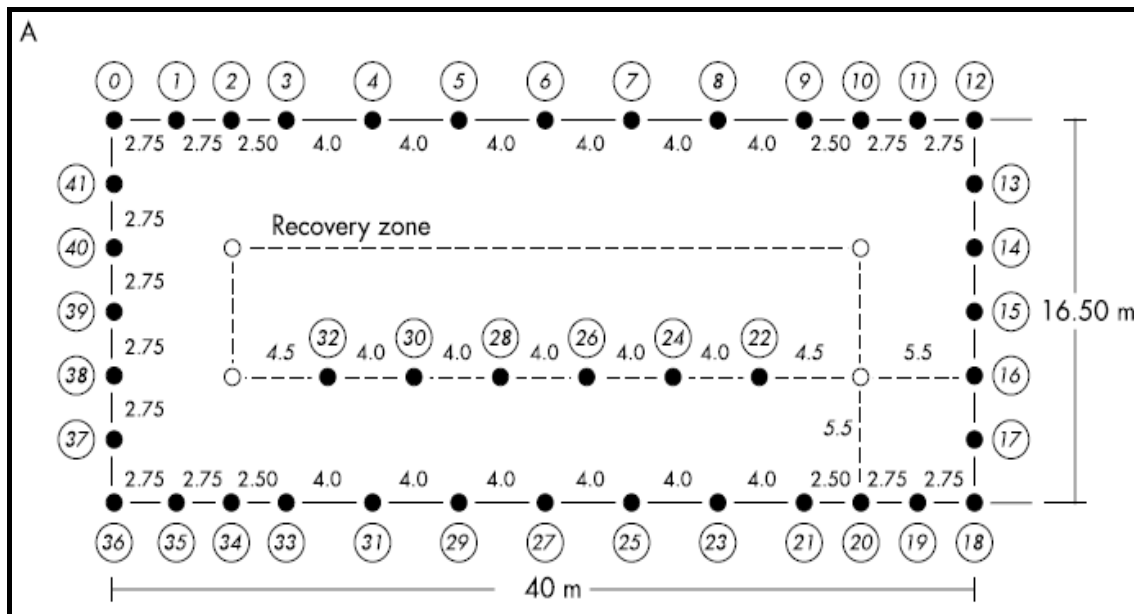


Abbildung 29: Construction of the Bangsbo soccer field test circuit. (Chamari et al, 2004, 38, S. 193).

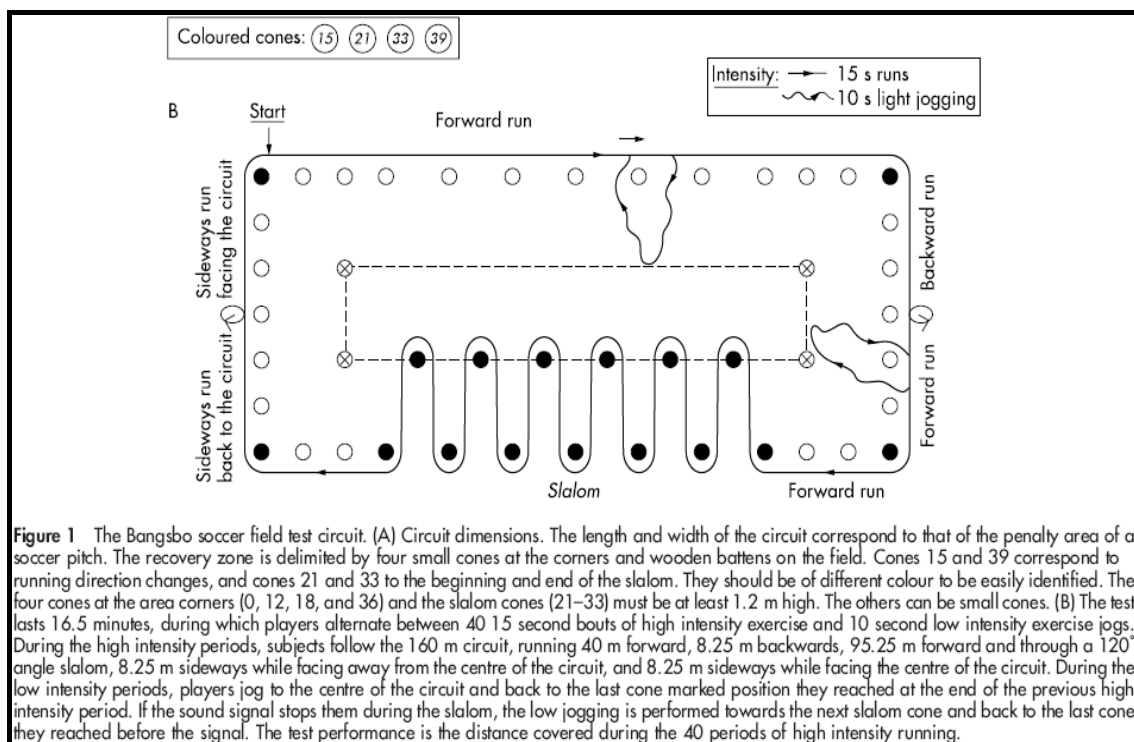


Figure 1 The Bangsbo soccer field test circuit. (A) Circuit dimensions. The length and width of the circuit correspond to that of the penalty area of a soccer pitch. The recovery zone is delimited by four small cones at the corners and wooden battens on the field. Cones 15 and 39 correspond to running direction changes, and cones 21 and 33 to the beginning and end of the slalom. They should be of different colour to be easily identified. The four cones at the area corners (0, 12, 18, and 36) and the slalom cones (21-33) must be at least 1.2 m high. The others can be small cones. (B) The test lasts 16.5 minutes, during which players alternate between 40 15 second bouts of high intensity exercise and 10 second low intensity exercise jogs. During the high intensity periods, subjects follow the 160 m circuit, running 40 m forward, 8.25 m backwards, 95.25 m forward and through a 120° angle slalom, 8.25 m sideways while facing away from the centre of the circuit, and 8.25 m sideways while facing the centre of the circuit. During the low intensity periods, players jog to the centre of the circuit and back to the last cone marked position they reached at the end of the previous high intensity period. If the sound signal stops them during the slalom, the low jogging is performed towards the next slalom cone and back to the last cone they reached before the signal. The test performance is the distance covered during the 40 periods of high intensity running.

Abbildung 30: Process of the Bangsbo soccer field test circuit. (Chamari et al, 2004, 38, S. 193).

Der Bangso-Test dauert 16.5 Minuten. Jeder Spieler wird abwechselnd 40 Mal mit 15 Sekunden hoher Intensität und 40 Mal mit niedriger Intensität 10 Sekunden belastet. (15 – schnell, 10 – langsam, 15 – schnell, 10 – langsam...). Die Testleistung wird daran gemessen, wie viele Meter in der Zeit von 16.5 Minuten erreicht werden können. Vor dem Test wurden zehn Minuten für ein individuelles Aufwärmprogramm vorausgesetzt. Im Anschluss hat jeder Spieler die gleiche Zeit, sich mit leichtem Jogging durch den Parcours vertraut zu machen. Anschließend bekommt jeder Spieler die Möglichkeit, den Test mit den standardisierten Bedingungen in vier Minuten zu absolvieren. Somit kann jeder Proband für sich die richtige Belastungsintensität herausfinden um die gesamte Testdauer durchzuhalten. Bevor der Test beginnt, sind wiederum zehn Minuten Erholung eingeplant. Für den Test bekommt jeder Spieler ein Herzfrequenzmessgerät (Polar, S-610, Polar Electro, Kempele, Finland), der die Herzfrequenz alle fünf Sekunden (0.2 Hz) aufzeichnet.

Blutstichprobenerhebung und Erfassung der Blutlaktatkonzentration

Die Blutproben wurden 3.5 Minuten nach dem Erreichen der VO_{2max} und unmittelbar nach dem Bangsbo-Test aus dem hyperämisierenden Ohrläppchen mittels Pipette mit 20µl Fassungsvermögen entnommen. Die Blutlaktatkonzentration wurde mit der enzymischen Methode (Microzym L; Setric Génie Industriel, Toulouse, France) bemessen.

Statistiken

Alle Werte werden im Mittel (SD) ausgedrückt. Für den Vergleich der Gruppen haben sie zwei verschiedene Varianzanalysen verwendet. Die Scheffé Statistik wurde für die „post hoc p – Werte“ verwendet, um den möglichen Unterschied zwischen den Gruppen zu berechnen. Eine schrittweise geradlinige Regressionsanalyse wurde angewendet, falls erforderlich. Die Pearson Zusammenhang Matrix wurde zwischen den Variablen des Bangsbo–Feldtests und der Labortests durchgeführt. Dabei wurde ein Wert von $p < 0.05$ als statistisch signifikant angesehen.

Resultate

Keine Stellungsunterschiede für die physiologischen Variablen wurden beobachtet und die Mittelwerte werden deshalb für alle Spieler präsentiert.

Labortest

Während des Laufbandtests, stagnierte die Sauerstoffaufnahme trotz Geschwindigkeitssteigerung bei allen Spielern. Das war die fachgemäße Bestimmung der maximalen Sauerstoffaufnahme, siehe Abbildung 31.

Table 1 Main results from the VO_2MAX test (n = 34)								
	VO_2MAX			$v\text{VO}_2\text{MAX}$	$v_{\text{peak}}\text{VO}_2\text{MAX}$	$\text{Th}2_{\text{vent}}$	HR_{MAX}	Peak $[\text{La}^-]$
	l/min	ml/kg/min	ml/kg ^{0.75} /min	(km/h)	(km/h)	(% VO_2MAX)	(beats/min)	(mmol/l)
Mean	4.3	61.1	177	18.4	19.0	90.1	191	11.6
SD	0.4	4.6	13	1.0	0.9	3.9	7	1.9
$v\text{VO}_2\text{MAX}$, Lowest velocity associated with VO_2MAX ; $v_{\text{peak}}\text{VO}_2\text{MAX}$, highest velocity attained before exhaustion; $\text{Th}2_{\text{vent}}$, second ventilatory threshold or compensation respiratory threshold expressed as percentage of VO_2MAX ; HR_{MAX} maximum heart rate; $[\text{La}^-]$, lactate concentration.								

Abbildung 31: Physiologische Tabelle. (Chamari et al, 2004, 38, S. 193).

Feldtests

Der Mittelwert (SD), der Geschwindigkeit beim 30m Sprinttest war 4.38 (0.18) Sekunden, mit einer 10m Zwischenzeit von 1.87 (0.10) Sekunden (n=30). Abbildung 32 veranschaulicht die Daten vom fußballspezifischen Bangsbo-Feldtest.

Table 3 Results from the Bangsbo test (n = 22)						
	Distance (m)	Heart rate		Peak		Peak $[\text{La}^-]$ (mmol/l)
		Average				
		Beats/min	% HR_{MAX}	Beats/min	% HR_{MAX}	
Mean	1830.9	181	94.5	189	98.9	9.0
SD	123.8	6	3.3	5	3.2	3.7
HR_{MAX} , maximum heart rate; $[\text{La}^-]$, lactate concentration.						

Abbildung 32: Resultate vom Bangsbo-Test. (Chamari et al, 2004, 38, S. 194).

Zusammenhänge zwischen der Labor- und der Feldtestung

Zwischen dem Bangsbo-Test und der $\text{VO}_{2\text{max}}$ besteht kein signifikanter Zusammenhang, jedoch gibt es eine positive Korrelation zwischen $v\text{VO}_{2\text{max}}$, $v_{\text{peak}}\text{VO}_{2\text{max}}$ und der geleisteten Distanz beim Bangsbo-Test.

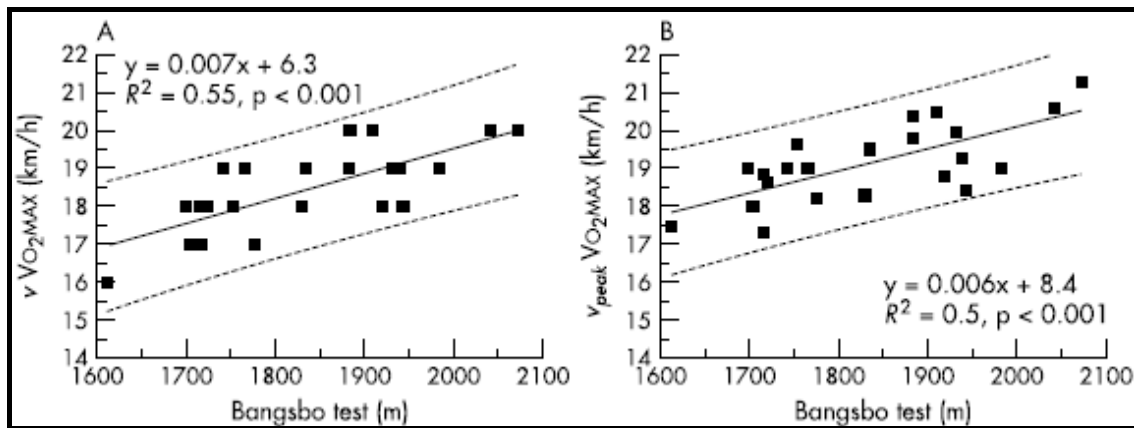


Abbildung 33: Zusammenhänge des Bangsbo-Tests mit der langsamensten Geschwindigkeit und der maximalen Sauerstoffaufnahme (A) und mit der maximalen Geschwindigkeit (B). (Chamari et al, 2004, 38, S. 195).

Wie in Abbildung 34 ersichtlich, gibt es keinen signifikanten Zusammenhang zwischen vertikaler Sprunghöhe und des Sprinterfolges. Positive Zusammenhänge gibt es jedoch bei der maximalen Sprungkraftgeschwindigkeit (V_{peak}) bzw. höchste Sprungkraft (F_{peak}) mit den 20m und 30m Sprintzeiten. 46% aller 30m Sprintergebnisse wurden durch die Sprungkraft (N/kg) und die Sprunggeschwindigkeit erklärt.

Table 4 Correlation between vertical jump variables and the 20 m (from 10 to 30 m) and 30 m sprint performances						
	W_{an}		F_{peak}			
	W/kg	W/kg ^{0.67}	N/kg	N/kg ^{0.67}	v_{peak} (m/s)	H_{peak} (cm)
30 m sprint	$r^2 = 0.21, p = 0.010$	$r^2 = 0.17, p = 0.020$	$*p = 0.054$	$*p = 0.080$	$r^2 = 0.40, p = 0.0002$	$*p = 0.083$
20 m sprint	$r^2 = 0.25, p = 0.005$	$r^2 = 0.17, p = 0.021$	$r^2 = 0.17, p = 0.019$	$*p = 0.058$	$r^2 = 0.34, p = 0.0006$	$*p = 0.12$
*The correlation approached significance.						

Abbildung 34: Zusammenhänge zwischen Sprungwerten und 20m bzw. 30m Zeiten. (Chamari et al, 2004, 38, S. 195).

Zusammenfassung

Diese Studie zeigt uns, dass der Erfolg im Bangsbo-Test keinen signifikanten Zusammenhang mit der VO_{2max} von jungen Fußballspielern im Zusammenhang des Laborlaufbandtest innehat. Diese Erkenntnis kam für Strand et al (2003) überraschend, denn für gewöhnlich kommt eine durchschnittliche Laufintensität von 95% der maximalen Herzfrequenz gleich - die der VO_{2max} entsprechen würde, wenn das Laufen dauerhaft ist. Das Besondere des Bangsbo-Tests ist, unregelmäßige Intensitäten zu laufen und die dabei erreichten Herzfrequenzen können dabei möglicherweise kein gutes Bild der aktuellen Übungsintensität darstellen. Für Helgerud et al (2001, 33, S. 1925-1931) ist es normal, dass die dauerhafte Intensität in einer Minute Laufdauer erreicht werden muss, um die angemessenen 95% der maximalen Herzfrequenz zu erreichen. Deshalb entspricht die Belastung während der 15 Sekunden hoher Intensität wahrscheinlich einer Übungsintensität außerhalb der VO_{2max} . Dies wird in Abbildung 32 (siehe S. 70) durch die hohe gemessene Laktatkonzentration bestätigt. Die Herzfrequenzwerte während des Bangsbo-Tests sind ähnlich wie jene in der Studie von Bangsbo et al (1994, 15). Bei Mujika et al (2000, 32, S. 518-525) sind diese venösen Blutlaktatwerte sogar übereinstimmend, jedoch höher als bei einer Studie von Bangsbo und Lindquist (1992, 13, S. 125-132).

Helgerud et al (2001, 33, 1925-1931) zeigt, dass eine Verbesserung von 11% der VO_{2max} beim Bangsbo-Test, eine 20% Steigerung (~1800m) bei der gelaufenen Distanz pro Match einschließt. Darüber hinaus würde sich die Anzahl an Sprints während dem Spiel verdoppeln und die Beteiligung mit dem Ball um 23% steigen. Im Vordergrund steht hierbei jedoch die Leistungssteigerung der Spieler im Bangsbo-Test, denn sie ist im Zusammenhang mit der Matchleistung noch unsicher.

Wenngleich die Mittelwerte dieser Studie zeigen, dass 55% der Steigerungsdaten auf die vVO_{2max} erklärt werden können, ist die Genauigkeit von individuellen Werten die geschätzt werden, nicht sehr genau und der Standardfehler auf der y-Achse Abbildung 35 ist ziemlich groß.

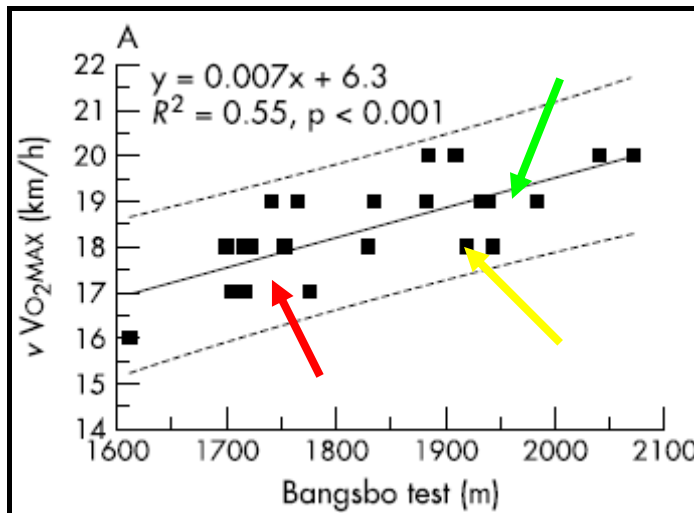


Abbildung 35: $v\text{VO}_{2\text{max}}$ and Distance.(Chamari et al, 2004, 38, S. 195)

Beispiele

Ein unterdurchschnittlicher Spieler (rot) legt mit 17km/h beim Bangsbo-Test zwischen 1700-1800m zurück. Ein mittelmäßiger Fußballer (gelb) mit einer Laufgeschwindigkeit von 18km/h läuft beim Test ca. 1700-1950m. Ein gut trainierter Nachwuchsfußballer (grün) rennt den Ausdauer-test mit einer Geschwindigkeit von 19km/h und legt dabei 1750-1950m zurück. Auf dieser spezifischen Basis sind die Resultate nicht sehr beeindruckend.

Endergebnis

Bei jungen Fußballspielern korrelieren der Bangsbo-Test und der 30m Sprint in Bezug auf der $v\text{VO}_{2\text{max}}$ und der maximalen Sprungkraftgeschwindigkeit. Der Bangsbo-Test gibt keine gute Schätzung der $\text{VO}_{2\text{max}}$ an. Einige Studien werden noch notwendig sein, um seinen praktischen Gebrauch in einer Testbatterie für Fussballer zu bestimmen. Der Bangsbo-Test wird verwendet, um die Ausdauerwerte von Fußballspielern mit Hilfe der $\text{VO}_{2\text{max}}$ zu bewerten, wobei er allerdings keine gute Einschätzung der Leistungswerte für junge Spieler zur Verfügung stellt. Die 30m Sprint-Leistungen entsprechen jenen der Sprunggeschwindigkeiten und den während des vertikalen Springens gemessenen Kraft-Variablen.

Studie über die Ausdauerleistungsfähigkeitsentwicklung

10a. Lactate threshold responses to a season of professional British youth soccer

In einer Studie von McMillan et al (2005, 39, S. 432-436) wurden die Veränderungen der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit bei neun jugendlichen Fußballspielern untersucht. Während einer Saison wurden diese Spieler sechs Mal durch einen submaximalen Laktatleistungstest auf dem Laufband getestet. Die Blutlaktatkonzentration (Lac) und die Herzfrequenz (Hf) wurden bei einzelnen Leistungsstufen aufgezeichnet. Die Laufgeschwindigkeiten sind beim ersten Laktatbeugungspunkt ($v-T_{lac}$) und bei einer Laktatkonzentration von 4 mmol/l^{-1} ($v-4\text{mM}$) bestimmt worden.

Mehrere Bestandteile der Fitness sind laut Reilly (1996) für den zukünftigen Topfußballspieler als besonders wichtig anzusehen. Diese einzelnen Teile beinhalten die aerobe Fitness und die anaerobe Leistungsfähigkeit, wie Sprungkraft und Beschleunigungsfähigkeit, sowie Kraft und Beweglichkeit. Die Bedeutsamkeit der aeroben Ausdauerfähigkeit liegt darin, dass Spitzenfußballer pro Match 10-12 km zurücklegen können und dabei eine Durchschnittsintensität von ca. 75% der VO_{2max} erreichen, wobei in einem Spiel das aerobe Energiesystem an die 90% des gesamten Energieaufwands beiträgt. Eine gute Ausdauerleistungsfähigkeit ergibt sich durch das erhöhte Potential einer schnelleren Wiederherstellungsfähigkeit. Die Möglichkeit eine hohe Belastungsintensität während des gesamten Wettkampfs aufrecht zu halten, ist somit gegeben. Die Bedeutung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit von professionellen Fußballspielern während der gesamten Saison in regelmäßigen Abständen zu beobachten, ist hiermit erwünscht.

Submaximale Blutlaktatmessungen sind ein anerkanntes Tool für das Ermitteln von Veränderungen an der Ausdauerleistungsfähigkeit. Die individuelle Laktatschwellenbestimmung ist für die Bewertung der Ausdauerleistung sensibler anzuerkennen als die VO_{2max} der einzelnen Spieler. Für Helgerud et al (1994, 68, S. 155-161) bedeuten die erhöhten Laktatschwellen, eine deutlich bessere

durchschnittliche Leistungsintensität durch die verbesserte Laktatelimination. Submaximale Blutlaktatmessungen wurden zuvor durch viele Wissenschaftler an der aeroben Fitness der Fußballspieler getestet. Bangsbo (1994, 619) zeichnete die Blutlaktatwerte und die damit verbundenen Veränderungen der aeroben Fitness von professionellen dänischen Fußballspielern in der Vor- bzw. Hauptsaison sorgfältig auf. Weitere wissenschaftliche Aufzeichnungen gibt es von Edwards et al (2003, 2, S. 23-29), die englische Elitespieler beobachteten. Brady et al (1995, 13, S. 499) nahmen zwei Saisonen lang ein schottisches Team unter die Lupe. Jensen et al (1993, 114-117) berichteten in ihrer dreijährigen Studie von internationalen dänischen Frauenfußballspielerinnen.

Das Ziel dieser vorliegenden Studie war es: a) die Veränderungen der submaximalen Blutlaktatmessungen bei professionellen schottischen Spielern während einer Saison zu testen; b) zwei verschiedene Methoden zu prüfen, um die Laktatschwellenkorrelation zu bestimmen; c) mögliche Beschränkungen von Laktatschwellenwerten in Bezug auf das Urteilsvermögen zwischen den einzelnen Faktoren der aeroben Ausdauerleistung zu besprechen.

Methodik

An dieser Studie in Schottland, nahmen 37 männliche Profispieler im Durchschnittsalter (SD) von 18.3 (0.3) Jahren teil. Jeder einzelne Spieler musste zu Beginn der Testserie seine Zustimmung abgeben, um eventuelle Risiken im Laufe der Studie auf sich zunehmen. Das Experiment wurde von der lokalen Ethikkommission bewilligt und überprüft. Jeder Spieler beteiligte sich an einem submaximalen Blutlaktatleistungstest, der zu sechs unterschiedlichen Terminen während der Saison durchgeführt wurde. Die Termine der Testserien waren folgende: Juli (Vorsaison), Oktober, Dezember, Januar, April und im Juni (Nachsaison). Die Spieler, die einen oder mehrere dieser Termine nicht wahrnehmen konnten, wurden in den weiteren Aufzeichnungen nicht angeführt. Neun, der 37 Spieler blieben am Ende der Aufzeichnungen übrig und ihre Daten sind in Abbildung 36 ersichtlich.

Table 1 Physical characteristics of players (n = 9)			
Age (years)	Height (cm)	Mass (kg)	Hf _{max} (beats min ⁻¹)
17.8 (0.2)	177.7 (1.1)	71.3 (3.2)	204.9 (1.6)
Values are mean (SD). Hf, heart frequency.			

Abbildung 36: Physical characteristics of players (n=9).(McMillan et al (2005, 39, S. 433).

Testserie

Das Aufwärmprogramm wurde für jede Testserie von jedem Probanden in derselben Weise ausgeführt: Fünf Minuten einlaufen am Laufband (Woodway ERGO ES2, Cranlea, Birmingham, UK) bei einer Intensität von 60% der maximalen Herzfrequenz (Hf_{max}). Anschließend wurden für fünf Minuten Dehnübungen durchgeführt, die jeder Proband für sich frei wählen konnte. Das Testprotokoll bestand aus individuellen vier Minuten Stufen, mit einer 0.5 km/h-1 Steigerung bis zum Testabbruch. Jeder Test begann am Laufband bei einer Geschwindigkeit von zirka 60% der Hf_{max}. Mit dem Überschreiten der 4 mmol/l Laktatschwelle oder auf Wunsch der Testperson (periphere Insuffizienz), war das Testende erreicht. Die Herzfrequenz wurde nach exakt 3:45 Minuten bei jeder Leistungsstufe mit Hilfe der Pulsuhr (Polar Accurex, Kempele, Finland) gespeichert. Die einzelnen Blutlaktatproben wurden nach den einzelnen Geschwindigkeitsstufen von der Daumenspitze entnommen und mit einem Analox GM7 Analysiergerät (Analox Instruments, London, UK) geprüft. Der Neigungswinkel des Laufbandergometers wurde bei 0% eingestellt und die Geschwindigkeit mit einem Wegstreckenzähler (Trumeter, Radcliffe, UK) für gültig erklärt.

Laktatschwellenermittlung

Die Laktatschwellengeschwindigkeit ($v\text{-}T_{lac}$) wurde als erste bedeutende Anhebung des Blutlaktats über das stillstehende Niveau gekennzeichnet. Aufzeichnungen der Blutlaktatkonzentration und der gelaufenen Geschwindigkeit wurden ausgeführt, um eine bessere Abschätzung der Laktatschwelle zu gewinnen. Die Laufgeschwindigkeit für eine Laktatkonzentration von 4 mmol/l⁻¹ ($v\text{-}4\text{mM}$) wurde mit

einer linearen Hochrechnung berechnet. Dazu dienten die Laktatwerte knapp vor und nach unmittelbar dem Erreichen der 4 mmol/l^{-1} Schwelle.

Maximale Herzfrequenzbestimmung

Bevor das Pre-Saison-Training begann sind die höchsten Herzfrequenzen der Spieler ermittelt worden. Die H_{fmax} der Teilnehmer wurden mittels Pulsuhr (Polar Accurex) durch einen 20m Mehrstufen-Shuttle-Test ausgeführt und aufgezeichnet.

Training

Ein spezielles Tagebuch für das Gruppentraining wurde für die ganze Saison vorbereitet. Eine typische Trainingswoche beinhaltete 4–7 Trainingseinheiten und 1-2 Spiele, siehe Abbildung 37.

Table 2 Overview soccer season training of the professional youth players				
	Average hours training per week			
	Pre-season– Oct	Oct–Dec	Jan–Mar	Mar–Jun
Warm up	1.67	2.17	1.67	2.17
Stretching	1.5	1	1	1
Endurance running	3	1.5	1	0.5
Small sided games	2.5	1.75	2	1.25
Technical training	1	1.5	1.5	1
Strength training	1	1	1	0.5
Match play	1.5	1.5	2.25	3
Total	12.2	10.4	10.4	9.4

Abbildung 37: Overview soccer season training of the professional youth players. (McMillan et al (2005, 39, S. 433).

Statistische Analysen

Leider gab es bei den einzelnen Testterminen immer wieder Spieler, die aufgrund von Krankheiten, internationalen Turnieren oder Verletzungen nicht teilnehmen konnten. Infolgedessen traten bei den sechs Testterminen fehlende Werte bei der

Datenerhebung auf. Neun der 37 Spieler haben diese Datentabelle vollständig durchgeführt und alle Resultate beziehen sich auf den Sub-Test. Eine wiederholte Messung von ANOVA (Greenhouse-Geisser-Korrelation) wurde verwendet, um festzulegen, ob es signifikante Veränderungen im Mittel der $v-T_{lac}$ und $v-4mM$ im Laufe der Saison gegeben hat. Die Daten wurden im Mittel (SD) ausgedrückt und eine Pearson Korrelation konnte angewendet werden, um Beziehungen zwischen den Variablen zu erkennen.

Resultate

Die durchschnittliche Laufgeschwindigkeit bei $v-T_{lac}$ und $v-4mM$ stieg vom Start des Pre-Saison-Trainings bis Oktober. Dies resultiert vom signifikant niedrigeren Laktatlevel an jeder gemessenen Laufgeschwindigkeit ($p < 0.001$) an.

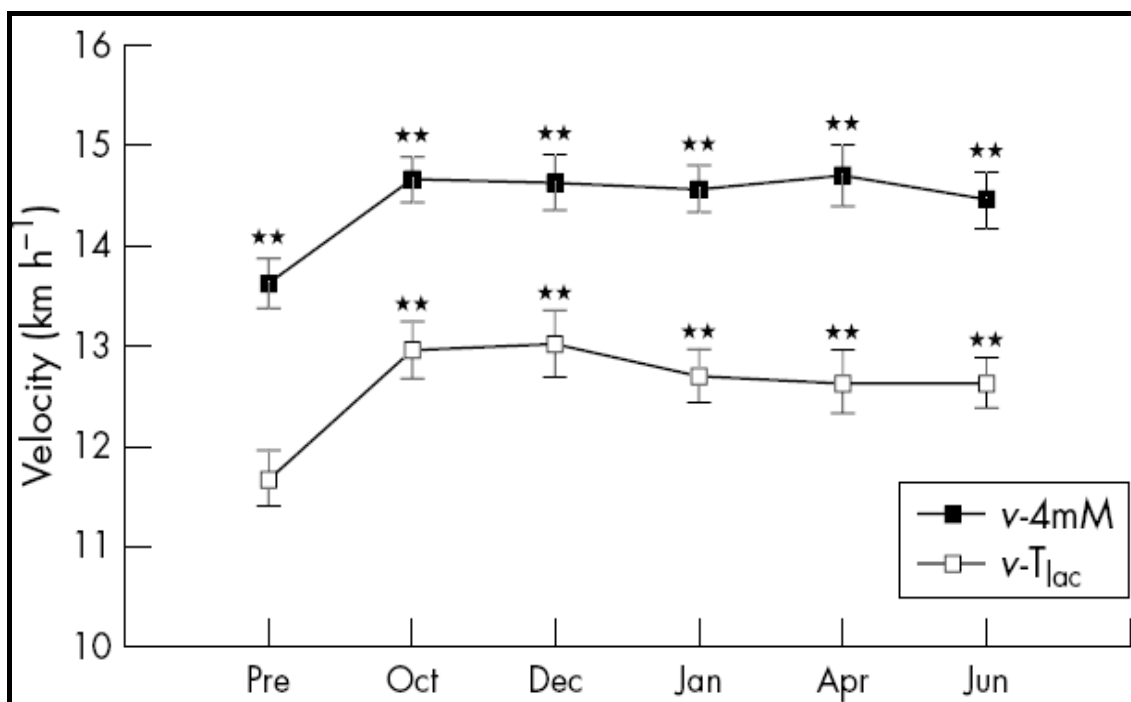


Abbildung 38: Running velocity at lactate thresholds $v-T_{lac}$ und $v-4mM$ at the six different time points using a flat treadmill. **Significantly different from pre-season ($p < 0.001$). McMillan et al (2005, 39, S. 433).

Der Mittelwert der Laufgeschwindigkeit stieg bei beiden Laktateschwellenmarkierungen zu Beginn der Serie im Juli bis Oktober stark an: Von 11.67 (0.29) auf 12.96 (0.28) km/h⁻¹ für die $v-T_{lac}$ und von 13.62 (0.25) auf 14.67 (0.24) km/h⁻¹ bei der $v-4mM$ ($p < 0.001$). In allen weiteren fünf Testserien gab es keinen signifikanten Unterschied bei den Laktatwerten in Bezug auf die steigende Laufgeschwindigkeit. Im fortgesetzten Verlauf dieser Untersuchung gab es keine

weiteren signifikanten Veränderungen. Die Hf_{max} blieb unverändert und die $v-T_{lac}$ bzw. $v-4mM$ in Prozent der Hf_{max} ausgedrückt sind gleichbleibend.

Ein signifikanter Zusammenhang existierte jedoch zwischen den beiden unterschiedlichen Methoden der Laktatschwellenbestimmung. Der Korrelationszusammenhang zwischen der $v-T_{lac}$ und $v-4mM$ beträgt $r=0.87$ ($p<0.001$). Ein weiterer bedeutsamer Zusammenhang wurde bei der Hf_{max} mit $v-T_{lac}$ und $v-4mM$ ($r=0.82$, $p<0.001$) beobachtet.

Diskussion

Der bedeutendste Grund dieser Studie lag darin, dass die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit signifikant vom Beginn des Pre-Saison-Trainings bis zu den ersten Wochen der Wettbewerbssaison anstieg. Wie bewiesen, war ein bedeutsamer Anstieg der durchschnittlichen Laufgeschwindigkeit bei $v-T_{lac}$ und $v-4mM$ gegeben. Die Veränderung ist insbesondere auf die Detrainingphase (Saisonpause) zurückzuführen, in welche die Spieler in der Sommerpause zurückgefallen sind. Während dieser Zeit war keiner der Spieler in ein strukturiertes aerobes Fitnessprogramm involviert.

Amigo et al (1998, 38, S. 298-304) erforschte die Effekte der Sommerunterbrechung bei Amateurfußballspielern. Bedeutende Verminderungen im Querschnittsbereich von langsamen bzw. schnellen Muskelfasern wurden gefunden und eine signifikante Abnahme der Aktivität von aeroben Enzymen war gegeben. Die Suche nach einer aeroben Ausdauerleistungsüberprüfung in der Vorbereitungszeit wurde von Bangsbo (1994, 619) und Brady et al (1995, 13, 499) in unterschiedlichen Studien untersucht. Diese Erkenntnisse berichteten von keinen Veränderungen der „fixen Blutlaktatkonzentrationen“ (FBLC) bei 2 und 3 $mmol/l^{-1}$ über die Pre-Saison-Periode bei einer Gruppe von englischen Profifußballspielern. Bangsbo (1994) testete Profispieler vor und nach einer fünföchigen Trainingsperiode in der Vorbereitungszeit mit einer submaximalen Blutlaktatmessung und mit Hilfe der VO_{2max} . Am Ende der Trainingsperiode war die VO_{2max} nur geringfügig höher als zuvor, die Laufgeschwindigkeit wurde bei FBLC bei der 3 $mmol/l^{-1}$ Schwelle um 25% signifikant schneller. Diese Resultate

stimmen mit den Entdeckungen dieser aktuellen Studie überein. In die Analysen von Bangsbo (1994, 619) war ein dänisches Fußballteam involviert, deren aerobe Fitnessveränderungen innerhalb einer siebenwöchigen Pausendauer getestet wurde. Die $\text{VO}_{2\text{max}}$ stieg von 58.6 auf 60.3 $\text{ml/kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$ während der Vorbereitungsperiode an und die Blutlaktatkonzentration war an jeder Geschwindigkeitsstufe (9-13km/h) signifikant niedriger. Die Veränderungen der Laktatkonzentration von zirka 1 mmol/l^{-1} an derselben Geschwindigkeitsstufe waren identisch zu den Fortschritten in dieser Studie.

Eine Veränderung der Laktatschwelle kann relativ in $\text{VO}_{2\text{max}}$ und Hf_{max} ausgedrückt werden. Vergleichsweise wurden in dieser Studie die Laktatwerte zur Hf präsentiert (siehe Abbildung 38), wobei darauf hingewiesen wird, dass keine signifikanten Abweichungen der Laktatstufen von Beginn der Pre-Saison bis zum Start der Wettbewerbssaison im Oktober vorkommen. Allerdings sind im Vergleich bei den einzelnen Laktatstufen deutlich höhere Geschwindigkeiten mit den Ausgangswerten aufgetreten (Abbildung 39).

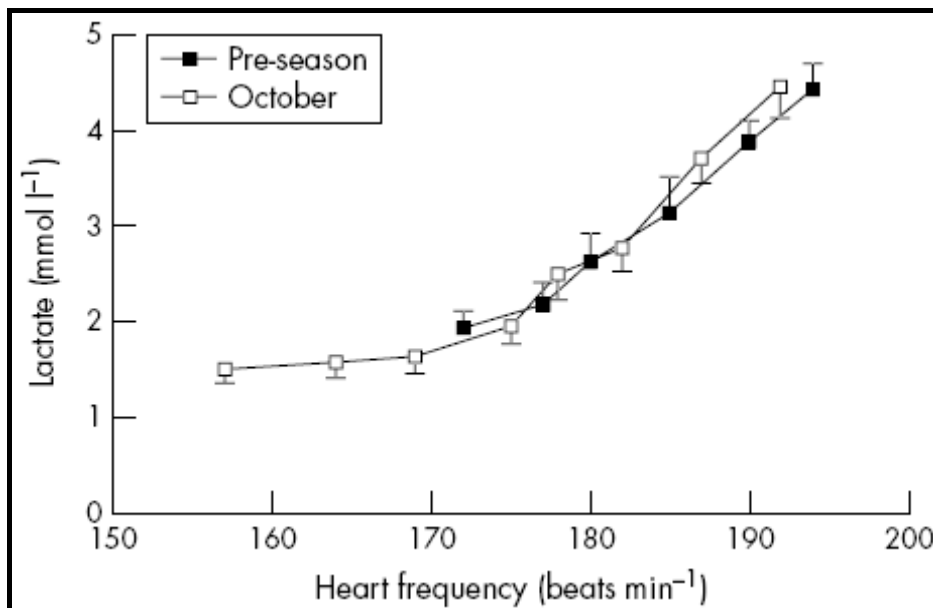


Abbildung 38: Lactate levels as a function of heart frequency before and after pre-season training. McMillan et al (2005, 39, S. 434).

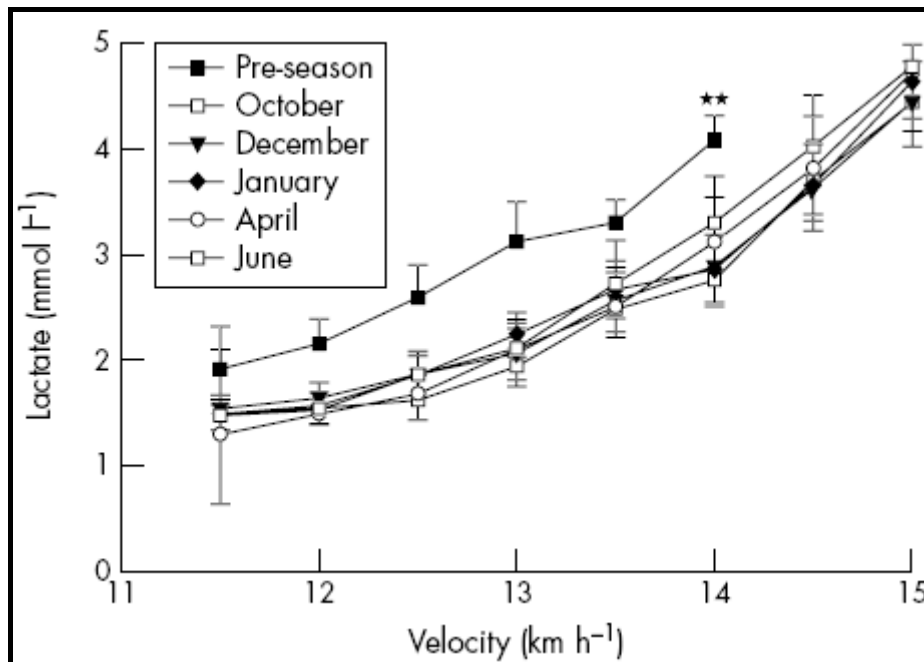


Abbildung 39: Lactate levels at fixed running velocities on a flat treadmill at different testing time points throughout the soccer season. ** Significantly different from all other time points ($p < 0.001$). McMillan et al (2005, 39, S. 434).

Diese Entdeckungen decken sich mit jenen von Helgerud et al (2001, 33, 1925-1931), die keine Veränderungen der Laktatschwelle (relativ zu VO_{2max} und Hf_{max}) zeigte, wenn die VO_{2max} signifikant nach einer Ausdauerinterventionsperiode gesteigert wurde. Obwohl in der Studie von Helgerud (2001) die Laufgeschwindigkeit um 16% von 11 auf 13.5 km/h⁻¹ ($p < 0.05$) anstieg, ist die Laktatschwelle in relativen % Hf_{max} von 87.4 (2.3) auf 87.6 (2.4) und die % VO_{2max} von 82.4 (3.1) auf 86.3 (2.1) nicht signifikant angestiegen. Es wird angemutet, dass sich die Laktatschwelle im Einklang mit der VO_{2max} der Fußballspieler verändert. In Verbindung mit der % Hf_{max} und der % VO_{2max} scheint die Anpassungsfähigkeit der Laktatschwelle kleiner zu sein ($p < 5\%$). Die Reproduzierbarkeit der $v-T_{lac}$ und $v-4mM$ ist bereits von Grant et al (2002, 87, S. 159-166) mit dem gleichen Laufbandprotokoll wie in dieser Studie nachgewiesen worden.

Pate und Kriska (1984, 1, S. 87-98) haben ein Modell beschrieben, dass alle drei Hauptfaktoren für eine interindividuelle Abweichung in der aeroben Ausdauerleistung darstellt. Die VO_{2max} , Laktatschwellenbestimmung und die Laufökonomie sind gestützt auf diese und vorangegangene Studie. Da sich die Laktatschwelle vergleichsweise zum Ausgangspunkt gesehen in dieser Studie

nicht veränderte, kann die Erklärung für die Verbesserung der aeroben Leistung die Veränderung der VO_{2max} und/oder die Laufökonomie (C_R) sein. Saltin (1990, S. 26-40) hat die VO_{2max} als sehr wichtigen Faktor für die Bestimmung des Erfolges in der aeroben Ausdauerleistung genannt.

Eine Untersuchung von Helgerud et al (2001, 33, 1925-1931) hat einen signifikanten Zusammenhang zwischen VO_{2max} und der gelaufenen Strecke bzw. getätigter Sprints während eines Fußballspieles dargestellt. Keine Korrelation wurde bisher von der % VO_{2max} an der Laktatschwelle und der Verbesserung während des Spieles bewiesen. Einen signifikanten Zusammenhang zwischen der v_{-4mM} und der zurückgelegten Strecke ($r=0.73$, $p<0.05$) wurde bei Fußballschiedsrichtern von Castagna et al (2002, 16, S. 623-627) nachgewiesen. Die Verbesserung der VO_{2max} senkt die Laktatkonzentration und die Hf bei einer standardisierten Laufgeschwindigkeit in derselben Weise wie es bei dieser Studie dargestellt wird. Erhöhte Geschwindigkeiten bei einem genormten Laktatlevel und die Reduzierung der Hf von zirka 10 Schlägen pro Minute bei einer fixen Geschwindigkeitsstufe können ein Indikator für den Anstieg der VO_{2max} um 3-5 $ml/kg^{-1}/min^{-1}$ sein. Obwohl die VO_{2max} in dieser Studie nicht gemessen wurde, ist die sie die plausibelste Erklärung einer Ausdauerleistungsverbesserung. Helgerud et al (2001, 33, 1925-1931) beobachtete eine erhöhte Ausdauerfähigkeit bei Fußballspielern. Diese Spieler mussten zwei Mal pro Woche ein spezielles Laufschulentraining absolvieren um den gewünschten Erfolg der C_R zu erreichen.

Hoff und Helgerud (2003, S. 7-53) haben in ihrer publizierten Studie, eine 5%ige Verbesserung der C_R mittels Maximalkrafttraining erreichen können. In der aktuellen Untersuchung wurde weder Krafttraining noch neuromuskuläres Gewichtstraining eingesetzt. Die C_R wurde präsent nicht gemessen, aber es ist annehmbar, dass sich diese im Laufe der Saison positiv verändert hat. Anhand dieser Studie wird gezeigt, dass sich die Ausdauerleistungsfähigkeit bei professionellen jungen Fußballspielern während der Pre-Saison-Periode signifikant verbessert. Jedoch verändert sie sich nicht signifikant im Laufe der Wettbewerbssaison. Die Ergebnisse in dieser Studie geben die historischen Resultate von Thomas und Reilly (1979, 13, S. 103-109) wieder, die über eine

Steigerung der Ausdauerleistung im ersten Drittel der Saison berichteten und ein beständig bleibendes Level in der Wettkampfsaison berichten.

Diese Analysen stehen im Gegensatz zu jenen von Brady et al (1995, 13, S. 499), der einen Höhepunkt der sportlichen Leistungsfähigkeit am Ende des Pre-Saison-Trainings dokumentierte und sogar einen Rückgang der Fitness im Laufe der Wettbewerbssaison aufdeckte. Die Autoren behaupteten, dass die Abnahme des Ausdauerlevels zum Saisonende, eine Konsequenz der Trainer sei, um die Anforderungen der Spieler für den Wettkampf zu sichern.

Die Zeit, die normalerweise für spezifisches Fußballtraining aufgewendet wird, kann durch den fußballsaisonbezogenen Prozess (zwei Spiele pro Woche) reduziert werden und auf die Wettkampfspiele angepasst sein. Ein schwarzes Loch entsteht für erfolgreichere Mannschaften, die für vorher hinausgeschobene Spiele und zusätzliche Spiele in den späteren Phasen der Pokalmeisterschaften, eine Verschlechterung in der Ausdauerleistungsfähigkeit in Kauf nehmen müssen. Die Ausdauerfitnessgewinne, die in der Vorbereitungsphase erfolgreich manifestiert wurden, sind für den weiteren Verlauf der vorliegenden Studie erfolgreich bewahrt worden. Dieses Ergebnis kann anzeigen, dass die physiologische Beanspruchung durch das Konkurrieren von zwei Spielen pro Woche in Verbindung mit dem Trainingssystem, für das beibehalten des Ausdauerniveaus während der Wettbewerbsperiode ausreichend ist. Bangsbo (1998, 17, S. 697-709) befürchtet, dass Fußballspieler die nicht regelmäßig an den Wettbewerbsspielen teilnehmen, ein zusätzliches individuelles Ausdauertraining durchführen müssen, um das Ausdauerlevel beizubehalten bzw. es zu steigern.

Die Fußballtrainer werden herausgefordert, Strategien im Training einzusetzen, um die Ausdauerleistung der einzelnen Spieler während der Wettkampfsaison zu erhöhen. Die Gefahr des Übertrainings und die Förderung von Übermüdung an Matchtagen ist dadurch die Folge und die Leistung wird nachteilig beeinflusst. Obwohl 37 Spieler für die Testserie zur Verfügung standen, waren es nur neun Spieler, die an allen sechs Testzeitpunkten getestet werden konnten. Drei Spieler mussten während der Studie die Gruppe verlassen, sieben Spieler waren an einem oder mehreren der Prüftermine wegen internationalen Verpflichtungen oder

Krankheit nicht erreichbar. Folglich waren es 18 Spieler (49% der Gruppe), die zu einem oder mehreren Terminen angesichts Verletzungen nicht an den Terminen teilnehmen konnten. Trotz dieser hohen Anzahl von Verletzungen in dieser Studie, haben Studien von Hawkins et al (2001, 35, S. 43-47) und von Woods et al (2002, 36, S. 36-41) bewiesen, dass die Häufigkeit von Verletzungen im professionellen Fußballsport, besonders in den jüngeren Altersklassen keine Ausnahme ist.

Zusammenfassung

Diese Studie zeigt uns, dass sich die Ausdauerleistung bei Fußballspielern im Verlauf der Pre-Saison bis hin zu den ersten Wochen der Wettbewerbssaison signifikant verbesserte, jedoch dann mit Affinitäten zu anderen Studien bis zum Saisonende unverändert bleibt. Die Resultate dieser Untersuchung weisen darauf hin, dass eine submaximale Blutlaktatbewertung bei Fußballspielern als Zeichen für eine Veränderung des Ausdauerleistungsniveaus über einen spezifizierten Zeitabschnitt verwendet werden kann. Weiteres wurde in dieser Studie dargestellt, dass jedes örtlich festgelegte Blutlaktatniveau zwischen 2 und 4 mmol/l⁻¹ während der Laktateinschätzung angebracht ist, um die submaximalen Antworten zur Änderung in den aeroben Ausdauerniveaus festzustellen. Laktatschwellenänderungen im Zusammenhang mit der VO₂max bei Fußballspielern erscheinen, weil die C_R durch spezifisches Ausdauertraining und Krafttraining geändert werden kann. Für McMillan et al (2005, 39, S. 432-436) ist nahe liegend, dass die VO₂max und die C_R bei professionellen Fußballspielern primär von der Veranlagung abhängig ist.

Studie über die VO₂max Leistung bei Fußballspielern

10b. Soccer specific aerobic endurance training

Für Hoff et al (2002, 36, S. 218-221) sind die physiologischen, technischen und taktischen Eigenschaften die wichtigsten Funktionen für eine optimale Fußballleistung. Die Energiebereitstellungskapazitäten sind für Beschleunigung, Geschwindigkeit, Sprunghöhe von immenser Wichtigkeit. Während der gesamten Spielzeit eines Fußballspieles laufen die Spieler ungefähr 10km, die zu 90% aerob energetisch bereitgestellt werden müssen und laut Bangsbo et al (1994, 12, S. 5-12) etwa 80-90% der maximalen Herzfrequenz entsprechen.

Die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit ist von drei wichtigen physiologischen Parametern abhängig: a) maximale Sauerstoffaufnahme (VO₂max); b) anaerobe Laktatschwelle (anaerobic threshold); c) Laufökonomie (CR); Smaros (1980, S. 795-801) definiert die VO₂max als die höchste Sauerstoffaufnahme-kapazität, die während einer dynamischen Übung von großen Muskelgruppen erreicht werden kann. Anhand dieser physiologischen Kenngröße ergaben frühere Studien eine bekannte Beziehung zwischen VO₂max und zurückgelegter Strecke während eines Spieles. Eine Rangplatzierung der VO₂max – Höhe wurde bei Spielern der ungarischen Fußballdivision von Arcelli et al (1998, S. 11) durchgeführt. Diese Ergebnisse wurden durch eine Studie von Wisløff et al (1998, 30, 462-467) gebettet, die einen wesentlichen Unterschied zu den VO₂max – Werten von Spielern der Spitzenmannschaften im Vergleich mit einer schlechter platzierten Mannschaft in der norwegischen Liga gezeigt haben (Abbildung 40).

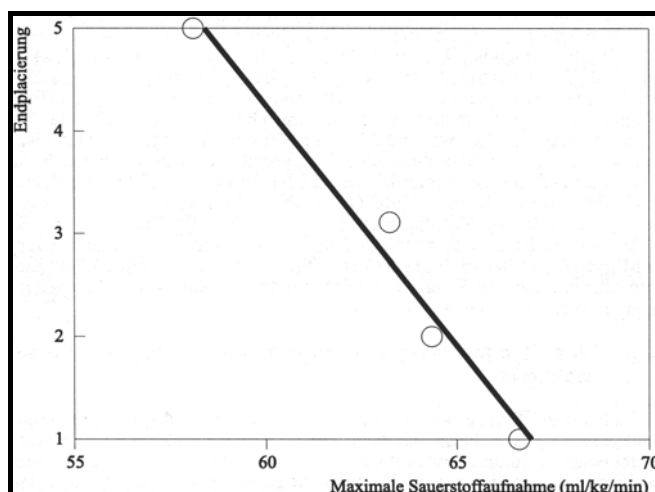


Abbildung 40: Endplatzierung der ungarischen Fußballmeisterschaft der 1.Liga in Funktion des Mittelwerts der maximalen Sauerstoffaufnahme der Spieler. (Arcelli et al, 1998, S. 11).

Helgerud et al (2001, 33, 1925-1931) zeigen in ihrer Untersuchung, dass Intervalltraining, welches zweimal pro Woche über neun Wochen Dauer durchgeführt wird, die maximale Sauerstoffaufnahme um 11% steigern kann. Trainiert wurden vier Durchgänge zu vier Minuten bei 90-95% der Hf_{max} , unterbrochen von drei Minuten aktiver Erholung bei 70% der maximalen Herzfrequenz. Die VO_{2max} stieg innerhalb dieser neun Wochen von 58.1 ml/kg/min auf 64.3 ml/kg/min an. Dieses Ergebnis bedeutete 20% mehr Laufpensum pro Match, 23% mehr Ballinvolviertheit während des Spieles und einen 100%igen Anstieg der Anzahl an Sprints. Somit sind die Vorteile einer Verbesserung der VO_{2max} im Fußballsport unabdingbar.

Die anaerobe Laktatschwelle ist für Helgerud (1990, 61, S. 433-439) jener Punkt der Übungsintensität (Herzfrequenz, Sauerstoffaufnahmefähigkeit oder des dynamischen Arbeitens mit großen Muskelgruppen), bei dem sich die Laktatbildung und –elimination die Waage halten. Die anaerobe Schwelle wird durch eine allgemeingültige Formel (ml/kg/min) gemessen und ist stark von der VO_{2max} abhängig. Jedoch scheint sie sich von einem erhöhten Prozentsatz der VO_{2max} nicht stark zu ändern. Aufgrund der Dauer eines Fußballspiels kann die durchschnittliche Übungsintensität nicht viel höher sein als jener Wert, welcher der anaeroben Schwelle entspricht. Die Laufökonomie wird von Helgerud et al (1990, 61) als Sauerstoffkostenrechnung an einer submaximalen Übungsintensität definiert. Ein Laufökonomieunterschied von 20% ist an trainierten Athleten mit ähnlich gleichem VO_{2max} Niveau bereits gefunden worden. Durch die Steigerung der VO_{2max} geht eine verbesserte Laufökonomie einher. Zwar stellt Laufen nicht die wichtigste Aktivität eines Fußballspielers während eines Spiels dar, jedoch ist während eines Spieles nicht genügend Zeit zur Verfügung, um die VO_{2max} ausreichend zu verbessern.

Beim vorhin erwähnten Intervalltraining wurden die Herzfrequenzen mit einer Pulsuhr aufgezeichnet und lieferten einen genauen Bericht über die Intensität der absolvierten Übungen. Um die richtigen Intensitäten im Training gewährleisten zu können, haben sich gesicherte Relationen zwischen Herzfrequenz und Sauerstoffaufnahme bewährt.

Das primäre Ziel dieser Studie war es, einen Fußballparcours zu entwickeln, der den Kriterien eines Intervalltrainings entspricht. Um einen solchen Parcours entwerfen zu können und die Herzfrequenz als ein gültiges Trainingsmaß heranzuziehen, muss die Belastungsintensität eines Fußballspielers herangezogen werden.

Methoden

Sechs männliche Fußballspieler aus der ersten norwegischen Division nahmen freiwillig an den drei unterschiedlichen Trainingsmethoden teil. Bevor die Studie begann, unterschrieben alle Spieler die Einverständniserklärung an der norwegischen Universität für Geschichte und Technologie. Alle Spieler wurden über die Testprotokolle und das Ziel der Studie ausführlich informiert. Das Durchschnittsalter (SD) der Probanden betrug 22.2 (3.3) Jahre. Das Gewicht ergab 77.5 (12.4) Kilogramm. Die Größe wurde mit 180.2 (5.5) Zentimeter dokumentiert und die maximale Herzfrequenz konnte mit 198.3 (5.5) Schläge pro Minute getestet werden. Die Labortests fanden zu Beginn der Studie statt, der Fußballparcours und die kleinen Gruppenspiele wurden in einem randomisierten Ablauf abgehalten.

Labortestserie

Alle Labortests wurden am selben Tag durchgeführt. Die Raumtemperatur betrug dabei 21-22° Grad und die relative Luftfeuchtigkeit ergab 50%. Alle Teilnehmer absolvierten ein 20 Minuten langes Aufwärmprogramm am Laufband, bei einer standardisierten Herzfrequenz von 50-60% der VO_{2max} . Die VO_{2max} – Werte wurden bei 3° Steigung auf dem Laufband (Jaeger LE 5000; Erich Jaeger GmbH, Germany) festgelegt. Jede Minute wurde die Laufgeschwindigkeit um 1 km/h erhöht. Die daraus resultierende VO_{2max} wurde als jener Zeitpunkt definiert, an dem sich die Sauerstoffaufnahme trotz Geschwindigkeitssteigerung einpendelte und die Blutlaktatkonzentration über 6 mmol/l betrug. Die höchste Herzfrequenz (f_c), wurde mit einer Pulsuhr (Polar Sporttester; Polar Electro, Oy, Finland) gemessen. Mit einem Ergooxyscreen Sprint (EOS; Erich Jaeger) wurde die Sauerstoffaufnahme (V_E), das Atmungaustauschverhältnis (R) und die

Atemfrequenz (f_b) aufgezeichnet. Das Blutlaktat konnte mit Hilfe eines Lactate Analyser (YSI Model 1500 Sport Lactate Analyzer, Ohio, USA) untersucht werden.

Parcours

Die Feldtestmessungen wurden minimal drei Tage nach der Labortestung und maximal neun Tage nach der Labortestung in einer Indoorhalle mit Nylongras ausgeführt. Alle Feldtests fanden nach einem 30 Minuten langen fußballspezifischen Aufwärmprogramm statt. Abbildung 41 zeigt uns den Aufbauplan des Parcours für das Ausdauertraining.

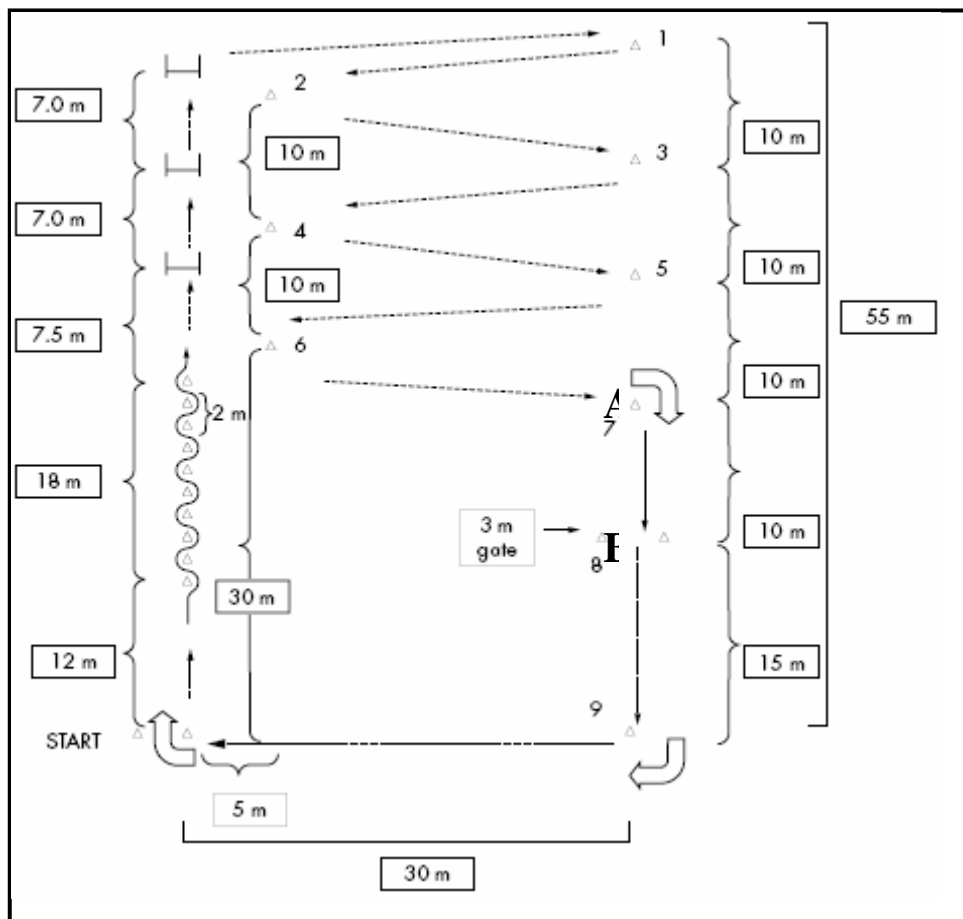


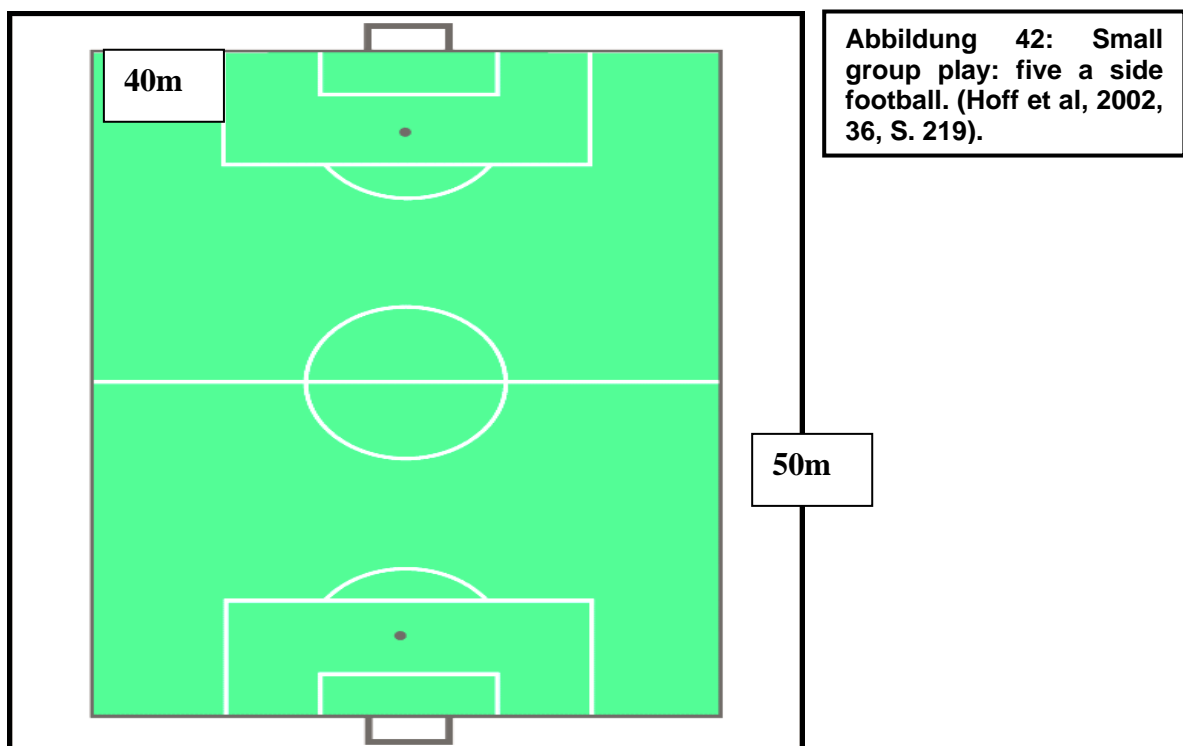
Abbildung 41: Soccer specific „dribbling track“. (Hoff et al, 2002, 36, S. 219).

Alle Spieler mussten den Ball zunächst durch die Hütchen führen und anschließend den Ball über die 30cm hohen Hürden lupfen. Zwischen Punkt A und Punkt B liefen die einzelnen Spieler rückwärts, wobei der Ball trotzdem geführt werden musste. Jeder Teilnehmer wurde beauftragt, die erwünschten 90-95% der maximalen Herzfrequenz nach zirka 60 Sekunden der vier Minuten Perioden zu

erreichen. Zwischen den vier Minuten Perioden des Intervalltrainings, wurde ein aktives Erholungsprogramm von drei Minuten bei 70% der maximalen Herzfrequenz betrieben. All diese Herzfrequenzwerte wurden bei jedem Spieler mit einer Pulsuhr (Polar Sport Tester) gespeichert und anschließend ausgewertet. So konnte jeder für sich auch während der Durchgänge seine Pulsfrequenzen testen und nach Bedarf die Intensität erhöhen oder verringern. Eine Person des Betreuerteams wurde für das Aufstellen von Hütchen und umgefallenen Hürden beauftragt. Die VO_2 , V_E , R , und f_b wurde mit einem portablen metabolischen Metamax II Testsystem (MMX II) (Cortex Metamax, Leipzig, Germany) aufgezeichnet.

Kleine Gruppenspiele

Bei diesem Intervalltraining wurden jeweils fünf Spieler pro Spielfeldseite eingeteilt. Vier Feldspieler und ein Tormann bildeten eine Mannschaft. Die Spielfeldgröße war mit 40 x 50 Meter relativ groß, sodass jeder einzelne Spieler genügend Platz zum Laufen hatte. Um das Intensitätslevel konstant hoch halten zu können, wurden einige Bälle ins Tor platziert und etliche entlang der Outlinen. Auch bei diesem Test trugen alle Spieler Pulsuhren und portable metabolische Testmesser.



Statistische Analyse

Die einzelnen Daten wurden als Mittelwert (SD) ausgedrückt. Der Kruskal–Wallis Test wurde angewendet um die Abweichungen zwischen den Tests zu evaluieren. Bei Zweckmäßigkeit musste der Spearman Korrelationskoeffizient verwendet werden. Ein Vergleich mit vorherigen Studien zeigte, dass sechs Spieler für eine Hypothesenannahme ausreichend sind und eine statistische Aussagekraft von 0.90 ($p < 0,05$) erfüllen.

Resultate

Während der kleinen Gruppenspiele war eine Übungsintensität von 91.3% der maximalen Herzfrequenz (f_{cmax}) oder umgerechnet 84.5% der maximalen Sauerstoffaufnahme gegeben. Beim Fußballparcours betrug die durchschnittliche Intensität 93.5% der f_{cmax} oder 91.7% der VO_{2max} . Die erzielten Herzfrequenzen erfüllten somit genau den vorgegebenen 90-95% der maximalen Herzfrequenz, wobei diese Werte beim Parcours nach 61.5 (10.8) Sekunden und beim kleinen Gruppenspiel nach 62.5 (12.5) Sekunden erreicht wurden.

	Laboratory max test	Dribbling track	Small group play
f_c (beats/min)	198.3 (7.9)	185.5 (6.7)	181.0 (4.4)*
VO_2 (litres/min)	5.22 (0.68)	4.74 (0.53)	4.42 (0.61)
VO_2 (ml/kg/min)	67.8 (7.6)	62.2 (5.0)	57.3 (3.9)
VO_2 (ml/0.75 kg/min)	200.4 (19.4)	181.8 (10.5)	171.8 (10.0)
Th_{an} (ml/kg/min)	50.9 (4.0)		
Th_{an} (ml/0.75 kg/min)	150.4 (7.7)		
Th_{an} (beats/min)	178.3 (8.8)		
R (V_{CO_2}/V_{O_2})	1.16 (0.07)	0.99 (0.07)	0.94 (0.07)
V_E (litres/min)	174.6 (20.7)	138.7 (21.3)	132.0 (15.3)
f_b (breaths/min)	55.8 (6.4)	49.6 (2.8)	48.8 (7.2)

Data are mean (SD).
 VO_{2max} , Maximal oxygen uptake; f_{cmax} , maximal heart rate; f_{bmax} , maximal breathing frequency; V_E , ventilation; R, respiratory exchange ratio; V_{CO_2} , carbon dioxide output; VO_2 , oxygen uptake; Th_{an} , anaerobic threshold.
 *Significantly different from value obtained on dribbling track, $p < 0.05$. All training and soccer play values are significantly different from the laboratory max test.

Abbildung 43: Comparison of respiratory variables between laboratory test and field training. (Hoff et al, 2002, 36, S. 219).

Abbildung 44 zeigt den Zusammenhang von VO_2 und f_c , bemessen an verschiedenen submaximalen Geschwindigkeitsstufen am Laufband (correlation coefficient $r = 0.844$, $p < 0.01$). Die $VO_2 - f_c$ Relation war in beiden fußball-spezifischen Trainingssituationen nicht signifikant unterschiedlich wie beim

Laufbandtest. Die Herzfrequenz (f_c) war beim Fußballparcours höher als bei den kleinen Gruppenspielen ($p < 0.05$). Der durchschnittliche VO_2 -Wert und die dazugehörige f_c waren in beiden Spielperioden beim kleinen Gruppenspiel gleich hoch, hingegen war die VO_2 bei der Parcourstestung signifikant um 3.9% ($p < 0.05$) niedriger, bei unveränderter f_c im zweiten Durchgang. Die Spieler mit den höchsten VO_{2max} Werten aus der Labortestung zeigten beim kleinen Gruppenspiel die niedrigsten VO_{2max} Werte.

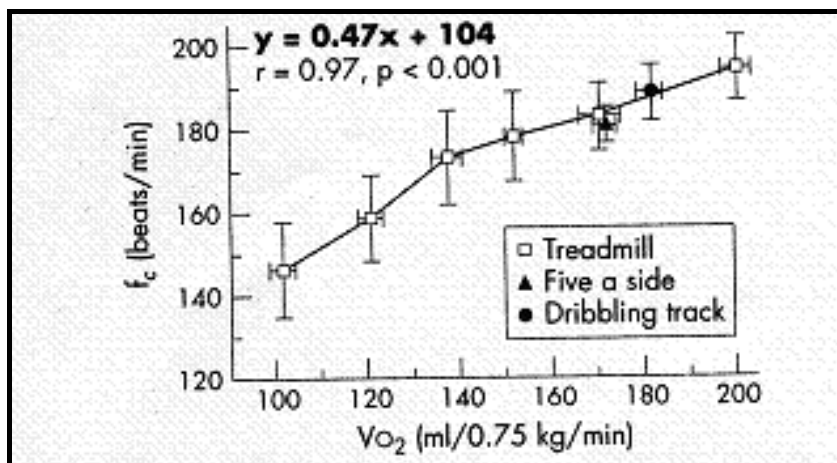


Abbildung 44: Correlation between VO_2 and f_c at different submaximal velocities during treadmill testing. ($r = 0.844$, $p < 0.01$. A linear regression is shown. (Hoff et al, 2002, 36, S. 219).

Diskussion

Die größte Entdeckung dieser Studie liegt darin versteckt, dass das spezifisch entworfene Fußballtraining die Kriterien für das aerobe Intervalltraining erfüllt. Zudem ist die Herzfrequenzüberwachung mittels Pulsuhr ein gültiges Maß für das Messen der Übungsintensität bei diesem Trainingsmethodentypus. Die Testergebnisse zeigen, dass es möglich ist, ein fußballspezifisches Ausdauertraining in Form von kleinen Gruppenspielen und eines Fußballparcours zu entwickeln. Die dadurch erzielte erhöhte Fußballleistung wird durch Training im Entwicklungszielpuls hervorgerufen und ist von einer VO_{2max} Verbesserung untermauert.

Bevor ein fußballspezifisches Ausdauertraining konzipiert werden kann, müssen einige Faktoren berücksichtigt werden. Zu Beginn ist es wichtig, dass die Intensität des Tests höher gewählt wird, als dies bei einem herkömmlichen Spiel der Fall ist. Dieser Faktor kann mit verschiedenen Mitteln erreicht werden, z.B. weniger

Spieler, kleineres Spielfeld, weniger Ballkontakte oder die Zeitdauer des Balles außerhalb des Spielfeldes kann minimiert werden. Um den Spielern mit einer höheren VO_{2max} auch im Training die richtigen Intensitätsreize zu setzen, kann das Bergauflaufen ebenso effektiv sein, wie für weniger ausdauertrainierte Spieler das Kleingruppenspiel. Damit das hohe Niveau aller Spieler dauerhaft verbessert werden kann, ist es durchaus möglich, sie weiterhin im Parcours trainieren zu lassen, da hier die Intensität individueller trainiert werden kann. Bei der Labortestung wurde am Laufband eine 3° Steigung gewählt, um die VO_{2max} zu messen. Diese Neigung wird beim Feldtestparcours mit verschiedenen Richtungswechseln und unterschiedlichen Laufstilen kompensiert. Die Ruhezeiten, welche beim Fußball das Stillstehen präsentieren, können die VO_2 überbewerten, denn die VO_2 wird dadurch bei überhöhter Herzfrequenz bemessen, obwohl dieser aufgrund der Aktivierung für die nächste Aktion einhergeht. Das Meßequipment hat sich als zu schwer und zu groß für den Feldtest herausgestellt. Für den Labortest konnte das kleinere und leichtere Metamax Cortex II (800g) als sicher und zulässig bewertet werden. Aus einer vorherigen Studie von Torvik et al (2001) ist das EOS Sprint bekannt.

Die Spieler haben beim Fußballparcours mit einer beträchtlich höheren Intensität trainiert, als dies beim Experiment der Fall war. Tatsächlich waren Beobachtungsübereinstimmungen beim Laufen ohne Ball gegeben, dass die Spieler während der ersten Periode die Intensität reduzieren sollen, um die geplanten 90-95% der Belastungsvorgabe über die gesamte Testdauer einzuhalten. Höhere Übungsintensitäten führen zu einem erhöhten Laktatspiegel, der wiederum würde eine niedrigere aerobe Trainingsantwort auf den überhöhten Reiz bewirken. Eine Arbeitsintensität von 90-95% der maximalen Herzfrequenz ist bekanntlich höher als die anaerobe Schwelle. Aktivitätspausen während der Übungen sind wichtig für den Abbau von Laktat in der Muskulatur und anschließend im Blut. Helgerud et al (2001, 33) verwendet vier mal vier Minuten Intervalle, welche sehr effektiv für Fußballspieler mit einer VO_{2max} von 55-65 ml/kg/min erscheinen. Ausdauertrainiertere Spieler können ihren Trainingserfolg mit einer erhöhten Anzahl, oder mit längeren Intervallen optimieren. Dem gegenüber können weniger trainierte Spieler die Serienanzahl oder die Dauer der Intervalle minimieren.

Die Probanden dieser Studie zeigten höhere VO_{2max} Werte, als dies in einem vorangegangenen Experiment von Reilly et al (1984, 55, S. 267-271) der Fall war, jedoch mit Übereinstimmungen der Ergebnisse von Wisløff et al (1998, 30, S. 462-467). Die Spieler dieser Untersuchung präsentierten nicht ein gesamtes Team, aber für eine freiwillige Teilnahme an diesem Projekt brachten sie vermutlich eine genetische Veranlagung des Ausdauerhaltens mit. Die Aufzeichnungen der Herzfrequenz während dem Spiel gab dem Trainer hochwertige Information über den Trainingseffekt.

Endergebnis

Erhöhte Intensität der aeroben Ausdauer in Kombination mit Intervall Training bewirkt in einem fußballspezifischen Training mehr als das „neutrale Planlaufen“. Ein speziell konzipierter Fußballparcours und kleine Gruppenspiele können die beabsichtigte Belastungsintensität dafür erzeugen. Diese Studie zeigt uns, dass in kleinen Gruppenspielen ohne oder mit kurzen Stopps wie beim Parcours, sich die Herzfrequenz als Indikator für die VO_{2max} optimal bewährt hat.

11. Statistikauswertung der Ausdauertests an der FSA

An der Frank – Stronach – Fußballakademie werden jährlich zwei unterschiedliche Ausdauertests für die Ermittlung der Ausdauerleistungsfähigkeit durchgeführt. Einerseits der auf der Laufbahn stattfindende Feldstufentest (Kapitel 8.1.1) und andererseits in der Halle der Shuttle-Run (Kapitel 9.3.1). Beide Testverfahren wurden mit ihren Testmodalitäten in dieser Arbeit beschrieben, wobei der Shuttle-Run in seiner Durchführungsform als sportartspezifischer hervorgehoben werden kann. Wie ein Vergleich mit vorangegangenen internationalen Studien zeigt, werden bei allen fußballspezifischen Leistungstests die maximale Sauerstoffaufnahme (VO₂max), die Geschwindigkeit an den Laktatschwellen und die maximale Herzfrequenz (Hfmax) der einzelnen Probanden geprüft. Ungleich ist es bei den Ausdauertests an der FSA, hier wurde die aerobe Schwelle (AS - 2mmol/L) bzw. die anaerobe Schwelle (ANS - 4mmol/L) mit starren Laktatschwellen festgelegt und die Hfmax gemessen.

Mit Hilfe einer Formel von Pugh LG (1970, 823-35) ist es möglich, einen errechneten km/h-Wert an der aeroben und anaeroben Schwelle zu prognostizieren, der mit den tatsächlichen Geschwindigkeitswerten verglichen wurde. Bei der FSA Statistikauswertung wurden die Werte beider Tests miteinander verglichen und auf signifikante Zusammenhänge bzw. Unterschiede mittels Statistikprogramm (SPSS) untersucht. Die Hypothese der Studie lautete, dass es keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den Laufgeschwindigkeiten an der aeroben bzw. der anaeroben Schwelle des Feldstufentests mit dem Shuttle-Run unter Berücksichtigung des Alters gibt.

Die Probandenanzahl (n=43) wurde in fünf Altersgruppen unterteilt, wobei 1985 der älteste Jahrgang und 1989 der jüngste Jahrgang war. Die Gruppengröße variierte zwischen drei Spielern in der ältesten Gruppe und 14 Testpersonen in der jüngsten Gruppe. Aufgrund von Verletzungen, internationalen Turnieren oder vorzeitiger Schulaustritte gab es innerhalb der Jahrgänge stark schwankende Probandenanzahlen.

Tabelle 10: Jahrgang und Gruppengröße.

Jahrgang	Gruppengröße (n)
1985	3
1986	14
1987	9
1988	7
1989	10
Gesamtzahl	43

11.1. Aerobe Messung

Zusammenhänge der einzelnen Messungen

Wird der Zusammenhang der beiden aeroben Messungen analysiert, so ist ein Korrelationskoeffizient von $r=0,45$ ($p=0,02$) gegeben. In der nachfolgenden Abbildung1 ist der Zusammenhang grafisch in Form eines Scatterplots dargestellt.

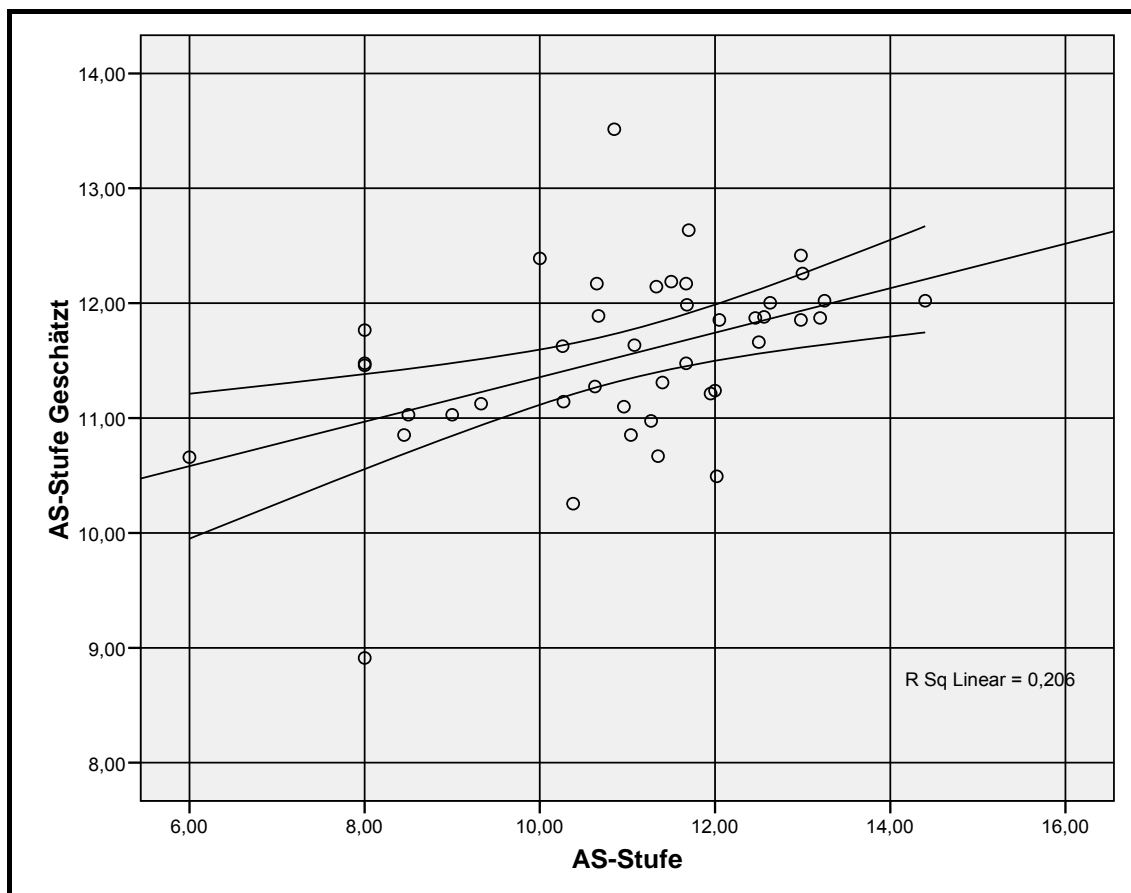


Abbildung 1: Scatterplot AS-Stufentest geschätzt mit AS-Stufentest.

Betrachtet man nun den geschätzten Wert beim Stufentest mit dem tatsächlichen Messwert, so liegt die Korrelation, bedingt durch die Lineartransformation wie mit der Messung bei Shuttle-Run bei 0,45 ($r=0,02$). Der Mittelwert der vorhergesagten Messung ist jedoch um 0,58 km/h schneller errechnet worden, als der tatsächlich erhobene Wert. Der Unterschied zwischen geschätztem und tatsächlichem Wert ist signifikant ($F(1,42)=5,67$; $p=0,02$; $\eta^2=0,12$). Durch die vorgegebene Funktionsgleichung findet also eine Überhöhung der Geschwindigkeiten der Spieler statt.

Die Abweichungen liegen in einem Bereich von -2,38 km/h bis 4,66 km/h bei der aeroben Schwelle (2mmol/L). Das nachfolgende Histogramm gibt einen Überblick über die gefundenen Abweichungen.

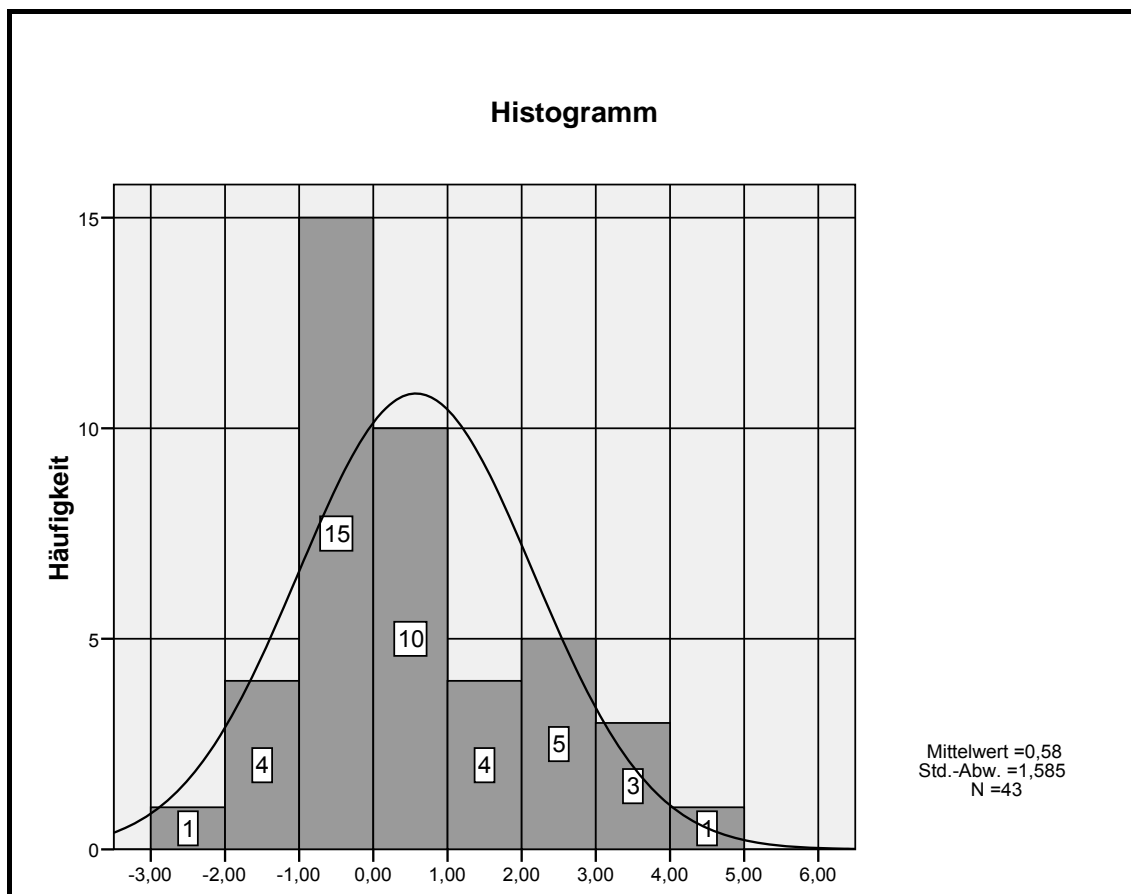


Abbildung 2: Histogramm der Abweichungen von geschätzten Wert minus tatsächlichem Wert, aerobe Schwelle.

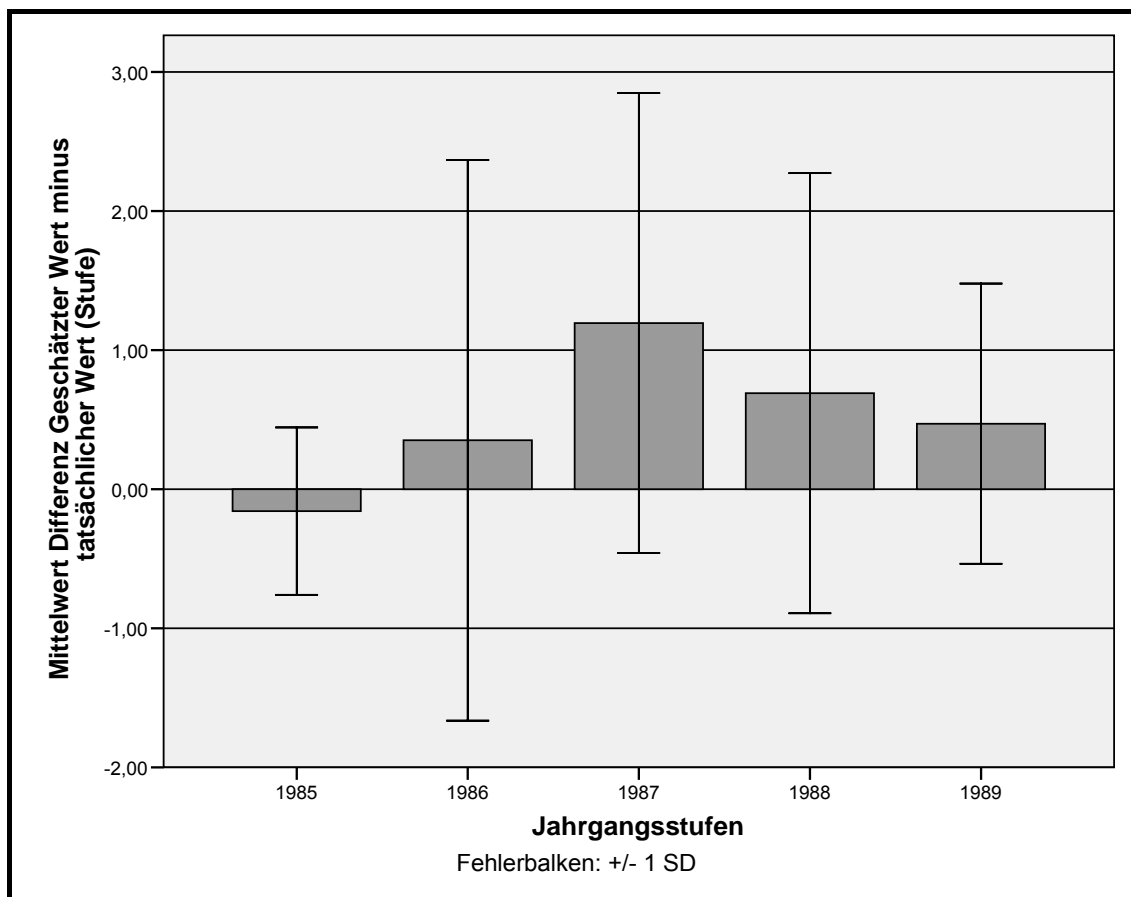


Abbildung 3: Mittelwerte der Abweichungen von geschätzten Wert minus tatsächlichem Wert, getrennt nach Jahrgängen, aerobe Schwelle.

Die Unterschiede in den einzelnen Jahrgängen sind nicht signifikant ($\chi^2(4)=2,92$; $p=0,57$). Es kommt innerhalb jedes Jahrganges zu relativ großen Streuungen der Abweichungen.

Bei der nachfolgenden Auswertung werden die Jahrgänge 1985 und 1986 in eine Gruppe zusammengefasst und mit den ebenfalls in einer Gruppe zusammengefassten Jahrgängen 1987, 1988 und 1989 verglichen.

Auch hier ergibt sich kein signifikanter Unterschied in den Abweichungen ($z=-1,18$; $p=0,29$). Statistisch betrachtet sind die Geschwindigkeitsabweichungen nach oben unabhängig vom Alter der Probanden.

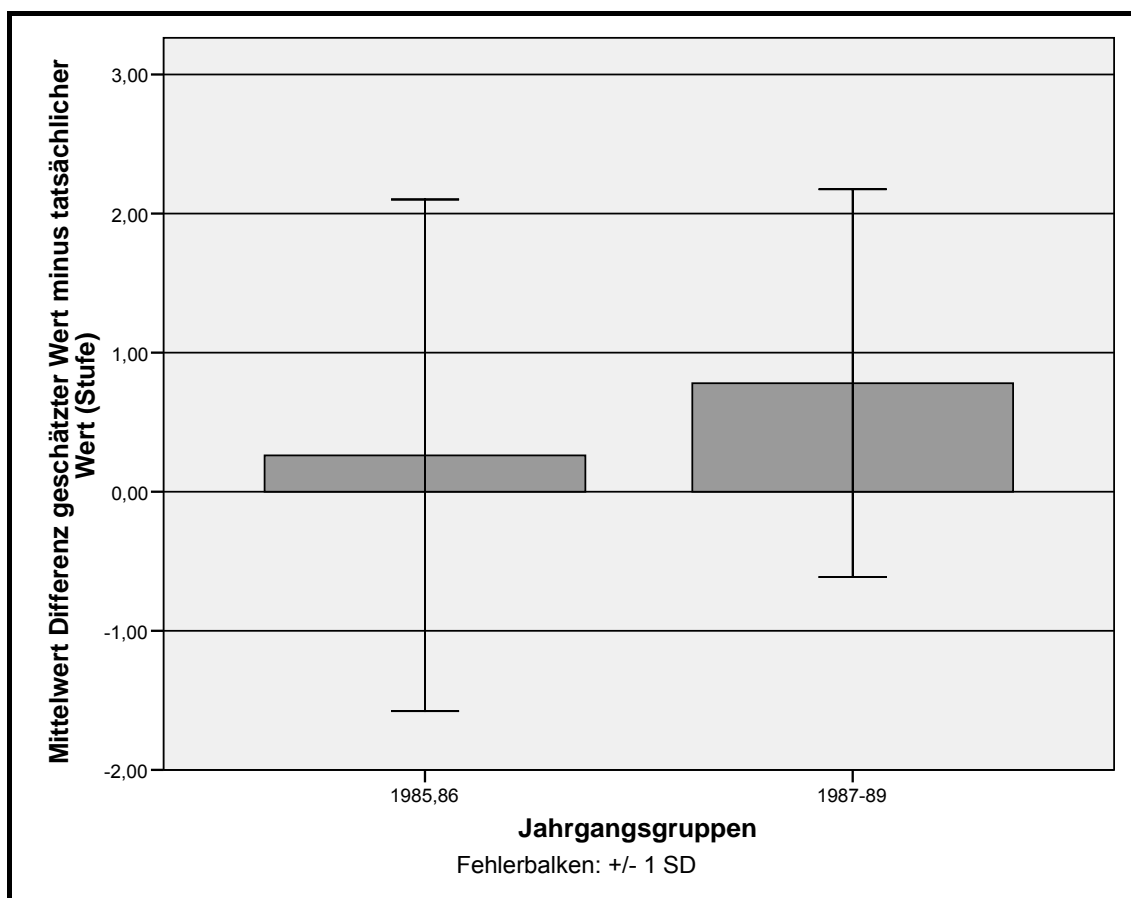


Abbildung 4: Mittelwerte der Abweichungen von geschätzten Wert minus tatsächlichem Wert, getrennt nach Jahrgangsgruppen, aerobe Schwelle.

11.2. Anaerobe Messung

Der Zusammenhang zwischen Feldstufentest und Shuttle-Run liegt bei der anaeroben Messung bei $r=0,41$, $p<0,01$) und somit korreliert auch der geschätzte Wert mit dem tatsächlichem in dieser Größe.

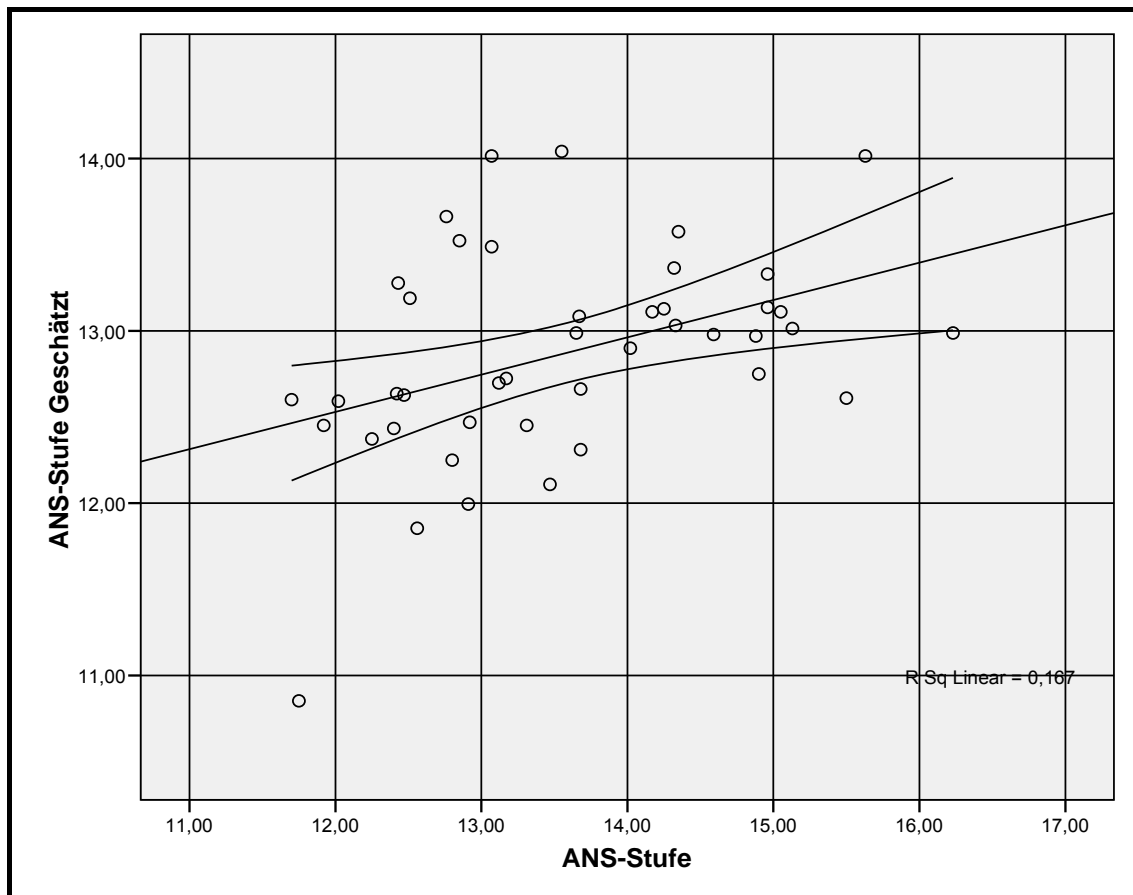


Abbildung 5 Scatterplot ANS-Stufentest geschätzt mit ANS-Stufentest.

Die durchschnittliche Abweichung des geschätzten Wertes von dem tatsächlichen Wert liegt bei -0,70 km/h. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant ($F(1,42)=18,71$; $p<0,01$; $\eta^2=0,31$). Bei der anaeroben Schwelle wird der vorhergesagte Wert signifikant unterschätzt. Die Spannweite der Abweichungen reicht von -3,24 km/h bis 0,95 km/h. Nachfolgendes Histogramm stellt die Abweichungen grafisch dar.

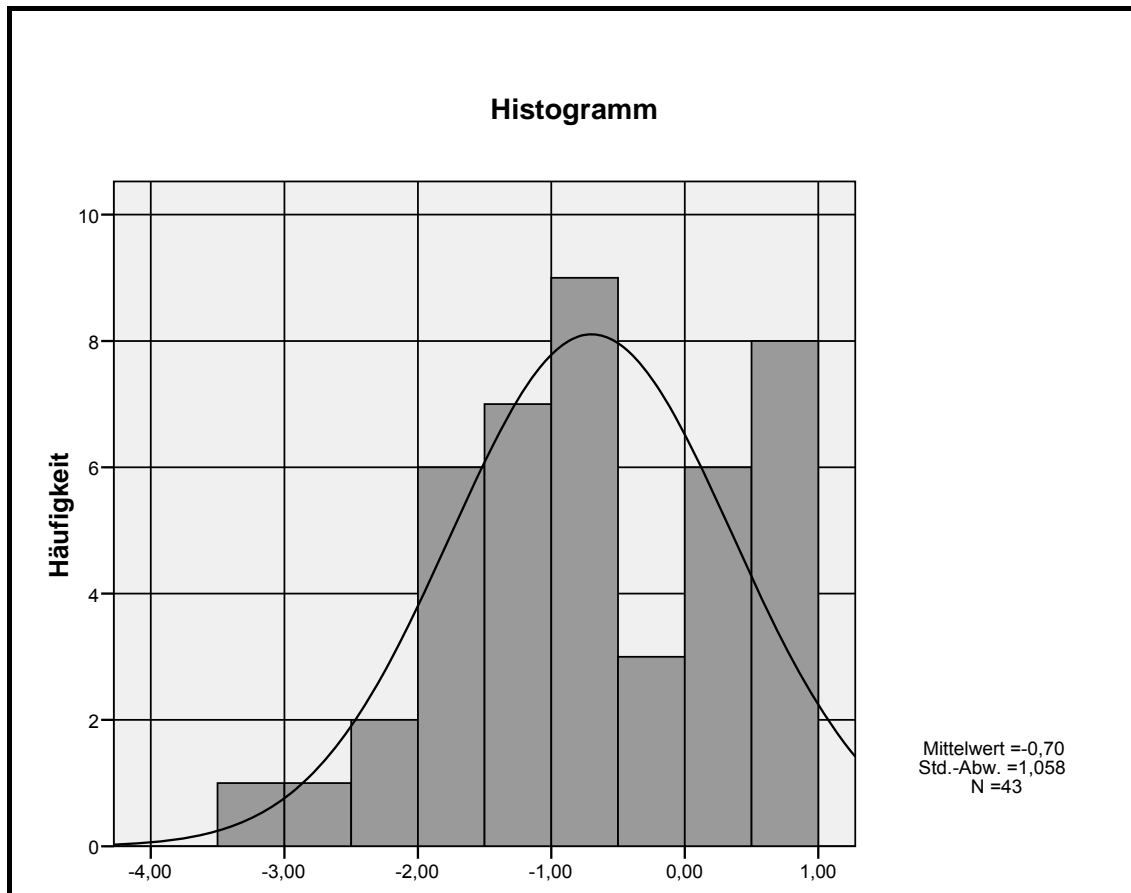


Abbildung 6: Histogramm der Differenz der geschätzten Werte minus tatsächlichen Werte- anaerob.

Die Abweichungen vom tatsächlichen Wert unterscheiden sich nicht signifikant zwischen den Jahrgangsgruppen ($F(4,38)=1,77$; $p=0,15$). Deskriptiv (siehe Abbildung 7) kann jedoch eine linearer Trend beobachtet werden. Mit abnehmendem Alter werden die Leistungen durch die Funktion stärker unterschätzt.

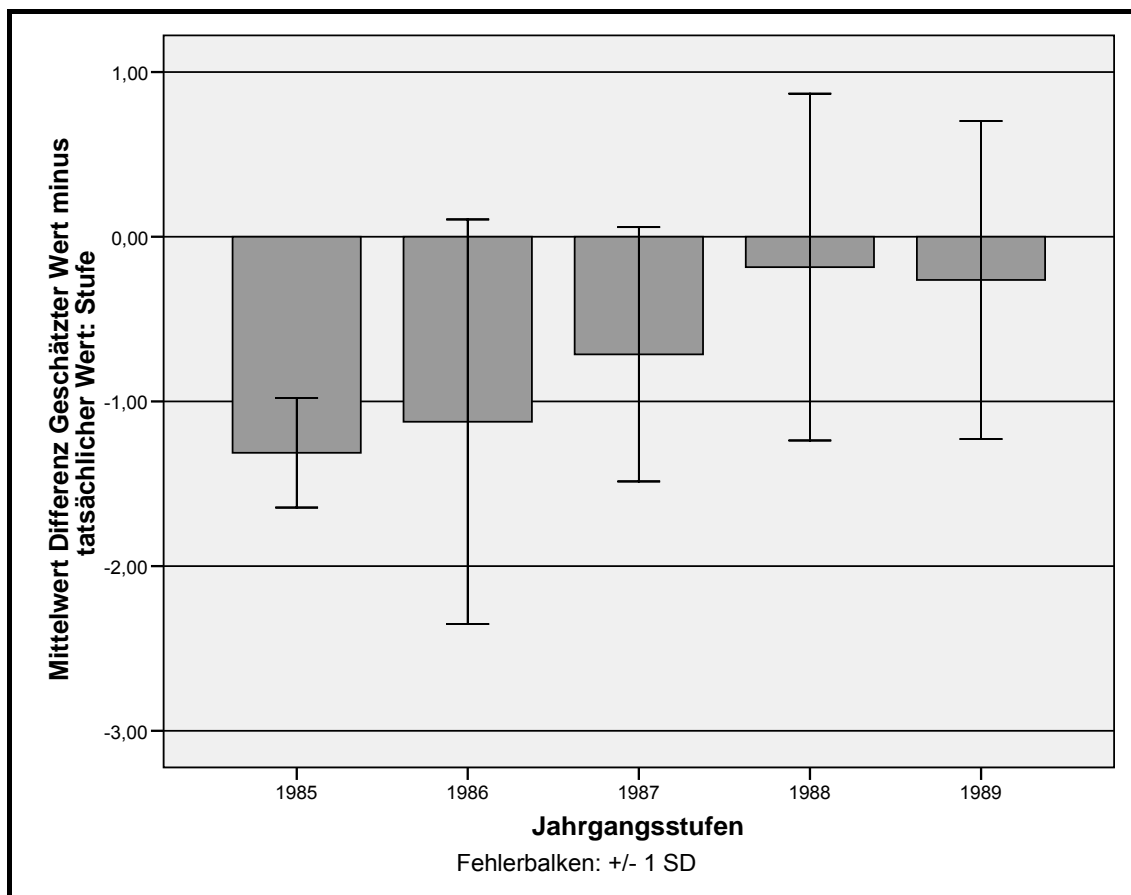


Abbildung 7: Differenz der geschätzten Werte minus tatsächlichen Werte, getrennt nach Jahrgänge, anaerob.

Bei der Auswertung nach zusammengefassten Jahrgangsgruppen ist ein signifikanter Unterschied feststellbar ($F(1,41)=5,90$; $p=0,02$; $\eta^2=0,13$). Die durchschnittliche Abweichung bei den jüngeren Spielern liegt bei -1,16 km/h, bei den älteren Spielern hingegen nur bei -0,40 km/h.

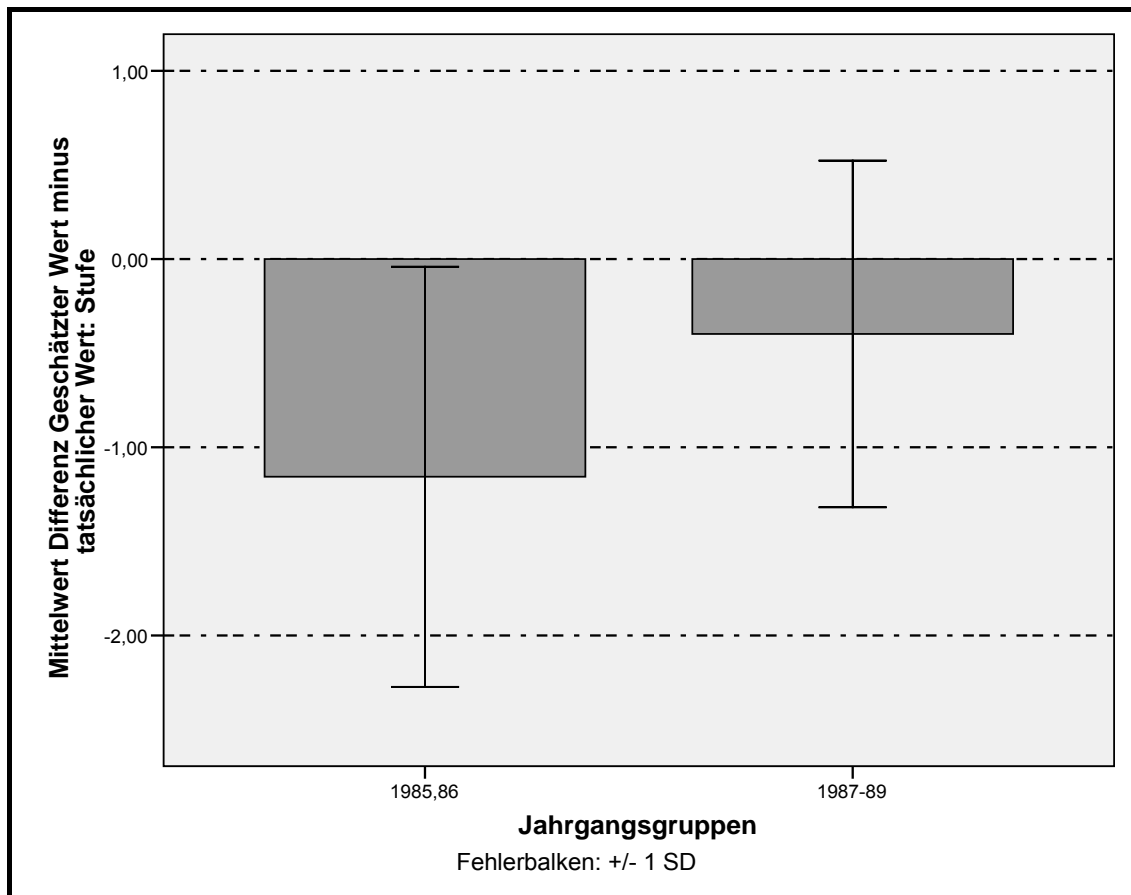


Abbildung 8: Differenz der geschätzten Werte minus tatsächlichen Werte, getrennt nach Jahrgänge, anaerob.

11.3. Zusammenhänge zwischen aerober und anaerober Messung

Betrachtet man die Messungen bei aerober und anaerober Erhebung, so ist beim Stufentest ein Korrelationskoeffizient von $r=0,77$ ($p<0,01$) gegeben. Beim Shuttle-Run wird ein etwas geringerer Korrelationskoeffizient von $r=0,67$ ($p<0,01$) ermittelt.

Die Messung von AS-Stufentest und ANS-Shuttle-Run korreliert mit 0,43 ($p<0,01$), das entspricht etwa auch den Korrelationen bei der Messung auf den gleichen Ebenen, die Korrelation zwischen ANS-Stufentest und AS-Shuttle-Run liegt 0,34 ($p=0,03$) und ist somit etwas geringer.

Tabelle 1: Korrelationen bei aerober und anaerober Messung.

	ANS-Stufentest		ANS-Shuttle-Run	
	r	p	r	p
AS-Stufentest	0,77	0,00	0,43	0,00
AS-Shuttle-Run	0,34	0,03	0,67	0,00

11.4. Leistungsunterschiede nach Jahrgängen

Aerobe Messung

Bei der Stufentestmessung sind zwischen den Jahrgängen keine signifikanten Unterschiede gegeben ($F(4,38)=0,59$; $p=0,68$). Den deskriptiv niedrigsten Wert weist der Jahrgang 1987 auf. Der Mittelwert liegt in dieser Gruppe bei 10,27 km/h an der aeroben Schwelle. Den deskriptiv höchsten Wert hat der Jahrgang 1985 der Mittelwert nimmt einen Wert von 11,93 km/h an. Da die Fallzahlen in den einzelnen Jahrgängen sehr klein sind, wird das Ergebnis der Varianzanalyse nochmals parameterfrei mittels Rangvarianzanalyse nach Kruskal-Wallis überprüft. Das Ergebnis wird bestätigt, da die Unterschiede nicht signifikant sind ($\chi^2(4)=3,02$; $p=0,55$). Somit kann davon ausgegangen werden, dass sich die Jahrgangsstufen nicht signifikant untereinander in der Leistung bei der Feldstufentestmessung unterscheiden.

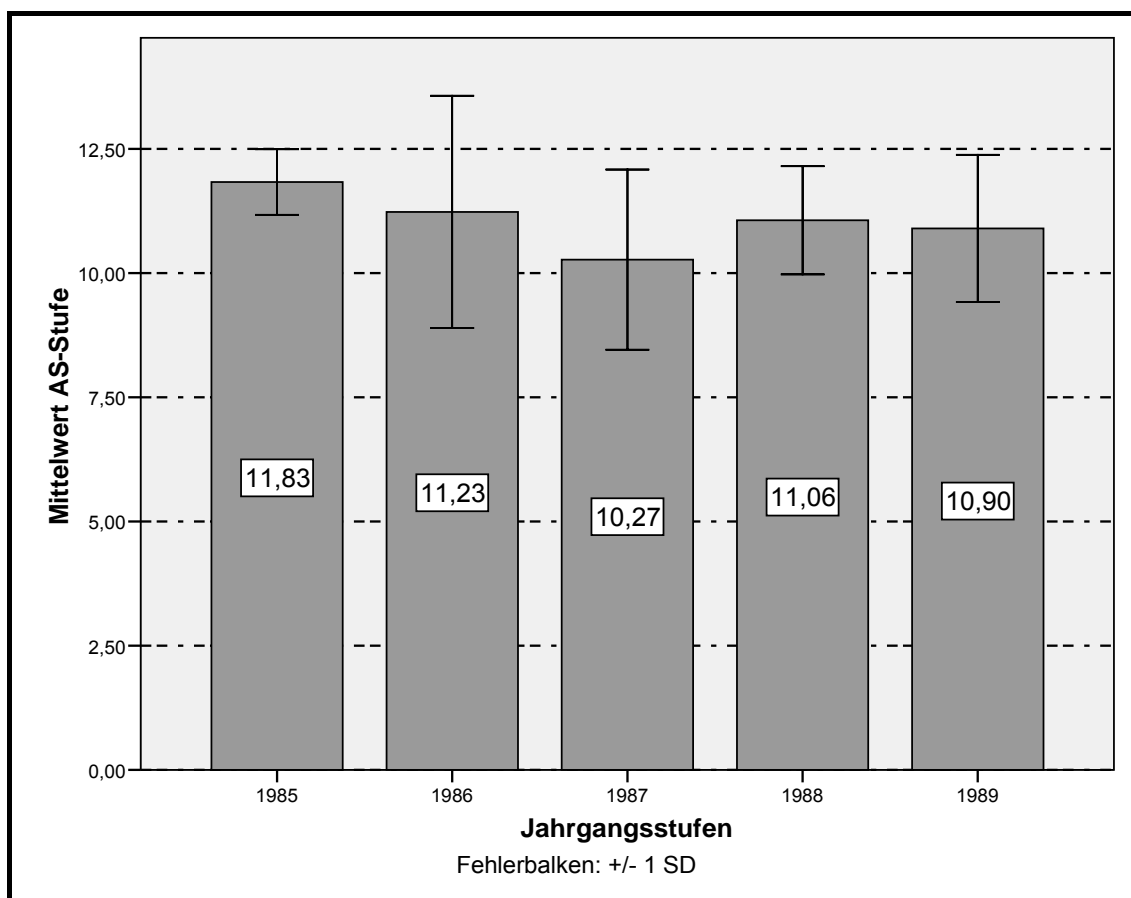


Abbildung 9: Mittelwerte aerobe Messung: Stufe, getrennt nach Jahrgangsstufen.

Auch bei der Shuttle-Run-Messung sind keine Unterschiede zwischen den fünf Jahrgangsstufen statistisch zu ermitteln ($F(4,38)=0,30$; $p=0,88$). Hier liegt der deskriptiv niedrigste Mittelwert bei der Jahrgangsstufe 1989 ($M=10,59$ km/h) und der höchste findet sich beim Jahrgang 1988 ($M=11,03$ km/h). Die parameterfreie Auswertung bringt ebenfalls kein signifikantes Ergebnis ($\chi^2(4)=0,52$; $p=0,97$).

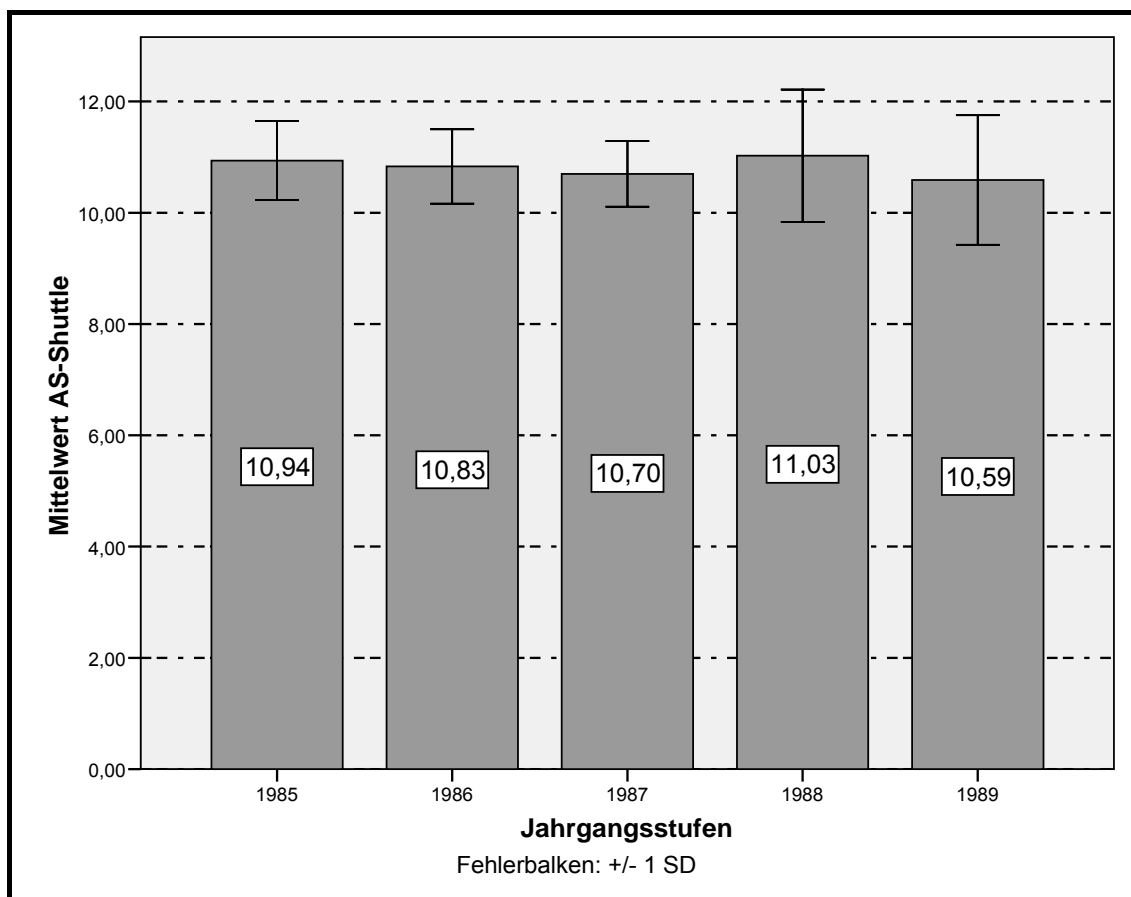


Abbildung 10: Mittelwerte aerobe Messung: Shuttle, getrennt nach Jahrgangsstufen.

Im Folgenden wird untersucht, ob sich die Messung von Feldstufentest und Shuttle-Run unterscheiden und ob es dabei signifikante Wechselwirkung mit den Jahrgangsstufen gibt.

Die Werte zwischen Stufentest und Shuttle-Run sind bei der aeroben Messung nicht voneinander zu unterscheiden ($F(1,38)=0,74$; $p=0,39$). Der Mittelwert beim Stufentest liegt bei 10,97 km/h und für den Shuttle-Run wird ein Mittelwert von 10,79 km/h ermittelt.

Die Wechselwirkung der Belastungsart mit den Jahrgangsstufen ist nicht signifikant ($F(4,38)=0,58$; $p=0,70$). Das bedeutet also, dass in allen fünf Jahrgängen kein Unterschied zwischen Feldstufentest und Shuttle-Run existiert. Die parameterfreie Auswertung bestätigt die zuvor berichteten Ergebnisse. Die Unterschiede zwischen Stufentest und Shuttle-Run sind nicht signifikant (Wilcoxon-Test: $z=-1,13$; $p=0,26$). Ebenso finden sich keine Unterschiede in den Differenzen zwischen Stufentest und Shuttle-Run bei den Jahrgangsstufen (Rangvarianzanalyse: $\chi^2(4)=2,79$; $p=0,59$).

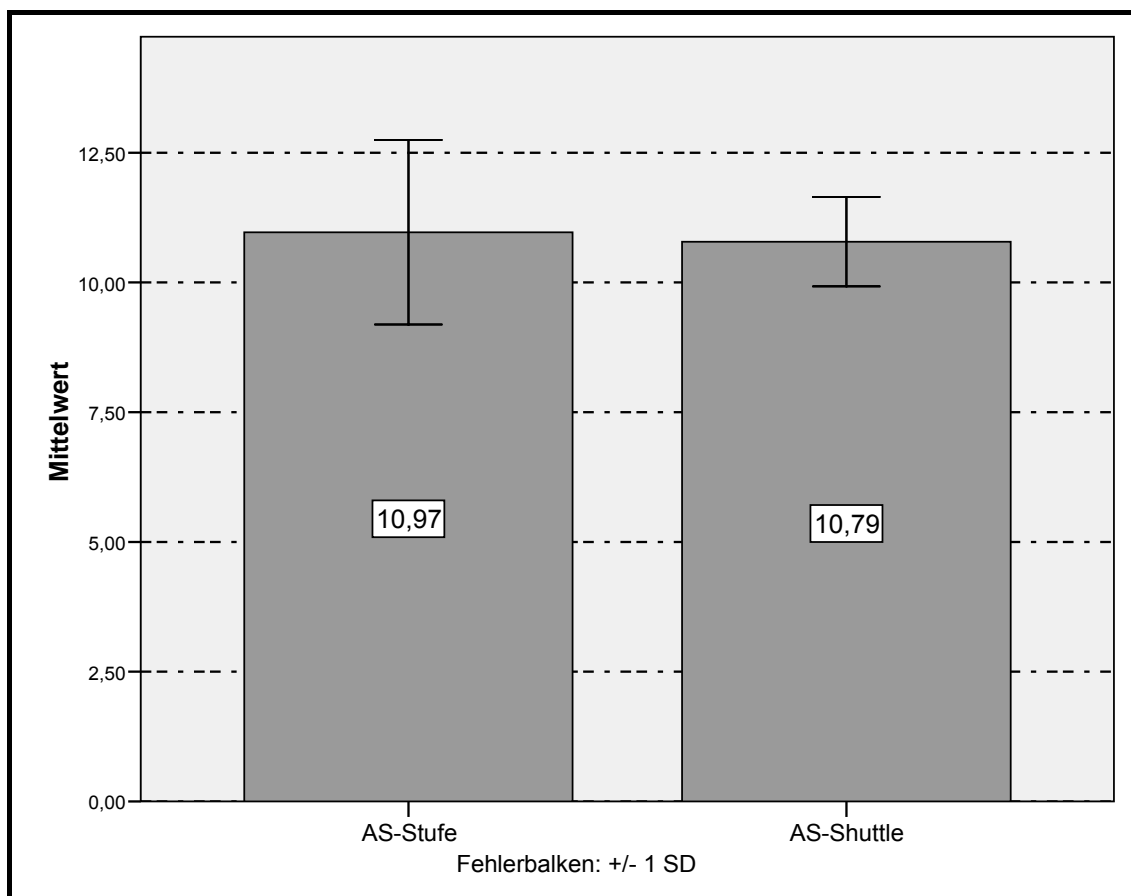


Abbildung 11: Mittelwert für Messungen bei Stufentest und Shuttle-Run, Aerob.

Tabelle 2: Mittelwerte und Standardabweichungen bei Stufentest und Shuttle-Run, getrennt nach Jahrgängen, aerob

	AS-Stufe		AS-Shuttle		
	M	SD	M	SD	N
1985	11,83	0,66	10,94	0,71	3
1986	11,23	2,34	10,83	0,67	14
1987	10,27	1,81	10,70	0,59	9
1988	11,06	1,09	11,03	1,19	7
1989	10,90	1,48	10,59	1,17	10
Gesamt	10,97	1,78	10,79	0,86	43

Bei der nachfolgenden Auswertung werden die Jahrgänge 1985 und 1986 in eine Gruppe zusammengefasst und mit den ebenfalls in einer Gruppe versammelten Jahrgängen 1987, 1988 und 1989 verglichen.

Bei der Feldstufentestmessung sind keine statistisch belegbaren Unterschiede zwischen jüngeren und älteren Probanden zu finden ($F(1,41)=1,23$; $p=0,28$). Für den älteren Teil der Stichprobe ergibt sich ein Mittelwert von 11,34 km/h. Für die jüngere Stichprobengruppe wird ein Mittelwert von 10,73 km/h errechnet. Die parameterfreie Auswertung bestätigt dieses Ergebnis (U-Test: $z=-1,62$; $p=0,11$).

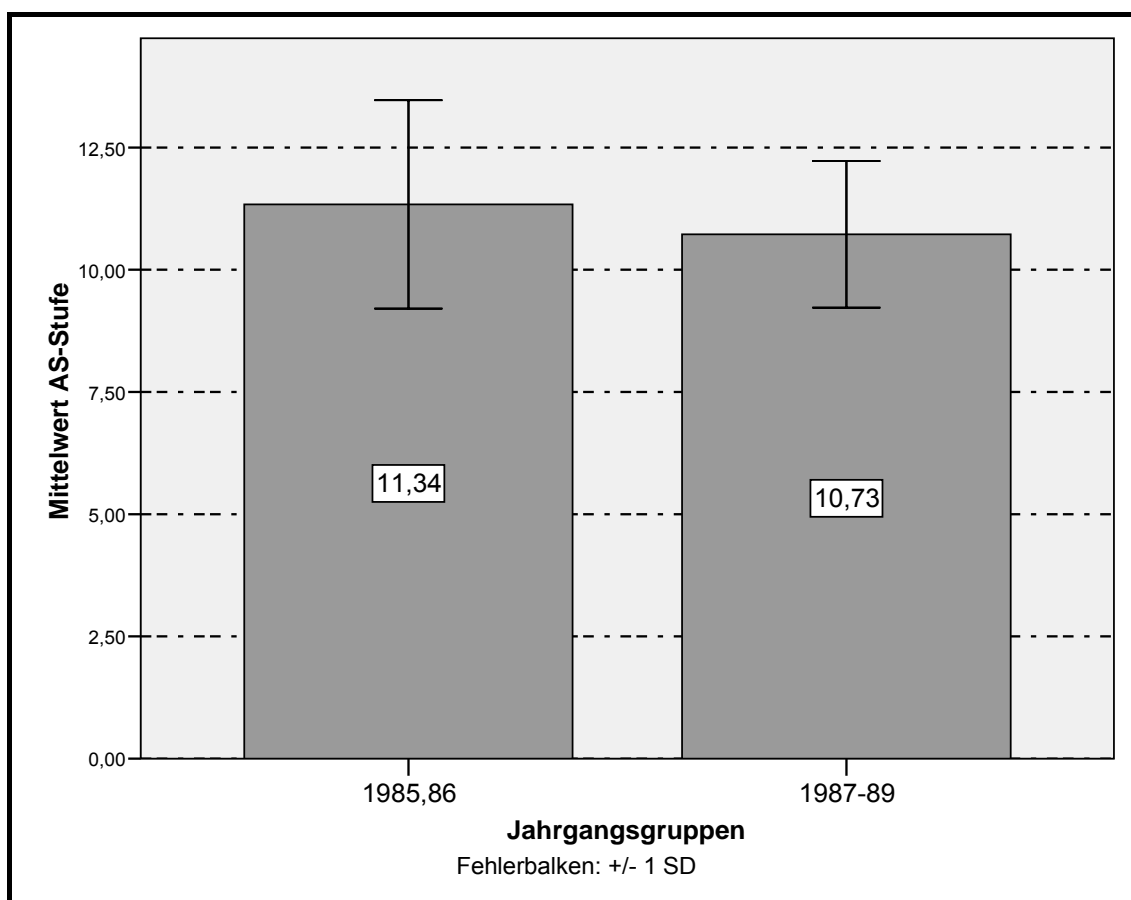


Abbildung 12: Mittelwerte AS-Stufentest, getrennt nach Jahrgangsgruppen, aerob.

Bei der Shuttle-Run-Auswertung ist ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Jahrgangsgruppen zu finden ($F(1,41)=0,15$; $p=0,70$). Der Mittelwert bei der älteren Gruppe liegt bei 10,85 km/h und für die jüngere Gruppe wird ein Mittelwert von 10,74 km/h errechnet. Die parameterfreie Auswertung bestätigt dieses Resultat ($z=-0,39$; $p=0,700$).

Es liegt auch keine Wechselwirkung von der Belastungsart und den Jahrgangsgruppen vor ($F(1,41)=1,05$; $p=0,31$). Es existieren also in den beiden Jahrgangsgruppen keine signifikanten Unterschiede zwischen Belastungsstufen und Belastungsart.

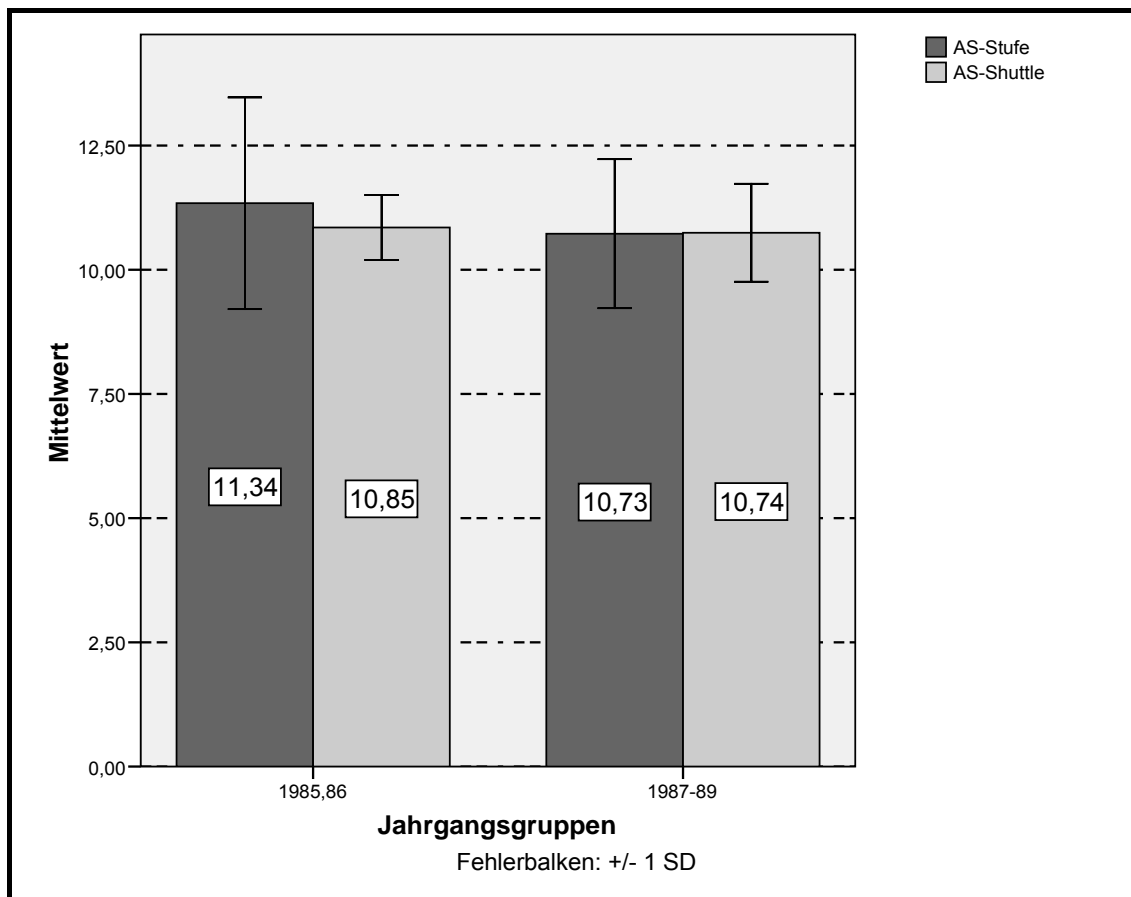


Abbildung 13: Vergleich von Feldstufentest und Shuttle-Run, getrennt nach der Jahrgangsgruppen, aerob.

Tabelle 3: Mittelwerte und Standardabweichungen bei Stufe und Shuttle, getrennt nach Jahrgangsgruppen, aerob

	AS-Stufentest		AS-Shuttle-Run		N
	M	SD	M	SD	
JG 1985,86	11,34	2,13	10,85	0,65	17
Jg1987,88,89	10,73	1,50	10,74	0,99	26
Gesamt	10,97	1,78	10,79	0,86	43

Anaerobe Messung

Bei der Feldstufentestmessung unterscheiden sich die fünf Jahrgänge nicht signifikant ($F(4,38)=2,49$; $p=0,059$). Es liegt jedoch ein statistische Tendenz vor. Den höchsten Mittelwert weist der Jahrgang 1985 ($M=14,20$ km/h) auf. Die Mittelwerte fallen kontinuierlich über die Jahrgänge hinweg und erreichen beim Jahrgang 1989 ($12,87$ km/h) den geringsten Wert. Dieses Ergebnis wird parameterfrei bestätigt ($\chi^2(4)=9,44$; $p=0,05$).

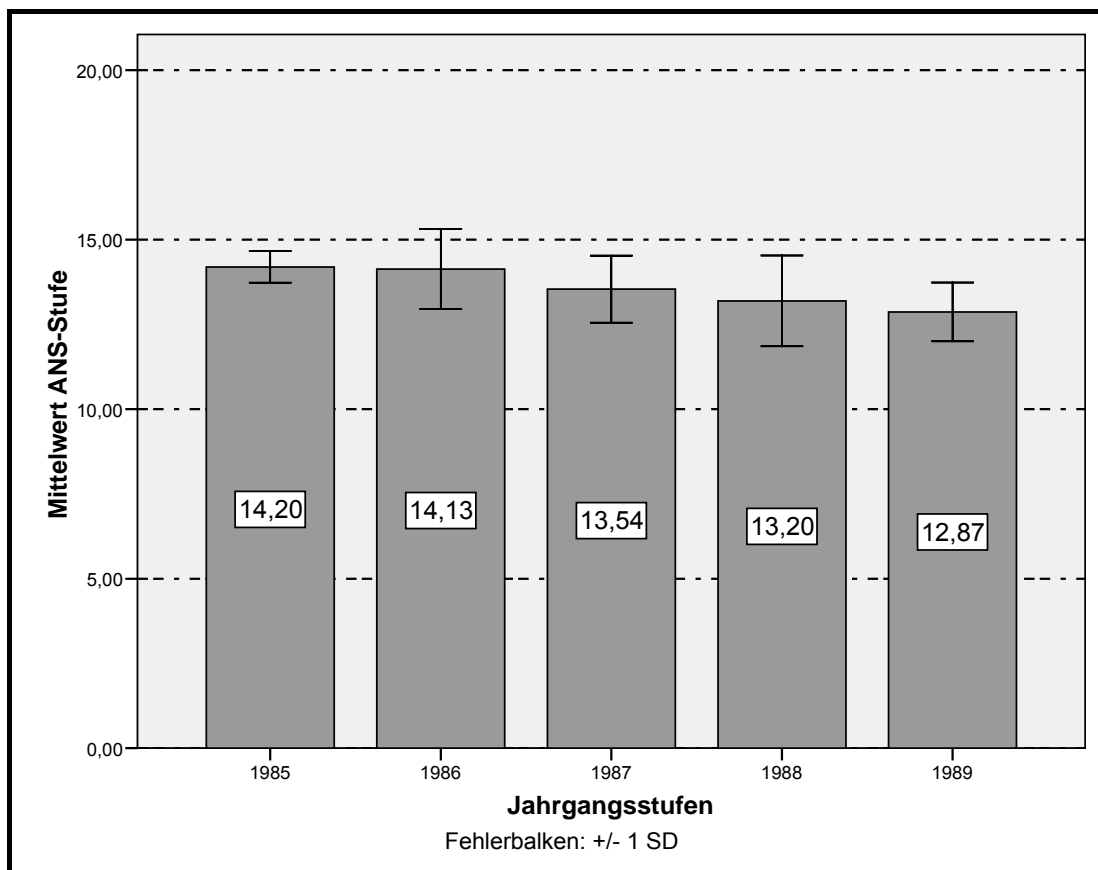


Abbildung 14: Mittelwerte der anaeroben Messung: Feldstufentest, getrennt nach Jahrgangstufen.

Bei der Shuttle-Run-Messung sind keine statistischen Unterschiede feststellbar ($F(4,38)=0,74$; $p=0,57$). Den höchsten Mittelwert (12,46 km/h) weist der Jahrgang 1986 gemeinsam mit dem Jahrgang 1988 auf. Den niedrigsten Wert hat der Jahrgang 1989 mit 12,00 km/h. Die parameterfreie Auswertung bestätigt dieses Ergebnis ($\chi^2(4)=1,88$; $p=0,76$).

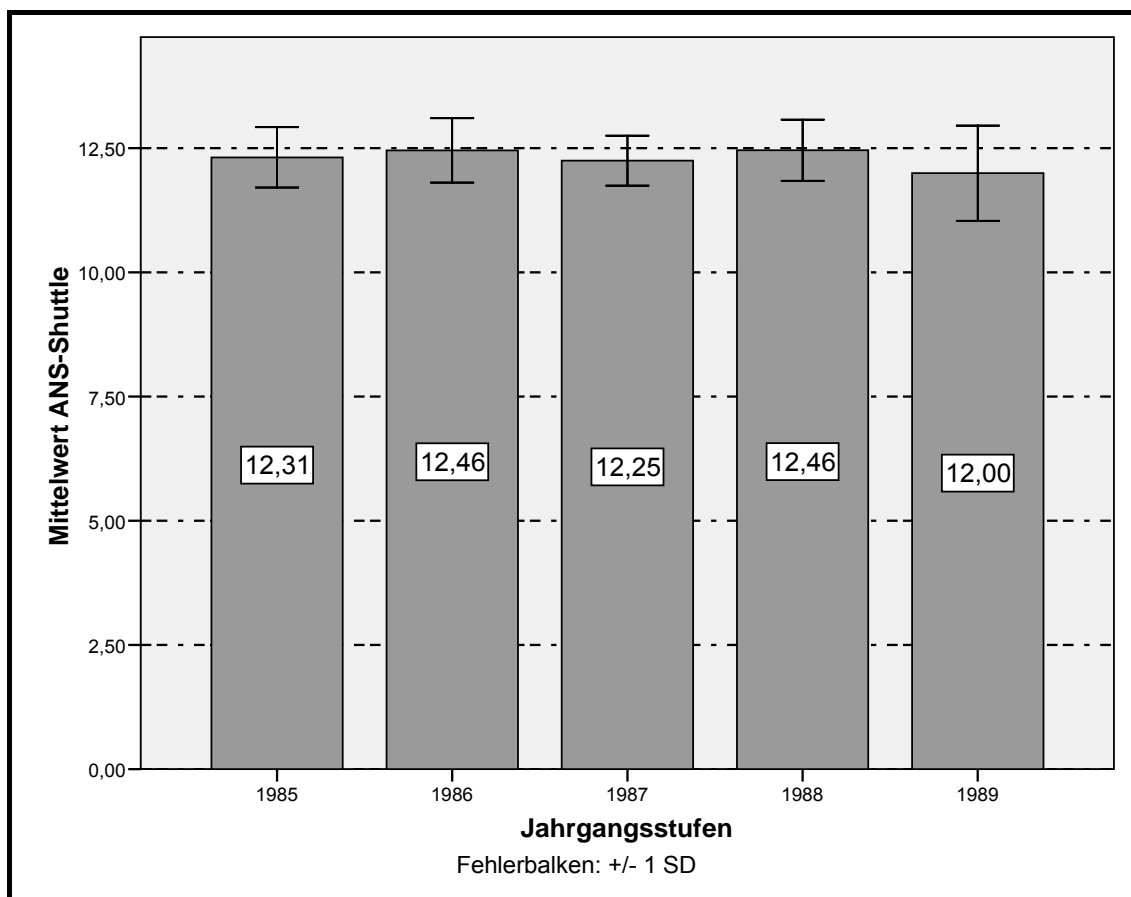


Abbildung 15: Mittelwerte anaerobe Messung: Shuttle, getrennt nach Jahrgangstufen.

Bezogen auf die gesamte Stichprobe sind signifikante Unterschiede zwischen der Feldstufentestmessung und bei Shuttle-Run zu finden ($F(1,38)=50,70$; $p<0,01$; $\eta^2=0,57$). Der Mittelwert bei Feldstufentest liegt bei 13,57 km/h. Beim Shuttle-Run ist er mit 12,30 km/h deutlich niedriger. Das Ergebnis wird bei einer parameterfreien Auswertung bestätigt ($z=-5,08$; $p<0,01$).

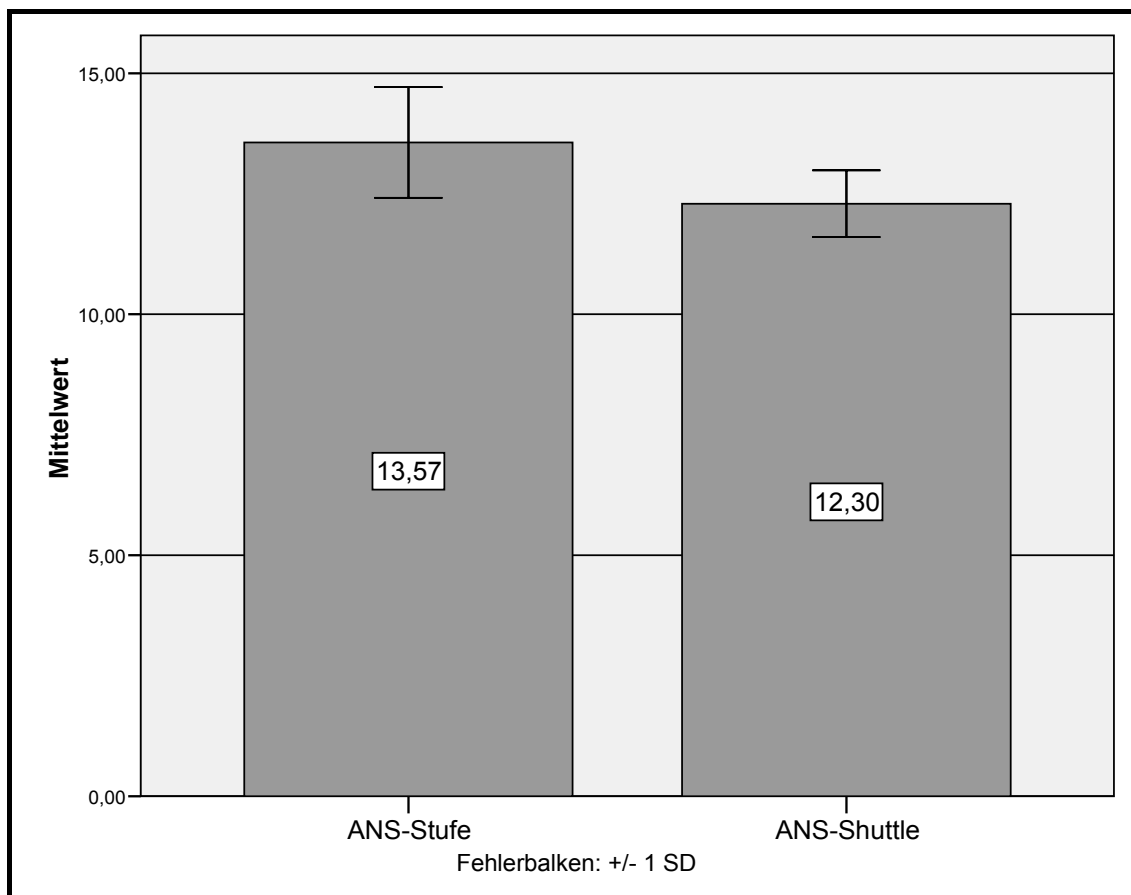


Abbildung 16: Mittelwert für Messungen bei Stufentest und Shuttle-Run, anaerob.

Eine Wechselwirkung von der Belastungsart und Jahrgangsstufen ist nicht gegeben ($F(4,38)=1,61$; $p=0,19$). Die Unterschiede in allen Jahrgängen zwischen Stufentest und Shuttle-Run sind somit als gleich zu bewerten. Bei parameterfreie Auswertung sind die Unterschiede über die Jahrgangsgruppen hinweg ebenfalls nicht signifikant ($\chi^2(4)=5,13$; $p=0,28$).

Tabelle 4: Mittelwerte und Standardabweichungen bei Stufentest und Shuttle-Run, getrennt nach Jahrgängen, anaerob.

	ANS-Stufentest		ANS-Shuttle-Run		N
	M	SD	M	SD	
1985	14,20	0,47	12,31	0,47	3
1986	14,13	1,18	12,46	1,18	14
1987	13,54	0,99	12,25	0,99	9
1988	13,20	1,34	12,46	1,34	7
1989	12,87	0,86	12,00	0,86	10
Gesamt	13,57	1,15	12,30	1,15	43

Es folgt nun wieder die Auswertung mit den zusammengefassten Jahrgangsgruppen. Jüngere und ältere Probanden unterscheiden sich signifikant bei der Messung des Stufentests ($F(1,41)=8,33$; $p<0,01$; $\eta^2=0,17$). Der Mittelwert der älteren Probanden liegt bei 14,14 km/h, der der Jüngeren bei 13,19 km/h. Dieses Ergebnis wird durch die parameterfreie Analyse bestätigt ($z=-2,68$; $p<0,01$).

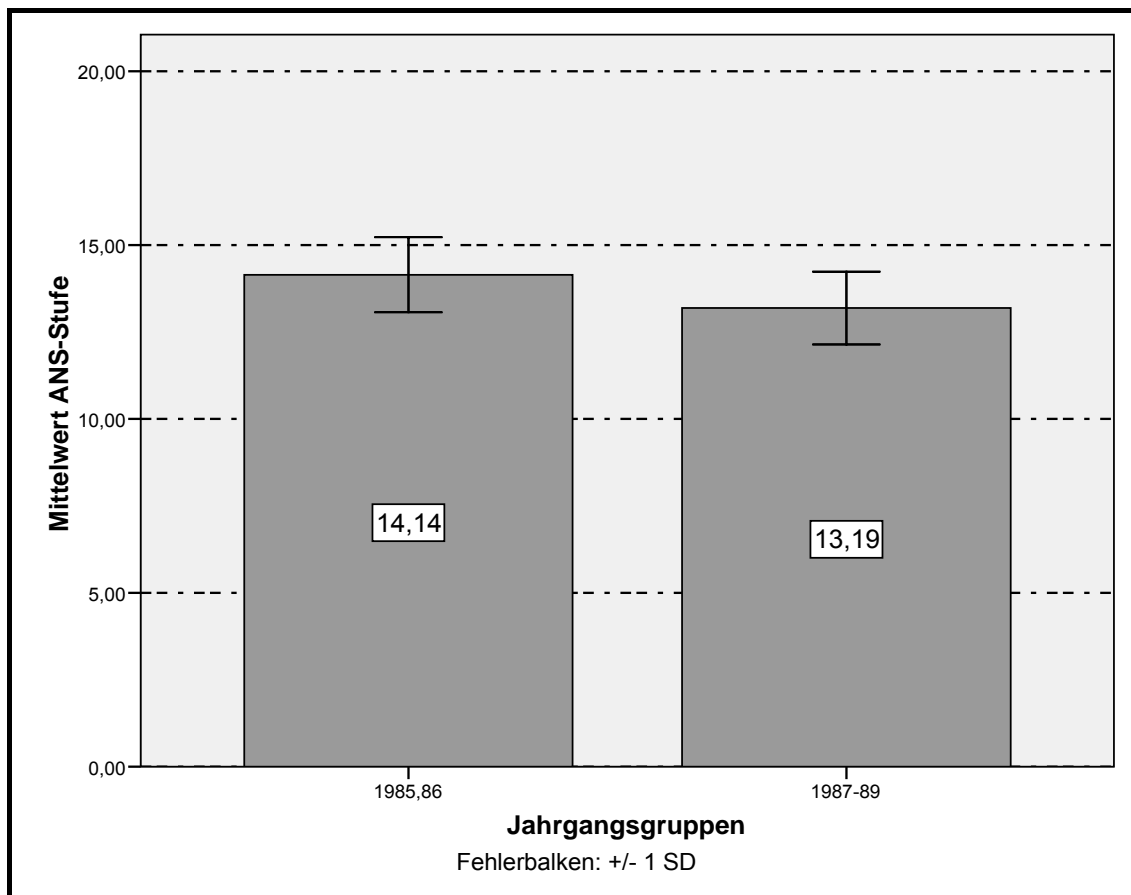


Abbildung 17: Mittelwerte AS-Stufentest, getrennt nach Jahrgangsgruppen, anaerob.

Nicht signifikant ist hingegen der Unterschied bei der Shuttle-Run-Messung ($F(1,41)=1,06$; $p=0,31$). Für die zusammengefassten Jahrgänge 85 und 86 wird ein Mittelwert von 12,43 km/h ermittelt, für die Jahrgangstufen von 1987 bis 1989 liegt der Mittelwert bei 12,21 km/h. Auch dieses Ergebnis kann parameterfrei bestätigt werden ($z=-0,88$; $p=0,38$).

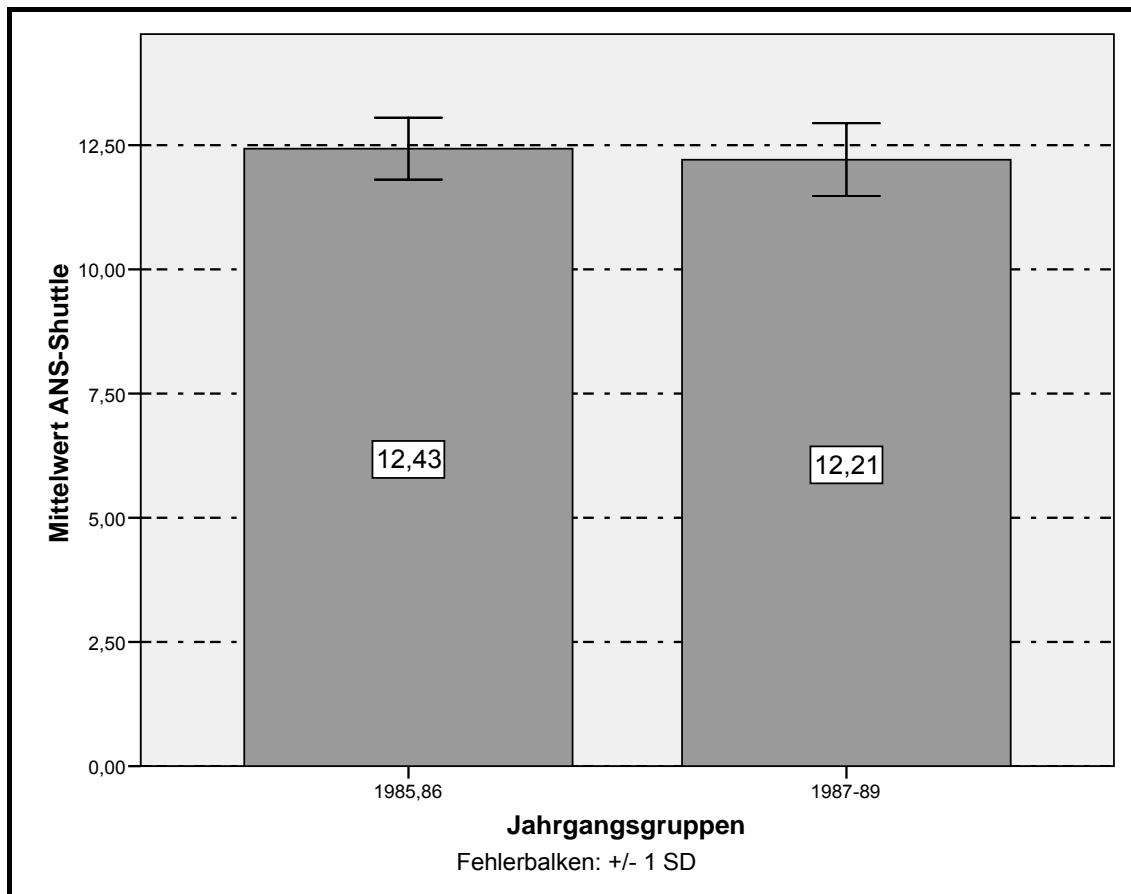


Abbildung 18: Mittelwerte Shuttle-Run, anaerob, getrennt nach Jahrgangsgruppen.

Eine Wechselwirkung von Belastungsart und Jahrgangsgruppen kann ebenfalls belegt werden ($F(1,41)=5,27$; $p=0,03$; $\eta^2=0,11$). In der jüngeren Gruppe (87-89) sind die Unterschiede zwischen Stufentest und Shuttle-Run größer als bei der älteren Gruppe (85-86). Das Ergebnis wird parameterfrei nur tendenziell bestätigt ($z=1,96$; $p=0,05$).

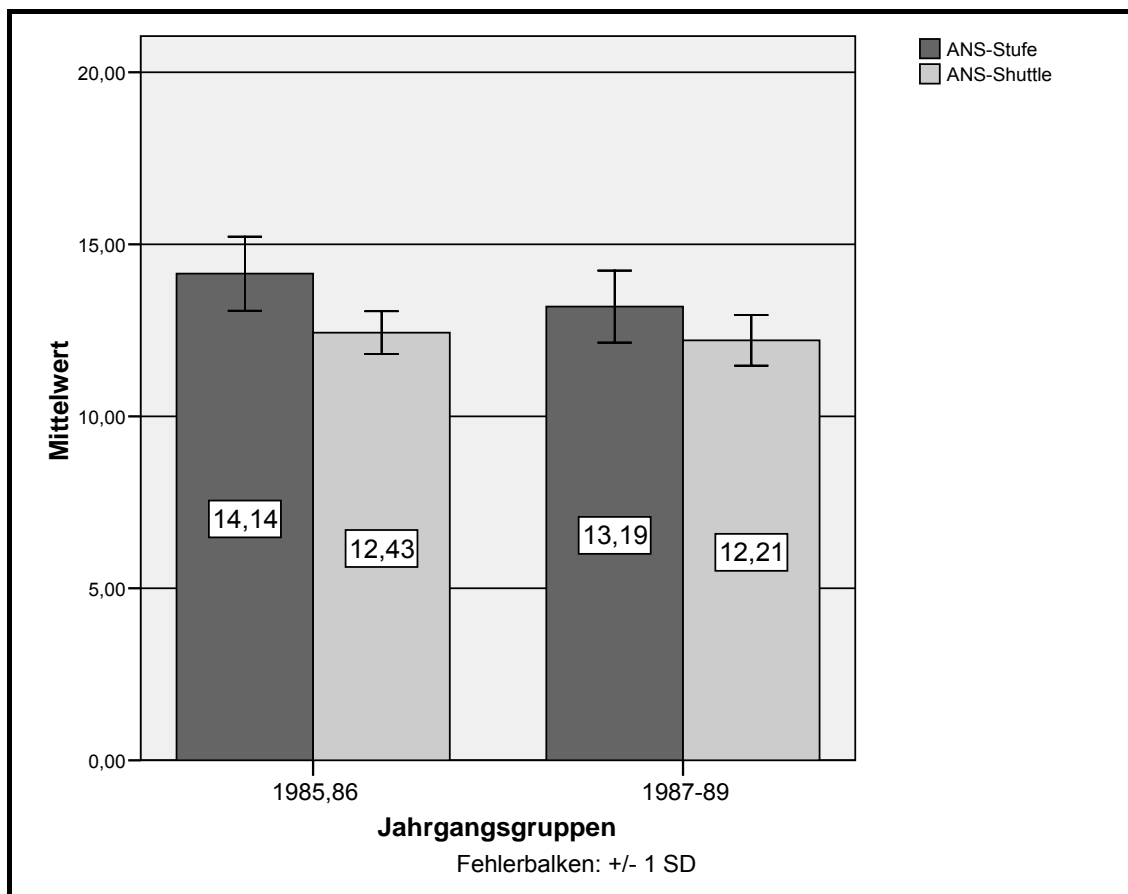


Abbildung 19: Vergleich von Stufentest und Shuttle-Run, getrennt nach Jahrgangsgruppe, anaerob.

Tabelle 5: Mittelwerte und Standardabweichungen bei Stufentest und Shuttle-Run, getrennt nach Jahrgangsgruppen, anaerob.

	ANS-Stufe		ANS-Shuttle		N
	M	SD	M	SD	
JG 1985,86	14,14	1,08	12,43	0,62	17
Jg1987,88,89	13,19	1,05	12,21	0,73	26
Gesamt	13,57	1,15	12,30	0,69	43

11.5. Unterschiede zwischen den Schwellen

Bei der Stufentestmessung unterscheiden sich die Werte bei der aeroben und bei der anaeroben Schwelle signifikant ($F(1,38)=175,06$; $p<0,01$; $\eta^2=0,82$). Der Mittelwert bei der aeroben Messung liegt bei 10,97 km/h, bei der anaeroben Messung wird ein Wert von 13,57 km/h bestimmt. Eine Wechselwirkung der Schwellenart und der Jahrgänge ist hingegen nicht gegeben ($F(4,38)=2,28$; $p=0,079$). Es zeigen sich jedoch tendenziell signifikante Unterschiede. Die Differenz ist beim Jahrgang 1987 am höchsten und mit zunehmendem Alter oder geringer werdendem Alter nimmt die Differenz ab (siehe Abbildung 20).

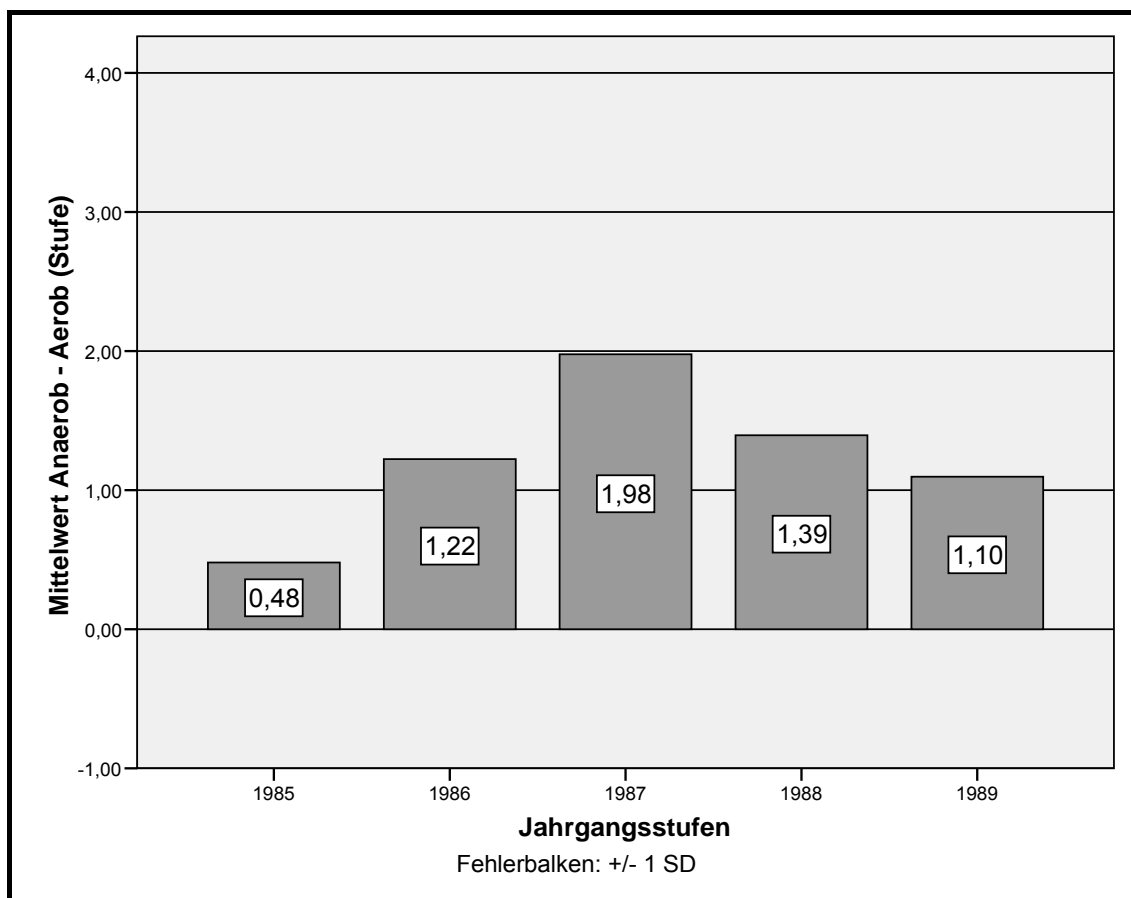
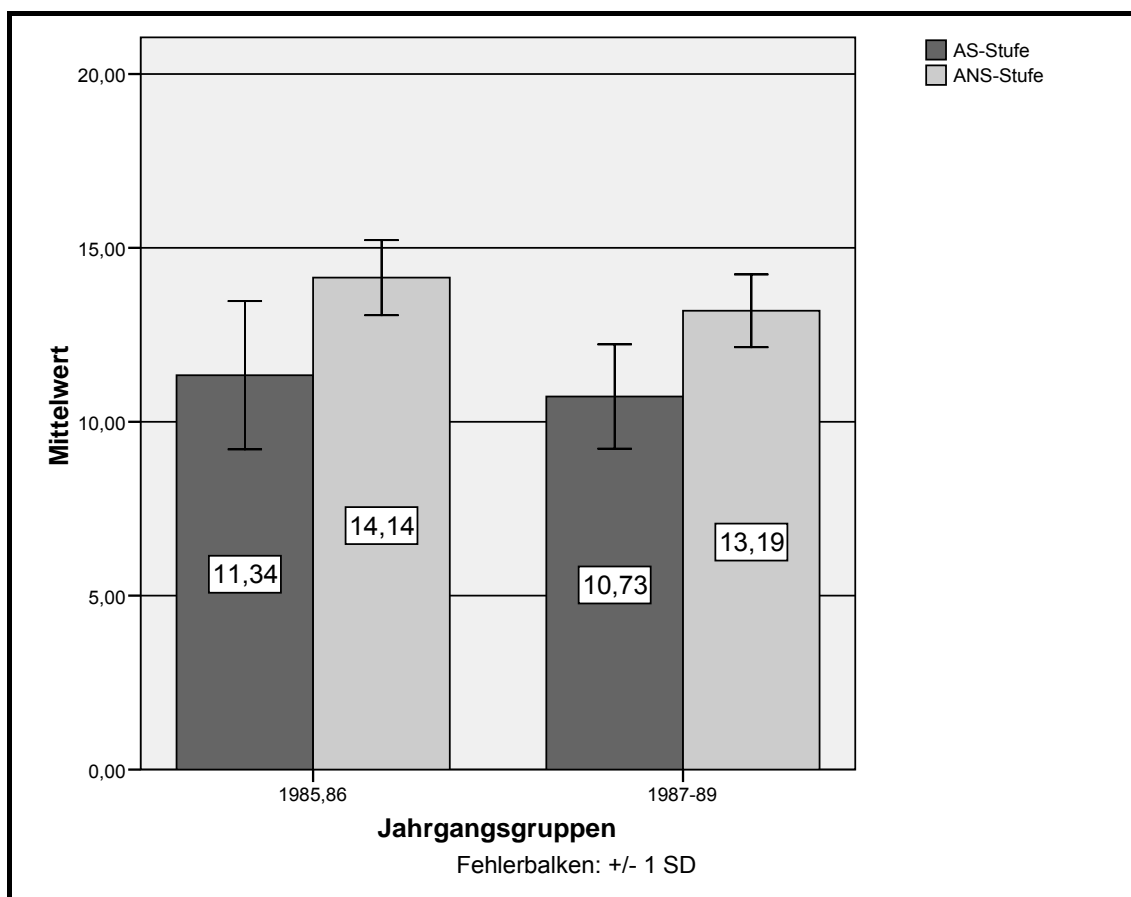


Abbildung 20: Differenz bei aerober und anaerober Messung, Stufe, getrennt nach Jahrgängen.

Tabelle 6: Mittelwerte und Standardabweichungen beim Stufentest aerob und anaerob, getrennt nach Jahrgängen.

	AS-Stufentest		ANS-Stufentest		N
	M	SD	M	SD	
1985	11,83	0,66	14,20	0,47	3
1986	11,23	2,34	14,13	1,18	14
1987	10,27	1,81	13,54	0,99	9
1988	11,06	1,09	13,20	1,34	7
1989	10,90	1,48	12,87	0,86	10
Gesamt	10,97	1,78	13,57	1,15	43

Bei der Auswertung nach Jahrgangsgruppen ist die Wechselwirkung der Schwellenart und Jahrgangsgruppen nicht signifikant ($F(1,41)=0,89$; $p=0,35$).

**Abbildung 21: Mittelwerte des Stufentests bei aerober und anaerober Messung, getrennt nach Jahrgangsgruppen.**

Bei der Shuttle-Run-Messung sind die Werte bei aerober bzw. anaerober Schwelle, bezogen auf die gesamte Stichprobe, hoch signifikant ($F(1,38)=0,22$; $p=0,93$). Der Mittelwert für die aerobe Messung beim Shuttle-Run liegt bei 10,79 km/h, für die anaerobe Messung ergibt sich ein Mittelwert von 12,30 km/h. Eine Wechselwirkung mit den Jahrgangsgruppe ist nicht gegeben ($F(4,38)=0,22$; $p=0,93$).

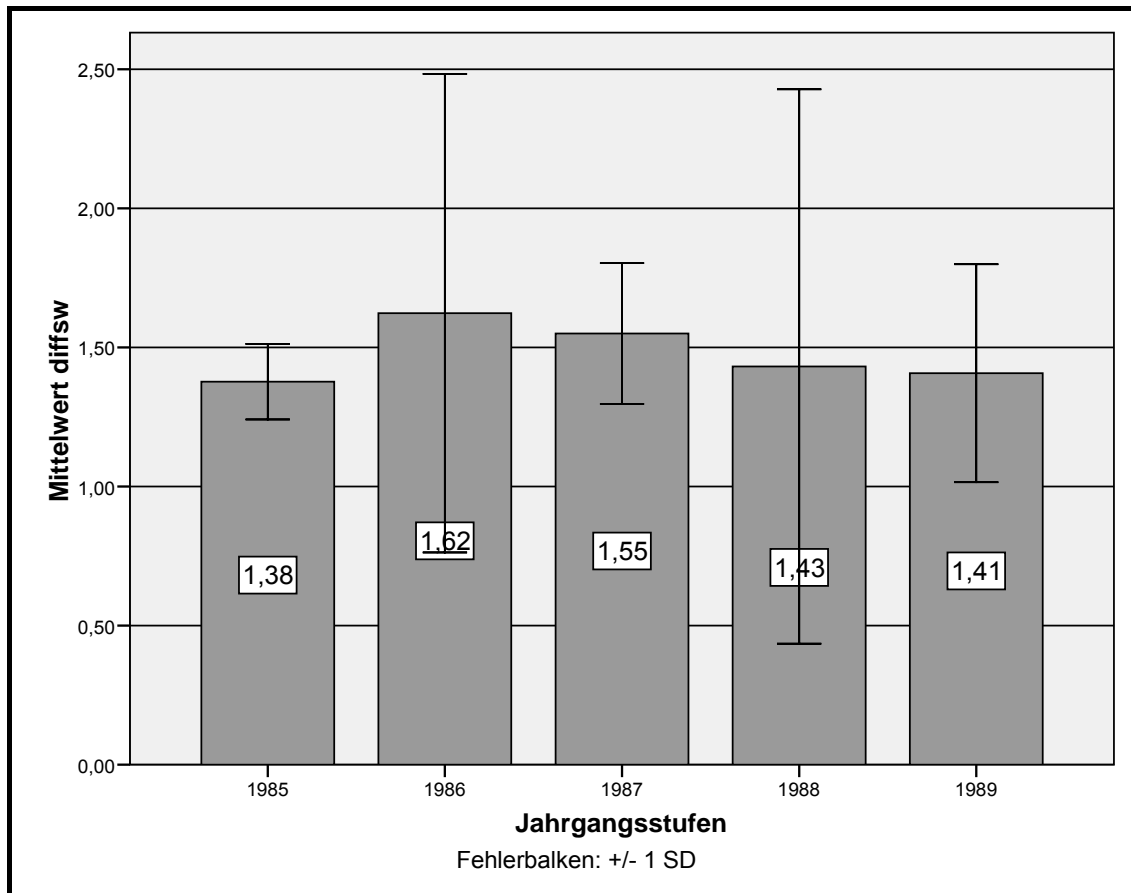


Abbildung 22: Differenz bei aerober und anaerober Messung, Schwelle, getrennt nach Jahrgängen.

Tabelle 7: Mittelwerte und Standardabweichungen beim Stufentest aerob und anaerob, getrennt nach Jahrgängen.

	AS-Schwelle		ANS-Schwelle		N
	M	SD	M	SD	
1985	10,94	0,71	12,31	0,61	3
1986	10,83	0,67	12,46	0,65	14
1987	10,70	0,59	12,25	0,50	9
1988	11,03	1,19	12,46	0,61	7
1989	10,59	1,17	12,00	0,96	10
Gesamt	10,79	0,86	12,30	0,69	43

Bei der Auswertung nach den zusammengefassten Jahrgangsgruppen sind die Unterschiede zwischen den Differenzen bei aerober und anaerober Messung in beiden Gruppen gleich ($F(1,41)=0,32$; $p=0,57$).

11.6. Zusammenfassung der Statistikauswertung

Meine persönliche Schlussbetrachtung zur Wertigkeit der Ausdauerleistungstests an der FSA soll nicht negativ, sondern eher als positive Kritik aufgenommen werden. Wie in dieser Arbeit ausführlich beschrieben, gibt es sehr viele unterschiedliche Ausdauerleistungsmöglichkeiten im Fußballsport (Kapitel 9.3.). Einerseits finde ich es einwandfrei, dass an der Marschrute, wie sie die FSA seit dem Jahr 2000 praktiziert, festgehalten wird. Somit können Vergleichswerte mit Gleichaltrigen vereinsintern langfristig sichergestellt werden. Ebenso positiv fiel mir auf, dass die Durchführung der Tests in regelmäßigen Abständen stattgefunden hat und die Rahmenbedingungen stets dieselben waren. Andererseits wurden meine Vorkenntnisse durch gründliche Recherchen während dieser Arbeit bestätigt, dass es viel sportspezifischere Testvarianten für Fußballspieler gibt. Die Ausdauerleistungsfähigkeit ist heutzutage viel repräsentativer feststellbar als mit veralteten Allgemeintestmethoden. Eine Kombination von Labor- und Feldtests ist unbedingt erforderlich, um eine langfristige Trainingsplanung optimal zu gewährleisten. Wie am Beispiel der FSA ersichtlich, sollte die Kondition auf zwei verschiedene Arten getestet werden um Nachteile einerseits zu kompensieren und die Vorteile andererseits bestmöglich auszuschöpfen.

Wie von mir herausgefunden wurde, wird die geschätzte Laufgeschwindigkeit beim Stufentest mittels Formel von Pugh LG (1970, 823-35) um 0,58 km/h überhöht ausgedrückt. Die Abweichung zwischen dem geschätztem und tatsächlichem Wert bei der aeroben Stufentestmessung ist signifikant ($F(1,42)=5,67$; $p=0,02$; $\eta^2=0,12$). Hingegen liegt der Zusammenhang zwischen Feldstufentest und Shuttle-Run bei der anaeroben Messung bei $r=0,41$, $p<0,01$) und auch der geschätzte Wert korreliert mit dem tatsächlichem in dieser Größe. Im Gegensatz dazu sind die Unterschiede in den einzelnen Jahrgängen nicht signifikant ($\chi^2(4)=2,92$; $p=0,57$). Innerhalb jedes Jahrganges kommt es zu relativ großen Streuungen der Abweichungen.

Werden die Zusammenhänge der Messungen bei aerober und anaerober Erhebung betrachtet, so ist beim Stufentest ein Korrelationskoeffizient von $r=0,77$ ($p<0,01$) gegeben und beim Shuttle-Run wird ein etwas geringerer Korrelationskoeffizient von $r=0,67$ ($p<0,01$) ermittelt. Die Stufentestmessung an der aeroben Schwelle und die anaerobe Schwelle des Shuttle-Run korrelierten mit $0,43$ ($p<0,01$). Dies entspricht in etwa auch den Wechselbeziehungen bei der Messung auf den gleichen Ebenen, die Korrelation zwischen der anaeroben Schwelle beim Stufentest und aeroben Schwelle des Shuttle-Run liegt $0,34$ ($p=0,03$) und ist somit etwas unbedeutender im Ausdruck.

Keine signifikanten Leistungsunterschiede sind nach Jahrgängen bei der Stufentestmessung gegeben ($F(4,38)=0,59$; $p=0,68$). Dabei weist der Jahrgang 1987 den deskriptiv niedrigsten Wert auf. Der Mittelwert liegt in dieser Gruppe bei $10,27$ km/h an der aeroben Schwelle, den deskriptiv höchsten Wert hat der Jahrgang 1985, der einen Mittelwert von $11,93$ km/h aufweist. Da die Fallzahlen in den einzelnen Jahrgängen leider sehr klein und noch dazu sehr unterschiedlich sind, ist eine weitere Interpretationsmöglichkeit nur mit Vorsicht zu genießen.

Bei der Shuttle-Run-Messung wurden keine Unterschiede zwischen den fünf Jahrgangstufen statistisch ermittelt ($F(4,38)=0,30$; $p=0,88$). Der deskriptiv niedrigste Mittelwert wurde bei der Jahrgangsstufe 1989 ($M=10,59$ km/h) analysiert; der höchste wurde beim Jahrgang 1988 ($M=11,03$ km/h) entdeckt. Eine Wechselwirkung der Belastungsart mit den einzelnen Jahrgangstufen ist nicht signifikant ($F(4,38)=0,58$; $p=0,70$). Das bedeutet, dass in den fünf Jahrgängen kein Unterschied zwischen Feldstufentest und Shuttle-Run existiert.

Zu guter letzt, sind auf die gesamte Stichprobe bezogen, signifikante Unterschiede zwischen der Feldstufentestmessung und dem Shuttle-Run zu finden ($F(1,38)=50,70$; $p<0,01$; $\eta^2=0,57$). Beim Feldstufentest liegt der Mittelwert bei $13,57$ km/h und beim Shuttle-Run ist er mit $12,30$ km/h eindeutig langsamer.

An welcher aktuellen Stelle der österreichische Fußball (Stand: Dezember 2008) steht, wissen wir. Dass sich „Der Österreichische Weg“ in den letzten Jahren sich so entwickelt hat, wie wir uns dies gerne gewünscht hätten, ist knapp 9.000.000

Teamchefs im gesamten Bundesland bewusst. Ich bin trotz mehrmaliger Rückschläge, die sowohl die Bundesligavereine in internationalen Bewerbungen hatten und die Nationalmannschaft in vielen Begegnungen mit anderen Ländern verzeichnen musste, zuversichtlich in Hinsicht auf die Zukunft. Hierbei hoffe ich und wünsche es mir sehr, dass am Weg der letzten Jahre festgehalten wird und gemeinsam an einem Strang gezogen wird. Bestimmte entscheidende Punkte wie die Nachwuchsakademien, Talentsichtungen aber auch die Förderung des eigenen Nachwuchses sind Lichtblicke in eine erfolgreichere Zukunft. Langfristig gesehen können wir Österreicher wieder attraktiven Fußball im eigenen Land sehen. Jedoch diesen Rückstand auf den Rest der Welt aufzuholen wird einige Zeit in Anspruch nehmen. In diesem Sinne heißt es, abwarten und versuchen so schnell wie möglich den Anschluss zu finden...

12. LITERATURVERZEICHNIS:

Amigo, N. et al (1998). Effect of summer intermission on skeletal muscle of adolescent soccer players. *J sports Med Phys Fitness* 38. 298-304.

Apolin, M. & Redl, S. (1997). *Know-how: Ausgewählte Materialien und Übungen zur Sportkunde*. Wien: ÖBV Pädagog. Verlag.

Arcelli, E. (1998). *Fußball. Konditionstraining, die aerobe und laktazide Ausdauer im Amateur- und Profifußballspieler*. Milano: Ed. Sport Italia Srl.

□strand, P. (2003). *Textbook of work physiology*. New York: McGraw-Hill.

Bachl, N., (1985). *Grundlagen der Belastungsuntersuchung und der Leistungsbeurteilung. Sportmedizin in der Praxis*. Wien: Brüder Hollinek.

Baholli, D. (2004). *Komplexdiagnostik im Fußball*. Wien: Universitätsverlag.

Bangsbo, J. & Lindquist, F. (1992). Comparison of various exercise tests with endurance performance during soccer in professional players. *Int J Sports Med* 13. 125-132.

Bangsbo, J. (1994). The physiology of soccer – with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand.* 619. 1-156.

Bangsbo, J. (1994). Energy demands in competitive soccer. *J Sports Sci* 12. 5-12.

Bangsbo, J. (1995). Tests de terrain pour footballeurs. *Actualites Sport et Medicine* 38. 3-8.

Bangsbo, J. (1998). Optimal preparation for the World Cup in soccer. *Clin Sports Med* 17. 697-709.

Bangsbo, J. (2000a). *Fußballtaktik. Theorie und Übungen für die Praxis. Offensiv spielen*. (1. Aufl.). bfp-Versand.

Bangsbo, J. (2000b). *Fußballtaktik. Theorie und Übungen für die Praxis. Defensiv spielen.* (1. Aufl.). bfp-Versand.

Bergh, U. et al (1991). The relationship between body mass and oxygen uptake during running in humans. *Med Sci Sports Exerc* 23. 205-211.

Binz, C. (1985). Konditionstests für das Fußballspiel. *Fußballtraining* 4/5. 33-41.

Brady, K. et al (1995). An investigation into fitness levels of professional soccer players over two competitive seasons. *J Sports Sci* 13. 499.

Brooke et al (1972). The heart-rate – physical work curve analysis for the prediction of exhausting work ability. *Med Sci Sports Exerc* 4(1). 23-26.

Castagna, C. et al (2002). The relationship between selected blood lactate thresholds and match performance in elite soccer referees. *J Strength cond Res* 16. 623-627.

Chamari, K. et al (2004). Field and laboratory testing in young elite soccer players. *Br J Sports Med* 38. 191-196.

Chamari et al (2005). Endurance training and testing with the ball in young elite soccer players. *Br J Sports Med* 39. 24-28.

Chmura, J. et al (2001). Psychomotorische Leistungsfähigkeit und Laktat – sowie Adrenalin und Noradrenalinsschwelle bei Fußballspielern im Verlauf ansteigender Belastungsintensität. *Österreichisches Journal für Sportmedizin*. 2/2001. (17-21).

Diebschlag, W. (1991). *Leistungskontrolle bei Ausdauersportlern: Blutlaktat als Indikator.* Stuttgart: Schwer Verlag.

Dickhut, H.-H. et al (1981). Zur Höchst- und Dauerleistungsfähigkeit von Bundesliga-Fußballern. *Leistungssport* 2. 148-152.

Edwards, A. et al (2003). Lactate and ventilatory thresholds reflect the training status of professional soccer players where maximum aerobic power is unchanged. *J Sports Sci Med* 2. 23-29.

Ferger, K. (1998). *Trainingseffekte im Fußball: eine trainingswissenschaftliche Analyse individueller Leistungsentwicklungen und Anpassungsreaktionen auf Trainingsbelastungen*. (1. Aufl.). Hamburg: Czwalina.

Franks, A. (1999). Talent identification in elite youth soccer players: Physical and physiological characteristics. Communication to the Fourth World Congress on Science and Football. *J Sports Sci.* 17. 812.

Gerig, U. & Gonseth, A. (2002). *Ausdauer durch sanftes Training*. München: BLV Verlag.

Grant, S. et al (2002). Reproducibility of the blood lactate threshold, 4mmol.l⁻¹ marker, heart rate and ratings of perceived exertion during incremental treadmill exercise in humans. *Eur J Appl Physiol* 87. 159-166.

Grosser, M, (1981). *Konditionstests. Theorie und Praxis aller Sportarten*. München, Wien u.a.: BLV.

Haber, P. (2001). *Leitfaden zur medizinischen Trainingsberatung – von der Rehabilitation bis zum Leistungssport*. New York, Wien: Springer.

Hawkins, R. et al (2001). The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *Br J Sports Med* 35. 43-47.

Heck, H. (1990). *Laktat in der Leistungsdiagnostik*. Schorndorf: Hofmann.

Helgerud, J. et al (1990). Sex differences in performance-matched marathon runners. *Eur J Appl Physiol* 61. 433-439.

Helgerud, J. (1994). Maximal oxygen uptake, anaerobic threshold and running economy in women and men with similar performances level in marathons. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 68. 155-161.

Helgerud, J. et al (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc.* 33. 1925-1931.

Hoff, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *Br J Sports Med.* 36. 218-221.

Hoff, J. & Helgerud, J. (2003). *Maximal strength training enhances running economy and aerobic endurance performance.* In: Hoff, J. & Helgerud, J. eds. *Football (soccer): new developments in physical training research.* NTNU. 7-53.

Hoff, J. (2005). Training and testing physical capacities for elite soccer players. *J Sports Sci.* 23. 573-582.

Hohmann, A. & Lames, M. & Letzelter, H. (2007). *Einführung in die Trainingswissenschaft.* (4., überarb. u. erw. Aufl.). Wiebelsheim: Limpert Verlag.

Howald, H. (1989). Veränderung der Muskelfasern durch Training. *Leistungssport* 19/2. 18-24.

Hohmann, A. (Hrsg.) & Lames, M. & Letzelter, M. (2007). *Einführung in die Trainingswissenschaft.* (4., überarb. und erw. Aufl.). Wiebelsheim: Limpert.

Hyballa, P. (2007). *Fußball Magazin. Scouting formt das Fundament.* Leer: Online Magazin.

Janssen, P. (1999). *Ausdauertraining: Trainingssteuerung über die Herzfrequenz- und Milchsäurebestimmung.* (2. Aufl.). Balingen: Spitta.

Jensen, K. et al (1993). *Variations of physical capacity in a period including supplemental training of the Danish soccer team for women*. London: E and FN Spon.

Impellizzeri F.M. et al (2006). Physiological and Performance Effects of Generic versus Specific Aerobic Training in Soccer Players. *Sports Med.* 27. 483-492.

Jakobs, J. (2003). *Zielgruppenspezifische Diagnostik und Steuerung der Ausdauerleistungsfähigkeit im Fußball unter besonderer Berücksichtigung anaerober Leistungsmerkmale*. Köln: dissertation.de – Verlag.

Kemi, O. et al (2003). Soccer specific testing of maximal oxygen uptake. *J Sports Med Phys Fitness* 43. 139-144.

Kent, M. et al (1996). *Wörterbuch Sport und Sportmedizin*. Wiesbaden: Limpert.

Keul et al (1978). Die aerobe und anaerobe Kapazität als Grundlage für die Leistungsdiagnostik. *Leistungssport* 1. 26-32.

Klante, R. (1979). *Die Periodisierung des Fußball-Trainings. Planung, Training und Leistungskontrolle im Fußballsport*. (1. Aufl.). Bad Homburg: Limpert.

Kindermann, W. et al (1978). Dauertraining – Ermittlung der optimalen Trainingsfrequenz und Leistungsfähigkeit. *Leistungssport* 8/1. 34-39.

Kraus, W. (2005). *Ergogene Substanzen. Sinn und Unsinn im Ausdauersport*. Wien: Universitätsverlag.

Guner, R. et al (2006). Running velocities and heart rates at fixed blood lactate concentrations in young soccer players. *Adv Ther.* 23. 395-403.

Lehnertz, K. (1988). Ammoniak und Laktat – neue Aspekte der Trainingssteuerung. Teil 1 und 2. *Leistungssport* 5. 40-43.

Marées, H. De. *Sportphysiologie*. (2002). (9., vollständig überarb. u. erw. Aufl.). Köln: Sport und Buch Strauss.

Mayer, R. & Mayer, T. (2004). *Ausdauertrainer Fußball: Training planen, Leistung steigern, besser spielen*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt-Taschenbuch-Verl.

McMillan, K. et al (2005). Lactate threshold responses to a season of professional British youth soccer. *Br J Sports Med* 39. 273-277.

McMillan, K. et al (2005). Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players. *Br J Sports Med* 39/7. 432-436.

Mujika, I. et al (2000). Creatine supplementation and sprint performance in soccer players. *Med Sci Sports Exerc* 32. 518-525.

Neumann, G. et al (1999.) *Optimiertes Ausdauertraining*. (2. überarb. Aufl.). Aachen, Wien u.a.: Meyer & Meyer.

Pate, R & Kriska, A. (1984). Physiological basis of the sex difference in cardiorespiratory endurance. *Sports Med* 1. 87-98.

Pokan, R. et al. (2004). *Kompendium der Sportmedizin. Physiologie, innere Medizin und Pädiatrie*. Wien u.a.: Springer-Verlag.

Portela, Luiz O. C. (1996). *Aerobe und anaerobe Ausdauer bei Kindern und Jugendlichen: Sportphysiologische und sportmedizinische Befunde und ihre Bedeutung für die Trainingspraxis*. Butzbach-Griedel: AFRA-Verlag.

Pugh, LG (1970). Oxygen intake in track and treadmill running with observation on the effects of aer resistance. *J. Physiol.* 207 (3). 823-35.

Proietti, R. (2003). *Komplexdiagnostik im Fußball an Hand sportphysiologischer und sportmedizinischer Kenngrößen: Vergleich einer österreichischen und italienischen Spitzenmannschaft im Nachwuchsfußball*. Wien: Universitätsverlag.

- Reilly, T. (1996). *Science and soccer*. London: Eand FN Spon.
- Reilly, T. et al (1984). The net physiological cost of dribbling a soccer ball. *Res Q Exerc Sport* 55. 267-271.
- Ritscher, M. (2003). *Ökonomische Auswirkungen einer sportlichen Großveranstaltung. Eine Untersuchung am Beispiel der UEFA EURO 2008 in der Austragungsstadt Klagenfurt*. Spital: Universitätsverlag.
- Röthig, P. (1992). *Sportwissenschaftliches Lexikon*. Schorndorf: Hofmann Verlag.
- Schnabel, G. & Harre, D. & Borde, A. (Hrsg.). (1998). *Trainingswissenschaft. Leistung – Training – Wettkampf*. (2. Aufl.). Berlin: Sportverlag.
- Schnabel, G. et al (2005). *Trainingswissenschaft. Leistung - Training - Wettkampf*. (3., stark überarb. u. erw. Aufl.). Berlin: Sportverlag.
- Schwaberg, G. et al (1984). Vergleichende Labor- und Felduntersuchungen zur trainingsbegleitenden Leistungsdiagnostik bei Mittelstreckenläufern und Schwimmern. *Leistungssport* 4. 25-31.
- Schwarz, W. (1993). *Ausdauer: Spielformen, Trainingsbeispiele, Aufbaumodelle*. Wien: Österreichische Turn- und Sportunion.
- Skinner J. & McLellan Th. (1980). The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Res Q Exerc Sport* 51. 234-248.
- Smekal, G. (2004). *Kompandium der Sportmedizin. Physiologie, innere Medizin und Pädiatrie*. In Pokan, R. & Förster, H. & Hofmann, P. & Hörtnagl, H. & Ledl-Kurkowski, E. & Wonisch, M. (Hrsg.). (179-225). Wien u.a.: Springer-Verlag.
- Smaros, G. (1980). Energy usage during a football match. In: Vecchiet L, ed. *Proceedings of the First International congress on Sports Medicine Applied to Football*. 795-801.

Stadler, R. (2007). *Fußballer Magazin. Das österreichische Ausbildungskonzept aus der Sicht eines Vereinstrainers*. Leer: Online Magazin.

Szyska, H. (2007). *Fußballer Magazin. Vom Talent zum Profi*. Leer: Online Magazin.

Thomas, V. & Reilly, T. (1979). Fitness assessment of English league soccer players through the competitive season. *Br J Sports Med* 13. 103-109.

Tomasits, J. & Haber, P. (2005). *Leistungsphysiologie. Grundlagen für Trainer, Physiotherapeuten und Masseur*. (2. Aufl.). Wien: Springer-Verlag.

Tschan, H. et al (2001). Belastungs- Beanspruchungsprofil im Fußball aus physiologischer Sicht. *Österreichisches Journal für Sportmedizin*. 1/2001. 7-19.

Vaeyens, R. et al (2006). A multidisciplinary selection model for youth soccer: the Ghent Youth Soccer Project. *Br J Sports Med*. 40. 928-934.

Verheijen, R. (2000). *Handbuch Fußballkondition*. (Dt. Übersetzung von Winfried Schoofs). Bfp – Versand Lindemann.

Wasserman, K. et al (1990). Gas exchange theory and the lactic acidosis (anaerobic) threshold. *Circulation* 81. [Suppl] II: II14-II30. (poka s. 144)

Wasserman, K. et al (2000). Non-invasive measurement of stroke volume during exercise in heart failure patients. *Clin Sci Lond*. 98. 545-551.

Weineck, J. (2004). *Optimales Fußballtraining. Das Konditionstraining des Fußballspielers*. (4., überarb. Aufl.) Balingen: Spitta Verlag.

Weineck, J. (2007). *Optimales Training. Leitungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings*. (15. Aufl.). Balingen: Spitta Verlag.

Werthner, R. (2001). Sportmotorische Leistungsdiagnostik als Grundlage für Selektionsentscheidungen bzw. eine prognostisch orientierte "Talent"-Förderung im Fußball. *Österreichisches Journal für Sportmedizin* 1/2001. 31/2. 6-12.

Wisløff, U. et al (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Med Sci Sports Exerc.* 38. 462-467.

Wisløff, U. et al (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med* 38.

Woods, C. et al (2002). The Football Association Medical Research programme: an audit of injuries in professional football – analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med* 36. 36-41.

Zarotis, G. (1989). *Trainierbarkeit und Belastbarkeit 10-20-Jähriger Jungen und Mädchen unter besonderer Berücksichtigung der Ausdauerleistungsfähigkeit.* Köln: Universitätsverlag.

Zintl, F. (1994). *Ausdauertraining, Grundlagen Methoden Trainingssteuerung.* (3. überarb. Aufl.). München, Wien u.a.: BLV.

Internetliteratur:

www.diepresse.com

www.fifa.com

<http://www.fsa-hollabrunn.at/public/index>

<http://www.sportmedizin.or.at>

<http://www.fitnessonline.at>

www.werthner.at/tds

13. LEBENSLAUF

Persönliche Daten:

Name: Manfred Winkler
Geburtsdatum: 3. Oktober 1979
Geburtsort: Villach/ Ktn
Aufgewachsen: Feldkirchen/ Ktn
Staatsangehörigkeit: Österreich

Ausbildung:

seit 2006 Magisterstudium Sportwissenschaft
Dezember 2006 Abschluss Bakkalaureat Gesundheitssport (Bakk. rer. nat.)
Bakkalaureatsarbeiten:
„Klettern als Therapiemöglichkeit in der Rehabilitation“
„Judo als Schulsport, aus deiner sportpädagogischen Sichtweise“

2004 – 2006 Bakkalaureat Gesundheitssport
2002 – 2003 Diplomstudium Sportwissenschaft Prävention/ Rekreation
1997 – 2000 Aufbaulehrgang für Handelsakademie in Klagenfurt
1994 – 1997 Handelsschule in Feldkirchen/ Ktn
1990 – 1994 Sporthauptschule in Feldkirchen/ Ktn
1986 – 1990 Volksschule in Feldkirchen/ Ktn

Weiterbildung:

2002 Snowboardlehrerausbildung in St. Johann/ Tirol
2005 Fußballtrainernachwuchsausbildung in Faak am See/ Ktn
2006 Langlauftrainerausbildung in Ramsau/ Stmk
2007 Gymstick Instructor Licence, Sportunion
2008 Personaltrainerausbildung, Wien