



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Entwicklung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit
sowie Sprintleistungsfähigkeit von Fußballspielern im
Altersverlauf

Oliver Oberhammer

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaft (Mag.rer.nat.)

Wien, im Oktober 2008

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 481 295

Studienrichtung lt. Studienblatt: Sportwissenschaften; Fächerkombination Sportmanagement

Betreuer: Univ. Prof. Dr. Mag. Harald Tschan

Danksagung

Im Zuge des Abschlusses meines Studiums möchte ich die Gelegenheit nutzen, meinen Dank an diejenigen auszusprechen, die einen großen Einfluss auf meinen universitären Bildungsweg ausgeübt haben. Mein Dank richtet sich speziell...

...an meine Mutter, die mir mein langjähriges Studium ermöglichte, und die mich immer unterstützte.

...an Dr. Harald Tschan und Dr. Reinhard Guschelbauer, für die sehr hilfreiche Betreuung während der Erstellung meiner Diplomarbeit.

...an alle Spieler der Rennweger Sportvereinigung Sektion Fußball, die durch ihre Teilnahme an dieser Studie mir das Schreiben dieser Diplomarbeit ermöglichten.

...an den Leiter der Schneesportabteilung des USI Wien, Mag. Peter Ankner, mit dem ich viele Kurse absolvieren durfte und der mir während meines Studiums immer helfend zur Seite stand.

...an alle, die mich durch mein Studium begleitet haben, insbesondere die Kollegen und Freunde des USI Ski- und Snowboardlehrerausbildungsteams, mit denen ich viele unvergessliche Momente im Wintersport erleben durfte.

Abstract

Die vorliegende Diplomarbeit befasst sich mit der Entwicklung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit sowie der Sprintleistungsfähigkeit von Fußballspielern im Altersverlauf. Dabei soll gezeigt werden, wie sich die Leistungen entwickeln, welche Unterschiede zwischen den einzelnen Mannschaften bestehen, ob diese signifikant sind, und ob Zusammenhänge zwischen den getesteten Faktoren bestehen.

Am Beginn der Studie steht eine eingehende theoretische Auseinandersetzung mit den untersuchungsrelevanten Themen der Ausdauer und Schnelligkeit, sowie der konditionellen Belastungsanforderungen an den Organismus des Fußballspielers. Danach befasst sich diese Arbeit mit der Forschungsfrage. Es gilt herauszufinden, ob es statistisch signifikante Unterschiede in den Leistungsmerkmalen der unterschiedlichen Mannschaften gibt, vor allem beim Wechsel von einer Alterstufe zur nächsten. Weiters soll herausgearbeitet werden, ob die Faktoren der Schnelligkeit in Abhängigkeit zu den Faktoren der aeroben Ausdauerleistung stehen. Die Forschungsaufgabe wurde mittels eines 20 Meter Multistage Shuttle Run Tests durchgeführt, für die Untersuchung der Sprintleistungsfähigkeit, wurde ein Sprinttest über eine Distanz von 30 Metern mittels elektronischer Zeitmessung verwendet. Um auch die Beschleunigungsfähigkeit über 10 Meter zu erfassen wurde eine weitere Lichtschranke an der 10 Meter Marke aufgestellt. Getestet wurden 105 Spieler der Rennweger Sportvereinigung wobei 98 Spieler beide Tests durchgeführt haben (n=98). In jeder Altersklasse haben mindestens 10 Spieler die Tests absolviert

Es zeigte sich, dass im Altersverlauf keine signifikanten Unterschiede weder in der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit, noch in der Sprintleistungsfähigkeit auftreten. Wohl gibt es Unterschiede zwischen den Teams, die vom Alter her weiter auseinander liegen, nicht aber zwischen den benachbarten Mannschaften. Die Ausnahme bildet der Wechsel von den unter 14 Jährigen zur Mannschaft der unter 16 Jährigen. Hier zeigt sich in jeder durchgeführten Untersuchung ein signifikanter Leistungsanstieg, nicht nur in der Leistung selbst, sondern auch beispielsweise in der errechneten relativen maximalen Sauerstoffaufnahme. Die Ausnahme bildet hier das Ergebnis der 10 Meter Sprintzeit, bei der kein signifikanter Anstieg zu finden war. Auffallend war auch, dass es kaum signifikante Unterschiede zwischen der U16 Mannschaft, des U18 Teams und der Kampfmannschaft, bezüglich der aeroben Ausdauer und der Sprintleistungen gibt.

Die Untersuchung, ob Zusammenhänge zwischen der aeroben Ausdauer und der Sprintleistungen bestehen, brachte ein eindeutiges Ergebnis. Alle aufgestellten Hypothesen konnten angenommen werden, das heißt es gab hochsignifikante Zusammenhänge zwischen der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit und den

Sprintleistungen in allen Altersklassen. Die einzige Hypothese, die verworfen werden musste, war jene nach der Frage des Zusammenhangs zwischen der Körpergröße und der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme. Hier konnte keine Korrelation festgestellt werden.

Schlüsselwörter: Ausdauerleistungsfähigkeit, relative maximale Sauerstoffaufnahme, Shuttle Run Test, Sprintleistungsfähigkeit, Schnelligkeit, Fußball

Abstract

The current diploma thesis deals with the age- rated development of aerobic endurance and sprint velocity of soccer players. The paper's aim is, to show the development, the differences between the single age groups, and to find out, if those differences are significant. A further goal of this study is to define, if there are any relationships and statistical correlations between the tested factors of aerobic endurance with maximal oxygen uptake and sprint performance.

At the beginning of this work is the profound theoretical input, which deals with the terms and structure of endurance, as well as quickness of soccer players. Further content reveals the physical demands and their effects on the organism of soccer players. The theoretical part is followed by thorough research. The examination of the aerobic endurance power was tested by a 20 Meter multistage shuttle run test, the sprinting abilities of 10 meter acceleration and 30 meter speed were measured electronically. 105 subjects participated from which 98 soccer players carried out both tests ($n=98$), at least ten players were tested in every age group.

The results of this study are showing that there are no significant differences in the progress of age concerning the aerobic endurance capacity as well as the sprint times, although there are significant differences between the teams who have an age difference of three years and more. The only exception is the significant change of group from the 14 year old children to the ones who are 16 years old. There is a highly significant difference in aerobic performance and sprinting abilities perceptible, not only watching the measurements, but also in the relative maximum of oxygen uptake (rel. $\text{VO}_2 \text{ max}$), which has been calculated from the shuttle run test. It is remarkable however, that there are no significant differences between the teams of the under 16 and under 18 year old players, and players of the male elite team of the same club.

The question of existing correlations between the tested factors of aerobic endurance capacity or sprinting performance came to an impressive answer. Concerning this study, there is a highly significant correlation between the abilities of aerobic endurance and quickness of soccer players. This leads to the result, that those players, who have higher developed aerobic endurance performance, also were the fastest players in testing the acceleration over a distance of 10 meters, as well as the velocity over a distance of 30 meters. This is also valid in the progress of age.

Keywords: aerobic endurance performance, sprint, relative $\text{VO}_2 \text{ max}$, shuttle run test, soccer players

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	12
2	KONDITIONELLE EIGENSCHAFTEN DES FUSSBALLSPIELERS	14
3	DIE SPORTMOTORISCHE AUSDAUER	15
3.1	BEGRIFFSDEFINITION	15
3.2	STRUKTURIERUNG DER AUSDAUER	16
3.2.1	Allgemeine und spezielle Ausdauer	16
3.2.2	Allgemeine und lokale Muskelausdauer	16
3.2.3	Aerobe und Anaerobe Ausdauer	17
3.2.4	Kurzzeit-, Mittelzeit- und Langzeitausdauer	18
3.2.5	Kraft-, Schnellkraft- und Schnelligkeitsausdauer	19
3.2.6	Dynamische und statische Ausdauer	19
3.2.7	Schnelligkeitsausdauer	20
3.3	DIE BEDEUTUNG DER GRUNDLAGENAUSDAUER FÜR DEN FUßBALLSPIELER	20
3.4	DIE SPEZIELLE AUSDAUER DES FUßBALLSPIELERS	23
3.5	DIE AUSDAUERLEISTUNGSFÄHIGKEIT IM KINDER- UND JUGENDALTER	24
3.5.1	Aerobe Kapazität im Kindes- und Jugendalter	24
3.5.2	Anaerobe Kapazität im Kindes- und Jugendalter	26
4	MECHANISMEN DER ENERGIEBEREITSTELLUNG	27
4.1	ANAEROBER ENERGIESTOFFWECHSEL	28
4.1.1	Energiereiche Phosphate	28
4.1.2	Anaerobe Glykolyse	28
4.2	AEROBER ENERGIESTOFFWECHSEL	29
4.3	AEROBE UND ANAEROBE SCHWELLE	30
4.4	DIE ROLLE DER ENERGIEBEREITSTELLUNG FÜR DEN FUßBALLSPIELER	31
4.5	ZUSAMMENFASSUNG DER ARTEN DER ENERGIEBEREITSTELLUNG AM BEISPIEL VON FUßBALLSPEZIFISCHEN BELASTUNGEN	32
4.5.1	Aerobe Ausdauerbelastung mit Energiebereitstellung aus Fetten	32

4.5.2	Aerobe Ausdauerbelastung mit Energiebereitstellung überwiegend aus Kohlehydraten (aerobe Glykolyse)	32
4.5.3	Anaerob laktazide Ausdauerbelastungen (anaerobe Glykolyse)	32
4.5.4	Anaerob alaktazide Ausdauerbelastung	33
4.6	ADAPTATIONSREAKTIONEN DES KÖRPERS AN EIN AEROBES AUSDAUERTRAINING	33
4.6.1	Adaptation der Energiespeicher	33
4.6.2	Adaptation des Herz- Kreislauf- Systems	35
4.6.3	Adaptation im Lungenbereich	37
4.6.4	Adaptation der Muskelfaserzusammensetzung	37
5	DIE MAXIMALE SAUERSTOFFAUFNAHME (VO₂ MAX)	39
5.1	PHYSIOLOGIE DER VO ₂ MAX	39
5.2	EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE VO ₂ MAX	40
5.3	ABSOLUTE UND RELATIVE VO ₂ MAX	41
5.4	ALTERSGEMÄßE ENTWICKLUNG DER RELATIVEN VO ₂ MAX	41
5.5	VERGLEICHSWERTE VON UNTERSCHIEDLICHEN SPORTARTEN	43
5.6	UNTERSUCHUNGEN UND BEDEUTUNG DER VO ₂ MAX IM FUßBALLSPORT	44
5.6.1	Die relative VO ₂ max in Bezug auf Laufleistungen im Fußball	47
6	DIE SPORTMOTORISCHE SCHNELLIGKEIT	49
6.1	BEGRIFFSDEFINITION	49
6.2	ERSCHEINUNGSFORMEN DER SCHNELLIGKEIT - STRUKTURIERUNG DER SCHNELLIGKEIT	49
6.3	BEWEGUNGSSCHNELLIGKEIT OHNE BALL - KONDITIONELLE TEILEIGENSCHAFTEN DER SCHNELLIGKEIT	51
6.3.1	Zyklische Bewegungsschnelligkeit	51
6.3.2	Azyklische Bewegungsschnelligkeit	52
6.4	PSYCHISCH- KOGNITIVE TEILE DER SCHNELLIGKEIT	52
6.4.1	Bewegungsschnelligkeit mit Ball = Handlungsschnelligkeit - koordinativ -technische Teileigenschaft der Schnelligkeit	53
6.4.2	Die Wahrnehmungsschnelligkeit des Fußballspielers	54
6.4.3	Die Reaktionsschnelligkeit des Fußballspielers	54
6.4.4	Bedeutung der Antizipationsschnelligkeit für den Fußballspieler	55

6.5	UNTERSUCHUNGEN ZUR SCHNELLIGKEIT - BEDEUTUNG DER SCHNELLIGKEIT FÜR DEN FUßBALLSPIELER	56
6.6	LEISTUNGSBESTIMMENDE FAKTOREN DER ANTRITTSSCHNELLIGKEIT.....	58
6.6.1	Muskuläre Faktoren	58
6.6.2	Geschlecht und Alter	62
6.6.3	Schnelligkeitsleistungen im Kindes- und Jugendalter	62
7	DAS BELASTUNGSPROFIL DES FUSSBALLSPIELERS.....	63
7.1	UNTERSUCHUNGEN ZUR KONDITIONELLEN BELASTUNGSSTRUKTUR.....	63
7.1.1	Gesamtleistungen von Fußballern.....	64
7.1.2	Sprintleistungen.....	65
7.1.3	Laufintensitäten	66
7.1.4	Die Abhängigkeit der Belastung von der Spielposition.....	67
8	DIE SPORTMEDIZINISCHE LEISTUNGSDIAGNOSTIK	69
8.1	ALLGEMEINE TESTBEDINGUNGEN	70
8.1.1	Hauptgütekriterien	70
8.1.2	Nebengütekriterien	71
8.2	LEISTUNGSDIAGNOSTIK VON FUßBALLSPIELERN	71
8.2.1	Leistungsdiagnostik der Ausdauer für Fußballspieler	73
8.2.2	Leistungsdiagnostik der Schnelligkeit im Fußballsport.....	75
9	FORSCHUNGSKONZEPT.....	77
9.1	DER FRAGEBOGEN.....	77
9.2	STICHPROBE UND TESTGRUPPE.....	77
9.3	UNTERSUCHUNGSDURCHFÜHRUNG	78
9.4	20 METER MULTISTAGE SHUTTLE RUN TEST.....	78
9.4.1	Testablauf	79
9.5	DER SPRINT TEST	80
9.5.1	Testablauf	80
9.6	HYPOTHESEN.....	81
9.6.1	Hypothesen zur Prüfung auf signifikante Unterschiede	82
9.6.2	Hypothesen zur Prüfung auf signifikante Zusammenhänge	82

9.7	PRÜFSTATISTIK UND DESKRIPTIVE STATISTIK.....	83
9.8	PRÜFUNG AUF UNTERSCHIEDE ZWISCHEN ZWEI ODER MEHREREN STICHPROBEN	84
9.9	PRÜFUNG AUF ZUSAMMENHÄNGE ZWISCHEN ZWEI ODER MEHREREN STICHPROBEN	84
9.10	QUANTILE UND PERZENTILE.....	85
9.11	GRAFIKEN.....	86
9.11.1	Box Whisker Plot	86
9.11.2	2D Scatterplots	87
10	DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE	87
10.1	ANTHROPOMETRISCHE DATEN IM ALTERSVERLAUF	87
10.1.1	Entwicklung der Körpergröße im Altersverlauf	87
10.1.2	Entwicklung des Körpergewichts im Altersverlauf	89
10.1.3	Entwicklung des Body Mass Index im Altersverlauf	90
10.2	ENTWICKLUNG DER GEMESSENEN FAKTOREN IM ALTERSVERLAUF	92
10.2.1	Shuttle Run Zeit	92
10.2.2	Entwicklung der errechneten relativen VO_2 max im Altersverlauf	93
10.2.3	Die 10 Meter Beschleunigungsfähigkeit im Altersverlauf	94
10.2.4	Die 30 Meter Grundschnelligkeit im Altersverlauf.....	95
10.3	PRÜFUNG DER ERGEBNISSE AUF SIGNIFIKANTE UNTERSCHIEDE	96
10.3.1	Shuttle Run Zeit	96
10.3.2	Berechnete relative VO_2 max	97
10.3.3	10 Meter Sprintzeit.....	99
10.3.4	30 Meter Sprintzeit.....	101
10.4	PRÜFUNG DER ERGEBNISSE AUF SIGNIFIKANTE ZUSAMMENHÄNGE	102
10.4.1	Zusammenhang zwischen 10 Meter Sprintzeit und der Shuttle Run Zeit	103
10.4.2	Zusammenhang zwischen 30 Meter Sprint Zeit und der Shuttle Run Zeit.....	104
10.4.3	Zusammenhang zwischen 10 Meter Sprintzeit und der berechneten rel. VO_2 max.	106
10.4.4	Zusammenhang zwischen 30 Meter Sprintzeit und der relativen VO_2 max	107
10.4.5	Zusammenhang zwischen 10 Meter Sprintzeit und 30 Meter Sprintzeit	109
10.4.6	Zusammenhang zwischen der Körpergröße und der VO_2 max.....	110
10.4.7	Zusammenhang zwischen BMI und der relativen VO_2 max	111
11	INTERPRETATION DER ERGEBNISSE	112
12	ZUSAMMENFASSUNG	118

13	LITERATURVERZEICHNIS.....	120
14	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	123
15	TABELLENVERZEICHNIS.....	124
16	ANHANG	125

1 EINLEITUNG

Seit dem frühen Beginn meiner sportlichen Aktivitäten im Kindesalter, galt mein vorrangiges sportliches Interesse dem Fußballsport. So verbrachte ich sehr viele Stunden mit der Ausübung desselben. Im Alter von bereits sechs Jahren, wurde ich Mitglied eines Fußballvereines, dem 1. Brigittenauer Sportclub. Angeblich mit großem Talent gesegnet, wechselte ich einige Jahre später zum ältesten Fußballverein Österreichs, zum First Vienna Football Club 1894. Leider verließ mich aufgrund einiger Trainer, die große Lust am Fußballspielen, sodass ich meine Karriere mit 16 Jahren quasi abbrach. Erst zu Beginn meines Studiums der Sportwissenschaften, begann ich, nach Aufforderung einiger Studienkollegen, wieder aktiv Fußball zu spielen und übe diesen Sport bis heute noch in einer Kampfmannschaft aus.

Bereits im Jahre 1999 begann meine Trainerlaufbahn im Fußballsport. Ich absolvierte den Nachwuchsbetreuerlehrgang und ein Jahr später den Landesverbandstrainerkurs des Landes Wien.

Nun folgte der nächste Schritt und ich begann mit der Lizenztrainerausbildung. Mittlerweile habe ich den Lehrgang zur UEFA B Lizenz mit Auszeichnung abgeschlossen und werde in Kürze mit dem Lehrgang der UEFA A Lizenz beginnen. Mit dieser Ausbildung bin ich dann befähigt, Mannschaften bis zur zweithöchsten Spielklasse Österreichs (im Moment ist dies die Adeg Erste Liga) zu trainieren.

Während meiner gesamten Laufbahn als Spieler und Trainer, fragte ich mich immer wieder, warum ich gewisse Dinge so trainieren sollte, wie der Trainer es von mir verlangte. Oftmals bekam ich nur unzureichende und unzufriedenstellende Antworten. Ich stellte fest, dass viele Trainer nicht wussten, warum sie etwas trainierten und wie sie bestimmte Inhalte trainieren und vermitteln sollten. Durch mein Studium und den damit verbundenen, vorhandenen theoretischen Hintergrund, erschienenen mir viele Trainingsinhalte, sowohl im konditionellen als auch im taktischen Bereich als fragwürdig. Da ich im Laufe meiner aktiven Fußballgeschichte viele Trainer kennen gelernt hatte, fiel mir auf, dass die Wenigsten aufgrund von leistungsdiagnostischen Daten und Tests ihre Trainingsarbeit gestalten, sondern eher nach Erfahrungswerten des eigenen Trainings von früher den Trainingsinhalt festlegen. Erst in den letzten Jahren, seit der ÖFB (Österreichischer Fußball Bund) einige Standards bezüglich Anforderungen für Trainer von Kampf- und Nachwuchsmannschaften festgelegt hat, scheint sich dies zu bessern. So

ist es jetzt bereits für Vereine ab der 5. Leistungsstufe verpflichtend, einen ausgebildeten UEFA B Lizenztrainer, als Trainer der Kampfmannschaft zu führen. Weiters müssen alle Personen, die als Trainer im Nachwuchsbereich arbeiten, zumindest über die Qualifikation des Nachwuchstrainers verfügen.

Nun war es für mich interessant, mein Studium und meine Trainerausbildung zu verknüpfen. Da ich seit Beginn meiner Trainerausbildung im Nachwuchsbereich als Trainer arbeite, mehrere Jahre jetzt schon dieselbe Mannschaft betreue, und immer wieder neue Spieler aus dem Nachwuchsbereich in den Kampfmannschaftsbereich wechseln sah, stellte ich mir die Frage, wie sich zwei der konditionellen Hauptfaktoren, nämlich die maximale Sauerstoffaufnahme, als Bruttokriterium der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit, und die Sprintschnelligkeit, wohl entwickeln müssten, um einen, aus dem Nachwuchs ausscheidenden, Spieler so schnell wie möglich in die Kampfmannschaft integrieren zu können.

Dabei war mir wichtig, nicht nur die Kampfmannschaft zu testen, sondern einen, wenn möglich, lückenlosen Verlauf der beiden Parameter im Altersgang herzustellen. Dies sollte mit der Testung aller Nachwuchsmannschaften inklusive der Kampfmannschaft gelingen.

Diese Arbeit gliedert sich in einen hermeneutischen und empirischen Teil. Im ersten, hermeneutischen Teil werden die wichtigsten theoretischen Hintergründe beschrieben und erklärt. Es handelt sich hierbei um das Belastungsprofil des Fußballspielers, welches durch die Möglichkeit computergestützter Auswertungsmöglichkeiten in den letzten Jahren wesentlich besser mess- und auswertbar wurde. Dies war in früheren Jahren nur bedingt möglich. Hier liegt auch ein weiterer Grund für die Studie. Untersuchungen dieser Art gibt es in Österreich noch nicht so viele, und die Tatsache, dass nicht einmal alle Vereine der deutschen Bundesliga leistungsdiagnostische Tests durchführen, zeigt deutlich, dass die Leistungsdiagnostik im Fußballsport noch immer unzureichend verwendet wird. Weiters sollen die getesteten Parameter ausführlich bearbeitet und erklärt werden. Dazu gehören die Ausdauer sowie die Schnelligkeit des Fußballspielers. Dabei wird auch auf die kindgerechten Ausprägungen dieser Faktoren Rücksicht genommen.

Im zweiten, empirischen Teil der Arbeit wird die Untersuchung vorgestellt. Dabei sollen das Forschungskonzept erklärt, Ergebnisse in Diagrammen und Grafiken möglichst plastisch dargestellt, die Tests ausführlich beschrieben, und die Ergebnisse diskutiert und interpretiert werden.

2 KONDITIONELLE EIGENSCHAFTEN DES FUSSBALLSPIELERS

Die konditionellen Eigenschaften des Fußballspielers entsprechen den sportmotorischen Grundeigenschaften jeder anderen Sportart. Dazu gehören Kraft, Schnelligkeit, Ausdauer, Beweglichkeit und Koordination, die ebenfalls die Wettkampfleistung eines Fußballspielers bestimmen. Ein hoher Ausprägungsgrad der aeroben Ausdauer und der Schnelligkeit garantieren noch keinen hervorragenden Fußballspieler, aber es herrscht bei allen Autoren (Weineck 2004, Dargatz 2001, Martin et al. 2001) und Studien die Meinung (Bangsbo 1994, Hoff et al. 2004, Reilly et. al. 2000, McMillan et. al. 2005, Stolen et al. 2005) vor, dass bei ungenügender Leistungsfähigkeit in diesen Bereichen, eine Kompensation durch die anderen leistungsbestimmenden Faktoren nicht ausreichen wird, um einen spielbestimmenden Fußballer auszubilden. Wie die Faktoren Ausdauer und Schnelligkeit diese Leistungen beeinflussen, steht im Mittelpunkt des nun folgenden theoretischen Teiles, dieser Arbeit. Deswegen sollen nun zu Beginn die theoretischen Hintergründe der Faktoren Ausdauer und Schnelligkeit bearbeitet werden, da diese auch die Hauptmerkmale in der später beschriebenen Untersuchung darstellen

3 DIE SPORTMOTORISCHE AUSDAUER

3.1 Begriffsdefinition

Die sportmotorische Ausdauer zählt zu den konditionellen Fähigkeiten jedes Sportlers. In dem Bereich der Ausdauer steht ein relativ großes Forschungsspektrum zur Verfügung, sodass der wissenschaftliche Kenntnisstand ein vergleichsweise großes Grundlagenwissen bereitstellen kann. Allerdings findet man in der Literatur sehr viele verschiedene Definitionen des Ausdauerbegriffs. In den meisten dieser Definitionen stehen vor allem die Ausdrücke *Ermüdungswiderstandsfähigkeit*, *langandauernde Arbeitsleistung* und *Regenerationsfähigkeit* sowie *Trainingsverträglichkeit* im Mittelpunkt. Somit kann man feststellen, dass die Ausdauer von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst wird. Dazu zählen nach Martin et. al (2001, S 172) folgende Einflussgrößen:

- Technikökonomie
- Energiestoffwechsel
- Sauerstoffaufnahme-fähigkeit
- optimales Körpergewicht
- Wille zum Durchhalten
- anlagebedingte Ausdauerfähigkeit

Die Ausdauer ist also eine sehr komplexe Größe, deren erreichbares Niveau sowohl anlage- als auch trainingsbedingt ist.

Für den Fußballer ist die Ausdauer neben Schnelligkeit, Kraft, Koordination und Beweglichkeit einer der leistungsbestimmenden Faktoren im konditionellen Anforderungsprofil (Reilly et al. 2000). Die Ausdauer ist die Basis, die notwendig ist, um überhaupt ein sportartspezielles, umfangreiches und intensives Trainingsprogramm durchführen zu können. Deshalb muss zusätzlich eine weitere zentrale Funktion der Ausdauer, die Regenerationsfähigkeit berücksichtigt werden (Weineck 2004).

Da die Ausdauer in viele Formen unterteilt werden kann, ist es zunächst wichtig zu wissen, welche Arten der Ausdauer unterschieden werden und welche Formen für den Fußballspieler wichtig und ausschlaggebend sind.

3.2 Strukturierung der Ausdauer

Die Theorieansätze weisen unterschiedliche Möglichkeiten zur Strukturierung auf. Diese kann unter verschiedenen Aspekten, wie zum Beispiel die Wechselbeziehung zwischen Belastungsumfang und –Intensität, der Dauer der Wettkampfleistung, der Anteile aerober und anaerober Energiebereitstellung, der Zusammenhänge der Ausdauer mit anderen Fähigkeitsbereichen wie Kraft und Schnelligkeit oder auch der Unterscheidung zwischen allgemeiner und spezieller Ausdauer erfolgen (Hohmann et al. 2003).

3.2.1 Allgemeine und spezielle Ausdauer

Die bekannteste Unterteilung der Ausdauer dürfte jene in allgemeine und spezielle Ausdauer sein. Bei der allgemeinen Ausdauer ist laut den Autoren (Weineck 2004, Martin 2001, Hohmann et al. 2003, Zintl/ Eisenhut 2004) die sportartunabhängige Grundlagenausdauer gemeint, die Voraussetzung für eine gewisse Leistungsfähigkeit in jeglicher Sportart ist. Der Unterschied zwischen allgemeiner und spezieller Ausdauer, liegt in der Transferfähigkeit. Der positive Effekt der Auswirkungen der Grundlagenausdauer auf andere Sportarten ist bekannt, umgekehrt jedoch ist dieser Effekt noch nicht beschrieben worden. Daraus ergibt sich, dass die spezielle Ausdauer die notwendigen, sportartspezifischen Erscheinungsformen der Ausdauer umfasst, deren Ausprägung in den jeweiligen Sportarten natürlich unterschiedlich ist. Abhängig von der Betrachtungsweise und Erscheinungsform lässt sich der Ausdauerbegriff in weitere Arten unterteilen.

3.2.2 Allgemeine und lokale Muskelausdauer

Der Aspekt, welcher die Größe der Menge der beteiligten Muskulatur bei körperlicher Belastung berücksichtigt, unterscheidet nach Martin/ Carl /Lehnertz (2001) in allgemeine

Muskelausdauer und spezielle Muskelausdauer. Beträgt der Anteil einer Muskelgruppe ein Sechstel bis ein Siebtel der gesamten Skelettmuskulatur, das entspricht in etwa der Muskulatur eines Beines, so spricht man von lokaler Muskelausdauer. Sobald ein größerer Anteil der Muskulatur (mehr als die Muskulatur eines Beines) arbeitet, ist von der allgemeinen Muskelausdauer die Rede.

3.2.3 Aerobe und Anaerobe Ausdauer

Betrachtet man den Gesichtspunkt der muskulären Energiebereitstellung, so wird in der Literatur (Weineck 2004, Martin et al. 2001, Zintl/ Eisenhut 2004) in aerobe und anaerobe Ausdauer unterteilt. Von aerober (= sauerstoffabhängiger) Ausdauer wird dann gesprochen, wenn dem Organismus ausreichend Sauerstoff zur oxidativen Verbrennung von Glykogen und Fettsäuren, das sind die aeroben Energiespeicher, zur Verfügung steht. Bei Belastungsintensitäten, die sich im Bereich der aeroben Ausdauer abspielen, befinden sich die Sauerstoffaufnahme und der Sauerstoffverbrauch in einem Gleichgewicht. Aufgrund einer verzögerten Reaktion des Herz- Kreislauf- Systems kommt es zu Beginn der Belastung zu einem Defizit in der Sauerstoffaufnahme, die jedoch wird dieses nach Beendigung der Arbeit durch eine länger andauernde erhöhte O₂ Aufnahme wieder reduziert (vgl. Kapitel 4 Energiebereitstellung).

Die aerobe Ausdauer wird laut Zintl/ Eisenhut (2004, S 37) unterteilt in:

- Aerobe Kurzzeitausdauer (Belastungen von 3 bis 10 Minuten)
- Aerobe Mittelzeitausdauer (Belastungen von 10 bis 30 Minuten)
- Aerobe Langzeitausdauer (Belastungen von über 30 Minuten)

Für diese Einteilung wird der prozentuelle, nutzbare Anteil der maximalen Sauerstoffaufnahme (VO₂ max) während der Belastung als Merkmal herangezogen. Die VO₂ max wird später in dem gleichnamigen Kapitel noch genauer besprochen. Die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit und die Berechnung der relativen VO₂ max sind untersuchte Parameter dieser Studie.

Die anaerobe Ausdauer bezeichnet jene Energiebereitstellung, bei der die Sauerstoffzufuhr zur oxidativen Verbrennung aufgrund hoher Belastungen unzureichend ausgeprägt ist. Daher laufen die notwendigen Stoffwechselvorgänge ohne die Nutzung von Sauerstoff ab. Hollmann/ Hettinger (2004) nehmen folgende Unterteilung der anaeroben Ausdauer vor:

- Anaerobe Kurzzeitausdauer (Belastungen von 6 bis 20 Sekunden)
- Anaerobe Mittelzeitausdauer (Belastungen von 20 bis 60 Sekunden)
- Anaerobe Langzeitausdauer (Belastungen von 60 bis 120 Sekunden)

Es gilt jedoch als gesichert, dass keine der beiden Ausdauerformen in reiner Form zu finden ist, das heißt jede Ausdauerleistung in einer Mischform der aeroben und anaeroben Energiebereitstellung erbracht wird.

3.2.4 Kurzzeit-, Mittelzeit- und Langzeitausdauer

Da in der Praxis fast nur belastungs- und intensitätsabhängige Mischformen der aeroben bzw. anaeroben Ausdauer vorkommen, gibt es eine weitere Unterteilung der allgemeinen Ausdauer in Kurzzeit-, Mittelzeit- und Langzeitausdauer (Martin/ Carl/ Lehnertz, 2001, S 174).

Hier steht der Zeitfaktor bei Betrachtung im Mittelpunkt. Unter Kurzzeitausdauer (KZA) sind maximale Belastungen zwischen 35 Sekunden bis 2 Minuten zu verstehen, während der Begriff der Mittelzeitausdauer (MZA) Belastungen von 2 bis 10 Minuten berücksichtigt. Der Ausdruck Langzeitausdauer (LZA) wird für alle Belastungen über einer Dauer von 10 Minuten verwendet, und wird aufgrund der vorher beschriebenen Energiebereitstellung wiederum in 3 Bereiche, Langzeitausdauer I, II, und III eingeteilt. Bezugnehmend auf die Energiebereitstellung arbeitet der Sportler LZA I hauptsächlich im anaeroben Bereich. Die MZA wird entsprechend der Belastungsdauer von 2 bis 10 Minuten zunehmend im aeroben Ausdauerbereich trainiert. Möchte der Sportler seine LZA I verbessern, so muss er mit Belastungen von 10 bis 35 Minuten rechnen, die überwiegend im aeroben Glukosemuskelfstoffwechsel bestritten werden. Die Belastungszeit der LZA II beträgt in etwa zwischen 30 und 90 Minuten, hier bestimmt ein Mischform von aeroben Glukoseabbau und Fettstoffwechsel die Energiegewinnung. Die LZA III beginnt ab einer

Belastungszeit von 90 Minuten und wird bis zu einer Dauer von 3 Stunden ausschließlich durch den Fettstoffwechsel aufrechterhalten. Martin/ Carl/ Lehnertz (2001) sprechen auch noch von einem vierten Bereich, der LZA IV, die über 3 Stunden Belastungsdauer hinausgeht.

3.2.5 Kraft-, Schnellkraft- und Schnelligkeitsausdauer

Bei dieser Unterteilung der Ausdauer wird nach dem Aspekt der motorischen Hauptbeanspruchungsformen unterschieden, wobei die Schnellkraftausdauer eine Sonderform der Kraftausdauer darstellt. Laut Hohmann (2003, S 84) handelt es sich bei der Kraftausdauer um die Fähigkeit, einen Bewegungswiderstand andauernd oder wiederholt bewältigen zu können. Um von einer Kraftausdauerleistung sprechen zu können, sollte der zu bewältigende Widerstand mindestens bei 30 Prozent des jeweiligen Maximalkraftniveaus betragen. Weineck (2004, S 418) beschreibt die Schnelligkeitsausdauer als die Fähigkeit, die Phase der höchsten Geschwindigkeit über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten zu können. Diese spielt aber für den Fußballspieler aber nur eine untergeordnete Rolle, da die Schnelligkeitsausdauer von anaerob laktaziden Energiebereitstellung abhängig ist(vgl. Kapitel 4 Energiebereitstellung). Die Länge der Sprints im Fußball geht jedoch selten über 30 Meter hinaus (vgl. Kapitel 7), somit bleibt der Fußballer im Beschleunigungsbereich und nicht im Bereich der Schnelligkeitsausdauer.

3.2.6 Dynamische und statische Ausdauer

Mit der dynamischen Ausdauer ist laut Hollmann/ Hettinger (2000) die Bewegungsarbeit gemeint, während die statische Ausdauer von der Haltearbeit des Körpers spricht. Beträgt der Krafteinsatz unter 15 Prozent der maximalen isometrischen Stärke, so bewegt man sich im aeroben Energiestoffwechsel. Bei einer Belastungsintensität zwischen 15 bis 50 Prozent, herrscht eine Mischform des aerob /anaeroben Stoffwechsels vor. Ab Intensitäten von über 50 Prozent des Krafteinsatzes, wird die Energie ausschließlich anaerob zur Verfügung gestellt.

3.2.7 Schnelligkeitsausdauer

Ähnliche Bedingungen herrschen, wenn man die Ausdauer mit der Schnelligkeit in Interaktion setzt. Bewegt sich ein Sportler langsam, so ist die Intensität gering, eine kleine Anzahl von Muskelfasern wird rekrutiert, um die Arbeit zu leisten. Dementsprechend wird sich der Sportler hier im aeroben Metabolismus bewegen. Steigt die Bewegungsgeschwindigkeit und damit die Intensität jedoch an, verändert sich auch die Form der Energiebereitstellung, daher ist bei einer mittleren Bewegungsfrequenz von einer zunehmend anaeroben Belastung auszugehen. Höchste Bewegungsgeschwindigkeiten benötigen eine hohe Rekrutierungszahl von motorischen Einheiten, das heißt es werden viele Muskelfasern für die Leistung angesprochen und es kommt zu höchsten Kraftimpulsen. Diese werden hauptsächlich über die anaerobe Bereitstellung abgedeckt. Gleichzeitig geht eine zentrale Ermüdung des Nervensystems einher, welche zum Belastungsabbruch oder zumindest zu einer Verminderung der Bewegungsfrequenz führen kann. Bei der Schnelligkeitsausdauer liegen Arbeitsleistungen mit einer Dauer von etwa 2 Minuten vor (Martin/ Carl/ Lehnertz 2001, S 202).

3.3 Die Bedeutung der Grundlagenausdauer für den Fußballspieler

Für den Fußballer sind die allgemeine (aerobe), sowie die spezielle Ausdauer (anaerobe) von entscheidender Bedeutung. Die allgemeine aerobe Ausdauer wird oft auch als Grundlagenausdauer, die sportartunabhängige Form der Ausdauer, bezeichnet. Weineck (2004, S 23) beschreibt die allgemeine Ausdauer als „psychophysische Widerstandsfähigkeit bei längeren Belastungen, sowie die Fähigkeit zur raschen Wiederherstellung nach Belastung“.

Alle relevanten Autoren (Hoff et al. 2004, Meyer et al. 2005, Bangsbo 1994, Reilly et al. 2000, Tschan et al. 2001, Wisloff et al. 1998) sind sich in der Bedeutung der aeroben Ausdauer einig. Die positiven Auswirkungen einer gut entwickelten Grundlagenausdauer werden von allen gleich beschrieben. Wie schon einmal angeführt, ist die Grundlagenausdauer entscheidend für die Ausbildung aller anderen Formen der sportartspezifischen Ausdauer. Dies gilt gleichermaßen für den Fußballsport. Eine gute aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit ist daher für jeden Fußballspieler von Vorteil und hat nach Weineck (2004, S 27 – 29) folgende Auswirkungen:

- Erhöhung der physischen Leistungsfähigkeit

Ein ausdauertrainierter Spieler ist in der Lage, intensiver und länger, aktiv in das Spielgeschehen einzugreifen, er kann ohne relevanten Leistungsabfall das Spieltempo über die gesamte Spielzeit hoch halten (Stolen et al. 2005).

- Verbesserung der Erholungsfähigkeit

Bei der Leistung körperlicher Arbeit entstehen im Körper Ermüdungsstoffe. Bei einer ausreichend vorhandenen Grundlagenausdauer ist es dem Sportler möglich, diese Stoffe schneller abzubauen (Weineck 2004). Dies bewirkt, dass der Fußballer sich nach dem Training und dem Wettkampf schneller erholt und daher früher wieder belastet werden kann (Reinhold 2008). Außerdem kann er so länger und intensiver am Fußballspiel teilnehmen, weil er sich in den Phasen nicht so hochintensiver Belastungen schneller regenerieren kann (Stolen et al. 2005).

- Verringerung von technischen Fehlleistungen

Dies ist ein entscheidender Faktor im Fußball. Vor allem gegen Ende eines Spieles kommt es durch die Ermüdung häufig zu technischen Fehlern, wie schlechte Ballan- und Mitnahme, sowie Fehlpässen und damit verbundenen Ballverlusten. Der Spieler ist nicht mehr so konzentriert und in seiner Handlungsschnelligkeit (vgl. Kapitel 6) eingeschränkt. Ein Spieler mit einer optimalen aeroben Ausdauer verringert diese Fehlerquote deutlich und kann sein technisches Niveau bis zum Spielende halten (Biermann, 2008, Wisloff et al. 1998).

- Verringerung taktischer Fehlleistungen

Dies ist ebenfalls ein wichtiger Aspekt im Fußballsport. Wiederum läuft der Fußballspieler gegen Ende des Spieles durch Ermüdungserscheinungen Gefahr, taktische Fehler zu begehen. Er wird unaufmerksam, hält taktische Vorgaben nicht mehr ein und vergisst gleichermaßen darauf, welche Aufgaben er zu erledigen hat (Bangsbo 1994).

- Steigerung der psychischen Belastbarkeit

Dem ausdauertrainierten Spieler ist es möglich, psychische Belastungen wie Stress besser zu tolerieren, er ist weiters in der Lage Niederlagen und schlechte Spielleistungen besser zu ertragen, und vermeidet somit die, nach Niederlagen oft auftretenden Motivationsprobleme und behält eine positive Einstellung (Weineck 2004).

- Minimierungen von Verletzungen

Das Verletzungsrisiko liegt bei schlecht ausdauertrainierten Sportlern deutlich höher, als bei Sportlern die ihre Ausdauer optimal ausprägen. Grund hierfür ist, dass das Reflexsystem, das das Elastizitätsverhalten der Sehnen und Muskeln steuert, nicht beeinträchtigt wird und somit ein optimaler Verletzungsschutz gegeben ist (Weineck 2004)

- Beibehaltung einer konstant hohen Reaktions- und Handlungsschnelligkeit

Die Tatsache, dass die Erholungsfähigkeit gesteigert wird, hat auch Einfluss auf das Zentralnervensystem. Damit ist ein Mechanismus vorhanden, der es erlaubt die Reaktions- und Handlungsfähigkeit, sowie die Wahrnehmungs- und Antizipationsfähigkeit auf einem hohen Level bis zum Ende des Spieles zu erhalten. Entscheidungen werden nach wie vor schnell, und vor allem richtig getroffen, die Leistung kann ohne Einbußen und Fehler erbracht werden (Bangsbo 1994)

- Eine stabilere Gesundheit

Dies bedeutet, dass es möglich ist durch Ausdauertraining eine höhere Resistenz gegenüber Krankheitserregern, Infektionen und ähnlichem zu erhalten. Der Körper bleibt ohne Krankheiten belastbar, es kommt zu keinen Trainings- oder Wettkampfausfällen.

Trotzdem die Grundlagenausdauer sehr wichtig für den Fußballsportler ist, darf nicht versucht werden, sie auf ein maximales Niveau zu bringen. Sollte das Training der

Grundlagenausdauer einen zu hohen Stellenwert besitzen, so läuft der Sportler Gefahr, dadurch andere sportartspezifische Faktoren zu vernachlässigen. Hier sind vor allem die Schnelligkeits- sowie Schnellkraftleistungen, die ebenfalls leistungsbestimmend für den Fußballspieler sind, zu nennen. Die Veränderungen im Muskelstoffwechsel, die durch ein zu starkes Maß an Ausdauertraining auftreten, bewirken eine Verschlechterung des Schnelligkeitsniveaus der Muskelfasern. Es sollte daher versucht werden, die Grundlagenausdauer unter Rücksichtnahme von fußballspezifischen Faktoren optimal auszubilden.

3.4 Die spezielle Ausdauer des Fußballspielers

Die spezielle Ausdauer ist ebenfalls leistungsbestimmend für den Fußballer. Obgleich sie von der allgemeinen Ausdauer beeinflusst wird, muss die spezielle Ausdauer, deren Energiebereitstellung sich im Fußballsport überwiegend im anaeroben alaktaziden Bereich befindet, eigenständig trainiert und betrachtet werden. Ausschlaggebend für eine fußballspezifische Ausdauer ist die Sprintausdauer. Wie in Kapitel Belastungsprofil erklärt, sind schnelle, wiederholte Sprintbelastungen im Fußball charakteristisch. Bis zu 300 durchgeführte Sprints, von denen mehr als 75 Prozent in einer Distanz von 5 bis 10 Metern liegen erklären, warum der Fußballer eine gute Sprintausdauer benötigt. Durch das Training der speziellen Ausdauer kommt es zu folgenden Anpassungserscheinungen (Weineck 2004, S 29, 30):

- Die hauptsächlich beanspruchte Beinmuskulatur wird fußballspezifischen Belastungen ausgesetzt. Damit sind vor allem schnelle Richtungswechsel, Antritte, Torschüsse oder Dribblings zu verstehen. Diese Beanspruchungsformen werden dadurch energetisch optimal abgesichert, das heißt die anaerobe alaktazide Kapazität wird vergrößert.
- Die Anpassung an viele wiederholte Laufbelastungen unterschiedlicher Intensitäten
- Die Möglichkeit einer Beibehaltung eines konstant hohen Spieltempos, sowie das Ertragen vorkommender Tempowechsel für den Spieler über die gesamte Spielzeit und darüber hinaus.
- Die Fähigkeit, die vorkommenden Höchstbelastungen, wie Antritte, Sprünge und dergleichen mit höchstem, maximalem Tempo bis zum Schluss durchhalten zu können.

3.5 Die Ausdauerleistungsfähigkeit im Kinder- und Jugendalter

Prinzipiell sind bei Ausdauerbelastungen im Kinder- und Jugendalter dieselben Reaktionen und Anpassungserscheinungen zu beobachten, wie bei den Erwachsenen. Dennoch ist es sinnvoll in Alterstufen zu unterscheiden, um einfach der kindgerechten Entwicklung Rechnung zu tragen. Es wird daher beim Kinder- und Jugendtraining in folgende Entwicklungsschritte unterschieden (Zintl/ Eisenhut, 2004, S 218):

- Frühes Schulkindalter: zwischen 6/ 7. und dem 10. Lebensjahr
- Spätes Schulkindalter: 10. Lebensjahr bis zum Eintritt der Pubertät (Mädchen 11. bis 12. Lebensjahr, Jungen 12. bis 13. Lebensjahr)
- Erste puberale Phase Mädchen: 11./ 12. bis 13./ 14. Lebensjahr, Jungen: 12./ 13. bis 14./ 15. Lebensjahr
- Zweite puberale Phase Mädchen: 13./ 14. bis 17./ 18. Lebensjahr, Jungen: 14./ 15. bis 18./ 19. Lebensjahr

Der kindliche und jugendliche Organismus besitzt eine hohe Anpassungsfähigkeit, es kann deswegen von günstigen Bedingungen, insbesondere der aeroben Leistungsfähigkeit, gesprochen werden. Daher kann davon ausgegangen werden, dass Ausdauertraining positive Adaptationen auch im Kinder- und Jugendtraining bewirkt.

3.5.1 Aerobe Kapazität im Kindes- und Jugendalter

Das Herz- Kreislauf- System zeigt bei aeroben Ausdauerbelastungen die gleichen Anpassungserscheinungen wie beim Erwachsenen. Allerdings geschehen diese Reaktionen bei den Kindern schneller. So erreichen Kinder im Alter zwischen 5 und 12 Jahren bereits nach der ersten halben Minute nach Beginn der Maximalbelastung 41 bis 55 Prozent der maximalen Sauerstoffaufnahme ($\text{VO}_2 \text{ max}$). Bei Erwachsenen ist zum selben Zeitpunkt ein Wert von 29 bis 35 Prozent zu beobachten (Zintl/Eisenhut 2004).

Laut Zintl/ Eisenhut (2004) sind Kinder auch in der Lage sehr hohe Belastungsherzfrequenzen zu tolerieren. Dabei erreichen die Frequenzen Werte von über 200 Schlägen pro Minute, auch über längere Belastungszeiten hinweg. Dies hat seinen Grund in den, bei Kindern normalen, Ruheherzfrequenzen, die bei 8- jährigen bei ca. 90, bei 12- jährigen bei 80 Schlägen pro Minute liegen. Diese Tatsache hat wiederum Auswirkungen auf die wirksamen Belastungsreize im Kinder- und Jugendtraining. Bei aeroben Ausdauerbelastungen sind Kinder in besonderem Maße zur Energiegewinnung über den Fettstoffwechsel geeignet. Aber auch bei intensiven Belastungen, die im Bereich des Zuckerstoffwechsels liegen, zeigen Kinder bei länger dauernden Belastungen keinerlei Probleme.

Im Altersgang lässt sich laut Zintl/Eisenhut (2004) aufgrund des stärkeren Größenwachstums, auch eine, damit in Zusammenhang stehende, Erhöhung der absoluten maximalen Sauerstoffaufnahme feststellen.

Betrachtet man jedoch die Abbildung 1, dann lässt sich erkennen, dass in der relativen $\text{VO}_2 \text{ max.}$, die auch in der hier vorliegenden Studie ermittelt wurde, in der altersgemäßen Entwicklung bei ausdauertrainierten Kindern keine Veränderungen auftreten.

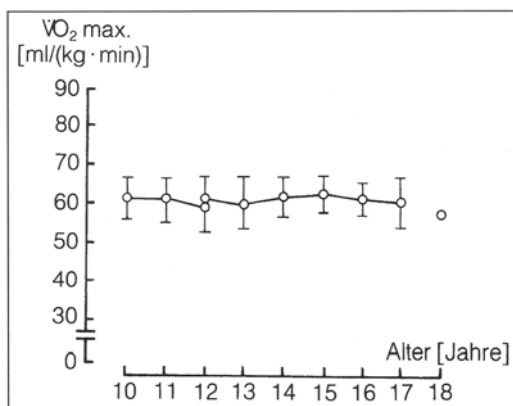


Abbildung 1: Die relative maximale Sauerstoffaufnahme bei ausdauertrainierten Kindern nach Weineck (2004, S. 170)

Mit zunehmendem Alter kommt es zu einer Ökonomisierung der Laufarbeit. Somit ist eine erhöhte Geschwindigkeit bei gleichzeitiger niedriger relativer maximaler Sauerstoffaufnahme erkennbar. Dies bedeutet, dass größere Kinder unter vergleichbaren Umständen eine höhere Ausdauerleistungsfähigkeit vorweisen als kleinere.

3.5.2 Anaerobe Kapazität im Kindes- und Jugendalter

Für die anaerobe Leistungsfähigkeit herrschen im Organismus von Kindern und Jugendlichen wesentlich ungünstigere Bedingungen vor. Die anaerobe Kapazität ist gegenüber Erwachsenen deutlich eingeschränkt. Dies hat laut Zintl/Eisenhut (2004) folgende Ursachen:

- Kinder besitzen einen geringeren Phosphatvorrat in der Muskelzelle: das heißt, dass die alaktazide anaerobe Kapazität (ohne Laktatbildung), geringer ist als bei Erwachsenen. Dies hat zur Folge, dass bei Belastung früher auf den Glykogenstoffwechsel zurückgegriffen werden muss.
- Die Fähigkeit des kindlichen Organismus zur anaeroben Glykolyse ist eingeschränkt. Dies bedeutet, dass Kinder nicht in der Lage sind, Laktat über die anaerobe Glykolyse zu erzeugen, da das Schlüsselenzym, die Phosphofructokinase, nicht ausreichend vorhanden ist. Erst in der Pubertät, kommt es zu einem Laktatproduktionsanstieg.
- Für eine gleich hohe Menge an Laktat muss der kindliche Organismus über die erhöhte Ausschüttung von Katecholaminen arbeiten. Dies hat aber die negative Folge, dass damit gleichzeitig eine sehr hohe Produktion und Freisetzung von Stresshormonen (bis zur 10-fache Erhöhung des Adrenalin- und Noradrenalinpiegels) einhergeht, die von den Kindern nur schwer verarbeitet werden kann. Kinder werden somit hohen psychophysischen Belastungen ausgesetzt.
- Gleichzeitig ist die Laktateliminierungsfähigkeit bei Kindern stark verzögert, und verzögert auch die Erholungsfähigkeit.

Bei Belastungsintensitäten bis in den Bereich der anaeroben Schwelle, oder 160 bis 180 Herzschlägen pro Minute kommt es nur zu einem doppelten des Anstiegs von Stresshormonen. Dieser Anstieg ist von Kindern noch sehr gut tolerierbar (Weineck 2004, S 171). Die Steigerung der anaeroben Leistungsfähigkeit setzt mit dem Beginn der Pubertät und dem damit verbundenen Anstieg an Hormonen ein. Diese Tatsachen müssen bei einem kindgerecht durchgeführten Ausdauertraining berücksichtigt werden. Die Wahl der Trainingsmethoden, Dauer und Intensitäten muss sich an den altersgemäßen Gegebenheiten anpassen.

4 MECHANISMEN DER ENERGIEBEREITSTELLUNG

Da bereits in den vorherigen Kapiteln und auch in den folgenden Abschnitten der Arbeit sehr häufig von den Arten, der aeroben und anaeroben Ausdauerleistungsfähigkeit und deren Bedeutung für den Fußballspieler gesprochen wird, ist es daher wichtig, den Prozess der Energiebereitstellung zu kennen, um diese Einteilung zu verstehen. Der Ablauf der Energieproduktion und die notwendigen biochemischen Reaktionen werden in diesem Kapitel ausführlich beschrieben. Außerdem ist dieses Kapitel wichtig, um die, im Abschnitt Belastungsprofil des Fußballspielers, angeführten Belastungsintensitäten im Zusammenhang mit der Energiebereitstellung und der Ausdauer verstehen zu können.

Um Bewegungen durchzuführen, sind Kontraktionen von Muskeln notwendig. Für diese Kontraktionen (Zusammenziehen der Muskelfasern) ist Energie von Nöten, die vom Körper bereitgestellt werden muss. Der Grundstoff, aus dem die Energie gewonnen wird, ist das ATP (Adenosintriphosphat), eine chemische Verbindung die im Körper vorhanden ist. Allerdings ist die Menge des ATP im Muskel stark begrenzt, sodass neues ATP während der Belastung hergestellt werden muss. Dafür stehen drei Energiespeicher zur Verfügung. Es sind dies die energiereichen Phosphate, die Kohlenhydrate (Glykogen) und die Fette. Der Energiegewinnungsprozess ist abhängig von der Belastungsintensität, das heißt es wichtig zu wissen, wie schnell der Körper das ATP herstellen muss, da die verschiedenen Quellen, die zur Verfügung stehen, unterschiedliche Energieflussraten (= Geschwindigkeit der Bereitstellung) haben (Zintl/ Eisenhut, 2004, S 51).

Die primäre Energiebereitstellung erfolgt durch die Spaltung von im Muskel vorhandenen ATP in ADP (Adenosindiphosphat) und einem Phosphatrest. Jedoch ist intrazellulär im Muskel nur eine geringe Menge ATP vorhanden, sodass diese Menge nur für maximal zwei Sekunden körperlicher Arbeit ausreichend ist. Das Enzym, das diese Erstreaktion auslöst und die Geschwindigkeit der Reaktion bestimmt heißt Myosin-ATPase (Hohmann/ Lames/ Letzelter 2003). Sollte eine Beanspruchung höchster Intensität vorliegen, ist es möglich, dass auch der zweite Phosphatrest des ATP genutzt wird. Dabei entsteht AMP (Adenosinmonophosphat). Die Einzelzuckung eines Muskels dauert ungefähr 100 ms. Bis das gespaltene ATP dieser Zuckung wieder aufgebaut ist, vergeht eine Zeitspanne von 30 ms. Folgende biochemische Reaktionen stellen den weiteren Energienachschub sicher (Eisenhut/ Zintl 2004).

4.1 Anaerober Energiestoffwechsel

4.1.1 Energiereiche Phosphate

Dauern nun Muskelarbeiten länger, oder erfolgen sie öfter hintereinander, so muss neues ATP aus sekundären Energiequellen resynthetisiert, das heißt wiederaufgebaut werden. Der Ablauf der Erstreaktion stimuliert und setzt die Atmung in Gang, je nach Stärke der Belastung ist hier laut Weineck (2004) eine bis zu 100-fache Steigerung möglich. Dauert nun die Belastung länger als die vorher erwähnten zwei Sekunden, setzt die sekundäre Energiebereitstellung ein. Der zeitlich erste Mechanismus der sekundären Produktion von ATP ist die Spaltung von Kreatinphosphat, das ebenfalls in der Muskulatur gespeichert ist und für etwa sechs bis acht Sekunden Arbeit vorrätig ist. Der Kreatinphosphatspeicher ist ungefähr 3-4-mal größer, somit ist die längere Arbeitsleistung zu erklären. Diese Reaktion wird durch das Enzym Kreatinkinase ausgelöst (Zintl/ Eisenhut, 2004, S 51). Diese Form der ATP Gewinnung besitzt eine sehr hohe Energieflussrate, das heißt die Energie kann äußerst schnell bereitgestellt werden, sie beginnt schon während der Erstspaltung des bereits vorhandenen ATP, sodass die ATP Konzentration im Muskel für diese sechs bis acht Sekunden annähernd konstant bleibt. Diese Bereitstellung wird auch anaerob (= ohne Sauerstoff) alaktazide (= ohne Laktat) Phase der anaeroben Energiegewinnung bezeichnet, da in diesen sechs bis acht Sekunden noch kein Laktat (Salz der Milchsäure) im Muskel gebildet wird. Die Wiederauffüllung des Kreatinphosphatspeichers in der Erholungsphase benötigt ungefähr 3 bis 5 Minuten, und hat einen exponentiellen Verlauf, das bedeutet, dass es zuerst eine schnelle Phase der Wiederherstellung, danach eine zweite, langsamere Phase, gibt.

4.1.2 Anaerobe Glykolyse

Wird durch hochintensive Belastung der Kreatinphosphatspeicher entleert, dann wird die erforderliche Energie durch die weiterhin anaerobe Spaltung von Glykogen gewonnen. Glykogen ist eine Speicherform von Zucker, die ebenfalls im Muskel vorhanden ist (Weineck 2004, S 33). Dieser Prozess wird auch anaerobe Glykolyse genannt. Dabei wird aus der Speicherform Glykogen Traubenzucker abgespalten, dieser Traubenzucker wird

weiter in Triosen verarbeitet, die wiederum in Brenztraubensäure (Pyrovat) abgebaut werden. Das so entstandene Pyrovat wird zur Milchsäure (Laktat) hydriert. Durch die Anhäufung des Laktats in der Muskelzelle, verändert sich der pH- Wert. Die Muskulatur wird „sauer“. Sinkt der pH- Wert auf 6,3 (der Normalwert beträgt 7,0) so stoppt die Glykolyse, das heißt die Belastung wird deutlich reduziert oder muss sogar abgebrochen werden (Hohmann/ Lames/ Letzelter. 2003). Diese Reaktion wird durch die Ausschüttung des Schlüsselenzyms Phosphofructokinase geregelt und aufrechterhalten. Dabei wird energiereiches Kreatinphosphat aufgebaut, aus dem wieder ATP gewonnen werden kann. Allein durch diesen Umweg lässt sich erkennen, dass die Geschwindigkeit der Energiebereitstellung hier bereits langsamer sein muss, als zuvor. Bei zu hohen Laktatkonzentrationen wird die oben erwähnte Phosphofructokinase gehemmt, dies führt wiederum zum Abbruch des Kreatinphosphataufbaus und folglich zum Abfall der Bewegungsintensität. Die anaerobe Glykolyse dominiert die Bereitstellung von Energie bis etwa 2 Minuten hochintensiver Belastung, danach lässt die körperliche Leistung deutlich nach, und die aeroben Prozesse beginnen (Zintl/ Eisenhut 2004, S 52).

4.2 Aerober Energiestoffwechsel

Ab nun wird die erforderliche Energie über die aerobe Spaltung von Glukose resynthetisiert. Dabei wird eine deutlich langsamere Energieflussrate sichtbar, jedoch ist der Ausnutzungsgrad dieser Energie wesentlich verbessert. Es ist die mit Abstand wirtschaftlichste Form der Energiebereitstellung und es kann hier die größte Menge an ATP resynthetisiert werden. Die biochemische Reaktion ist bis zu Entstehung des Pyrovats, die gleiche wie bei der anaeroben Glykolyse. Der Unterschied ist, dass genügend Sauerstoff vorhanden ist, sodass nur eine kleine Menge des Pyrovats zu Laktat umgewandelt wird. Der wesentlich größere Teil der Brenztraubensäure wird durch den Sauerstoff oxidiert. Dabei wird Essigsäure gewonnen und aktiviert und mit Oxalsäure zu Zitronensäure zusammengeführt (= Zitronensäurezyklus) (Hohmann/ Lames/ Letzelter, 2003, S 57). Diese Reaktion wird durch das Enzym Citratsynthetase ausgelöst. Es wird dadurch wieder energiereiches Kreatinphosphat und dadurch ATP aufgebaut. Diese Art der Bereitstellung reicht für etwa 30 Minuten bei Untrainierten Personen bzw. für 60 bis 100 Minuten für gut bis hochtrainierte Sportler. Werden nach der Entleerung der Glykogenspeicher keine weiteren Kohlehydrate von außen in Form von Getränken oder Ähnlichem zugeführt, so wird die benötigte Energie aus den Glykogenspeichern der Leber oder aus den vorhandenen Aminosäuren gewonnen.

Bei anschließend reduzierter oder bereits von Beginn an niedriger Belastungsintensität werden die Glykogenspeicher geschont, und die Energie wird über den Abbau der Fettspeicher (Triglyzeriden) zu Glycerin und freien Fettsäuren bereitgestellt. Aus den Fettsäuren wird durch die Betaoxidation wieder aktivierte Essigsäure gewonnen und diese danach in den Zitronensäurezyklus eingespeist. Diesen Vorgang nennt man aerobe Lipolyse. Auch hier ist die Bereitstellungsgeschwindigkeit nochmals deutlich verlangsamt. Außerdem wird zum Fettsäureabbau eine noch größere Menge an Sauerstoff als für den Glykogenabbau benötigt (Zintl/ Eisenhut 2004, S 57).

4.3 Aerobe und anaerobe Schwelle

Das Laktat besitzt aufgrund seiner leichten Bestimm- und Reproduzierbarkeit im kapillaren Blut eine besondere Bedeutung. Im Blut ist immer von vornherein eine bestimmte Laktatkonzentration, die Basalkonzentration, vorhanden. Diese schwankt in einem Bereich von 1 bis 2 mmol pro Liter Blut. Bei ansteigender Belastung, kommt es beim Übergang von der überwiegend aeroben zur anaeroben Energiebereitstellung zu einem Anstieg der Laktatproduktion und – Konzentration zunächst im Muskel, und dann durch Diffusion im Blut. Der erste Anstieg über die Basalkonzentration wird auch als aerobe Schwelle bezeichnet, da ab dieser Belastungsintensität die anaerobe Energiegewinnung erkennbar zunimmt. Für eine gewisse Zeitspanne, ist der Körper in der Lage, die Laktatkonzentration während der (weiterhin ansteigenden) Belastung abzubauen, ohne dass ein Leistungsabfall erfolgt. Dieser Bereich wird aerob anaerober Übergang genannt (Zintl/ Eisenhut, 2004, S 73). Die maximal kompensierbare Intensität wird auch als maximales Laktat steady state (maxLass) bezeichnet, und beschreibt jene Intensität und den Zeitpunkt, an dem das produzierte Laktat gerade noch vom Körper im gleichen Maße abgebaut werden kann, in dem es produziert wird. Dies wird auch als anaerobe Schwelle bezeichnet. Diese ist bei jedem Sportler individuell ausgeprägt, weshalb sich die Bezeichnung der individuellen anaeroben Schwelle (IAS) durchgesetzt hat. Alle Autoren sind sich einig, dass dieser Bereich nicht durch einen fixen Laktatwert angegeben werden kann, sondern seine Abhängigkeit vom Trainingszustand, vom Belastungsprotokoll und von der Masse der eingesetzten Muskulatur zeigt.

4.4 Die Rolle der Energiebereitstellung für den Fußballspieler

Die Tatsache, dass das Fußballspiel ständig variierenden Intensitäten unterliegt, macht es schwierig zu definieren, wann welche Art der Energiebereitstellung eintritt und in welchem Umfang sie arbeitet. Aus diesem Grund wird angenommen, dass alle Formen der Energiegewinnung von Bedeutung für den Fußballspieler sind. Ausgehend von der Energiemenge, die während eines Fußballspieles benötigt wird, zeigen Untersuchungen von Hoff (2004, S165-180) und Bangsbo (1994), dass die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit von entscheidender Bedeutung für den Fußballer ist. Im aeroben Bereich ist es dem Körper möglich die größte Gesamtmenge an ATP zu resynthetisieren. Dies ist notwendig um über 90 Minuten hohe Intensitäten aufrechterhalten zu können. Die aerobe Kapazität ist aber ebenso für Wiederauffüllung der energiereichen Phosphate zuständig. Ist beispielsweise der ATP Vorrat nach einem Sprint erschöpft, so wird dieser in den nicht so belastenden Erholungsphasen über die aerobe Kapazität wieder aufgefüllt. Jedoch ist das aerobe System nicht in der Lage, plötzlich auftretende Zusatz- und Spitzenbelastungen mit Energie zu versorgen. Diese zusätzliche Energie wird vom Kreatinphosphatspeicher und durch die anaerobe laktazide Glykolyse geliefert. Sprintaktionen die weniger als drei Sekunden dauern bekommen ihre Energie aus dem anaeroben alaktaziden Stoffwechsel. Hier wird jener ATP Vorrat angezapft, welcher direkt im Muskel vorhanden ist. Dieser Vorrat hat laut Zintl/ Eisenhut (2004) in etwa die Größe von 6 mmol/ kg Muskel und reicht bei maximalen Kontraktionen für zwei bis drei Sekunden. Daher ist die Größe des ATP Vorrats im Muskel mitentscheidend für die Antrittsschnelligkeit des Spielers. Ist der Sportler gezwungen längere Schnelligkeitsbelastungen zu absolvieren, wird der Kreatinphosphatspeicher als Energiequelle verwendet. Der Vorrat an Kreatinphosphat liegt bei ungefähr 21 mmol/ kg Muskel (Weineck 2004), ist daher größer und reicht bei maximaler Kontraktion für einen Zeitraum von sechs bis acht Sekunden. Daraus kann man erkennen, dass die Größe des Kreatinphosphatspeichers für das Beschleunigungsvermögen und für mehrere Sprints in kurzen Intervallen mitverantwortlich ist. Der KP Speicher ist nach 3 Sekunden wieder aufgefüllt (Weineck 2004). Sollte es während eines Spieles notwendig sein, längere Läufe oder schnell aufeinander folgende Sprints bei höherer Intensität zu absolvieren, so wird die hier notwendige Energie über das anaerob laktazide System geliefert. Zur maximalen Aktivierung dieses Systems kommt es dann, wenn der Kreatinphosphatspeicher im Muskel um mehr als 50 Prozent reduziert wurde.

4.5 Zusammenfassung der Arten der Energiebereitstellung am Beispiel von fußballspezifischen Belastungen

4.5.1 Aerobe Ausdauerbelastung mit Energiebereitstellung aus Fetten

Die Geschwindigkeit der Energieproduktion (Energieflussrate) und die Intensität der Belastung sind niedrig. Der Körper greift daher auf die Fette als Energiequelle zurück. Die Fette stellen einen nahezu unbegrenzten Energievorrat bei dieser niedrigen Belastungsstufe dar, daher kann diese Art der Arbeit besonders lange aufrechterhalten werden. Beim Fußballspiel kommt diese Energiestoffproduktion vor allem beim Traben, Gehen oder Stehen zu trage.

4.5.2 Aerobe Ausdauerbelastung mit Energiebereitstellung überwiegend aus Kohlehydraten (aerobe Glykolyse)

Die Energieflussrate durch die Verbrennung von Kohlehydraten ist höher als bei der Energiebereitstellung durch Fette. Deshalb können höhere Intensitäten geleistet werden. Je nach Höhe der Belastung werden geringe Mengen von Laktat gebildet, jedoch ist die Menge klein genug, um die weitere Energiebereitstellung nicht zu stören. Die Kohlehydratvorräte können beim Fußballspiel je nach Belastungsintensität beim Spiel in der zweiten Spielhälfte aufgebraucht sein (Stolen et al. 2005). Im Fußballsport sind zügige, längere Laufbelastungen ohne Pause für diese Art der Energiebereitstellung charakteristisch.

4.5.3 Anaerob laktazide Ausdauerbelastungen (anaerobe Glykolyse)

Hier entsteht bei der Verbrennung von Kohlehydraten Laktat. Die Konzentrationen liegen hier je nach Intensität bei 4 bis 20 mmol/ Liter Blut. Das Problem dabei liegt in der Tatsache, dass ab einer Anhäufung von 6 bis 8 mmol Laktat bereits Einbußen in der Qualität der Bewegungsausführung, sowie taktische Fehler zu erkennen sind (Hoff et al. 2004). Da hier mehr Energie schneller benötigt wird als zuvor, ist auch die Intensität der Bewegungen höher. Die Dauer der Belastung ist hier nicht durch die Glykogenvorräte im

Körper bestimmt, sondern durch die Laktatkonzentration in der Muskulatur (Weineck 2004). Sobald diese Übersäuerung zu groß ist, kommt es zum Belastungsabbruch. Typische Belastungsformen während des Fußballspiels bei der anaeroben laktaziden Glykolyse sind lange maximale Sprints oder mehrere kurze maximale Sprintbelastungen hintereinander.

4.5.4 Anaerob alaktazide Ausdauerbelastung

Da diese Art der Energieproduktion bei sehr hohen Belastungen auftritt, muss die Energiemenge sehr groß und sehr schnell vorhanden sein, um schnelle Bewegungsleistungen zu erbringen. Deshalb wird die Energie hier durch die energiereichen Phosphate produziert, wobei kein Laktat gebildet wird, da die Belastung zu kurz ist. Ist das Phosphatsystem erschöpft, benötigt es 60 bis 90 Sekunden bis die Phosphatspeicher wieder aufgefüllt sind (Weineck 2007). Dies sollte in den ruhigeren Spielphasen, in denen die Spieler traben oder gehen geschehen. Da die Menge an Kreatinphosphat für etwa 10 Sekunden Belastung reicht, sind schnelle, kurze Antritte, sowie Sprünge, Schüsse und Tacklings im Fußball hierfür charakteristisch

4.6 Adaptationsreaktionen des Körpers an ein aerobes Ausdauertraining

Durch ein umfangreiches und/ oder intensives Ausdauertraining kann eine relativ hohe Zahl von Anpassungsreaktionen des Körpers festgestellt werden. Diese sollen im Folgenden nun kurz erläutert und dargestellt werden.

4.6.1 Adaptation der Energiespeicher

Durch Belastungen im Ausdauerbereich wird Energie benötigt. Je nach Belastungsintensität und Dauer werden unterschiedliche Energiesysteme beansprucht und dies hat eine Entleerung der Energiespeicher zu Folge. Folglich führt die Trainingsbelastung ebenfalls zu einer Entleerung dieser Speicher. Es kommt daraufhin, eine ausreichende Pause vorausgesetzt, zu einer Wiederauffüllung der Bestände, die je

nach Art des Speichers unterschiedlich lange dauern kann. Diesen Effekt nennt man *Superkompensation*, das heißt der Organismus orientiert sich an der vergangenen Belastung und passt sich der kommenden Belastung gleichsam als Vorsorgereaktion an, indem er die Energiespeicher vergrößert. Dieser Effekt der Superkompensation wird von allen relevanten Autoren (Weineck 2007, Martin/ Carl/ Lehnertz 2001, Hohmann/ Lames/ Letzelter 2003) beschrieben. Dies wird vor allem durch den Wechsel zwischen Ausschöpfen und Wiederherstellung der Speicher gewährleistet. Für den Fußballer ist die aerobe, oxidative Energieproduktion sehr wichtig. Da hier die Energieproduktion über die Verbrennung von Kohlehydraten (Glykogen) läuft, kommt es bei Belastung zur Reduzierung der Glykogenspeicher, sehr oft am Ende eines Spieles sogar zu einer kompletten Entleerung derselben (Wisloff et al. 1998). Im zeitlichen Verlauf gesehen, betrifft diese Abnahme zuerst die intrazellulären Depots, die in den ersten 20 Minuten besonders stark von einer Reduzierung gekennzeichnet sind. Danach, in den folgenden 40 bis 60 Minuten kommt es aufgrund der Aufnahme von Glukose aus dem Blut, die aus dem Depot der Leber zur Muskulatur transportiert wird, bei gleichzeitiger Energiegewinnung durch Fettverbrennung, zu einem geringeren Abfall des Glykogenbestandes, was aber zu einem sichtbaren Intensitätsverlust führt. Einer weiteren Belastung folgt dann der finale Glykogenabfall, der schließlich zur Erschöpfung des Fußballers führt (Weineck, 2004, S 33). Durch regelmäßiges Ausdauertraining kann es zu einer mehr als Verdopplung der muskulären Glykogenvorräte kommen. Folglich ist die Menge des verwertbaren Glykogens je nach Trainingszustand sehr unterschiedlich. Besitzen Untrainierte Personen 200 bis 300 Gramm Glykogen in der gesamten Muskulatur und 60 bis 100 Gramm in der Leber, so können diese Werte bei trainierten Personen bis auf das Doppelte ansteigen.

„Je höher die initialen Glykogenvorräte sind, desto größer ist die Fähigkeit, bei hoher Intensität Arbeit zu leisten.“ (Weineck, 2007 S 239)

„Je besser der Trainingszustand, desto mehr Fettsäuren können bei höherer Intensität verstoffwechselt werden. Damit werden sie Zuckerspeicher geschont, und der Fußballer kann auch noch in der zweiten Halbzeit ein hohes Tempo gehen.“ (Weineck, 2004 S 34)

„ Je größer die Zuckerspeicher (Glykogenreserven) im Muskel des Fußballers, desto später tritt die Ermüdung ein...“ (Weineck, 2004 S 34)

Dies gilt natürlich auch gleichermaßen für den Kreatinphosphatspeicher, jedoch ist hierfür ein Schnelligkeits-, Schnellkraft-, oder Maximalkrafttraining und kein Ausdauertraining durchzuführen.

Es wird also durch Training eine Reihe von biochemischen Adaptationsprozessen aktiviert, die in einer bestimmten Reihenfolge ablaufen. Es kommt zuerst zu einer Zunahme der Energiequellen, das bedeutet, zu einer Erhöhung der Speicherkapazität, danach werden die Enzymaktivitäten verstärkt, das heißt, dass der Anteil an aeroben Enzymen, die die Energiebereitstellung betreffen, ansteigt und deren Umsatzgeschwindigkeit gleichzeitig zunimmt (Weineck, 2004, S 48). Voraussetzung hierfür ist eine, durch Ausdauertraining bedingte, deutliche Zunahme der Mitochondrien, den Kraftwerken der Zellen, in denen der aerobe Stoffwechsel stattfindet. Durch diese Adaptation zeigt sich eine verbesserte Energieversorgung und die Ermüdung setzt während der Belastung später ein. Zuletzt folgt eine Perfektionierung der hormonellen Steuerung der Stoffwechselvorgänge. Dabei kann man eine Vergrößerung jener Drüsen, die für die Hormonproduktion verantwortlich sind, feststellen. Weiters wird eine Verringerung des Tonus des Nervus Sympathikus sichtbar. Dieser Nervenstrang ist für die Steuerung der Anpassung des Körpers bei Belastung zuständig. Sinkt nun der Tonus, entspricht dies einer verringerten Ausschüttung der Stresshormone, das heißt es werden diese Hormone erst später und auch in geringerer Menge an den Körper abgegeben.

4.6.2 Adaptation des Herz- Kreislauf- Systems

Hier nimmt die maximale Sauerstoffaufnahmefähigkeit des Fußballers eine zentrale Rolle ein. Der Grund hierfür liegt in der Zubringerfunktion des Herz- Kreislauf- Systems als Sauerstofftransportmittel in die Muskelzelle. Ausschlaggebend sind der Gasaustausch in der Lunge, die Herzleistung, die Transportkapazität des Blutes und der Sauerstoffaustausch in den Muskelzellen. Das Blut und vor allem die roten Blutkörperchen (Erythrozyten) sind die Sauerstoffträger, die die Muskulatur versorgen müssen. Ausdauertraining bewirkt eine Erhöhung des Blutvolumens in einer Menge von ungefähr einem Liter (Weineck 2004, S 54), das bedeutet eine Vermehrung der roten Blutkörperchen und des Hämoglobins (roter Blutfarbstoff), das den Sauerstoff bindet, dies wiederum führt zu einer verbesserten Sauerstofftransportkapazität. Durch ein Trainingslager in der Höhe könnte man die Zahl der Erythrozyten weiter deutlich erhöhen. Jedoch gilt es in der Trainingsplanung zu berücksichtigen, dass der Höhenanpassungseffekt erst nach einer gewissen Zeit einsetzt. Eine weitere Funktion des Blutes ist die Pufferung von Laktat. Das heißt, dass durch die Blutvolumenzunahme eine höhere Laktatkonzentration im Blut toleriert werden kann, ohne dass es zu einem Leistungsabfall kommt (Meyer/ Kindermann 1999).

Der Herzmuskel selbst kann durch Ausdauertraining ebenfalls in positiver Weise verändert werden (Hollmann/ Hettinger 2004). Die physiologische Veränderung des Herzens durch Ausdauertraining wird auch als Sportherz bezeichnet. Dabei werden die beiden Herzhöhlen vergrößert und es ist eine Dickenzunahme der Herzwände feststellbar. Dadurch kommt es auch zu einer Vergrößerung des Herzvolumens sowie einer Gewichtszunahme des Herzens. Dies hat wiederum zur Folge, dass das Herz in der Lage ist, mehr Milchsäure abzubauen. Es ist in der Laktatleistungskurve eine deutliche Verschiebung der anaeroben Schwelle nach rechts erkennbar. Dies zeigt die verbesserte Ermüdungswiderstandsfähigkeit aufgrund einer höheren aeroben Kapazität (Meyer et al. 2005). Außerdem erhöht sich durch die Vergrößerung des Herzens auch das Schlagvolumen, das ist jene Menge Blut, die das Herz bei einem einzelnen Schlag in die Peripherie pumpt. Wenn also mehr Blut pro Schlag vorhanden ist, erhöht sich auch die, für die Ausdauerleistungsfähigkeit wichtige, maximale Sauerstoffaufnahme (VO₂ max). Gleichzeitig kommt es bei einer Blutvolumenzunahme zu einer Verringerung der Herzfrequenz, das heißt letztendlich, dass ein höheres Schlagvolumen bei gleichzeitiger Reduzierung der Herzfrequenz eine deutliche Ökonomisierung der Herzleistung erkennen lässt (Meyer/ Kindermann 1999). Dies gilt gleichermaßen für Zeiten erhöhter Belastung.

Schließlich kommt es in den Muskelzellen nach dem Sauerstofftransport zum Austausch des Sauerstoffs gegen die verschiedenen Stoffwechselendprodukte wie Kohlendioxid oder Laktat. Ein durchgeführtes Ausdauertraining bewirkt eine Erhöhung der Kapillarblutgefäße, in denen dieser Austausch stattfindet. Gleichzeitig erweitern sich die Kapillaren, was die Austauschfläche zusätzlich vergrößert (Weineck 2004). Durch die höhere Leistungsfähigkeit des Herzens und des Blutes, nimmt die lokale Durchblutung der Kapillargefäße zu. Bezugnehmend auf den Fußballer ist es wichtig zu wissen, dass eine vermehrte Gefäßneubildung erst ab einer Belastungszeit von 30 Minuten zu beobachten ist, wobei hier der Blutdruck konstant erhöht sein sollte. Genau dieser erhöhte Blutdruck führt zur Neubildung von Haargefäßen, um die Austauschfläche zu verbessern.

Es ist jedoch zu beachten, dass verschiedene Trainingsmethoden auch unterschiedliche Auswirkungen und Anpassungen auslösen. Einige sind beispielsweise für eine Herzvergrößerung besser geeignet, gleichzeitig aber kontraproduktiv für eine Kapillarisation. Alle vorher genannten Herz- Kreislauf Parameter sind daher durch entsprechende Trainingsinhalte unterschiedlich auszubilden. Diese Tatsache muss in der Trainingsmethodik berücksichtigt werden.

4.6.3 Adaptation im Lungenbereich

Das Ausdauertraining bewirkt in der Lunge vielfältige Veränderungen. Es kommt zu einer Vergrößerung der Fläche der Alveolen (Lungenbläschen), sowie zu einer Verbesserung der Diffusionskapazität (Durchlässigkeit) für Sauerstoff derselben. Außerdem führt das Training zu einer Ausweitung des Lungenkapillarnetzes was wiederum zu einer Vergrößerung des Gasaustausches, diesmal von der Seite des Blutes, führt. Dadurch lässt sich auch eine Erweiterung der Lungenvenen und –Arterien feststellen damit auch im Lungenkreislauf das vergrößerte Herzminutenvolumen bewältigt werden kann. Schließlich ist eine Verbesserung der Atmungsökonomie erkennbar, das bedeutet, dass sich die Menge an Sauerstoff, die aus der Einatemluft ins Blut übernommen wird, vergrößert (Zintl/ Eisenhut, 2004, S 68).

4.6.4 Adaptation der Muskelfaserzusammensetzung

Sportliche und damit auch fußballspezifische Bewegungen basieren auf dem Aufbau und der Funktionsweise der Skelettmuskulatur. Ein Skelettmuskel besteht aus einem oder mehreren Muskelköpfen. Diese wiederum bestehen aus parallel angeordneten Muskelfaserbündeln. Die einzelne Muskelfaser besitzt mehrere tausend Zellkerne und mehrere hundert Myofibrillen. Diese Myofibrillen sind ebenfalls parallel angeordnet und machen ungefähr 80 Prozent der Muskelfaser aus. Es lassen sich vier unterschiedliche Muskelfasertypen unterscheiden (Weineck, 2007, S 140):

- Typ I: ST- (Slow Twitch) Fasern: diese Fasern sind langsam arbeitende Muskelfasern mit hoher Ermüdungsresistenz, niedrigem Glykogen- und hohem Mitochondriengehalt; diese Fasern sind in der Lage Laktat abzubauen
- Typ II A: FTO- (fast twitch oxidative-) Fasern: Schnelle Muskelfasern mit hoher Ermüdungsresistenz und hohem glykolytischem und oxidativen Enzymesatz
- Typ II B: FTG- (fast twitch glycolytic-) Fasern: Schnelle, leicht ermüdbare Muskelfasern mit hohem Glykogen- aber niedrigem Mitochondriengehalt
- Typ II C: Intermediärfasern, die zwischen ST- und FTO- Fasern einzuordnen sind

Beim Menschen findet sich normalerweise eine gleiche Verteilung der schnellen und langsamen Muskelfasern. Selbstverständlich gibt es aber in dieser genetischen Verteilung auch Ausnahmen, so kann man bei Sportlern meistens nach Ausdauerarten und Schnellkrafttypen unterscheiden. Die Ausdauerarten besitzen klarerweise mehr ST-Fasern, im Gegensatz dazu findet man bei den Schnellkrafttalenten mehr FT-Fasern.

Hochgradig ausdauertrainierte Sportler (also keine Fußballer) haben einen ST-Faseranteil in ihrer Muskelfasermuskelzusammensetzung von 90 Prozent. Durch Training kann die Stoffwechselkapazität der Muskelfasern entscheidend verändert werden. Bei einem vermehrten Ausdauertraining werden die ST-Fasern und ihr hauptsächlich aerober Stoffwechsel belastet, trainiert man auf Schnelligkeit und Schnellkraft dann werden die Typ II Fasern mit dem anaeroben Metabolismus angesprochen (Weineck, 2004, S 31).

Bei Fußballern ist ein höherer Prozentsatz an schnell zuckenden Muskelfasern zu beobachten (Kindermann et al. 1993). Dies lässt sich durch das Belastungsprofil erklären. Spitzenspieler bestreiten an die 100 bis 300 Sprints pro Spiel (Biermann 2008). Hier ist eine höchst ausgebildete Grund- und Antrittsschnelligkeit von Nöten, die nur durch eine entsprechende Zahl von schnellen Muskelfasern spielgerecht zu bewältigen ist. Die Unterscheidung bezüglich der Zusammensetzung der Muskelfasern in Ausdauer- und Sprintertypen ist für die praktische Gestaltung des Trainings wichtig. Bei einem Mannschaftstraining, wo für den gesamten Kader an Spielern identische Belastungen und vor allem Belastungspausen gelten, kann es durch die unterschiedliche Muskelfasermuskelzusammensetzung zu unterschiedlichen Trainingseffekten kommen. Für einige der Spieler ist der gesetzte Trainingsreiz optimal, für andere stellt derselbe Reiz möglicherweise eine Über- oder Unterforderung dar. Somit ist, je nach Muskelzusammensetzung, mit einer unterschiedlichen Beanspruchung der einzelnen Spieler zu rechnen. Es sollten daher Spielergruppen, die von ihrer muskulären Ausrichtung zusammenpassen, gebildet werden, um ein sinnvolles Ausdauertraining (das Gleiche gilt auch für Schnelligkeitstraining, hier ist insbesondere die Pausengestaltung zu beachten) durchzuführen.

Durch ein jahrelanges intensives Ausdauertraining beispielsweise bei Radprofis oder Langstreckenläufern, ist es möglich, eine Umwandlung von schnellen in langsame zuckende Muskelfasern zu beobachten. Dies hat natürlich einen starken Anstieg der maximalen Sauerstoffaufnahme zur Folge, da die langsamen Fasern im aeroben Stoffwechselbereich arbeiten. Eine Rückbildung in schnelle Muskelfasern ist nicht mehr möglich (Weineck 2004, S 32).

5 DIE MAXIMALE SAUERSTOFFAUFNAHME (VO₂ MAX)

5.1 Physiologie der VO₂ max

Die maximale Sauerstoffaufnahme ist einer der klassischen Herz- Kreislauf- Parameter, um die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit zu beurteilen. Es ist damit jene Menge an Sauerstoff gemeint, die der Körper bei maximaler Arbeit aufzunehmen vermag (Meyer/ Kindermann, 1999 S 285). Dies ist wichtig, weil das Herz- Kreislaufsystem gleichsam als ein Hilffsystem zur Energiebereitstellung fungiert, da es über das Blut den notwendigen Sauerstoff zur aeroben (oxidativen) Energiegewinnung in die Muskelzellen liefert. Je größer die Sauerstoffzufuhr zu den Muskeln, und je besser der Sauerstoff dort aufgenommen werden kann, desto ausdauernder und effektiver kann die Muskulatur arbeiten. Bei aufkommender Belastung brauchen die Muskeln mehr ATP. Um die erforderliche Energie herstellen zu können, sind die Muskeln angehalten, mehr Sauerstoff aus dem Blut aufzunehmen, das heißt der Sauerstoffbedarf steigt an. Dieser erhöhte Sauerstoffbedarf bewirkt einen größeren Blutstrom zur beanspruchten Muskulatur. Demzufolge muss das Herz pro Zeiteinheit mehr Blut in den Körper pumpen. Folglich äußert sich dies in einer Steigerung der Herzfrequenz und des Schlagvolumens. Das Produkt von Schlagvolumen und Herzfrequenz pro Minute ergibt das Herzminutenvolumen, das gemeinsam mit der arteriovenösen Sauerstoffdifferenz entscheidend für die maximale Sauerstoffaufnahme ist. Die arteriovenöse Sauerstoffdifferenz (AVDO₂) beschreibt den unterschiedlichen O₂ Gehalt zwischen arteriellem und venösem Blut, der in Ruhe etwa 5 Prozent beträgt, bei maximaler Belastung bei 12 bis 15 Prozent liegt (Zintl/ Eisenhut, 2004 S 64).

Max. Sauerstoffaufnahme =
max. Schlagvolumen x max Herzfrequenz x max. arteriovenöse Sauerstoffdifferenz

Abs. VO₂ max (l O₂/ min) = SV max x HF max x AVDO₂ max

5.2 Einflussfaktoren auf die VO₂ max

Theoretisch ist die maximale Sauerstoffaufnahme von einer Vielzahl von Faktoren abhängig. Diese werden nach Hollmann/ Hettinger (2000, S 320) in externe und interne Faktoren unterteilt (vgl. Tabelle 1). Interessanterweise ist es nicht einwandfrei feststellbar, welche dieser Einflussgrößen als leistungsbestimmend angesehen werden kann. Es wird angenommen, dass beim menschlichen Organismus, bei einer maximalen Ausdauerbelastung gleichzeitig mehrere dieser Faktoren in den Grenzbereich geraten und dadurch die Leistungsfähigkeit limitieren.

Einige scheinen von größerer Wichtigkeit zu sein. Von diesen Mechanismen können einige durch Training verbessert werden, andere sind wenig oder nicht beeinflussbar. Vor allem dem Herzzeitvolumen, der maximalen Diffusionskapazität der Lunge, die Durchblutung der Muskulatur und der muskuläre Metabolismus, sind von der Wichtigkeit höher einzustufen. Zu den trainierbaren Parametern zählen das Herzzeitvolumen und die metabolische Leistung der Muskulatur.

Tabelle 1: Leistungsbegrenzende Faktoren der VO₂ max nach Hollmann/ Hettinger (2004, S 320)

Interne Faktoren	Externe Faktoren
Ventilation	Belastungsmodus
Distribution und Diffusion der Lunge	Größe und Art der eingesetzten Muskulatur
Herzzeitvolumen	Körperposition
Blutverteilung	O ₂ Partialdruck
Totaler Hämoglobingehalt	Klima (Hitze, Kälte, Luftfeuchtigkeit)
Dynamische Leistungsfähigkeit der beanspruchten Muskulatur	
Ernährungszustand	

Bei Aktivitäten, an denen große Muskelgruppen beteiligt sind, gilt das maximale Herzschlagvolumen als leistungsbegrenzend. Grund hierfür dürfte sein, dass das Herz bei der Versorgung der großen Muskelgruppen, die erforderliche Blutmenge nicht

ausreichend bereitstellen kann, da diese Muskeln bei Belastung ein 4-faches des normalen Blutbedarfs aufnehmen können.

5.3 Absolute und relative VO₂ max

Die VO₂ max wird in Litern pro Minute angegeben, als solcher Absolutwert ist er jedoch zum Vergleich von mehreren Sportlern nicht geeignet. Deswegen ist ein Bezug auf die Körpermasse notwendig, weil das Blutvolumen, die Muskelmasse und Herzgröße sich in Abhängigkeit vom Körpergewicht unterscheiden. Das heißt, dass Sportler mit höherem Körpergewicht, mehr Muskelmasse, größere Herzen und mehr Blut besitzen, sodass sich bei gleichem Trainingszustand unterschiedliche Werte in der absoluten maximalen Sauerstoffkapazität finden. Folglich wird zur besseren Vergleichbarkeit der Sportler die VO₂ max als relative VO₂ max in ml pro Minute und pro Kilogramm angegeben (Meyer/Kindermann, 1999, S 285).

Es müssen weiters auch sportartspezifische Unterschiede beachtet werden, so ist bei Sportarten, wo geringere Arbeit gegen die Schwerkraft verrichtet werden muss, das heißt das eigene Körpergewicht nicht vollständig getragen werden muss (z.B. Rudern, Radfahren oder Schwimmen) der Absolutwert der VO₂ max aussagekräftiger als die relative körpergewichtsbezogene VO₂ max. Dies ist beim Fußballspieler jedoch nicht der Fall, deswegen wird in fast allen Studien, die den Fußballsport betreffen, die relative maximale Sauerstoffaufnahmefähigkeit untersucht.

5.4 Altersgemäße Entwicklung der relativen VO₂ max

Betrachtet man die altersgemäße Entwicklung der relativen VO₂ max, dann ist zu erkennen, dass sich vor allem wachstumsbedingte Veränderungen vollziehen. Dabei gibt es bis zum 10. Lebensjahr keine geschlechtsspezifischen Unterschiede (Zintl/ Eisenhut, 2004 S 66). Grundsätzlich ist zu bemerken, dass bis zum 30. Lebensjahr die relative VO₂ max konstant bleibt, danach nimmt sie bei Personen, die keinen Sport betreiben schnell ab. Die Werte differieren bei Frauen und Männern, so sind die der Männer um ungefähr 25 bis 33 Prozent höher als bei gleichaltrigen Frauen. Die geschlechtsspezifischen Höchstwerte erreichen Frauen in einem Alter zwischen 14 und 16 Jahren, Männer

zwischen 16 und 18 Jahren. Es ist aber bei kontinuierlichem Training möglich, die relative VO₂ max bis zum 50. Lebensjahr konstant zu halten. Die absolute VO₂ max zeigt ihr Maximum bei Mädchen zu Beginn der Pubertät, bei Jungen wird sie mit dem 18./19. Lebensjahr erreicht. Die relative VO₂ max hingegen ist für männliche Probanden über das gesamte Kindes-, Jugend- und frühe Erwachsenenalter hinweg stabil. Ab dem 25./30. Lebensjahr nimmt die absolute wie auch die relative Sauerstoffaufnahme linear ab. Für untrainierte Männer wird von einem 9-10 % Rückgang pro Lebensdekade ausgegangen. Vielmehr ist im bewegungsarmen Zeitalter von einem zunehmend geringeren Adaptationsniveau auszugehen. Eine rückgängige Ausdauerleistungsfähigkeit ist also eher auf einen ungenügenden Trainingszustand als auf genetisch determinierte, biologische Alterungsprozesse zurückzuführen.

Die Trainierbarkeit der VO₂ max gilt in der Literatur als relativ gering. Es ist möglich, durch entsprechendes Training innerhalb von 8 bis 12 Wochen eine durchschnittliche Steigerung von 15 bis 20 Prozent zu erreichen. Dabei gilt es zu beachten, dass in, in der Entwicklungsphase bei Kindern, also in der Präpubertät und Pubertät eine höhere Trainierbarkeit vorliegt, wenn entsprechende Trainingsreize gesetzt werden (Zintl/ Eisenhut, 2004 S 67).

Tabelle 2: Werte der rel. VO₂ max als gemessene Durchschnittswerte und als Normwerte für unterschiedliche Leistungsniveaus nach Zintl/ Eisenhut (2004, S 65)

	rel. VO ₂ max
Untrainierte	
Frauen (20–30 LJ.)	32–38 ml/kg/min*
Männer (20–30 LJ.)	40–55 ml/kg/min**
Hochtrainierte Ausdauersportler	
Frauen	65–75 ml/kg/min
Männer	80–90 ml/kg/min
Normwerte für Fitnesszustand	
Frauen	35–38 ml/kg/min
Männer	45–50 ml/kg/min
Ausdauertrainierte	55–65 ml/kg/min
Ausdauerleister (internationales Niveau)	65–80 ml/kg/min
Ausdauerleister (internationales Spitzenniveau)	85–90 ml/kg/min

5.5 Vergleichswerte von unterschiedlichen Sportarten

Die Werte der relativen VO₂ max sind natürlich je nach Trainingszustand sehr unterschiedlich. So gelten 30 bis 50 ml/kg/min bei untrainierten Erwachsenen als normal. Grundsätzlich gilt es zwischen reinen Ausdauerdisziplinen wie Skilanglauf, Langstreckenlauf oder Straßenradsport und Sportarten, die keinen ausschließlichen Ausdauercharakter besitzen zu unterscheiden. Für hochausdauertrainierte Personen, wie zum Beispiel Radprofis liegen die Referenzwerte zwischen 80 und 95 ml/kg/min (Meyer/ Kindermann, 1999, S 287). Das Belastungsprofil der Fußballspieler zeigt ebenfalls eine hohe Wichtigkeit der Ausdauerleistungsfähigkeit. Messungen der relativen VO₂ max bei Fußballprofis ergaben Werte von bis zu 68 ml/kg/min (Bangsbo 1994). Spitzenwerte finden sich ebenfalls bei den Skilangläufern, da hier mit Bein- Arm- und Rumpfmuskulatur die vergleichsweise größten Muskelmassen im Einsatz sind und somit am meisten Sauerstoff von Seiten des Sportlers benötigt wird.

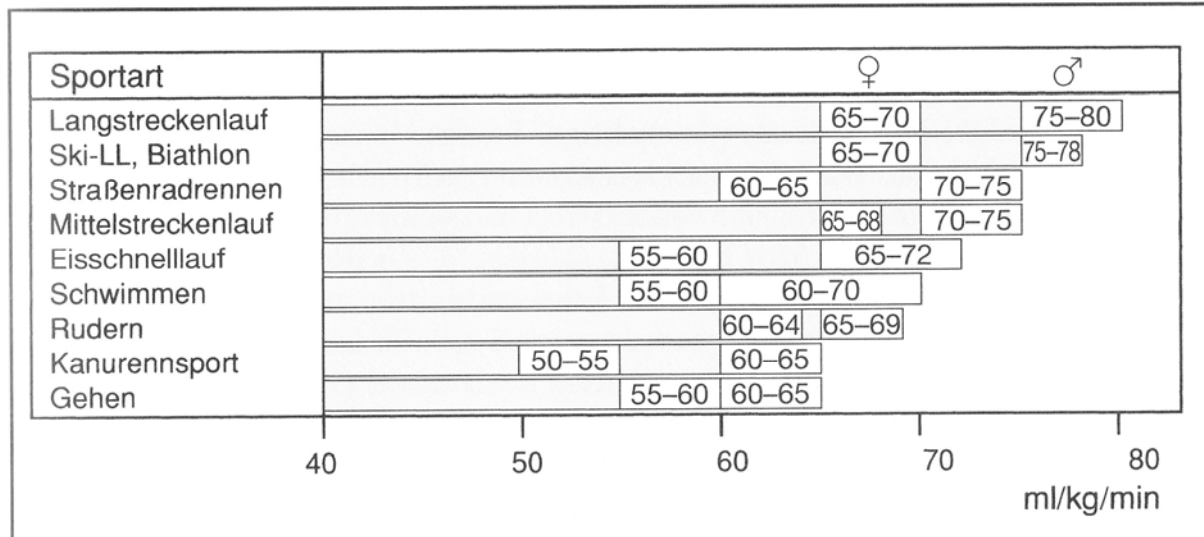


Abbildung 2: Werte der rel. VO₂ max in Ausdauerdisziplinen; Referenzwerte nach Geschlecht getrennt nach Zintl/ Eisenhut (2004, S 65)

5.6 Untersuchungen und Bedeutung der VO₂ max im Fußballsport

Die Bedeutung der VO₂ max für den Fußballsport wird aus vielen Studien ersichtlich. So wird das Schlagvolumen als limitierender Hauptfaktor für die VO₂ max genannt. (McMillan et al, 2005, S 274). Hoff und Helgerud (2004) schreiben, dass die relative VO₂ max sich durch Erhöhung des Herzzeitvolumens und damit des Schlagvolumens mittels eines Intervalltrainings steigern lässt. Es liegen von unterschiedlichen Untersuchungen unter anderem aus Frankreich, Italien, England und Deutschland an professionellen Fußballspielern übereinstimmende Werte bezüglich der relativen VO₂ max vor. Diese liegen bei 55 bis 68 ml/kg/min. Diese gelten sowohl für Amateur als auch professionelle Fußballspieler. Die Tabellen 3 und 4 zeigen einen Vergleich der unterschiedlichen Studien mit den gemessenen Werten der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme.

Tabelle 3: Studien zur Untersuchung der relativen VO₂ max nach Stolen et al.(2005)

Study	Level/country	n	Position	Anthropometry ^a		VO ₂ max ^{a,b}			AT (% VO ₂ max) ^b
				height (cm)	weight (kg)	L/min	mL/kg/min	mL/kg ^{0.75} /min	
Drust et al. ^[70]	University/England	7		178.0 ± 5.0	72.2 ± 5.0	4.17	57.8 ± 4.0	168.5	
Ekblom ^[3]	Top team/Sweden						~61.0		
Faina et al. ^[60]	Amateur/Italy	17		178.5 ± 5.9	72.1 ± 8.0	4.62	64.1 ± 7.2	186.8	
	Professional/Italy	27		177.2 ± 4.5	74.4 ± 5.8	4.38	58.9 ± 6.1	173.0	
	world class/Italy	1					63.2		
Helgerud et al. ^[14]	Juniors/Norway	9				4.25 ± 1.9	58.1 ± 4.5	169.9 ± 9.6	82.4
	After training period	9				4.59 ± 1.4	64.3 ± 3.9	188.3 ± 10.6	86.3
	Division 1/Norway	21		183.9 ± 5.4	78.4 ± 7.4	4.73 ± 0.48	60.5 ± 4.8	178.4 ± 14.8	
	After training period	21		183.9 ± 5.4	78.4 ± 7.4	5.21 ± 0.52	65.7 ± 5.22	192.9 ± 19.4	
Heller et al. ^[71]	League/Czech	12		183.0 ± 3.5	75.6 ± 3.4	4.54	60.1 ± 2.8	177.2	79.4
	After season	12				4.48	59.3 ± 3.1	174.9	81.1
Hoff et al. ^[72]	Division 2/Norway ^d	8				4.63 ± 0.51	60.3 ± 3.3	178.6 ± 13.3	85.5
Hollmann et al. ^[59]	Nationals-78/Germany	17					62.0 ± 4.5		
Impellizzeri et al. ^[73]	Young/Italy	19		178.5 ± 4.8	70.2 ± 4.7	4.03	57.4 ± 4.0	166.2	
Leatt et al. ^[74]	U-16 elite/Canada	8		171.1 ± 4.3	62.7 ± 2.8	3.68 ± 0.43	59.0 ± 3.2	165.2	
	U-18 elite	9		175.8 ± 4.4	69.1 ± 3.4	3.99 ± 0.59	57.7 ± 6.8	166.5	
MacMillan et al. ^[75]	Youth team/Scotland	11		177.0 ± 6.4	70.6 ± 8.1	4.45 ± 0.37	63.4 ± 5.6	183.3 ± 13.2	
	After training period	11			70.2 ± 8.2	4.87 ± 0.45	69.8 ± 6.6	201.5 ± 16.2	
Matkovic et al. ^[76]	Division 1/Croatia	44		179.1 ± 5.9	77.5 ± 7.19	4.12 ± 0.64	52.1 ± 10.7	157.7	
Nowacki et al. ^[77]	Division 3/Germany	10					69.2 ± 7.8		
Puga et al. ^[78]	Division 1/Portugal	2	G	186.0	84.4	4.45	52.7	159.7	
		3	CB	185.3	75.9	4.16	54.8	161.7	
		2	FB	175.0	67.5	4.19	62.1	178.0	
		8	M	176.8	74.0	4.58	61.9	181.6	
		6	A	174.6	71.1	4.31	60.6	176.0	
Rahkila and Luthanen ^[79]	Senior/Finland	31		180.4 ± 4.3	76.0 ± 7.6	4.20 ± 0.30	56.0 ± 3.0	163.2	83.9
	U-18 plus U-17/Finland	25		178.6 ± 6.3	71.3 ± 6.8	4.00 ± 0.50	56.0 ± 4.0	163.0	85.7
	U-16/Finland	21		177.1 ± 7.4	66.7 ± 6.8	3.80 ± 0.40	58.0 ± 5.0	162.8	84.5
	U-15/Finland	29		174.7 ± 5.1	62.5 ± 6.5	3.60 ± 0.40	57.0 ± 5.0	162.0	86.0
Rhodes et al. ^[80]	Olympic/Canada	16		177.3 ± 6.5	72.6 ± 6.2	4.20 ± 0.40	58.7 ± 4.1	168.9	
Streyer et al. ^[37]	EbP/Danish	9		154.1 ± 8.2	42.5 ± 7.2	2.47 ± 0.28	58.6 ± 5.0	148.2	
	EeP/Danish	7		172.2 ± 6.1	57.5 ± 7.2	3.59 ± 0.44	63.7 ± 8.5	172.1	
Vanderford et al. ^[81]	U-14/US	20		163.9 ± 0.4	49.9 ± 0.4	2.64	52.9 ± 1.2	140.6	65.9 ± 1.4

Continued next page

Tabelle 4: Studien zur Untersuchung der relativen VO₂ max nach Stolen et al.(2005)

Study	Level/country	n	Position	Anthropometry ^a		VO _{2max} ^{a,b}			AT (% VO _{2max}) ^b
				height (cm)	weight (kg)	L/min	mL/kg/min	mL/kg ^{0.75} /min	
Adhikari and Kumar Das ^[61]	National/India	2	G	180.1 ± 1.8	64.0 ± 3.0	3.60	56.3 ± 1.3	159.2	
		4	D	172.4 ± 2.9	65.1 ± 1.3	3.93	60.3 ± 5.0	171.3	
		5	M	173.2 ± 5.5	67.8 ± 5.4	3.91	57.7 ± 4.9	165.6	
		7	A	169.3 ± 2.3	60.1 ± 2.3	3.65	60.7 ± 4.9	169.0	
Al-Hazzaa et al. ^[62]	Elite/Saudia Arabia		CB	182.3 ± 6.1	82.1 ± 6.9	4.28 ± 0.66	52.3 ± 7.3	157.3 ± 21.8	
			FB	176.0 ± 3.9	72.4 ± 4.1	4.16 ± 0.19	57.7 ± 5.1	168.0 ± 12.8	
			M	174.7 ± 6.7	68.2 ± 4.4	4.13 ± 0.26	59.9 ± 0.93	172.2 ± 1.7	
			A	177.4 ± 5.8	72.7 ± 5.9	4.11 ± 0.29	56.9 ± 2.5	165.8 ± 5.4	
Apor ^[63]	Division 1–1st/Hungary						66.6		
			2nd				64.3		
			3rd				63.3		
			5th				58.1		
Arnason et al. ^[27]	National/Hungary	8			68.6 ± 8.7	5.07	73.9 ± 10.8	212.7	
	Division elite/Iceland	8 ^c					63.2 ± 0.4		
	Division 1/Iceland	7 ^c					61.9 ± 0.7		
	Division 1 elite/Iceland	15	G				57.3 ± 4.7		
	Division 1 elite/Iceland	87	D				62.8 ± 4.4		
	Division 1 elite/Iceland	76	M				63.0 ± 4.3		
	Division 1 elite/Iceland	47	A				62.9 ± 5.5		
Aziz et al. ^[64]	National/Singapore	23		175.0 ± 6.0	65.6 ± 6.1	3.82 ± 0.42	58.2 ± 3.7	165.7	
Bangsbo ^[65]	Elite/Denmark	5	G	190.0 ± 6.0	87.8 ± 8.0	4.48	51.0 ± 2.0	156.1	
		13	CB	189.0 ± 4.0	87.5 ± 2.5	4.90	56.0 ± 3.5	171.3	
		12	FB	179.0 ± 6.0	72.1 ± 10.0	4.43	61.5 ± 10.0	179.2	
		21	M	177.0 ± 6.0	74.0 ± 8.0	4.63	62.6 ± 4.0	183.6	
		14	A	178.0 ± 7.0	73.9 ± 3.1	4.43	60.0 ± 3.7	175.9	
Bunc and Psotta ^[66]	Elite/Czech	15		182.7 ± 5.5	78.7 ± 6.2	4.80 ± 0.41	61.0 ± 5.2	181.7	80.5 ± 2.5
	8 years/Czech	22		132.4 ± 4.3	28.2 ± 3.2	1.60 ± 0.14	56.7 ± 4.9	130.7	76.5 ± 1.3
Bunc et al. ^[67]	Elite/Czech	15		182.6 ± 5.5	78.7 ± 6.2	4.87	61.9 ± 4.1	184.4	80.5
Casajus ^[68]	Division 1/Spain	15		180.0 ± 8.0	78.5 ± 6.45	5.10 ± 0.40	65.5 ± 8.0	193.4	76.6
	Division 1/Spain	15		180.0 ± 8.0	78.5 ± 6.45	5.20 ± 0.76	66.4 ± 7.6	197.2	79.4
Chamari et al. ^[68]	U-19 elite Tunisia-Senegal	34		177.8 ± 6.7	70.5 ± 6.4	4.30 ± 0.40	61.1 ± 4.6	177.0 ± 13.0	90.1 ± 3.9
Chin et al. ^[69]	Elite/Hong Kong	24		173.4 ± 4.6	67.7 ± 5.0	4.00	59.1 ± 4.9	169.5	80.0

Continued next page

Ausnahmewerte sind ebenfalls aufgezeichnet worden, sie liegen bei über 70 ml/kg/min. Der durchschnittlich höchste Wert einer Profi Mannschaft wurde in Norwegen bei der Spitzenmannschaft Rosenborg Trondheim gemessen und lag bei 67,7 ml/kg/min. (Wisloff et al. 1998, S 462-467) Die Werte im Spitzenfußball haben sich jedoch in den Jahren zwischen 1990 und 2000 kaum verändert.

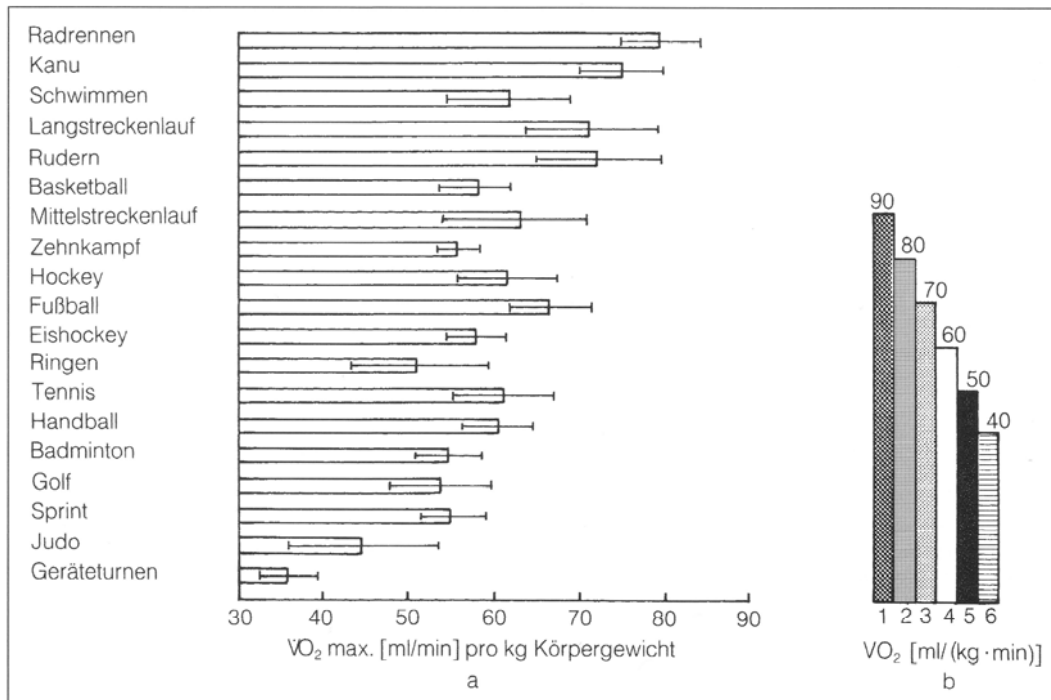


Abbildung 3: a) rel. VO₂ max verschiedener Sportdisziplinen nach Hollmann/ Hettinger b) rel. VO₂ max bei Sportlern unterschiedlicher Trainiertheitsgrade: 1= Skilangläufer, 2= Langstreckenläufer, 3= Eisschnellläufer, 4= Fußballspieler, 5= Sprinter, 6= Untrainierter nach Bosco 1990 nach Weineck (2004, S 158)

5.6.1 Die relative VO₂ max in Bezug auf Laufleistungen im Fußball

Im Verlauf eines Fußballspiels werden die hochintensiven Abschnitte immer häufiger, die Intensität und Häufigkeit ist stetig im Steigen begriffen. Allerdings ist in diesen intensiven Spielpassagen auch ein hochgradiger Anstieg der Laktatwerte zu beobachten. Dies führt zur Notwendigkeit sich in weniger arbeits- und laufintensiven Phasen wieder zu erholen, damit die Laktatkonzentration abgebaut werden kann. Nach herrschender Auffassung in der Literatur, gibt es einen einschlägigen Zusammenhang zwischen maximaler Laufstrecke und maximaler Sauerstoffaufnahme, so zeigen Untersuchungen von Apor und Wisloff (1998) eine eindeutige Korrelation. Apor (in Reilly et al. 1998, S 95-105) konnte feststellen, dass die Platzierung von vier Teams der ersten ungarischen Liga, der Platzierung ihres durchschnittlichen relativen VO₂ max entsprach. Wisloff (1998, 462-467) fand in Norwegen heraus, dass es einen klaren Unterschied zwischen dem norwegischen Spitzenteam Rosenborg Trondheim und der schlechter platzierten Mannschaft von Strindheim gibt. McMillan et al (2005) berichten in einem Artikel dass die VO₂ max direkt die Gesamtleistung, sowie die Anzahl der Sprints beeinflusst. Bezüglich Untersuchungen von Kindern und Jugendlichen sind leider nicht sehr viele Daten in der

Literatur zu finden. McNaughton (1996) testete 500 Schulkinder unterschiedlicher Altersstufen, allerdings waren das keine Kinder mit fußballspezifischem Hintergrund. Der Wert der errechneten VO₂ max bewegte sich zwischen 41,7 ml/kg/min bei den 12Jährigen, erhöhte sich auf 44,3 ml/kg/min bei den 13Jährigen, um bei den 14Jährigen auf 46,3 ml/kg/min zu steigen. Bei den 15Jährigen wurde ein Wert 47,8 ml/kg/min berechnet, die 16Jährigen kamen auf 48,2 ml/kg/min. McMillan et al (2005) sprechen von einer Verbesserung der VO₂ max 11 Prozent von jugendlichen Fußballspielern nach einer achtwöchigen Trainingsperiode. Dadurch wurde die Gesamtleistung um 20 Prozent verbessert, gleichzeitig erhöhte sich die Zahl der Sprints jedes einzelnen Spielers um 100 Prozent. In einer Untersuchung von Aigner, Ledl- Kurkowski und Dalus (1993) einer U16 und U18 Mannschaft eines österreichischen Fußball- Bundesnachwuchszentrums, zeigen sich Maximalwerte von 59,6 ml/kg/min bei der U16 Mannschaft und 62,4 ml/kg/min relativer VO₂ max bei der U18 Mannschaft.

Ein Fußballspieler sollte in der Lage sein, eine gleich hohe Arbeits- bzw. Laufintensität über die gesamte Spielzeit aufrechtzuerhalten. Diverse Beobachtungen zeigen jedoch eine Abnahme der Herzfrequenz, des Blutglukose- und des Laktatspiegels in der zweiten Halbzeit. Daraus kann man folgern, dass das Aktivitätsniveau der Spieler ebenfalls nachlässt. Gut ausdauertrainierte Spieler mit einer hohen relativen VO₂ max sind in der Lage das Aktivitätsniveau zu halten, sie besitzen ausreichende Glykogenreserven, um auch bei Sprints und anderen hochintensiven Belastungen genug Energie bereitstellen zu können und das bis zum Spielende. Außerdem ist die Erholungsfähigkeit solcher Spieler besser ausgeprägt, sie absolvieren die meisten Sprints und sind am häufigsten an spielentscheidenden Situationen beteiligt.

6 DIE SPORTMOTORISCHE SCHNELLIGKEIT

6.1 Begriffsdefinition

Hohmann/ Lames/ Letzelter (2003, S 87) beschreiben die Schnelligkeit folgendermaßen: „Als Schnelligkeit bezeichnet man die Fähigkeit, unter ermüdungsfreien Bedingungen in maximal kurzer Zeit motorisch zu reagieren und/ oder zu agieren“.

Tatsächlich ist die Schnelligkeit eine der elementarsten physischen Eigenschaften eines Sportsportlers und somit auch des Fußballspielers. Sie ist für den Erfolg von sportlichen Handlungen wichtig, weil sie die Qualität und Effektivität dieser Handlungen stark beeinflusst. Martin/ Carl/ Lehnertz (2001, S 147) definieren die Schnelligkeitsleistung folgendermaßen: „Schnelligkeit ist die Fähigkeit bei sportlichen Bewegungen ist die Fähigkeit, auf einen Reiz bzw. ein Signal hin schnellstmöglich zu reagieren und/oder Bewegungen bei geringen Widerständen mit höchster Geschwindigkeit durchzuführen“. Diese Definition nimmt Rücksicht auf die Prozesse des neuromuskulären Systems, die bereits von Bauersfeld et al (1992) Berücksichtigung fand. Zum neuromuskulären System gehören motorisch bedeutsame Exterorezeptoren (Rezeptoren, die Signale von außen aufnehmen), Propriozeptoren (Rezeptoren, die Signale aus dem Körper aufnehmen), Muskelfasern, Synapsen, motorische Endplatten, afferente und efferente Nervenfasern sowie Motoneurone im Rückenmark. Es ist umstritten, in welchem Maße die Faktoren des neuromuskulären Systems anlagebedingt sind, oder funktionelle Anpassungen durch Training zeigen.

6.2 Erscheinungsformen der Schnelligkeit - Strukturierung der Schnelligkeit

Betrachtet man die Fähigkeit differenzierter, so fällt auf, dass man unterschiedlichen Komponenten begegnet, die die Schnelligkeit bestimmen. Und diese Komponenten werden von verschiedenen Autoren auch unterschiedlich benannt, hergeleitet und begründet. Insgesamt ist festzustellen, dass es keine einheitliche und allgemein akzeptierte Strukturierung gibt. Trotzdem gibt es eine Reihe von Übereinstimmungen. So nennen fast alle Ansätze Begriffe wie Reaktionsschnelligkeit oder

Reaktionsgeschwindigkeit. Die Reaktion auf bestimmte Signale scheint demnach einen wichtigen Faktor bei Schnelligkeitsleistungen darzustellen. Ebenso werden immer wieder Begriffe wie Beschleunigung oder Beschleunigungsfähigkeit genannt. In diesem Zusammenhang wird dann auch meist der Querverweis auf die motorische Fähigkeit Kraft und deren Komponenten hergestellt. Um eine hohe Geschwindigkeit zu erreichen, muss zuerst eine Beschleunigung eines Körperteils oder des gesamten Körpers erfolgen. Und letztlich stellen viele Autoren Begriffe wie Aktionsschnelligkeit, maximale Bewegungsgeschwindigkeit oder Frequenzschnelligkeit in den Mittelpunkt. Damit soll angedeutet werden, dass es bei bestimmten Bewegungen um die Erzielung einer maximalen Geschwindigkeit geht und hierbei Faktoren wie Aktionsschnelligkeit oder Frequenzschnelligkeit eine wichtige Rolle spielen.

Betrachtet man eine Schnelligkeitsleistung in ihrem Verlauf, der allgemein, also für möglichst viele Sportarten anwendbar sein soll, so kann man zwei unterschiedliche Verlaufsformen erkennen (Martin/ Carl/ Lehnertz, 2001, S 149).

Die erste Verlaufsart geht davon aus, dass eine Schnelligkeitsleistung aufgrund eines Signals oder Reizes ausgelöst wird, beispielsweise der Start beim Sprint, oder eine Finte des Gegners beim Fußballspiel. Am Beginn steht also die Reaktionsleistung auf den äußerlichen Reiz, welche nahtlos in die Beschleunigungsleistung übergeht, das heißt der Körper verändert und erhöht seine Geschwindigkeit. Wie lange diese Beschleunigungsleistung dauert, hängt von der Größe des zu überwindenden äußeren Widerstandes ab. Danach schließt wiederum ohne erkennbaren Übergang die Schnelligkeitsleistung an.

Liegt kein äußerer Reiz als Auslöser vor, so bleibt der Verlauf gleich, er reduziert sich um die Phase der Reaktion, das heißt es liegt ein selbstgewählter Beschleunigungsbeginn vor (Anlauf beim Weitsprung). Auch hierbei geht die Beschleunigungsleistung stufenlos in die Schnelligkeitsleistung über.

Eine weitere Differenzierung erfolgt nach Bewegungsmustern (Martin/ Carl/ Lehnertz, 2001, S 148):

- Zyklische Schnelligkeit, das sind Bewegungen die sich rhythmisch wiederholen, wie zum Beispiel Radfahren oder Laufen
- Azyklische Schnelligkeit, damit sind Bewegungen gemeint, die keinem bestimmten Zeitprogramm (Rhythmus) unterliegen

Während die sportmotorische Ausdauer durch die Abhängigkeit vom Herz-Atmungssystem eindeutig den konditionellen Eigenschaften zuzuordnen ist, fällt die Abgrenzung der Schnelligkeitsfähigkeiten wesentlich schwieriger aus, da die Schnelligkeit laut Hohmann/ Lames/ Letzelter (2003) sowohl von der Innervierung und vom Zusammenspiel der Sehnen und Muskeln als auch von einem Anteil des Zentralnervensystems mitbestimmt wird. Das heißt, dass die Schnelligkeit nur teilweise energetisch bedingt ist, sondern ein sehr großer Anteil in hohem Maße auf den Fähigkeiten des Nervensystems beruht. Deswegen wird die Schnelligkeit seit den 90er Jahren zu den koordinativ- konditionellen Fähigkeiten gezählt. Für Grosser (1991, S 13) bedeutet Schnelligkeit im Sport

„...die Fähigkeit, aufgrund kognitiver Prozesse, maximaler Willenskraft und der Funktionalität des Nerv- Muskelsystems höchstmögliche Reaktions- und Bewegungsgeschwindigkeiten unter bestimmten gegebenen Bedingungen zu erzielen.“

Somit werden die Schnelligkeitsfähigkeiten vor allem für den Spielsportler und Fußballer in konditionelle Teileigenschaften und in psychisch- kognitive Teileigenschaften differenziert.

6.3 Bewegungsschnelligkeit ohne Ball - Konditionelle Teileigenschaften der Schnelligkeit

6.3.1 Zyklische Bewegungsschnelligkeit

Unter zyklischer Schnelligkeit werden nach Hohmann/ Lames/ Letzelter (2003) Bewegungen in einem immer wiederkehrenden Rhythmus wie beispielsweise das Laufen verstanden. Gesamt gesehen handelt es sich bei der zyklischen Schnelligkeit im Fußballsport um raumgewinnende Laufaktionen. Sie wird auch als

Fortbewegungsschnelligkeit bezeichnet. Jedoch wird die zyklische Bewegungsschnelligkeit von Weineck (2004) in weitere 3 Arten unterteilt. Es sind dies die Antritts-, und Grundschnelligkeit, die Sprintausdauer, welche die Fähigkeit beschreibt, über die ganze Spielzeit schnelle Antrittsleistungen ohne Geschwindigkeitsverlust erbringen zu können, und die Schnelligkeitsausdauer, die es dem Fußballer ermöglichen soll, eine möglichst hohe Geschwindigkeit so lange wie möglich erhalten zu können (Weineck 2004, S 377). Letztere spielt im Fußballsport eine untergeordnete Rolle, da die Sprints eines Spielers wie im Kapitel Belastungsprofil beschrieben, selten über die 20 Meter Marke hinausgehen, das heißt, das der Spieler fast immer im Beschleunigungsbereich bleibt.

6.3.2 Azyklische Bewegungsschnelligkeit

Als solche werden von Weineck (2004) als Bewegungsleistungen ohne wiederkehrenden Rhythmus verstanden. Hierbei handelt es sich im Fußballsport um die Schnelligkeit von Einzelaktionen, wie Abstoppbewegungen, Körpertäuschungen (Finten), Drehungen oder Richtungswechseln.

6.4 Psychisch- kognitive Teile der Schnelligkeit

Laut Weineck (2004) ist diese Form der Schnelligkeit ist beim Fußballer durch das schnelle Erkennen und Erfassen (= Wahrnehmungsschnelligkeit) von Spielsituationen gekennzeichnet. Hinzu kommt noch die Fähigkeit Spielzüge oder Aktionen sowohl des Mit-, als auch insbesondere die des Gegenspielers, zu erahnen oder gar vorwegzunehmen. Dies wird auch Antizipationsfähigkeit genannt. Nachdem die Spielsituationen erkannt und gedanklich blitzschnell analysiert worden sind, folgt die effektive Lösung dieser speziellen Situationen. Dafür müssen Entscheidungen (Entscheidungsschnelligkeit) getroffen werden. Meist sind dies Reaktionen auf Bewegungen oder Aktionen des Gegners, folglich ist die Reaktionsschnelligkeit ebenfalls zu diesen psychisch- kognitiven Fähigkeiten zu zählen.

6.4.1 Bewegungsschnelligkeit mit Ball = Handlungsschnelligkeit - koordinativ -technische Teileigenschaft der Schnelligkeit

Unter Aktionsschnelligkeit im Fußball versteht man die Fähigkeit eines Spielers unter Druck und Stresssituationen trotzdem den Ball technisch in höchstem Tempo perfekt beherrschen zu können. Voraussetzung hierfür ist natürlich ein hohes balltechnisches Fertigniveau des Spielers. Die psychisch kognitiven Teile der Schnelligkeit führen gemeinsam mit Aktionsschnelligkeit mit dem Ball, die notwendig ist, um unter Zeit-, Gegner- und Raumdruck Spielsituationen unter Verwendung seiner technischen, taktischen und konditionellen Möglichkeiten lösen zu können und der zyklischen Bewegungsgeschwindigkeit zu der komplexesten Form der Schnelligkeit des Sportlers, der Handlungsschnelligkeit. Nur wenn alle Teilaspekte der Handlungsschnelligkeit optimal ausgebildet sind, ist dem Fußballer möglich Höchstleistungen zu erbringen.

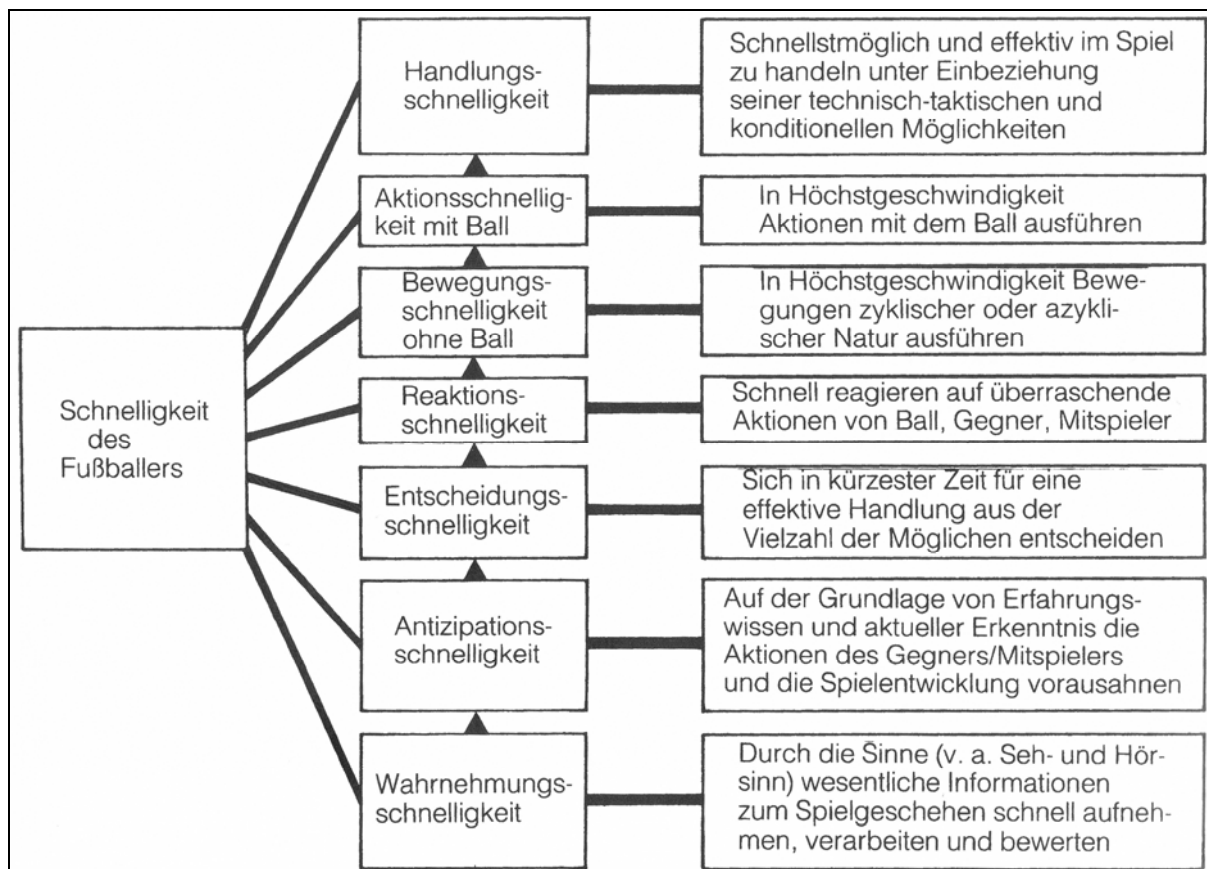


Abbildung 4: Teileigenschaften der Schnelligkeit und ihre Bedeutung für den Fußballspieler nach Weineck (2004, S 378)

Im Folgenden soll nun im Einzelnen auf die wichtigsten Teilbereiche der Handlungsschnelligkeit eingegangen werden.

6.4.2 Die Wahrnehmungsschnelligkeit des Fußballspielers

Während eines Wettkampfes oder eines Fußballspieles dringt eine Unmenge an Informationen, die über die Sinnesorgane aufgenommen werden, auf den Sportler ein. Von all diesen Informationen gelangen jedoch nur die allerwichtigsten ins Bewusstsein, alle anderen werden ausgeschlossen, oder aber unbewußt verwertet. Das bedeutet, dass der menschliche Organismus einen wesentlich größeren sensorischen als motorischen Wahrnehmungsbereich besitzt. Damit der Fußballspieler in der Lage ist, die wichtigen, spielrelevanten Reize herauszufiltern, sollte er einen ausreichenden Wissenstand über die spielnotwendigen Abläufe besitzen, um die korrekte Auswahl an Aktionen treffen zu können. Hierbei kommt der „Routine“ und „Erfahrung“, als auch dem Aufmerksamkeits- und Motivationsgrad eines Spielers besondere Bedeutung zu. Der erfahrene Spitzenspieler kann innerhalb kürzester Zeit Spielsituationen erfassen, seine visuelle Wahrnehmung ist anderen voraus. Vor allem bei der Einschätzung und Berechnung von Ballrichtungen und –Geschwindigkeiten kann er früher bereits Aktionen setzen, sei es den Ball zu treffen, bereits wieder sein Augenmerk auf den Gegenspieler zu legen, oder im Dribbling unter Gegenerdruck trotzdem den freien Mitspieler zu sehen (peripheres Sehen). Die Wahrnehmungsfähigkeit kann sehr gut in komplexen Spiel- und Übungsformen trainiert werden.

6.4.3 Die Reaktionsschnelligkeit des Fußballspielers

Wie alle Schnelligkeitsleistungen, ist auch diese Fähigkeit für den Fußballer ein wichtiger Leistungsfaktor, der sehr oft als mitentscheidend für die fußballspezifische Leistung gilt. Die Reaktionsschnelligkeit ist im Fußball als Summe der Wahrnehmungsschnelligkeit, Antizipationsschnelligkeit und Entscheidungsschnelligkeit zu sehen. „Reaktionsfähigkeit ist die psychophysische Leistungsvoraussetzung, die es dem Menschen ermöglicht, auf Reize, Zeichen, Signale in einer bestimmten Geschwindigkeit zu reagieren.“ (Martin et al, 2001, S 149)

Martin /Carl / Lehnertz (2001, S 150) zitieren Zaciorskij und dieser strukturiert die Reaktionsleistung in allgemeiner Form in 5 Phasen:

- Auftreten einer Erregung am Rezeptor (Empfänger) z.B. Auge, Ohr
- Überführung der Erregung in das Zentralnervensystem

- Übergang des Reizes in die Nervennetze und Bildung eines effektorischen Signals
- Eintritt des Signals vom Zentralnervensystem in die Muskulatur
- die Reizung der Muskulatur zur Entstehung einer mechanischen Aktivität im Muskel

Weineck (2004, S 390) beschreibt den Reaktionsablauf in drei Phasen. Hierbei untergliedert er in eine Vorbereitungsphase, Latenzphase und ein Ausführungsphase.

Die Vorbereitungsphase ist als Zeitspanne zwischen einem Vorbereitungssignal und dem Signal der Reaktionsauslösung zu verstehen. Die Latenzphase beschreibt jenen Zeitraum, der zwischen Signalgebung und tatsächlichem Beginn der Bewegungsausführung verstreicht. Die Ausführungsphase ist mit der Zeitperiode, in der die Reaktionsbewegung geschieht, gleichzusetzen. Die Reaktionsschnelligkeit wird von vielerlei Faktoren beeinflusst. Dazu gehören die Konzentrationsleistung, Motivationslage, psychische Spannungszustände, Trainingszustand, Wachheitszustand, sowie Reizintensität oder die beteiligte Muskulatur. Da man davon ausgehen kann, dass während eines Fußballspiels die Motivationslage, Wachheitszustand und Trainingszustand ausreichend vorhanden sind, ist der Konzentrationsfähigkeit erhöhtes Augenmerk zu schenken. Aufgrund der Fülle von Informationen, die auf den Fußballer einwirken, ist es unmöglich die Verbesserung der Reaktionsfähigkeit durch Verbesserung der Informationsaufnahme zu steigern, sondern es ist notwendig, über die Anpassung an die spezifischen Signale, die Konzentration darauf und Üben der korrekten Reaktion, eine Erhöhung der Reaktionsfähigkeit zu erzielen. Eben diese Fähigkeit ist ausschlaggebend für angemessene Reaktionsleistungen bis zum Ende des Spieles. Leistungsfähigere Spieler unterscheiden sich von schlechteren unter anderem auch dadurch, dass sie in der Lage sind, über die gesamte Spielzeit ein hohes Maß an Konzentration zu bewahren und damit auch bis zum Schluss über eine ausgezeichnete Reaktionsfähigkeit zu verfügen. Bei zunehmender Ermüdung verschlechtert sich die Reaktionsfähigkeit. Wie schon im Kapitel Ausdauer erwähnt, wirkt sich ein gutes Ausdauerniveau positiv auf die Erhaltung der Handlungsschnelligkeit und somit der Reaktionsfähigkeit aus.

6.4.4 Bedeutung der Antizipationsschnelligkeit für den Fußballspieler

Der Zusammenhang zwischen Reaktionsleistungen und der Antizipationsfähigkeit lässt sich sowohl wissenschaftlich, als auch in der täglichen Trainingspraxis eindeutig

beobachten. Eine große Rolle spielt dabei die Erfahrung, die ein Sportler besitzt, um auf komplexe (Spiel-) Situationen richtig reagieren zu können (Weineck, 2004 S 381). Eine zeitlang wurde angenommen, dass sich die Reaktionsfähigkeit durch eine Verkürzung der Reaktionszeit, also durch eine schnellere Reizleitung der Sinnesorgane zum Zentralnervensystem verbessern lassen könnte. Jedoch ist dies nur bedingt möglich. Die Antizipationsfähigkeit nimmt hier eine tragende Rolle im Sport ein. Durch Beobachtung bestimmter, sich wiederholender Bewegungsabläufe mit demselben Ergebnis lernt der Spieler diese Bewegungsergebnisse vorauszunehmen, er antizipiert. Dies gilt auch für komplexe Spielsituationen, die immer wieder im Spielgeschehen vorkommen. Der gute, erfahrene Spieler ist in der Lage solche Situationen blitzschnell zu erkennen, zu analysieren und im richtigen Zeitpunkt die notwendige Reaktion zu setzen. Dies gilt sowohl für einfache Reaktionen, wie zum Beispiel das Reagieren auf ein Signal, als auch für komplexe Reaktionen auch Auswahlreaktionen genannt.

6.5 Untersuchungen zur Schnelligkeit - Bedeutung der Schnelligkeit für den Fußballspieler

Die Definition der Schnelligkeit von Benedek/ Palfai 1980 (aus Weineck 2004, S 377), lässt die Bedeutung der Schnelligkeit für den Fußballspieler erkennen. Sie bezieht die Komplexität der Schnelligkeitsleistungen mit ein und gibt gleichsam eine Kurzcharakteristik des Fußballs ab:

„Die Schnelligkeit des Fußballspielers ist eine recht vielseitige Fähigkeit. Dazu gehören nicht nur das schnelle Reagieren und Handeln, der schnelle Start und Lauf, die Schnelligkeit der Ballbehandlung, das Sprinten und Abstoppen, sondern auch das schnelle Erkennen und Ausnutzen der jeweils gegebenen Situation.“

Der Antrittsschnelligkeit und dem Beschleunigungsvermögen ist im Fußballsport besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Sie sind „von überragender Bedeutung für ein erfolgreiches Angriffs- und Abwehrspiel, für ein effektives Zweikampfverhalten und eine wirksame Verletzungsprophylaxe...“ (Weineck 2004, S 399). Sehr viele entscheidende Verhaltensweisen eines Fußballspielers benötigen eine bestens ausgeprägte Antrittsschnelligkeit. Stellvertretend seien hier einige angeführt, wie das Lösen vom Gegenspieler, das Anbieten und Freilaufen, ein Torschuss, Dribbling oder vieles andere mehr, all diese notwendigen Aktionen um den Ball kontrolliert spielen zu können, weisen die Antrittsschnelligkeit als die herausragende Eigenschaft neben der allgemeinen Ausdauerleistungsfähigkeit für den Fußballspieler aus.

Der Begriff Antrittsschnelligkeit gilt im Fußballsport für die ersten fünf Meter einer zurückgelegten Sprintdistanz. Spitzenspieler sollten in der Lage sein, die ersten fünf Meter unter einer Sekunde Laufzeit zu absolvieren. Das Beschleunigungsvermögen eines Fußballspielers bezeichnet die ersten zehn Meter der Sprintstrecke. Hier liegen die Spitzenwerte von Spielern der deutschen Nationalmannschaft bei der Weltmeisterschaft 1998 bei 1,66 Sekunden (Meyer 2000, S 271). Bei Messungen der Schnelligkeit ist auch noch die Grundschnelligkeit von großer Bedeutung. Hier liegt die Messung der Sprintzeit bei einer Distanz von 30 Metern. Tabelle 5 zeigt die unterschiedlichen Studien zur Ermittlung der Sprint Performance über die genannten Distanzen in verschiedenen Ländern.

Tabelle 5: Untersuchungen zur Beschleunigungsfähigkeit und Grundschnelligkeit nach Stolen (2005)

Study	Level/country (sex)	n	Sprinting performance (sec) ($\pm$ SD)					
			5m	10m	15m	20m	30m	40m
Brewer and Davis ^[161]	Professional/England (M)	15			2.35 $\pm$ 0.07			5.51 $\pm$ 0.13
	Semi-professional/England (M)	12			2.70 $\pm$ 0.09			5.80 $\pm$ 0.17
Chamari et al. ^[160]	Junior/Tunisia-Senegal (M)	34		1.87 $\pm$ 0.10			4.38 $\pm$ 0.18	
Cometti et al. ^[162]	Division 1/France (M)	29		1.80 $\pm$ 0.06			4.22 $\pm$ 0.19	
	Division 2/France (M)	34		1.82 $\pm$ 0.06			4.25 $\pm$ 0.15	
	Amateur/France (M)	32		1.90 $\pm$ 0.08			4.30 $\pm$ 0.14	
Diallo et al. ^[113]	12–13 years/France (M)	10				5.56 $\pm$ 0.10		
	After reduced training (M)	10				5.71 $\pm$ 0.20		
Dupont et al. ^[163]	International level/France (M)	22						5.55 $\pm$ 0.15
	After training period	22						5.35 $\pm$ 0.13
Gorostiaga et al. ^[115]	Young players/Spain (M)	21	0.95		1.09			
Helgerud et al. ^[10]	Juniors/Norway (M)	9		1.88 $\pm$ 0.06				5.58 $\pm$ 0.16
	Division 1/Norway (M)	21		1.87 $\pm$ 0.06		3.13 $\pm$ 0.10		
	After training period (M)	21		1.81 $\pm$ 0.07		3.08 $\pm$ 0.09		
Hoff and Helgerud ^[72]	Division 2/Norway (M) ^a	8		1.91 $\pm$ 0.07				5.68 $\pm$ 0.21
	After training period (M)	8		1.81 $\pm$ 0.09				5.55 $\pm$ 0.16
Kollath and Quade ^[164]	Professional/Germany (M)	20	1.03 $\pm$ 0.08	1.79 $\pm$ 0.09		3.03 $\pm$ 0.11	4.19 $\pm$ 0.14	
	Amateur/Germany (M)	19	1.07 $\pm$ 0.07	1.88 $\pm$ 0.10		3.15 $\pm$ 0.12	4.33 $\pm$ 0.16	
Little and Williams ^[165]	Division 1 and 2/England (M)	106		1.83 $\pm$ 0.08				
MacMillan et al. ^[75]	Youth team/Scotland (M)	11		1.96 $\pm$ 0.06				
Mohr et al. ^[94]	Division 4/Denmark (M)	8					4.45 $\pm$ 0.04	
Siegler et al. ^[118]	High school teams/US (F)	17				3.00 $\pm$ 0.15		
Tumilty and Darby ^[100]	National/Australia (F)	20				3.31 $\pm$ 0.11		
Wisloff et al. ^[26]	Division 1/Norway (M)	17		1.82 $\pm$ 0.30		3.00 $\pm$ 0.30	4.00 $\pm$ 0.20	

a Including elite juniors.

F = female; M = male.

Geese (1990, S 26) unterteilt die Leistungen relativ detailliert. So gilt eine Zeit von unter 3,95 Sekunden für die 30 Meter Strecke als extrem überdurchschnittlich. Weiters wurde von Little/ Williams (2005) ein signifikanter Zusammenhang zwischen der 10 Meter Beschleunigungsfähigkeit und der 30 Meter Grundschnelligkeit nachgewiesen.

Mehrere Untersuchungen hatten die Schnelligkeitsleistungen im Vergleich von Amateurspielern zu Bundesligaspielern zum Gegenstand. Dabei fand Reilly (2000) heraus, dass in der Antrittsschnelligkeit, also bis zu einer Distanz von fünf Metern, kein signifikanter Unterschied besteht. Jedoch wurde der Unterschied bei der Betrachtung der anderen Distanzen deutlich. Statistisch gesehen, gibt es laut den Studien bei den Messpunkten der 10, 20 und 30 Meter Marke, einen höchst signifikanten Unterschied zwischen Amateur und Profispielern. In der vorher schon erwähnten Untersuchung von Aigner, Ledl, Kurkowski und Dalus (1993) wurden die untersuchten U16 und U18 Teams ebenfalls auf ihre Sprintschnelligkeit über eine Distanz von 30 Metern getestet. Dabei wurden bei der U16 Zeiten die schnellsten Zeiten von 4,9 Sekunden gemessen, bei der U18 lagen die schnellsten Werte bei 4,67 Sekunden.

6.6 Leistungsbestimmende Faktoren der Antrittsschnelligkeit

Da die Antrittsschnelligkeit eine komplexe Fähigkeit dargestellt, ist sie naturgemäß von mehreren Faktoren abhängig, die sowohl im psychischen als auch physischen Bereich liegen. Nicht nur die Faktoren der Kraft, sondern auch koordinative sowie vom Willen geprägte Aspekte sind hierbei zu berücksichtigen.

6.6.1 Muskuläre Faktoren

6.6.1.1 Muskelfaserzusammensetzung

Wie schon erwähnt, ist die Geschwindigkeit einer Muskelkontraktion von der Art der Muskelfasern abhängig. Für schnelle Kontraktionen sind natürlich die schnell zuckenden (FT- Fasern) Fasern von Bedeutung. Der Zusammenhang zwischen dem Anteil der schnell zuckenden Fasern und Schnelligkeitsleistungen ist in Untersuchungen von Ingbar (in Weineck 2007, S 615) nachgewiesen. Bei Ausdauersportlern ist ein wesentlich höherer Anteil an langsam arbeitender Muskelfaserzusammensetzung erkennbar, als bei spielorientierten Sportlern, somit auch den Fußballern. Der Fußballspieler sollte eine ausgesprochen gut entwickelte Grund- bzw. Antrittsschnelligkeit besitzen. Untersuchungen von Lacour/ Chatard (in Weineck 2004, S 403) zeigen, dass Fußballer in der Tat einen höheren Prozentsatz an FT- Muskelfasern besitzen.

Die muskuläre Zusammensetzung bei Kindern ist im Vergleich zu Erwachsenen durch einen höheren Anteil an Intermediärfasern gekennzeichnet. Wie schon einmal erwähnt ist es möglich, diesen Teil in schnelle FT- Fasern umzuwandeln. Voraussetzung hierfür ist

eine frühzeitige Trainingsorientierung in die Schnelligkeitsrichtung im Kindesalter wie dies zum Beispiel beim Fußball der Fall sein sollte.

6.6.1.2 Kraftfähigkeit der Muskulatur

Die unterschiedliche Ausprägung der Antrittsschnelligkeit ist aber auch stark abhängig vom individuellen Maximalkraftniveau bzw. den Schnellkraftfähigkeiten (Weineck 2004, S 403). Eine Verbesserung der Kraft hat auch immer eine Verbesserung der Bewegungsschnelligkeit zur Folge. Bei den komplexen Bewegungen wie sie im Fußballsport stattfinden, sollte versucht werden, das Kraftniveau immer sportartspezifisch zu verbessern, während sich die Schnelligkeit der koordinativ einfacheren Bewegungen (zyklische Schnelligkeit) oftmals schon durch eine Erhöhung des Maximalkraftniveaus verbessern lassen. In einer Untersuchung an norwegischen Spitzenfußballern von Wisloff et al (2004; 38, S 285-288) wird ein großer Zusammenhang zwischen maximaler Kraft aus der Halbkniebeuge und dem Sprintvermögen, sowie der Sprunghöhe festgestellt. Dabei wurden auch Sprinttests von 0 bis 30 Meter durchgeführt. Vor allem wurden auch die Auswirkungen in fußballtypischen azyklischen Bewegungen wie Drehungen, Abstoppen oder Tempowechsel untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass auch hier mit einer Verbesserung des Kraftniveaus eine Verbesserung der Beschleunigungsleistung nach dem Abbremsen sowie nach Drehungen einhergeht.

Das fußballspezifische, schnelligkeitsbetonte jahrelange Training führt zu einer Veränderung der Muskulatur, die in einer starken Hypertrophie der FT- Fasern zum Ausdruck kommt. Besonders betroffen davon sind die Beinmuskulatur und hier insbesondere die Knie-, und Hüftstrecker, sowie die Knie-, und Hüftbeuger, als auch die Wadenmuskulatur. Aufgrund der im Kapitel Belastungsprofil des Fußballspielers und der hier genannten Ausführungen wird deutlich, dass Schnelligkeitstraining mit Sprints von über 25 Metern Länge, nicht zielführend für den Fußballspieler sind, da diese keine praxisrelevante Ausprägung besitzen.

6.6.1.3 Energiespeicher der Muskulatur

Zusätzlich zur Muskelfaserzusammensetzung und zum individuellen Kraftniveau müssen auch die vorhandenen Energievorräte für die Leistung der Antrittsschnelligkeit herangezogen werden. Für Schnelligkeitsleistungen, die im maximalen Bereich (Antritte, Sprünge) liegen, kommt es zu einem 500- bis 600fachen Anstieg des ATP Umsatzes, als beispielsweise unter Ruhebedingungen (Weineck 2004, S 405). Entscheidend ist, dass das ATP in kürzester Zeit wieder resynthetisiert wird, damit in möglichst kurzer Zeit

weitere Schnelligkeitsleistungen erbracht werden können. Um das zu gewährleisten, werden solch hochintensive kurze Belastungen in der anaeroben alaktaziden Energiegewinnung über den Kreatinphosphatspeicher abgedeckt. Durch das Kreatinphosphat wird das, bei der ATP Verbrennung entstandene ADP auf sehr schnellem Weg wieder in ATP aufgebaut, und dies ohne den langwierigen Prozess der Glykolyse (vgl. Kapitel Mechanismen der Energiebereitstellung). Das bedeutet, dass nach kurzzeitigen maximalen Krafteinsätzen, wie dies bei Antritten und Sprüngen der Fall ist, der Kreatinphosphatspeicher nach weniger als drei Sekunden wieder aufgefüllt ist (Weineck, 2007 S 622). Jedoch wird dieser Mechanismus durch das Angebot an Sauerstoff begrenzt. Folglich ist eine gute Grundlagenausdauer, sowie aktive Pausen mit weniger Intensität, notwendig um solche Schnellkraftleistungen über ein ganzes Fußballspiel bis zum Schluss durchhalten zu können.

Dies bedeutet gleichzeitig, dass Fußballspieler über eine ausgezeichnet entwickelte anaerobe alaktazide Ausdauer (= spezielle Ausdauer im Fußballsport) verfügen sollten. Durch eine adäquate Trainingsbelastung im Schnelligkeitstraining ist es möglich, die Energiespeicher der energiereichen Phosphate zu vermehren. ATP und Kreatinphosphat lassen sich um etwa 20 Prozent auf diese Weise erhöhen. Wichtig hierbei ist die richtige Belastungsdosierung. Bei zu geringer Pausengestaltung kommt es zu unerwünschten Trainingseffekten aufgrund geänderter Energiebereitstellung. Sollte dies der Fall sein, wird diese Belastung in den Schnelligkeitsausdauerbereich transferiert, was eine Bereitstellung durch den Zuckerstoffwechsel (anaerobe Glykolyse) zur Folge hat.

Brennstoff	Brenndauer	Schnelligkeit
ATP	Bis 3 s	
KP	Bis 6 - 10 s	
Zuckerverbrennung ohne Sauerstoff	Bis 30 - 40 s	
Zuckerverbrennung mit Sauerstoff	Bis 30 - 60 min	
Fettverbrennung mit Sauerstoff	Stunden	

Abbildung 5: Ablauf der Energiebereitstellung aus Weineck (2004, S 405)

6.6.1.4 Muskuläre Koordination

Ein weiterer wichtiger Aspekt, der Einfluss auf die Antrittsschnelligkeit nimmt, ist die inter- bzw. intramuskuläre Koordination. Dies ist deshalb von Bedeutung, da es in der Literatur unterschiedliche Aussagen bezüglich der Steigerung der Kontraktionsgeschwindigkeit der Muskulatur gibt. Weineck (2007, S 624) meint, dass mit der Vermehrung der Energiespeicher und die dadurch verbundene Aktivitätszunahme der Enzyme (vgl. Kapitel Mechanismen der Energiebereitstellung), auch eine Steigerung der Kontraktionsgeschwindigkeit einhergeht. Martin/ Carl/ Lehnertz gehen davon aus, dass sich die Bewegungsgeschwindigkeit, die von der Kontraktionsgeschwindigkeit verursacht wird, nicht durch Training verbessern lässt. Einig sind sich die Autoren bezüglich der Effekte der Verbesserung der inter- bzw. intramuskulären Koordination, dass sowohl ein verbessertes Zusammenspiel von mehreren, an der Bewegung beteiligten, Muskeln (intermuskuläre Koordination, z.B. Streckerschlinge der Beinmuskulatur), als auch das gemeinsame Arbeiten der einzelnen Muskelfasern innerhalb eines Muskels (intramuskuläre Koordination) zu einer Verbesserung der Schnelligkeit beitragen. Mit Hilfe der Verbesserung der intramuskulären Koordinationsfähigkeit wird eine Kraftzunahme ohne Zunahme des physiologischen Muskelquerschnitts möglich. Infolge der Kraftzunahme kommt es auch zu einer Verbesserung der Schnelligkeitsleistungen. Beste Antrittsleistungen können aber nur dann erbracht werden, wenn die einzelnen dafür notwendigen Muskelgruppen optimal aufeinander eingespielt sind. Die Muskeln sollten aber nicht nur wirksam arbeiten, gleichzeitig sollte beachtet werden, dass auch die Antagonisten bestmöglich entspannt sind. Die intermuskuläre Koordination wird am besten durch das Spiel selbst, oder durch praxisorientierte Spielformen trainiert.

6.6.1.5 Temperatur der Muskulatur

Um optimale Ergebnisse in den Schnelligkeitsleistungen zu erzielen, ist eine ausreichende vorhergehende Erwärmung der Muskulatur notwendig. Durch das Aufwärmen erhöhen sich die Nervenleitungsgeschwindigkeit und damit die Reaktionsfähigkeit. Die biochemischen Prozesse laufen nach der Erwärmung um etwa 20 Prozent schneller ab, als dies normalerweise der Fall ist (Weineck, 2004 S 414).

6.6.1.6 Spannungszustände der Muskulatur

Sollten muskuläre Disbalancen im Bereich der Kraftleistungen, bzw. in der Dehnbarkeit und Elastizitätsverhalten der Muskulatur vorliegen, so verschlechtert sich automatisch die

inter-, bzw. intramuskuläre Koordination. Dies hat seine Ursache darin, dass der Agonist gegenüber dem Antagonisten während der Bewegung aufgrund erhöhter innerer Reibung, größere Widerstände überwinden muss. Als Folge kommt es zu einer Abnahme der Bewegungsgeschwindigkeit (Weineck, 2004 S 414).

6.6.2 Geschlecht und Alter

Hollmann/ Hettinger (2004) zeigen, dass Frauen eine geringere Antrittsschnelligkeit als Männer besitzen. Dies ist laut Weineck (2007) vor allem auf ein niedrigeres Kraftniveau zurückzuführen. Bei Untrainierten Personen liegt das Leistungsvermögen weiblicher Personen um etwa 10 bis 15 Prozent unter jenem der männlichen Personen. Im Altersverlauf kommt es zu einer Abnahme der Laufgeschwindigkeit, die ihre Ursache in längeren Bodenkontaktzeiten und in einer Abnahme der Schrittlänge hat. Dies ist bedingt durch eine altersbedingte Abnahme der Kraft-, und Koordinationsleistung. Dennoch kann die Sprintleistung durch entsprechendes Training auch im Alter auf einem hohen Niveau gehalten werden.

6.6.3 Schnelligkeitsleistungen im Kindes- und Jugendalter

Untersuchungen haben gezeigt, dass sich die Sprintschnelligkeit im frühen Schulkindalter stärker verbessern lässt, als im späten Schulkindalter und in der ersten puberalen Phase. Die Entwicklungsverläufe sind bei Burschen und Mädchen bis zur Pubertät annähernd gleich, wobei die Jungen offenbar etwas günstigere genetische Voraussetzungen besitzen, Mädchen dagegen einen Entwicklungsvorsprung besitzen. Bis zum zehnten Lebensjahr kommt es in beiden Geschlechtern zu einem gleichmäßigen, kontinuierlichen Anstieg der Schnelligkeitsleistungen. Ab dem 13. bis 14. Lebensjahr zeigen sich dann, deutliche Unterschiede, so liegt die Leistungsfähigkeit bei den 15- bis 16jährigen Mädchen bei 75 % der Leistungsfähigkeit von gleichaltrigen Burschen (Weineck, 2004 S 470).

7 DAS BELASTUNGSPROFIL DES FUSSBALLSPIELERS

In diesem Kapitel geht es darum zu zeigen, wie es sich mit der konditionellen Belastungsstruktur des Fußballspielers verhält. Es ist wichtig zu wissen, welche Belastungen während eines Fußballspieles auftreten, wie sie auf den Organismus des Spielers wirken und wie er diese Belastungen verkraftet. Außerdem gibt dieses Kapitel dadurch Aufschluss über die wichtigsten konditionellen Faktoren im Fußballsport, die auch in der vorliegenden Untersuchung von großer Wichtigkeit sind.

Die körperliche Leistungsfähigkeit von Fußballspielern wird in mehrere Komponenten unterteilt. Für einen Fußballer im Hochleistungsbereich sind balltechnische und koordinative Fähigkeiten genauso wichtig wie die konditionellen Fähigkeiten, welche durch Kraft, Schnelligkeit, Beweglichkeit und Ausdauer definiert werden. Weiters sind die psychischen und taktischen kognitiven Fähigkeiten des Fußballers für seine Leistungsfähigkeit ausschlaggebend. Der ideale Spieler sollte technisch versiert, unter Ball- und Gegenerdruck Spielsituationen möglichst schnell und taktisch richtig lösen können, sowie als Teamplayer soziales Verständnis besitzen und über optimale ausgebildete physische Kapazität verfügen.

All diese Eigenschaften machen die Komplexität dieser Sportart aus. Jedoch ist es im Fußballsport möglich, durch herausragende Fähigkeiten in einem der Bereiche, Defizite in einem der anderen Anwendungsfelder zu kompensieren. In dieser Arbeit stehen zwei der konditionellen Eigenschaften im Mittelpunkt. Aus diesem Grund wird in Folgenden näher auf diese eingegangen.

7.1 Untersuchungen zur konditionellen Belastungsstruktur

Um die Anforderungen an den Spitzenfußballer verstehen zu können, werden die Spieler in Untersuchungen mittels computergestützter Videoanalyse beobachtet. In fast jedem Land Europas werden solche Verfahren mittlerweile angewandt. Dabei werden nicht nur die Laufleistungen gemessen, sondern auch die Anzahl der Sprints, Zweikämpfe, Dribblings, Kopfbälle sowie das Passspiel der Spieler ausgewertet. Aber nicht nur die Anzahl der Aktionen ist wichtig, entscheidend ist auch die Intensität mit der diese Aktionen durchgeführt werden. So zeigten die Untersuchungen, dass die Laufaktionen der Spieler

von Stehen und Joggen über mittleres Lauftempo bis hin zu hochexplosiven Antritten, Sprüngen und Sprints reichen, wobei diese Intensitäten niemals gleich bleibend sind, sondern einem ständigen Wechsel unterliegen. Rienzi (2000, S 162) fand in einer Untersuchung an südamerikanischen Spitzenfußballern heraus, dass diese Spieler während eines Spieles durchschnittlich 1431 Aktionen mit und ohne Ball durchführen. Bezogen auf eine Spielzeit von 90 Minuten bedeutet dies, dass alle 4 Sekunden die Aktionen und damit die Intensität und die Laufgeschwindigkeit wechseln.

7.1.1 Gesamtleistungen von Fußballern

Wenn man gesamte Laufstrecken eines professionellen Fußballspielers betrachtet, so fällt auf, dass zwischen 1960 und 1980 die Gesamtlaufstrecken deutlich zugenommen haben. Jedoch ist seit den 80er Jahren keine signifikante Änderung mehr zu beobachten. Die Strecken der Gesamtleistungen bewegen sich je nach Ligazugehörigkeit und individueller Leistungsfähigkeit seit Jahren zwischen 8000 und 12 000 Metern. Spitzenwerte liegen bei der Erhebung der Weltmeisterschaft 2006 bei 14,5 (www.fifa.com) bzw. bei der Europameisterschaft 2008 bei 14,2 Kilometern (www.uefa.com).

Tabelle 6: Verschiedene Untersuchungen zu Gesamtleistungen von Fußballspielern nach Tschan 2001

Autor	Jahr	Untersuchte Spieler	Gesamtwegstrecke in Metern
Winterbottom	1952	Englische Profis	3361
Wade	1962	Englische Profis	1600 – 5468
Palfai	1970	Internationale Profispieler	2220 - 4868
Seliger et al	1970	Tschechische Division	11538
Saltin	1973	Schwedische Profis	12000
Knowles et al	1974	Englische Profis	4833
Whithead	1975	Englische Profis	11500
Reilly et al	1976	Englische Profis	7100 - 10900
Withers et al	1978	Australische Profis	11500
Winkler	1983	Deutsche Profis	9790

Winkler	1985	Deutsche Profis	9000 - 12000
Ekblom	1987	Schw. / deutsche Profis	10 000
Ohashi et al	1988	Japanische Profis	9300 - 10400
Bangsbo et al	1992	Schwedische Profis	8990 - 10200
Bangsbo	1994	Dänische Profis	9400 - 10800
Müller et al	1996	Österreichische Profis	8923
Rienzi et al	2000	Englische Profis	10104
Rienzi et al	2000	Südamerikanische Profis	8638

Interessanterweise sind in diesem Parameter auch keine signifikanten Unterschiede zwischen professionellen Spielern und Amateurspielern zu erkennen. Dies wurde in einer Studie von Bangsbo (1994, S 59) festgestellt. Er fand jedoch heraus, dass die Unterschiede zwischen Profis und Amateuren im Anteil der hochintensiven Belastungen zu finden sind, das heißt, dass Spielanteile mit Laufgeschwindigkeiten über 15 km/h bei den professionellen Fußballern signifikant öfter vorkommen und bestritten werden. Außerdem hat sich dieser Anteil dieser hochintensiven Situationen seit 1980 von 12 Prozent auf nahezu 25 bis 28 Prozent mehr als verdoppelt. Der Umfang der Laufleistung unterscheidet sich auch innerhalb eines Wettkampfes. So fand Bangsbo (1994, S 59-62) heraus, dass die Spieler in der ersten Halbzeit eine größere Distanz zurücklegen als in der zweiten Spielhälfte. Der Unterschied hier betrug allerdings nur 300 Meter. Die Distanzen sind zudem stark abhängig von der Wichtigkeit des Spieles, der Motivationslage der Spieler sowie auch an die Mannschaftstaktik gekoppelt. Hieraus ergeben sich Abweichungen in der Gesamtleistung, die aber in der Regel geringer als einen Kilometer ausfallen.

7.1.2 Sprintleistungen

Die Laufstrecke einzelner im Sprint absolvierten Aktionen überschreitet laut den Untersuchungen von Müller (1996, S 59-62) nur selten die 20 Meter Marke und liegt nach Bangsbo bei durchschnittlich 17 Metern. Kurze Antritte mit einer Distanz von bis zu 5 Metern geschehen doppelt so oft wie Sprints, die zwischen 5 und 20 Metern lang sind. Die im Sprint zurückgelegte Gesamtwegstrecke beträgt nach Winkler (1985, S 19-22)

zwischen 500 und 3000 Metern, die Anzahl der Sprints lag 1985 bei etwa 100 pro Spiel, wobei die Anzahl stetig im Steigen begriffen ist. Auswertungen der englischen Premier League (höchste Spielklasse in England) zeigen, dass sich in einem Zeitraum von 2002 bis 2007 die Anzahl der Sprints sich von durchschnittlich 137 auf 329 erhöht hat. (Biermann 2008, S 127). Die zurückgelegte Wegstrecke eines Spielers mit Ballbesitz wurde von Müller und Winkler in internationalen Wettbewerbsspielen gemessen. Dabei stellte sich heraus, dass die Fußballspieler durchschnittlich 160 bis 300 Meter Wegstrecke im Ballbesitz zurücklegen. Dies bedeutet, dass sich jeder einzelne Spieler im Extremfall weniger als 0,5 Prozent der Gesamtspielzeit im Ballbesitz befindet. Die Normalwerte bewegen sich hier bei 0,5 bis 3 Prozent. Dies ist außerdem gleichbedeutend mit der Tatsache, dass sich Spitzenfußballer nur 1,3 Minuten pro Spiel in Ballbesitz befinden.

7.1.3 Laufintensitäten

Bangsbo (1994) hat über einen Zeitraum von mehreren Jahren die Spielaktivitäten dänischer Profispieler mit Hilfe von Videoanalyse einer computergestützten Sportspielanalyse unterzogen. Dabei wurde jeder Spieler einzeln aufgezeichnet. Somit war es möglich, die Bewegungen zu unterscheiden und eine Kategorisierung der Laufintensitäten vorzunehmen. Bangsbo unterteilt die Laufarbeit von Fußballern in zehn unterschiedliche Kategorien:

- Stehen/ Standing
- Gehen/ Walking (4 km/h)
- Traben/ Jogging (8 km/h)
- Langsames Lauftempo/ low speed running (12 km/h)
- Mittleres Lauftempo/ moderate speed running (16 km/h)
- Hohes Lauftempo/ high speed running (21/km/h)
- Sprint/ sprinting (30 km(h)
- Rückwärtslaufen/ Backwards running (12 km/h)
- Kopfbälle/ Heading
- Tackling

Die Untersuchungen zeigten, dass Spieler der obersten dänischen Profiligen mehr als 50 Prozent der gesamten Spielzeit mit Stehen und Gehen verbringen. Etwas mehr als ein Drittel wird im langsamen Lauftempo bewältigt, während 8 Prozent der Matchdauer ein hohes Lauftempo durchgeführt wird. Sprints machen den geringsten Teil am Belastungsprofil aus. Der Anteil von hochintensiven Belastungen beträgt laut der Studie von Bangsbo 0,6 Prozent. Wie jedoch schon vorher erwähnt ist der Anteil der hochintensiven Spielpassagen stetig im Steigen begriffen.

7.1.4 Die Abhängigkeit der Belastung von der Spielposition

Die Spielposition des Fußballers hat einen nicht unerheblichen Einfluss auf das jeweilige Laufverhalten. In der bereits früher erwähnten Studie von Bangsbo (1994, S 66) tritt zu Tage, dass Verteidiger und Stürmer eine annähernd gleiche Laufdistanz bewältigen. Es zeigte sich weiters, dass diese Distanz signifikant niedriger ausfällt, als die Laufleistungen der Mittelfeldspieler. Laut Verheijen (1999/2000, S 25) liegt der Unterschied der zurückgelegten Strecke im Bereich des Gehens und Trabens. Die vergleichsweise geringste Distanz legen die Torhüter zurück. Selbst hier haben sich aufgrund modernerer taktischer Spielsysteme die Laufleistungen auf 4 Kilometer erhöht. (Reilly/ William 2003, S 62)

Wenn man die Sprintleistungen in Abhängigkeit zur Spielposition setzt, so werden auch hier Unterschiede in den Sprintleistungen erkennbar. Verheijen (1999/2000, S 25) gibt an, dass Stürmer deutlich mehr Sprints innerhalb eines Spieles absolvieren als Verteidiger oder Mittelfeldspieler. Besonders groß ist der Unterschied bei den kurzen Sprints (1 bis 5 Meter und 5 bis 10 Meter). Der Grund hierfür liegt in den direkten Duellen der Stürmer, die sich oft durch einen kurzen Sprint vom Verteidiger zu lösen versuchen. Mittelfeldspieler sind jedoch durch ihre Spielsposition gezwungen, mehr und gleichzeitig längere Läufe in langsamem Spieltempo zu absolvieren. Diese Tatsache wird mit der taktischen Rolle als Bindeglied zwischen Verteidiger und Stürmer erklärt.

Die Verteilung der Bewegungsleistungen verdeutlicht nochmals das konditionelle Anforderungsprofil des Fußballspielers. Die verschiedenen Bewegungs- und Laufaktivitäten zeigen, dass der Sportler ständig in Bewegung ist und stets bereit und in der Lage sein muss, im Extremfall sofort höchste Intensitäten zu realisieren. Diese intermittierenden, unregelmäßigen azyklischen Belastungen erfordern eine ausreichend gut entwickelte aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit, um 90 Minuten ständig einsatzbereit sein zu können. Andererseits ist der Spieler gezwungen, eine relativ kurze aber

gleichzeitig entscheidende Zeit im hochintensiven Bereich zu laufen. Diese Tatsache macht es für den Spieler notwendig, auch eine gute anaerobe Kapazität als Grundlage einer guten Sprintfähigkeit zu besitzen. Das bedeutet, dass der Fußballer eine Ausdauer besitzen sollte, die ihn in die Lage versetzt, längere Zeit mit stark wechselndem Tempo laufen zu können. Dafür sind vor allem die Grundlagenausdauer und die fußballspezifische Ausdauer verantwortlich.

8 DIE SPORTMEDIZINISCHE LEISTUNGSDIAGNOSTIK

Worin ist ein professioneller Fußballspieler besser als ein Amateurspieler? Ist er schneller, besitzt er bessere Ausdauerfähigkeiten, hat er Stärken in der Ballan- und Mitnahme, warum ist er besser als der Gegenspieler? Antworten auf diese Fragen liefert die sportmedizinische bzw. die trainingswissenschaftliche Leistungsdiagnostik.

Deswegen ist es wichtig die konditionelle Belastungsstruktur der untersuchten Sportart zu kennen, um logische, leistungsrelevante Merkmale zu erkennen, weil diese einen bedeutenden Einfluss auf die Wettkampfleistung mit sich bringen. So ist beispielsweise die Reaktionsschnelligkeit in allen Sportspielarten leistungsbestimmend, da eine schnelle Reaktion über Sieg oder Niederlage entscheidend sein kann. Die Wichtigkeit der Ausdauer ist in vielen Sportarten offensichtlich, in den Sportspielen gleichermaßen wie beim Marathonlauf oder dem Skilanglauf. Ziel und Aufgabe der sportmedizinischen Leistungsbeurteilung ist daher das Sichtbarmachen von leistungsrelevanten, sportartspezifischen Daten, sowie die Überwachung und Kontrolle des Trainingsprozesses. Das regelmäßige Testen ist Grundvoraussetzung und die einzige wissenschaftliche Grundlage zur Erstellung von Trainingsplänen bzw. zur Anpassung derselben. Dies sei am Beispiel des Krafttrainings erläutert. Soll beispielsweise ein Maximalkrafttraining beispielsweise zur Verbesserung der Antrittsschnelligkeit durchgeführt werden, so ist es wichtig zu wissen, bei welchem Gewicht, das Einwiederholungsmaximum (EWM) liegt. Die Kenntnis über das EWM ist deswegen von Bedeutung, da das Training zur Verbesserung der Maximalkraft mit ungefähr 5 bis 8 Wiederholungen mit einem Gewicht von 95 bis 100 Prozent des EWM bei 3 bis 5 Serien durchgeführt werden sollte (Martin/ Carl/ Lehnertz, 2001). Durch das Training verändert sich nun das EWM, sodass nach mehrwöchigem Training ein neues EWM vorliegt und dementsprechend eine andere Trainingsbelastung gewählt werden muss.

Es handelt sich bei der Leistungsdiagnostik um die Erfassung von Teilkomponenten, die für eine Wettkampfleistung ausschlaggebend sind. Um die erforderlichen Daten zu erhalten, sollten jene Methoden verwendet werden, die eine hohe Sportartaffinität aufweisen und gleichzeitig eine ausreichende Testgüte (Validität, Objektivität, Reliabilität, Reproduzierbarkeit) besitzen. Sind die erreichten Ergebnisse fehlerbehaftet, ist die Leistungsdiagnostik als wertlos anzusehen. Es können dann keinerlei Einschätzungen bezüglich der Stärken und Schwächen oder Verbesserungen gemacht werden.

8.1 Allgemeine Testbedingungen

Um aussagekräftige und gültige Aussagen zu aus den Tests zu erhalten, gibt die Wissenschaft klare Richtlinien und Testkriterien vor. Es wird in der empirischen Forschung in Haupt- und Nebengütekriterien unterschieden.

8.1.1 Hauptgütekriterien

Die Hauptgütekriterien oder auch Exaktheitskriterien sollen nach Grosser/ Starischka (1986) im Folgenden kurz erklärt werden.

- Validität (Gültigkeit): Unter Validität eines Messverfahrens versteht man Die Gültigkeit der Messungen in Bezug auf die Fragestellung oder den Sachverhalt.
- Reliabilität (Zuverlässigkeit): Sie ist ein Zeichen für die Messgenauigkeit des Tests bezogen auf ein bestimmtes Merkmal. Soll beispielsweise die Antrittsschnelligkeit eines Fußballers per Hand gestoppt werden, so muss man dies als sinnlos erachtet werden, da die Handstopfung viel zu ungenau ist.
- Objektivität: Messverfahren sind dann hinreichend objektiv, wenn die Durchführung, Auswertung und Interpretation standardisiert ist. Die Objektivität wird in der Regel geprüft, indem zwei verschiedene Beobachter ein und dasselbe Verhalten messen oder bewerten. Verstöße gegen die Auswertung und Interpretation sind eher selten, wobei Fehler in der Durchführungsobjektivität öfter vorkommen.

Zwischen den Hauptgütekriterien bestehen daher hierarchische Beziehungen. Eine hohe Validität bedingt eine hohe Objektivität, Konsistenz und Zuverlässigkeit.

8.1.2 Nebengütekriterien

Die Nebengütekriterien werden von Grosser und Starischka (1986) als Größen zur praktischen Umsetzbarkeit herangezogen. Dazu zählen Normiertheit, Ökonomie, Nützlichkeit und Vergleichbarkeit.

Man kann davon ausgehen, dass ein Messverfahren als normiert gilt, wenn bereits Angaben vorliegen, die eine Einordnung der zu erhaltenden Ergebnisse zulässt. Das können Werte sein, die sich auf eine bestimmte Altersgruppe, ein konkretes Leistungsniveau oder auf ein Geschlecht beziehen. Liegen bereits Messungen oder Paralleltests vor, welche eine ähnliche Gültigkeitsaussage besitzen, dasselbe Merkmal untersuchen und daher in Bezug gesetzt werden können, so spricht man von der Vergleichbarkeit. Als nützlich wird jener Test bezeichnet, der eine sportmotorische Leistung erfasst, für deren Kenntnis eine praktische Relevanz vorliegt. Schließlich wird ein Test ökonomisch erachtet, wenn er in kurzer Zeit, mit geringem Materialaufwand durchzuführen und dabei einerseits einfach zu handhaben ist und andererseits als Gruppentest absolviert werden kann, sowie eine schnelle Auswertungsmöglichkeit besitzt.

8.2 Leistungsdiagnostik von Fußballspielern

Spielsportarten sind im Vergleich zu den reinen Ausdauersportarten relativ spät leistungsdiagnostisch untersucht worden. Der Grund hierfür ist in der Komplexität dieser Sportarten zu suchen. Wie schon mehrfach erwähnt, ist der Fußballsport durch ein komplexes Anforderungsprofil technischer, taktischer und konditioneller Fähigkeiten gekennzeichnet. Dies stellt die Leistungsdiagnostik vor erhebliche Probleme, da die Belastungsstruktur nicht im Labor simuliert werden kann. In Mannschaftsspielsportarten wie Fußball sind zwar messbare Ergebnisse (Tore) vorhanden, jedoch ist die Anzahl der erzielten Tore kein direkter Indikator für eine Leistungserbringung bzw. einer Leistungssteigerung und die erzielten Tore sind auch von nicht messbaren Umständen wie Gegnerstärke, taktischer Ausrichtung oder individuellen Schwächen abhängig. In erster Linie drückt sich die Leistung seiner Mannschaft in der Zahl der erzielten Tore und dadurch erreichter Anzahl an gewonnenen Spielen aus, ein kausaler Zusammenhang zu z.B. einer um durchschnittlich drei Zentimeter verbesserten vertikalen Sprungkraftfähigkeit lässt sich – zugegebener Maßen – auf den ersten Blick nicht direkt damit korrelieren.

Folglich werden die primär nicht-ballgebundenen Fähigkeiten eines Fußballers wie Sprints, Sprünge, Ausdauerläufe etc. („alles was messbar ist“) selten analysiert und im Training auch meist nicht nach Ergebnissen dieser Analyse systematisch umgesetzt und auch nicht mit Stoppuhr Maßband oder Laktatwerten gemessen, oft auch nicht einmal jährlich. Dass ein hoher Grad an Sportartrelevanz gegeben ist, wenn sich bei einem Fußballspieler die Sprintzeiten, Sprunghöhen, Koordinationsmuster, Ausdauerfähigkeiten verbessern, ist vielen Trainern offenbar nicht vermittelbar, wahrscheinlich weil Ihnen grundlegende sportwissenschaftliche Kenntnisse aufgrund ihrer Provenienz (fachfremder Beruf, unzureichende Gewichtung in den Lizenzausbildungen, eigene unbewusste Erfahrung „unwissenschaftlichen“ Fußballtrainings als Aktiver) fehlen.

Aus dem konditionellen Bereich sind vor allem die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit (Grundlagenausdauer), sowie die Parameter Schnelligkeit und Kraft von besonderem Interesse, da sie nicht nur die körperliche Leistungsfähigkeit beschränken, sondern, wie im Kapitel Ausdauer ausreichend erklärt, sich auch auf das Spielniveau in technischer und taktischer Hinsicht auswirken. Allerdings kann in den Sportsportarten mit hohem läuferischem Anteil, der Ausdauerbereich seit einiger Zeit ausreichend diagnostiziert werden. Daher ist es für jeden Trainer wichtig, die Ausdauer und die Schnelligkeit der Spieler zu testen, zu verbessern, um so die Leistung im Training und im Wettspiel zu steigern, ohne dabei andere, ebenfalls leistungsbestimmende Faktoren außer Acht zu lassen.

Diese Interventionen im Training sind nur dann möglich, wenn vorher mittels leistungsdiagnostischer Maßnahmen ein Ist Zustand in den jeweiligen Parametern für jeden Spieler erstellt worden ist. Aus den Ergebnissen der Leistungsdiagnostik ist es dann möglich, für jeden einzelnen Spieler eine Trainingssteuerung vorzunehmen, das heißt klare Vorgaben (beispielsweise Herzfrequenzbereiche) den Spielern zur Verfügung zu stellen. Es sollten dafür Testmethoden herangezogen werden, die eine hohe Affinität zum Fußballsport vorweisen und gleichzeitig fußballspezifische, zuverlässige Daten liefern, damit zielgerichtete Hinweise zur Belastungssteuerung vorgegeben werden können.

8.2.1 Leistungsdiagnostik der Ausdauer für Fußballspieler

8.2.1.1 Ausdauer test am Feld

Es existieren viele Tests, die am Feld durchgeführt werden können. Als Beispiel hierfür seien nur zwei bekannte Testformen, der Cooper Test oder Conconi Test genannt. Gleichzeitig ist es schwierig, diese Tests zu standardisieren, was einige Probleme mit sich bringt. Martin et al. (2001, S. 189) erklärt:

„Die Standardisierung bei Feldtests ist nicht auf dem Niveau zu gewährleisten wie bei Labortests (Witterungs-, Temperaturverhältnisse, Bodenbeschaffenheit). Aus diesem Grund sind die Ergebnisse auch längsschnittlich nur mit Einschränkung verwertbar.“

Fußballspezifische Testparcours (Übungsformen wie Slalomdribblings, Hürdensprünge, Sprintpassagen) wie sie Hoff und Helgerud vorschlagen (Hoff/ Helgerud 2004, S. 171), werden nicht als Tests zur sportartspezifischen Ausdauer durchgeführt. Steinhöfer begründet, deren Nichtverwendung und fasst die wissenschaftliche Qualität der unterschiedlichen Testverfahren zusammen:

„Für Spieler empfehlen sich am ehesten Laufbandtests mit möglichst vergleichbaren Testdesigns (Belastungsintensität, Stufenhöhe und- dauer usw.) und Auswertungsparameter (Laufstrecke, Herzfrequenz, Laktat, O-2 Aufnahme usw.) (...) Dennoch sind (auch) Werte aus Feldtests aufgrund unterschiedlicher Belastungscharakteristika nicht ohne weiteres auf das Training übertragbar. (...) Da sehr komplexe Feldtests, die Spielsituationen nachzustellen beanspruchen, nicht geeignet sind, Fähigkeiten exakt voneinander abzugrenzen und zu erfassen, wird auf sie verzichtet. Konkret bedeutet dies den Verzicht auf die meisten Spielausdauerleistungstests mit Ball, da die Messwerte häufig keine präzisen Indikatoren für das sind, was getestet werden soll.“ (Steinhöfer 2003, S. 243).

Der Vorteil dieser am Feld durchgeführten Tests liegt in der leichteren Durchführbarkeit, so können meistens mehrere Spieler gleichzeitig getestet werden, außerdem kann der gerätetechnische Aufwand als gering bezeichnet werden.

In dieser Untersuchung wurde ein Ausdauer test zur Ermittlung der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme-fähigkeit ($\text{VO}_2 \text{ max}$) durchgeführt, um die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit festzustellen. Zur Anwendung kam der Shuttle Run Test, der nun näher erklärt werden soll.

8.2.1.2 Der Shuttle Run Test

Mit Hilfe eines Shuttle Run Tests ist es möglich, die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit in Form der relativen $\text{VO}_2 \text{ max}$ rechnerisch zu ermitteln, ohne dabei Blut abnehmen zu müssen. Dabei kann von der maximalen erreichten aeroben Laufgeschwindigkeit auf die relative $\text{VO}_2 \text{ max}$ geschlossen werden.

Léger und Lambert entwickelten 1982 erstmals einen Shuttle Run Test mit einer Startgeschwindigkeit von 8,5 km/h. Diese Geschwindigkeit wird immer um 0,5 km/h gesteigert, bei einem Belastungsinkrement von 2 Minuten., das heißt, dass die vorgegebene Geschwindigkeit, die meistens durch einen Ton signalisiert wird, alle zwei Minuten um 0,5 km/h erhöht wird. In der Literatur wird diese Form des Shuttle Run Tests auch als europäische Version bezeichnet.

Im Laufe der Jahre wurde dieser Test in vielfacher Form abgewandelt, sodass mittlerweile viele Variationen existieren. Leider sind natürlich die Ergebnisse der verschiedenen Tests auch nur schwierig miteinander vergleichbar. Für Kinder wurde die so genannte kanadische Version des Léger Shuttle Run Tests entwickelt. Der Grund hierfür lag in der Länge des Belastungsinkrements, das für Kinder als zu lang angesehen wurde. So setzte man in dieser Variante ein Belastungsinkrement von einer Minute fest. Die Startgeschwindigkeit und die Belastungserhöhung blieben unverändert. Dieser Test weist für Kinder eine sehr hohe Test – Retest Reliabilität von $r = 0,89$ auf, bei den Erwachsenen lag dieser Wert sogar noch höher bei $r = 0,95$ (Léger et al. 1988). Die geringere Validität bei Kindern führen die Autoren (Léger et al. 1988) auf unterschiedliche Werte des biologischen Alters verglichen zum chronologischen Alter zurück.

In der vorliegenden Untersuchung wurde die kanadische Version des Shuttle Run Tests verwendet. Die Formel für die Berechnung der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme (Y , ml/kg/min) basiert, wie schon erwähnt, auf der maximalen aeroben Laufgeschwindigkeit (X_1 , km/h) und dem Alter (X_2 , abgerundet):

$$Y = 31,025 + 3,238 X_1 + 0,1536 X_1 X_2$$

Bei Betrachtung der erreichten maximalen Laufgeschwindigkeit im Vergleich zu anderen Tests, fällt auf, dass bei dem Shuttle Run Test geringere Geschwindigkeiten erreicht

werden. Dieser Umstand ist durch den höheren muskulären Beanspruchungsgrad zu erklären, der durch das Abstoppen des Laufens und die Richtungsänderung erreicht wird. Der exakte Ablauf und die Durchführung des Tests sind im Kapitel Forschungskonzept genau beschrieben.

8.2.1.3 Ausdauer Tests im Labor

Die Tests unter Laborbedingungen sind wohl die genaueste Methode um beispielsweise die $\text{VO}_2 \text{ max}$ zu bestimmen. Dazu wird meistens, wie vorher schon von Steinhöfer zitiert, ein Laufbandergometer verwendet. Die Testgeräte sollten von geschultem Personal bedient werden. Der große Nachteil der Tests im Labor liegt in der relativen teuren Durchführung und in dem großen gerätetechnischen Aufwand.

8.2.2 Leistungsdiagnostik der Schnelligkeit im Fußballsport

Das Testen der Schnelligkeit im Fußballsport wird von 11 von 16 befragten Trainern der deutschen Bundesliga als wichtig eingestuft und auch praktisch getestet (Reinhold T., 2008, S 59). Allerdings gibt es auch zwei Trainer, die auf eine leistungsdiagnostische Untersuchung der Schnelligkeit komplett verzichten.

„Die Diagnose der Schnelligkeit ist für Spieler von großem Wert. Voraussetzung ist allerdings die richtige Auswahl an Testübungen, sodass auch die im Sportspiel relevanten Schnelligkeitsanforderungen überprüft werden. (...) ein 100 m-Sprint (wäre) als Test kaum geeignet (...)“ (Steinhöfer, 2003, S. 195).

„Gemessen wird die Zeit, möglichst elektronisch mit Lichtschranken, (...) da Messfehler bei der Handstopfung umso stärker ins Gewicht fallen, je kürzer die Laufstrecke ist. (...) Testkriterien sind am häufigsten die Laufzeiten über 20 m (t_{20}), 30 m (t_{30}) sowie Differenzen zwischen den Laufzeiten ($t_{30} - t_{20}$ oder $t_{20} - t_{10}$).“ (Steinhöfer, 2003, S. 197).

„Für alle Sprinttests wäre das Vorhandensein von Lichtschranken für die Objektivität von großer Bedeutung. Die Handstopfung erfordert höchste Konzentration.“ (Dargatz, 2001, S. 91).

In der Dissertation von Gonzales- Balzar (2007) ist zu sehen, dass hinsichtlich Ligazugehörigkeit leistungsdifferenzierende Sprintzeiten existieren, die vermutlich unterschiedlich gesteuertem Sprinttraining zugrunde liegen:

„Kollath et al. wiesen nach, dass Bundesligaspieler gegenüber Amateurspielern (aufgrund der schnelleren Sprintzeiten) über 10 m bereits 59 cm, und über 30 m sogar 121 cm Vorsprung herauslaufen.“ (Dissertation Gonzales-Balzar, 2007, S 165).

Die in der Fußballpraxis am häufigsten getesteten Schnelligkeitsparameter sind die Antrittsschnelligkeit (bis 5 m), das Beschleunigungsvermögen (bis 10 m), und die Grundschnelligkeit (bis 30 m). Auch in der hier vorliegenden Untersuchung wurde das 10 Meter Beschleunigungsvermögen und die 30 Meter Grundschnelligkeit getestet. Bezüglich der Testdurchführung gibt es, vor allem beim Start einige Unterschiede. Für die Standardisierung wäre es wichtig, dass der Startvorgang sowie die Startposition immer gleich geartet sind. In der vorliegenden Untersuchung wurde kein Startkommando gegeben, die Startposition wurde so festgelegt, dass ein Fuß an der Startlinie zu sein hat. Der Abstand zu den ersten Lichtschranken betrug einen Meter. Der genaue Ablauf des durchgeführten Sprinttests ist im Kapitel Forschungskonzept beschrieben.

9 FORSCHUNGSKONZEPT

Im folgenden Kapitel wird die Vorgehensweise der vorliegenden Untersuchung beschrieben. Es wurden dabei die anthropometrischen Daten gemessen und mittels eines Fragebogen gesammelt, um eine altersgerechte Auswertung zu ermöglichen. Dadurch werden die Untersuchungsgruppen charakterisiert, und die zu prüfenden Hypothesen aufgestellt. Am Beginn des Kapitels steht die Statistik, in der die Vorgehensweise bei der statistischen Auswertung erklärt wird.

9.1 Der Fragebogen

Da in dieser Untersuchung nur die anthropometrischen Daten von größerer Wichtigkeit sind, beschränkt sich der Fragebogen auch nur auf diese Faktoren. Es wurden dabei das Geschlecht, Alter, Gewicht, Größe, sowie die Anzahl der wöchentlichen Trainingseinheiten erfasst. Weiters wurden von den Probanden Angaben zu zusätzlich ausgeübten Sportarten und deren Ausübungshäufigkeit gemacht und das tatsächliche Trainingsalter, das heißt, es wurde der Zeitpunkt an dem mit dem Fußballtraining begonnen wurde, festgestellt.

9.2 Stichprobe und Testgruppe

Die zu testenden Personen sind alle als aktive Spieler, bei der Rennweger Sportvereinigung gemeldet. Ziel der Untersuchung war es, eine altersgemäße Entwicklung der Parameter aerober Ausdauerleistungsfähigkeit, sowie Sprintleistungsfähigkeit zu zeigen. Es wurden alle im Meisterschaftsbetrieb stehenden Mannschaften getestet, somit ist eine Untersuchungsdurchführung aller Alterstufen gewährleistet. Es waren dies die Mannschaften der U9, U10, U11, sowie die Punktemannschaften (Mannschaften die für eine Gesamttabelle in Nachwuchsliga B herangezogen werden) U13, U14, U16 und U18 und die Kampfmannschaft. Insgesamt wurden 105 Personen getestet, wobei in jeder Mannschaft mindestens zehn Spieler beide Tests absolvierten. Leider konnten nicht alle Spieler beide Tests aus unterschiedlichen Gründen durchführen, jedoch standen insgesamt 98 Spieler ($n=98$) für beide Untersuchungen zur Verfügung.

9.3 Untersuchungsdurchführung

Die Studie wurde im Juni 2008 innerhalb von zwei Wochen durchgeführt. Es wurde ein 20 Meter Multistage Shuttle Run Test zur Ermittlung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit und ein Sprinttest durchgeführt. Beide Tests werden später noch genauer beschrieben. Ausgeführt wurden beide Tests auf dem Fußballplatz der Rennweger Sportvereinigung in Wien Landstraße.



Abbildung 6: Sportplatz der Rennweger Sportvereinigung in Wien Landstraße

9.4 20 Meter Multistage Shuttle Run Test

Der Test wurde in Gruppen zu 5 bis 8 Personen durchgeführt. Vorausgegangen war dem Test eine kurze Erwärmungsphase von zehn Minuten, um einem etwaigen Verletzungsrisiko vorzubeugen. Sämtliche Mannschaften von der U9 bis zur Kampfmannschaft wurden innerhalb einer Woche getestet. Die äußeren Bedingungen waren während der ganzen Woche stabil, die Temperatur lag bei 27 bis 30 Grad Celsius, die Bodenbeschaffenheit war trocken, alle getesteten Spieler trugen Fußballnockenschuhe, wie sie auch im Wettkampf verwendet werden. Diejenigen Spieler,

die nicht an der Reihe waren stellten sich als Überprüfer des Tests zur Verfügung, sodass jeder Spieler durch einen anderen kontrolliert wurde.

9.4.1 Testablauf

Die zu testenden Spieler müssen zwischen zwei Markierungen, deren Abstand 20 Meter beträgt hin und her laufen. Die Laufgeschwindigkeit wird dabei durch einen Piepston, der von CD abgespielt wird, vorgegeben. Die Spieler mussten ihre Geschwindigkeit so wählen, dass sie genau beim Piepston mindestens einen Fuß auf der Markierung haben. Dem Wendepunkt wurde besondere Beachtung geschenkt. Um eine möglichst fußballspezifische Ausprägung des Tests zu erreichen, wurde den Spielern erklärt, dass sie immer bei der Markierung richtig abzustoppen, und dann zur nächsten Markierung wieder beschleunigen sollten. Die Laufgeschwindigkeit erhöht sich jede Minute, was zu einer Erhöhung der Anzahl der gelaufenen Shuttles pro höhere Stufe führt. Gestartet wurde mit einer Geschwindigkeit von 8,5 km/h. Der Test wurde abgebrochen, wenn der Spieler es zweimal hintereinander nicht schaffte, rechtzeitig bei der erforderlichen Markierung zu sein, oder wenn er von selbst aufgab.





Abbildung 7: Durchführung des Shuttle Run Tests. Serienbild der U 16 zum Wendepunkt, im Hintergrund die Spieler, die die anderen sowohl in der korrekten Ausführung, als auch in der Anzahl der gelaufenen Shuttles kontrollieren.

9.5 Der Sprint Test

Der Sprint Test wurde ebenfalls auf dem Gelände des Rennweger Sportvereins durchgeführt. Die äußeren Bedingungen waren hervorragend, die Temperaturen lagen gleich bleibend zwischen 20 und 25 Grad Celsius. Die Bodenbeschaffenheit war trocken, alle getesteten Spieler trugen Rasenfußballschuhe. Gemessen wurde die 10 Meter und die 30 Meter Strecke, um die, in den Kapiteln Belastungsprofil und Schnelligkeit aufgezeigten Parameter der Antrittsschnelligkeit und Grundschnelligkeit zu bewerten.

9.5.1 Testablauf

Für den Sprint Test wurde folgende Vorgehensweise gewählt. Die Zeitmessung erfolgte mittels elektronischer Lichtschranken einer Funkzeitmessung der Firma Brower, die am Start sowie an der 10 Meter und 30 Meter Markierung aufgestellt wurden. Der Abstand

von der Startlinie bis zum Startlichtschrank betrug einen halben Meter. Die Spieler wurden angewiesen, dass sie, sobald die Zeitmessung bereit war, selbständig starten können, um die Reaktionsleistung auf ein bestimmtes Signal auszuschalten. Weitere wichtige Anweisungen, insbesondere für die Spieler der jüngeren Altersgruppen bezogen sich darauf, dass wirklich versucht werden sollte, die Strecke so schnell wie möglich zu laufen, und auch nicht schon zu früh die Geschwindigkeit zu verlangsamen. Aus diesem Grund wurde auch ein zusätzlicher Prüfer am Ende der Laufstrecke aufgestellt. Die Probanden hatten jeweils einen Probeversuch, um sich an das Szenario zu gewöhnen. Danach folgten für jeden 3 Versuche, wobei auf eine Pausengestaltung von mindestens 3 Minuten Wert gelegt wurde. Alle Versuche wurden schriftlich festgehalten und statistisch erfasst. Zuvor erfolgte eine, dem Schnelligkeitstraining entsprechende Aufwärmphase von 20 Minuten.



Abbildung 8: Aufbau des Sprinttests

9.6 Hypothesen

Die Fragestellung der Arbeit befasst sich einerseits mit der Entwicklung der getesteten Faktoren im Altersverlauf, andererseits soll untersucht werden ob es im Altersgang zu signifikanten Veränderungen in der relativen VO_2 max, der Shuttle Run Zeit und den Sprintzeiten kommt. Außerdem soll die Studie aufzeigen, ob zwischen den untersuchten Parametern der Sprint Zeit, der Shuttle Run Zeit, und der errechneten relativen maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_2 max) Zusammenhänge bestehen. Zusätzlich wurden auch Zusammenhänge zwischen anthropometrischen Messgrößen und der VO_2 max untersucht.

9.6.1 Hypothesen zur Prüfung auf signifikante Unterschiede

Ein Ziel dieser Untersuchung war herauszufinden, ob zwischen den einzelnen Altersstufen signifikante Unterschiede und Veränderungen in den getesteten Faktoren zu erkennen sind. Daraus ergeben sich folgende Hypothesen:

- Nullhypothese 1: Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Altersklassen in Bezug auf die gelaufene Shuttle Run Zeit innerhalb des Altersverlaufs
- Nullhypothese 2: Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Altersklassen in Bezug auf die errechnete VO_2 max innerhalb des Altersverlaufs
- Nullhypothese 3: Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Altersklassen in Bezug auf die 10 Meter Sprintzeit innerhalb des Altersverlaufs
- Nullhypothese 4: Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Altersklassen in Bezug auf die 30 Meter Sprintzeit innerhalb des Altersverlaufs

9.6.2 Hypothesen zur Prüfung auf signifikante Zusammenhänge

Neben den oben angeführten Unterschieden wurde untersucht, ob zwischen einzelnen ausgewählten Variablen ein überzufälliger Zusammenhang besteht.

- Nullhypothese 5: Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der 10 Meter Sprintzeit und der Shuttle Run Zeit
- Nullhypothese 6: Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der 30 Meter Sprintzeit und der Shuttle Run Zeit

- Nullhypothese 7: Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der 10 Meter Sprintzeit und der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme ($\text{VO}_2 \text{ max}$), die aus der Shuttle Run Zeit berechnet wurde.
- Nullhypothese 8: Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der 30 Meter Sprintzeit und der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme ($\text{VO}_2 \text{ max}$), die aus der Shuttle Run Zeit berechnet wurde.
- Nullhypothese 9: Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen 10 Meter Sprintzeit und 30 Meter Sprintzeit.
- Nullhypothese 10: Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen Körpergröße und der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme ($\text{VO}_2 \text{ max}$).
- Nullhypothese 11: Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Body Mass Index und der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme ($\text{VO}_2 \text{ max}$).

9.7 Prüfstatistik und deskriptive Statistik

Die Auswertung der Fragebögen wurde mit Hilfe des Statistikprogramms Statistica Version 6.0 für Windows durchgeführt. Die Diagramme und Tabellen wurden ebenfalls mit Statistica 6.0 und im MS Excel erstellt.

Es wurde sowohl mit beschreibender Statistik als auch mit Prüfstatistik gearbeitet. Ziel der beschreibenden Statistik ist die Darstellung und Beschreibung von Untersuchungsergebnissen mittels Tabellen, Graphiken und Maßzahlen. Die Prüfstatistik vergleicht statistische Kennwerte miteinander und prüft, ob sie sich voneinander überzufällig (signifikant) unterscheiden. Das gilt gleichermaßen für die Prüfung auf Zusammenhänge.

Mit der Prüfstatistik soll ermöglicht werden, verlässliche Aussagen über Sachverhalte und Personengruppen zu machen, ohne diese in vollem Umfang untersucht zu haben, indem von der Stichprobe auf die Grundgesamtheit geschlossen wird. Dieser so genannte Induktionsschluss lässt nur Wahrscheinlichkeitsaussagen zu, die ungenau bzw. mit einem

Risiko verbunden sein können. Dieses Risiko wird durch die statistische Absicherung auf einem festgelegten Signifikanzniveau alpha von 5% angegeben (Bässler, 1989, S. 125f).

Signifikanzwerte von $\leq 0,05$ weisen folglich auf signifikante Unterschiede und somit Zurückweisung der Nullhypothese hin, Werte größer als 0,05 bestätigen eine Annahme der aufgestellten Nullhypothese.

Im Rahmen dieser Untersuchung erfolgte die Signifikanzprüfung (statistische Absicherung) zur Überprüfung der Hypothesen auf Unterschiede auf dem 5% - Niveau. Das bedeutet, dass die Irrtumswahrscheinlichkeit bei fünf Prozent liegt und somit die Möglichkeit, dass im Mittel in fünf von hundert Fällen ein Fehlurteil gefällt werden kann (Bässler 1989. S.125f).

9.8 Prüfung auf Unterschiede zwischen zwei oder mehreren Stichproben

Da diese Untersuchung einmalig stattfand und kein wiederholter Tests durchgeführt wurde, kam es bei der Prüfung von signifikanten Unterschieden zu folgender Vorgehensweise. Es wurde eine einfaktorielle ANOVA durchgeführt, dies entspricht einer Varianzanalyse, bei der der Einfluss einer unabhängigen Variablen mit unterschiedlich großen Ausprägungen auf eine abhängige Variable untersucht wird. Der Tukey HSD Test der hier zur Prüfung auf Unterschiede angewandt wurde, stellt ein Modell dieser Varianzanalyse dar, und wird immer dann verwendet, wenn kein Re- Test möglich ist. Er untersucht jeweils die signifikanten Unterschiede zwischen mehreren Gruppen zum selben Testzeitpunkt. Die Hypothesen 1 bis 5 wurden damit untersucht.

9.9 Prüfung auf Zusammenhänge zwischen zwei oder mehreren Stichproben

Da alle Variablen, die in den Hypothesen 5 bis 11 auf Zusammenhang geprüft werden, zumindest eine Intervallskalierung aufweisen, konnte für alle Berechnungen und Überprüfungen der Zusammenhangshypothesen der Maßkorrelationskoeffizient nach Pearson verwendet werden.

Als Richtwerte zur Beurteilung der Höhe des Korrelationskoeffizienten gibt Bässler (1989, S. 115) folgende Interpretationshilfen an:

$r = 0$	kein Zusammenhang
$0 < r \leq 0,4$	niedriger Zusammenhang
$0,4 < r \leq 0,7$	mittlerer Zusammenhang
$0,7 < r \leq 1,0$	hoher Zusammenhang
$r = 1$	vollständiger Zusammenhang

Es wird von Bässler (ebd.) allerdings darauf hingewiesen, dass der Koeffizient durch die Homogenität der Stichprobe beeinflusst wird.

Das Vorzeichen des Maßkorrelationskoeffizienten r gibt die Richtung des Zusammenhanges an:

$r = -1$	drückt ein streng lineares Gegensatzverhältnis aus, d.h. hohe Messwerte von X treten stets mit niedrigen Y–Werten gepaart auf (negativer Zusammenhang)
$r = +1$	drückt einen positiven, streng linearen Zusammenhang beider Variablen aus
$r = 0$	beide Variablen stehen in keinem statistischen Zusammenhang miteinander, sondern streuen unabhängig voneinander

9.10 Quantile und Perzentile

Als Quantile bezeichnet man ein Streuungsmaß in der Statistik. Sie stellen die Punkte einer, nach Rang oder Größe der Einzelwerte, sortierten statistischen Verteilung dar.

Unterteilt man die gesamte Verteilung in gleich große Teile, so wird von Quantilen gesprochen. Abhängig von der Anzahl der Unterteilungen spricht man zum Beispiel von Quartilen ($n = 4$), Quintilen ($n = 5$), Dezilen ($n = 10$) und Perzentilen ($n = 100$).

Für das Wachstum von Kindern gibt es beispielsweise keine Standards, sondern vielmehr Referenzwerte, die häufig in Form von Perzentilen dargestellt werden. Diese spiegeln das Ausmaß der normalen Abweichung unter Personen derselben Altersgruppe wider. Bei der Verwendung von Perzentilen wird derselbe Mechanismus verwendet. Hier wird die gesamte Verteilung in 100 gleich große Teile zerlegt. Die 50. Perzentile beschreibt daher den Mittelwert dieser Verteilung. Das heißt, dass 50 Prozent der Menge unter diesem Wert liegen. Diese Betrachtungsweise wird später im Kapitel Ergebnisse benötigt.

9.11 Grafiken

Grafiken sind ein sehr nützliches Instrument zur Darstellung von Zahlenmaterial. Sie erleichtern das Herauslesen von Ergebnissen und geben einen schnellen Überblick der untersuchten Ergebnisse.

9.11.1 Box Whisker Plot

Der Boxplot (auch Box-Whisker-Plot) ist ein Diagramm, das zur graphischen Darstellung einer Reihe numerischer Daten verwendet wird. Er fasst verschiedene Maße der zentralen Tendenz, Streuung und Schiefe in einem Diagramm zusammen.

- Eine Mittellinie zur Kennzeichnung des Zentrums oder der Lage der Verteilung der Variablen
- Eine Box (Kasten) zur Kennzeichnung der Streuung um dieses Zentrum
- Whiskers (Barthaare) zur Kennzeichnung des Wertebereichs (Spannweite) der Variablen

Alle Werte der Fünf-Punkte-Zusammenfassung, also der Median, die zwei Quartile und die beiden Extremwerte, sind dargestellt. Der Median ist laut Willimczyk „jener Messwert, der eine geordnete Reihe von Messwerten halbiert, so dass oberhalb und unterhalb dieses Messwertes 50 Prozent der Messwerte liegen.“

9.11.2 2D Scatterplots

2D Scatterplots sind eine Hilfestellung zur Darstellung und Interpretation von Korrelationen. Dabei können folgende Grundsätze beachtet werden:

- Der Zusammenhang von Variablen ist umso größer je enger sich die Messwertpaare um eine gedachte Gerade anordnen lassen
- Die Richtung der Geraden lässt Aussagen über die Richtung des Zusammenhangs zu. Dementsprechend liegen bei einer ansteigenden Geraden eine positive, bei einer abfallenden Geraden eine negative Korrelation vor.

10 DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE

10.1 Anthropometrische Daten im Altersverlauf

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der anthropometrischen Daten, Größe, Gewicht und Body Mass Index gleich eines Ist- Zustandes im Altersverlauf erläutert und graphisch in Perzentilen dargestellt.

10.1.1 Entwicklung der Körpergröße im Altersverlauf

Tabelle 4: Deskriptive Statistik der Körpergröße

Tabelle der deskriptiven Statistiken N=105 (Keine MD in Liste mit abh. Var.)						
U	Größe Mittelw.	Größe N	Größe Stdabw.	Größe Stdf.	Größe Minimum	Größe Maximum
U 9	136,5000	10	7,79245	2,464188	120,0000	146,0000
U10	143,3636	11	9,43687	2,845324	130,0000	160,0000
U11	148,5833	12	5,56708	1,607079	138,0000	154,0000
U13	159,5000	14	8,83829	2,362133	144,0000	172,0000
U14	165,9231	13	8,64544	2,397813	150,0000	180,0000
U16	171,8000	15	6,59220	1,702100	160,0000	181,0000
U18	178,9167	12	5,21289	1,504832	170,0000	185,0000
KM	178,5556	18	6,75820	1,592922	170,0000	193,0000
Alle	162,4095	105	16,38931	1,599433	120,0000	193,0000

Tabelle 4 zeigt den Mittelwert, die Standardabweichung, den Standardfehler, sowie das Größenmaximum und – Minimum der einzelnen Mannschaften im Überblick.

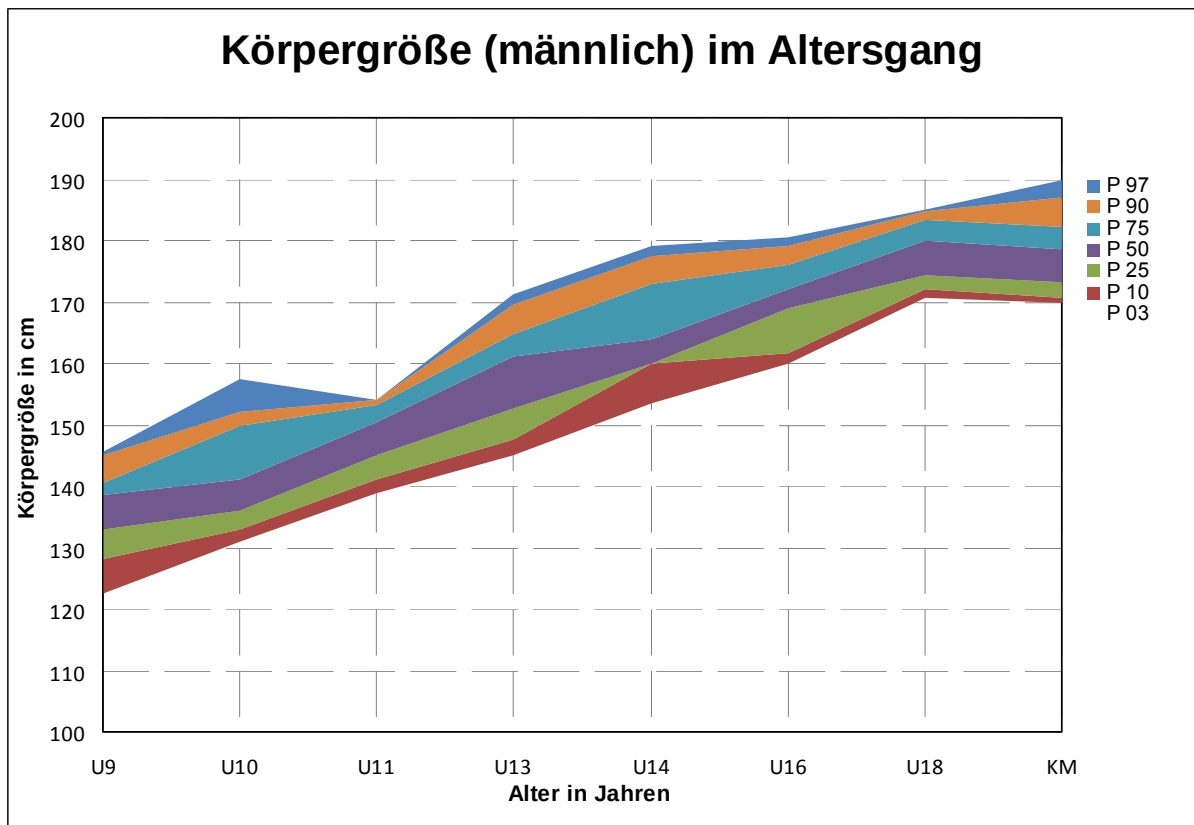


Abbildung 9: Körpergröße im Altersverlauf

Bei der Betrachtung der Körpergröße im Altersverlauf, ist ein kontinuierlicher Anstieg der Körpergröße zu erkennen. Ausnahme bildet hier die Mannschaft der U11, wo ein deutlicher Knick in der Kurve sichtbar ist. Aus der Grafik kann man ablesen, dass die meisten Kinder der U11 Mannschaft deutlich kleiner gewachsen sind, als die größten Spieler der U 10 Mannschaft. So liegt auch das Größenmaximum des U11 Teams bei 154 cm, der größte Spieler der U10 hat aber bereits eine Körpergröße von 160 cm aufzuweisen. Auch bei der U14 Mannschaft gibt es eine Unregelmäßigkeit im Wachstumsverlauf, so sind hier annähernd 10 Prozent der Spieler unter einer Größe von 160 cm zum Testzeitpunkt geblieben, gleichzeitig liegt das Größenmaximum bei 180 cm. Auffallend ist noch, dass die Maximalgröße im Vergleich des U14 mit dem U16 Teams kaum voneinander abweicht. So ist der größte Spieler der U16 nur um einen Zentimeter größer als jener von der U14 Mannschaft.

10.1.2 Entwicklung des Körpergewichts im Altersverlauf

Tabelle 5: Deskriptive Statistik des Körpergewichts

Tabelle der deskriptiven Statistiken N=105 (Keine MD in Liste mit abh. Var.)						
U	Gewicht Mittelw.	Gewicht N	Gewicht Stdabw.	Gewicht Stdf.	Gewicht Minimum	Gewicht Maximum
U 9	34,17000	10	9,99378	3,160311	25,20000	54,50000
U10	31,72727	11	5,64005	1,700540	23,50000	40,50000
U11	37,80000	12	5,48999	1,584824	29,90000	45,30000
U13	46,85714	14	7,72615	2,064901	33,00000	59,40000
U14	54,24615	13	9,30328	2,580266	35,70000	68,20000
U16	62,34667	15	6,29272	1,624774	50,20000	72,30000
U18	72,08333	12	5,33527	1,540161	62,10000	80,00000
KM	75,81667	18	9,44341	2,225832	64,20000	95,60000
Alle	54,00381	105	17,68763	1,726136	23,50000	95,60000

Tabelle 5 zeigt Mittelwert, Standardabweichung, den Standardfehler, sowie das jeweilige Körpergewichtsmaximum und –Minimum der jeweiligen Mannschaften.

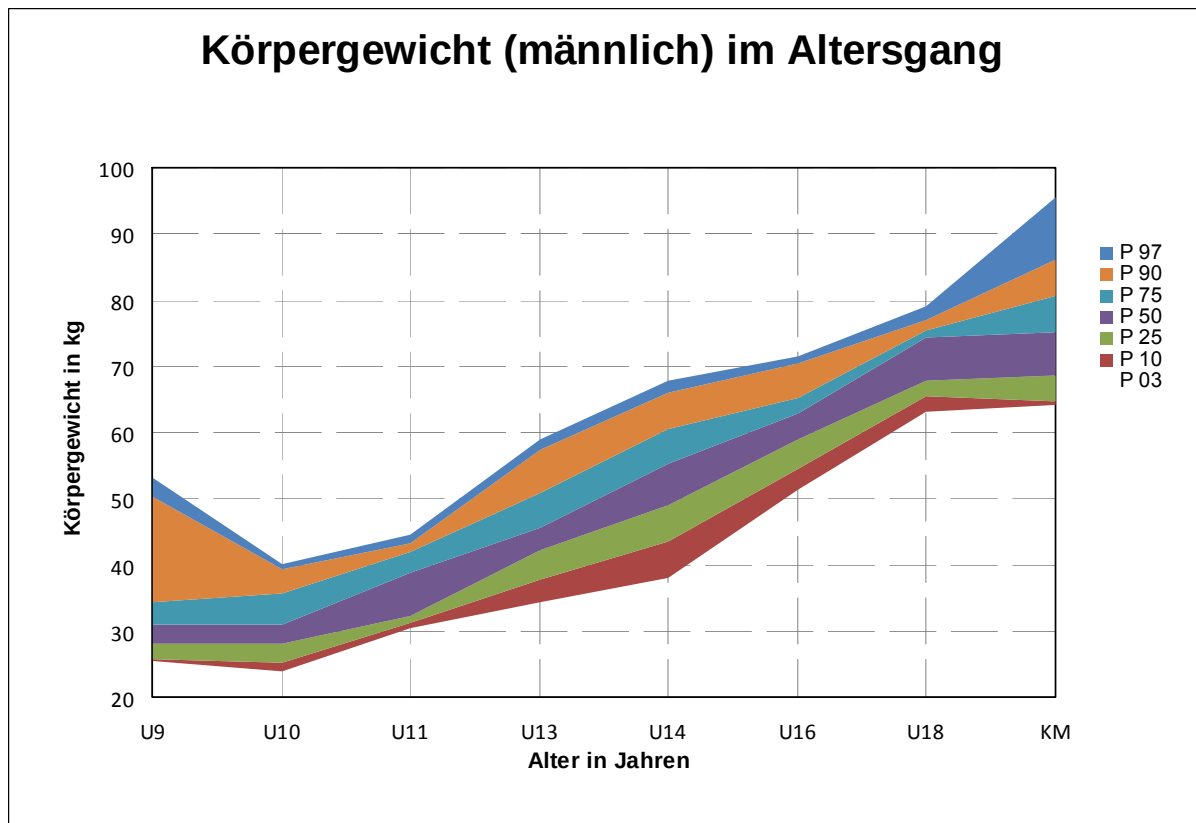


Abbildung 10: Körpergewicht im Altersverlauf

Betrachtet man die Perzentilen des Körpergewichts, sticht sofort die jüngste Mannschaft, die U9, ins Auge. Dies liegt darin begründet, dass in diesem Team zwei Spieler vorhanden sind, die auf jeden Fall als übergewichtig einzustufen sind. So liegt das Gewichtsmaximum der U9 Mannschaft bei 54,5 kg, jenes der U10 jedoch nur bei 40,5 kg, und bei der U11 bei 45,3 kg. Dies schlägt sich auch auf die Grafik des BMI nieder, wo diese Tatsache ebenfalls deutlich erkennbar zu Tage tritt. Auffallend in dieser Studie ist auch das relativ breite Gewichtsspektrum der U 14 von 35,7 kg bis 68,2 kg sowie die deutlich geringere Bandbreite bei der U11 Mannschaft. So liegen bei der U 14 zehn Prozent unter einem Gewicht von etwa 42 Kilogramm, gleichzeitig weisen 25 Prozent der U14 Kinder ein Gewicht von über 60 Kilogramm auf.

10.1.3 Entwicklung des Body Mass Index im Altersverlauf

Tabelle 6: Deskriptive Statistik des Body Mass Index

Tabelle der deskriptiven Statistiken N=105 (Keine MD in Liste mit abh. Var.)						
U	BMI Mittelw.	BMI N	BMI Stdabw.	BMI Stdf.	BMI Minimum	BMI Maximum
U 9	18,11000	10	3,558230	1,125211	15,10000	25,30000
U10	15,32727	11	1,371197	0,413432	13,10000	17,30000
U11	17,07500	12	2,199638	0,634981	14,50000	22,60000
U13	18,30000	14	1,962730	0,524562	15,40000	21,90000
U14	19,66154	13	2,356388	0,653544	15,60000	23,80000
U16	21,09333	15	1,412933	0,364818	19,30000	23,50000
U18	22,50000	12	1,611888	0,465312	20,30000	26,70000
KM	23,70556	18	2,524346	0,594994	20,10000	27,70000
Alle	19,80476	105	3,430838	0,334816	13,10000	27,70000

Tabelle 6 zeigt den Mittelwert, die Standardabweichung, den Standardfehler sowie das die Minimal- bzw. Maximalwerte des Body Mass Index.

Der Body Mass Index setzt das Körpergewicht in Relation zur Körpergröße und ist somit aussagekräftiger als die alleinige Beurteilung des Körpergewichts mittels einer Waage. Der BMI berechnet die Körpermasse, nicht die Fettmasse. Die Fettmasse ist nur ein Teil der Körpermasse neben Muskeln, Knochen und Organen. Mit zunehmender Körpermasse steigt auch die Fettmasse. Diese positive Korrelation wird als ausreichend angesehen, um mit einer einfachen Formel die Fettmasse indirekt schätzen zu können (z.B. als relativer Anteil an der Körpermasse). Der Body Mass Index wird über eine Formel berechnet. Er ergibt sich aus dem Quotienten von Körpergewicht in Kilogramm geteilt durch die Körpergröße in Metern zum Quadrat.

Erwachsene, deren BMI im Bereich zwischen 18.5 und 24.9 liegt, gelten als normalgewichtig, darüber ist man übergewichtig. Bei Erwachsenen sind Änderungen der Körpermasse insbesondere durch Änderungen der Fettmasse bedingt. Der BMI in Altersverlauf zeigt nach der Geburt einen Anstieg in Abhängigkeit vom Geschlecht, der bis zu einem Alter von acht bis neun Monaten dauert. Danach sinkt der BMI wiederum bis zu einem möglichen Minimalwert, der meistens zwischen vier und fünf Jahren erreicht wird. Ab dem fünften Lebensjahr ist ein erneuter regelmäßiger Anstieg zu beobachten. Zwischen dem 11. und 16. Lebensjahr ist oft ein höherer BMI bei den Mädchen erkennbar, danach kommt es zu einer Umkehrung dieses Trends. Bei der Beurteilung des BMI spielt folglich neben dem Geschlecht auch das Alter eine bedeutsame Rolle.

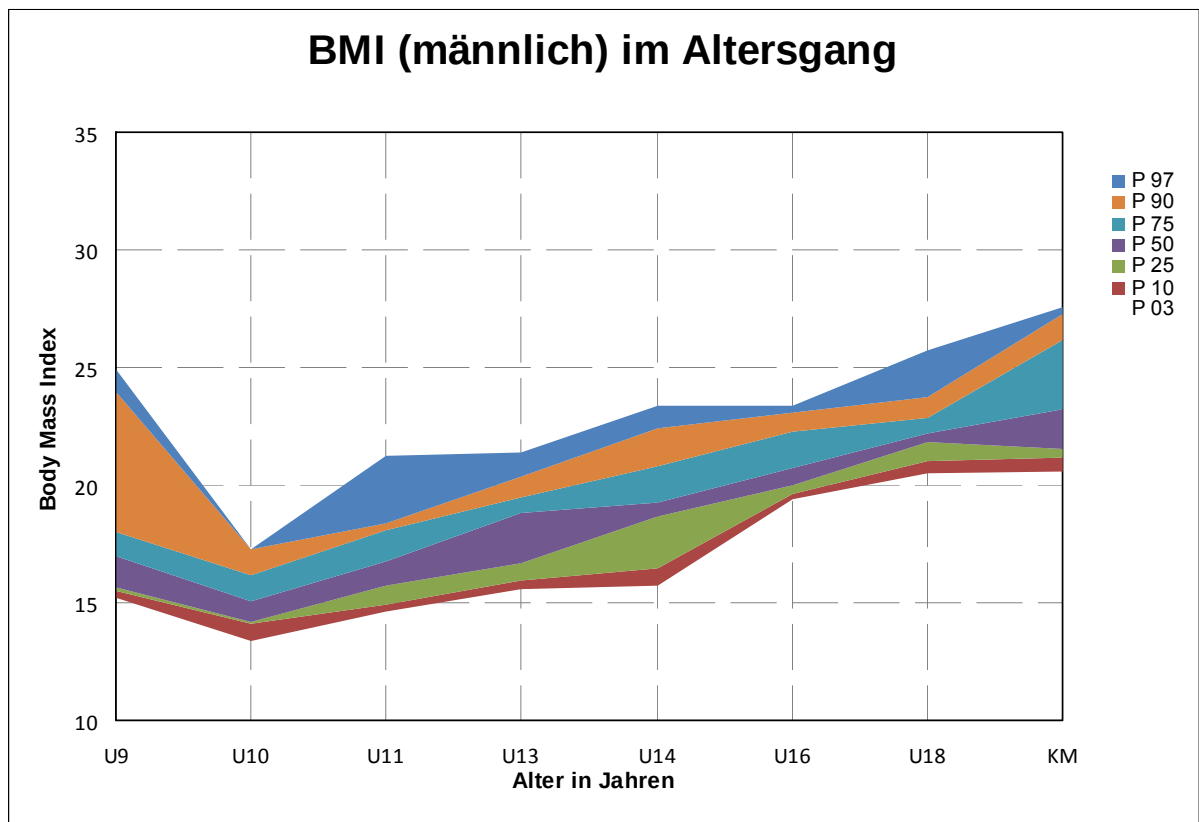


Abbildung 11: Body Mass Index im Altersverlauf

Die Analyse des Diagramms des BMI fällt ähnlich aus, wie jene des Körpergewichts. Auch hier sticht die große Bandbreite des BMI bei der jüngsten Mannschaft hervor. Die Ursache hierfür liegt in, dem vorher schon erwähntem, deutlichen Übergewicht zweier Spieler in dieser Altersklasse. So hat die U9 einen mittleren BMI von 18,1 während die U10 und U11 deutlich unter diesem Wert liegen. Ebenfalls ist wieder die große Breite des BMI beim U14 Team zu erkennen. Bei Betrachtung der Maximalwerte fällt jedoch auf, dass sowohl im

Team der U18 als auch in der Kampfmannschaft BMI Maximalwerte gibt, die über dem, vorher als normal eingestuften Wert von 24,9 liegen..

10.2 Entwicklung der gemessenen Faktoren im Altersverlauf

10.2.1 Shuttle Run Zeit

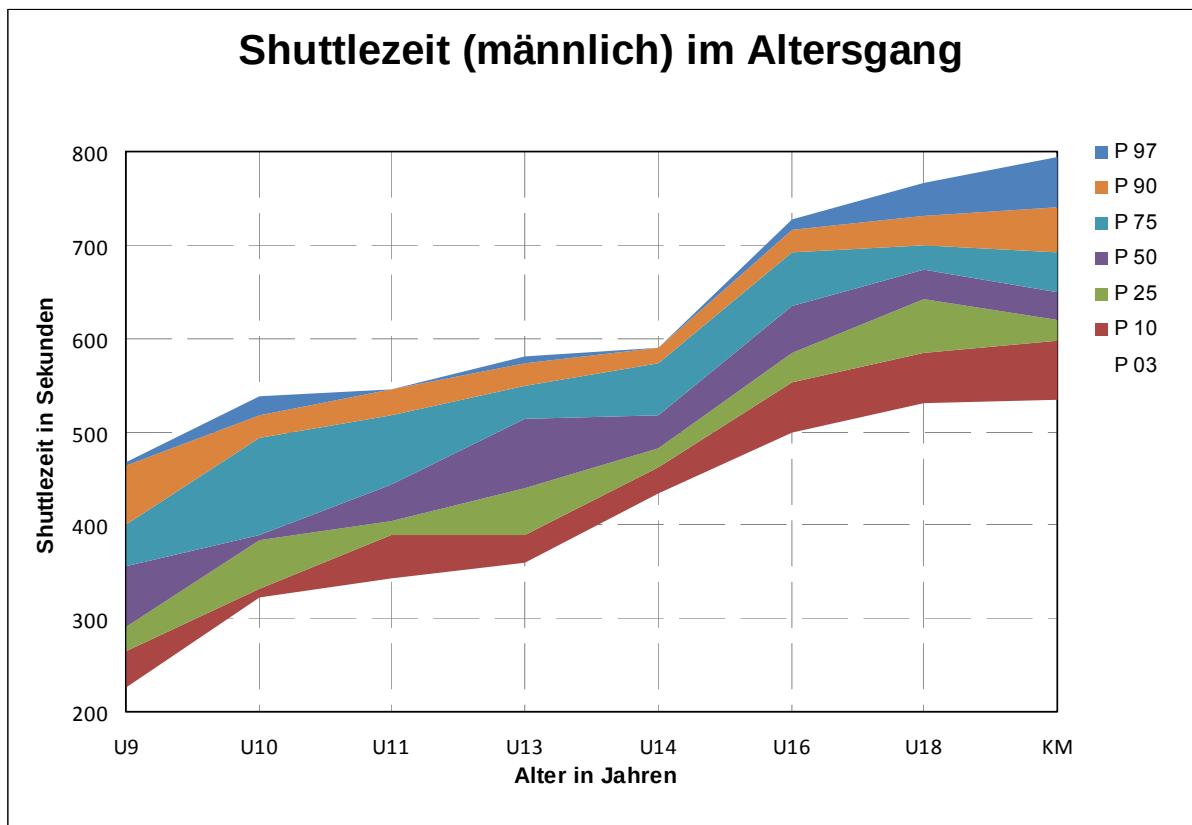


Abbildung 12: Gelaufene Shuttlezeit im Altersverlauf

Die Entwicklung der Shuttle Run Zeit im Altersverlauf, birgt keine wesentlichen Überraschungen. Daher ist ein kontinuierlicher Anstieg der Gesamtlaufzeit von knapp über 200 Sekunden bei den unter neun Jährigen bis zu einer Zeit von etwa 800 Sekunden in der Kampfmannschaft während des Tests zu erkennen. Auffälligkeiten sind hier bei der U 10 und U11 Mannschaft sichtbar. Hier gibt es offenbar viele Spieler die im Bereich der 50er bis 75er Perzentile, das heißt bei einer Gesamtlaufzeit von etwa 400 bis 500 Sekunden liegen. Weiters beachtenswert ist das breite Spektrum der Laufzeit im Kampfmannschaftsbereich. Man sollte davon ausgehen können, dass Spieler die

größtenteils, vor allem in der Vorbereitungsphase im konditionellen Bereich gemeinsam arbeiten, ähnliche Laufzeiten im Shuttle Run Test zustande bringen sollten. Dies ist jedoch eindeutig nicht der Fall.

10.2.2 Entwicklung der errechneten relativen VO_2 max im Altersverlauf

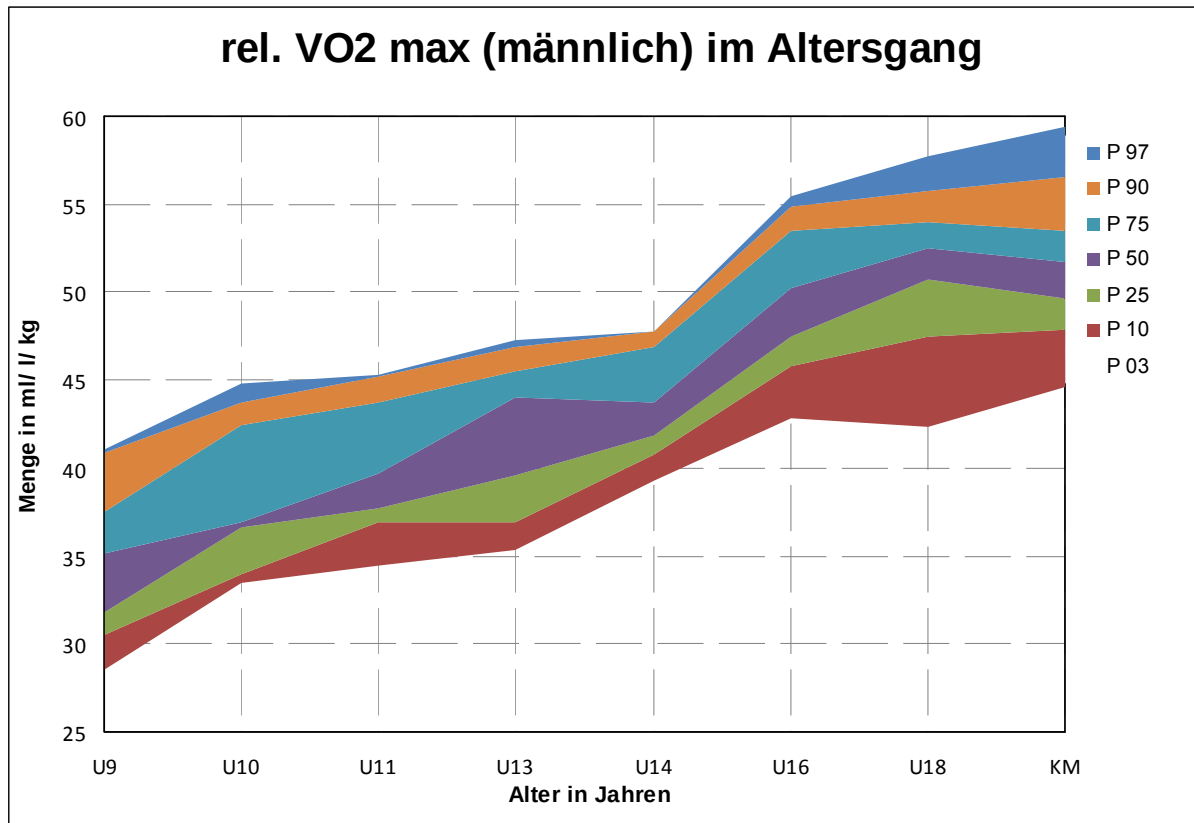


Abbildung 13: Die rel. VO_2 max im Altersverlauf

Wie schon erwähnt gilt die relative maximale Sauerstoffaufnahme als Bruttokriterium der Ausdauerleistungsfähigkeit. Die Abbildung verdeutlicht die Entwicklung im Altersverlauf. Es ist bis zum 14. Lebensjahr ein flacher, aber doch stetiger Anstieg erkennbar. Ein eindeutiger Anstieg der relativen VO_2 max erfolgt jedoch zwischen dem 14. und 16. Lebensjahr. Auffallend ist auch das die zehn Prozent Perzentile bei der U 18 Mannschaft besonders stark ausgeprägt ist. Ein Grund hierfür könnten Spieler sein, die erst vor kurzem zum Verein gestoßen sind und daher ein deutlich geringeres Trainingsalter aufweisen als solche, die seit ihrer Kindheit trainieren. Eine andere Begründung liegt möglicherweise darin, dass durch die stärkere Zweikampfbelastung in der U 18 Mannschaft, etwaige Spieler verletzungsbedingt einen Trainingsrückstand aufweisen. Eine weitere Auffälligkeit liegt in der Tatsache, dass von der U18 Mannschaft zur

Kampfmannschaft nur eine geringe Steigerung der relativen VO₂ max zu sehen ist, teilweise ist sogar ein leichter Abfall in den Perzentilen zu erkennen. Im Vergleich zu Spitzenmannschaften (vgl. Kapitel Belastungsprofil des Fußballspielers), wo die Werte bei etwa 65 ml/kg/min liegen, ist ebenfalls ein deutlicher Unterschied zu erkennen. So liegen in der vorliegenden Untersuchung 97 Prozent aller Spieler deutlich unter 60 ml/kg/ min relativer maximaler Sauerstoffaufnahme.

10.2.3 Die 10 Meter Beschleunigungsfähigkeit im Altersverlauf

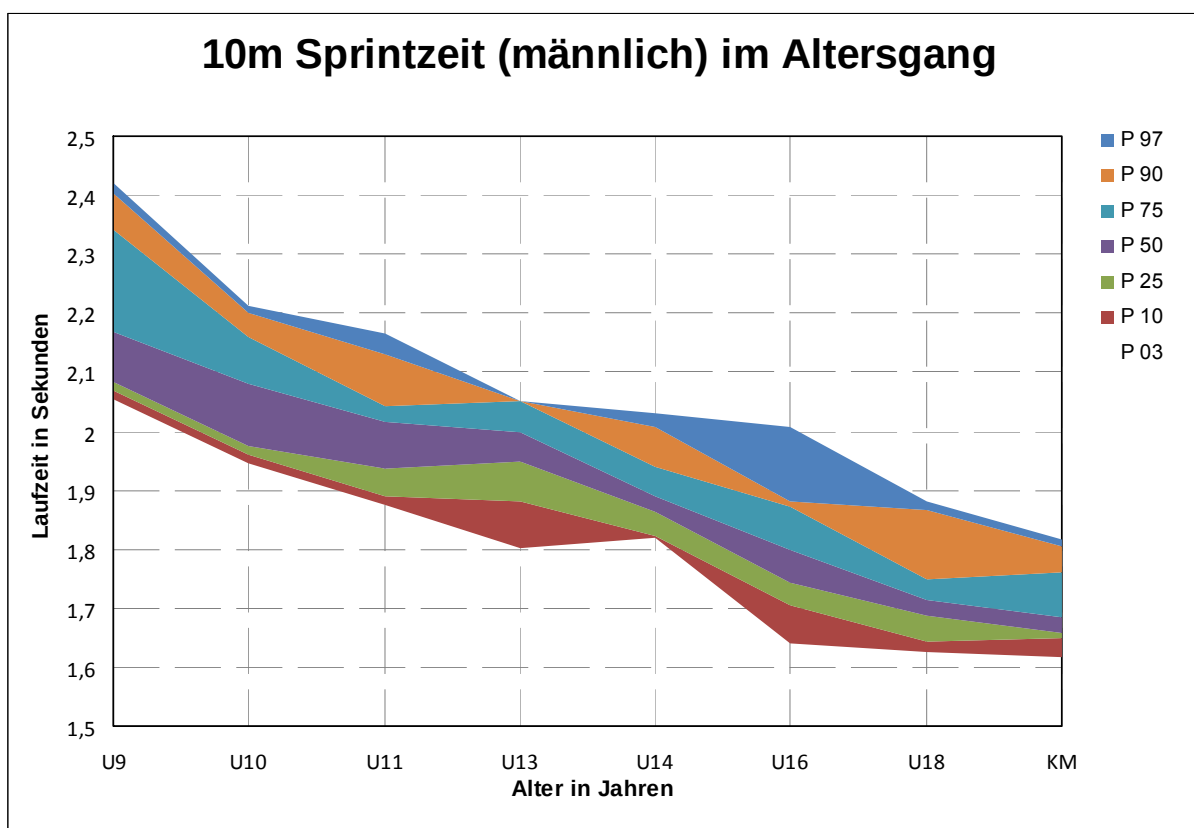


Abbildung 14: 10 Meter Sprintzeit im Altersverlauf

Die Grafik zeigt deutlich, dass die Beschleunigungsfähigkeit im Altersverlauf stetig zunimmt, das heißt, die gemessenen Zeiten werden immer kürzer. Dies erscheint auch logisch, ein Spieler der U16 sollte in der Lage sein, schneller zu beschleunigen, allein aufgrund der Körpergröße, als ein Spieler ein U13 Mannschaft. Jedoch sind drei Auffälligkeiten zu beobachten. Einerseits der große Unterschied zwischen den schnellsten Zeiten der U14 und U16 Mannschaft. So liegt die schnellste Zeit eines U14 Spielers bei 1,82 Sekunden, die schnellste Zeit eines U16 Spielers bei 1,62 Sekunden. Das ist ein Unterschied von 2 Zehntelsekunden auf 10 Meter Beschleunigungsweg. Weiters auffällig

erscheint, dass sich die Beschleunigungsfähigkeit von der U16 Mannschaft über die U18 bis zur Kampfmannschaft offenbar nicht eindeutig verbessert. Lediglich das Zeitspektrum wird schmaler, das heißt dass alle Spieler in ihrer Beschleunigungsfähigkeit näher zusammenrücken, die schnellsten Zeiten aber gleich bleiben.

10.2.4 Die 30 Meter Grundschnelligkeit im Altersverlauf

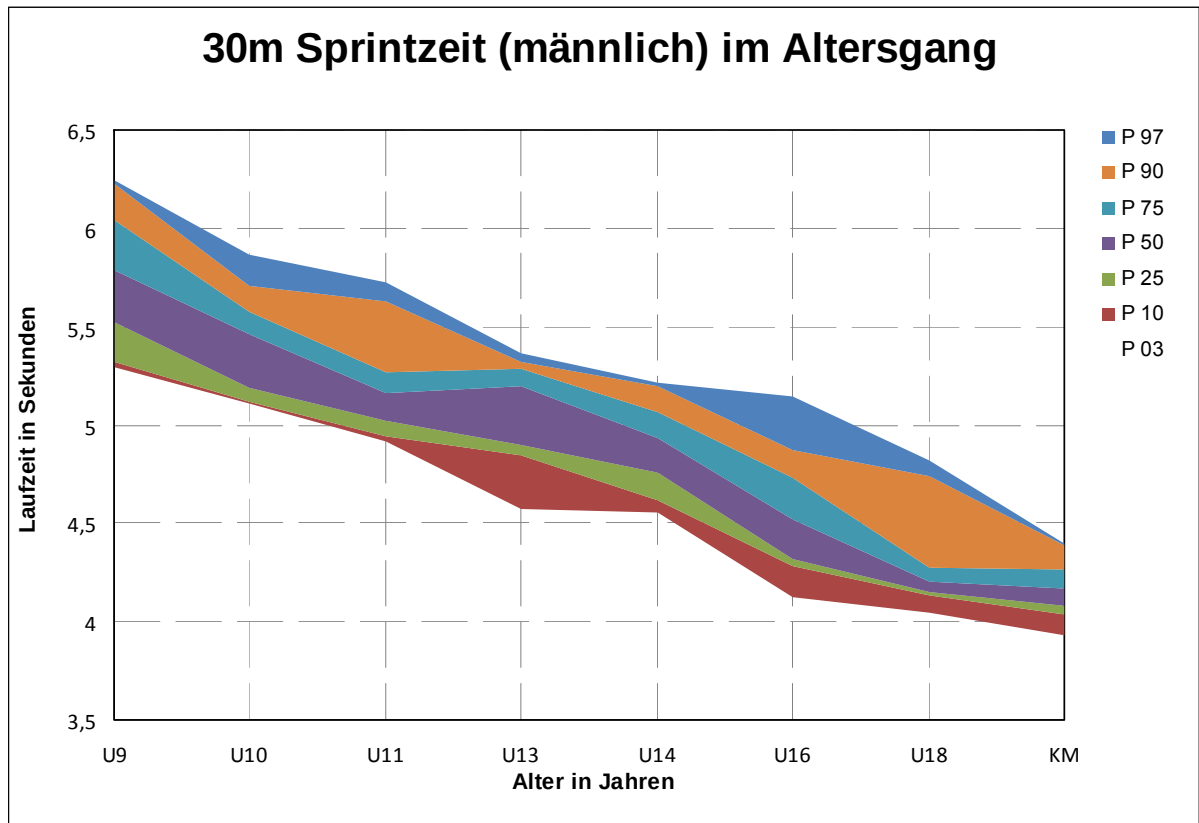


Abbildung 15: 30 Meter Sprintzeit im Altersverlauf

Ähnlich der Beschleunigungsfähigkeit verhält es sich mit der gemessenen Grundschnelligkeit mit der Ausnahme, dass es hier auch noch einen Anstieg nach der U16 Mannschaft bis zur Kampfmannschaft gibt. Betrachtenswert hier die Entwicklung zwischen der U13 und U14 Mannschaft. Hier ist aus der Grafik zu erkennen, dass die schnellsten Zeiten auf dem gleichen Niveau liegen, die anderen Perzentilen jedoch alle eine Verbesserung von U13 zu der U14 Mannschaft zeigen. Zusätzlich auffallend ist, dass das Zeitspektrum aller gemessener Zeiten eindeutig schmaler ist, als bei der Beschleunigungsfähigkeit, das heißt die Leistungen in der Grundschnelligkeit liegen in allen Altersbereichen näher zusammen, als dies bei der Beschleunigungsfähigkeit der Fall ist. Sehr schön zu erkennen ist eine sehr breite 90er Perzentile bei der U18 Mannschaft.

In diesem Team dürften viele Spieler, im Vergleich zu den anderen Mannschaften, gleich gute Schnelligkeitsfähigkeiten besitzen.

10.3 Prüfung der Ergebnisse auf signifikante Unterschiede

10.3.1 Shuttle Run Zeit

Tabelle 7: Statistische Überprüfung der Shuttle Run Zeit

Tukey HSD Test; Variable Shuttlezeit Wahrscheinlichkeiten für Post hoc-Tests Fehler: MQ(Zwischen) = 5345,7, FG = 97,000									
Zelle Nr.	Team	{1} 351,67	{2} 427,11	{3} 452,03	{4} 492,53	{5} 522,92	{6} 630,02	{7} 665,05	{8} 658,82
1	9		0,2723	0,0372	0,0004	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
2	10	0,2723		0,9919	0,3489	0,0379	0,0001	0,0001	0,0001
3	11	0,0372	0,9919		0,8514	0,2427	0,0001	0,0001	0,0001
4	13	0,0004	0,3489	0,8514		0,9597	0,0002	0,0001	0,0001
5	14	0,0001	0,0379	0,2427	0,9597		0,0049	0,0002	0,0002
6	16	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0049		0,9188	0,9494
7	18	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,9188		1,0000
8	20	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,9494	1,0000	

Tabelle 4 und Abbildung 16 beschäftigen sich mit der Nullhypothese 1. Diese untersucht, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Mannschaften bezüglich der Shuttle Run Zeit liegt. Es ist eindeutig zu erkennen, dass dies nicht der Fall ist. Es besteht weder ein signifikanter Unterschied zwischen den Mannschaften der U9 und der U10, weiters unterscheidet sich die U10 nicht signifikant von der U11 und der U13 Mannschaft, genauso wie die U11 sich nicht von der U13 und der U14 Mannschaft signifikant unterscheidet. Ebenfalls ist der Unterschied zwischen den Teams der U16 zur U18, der U16 zur Kampfmannschaft, sowie der U18 zur Kampfmannschaft als nicht signifikant einzustufen. Der einzige signifikante Unterschied im Altersverlauf zeigt sich zwischen den Mannschaften der U14 und U16 im Bezug auf die gelaufene Shuttle Run Zeit. Die Grafik in Abbildung 22 verdeutlicht die Werte nochmals sehr anschaulich. So ist zu sehen, dass die Medianwerte der U13 und U14 Mannschaft auf einer Höhe liegen, bei Betrachtung der Medianwerte der U16 bis zur Kampfmannschaft ist ein leichter Anstieg zur U18, danach aber wieder ein leichter Abfall sichtbar. Daher muss die Nullhypothese 1 verworfen werden.

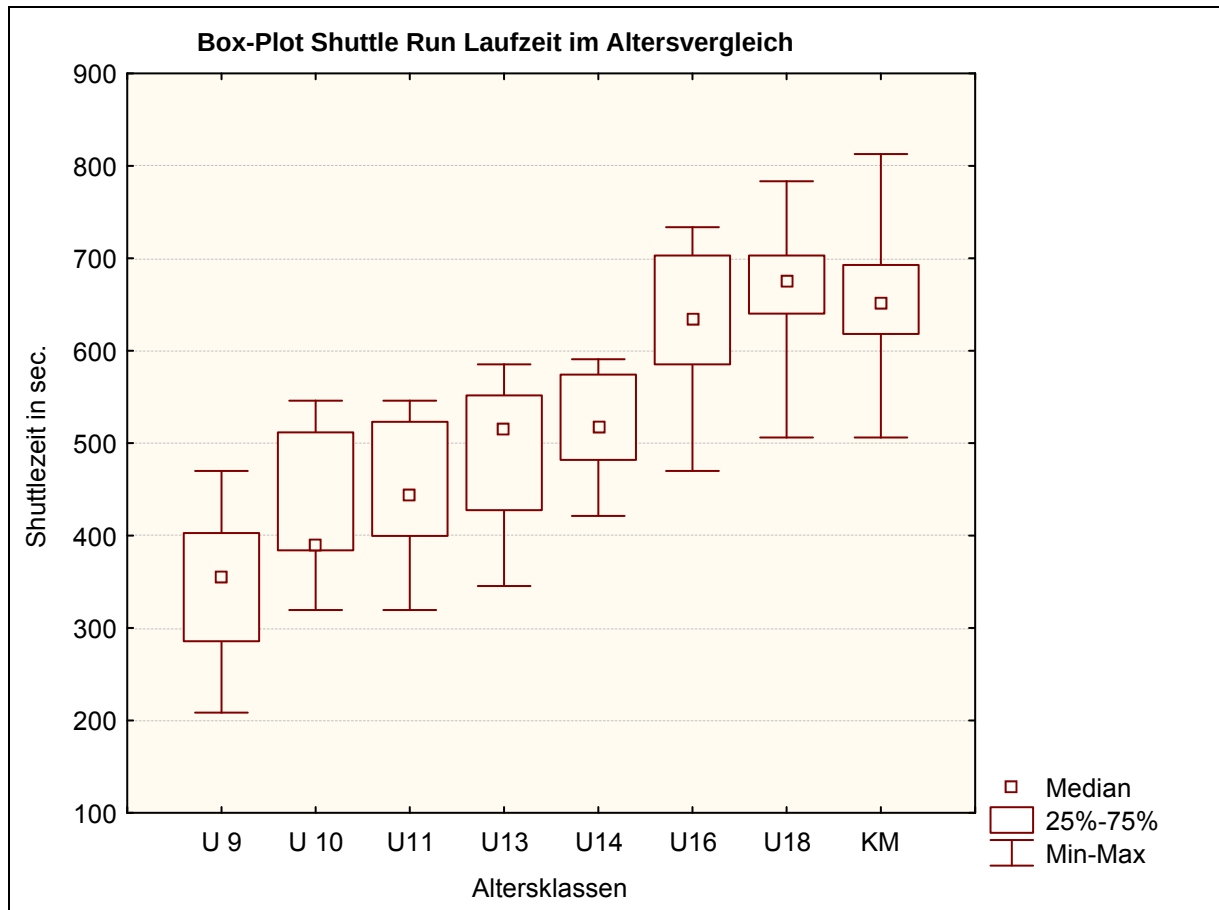


Abbildung 16: Statistische Darstellung der Shuttle Run Laufzeit im Altersverlauf

10.3.2 Berechnete relative VO_2 max

Tabelle 8: Statistische Überprüfung der berechneten rel. VO_2 max

Tukey HSD Test; Variable berechnete rel. VO_2 max									
Wahrscheinlichkeiten für Post hoc-Tests									
Fehler: MQ(Zwischen) = 16,591, FG = 97,000									
Zelle Nr.	Team	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
		34,995	38,933	40,262	42,631	44,085	50,025	51,718	51,633
1	9		0,3537	0,0617	0,0005	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
2	10	0,3537		0,9938	0,3302	0,0515	0,0001	0,0001	0,0001
3	11	0,0617	0,9938		0,8170	0,2807	0,0001	0,0001	0,0001
4	13	0,0005	0,3302	0,8170		0,9827	0,0002	0,0001	0,0001
5	14	0,0001	0,0515	0,2807	0,9827		0,0052	0,0003	0,0002
6	16	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0052		0,9609	0,9487
7	18	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	0,9609		1,0000
8	20	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,9487	1,0000	

Tabelle 5 und Abbildung 17 zeigen die statistischen Ergebnisse der Nullhypothese 2, die besagt, dass ein signifikanter Unterschied zwischen den Teams in Bezug auf die berechnete $\text{VO}_2 \text{ max}$ im Altersverlauf besteht. Bei Betrachtung der Werte zeigt sich folgendes Bild:

- die U9 unterscheidet sich nicht signifikant von den Mannschaften der U10 und U11
- die U10 unterscheidet nicht signifikant von der U11, auch nicht von der U13 sowie der U14, erst zur U16 besteht ein signifikanter Unterschied
- die U11 zeigt keinen signifikanten Unterschied zur U13 und U14, auch hier ist erst ab der U16 ein überzufälliger Unterschied zu sehen
- zwischen U13 und U14 herrscht ebenfalls kein signifikanter Unterschied in Bezug auf die berechnete $\text{VO}_2 \text{ max}$
- die U14 unterscheidet sich im Vergleich zur U16 signifikant
- zwischen U16 und U18, sowie U16 und Kampfmannschaft, als auch U18 und Kampfmannschaft zeigt sich kein signifikanter Unterschied

Grundsätzlich gleicht sich das statistische Ergebnis mit dem der Shuttle Run Zeit mit Ausnahme der U9 Mannschaft. Die Nullhypothese 2 muss daher verworfen werden.

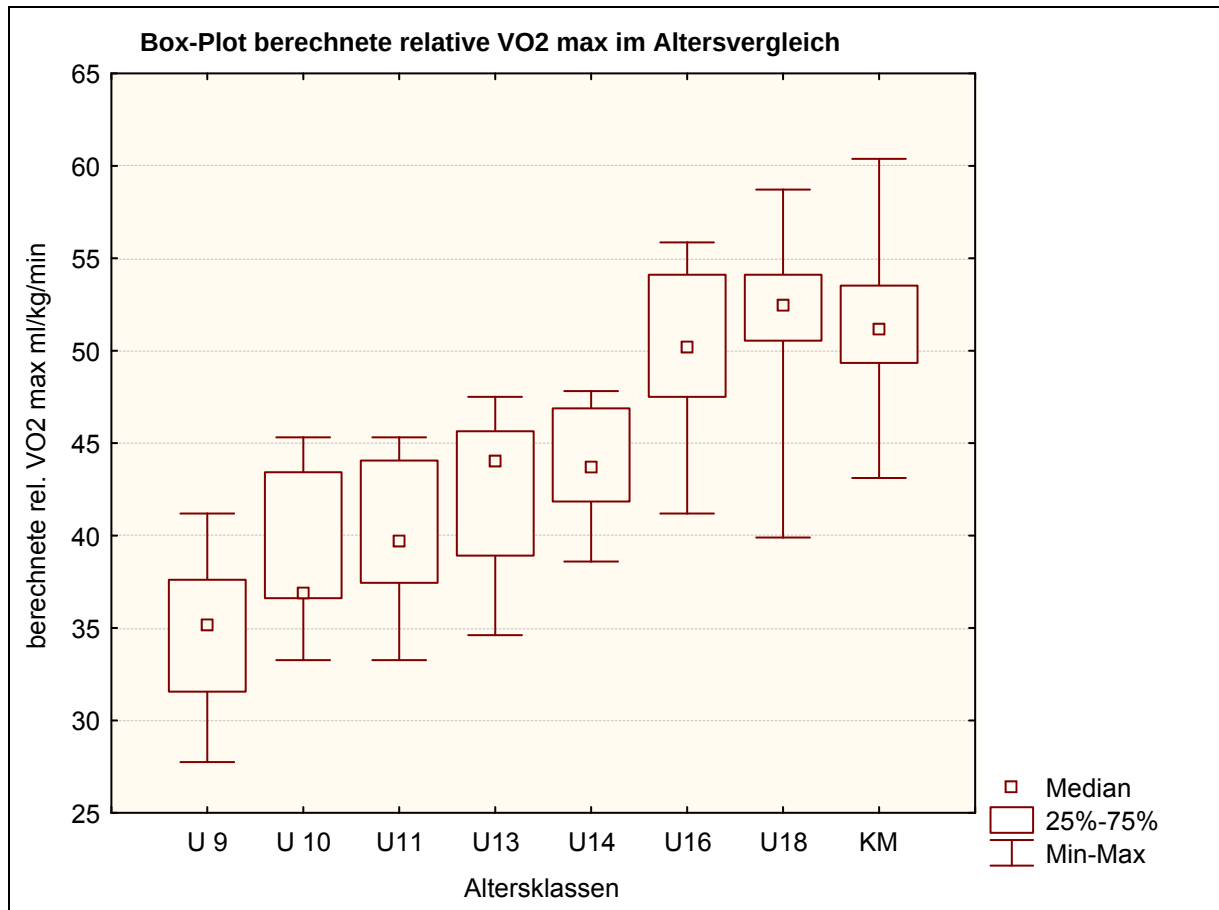


Abbildung 17: Statistische Darstellung der berechneten rel. VO₂ max im Altersverlauf

10.3.3 10 Meter Sprintzeit

Tabelle 9: Statistische Überprüfung der 10 m Sprintzeit

Tukey HSD Test; Variable Sprint 10m_best Wahrscheinlichkeiten für Post hoc-Tests Fehler: MQ(Zwischen) = ,00940, FG = 90,000									
Zelle Nr.	Team	{1} 2,2090	{2} 2,0736	{3} 2,0033	{4} 1,9782	{5} 1,9067	{6} 1,8071	{7} 1,7317	{8} 1,7063
1	9		0,0390	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
2	10	0,0390		0,6634	0,3006	0,0021	0,0001	0,0001	0,0001
3	11	0,0002	0,6634		0,9986	0,2346	0,0002	0,0001	0,0001
4	13	0,0001	0,3006	0,9986		0,6438	0,0009	0,0001	0,0001
5	14	0,0001	0,0021	0,2346	0,6438		0,1665	0,0008	0,0001
6	16	0,0001	0,0001	0,0002	0,0009	0,1665		0,5020	0,0974
7	18	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0008	0,5020		0,9972
8	20	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0974	0,9972	

Tabelle 6 und Abbildung 18 zeigen die statistischen Werte zur Bearbeitung der Nullhypothese 3. Diese soll feststellen, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen den Mannschaften im Altersverlauf bezüglich der 10 Meter Sprintzeit gibt. Bei Betrachtung der Tabelle 6 ist ein signifikanter Unterschied zwischen der U9 und U10 Mannschaft zu sehen. Jedoch gibt es keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den 10 Meter Sprintzeiten der U10 und U11 bzw. der U13. Die U11 wiederum unterscheidet sich ebenfalls nicht signifikant von dem Team der U13 und der U14. Die U13 unterscheidet sich ebenfalls nicht signifikant von der U14. Waren bei der Untersuchung der beiden vorangegangenen Variablen (berechnete rel. VO2 max und Shuttle Run Zeit) jeweils signifikante Unterschiede zwischen U14 und U16 zu erkennen, so ist diesmal nicht der Fall. Hier gibt es auch zwischen U14 und U16 keinen signifikanten Unterschied in den 10 Meter Sprintzeiten zu erkennen. Das Szenario führt sich fort bei den anderen Mannschaften fort. Es gibt keinen signifikanten Unterschied, weder zwischen U16 und U18, sowie der Kampfmannschaft, noch zwischen U18 und der Kampfmannschaft. Daher muss auch hier die Nullhypothese 3 verworfen werden.

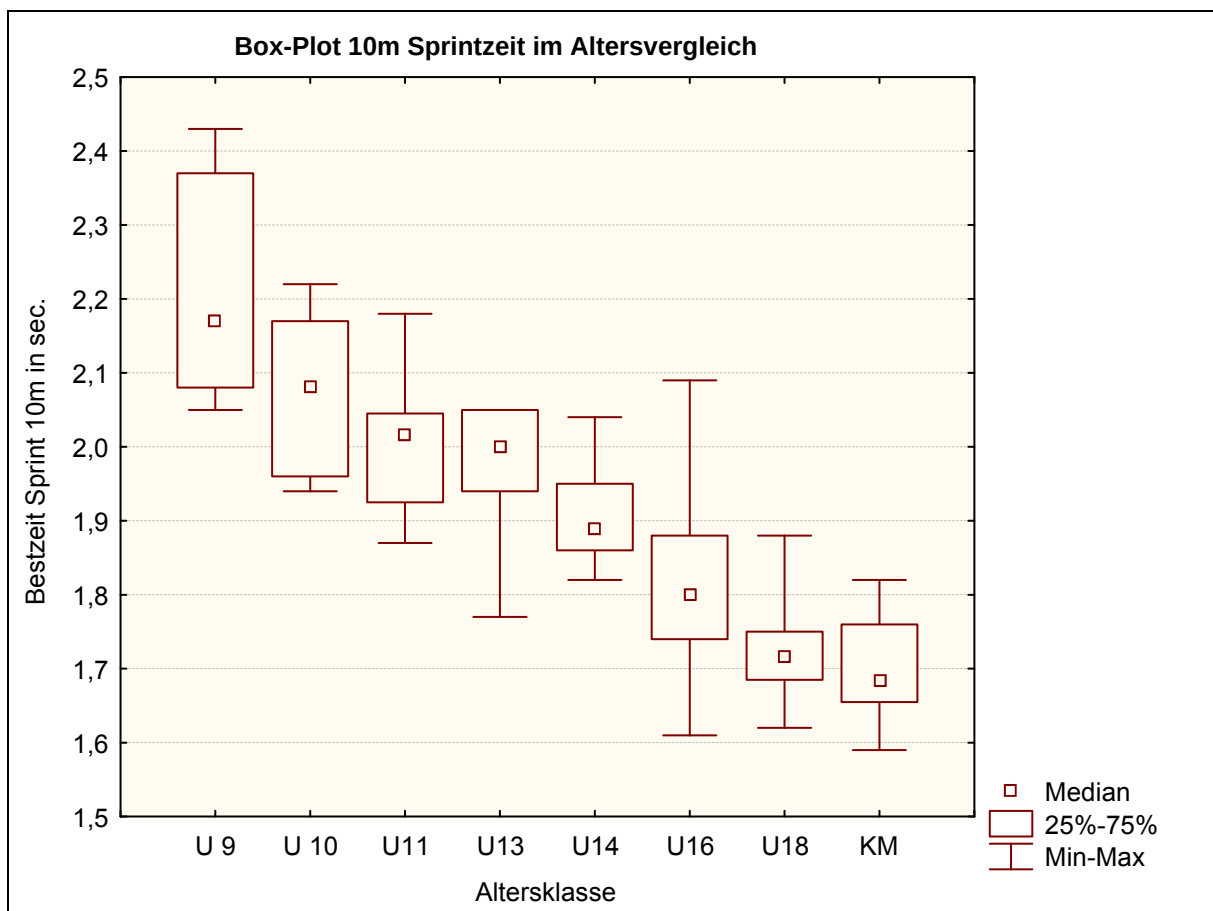


Abbildung 18: Darstellung der Entwicklung der 10 Meter Sprintzeit

10.3.4 30 Meter Sprintzeit

Tabelle 10: Statistische Überprüfung der 30 Meter Sprintzeit

Tukey HSD Test; Variable Sprint 30m_best Wahrscheinlichkeiten für Post hoc-Tests Fehler: MQ(Zwischen) = ,07230, FG = 90,000									
Zelle Nr.	Team	{1} 5,7780	{2} 5,4227	{3} 5,2150	{4} 5,0900	{5} 4,9208	{6} 4,5564	{7} 4,2925	{8} 4,1756
1	9		0,0618	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
2	10	0,0618		0,5878	0,0843	0,0007	0,0001	0,0001	0,0001
3	11	0,0002	0,5878		0,9523	0,1425	0,0001	0,0001	0,0001
4	13	0,0001	0,0843	0,9523		0,8017	0,0002	0,0001	0,0001
5	14	0,0001	0,0007	0,1425	0,8017		0,0190	0,0001	0,0001
6	16	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0190		0,2111	0,0050
7	18	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,2111		0,9465
8	20	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0050	0,9465	

Tabelle 7 und Abbildung 19 befassen sich mit der Überprüfung der Nullhypothese 4. Hierbei soll festgestellt werden, ob sich, innerhalb des Alterverlaufs, signifikante Unterschiede zwischen den Mannschaften zeigen. Die Auswertung der Tabelle zeigt, dass es im ansteigenden Altersverlauf keinerlei signifikante Unterschiede zwischen den Mannschaften feststellen lässt. Ausnahme ist hier der Sprung von der U14 zur U16 Mannschaft. Hier ist ein signifikanter Unterschied zu erkennen. Anders als bei der Überprüfung der vorherigen Hypothesen gibt es hier jedoch einen signifikanten Unterschied zwischen dem Team der U16 und der Kampfmannschaft. Hier ist erstmalig ebenfalls ein signifikanter Unterschied zu sehen. Aufgrund der statistischen Ergebnisse, muss die Nullhypothese 4 verworfen werden.

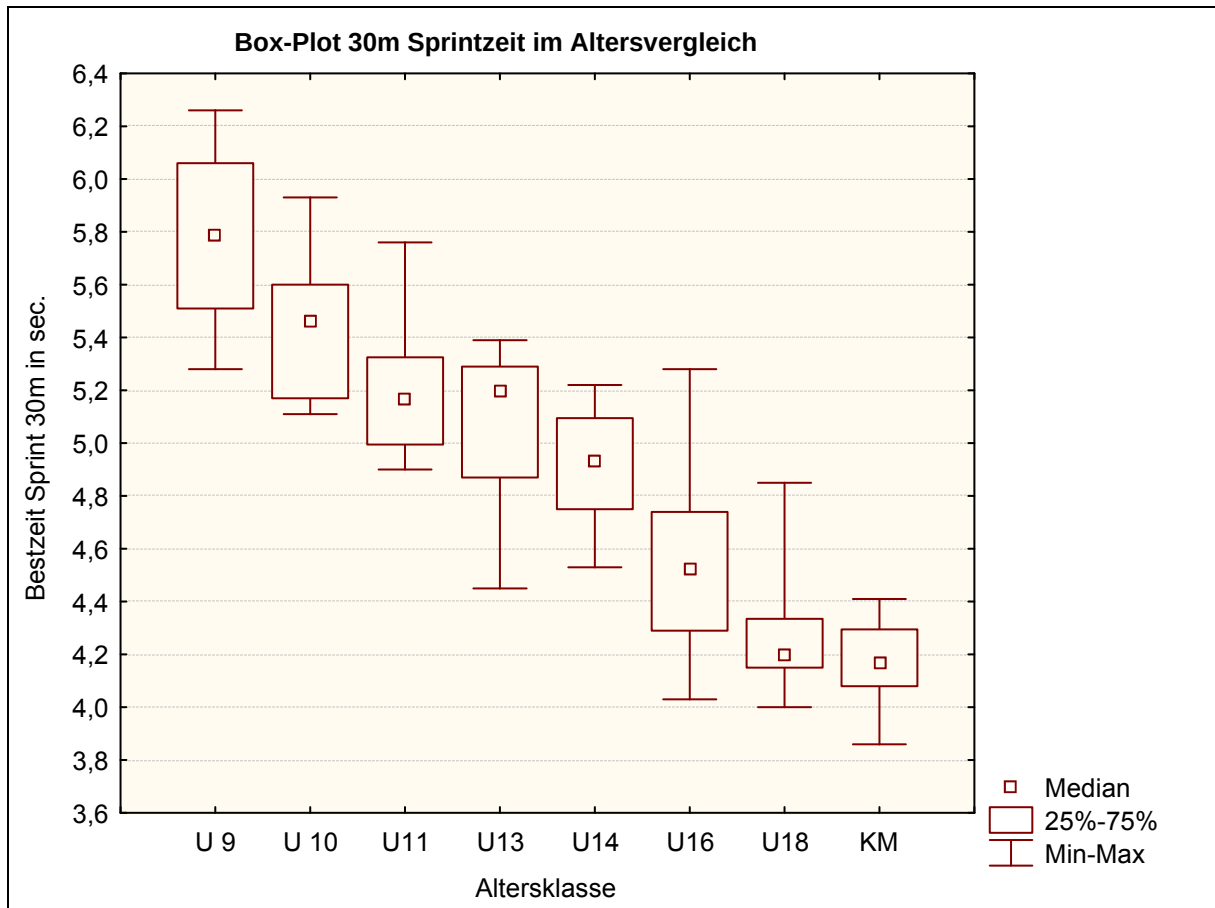


Abbildung 19: Darstellung der Entwicklung der 30 Meter Sprintzeit

10.4 PRÜFUNG DER ERGEBNISSE AUF SIGNIFIKANTE ZUSAMMENHÄNGE

Neben den oben angeführten Unterschieden wurde untersucht, ob zwischen einzelnen ausgewählten Variablen ein überzufälliger Zusammenhang besteht. Zur Berechnung und Überprüfung der Zusammenhänge wurde der Maßkorrelationskoeffizient nach Pearson verwendet. Dieser überprüft die Höhe und Richtung des Zusammenhanges wie in Kapitel bereits erläutert wurde.

10.4.1 Zusammenhang zwischen 10 Meter Sprintzeit und der Shuttle Run Zeit

Hier war die Fragestellung der Untersuchung, ob zwischen der 10 Meter Sprint Zeit und der gelaufenen Shuttle Run Zeit, ein signifikanter Zusammenhang besteht. Dies ist von Interesse, da in der Welt der Fußballspieler und –Trainer sehr oft die landläufige Meinung vorherrscht, dass eine gut ausgebildete Ausdauerleistungsfähigkeit eine verminderte Sprintleistungsfähigkeit und umgekehrt zur Folge hat. Mit der 10 Meter Sprintzeit wird hier die Antritts- und Beschleunigungsfähigkeit des Fußballers in Abhängigkeit zur aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit untersucht.

Die zu prüfende Nullhypothese 5 lautet:

Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der 10 Meter Sprintzeit und der Shuttle Run Zeit.

Tabelle 11: Statistische Zusammenhänge zwischen der 10 Meter Sprintzeit und der Shuttle Run Zeit

Var. X und Y	Korrelationen (10m Sprintzeit mit Shuttle Run Zeit) Markierte Kor. signifikant für $p < ,05000$ (Fallweiser Ausschluss von MD)						
	Mittelw.	Stdabw.	r(X,Y)	r ²	t	p	N
Sprint 10m_best	1,9078	0,1868					
Shuttlezeit	538,7143	128,4287	-0,850270	0,722960	-15,8278	0,000000	98

Tabelle 8 und Abbildung 20 zeigen einen eindeutigen negativen Zusammenhang zwischen der 10 Meter Sprintzeit und der Shuttle Run Zeit. Der Korrelationskoeffizient $r = -0,85$ und $p < 0,0000$ zeigen sogar auf einen hochsignifikanten Zusammenhang zwischen den Testfaktoren. Das heißt die Nullhypothese 5 kann angenommen werden.

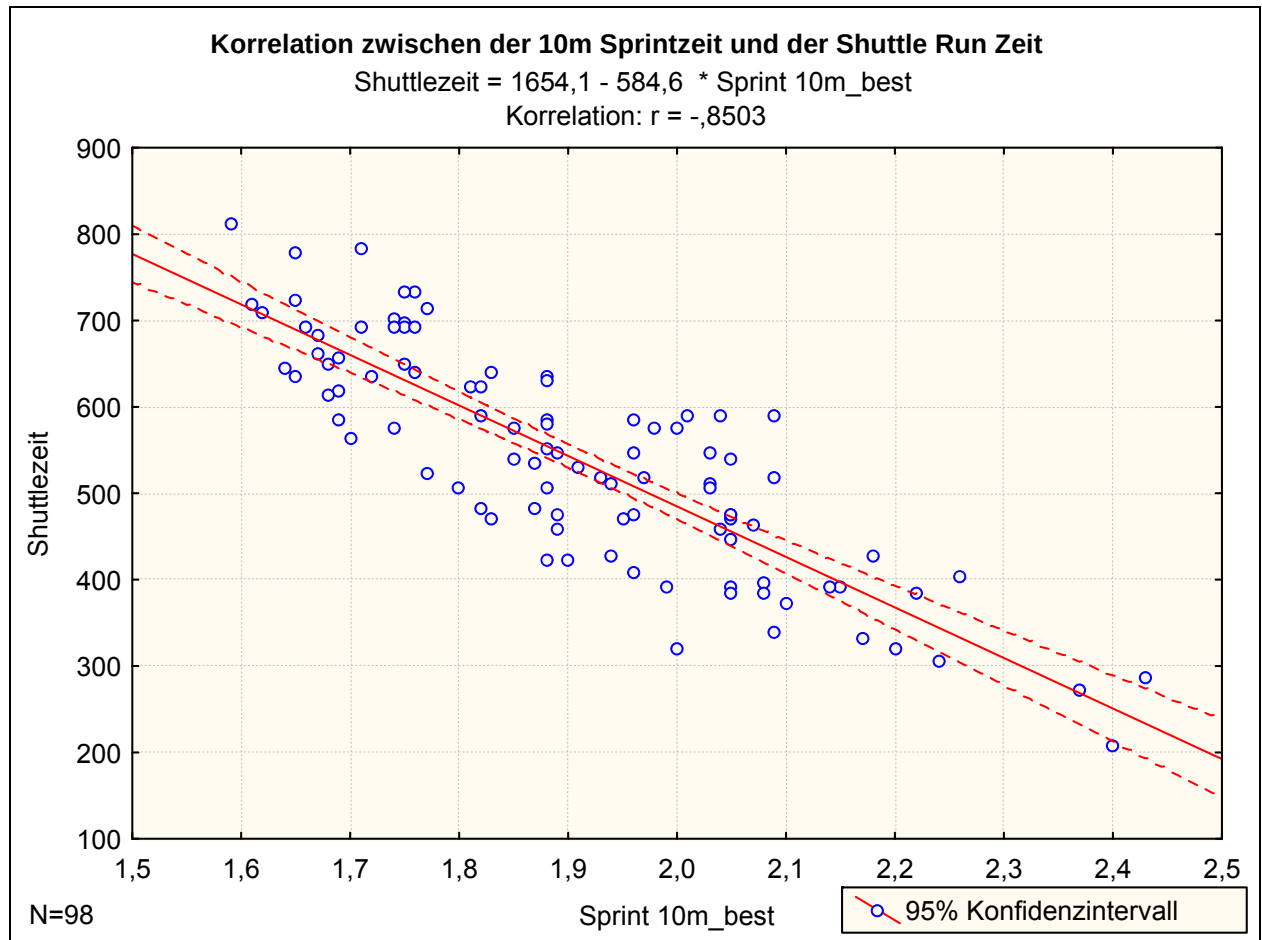


Abbildung 20 Korrelation zwischen 10m Sprintzeit und der Shuttle Run Zeit

10.4.2 Zusammenhang zwischen 30 Meter Sprint Zeit und der Shuttle Run Zeit

Hier stellt sich nun die Frage, ob auch die 30 Meter Sprintzeit als Maß für die Grundschnelligkeit des Fußballspielers in Abhängigkeit zur aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit steht.

Die zu prüfende Nullhypothese 6 lautet daher:

Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der 30 Meter Sprintzeit und der Shuttle Run Zeit.

Tabelle 12: Statistische Zusammenhänge zwischen der 30m Sprintzeit und der Shuttle Run Zeit

Var. X und Y	Korrelationen (30m Sprintzeit mit Shuttle Run Zeit) Markierte Korr. signifikant für $p < ,05000$ (Fallweiser Ausschluss von MD)						
	Mittelw.	Stdabw.	r(X,Y)	r ²	t	p	N
Sprint 30m_best	4,8690	0,5850					
Shuttlezeit	538,7143	128,4287	-0,854387	0,729978	-16,1098	0,000000	98

Tabelle 10 und Abbildung 21 verdeutlichen, dass auch zwischen der Grundschnelligkeit und der Shuttle Run Zeit ein hochsignifikanter negativer Zusammenhang besteht. Der Korrelationskoeffizient beträgt $r = -0,85$ und ist mit $p < 0,0000$ statistisch hochsignifikant abgesichert. Die Nullhypothese 6 kann daher angenommen werden.

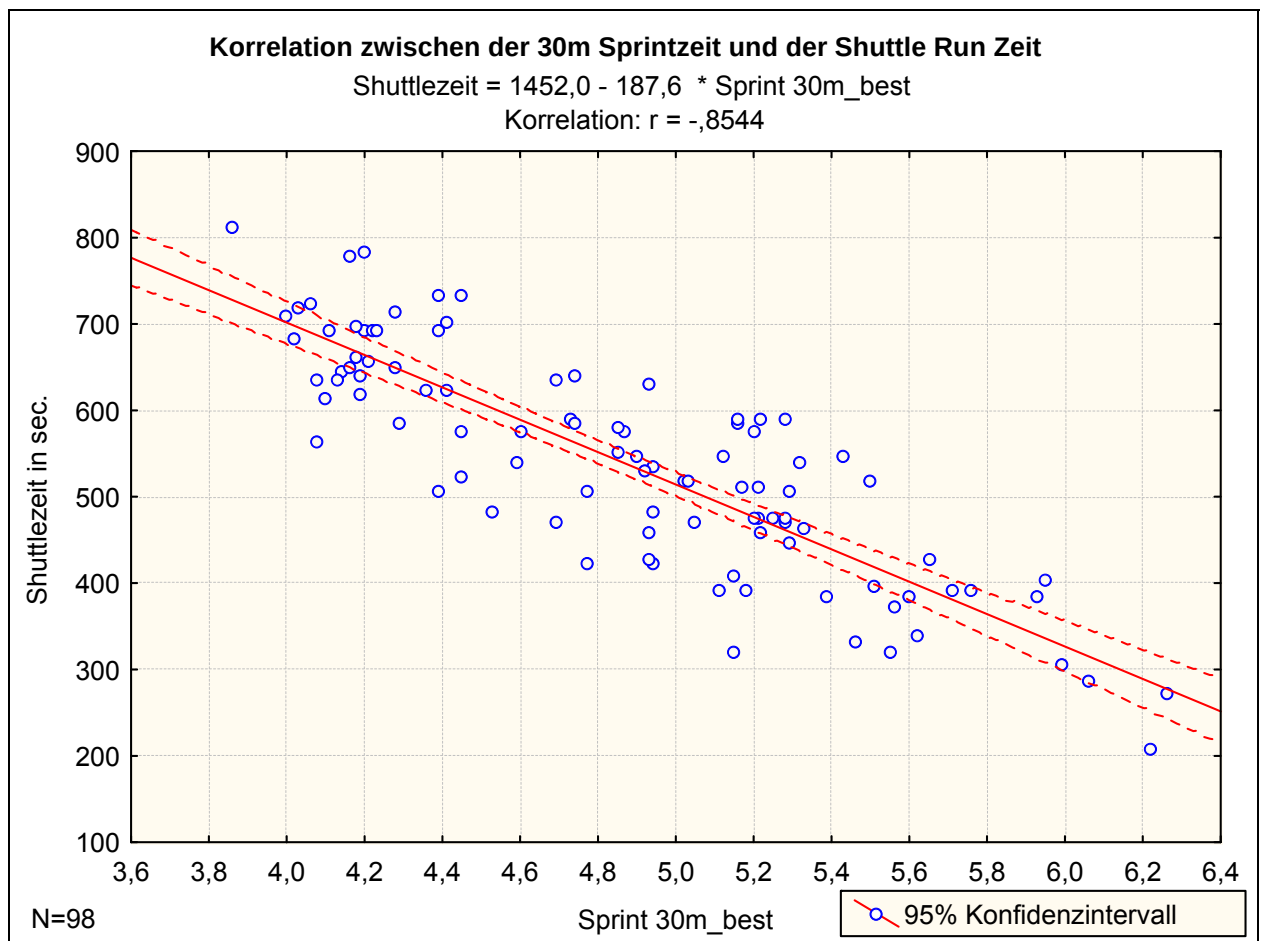


Abbildung 21: Korrelation zwischen der 30m Sprintzeit und der Shuttle Run Zeit

10.4.3 Zusammenhang zwischen 10 Meter Sprintzeit und der berechneten rel. VO_2 max

Nachdem zuvor ein hochsignifikanter Zusammenhang zwischen einem Sprintergebnis und einem Ausdauerleistungsergebnis festgestellt werden konnte, ist es nun interessant, ob dieser auch für einen weiteren Ausdauerleistungsfaktor, der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme der getesteten Spieler gilt.

Die zu prüfende Nullhypothese 7 lautet daher:

Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der 10 Meter Sprintzeit und der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_2 max), die aus der Shuttle Run Zeit berechnet wurde.

Tabelle 13: Statistische Zusammenhänge zwischen der 10m Sprintzeit und der relativen VO_2 max

Var. X und Y	Korrelationen (10m Sprintzeit mit der relativen VO_2 max) Markierte Korr. signifikant für $p < ,05000$ (Fallweiser Ausschluss von MD)						
	Mittelw.	Stdabw.	$r(X,Y)$	r^2	t	p	N
Sprint 10m_best	1,90776	0,186782					
rel. VO_2 max	45,03378	7,015402	-0,843722	0,711867	-15,4006	0,000000	98

Tabelle 9 und Abbildung 22 zeigen, dass ein negativer Zusammenhang zwischen der 10 Meter Sprintzeit und der relativen VO_2 max besteht. Dieser Zusammenhang ist als hochsignifikant zu bezeichnen, da der Korrelationskoeffizient $r = -0,84$ beträgt und $p < 0,0000$ ist. Somit kann die Nullhypothese 7 angenommen werden.

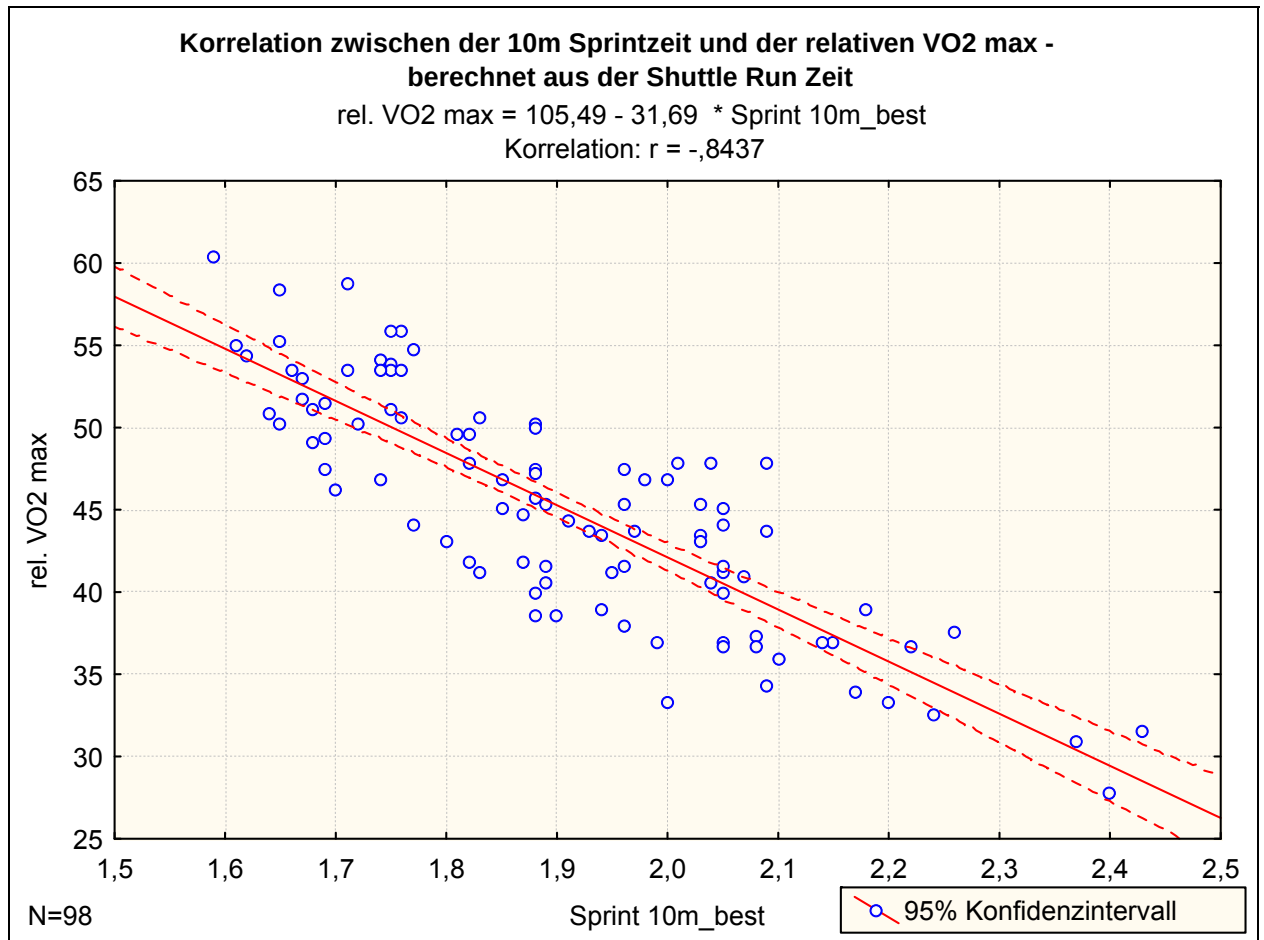


Abbildung 22: Korrelation zwischen 10m Sprintzeit und der relativen VO₂ max

10.4.4 Zusammenhang zwischen 30 Meter Sprintzeit und der relativen VO₂ max

Zuvor wurde das Abhängigkeitsverhältnis zwischen Beschleunigungsvermögen und der relativen VO₂ max untersucht. Dementsprechend soll hier nun die Grundschnelligkeit und die VO₂ max in Abhängigkeit gebracht werden.

Die zu prüfende Nullhypothese 8 lautet daher:

Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der 30 Meter Sprintzeit und der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme (VO₂ max), die aus der Shuttle Run Zeit berechnet wurde.

Tabelle 14: Statistische Zusammenhänge zwischen 30m Sprintzeit und der relativen VO₂ max

Var. X und Y	Korrelationen (30m Sprintzeit mit der relativen VO ₂ max) Markierte Korr. signifikant für p < ,05000 (Fallweiser Ausschluss von MD)						
	Mittelw.	Stdabw.	r(X,Y)	r ²	t	p	N
Sprint 30m_best	4,86898	0,585011					
rel. VO ₂ max	45,03378	7,015402	-0,849109	0,720987	-15,7502	0,000000	98

Tabelle 11 und Abbildung 23 zeigen die Ergebnisse. Es besteht ein eindeutig negativer Zusammenhang, was der Korrelationskoeffizient $r = -0,84$ mit $p < 0,0000$ bestätigt. Wie auch das Beschleunigungsvermögen, so steht auch die Grundschnelligkeit des Fußballspielers in dieser Untersuchung in einem eindeutigen Zusammenhang mit der relativen VO₂ max. Es ist daher die Nullhypothese 8 anzunehmen.

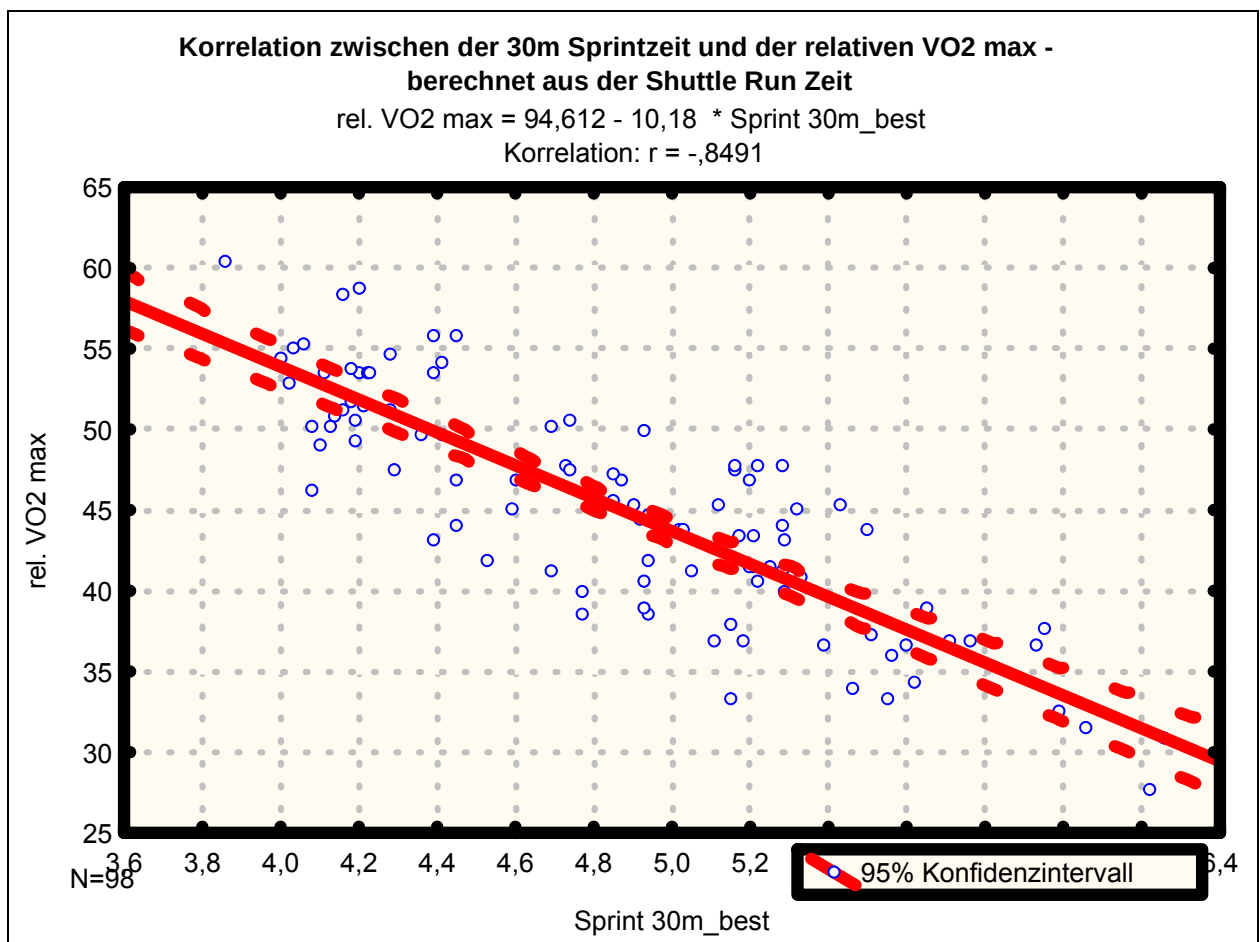


Abbildung 23: Korrelation zwischen der 30m Sprintzeit und der relativen VO₂ max berechnet aus der Shuttle Run Zeit

10.4.5 Zusammenhang zwischen 10 Meter Sprintzeit und 30 Meter Sprintzeit

Die Fragestellung erscheint logisch, jedoch gilt es zu beachten dass die untersuchten Zeiten Unterschiede in der Ausprägung aufwiesen. Die schnellsten Spieler über eine Distanz von 10 Metern waren nicht immer die schnellsten über die 30 Meter Strecke. So ist es doch von Interesse, ob hier ein statistischer Zusammenhang besteht.

Die zu prüfende Nullhypothese 9 lautet daher:

Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen 10 Meter Sprintzeit und 30 Meter Sprintzeit.

Tabelle 15: Statistische Zusammenhänge zwischen der 10m Sprintzeit und der 30m Sprintzeit

Var. X und Y	Korrelationen (10m Sprintzeit mit der 30m Sprintzeit) Markierte Korr. signifikant für $p < ,05000$ (Fallweiser Ausschluss von MD)						
	Mittelw.	Stdabw.	r(X,Y)	r ²	t	p	N
Sprint 10m_best	1,907755	0,186782					
Sprint 30m_best	4,868980	0,585011	0,972526	0,945807	40,93234	0,00	98

Tabelle 12 und Abbildung 24 zeigen hier einen hochsignifikanten positiven Zusammenhang. Der Korrelationskoeffizient beträgt $r = 0,97$ abgesichert durch $p < 0,00$. Die Antritts-, und Beschleunigungsfähigkeit steht also in einem signifikanten Zusammenhang mit der Grundschnelligkeit der hier getesteten Personen. Es muss daher die Nullhypothese 9 angenommen werden.

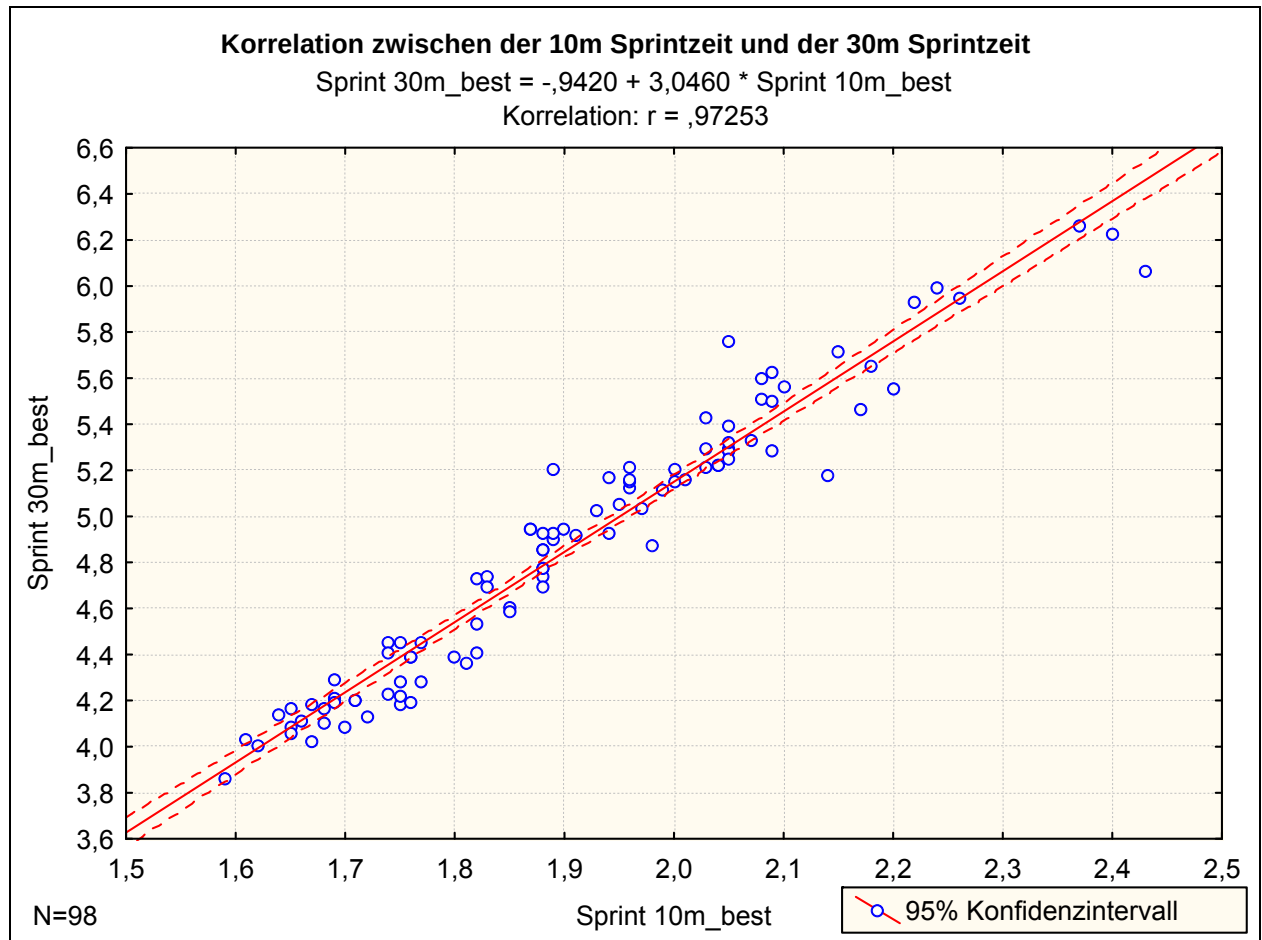


Abbildung 24: Korrelation zwischen der 10m Sprintzeit und 30m Sprintzeit

10.4.6 Zusammenhang zwischen der Körpergröße und der VO_2 max

Tabelle 16: Statistische Zusammenhänge zwischen Körpergröße und relativer VO_2 max

Var. X und Y	Korrelationen (Körpergröße mit der relativen VO_2 max) Markierte Korr. signifikant für $p < ,05000$ (Fallweiser Ausschluss von MD)						
	Mittelw.	Stdabw.	$r(X,Y)$	r^2	t	p	N
Größe	178,7000	6,092109					
rel. VO_2 max	51,6670	4,273861	0,024863	0,000618	0,131602	0,896241	30

Tabelle 13 zeigt, dass kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Körpergröße und der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme besteht. Der Korrelationskoeffizient beträgt $r = 0,02$. Die beiden Faktoren stehen daher in keiner Beziehung zueinander. Die Nullhypothese 10 muss daher verworfen werden.

10.4.7 Zusammenhang zwischen BMI und der relativen VO₂ max

Tabelle 14: Statistische Zusammenhänge zwischen Body Mass Index und relativer VO₂ max

Var. X und Y	Korrelationen (BMI mit der relativen VO ₂ max) Markierte Korr. signifikant für p < ,05000 (Fallweiser Ausschluss von MD)						
	Mittelw.	Stdabw.	r(X,Y)	r ²	t	p	N
BMI	23,22333	2,254296					
rel. VO ₂ max	51,66700	4,273861	-0,545518	0,297590	-3,44424	0,001822	30

Tabelle 14 und Abbildung 25 beschäftigen sich mit dem Zusammenhang zwischen dem BMI und der relativen VO₂ max. Dieser fällt mit einem Wert von $r = -0,54$ zu Buche, und ist somit nicht so deutlich ausgeprägt wie die Zusammenhänge davor. Die Nullhypothese 11 muss daher angenommen werden.

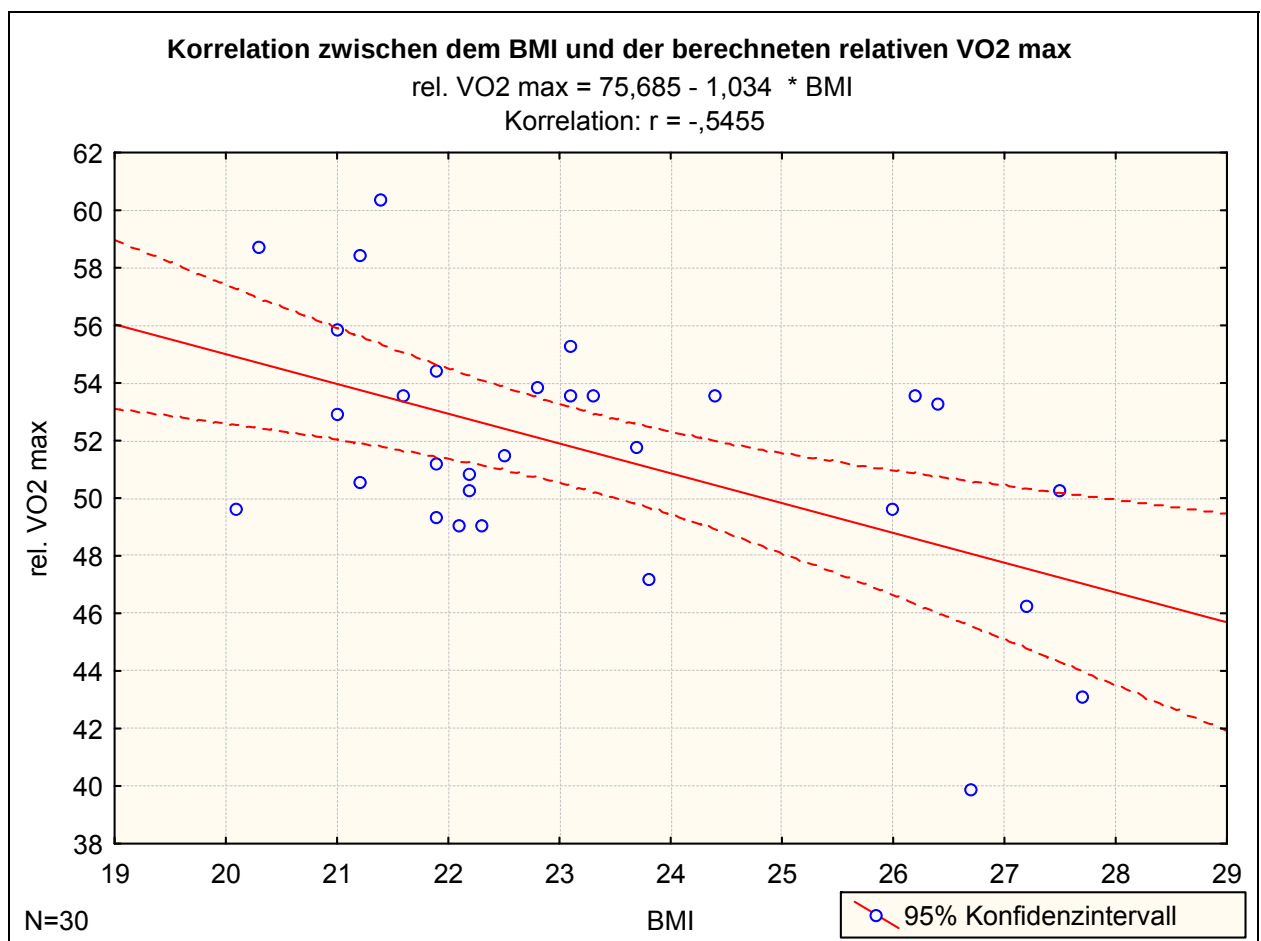


Abbildung 25: Korrelation zwischen dem BMI und der berechneten relativen VO₂ max

11 INTERPRETATION DER ERGEBNISSE

Betrachtet man die Ergebnisse im Allgemeinen, so kann man zunächst feststellen, dass jene Testpersonen, die die besten Werte in der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit aufweisen, auch die besten Ergebnisse im Sprinttest ablieferten. Der Zusammenhang zwischen der relativen VO_2 max und den beiden Sprintzeiten (10 und 30 Meter) ist hochsignifikant und eindeutig abgesichert. Das gleiche gilt für die gelaufene Shuttle Run Zeit und die Sprintleistungen. Dies steht im Einklang mit den Kapiteln der Grundlagenausdauer, der maximalen Sauerstoffaufnahme, sowie dem Belastungsprofil des Fußballspielers. Somit ergibt dies eine Bestätigung der dort angegebenen Studien (Reilly et al. 2000, Bangsbo 1994, Hoff et al. 2004) welche zeigen, dass die aerobe Grundlagenausdauer Grundvoraussetzung für die Verträglichkeit der Sprintbelastungen während eines Fußballspieles sind. Weiters wird die Theorie erhärtet, dass beide Fähigkeiten von enormer Wichtigkeit für das erfolgreiche Fußballspielen sind.

Außerdem ist zu beobachten, dass es in allen untersuchten Faktoren mit Ausnahme der 10 Meter Sprintzeit, nur zwischen dem Team der U14 und U16 zu einer signifikanten Leistungssteigerung kommt. Offenbar ist hier ein deutlicher Einschnitt in der altersgemäßen Entwicklung von Kindern und Jugendlichen in den Leistungskurven vom Kinderfußball in Richtung Erwachsenenfußball erkennbar.

In der Literatur finden sich nur wenige Untersuchungen, (Haußecker 2007, Proietti 2003) die ebenfalls eine Entwicklung der getesteten Faktoren im Altersverlauf zum Ziel haben. Allerdings sind in diesen Studien keine vergleichbaren Werte zu finden, da diese in der Dissertation von Haußecker keine fußballspezifischen Daten beinhaltet. Die Arbeit von Proietti beschäftigt sich zwar mit dem Vergleich von zwei Fußballmannschaften, jedoch wurden andere Testverfahren angewandt, sowohl im Sprinttest also auch im Ausdauerstest. Dadurch ist der Vergleich mit den Studien von Proietti und Haußecker, was die Entwicklung im Altersgang betrifft, nur schwer möglich. Vor allem im Bereich der besonders jungen Mannschaften wie der U9, U10, U11 und U13 sind so gut wie keine Ergebnisse in der Literatur, besonders die Sprintleistungen betreffend, zu finden. Erst ab einem Alter von etwa 15 Jahren, das heißt ab der U16, gibt es im Sprintbereich vergleichbare Untersuchungen. Nichtsdestotrotz kann man einige Schlüsse aus Sicht der Trainingswissenschaft ziehen, die Spielraum für einige Interpretationen in diesem Altersbereich zulassen.

Die relative maximale Sauerstoffaufnahme als Kriterium der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit wird in den unterschiedlichen Untersuchungen auch oft unterschiedlich getestet. Sehr oft wird der 20 Meter Shuttle Run Test durchgeführt, es

kommen jedoch auch andere Tests wie der Treadmilltest, oder der Yoyo Test sehr häufig zur Anwendung. Hoff (2002) entwickelte einen Test zur Bestimmung der relativen VO_2 max, bei dem die Untersuchung mit dem Ball durchgeführt werden muss. Dementsprechend variieren auch die Ergebnisse der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme.

In dieser Studie zeigt die relative VO_2 max zunächst bei erster Betrachtung in der altergemäßen Entwicklung keine großen Auffälligkeiten. Wie im Kapitel 3.5.1. beschrieben zeigt Weineck (2004) keine Verbesserung der relativen VO_2 max im Altersverlauf von ausdauertrainierten Kindern von 10 bis 18 Jahren. Dies steht jedoch im Widerspruch zu der hier durchgeführten Untersuchung. Hier steigt die relative VO_2 max leicht, aber stetig an, ebenso die Shuttle Run Zeit, die ja, wie hier herausgefunden wurde, in einem engen Zusammenhang stehen. Gründe hierfür sind möglicherweise darin zu sehen, dass in der vorliegenden Studie die relative VO_2 max regressionsanalytisch berechnet wurde. Außerdem muss erwähnt werden, dass bei den hier untersuchten Kindern und Personen kein reines Ausdauertraining, sondern ein fußballspezifisches Training durchgeführt wurde. Zusätzlich ist zu beachten, dass die getesteten Teams dieser Arbeit ein unterschiedliches Trainingsalter aufweisen.

Bei der Prüfung auf signifikante Unterschiede zeigt sich jedoch, dass die relative VO_2 max der U9 sich nicht überzufällig von der U10 und U11 Mannschaft unterscheidet, genauso wie die U11, bzw. die U13 und die U14 Mannschaften, sich nicht signifikant in Bezug auf die relative VO_2 max unterscheiden. Die Mittelwerte der Mannschaften variieren aber nur sehr gering von einander. Liegt der Mittelwert der U9 bei 34,9 ml/kg/min, steigt er für die U10 auf 38,9 ml/kg/min. Für das Team der U11 wurde ein Mittelwert von 40,2 ml/kg/min festgestellt, dieser erhöht sich nicht signifikant bei der U13 auf 42,6 ml/kg/min, um bei der U14 einen Wert im Mittel von 44,0 ml/kg/min zu erreichen. In der Literatur finden sich Angaben in der Studie von McNaughton (1996) wo die relative VO_2 max von 12jährigen Schulkindern ohne Fußballhintergrund einen Mittelwert bei 41,7 ml/kg/min zeigen. Bei der hier durchgeführten Untersuchung liegt der Mittelwert der U13 Mannschaft bei 42,6 ml/kg/min. Dieser Wert liegt nur geringfügig höher, obwohl die U13 Mannschaft dreimal pro Woche trainiert. Somit dürfte der Trainingszustand bzw. die Trainingsinhalte der letzten Jahre ausschlaggebend für dieses Ergebnis sein, zumal dieses Team seit drei Jahren gemeinsam trainiert und ein entsprechend höheres Trainingsalter aufweist, als beispielsweise das Team der U11. Das Gleiche dürfte für die U14 Mannschaft gelten. Dies ist umso mehr anzunehmen, als dass der Sprung zwischen dem U14 und U16 Team eklatant groß im Vergleich zu den anderen erscheint. Weiters findet man in der Literatur bei Weineck und Zintl/ Eisenhut die Aussage, dass die relative

VO₂ max abhängig von dem Größenwachstum der Kinder sei. Da in der Untersuchung keinen Zusammenhang zwischen der Körpergröße und der relativen VO₂ max gefunden wurde, kann das Größenwachstum auf keinen Fall der alleinige Grund für die aufgezeigten Tatsachen sein.

Ebenfalls auffällig ist, dass sich die Mannschaften der U16, U18 und die Kampfmannschaft bezüglich der relativen VO₂ max nicht überzufällig unterscheiden. Die Untersuchung von Aigner et al (1993) an einer U16 bzw. U18 Mannschaften eines Bundesnachwuchszentrums zeigen im Vergleich deutlich bessere Werte (U16 59,6 ml/kg/min, U18 62,4 ml/kg/min) für die relative VO₂ max als die Werte die hier getestet wurden. Zwar wird in der Literatur von Zintl/ Eisenhut angegeben, dass männliche Jugendliche mit 18 Jahren die höchsten Werte bezüglich der relativen VO₂ max erreichen, jedoch zeigt der Vergleich mit anderen Kampfmannschaften im Amateurbereich, dass die hier untersuchte mit einem Mittelwert von 51,6 ml/kg/min deutlich unter jenen, von den in der Literatur gefundenen Werten, liegt. Diese bewegen sich im Bereich von 55 – 65 ml/kg/min (vgl. Kapitel Belastungsprofil des Fußballspielers) und somit sollte ein größerer Unterschied zwischen dem Team der U16 bzw. U18 und der Kampfmannschaft zu finden sein.

In der Literatur schreiben Aziz et al. (2005) Werte für 17 bis 18 jährige Fußballspieler von 59,1 ml/kg/min. Strudwick et al. (2002) kamen in einer Studie an englischen Spielern der Premier League (höchste englische Spielklasse) auf Werte von 59,4 ml/kg/min. Stolen et al. (2005) berichten von einem Durchschnittswert bei ungarischen U18 Nationalspielern von 73,9 ml/kg/min und 58 ml/kg/min bei Jugendlichen von 14 Jahren. Gil et al. (2007) untersuchte die relative maximale Sauerstoffaufnahme nach Spielspositionen bei Kampfmannschaftsspielern. Dabei kamen die Stürmer auf den höchsten Wert von 62,4 ml/kg/ min, die Mittelfeldspieler hatten einen Wert von 57,7 ml/kg/min zu verzeichnen, während die Verteidiger auf 58,5 ml/kg/min und die Torhüter auf immerhin 48,4 ml/kg/min kamen. Svenson und Drust (2005) schreiben von Untersuchungen von Apor (1988) der wie schon einmal erwähnt ungarische jugendliche Elitefußballspieler untersucht hat. Dabei wurde ein Mittelwert von 63,2 ml/kg/min der relativen VO₂ max festgestellt. Im selben Artikel von Svenson und Drust sind außerdem Studien von Aziz (2000) und Casajus (2001) angeführt. Dabei ist ein Wert von Aziz (2000) für das Nationalteam von Singapur von 58,2 ml/kg/min getestet worden, sowie 66,4 ml/kg/min von Casajus (2001) für Spieler aus der höchsten Liga des aktuell regierenden Europameisters aus Spanien. Keiner der hier getesteten Spieler der gleichen Altersgruppen kommt auch nur annähernd an die genannten Maximalwerte heran. Von den Spielern der Kampfmannschaft hat genau ein einziger einen Wert von dieser Höhe (60,38 ml/kg/min) bei der hier

durchgeführten Untersuchung erreicht. All diese Tatsachen lassen darauf schließen, dass in dem Altersbereich von U16 bis zur Kampfmannschaft Defizite im aeroben Ausdauerbereich vorherrschen. Die Gründe hierfür sind schwer nachzuvollziehen. Möglicherweise ist das technisch/ taktische Niveau der Spieler so schlecht, dass diese Faktoren von größerer Wichtigkeit sind, und deswegen die Trainingsinhalte nicht auf körperliche Fitness ausgerichtet sind. Schließlich spielt die Kampfmannschaft nur in der vierten Leistungsstufe, die Nachwuchsabteilung der Rennweger Sportvereinigung ist in der dritten Wiener Nachwuchsklasse (Nachwuchsliga B) im Meisterschaftsbetrieb beschäftigt. Andererseits sollten Fußballspieler mit 16 Jahren, gleichsam fertig ausgebildet sein, zumindest in technischer und taktischer Hinsicht, das bedeutet, dass hier einiger Aufholbedarf bei den Trainingsinhalten zu sein scheint.

Bei Betrachtung der Sprinttests in der Literatur sind ebenfalls einige Unterschiede in den Studien zu erkennen. So entwickelte Bangsbo einen eigenen Sprinttest, der mit Richtungsänderungen, wie sie im Spiel vorkommen agiert. Die Ergebnisse der 10 Meter Sprintzeit im Altersverlauf haben ebenfalls Aufmerksamkeit verdient. Zwar steigen die Leistungen auch hier kontinuierlich an, jedoch herrscht ein ähnliches Problem, wie im Ausdauerbereich vor.

Leider sind hier in der Literatur keinerlei Vergleichszahlen, vor allem im Bereich der jungen Teams von U9 bis U13 zu finden. Offenbar ist es noch nicht oft versucht worden auch die jüngsten Fußballspieler einer Untersuchung in diesem Bereich zu unterziehen. Für die Kampfmannschaft liegen hingegen sehr viele Untersuchungen vor. Bezüglich der Auswertung der vorliegenden Studie ist folgendes festzustellen. Die U9 Mannschaft ist die einzige, die sich von ihrer nächst höheren Mannschaft, der U10, signifikant in den 10 Meter Sprintzeiten unterscheidet. Dies hat allerdings mit den beiden, schon früher erwähnten, übergewichtigen Spielern zu tun, die in diesem Punkt deutlich schlechtere Leistungen brachten, als ihre Teamkameraden. Ansonsten konnte im ansteigenden Altersverlauf kein signifikanter Unterschied zwischen den ansteigenden Teams festgestellt werden. Die Frage, ob das ein normaler Sachverhalt ist, ist leider hier nicht zu beantworten. Fest steht, dass die 10 Meter Sprintzeiten immer schneller werden, je älter die Mannschaft ist.

In der Literatur werden bei Stolen et al. 10 Meter Sprintzeiten für Kampfmannschaften von 1,79 bis 1,90 Sekunden berichtet. Weber/ Gerisch (1992) sprechen von 10 Meter Zeiten einer Mannschaft der zweiten deutschen Bundesliga von 1,69 Sekunden. Cometti et al. (2001) zeigt in einer Untersuchung aus Frankreich, dass Spieler der höchsten Spielklasse eine 10 Meter Sprintzeit von 1,8 Sekunden aufweisen, Spieler der zweiten Leistungsstufe in Frankreich kommen auf einen getesteten Wert von 1,81 Sekunden, sowie Spieler der

obersten Amateurliga eine Zeit von 1,85 Sekunde auf der 10 Meter Distanz zeigen. Der Mittelwert der Kampfmannschaft der Rennweger Sportvereinigung beträgt 1,7 Sekunden, der Wert der U18 zeigt 1,73 Sekunden und für die U16 wurde ein Mittelwert von 1,8 Sekunden festgestellt. Die Untersuchungen von Weber/ Gerisch zeigen auch Werte für 18- jährige der höchsten deutschen Spielklasse. Die Zeit für die 10 Meter Antrittsschnelligkeit liegt hier bei 1,71 Sekunden. Das heißt, dass die Kampfmannschaft, die U18 und die U16 im Vergleich (vor allem der Spielklasse gegenüber) eine relativ gute Beschleunigungsfähigkeit besitzen. Jedoch muss angemerkt werden, dass unterschiedliche Durchführungsmodalitäten der Sprinttests zu sehen sind, so werden in oft andere Abstände des Startlichtschrankens zum Startpunkt des Läufers als in dieser Untersuchung gewählt.

Interessant ist, dass in der vorliegenden Studie der Rennweger Sportvereinigung bereits Spieler der U11 eine 10 Meter Bestsprintzeit von 1,9 Sekunden oder schneller aufweisen. Der Grund dafür dürfte in einem regelmäßigen Schnelligkeitstraining zu finden sein, da, wie in Kapitel 6.6.3. beschrieben, die Schnelligkeitsfähigkeiten sehr früh im Kindesalter gut auszubilden sind. Da auch bei Betrachtung des Boxplot Diagramms der 10 Meter Sprintzeit auffällt, dass der Medianwert der U11 Mannschaft gegenüber dem der U13 sogar höher liegt, heißt das, dass 50 Prozent der Spieler des U11 Teams schneller sind als die Spieler der U13.

Die gleiche Ausprägung wie bei der relativen $\text{VO}_2 \text{ max}$ ist auch bei den 10 Meter Sprintzeiten der U16, U18 und der Kampfmannschaft zu beobachten. Auch hier gibt es keine signifikanten Leistungsunterschiede zwischen den Teams. Zwar liegen die Werte der Kampfmannschaft fast durchgehend unter den berichteten 1,9 Sekunden, jedoch ist der Unterschied zur Mannschaft der U16 nicht signifikant. Dies lässt auf ein fehlendes Maximalkrafttraining schließen. Der Zusammenhang zwischen Sprung- bzw. Sprintkraft und einem hohen Maximalkraftniveau ist hinreichend bekannt und auch in der Literatur nachgewiesen (vgl. Kapitel 6.6.).

Die 30 Meter Sprintzeit steht, nach der hier vorliegenden Untersuchung, in einem hoch signifikanten Zusammenhang mit der 10 Meter Sprintzeit. Dieser wurde auch schon in der Studie von Little/ Williams (2005) belegt. Vergleicht man die vorliegenden Ergebnisse mit der Studie von Weber/ Gerisch (1992) so zeigt sich im Bereich der Kampfmannschaft ein deutlicher Unterschied in den gemessenen 30 Meter Sprintzeiten. Bei Weber/ Gerisch liegen die Mittelwerte einer Mannschaft der zweiten deutschen Bundesliga bei 4,10 Sekunden. Eine Studie von Kindermann et al. (1993) nennt die damalige 30 Meter Sprintzeit deutscher Nationalteamspieler. Laut Kindermann lag diese damals bei vergleichbarer Testbatterie im Mittel bei 3,98 Sekunden. Kindermann ist der Auffassung,

dass leistungsstarke Spieler in der Lage sein sollten, die 30 Meter Distanz unter 4 Sekunden und die 10 Meter unter 1,65 Sekunden zu sprinten. In der vorher schon erwähnten Studie von Cometti et al. (2001) liegen die 30 Meter Sprintzeiten bei 4,22 Sekunden für Spieler der höchsten französischen Spielklasse, 4,24 Sekunden für Spieler der zweithöchsten Liga, sowie 4,29 Sekunden für die Spieler der obersten Amateurliga in Frankreich. Die Kampfmannschaftsspieler der Rennweger Sportvereinigung kommen im Mittel auf eine Zeit von 4,21 Sekunden über 30 Meter. Dies erscheint ein vergleichsweise guter Wert für Spieler einer Amateurliga zu sein.

Die Studie von Weber/ Gerisch (1992) berichtet auch von Zeiten der A Junioren (18 jährige Fußballer) der höchsten deutschen Nachwuchsklasse die bei 4,17 Sekunden liegen. Im Vergleich zur den Gleichaltrigen der hier durchgeführten Untersuchung sind diese Zeiten um gute zwei Zehntelsekunden schneller. In der Untersuchung von Aigner et al (1993). wurden ebenfalls die 30 Meter Zeiten der U16 bzw. U18 Mannschaft eines Bundesnachwuchszentrums erfasst. Die besten Zeiten bewegen sich um 4,9 Sekunden für die U16 und bei 4,67 bei der U18 Mannschaft. Die hier gemessenen Bestwerte der Grundschnelligkeit über 30 Meter zeigen einen Bestwert für die U16 von 4,5 Sekunden und für die U18 von 4,2 Sekunden. Leider konnte die Testbatterie der Studie von Aigner et al. (1993) nicht genau festgestellt werden. Es ist anzunehmen, dass unterschiedliche Testverfahren angewandt wurden.

Wiederum kann festgestellt werden, dass hier bereits Spieler der U11 Mannschaft diese Werte erreichen, aber, so wie schon vorher bei der 10 Meter Sprintzeit, das Team der U13 fast gleichauf mit den Schnelligkeitsfähigkeiten der U11 liegt. Mangelndes Schnelligkeitstraining dürfte hier der Grund für diese Ausprägung sein. Da die Spieler der U11 noch dazu ein um ein Jahr geringeres Trainingsalter als die U13 aufweist, erscheint es logisch hier Schnelligkeitsdefizite anzunehmen.

Wie schon vorher erwähnt tritt zwischen den Teams der U14 und U16 wieder ein signifikanter Unterschied im Bezug auf die 30 Meter Sprintzeit zutage.

12 ZUSAMMENFASSUNG

Gegenstand der vorliegenden Untersuchung war die Entwicklung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit und der Sprintleistungsfähigkeit von Fußballspielern im Altersverlauf. Zur Ermittlung von aussagekräftigen Ergebnissen, kam ein 20 Meter Multistage Shuttle Run Test und ein Sprinttest über eine Distanz von 30 Metern mit einer weiteren Lichtschranke an der 10 Metermarke, zur Anwendung. Die Entwicklung im Altersverlauf konnte ausreichend dargestellt werden, jedoch sind die Ergebnisse etwas anders ausgefallen als erwartet.

Im ersten Teil der Arbeit wurden die theoretischen Hintergründe mittels Literaturrecherche ausgearbeitet und die später untersuchten Faktoren der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit sowie der Schnelligkeit des Fußballspielers vorgestellt.

Im zweiten Teil wurde die empirische Forschungsaufgabe beschrieben, die Hypothesen aufgestellt, die statistische Bearbeitung erklärt und zum Schluss die Ergebnisse vorgestellt.

Die Testgruppe bestand aus 98 Fußballspielern der Rennweger Sportvereinigung, einem Verein der Wiener Landesliga (4. Leistungsstufe). Diese wurden in acht Alterstufen, welche auch für den Meisterschaftsbetrieb gelten, getestet.

Die Resultate der Untersuchung zeigen im aeroben Ausdauerbereich einen kontinuierlichen Anstieg der Shuttle Run Zeit und der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme. Allerdings hätte ich einen größeren Unterschied zwischen den einzelnen Mannschaften im Altersgang erwartet. Tatsächlich ist es aber so, dass lediglich beim Wechsel von der U14 Mannschaft zur U16 ein deutlicher Leistungsanstieg erkennbar ist. Meiner Meinung nach müssten jedoch deutlichere Differenzen zwischen den Mannschaften im Altersverlauf zu finden sein, auch wenn diese nicht signifikant sein müssen. Obwohl die jeweils nächst ältere Mannschaft ein bis zu zwei Jahren höheres Trainingsalter aufweist, zeigt sich jedoch kein überzufälliger Unterschied in der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit.

Dasselbe Bild bietet sich bei der Analyse der 10 und 30 Meter Sprintzeit. Zwar werden die Sprintzeiten von Team zu Team immer schneller, allerdings ist bei der 10 Meter Sprintzeit kein einziger signifikanter Unterschied im ansteigenden Altersverlauf zu bemerken, auch nicht zwischen der U14 und der U16 Mannschaft.

Die Auswertung der 30 Meter Sprintzeit zeigte, dass auch hier wiederum nur zwischen den Teams der U14 und U16 ein statistisch signifikanter Unterschied zu beobachten ist.

Bei der Überprüfung der Korrelationen zwischen den untersuchten Faktoren der Ausdauerleistungsfähigkeit (Shuttle Run Zeit, relative VO_2 max) und den Sprintleistungen ergab hingegen das erwartete Resultat. Es bestehen eindeutige Zusammenhänge zwischen Ausdauerleistungsfähigkeit und Sprintleistungsfähigkeit bei Fußballern aller Altersstufen. Die Korrelationen konnten sowohl für die Shuttle Run Zeit und den Sprintzeiten, als auch für die relative VO_2 max und den Sprintzeiten, sowie zwischen den Sprintzeiten selbst festgestellt werden. Einzig die Annahme, dass zwischen der Körpergröße und der relativen VO_2 max ein Zusammenhang besteht, musste verworfen werden.

Die Ergebnisse decken sich größtenteils mit der bearbeiteten Literatur. Leider wurden im Zuge der Recherche vor allem im Nachwuchsbereich von der U9 bis zur U18 nur wenige adäquate Vergleichsergebnisse gefunden, wogegen für den Bereich der Kampfmannschaft ausreichend Studien zur selben Fragestellung vorhanden sind. Gründe für die großen Unterschiede in der Leistungsfähigkeit der untersuchten Mannschaften im Vergleich zu den gefundenen Aussagen in der Literatur, könnten unter anderem an der Spielstärke der Mannschaften der Rennweger Sportvereinigung liegen. Die Kampfmannschaft spielt in der vierten österreichischen Leistungsstufe, der Nachwuchsbereich gar nur in der vorletzten Spielklasse der Wiener Nachwuchsligen. Daher ist der Verein nicht „übernatürlichen“ Talenten gesegnet, da diese natürlich, selbst falls diese Talente vorhanden wären, von den Spitzenklubs sofort abgeworben werden würden. Andererseits sollten von den Verantwortlichen des Vereines die Trainingsinhalte überdacht werden, da es, meiner Meinung nach, doch deutlichere Unterschiede in den untersuchten Faktoren zwischen den Teams im ansteigenden Altersverlauf geben sollte.

13 LITERATURVERZEICHNIS

Aigner et al: „Ausdauerleistungsfähigkeit und Schnelligkeit von Fußball-Jugendauswahlspielern“, in Österreichisches Journal für Sportmedizin 1993; 2, S41–45

Aziz et al: „A pilot study comparing two field tests with the treadmill run test in soccer players“, in: Journal of sports science and medicine 2005 (4); S 105- 112

Bauersfeld M, Voß G.: „Neue Wege im Schnelligkeitstraining“, Münster 1992

Bangsbo, J.: „Fitness training in football – a scientific approach“, Bagsvaerd/ Dänemark 1994

Bangsbo, J.: „Energy demands in Competitive soccer“, in: Journal of Sports Science 1994; 12: S 5-12

Bässler, R. (1989). Einführung in die empirische (Sozial-) Forschung für Sportwissenschaftler. Skriptum. Wien: Universität Wien, Institut für Sportwissenschaften.

Biermann, C.: „Die Speedfreaks Europas“, in: Der Spiegel 2008; April: S 127

Cometti et al.: „Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur french soccer players“, in: International Journal of Sports medicine 2001; 22: S 45-51

Dargatz, T.: „Fußball- Konditionstraining“, Copress Verlag, München, 2001

Geese, R.: „Konditionsdiagnose im Fußball“, in: Leistungssport 1990; 4: S 23-28

Gil et al: „Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: relevance for the selection process“, in Journal of Strength and conditioning research 2007, 21(2), S438- 445

Gonzales- Balzar, P.: „Konditionstraining und sportmedizinische Betreuung in der 1. Fußball Bundesliga“, Dissertation in der Abteilung für Sport- und Bewegungserziehung der Universität Hamburg, 2007

Grosser M., Starischka S.: „Konditionstests“, München 1986, 2. Auflage

Grosser, M.: „Schnelligkeitstraining“, BLV Verlag München 1991

Haußecker, K.: „Die motorische Entwicklung bei Kindern und Jugendlichen zwischen zehn und vierzehn Jahren“, Dissertation am Institut für Sportwissenschaften am Institut für Sportwissenschaften in Wien, Februar 2007

Hoff J., Helgerud J.: „Endurance and Strength Training for Soccer Players“, in: Sports Medicine 2004; 34: S 165-180

Hoff J., Wisloff U., et al.: „Soccer specific endurance training“, in: British journal of sports medicine, 2002;36; S 218-221

Hohmann A., Lames M., Letzelter M.: „Einführung in die Trainingswissenschaft“, Limpert Verlag, 3. Auflage 2003

- Hollmann W., Hettinger T.: „Sportmedizin“ Stuttgart, 2000, 4. Auflage
- Kindermann W., Gabriel H., Coen B., Urhausen A.: „Sportmedizinische Leistungsdiagnostik im Fußball“, in: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 1993; 44,6: S 232-244
- Leger L., Lambert J.: „A multistage 20m Shuttle Run Test to predict the VO_2 max“, in: European Journal of applied physiology, 1982; 49: S 1-12
- Leger L., Mercier D., Gadoury C., Lambert C.: „The multistage 20m Shuttle Run Test for aerobic fitness“, in: Journal of Sports Science, 1988; 6: S 93-101
- Little T., Williams A.: „Specificity of Acceleration, maximum speed and agility in professional soccer players“, in: Journal of Strength and Conditioning Research, 2005; 19(1), S76-78
- Martin D., Carl K., Lehnertz K.: „Handbuch Trainingslehre“, Verlag Hofmann Schorndorf, 3. Auflage, 2001
- McMillan K., Helgerud J., Macdonald R., Hoff J.: „Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players“, in: British Journal of Sports Medicine, 2005; 39, S273- 277
- Mc Naughton I., Cooley D., Kearney S., Smith S.: „A Comparison of two different Shuttle Run Test for the estimation of the VO_2 max“, in: Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 1996; 26: S 85-89
- Mayer R., Mayer T.: „Ausdauertrainer Fußball“ Reinbek bei Hamburg 2004
- Meyer T., Kindermann W.: „Die maximale Sauerstoffaufnahme (VO_2 max)“, in: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 1999; 9: S 285-286
- Meyer T., Coen B., Urhausen A., Wilking P., Honorio S., Kindermann W.: „Konditionelles Profil jugendlicher Fußballspieler“, in: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 2005; 1: S 20-25)
- Meyer T., Ohlendorf K., Kindermann W.: „Konditionelle Fähigkeiten deutscher Spitzenfußballer im Längsschnitt“, in: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 2000; 51 7+8: S 271-277
- Müller E., Lorenz H.: „Computergestütztes Spielanalysesystem“ in Leistungsport 1996; 1: S 59-62
- Proietti, R.: „Komplexdiagnostik im Fußball an Hand sportphysiologischer und sportmedizinischer Kenngrößen: Vergleich einer österreichischen und italienischen Spitzenmannschaft im Nachwuchsfußball“, Dissertation am Institut für Sportwissenschaften in Wien, Juni 2003
- Svenson, M., Drust B.: „Testing soccer players“, in: Journal of Sports science 2005; 23(6), S 601-618
- Steinhöfer, D.: „Grundlagen des Athletiktrainings. Theorie und Praxis zu Kondition, Koordination und Trainingssteuerung im Sportspiel“, Philippka Sportverlag Münster, 2003

Stolen T., Chamari K., Castagna C., Wisloff U.: „Physiology of Soccer“, in Journal of Sports Medicine, 2005, 35(6), S501-536

Strudwick A., Reilly T., Doran D.: „Anthropometric and fitness profiles of elite players in tow football codes“, in: Journal of Sports medicine and Physical Fitness, 2002; 42: S 239-242

Reilly T., Bangsbo J., Franks A.: „Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer“, in: Journal of Sports Science 2000; 18: S 669-683

Reilly T., William A.M. (Hrsg.): „Science and soccer“, 2. Auflage, London 2003

Reilly T., Gilbourne D.: „ Science and Football: a review of applied research in the football codes“, in: Journal of Sports sciences, 2003: 21; S 693-705

Reinhold, T.: „Leistungsdiagnostik im Fußball“, Verlag Dr. Müller, 2008

Rienzi E., Drust B., Reilly T., Carter JEL., Martin A.: „Investigation of anthropometric and work- rate profiles of elite south American international soccer players“ , in Journal of Sports Medicine an Physical Fitness 200; 40: S 162 – 169

Tschan H., Baron R., Smekal G., Bachl N.: „Belastungs- Beanspruchungsprofil im Fußball aus physiologischer Sicht“, in: Österreichisches Journal für Sportmedizin 2001; 1: S 7-17

Verheijen, R.: „Handbuch Fußballkondition“, Leer 1999/ 2000

Weber K., Gerisch G.: „ Schnelligkeitstest im Leistungsfußball“, in: TW Sport und Medizin 1992 (4) S120-126, Institut für Sportspiele, Deutsche Sporthochschule Köln

Weineck, J.: „Optimales Fußballtraining“, Spitta Verlag, 4. Auflage 2004

Weineck, J.: „Optimales Training“, Spitta Verlag, 15. Auflage 2007

Werthner, R: „Sportmotorische Leistungsdiagnostik als Grundlage für Selektionsentscheidungen bzw. eine prognostisch orientierte Talentförderung im Fußball“, in: Österreichisches Journal für Sportmedizin 2001; 2: S 6-12

Winkler, W.: „Fußball analysiert: HSV gegen Inter Mailand. Spielanalyse mit Hilfe von Videoaufnahmen“, in Fußballtraining 1985; 11: S 25-30

Winkler, W.: „Fußball analysiert: HSV gegen Inter Mailand. Spielanalyse mit Hilfe von Videoaufnahmen“, in Fußballtraining 1985; 12: S 19-22

Wisloff U., Helgerud J., Hoff J.: „Strength and endurance of elite soccer players“, in: Medicine and Science in Sports and Exercise 1998; 30, 3: S 462-467

Wisloff U., Castagna C., Helgerud J., Jones R., Hoff J.: „Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players“ in: British Journal of Sports Medicine 2004; 38: S 285-288)

Zintl F., Eisenhut A.: „Ausdauertraining“, BLV Verlag München, 6. Auflage 2004

14 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Die relative maximale Sauerstoffaufnahme bei ausdauertrainierten Kindern nach Weineck (2004, S. 170)	25
Abbildung 2: Werte der rel. VO_2 max in Ausdauerdisziplinen; Referenzwerte nach Geschlecht getrennt nach Zintl/ Eisenhut (2004, S 65)	44
Abbildung 3: a) rel. VO_2 max verschiedener Sportdisziplinen nach Hollmann/ Hettinger b) rel. VO_2 max bei Sportlern unterschiedlicher Trainiertheitsgrade: 1= Skilangläufer, 2= Langstreckenläufer, 3= Eisschnellläufer, 4= Fußballspieler, 5= Sprinter, 6= Untrainierter nach Bosco 1990 nach Weineck (2004, S 158).....	47
Abbildung 4: Teileigenschaften der Schnelligkeit und ihre Bedeutung für den Fußballspieler nach Weineck (2004, S 378).....	53
Abbildung 5: Ablauf der Energiebereitstellung aus Weineck (2004, S 405)	60
Abbildung 6: Sportplatz der Rennweger Sportvereinigung in Wien Landstraße.....	78
Abbildung 7: Durchführung des Shuttle Run Tests. Serienbild der U 16 zum Wendepunkt, im Hintergrund die Spieler, die die anderen sowohl in der korrekten Ausführung, als auch in der Anzahl der gelaufenen Shuttles kontrollieren.	80
Abbildung 8: Aufbau des Sprinttests.....	81
Abbildung 9: Körpergröße im Altersverlauf.....	88
Abbildung 10: Körpergewicht im Altersverlauf.....	89
Abbildung 11: Body Mass Index im Altersverlauf	91
Abbildung 12: Gelaufene Shuttlezeit im Altersverlauf.....	92
Abbildung 13: Die rel. VO_2 max im Altersverlauf	93
Abbildung 14: 10 Meter Sprintzeit im Altersverlauf.....	94
Abbildung 15: 30 Meter Sprintzeit im Altersverlauf.....	95
Abbildung 16: Statistische Darstellung der Shuttle Run Laufzeit im Altersverlauf.....	97
Abbildung 17: Statistische Darstellung der berechneten rel. VO_2 max im Altersverlauf	99
Abbildung 18: Darstellung der Entwicklung der 10 Meter Sprintzeit.....	100
Abbildung 19: Darstellung der Entwicklung der 30 Meter Sprintzeit.....	102
Abbildung 20 Korrelation zwischen 10m Sprintzeit und der Shuttle Run Zeit.....	104
Abbildung 21: Korrelation zwischen der 30m Sprintzeit und der Shuttle Run Zeit	105
Abbildung 22: Korrelation zwischen 10m Sprintzeit und der relativen VO_2 max.....	107
Abbildung 23: Korrelation zwischen der 30m Sprintzeit und der relativen VO_2 max berechnet aus der Shuttle Run Zeit.....	108
Abbildung 24: Korrelation zwischen der 10m Sprintzeit und 30m Sprintzeit	110
Abbildung 25: Korrelation zwischen dem BMI und der berechneten relativen VO_2 max .	111

15 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Leistungsbegrenzende Faktoren der VO_2 max nach Hollmann/ Hettinger (2004, S 320).....	40
Tabelle 2: Werte der rel. VO_2 max als gemessene Durchschnittswerte und als Normwerte für unterschiedliche Leistungsniveaus nach Zintl/ Eisenhut (2004, S 65)	43
Tabelle 3: Studien zur Untersuchung der relativen VO_2 max nach Stolen et al.(2005).....	45
Tabelle 4: Studien zur Untersuchung der relativen VO_2 max nach Stolen et al.(2005).....	46
Tabelle 5: Untersuchungen zur Beschleunigungsfähigkeit und Grundschnelligkeit nach Stolen (2005).....	57
Tabelle 6: Verschiedene Untersuchungen zu Gesamtleistungen von Fußballspielern nach Tschan 2001	64
Tabelle 7: Statistische Überprüfung der Shuttle Run Zeit	96
Tabelle 8: Statistische Überprüfung der berechneten rel. VO_2 max.....	97
Tabelle 9: Statistische Überprüfung der 10 m Sprintzeit	99
Tabelle 10: Statistische Überprüfung der 30 Meter Sprintzeit.....	101
Tabelle 11: Statistische Zusammenhänge zwischen der 10 Meter Sprintzeit und der Shuttle Run Zeit.....	103
Tabelle 12: Statistische Zusammenhänge zwischen der 30m Sprintzeit und der Shuttle Run Zeit.....	105
Tabelle 13: Statistische Zusammenhänge zwischen der 10m Sprintzeit und der relativen VO_2 max	106
Tabelle 14: Statistische Zusammenhänge zwischen 30m Sprintzeit und der relativen VO_2 max.....	108
Tabelle 15: Statistische Zusammenhänge zwischen der 10m Sprintzeit und der 30m Sprintzeit	109
Tabelle 16: Statistische Zusammenhänge zwischen Körpergröße und relativer VO_2 max	110

16 ANHANG

Anthropometrischer Fragebogen

Name:

Team:

Geburtsdatum:

Alter:

Geschlecht:

Größe:

Gewicht:

Trainingseinheiten pro Woche:

Trainingsalter (Zeitpunkt des Beginns des Fußballtrainings):

ANHANG

Deskriptive Statistik

Tabelle der deskriptiven Statistiken N=105 (Keine MD in Liste mit abh. Var.)						
U	Shuttlezeit Mittelw.	Shuttlezeit N	Shuttlezeit Stdabw.	Shuttlezeit Stdf.	Shuttlezeit Minimum	Shuttlezeit Maximum
U 9	351,6700	10	84,9821	26,87370	208,6000	470,0000
U 10	427,1091	11	76,8600	23,17417	319,5000	545,9000
U11	452,0250	12	71,9159	20,76033	319,5000	545,9000
U13	492,5286	14	76,6049	20,47351	345,5000	585,2000
U14	522,9231	13	56,7705	15,74530	421,4000	590,7000
U16	630,0200	15	73,8633	19,07142	470,0000	733,6000
U18	665,0500	12	72,2099	20,84520	506,0000	783,4000
KM	658,8167	18	72,3034	17,04208	506,0000	812,8000
Alle	539,2590	105	128,0355	12,49499	208,6000	812,8000

Tabelle der deskriptiven Statistiken N=105 (Keine MD in Liste mit abh. Var.)						
U	rel. VO2 max Mittelw.	rel. VO2 max N	rel. VO2 max Stdabw.	rel. VO2 max Stdf.	rel. VO2 max Minimum	rel. VO2 max Maximum
U 9	34,99500	10	4,392385	1,388994	27,75000	41,20000
U 10	38,93273	11	4,092987	1,234082	33,26000	45,32000
U11	40,26167	12	3,846878	1,110498	33,26000	45,32000
U13	42,63071	14	4,138499	1,106060	34,61000	47,50000
U14	44,08538	13	3,097934	0,859212	38,60000	47,81000
U16	50,02467	15	4,121844	1,064256	41,20000	55,86000
U18	51,71750	12	4,744858	1,369722	39,90000	58,71000
KM	51,63333	18	4,072934	0,960000	43,12000	60,38000
Alle	45,06352	105	6,993059	0,682453	27,75000	60,38000

Tabelle der deskriptiven Statistiken Kleinstes N für Variablen: 98						
U	Sprint 10m_best Mittelw.	Sprint 10m_best N	Sprint 10m_best Stdabw.	Sprint 10m_best Stdf.	Sprint 10m_best Minimum	Sprint 10m_best Maximum
U 9	2,209000	10	0,149848	0,047386	2,050000	2,430000
U 10	2,073636	11	0,102007	0,030756	1,940000	2,220000
U11	2,003333	12	0,095759	0,027643	1,870000	2,180000
U13	1,978182	11	0,088636	0,026725	1,770000	2,050000
U14	1,906667	12	0,069978	0,020201	1,820000	2,040000
U16	1,807143	14	0,113438	0,030318	1,610000	2,090000
U18	1,731667	12	0,080547	0,023252	1,620000	1,880000
KM	1,706250	16	0,067417	0,016854	1,590000	1,820000
Alle	1,907755	98	0,186782	0,018868	1,590000	2,430000

ANHANG

Tabelle der deskriptiven Statistiken
Kleinstes N für Variablen: 98

U	Sprint 30m_best Mittelw.	Sprint 30m_best N	Sprint 30m_best Stdabw.	Sprint 30m_best Stdf.	Sprint 30m_best Minimum	Sprint 30m_best Maximum
U 9	5,778000	10	0,361288	0,114249	5,280000	6,260000
U 10	5,422727	11	0,266649	0,080398	5,110000	5,930000
U11	5,215000	12	0,273013	0,078812	4,900000	5,760000
U13	5,090000	11	0,283337	0,085429	4,450000	5,390000
U14	4,920833	12	0,225971	0,065232	4,530000	5,220000
U16	4,556429	14	0,319702	0,085444	4,030000	5,280000
U18	4,292500	12	0,262544	0,075790	4,000000	4,850000
KM	4,175625	16	0,152751	0,038188	3,860000	4,410000
Alle	4,868980	98	0,585011	0,059095	3,860000	6,260000

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet und alle wörtlichen oder sinngemäßen Entlehnungen deutlich als solche gekennzeichnet habe.

November 2008

Oliver Oberhammer

LEBENS LAUF

Persönliche Angaben

Name: Oliver Oberhammer

Geburtsdatum: 20.10.1972

Geburtsort: Wien

Staatsbürgerschaft: Österreich

Familienstand: ledig

Eltern: Vater unbekannt

Eva Oberhammer, Angestellte des österreichischen Roten Kreuzes

Schulbildung

1979 - 1983 Volksschule (1200 Wien)

1983 – 1991 AHS Neusprachliches Gymnasium (1190 Wien, Billrothstraße)

Reifeprüfung Juni 1991

Studium

Seit Okt. 1993 Universität Wien, Sportwissenschaften mit Fächerkombination

Sportmanagement

Fort- und Zusatzausbildungen

21. 04. 1995 Wien, Ausbildungslehrgang für ganzheitliche Massage (mit ausgezeichnetem Erfolg)

06. 05. 1995 Wien, Ausbildungslehrgang für Sportmassage (mit ausgezeichnetem Erfolg)

10. 07. 1996 Kaprun, WSSV, Skilehrer Anwarter (mit ausgezeichnetem Erfolg)

Feb 1997 Dienten am Hochkönig, USI Ski Begleitlehrer (mit ausgezeichnetem Erfolg F3)

ANHANG

09. 07. 1997	Kaprun, WSSV, Ski Landeslehrer
17. 11. 1999	Wien, WFV, Trainerkurs Nachwuchsbetreuer Fußball (mit ausgezeichnetem Erfolg)
15. 04. 2000	Ischgl, WSSV, Alpinkurs
Mai 2000	Kaprun, Eignungsprüfung zur staatlichen Diplomschulelehrausbildung
24. 06. 2000	Hollabrunn, WFV, Trainerkurs des Landesverbandes Fußball (mit ausgezeichnetem Erfolg)
16. 03. 2002	St. Christoph am Arlberg, Vorarlberger Skilehrerverband, Snowboardlehrer Anwärter
20. 03. 2004	St. Christoph am Arlberg, BAFL Innsbruck, Staatliche Diplomschulelehrerprüfung
05.05. 2008	Lindabrunn, ÖFB / BSPA Wien, UEFA B – Lizenz Fußball (mit ausgezeichnetem Erfolg)

Beruflicher Werdegang

Juni 1997 – Juni 2000	Maria Enzersdorf, WIP Sportmanagement, Projektmitarbeiter
Seit Oktober 1996	Lehrbeauftragter Fußball, USI Wien
Seit Feb 1997	Ausbildnertätigkeit Ski, USI Wien
März 2000 – 2004	Ausbildnertätigkeit Ski, WSSV
Seit März 2006	Ausbildnertätigkeit Ski, BSPA Wien