



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Einfluss von Wearable- Technologien auf die
Leistungsdiagnostik im Sportspiel Fußball“

verfasst von / submitted by

Michael Windischhofer

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2021 / Vienna, 2021

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 190 482 313

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Lehramt UF Bewegung und Sport UF Geschichte

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Arnold Baca

Kurzfassung

Die folgende Diplomarbeit beschäftigt sich mit dem Einsatz von Wearable- Systemen im Sportspiel Fußball. Das Forschungsziel behandelt die positiven sowie negativen Einflüsse dieser Systeme in ihrer ganzheitlichen Betrachtung der physischen Parameter. Im Mittelpunkt steht der Einsatzbereich von Wearable- Systemen in der Leistungsdiagnostik und deren Subkategorien. Auch die theoretischen Aussagen der Hersteller dieser Systeme werden einer Prüfung unterzogen, ob diese in der Praxis wieder zu finden sind.

Anhand von qualitativen Leitfadeninterviews wurden Daten von drei vordefinierten Experten erhoben. Die Experten waren zwischen 43 und 50 Jahre alt und konnten eine gemeinsame Erfahrung im trainingswissenschaftlichen Bereich von mehr als 50 Jahren vorweisen. Alle Experten waren männlich.

Die Ergebnisse dieser Experteninterviews liefern bezüglich dem Einsatz von Wearable- Systemen vorwiegend positive Argumente. Besonders im Bereich der Leistungsdiagnostik sind diese technischen Hilfsmittel nicht mehr weg zu denken. Bezugnehmend auf die Erhebung, Auswertung und Implementierung in der Leistungsdiagnostik spielen vereinsabhängige Vorstellungen eine große Rolle. Des Weiteren konnten die theoretischen Aussagen der Hersteller weitgehend bestätigt werden.

Abstract

The following diploma thesis deals with the use of wearable systems in the sports game soccer. The research goal deals with the positive and negative influences of these systems in their holistic view of the physical parameters. The focus is on the area of application of wearable systems in performance diagnostics and their subcategories. The theoretical statements made by the manufacturers of these systems are also checked to see whether they can be found in practice.

Based on qualitative guided interviews, data was collected from three predefined experts. The experts were between 43 and 50 years old and had a combined experience of more than 50 years in the field of training science. All the experts were male.

The results of these expert interviews mainly provide positive arguments for the use of wearable systems. Especially in the field of performance diagnostics, these technical aids are indispensable. With regard to the survey, evaluation and implementation in performance diagnostics, club-dependent ideas play a major role. Furthermore, the theoretical statements made by the manufacturers were largely confirmed.

Vorwort

Im Jahr 1998 wurde mir von meinen Eltern die Möglichkeit gegeben, ein Fußballtraining zu besuchen. Dies war der Anstoß, welcher meine Leidenschaft für dieses Sportspiel weckte. Bis zum heutigen Tag lebe ich diese Leidenschaft, welche mich dazu bewogen hat, meine Diplomarbeit in diesem Bereich zu verfassen.

Die Anfänge meiner fußballerischen Leidenschaft begannen im Fußballverein der Union Arbing. Im Kinder- und Jugendbereich absolvierte ich über 150 Spiele für diesen Verein. Mit 15 Jahren folgte der erste Einsatz im Erwachsenenbereich.

Im Erwachsenenbereich angekommen, kam es wie im Fußball üblich zu einigen Vereinswechsel, welche mich zu den Vereinen der Union Münzbach, Union Baumgartenberg und der Union Naarn führten. Durch diese Wechsel konnte ich verschiedene Leistungsklassen kennen lernen. Der größte Erfolg in diesem Bereich war der Meistertitel mit der Union Arbing.

Nach zahlreichen Verletzungen und zwei Knie Operationen wurde die aktive Ausübung dieser Leidenschaft eingeschränkt und so tauschte ich mein Trikot gegen die Trainer- Pfeife ein. Nach Stationen im Nachwuchsbereich und einer halbjährigen Tätigkeit als Interimstrainer der Union Arbing führte mich der Weg nach St. Florian. Seit August 2020 betreue ich die Kampfmannschaft als Co- bzw. Athletiktrainer.

Besonders in diesem Bereich ist die Trainingsplanung und Trainingssteuerung ein wichtiger Aspekt, welcher mich auf dieses Thema aufmerksam machte.

Danksagung

Die Schaffung dieser Forschungsarbeit und die Absolvierung meines Studiums wäre ohne die Unterstützung vieler Personen nicht denkbar gewesen.

In erster Linie möchte ich mich bei meinen Eltern und bei meiner Schwester für die ständige Unterstützung bedanken. In jeglichen Lebensabschnitten konnte ich auf ihren moralischen Beistand zählen.

Des Weiteren bedanke ich mich bei Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Arnold Baca, der mich bei der Auswahl des Themas unterstützte und mir die Möglichkeit zur Bearbeitung eines fußballspezifischen Gegenstandes ermöglichte. Ein weiterer Dank gilt Herrn Jonas Bischofberger, B.Sc. M.Sc., welcher mich laufend mit seinem Feedback unterstützte.

Ich möchte mich auch bei Herrn Gerhard Zallinger und Herrn Klaus Luisser für die ausführlichen und informativen Interviews bedanken.

Letztendlich bedanke ich mich bei meinen Freunden, Studienkollegen, Mannschaftskollegen und Trainerkollegen, welche mich auf diesem langen Weg begleitet und unterstützt haben.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	7
2. MEMS- Micro Electro Mechanical Systems	9
2.1 Geschichtliche Betrachtung von Mikrosystemen/ MEMS	9
2.2 Definition und Eigenschaften	11
2.3 Allgemeine Anwendungsgebiete	13
2.4 Anwendungsgebiet Sportwissenschaft	13
2.4.1 Sportbiomechanik	14
2.4.2 Trainingswissenschaft und Sportinformatik	15
2.5 Inertiale Messeinheiten- IMUs im Sportspiel Fußball	18
2.5.1 Inertialsensoren	18
2.5.2 Beschleunigungssensoren, Accerlerometer	19
2.5.3 Gyroskop, Drehratsensor	20
2.5.4 GPS- Global Positioning System und LPM- Local Positioning Measurement	21
2.5.5 Herzfrequenzsensor	22
2.6 Mikrosysteme in Form von Wearables im Sportspiel Fußball	23
2.6.1 Catapult Group International Limited	23
2.6.2 Polar Electro GmbH	26
2.6.3 Firstbeat	27
3. Das physische und psychische Anforderungsprofil der Fußballspielerin bzw. des Fußballspielers	29
3.1 Laufprofil im Fußball	32
3.2 Kondition	33
3.2.1 Ausdauer	34
3.2.1.1 Begriffsbestimmung und Definition.....	35
3.2.1.2 Arten der Ausdauer und die Bedeutung für die Praxis.....	35
3.2.2 Kraft.....	36
3.2.2.1 Begriffsbestimmung und Definition.....	36
3.2.2.2 Arten der Kraft und Bedeutung für die Praxis	37
3.2.3 Schnelligkeit.....	39
3.2.3.1 Begriffsbestimmung und Definition.....	39
3.2.3.2 Arten der Schnelligkeit und Bedeutung für die Praxis	39
3.2.4 Beweglichkeit/ Flexibilität.....	41
3.2.4.1 Begriffsbestimmung und Definition.....	41

3.2.4.2 Arten der Beweglichkeit und Bedeutung für die Praxis	42
3.2.5 Technik und Taktik	42
3.2.5.1 Technik des Fußballspielers.....	43
3.2.5.2 Taktische Handlungsfähigkeit	44
3.2.6 Psychische Eigenschaften des Fußballerspielers	45
3. Einsatzbereiche von Wearables und IMUs im Sportspiel Fußball	47
3.1 Geschichtliche Betrachtung technischer Hilfsmitteln im Fußball	48
3.2 Wearables im Fußball.....	50
3.2.1 Leistungsdiagnostik.....	51
3.2.2 Trainingsplanung, Trainingssteuerung	52
3.2.3 Feststellung der Leistungsfähigkeit.....	53
3.2.4 Sportmotorische Überprüfungsverfahren	53
3.2.5 Spielbeobachtung und Spielanalyse	56
4. Qualitative Sozialforschung als wissenschaftliche Methode zur Datengewinnung	60
4.1 Empirische Sozialforschung	60
4.2 Experteninterview und qualitative Inhaltsanalyse	61
4.3 Die Experten	63
4.3.1 Voraussetzungen	63
4.3.2 Kontaktaufnahme	64
4.3.3 Durchführung der Experteninterview.....	64
4.4 Konzeption des Interview- Leitfadens	64
4.5 Auswertung und Ergebnis der Expertenbefragung	65
4.5.1 Qualitative Inhaltsanalyse als Auswertungsmethode.....	65
4.5.2 Ergebnis der qualitativen Inhaltsanalyse	66
4.6 Gütekriterien der Forschungsarbeit	69
5. Fazit und Ausblick.....	70
Literaturverzeichnis	71
Abbildungsverzeichnis	75
Tabellenverzeichnis	76
Formelverzeichnis	76
Anhang.....	77

1. Einleitung

Es gibt wohl keine Sportart auf der Welt, die mehr polarisiert als der Fußball. Seien es die Emotionen auf dem Spielfeld, die Emotionen in der Fankurve oder die Emotionen vor dem Fernseher. Die Entwicklung dieser Sportart im mannschaftstaktischen sowie im individuell-technischen Bereich begeistert Menschen auf der gesamten Welt (Bisanz und Gerisch, 2013).

Durch die ständigen Veränderungen und Fortschritte in diesen Bereichen müssen sich auch die Spielerinnen und Spieler, Trainerinnen und Trainer und die Vereine an diese Umstände anpassen. Anhand der Betrachtung der verschiedenen Weltmeisterschaften von 1954 bis 2010 zeigen Bisanz und Gerisch (2013) eine detaillierte Evolution dieser Sportart auf.

Aufgrund dieser Entwicklung war auch der Einsatz von technischen Hilfsmitteln in diesem Sportspiel nur eine Frage der Zeit. So sprang auch der Fußball auf den Zug der technologischen Weiterentwicklung auf und setzt mittlerweile seit Jahren auf die Unterstützung verschiedenster Sensoren (Memmert und Raabe, 2019).

Diese Forschungsarbeit möchte in Bezug auf diese technologische Evolution folgende Frage behandeln:

Welche positiven sowie negativen Einflüsse haben Wearable- Systeme und IMUs auf die Leistungsdiagnostik im Sportspiel Fußball?

Die theoretische Grundlage dieser Forschungsarbeit wird in den ersten drei Abschnitten näher betrachtet.

Das erste Kapitel befasst sich mit der geschichtlichen Grundlage von Mikrosystemen und benennt dazu gängige Definitionen. Im weiteren Schritt werden die Eigenschaften dieser Systeme betrachtet. Abgerundet wird dieser Teil mit der Anführung der Anwendungsgebiete in der Sportwissenschaft und im Sportspiel Fußball. In Zuge dessen werden mehrere Wearable- Systeme näher erläutert.

Das zweite Kapitel bezieht sich auf das physische und psychische Anforderungsprofil der Fußballspielerin bzw. des Fußballspielers. Hier werden die für das Sportspiel Fußball wichtigen physischen Parameter präzise erläutert. Die Ausführungen behandeln die konditionellen und technisch- taktischen Parameter.

Das dritte Kapitel beschäftigt sich mit den Einsatzbereichen von Wearable- Systemen und IMUs im Sportspiel Fußball. Zu Beginn dieses Kapitels wird als Grundlage ein geschichtlicher Überblick zu den technologischen Entwicklungen in dieser Sportart gegeben. Des Weiteren werden die Einsatzbereiche von Wearables im Bereich der Leistungsdiagnostik näher betrachtet.

Das vierte Kapitel präsentiert die theoretischen Grundlagen der durchgeführten qualitativen Forschungsmethode und die Darstellung des Forschungsergebnisses. Abschließend wird im Fazit die Beantwortung der Forschungsfrage vollzogen.

2. MEMS- Micro Electro Mechanical Systems

Die Definition des MEMS- Begriffes wird international in verschiedensten Weisen ausgeführt. So wird in den USA von Micro Electro Mechanical Systems und in den Deutschland von Mikrosystemtechnik gesprochen (Mescheder, 2010, S. 2). Die genaue Bestimmung des Begriffes der Mikrosystemtechnik bzw. MEMS gestaltet sich jedoch sehr schwierig, da dieser von verschiedensten Faktoren beeinflusst wird. Anhand der großen Breite an tiefgründigen Charakteristika wird dieser Begriff nur zusammenfassend und überblicksmäßig ausgeführt.

2.1 Geschichtliche Betrachtung von Mikrosystemen/ MEMS

Das wissenschaftliche Feld der Mikrosystemtechnik, welche die Basis der Inertialsensoren bildet, prägt die technischen Errungenschaften der jüngsten Geschichte und beeinflusst das menschliche Leben in unzähligen Bereichen (Völklein und Zetterer, 2006). Hierfür werden besonders die Chemie, der Automobilbau oder auch die Elektronik genannt (Dilthey und Brandenburg, 2005). Die Sportwissenschaft und ihre jeweiligen Bereiche werden in diesem Kontext kaum berücksichtigt.

Die erste Errungenschaft in diesem technologischen Segment wurde mit der Kreation des Transistors im Jahr 1947 erreicht (Kalpakjian, Schmid und Werner, 2011). Der nächste Schritt ereignete sich am Anfang der 70er-Jahre wo der Grundstein für die heutige Technologie der Inertialsensoren gelegt wurde. Die ersten Sensorsysteme, welche für die Druck- und Magnetfeldmessung eingesetzt wurden, fanden ihren Ursprung in Deutschland, USA oder Japan. Besonders die deutsche Sensorik konnte durch die hohe Feinmechanik große Erfolge erzielen. Nach der erfolgreichen Entwicklung der Druck- und Magnetfeldmessung folgten innerhalb kürzester Zeit Siliziumsensoren für die Lichtdetektion und Temperatursensoren auf Diodenbasis (Glück, 2005).

Durch die rasante Entwicklung im Bereich der Mikrotechnik und der Entdeckung der integrierten Schaltkreise konnten schon in den 80er Jahren komprimierte Systeme in der Praxis eingesetzt werden (Kalpakjian, Schmid und Werner, 2011). Im Bereich der Mikromechanik nahm die USA eine führende Position ein und konnte große Fortschritte auf der Grundlage von Silizium vorweisen. Die Weiterentwicklung der Siliziumsensoren ließ nicht lange auf sich warten, und so wurden die ersten Technologien auf der Basis von Halbleitern entwickelt. Diese bildeten die Grundlage für die Einführung von vollelektrischen Systemen.

„Für Druck- und Magnetfeldsensoren wurden mit der Dünnschichttechnik die Prozesse zur Herstellung dünnster Membranen in Silizium entwickelt, welche in die heute verfügbare

dreidimensionale Formgebung der Mikromechatronik und MEMS Technologie mündete“ (Glück, 2005, S. 13).

Glück (2005, S. 13) klassifiziert die MEMS der zweiten Generation in:

- Einfache Strukturen und Komponenten in z. B.: Analysegeräten
- Mikrosensoren wie Druck-, Beschleunigungs- oder Schwingungssensoren
- Mikroaktuatoren wie piezoelektrische Positioniereinrichtungen

Des Weiteren wurde die MEMS- Technologie in zwei verschiedenen Bereichen weiterentwickelt. Zum einen als Hybridsystem und zum anderen als monolithisches integriertes System (Mescheder, 2010).

Für die Herstellung dieser Bausteine werden vorwiegend Silicium, Germanium, Glas und Keramik verwendet. Da mehrere Hunderte Bauteile gleichzeitig hergestellt werden konnten, nannte man diese Herstellung Batchfertigung (Globisch et al., 2011).

Um die geschichtliche Betrachtung abzuschließen, soll die folgende Abbildung einen Überblick zur Entwicklung der MEMS unter Berücksichtigung der Inertialsensoren geben. Wie in Abbildung 2 ersichtlich, basiert die Forschung im Bereich der Inertialsensoren auf vorhergehende physikalische Ausgangspunkte berühmter Physiker.

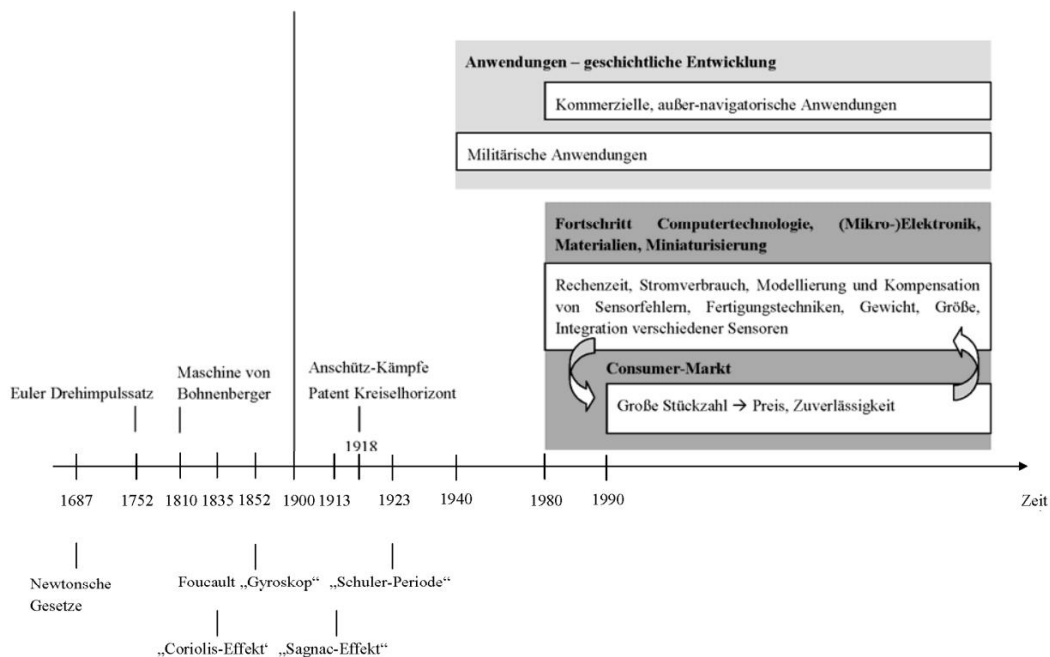


Abb. 1: Entwicklung der Inertialsensoren (Wild- Pfeiffer, 2015, S. 14)

2.2 Definition und Eigenschaften

Mescheder (2010, S. 1) beginnt bei ihrer Begriffsdefinition mit einer Dreiteilung des Begriffs der Mikrosystemtechnik und teilt diesen in Mikro, System und Technik auf. Mikro bezieht sich jeweils auf die Größenordnung des Systems. Das System wird als komplexe Zusammenstellung von verschiedenen Komponenten angesehen. Der letztfolgende Begriff der Technik bezeichnet den Herstellungsprozess. Mescheder (2010) beruft sich des Weiteren auf die europäischen Förderungsprogramme, welche Mikrosysteme als „miniaturisierte intelligente Systeme, die sensorische, verarbeitende und/ oder aktorische Funktionen enthalten und bei denen diese Funktion mindestens zwei der folgenden Eigenschaften einbeziehen: elektrisch, mechanisch, optisch, chemisch, biologisch oder magnetisch“ (Mescheder, 2010, S. 2).

In Abbildung 3 sind die einwirkenden Eigenschaftsmerkmale eines Mikrosystems vereinfacht dargestellt.

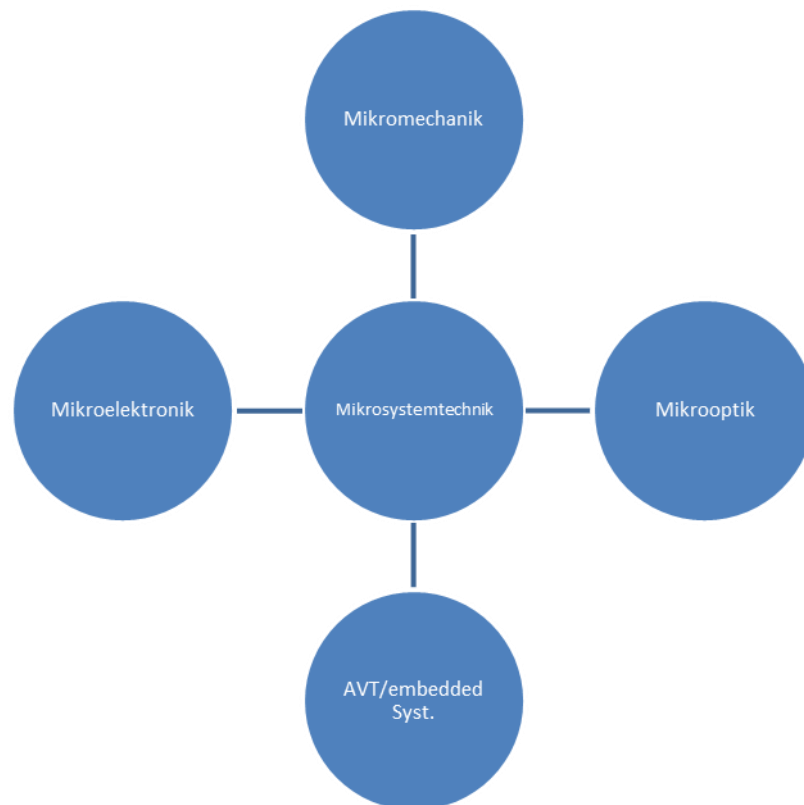


Abb. 2: Eigenschaftsmerkmale eines Mikrosystems in Anlehnung an Mescheder (2010, S. 2)

Glück (2015, S.2) kommt bei seiner Ausführung zu einem ähnlichen Ergebnis. Er beschreibt die Mikrosystemtechnik unter dem Aspekt des Oberbegriffes MEMS(Mikroelektromechanischen Sensorsysteme) als „die Integration von Sensoren und Aktuatoren der Mechanik, der Mikrosystemtechnik, der Mikrooptik, der Mikrofluidik und der Mikroelektronik.“

Völklein und Zetterer (2006, S. 5) verstehen unter Mikrosystemtechnik den „Entwurf, die Fertigung und die Anwendung von miniaturisierten Systemen, die aus Funktionselementen und

Komponenten aufgebaut sind, deren funktionsbestimmende Strukturen im Mikrometer- und Nanometerbereich liegen.“

Younis (2011, S. 1) charakterisiert diese als die „integration of mechanical elements, sensors, actuators and electronics on a common silicon substrate through micro- fabrication technology.“

Obwohl sich die Begriffe MEMS und Mikrosystemtechnik in ihrer jeweiligen Übersetzung unterscheiden, so sieht man im Vergleich zwischen der deutschen und englischen Beschreibung, dass es hier jedoch zu keinem Widerspruch kommt und Übereinstimmen.

Die Eigenschaften von Mikrosystemen werden in folgender Tabelle unter Berücksichtigung der Ausführungen von Völklein und Zetterer (2006) und Gerlach und Dötzel (2006) dargestellt

Tab. 1: Eigenschaften von Mikrosystemen im Vergleich

Völklein und Zetterer (2006, S. 5)	Gerlach und Dötzel (2006, S. 21)
- Geringe Größe, Masse und minimaler Energiebedarf - Hohe Reproduzierbarkeit der Systemparameter durch parallele Fertigung im Batch- Prozess - Kompensation von Umgebungseinflüssen und Querempfindlichkeiten durch Lokalisation von Sensoren und Signalverarbeitung - Material- und Kostenersparnis durch parallele Fertigung hoher Stückzahlen, Verringerung von Entsorgungsproblemen durch geringen Ressourcenverbrauch - Hohe Zuverlässigkeit durch Integration, Verringerung von Störeinflüssen durch Reduzierung elektrischer Kontakte und Leitungen	- Abmessungen dermaßen, dass diese mit klassischer Feinmechanik nicht mehr fertigbar sind - Kompakte Bauweise - Geringes Gewicht - Hohe Ausfallsicherheit - Geringer Leistungsbedarf bzw. niedriger Energieverbrauch - Kostengünstige Produktion basierend auf der Halbleitertechnologie und mikrotechnologischen Fertigungsverfahren - Parallele Fertigungstechnik von vieler Mikrokompenten auf einem Substrat

2.3 Allgemeine Anwendungsgebiete

Die Anwendungsgebiete von Mikrosystemen umfassen eine große Anzahl von Möglichkeiten. Für Glück (2015) zählen die Bereiche der Mobilität, die Prozess- und Anlagensicherheit im Maschinenbau, die Medizintechnik und Pharmazie, die Umwelt- und Klimatechnik und die Haushaltsanwendungen als Hauptsegmente. Schwesinger, Dehne und Adler (2009) oder auch Völklein und Zetterer (2006) unterscheiden sich kaum im Vergleich zu Glück (2015).

Botthof und Pelka (2003, S. 3) unterscheiden die Anwendungsgebiete der Mikrosysteme in fünf Bereiche:

- Human- orientierte Mikrosystem(Mensch-Maschine-Schnittstelle)
 - o Alltagsunterstützung
- Mechatronische Mikrosysteme und Mikrorobotik
 - o Produktionsautomatisierung
- Ubiquitäre Mikrosysteme
 - o Elektronische Assistenz
- Phonotonische Mikrosysteme
 - o Informationsvisualisierung
- Symbiontische Mikrosysteme
 - o Produktion personalisierter Medikamente

2.4 Anwendungsgebiet Sportwissenschaft

Wie zu Beginn des Kapitels erwähnt, wird die Sportwissenschaft kaum in der Fachliteratur berücksichtigt. Jedoch stieg der Einsatz von Mikrosystemen in vielen sportwissenschaftlichen Disziplinen enorm an.

Die Teildisziplinen der Sportwissenschaft setzen sich aus vielen Bereichen zusammen. Besonders die Sportbiomechanik und Bewegungswissenschaften, Trainingswissenschaften oder Sportinformatik setzen auf die Verwendung von Mikrosystemen (Haag und Strauß, 2003).

Die bekannteste Anwendung von Mikrosystemen ist wohl in der Sportbiomechanik bzw. Bewegungswissenschaften zu finden.

2.4.1 Sportbiomechanik

Die Sportbiomechanik umfasst eine große Anzahl an Anwendungsfelder, welche sich aus folgenden zusammensetzen (Güllich und Krüger, 2013, S. 127):

- Beschreibung und Erklärung von sportmotorischer Bewegung
- Analyse sportmotorischer Bewegungen
- Optimierung sportmotorischer Bewegungstechniken
- Entwicklung und Optimierung von Sportgeräten, Sportkleidung und Sportbelägen
- Bestimmung und Analyse von Belastungen biologischer Strukturen bei sportlichen Bewegungen
- Mechanische Funktionen und Anpassungen biologischer Strukturen
- Erstellung von Datenbanken biomechanisch-anthropometrischer Merkmale als Grundlage für biomechanische Merkmale als Grundlage für biomechanische Modelle

Der Großteil der Anwendungsfelder wird unter der Berücksichtigung der mechanischen Gesetze der Kinematik und Dynamik und deren Methoden der Kinematik und Dynamometrie bestimmt. In beiden Bereichen verkörpern Mikrosysteme eine grundlegende Bedeutung.

Die kinematischen Methoden lassen sich in direkte und indirekte Methoden zusammenfassen und dienen zur „Erfassung, Analyse und Darstellung kinematischer, d.h. räumlich-zeitlicher, Merkmale bei Haltungen und Bewegungen“ (Güllich und Krüger, 2013).

Die direkten kinematischen Methoden werden für die Erfassung von Zeiten, Wegen und Längen genutzt. Dafür werden in der Praxis GPS, Radarsysteme, Stoppuhren oder Seilzüge eingesetzt. Neben diesen Parametern kommen auch Beschleunigungssensoren und IMUs, welche aus Akzelerometern, Magnetometern und Gyroskopen bestehen, zum Einsatz. Sie ermöglichen eine genaue Bestimmung von Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und Positionen von Körperteilen (Güllich und Krüger, 2013).

Die indirekten kinematischen Methoden werden auch als elektrooptische Methoden bezeichnet. Die elektrooptischen Methoden können als Aktiv Markersysteme oder als Aktiv Kamerasysteme auftreten. Die am meist verwendeten Methoden für die Praxis sind die Videoanalyse und die zweidimensionale Bewegungsanalyse (Güllich und Krüger, 2013).

Die Dynamometrie wird auch als die dynamische Methode charakterisiert und beschreibt die „Erfassung, Analyse und Darstellung kraftbezogener (dynamischer) Merkmale bei Haltungen und Bewegungen“ (Güllich und Krüger, 2013, S. 146).

Die dynamische Methode benützt drei verschiedene Messprinzipien für die Bestimmung von kraftbezogenen Merkmalen:

- Dehnungsmessstreifen (DNS)

Die Dehnungsmessstreifen werden auf ein entsprechendes Gerät- oder Körperteil aufgeklebt, welche die Belastung auf die Dehnungsmessstreifen übertragen. Die DMS sind in der Praxis sehr empfindlich und können bei dynamometrischen Plattformen eingesetzt werden.

- Piezoelektrische Geber

Die piezoelektrischen Geber basieren auf den Überlegungen von Pierre Curie, der belegte, dass Kristalle elektrische Ladungen entwickeln, wenn bestimmte Druck- und Zugkräfte darauf wirken. In der Praxis sind nach diesem Prinzip 3- Komponenten-Kraftmessplatten auf piezoelektrischer Basis entwickelt worden.

- Kapazitive Sensoren

Die Funktionsweise von kapazitiven Sensoren beruht auf dem Prinzip der Kapazitätsveränderung eines Kondensators. Diese Sensoren werden besonders in der Orthopädie verwendet. Es kann damit die Druckverteilung an den Fußsohlen zum Beispiel bei einer Gang- und Laufanalyse festgestellt werden und gibt infolge dessen Informationen über die Belastung der unteren Extremitäten.

2.4.2 Trainingswissenschaft und Sportinformatik

Hottenrott und Neumann (2016), aber auch Schnabel, Harre und Krug (2011) beschreiben die Trainingswissenschaft als interdisziplinäre Wissenschaft, welche von vielen Teildisziplinen beeinflusst wird. Diese Teildisziplinen setzen sich aus der Bewegungswissenschaft, Sportmedizin, Sportpädagogik, Sportsoziologie und Sportpsychologie zusammen.

Schnabel, Harre und Krug (2011, S. 17) charakterisieren den Gegenstand der Trainingswissenschaften wie folgt:

Unter dem Gegenstand der Trainingswissenschaft wird allgemein das Training verstanden, ein Handlungsfeld in verschiedenen Realisierungsbereichen des Sports, in dem durch die zielgerichtete, systematisch aufgebaute und organisierte Tätigkeit eine Vervollkommnung bzw. Steigerung der körperlich-motorischen Leistungsfähigkeit und ihrer personalen Voraussetzungen angestrebt wird.

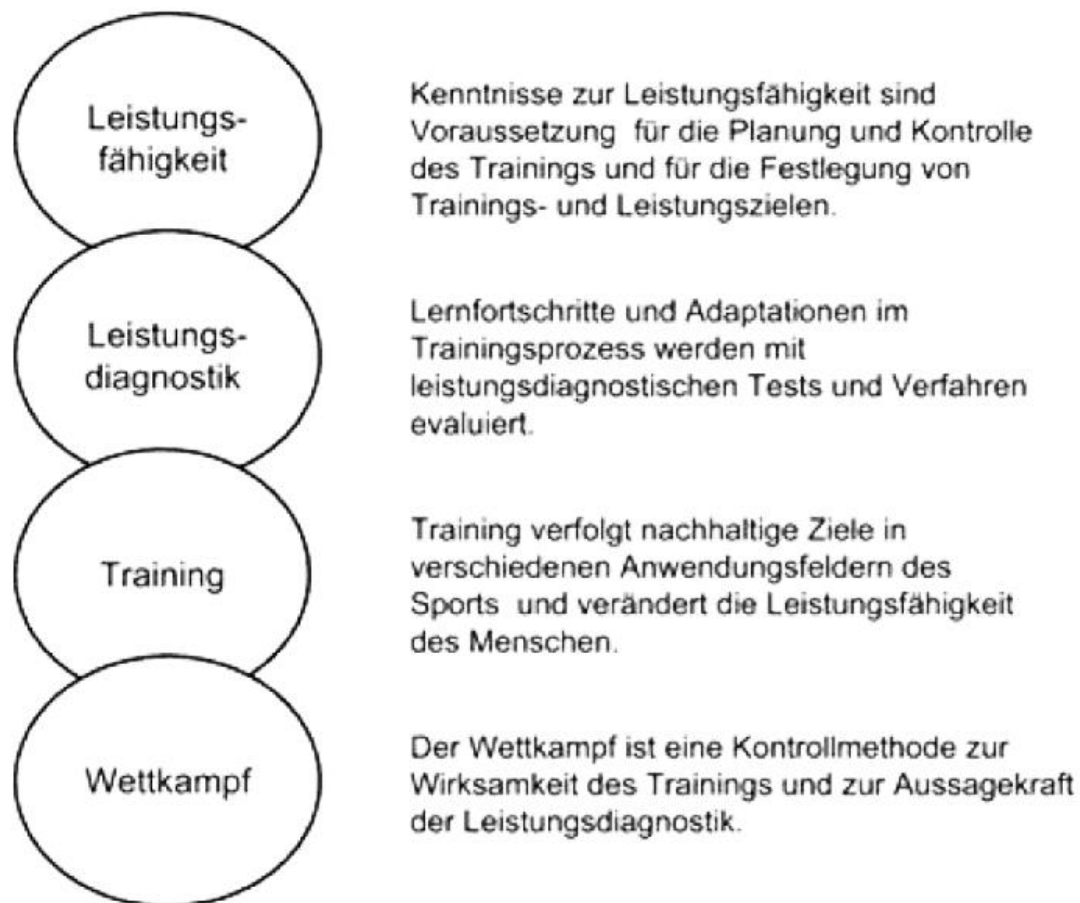


Abb. 3: Gegenstandsbereiche der Trainingswissenschaft (Hottenrott und Neumann, 2016, S. 15)

Wie in Abbildung 3 erkennbar, werden von Hottenrott und Neumann (2016) die Leistungsfähigkeit, die Leistungsdiagnostik, das Training und der Wettkampf selbst als Gegenstände der Trainingswissenschaft charakterisiert. Diese Bereiche stehen grundsätzlich in einer gemeinsamen Abhängigkeit und beeinflussen einander in ihrer Ausprägung.

Um die Ergebnisse dieser Gegenstandsbereiche sichtbar bzw. greifbar zu machen, kommen verschiedenste qualitative und quantitative Messmethoden zum Einsatz. Schnabel, Harre und Krug (2011, S. 31) benennen in diesem Kontext drei Grundformen für die Bestimmung dieser Parameter.

- Empirisch- analytische Methode
- Experimentelle Methode
- Modellmethode

Besonders die empirisch- analytische Methode steht in enger Verbindung mit der Verwendung von Mikrosystemen, da in diesem Bereich die Leistungsanalyse, Trainingsanalyse und Wettkampfanalyse näher behandelt werden. Um in verschiedensten Sportspielen eine

entsprechende Leistung erbringen zu können, ist die Durchführung und Abstimmung dieser Untersuchungen eine wichtige Grundlage (Schnabel, Harre und Krug, 2011).

Die Durchführung und Abstimmung dieser Untersuchungen wird seit geraumer Zeit von tragbaren Mikrosystemen unterstützt und sind Hauptbestandteil der Leistungs- und Trainingssteuerung, sowie der Leistungs- und Trainingsdiagnostik (Memmert und Raabe, 2019).

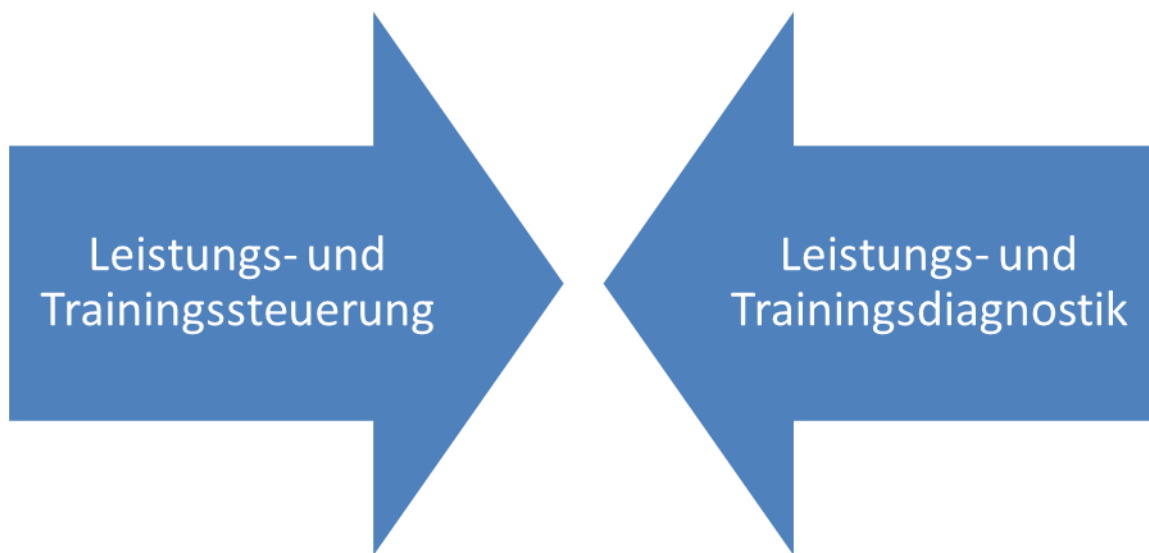


Abb 4: Interaktion zwischen Leistungs- und Trainingssteuerung/diagnostik (Eigene Darstellung)

Die Leistungs- und Trainingssteuerung definieren Schnabel, Haare und Krug (2011, S. 437) als „die zielorientierte, systematische Einflussnahme auf den Prozess der Leistungsentwicklung durch die organisierte(lang,- mittel- und kurzfristige) Abstimmung aller im Trainingsprozess erforderlichen, Prognose-, Planungs-, Durchführungs-, Diagnose- und Lenkungsmaßnahmen im Hinblick auf das Erreichen des sportlichen Erfolgs.“

Die Leistungs- und Trainingsdiagnostik werden von Schnabel, Harre und Krug (2011, S. 449) in die zentrale Leistungsdiagnostik, die dezentrale Leistungsdiagnostik und in die Wettkampfdiagnostik eingeteilt. Anhand dieser Methoden nennen Schnabel, Harre und Krug (2011, S. 448) in Anlehnung an Letzelter und Letzelter (1983, S. 13) fünf Sektoren, welche damit erfasst werden können:

- Beitrag zur Aufklärung des Systems der Wettkampfleistung, des Systems der individuellen Leistungsfähigkeit
- Vervollkommnung der Kontrollverfahren, insbesondere ihrer Aussagekraft in Bezug zur Wettkampfleistung
- Ableitung/ Weiterentwicklung von Führungsgrößen/ Normwertbereichen

- Ständige Vervollkommnung der Diagnostikprogramme
- Wesentliche Unterstützung der Leistungs- und Trainingssteuerung

Durch den Einsatz von Pulssensoren oder auch Beschleunigungssensoren können verschiedenste physische Parameter ermittelt, trainiert und beeinflusst werden.

Besonders im Bereich der Wettkampfanalyse spielt auch die Sportinformatik eine große Rolle. Durch Wettkampfbeobachtungen und deren Analyse durch Video-basierte Systeme können neue Sichtweisen für die Trainings- und Leitungssteuerung gewonnen werden (Hansen und Lames, 2001).

Hansen und Lames (2001) beschreiben die Wichtigkeit des Wettkampfes für die Trainingssteuerung und Trainingsadaption. Obwohl sie im Bereich des Sportspiels Beachvolleyball ihre Untersuchung durchführten, so sind ihre Ausführungen bzw. Arbeitsschritte auch auf andere Sportspiele bzw. Mannschaftssportarten gültig.

Neben Hansen und Lames (2001) beschreiben auch Memmert et al (2016) die Wichtigkeit von Video-basierten Systemen in Mannschaftssportarten.

2.5 Inertiale Messeinheiten- IMUs im Sportspiel Fußball

Durch die Weiterentwicklung von Mikrosystemen, welche sich durch die geringe Größe und das leichte Gewicht kennzeichnen, wurden diese durch die Zusammensetzung von mechanischen und elektronischen Bauteilen im Bereich der Inertialsensoren eingesetzt. Bevor diese Messeinheiten im sportlichen Kontext verwendet wurden, wurden diese vorwiegend in Medizin oder bei GPS- Systemen für die Automobilindustrie genutzt (Witte, 2018). Auch Tränkler und Reindl (2018) beschäftigen sich mit dem Einsatz von Inertialsensoren genauer und führen zu den beiden oben genannten Bereichen die Robotik oder auch militärische Einsatzmöglichkeiten an.

2.5.1 Inertialsensoren

Im sportlichen Kontext, wie zum Beispiel im Sportspiel Fußball, werden Inertialsensoren zur Aufnahme von Beschleunigungen, Geschwindigkeiten, zurückgelegten Wegen, aber auch zur kontinuierlichen Aufnahme von Herzfrequenzen verwendet. Dafür werden sogenannte Beschleunigungssensoren und Gyroskope bzw. Drehratsensoren verwendet (Mitschke, Zaumseil und Milani, 2017).

Um diese Aufnahmen noch präziser aufzeichnen zu können, bestehen in der Praxis verschiedene Systeme aus mehreren Sensoren. Kommt es zur Zusammenfügung von zum Beispiel Beschleunigungssensoren, Gyroskopen und Magnetometern, so spricht man von einer Inertialenmesseinheit (Mitschke, Zaumseil und Milani, 2017).

2.5.2 Beschleunigungssensoren, Accelerometer

Wie aus dem Namen abgelesen werden kann, können mit Beschleunigungssensoren, auch Accelerometer genannt, Beschleunigungen ermittelt werden. Die Basis der Beschleunigungssensoren beruht auf dem zweiten Newton'schen Gesetz bzw. dem Trägheitsgesetz (Gevatter und Grünhaupt, 2006; Böttcher, 2019; Czichos, 2006):

$$\mathbf{F} = \mathbf{m} * \mathbf{a}$$

Formel 1: 2. Newtonisches Gesetz (Richard und Sander, 2008, S. 56)

Gevatter und Ulrich (2006) und Mescheder (2013) führen neben dem Trägheitsgesetz auch das seismische Prinzip als weitere Grundlage an.

Czichos (2006, S. 84) präzisiert diese Ausführung wie folgt: „Die zu messende Beschleunigung a bewirkt über eine Masse(m)-Feder(k)-Dämpfer(d)-System an einem Wegsensor eine Auslenkung $x=f(a)$ bei $k \gg m, d$. Das Dämpfungsmaß D bestimmt das dynamische Verhalten des Sensors, gekennzeichnet durch die Amplituten- Resonanzkurve.“

Böttcher (2019) vereinfacht die Darstellung von Beschleunigungssensoren anhand einer grafischen Darstellung.

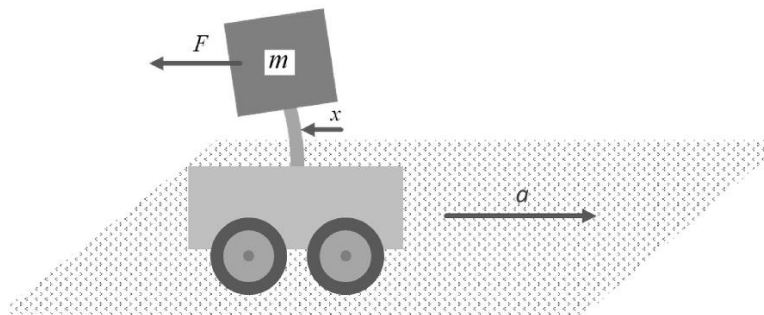


Abb. 5: Grundprinzipien eines Beschleunigungssensors (Böttcher, 2019, S. 11)

Mittlerweile wurde eine Vielzahl an Beschleunigungssensoren für unterschiedlichste Einsatzbereiche entwickelt. Die am weit verbreitetsten Beschleunigungssensoren sind die piezoresistiven bzw. kapazitiven Sensoren. Erst genannte kommen vorwiegend im Bereich größerer Produktionsmaschinen zum Einsatz, wohingegen die zweit genannten größtenteils im Bereich der Mikrosysteme eingesetzt werden (Böttcher, 2019).

Durch die besonderen Eigenschaften der kapazitiven Beschleunigungssensoren wurden diese somit auch im Bereich der fußballspezifischen technischen Hilfsmitteln entdeckt, weiterentwickelt und eingesetzt (Memmert und Raabe, 2019).

2.5.3 Gyroskop, Drehratsensor

Ein weiterer wichtiger Bereich der Inertialsensoren sind die Gyroskope bzw. Drehratsensoren, welche die Messung von Drehbewegungen, Drehraten und Drehgeschwindigkeiten, auf Basis der Drehimpulserhaltung und des Coriolis- Effekts, ermöglichen (Gudehus, 2009; Wallentowitz und Reif, 2006).

Die Drehratsensoren werden als sogenannte Kreisel bezeichnet und kommen in Mikrosystemen zum Einsatz, da sie eine sehr hohe Resistenz gegenüber Fehlmessungen aufweisen können (Tischler, 2014).

Der Coriolis- Effekt bzw. die Corioliskraft bildet die Grundlage für die Messungen dieser Sensoren. Wallentowitz und Reif (2006, S. 511) beschreiben die Entstehung dieser Kraft: „Ein Körper der Masse m , der sich mit einer Geschwindigkeit v bewegt, erfährt in einem rotierenden System (Winkelgeschwindigkeit ω), die Coriolis- Kraft.“

Neben Wallentowitz und Reif (2006) wird dieses Prinzip auch von Böttcher (2019) charakterisiert. Die Corioliskraft kann durch die folgende Formel ermittelt werden.

$$F_C = 2mv \cdot \omega$$

Formel 2: Coriolis- Kraft (Böttcher, 2019, S. 10; Wallentowitz und Reif, 2006, S. 511)

Böttcher (2019) führt weiters an, dass die Drehratsensoren die Ermittlung der Corioliskraft in Mikrosystemen nicht durchgeführt wird, sondern eine kapazitive Veränderung der Querbeschleunigung ermittelt wird. Diese wird durch die folgende Formel festgestellt.

$$a_c = F_c / m$$

Formel 3: Querbeschleunigung in Anlehnung an Böttcher (2019, S. 10)

Wie bei den Beschleunigungssensoren, so wurden auch bei den Drehratensensoren viele verschiedene Formen für den alltäglichen Gebrauch entwickelt. Neben den piezoelektrischen Stimmgabel- Drehratensensoren werden auch die mikromechanischen Drehratensensoren thematisiert. Die mikromechanischen Drehratensensoren werden weitergehend in zwei Gruppen, in die Linearschwinger bzw. in die Drehschwinger, aufgeteilt (Reif, 2006). Diese mikromechanischen Drehratensensoren ergänzen die Beschleunigungssensoren für präzisere Messungen im sportlichen Kontext.

Für eine vereinfachte Darstellung zeigt Böttcher (2019) anhand einer Grafik, die technische Realisierung eines Drehratensensors.

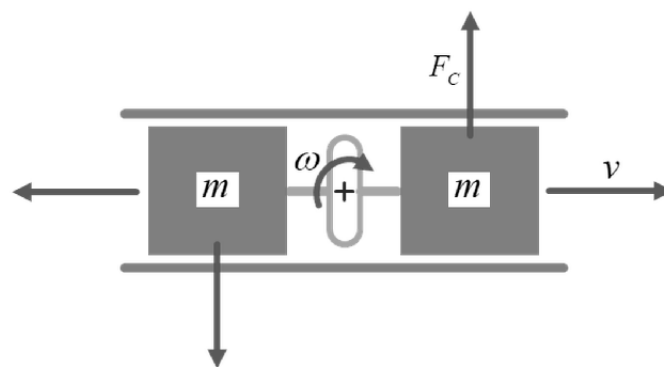


Abb. 6: Technische Realisierung beim Drehratensensor (Böttcher, 2019, S. 10)

Neben der oben genannten Sensoren, welche die Beschleunigungen und Drehgeschwindigkeiten ermitteln können, sind auch die Global Positioning und Local Positioning Systeme ein wichtiger Faktor im fußballspezifischen Bereich der Wearables (Memmert und Raabe, 2019).

2.5.4 GPS- Global Positioning System und LPM- Local Positioning Measurement

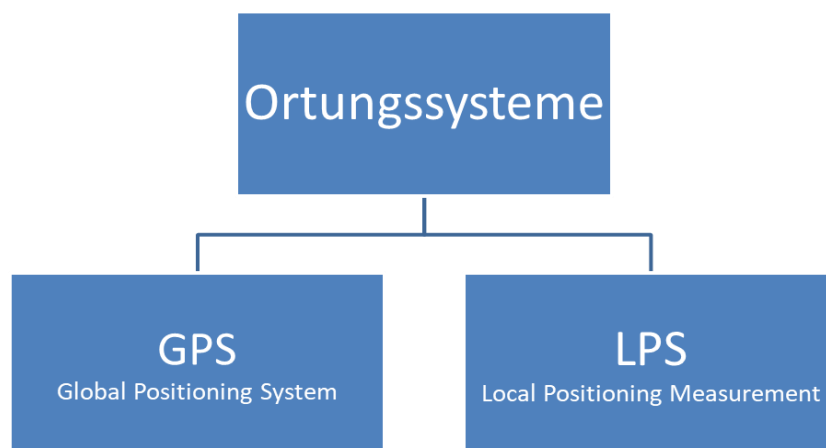


Abb. 7: Relevante Ortungssysteme (Eigene Grafik)

Diese Ortungssysteme ermöglichen eine genaue Standortbestimmung „eines ruhenden oder sich bewegenden Objektes“. (Mansfeld, 1998, S. 1) Die Standortbestimmung kann jeweils in zwei Bereiche eingeteilt werden. Zum einen in die Eigenortung und zum anderen in die Fremdortung. Die Ortung selbst wird durch physikalische Kräfte, akustische oder elektromagnetische Wellen durchgeführt und mit Hilfe von Satelliten aufgezeichnet.

Der Ortungsprozess basiert auf der Datenübertragung zwischen Informationsübermittler und Informationsaufnehmer, welcher die Daten aufzeichnet und analysiert (Mansfeld, 1998).

Das Global Positioning System funktioniert auf der Basis von drei Bereichen, welche den Empfang und die Auswertung von Signalen mit Hilfe mehrerer Satelliten durchführen. In der Literatur werden verschiedene Definitionen für diese Bereiche gegeben. Mansfeld (1998) und Schüttler (2014) benennen die Bereiche als Bodensegment, Raumsegment und Nutzersegment. Um eine genaue Messung erreichen zu können, ist das Zusammenspiel der drei Bereiche eine wichtige Grundlage.

Lichtenegger (1994) definiert diese Bereiche sehr ähnlich und teilt diese als Raumsegment, Kontrollsegment und Benutzersegment auf.

Gegenüber dem Global Positioning System spielt auch das Local Positioning Measurement eine wichtige Rolle. Dieses System garantiert eine noch präzisere Messung als das Global Positioning System, da hier selbstständig Sensoren in genau vermessenen Standorten angebracht werden.

2.5.5 Herzfrequenzsensor

Neben der Bestimmung der äußeren Einflussfaktoren ist auch die Berücksichtigung der inneren Parameter eine wichtige Grundlage in vielen Lebensbereichen, insbesondere im medizinischen Bereich.

Der Vorreiter in der Entwicklung dieser Technologie waren die USA, welche zur medizinischen Überprüfung und Unterstützung für Astronauten mobile Geräte entwickelten. Des Weiteren konnten mit dem technologischen Fortschritt diese Geräte immer weiter verkleinert werden und somit auch im Alltag eingesetzt werden (Gnann, 2001).

Die Funktionsweise der Herzfrequenzsensoren lässt sich durch die Physik und durch das EKG-Prinzip definieren.

Das physikalische Prinzip beschreibt den Verlauf der Elektronen vom elektronenüberschüssigen Minuspol zum elektronenmangelnden Pluspol. Durch die Verschiebung der Elektronen wird ein elektrischer Strom bzw. ein elektrisches Feld um den Stromleiter erzeugt (Borth- Bruhns und Eichler, 2004).

Im weiteren Abschnitt beschreiben Borth- Bruhns und Eichler (2004, S. 78) das EKG- Prinzip: „Die elektrischen Phänomene des Herzens(Stromfußvektoren) werden über zwei Elektroden entlang der Verbindungslinie zwischen diesen Elektroden erfaßt und als Kurven(eigentlich „Wellen“) im Zeitverlauf auf Papierstreifen aufgezeichnet...“

Viele Herzfrequenzsensoren aus der heutigen Zeit beruhen auf diesem EKG- Prinzip und spielen besonders in der Trainingssteuerung und der Leistungsdiagnostik eine bedeutende Rolle.

2.6 Mikrosysteme in Form von Wearables im Sportspiel Fußball

Im folgenden Abschnitt werden drei unterschiedliche Anbieter, welche sich auf technische Hilfsmittel im Sportbereich spezialisiert haben, genauer betrachtet. Die Auswahl dieser Anbieter wurde aufgrund der befragten Experten der qualitativen Forschung und deren Erfahrung mit deren Produkten vorgenommen.

Es handelt sich hierbei um folgende Hersteller:

- Catapult Group International Limited
- Polar Electro GmbH
- Firstbeat Technologies Oy

Alle Anbieter stellen Wearable- Technologien auf Basis von Mikrosystemen zu Verfügung und decken damit ein großes sportliches Spektrum ab. Die Wearable- Technologien werden in Sportarten wie Fußball, American Football, Baseball oder auch Eishockey seit geraumer Zeit eingesetzt. Des Weiteren wird im Grundlegenden kein Unterschied im Leistungsniveau der jeweiligen Sportart gesehen. Egal ob im Profibereich oder im Amateurbereich, in beiden Bereichen können diese Innovationen eingesetzt werden.

Je nach Hersteller werden verschiedenste Arten von tragbaren Messgeräten angeboten, welche unterschiedlichste Ergebnisse liefern können.

Pulsuhren, Pulsgurte oder die sogenannten Tracking- Sensoren sind nur wenige Beispiele für diese technologische Entwicklung.¹

2.6.1 Catapult Group International Limited

Der Hersteller Catapult wurde im Jahr 2006 in Melbourne gegründet, um die australischen Athleten für die Olympischen Spiele in Sydney zu unterstützen und um deren Leistung zu

¹<https://www.catapultsports.com/de/>; https://www.polar.com/at-de/b2b_produkte/team-pro; <https://www.firstbeat.com/de/professioneller-sport/mannschaften/> , Zugriff am 11.01.2021

erhöhen. Als ein „Startup“- Unternehmen forschte Catapult im Bereich der Wearable-Technologie mit dem Ziel die sportliche Leistung zu maximieren. Neben deren Produkten, welche vorwiegend im Profibereich leistungsfähig sind, wurde auch ein kostengünstigeres System für den Amateurbereich implementiert.²

Mittlerweile betreut der Hersteller Catapult über 2970 Mannschaften in 39 verschiedenen Sportarten von ihren 30 Standorten aus. Neben bekannten Fußballmannschaften wie der FC Bayern München, Chelsea London FC oder Real Madrid zählt auch die österreichische Fußballnationalmannschaft zu den Kunden von Catapult.

Die technologischen Innovationen werden von Catapult in drei verschiedene Bereiche eingeteilt³:

- Wearable Technology
- Video Analysis
- Athlete Management

Besonders die Wearable-Technologie, welche sich aus drei Produkten zusammensetzt, spielt für diese Arbeit eine bedeutende Rolle.

2.6.1.1 Vector

Der „Vector“ ist ein Tracking- Sensor, welcher bereits in seiner 7. Generation angekommen ist, für den Profibereich und nutzt die GNSS und LPS Technologie. Das System des „Vectors“ setzt sich aus verschiedenen Sensoren zusammen:

- GPS- Sensor 10Hz, GLONASS & SBAS (or 18Hz GPS)
- LPS- Sensor 10Hz Catapult ClearSky
- Herzfrequenzraten-Sensor ECG Derived & Polar 5.5kHz Compatible
- Accelerometer 3D +/- 16G. Sampled at 1kHz, Provided at 100Hz
- Gyroscope 3D 2000 degrees/ second @ 100Hz
- Magnetometer 3D $\pm 4900 \mu\text{T}$ @ 100Hz

²<https://www.catapultsports.com/about>, Zugriff am 11.01.2021

³<https://www.catapultsports.com/sports/football>, Zugriff am 11.01.2021

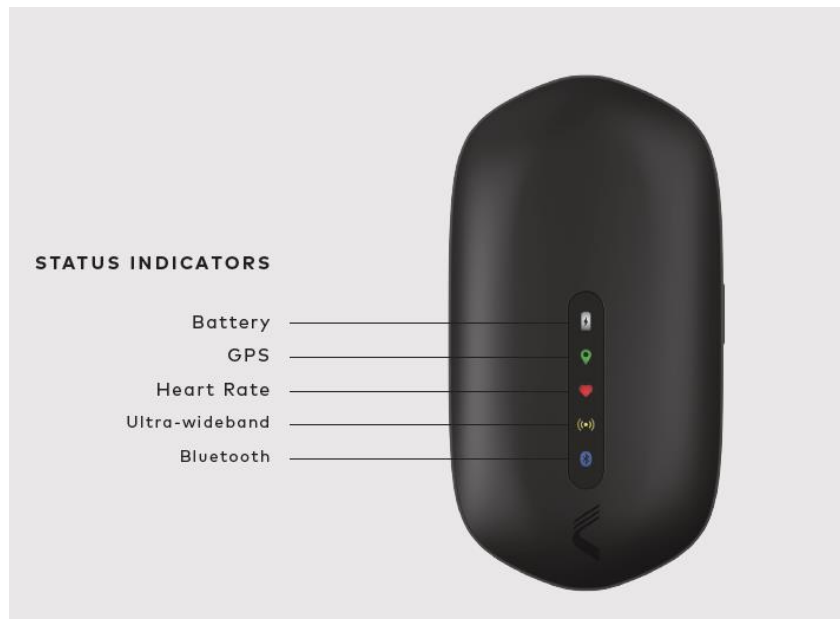


Abb. 8: Produkt „Vector“ (Broschüre Catapult Vector, 2021, S. 13)

Anhand der angeführten Komponenten bzw. Sensoren ist es dem „Vector“ möglich, genaue fußballspezifische Daten, wie Laufwege, Herzfrequenzraten, Geschwindigkeiten oder Beschleunigungen aufzunehmen. Durch die Kombination mit dem Receiver „Clearsky“ kann die GPS- Messung mit einer LPS- Messung unterstützt werden (Broschüre Catapult Vector, 2021).

2.6.1.2 Clearsky

Das zweite Produkt trägt den Namen „Clearsky“ und erfährt seine Grundlage auf der LPS- Technologie. Der „Clearsky“ liefert mittels dieser Technologie große Datenmengen auf höchstem Standard. Dieses System kann in allen Bereichen, Indoor sowie Outdoor installiert werden, jedoch ist diese Kalibrierung sehr kostspielig und zeitintensiv (Broschüre Catapult ClearSky, 2021).



Abb. 9: Produkt „ClearSky“ (Broschüre Catapult ClearSky, 2021, S. 6)

2.6.1.3 Playertek

Das dritte Produkt, der „Playertek“, wurde vom Hersteller Catapult als low-budget Wearable entwickelt. Da die finanzielle Lage im Amateurbereich jeglicher Sportart eine große Rolle spielt, wurde somit auch eine Möglichkeit der Datensammlung und Datenauswertung für dieses Segment entwickelt. Auch der „Playertek“ kann einen GPS/GNSS-Sensor und einen Accelerometer vorweisen. Jedoch wurde die LPS- Technologie nicht integriert.



Abb. 10: Produkt „Playertek“ (Broschüre Catapult Playertek, S. 7)

2.6.2 Polar Electro GmbH

Der Hersteller Polar Electro ist seit dem Jahr 1977 im Bereich der Messung von physischen Parametern aktiv und ist mittlerweile in über 80 Ländern vertreten. Wie auch der Hersteller Catapult unterstützt Polar Electro verschiedenste Sportler und Sportlerinnen bei der Maximierung ihrer Leistungsfähigkeit. Vor allem in den Bereichen wie Triathlon, Marathon oder Ironman wird auf diese Produkte gesetzt.⁴

Polar Electro kann aber auch weitere namhafte Partner wie den österreichischen Ruderverband oder den österreichischen Leichtathletikverband vorweisen.⁵

Besonders in den Bereichen des Einzelsports kann Polar Electro eine große Anzahl von Produkten vorweisen, welche für Profi- und Amateursportler/innen geeignet sind.

Neben diesen Sportarten konnte Polar Electro durch die Einführung ihres „Polar Team Pro Systems“ auch im Segment des Mannschaftssports Fuß fassen.

2.6.2.1 Polar Team Pro System

⁴https://www.polar.com/at-de/uber_polar/wer_wir_sind, Zugriff am 12.01.2021

⁵https://www.polar.com/at-de/uber_polar/partner, Zugriff am 12.01.2021

Das „Polar Team Pro System“ wurde von Polar Electro entwickelt, um speziell im Sportspiel Fußball eine Möglichkeit der Messung verschiedenster Daten zu geben. Das System besteht jeweils aus drei Teilen:

- Wearable Sensoren
- Docking Station
- Analyse Software

Das Messsystem wurde für den Gebrauch im Training sowie im Wettkampf entwickelt und liefert mit Hilfe von GPS-, Herzfrequenzraten-, Accelerometer-, Gyroskop- und Magnetometersensoren Daten über zurückgelegte Wege, Herzfrequenzraten, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen. Im Gegensatz zum „Vector“ bzw. „ClearSky“ von Catapult wurde von Polar Electro keine LPS- Technologie verbaut. Deswegen werden die Daten des „Polar Team Pro Systems“ im Indoor- Bereich von Accelerometer-, Gyroskop- und Magnetometersensoren ermittelt (Polar Research and Technology, 2017).



Abb. 11: Produkt „Team Pro Sensor“ (https://www.polar.com/at-de/b2b_produkte/team-pro, Zugriff am 12.01.2021)

2.6.3 Firstbeat

Als letzter Hersteller folgt die Firma Firstbeat. First Beat wurde im Jahr 2002 auf Basis der Forschung, welche sich auf den sportlichen Trainingsbereich bezieht, von Professor Rusko gegründet. Im Mittelpunkt des Herstellers steht die Entwicklung von Herzfrequenzratenmessungs-Technologien, welche im sportlichen Kontext, aber auch im außersportlichen Umgebungen eingesetzt werden können, um die Gesundheit der Bevölkerung nachhaltig zu unterstützen.⁶

Seit der Gründung im Jahr 2002 ist Firstbeat mittlerweile in über 40 Ländern vertreten und zählt wie auch die oben genannten Vertreter zu den führenden Herstellern in diesem technischen

⁶<https://www.firstbeat.com/de/unternehmen/geschichte/>, Zugriff am 12.01.2021

Bereich. Auch Firstbeat kann namhafte Kunden wie zum Beispiel die Fußballklubs Arsenal F.C., Tottenham Hotspur, Manchester United oder Liverpool F.C. vorweisen. Neben dem Sportspiel Fußball wird First Beat auch im Eishockey, Basketball, Rugby, American Football oder auch von individuellen Sportlerinnen und Sportler verwendet.⁷

2.6.3.1 Firstbeat Sports Sensor und Live App

Das System von Firstbeat wurde für den Einsatz in Mannschaftssportarten entwickelt und dient zur Unterstützung der Leistungsüberprüfung bzw. Leistungsfeststellung. Das System besteht aus dem Firstbeat Sports Sensor, Firstbeat Team Receiver 100 bzw. 10 und der Firstbeat Live App.

Im Vergleich zu den oben genannten Herstellern wird von Firstbeat, weder ein GPS- Sensor noch ein LPS- Sensor in deren Tracking- System verwendet. Firstbeat setzt in diesem Bereich lediglich auf einen 9-Achsen-Bewegungssensor und eine EKG-basierte RR-I Erfassung. Die Aufzeichnung der Daten erfolgt entweder mit der Speicherung direkt im Sport-Sensor-Modul oder per Live-Übertragung über den Teamreceiver auf die Live App. Wie auch von Catapult oder Polar Electro werden die Werte von Wege, Herzfrequenzraten, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen bereitgestellt.⁸



Abb. 12: Produkt „Firstbeat Sports Sensor“ (<https://www.firstbeat.com/de/professioneller-sport/mannschaften/technische-informationen/>, Zugriff am 12.01.2021)

⁷<https://www.firstbeat.com/de/kundenliste/>, Zugriff am 12.01.2021

⁸<https://www.firstbeat.com/de/professioneller-sport/mannschaften/technische-informationen/>, Zugriff am 12.01.2021

3. Das physische und psychische Anforderungsprofil der Fußballspielerin bzw. des Fußballspielers

In diesem Kapitel wird die besondere Komplexität im Anforderungsprofil des Sportspiels Fußball näher behandelt. Die unzähligen Aspekte setzen sich aus einem großen Spektrum verschiedenster physischer und psychischer Aspekte zusammen.

Bei genauer Betrachtung der Fachliteratur werden verschiedenste Ausführungen dieser Aspekte unterschiedlich behandelt und diskutiert.

Durch die taktische, technische und konditionelle fußballerische Weiterentwicklung im Laufe der Zeit veränderte sich auch das Anforderungsprofil weitgehend. Die geschichtliche Betrachtung dieser Veränderung stellt daher einen wichtigen Aspekt dieser Arbeit dar. Besonders in diesem Kontext spielen technische Hilfsmittel eine große Rolle. Erst durch diese technischen Errungenschaften war es möglich, Daten im Bezug auf die innere sowie äußere physische Belastungen, zu erfassen.

Saal, Krug, Zinner und Mayer (2014) beschäftigen in diesem Bezugsrahmen mit der stetig verändernden Laufleistung und Laufintensität. Neben der Erhöhung der beiden Faktoren wurde zudem auch eine Zunahme der Richtungswechsel und die Anzahl und Genauigkeit der Pässe pro Spiel aufgezeigt. In ihrer Darstellung berufen sich die Autoren auf verschiedenste Studien, welche im Zeitraum von 2005 bis 2013 durchgeführt wurden. Aufgrund der hohen physischen sowie psychischen Ansprüche ist eine dementsprechend gezielte Trainingssteuerung bzw. Trainingsplanung notwendig, welche seit geraumer Zeit durch den Einsatz von Wearables bzw. IMUs unterstützt wird.

Da der Schwerpunkt dieser Arbeit den Einfluss von technischen Hilfsmitteln behandelt, werden vorwiegend die physischen Aspekte des Anforderungsprofils ins Auge gefasst. Auf die psychischen Aspekte wird nur in Ansätzen eingegangen.

Besonders der Blick auf die Veränderung der Laufleistung bzw. Laufintensität in den vergangenen 70 Jahren zeigt eine unumstrittene physische Weiterentwicklung. Obwohl die konditionellen Komponenten die Grundlage für die physischen Leistungen darstellt, so darf auch das psychische Profil nicht unterschätzt werden. Besonders die Motivation oder die Anstrengungsfähigkeit beeinflussen die gelaufenen Kilometer und durchgeführten Sprints.

Tab. 2: Vergleichende Gegenüberstellung der Laufdistanzen im Leistungsfußball. Ergebnisse von Spielanalysen der Jahre 1952- 2000 (Tschan, Baron, Smekal & Bachl, 2001, S. 9)

Autor	Jahr	Untersuchte Spieler	Gesamtstrecke (m)
Winterbottom	1952	engl. Profi	3361
Wade	1962	engl. Profi	1600-5468
Palfai	1970	internat. Profis	2220-4868
Seliger et al.	1970	tschech. Division	11538
Saltin	1973	schw. Profi	12000
Knowles et al.	1974	engl. Profi	4833
Whithead	1975	engl. Profi	11500
Reilly et al.	1976	engl. Profi	7100-10900
Withers et al.	1982	austr. Profi	11500
Winkler	1983	deutsche Profi	9790
Winkler	1985	deutsche Profi	9000-12000
Ekblom	1986	schw./deutsche Profi	10000
Ohashi et al.	1988	jap. Profi	9300-10400
Bangsbo et al.	1992	schwed. Profi	8990-10200
Bangsbo	1994	dänische Profi	9400-10800
Müller et al.	1996	österr. Profi	8923
Rienzi et al.	2000	engl. Profi	10104
Rienzi et al.	2000	südam. Profi	8638

Weineck (2004) beschreibt in seinem erweiterten Strukturmodell zur Kondition der Fußballspielerin bzw. des Fußballspielers eine große Anzahl von grundlegenden Parametern. Die drei Hauptmerkmale setzen sich aus der physischen, psychischen und sozialen Leistungsgrundlage zusammen. Nicht nur die einzelne optimale Ausbildung einer dieser Merkmale, sondern die optimale Abstimmung zwischen diesen Parametern ist eine Voraussetzung für eine erfolgreiche Absolvierung des Sportspiels Fußball.

Die physischen Leistungsgrundlagen setzen sich aus den motorischen Hauptbeanspruchungsformen und den konstitutionellen und gesundheitlichen Faktoren zusammen. Besonders die physischen Eigenschaften wie Kraft, Ausdauer, Beweglichkeit und Schnelligkeit spielen hier eine besonders große Rolle.

Die psychischen Leistungsgrundlagen werden durch psychische Grundeigenschaften, wie zum Beispiel die motivationalen bzw. affektiven Eigenschaften, beeinflusst. Auch die Persönlichkeitsstruktur und die psychische Verfassung beeinflussen die sportliche Leistung. Die Einstellung, die Leistungsmotivation bzw. die Gefühle, das Temperament und die Stimmungen des Fußballspielers bzw. der Fußballspielerin dürfen nicht vernachlässigt werden.

Neben den physischen und psychischen Leistungsgrundlagen spielen auch die oft nicht berücksichtigten sozialen Leistungsgrundlagen eine wichtige Rolle im Anforderungsprofil im Sportspiel Fußball. Besonders die sozialen Grundsituationen, wie Familiensituation, berufliche Situation oder das Verhältnis zu anderen Athleten müssen beachtet werden.

Bisanz und Gerisch (2013) benennen die Kondition, Technik und Taktik als Grundlage für das erfolgreiche Ausüben von Fußball. Wie auch Weineck (2004) werden von Bisanz und Gerisch (2013) physische, psychische und soziale Fähigkeiten als Kriterien für die Leistungsfähigkeit im Sportspiel Fußball angeführt.

In ihrem Modell zur Wettspielleistung präzisieren Bisanz und Gerisch ihre Ausführungen.

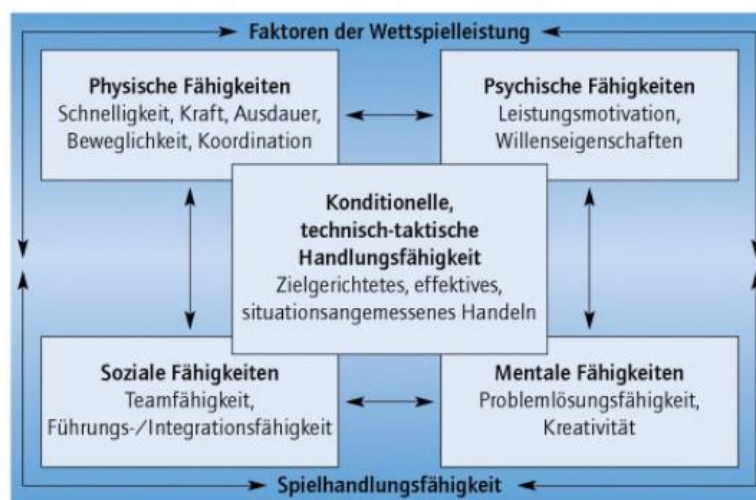


Abb. 13: Faktoren der Wettspielleistung (Bisanz und Gerisch, 2013, S. 51)

Jankowski (2015, S.16) beschreibt die vielseitigen Voraussetzungen wie folgt:

Beim Fußball müssen alle athletischen Fähigkeiten, wie Schnelligkeit, Koordination, Kraft, Ausdauer und Beweglichkeit, in einem Zusammenspiel beherrscht werden, wie es kaum in einer anderen Sportart der Fall ist, wo der Athlet oftmals nur in einer dieser Fähigkeiten gut geschult sein muss. Zudem erfordern die ständigen Wechsel von Offensive auf Defensive zusätzlich höchste Anforderungen an die Spielintelligenz.

Um diese Ausführungen zu unterstreichen, ist es wichtig, auch einen der führenden Trainer im Bereich der Fußball- Kondition zu betrachten und mit ein zu beziehen. Als einer der

führenden Trainer im Bereich der Trainingsplanung und Trainingssteuerung beschreibt Verheijen (1998) in seiner Fußballkonditions-„Bibel“ die enorme Komplexität des Anforderungsprofil. Wie auch Weineck (2004), Bisanz und Gerisch (2013) und Janowski (2014) benennt Verheijen (1998) Kraft, Schnelligkeit, Ausdauer, Koordination und Flexibilität als die Grundlagen für Wettspielleistungen im Fußball.

3.1 Laufprofil im Fußball

Durch die verschiedenen taktischen und positionsabhängigen Faktoren kommt es bei der Betrachtung der Laufwege bzw. Laufintensitäten zu großen Unterschieden zwischen den verschiedenen Positionen. Demnach muss die jeweilige Trainingsplanung bzw. Trainingssteuerung an die Spielerposition optimal abgestimmt bzw. adaptiert werden. Aufgrund des Einsatzes von verschiedensten Wearables und IMUs konnten in den letzten Jahren riesige Mengen an Daten gesammelt werden, welche für die jeweiligen Vereine und Statistikliebhaber einen großen Stellenwert einnehmen.

Schon Verheijen (1998) betrachtete die Laufdistanzen und Laufintensitäten von professionellen Fußballspielern aus England und Holland mit technischen Hilfsmitteln. In seinem Vergleich teilte er die Fußballmannschaften in drei Gruppen, welche sich aus Verteidiger, Mittelfeldspieler und Angreifer zusammensetzten.

Die totale Laufdistanz unterteilte Verheijen in Gehen, Joggen, Laufen und Sprinten und konnte somit die Intensitäten der jeweiligen Gruppen benennen.

Besonders die englischen Professionellen stachen durch ihre totale Laufdistanz hervor.

Tab. 3: *Laufdistanzen und Laufintensitäten von professionellen englischen Fußballspielern in Anlehnung an Verheijen (1998, S. 12)*

	Gehen	Joggen	Laufen	Sprinten	Laufdistanz
Verteidiger	2.2 km	4.6 km	0.6 km	0.1 km	9.0 km
Mittelfeldspieler	2.8 km	7.0 km	0.8 km	0.2 km	12.1 km
Angreifer	3.5 km	4.0 km	1.2 km	0.4 km	10.4 km

Die Ergebnisse von Verheijen (1998) zeigen große Unterschiede in den jeweiligen Bereichen auf. Je nach Position sind also unterschiedliche physische Leistungsfaktoren zu trainieren.

Neben den drei Hauptgruppen von Feldspielern betrachtete Verheijen (1998) auch die Torhüter, welche auf eine totale Laufdistanz von 4 Kilometer kamen.

Obwohl diese Ergebnisse mittlerweile über 20 Jahre alt sind, haben diese immer noch ihre Gültigkeit im Bezug auf die stets variierenden positionsabhängigen Laufdistanzen und Laufintensitäten.

Dies unterstreichen die Betrachtungen von Bradley et al. (2009) und Siegl, Geisel & Lames (2012). In beiden Studien wurden die Laufdistanzen sowie die Laufintensitäten von professionellen Fußballspielern untersucht. Im Gegensatz zu Verheijen wurden die Untersuchungsgruppen präzisiert und die drei Positionsgruppen detaillierter dargestellt. So wurden die Verteidigungsgruppe in Innenvertidiger und Außenverteidiger gesplittet. Die Mittelfeldgruppe wurde in zentrale Mittelfeldspieler und äußere Mittelfeldspieler aufgeteilt.

Tab. 4: Vergleich der Laufdistanzen(in Meter) zwischen Bradley et al. (2009) und Siegl, Geisel & Lames (2012) (Abkürzungen: IV= Innenverteidiger, AV= Außenverteidiger, ZM= zentraler Mittelfeldspieler, AM= Äußerer Mittelfeldspieler, ST= Stürmer)

	IV	AV	ZM	AM	ST
Bradley et al.(2009)	9885 ± 555	10710 ± 589	11450 ± 608	11535 ± 933	10314 ± 1175
Siegl, Geisel & Lames(2012)	9380 ± 573	10035 ± 477	9919 ± 911	10345 ± 686	9867 ± 767

3.2 Kondition

Der Begriff der physischen “Kondition” wird in der Fußball- Fachliteratur in verschiedensten Weisen charakterisiert. Obwohl mittlerweile unzählige Meinungen publiziert wurden, so finden sich die Grundbausteine Kraft, Schnelligkeit, Ausdauer, Beweglichkeit und Koordination im Großteil der vorliegenden Abhandlungen wieder. Ein wichtiger Aspekt ist die Verbundenheit dieser Grundbausteine untereinander. Bei Torschüssen, Pässen, Finten, Kopfbällen oder auch

Richtungswechsel kommt es immer zu einer Interaktion zwischen diesen Grundbausteinen. Dies wird in Abbildung 2 vereinfacht dargestellt.

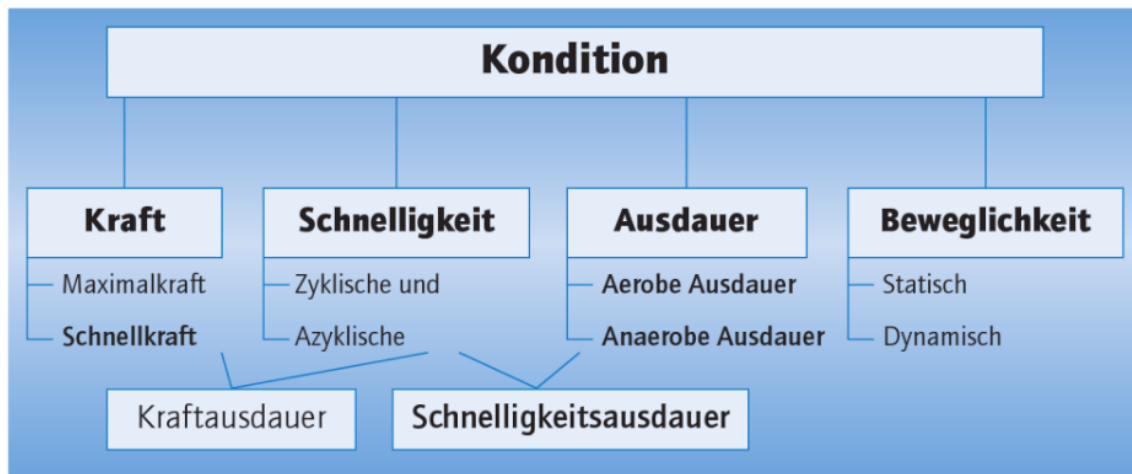


Abb. 14: Konditionelle Fähigkeiten und ihre Unterformen (Geese, 2009, S. 20)

Des Weiteren charakterisiert Weineck (2004) auch die psychische Kondition als eine wichtige Komponente in der Leistungsfähigkeit einer Fußballspielerin bzw. eines Fußballspielers. Die psychische Kondition wird durch kognitive, motivationale und affektive Eigenschaften verkörpert. Dieser Aspekt wird jedoch in dieser Arbeit nicht näher betrachtet.

Weineck (2004), aber auch Bisanz und Gerisch (2013) sehen die physische und psychische Kondition als Grundlage der Leistungsfähigkeit eines Fußballspielers. Nicht nur die technischen, sondern auch die taktischen Ausführungen werden durch eine gut ausgebildete Kondition positiv beeinflusst. Durch die große Anzahl an Wettkämpfen in einem Fußballjahr kann dadurch das Verletzungsrisiko der Fußballspieler minimiert werden, da durch die konditionellen Grundlagen die Regenerationsphasen maßgeblich verkürzt werden können.

3.2.1 Ausdauer

Die Ausdauer spielt in sämtlichen Sportspielen mit Wettkampfcharakter eine wichtige Rolle und bezieht sich auf die Interaktion zwischen der physischen Wiederherstellung und physischer Ermüdungsprozesse (Hottenrott und Neumann, 2016).

Neben den physischen Parametern wird von Schnabel, Harre und Krug (2008) auch die Willensanstrengung als direkt beeinflussender Faktor bezüglich der Ausdauer angeführt.

3.2.1.1 Begriffsbestimmung und Definition

Die Begriffsbestimmung und die Definition des “Ausdauer”- Begriffs stößt in der Literatur auf verschiedenste Sichtweisen. Die vorherrschenden Definitionen beschreiben vorwiegend die Widerstandsfähigkeit bzw. Regenerationsfähigkeit gegenüber absolvierten Belastungen.

So versteht Weineck (2004, S. 23) die Ausdauer als die „allgemeine psychophysische Ermüdungswiderstandsfähigkeit bei längeren Belastungen und die Fähigkeit zur raschen Wiederherstellung nach Belastung”.

Harre, Schnabel und Krug (2009, S. 179) beschreiben die Ausdauer als Fähigkeit “eine zuverlässige Dauerbeanspruchung mit optimaler Intensität und stabiler Technik im Training und im Wettkampf aufrechtzuerhalten” bzw. eine Begrenzung bzw. Verhinderung ermüdungsbedingter Leistungseinschränkungen.

De Marees (2002) charakterisiert die Ausdauer als Fähigkeit, eine bestimmte muskuläre Leistung lang dauernd erbringen zu können, also ermüdungswiderstandsfähig zu sein.

3.2.1.2 Arten der Ausdauer und die Bedeutung für die Praxis

Die Ausdauer ist in zwei bestimmte Bereiche aufgeteilt. Neben der allgemeinen Ausdauer, wird auch die spezifische Ausdauer genannt (Weineck, 2004; Bisanz & Gerisch, 2013). Beide Bereiche sind essenziell für die erfolgreiche Durchführung des Sportspiels Fußball. Wie schon erwähnt, entwickelt sich der Fußball von Jahr zu Jahr weiter. Dies betrifft besonders die Erhöhung der Laufstrecken und die steigende Intensität im Spiel. Nach Bangsbo (2014) können demnach diese hohen Belastungen nur erfolgreich durchgeführt werden, wenn die Ausbildung der aeroben und anaeroben Ausdauer gegeben ist. Die aerobe und anaerobe Ausdauer bezeichnen die jeweilige Energiegewinnung des Körpers bei unterschiedlichsten Belastungen (Rost, 2002). In Abbildung 4 erklären Bisanz & Gerisch (2013) den Einfluss der aeroben und anaeroben Energiegewinnung in der Praxis.

Aerobe Energiegewinnung	Bei Belastungen von über zwei Minuten Dauer wird die Energie unter Verfügung von ausreichend Sauerstoff (oxidativ) gewonnen. Praxis: Ein Spiel dauert „90 Minuten“ bei einer effektiven Spielzeit von durchschnittlich 60 Minuten.
Anaerob-alkalaze Energiegewinnung	Bei hochintensiven Belastungen bis ca. 12 Sekunden Dauer erfolgt die Energiebereitstellung ohne Sauerstoffbeteiligung über die „energiereichen Phosphate“ ATP und CP (Adenosintriphosphat, Creatinphosphat). Praxis: Kurze, explosive Antritte ohne und mit Ball, Antritte und Sprünge des Torhüters.
Anaerob-laktaze Energiegewinnung	Bei hochintensiven Belastungen, die über den Zeitraum von 10-15 Sekunden hinausgehen, erfolgt die Energiebereitstellung ohne Sauerstoff über den Abbau von Kohlenhydraten (Glykogen). Praxis: Sprints und schnelle Dribblings über längere Strecken oder in kurzer Abfolge. Antritte mit Richtungsänderungen oder Abbrechen.

Abb. 15: Energiegewinnung des Körper bei Belastungen (Bisanz & Gerisch, 2013, S. 108)

3.2.2 Kraft

Betrachtet man die Kraft aus physikalischer Sicht, so kann im Sportspiel Fußball das zweite Newton'sche Axiom beobachtet werden ($F = m \cdot a$). Die jeweiligen physiologischen Kräfte werden bei verschiedensten Bewegungen durch die Muskelkraft ausgelöst. Eine Muskelkraft entsteht durch die Kontraktion eines Muskels und ist vom Muskelquerschnitt, Anzahl und Strukturen der einzelnen Muskelfasern des Gesamtmuskels abhängig. Die Kontraktionsart der jeweiligen Muskulatur kann isotonisch(dynamisch) oder isometrisch(statisch) erfolgen. Bei sportlichen Ausführungen findet man vorwiegend die dynamische Kontraktionsform (Rost, 2002).

Somit ist die Kraft für das Sportspiel Fußball eine sehr wichtige Komponente, welche die Ausführung von fußballspezifischen Bewegungen maßgeblich beeinflusst (Geese, 2009).

3.2.2.1 Begriffsbestimmung und Definition

Rost (2002, S. 43) benennt den Kraftbegriff als sehr komplex und definiert „als Grundkraft die Kraft, die gebraucht wird, um willkürlich mit einem Nerv-Muskel-System einen Widerstand zu überwinden oder ihn zu halten.“

Schnabel, Harre und Krug (2008, S. 155) beschreiben die Kraft als Fähigkeit „Bewegungswiderstände durch Muskelkontraktion überwinden bz.w äußeren Kräften entgegenwirken zu können.“

Hottenrott & Neumann (2010, S. 140) charakterisieren den Kraftbegriff wie folgt:

Körperbewegungen kommen durch die abgestimmte Wirkung von Muskelkräften zustande. Das erfordert Kraftübertragungen in Form von Brems- und Beschleunigungskräften, statischen Kräften und Hubkräften. Zusätzlich wirken Trägheits-, Reibungs- und Strömungskräfte. Jede Sporttechnik erfordert einen Krafteinsatz und umgekehrt kann ohne Krafteinsatz keine Technik ausgeführt werden.

3.2.2.2 Arten der Kraft und Bedeutung für die Praxis

Verheijen (1998) unterteilt die Kraft in eine generelle und eine spezifische Muskelkraft. Wie auch bei der Ausdauer ist eine generelle, das heißt eine grundlegende Muskelkraft notwendig, um die fußballspezifische Muskelkraft ausbilden zu können.

Die folgende Abbildung in Anlehnung an Weineck (2004) zeigt die Wechselbeziehung der Kraftformen, welche im Sportspiel Fußball beansprucht werden.

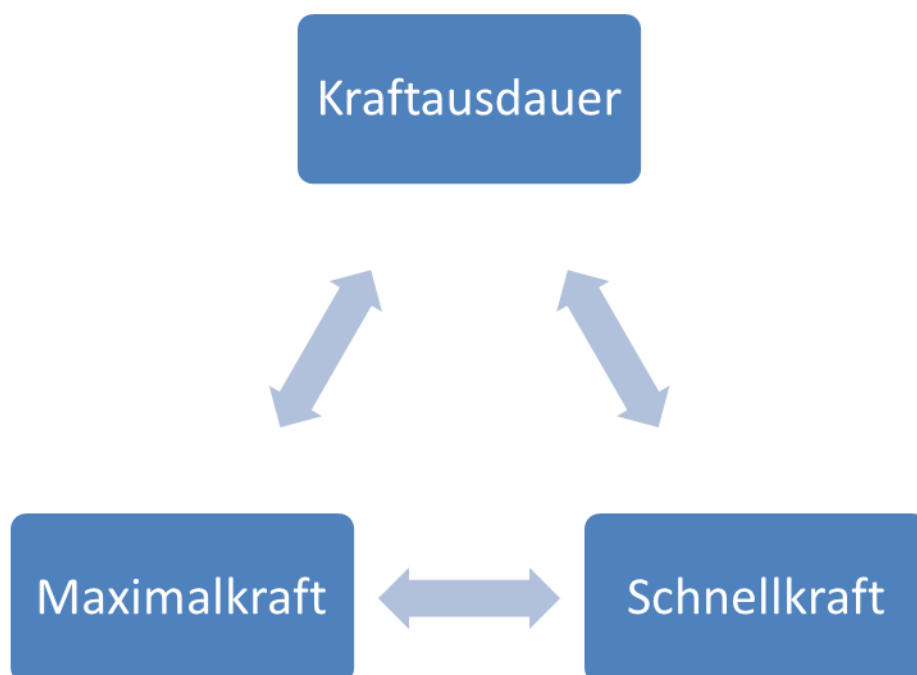


Abb. 16: Wechselbeziehungen der drei Hauptformen der Kraft in Anlehnung an Weineck (2004, S. 201)

Weineck (2004), Bisanz und Gerisch (2013) und auch Geese (2009) charakterisieren die Kraftausdauer, die Maximalkraft und die Schnellkraft als die essenziellen Kraftkomponenten im Fußball.

Die Kraftausdauer wird von Schnabel, Harre & Krug (2010, S. 190) als „komplexe konditionelle Fähigkeit, die bei wiederholten Bewegungen mit Kraft und Ausdaueranforderungen eine möglichst geringe Differenz zwischen dem maximal möglichen und dem durchschnittlich realisierten Kraftstoß sichert“ beschrieben.

Die Maximalkraft wird von Laube (2009, S. 223) als „maximale Kraft gegen einen unüberwindlichen Widerstand“ definiert. Weiters wird die Maximalkraft von „Motivation, „Anstrengungsfähigkeit“ bzw. Anstrengungsverträglichkeit“, Rekrutierungsfähigkeit und des kontraktiven Muskelstatus beeinflusst.

Die Schnellkraft bezeichnet Laube (2009, S. 223) als „die Fähigkeit, in gegebener sehr kurzer Zeit einen hohen Kraftimpuls zu produzieren.“

Aus diesen 3 Hauptformen der Kraft lassen sich für das Sportspiel Fußball weitere Kraftformen ableiten. Die Maximalkraftausdauer, Schnellkraftausdauer und die Explosivkraft bzw. Startkraft finden ihre Berechtigung in diesem Bereich.

Verheijen (1998) charakterisiert folgende fußballspezifische Bewegungen, die von der Ausbildung der Kraft maßgeblich beeinflusst werden:

- kicking strength
- jumping strength
- strength in the challenge
- starting strength

Ob bei Pässen, Torschüssen, Sprüngen oder Finten, in jeglicher Situation spielt die Kraftentwicklung eine wichtige Rolle. Jedoch unterscheiden sich diese fußballspezifischen Bewegungen grundlegend voneinander. Deswegen wird die Kraft im Sportspiel Fußball in diese Kategorien eingeteilt (Bisanz & Gerisch, 2013).

Für die Praxis lässt sich also feststellen, dass der Fußballspieler in allen drei Bereichen eine möglichst hohe Ausbildung erreichen muss.

Nach Weineck (2004, S. 203f.) kann die Leistungsfähigkeit des Fußballspielers durch adaptiertes Krafttraining enorm gesteigert werden und nennt folgende Bereich:

- Effektivierung bzw. Perfektionierung technisch- konditioneller Fähigkeiten
- Verbessertes Durchsetzungsvermögen bzw. erfolgreicherer Zweikampfverhalten
- Voraussetzung für bessere Belastungsverträglichkeit
- Als Ergänzungstraining zur Kräftigung kleinerer Muskelpartien
- Als Kompensationstraining von Muskeln, die zur Abschwächung neigen
- Als Ausgleichstraining zur Kräftigung der Antagonisten

3.2.3 Schnelligkeit

Die Schnelligkeit nimmt im Sportspiel Fußball wohl die wichtigste Rolle ein, um einen Wettkampf zugunsten der eigenen Mannschaft entscheiden zu können. Oftmals wird die Schnelligkeit nur auf den physischen Aspekt, zum Beispiel der Laufgeschwindigkeit, reduziert. Jedoch dürfen hier die psychophysischen Teilfähigkeiten nicht vergessen werden. Besonders die weltbesten Fußballspieler unserer Zeit, wie Messi, Ronaldo oder De Bruyne, zeichnen sich durch ihre exzellente Wahrnehmung, Vorwegnahme und Reaktion auf bestimmte Situationen aus.

3.2.3.1 Begriffsbestimmung und Definition

Pokan et al. (2004, S. 158) bezeichnen die Schnelligkeit als „die Fähigkeit, aufgrund der Beweglichkeit der Prozesse des Nerv-Muskel-Systems und des Kraftentwicklungsvermögens der Muskulatur motorische Aktionen in einem unter gegebenen Bedingungen minimalen Zeitabschnitt zu vollziehen.“

Auch Dickhuth, Mayer, Röcker und Berg (2010, S. 10) charakterisieren den Schnelligkeits-Begriff ähnlich. Sie beschreiben die Schnelligkeit als die „Fähigkeit, zyklisch oder azyklische Bewegungen mit höchster Bewegungsgeschwindigkeit durchzuführen...“

„Die Schnelligkeit oder auch Geschwindigkeit ist definiert als die Fähigkeit, möglichst schnell auf einen Reiz zu reagieren oder – sportlich gesehen – eine oder mehrere Bewegungen mit größtmöglicher Geschwindigkeit auszuführen“ (Rost, 2002, S. 44).

3.2.3.2 Arten der Schnelligkeit und Bedeutung für die Praxis

In der Literatur werden eine Menge von Arten und Formen der Schnelligkeit beschrieben. Hollmann und Strüder (2009) ordnen die Reaktionsschnelligkeit, Schnelligkeit einer Einzelbewegung, die Bewegungsfrequenz und die Fortbewegungsgeschwindigkeit der allgemeinen Schnelligkeit unter.

Weineck (2004) präzisiert in seiner Literatur den Schnelligkeits-Begriff für den Fußballspieler.

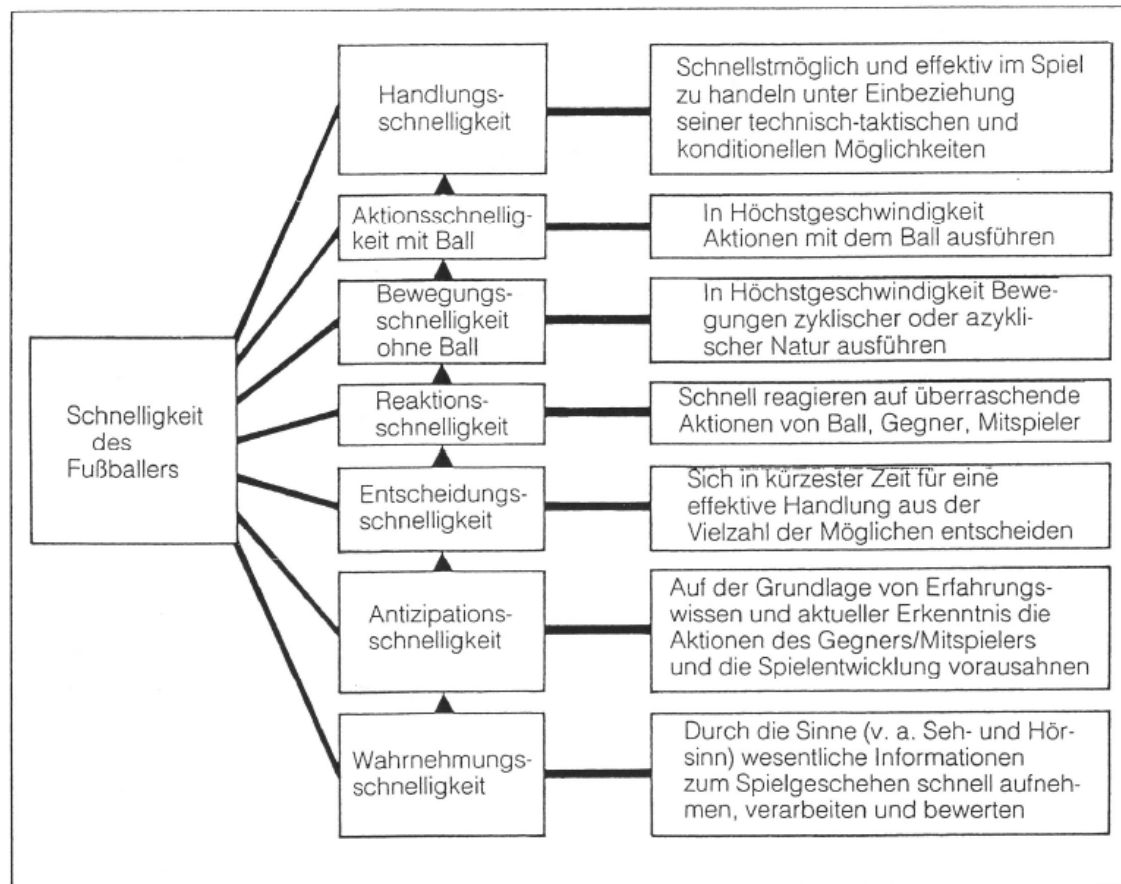


Abb. 17: Teileigenschaften der Schnelligkeit und ihre Bedeutung für die Leistungsfähigkeit des Fußballers (Weineck, 2004, S. 378)

Die Ausführungen von Weineck (2004) werden weitgehend von vielen weiteren Quellen unterstützt. Für Geese (2009) sind auch die Reaktionsschnelligkeit und die Entscheidungsschnelligkeit ein wichtiger Faktor um gewinnbringende Entscheidungen im fußballerischen Kontext zu treffen.

Bisanz & Gerisch (2013) sehen die Schnelligkeitskomponenten wie Weineck (2004) in einer Wechselbeziehung zueinander. Auch in ihrem Strukturmodell werden die Reaktionsschnelligkeit, Laufschnelligkeit, die Bewegungsschnelligkeit und die Handlungsschnelligkeit angeführt.



Abb. 18: Strukturmodell der Schnelligkeit im Fußball (Bisanz & Gerisch, 2013, S. 182)

Um die Vorteile der Schnelligkeit in jeglicher Hinsicht ausnutzen zu können, müssen alle Teilbereiche optimal geschult werden. Ob für Angreifer oder Verteidiger ist das Wahrnehmen von unerwarteten Situationen und die darauffolgende Reaktion eine wichtige Grundlage für das „richtige“ Verhalten.

3.2.4 Beweglichkeit/ Flexibilität

Die Beweglichkeit wird im Sportspiel Fußball des Öfteren, besonders aber im Amateurbereich, vernachlässigt. Sie bildet die eine wichtige Komponente in den komplexen Bewegungsmustern verschiedenster technischer Ausführungen. Deswegen ist das Beweglichkeitstraining mittlerweile ein weiterer Grundpfeiler in der Trainingsplanung (Weineck, 2004).

3.2.4.1 Begriffsbestimmung und Definition

Dickhuth, Mayer, Röcker und Berg (2010, S. 10) definieren die Beweglichkeit auch als Flexibilität und beschreiben diese als „Fähigkeit, Bewegungen mit einer bestimmten physiologischen Schwingungsweite ausführen“ zu können.

Auch Weineck (2004, S. 495) beschreibt die Beweglichkeit als die „Fähigkeit und Eigenschaft des Sportlers, Bewegungen mit großer Schwingungsweite selbst oder unter unterstützenden Einfluß äußerer Kräfte in einem oder mehreren Gelenken ausführen zu können.“ Des Weiteren fügt er dem Begriff der Beweglichkeit wie auch Dickhuth, Mayer, Röcker und Berg (2010) die

Flexibilität an. In seinen Ausführungen präzisiert er den Begriff und nennt die Dehnungsfähigkeit, die Gelenkigkeit und die Biegsamkeit als gleichwertige Begriffe.

3.2.4.2 Arten der Beweglichkeit und Bedeutung für die Praxis

Weineck (2004) unterscheidet zwischen vier Bereichen der Beweglichkeit. Er beschreibt die allgemeine, spezielle, aktive, passive sowie die statische Beweglichkeit.

Die allgemeine Beweglichkeit bezieht sich nach Hartmann, Minow und Senf (2020) und Wineck (2004) auf Beweglichkeit der großen Gelenke, wie das Schulter- und Hüftgelenk.

Die spezielle Beweglichkeit bezieht sich auf eine festgelegte Anforderung, welche sich auf ein betrachtetes Gelenk bezieht. Dies könnte zum Beispiel die Bewegung des Fußgelenks in der Endphase einer Schussbewegung sein.

Die aktive Beweglichkeit „wird als größtmögliche Beweglichkeit in einem Gelenk, die der Übende ohne fremde Hilfe, allein durch Kontraktion der Antagonisten des zu dehnenden Muskels erreichen kann“ (Hartmann, Minow und Senf, 2020, S. 387).

Die „passive Beweglichkeit bezeichnet die größtmögliche Bewegungsamplitude in einem Gelenk, die der Sportler durch Einwirkung äußerer Kräfte (Partner, Zusatzgeräte) allein durch die Dehnung bzw. Entspannungsfähigkeit der Antagonisten erreichen kann“ (Weineck, 2004, S. 495).

Für die fußballerische Leistungsfähigkeit in der Praxis spielt die Beweglichkeit somit eine große Rolle. Geese (2009) beschreibt die Beweglichkeit bzw. die Flexibilität als wichtige Grundlage für die Bewegungskoordination im Fußball. So kann auch durch regelmäßiges Beweglichkeitstraining die Spannung der Muskulatur reduziert werden und die Verletzungsgefahr minimiert werden.

3.2.5 Technik und Taktik

Neben den physischen Fähigkeiten hängt die fußballerische Leistungsfähigkeit auch von der technischen und taktischen Ausbildung der Fußballspielerin und des Fußballspielers ab. Besonders im Bereich der Taktik konnten in den letzten Jahren durch die Analyse von erfassten Daten mithilfe technischer Hilfsmittel große Fortschritte erzielt werden. Nicht nur die Laufstrecken und Laufintensitäten, auch die spezifischen Laufwege der individuellen

Spielerinnen bzw. Spieler und der gesamten Mannschaft können dadurch bestimmt und gezielt verarbeitet werden (Geese, 2009).

3.2.5.1 Technik des Fußballspielers

Die Technik der Fußballspielerin bzw. des Fußballspielers wird von vielen Faktoren beeinflusst. Die technischen Fertigkeiten müssen zu jedem Zeitpunkt des Spieles abrufbar sein und werden somit direkt von der konditionellen Verfassung der Fußballspielerin bzw. des Fußballspielers beeinflusst. Die Grundlage der Technik bildet die Koordination und die Wahrnehmungsfähigkeit.

Die Technik im Sportspiel Fußball wird von Buschmann, Bussmann und Pabst (2000, S. 21) in drei Zweige aufgeteilt.

- Bewegungen ohne Ball, z. B.: Stehen, Gehen, Traben, Laufen, Sprinten
- Bewegungen zum Ball, z. B.: Springen, Rempeln, Tackling
- Bewegungen mit Ball, z. B.: Passen, Ballkontrolle, Torwartspiel, Dribbling/ Finten, Torschuss, Kopfballschuss

Bisanz und Gerisch (2013) unterteilen den Technikbegriff in vier Blöcke. Sie präzisieren diese in Bewegungsfertigkeiten mit Ball, Angriff, Bewegungsfertigkeiten ohne Ball und Abwehr. Jedoch ist in 8 Abbildung ersichtlich, dass die Bewegungsformen zwischen Buschmann, Bussmann und Pabst (2000) und Bisanz und Gerisch (2013) weitgehend übereinstimmen.



Abbildung 19: Technik (Bisanz und Gerisch, 2013, S. 327)

Ein wichtiger Einflussfaktor in der fußballerischen Technik nimmt die Koordination ein. Bisanz und Gerisch (2013, S. 235) definieren diese als „die Fähigkeit, technische Handlungen mit und ohne Ball zielgerichtet, schnell, präzise und ökonomisch durchzuführen.“

Bertram und Laube (2008, S. 8) beschreiben die Koordination als eine „auf ein Ziel ausgerichtete, konkrete, hierarchische Abstimmung und das Zusammenwirken von Einzelaktivitäten für ein angestrebtes Gesamtergebnis.“

Baumann und Schüle (2008, S. 75) charakterisieren die Koordination als „das Zusammenwirken von Zentralnervensystem und Skelettmuskulatur innerhalb eines Bewegungsablaufes.“ Die Kraft, Schnelligkeit, Beweglichkeit, Ausdauer und Technik werden somit direkt von dieser Fähigkeit beeinflusst.

Die Koordination besteht aus vielen einzelnen Fähigkeiten, welche jeweils alle Bereiche des koordinativen Anforderungsprofils der Fußballspielerin bzw. des Fußballspielers umfassen. Diese Fähigkeiten setzen sich aus folgenden Teilbereichen zusammen (Meinel und Schnabel, 2007):

- Differenzierungsfähigkeit
- Reaktionsfähigkeit
- Umstellungsfähigkeit
- Kopplungsfähigkeit
- Rhythmusfähigkeit
- Gleichgewichtsfähigkeit
- Orientierungsfähigkeit

Wie auch bei den physischen Fähigkeiten, so werden auch die koordinativen Fähigkeiten seit geraumer Zeit mit technischen Hilfsmitteln unterstützt.

3.2.5.2 Taktische Handlungsfähigkeit

Auch die taktische Handlungsfähigkeit muss im Bezug auf das Anforderungsprofil einer Fußballspielerin bzw. eines Fußballspielers berücksichtigt werden, da auch hier der Einsatz von Wearables und IMUs eine grundlegende Rolle einnimmt.

Die Taktik im Sportspiel Fußball ist aufgrund der unzähligen Faktoren ein sehr komplexes System. Diese unzähligen Faktoren können in zwei Segmente eingeteilt werden, welche sich aus beeinflussbaren und unbeeinflussbaren Faktoren zusammensetzen.

Bisanz und Gerisch (2013) verstehen unter dem Taktik-Begriff alle organisierten Maßnahmen, welche darauf ausgerichtet sind, um die Spielziele zu erreichen.

Auch Thömmes (2011, S. 98) kommt zu einem ähnlichem Ergebnis. Er beschreibt die Taktik „als planmäßiges, auf eigene und gegnerische Leistungsfähigkeit und die äußeren Umstände abgestelltes Verhalten in einem Einzel- oder Mannschaftswettkampf.“

Das komplexe Gerüst der Taktik setzt sich aus drei Bausteinen zusammen. Die Individualtaktik, welche die individuellen Spielerinnen und Spieler betrifft, die Gruppentaktik, diese bezieht sich auf kleinere Segmente der Mannschaft und die Mannschaftstaktik, welche die gesamte Mannschaft miteinbezieht.



Abb. 20: Strukturmodell Fußballtaktik in Anlehnung an Jankowski (2015, 71-73)

3.2.6 Psychische Eigenschaften des Fußballerspielers

Die Psychologie nimmt im Sportspiel Fußball eine große Rolle ein und wird von unzähligen Aspekten beeinflusst. Nicht nur die eigenen Mitspielerinnen und Mitspieler, auch die Zuschauerinnen und Zuschauer, Trainerinnen und Trainer, Wetter oder die gegnerischen Spielerinnen und Spieler sind nur wenige Beispiele für psychologische Einflüsse.

Das menschliche Verhalten und Erleben zeichnet sich durch unvorhersehbare Situationen und darauffolgende Reaktionen aus. Nun stellt sich die Frage, welche Vorgänge die Leistungsfähigkeit der Fußballspielerin bzw. des Fußballspielers maßgeblich positiv wie auch negativ beeinflussen (Munzert, Raab und Strauß, 2020).

Die psychische Leistung wird im Sportspiel Fußball vor allem durch die kognitiven, motivationalen und affektiven Eigenschaften getragen.

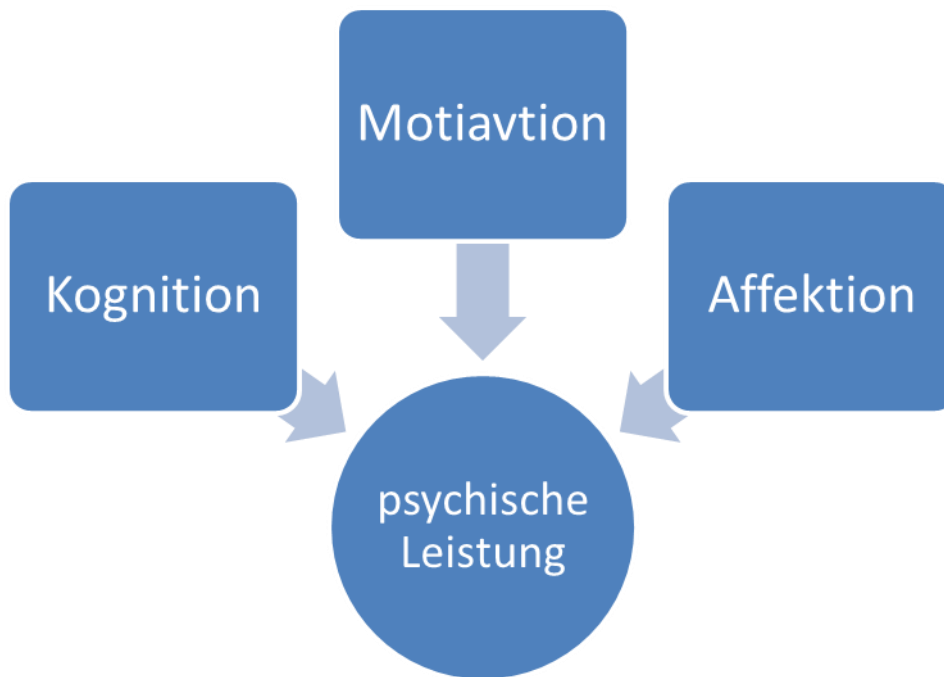


Abb. 21: Psychische Leistungsgrundlagen in Anlehnung an Weineck (2004, S. 16)

Die kognitiven Faktoren setzen sich aus Antizipation, Wahrnehmung, Aufmerksamkeit, Spielintelligenz, Kreativität und Gedächtnisprozesse zusammen und sind für die Reaktion auf eine im Wettkampf auftretende Situation verantwortlich (Memmert, 2019).

Die Motivation wird von Bisanz und Gerisch (2013, S. 482) als „die Gesamtheit der Motive eines Menschen, die sein Handeln auslösen, steuern und den Energieeinsatz bestimmen“ charakterisiert. Um eine hohe Motivation, also einen hohen Energieeinsatz der Fußballspielerin bzw. des Fußballspielers zu erreichen, müssen dementsprechend gewisse Anreize gesetzt werden, welche je nach Individuum intrinsisch bzw. extrinsisch verinnerlicht werden. Die Anreize können sich zum Beispiel auf die Leistung bzw. den Wettkampf, die sozialen Beziehungen, die Anerkennung, die Macht oder auf den Status einer Fußballspielerin bzw. eines Fußballspielers beziehen.

Die affektiven Aspekte setzen sich aus Gefühlen, Temperament und Stimmungen zusammen. In diesem Kontext werden besonders in Sportarten mit direkten Gegnerkontakt Emotionen in den Vordergrund gestellt. Emotionen können sich positiv wie auch negativ auf die Leistungsfähigkeit auswirken. So können Emotionen die Konzentrationsfähigkeit beeinflussen und eine negative Reaktion mit sich ziehen. Im Gegensatz können aversive Gefühle eine Leistungssteigerung mit sich bringen (Bisanz und Gerisch, 2013).

3. Einsatzbereiche von Wearables und IMUs im Sportspiel Fußball

Sei es die Herzfrequenzrate einer Marathon- Läuferin bzw. eines Marathon-Läufers in einem Wettkampf oder die Feststellung der Leistungsfähigkeit einer Sportlerin bzw. eines Sportlers im Kraftsportbereich, die Datensammlung und die Datenauswertung mit unterstützenden Wearables und IMUs spielen seit mehr als einem Jahrzehnt eine wichtige Rolle in verschiedensten Sportarten (Lee, Wheeler und James, 2019).

So wurden auch die führenden Verbände des Sportspiels Fußball, die FIFA (Federation Internationale de Football Association) und die IFAB (International Football Association Board), auf diese technischen Innovationen aufmerksam. In den letzten Jahren wurde immer mehr auf den Einsatz von technischen Hilfsmitteln gesetzt.⁹ Einige Beispiele, die für den Einsatz in Wettkampfspielen zugelassen sind, lauten¹⁰:

- Videobasierte Datengewinnung
- Torlinientechnologie
- Video-Assistent-Schiedsrichter
- Abseitslinientechnologie
- Direkte Kommunikation der Schiedsrichter über Headsets

Mit diesen technischen Innovationen wird versucht, das immer schneller und komplexer werdende Fußballspiel zu unterstützen.

Neben diesen technischen Entwicklungen, welche hauptsächlich im offiziellen Wettkampf eingesetzt werden, wurde auch der Einsatz von tragbaren Mikrosystemen im Trainingsbereich weiter forciert.

Diese tragbaren Mikrosysteme können sich aus verschiedensten Komponenten zusammensetzen und liefern Informationen über Laufwege, Geschwindigkeiten, Herzfrequenzraten und Beschleunigungen, welche in Bereichen wie der Trainingsplanung, Trainingssteuerung, Bestimmung der Leistungsfähigkeit, Wettkampfvorbereitung bzw. Wettkampfoptimierung, Spielerbeobachtung oder Verletzungsprophylaxe nützlich eingesetzt werden können (Bisanz und Gerisch, 2013).

⁹<https://football-technology.fifa.com/de/innovations/>, Zugriff am 13.01.2021

¹⁰<https://football-technology.fifa.com/de/standards/>, Zugriff am 13.01.2021

3.1 Geschichtliche Betrachtung technischer Hilfsmitteln im Fußball

Der Fortschritt der taktischen Weiterentwicklung im Sportspiel Fußball war ein wichtiger Grund für die Einführung von technischen Hilfsmitteln. Im Laufe der Zeit wurden die grundlegenden Spieltaktiken immer weiter erforscht und in verschiedensten Formationen im Wettkampf eingesetzt. Wilson (2011) beschreibt sehr genau, wie sich die Spieltaktik vom einstigen 2-3-5 System zu den heutigen 4-4-2- oder 4-2-3-1-Systemen entwickelten. Betrachtet man diese Fortschritte genauer, so ist eine klare fortschreitende Komplexität erkennbar. Neben der anfänglichen Manndeckung und dem aus heutiger Sicht bezeichneten früheren „Stehfußball“ wurden verschiedenste neue Überlegungen umgesetzt. So basiert das heutige Wettkampfspiel auf Begriffen wie dem Pressing, der Raumdeckung oder der Viererkette (Bisanz und Gerisch, 2013).

Memmert und Raabe (2019) beschreiben in diesem geschichtlichen Kontext die damaligen Instrumente. Es wurden sogenannte „Handnotizsysteme“, welche sich aus Zettel und Stift zusammensetzten, eingeführt. Einer der ersten Spielanalysten im Fußball war Charles Reep. Reep kann als einer der ersten Taktikexperten genannt werden, welcher durch sein selbstständig entwickeltes Notationssystem große Mengen an Daten aufzeichnete und auswertete.

Auch die Spielfelder spielten bei der Analyse von spieltaktischen Beobachtungen eine große Rolle. Da die Positionen von Ballaktionen genau berücksichtigt werden mussten, wurde das Spielfeld in unterschiedliche Segmente eingeteilt, um die Lokalisierung besser veranschaulichen zu können (Memmert und Raabe, 2019).

Der nächste Schritt der technischen Hilfsmittel wurde mit der zunehmenden Technologisierung und Digitalisierung gesetzt. Bereits in den 90er-Jahren wurden die „Handnotizsysteme“ von Concept Keyboards, Playpads oder Audioaufnahmen abgelöst, welche die schnelle Aufnahme von Daten erheblich vereinfachten.

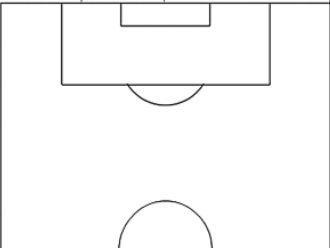
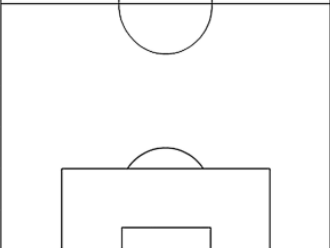
Foul		G.S.	G.C.	
Grätsche	1	G.C.	G.T.	
Lauf	2			
Klären	3			
Pass	4			
Verlorene Position	5			
Einwurf	6			
Freistoß	7			
Eckstoß	8			
Pen	9			
Schuss	10			
Schuss hoch	11			
Schuss weit	12			
Schuss zurück	13			
Schuss abgefälscht	GOAL			
Schuss gehalten				

Abb. 22: Conecpt Keyboard (Memmert und Raabe, 2019, S. 33. (Nachgezeichnet von Hughes 1988))

Die nächsten Errungenschaften, welche auch die Basis für die heutige Datengewinnung darstellen, waren die videobasierten Aufnahmen und der Einsatz verschiedenster Mikrosystemen.

Memmert und Raabe (2019) vermuten, dass eines der ersten Fußballspiele, wo genaue Positionsdaten erhoben wurden, das Finale der Fußball Weltmeisterschaft 2006 zwischen Italien und Frankreich war.

Auch wenn durch den hohen Standard der Digitalisierung das frühere „Handnotizsystem“ schon fast in allen Bereichen seit Jahren abgelöst wurde, so gibt es nach wie vor die ein oder andere Fußballtrainerin bzw. den ein oder anderen Fußballtrainer, der seine Überlegungen mit Zettel und Stift festhält.

Als Abschluss der geschichtlichen Betrachtung von den technischen Hilfsmitteln im Fußball gibt die von Memmert und Raabe (2019) erstellte grafische Darstellung einen vereinfachten Überblick der zeitlichen Weiterentwicklung der Spielanalyse.

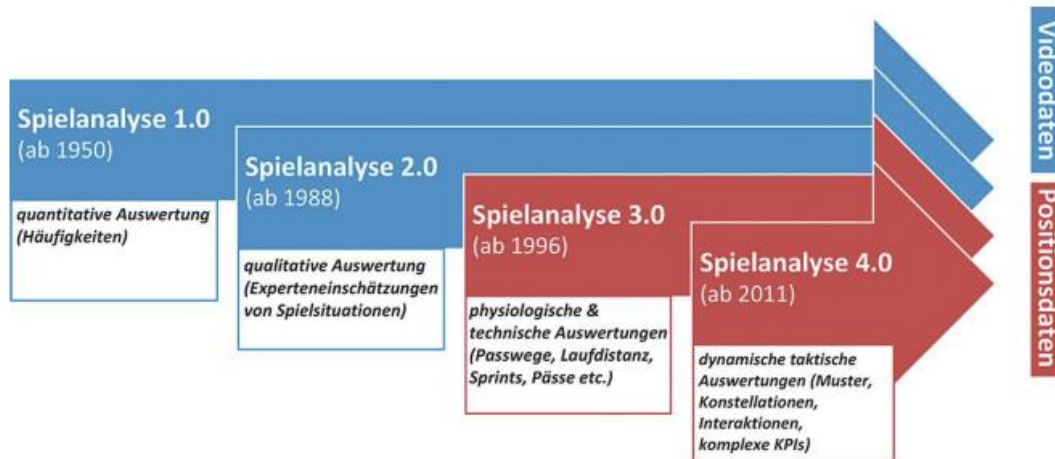


Abb. 23: Von der Spielanalyse 1.0 zur Spielanalyse 4.0 (Memmert und Raabe, 2019, S. 8)

3.2 Wearables im Fußball

Aufgrund der enormen Weiterentwicklung im Fußball, aber auch im technologischen Bereich war es nur eine Frage der Zeit, bis technisierte Mikrosysteme in dieser Sportart zum Einsatz kommen. So wurde auch von der FIFA und der IFAB am 8. Juli 2015 der Einsatz von tragbaren Mikrosystemen offiziell genehmigt (IFAB, 2015).

In dem vorherigen Kapitel wurde deutlich, dass der Fußball bzw. die Spielanalyse dieses Sportspiels nach Memmert und Raabe (2019) auf einem neuen Niveau angekommen ist. Eine Spielanalyse oder weitergehend eine Gegneranalyse, ist ein wichtiger Faktor, um die taktische Einstellung einer Fußballmannschaft zielführend adaptieren zu können. Neben der Spielanalyse werden aber auch viele andere Einsatzbereiche von Wearables oder IMUs angeführt. Die Bereiche, in denen diese technischen Hilfsmittel eingesetzt werden können, setzen sich in Anlehnung an das Leistungssystem der Fußballspielerin bzw. des Fußballspielers von Bisanz und Gerisch (2013) aus folgenden zusammen:

- Leistungsdiagnostik
 - Trainingsplanung
 - Trainingssteuerung
 - Feststellung der Leistungsfähigkeit
 - Wettkampfdiagnostik
 - Spielanalyse
 - Gegneranalyse
 - Einzel- und Mannschaftstaktische Analyse
- Physiotherapeutischer Bereich
 - Verletzungsprophylaxe

3.2.1 Leistungsdiagnostik

Der Bereich der Leistungsdiagnostik ist mittlerweile im Hochleistungssport eine wichtige Grundlage, um die Konkurrenzfähigkeit zwischen der Weltelite aufrecht erhalten zu können. Die Leistungsdiagnostik wird in der Literatur weitgehend ähnlich definiert.

Im Allgemeinen beschreiben Schnabel, Harre und Krug (2011, S. 52) die Leistungsdiagnostik als

Lehre und Komplex von Verfahren der Leistungsdiagnose, d. h. der Erfassung und Beurteilung der sportlichen Leistungen und der aktuellen Leistungsfähigkeit- des erreichten Leistungszustandes- auf der Grundlage von Kennwerten, Kennlinien und Merkmalen des Leistungsvollzugs sowie von Kennwerten der wesentlichsten personalen Leistungsvoraussetzungen. Darin einbezogen sind die Relationen der ermittelten Daten, d. h. die Struktur des Leistungssystems.

Bisanz und Gerisch (2013) teilen die Leistungsdiagnostik im Fußball in Leistungsmessung und Leistungskontrolle sowie in Talentbestimmung ein. Diese Bereiche umfassen die Datenerfassung und –auswertung, die Trainingskontrolle, die Leistungssteuerung , die Wettspielsteuerung oder auch sportmotorische Überprüfungsverfahren zur Feststellung der Leistungsfähigkeit.

Buschmann, Otto und Krüger (2013) definieren die Leistungsdiagnostik im Sportspiel Fußball ähnlich wie Bisanz und Gerisch (2013). Buschmann, Otto und Krüger nennen diagnostische Verfahren, welche die Sportmotorik, die Biomechanik, die Spiel- und Wettkampfanalyse, die Medizin oder Psyche überprüfen, als Grundlage für die Leistungsfeststellung der Fußballspielerin bzw. des Fußballspielers.

Ein wichtiger Aspekt der Leistungsdiagnostik ist die Interaktion der gewissen Teilbereiche untereinander. Die Feststellung der Leistungsfähigkeit, welche über standardisierte Überprüfungsverfahren durchgeführt wird, ist essenziell für die Trainingsplanung bzw. Trainingssteuerung (Schurr, 2003).

Des Weiteren beeinflusst die richtige Trainingsplanung und Trainingssteuerung das Level der Leistungsfähigkeit. Auch die Wettspielsteuerung ist in diesem Prozess ein wichtiger Parameter. Kennt die Fußballtrainerin bzw. der Fußballtrainer die genaue Leistungsfähigkeit seiner Mannschaft bzw. der einzelnen Spielerinnen und Spieler, so kann diese bzw. dieser ihren zw. seinen taktischen Spielplan daran orientieren.

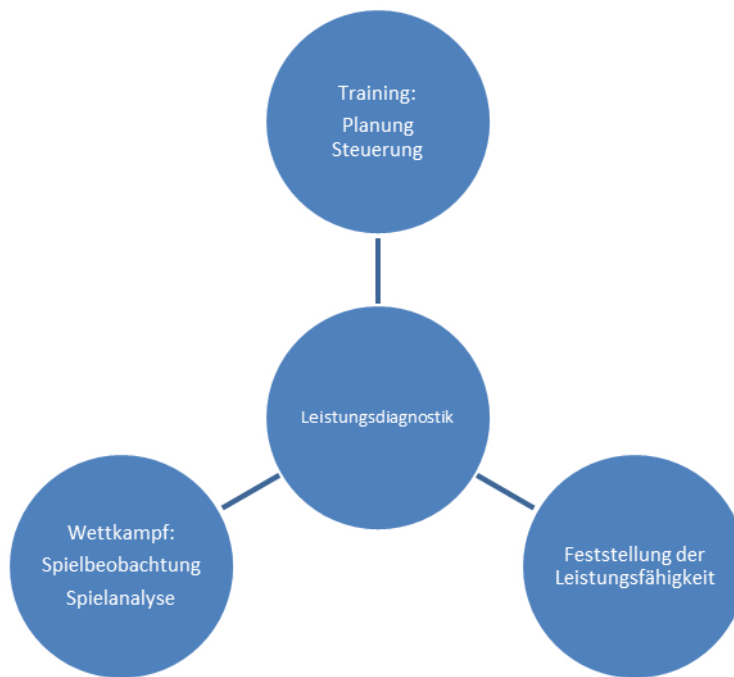


Abb. 24: Bereiche der Leistungsdiagnostik (Eigene Grafik)

3.2.2 Trainingsplanung, Trainingssteuerung

Die Trainingsplanung und die Trainingssteuerung stellen im Bereich des sportlichen Wettkampfs eine wichtige Grundlage dar, um diesen zielorientiert durchführen zu können.

Die Trainingsplanung charakterisiert sich durch das Eingehen auf die zu erreichenden Ziele und die Maßnahmen, wie diese Ziele erreicht werden, in der jeweiligen Sportart. Im Fußball spielen viele physiologische Parameter eine große Rolle, welche alle in dieser Planung berücksichtigt werden müssen. Die Trainingsplanung wird des Weiteren in verschiedene Zyklen eingeteilt, welche sich im Fußball in drei Phasen unterteilen (Schnabel, Harre und Krug, 2011).

Diese drei Phasen werden von Weineck (2004) in eine Vorbereitungsperiode, Wettkampfperiode und Übergangsperiode aufgeteilt. In allen drei Zyklen werden die Ausdauer, die Kraft, die Schnelligkeit und die Beweglichkeit nach verschiedenen Prinzipien geschult. Die Einteilung in diese drei Phasen beruht auf den körperlichen Belastungen in der jeweiligen Periode. Die Vorbereitungsperiode soll auf die Wettkampfperiode vorbereiten, wohingegen in der Übergangsperiode der Leistungsabfall und die Regeneration im Vordergrund stehen. In der Wettkampfperiode ist der Erhalt der Leistungsfähigkeit für einen möglich langen Zeitraum zu erreichen.

Die Trainingssteuerung beinhaltet eine Vielzahl an interagierenden Faktoren, welche sich auf die Trainingsdurchführung und durchführenden Methoden stützen. Das Ziel der Trainingssteuerung

ist die stetige Weiterentwicklung der Leistungsfähigkeit des Sportlers bzw. der Sportlerin durch die Veränderung und Anpassung der Trainingsmethoden (Schnabel, Harre und Krug, 2011).

Die Trainingsplanung und die Trainingssteuerung sind zwei grundlegende Bereiche der Leistungsdiagnostik. Besonders durch den Einsatz von Wearables in Form von Tracking-Sensoren wurde die Trainingssteuerung revolutioniert (Horky, Stiehler und Schierl, 2018). So ist es mittlerweile möglich, über Live-Echtzeit-Überwachung die physiologische Belastung der Trainierenden zu ermitteln. Mittels Herzfrequenzratenbestimmung über die bereits beschriebenen Systeme ist es den trainingswissenschaftlichen Verantwortlichen möglich, einer körperlichen Überlastung entgegenzuwirken. Da also die körperliche Belastung fast punktgenau gesteuert werden kann, wird in diesem Bereich auch die Verletzungsanfälligkeit mit beeinflusst (Memmert und Raabe, 2019).

Anhand dieser erhobenen Daten bzw. der Auswertung der Daten kann eine individuell- bzw. mannschaftsbezogene Trainingsplanung durchgeführt werden (Hierzer, 2020).

3.2.3 Feststellung der Leistungsfähigkeit

Um eine genaue und wirkungsvolle Trainingsplanung bzw. Trainingssteuerung durchführen zu können ist die Feststellung der Leistungsfähigkeit aufgrund von sportmotorischen Überprüfungsverfahren ein weiterer wichtiger Baustein in diesem Konstrukt. Diese sportmotorischen Überprüfungsverfahren geben wertvolle Informationen über physiologische und technische Eigenschaften. Bisanz und Gerisch (2013, S. 81) charakterisieren diese Eigenschaften wie folgt:

- Quantifizierbare Größe im Einzel- und Gruppenvergleich
- Gradmesser der Realisation der gestellten Aufgabe
- Qualitätsmaßstab einzelner, aus dem Gesamtrepertoire der Spielhandlungen ausgewählter Handlungen

3.2.4 Sportmotorische Überprüfungsverfahren

Die sportmotorischen Überprüfungsverfahren sind seit Jahren nicht mehr aus dem Sportspiel Fußball wegzudenken und die Voraussetzung, um besonders die konditionelle Basis auszubilden (Buschmann, Otto und Krüger, 2013).

Jedoch gibt es in diesem Bereich kein einzig „richtiges“ Verfahren, sondern viele verschiedene Möglichkeiten. Da die erfolgreiche Durchführung des Sportspiels Fußball auf einem komplexen

konditionellen System basiert, sind die auch verschiedene diagnostische Verfahren zur Bestimmung der jeweiligen konditionellen bzw. physiologischen Komponenten einzusetzen (Weineck 2004).

Ein weiterer wichtiger Bezugspunkt eines sportmotorischen Überprüfungsverfahrens ist die Aussagekraft der erhobenen qualitativen, sowie quantitativen Daten. Weineck (2004), Geese (2009) und auch Bisanz und Gerisch (2013) führen hier bestimmte Hauptkriterien und Nebenkriterien an, welche für eine „sinnvolle“ Aussagekraft notwendig sind.

Bisanz und Gerisch (2013, S. 82) definieren die Hauptkriterien und Nebenkriterien, welche in einer stetigen Interaktion stehen in folgender Abbildung genauer.

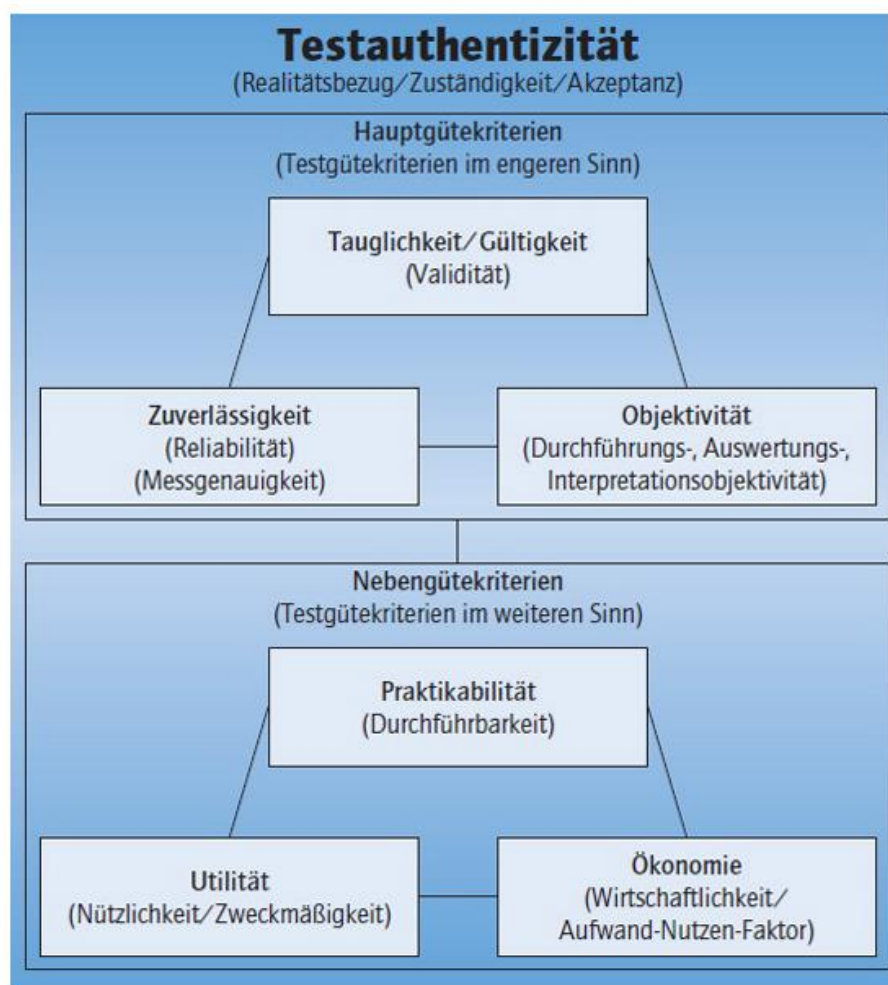


Abb. 25: Hauptkriterien und Nebenkriterien und dessen Abhängigkeit (Bisanz und Gerisch, 2013, S. 82)

Besonders in den Bereichen der Ausdauer und Schnelligkeit spielen diese Kontrollformen eine wichtige Rolle und werden seit Jahren durch den Einsatz von Wearables und IMUs überwacht. Der Einsatz und die Weiterentwicklung der technischen Hilfsmittel wirken sich sehr positiv auf manche Kriterien aus. So kann die Messgenauigkeit immer weiter gesteigert werden oder auch die Praktikabilität bzw. die Ökonomie davon profitieren.

3.2.4.1 Ausdauertests

Eine wichtige physiologische Komponente des Sportspiels Fußball ist die Ausdauer, welche in verschiedensten Formen trainiert werden muss. Zur Feststellung der verschiedenen Formen wie die Grundlagenausdauer oder die fußballspezifische Ausdauer der Ausdauerleistungsfähigkeit wurden in den letzten Jahrzehnten viele Überprüfungsverfahren entwickelt, welche sich grundlegend voneinander unterscheiden.

Weineck (2004) unterscheidet in seinen Ausführungen zwischen zwei Überkategorien:

1. Tests zur Ermittlung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit (Grundlagenausdauer) des Fußballspielers
2. Tests zur Ermittlung der speziellen, fußballspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit

Die erste Kategorie bezieht sich auf diagnostische Überprüfungsverfahren, welche zur Ermittlung der aeroben und anaeroben Kapazität dienen. Auch hier werden mehrere Formen der Testung genannt.

Der Cooper- Test, welcher ohne tragbare technische Hilfsmittel absolviert wird, misst eine Dauer von 12 Minuten. In diesen 12 Minuten muss die Fußballspielerin bzw. der Fußballspieler die größtmögliche Distanz zurücklegen (Bös, 2017). Durch eine standardisierte Wertungstabelle können hier Aussagen über die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit getroffen werden (Weineck, 2004).

Des Weiteren gibt es Lauftests, welche mit Hilfe von tragbaren technischen Hilfsmitteln durchgeführt werden können. So können hier Herzfrequenz- Sensoren für die Ermittlung der Herzfrequenzrate eingesetzt werden. Auch die Ermittlung der zurückgelegten Distanzen mittels GPS- Sensoren werden in diesem Bereich bereits eingesetzt.

Ein Beispiel für diese Form der Feststellung der Ausdauerleistungsfähigkeit wäre der sogenannte Feldstufentest. Bei diesem Test werden jeweils fünf Läufe á fünf Minuten absolviert. Das Lauftempo bleibt bei jedem Lauf konstant, wird jedoch nach jedem Lauf erhöht. Die Leistungsfeststellung erfolgt über die Messung der Laktatwerte zwischen den Läufen und einer durchgehenden Herzfrequenzmessung (Bisanz und Gerisch, 2013). Bei diesem Test können Aussagen bezüglich der Erreichung der aeroben und anaeroben Schwelle getätigt werden (Bös, 2017).

In der zweiten Kategorie bezieht sich Wineck (2004) auf die spezielle, fußballspezifische Ausdauerleistungsfähigkeit. Da gleichbleibende Läufe nicht die Charakteristika einer fußballspezifischen Ausdauer widerspiegeln, wurden fußballspezifische Überprüfungsverfahren entwickelt.

Weineck (2004) nennt als Beispiel für einen fußballspezifischen Feldtest den SAT-Ausdauer test nach Stiehler, Konzag und Döbler, welcher sich aus Torschüssen, Dribblings und Richtungswechsel zusammensetzt. Die Leistungsfeststellung erfolgt über die ermittelte Gesamtlaufzeit.

Des Weiteren führt Wineck (2004) den Gießener fußballspezifischen Ausdauer test an. Dieser setzt sich aus fünf Stationen zusammen, welche alle fußballspezifischen Parameter berücksichtigt. Die Leistungsfeststellung erfolgt hier über die Laktat- und Herzfrequenzmessung.

3.2.4.2 Schnelligkeitstests

Auch die Ermittlung der allgemeinen Leistungsfähigkeit der Schnelligkeit ist ein wichtiger Aspekt der Trainingsplanung und Trainingssteuerung. Wie die Ausdauer, so setzt sich auch die Schnelligkeit aus unterschiedlichen Komponenten zusammen, welche durch die jeweilige angepasste Methode ermittelt werden. Durch die jeweiligen diagnostischen Überprüfungsverfahren können somit die Antrittsschnelligkeit, die Sprintausdauer, die Schnelligkeitsausdauer und der technisch-taktische Zustand der Fußballspielerin bzw. des Fußballspielers ermittelt werden (Weineck, 2004).

Die diagnostischen Überprüfungsverfahren können als gerade Sprintläufe über 10, 15 oder 20 Meter absolviert werden. Die Messungen fanden in den letzten Jahren vorwiegend mit einem Lichtschranken-System oder per Stoppuhr statt (Geese, 2009; Wineck, 2004).

Da aber die Entwicklung von tragbaren technischen Hilfsmitteln immer weiter vorangeht, werden diese mittlerweile auch vermehrt im Bereich der Ermittlung der Schnelligkeit eingesetzt. Besonders bei der Überprüfung von technisch-taktischen Parametern bringen Wearables große Vorteile mit sich. Bei diesen Messungen stehen nicht die geraden Sprintserien im Vordergrund, sondern die fußballspezifischen Bewegungen, wie das Dribbeln mit dem Ball (Weineck, 2004).

Da die Lichtschranken-Systeme eine präzise Aufstellung und Ausmessung benötigen und in einem gewissen Abstand zueinander aufgestellt werden müssen, ist dieses System eher ungeeignet für die Durchführung. Dahingehend stellen Wearables in Form von MEMS-Sensoren eine unkomplizierte und präzise Alternative da.

3.2.5 Spielbeobachtung und Spielanalyse

Die Spielbeobachtung und die Spielanalyse sind zwei grundlegende Methoden der Leistungsdiagnostik und sind in allen Mannschaftssportarten wiederzufinden. Besonders im

Sportspiel Fußball muss man diesen Methoden eine große Bedeutung zuschreiben, da sie die Basis für taktische Maßnahmen im Wettkampf bilden.

Die Spielbeobachtung und die Spielanalyse können in verschiedensten Formen in der Praxis eingesetzt werden. Buschmann, Otto und Krüger (2017) stellen den Prozess der systematischen Spielbeobachtung anhand einer Abbildung dar.



Abb. 26: Spielbeobachtungsprozess (Buschmann, Otto und Krüger, 2017, S. 16)

Anhand der Ausführungen von Buschmann, Otto und Krüger (2017) wird die Auswertung der Spielbeobachtung in eine quantitative und qualitative Sektion eingeteilt. Beide Bereiche stehen in einer Wechselwirkung zueinander und ergänzen sich.

Des Weiteren wird eine Spielbeobachtung immer unter gewissen vorgegebenen Aspekten durchgeführt. Diese Aspekte können auf einzelne Spielerinnen und Spieler oder auch auf die gesamte Mannschaft gerichtet sein (Bisanz und Gerisch, 2013). Auch die Analyse von gegnerischen Mannschaften und deren Verhaltensweisen unter bestimmten Umständen sind oft beobachtete Parameter. Diese Parameter können sich zum Beispiel mit dem Verhalten der gegnerischen Mannschaft bei Eckstößen und Einwürfen oder dem Defensive- bzw. Offensivverhalten befassen (Buschmann, Otto und Krüger, 2017; Bisanz und Gerisch, 2013).

Eine besonders detaillierte Aufstellung von positionsabhängigen Leistungsparameter geben Bisanz und Gerisch (2013). Bisanz und Gerisch (2013) erstellten durch die Befragung von Profi-Fußballtrainern folgende Merkmale, die bei einer Analyse berücksichtigt werden sollten.

Spieler-Leistungscheck	
Angriffsverhalten Individualtaktisch	Abwehrverhalten Individualtaktisch
Stürmer • Tordrang und Torgefährlichkeit • Entschlossenheit und Risikobereitschaft • Durchsetzungsvermögen im Strafraum (Dribbling, Kopfball) • Antrittsschnelligkeit und Gewandtheit	Stürmer • Spielaufbau des Gegners stören • Schließen von Passwegen • Laufbereitschaft • Stellungsspiel
Mittelfeldspieler • Schnelles Umschalten von Abwehr auf Angriff • Spielgestaltung, Kombinations-sicherheit (Tempo- und Rhythmusvariationen) • Bälle fordern, Bälle verteilen • Druckvoll offensiv spielen (Gegner unter Druck setzen) • Zweikampfstärke • Torgefährlichkeit	Mittelfeldspieler • Schnelles Umschalten auf Abwehr • Zweikampfvverhalten • Stellungsspiel im Block, Absichern der Räume • Gegenseitiges Helfen (Verschieben) • Laufbereitschaft • Willenseigenschaften
Verteidiger • Schnelles Umschalten auf Angriff • Einschalten in den Angriff zum richtigen Zeitpunkt • Angriffsabschluss (Flanken, Torschuss) • Stete Anspielbereitschaft	Verteidiger • Zweikampfvverhalten am Boden und in der Luft • Stellungsspiel, in Linien abwehren, Absichern der Räume • Abschirmen des direkten Wegs zum Tor • Aggressivität/Willenseigenschaften • Antrittsschnelligkeit • Gegenseitiges Unterstützen • Antizipation

Abb. 27: Individualtaktische Leistungsparameter (Bisanz und Gerisch, 2013, S. 78)

Neben den individualtaktischen Leistungsparametern führen Bisanz und Gerisch (2013) auch gruppentaktische Leistungsparameter an.

Gruppentaktisch	Gruppentaktisch
• Gegenseitiges Helfen durch Anbieten und Positionsspiel • Freilaufen, Bälle fordern zum richtigen Zeitpunkt • Nach dem Abspiel wieder anspielbereit sein • Im Zusammenspiel richtige Entscheidungen treffen • Spiel- und Handlungsschnelligkeit (Entschlossenheit – Druck machen) • Selbstbewusstsein im Fordern und Annehmen von Bällen • Schnelles und sicheres Passen	• Stellungsspiel im Verband (Linienabwehr – Mittelfeldblock), Absichern der Räume • Gegenseitige Unterstützung bei Rückerobierung des Balls • Raumaufteilung – ballorientiert • Pressing • Aufmerksamkeit, wach sein • Willenseigenschaften: den Gegner nicht zur Entfaltung kommen lassen, den Gegner unter Druck setzen

Abb. 28: Gruppentaktische Leistungsparameter (Bisanz und Gerisch, 2013, S. 79)

Anhand der Ergebnisse dieser Befragungen konnten diese Beobachtungsmerkmale definiert werden und bieten ein umfassendes Spektrum für eine erfolgreiche Analyse.

Wie die Spielbeobachtung und die Spielanalyse in weiterer Folge durchgeführt werden, hängt von den finanziellen Mitteln und technischen Gegebenheiten ab.

Wie auch in den vorherigen Bereichen spielen in der Spielbeobachtung und der Spielanalyse Wearables und IMUs mittlerweile eine große Rolle. Computer-unterstützte Systeme können mit

Hilfe von MEMS- Sensoren systematische Spielbeobachtungen auf Basis von Satelliten oder fest-installierten Kamerasystemen durchführen (Memmert und Raabe, 2019).

4. Qualitative Sozialforschung als wissenschaftliche Methode zur Datengewinnung

4.1 Empirische Sozialforschung

Die empirische Sozialforschung oder auch Erfahrungswissenschaft genannt (Mayer, 2013) stellt zur Datenerhebung bzw. zur Datenauswertung und deren Analyse viele verschiedene Möglichkeiten zu Verfügung, welche sich aus qualitativen und quantitativen Forschungsmethoden zusammen setzen. Die Aufgaben der beiden Bereiche lassen sich in die deskriptive Untersuchung, in die explorative Untersuchung und in die hypothesenprüfende Untersuchung einteilen. Diese genannten Untersuchungen orientieren sich in ihrer Durchführung an folgenden theoretischen Ansatz (Berger- Grabner, 2016).

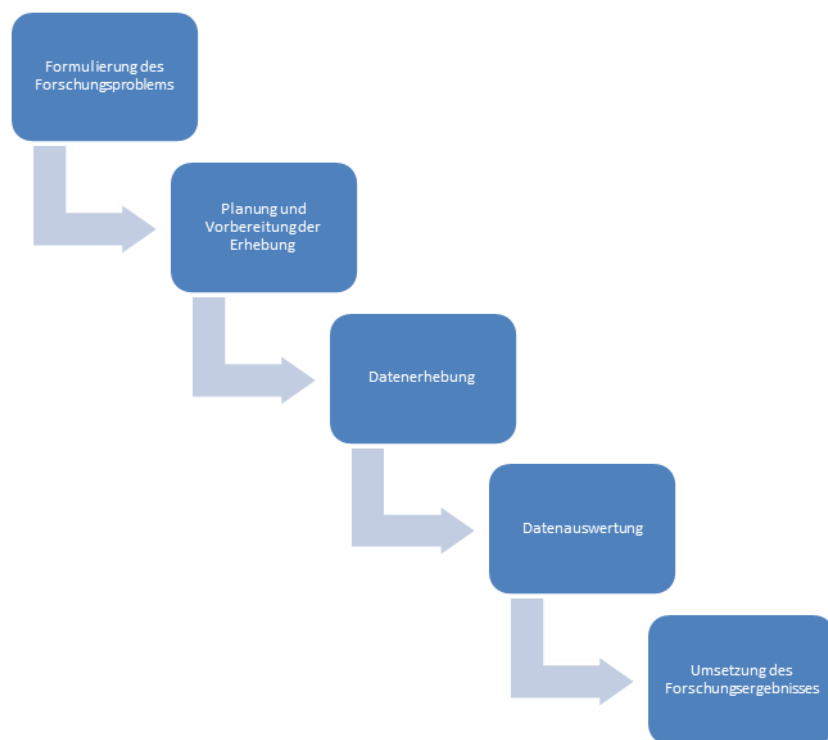


Abb. 29: Theoretisches Ablaufmodell für empirische Forschung (Berger- Grabner, 2016, S. 112)

Je nach Vorgehensweise und Absichten des Forschers gibt es in der qualitativen sowie in der quantitativen Forschung Vor- und Nachteile zu berücksichtigen (Berger- Grabner, 2016).

Berger- Grabner (2016) vereinfacht die Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile qualitativer und quantitativer Forschungsmethoden anhand folgender Abbildungen

Vorteile qualitativer Methoden	Nachteile qualitativer Methoden
Neue, unbekannte Sachverhalte können entdeckt werden	Hoher Zeit- und Kostenaufwand, Auswertung ist relativ aufwendig
tieferer Informationsgehalt durch offene Vorgehensweise	Anforderungen an die Qualifikation der durchführenden Person sind recht hoch
Methode passt sich an den Untersuchungsgegenstand an, flexiblere Vorgehensweise	größere Subjektivität der Ergebnisse, Generalisierbarkeit schwierig
Wahre, vollständige Informationen über die subjektive Sicht der Untersuchungspersonen	Qualität der Daten ist von der durchführenden Person abhängig
Möglichkeit, während der Untersuchung nachzufragen	Aus qualitativen Daten kann man keine zahlenmäßigen Mengenangaben ableiten

Abb. 30: Vor- und Nachteile qualitativer Methoden (Berger- Grabner, 2016, S. 118)

Vorteile quantitativer Methoden	Nachteile quantitativer Methoden
Große Stichprobe und repräsentative Ergebnisse	Keine Flexibilität während der Untersuchung
Exakt quantifizierbare Ergebnisse	Kein individuelles Eingehen auf Probanden möglich
Objektivität und Vergleichbarkeit der Ergebnisse	Fragen können vom Probanden falsch interpretiert werden
Ermittlung von statistischen Zusammenhängen möglich	Wird nicht an die subjektive Erfahrungswelt der Probanden angepasst
Meist geringerer Zeitaufwand	Nicht geeignet für Ursachenforschung
Auswertung aufgrund standardisierter Vorgehensweise einfacher	Hohes Vorwissen zur Erstellung des Erhebungsinstrumentes notwendig

Abb. 31: Vor- und Nachteile quantitativer Methoden (Berger- Grabner, 2016, S. 118)

Bei der Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile wurde für Datengewinnung dieser Forschungsarbeit die qualitative Forschungsmethode in Form von Experteninterviews ausgewählt. Obwohl sich der zeitliche Einsatz durch die Wahl dieser Methode deutlich erhöht, so ist die offene und flexible Durchführung ein großer Vorteil bei der Gewinnung der Daten. Auch durch das mögliche Nachfragen während eines Experteninterviews können neue und nicht berücksichtigte Erkenntnisse gewonnen werden.

4.2 Experteninterview und qualitative Inhaltsanalyse

Die qualitative Forschungsmethode kann in verschiedensten Weisen durchgeführt werden. Mayer (2013), aber auch Häder (2019) führen als Erhebungsmethoden die Beobachtung, die Befragung und die Inhaltsanalyse an, welche separat oder auch in Kombination eingesetzt

werden können. Da für diese Forschungsarbeit die Befragung und dessen Inhaltsanalyse durchgeführt werden, wird die Erklärung der Beobachtungsmethode vernachlässigt.

Die Befragung bzw. das Interview einer Einzelperson wird nach Berger- Grabner (2016) in kaum strukturiert, grob strukturiert oder mittels Fragestruktur durchgeführt. In den ersten beiden Bereichen finden sich das narrative Interview, das ethnografische Interview und das problemzentrierte Interview wieder. Das Leitfadengespräch, welches mit Hilfe eines teils vorgefertigten Frage- Plans durchgeführt wird, charakterisiert den letzten Bereich (Bogner, Littig und Menz, 2014).

Der Leitfaden zur Durchführung eines Leitfadengesprächs spielt eine wichtige Rolle. Dieser sollte nach Berger- Grabner (2016, S. 142) „keine missverständlichen und nur eindeutige Fragen, keine Mehrfachfragen oder Fragealternativen, keine direkten suggestiven Fragen, keine wertenden Fragen oder geschlossene Fragen“ beinhalten. Die Offenheit der Fragen und die Sprachwahl sind der zu interviewenden Person anzupassen.

Das Experteninterview ist ein charakteristisches Beispiel für die Form eines Leitfadengesprächs. Diese qualitative Forschungsmethode ist ein beliebtes Mittel zur Gewinnung von praxisnahen und nicht bekannten Informationen und Zusammenhängen, welche durch die Erfahrung des Experten in der Praxis offenbart werden können. Die Experten werden aufgrund ihrer Erfahrung und deren Verständnis für den wissenschaftlich untersuchten Bereich ausgewählt und agieren in diesem Kontext als Stellvertreter einer gewissen Gesellschaft (Bogner, Littig und Menz, 2014; Berger- Grabner, 2016).

Die qualitative Inhaltsanalyse dient als Methode zur Analyse der Forschungsfrage und bietet durch ihre Anpassungsmöglichkeiten viele mögliche Durchführungs- und Interpretationsarten, welche von verschiedensten Autoren unterschiedlich behandelt werden (Berger- Grabner, 2016).

Mayring (2015) beschreibt in seiner Abhandlung verschiedene Theorien der qualitativen Analysetechniken und erstellte dafür einen Überblick, welcher die Bereiche „Zusammenfassung, Explikation und Strukturierung“ beinhaltet.

Berger- Grabner (2016, S. 145) beruft sich auf die Ausführungen von Mayring (2010) und teilt die qualitative Inhaltsanalyse in vier Phasen ein.

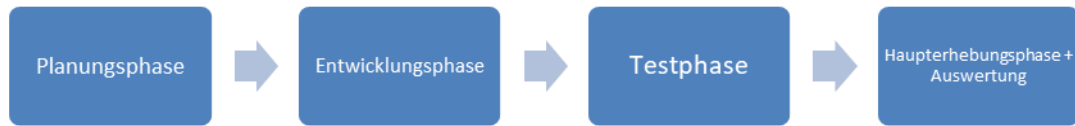


Abb. 32: Vier Phasenmodell der qualitativen Inhaltsanalyse (Eigene Grafik)

In diesem Kontext beschreibt Berger- Grabner (2016, S. 146f.) die zusammenfassende Inhaltsanalyse und nennt die zu berücksichtigenden Schritte für eine erfolgreiche zusammenfassende Inhaltsanalyse:

1. Bekanntmachung mit dem Inhalt der Transkribierung, Markierung verschiedener Stellen
2. Betrachtung der markierten Stellen, Kategorien- Formulierung zur jeweiligen Textstelle
3. Erstellung eines Kategorienblattes
4. Textstellen werden dem Kategorienblatt hinzugefügt
5. Textstellen werden Kategorien hinzugefügt
6. Genaue Trennung der Kategorien

4.3 Die Experten

4.3.1 Voraussetzungen

Die Gruppe, die für diese Forschungsarbeit als Experten benannt wird, bringt ein mehrjähriges Erfahrungs- und Praxiswissen im Bereich der professionellen Leistungsdiagnostik im Sportspiel Fußball unter Verwendung von Wearable- und IMU- Systemen mit sich.

Die professionelle Leistungsdiagnostik umfasst die Gebiete der Trainingsplanung, der Trainingssteuerung, der Feststellung der Leistungsfähigkeit und die Wettkampfdiagnostik von professionellen Fußballmannschaften.

Als professionelle Fußballmannschaften werden jene bezeichnet, wo die Spielerinnen und Spieler die fußballerische Tätigkeit als Beruf ausüben.

Die Experten- Gruppe definiert sich in diesem Kontext nicht über eine genaue Berufsbezeichnung, da in der professionellen Leistungsdiagnostik verschiedenste Berufe ausgeübt werden. Jedoch werden in diesem Bereich vorwiegend Sportwissenschaftler und Athletik- Trainer genannt.

4.3.2 Kontaktaufnahme

Die Kontaktaufnahme zu den Experten verlief schwierig. Der Großteil der kontaktierten Personen gab keine Rückmeldung oder lehnte ein Interview zu diesem Thema ab. Jedoch konnten drei Experten für ein Interview gewonnen werden.

Die Experten wurden per Telefon und ausgewählten Sozialen Netzwerken kontaktiert und um ein Interview gebeten. Schon bei der Kontaktaufnahme wurde der Experte über den ungefähren Inhalt des Experteninterviews informiert und abgeklärt, ob dieser die gewissen Voraussetzungen als Experte erfüllt.

4.3.3 Durchführung der Experteninterview

Die Durchführung der Experteninterviews konnte aufgrund der derzeitigen Covid-19 Pandemie nur per Telefon statt finden und wurde über die Software „Call Recorder“ aufgezeichnet.

Die Interviews wurden mit einem analogen teilstandardisierten Leitfaden durchgeführt, welcher sich aus vier Segmenten zusammen setzte. Des Weiteren wurden der Name und auch das Datum sowie die Uhrzeit des Interviews festgehalten. Ein Experte wurde auf dessen Wunsch anonymisiert. Auch die Durchführungsart wurde notiert. Vor dem Beginn des Interviews wurde das Einverständnis für die Ton-Aufzeichnung gegeben.

4.4 Konzeption des Interview- Leitfadens

Der erstellte Leitfaden wurde unter Berücksichtigung der Ausführungen von Berger- Grabner (2016) entwickelt, welche anführt, dass die Basis des Leitfadens in der „theoretischen Voranalyse“ liegt. Der teilstandardisierte Leitfaden stellt nach Mayer (2013) eine Steuerungsfunktion dar, hilft bei der Gewinnung von Informationen und setzt sich aus offenen Fragen zusammen. Des Weiteren wird von Mayer (2013), aber auch von Bogner, Mittig und Lenz (2014) ein Pretest des Interviewleitfadens empfohlen, um unklare Fragen verständlicher formulieren zu können. Ein Pretest war für diesen Leitfaden nicht möglich, jedoch wurde dieser

Herrn Jonas Bischofberger von der Universität Wien vorgelegt. Aufgrund des Feedbacks wurden noch kleinere Umformulierungen durchgeführt.

Der teilstandardisierte Interviewleitfaden setzt sich aus vier Bereichen zusammen, welche 17 Hauptfragen und 16 Unterfragen beinhalten.

Der erste Abschnitt behandelt allgemeine Informationen über den Experten und beinhaltet vier Hauptfragen. Diese allgemeinen Informationen beziehen sich auf die Erfahrung des Experten im Bereich der Leistungsdiagnostik und die derzeitige Arbeitslage.

Der zweite Abschnitt bezieht sich auf die Gewinnung physischer Daten im Bereich der Leistungsdiagnostik und wird in zwei Teile separiert. Im ersten Teil gibt es eine Hauptfrage und sechs Unterfragen, welche die Datenerhebung betreffen. Der zweite Teil benennt den Einsatz von technischen Hilfsmitteln und setzt sich aus einer Hauptfrage und fünf Unterfragen zusammen.

Der dritte Abschnitt geht auf die Auswertung der physischen Daten näher ein und setzt sich aus fünf gleichwertigen Fragen zusammen. In diesem Bereich wird der Auswertungsprozess und die Weitervermittlung der Daten erhoben.

Der letzte Abschnitt behandelt den Einsatz der gewonnenen Daten für die Trainingsplanung bzw. Trainingssteuerung. Hier werden sechs Hauptfragen gestellt, welche die fußballspezifischen Einsatz- und Adaptierungsmöglichkeiten von Wearables und IMUs beleuchten sollen.

4.5 Auswertung und Ergebnis der Expertenbefragung

Die anschließende Verarbeitung, Analyse und Auswertung der durch die Experteninterviews gewonnen Informationen wurde auf der theoretischen Basis von Bogner, Littig und Menz (2014) und Mayring (2015) durchgeführt. Da die Experteninterviews zur Gewinnung von Informationen eingesetzt wurden, wurde auf eine vollständige und wortgenaue Transkription verzichtet. Die Experteninterviews wurden somit in Form von sinngebenden Protokollen unter der Berücksichtigung der relevanten Aussagen betreffend des Forschungsziels verschriftlicht (Misoch, 2019).

4.5.1 Qualitative Inhaltsanalyse als Auswertungsmethode

Der Vorgang der Auswertung wurde in Anlehnung an das von Bogner, Littig und Menz (2014) vorgestellten theoretischen Modell durchgeführt.

1. Materialauswahl und Kategorisierung

Die Fragestellung und Materialauswahl der Experteninterviews erfolgte auf Basis des Forschungszieles bzw. der erstellten Forschungsfrage dieser Forschungsarbeit. So wurden bei der Materialauswahl folgende Themen bzw. Kategorien erstellt

- Hintergrundinformationen
- Gewinnung physischer Daten
- Auswertung der physischen Daten
- Einsatz der gewonnenen Daten für die Trainingsplanung und Trainingssteuerung

2. Extraktion und Kategorienzuordnung

Der zweite Schritt der Auswertung behandelt die Extraktion bzw. Auswahl der Daten, um nicht relevante Informationen „eliminieren“ zu können und wesentliche Informationen gewinnen zu können. Hierbei wurden die erhobenen Informationen aus den Protokollen der Experteninterviews den erstellten Katergiesystemen zugeordnet. Die Zuordnung bzw. Selektion der Informationen bildet den Grundstein zur erfolgreichen Untersuchung des Forschungsziels.

3. Auswertung

Die Auswertung spiegelt den letzten Schritt der qualitativen Inhaltsanalyse wieder. Die erhobenen Daten werden dem Forschungsziel bzw. der formulierten Forschungsfrage gegenübergestellt.

4.5.2 Ergebnis der qualitativen Inhaltsanalyse

Das Ergebnis der qualitativen Inhaltsanalyse wird im Folgenden unter der Berücksichtigung der erstellen Kategorien detailliert präsentiert. Die Meinungen der Experten zeigen, dass die Wearable- Systeme in unzähligen Bereichen zum Einsatz kommen können. Jedoch ist der Einsatz dieser Systeme immer an die Vorstellungen der Vereine gebunden.

- Gewinnung physischer Daten

Die Datengewinnung wird von allen Experten als eine der wichtigsten Grundlagen für die Leistungsdiagnostik angesehen. Dafür werden von den Experten unterschiedlichste Methoden benannt, um relevante Parameter bestimmen zu können. Hierbei werden von den Experten GPS- Systeme, videobasierte Systeme oder auch Herzfrequenzmessungsgeräte wie Pulsuhren

angeführt. Ein Experte führt hier große Unterschiede zwischen GPS- Systeme und videobasierten Systeme an, wodurch dieser auf den Einsatz von GPS- Systemen setzt.

Jedes System kann für unterschiedlichste Bereiche in der Leistungsdiagnostik eingesetzt werden. Des Weiteren spielen auch die Hersteller von solchen Systemen eine wichtige Rolle. Auffallend ist, dass die Experten im Vergleich alle unterschiedliche Messsysteme verwenden. Die von den Experten angeführten Systemen wurden schon im Theorieteil der Forschungsarbeit näher betrachtet. Hierbei handelt es sich um Systeme von Catapult, Polar und Firstbeat.

Die Erhebung der Daten wird von allen Experten größtenteils mit Hilfe eines Teams durchgeführt, wobei hier zwischen Datenerhebung im Training und Wettkampf unterschieden werden muss. Die Trainingsdaten werden von allen Experten selbstständig erhoben, wohingegen die Daten von Wettkampfspielen über eine nicht genannte externe Firma zugekauft werden. In allen Fällen ist der Erhebungsprozess unter den Team- Mitgliedern aufgeteilt.

Die Daten, die von den Experten erhoben wurden, setzen sich aus individuellen Leistungsaufzeichnungen von einzelnen Spielerinnen und Spielern und aus mannschaftstaktischen Erhebungen zusammen. Die Zeitpunkte für die Erhebung der Daten wird von allen Experten exakt gleich angegeben. Je nach System werden die Daten vor oder während dem Training erhoben. Dabei handelt es sich zum Beispiel vor dem Training um die Messung der Ruhe-Herzfrequenz und während des Trainings um die Live-Herzfrequenzmessung zur Überprüfung des Ermüdungszustandes des Spielers.

Die physischen Parameter, welche bei diesen Messungen erhoben werden können, hängen stark von der jeweiligen Betrachtungsweise ab. So können Geschwindigkeiten, Beschleunigungen, Verzögerungen, explosive Aktionen, Sprintanzahl, absolute Laufdistanz oder Sprintmeter bestimmt werden. Ein Experte gibt an, dass mit dem System von Catapult über 1100 Parameter analysiert werden können.

Der Einsatz von Wearable- Systeme bzw. GPS- Systeme hat für alle Experte einen großen Vorteil für die Gewinnung der physischen Daten mit sich gebracht. In der Zeit, wo diese Systeme noch nicht vorhanden waren, war die Bestimmung dieser trainingsrelevanten Daten kaum möglich. Die einzige Möglichkeit, um die Ausdauer oder Schnelligkeitsleistungsfähigkeit eines Spielers überprüfen oder analysieren zu können war die Durchführung sportmotorischer Tests.

- Auswertung der physischen Daten

Die Dauer der Auswertung der Daten spielt in der heutigen schnelllebigen Zeit eine wichtige Rolle und wird von den Experten in sehr ähnlichen Zeitabschnitten angegeben. Hier kommt es

ganz auf die Vorstellungen des Cheftrainers an. Ob Live-Daten oder Daten, die nach dem Training ausgewertet werden, verwendet werden, entscheidet der jeweilige Cheftrainer des Vereins. Die Live-Daten werden laut den Experten direkt am Feld dem Trainer bzw. den Spielern übermittelt. Falls ein Spieler in einen gewissen Ermüdungszustand kommt wird auf diesen Umstand entsprechend reagiert. Die Datenauswertung nach dem Training wird von den Experten zwischen 30 Minuten und drei Stunden angegeben. Bei allen Experten kommt zur Auswertung der Daten eine angekaufte Software zum Einsatz. Die erhobenen Daten werden im Zuge eines Trainer- Meetings besprochen.

- Einsatz der gewonnen Daten in der Leistungsdiagnostik

Für den Einsatz der gewonnenen Daten in der Leistungsdiagnostik und vor allem im Bereich der Trainingsplanung und Trainingssteuerung werden von den Experten verschiedenste Zugänge angeführt.

Alle Experten bestätigen in ihren Ausführungen eine Vielzahl von Vorteilen durch den Einsatz von Wearable- Systemen im Bereich der Leistungsdiagnostik.

Eine wesentliche Rolle spielt im Profi- Fußball die Optimierung der Leistungsfähigkeit sowie die erfolgreiche Regeneration nach einer Trainingseinheit bzw. nach einem Wettkampfspiel. In allen Bereichen kann durch den Einsatz von Wearable- Systeme noch präziser und genauer gearbeitet werden.

Durch die ständige „Überwachung“ der Spieler können physische Unter- bzw. Überbelastungsprozesse relativ präzise diagnostiziert werden und daraufhin entgegengewirkt werden. Ein Experte gibt hier genaue Einblicke in die Trainingsplanung bzw. Trainingssteuerung und beschreibt die Adaptierung des Trainings auf Basis der gemessenen Ruheherzfrequenzen kurz vor dem Training.

Besonders die physischen Überbelastungen spielen eine große Rolle in der Verletzungsanfälligkeit der Spieler. So ist es durch die stetige Analyse und Adaptierung des Trainings möglich, eine Vielzahl von Verletzungen zu reduzieren oder sogar zu vermeiden.

Gegenüber diesen Vorteilen wurde von den Experten ein Nachteil angeführt, welcher sich auf die Messfehler eines Systems bezieht. Alle Experten benannten diesen Nachteil, führten jedoch an, dass die Fehlmessungen keine direkten Auswirkungen auf die gesamte Auswertung mit sich bringen. Deswegen ist aus der Sicht der Experten dieser Punkt zu vernachlässigen.

Im Bereich der sportmotorischen Tests gaben alle drei Experten eine positive Beurteilung zum Einsatz der Wearablesysteme als Unterstützung zur Feststellung der jeweiligen Leistungsfähigkeit an.

- Zusammenfassung

Zusammenfassend können die Ausführungen der Experten als positives Statement für den Einsatz von Wearable- Systemen im Sportspiel Fußball angesehen werden. In jeglichen Bereichen werden die erhobenen Daten mittlerweile eingesetzt und zum Wohle der Spieler verwendet.

Obwohl die von den Experten verwendeten Systeme kaum unterschiedlicher hätten ausfallen können, so erfährt jede Vorgehensweise ihre Berechtigung, da jede Auswertung und jede Analyse verschiedenste Interpretationsmöglichkeiten bereitstellt.

Mittlerweile sind Systeme für die Ermittlung physischer Parameter die gängige Praxis und vor allem im Hochleistungssport nicht mehr wegzudenken.

Abschließend ist hervorzuheben, dass eine große Anzahl von positiven Aspekten kein nennenswerter negativer Aspekt gegenübersteht.

4.6 Gütekriterien der Forschungsarbeit

Die Gütekriterien sind die Grundlage für die empirische Forschung und setzen sich aus verschiedensten Vorgaben zusammen. Die quantitative Forschung besitzt drei grundlegende Kriterien, welche sich aus der Objektivität, der Reliabilität und der Validität zusammen setzen. Alle drei Komponenten stehen in einer engen Verbindung zueinander (Misoch, 2019).

Im Gegensatz zur quantitativen Forschung gibt es im Bereich der Gütekriterien im qualitativen Forschungsbereich viele verschiedene theoretische Ausführungen. Jedoch können auch in diesem Bereich die Gütekriterien der quantitativen Forschung in angepasster Form eingesetzt werden (Misoch, 2019).

Die Objektivität, welche von Misoch (2019) auch als Neutralität und kontrollierte Subjektivität bezeichnet wird, wird in dieser Forschungsarbeit durch den Einsatz des teilstandardisierten Leitfadens unterstützt. Die Aussagen der Experten wurden in keiner Weise beeinflusst. Des Weiteren wurde die Subjektivität durch die ständige Reflexion im Auswertungsprozess gering gehalten.

Die Transparenz bzw. die Verlässlichkeit des Forschungsprozesses soll durch die im Anhang angefügten Interviewprotokolle unterstützt werden. Des Weiteren wurde der gesamte Prozess der qualitativen Forschung dieser Forschungsarbeit detailliert dargestellt.

5. Fazit und Ausblick

Die durchgeführten Experteninterviews offenbarten viele neue Sichtweisen bezüglich des Themas der Forschungsarbeit. Aufgrund der gewonnenen Informationen ist die Aufarbeitung des Forschungszieles bzw. der Forschungsfrage möglich.

Bezogen auf das Forschungsziel, welches die positiven und negativen Einflüsse von Wearables und IMUs auf die physischen Parameter im Sportspiel Fußball behandelt, können auf Basis der Aussagen der Experten klar die positiven Aspekte hervorgehoben werden.

Besonders im Bereich der Leistungsdiagnostik und vor allem in der Trainingsplanung und Trainingssteuerung haben die Wearable- Systeme großen Einfluss. So können die Planung und Steuerung des Trainings zu allen möglichen Zeitpunkten adaptiert werden und somit die Leistungsfähigkeit gesteigert bzw. Verletzungsgefahr verringert werden.

Auch die theoretischen Aspekte der Hersteller konnten durch die Experteninterviews weitgehend bestätigt werden. Nicht nur die Leistungsoptimierung, auch die Verletzungsprophylaxe und die „Return to play phase“ werden durch den Einsatz von Wearables unterstützt.

Abschließend ist der Einsatz von Wearable- Systemen in seiner Gesamtheit als sehr positiv zu beurteilen. Obwohl sich diese Messmethoden erst seit kurzer Zeit im Einsatz befinden, sind sie aus dem Spitzensport nicht mehr wegzudenken. Die Frage ist, in welche Richtung sich diese Technologie noch weiter entwickeln wird. Je nach technologischer Weiterentwicklung könnten die Sensoren soweit modifiziert werden, dass diese direkt in den Körper implantiert werden und somit eine ständige Überwachung des körperlichen Zustandes möglich wäre. Ob so eine Entwicklung von den Fußballspielerinnen bzw. Fußballspielern mitgetragen wird, bleibt jedoch abzuwarten.

Literaturverzeichnis

- Bájenescu, T.- M. I. (2020): *Zuverlässige Bauelemente für elektronische Systeme. Fehlerphysik, Ausfallmechanismen, Prüffeldpraxis, Qualitätsüberwachung*. Wiesbaden: Springer Vieweg Verlag.
- Baumann, F. T. & Schüle, K.(Hrsg). (2008): *Bewegungstherapie und Sport bei Krebs. Leitfaden für die Praxis*. Köln, Deutscher Ärzte Verlag.
- Bangsbo, J. (2014): Physiological demands of football, *Sports Science Exchange*, 27/ 125, 1-6.
- Berger- Grabner, D. (2016): *Wissenschaftliches Arbeiten in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Hilfreiche Tipps und praktische Beispiele* (3., aktualisierte und erweiterte Auflage). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Bertram, A. M. & Laube, W. (2008): *Sensomotorische Koordination. Gleichgewichtstraining auf dem Kreisel*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Bisanz, G. & Gerisch, G. (2013). *Fußball. Kondition – Technik- Taktik und Coaching*. (2. Auflage). Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- Botthof, A. & Pelka, J.(Hrsg). (2003): *Mikrosystemtechnik. Zukunftsszenarien*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P. & Krstrup, P. (2009): Highintensity running in English FA Premier League soccer matches, *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 159-168.
- Borth- Bruhns, T. & Eichler, A. (2004): *Pädiatrische Kardiologie*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Burk, V. & Fahrner, M.(Hrsg) (2020): *Sportwissenschaft. Themenfelder, Theorien und Methoden* (2. Auflage). Tübingen: UVK Verlag.
- Catapult FAQ (2021), Zugriff am 12. Jänner 2021 unter <https://www.catapultsports.com/faq>.
- Dickhuth, H.- H., Mayer, F., Röcker, K. & Berg, A. (Hrsg). (2010): *Sportmedizin für Ärzte: Lehrbuch auf der Grundlage des Weiterbildungssystem der Deutschen Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (DGSP)* (2. überarbeitete Auflage), Köln: Deutscher Ärzte Verlag.
- Dilthey, U. & Brandenburg(Hrsg.).(2005): *Montage hybrider Mikrosysteme. Handhabungs- und Fügetechniken für die Klein- und Mittelserienfertigung*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Firstbeat Geschichte (2021), Zugriff am 12. Jänner 2021 <https://www.firstbeat.com/de/unternehmen/geschichte/>.
- Firstbeat Kundenliste (2021), Zugriff am 12. Jänner 2021 <https://www.firstbeat.com/de/kundenliste>.

- Firstbeat für Mannschaftstraining (2021), Zugriff am 12. Jänner 2021 unter <https://www.firstbeat.com/de/professioneller-sport/mannschaften/>.
- Firstbeat Technische Informationen (2021), Zugriff am 12. Jänner 2021 unter <https://www.firstbeat.com/de/professioneller-sport/mannschaften/technische-informationen/>
- Geese, R. (2009): *Fußball, Erfolgsfaktor Kondition: Training für Amateure und Profis*, Aachen: Meyer & Meyer.
- Glück, M. (2005): *MEMS in der Mikrosystemtechnik. Aufbau Wirkungsprinzipien, Herstellung und Praxiseinsatz mikroelektromechanischer Schaltungen und Sensorsysteme*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Globisch, S. et al. (2011): *Lehrbuch Mikrotechnologie. für Ausbildung, Studium und Weiterbildung*. München: Carl Hanser Verlag.
- Gnann, W. (2001): *Der Einsatz der Telemedizin. Empirische Analyse eines Standardvideokonferenzsystems in Osterbayern*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Gudehus, T. (2008): *Entwicklung eines Verfahrens zur ergonomischen Bewertung von Montagetätigkeiten durch Motion-Capturing*. Kassel: Kassel university press GmbH.
- Haag, H. & Strauss, B. G. (2003): *Theoriefelder der Sportwissenschaft. Grundlagen zum Studium der Sportwissenschaft* (2., neu überarbeitete Auflage). Schorndorf: Karl Hofmann Verlag.
- Hansen, G. & Lames, M. (2000): Die Qualitative Spielbeobachtung. Eine Beobachtungsvariante zur Trainings- und Wettkampfsteuerung im Spitzensport. *Leistungssport*, 2001(15). 63-69.
- Hartmann, C., Minow, H.- J. & Senf, G. (2020): *Sport verstehen – Sport erleben* (3. Völlig neu bearbeitete Auflage), Berlin: Lehmanns Media.
- Hierzer, R. (2020): *Prozessoptimierung 4.0. Den digitalen Wandel als Chance nutzen* (2. Auflage). Freiburg: Haufe- Lexware GmbH & Co KG.
- Horky, T., Stiehler, H.- J. & Schieler, T.(Hrsg). (2018): *Die digitalisierung des Sports 13 in den Medien*. Köln: Herbert von Halem Verlag.
- Hottenrott, K. & Neumann, G. (2016): *Trainingswissenschaft. Ein Lehrbuch in 14 Lektionen* (3., überarbeitete Auflage). Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- Jankowski T. (2014). *Matchplan Fußball. Mit der richtigen Taktik zum Erfolg*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Mansfeld, W. (1998): *Satellitenortung und Navigation. Grundlagen und Anwendung globaler Satellitennavigationssysteme*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

- Mayer, H.- O. (2012): *Interview und schriftliche Befragung: Grundlagen und Methoden empirischer Sozialforschung* (6. Überarbeitete Auflage). Berlin: Walter de Gruyter Verlag.
- Mayring, P. (2015): *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12. Auflage). Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Meinel, K. & Schnabel, G. (2007): *Bewegungslehre Sportmotorik. Abriss einer Theorie der sportlichen Motorik unter pädagogischen Aspekt*. Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- Mescheder, U. (2010): *Mikrosystemtechnik. Konzepte und Anwendungen* (2. Auflage). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Mitschke, C., Zaumseil, F. & Milani, T. L. (2017): Der Einfluss der Aufnahmefrequenz von Inertialsensoren auf die Genauigkeit von Messparametern beim Rückfußlaufen. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 2017(20).
- Munzert, J., Raab, M. & Strauß, B.(Hrsg). (2020): *Sportpsychologie. Ein Lehrbuch*. Stuttgart: W. Kohlhammer Verlag.
- Polar Electro GmbH Über uns (2021), Zugriff am 12. Jänner 2021 unter https://www.polar.com/at-de/uber_polar/wer_wir_sind.
- Polar Team Pro System (2021), Zugriff am 12. Jänner 2021 unter https://www.polar.com/at-de/b2b_produkte/team-pro.
- Polar Team Pro System Partner (2021), Zugriff am 12. Jänner 2021 unter https://www.polar.com/at-de/uber_polar/partner.
- Rost, R.(Hrsg). (2002): *Lehrbuch Sportmedizin*, Köln: Deutscher Ärzte Verlag.
- Schnabel, G., Harre, H.- D. & Krug, J.(Hrsg). (2011): *Trainingslehre- Trainingswissenschaft. Leistung, Training, Wettkampf* (2. Aktualisierte Auflage). Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- Schüttler, T. (2014): *Satellitennavigation. Wie sie funktioniert und wie sie unseren Alltag beeinflusst*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Schwesinger, N., Dehne, C. & Adler, F. (2009): *Lehrbuch Mikrosystemtechnik. Anwendungen, Materialien und Herstellung von Mirkosystemen*. München: Oldenbourg Verlag.
- Saal C., Krug J., Zinner J. & Mayer J. (2014). Footbonaut. Ein innovatives Mess- und Informationssystem im Fußball. *Leistungssport*, 2015(1), 13.
- Siegle, M., Geisel, M. & Lames, M. (2012): Zur Aussagekraft von Positions- und Geschwindigkeitsdaten im Fußball, *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 63/ 9, 278-282.
- Thömmes, F. (2011): *Fußball- Coaching- Die 100 Prinzipien: Handbuch für Trainer und Übungsleiter*. München: Stiebner Verlag.

- Tränkler, H.- R. & Reindl, L. M.(Hrsg). (2018): *Sensortechnik. Handbuch für Praxis und Wissenschaft* (2. Auflage). Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Tschan, H., Baron, R., Smekal, G. & Bachl, N. (2001): Belastungs- und Beanspruchungsprofil im Fußball aus physiologischer Sicht, *Österreichisches Journal für Sportmedizin*, 31/1, 7-18.
- Tischler, K. (2014): *Informationsfusion für die kooperative Umfeldwahrnehmung vernetzter Fahrzeuge*. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing.
- Verheijen, Raymond. (1998). *Conditioning for Soccer*. Spring City: Reedswain.
- Valderrabano, V., Engelhard, M. & Küster, H.- H.(Hrsg). (2009): *Fuß & Sprunggelenk und Sport. Empfehlungen von Sportarten aus orthopädischer und sportmedizinischer Sicht*. Köln: Deutscher Ärzte Verlag.
- Wallentowitz, H. & Reif, K.(Hrsg). (2006): *Handbuch Kraftfahrzeugelektronik. Grundlagen, Komponenten, Systeme, Anwendungen*. Wiesbaden: Vieweg Verlag.
- Weineck J. (2004). *Optimales Fußballtraining. Das Konditionstraining des Fußballspielers* (4. Überarbeitete Auflage). Balingen: Spitta.
- Wild- Pfeiffer, F. (2015): *Das Potential von MEMS- Inertialsensoren zur Anwendung in der Geodäsie und Navigation*. München: Deutsche Geodätische Kommission.
- Witte, K. (2018): *Ausgewählte Themen der Sportmotorik für das weiterführende Studium. Band 2*. Heidelberg: Springer- Verlag.
- Wonisch, M., Hofmann, P., Förster, H., Hörtnagl, H., Ledl- Kurkowski, E. & Pokan, R.(Hrsg). (2017): *Kompendium der Sportmedizin: Physiologie, Innere Medizin und Pädiatrie* (2. Auflage), Wien: Springer.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Entwicklung der Inertialsensoren (Wild- Pfeiffer, 2015, S. 14)	10
Abb. 2: <i>Eigenschaftsmerkmale eines Mikrosystems</i> (Mescheder, 2010, S. 2)	11
Abb. 3: <i>Gegenstandsbereiche der Trainingswissenschaft</i> (Hottenrott und Neumann, 2016, S. 15)	16
Abb 4: <i>Interaktion zwischen Leistungs- und Trainingssteuerung/diagnostik</i> (Eigene Darstellung)	17
Abb. 5: <i>Grundprinzipien eines Beschleunigungssensors</i> (Böttcher, 2019, S. 11)	19
Abb. 6: <i>Technische Realisierung beim Drehratensensor</i> (Böttcher, 2019, S. 10).....	21
Abb. 7: <i>Relevante Ortungssysteme</i> (Eigene Grafik)	21
Abb. 8: <i>Produkt „Vector“</i> (Broschüre Catapult Vector, 2021, S. 13)	25
Abb. 9: <i>Produkt „ClearSky“</i> (Broschüre Catapult ClearSky, 2021, S. 6).....	25
Abb. 10: <i>Produkt „Playertek“</i> (Broschüre Catapult Playertek, S. 7)	26
Abb. 11: <i>Produkt „Team Pro Sensor“</i> (https://www.polar.com/at-de/b2b_produkte/team-pro , Zugriff am 12.01.2021).....	27
Abb. 12: <i>Produkt „Firstbeat Sports Sensor“</i> (https://www.firstbeat.com/de/professioneller-sport/mannschaften/technische-informationen/ , Zugriff am 12.01.2021)	28
Abb. 13: <i>Faktoren der Wettspielleistung</i> (Bisanz und Gerisch, 2010, S. 51)	31
Abb. 14: <i>Konditionelle Fähigkeiten und ihre Unterformen</i> (Geese, 2009, S. 20).	34
Abb. 15: <i>Energiegewinnung des Körper bei Belastungen</i> (Bisanz & Gerisch, 2013, S. 108) ...	36
Abb. 16: <i>Wechselbeziehungen der drei Hauptformen der Kraft in Anlehnung an Weineck</i> (2004, S. 201).....	37
Abb. 17: <i>Teileigenschaften der Schnelligkeit und ihre Bedeutung für die Leistungsfähigkeit des Fußballers</i> (Weineck, 2004, S. 378)	40
Abb. 18: <i>Strukturmodell der Schnelligkeit im Fußball</i> (Bisanz & Gerisch, 2013, S. 182)	41
Abbildung 19: <i>Technik</i> (Bisanz und Gerisch, 2013, S. 327)	43
Abb. 20: <i>Strukturmodell Fußballtaktik in Anlehnung an Jankowski</i> (2015, 71-73)	45
Abb. 21: <i>Psychische Leistungsgrundlagen in Anlehnung an Weineck</i> (2004, S. 16)	46
Abb. 22: <i>Concept Keyboard</i> (Memmert und Raabe, 2019, S. 33. (Nachgezeichnet von Hughes 1988)).....	49
Abb. 23: <i>Von der Spielanalyse 1.0 zur Spielanalyse 4.0</i> (Memmert und Raabe, 2019, S. 8)	50
Abb. 24: <i>Bereiche der Leistungsdiagnostik</i> (Eigene Grafik).....	52
Abb. 25: <i>Hauptkriterien und Nebenkriterien und dessen Abhängigkeit</i> (Bisanz und Gerisch, 2013, S. 82)	54
Abb. 26: <i>Spielbeobachtungsprozess</i> (Buschmann, Otto und Krüger, 2017, S. 16)	57
Abb. 27: <i>individualtaktische Leistungsparameter</i> (Bisanz und Gerisch, 2013, S. 78)	58
Abb. 28: <i>gruppentaktische Leistungsparameter</i> (Bisanz und Gerisch, 2013, S. 79)	58
Abb. 29: <i>Theoretisches Ablaufmodell für empirische Forschung</i> (Berger- Grabner, 2016, S. 112).....	60
Abb. 30: <i>Vor- und Nachteile qualitativer Methoden</i> (Berger- Grabner, 2016, S. 118).....	61
Abb. 31: <i>Vor- und Nachteile quantitativer Methoden</i> (Berger- Grabner, 2016, S. 118).....	61
Abb. 32: <i>Vier Phasenmodell der qualitativen Inhaltsanalyse</i> (Eigene Grafik)	63

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: <i>Eigenschaften von Mikrosystemen im Vergleich</i>	12
Tab. 2: <i>Vergleichende Gegenüberstellung der Laufdistanzen im Leistungsfußball. Ergebnisse von Spielanalysen der Jahre 1952- 2000 (Tschan, Baron, Smekal & Bachl, 2001, S. 9)</i>	30
Tab. 3: <i>Laufdistanzen und Laufintensitäten von professionellen englischen Fußballspielern in Anlehnung an Verheijen(1998, S. 12).</i>	32
Tab. 4: <i>Vergleich der Laufdistanzen(in Meter) zwischen Bradley et al. (2009) und Siegl, Geisel & Lames (2012). (Abkürzungen: IV= Innenverteidiger, AV= Außenverteidiger, ZM= zentraler Mittelfeldspieler, AM= Äußerer Mittelfeldspieler, ST= Stürmer)</i>	33

Formelverzeichnis

Formel 1: 2. Newtonisches Gesetz (Richard und Sander, 2008, S. 56)	19
Formel 2: Coriolis- Kraft (Böttcher, 2019, S. 10; Wallentowitz und Reif, 2006, S. 511)	20
Formel 3: Querbewegung (Böttcher, 2019, S. 10).....	20

Anhang

Teilstandardisierter Leitfaden

Experte:

Datum:

Uhrzeit:

Durchführungsart:

- Das Experteninterview wird zur explorativen Datensammlung durchgeführt.
- Die ausgewählten Experten sind/ waren in der Trainingsplanung, Trainingssteuerung und/ oder Leistungsdiagnostik im Profi- Fußball tätig
- Interview erfolgt über Internet- Telefonie(Skype)

Frageblock 1: Allgemeine Informationen

- Wie lange arbeiten Sie schon im Bereich der Trainingsplanung bzw. Trainingssteuerung?
- Mit welchen anderen Vereinen haben Sie mittlerweile gearbeitet?
 - o Waren dies ausschließlich professionelle Fußballvereine?
- Arbeiten Sie zurzeit für einen Profi- Fußballverein?
 - o Wenn ja, für welchen?
 - o In welcher Abteilung arbeiten Sie in diesem Fußballverein?
 - o Wie viele Mitarbeiter umfasst diese Abteilung?
- Wie lange sind Sie mittlerweile in dieser Sektion tätig?

Frageblock 2: Gewinnung der physischen Daten

Für meine Diplomarbeit spielen die physischen Daten und deren Ermittlung eine große Rolle.

- Können Sie mir erklären, wie die Datengewinnung in Ihrer Tätigkeit abläuft?
 - o Erheben Sie diese Daten selbst?
 - o Werden Daten zusätzliche von Anbietern angekauft?
 - o Welche Daten werden genau erhoben?
 - Werden Einzelspielerinnen bzw. Einzelspieler oder das gesamte Mannschaftsgefüge betrachtet?
 - o Wie oft werden die Daten ermittelt? Täglich? Wöchentlich? In jedem Training
 - o Werden alle erhobenen Daten verwendet oder sind nur gewisse Faktoren „brauchbar“?

- Wie läuft die Datenerhebung im Training bzw. im Wettkampf ab? Gibt es diesbezüglich Unterschiede?
- Für die Gewinnung der Daten sind mittlerweile technische Hilfsmittel im Einsatz
 - Welche technischen Hilfsmittel/ im Besonderen Wearables bzw. IMUs haben Sie bereits verwendet?
 - Welche technischen Hilfsmittel verwenden Sie zurzeit?
 - Können Sie diese etwas genauer beschreiben? Gibt es Unterschiede zwischen den Systemen?
 - Können Sie mir grob erklären, wie die Gewinnung von physischen Daten früher ohne technischen Hilfsmitteln durchgeführt wurde?
 - Wie hat sich die Einführung von Wearables/ IMUs auf diese Daten ausgewirkt?

Frageblock 3: Auswertung der physischen Daten

- Wie läuft der Auswertungsprozess der physischen Daten ab?
- Wie werden die Daten von Training und Wettkampf ausgewertet? Gibt es hier besondere Aspekte die im jeweiligen Bereich berücksichtigt werden?
- Wie lange wird für die Auswertung benötigt?
- Für welche Zwecke bzw. Abteilungen sind die ausgewerteten Daten verfügbar/ nutzbar?
- Wie werden die Daten den Spielerinnen und Spielern/ Trainerinnen und Trainern vermittelt?

Frageblock 4: Einsatz der gewonnenen Daten für die Trainingsplanung bzw. Trainingssteuerung

- Wie verwenden Sie die Daten für die Trainingsplanung bzw. Trainingssteuerung?
- Welche Vorteile bringen Wearables und IMUs für die Trainingsplanung bzw. Trainingssteuerung?
- Wie genau können physische Parameter wie Ausdauer und Schnelligkeit trainingswirksam ermittelt bzw. beeinflusst werden?
- Gibt es auch Nachteile bei Verwendung dieser technischen Hilfsmittel?
 - Wenn ja, welche?

Da regelmäßig Trainings- und Wettkampfdaten erhoben werden, wie wichtig sind die für die Trainingsplanung und Trainingssteuerung sportmotorische Überprüfungsverfahren?

- Wie werden Wearables und IMUs bei sportmotorische Überprüfungsverfahren eingesetzt?

Interviewprotokolle

Interviewprotokoll Experte 1

Experte: Gehard Zallinger

Datum: 28.01.2021

Uhrzeit: 16:30

Durchführungsart:

- Das Experteninterview wird zur explorativen Datensammlung durchgeführt.
- Die ausgewählten Experten sind/ waren in der Trainingsplanung, Trainingssteuerung und/ oder Leistungsdiagnostik im Profi- Fußball tätig
- Interview erfolgte per Telefon.
- Das Interview wurde mit Hilfe der Software „Call Recorder“ aufgezeichnet.

- *Allgemeine Informationen*

Der Experte ist mittlerweile seit fast 25 Jahren im Bereich der Leistungsdiagnostik, besonders in der Trainingsplanung und Trainingssteuerung tätig. In diesen fast zwei Jahrzehnten betreute der Experte vorwiegend Profi- Fußballvereine wie Austria Salzburg, Lask Linz, Austria Wien, Panathineikos Athen, aber auch Amateur- Fußballvereine wie Waidhofen/ Ybbs.

Zu diesem Zeitpunkt betreut der Experte das Österreichische A- Nationalteam als Sportwissenschaftler.

- *Gewinnung der physischen Daten*

Die derzeitige Datengewinnung im Österreichischen A- Nationalteam erfolgt in jedem Training mittels GPS- System und wird vom Experten und seinem Team selbstständig durchgeführt. Bei Wettkampfspielen erfolgt die Datengewinnung über ein video-basiertes System, welches von einer externen Firma betreut wird. Hier werden die erhobenen Daten anschließend dem Experten für die weitere Verarbeitung und Analyse übermittelt. Der Experte führte an, dass die Spieler die Wearable- Westen, wo sich der Sensor befindet, als unangenehm empfinden, und deswegen diese Erhebungsmethode eingeführt wurde. Des Weiteren gibt der Experte an, dass mittlerweile die meisten Bundesliga (Deutschland und Österreich) Vereine die Wettkämpfe „tracken“.

Die Daten werden für die gesamte Mannschaft und für jeden einzelnen Spieler erhoben. Man bekommt eine Gruppenauswertung, also eine taktische Auswertung, einen technischen Report und einen physischen Report. Aus dem taktischen bzw. technischen Profil wird die gesamte Mannschaft als auch der einzelne Spieler ausgewertet.

Der Experte gibt an, dass bis zu 1100 verschiedene Parameter für die Datengewinnung zu Verfügung stehen. Je nach Trainingstag oder Trainingsziel werden hier bestimmte Parameter ausgewählt. Der Experte nennt Beschleunigungen, Verzögerungen, explosive Aktionen, Sprintanzahl, Sprintmeter oder Geschwindigkeit als oft betrachtete Parameter.

Um diese Daten genau ermitteln zu können, wird von dem Experten das Tracking-System „Catapult“ verwendet. Der Experte spricht auch den Vergleich zwischen Tracking-System und Videobasierten-System an und führt hier große Unterschiede in den ermittelten Ergebnissen an. Besonders im videobasierten-System kann es laut dem Experten durch eine gewisse Verzerrung zu Fehlermessungen kommen.

Seit der Einführung dieser Wearable-Systeme hat sich die Datengewinnung im Gegensatz zur Zeit ohne Wearable-System enorm verändert. In der früheren Zeit wurden Ausdauerleistungsfähigkeit und Schnelligkeitsleistung über sportmotorische Tests ermittelt.

Der Auswertungsvorgang verläuft zurzeit laut dem Experten auf der Beschreibungsebene ab. Die Erklärung kann nur in einer komplexen bzw. kombinierten Auswertung zwischen physischen und videobasierten Daten erfolgen.

- *Auswertung der physischen Daten*

Die Auswertung erfolgt laut dem Experten nicht mehr in so einer langen Zeit wie früher. Mittlerweile werden auch schon Live-Daten eingesetzt. In der Praxis, jedoch von Trainer zu Trainer unterschiedlich, können verschiedene Daten direkt erhoben und vermittelt werden.

Bei Systemen wie „Catapult“ werden die Daten aufgezeichnet und gespeichert und können in einem „Cockpit“ analysiert werden. Die Auswertung der Trainingsdaten dauert nach einer Trainingseinheit laut dem Experten eine Stunde.

Die ermittelten Daten können in verschiedenen Abteilungen wie die physiotherapeutische Abteilung (Return to play phase) eingesetzt werden.

Die Übermittlung der Daten zu den Spielern und den Trainern kann in verschiedenster Weise ablaufen. Es gibt Trainer, die Live-Daten gegenüber gesammelten Daten nach

einem Training bevorzugen und umgekehrt. Der Experte fügt an, dass seiner Meinung nach der Fußball ein taktisches Spiel ist und nicht nur durch die Analyse dieser Daten entschieden wird.

- *Einsatz der gewonnenen Daten für die Trainingsplanung bzw. Trainingssteuerung*

Der Experte führt an, dass die gewonnenen Daten Hinweise auf Ermüdungsfaktoren oder Grenzwerte aufzeigen. Für den Einsatz ist es wichtig, dass nicht nur punktuell gemessen wird, sondern mehrere Zyklen wie Makro- oder Mesozyklus, aufgezeichnet werden. In einem Verein kann dadurch die Trainingsbelastung bis hin zur Spielbelastung der Spieler genauer betrachtet werden. Das System wird zur Trainingsdokumentation und zur Trainingssteuerung eingesetzt. Der Experte kann somit dem Trainer nach dem Training die Daten präsentieren und die individuelle Leistung jedes Spielers vorstellen. Dies beeinflusst direkt die Trainingsplanung bzw. Trainingssteuerung laut dem Experten. Da es sich hier um ein Nationalteam handelt, werden die ermittelten Daten auch den Vereinen weitervermittelt, dass diese die physische Belastung der Spieler berücksichtigen können.

Der Experte nennt die präzise Ermittlung der Schnelligkeit, Umfänge der Ausdauer, trainingsrelevante Bereiche also große Vorteile dieser Systeme.

Der Experte führt an, dass er keine Nachteile bei der Verwendung von technischen Hilfsmittel erkennen kann, bis auf technische Messfehler, welche sich aber mittlerweile relativ gering halten.

Im Bereich der sportmotorischen Tests erklärt der Experte, dass der Einsatz von diesen Systemen bei solchen Tests sinnvoll wäre, um genauere Ergebnisse gewinnen zu können und um Vergleichbarkeiten zu gewinnen zwischen Training und Wettkampf. Die sportmotorischen Tests geben laut dem Experten Auskunft über die Fitness der Spieler und somit entsteht ein besserer Blick auf die Wettkampfleistung bzw. Leistungsfähigkeit.

Interviewprotokoll Experte 2

Experte: Klaus Luisser

Datum: 28.01.2021

Uhrzeit: 20:30

Durchführungsart:

- Das Experteninterview wird zur explorativen Datensammlung durchgeführt.
- Die ausgewählten Experten sind/ waren in der Trainingsplanung, Trainingssteuerung und/ oder Leistungsdiagnostik im Profi- Fußball tätig
- Interview erfolgte per Telefon.
- Das Interview wurde mit Hilfe der Software „Call Recorder“ aufgezeichnet.

- *Allgemeine Informationen*

Der Experte kann eine Erfahrung von 17 Jahren auf professioneller Ebene vorweisen und betreute unter anderem Profi- Fußballmannschaften wie Kelag Kärnten, Superfund Pasching, Red Bull Salzburg, Borussia Mönchengladbach, Eintracht Frankfurt und FC Schalke. In allen Vereinen fungierte der Experte als Athletiktrainer und war für den trainingswissenschaftlichen Bereich verantwortlich.

Der Experte betreut zu diesem Zeitpunkt keinen Verein, da der Vertrag bei seinem letzten Verein aufgrund politischer Überlegungen im November 2020 nicht verlängert wurde.

- *Gewinnung der physischen Daten*

Der Experte arbeitete bei Gewinnung der physischen Daten zunächst mit Herzfrequenzmessung, CK- Wertbestimmung und Laktatbestimmung. Um 2013 kam der Einsatz von GPS- Systemen hinzu.

Der Experte arbeitete mit Systemen von STAT-Sports(mittlerweile Catapult), Firstbeat oder auch mit dem Polar Team Pro System, wobei Letzteres für den Experten nicht zufriedenstellend war.

Die Datengewinnung der physischen Daten ist von Verein zu Verein unterschiedlich abgelaufen. Oftmals wurden die Daten im Team erhoben, wo jedes Mitglied einen eigenen Datenbereich zugewiesen bekommen hat. Die Messungen der Daten und die Speicherung bzw. das Einlesen der Daten in das jeweilige System wurden nach jedem Training durchgeführt. Der Experte gibt an, dass er und sein Team zu 90% die Daten selbstständig

verwaltet haben. Die Spieldaten vom Wochenende werden von einer anderen Firma zugekauft.

Im Bezug auf die Betrachtung der Leistungsfähigkeit der Einzelspieler bzw. des Mannschaftsgefüges führt der Experte an, dass Einzelspieler sowie das Mannschaftsgefüge in ihren jeweiligen Bereichen separat und auch vergleichend analysiert wurden. Jeder Spieler wurde individuell betrachtet. Es wurden Daten wie die Laufleistung, die Sprintleistung erhoben und analysiert. Die Daten wurden bei jedem Training und jedem Spiel erhoben.

Die Gewinnung der physischen Daten war in der früheren Zeit grundsätzlich nicht möglich. Die ersten Erhebungen wurden mit Pulsuhren durchgeführt. Die damaligen GPS Daten, welche die Pulsuhren zusätzlich lieferten, waren laut dem Experten unbrauchbar und zu ungenau. Durch die Einführung der Daten konnten bis dato nicht bekannte Parameter erhoben werden. Der Experte nennt dafür auch den Einsatz von Analysten als eine wichtige Maßnahme zu einer erfolgreichen Verwertung der Daten.

- *Auswertung der physischen Daten*

Die Auswertung der Daten erfolgte direkt nach dem Training. Die Sensoren wurden über die jeweiligen Docking- Stationen mit der Software verbunden, welche die Daten aufbereitete. Die Daten wurden in einer Excel- Tabelle unter einer Verwendung einer genauen Vorlage aufgezeichnet und dem Trainer mit einer genauen Beschreibung vorgelegt. Die Dauer der Auswertung hängt von der Anzahl der Spieler ab. Grundsätzlich dauerte die Auswertung einer Trainingseinheit ca. ein bis zwei Stunden.

Die CK- Wertbestimmung kam auch oftmals vor dem Training zum Einsatz und wurde direkt in die Trainingsplanung integriert, falls hier Grenzwerte von gewissen Spielern oder dem Mannschaftsgefüge überschritten wurden.

- *Einsatz der gewonnen Daten für die Trainingsplanung bzw. Trainingssteuerung*

Durch die Erhebung und Auswertung der physischen Daten wurde die Trainingsplanung und Trainingssteuerung aktiv beeinflusst. Wie schon erwähnt, wurden auch direkt vor dem Training Adaptierungen der Trainingsdauer bzw. der Trainingsintensität aufgrund von Ermüdungen durchgeführt. Diese Ausführungen und Besprechungen fanden im Rahmen von ein bis zwei Stunden statt.

Die physischen Daten setzten sich aus Laufdaten, CK- Werten und Ruheherzfrequenzmessungen zusammen und wurden im Rahmen des Trainerteams besprochen.

Bei einer sauberen Durchführung dieser Datenerhebung bzw. Datenauswertung können laut dem Experten viele Verletzungen vorgebeugt oder sogar vermieden werden. Der Experte beschreibt hier die Interaktion zwischen Training und Wettkampf. Das Training muss an das „echte“ Wettkampfanforderung angepasst werden. Dies kann durch den Einsatz von Wearable- bzw. GPS- Systemen erfolgen. Die Belastung, Erholung bzw. Regeneration ist ein weiterer Baustein der Trainingsplanung, der hier relative genau aufgezeichnet und gesteuert werden kann. Um die Trainingsplanung noch präziser durchführen zu können, nennt der Experte die Aufteilung der Laufbereiche. Die Laufwerte wurde in Geschwindigkeitsbereiche zerlegt.

Der Experte gibt die Leistungsoptimierung durch den Einsatz von Wearable- Systemen als weiteren Grund an und fügt hinzu, dass dies ohne diese Systeme auf professioneller Ebene nicht möglich wäre.

Die Nachteile von Wearable- Systemen sind laut dem Experten von System zu System unterschiedlich. Ein Nachteil für den Experten ist zum Beispiel die aufwendige Installation und somit Eingeschränktheit von verschiedenen Systemen. Mit Eingeschränktheit meint der Experte die standortbezogene Installation. Ein weiterer Nachteil wären auch Messfehler, die aber laut dem Experten bei jeglichen Systemen/ Tests zu erwarten sind.

Im Allgemeinen sind diese „Nachteile“ laut dem Experten aber zu Vernachlässigen.

Das wichtigste bei der Durchführung dieser Messungen ist das Team, dass diese Daten erhebt, analysiert und einsetzt.

Durch die Erhebung der Daten können zwar Aussagen über die Beschleunigungen, Geschwindigkeiten und Distanzen getroffen werden, jedoch spiegeln diese Daten nicht den genauen Leistungszustand der Spieler wieder.

Die sportmotorischen Tests bzw. Leistungsdiagnostik basierend auf Laktatwerten zum Beispiel auf einem Laufband unter Laborbedingungen gibt bezüglich Leistungsfähigkeit relativ genauer Daten.

Auch der psychische Bereich wurde von dem Experten kurz behandelt. Für den Experten wirken sich diese Systeme bzw. die ständige Überwachung eher nicht negativ auf die psychologische Ebene der Spieler aus. Eher werden hier die Spieler motiviert, an sich selbst zu arbeiten.

Interviewprotokoll Experte 3

Experte: Anonym

Datum: 29.01.2021

Uhrzeit: 09:30

Durchführungsart:

- Das Experteninterview wird zur explorativen Datensammlung durchgeführt.
- Die ausgewählten Experten sind/ waren in der Trainingsplanung, Trainingssteuerung und/ oder Leistungsdiagnostik im Profi- Fußball tätig
- Interview erfolgte per Telefon.
- Das Interview wurde mit Hilfe der Software „Call Recorder“ aufgezeichnet.

• Allgemeine Informationen

Der Experte arbeitet im Bereich der Trainingsplanung und Trainingssteuerung seit ca. 13 Jahren und war bisher in der höchsten österreichischen und deutschen Spielklasse als Athletiktrainer und Spielanalyst tätig.

Zurzeit betreut der Experte zwei Profi- Fußballvereine in den Bereichen der Trainingsplanung bzw. Trainingssteuerung und der Spielanalyse.

• Gewinnung der physischen Daten

Der Experte gibt an, dass die Datenerhebung vereinsabhängig durchgeführt wurde. Manche Vereine kauften die Wettkampfdaten von Drittanbietern an, andere erhoben diese selbst. Im Trainingsbetrieb wurden die Daten eigenständig erhoben und analysiert.

Die Daten wurden mit Hilfe von technischen Hilfsmitteln erhoben, welche sich auch wieder je zu Verein unterschieden. Der Experte machte in den vergangenen Jahren Erfahrung mit dem Wearable- System von Polar. Mit diesen Systemen wurden die physischen Parameter bestimmt, welche für die Trainingsplanung bzw. Trainingssteuerung wichtig waren. Diese setzten sich vorwiegend aus Beschleunigungen, Geschwindigkeiten, Richtungswechsel und Laufdistanzen zusammen. Die Gewinnung der Daten wurde in einem Team durchgeführt, da die Analyse und Auswertung bei der großen Menge an Daten nicht alleine möglich. Wurden die Daten erhoben, so kommen diese auch in anderen Abteilungen zum Einsatz und dort weiterverarbeitet. Zum Beispiel in der medizinischen bzw. physiotherapeutischen Abteilung oder auch in der Scouting- Abteilung. Der Experte gab bekannt, dass die Daten für einzelne Spieler detailliert erhoben und ausgewertet wurden. Auch das Mannschaftsgefüge wurde

dabei berücksichtigt. Die Datenerhebung im Training und im Wettkampf war auch wieder von Verein zu Verein unterschiedlich.

Des Weiteren wurden die Daten täglich bzw. bei jedem Training und jedem Wettkampfspiel erhoben und berücksichtigt.

Im Bezug auf die Gewinnung der Daten ohne technischer Hilfsmittel erklärt der Experte, dass hier, wenn überhaupt, Herzfrequenzmesser in Form von Pulsuhren eingesetzt wurden. Parameter wie die Geschwindigkeit oder Beschleunigung konnten nicht berücksichtigt werden.

- *Auswertung der physischen Daten*

Die Auswertung der Daten erfolgte wie auch bei der Gewinnung der Daten in einem Team, wo jedes Teammitglied einen bestimmten Bereich erhob und analysiert. Die Daten werden entweder Live bzw. direkt in der Trainingseinheit ausgewertet oder nach der Trainingseinheit ausgewertet. Je nach Trainingsform und Trainingslänge werden mehr oder weniger Daten erhoben, welche die weitere Auswertung beeinflussen. Deswegen kann eine Auswertung laut dem Experten zwischen 30 Minuten und zwei Stunden betragen. Wenn die Daten Live „getrackt“ werden, werden diese den Spielern bzw. Trainern auch so präsentiert. Dadurch kann die Trainingsleistung des Spielers maßgeblich beeinflusst werden.

- *Einsatz der gewonnen Daten für die Trainingsplanung bzw. Trainingssteuerung*

Die ausgewerteten Daten werden laut dem Experten in allen Bereichen der Leistungsdiagnostik eingesetzt und verwertet. Die Trainingsplanung und die Trainingssteuerung konnten seit dem Einsatz von Wearable- Systemen auf eine neue Ebene gehoben werden. Da die physischen Parameter in jeglicher Hinsicht sehr präzise festgestellt werden können. Der große Vorteil dieser Systeme ist die Flexibilität, da diese überall eingesetzt werden können. Je nach System können unterschiedliche Bereiche präziser abgedeckt werden. Im Allgemeinen stehen die Optimierung der Leistung und die Regeneration im Vordergrund.

Auf die Frage bezüglich Nachteile von Wearable- Systemen führt der Experte aus, dass aus seiner Sicht nur Vorteile für diesen Bereich entstehen.

Auch im Bezug auf die sportmotorischen Tests gibt der Experte an, dass er für präzisere Ergebnisse mittlerweile auch Wearables einsetzt. So kann das Ausmessen von Lichtschranken- Positionen vernachlässigt werden.

Bei sportmotorischen Tests im Freien zur Feststellung der Ausdauerleistungsfähigkeit oder der Schnelligkeitsleistung sind diese technischen Hilfsmittel in der Arbeit des Expertens nicht mehr wegzudenken.

Eidesstaatliche Erklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst habe und nur die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet habe. Diese Arbeit wurde weder an einer anderen Stelle eingereicht (z. B. für andere Lehrveranstaltungen) noch von anderen Personen (z. B. Arbeiten von anderen Personen aus dem Internet) vorgelegt.

Michael Windischhofer, Linz 2021