

Physische KPIs

1

Maximilian Klemp

2

Inhaltsverzeichnis

3

24.1 Theoretischer Hintergrund – 230

4

24.2 Methoden – 232

5

24.3 Ergebnisse und Diskussion – 232

6

24.4 Praxisbezug – 234

7

Literatur – 235

8

Lernziele

- Anwendungsmöglichkeiten physischer Parameter in der Spielanalyse
- Möglichkeiten zur Erhebung von Positionsdaten
- Die verschiedenen Kategorien physischer Parameter
- Gütekriterien für die einzelnen Parameter und deren Limitationen
- Einfluss kontextueller Faktoren auf physische Parameter

24.1 Theoretischer Hintergrund

Die Analyse der physischen Leistung nahm ihren Anfang mit der Auswertung von Videodaten und erlebte einen Quantensprung durch die automatisierte Generierung und Nutzung von Positionsdaten (s. Infobox „Untersuchung der physischen Leistung“). Mithilfe dieser Daten ist eine detaillierte und umfassende Analyse des Laufverhaltens der Spieler und somit eine Abschätzung der physischen Leistung unter Berücksichtigung zahlreicher kontextueller Informationen möglich. Physische Parameter werden in der Spielanalyse primär eingesetzt, um die Belastungsintensität und den Energieverbrauch während eines Spiels oder einzelner Phasen abzuschätzen (Carling et al., 2005). Diese Erkenntnisse werden dann genutzt, um in Kombination mit Daten aus dem Training die Beanspruchung einzelner Spieler zu quantifizieren und unter Umständen Anpassungen der Trainingsreize vorzunehmen. Auf diese Weise sollen sowohl Über- als auch Unterbelastung vermieden werden.

! Die Unterscheidung zwischen Belastung und Beanspruchung (in der englischen Literatur „external load“ vs. „internal load“) spielt bei der Quantifizierung physischer Parameter eine entscheidende

Rolle. Während die Belastung die externe Leistung eines Athleten angibt (bspw. als Laufstrecke, Anzahl Sprints, Beschleunigungen), spiegeln Parameter der Beanspruchung wider, wie diese Reize vom Körper des Athleten verarbeitet werden (z. B. Sauerstoffverbrauch, Herzfrequenz, Laktatkonzentration). So kann die gleiche Belastung bei verschiedenen Athleten oder aber beim selben Athleten an unterschiedlichen Tagen eine unterschiedliche Beanspruchung hervorrufen.

Darüber hinaus können die Daten genutzt werden, um im Training Spielbelastungen zu simulieren. In diesem Kontext besteht die größte Herausforderung in der Auswahl valider Parameter, welche die Belastung bzw. Beanspruchung der Spieler angemessen widerspiegeln. Da im Wettkampf bislang keine physiologischen Marker wie Herzfrequenz oder Sauerstoffaufnahme erhoben werden können, erfolgt die Belastungsabschätzung anhand der Bewegungsdaten der Spieler. Diese werden aus Positionsdaten generiert und können die zurückgelegte Laufstrecke bei verschiedenen Geschwindigkeiten sowie die Anzahl und Magnitude von Be- und Entschleunigungen beinhalten. Ein weiterer Anwendungsbereich physischer Leistungsparameter ist die Bestimmung des Spielstils in der Gegneranalyse. So können die zurückgelegte Laufstrecke sowie die Anzahl bestimmter Aktionen als Indikatoren für bestimmte Strategien und Taktiken herangezogen werden.

Untersuchung der physischen Leistung

Die ersten Bemühungen zur Beschreibung der physischen Leistung von Fußballspielern wurden in Pionierarbeit von Thomas und Reilly (1976) unternommen. Aus diesem Ansatz entwickelten sich zahlreiche Untersuchungen zum Aktivi-

tätsprofil von Fußballern. Diese stellten in einem deskriptiv orientierten Ansatz fest, wie viel Strecke Spieler während eines Spiels in verschiedenen Geschwindigkeitszonen zurücklegten bzw. wie viel Zeit sie dort verbrachten (für eine Übersicht Stølen et al., 2005). Im Zuge dieser Arbeiten wurde ebenfalls der Versuch unternommen, den Energieverbrauch eines Spielers abzuschätzen (Bangsbo et al., 2006; Krustrup et al., 2005). Schon in diesen frühen Studien, welche die Laufleistung basierend auf Videodaten maßen, offenbarten sich entscheidende Prämissen bzw. Limitationen für alle weitergehenden Untersuchungen, so z. B. der erhöhte energetische Aufwand beim Führen eines Fußballs im Vergleich zum einfachen Laufen (Reilly & Ball, 1984) sowie die Schwierigkeiten bei der direkten Erfassung physiologischer Parameter während eines Fußballspiels (Drust et al., 2007; Stølen et al., 2005).

Durch eine Weiterentwicklung der Datenerfassungstechniken wurden Positionsdaten verfügbar und die Größe der auswertbaren Stichproben stieg enorm an. Es begann die vergleichende Untersuchung der physischen Leistung von Fußballern in Abhängigkeit von diversen Kontextvariablen. So rückte das Studium der Aktivitätsprofile verschiedener Spielerpositionen in den Fokus (Bradley et al., 2009; Dellal et al., 2010; Di Salvo et al., 2007) und es wurde der Einfluss der physiologischen Kapazitäten der Spieler auf ihre physische Leistung im Spiel erforscht (Bradley et al., 2013; Ingebrigtsen et al., 2012). Weiterhin wurden die Rahmenbedingungen eines Spiels wie Spielort, Mannschaftsstärke oder Spielstand und deren Einfluss auf die physische Leistung betrachtet (Bradley et al., 2013; O'Donoghue, 2009; O'Donoghue &

Robinson, 2016; Rampinini et al., 2007). Eine Übersicht über die zentralen Ergebnisse dieser Studien liefern Sarmiento et al. (2014).

Ferner können aus Positionsdaten Kenngrößen des taktischen Verhaltens wie Raumkontrolle, interpersonelle Koordination oder kollektive Organisation von Mannschaften abgeleitet werden (für eine Übersicht s. Low et al., 2019).

Aufbauend auf bisherigen Untersuchungen im deskriptiven und vergleichenden Stil liegt die Zukunft der quantitativen Spielanalyse laut Sarmiento et al. (2014) vor allem in prädiktiven Untersuchungsdesigns, bei welchen der Spielerfolg auf Basis diverser Prozessvariablen vorhergesagt werden kann. Für die Erfassung dieser Prozessvariablen spielt die Nutzung von Positions- und Eventdaten eine übergeordnete Rolle. So konnten Rein et al. (2017) demonstrieren, dass der Spielerfolg von Mannschaften durch ihre mittels Positionsdaten quantifizierte Passqualität vorhergesagt werden kann. Auch physische Leistungsparameter können als solche Prozessvariablen herangezogen werden. Obwohl es einige richtungsweisende Ergebnisse für die Relevanz physischer Parameter für den Erfolg gibt (Hoppe et al., 2015; Modric et al., 2019), ist noch kein abschließendes Fazit möglich. ~~Eigene, bisher unveröffentlichte Daten (Klemp et al., 2020) suggerieren~~ einen starken positiven Zusammenhang zwischen der Laufleistung einer Mannschaft und der Erfolgswahrscheinlichkeit für das erste Tor in einem Spiel. In Folge dieser Bemühungen könnte möglicherweise schließlich auch ein Key Performance Indicator gefunden werden, der die Leistung von Mannschaften anhand ihrer physischen Arbeit abbildet.

Prozessvariable

Unter Prozessvariablen versteht man Kenngrößen, die Informationen über den Verlauf eines Spiels und das Verhalten beider Mannschaften beinhalten. Da diskrete, erfolgsgescheitende Kenngrößen (Sieg/Niederlage, Tore, Torchancen) sehr selten auftretenden, eignen sie sich häufig nicht zur quantitativen Analyse von Zusammenhängen. Hier können kontinuierlich beobachtbare Indikatoren der Mannschaftsleistung Abhilfe schaffen, unter welchen der Parameter der Raumkontrolle wohl derzeit der populärste ist.

24.2 Methoden

Die ersten Datenerhebungen physischer Leistungsparameter im Fußball erfolgten manuell durch Videoanalyse der Spiele. Dabei wurde pro Analyse nur ein Spieler beobachtet und seine Laufleistung unter Zuhilfenahme von Markierungen auf dem Feld mit bekanntem Abstand handschriftlich erfasst (Carling et al., 2005). Während dieses Verfahren in den Anfängen der Spielanalyse eine enorme Innovation bedeutete und wichtige Einsichten ermöglichte, war aufgrund des immensen Zeitaufwands die Menge der für Analysen nutzbaren Spiele stark begrenzt. Mit der Nutzung von Ortungstechnologien auf Basis von Global Positioning Systems (GPS) sank der Aufwand zur Erfassung von Laufdaten drastisch. Da diese jedoch das Tragen von bislang im Wettkampf nicht erlaubten Geräten voraussetzen, wurde die Erfassung von Laufdaten im Spiel erst durch semi-automatisierte, kamerabasierte Methoden möglich. Hier wird das Spiel aus mehreren Positionen aufgezeichnet und mithilfe von Computer-Vision-Algorithmen und Triangulation die Position jedes Spielers sowie des Balls zu jedem Zeitpunkt im Spiel bestimmt (Thomas et al., 2017).

In der jüngeren Vergangenheit haben auch lokale Positionierungssysteme (LPS) Einzug in die Positionsdatenerfassung im Fußball gehalten. Während diese einen größeren logistischen Aufwand erfordern, liefern sie wesentlich genauere Daten sowie eine höhere Abtastrate als GPS und ermöglichen im Gegensatz zu diesen die Ortung des Balls (Hoppe et al., 2018).

Mit den oben genannten Verfahren werden die Positionen, d. h. die x-/y-Koordinaten aller Spieler zu jedem beobachteten Zeitpunkt (üblicherweise 25 Bilder pro Sekunde) ermittelt. Aus diesen Positionsdaten kann dann die Laufleistung sowie andere Parameter berechnet werden. Für alle geschwindigkeits- oder beschleunigungsbasierten Maße wird pro Spieler pro Zeiteinheit die derzeitige Bewegungsgeschwindigkeit durch numerische Differenziation der Strecke berechnet. Aus dieser kann wiederum die gegenwärtige Beschleunigung abgeleitet werden. Diese einfache bzw. doppelte Differenziation der Positionsdaten kann selbst bei angemessener Applikation von Filtern ein geringes Rauschen in den Ausgangsdaten stark amplifizieren, was bei der Interpretation von Geschwindigkeits-, insbesondere aber Beschleunigungsdaten stets beachtet werden sollte.

24.3 Ergebnisse und Diskussion

Unter den Parametern der physischen Leistung im Fußballspiel dominieren bislang immer noch distanzbasierte Maße. Die von Spielern zurückgelegten Distanzen in verschiedenen Geschwindigkeitszonen eignen sich, um ein allgemeines Aktivitätsprofil zu definieren. Wie oben erwähnt, konnte jedoch gezeigt werden, dass die zurückgelegte Laufdistanz von diversen kontextuellen Faktoren abhängt. So legen Flügelspieler meist größere Distanzen, vor allem bei hoher Geschwindigkeit, zurück als andere Spieler, während zentrale Mittelfeldspieler hohe Distanzen bei geringerer Ge-

schwindigkeit bewältigen (Bradley et al., 2009; Di Salvo et al., 2007; Vigne et al., 2010). Weiterhin legen Mannschaften größere Strecken zurück, wenn sie Heimspiele bestreiten (Lago-Peñas et al., 2010), gegen stärkere Mannschaften antreten (Rampinini et al., 2007) sowie wenn sie zurückliegen (Lago-Peñas et al., 2010; O'Donoghue & Robinson, 2016). Diese beeinflussenden Faktoren müssen dringend berücksichtigt werden, wenn die Laufleistung einer Mannschaft oder eines Spielers beurteilt werden soll. Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Interpretation von Laufdistanzen ist die von Carling aufgeworfene Frage nach der praktischen Bedeutsamkeit eines statistischen Effekts. Laut Carling (2013) und Carling et al. (2015) werden in der Literatur zum Teil statistisch signifikante Effekte berichtet, die bei Betrachtung der absoluten Zahlen so gering sind, dass sie weder für praktische Zwecke noch für wissenschaftliche Analysen von Bedeutung zu sein scheinen. Daher ist es stets unverzichtbar, die grundlegende Variabilität der jeweiligen Messgröße zu untersuchen und kritisch zu hinterfragen, ob ein beobachteter Effekt als relevant erachtet werden kann.

❓ Wie groß muss ein beobachteter Effekt sein, um neben statistischer Signifikanz auch praktische Relevanz zu besitzen?

Eine innovative Weiterentwicklung der zurückgelegten Distanz liefert der von Paul Bradley und Jack Ade (Bradley & Ade, 2018) vorgeschlagene integrative Ansatz, bei dem jedem zurückgelegten Meter eine taktische Funktion zugewiesen wird. Diese Kontextualisierung von physischen Anstrengungen ermöglicht eine wesentlich detailliertere Analyse der physischen Arbeit von Fußballspielern und ist ein vielversprechender Schritt hin zu einem umfassenden Verständnis von Laufleistungen. Da die Zuweisung der taktischen Informationen jedoch bislang ausschließlich manuell möglich ist, erfordert dieser Ansatz einen

enormen Arbeitsaufwand und ist nicht gut für große Datenmengen skalierbar. Wie von Bradley und Ade (2018) angemerkt, wird dieser Ansatz drastisch an Bedeutung gewinnen, sobald eine automatisierte Erkennung der taktischen Eigenschaften eines Laufs möglich wird.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die zurückgelegte Distanz in einem Fußballspiel ein geeignetes Maß ist, um das Aktivitätsprofil von Spielern abzubilden. Es handelt sich um ein eher simples Maß, welches Beschleunigungen und (im klassischen Ansatz) den taktischen Kontext des Laufens außer Acht lässt. Gleichzeitig sind zeiteffiziente Analysen enorm großer Datenmengen möglich. Eine angemessene Kontextualisierung der Laufleistungen sowie eine kritische Auseinandersetzung mit der praktischen Bedeutsamkeit von beobachteten Effekten ist dringend notwendig. Unter Beachtung dieser Aspekte kann die zurückgelegte Distanz wertvolle Einsichten liefern und wird mit der Weiterentwicklung von Technologien und Analyseverfahren weiter an Bedeutung gewinnen.

Der Metabolic-Power-Ansatz stellt eine Weiterentwicklung der zurückgelegten Distanz dar und soll durch die Berücksichtigung von Beschleunigungsdaten eine verlässlichere Abschätzung der von Spielern aufgewendeten Energie ermöglichen. Die Grundlage des Ansatzes bildet die Annahme, dass die Beanspruchung in einem Fußballspiel wesentlich durch Be- und Entschleunigungen charakterisiert ist, welche in der zurückgelegten Distanz nicht abgebildet werden (Osgnach et al., 2010). Diese weithin anerkannte Limitation sollte dadurch überwunden werden, dass Be- und Entschleunigung der Spieler kontinuierlich beobachtet und gemeinsam mit der zurückgelegten Distanz in ein Maß für den Energieverbrauch überführt werden (Osgnach et al., 2010). Der Energieverbrauch von Be- und Entschleunigungen wird dabei als Analogie zum Energieverbrauch beim Bergauflaufen abgeschätzt. Die so generier-

ten Messgrößen sind Metabolic Power, also die pro Zeiteinheit erbrachte Leistung eines Spielers, Metabolic Work, also die während eines Zeitintervalls verrichtete Arbeit, und Equivalent Distance. Bei letzterer handelt es sich um die hypothetische Distanz, die ein Spieler zurückgelegt hätte, wenn er den gleichen Energieverbrauch durch Laufen bei einer konstanten Geschwindigkeit erreicht hätte. Der Quotient aus Equivalent Distance und tatsächlich zurückgelegter Distanz soll somit eine Aussage darüber ermöglichen, wie stark das Aktivitätsprofil eines Spielers von Be- und Entschleunigungen geprägt ist.

Es wurde in zwei Studien gezeigt, dass der durch den Metabolic-Power-Ansatz geschätzte Energieverbrauch nicht gut mit dem Goldstandard einer portablen spirometrischen Messung korreliert (Buchheit et al., 2015), woraus die Autoren schlossen, dass sich der Ansatz nicht eignet, um den Energieaufwand eines Fußballspiels abzuschätzen. Es lässt sich allerdings bislang nicht eindeutig sagen, ob die schlechte Korrelation auf Mängel des Konzepts bzw. der Berechnung von Metabolic Power oder auf Mängel in der Bestimmung der Beschleunigungsdaten (s. o.) zurückzuführen ist. Weiterhin muss bedacht werden, dass der Metabolic-Power-Ansatz eine Weiterentwicklung des eher simplen Ansatzes der Laufdistanz darstellen sollte. Es ist also auch zu prüfen, ob eine Abschätzung der Beanspruchung durch den Metabolic-Power-Ansatz besser ist als eine solche auf Basis der Laufdistanz. Eine abschließende Beurteilung dieser Methodik ist daher vermutlich noch nicht möglich.

? Der Metabolic-Power-Ansatz ist offensichtlich noch nicht weit genug entwickelt, um den Goldstandard abbilden zu können. Ist er dennoch zur Quantifizierung der Belastung besser geeignet, als rein distanzbasierte Maße?

24.4 Praxisbezug

Die oben dargestellte Evidenz zeigt, dass die Analyse physischer Leistungsparameter im Fußball vor allem aufgrund ihrer Skalierbarkeit und dem Raum für Weiterentwicklungen einen bedeutenden Platz in der quantitativen Spielanalyse einnehmen kann. Zum aktuellen Zeitpunkt scheinen vor allem distanzbasierte Maße für die Praxis und die Wissenschaft nutzbar zu sein. Um diese korrekt zu interpretieren sowie praxisrelevante Schlüsse ziehen zu können, müssen einige Richtlinien beachtet werden. So ist eine angemessene Normalisierung und Kontextualisierung unverzichtbar: Der Spielort, die Qualität der konkurrierenden Mannschaften sowie der Spielstand müssen bei der Analyse der Laufleistung stets einbezogen und die Erkenntnisse zum Einfluss dieser Variablen berücksichtigt werden. Um die Relevanz einer Abweichung zu beurteilen, muss die grundsätzliche Variabilität der entsprechenden Messgröße ermittelt und zugrunde gelegt werden. Sinnvoll ist bspw. auch die Ermittlung einer Baseline für einzelne Mannschaften oder Spieler, mit welcher neue Beobachtungen dann verglichen werden können. Um die Aussagekraft physischer Leistungsparameter weiter zu erhöhen, ist es sinnvoll, die mit einer physischen Anstrengung verknüpfte taktische Funktion zu beachten. Hierzu eignet sich der integrative Ansatz nach Bradley und Ade (2018), allerdings muss der hiermit verbundene Arbeitsaufwand gegen den Nutzen abgewogen werden.

Praxis- und Anwendungstipps

Um Spieler an unterschiedlichen Tagen oder unterschiedliche Spieler vergleichen zu können, empfiehlt es sich, für jeden Spieler eine Baseline des untersuchten

Parameters zu ermitteln. Eine Baseline ist eine Art Kalibration, die einen Mittelwert und eine natürliche Schwankung angibt. Mit Kenntnis dieser Größen kann dann beurteilt werden, ob eine zukünftige Beobachtung der natürlichen Schwankung oder einem äußeren Einfluss zuzurechnen ist.

Wenn Normalisierungs- und Kontextualisierungsmaßnahmen eingehalten werden, kann die Laufleistung im Spiel dazu genutzt werden,

(1) die Belastung der eigenen Spieler abzuschätzen,

(2) die physische Leistung der eigenen Mannschaft zu bewerten und

(3) die von einer gegnerischen Mannschaft verwendete Strategie bzw. ihr physisches Aktivitätsprofil zu analysieren, um die eigene Strategie hieran anzupassen.

Aus wissenschaftlicher Sicht kann der Einfluss von Kontextvariablen sowie von Ereignissen im Spiel auf die physische Leistung der Mannschaften und einzelner Spieler untersucht werden, um das Bild der Laufleistung im Fußball weiter zu vervollständigen.

Fazit

Parameter der Laufleistung stellen eher einfache Beispiele für Prozessvariablen dar, welche mittels Positionsdaten erfasst werden können. Sie ermöglichen eine zeit-effiziente Analyse enorm großer Stichproben und somit eine hohe Reliabilität der beobachteten Ergebnisse. Darüber hinaus lässt sich, wie oben herausgestellt, durch eine Kontextualisierung der Laufleistung sowie eine (zunächst nur manuelle) Verknüpfung von Laufleistung und taktischem Kontext die Aussagekraft dieser Parameter deutlich erhöhen. Zum jetzigen Zeitpunkt liefert die Analyse der Laufleistung schnelle Einsichten in große

Datenmengen, welche in Bezug auf konkretere Fragestellungen dann spezifischer untersucht werden können. Die Erforschung weiterer Prozessvariablen, welche tiefere Einsichten in das taktische Verhalten von Spielern und Mannschaften ermöglichen, hat bereits einige wertvolle Einsichten geliefert (Memmert & Raabe, 2019). Insbesondere dieses Feld verspricht jedoch in Zukunft noch weitere bahnbrechende Fortschritte und sollte daher stetig im Fokus der quantitativen Spielanalyse stehen.

Literatur

- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krustrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24(7), 665–674.
- Bradley, P. S., & Ade, J. D. (2018). Are current physical match performance metrics in elite soccer fit for purpose or is the adoption of an integrated approach needed? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(5), 656–664.
- Bradley, P. S., et al. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 159–168.
- Bradley, P. S., et al. (2013). Match performance and physical capacity of players in the top three competitive standards of English professional soccer. *Human Movement Science*, 32(4), 808–821.
- Buchheit, M., Manouvrier, C., Cassirame, J., & Morin, J. B. (2015). Monitoring locomotor load in soccer: Is metabolic power, powerful? *International Journal of Sports Medicine*, 36(14), 1149–1155.
- Carling, C. (2013). Interpreting physical performance in professional soccer match-play: Should we be more pragmatic in our approach? *Sports Medicine*, 43(8), 655–663.
- Carling, C., et al. (2005). *Handbook of soccer match analysis: A systematic approach to improving performance*. Psychology Press.
- Carling, C., Bradley, P. S., McCall, A., & Dupont, G. (2015). Match running performance during fixture congestion in elite soccer: Research issues and future directions. *Sports Medicine*, 45(5), 605–613.
- Dellal, A., Wong, D. P., Moalla, W., & Chamari, K. (2010). Physical and technical activity of soccer players in the French First League-with special reference to their playing position. *International SportMed Journal*, 11(2), 278–290.

- Di Salvo, V., et al. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 28(3), 222–227.
- Drust, B., Atkinson, G., & Reilly, T. (2007). Future perspectives in the evaluation of the physiological demands of soccer. *Sports Medicine*, 37(9), 783–805.
- Hoppe, M., Slomka, M., Baumgart, C., Weber, H., & Freiwald, J. (2015). Match running performance and success across a season in German Bundesliga soccer teams. *International Journal of Sports Medicine*, 36(7), 563–566.
- Hoppe, M., Baumgart, C., Polglaze, T., & Freiwald, J. (2018). Validity and reliability of GPS and LPS for measuring distances covered and sprint mechanical properties in team sports. *PLoS One*, 13(2), e0192708.
- Ingebrigtsen, J., et al. (2012). Yo-Yo IR2 testing of elite and sub-elite soccer players: Performance, heart rate response and correlations to other interval tests. *Journal of Sports Sciences*, 30(13), 1337–1345.
- Klemp, M., Memmert, D., & Rein, R. (2020). ~~The influence of running performance on scoring the first goal in a soccer match. Submitted to Journal of Sports Sciences.~~
- Krustrup, P., Mohr, M., Ellingsgaard, H., & Bangsbo, J. (2005). Physical demands during an elite female soccer game: Importance of training status. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(7), 1242–1248.
- Lago-Peñas, C., Casais, L., Dominguez, E., & Sampaio, J. (2010). The effects of situational variables on distance covered at various speeds in elite soccer. *European Journal of Sport Science*, 10(2), 103–109.
- Low, B., et al. (2019). A systematic review of collective tactical behaviours in football using positional data. *Sports Medicine*, 50(5), 1–43.
- Memmert, D., & Raabe, D. (2019). *Revolution im Profifußball. Mit Big Data zur Spielanalyse 4.0 (2. aktualisierte und erweiterte Aufl.)*. Springer.
- Modric, T., Versic, S., Sekulic, D., & Liposek, S. (2019). Analysis of the Association between Running Performance and Game Performance Indicators in Professional Soccer Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(20), 4032.
- O'Donoghue, P. (2009). *Research methods for sports performance analysis*. Routledge.
- O'Donoghue, P., & Robinson, G. (2016). Score-line effect on work-rate in English FA Premier League soccer. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(3), 910–923.
- Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R., & Di Prampero, P. E. (2010). Energy cost and metabolic power in elite soccer: A new match analysis approach. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(1), 170–178.
- Rampinini, E., Coutts, A. J., Castagna, C., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Variation in top level soccer match performance. *International Journal of Sports Medicine*, 28(12), 1018–1024.
- Reilly, T., & Ball, D. (1984). The net physiological cost of dribbling a soccer ball. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 55(3), 267–271.
- Rein, R., Raabe, D., & Memmert, D. (2017). „Which pass is better?“ Novel approaches to assess passing effectiveness in elite soccer. *Human Movement Science*, 56(Pt A), 173–175.
- Sarmento, H., et al. (2014). Match analysis in football: A systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1831–1843.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer. *Sports Medicine*, 35(6), 501–536.
- Thomas, G., Gade, R., Moeslund, T. B., Carr, P., & Hilton, A. (2017). Computer vision for sports: Current applications and research topics. *Computer Vision and Image Understanding*, 159, 3–18.
- Thomas, V., & Reilly, T. (1976). Application of motion analysis to assess performance in competitive football. *Ergonomics*, 19, 530.
- Vigne, G., Gaudino, C., Rogowski, I., Alloatti, G., & Hautier, C. (2010). Activity profile in elite Italian soccer team. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 304–310.

Fragen an die Autorin/den Autor

Kapitel Nr.: 24 0005248894

Frage Nr.	Frage/Benötigte Angaben	Antwort des Autors
AU1	„Bradley und Noakes (2013)“ wurde geändert zu „Bradley et al., (2013)“ und „Sarmiento (2018)“ zu „Sarmiento et al., (2014)“. Bitte überprüfen.	
AU2	Bitte geben Sie für „Klemp et al. (2020)“ Seitenzahlen und die Bandnummer an.	