



Die moderne Spielanalyse umfasst mittlerweile mehr als die Auswertung von Zweikampfquote oder zurückgelegten Kilometern – denn es hat sich herausgestellt, dass diese Daten nicht über Sieg oder Niederlage entscheiden. Die genaue Erfassung der Positionsdaten jedes Spielers und des Balles ermöglicht hingegen mittlerweile deutlich komplexere Analysen mit neuartigen Key Performance Indizes. Die neuen Ergebnisse dienen auch als Unterstützung der Arbeit von Profikadern der Bundesliga, der Nachwuchsförderung in Nachwuchsleistungszentren und der Trainerausbildung.

---

## Innovative Leistungsindikatoren im Profifußball auf der Basis von Positionsdaten

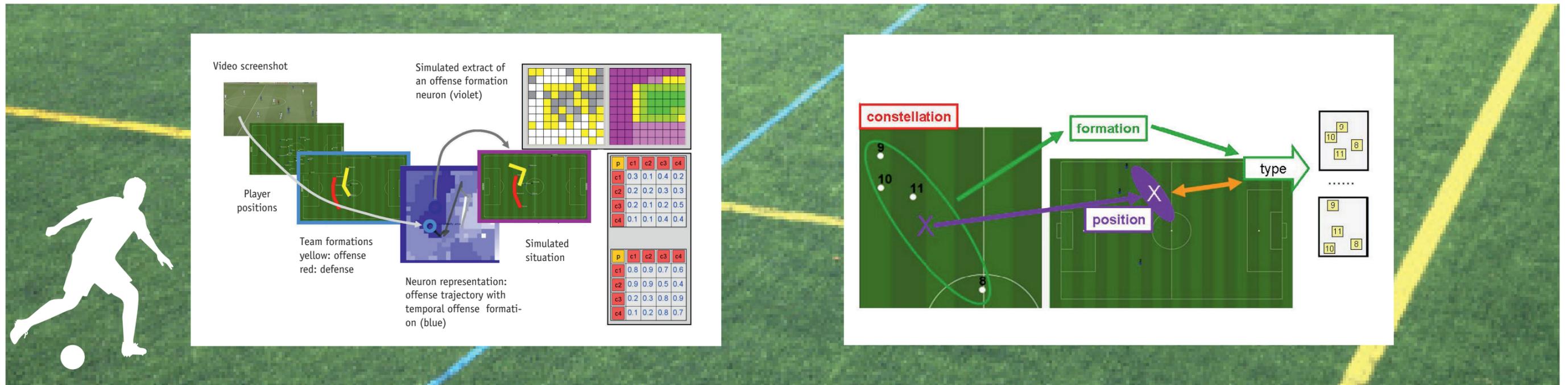
---

*Text* Daniel Memmert, Dominik Raabe, Alexander Knyazev, Aljoscha Franzen, Lukas Zekas, Robert Rein, Jürgen Perl und Hendrik Weber  
*Fotos* wird ergänzt

**D**ie moderne Spielanalyse umfasst mittlerweile mehr als die Auswertung von Zweikampfquote oder zurückgelegten Kilometern – denn es hat sich herausgestellt, dass diese Daten nicht über Sieg oder Niederlage entscheiden. Vielmehr sind es sogenannte Positionsdaten, welche neue Erkenntnisse im Spitzensport liefern sollen. Die genaue Erfassung der Positionen jedes Spielers und des Balles ermöglicht heutzutage deutlich komplexere Analysen mit neuartigen Leistungsindikatoren.

Eine ganze Palette solcher fortgeschrittenen Key Performance Indikatoren, kurz nur KPI genannt, wird seit einigen Jahren auch am Institut für Kognitions- und Sportspießforschung der Deutschen Sporthochschule Köln entwickelt und getestet (Memmert, Lemmink, & Sampaio, 2016; Memmert et al., 2016). In einem kompetitiven von der Deutschen Fußball Liga (DFL) ausgeschriebenen Projekt mit dem Titel „Positionsdaten im Profifußball“ hat das Institut im Jahr 2015 den Zuschlag bekommen. Zentrales Ziel des Projektes ist es, eine Auswahl der neu entwickelten KPI automatisch unter Einsatz von neuronalen Netzen zu berechnen und auf einer großen Anzahl von Spielen der Fußball Bundesliga auszuprobieren.

In dieser Big-Data-Feldstudie wurden insgesamt 50 Spiele der Saison 2014/15 analysiert und schließlich 11.160 Leistungswerte erzeugt und ausgewertet. Im Mittelpunkt stand dabei das selbst entwickelte Analyse-Tool SOCCER (© Perl, 2011), welches konventionelle Datenanalyse, dynamische Zustand-Ereignis-Modellierung und künstliche neuronale Netze kombiniert. Sämtliche Berechnungen fußen dabei allein auf den Positionsdaten, Ereignisse wie Ballgewinn oder -verlust werden aus Spieler- und Ballpositionen



**Abb. 1 (links)**  
Forschungsparadigma: Dynamical neuronal network approach mit SOCCER (Perl & Memmert, 2011, 2013).

berechnet. Während herkömmliche Tools wie zum Beispiel Heatmaps oft nur limitiert Einblicke in den Fußball auf Spitzenniveau geben, modellieren fortgeschrittene KPI, wie sie im Projekt zum Einsatz kamen, gezielt Aspekte des modernen Fußballspiels und liefern wissenschaftlich fundierte Analysemöglichkeiten. Um diese KPI als valides Mittel den Spielanalysten der Topclubs an die Hand zu geben, sind großflächige Praxistests von zentraler Bedeutung. Die DFL fördert daher mit solchen Projekt-Ausschreibungen Innovationen und interdisziplinäre Forschung mit dem Ziel den deutschen Profi-Fußball und den Wettbewerb zu stärken. Das Projekt, an dem ein ganzes Team aus Wissenschaftlern und Spielanalysten ein halbes Jahr lang arbeitete, ist dabei eines der ersten, bei dem die positionsbasierten Leistungsindikatoren an einer Vielzahl von Spielen erprobt wurden. Einige der wichtigsten verwendeten KPIs sollen in diesem Beitrag vorgestellt werden.

**Abb. 2**  
Netzbasierter Erkennung von Formationstypen und die Re-Kombination mit Positions- und Zeitinformationen (Perl & Memmert, 2011).

**Forschungsparadigma**  
Technologisch gesehen können heute für eine Reihe von taktischen Leistungsfaktoren auch sportinformatische Analyseverfahren (für die technische Umsetzung vgl. Grunz et al., 2009, 2011; Memmert et al., 2011; Memmert & Perl, 2006, 2009a,b; Perl & Memmert, 2011; Perl, Grunz & Memmert, 2013; Perl et al., 2011) zum Beispiel SOCCER (vgl. Abb. 1) eingesetzt werden, die computergestützt fußballspezifische Ereignisse objektivieren können, indem die Maschine den Menschen bei der Bewertung der Situationen substituiert.

Der Grundgedanke dabei ist, dass die entwickelten neuronalen Netze es ermöglichen, Spielszenen aus einem Spiel oder aus verschiedenen Spielen miteinander zu vergleichen, um herauszufinden, welche Konstellationen auf dem Platz vorkamen und zu welchen Resultaten sie führten. Voraussetzung ist dafür, dass durch jeden Datensatz in einer Spielsequenz ein Neuron im Netz aktiviert wird. Verbindet man die nacheinander aktivierten Neuronen, dann erhält man eine Trajektorie als Muster der entsprechenden Spielsequenz. Klassen ähnliche Muster von Spielsequenzen sollen nun durch ein neuronales Netz einer höheren Ebene einem gemeinsamen Neuron oder einem Cluster benachbarter Neuronen zugeordnet werden. Zum Beispiel sollen alle Realisierungen eines kurzen Spielaufbaus

durch ein Neuron oder ein Neuronen-Cluster „Spielaufbau“ erkannt werden. Der Vorteil gegenüber bisherigen Verfahren ist dabei, dass die Identifikation einzelner Spielsequenzen aus Fußballspielen nicht mehr manuell durchgeführt werden muss (konventionelle Analyse), sondern von neuronalen Netze automatisiert durchgeführt werden kann. Dies ermöglicht umfangreiche Datenmengen innerhalb weniger Minuten nach Unterschieden und Gemeinsamkeiten zu klassifizieren (vgl. Abbildung 2).

Ein wesentlicher Aspekt der Beurteilung taktischen Verhaltens von Mannschaften ist die Interaktion spezifischer taktischer Gruppen wie etwa Angriff und Verteidigung. Das Problem dabei ist, dass trotz der Verfügbarkeit der Positionsdaten gerade wegen der oben bereits angesprochenen immensen Datenumfänge eine Analyse etwa der taktischen Bewegungen von Spielerkonstellationen mit konventionellen Methoden kaum durchführbar ist. Hier liefern die Fähigkeiten neuronaler Netze, Muster zu erkennen, wesentliche neue Möglichkeiten, wie sie in Abb. 2 angedeutet sind. Konstellationen können von ihrer Position auf dem Spielfeld getrennt und so als charakteristische Formationen vom Netz gelernt werden. Dies ermöglicht Häufigkeitsverteilungen typischer Gruppenformationen zu bestimmen und Verläufe taktischer Mannschafts-Interaktionen zu erkennen. Darauf aufbauend kann der Grad der Umsetzung taktischer Muster oder auch die Fähigkeit einer Mannschaft zu erkennen, situationsbezogen neue Muster zu generieren, bestimmt werden. Zur Validierung der trainierten neuronalen Netze wurden die aus der traditionellen Spielanalyse („golden standard“) einerseits und die aus der netzgestützten Positionsdaten-basierten Vorgehensweise andererseits erzielten Ergebnisse miteinander verglichen. In ersten Studien zeigte sich (Grunz et al. 2011), dass fast 90% von den durch die traditionelle Spielanalyse erkannten Spielereignissen durch unsere Neuronale Netze hinsichtlich verschiedener Gruppentaktiken wie Spieleröffnung, Standard-situationen (weiter ausdifferenziert in Einwurf, Freistoß und Eckstoß) und Torabschluss erkannt wurden. Bis heute finden weitere Optimierungsschritte statt, bei denen Übereinstimmungs-raten von über 95% erzielt wurden. Bedenkt man, dass gerade bei schwer zu definierenden Taktiken (u.a. Spieleröffnung) auch Experten nur eine Übereinstimmung von im Mittel 80% haben, wird die Bedeutung von computergestützten Analyseverfahren deutlich.

Wie sieht die Benutzeroberfläche der Spielanalyse-Software SOCCER aus?

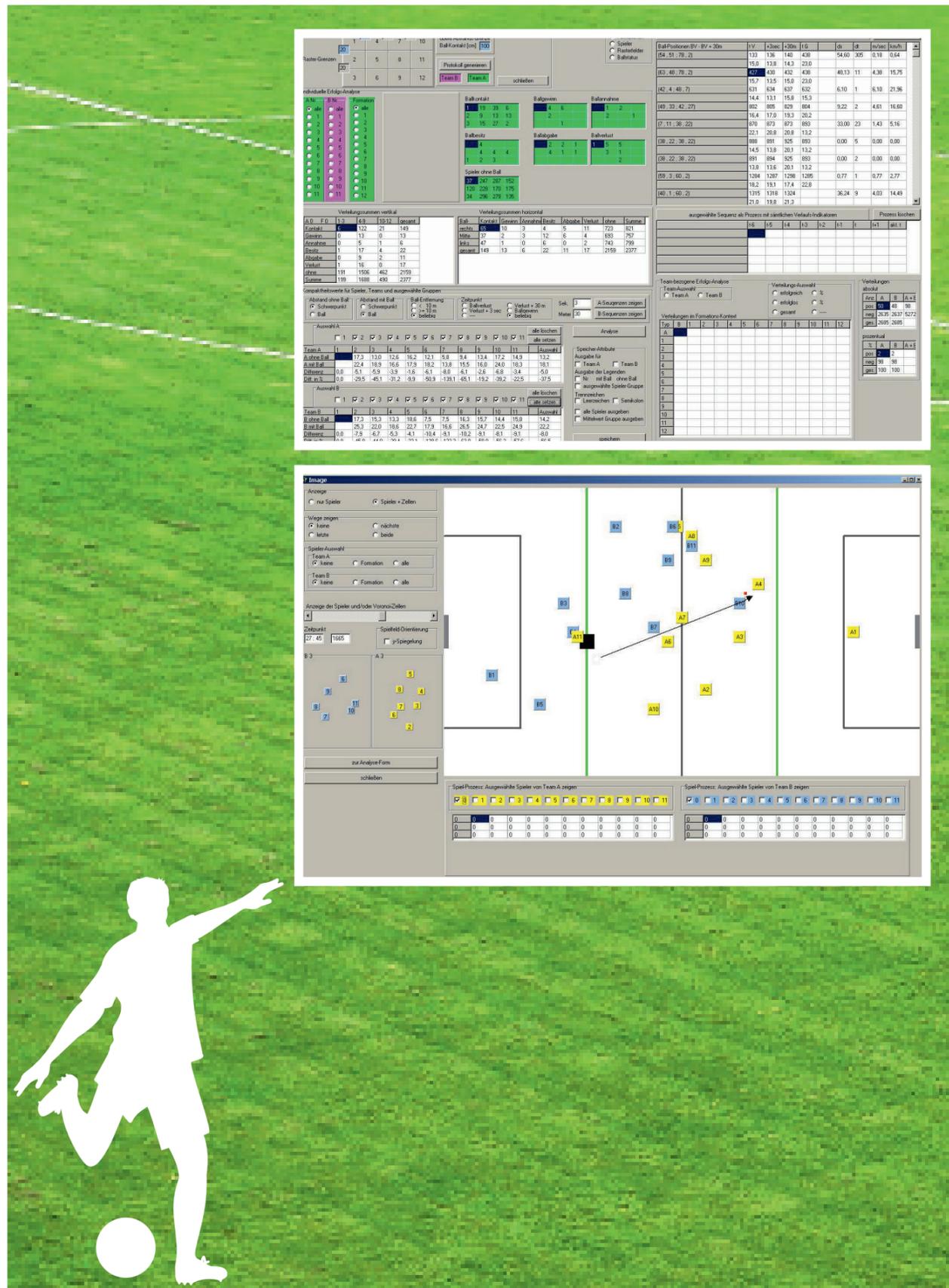


Abb. 3 (oben)  
Eine Benutzeroberfläche der Spielanalyse-Software SOCCER.

Abb. 4 (unten)  
Pass von Spieler A4 zu A11 (gelb), dabei werden 6 Gegenspieler überspielt (blau).

Überspielte Gegenspieler

Dieser Indikator hat sich als besonders hilfreich herausgestellt, um die Passeffektivität einer Mannschaft zu beurteilen. Mit dem Tool SOCCER wird gemessen (vgl. Abbildung 3), wie viele Gegenspieler einen ballführenden Spieler noch verteidigen können – sowohl bevor, als auch nachdem dieser einen Pass spielt. Die beiden Werte geben bereits Aufschluss darüber, wie viele Spieler eine Mannschaft beim Verteidigen hinter den Ball stellt, aber noch interessanter ist die Differenz: Sie zeigt an, wie viele Gegenspieler ein Pass letztlich überspielt und so aus dem Spiel nimmt (vgl. Abbildung 4). Der Indikator erweist sich als probates Mittel zur Beurteilung von Vertikalpässen und lässt sich beliebig verfeinern. Eine Erweiterung zur spielerindividuellen Leistungsdiagnostik – der sogenannte Druckeffizienz-Wert – bewertet zum Beispiel neben den überspielten Gegenspieler zusätzlich den Druck, welchen die Gegenspieler auf Passgeber und -nehmer zum Zeitpunkt der Abgabe und Annahme ausüben.

Raumkontrolle

Mit Hilfe sogenannter Voronoi Diagramme lässt sich der vielbenutzte Begriff „Raum“ auf dem Fußballfeld effektiv in Zahlen fassen. Die geometrische Zerlegung ordnet jedem der 22 Akteure den Raum auf dem Spielfeld zu, welchen er vor allen anderen Spielern erreichen kann und in diesem Sinne kontrolliert (Abbildungen 5 und 6). Für eine ganze Mannschaft ergibt sich in der Summe ein Prozentwert, welcher besonders in einer definierten Angriffszone vor dem gegnerischen Tor, sowie im gegnerischen Strafraum aussagekräftig ist. Neben absoluten Werten ist außerdem von Interesse, wie sich Kontrollanteile mit dem eigenen Passspiel verschieben: Wie groß ist der Raumgewinn im Spielaufbau oder bei Schnittstellenpässen vor dem gegnerischen Tor?

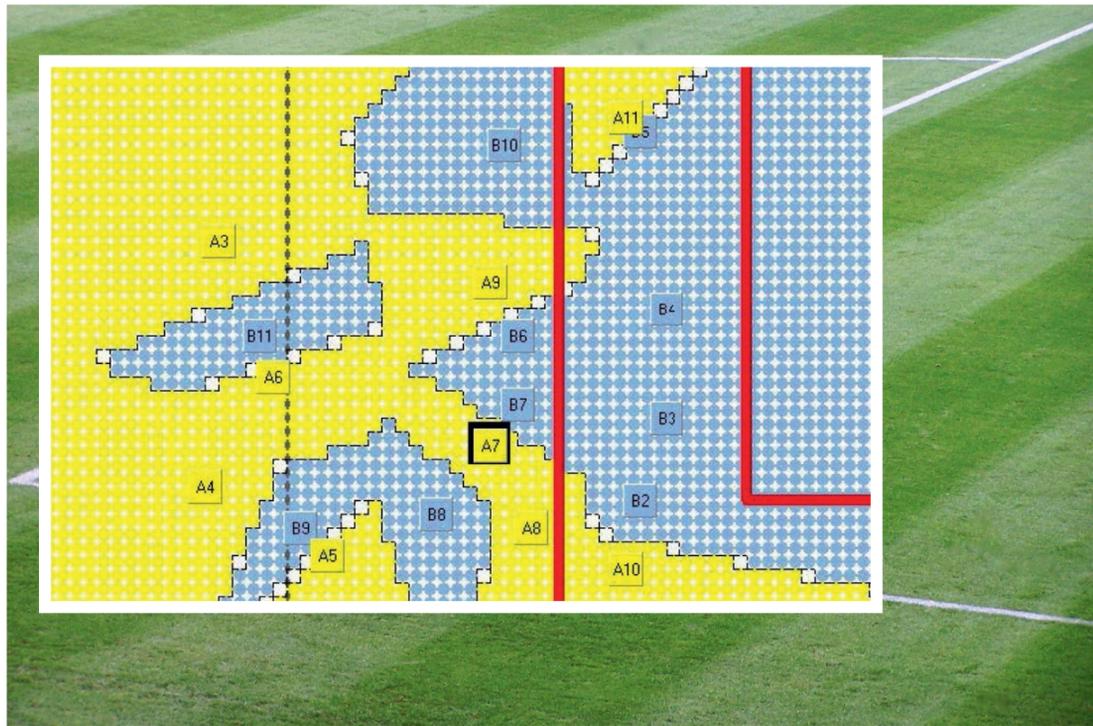
Pressing

Ein weiterer, am Kölner Institut entwickelter KPI, befasst sich mit dem Umschaltverhalten einer Mannschaft. Um dieser Frage nachzugehen misst ein Pressingfaktor, wie schnell die Spieler einer Mannschaft den Gegner nach eigenem Ballverlust anlaufen. Dabei wird zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Prozess der Ballwiedergewinnung gemessen, sowie zwischen ballnahen und ballfernen Spielern unterschieden. Auf diese Weise kann nicht nur die Erfolgsquote im Pressing beziffert werden, sondern auch die Aggressivität, mit welcher eine Mannschaft nach Ballverlust umschaltet.

Abb. 5 Szene aus der Partie Bremen gegen Köln.



## Zweidimensionale Visualisierung einer Spielszene



**Abb. 6**

Zweidimensionale Visualisierung der Spielszene aus Abbildung 5 mit zusätzlicher Raumkontrolle der Spieler.

### Ergebnisse

In der vorgestellten Feldstudie mit explorativem Charakter konnten beachtliche Ergebnisse geliefert werden. Unter anderem die Auswertung der überspielten Gegenspieler zeigte sich als besonders relevant. Zieht man den Vergleich zwischen siegreichen und unterlegenen Mannschaften, zeigt sich, dass die als Gewinner vom Platz gehende Mannschaft in den 90 Minuten zuvor mehr Gegenspieler im Spielaufbau überspielt. Zudem stehen ihnen im Vergleich zu den Verlierern bei Ballbesitz durchschnittlich weniger Gegenspielern gegenüber – sogar bei Vertikalpässen im Offensivbereich. Dennoch betreiben die unterlegenen Mannschaften mehr Aufwand im Umschaltspiel, was sich durch höhere Pressingwerte bemerkbar macht.

Bei deutlichen Siegen, also Spiele, welche mit einem Abstand von mindestens zwei Toren entschieden wurden, ist der Raumkontroll-Indikator der vorherrschende Unterschied zwischen der mehr und weniger erfolgreichen Mannschaft. Die siegreichen Teams überzeugen mit deutlich höheren Kontrollanteilen sowie Raumgewinnen im eigenen Spielaufbau und überspielen hier auch durchschnittlich mehr Gegenspieler. Auch im Angriff zeichnen sie die hohen Raumgewinne vor dem gegnerischen Tor aus.

Über den Verlauf der gesamten Saison wurden außerdem die Mannschaften des oberen und unteren Tabellendrittel (gemäß Abschlusstabelle) miteinander verglichen. Und auch hier zeigte sich die Raumkontrolle als großer Unterschied zwischen Top-Clubs und Abstiegskandidaten. Egal ob Spielaufbau oder Angriffsspiel: In fast allen Bereichen zeigte sich ein signifikanter Unterschied der Raumdominanz in den kritischen Zonen des Spielfelds – zugunsten der Teams aus dem oberen Drittel.

### Fazit

Neben den spannenden Einblicken in die taktischen Komponenten des modernen Fußballs lieferte die Studie auch aufschlussreiche Erkenntnisse hinsichtlich der Wirksamkeit fortgeschrittener KPI. Die Ergebnisse zeigen eindeutig, wie die Spielanalyse unter Verwendung dieser neuen Methoden mehr als nur eine neue Perspektive hinzugewinnt. Die Tiefe der Ergebnisse geht deutlich über die der herkömmlichen statistischen Analysen hinaus, obwohl das gesamte Potential der Positionsdaten bei weitem noch nicht ausgeschöpft ist.

Und dennoch bilden die Daten bereits heute eine wertvolle neue Komponente im Repertoire der Analysten. Denn von den Erkenntnissen profitieren neben der Bewegungs- und Trainingswissenschaft auch die sportwissenschaftliche Praxis. Vereinen ermöglichen die neuen Methoden Spielerverhalten noch genauer zu analysieren, Trainingsprozesse zu steuern und Transferentscheidungen zu verbessern. Auch die öffentliche Wahrnehmung des Sportspiels wird durch die Erkenntnisse beeinflusst, z.B. als Basis für neue Produkte in der Berichterstattung der Medienanstalten. Zudem dienen die Ergebnisse als Unterstützung der Arbeit von Profikadern der Bundesliga, der Nachwuchsförderung in Nachwuchsleistungszentren und der Trainerausbildung.

*Literatur bei den Autoren*

**Anzeige 2**  
**Dr. Kaske GmbH & Co. KG, 210**  
**mm x 148 mm, angeschnitten,**  
**Farbe 4c, Platzierung: weit vor-**  
**ne**



**Univ.-Prof. Dr. Daniel Memmert,** ist Institutsleiter und Professor am Institut für Kognitionen und Sportspielforschung an der Deutschen Sporthochschule Köln. Seine wissenschaftlichen Arbeitsschwerpunkte liegen in der Bewegungswissenschaft (Kognition und Motorik), in der Sportpsychologie (Aufmerksamkeit und Motivation), sowie in der Sportinformatik (Mustererkennung und Simulation). Seit 2012 ist er Herausgeber der Zeitschrift für Sportwissenschaft (verhaltenswissenschaftlicher Bereich)  
» [d.memmert@dshs-koeln.de](mailto:d.memmert@dshs-koeln.de)