



**Universität
Zürich**^{UZH}

Geographisches Institut

Wie können Bewegungsdaten von Fussballern und Fussballerinnen visualisiert werden?

Eine empirische Studie der weitverbreiteten Dichtekarten.

GEO 511 Masterarbeit

Verfasser

Joël Durand

09-746-140

joel@durand.ch

Abgabe am 31.10.2016

Betreut von

Prof. Dr. Sara I. Fabrikant (Fakultätsmitglied)

Geographisches Institut der Universität Zürich

Geographische Informationsvisualisierung und Analyse (GIVA)

Zusammenfassung

Die systematische Datenanalyse hat längst in der Sportanalyse Einzug gehalten. Besonders wenn es um die Analyse von raumbezogenen Daten geht, werden dazu geographische Konzepte angewandt. Ein Beispiel dafür ist die Visualisierung der Bewegungsdaten eines Spielers oder einer Spielerin anhand einer Dichteberechnung. Solche Dichtekarten (umgangssprachlich auch *Heatmaps* genannt) sind sowohl in der Fussballanalyse als auch in der Medienberichterstattung allgegenwärtig. Sie stellen das Bewegungsprofil eines Spielers, in Funktion seiner Aufenthaltszeit auf dem Spielfeld, dar. In der vorliegenden Arbeit werden mit Hilfe von Literaturrecherchen, drei Experteninterviews und einer empirischen Evaluation von Dichtekarten mit 39 Testpersonen die Stärken und Schwächen solcher Dichtekarten für die Beantwortung von Fußball spezifischen Fragestellungen ausgearbeitet.

Für die Evaluation der in dieser Abhandlung zu testenden Dichtekarten wurden Kartentyp1 (Suchradius = 1 Meter) und Kartentyp2 (Suchradius = 3 Meter) erstellt. Der Einfluss der Veränderung des Suchradius auf die drei abhängigen Variablen Effektivität (Antwortgenauigkeit), Effizienz (Antwortdauer) und Zufriedenheit wurde anhand einer Nutzerstudie empirisch getestet. Für die Effektivität und die Effizienz konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Kartentypen festgestellt werden. Es wurde jedoch eine klare Präferenz der Teilnehmenden zu Kartentyp1 (kleinerer Suchradius) ergründet. Dieser Kontrast zwischen Leistung und Präferenz deckt sich teilweise mit Erkenntnissen aus anderen Forschungsrichtungen (zum Beispiel 2D-3D), kann im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht vollumfänglich erklärt werden. Es wurde zudem gezeigt, dass Dichtekarten, sofern mit einer Legende und einem Hinweis zur Spielrichtung ausgestattet, für den Nutzer gut lesbar sind. Einen messbaren Mehrwert in der Analyse können Dichtekarten jedoch nicht liefern. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit eine Reihe von Verbesserungsvorschlägen an zukünftigen Visualisierungen erarbeitet und dadurch die Forschung in der geovisuellen Analytik sowie der Sportanalytik weiter angeregt.

Schlagwörter: Geovisualisierung, Sportanalytik, Fussball, Dichtekarte, KDE, Nutzerstudie, Effektivität, Effizienz, Zufriedenheit.

Dank

Für das Gelingen dieser Arbeit möchte ich mich besonders bei einigen Personen für ihre Unterstützung herzlich bedanken. Ich danke speziell Prof. Dr. Sara Irina Fabrikant für ihre kompetente Betreuung und Unterstützung während allen Phasen dieser Masterarbeit. Ebenfalls will ich mich bei Patrick Haas und der gesamten Firma Tracktics bedanken. Ohne Euch wäre eine solche Studie nicht zu realisieren gewesen.

Den drei Experten, die ich anfangs interviewen durfte, gebührt ein herzliches Dankeschön für ihre Zeit und Engagement. Ihre Inputs finden sich in der gesamten Abhandlung wieder. Den zahlreichen Teilnehmenden der Nutzerstudie bin ich zudem von Herzen dankbar für ihren Einsatz.

Des Weiteren möchte ich mich persönlich bei Michael Fehlmann, Luca Scherrer und Noah Zeltner für die konstruktiven Gespräche und das Korrekturlesen bedanken.

Im Speziellen möchte ich mich bei meiner Familie Eric, Ursula, Pascal und Nicolas und meiner Freundin Sarah bedanken, die mich während meines gesamten Studiums und auch während der Masterarbeit stets auf grossartige Art und Weise unterstützt haben. Vielen herzlichen Dank!

Zürich den 31.10.2016

Joël Durand

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	i
Dank	ii
Abbildungsverzeichnis	v
Diagramverzeichnis	vii
Tabellenverzeichnis	viii
1 Einleitung.....	1
1.1 Motivation.....	1
1.2 Ziel der Arbeit und Forschungsfragen	3
1.3 Aufbau der Arbeit.....	5
2 Grundlagen	7
2.1 Informationsvisualisierung.....	7
2.2 Geographische Informationsvisualisierung	8
2.3 Übersicht der visuellen Formen	9
2.4 Graphische Semiologie	11
2.5 Farbgebung	11
2.6 Arten von Visualisierungen für Bewegungsdaten.....	13
2.7 Visualisierungen von Bewegungsdaten in der Sportanalytik.....	17
2.8 Zusammenfassung Grundlagen.....	22
3 Experteninterviews	24
3.1 Experten.....	24
3.2 Aufbau und Fragestellungen der Experteninterviews	25
3.3 Erkenntnisse aus Interviews	26
4 Methodik Erstellung von Dichtekarten.....	27
4.1 Skalen der Bewegung eines Fussballers oder Fussballerin.....	27
4.2 Datenbereinigung	29
4.3 Dichteberechnung.....	32
4.4 Datenvisualisierung	36
4.5 Diskussion Methodik.....	42

5	Aufbau der Nutzerstudie zur Evaluation der Dichtekarten	44
5.1	Charakterisierung der Nutzerstudie	44
5.2	Die unabhängige Variable	47
5.3	Die abhängige Variable	47
5.4	Forschungsfragen und Hypothesen	48
5.5	Stimuli der Studie	50
5.6	Teilnehmende der Studie	51
5.7	Durchführung der Studie	52
5.8	Aufgabestellung der Studie	53
5.9	Verallgemeinerung der Resultate	54
5.10	Limitierung der Studie	55
6	Resultate der Nutzerstudie	56
6.1	Beteiligung an der Nutzerstudie	57
6.2	Effektivität der Teilnehmenden	57
6.3	Effizienz der Teilnehmenden	66
6.4	Zufriedenheit der Teilnehmenden	68
6.5	Antwortsicherheit der Teilnehmenden	75
7	Diskussion der Nutzerstudie	77
7.1	Diskussion der Effektivität	77
7.2	Diskussion der Effizienz	81
7.3	Diskussion der Zufriedenheit	82
7.4	Beantwortung Forschungsfrage ii.	84
8	Schlussfolgerung und Ausblick	86
8.1	Beantwortung Forschungsfragen i. und iii.	86
8.2	Ausblick	89
9	Literatur	90
10	Anhang	95
10.1	Experteninterviews	95
10.2	Nutzerstudie	106
10.3	Weitere Illustrationen	114
10.4	SPSS Outputs	115
	Eigenständigkeitserklärung	123

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Beschreibung der Kartografie als Prozess der Informationskommunikation.	9
Abbildung 2: Das <i>Swoopy Diagram</i> ursprünglich von DiBiase (1990) neu interpretiert und gezeichnet von Roth (2013) (links)	10
Abbildung 3: Kartographischer Würfel. Visuelles Denken und explorative Datenanalyse am besten durch hohen Grad an Interaktivität. Bearbeitet von Roth (2013) ursprünglich aus MacEachren (1995) (rechts)	10
Abbildung 4: Die sieben visuellen Variablen von Bertin (1983).	11
Abbildung 5: Darstellungen von Trajektorien. GPS-Daten eines Autos aus G. Andrienko et al. (2013) (links).	14
Abbildung 6: Bewegungsprofil eines Fussballers (eigene Darstellung) (rechts)..	14
Abbildung 7: Bewegungslinien (lifelines) von Personen in Portland mit der Zeit in der dritten Dimension	15
Abbildung 8: Kerndichteschätzung die die individuellen Kerne der Bandbreite 0.2 (links) und 0.8 (rechts) sowie deren Summe aufzeigt. Aus Silverman (1986).....	16
Abbildung 9: Farbkodierte Matrix von Loua (1873) um die 40 Pariser Bezirke anhand ihrer Charakteristiken zu visualisieren. (links)	20
Abbildung 10: Eine Cluster Heatmap aus (Wilkinson & Friendly, 2009) (rechts)	20
Abbildung 11: Autodiebstähle visualisiert anhand einer KDE mit Suchradius von 220 Metern aus Eck et al. (2005).	20
Abbildung 12: Dichtekarte eines Fussballspielers erstellt von Tracktics.	20
Abbildung 13: Thermogramm in der Medizin von Homepage der Seegartenklinik (links).....	21
Abbildung 14: Thermogramm in der Bautechnik von Hausinfo.ch (rechts).....	21
Abbildung 15: Tagesanzeiger Bjarnason Island gegen Österreich (Zugriff am 28.06.2016) (links)	22
Abbildung 16: Screenshot der ARD Übertragung vom 27.06.2016 von Bjarnason im Spiel Island gegen Österreich (Zugriff am 28.06.2016) (rechts)	22
Abbildung 17: Originaldatensatz eines offensiven Mittelfeldspielers in der zweiten Halbzeit im Spiel Red Star-Aarau (links)	31

Abbildung 18: Zeitlich ausgedünnter Datensatz eines offensiven Mittelfeldspielers in der zweiten Halbzeit im Spiel Red Star-Aarau (rechts)	31
Abbildung 19: Originaldatensatz [200 Punkte pro Sekunde] (links), zeitlich auf 0.1s [10 Punkte pro Sekunde] (Mitte) und räumlich [minimal Distanz von 0.05m pro Sekunde] (rechts) generalisiert. Der Bildausschnitt entspricht rund 3x3 Meter	32
Abbildung 20: 3D Darstellung einer biquadratischen Kernform aus (Seaman & Powell, 1996).	34
Abbildung 21: Vergleich des Einflusses der räumlichen Auflösung (horizontale Achse) und des Generalisierungsgrades als Grösse des Suchradius (vertikalen Achse) auf die Kerndichteschätzung eines Beispieldatensatzes eines Fussballers (eigene Darstellung).	36
Abbildung 22: Rasterhistogramm der Dichtekarten Kartentyp1 (links) und Kartentyp2 (rechts)	38
Abbildung 23: Mit Color Oracle auf Deuteranopia getestete YlOrRd Farbskala. 40	
Abbildung 24: Dichtekarte eines Mittelstürmers als Kartentyp1 mit Suchradius = 1	43
Abbildung 25: Dichtekarte eines Mittelstürmers als Kartentyp2 mit Suchradius = 3 und den Markierungen A,B und C für die Beantwortung der Verständnisfragen.	43
Abbildung 26: Aufbau der within-subject Nutzerstudie	46
Abbildung 27: Aufgabenstellung des Fragetyps Analyse (Frage 18) von Kartentyp1	54
Abbildung 28: Kartentyp1 (links) und Kartentyp2 (rechts) für die Effektivitätsfrage 8.....	79
Abbildung 29: Überbewertete langsame (Punktdateen sehr nahe beieinander) und unterbewertete schnelle Läufe (Punktdateen weit auseinander) eines Spielers aus Spiel FC Red Star gegen FC Grenchen am 12.03.2016, Kerndichteschätzer mit Suchradius = 1	88

Diagramverzeichnis

Diagramm 1: Prozentualer Anteil korrekt beantworteter Fragen nach Kartentyp mit Standardabweichung (n=39)	59
Diagramm 2: Prozentualer Anteil korrekt beantworteter Fragen pro Kartentyp und Fragetyp mit entsprechender Standardabweichung (n=39)	61
Diagramm 3: Antwortgenauigkeit aufgeteilt pro Fragetyp und nach Häufigkeit skaliert (n=39).....	62
Diagramm 4: Antwortgenauigkeit der einzelnen Effektivitätsfragen nach Kartentyp (n=39)	63
Diagramm 5: Antwortverteilung auf die Frage «Welcher Spieler hat mehr Distanz zurückgelegt?» (n=39)	65
Diagramm 6: Mittlere Antwortzeit pro Effektivitätsfrage in Sekunden pro Kartentyp mit entsprechender Standardabweichung (n=39)	67
Diagramm 7: Mittlere Antwortzeit in Sekunden pro Kartentyp aufgeteilt in die beiden Fragetypen Verständnis und Analyse mit entsprechender Standardabweichung (n=39)	68
Diagramm 8: Prozentuale Bewertungsverteilung der Zufriedenheit auf den ersten Blick (n=39)	69
Diagramm 9: Prozentuale Bewertungsverteilung der Abschlussfrage welche der beiden Kartentypen besser gefällt (n=39)	70
Diagramm 10: Prozentuale Bewertungsverteilung der Zufriedenheit im Gebrauch für Kartentyp1 (n=39)	71
Diagramm 11: Prozentuale Bewertungsverteilung der Zufriedenheit im Gebrauch für Kartentyp2 (n=39).	71
Diagramm 12: Prozentuale Bewertungsverteilung der Zufriedenheit als Nutzungszweck für Kartentyp1 (n=39)	72
Diagramm 13: Prozentuale Bewertungsverteilung der Zufriedenheit als Nutzungszweck für Kartentyp2 (n=39)	72
Diagramm 14: Vertrauen der Teilnehmenden in ihre Antworten zu zwei Analysefragen	76

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auswahl von bekannten Visualisierungsarten für Bewegungsdaten..	13
Tabelle 2: Übersicht Ausdünnung des Datensatzes eines offensiven Mittelfeldspielers in der zweiten Halbzeit Red Star-Aarau.....	30
Tabelle 3: Experimentelle Stimuli von Kartentyp1	51
Tabelle 4: Antwortgenauigkeit global (n=39)	57
Tabelle 5: Effektivität aufgeteilt in Verständnis- und Analysefragen (n=39) mit Standardabweichung.....	60
Tabelle 6: Effizienz aufgeteilt in Verständnis- und Analysefragen mit Standardabweichung (n=39)	66
Tabelle 7: Mittelwerte der Zufriedenheitsbewertung der von sieben Zufriedenheitsfragen Zu_2 bis Zu_8	74

1 Einleitung

Visualisierungen sind ein oft verwendetes Mittel, um aus rohen Daten eine Veranschaulichung zu generieren, die dem Nutzer eine zusätzliche Information vermittelt. Der Hauptbeitrag von geographischen Informationsvisualisierungen ist dabei, anhand von verschiedenen Kombinationen von Raum-Zeit Daten das Unsichtbare sichtbar zu machen, um daraus neue Muster abzuleiten (Dodge et al., 2008). Dank den technologischen Errungenschaften, wie die der Fernerkundung, der GPS-Technologie und der Miniaturisierung ist es möglich, immer mehr Daten zu erfassen, zu speichern und zu visualisieren. Ein Beispiel solcher Raum-Zeit Daten stellen Bewegungsdaten von Fussballern und Fussballerinnen dar. Für diese gilt es geeignete Visualisierungsarten zu erforschen.

Doch wie kann der Sport Fussball überhaupt charakterisiert werden? Fussball, das Spiel in dem sich 22 Spieler mit unterschiedlichsten Fähigkeiten, aufgeteilt in zwei Mannschaften, während 90 Minuten auf einem Fussballplatz um einen Ball streiten und versuchen mehr Tore zu schießen als das Gegenüber. Oder geographisch-analytischer formuliert: Fussball ein Spiel, bei dem 22 bewegte Objekte mit dutzenden Attributen, aufgeteilt in zwei gleich grosse Gruppen, in einer räumlich und zeitlich begrenzten Umgebung, möglichst mehr Intersektionen des 23. Objekts mit der Torlinie zu erreichen versuchen als die andere Gruppe. Diese Beschreibung zeigt schön auf, wie dieser Sport in raumzeitliche Elemente unterteilt werden kann und deshalb als *spatio-temporal framework* (Kotzbek & Kainz, 2014) beschrieben wird.

1.1 Motivation

Im Fussball sind die Regeln seit Jahrzehnten mehr oder weniger gleichgeblieben. Um den Fussball herum hat sich jedoch in den letzten Jahren vieles verändert. Das wöchentliche Millionenpublikum und die entsprechende Vergabe von TV-

Rechten in Millionenhöhe sind nur einige Beispiel, die zeigen welche Dimension der Fussball neben dem Spiel angenommen hat. Dies macht es umso interessanter für Trainer, Spieler, Analysten und Investoren das Spiel auf dem Platz so genau wie möglich zu analysieren, um möglichst erfolgreich zu sein. Trainer und Analysten verlangen nach mehr Werkzeugen, um bessere Entscheidungen zu treffen und somit ihre Mannschaften zum Erfolg zu bringen.

Forschende aus verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen wie Sport, Medizin, Soziologie, Psychologie und Ökonomie beschäftigen sich immer mehr mit spezifischen Analysen von Fussball aus ihrem jeweiligen Forschungsblickwinkel (Kotzbek & Kainz, 2014; Schäfer & Roose, 2008). Während die Forschenden der eben genannten Forschungsfelder in erster Linie an der statistischen Auswertung von einerseits den physischen Leistungsdaten der Fussballer und Fussballerinnen und andererseits der Anhäufung von Ereignissen in einem Spiel interessiert sind, untersucht der Geographe die raumzeitlichen Prozesse eines Fussballspiels.

Dabei stehen die Bewegungsdaten der Spieler im Mittelpunkt. Um diese erfassen zu können, müssen die Spielerbewegungen auf dem Spielfeld systematisch aufgezeichnet werden. Neben teuren videobasierten Trackingmethoden (Bialkowski et al., 2014) in grossen Stadien, können seit kurzem kleine Trackinggeräte von den Spielern getragen werden und so die läuferische Leistung, wie auch die Position des Spielers auf dem Feld über die komplette Spielzeit verfolgt werden. Eine solche Lösung wird von der Firma *Tracktics*¹ angeboten, die für diese Arbeit die Grundlegendaten zur Verfügung stellt. Tracktics verfolgt das Ziel, es jeder Mannschaft und jedem Spieler zu ermöglichen ihre Leistung zu messen, zu analysieren und zu verbessern. Dazu haben sie ein Trackinggerät und eine Analyseplattform entwickelt, welche Informationen wie die absolvierte Distanz, die Anzahl Sprints und Dichtekarten der Bewegungen beinhaltet. Diese objektiven Leistungsdaten sollen für Mannschaften aller Niveaus verfügbar gemacht werden. Durch den Kontakt mit

¹ Tracktics ist Teil des *ESA Incubation Program* und der *European Pioneers Accelerator*. Zudem haben sie den Titel *Swiss Startup of the Year* im Jahr 2015 gewonnen und ihr Ziel ist es im Jahr 2018 das meist genutzte Fussball-Analyse Tool zu sein. (www.tracktics.com)

der Firma Tracktics konnte der Autor Zugang zu genau so einem preiswerten und dennoch präzisen Messsystem erlangen. Die aufgenommenen Daten erlauben die Erstellung von zweidimensionalen (2D) Karten. Aus dieser Zusammenarbeit mit der Firma Tracktics resultierte die folgende Hauptmotivation dieser Arbeit. Wie gut und welche Art von Dichtekarten eignen sich für die Fussballanalyse? Die daraus gewonnenen Erkenntnisse liefern einen Forschungsbeitrag spezifisch auf die Bedürfnisse vom Fussball. Diese können jedoch auch auf weitere Forschungsfelder übertragen werden.

1.2 Ziel der Arbeit und Forschungsfragen

In der Sportanalytik für die Analyse von Bewegungsdaten oft Dichtekarten verwendet, welche jedoch bis anhin kaum empirisch erforscht worden sind. Diese Dichtekarten zeigen auf, wo sich ein Spieler am meisten auf dem Spielfeld aufgehalten hat. Die X-Achse repräsentiert dabei die Längsseite und die Y-Achse die Breitseite des Spielfeldes. Dichtekarten sind in der Sportanalytik sehr populär, folgen jedoch selten kartographisch etablierten Regeln (z.B. ungeeignete Farbskalen, keine Legende). Zudem ist von den Sport-Webplattformen wie Scisports², Squawka³ oder Fieldwiz⁴ veröffentlichten Dichtekarten die darunterliegende Dichteberechnungsmethode nicht nachvollziehbar.

Da die Methoden zur Berechnung und verwendeten Farbskalen solcher Dichtekarten stark variieren, haben die Endprodukte oft sehr unterschiedliche Erscheinungsbilder. Eine empirische Evaluation solcher Dichtekarten ist daher notwendig, um herauszufinden, welche Dichteberechnungsparameter sich für die Fussballanalyse eignen. Diese oben erwähnte Lücke soll diese Arbeit anhand der Beantwortung der folgenden drei Forschungsfragen füllen.

- i. Welche Stärken und Schwächen haben Dichtekarten für die visuelle Analytik von Bewegungsdaten? Wozu und wie werden Dichtekarten spezifisch im Fussball für die Spielanalyse eingesetzt?

² <http://www.scisports.com/news/2016/heat-map>

³ <http://www.squawka.com/news/the-squawka-team-of-the-year/8190/yaya-toure-heat-map-vs-west-ham>

⁴ <http://www.11freunde.de/artikel/selbstversuch-datentracking-im-freizeitfussball/-page/1>

- ii. Wie sollen Bewegungsdaten in Dichtekarten graphisch dargestellt werden? Welcher Suchradius des Kerndichteschätzers in der Dichteberechnung eignet sich am besten für die einzelnen Fragestellungen der Analysten im Fussball?
- iii. Welche alternativen Darstellungsmethoden können Dichtekarten für die Beantwortung fussballspezifischer Fragestellungen durch Trainer und Analysten ersetzen?

Die Forschungsfragen i. und iii. werden mit Hilfe vorhandener Literatur und mittels dreier Experteninterviews beantwortet. Für die Forschungsfrage ii. wird eine Nutzerstudie der oft verwendeten, aber bislang nicht empirisch getesteten, Dichtekarten durchgeführt. Das Ziel dieser Nutzerstudie ist es herauszufinden, welche Parametereinstellungen der Dichteberechnung für die Analyse von kleinräumigen Bewegungsdaten am geeignetsten sind. Für dieses Ziel wird eine Dichtekarte von Fussballbewegungsdaten entwickelt, die einerseits benutzerfreundlich ist und des weiteren dem Betrachter einen Mehrwert bei der Analyse eines Spieles bringt. Zudem muss die Karte einen transparenten Entstehungsprozess durchlaufen.

In der vorliegenden Arbeit wurden zwei Kartentypen erstellt (siehe Abbildung 24 und Abbildung 25 in Kapitel 4.5). Für die Evaluation der beiden Kartentypen gelten für die abhängigen Variablen folgende Hypothesen. Sie wurden im Vorfeld der Studie aufgestellt.

- **Effektivität:**
Kartentyp1 mit geringerem Generalisierungsgrad ist geeigneter für die Beantwortung von fussballspezifischen Fragestellungen.
- **Effizienz:**
Kartentyp1 mit geringerem Generalisierungsgrad benötigt mehr Antwortzeit für die Beantwortung von fussballspezifischen Fragestellungen.
- **Zufriedenheit:**
Kartentyp1 mit geringem Generalisierungsgrad schliesst in der Zufriedenheit insgesamt besser ab.

Die Erkenntnisse dieser empirischen Evaluation zweier unterschiedlicher Arten von Dichtekarten können möglicherweise für weitere Felder der GIScience und der Geographie allgemein, welche mit Raum-Zeit Daten operieren, interessant sein.

Diese Arbeit zeigt ferner auf, wie geographische Konzepte und die visuelle Analytik in neuen und schnell wachsenden Forschungsfeldern, wie zum Beispiel der Sportanalytik, herangezogen und angewandt werden.

1.3 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit ist in acht Hauptkapitel gegliedert und widerspiegelt den zeitlich wie auch inhaltlich darunterliegenden Arbeitsprozess des Autors. Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage werden in Kapitel 2 die theoretischen Grundlagen der Visualisierungen in der Geographie und in der Sportanalytik vorgestellt. Dabei zeigt sich, dass geographische Konzepte in der neuen und schnell wachsenden Forschungsrichtung der Sportanalytik oft angewandt werden (Kotzbek & Kainz, 2014).

Diese theoretischen Grundlagen kombiniert mit den Erkenntnissen aus Interviews (Kapitel 3) mit drei Fussballexperten erlauben in Kapitel 8 die Beantwortung der Forschungsfragen i. und iii. Die gewonnenen Einsichten dienen zudem als Grundlage für die Erstellung der zu testenden Dichtekarten. Die Methodik der Erstellung und die verschiedenen Entscheidungen im Entstehungsprozess der Dichtekarte werden im Kapitel 4 aufgeführt. Dabei wird grossen Wert daraufgelegt, dass die Anregungen der Experten bei der Datenbereinigung sowie bei der Datenvisualisierung umgesetzt werden.

Zur Beantwortung der Forschungsfrage ii. werden die erstellten Dichtekarten anhand einer empirischen Nutzerstudie evaluiert. Die Beschreibung der Nutzerstudie in Kapitel 5. Dabei werden die Dichtekarten mit 39 Personen in einer Onlineumfrage miteinander verglichen und gegeneinander getestet. Die Effektivität und die Effizienz der Dichtekarten werden untersucht und die Nutzer nach ihrer Zufriedenheit bei der Nutzung der Dichtekarten befragt. Die Auswertung der Nutzerstudie (Kapitel 6) zeigt auf, welche Art von Dichtekarten besser für die Analyse von fussballspezifischen Fragestellungen geeignet ist. Die

anschliessende Diskussion (Kapitel 7) erlaubt es, die Resultate zu kommentieren und miteinander zu verknüpfen.

Aus den Experteninterviews und der Nutzerstudie, sowie aus der intensiven persönlichen Auseinandersetzung mit Bewegungsdaten resultieren sowohl Antworten zu den Stärken und Schwächen von Dichtekarten in der Sportanalyse (Forschungsfrage i.) und Verbesserungsvorschläge für zukünftige Visualisierungen in der Fussballanalytik (Forschungsfrage iii.). Diese beiden Aspekte werden im achten Kapitel Schlussfolgerung und Ausblick abgehandelt.

2 Grundlagen

Dieses Kapitel ist in acht Paragraphen unterteilt. In den ersten fünf Abschnitten werden die wichtigsten Punkte zur Theorie der geographischen Informationsvisualisierung erläutert. Anschliessend werden einige mögliche Arten von Raum-Zeit Visualisierungen gezeigt, die sich für kleinräumige Daten, wie die der Fussballbewegungsdaten, eignen. Danach folgt ein Abriss des Forschungsstandes der Visualisierungen in der Sportanalytik. Die abschliessende Zusammenfassung der Grundlagen zeigt auf, dass in der Fussballanalytik häufig 2D-Dichtekarten verwendet werden und bildet somit den Übergang zum Kapitel Methodik, in welchem beschrieben wird, wie diese Dichtekarten für die vorliegende Arbeit erstellt werden.

2.1 Informationsvisualisierung

Als Ziele der Visualisierung definieren Schumann & Müller (2013) die Analyse, das Verständnis und die Kommunikation von Konzepten, Modellen und Daten. Die Visualisierung dient dabei als geeignetes Hilfsmittel für den Nutzer um Daten nicht nur anzuschauen, sondern diese effektiv zu verstehen und allenfalls auch zu bewerten.

Visualisierungen können auf drei verschiedenen Stufen der Analyse angewandt werden: auf der Stufe der explorativen Analyse, der konfirmativen Analyse sowie der Präsentation (Schumann & Müller, 2013). Die explorative Analyse zeichnet sich dadurch aus, dass sie im Vorfeld über keine Hypothesen zu den zu untersuchenden Daten verfügt. Man versucht anhand der Visualisierung neue Muster und Erkenntnisse zu generieren. Die Autoren Dodge et al. (2008) sprechen dabei vom sichtbarmachen des Unsichtbaren. Die konfirmative Analyse dient dazu, eine im Voraus gestellte Hypothese über die Daten zu überprüfen. Die letzte Stufe der Visualisierung, die Präsentation der Visualisierung, gilt als

abschliessender Schritt im Analyseprozess und stellt die Information dem Nutzer unmissverständlich dar.

2.2 Geographische Informationsvisualisierung

Geographische Informationsvisualisierungen zeichnen sich vor allem durch die Analyse von Raum-Zeit Daten aus. Sie ist ein Grundpfeiler der von Andrienko et al. (2010) vorgestellten geovisuellen Analytik. Besonders in Anbetracht der immer dynamischeren Welt, in der wir heute leben, und der neuen elektronischen Möglichkeiten wie Miniaturisierung, verlängerter Betriebsdauer der Messgeräte, starke dezentrale Rechenleistungen sowie Interkonnektivität weckt die geovisuelle Analytik die Aufmerksamkeit von vielen Interessensgruppen.

Die Generalisierung und das Hinzufügen einer gewissen Abstraktion zu den ursprünglichen Daten bezeichnen die Autoren Andrienko & Andrienko (2010) als eine der Stärken von Geographischen Informationsvisualisierungen. Obwohl dabei Detailinformationen verloren gehen, können beispielsweise das Aggregieren von mehreren Dateneinheiten zu einer Einzigem zuvor unvorhersehbare Muster hervortreten. Die Datenmanipulation als Prozess der Informationsvisualisierung ist jedoch gleichzeitig mit Vorsicht zu betrachten. Wie Dodge et al. (2008) aufzeigen, unterliegt jeder Entscheidung bei der Erstellung einer Visualisierung eine gewisse Subjektivität. Der Kartenersteller bestimmt mit der Auswahl der räumlichen Skala, der Daten, des Abstraktionsniveaus oder der Farbskala, was schlussendlich in der Visualisierung gezeigt wird und was verborgen bleibt. Die Autoren sprechen dabei von der Visualisierung als Entscheidungsprozess. Je nach dem, welche Botschaft anhand der Visualisierung vermittelt werden soll, kann dies vom Kartenersteller entsprechend bestimmt werden. Diese Subjektivität stellt eine Schwachstelle der Informationsvisualisierung dar und ist in der schematischen Beschreibung von MacEachren (1995) in Abbildung 1 als «Interpretation des Kartographen» zu sehen.



Abbildung 1: Schematische Beschreibung der Kartografie als Prozess der Informationskommunikation.

Die grundlegenden Erkenntnisse in der Geschichte der Geographischen Informationsvisualisierung, welche einen Bezug zu den Visualisierungen von kleinräumigen Bewegungsdaten wie die der Fussballer und Fussballerinnen haben, werden in den folgenden drei Abschnitten aufgeführt.

2.3 Übersicht der visuellen Formen

Es gibt verschiedenste Möglichkeiten visuelle Formen zu klassieren. Für diese Arbeit wird jene von Fabrikant und Çöltekin (2014) verwendet. Sie unterscheiden dabei die folgenden sechs visuellen Formen.

- **Abstraktionslevel:** Wie fest ist die Realität in der Visualisierung abstrahiert?
- **Datentyp:** Sind die Daten diskret oder kontinuierlich?
- **Medientyp:** Handelt es sich bei der Visualisierung um ein Foto, einen Graphen, ein Diagramm, eine Karte, eine Animation oder ein Video?
- **Techologietyp:** Sind die Daten analog oder digital verfügbar?
- **Dimensionen:** Wird die Visualisierung in einer, in zwei oder gar drei Dimensionen dargestellt (1D-nD)?
- **Interaktionslevel:** Ist die Visualisierung statisch oder interaktiv?

Dabei nimmt in der geovisuellen Analytik der Grad der Interaktivität des Nutzers mit der Karte eine zentrale Rolle ein und man spricht in der Forschung deshalb bei hoher Interaktivität von der explorativen Datenanalyse (Roth, 2013).

Die Datenanalyse wird von Tukey (1977) in vier Schritte unterteilt. Es sind dies die *exploration*, *confirmation*, *synthesis* und die *presentation* und somit ähnlich wie die vorgestellten Schritte der allgemeinen Informationsvisualisierung in Unterkapitel 2.1. Dies ist auch in der in Abbildung 2 aufgeführten *Swoopy Diagram* ersichtlich. Es stammt ursprünglich von DiBiase (1990) und wurde von Roth (2013) neu interpretiert. In Abbildung 3 ist der kartographische Würfel von MacEachren (1995), überarbeitet von Roth (2013) zu sehen. Beide Diagramme stellen die vier Schritte zur explorativen Datenanalyse dar, nämlich die blaue Kurve im *Swoopy Diagram* und die Raumdiagonale im kartographischen Würfel.

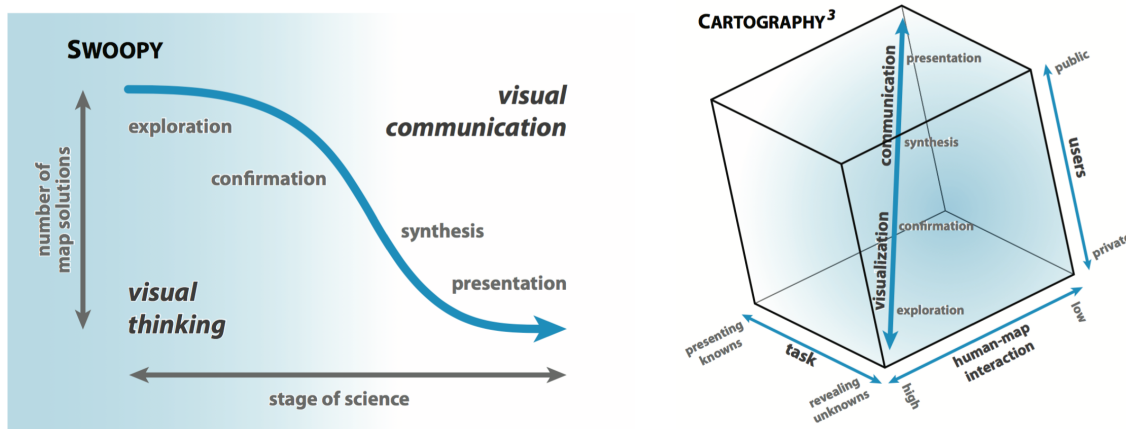


Abbildung 2: Das *Swoopy Diagram* ursprünglich von DiBiase (1990) neu interpretiert und gezeichnet von Roth (2013) (links)

Abbildung 3: Kartographischer Würfel. Visuelles Denken und explorative Datenanalyse am besten durch hohen Grad an Interaktivität. Bearbeitet von Roth (2013) ursprünglich aus MacEachren (1995) (rechts)

Je mehr Interaktion stattfindet, desto mehr bewegt man sich im Würfel in Richtung der unteren vorderen Ecke und findet sich im explorativen Bereich der geovisuellen Analytik wieder. Für die Erstellung statischer Dichtekarten von Fußballern und Fußballerinnen bewegen wir uns jedoch auf einem sehr niedrigen Interaktivitätsniveau. Im kartographischen Würfel würden die statischen 2D-Dichtekarten somit in der oberen Ecke der «Präsentation» zu finden sein. Inwiefern dies auch auf die *task*-Achse zutrifft, wird sich in der Nutzerstudie zeigen. Kann anhand der Dichtekarten Unbekanntes enthüllt werden? Oder präsentieren sie lediglich bekanntes Wissen?

Die visuellen Variablen, die beim letzten Schritt der Präsentation entscheidend sind, werden im folgenden Abschnitt erläutert.

2.4 Graphische Semiologie

Für die Präsentation der Visualisierungen sind nach wie vor die ursprünglich sieben visuellen Variablen von Bertin (1983) ausschlaggebend. Abbildung 4 zeigt die auf Englisch übersetzten und ursprünglich aus dem Jahr 1967 stammenden Variablen. Es handelt sich dabei um die Position, die Grösse, die Form, den Farbwert, den Farbton, die Orientierung und die Textur. Aktuell wird diskutiert inwiefern diese visuellen Variablen, die für die kartographische Lehre ausgerichtet waren, für die heutige oft digitale Informationsvisualisierung noch ihre Gültigkeit haben (Carpendale, 2003). In dieser Arbeit spielen für die Erstellung von Dichtekarten besonders der Farbton, der Farbwert und die Grösse eine entscheidende Rolle.




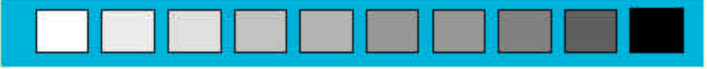
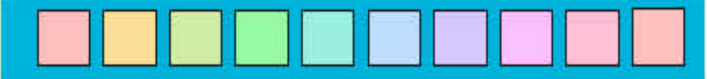


Bertin's Original Visual Variables	
Position changes in the x, y location	
Size change in length, area or repetition	
Shape infinite number of shapes	
Value changes from light to dark	
Colour changes in hue at a given value	
Orientation changes in alignment	
Texture variation in 'grain'	

Abbildung 4: Die sieben visuellen Variablen von Bertin (1983).

2.5 Farbgebung

Das Ziel der Datenvisualisierung ist es anhand verschiedener Techniken aus einer unübersichtlichen Masse an Daten gewisse Muster und Beziehungen

sichtbar zu machen. Besonders bei der Visualisierung von räumlichen Daten ist die Farbgebung wohl die effizienteste Art aus quantitativen Daten Muster hervorzuheben. Eine adäquate Farbwahl verstärkt die Aussagekraft und steigert die Verständlichkeit einer Visualisierung. Eine ungeeignete Farbwahl jedoch kann Muster verstecken oder umgekehrt dem Betrachter falsche Informationen suggerieren. Die heute anhand von vordefinierten Farbpaletten implementierten Hilfsmittel der Farbgebung in den üblichen Computerprogrammen, verleiten die Nutzer vermehrt dazu, nicht mehr über die Farbgebung nachzudenken und eine möglicherweise ungeeignete Farbwahl zu treffen. Die Konsequenz davon ist eine suboptimale Darstellung der darunterliegenden Daten (Simmon, 2013).

Farbgebung spielte bereits in der frühen Kartographie (Bertin, 1983) eine wichtige Rolle. Mit der IT-Revolution wurde die Farblehre jedoch neu erforscht. Verschiedene Herausforderungen bei der Erforschung der idealen Farbgebung existieren. In Bezug auf diese vorliegende Arbeit ist besonders die Berücksichtigung von farbenblinden Menschen, die unterschiedliche Farbgebung je nach Datentyp (qualitativ oder quantitativ) und der Einfluss der Hintergrundfarbe zu beachten (Simmon, 2013).

Da vor allem in der Geographie bereits viel Forschung über die Farbgebung gemacht wurde, werde ich für meine Nutzerstudie die Erkenntnisse von früheren Studien übernehmen. Der Grundtenor in der Forschung der Geovisualisierung ist, dass eine spektrale Farbgebung, wie sie immer noch oft verwendet wird, für die Darstellung von quantitativen Daten ungeeignet ist (Borland & Taylor, 2007; Eddins, 2014). Dem widerspricht (Brewer, 1997) und ermutigt Kartographen auch für quantitative Datensätze eine spektrale Farbenskala zu verwenden. Nichtsdestotrotz werden in dieser Arbeit die Erkenntnisse von Borland & Taylor (2007) sowie Eddins (2014) berücksichtigt.

Brewer (1996) und Albers (2013) zeigen zudem auf, dass der Mensch sich einerseits besser an Farben erinnern kann, die er zu benennen weiss und dass er sich andererseits verschiedene Helligkeitsstufen derselben Farbe schlecht bis gar nicht merken kann.

Weitere Forschung in der Farbgebung wurde von Chesneau (2007) spezifisch auf Risiko-Analysen und von Christen et al. (2015) spezifisch auf Bildgebung des zentralen Nervensystems (*neuroimaging*) gemacht. Letztere erforschten

Hirnbilder mit verschiedenen Farbschemata und Hintergrundfarben und fanden heraus, dass in der Neuroforschung Fachexperten und Fachexpertinnen durch Veränderung der Farbskala besonders beeinflussbar sind. Eine ähnliche empirische Studie über den Einfluss der Farbskala wäre auch für die Verwendung von Dichtekarten denkbar.

2.6 Arten von Visualisierungen für Bewegungsdaten

Es sind bereits viele Visualisierungsmethoden für Bewegungsdaten entwickelt und beschrieben worden. In diesem Kapitel wird eine kurze Auswahl von möglichen Visualisierungen für die Bewegung von Fussballdaten in Tabelle 1 aufgezeigt.

Tabelle 1: Auswahl von bekannten Visualisierungsarten für Bewegungsdaten.

Visualisierungsart	Dimension	Kurze Beschreibung	Quelle ⁵
Punktdaten	2D	Aufenthaltsorte werden als einzelne Punkte dargestellt	G. Andrienko et al. (2013)
Trajektorie	2D	Als Verbindung von diskreten Punktdaten zu einer kontinuierlichen Linie definiert	G. Andrienko et al. (2013)
Space-time cube	3D	Trajektorie mit der Zeit als dritter Dimension	Kwan (2000)
Punktgedichte	2D	Anzahl Punkte in einem Raster werden gezählt und entsprechend eingefärbt	ArcGIS (2016)
Liniendichte	2D	Länge der Trajektorie in einem Raster gemessen und entsprechend eingefärbt	ArcGIS (2016)
Kerndichteschätzung	2D	Dichteschätzung anhand einer Wahrscheinlichkeitsverteilung des Kerns	Peters (2015)
space cube density	3D	Dichtekarte mit der Zeit als dritter Dimension	Demšar & Virrantaus (2010)

⁵ Quellen, die diese Methoden behandeln: (G. Andrienko et al., 2013), (Kwan, 2000), (ArcGIS, 2016), (Peters, 2015) und (Demšar & Virrantaus, 2010).

An dieser Stelle wird für eine umfassende Beschreibung der Arten von Visualisierungen auf das Buch von Andrienko et al. (2013) verwiesen. Für diese Arbeit werden die Trajektorie, der *space-time cube* und die in der Sportanalytik oft verwendeten Kerndichteschätzungen genauer vorgestellt. Die Outputs von Kerndichteschätzungen werden in dieser Abhandlung empirisch getestet.

2.6.1 Trajektorien

Eine Trajektorie wird in der ausführlichen Übersicht über Bewegungsdaten (Andrienko et al., 2013) als die Verbindung von diskreten Punktdaten zu einer kontinuierlichen Linie definiert. Dies ist besonders dann sinnvoll, wenn ein räumlicher Kontext dahinter gelegt wird, zum Beispiel in Form einer Karte. Für die Visualisierung von GPS-Daten eines Autos macht diese Methode durchaus Sinn, wie in Abbildung 5 sichtbar ist. Sobald jedoch die räumliche Skala so klein wird wie auf einem Fußballfeld, ist diese Methode suboptimal. Wie in Abbildung 6 zu sehen ist, kann der Betrachter aus dem Trajektorien-Knäuel kaum Informationen herauslesen.



Abbildung 5: Darstellungen von Trajektorien. GPS-Daten eines Autos aus G. Andrienko et al. (2013) (links).

Abbildung 6: Bewegungsprofil eines Fußballers (eigene Darstellung) (rechts).

2.6.2 Space-time cube

Um der Trajektorie die zeitliche Komponente hinzuzufügen, hat Kwan (2000) den *space-time cube* entwickelt. Die Trajektorie bewegt sich mit der Zeit in der dritten Dimension. Ein Stillstand über längere Zeit am selben Ort wird mit

dieser Methode als vertikale Linie dargestellt. Ein Beispiel von solchen sogenannten *lifelines* ist in Abbildung 7 zu sehen. Um diese Visualisierung interpretieren zu können, braucht es ein sehr ausgebildetes räumliches Vorstellungsvermögen. Die drei interviewten Fussballexperten haben diese Visualisierung ohne Erklärung nicht verstanden. Demzufolge sind die *space-time cubes* für die Visualisierung von Bewegungsdaten von Fussballern und Fussballerinnen nicht geeignet.

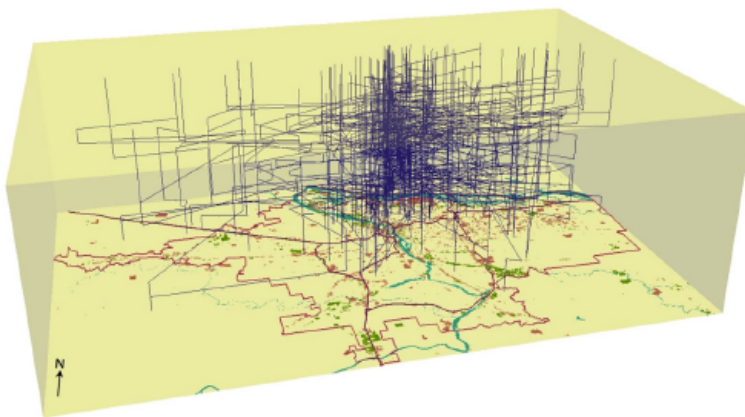


Abbildung 7: Bewegungslinien (*lifelines*) von Personen in Portland mit der Zeit in der dritten Dimension

2.6.3 Dichtekarten

Dichtekarten repräsentieren geographische Information auf eine abstrakte Art und Weise und helfen somit dem Betrachter räumliche Muster zu erkennen. Basierend auf einem fundamentalen statistischen Konzept der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion, die von Silverman (1986) ausführlich beschrieben wird, sind sie in der heutigen Analyse von dynamischen Daten nicht mehr wegzudenken (Peters, 2015).

Die einfachste Art Dichte aus Punkten darzustellen ist laut Peters (2015), sie in einem Streudiagramm zu plotten. Dabei können die Anzahl Punkte in einem bestimmten Umkreis oder Raster gezählt und mittels graphischer Hilfsmittel wie Grösse, Form oder Farbe, entsprechend visualisiert werden. Bei der Verwendung von Dichtekarten geht man von der Annahme aus, dass die Aggregation der

räumlichen Datenpunkte Information über die unterschiedliche Nutzung des Raums des zu untersuchenden Objekts enthält (Katajisto & Moilanen, 2006). Als eine der klassischen und weitverbreitetsten Dichteberechnungsmethoden gilt die Kerndichteschätzung (*KDE: Kernel Density Estimation*) (Peters, 2015), welche im nächsten Abschnitt genauer erläutert wird.

2.6.4 Kerndichteschätzung

Kerndichteschätzer (KDE) sind bei der Analyse von Raum-Zeit Daten beliebt, etwa bei Habitatsanalysen von Tieren (Seaman & Powell, 1996), bei der Visualisierung von Kriminalfällen (Eck, Chainey, Cameron, & Wilson, 2005) oder auch in der Sportanalytik (Anderson & Sally, 2013; Gudmundsson & Wolle, 2014). Ein Grund für die grosse Beliebtheit der KDE ist gemäss Peters (2015) die relativ einfache Anwendung. Zudem ist sie heutzutage standardmässig in den GIS-Programmen wie ArcGIS oder QGIS implementiert. Die einfache Anwendung ist jedoch auch gefährlich, da die Parameterwahl der Dichteberechnung einen sehr grossen Einfluss auf das Resultat hat (Seaman & Powell, 1996). Besonders empfindlich reagiert das Resultat auf die Wahl des Suchradius (Gitzen et al., 2006).

Silverman (1986) zeigt in seinem frühen und viel zitierten Werk schön auf, wie es sich bei der Kerndichteschätzung um die Summe von Erhebungen über den Datenpunkten handelt. Dabei definiert die Kernelfunktion K die Form der einzelnen Erhebungen und die sogenannte Bandbreite h bestimmt deren Breite. Je kleiner die Bandbreite h desto spitziger (siehe Abbildung 8 links) die Erhebungen und je grösser h , desto abgeflachter die Erhebungen (siehe Abbildung 8 rechts) und desto mehr Detailinformation geht verloren.

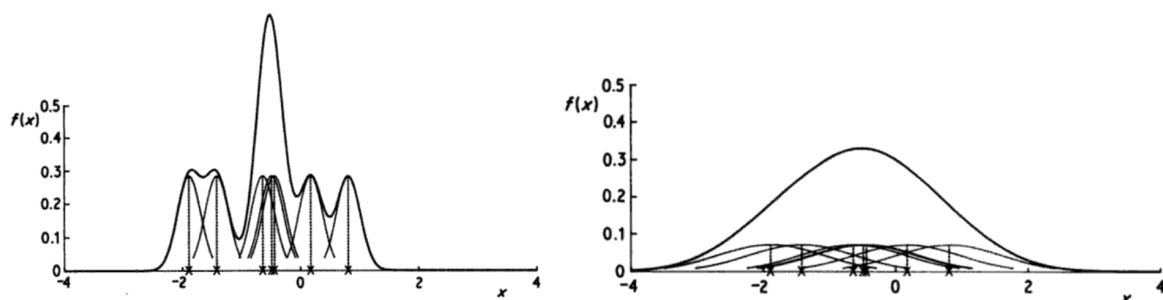


Abbildung 8: Kerndichteschätzung die die individuellen Kerne der Bandbreite 0.2 (links) und 0.8 (rechts) sowie deren Summe aufzeigt. Aus Silverman (1986)

Der Wert der Oberfläche ist dabei an der Position des Punktes am höchsten. Mit grösserer Entfernung zum Punkt verkleinert sich der Wert der Oberfläche bis er schlussendlich am Ende des Suchradius gleich Null ist (ArcGIS, 2016). Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird der Begriff Suchradius, statt Bandbreite verwendet.

Laut Silverman (1986) ist ein Nachteil von Kerndichteschätzung, dass Datensätze mit einer resultierenden *long-tailed* Verteilung wegen des fix definierten Fensters anfällig auf eine Verzerrung der Schätzung sind. Viel Forschung wird deshalb in der datenbasierten Anpassung des Suchradius gemacht (Gitzen et al., 2006; Katajisto & Moilanen, 2006).

2.7 Visualisierungen von Bewegungsdaten in der Sportanalytik

Den Ursprung der statistischen Analyse im Sport sehen die meisten Autoren, wie zum Beispiel Pileggi et al. (2012) und Anderson & Sally (2013) im überraschenden Erfolg der Oakland Athletics in der Amerikanischen Baseball Liga im Jahr 2002, welcher auf der intensiven Nutzung von Statistik durch den Trainer und den Scout beruhte. Seither ist die statistische Datenauswertung von Spielern, Teams und gesamten Meisterschaften in fast allen Sportarten nicht mehr wegzudenken. Es fehlen den statistischen Datenauswertungen, sowie dem Versuch diese Statistiken anhand einer Software dynamisch zu visualisieren, wie dies Rusu et al. (2010) mit *Soccer Scoop* vorstellen, die entscheidenden raumzeitlichen Charakteristiken von Teamsportarten (Kotzbek & Kainz, 2014). Obwohl seither einige Forschung in der Sport-Datenanalyse gemacht worden ist, bleibt die Visualisierung von Sportdaten noch relativ unerforscht (Pileggi et al., 2012).

Um die raumzeitlichen Muster von Sport-Daten zu analysieren und zu visualisieren benutzen immer mehr Forschende Geoinformationssysteme (GIS). Dadurch eröffnet sich laut Kotzbek & Kainz (2014) ein völlig neues Forschungsfeld der GIScience. Demaj (2013) verwendet GIS bei der Analyse und Visualisierung von Tennis-Daten. Dabei untersucht er unter anderem anhand von videobasierten Daten, wie häufig der Ball jeden Punkt des Platzes passiert und nennt diese *stroke pattern density*. Der Output wird anhand einer

Dichtekarte dargestellt, ähnlich wie die Bewegungsdaten der Fussballer und Fussballerinnen.

Auf den Fussball bezogen haben sowohl Bialkowski et al. (2014) wie auch Gudmundsson & Wolle (2014) bereits Analysen und entsprechende Visualisierungen vorgestellt. Bialkowski et al. (2014) benutzen videobasierte Trackingdaten und clustern diese mit Hilfe der *minimum entropy data partitioning*, sodass jedem Spieler eine Rolle im Spiel zugewiesen werden kann. Die Analyse und Veränderung der Rollen aller Spieler über mehrere Spiele hinweg erlaubt es den Forschenden, die Analyse einzelner Spieler auf die Rollenverteilung des gesamten Teams zu erweitern.

Die Ansätze von Gudmundsson & Wolle (2014) bündeln einerseits ähnliche Trajektorien eines Spielers in einem Spiel, um so dessen Hauptlaufwege (*clustered trajectories*) aufzuzeigen. Des weiteren untersuchen Gudmundsson & Wolle (2014), wie das Bewegungsverhalten von Spielern desselben Teams miteinander korreliert, z.B. ob sich die Viererkette der Abwehrspieler einheitlich bewegt, beziehungsweise verschiebt. Ein ähnliches Ziel verfolgen Kim et al. (2011) mit ihrem morphologischen Konzept. Dieses Konzept erleichtert die taktische Analyse von Mannschaften, da es die Bewegungspfade von allen Spielern während eines Spiels, mit Bezug zur Position des Balls, analysiert.

Ein weiterer Visualisierungsansatz verfolgt die graphische Schnittstelle *SoccerStories* von Perin et al. (2013). Diese Software unterteilt das Spiel in Spielphasen, welche es ermöglichen, bestimmte Spielereignisse und Spielsituationen anhand einer Kombination von Visualisierungen zu erforschen und anschliessend zu kommunizieren.

Weitere sehr aktuelle Forschungsbeiträge in der Visualisierung von Fussballdaten stammen von Stein et al. (2015) und Janetzko et al. (2014). Sie haben ein Tool entwickelt, das für Analysten die wichtigsten Szenen eines Spiels für eine möglichst effiziente Analyse automatisiert zusammenstellt.

Da die bisherigen Forschungsbeiträge in der Sportvisualisierung besonders Sportexperten und Sportanalysten als Zielpublikum anvisieren, haben Herdal et al. (2015) untersucht, wie Fussballer und Fussballerinnen Sportvisualisierungen wahrnehmen und nutzen. Diese Autoren fokussieren sich bei Ihrer Studie vor

allem auf jugendliche Fussballer und Fussballerinnen, was jedoch in dieser vorliegenden Arbeit nicht der Fokus sein wird. Diese Autoren und Autorinnen erkennen dabei einige spannende Herausforderungen, die zukünftige Designer von Visualisierungen unbedingt berücksichtigen müssen. Die Klassierung der jugendlichen Fussballer und Fussballerinnen in die Verständnisstufen Lesen, Nutzen und Interpretieren ist dabei für die Erarbeitung der Nutzerstudie dieser Abhandlung nützlich.

In der professionellen Spielanalyse, wie auch in der Medienberichterstattung stösst man, trotz der oben aufgeführten innovativen Ideen immer wieder auf die 2D-Dichtekarten als Visualisierungsform der Bewegungsdaten. Eine empirische Studie über die Effektivität, die Effizienz und die Zufriedenheit der Nutzer solcher Dichtekarten fehlt jedoch.

2.7.1 Der Begriff Heatmap

In der Sportanalyse werden Dichtekarten von Bewegungsdaten oft als *Heatmaps* (oder auch *Heat Maps*) bezeichnet. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die in dieser Arbeit zu untersuchenden Dichtekarten nicht mit anderen Arten von Visualisierungen verwechselt werden, die ebenfalls oft als *Heatmaps* bezeichnet werden. Die Autoren Wilkinson und Friendly (2009) zeigen auf, dass *Heatmaps* sich ursprünglich durch eine farbkodierte zweidimensionale Matrix auszeichnen. Eine der ersten solcher farbkodierten Matrizen stammt von Loua (1873). Sie zeigt die 40 Pariser Bezirke, ihrer Charakteristiken entsprechend eingefärbt (Abbildung 9).

Das Konzept wird oft in der Bioinformatik angewandt und entspricht einer Datenmatrix, die darstellt, wie sich Gene (Spalten) und Proben (Reihen) zueinander verhalten. Dabei wird der Raster entsprechend der Expression der Gene eingefärbt (Wilkinson & Friendly, 2009). Dazu können auch sogenannte Cluster-Bäume an den Rändern der Matrix addiert werden (siehe Abbildung 10).

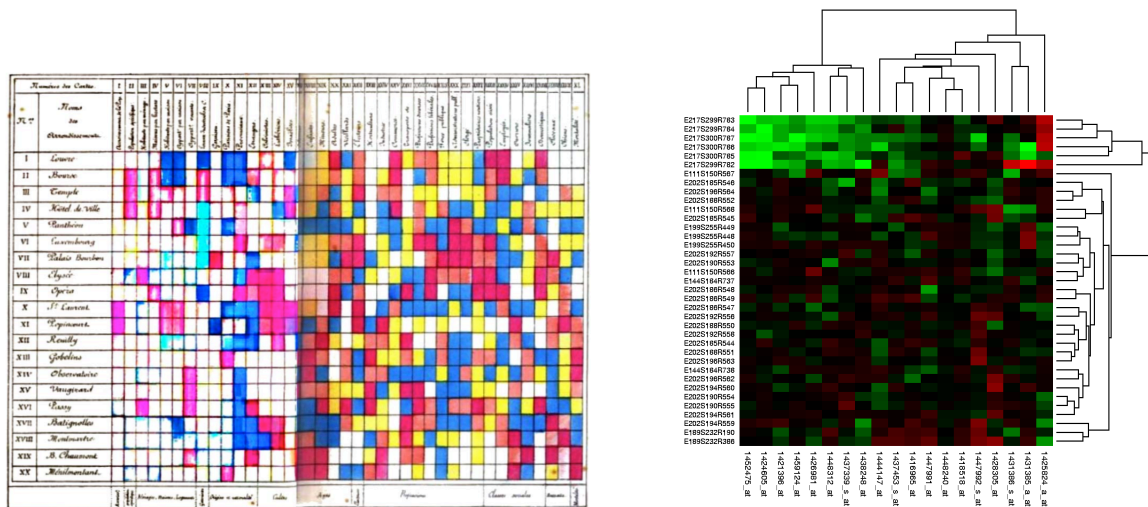


Abbildung 9: Farbkodierte Matrix von Loua (1873) um die 40 Pariser Bezirke anhand ihrer Charakteristiken zu visualisieren. (links)

Abbildung 10: Eine Cluster Heatmap aus (Wilkinson & Friendly, 2009) (rechts)

Diese eingefärbte Datenmatrix ist daher konzeptionell klar von den Dichtekarten aus der Geographie und Sportanalytik zu unterscheiden, bei welchen aus einem diskreten Punktdatensatz eine neue kontinuierliche Oberfläche berechnet wird. Zwei Beispiele solcher Dichtekarten sind in Abbildung 11 und Abbildung 12 aufgezeigt. Die X- und Y-Achsen entsprechen dabei einer reellen räumlichen Dimension. Die Dichteoberfläche repräsentiert auf der linken Abbildung die Dichte an Autodiebstählen (Eck et al., 2005) und auf der rechten Abbildung die Dichte der Aufenthaltspunkte eines Fußballspielers.



Abbildung 11: Autodiebstähle visualisiert anhand einer KDE mit Suchradius von 220 Metern aus Eck et al. (2005).

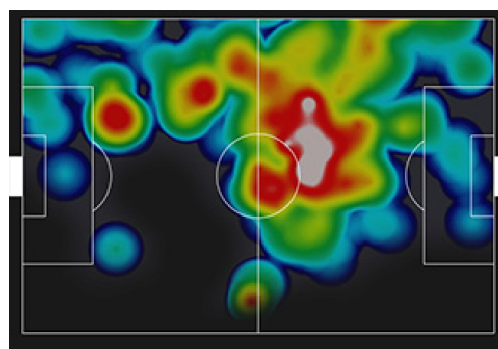


Abbildung 12: Dichtekarte eines Fußballspielers erstellt von Tracktics.

Der Begriff *Heatmap* erscheint auch im Bezug auf Thermogramme (*Thermal Images*) oft in der Biomedizin, zum Beispiel für die Früherkennung von Brustkrebs (Abbildung 13) oder in der Energietechnik, um zum Beispiel Energieverluste durch Infrarotbilder sichtbar zu machen (Abbildung 14).

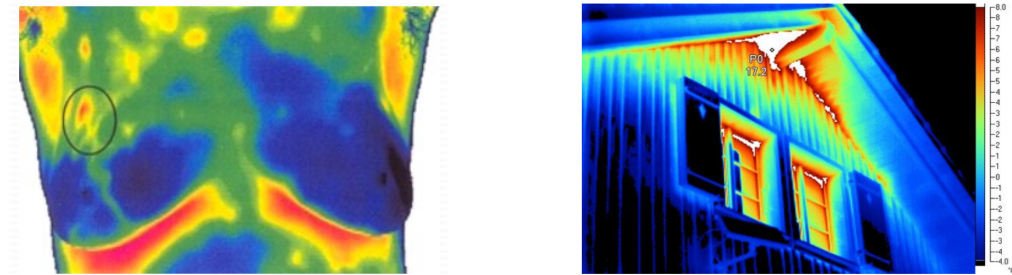


Abbildung 13: Thermogramm in der Medizin von Homepage der Seegartenklinik⁶ (links)

Abbildung 14: Thermogramm in der Bautechnik von Hausinfo.ch⁷ (rechts)

2.7.2 Problematische Verwendung von Dichtekarten in der Sportanalytik

In der Sportanalyse und der Medienberichterstattung werden Dichtekarten sehr häufig verwendet. Firmen wie Opta, Prozone oder StarDNA (Anderson & Sally, 2013) oder Analyseplattformen im Internet, wie Squawka⁸ zeichnen alle Arten von Daten in einem Spiel auf und visualisieren diese entsprechend.

Abgesehen vom Konflikt des umgangssprachlichen Begriffs der *Heatmap*, werden im Sportjournalismus oft Dichtekarten suboptimal und auf nicht nachvollziehbare Weise verwendet. Ein Beispiel dazu finden Sie beim Vergleich von Abbildung 15 und Abbildung 16. Beide Dichtekarten zeigen denselben isländischen Nationalspieler (Birkir Bjarnason) im selben EURO 2016 Endrundenspiel gegen Österreich. Die beiden Visualisierungen sind jedoch derart verschieden, dass völlig unterschiedliche Interpretationsmöglichkeiten bestehen. Zudem kann beim direkten Vergleich der beiden Karten die Vertrauenswürdigkeit des Nutzers in die darunterliegenden Daten und angewandten Methoden sehr leiden. Es werden keinerlei Hilfsmittel, wie zum

⁶ <http://www.seegartenklinik.ch/de/medizinische-infrarot-thermographie.html>

⁷ <https://www.hausinfo.ch/de/home/gebaeude/energie/sanierung/gebaeudethermografie.html>

⁸ <http://www.squawka.com/home/>

Beispiel eine Legende oder die Spielrichtung, angegeben. Der Zuschauer weiss daher nicht, was die Karte aussagen soll oder wie die Karte entstanden ist. Diese fehlende Transparenz im Entstehungsprozess ist ein oft angebrachter Kritikpunkt an Visualisierungen allgemein (Dodge et al., 2008) und trifft auch auf die Verwendung von Dichtekarte in der Sportanalytik zu.

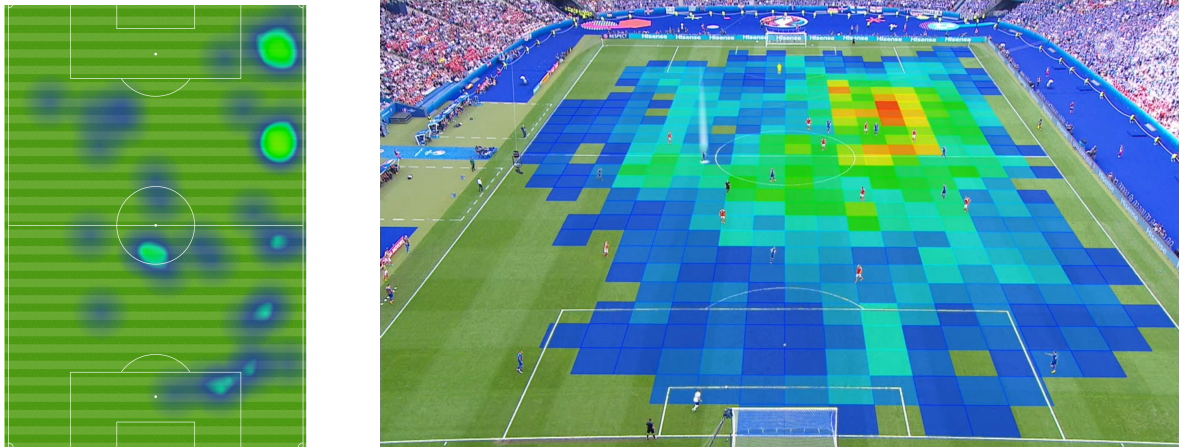


Abbildung 15: Tagesanzeiger Bjarnason Island gegen Österreich (Zugriff am 28.06.2016) (links)

Abbildung 16: Screenshot der ARD Übertragung vom 27.06.2016 von Bjarnason im Spiel Island gegen Österreich (Zugriff am 28.06.2016) (rechts)

2.8 Zusammenfassung Grundlagen

In diesem Kapitel wurde einerseits gezeigt, welche Methoden in der Geographischen Informationsvisualisierung angewandt werden und wie solche geographischen Konzepte in die neuere Forschungsrichtung der Sportanalytik einfließen. Dabei wurde dargelegt, dass Dichtekarten, insbesondere KDE eine wichtige Rolle beim Visualisieren von raumzeitlichen Daten einnehmen. Wie Katajisto & Moilanen (2006) festhalten, geht man beim Gebrauch von Dichtekarten von der Annahme aus, dass die Aggregation der räumlichen Datenpunkte einen Mehrwert generieren kann. Im Fall Sportanalyse entspricht dies der zusätzlichen Information zur unterschiedlichen Nutzung des Raums der einzelnen Fussballspieler und Fussballspielerinnen. Zudem ist es sinnvoll die Dichte anhand der KDE, also anhand einer Wahrscheinlichkeitsverteilung (siehe Kapitel 2.6.4) zu visualisieren, da es für die Analyse eines Fussballers oder Fussballerin nicht entscheidend ist, ob er sich einige Zentimeter mehr links oder rechts aufgehalten hat. Viel wichtiger ist die schnelle und intuitive Auffassung

des Analysten über die grobe Positionierung, die einzelnen Laufwege und den entsprechenden Einflussbereich eines Spielers oder Spielerin. Aus diesen Gründen werden im weiteren Verlauf dieser Arbeit die Bewegungsdaten anhand der KDE-Dichteberechnungsmethode visualisiert.

3 Experteninterviews

Als Einstieg in die Masterarbeit wurden drei Experteninterviews durchgeführt. Für diese qualitative Datenerhebung wird die Anleitung von den Autoren Gläser und Laudel (2010) befolgt. Diese beschreiben einen Experten als eine Person, die über besonderes Wissen verfügt und auch bereit ist, dieses Wissen auf Anfrage weiterzugeben. Übertragen auf den Fussball kommen dadurch Trainer und Trainerinnen sowie Analysten und Analystinnen in Frage, die sich professionell mit der Materie Fussball auseinandersetzen. Das Ziel der Experteninterviews ist es somit, herauszufinden, wie Visualisierungen in der Fussballanalyse angewandt werden und welche Bedürfnisse und Wünsche ein Experte oder eine Expertin an zukünftige Visualisierungen hat.

Die gewonnenen Erkenntnisse aus den Interviews sollen dabei helfen, die Forschungsfragen i. und iii. beantworten zu können. Des Weiteren dienen die Anregungen und Vorschläge der Experten als Grundlage für die Aufbereitung der Dichtekarten für die Nutzerstudie. Somit wird das Wissen der Experten indirekt verwendet, um die Forschungsfrage ii. zu beantworten.

Ein Fokusgruppen-Gespräch wäre auch denkbar gewesen. Die Experten, die im Rahmen dieser Arbeit interviewt werden, sind jedoch sehr beschäftigt und es wäre kaum realisierbar gewesen, einen gemeinsamen Termin für alle Experten zu finden.

3.1 Experten

Als Experten stellen sich drei Personen zur Verfügung, die sich professionell tagtäglich mit Fussball auseinandersetzen. Aus Datenschutzgründen werden die Namen hier nicht veröffentlicht. Es handelt sich dabei um zwei Fussballtrainer und einen Fussballanalysten. Zwei davon sind oder waren über mehrere Jahre in

der höchsten Schweizer Liga aktiv. Im weiteren Verlauf der Arbeit werden sie als Experten A, B und C bezeichnet.

3.2 Aufbau und Fragestellungen der Experteninterviews

Da die Experteninterviews zu Beginn der Ausarbeitung dieser Masterarbeit stattfanden, mussten sie so offen wie möglich und dennoch mit Fokus auf die zu beantwortenden Forschungsfragen aufgebaut sein. Im Interview sollen die Experten einerseits mit bestehenden Visualisierungen konfrontiert und auch geprüft werden, wie sie diese lesen und interpretieren. Andererseits soll das Gespräch offen genug sein, damit die Experten ihre Erfahrungen mit Visualisierungen in der Fussballanalyse teilen und weitere Anregungen und Ideen einbringen können. Aus diesem Grund empfiehlt sich ein leitfadengestütztes Interview (Gläser & Laudel, 2010). Ein leitfadengestütztes Interview wird von den Autoren als nichtstandardisiertes Interview beschrieben. Dabei dient ein im Voraus vorbereiteter Leitfaden mit Fragen als Hilfsmittel für das Interview.

Der für diese Interviews erstellte Leitfaden ist in sechs Themenblöcke aufgeteilt. Jeder Themenblock enthält mehrere Unterfragen, einerseits als Hilfe für den Interviewer und andererseits, um dem Gespräch eine Struktur zu geben. Den Interviewpartnern wird im Vorfeld des Gesprächs eine kurze Vorinformation zugesendet, damit sie wissen, was sie beim Interview erwartet. Das erforderliche Einwilligungsfeld der Universität Zürich, die Vorinformation, die anonymisierten Leitfäden der Interviews, sowie die beim Gespräch verwendeten Visualisierungen sind im Anhang 10.1 abgelegt.

Das Gespräch wurde bei allen drei Experteninterviews vollständig aufgenommen und in einem zweiten Schritt niedergeschrieben. Die entsprechenden Tonaufnahmen und die ausgefüllten Leitfäden werden aus Gründen des Datenschutzes nicht publiziert. Sie werden während zehn Jahren an einem sicheren Ort an der Geographischen Fakultät der Universität Zürich aufbewahrt.

Die Interviews haben jeweils etwa eine Stunde gedauert. Die wichtigsten Erkenntnisse, die direkt auf die Methodik der Erstellung der Dichtekarten angewandt werden, sind im folgenden Abschnitt aufgeführt.

3.3 Erkenntnisse aus Interviews

Das gesamte niedergeschriebene Interview ist zusammen mit der Tonaufnahme am Geographischen Institut für zehn Jahre aufbewahrt. Die wichtigsten Aussagen der drei Experten sind anonymisiert im Anhang 10.1.1 aufgelistet. Aus diesen im Anhang aufgeführten Aussagen der drei Experteninterviews werden für die Erstellung der Dichtekarten für die Nutzerstudie folgende Erkenntnisse direkt angewandt:

- **Zeitliche Auflösung:** Das Spiel wird in zwei Halbzeiten aufgeteilt und entsprechend werden pro Spiel zwei unterschiedliche Dichtekarten erstellt.
- **Legende:** Die dargestellten Daten werden anhand einer Legende erklärt. Sie dient als Hilfsmittel zum Verständnis der Dichtekarte.
- **Spielrichtung:** Die Spielrichtung ist immer von links nach rechts. Zudem wird das Spielfeld horizontal ausgerichtet.
- **Taktische Zonen:** Das Spielfeld wird in die 3 Zonen, Defensiv- (1), Aufbau- (2) und Offensivzone (3), aufgeteilt.
- **Fussballfeld als Hintergrund:** Um eine möglichst realitätsnahe Visualisierung zu generieren, wird das entsprechende reale Spielfeld (für diese Masterarbeit: Sportanlage Allmend Brunau in Zürich) als Hintergrund festgelegt.

Eine Beispielsvisualisierung einer solchen Dichtekarten ist in Kapitel 4.5 in der Abbildung 24 zu sehen. Die von den Experten geforderten Elemente konnten somit erfolgreich integriert werden.

4 Methodik Erstellung von Dichtekarten

In diesem Kapitel werden die Erkenntnisse aus den bisherigen Forschungsbeiträgen sowie die Resultate der Experteninterviews auf die Erstellung der Dichtekarten angewandt. Das Kapitel ist in fünf Unterkapitel gegliedert. Zuerst werden die räumliche und zeitliche Skala, in der sich ein Fussballer oder Fussballerin bewegt aufgezeigt, um anschliessend die Datenbereinigung, die Dichteberechnung und die Datenvisualisierung zu erläutern. Abschliessend wird die angewandte Methodik zusammengefasst und diskutiert. Die resultierenden Dichtekarten werden am Ende dieses Kapitels in Abbildung 24 und Abbildung 25 präsentiert.

4.1 Skalen der Bewegung eines Fussballers oder Fussballerin

Um die geeignete Methodik für die Erstellung einer Dichtekarte zu erreichen, muss man sich im Klaren sein, in welchen Skalen sich ein Fussballer oder eine Fussballerin bewegt. In den folgenden beiden Kapiteln werden zuerst die räumliche Skala und danach die zeitliche Skala erörtert.

4.1.1 Räumliche Skala

Laut Schweizer Fussballverband (SFV 2014) muss ein Spielfeld in der Schweiz zwischen 100-105 Meter lang und zwischen 64-68 Meter breit sein. Die genauen Masse (innerhalb dieser Bandbreite) variieren je nach Ligazugehörigkeit. Zudem besteht ein Ausnahmereglement für besondere Fälle und ein Recht auf Besitzstandwahrung bis im Jahr 2020 für Plätze, die vor September 2013 homologiert wurden (Mindestgrösse 90 x 58m).

Sprints, also Läufe auf höchster Geschwindigkeit, erstrecken sich üblicherweise maximal über 30 Meter. Schnelle Richtungswechsel, welche im Spiel entscheidend sind, erfolgen nach ca. 1-10 Metern. In einem gesamten Spiel legt

ein durchschnittlicher 2. Liga Spieler zwischen 8-12 Kilometer Distanz zurück. Dieser Richtwert stammt aus eigenen Datenerhebungen der Firma Tracktics zusammen mit dem FC Red Star Zürich.

Für eine fundierte Analyse der Bewegung eines Spielers muss die räumliche Auflösung der Datenpunkte auf mindestens einen Meter genau liegen. Veränderungen der Bewegung im einstelligen Zentimeterbereich zu erfassen und zu visualisieren erbringt jedoch keinen zusätzlichen Mehrwert für die Analyse. Es spielt auf einem Spielfeld von 100x64 Metern keine Rolle, ob sich ein Spieler einige Zentimeter weiter links oder weiter rechts aufgehalten hat. Eine sehr hohe räumliche Auflösung könnte dann von Vorteil sein, wenn auch der Kontext, zum Beispiel der Ball, der Mitspieler oder der Gegenspieler gleichzeitig visualisiert werden. Das Thema Kontext wird in Kapitel 8 ausführlich diskutiert.

Die exakte Position im Zentimeterbereich ist daher nicht von entscheidender Bedeutung. Deshalb macht es, wie im Kapitel 2.6.4 dargelegt, Sinn, die Datenpunkte anhand einer Dichte mit einer Wahrscheinlichkeitsverteilung zu visualisieren.

Da die Dimensionen Raum und Zeit, besonders in einer derart dynamischen Aktivität wie Fussball, kaum voneinander zu trennen sind, wird im nächsten Abschnitt die zeitliche Skala ebenfalls diskutiert.

4.1.2 Zeitliche Skala

In welcher zeitlichen Skala bewegt sich der Fussballer oder die Fussballerin? Die reguläre Spielzeit eines Spiels dauert 90 Minuten. Die einzelnen Aktionen dauern jedoch nur zwischen 1-5 Sekunden. Einen direkten Einfluss aufs Spielgeschehen, sprich den Ball am Fuss, hat ein Spieler durchschnittlich weniger als 30 Sekunden pro Spiel (Anderson & Sally, 2013). Da wir hier jedoch nur die Bewegung, ohne den Kontext Ball, analysieren, kann dies als Zusatzinformation betrachtet werden.

Aufgrund der vielen Bewegungsänderungen in sehr kurzen Zeitabständen ist im Fussball eine zeitliche Auflösung von mindestens fünf Datenpunkten pro Sekunde zwingend, dies entspricht bei einer Sprintgeschwindigkeit von 20 km/h (5.5 m/s) einer Distanzauflösung von rund einem Meter. Die Messinstrumente

von Tracktics arbeiten mit einer Abtastrate von bis zu 200 Hertz, sprich 200 Datenpunkten pro Sekunde. Diese hohe zeitliche Auflösung wäre besonders für Beschleunigungs- und Geschwindigkeitsmessung von Interesse. Für die Visualisierung des Bewegungsprofils eines Spielers bringt diese grosse Menge an Daten jedoch keinen Mehrwert. Wie im folgenden Kapitel aufgezeigt wird, wird der Datensatz in dieser Arbeit schlussendlich auf 10 Datenpunkte pro Sekunde generalisiert.

4.2 Datenbereinigung

Bei der Sichtung der existierenden Dichtekarte wie zum Beispiel Abbildung 15 und Abbildung 16 in Kapitel 2.7.2 und der Analyse der ersten entstandenen Dichtekarten im Rahmen dieser Arbeit, fallen dem Betrachter sofort einige Störfaktoren auf. Die rohen Datenpunkte müssen deswegen vor der Dichteberechnung einen Bereinigungsprozess durchlaufen. Dieser Prozess soll die für fussballspezifische Fragestellungen irrelevanten Daten eliminieren und somit die relevanten besser zum Ausdruck bringen. Diese Datenbereinigung wird in einer zeitlichen und in einer räumlichen Dimension durchgeführt und in den folgenden beiden Kapiteln erläutert. Die Methodik dieser beiden Generalisierungsschritte wird anhand der Software R-Studio durchgeführt und ist auf der beigelegten Daten-CD unter dem Namen «R_Zeit_raum_bereinigung» abgespeichert. Die Datensätze entsprechen jeweils den Bewegungsdaten eines Spielers während einer Halbzeit. In Tabelle 2 sind die einzelnen Schritte der Datenbereinigung tabellarisch und mit den entsprechenden Anzahl Datenpunkten aufgeführt. Die Erklärung zu den Generalisierungsschritten folgt in den nächsten beiden Kapiteln.

Tabelle 2: Übersicht Ausdünnung des Datensatzes eines offensiven Mittelfeldspielers in der zweiten Halbzeit Red Star-Aarau

Generalisierung	Anzahl Datenpunkte	Label im R
Rohdaten	565'401	data
Zeitlich generalisierte Daten	28'271	data.aggr
Räumlich generalisierte Daten	25'668	data.a1
Räumlich statische Daten	2'603	data.a1.s

4.2.1 Zeitliche Generalisierung

Die zeitliche Generalisierung beinhaltet in erster Linie eine Datenreduktion. Im Kapitel 4.1.2 wurden die Anforderungen der zeitlichen Skala erläutert. Da in dieser Arbeit die räumliche Verteilung der Aufenthaltsdauer von zentralem Interesse ist, macht es Sinn, die ursprünglichen Daten von 200 Punkten pro Sekunde auf 10 Punkte pro Sekunde zu reduzieren.

Durch den ersten Generalisierungsschritt wurde der Datensatz, wie in Tabelle 2 sichtbar ist, von den ursprünglich ca. 500'000 Datenpunkten neu auf ca. 28'000 Datenpunkte ausgedünnt. Diese Generalisierung hat auf das Endprodukt, die Dichtekarte, keinen visuell erkennbaren Einfluss. Die Pixelwerte der Dichteberechnung sind neu viel tiefer, die visuelle Erscheinung lässt jedoch keinen Unterschied erkennen. Der Vergleich dieser beiden Dichtekarten ist in Abbildung 17 und Abbildung 18 zu sehen. Die Berechnungszeit der Dichtekarte wurde um ein Vielfaches gekürzt, was für den weiteren Verlauf des Arbeitsprozesses sehr von Vorteil ist. Der Mehrwert dieser zeitlichen Generalisierung besteht somit darin, eine effizientere Berechnung zu erreichen, ohne dabei relevante Information in der Dichtekarte zu verlieren. Die entsprechenden R-Skripte sind auf der beigelegten Daten-CD zu finden.

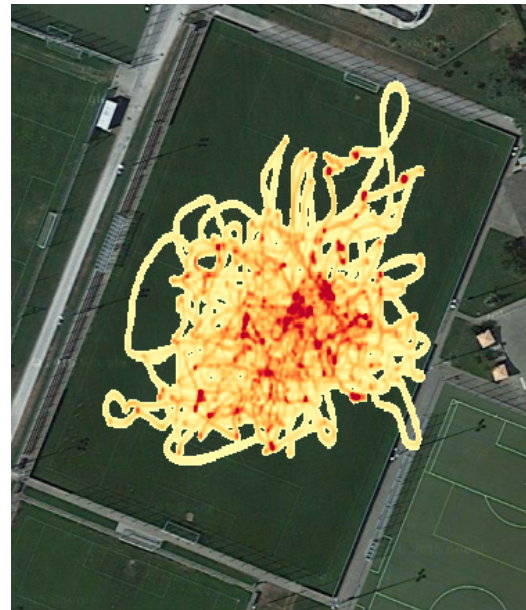
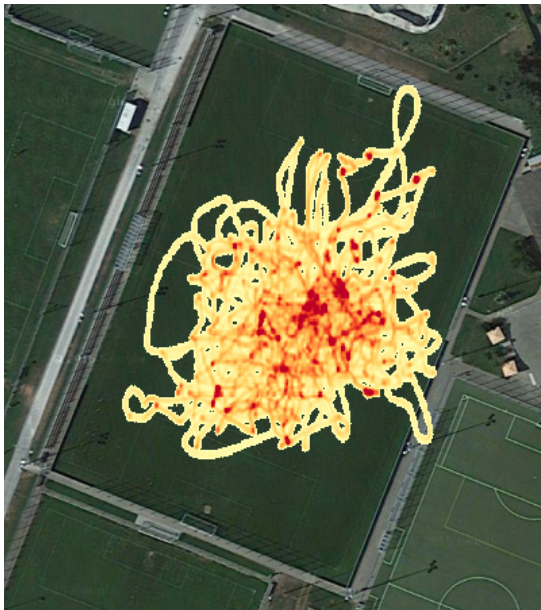


Abbildung 17: Originaldatensatz eines offensiven Mittelfeldspielers in der zweiten Halbzeit im Spiel Red Star-Aarau (links)

Abbildung 18: Zeitlich ausgedünnter Datensatz eines offensiven Mittelfeldspielers in der zweiten Halbzeit im Spiel Red Star-Aarau (rechts)

4.2.2 Räumliche Generalisierung

Bei der Dichteberechnung der reinen Aufenthaltszeit werden die stationären Daten, sprich jene Stationen, in denen der Spieler über längere Zeit am selben Ort stehen bleibt, stark überbewertet. Dies passiert zum Beispiel bei einer Standardsituation (Freistoss, Eckball oder Abstoss), bei denen ein Spieler bis zu zehn Sekunden am gleichen Ort stehen bleibt.

Diese stationären Zeitabschnitte, während denen keine Bewegung des Spielers stattfindet, ergeben in der resultierenden Dichtekarte sehr hohe Pixelwerte, ohne dass sie für das Spielgeschehen und dessen Analyse relevant wären. Diese überbewerteten Bereiche sind in Abbildung 17 und Abbildung 18 zu erkennen. Sie sind rund und dunkelrot gefärbt und erinnern an kleine «Brandlöcher». Nach näherem Begutachten eines dieser «Brandlöcher» (Strafraumecke des oberen Tores auf Abbildung 18) wird ersichtlich, dass alle 357 Punktdaten innerhalb der roten Klassierung sich innerhalb eines Meters befinden. Das heisst der Spieler hat sich etwa 30 Sekunden lang auf einem Kreis mit Durchmesser von einem Meter aufgehalten. Dies muss klar ein Spielunterbruch gewesen sein, denn so

lange steht kein Spieler während des Spielgeschehens auf einer so kleinen Fläche.

Von den natürlichen Bewegungen eines Fussballers oder einer Fussballerin abgeleitet, werden deshalb alle Datenpunkte eines Spielers, der sich innerhalb von 0.1 Sekunden nicht mehr als 0.05m (5cm) bewegt, nicht berücksichtigt. Wenn ein Datenpunkt also nicht die Minimaldistanz von 5 cm zum vorhergehenden Punkt aufweist, wird er gelöscht. Stationäre Daten, welche die Brandlöcher verursachen, werden somit zum grössten Teil bereinigt. Entscheidend dabei ist zu erwähnen, dass die räumliche Bereinigung nur bei aufeinanderfolgenden Punkten angewandt wurde. In der nachfolgenden Abbildung 19 ist das eben beschriebene Verfahren anhand eines Beispiels illustriert. Vom Originaldatensatz (links) führt die zeitliche Generalisierung von Kapitel 4.2.1 zum mittleren Bild. Anschliessend wird die hier aufgezeigte räumliche Generalisierung darauf angewandt und es resultiert die Abbildung rechts mit reduzierten stationären Daten. Die entsprechenden R-Skripte sind auf der beigelegten Daten-CD zu finden.

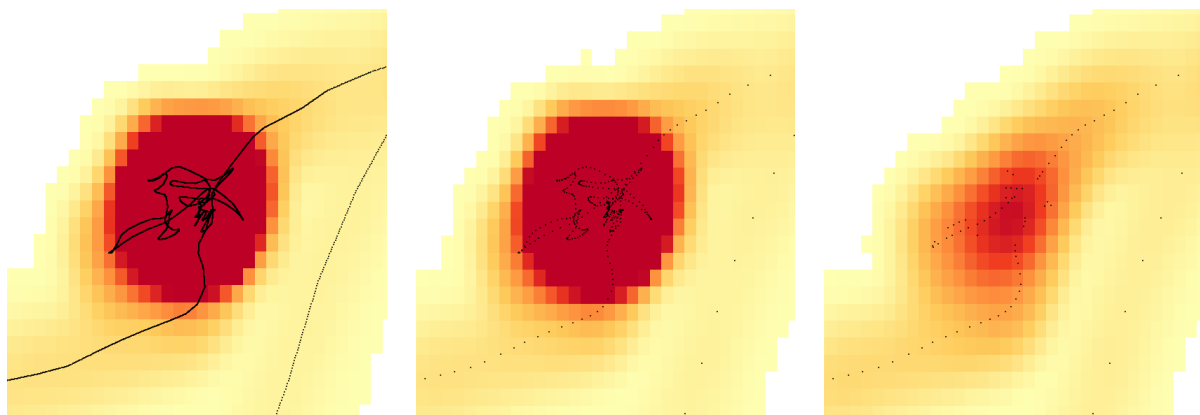


Abbildung 19: Originaldatensatz [200 Punkte pro Sekunde] (links), zeitlich auf 0.1s [10 Punkte pro Sekunde] (Mitte) und räumlich [minimal Distanz von 0.05m pro Sekunde] (rechts) generalisiert. Der Bildausschnitt entspricht rund 3x3 Meter

4.3 Dichteberechnung

Wie wir im Grundlagenkapitel gesehen haben, werden für die Visualisierung von Fussball-Bewegungsdaten oft Dichteberechnungen verwendet. Da sich der Fussballer oder die Fussballerin, ähnlich wie Tiere in der Studie von Katajisto

und Moilanen (2006), sich nicht uniform in seiner Umgebung bewegt, ist es sinnvoll die Dichte, anhand einer Wahrscheinlichkeitsverteilung zu berechnen.

In diesem Kapitel wird aufgezeigt, welche Methoden und welche Parametereinstellungen für die Erstellung der Dichtekarten für die Nutzerstudie angewandt werden.

Da die Kerndichteschätzung die am häufigsten gebrauchte Dichteberechnungsmethode in der Sportanalyse ist und das Ziel der Nutzerstudie ist, diese auf ihre Eignung zu testen, wird sie im Detail beschrieben. Die Dichteberechnung wird anhand der Open-Source Tools QGIS (Version 2.12.1-Lyon) berechnet und dargestellt. Mit der Funktion *Heatmaps* im QGIS können folgende Parametereinstellungen gewählt werden: Kernform, Grösse des Suchradius und räumliche Auflösung des Endproduktes. Diese drei Parameter werden in den folgenden Kapiteln genauer vorgestellt. Das Eingabefeld für die Heatmap-Erweiterung von QGIS mit all den manuell einstellbaren Parametern ist in Anhang 10.3.1 zu finden.

4.3.1 Auswahl der Kernform

Für diese Arbeit wurde die biquadratische Kernform ausgewählt. Nebst dieser gibt es weitere Kernformen, die für die Dichteberechnung angewandt werden können, wie zum Beispiel der Gaussian, Epanechnikov, Triangular oder Uniform Kern. (Peters, 2015; Silverman, 1986). Der abgebildete Kern ist eine Wahrscheinlichkeitsverteilung und das Volumen unter der Kurve ergibt den Wert 1. Die Literatur zeigt jedoch, dass die Auswahl der Kernform nicht von entscheidender Bedeutung für das Endprodukt von Dichtekarten ist. Verschiedene Kernformen für die Berechnung wurde im Rahmen dieser Arbeit ausprobiert. Das Endprodukt zeigte keine bedeutenden Unterschiede. Ausser für den uniformen Kern. Der uniforme Kern macht für diese Studie nicht viel Sinn, da der Punkt, an dem ein Spieler sich tatsächlich befindet, in der Dichteschätzung gleich fest gewichtet wird, wie der gesamte Kern. Daraus entstehen im Endprodukt sehr abrupte Übergänge zwischen den fiktiven Klassen. Deshalb wird für die Erstellung der Dichtekarten in dieser Abhandlung, die in Abbildung 20 ersichtliche biquadratische Kernform verwendet.

Die Dichtekarte reagiert jedoch viel empfindlicher auf die Auswahl des Radius des Kerns (Seaman & Powell, 1996; Silverman, 1986), die im nächsten Kapitel erläutert wird.

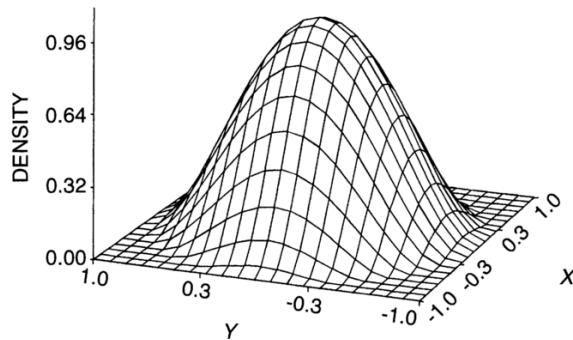


Abbildung 20: 3D Darstellung einer biquadratischen Kernform aus (Seaman & Powell, 1996).

4.3.2 Auswahl des Suchradius

Entscheidend bei der Erstellung von KDEs ist die Definition des Suchradius. Der Kerndichteschätzer ist sehr sensitiv auf den gewählten Suchradius (Gitzen et al., 2006; Silverman, 1986). Enge Suchradien erlauben nahen Punkten den grössten Einfluss auf die Dichteschätzung zu haben. Grosse Suchradien jedoch erlauben den Einfluss von weiter entfernten Datenpunkten auf die Dichteschätzung. Daher zeigen kleine Suchradien kleinskalige Details, währenddem grosse Suchradien die grobe Verteilung von Datenpunkten aufzeigen (Seaman & Powell, 1996).

Wie in Kapitel 4.1 erarbeitet, bewegt sich ein Fussballer oder eine Fussballerin während eines Spiels in bestimmten räumlichen und zeitlichen Skalen. Aus den erläuterten Gründen und um zwei möglichst unterschiedliche Endprodukte zu erzeugen macht es Sinn, den Suchradius minimal auf eine Karteneinheit (WGS84 entspricht 1 Meter) und maximal auf 3 Karteneinheiten (3 Meter) zu setzen. Diese Suchradien wurden für Kartentyp1 (1 Meter) und für Kartentyp2 (3 Meter) angewandt. Das Resultat dieser Parametereinstellung ist in Abbildung 24 und Abbildung 25 zu sehen.

In der Abbildung 21 ist entlang der vertikalen Achse sichtbar, wie sensitiv eine Beispiel-Dichtekarte auf die Veränderung des Suchradius reagiert. Der Radius variiert dabei zwischen 0.5 und 2 Metern.

4.3.3 Auswahl der räumlichen Auflösung

Die Auswahl der räumliche Auflösung der resultierenden Dichtekarte wurde anhand der in Kapitel 4.1.1 besprochenen räumlichen Skala, in der sich ein Fussballer oder Fussballerin bewegt, abgeleitet. Ein Fussballfeld misst etwa 100x65 Meter (SFV, 2014). Für die Erstellung der Dichtekarten wird der Ausgaberraster auf eine räumliche Auflösung von 500x638 definiert. Dies entspricht einer Rasterzelle mit Kantenlänge von ca. 20cm auf dem Fussballfeld und stimmt mit den in Kapitel 4.1.1 hergeleiteten Bewegungsräumen überein. Eine tiefere Auflösung hat die Dichtekarte etwas verpixelt darstellen lassen. Eine höhere Auflösung von bis zu 1000x1272 hat keinen visuellen Mehrwert erbracht, sondern lediglich eine viel längere Rechenzeit benötigt. In der folgenden Abbildung 21 ist die Auswirkung der Veränderung der räumlichen Auflösung entlang der horizontalen Achse illustriert. Dabei hat sich die für den weiteren Verlauf der Arbeit definierte Auflösung von 500x638 bewährt.

In der Abbildung 21 ist erkennbar, wie sich die räumliche Auflösung (horizontale Achse) und die zuvor beschriebene Suchradiusvariation (vertikalen Achse) auf die Dichtekarte auswirkt. Für die Nutzerstudie wird im Rahmen dieser Arbeit der Fokus auf den Einfluss des Suchradius gelegt. Die Verringerung der räumlichen Auflösung auf 25x26 hat zur Folge, dass die einzelnen Rasterzellen sehr gut sichtbar sind (ähnlich wie in Abbildung 16).

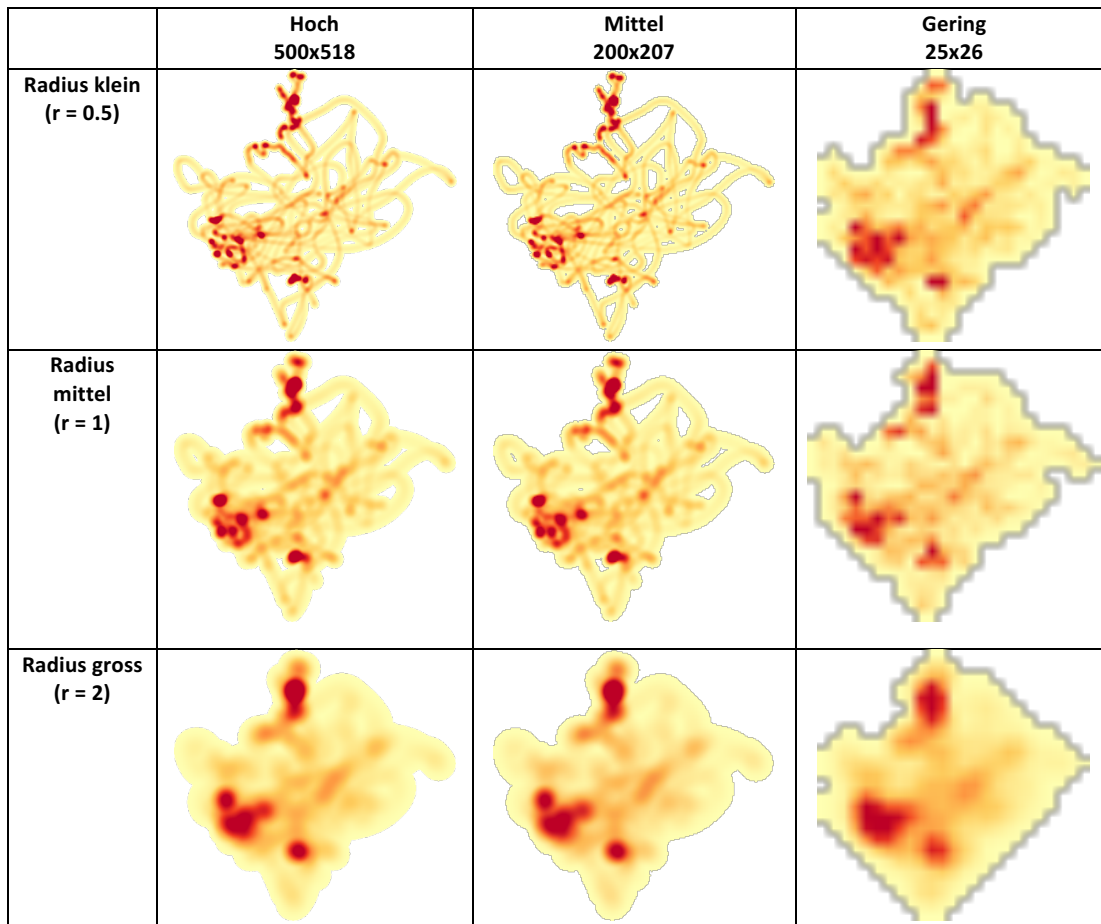


Abbildung 21: Vergleich des Einflusses der räumlichen Auflösung (horizontale Achse) und des Generalisierungsgrades als Grösse des Suchradius (vertikalen Achse) auf die Kerndichteschätzung eines Beispieldatensatzes eines Fussballers (eigene Darstellung).

Der Unterschied zwischen der Karte mit grossem Radius und hoher Auflösung (unten links) weist visuell keinen für die Fussball-Analyse entscheidenden Unterschied zu den zwei Dichtekarten mit grossem Radius und geringer räumlicher Auflösung auf. Aus diesem Grund wird die zweite Variable der räumlichen Auflösung im weiteren Verlauf dieser Arbeit nicht verändert. Sie verspricht keine massgebende Verbesserung der Studie und wird daher nicht berücksichtigt.

4.4 Datenvisualisierung

Nach der Dichteberechnung geht es nun darum, den AusgaberaSTER mit den Dichteschätzungen sinnvoll zu klassieren und visuell darzustellen. Zuerst

werden die drei Visualisierungsaspekte der Klassierungskriterien, der Farbgebung und der Implementierung einer Legende vorgestellt. Danach folgen weitere kleine Designkriterien, die im Hinblick auf die Nutzerstudie von Wichtigkeit sind.

4.4.1 Klassierungskriterien

Die allgemeine Form des Rasterhistogramms (siehe Abbildung 22) der Pixelwerte der Dichteschätzung sind bei den verwendeten Fussballdaten jeweils sehr ähnlich. Die x-Achse (horizontal) repräsentiert den Pixelwert, also die aufsummierten Kerne an einem Pixel. Die y-Achse (vertikal) zeigt die Häufigkeit des entsprechenden Pixelwerts auf. Bei Kartentyp1 wie auch bei Kartentyp2 weisen mehrere tausend Pixel einen sehr tiefen Wert auf. Darauf folgt eine stetige Abnahme der Frequenz mit erhöhtem Pixelwert. Kartentyp1 erreicht dabei Pixelwerte von bis zu 50 und Kartentyp2 von bis zu 350 im vorliegenden Beispieldatensatz. Diese Differenz ist auf die unterschiedlich gewählten Suchradien zurückzuführen.

Als Klassierung wurde im QGIS unter Layereigenschaften/Stil der Modus *Gleiches Intervall* verwendet. Dabei werden die Daten in 5 gleich grosse Klassen klassiert. Die 5 Klassen ermöglichen es, dem Nutzer bei einer kontinuierlichen Farbskala die Unterschiede der Pixelwerte klar aufzuzeigen, ohne dabei einen qualitativen Unterschied zwischen den Klassen zu suggerieren. Weniger Klassen hätten die Grenzen zwischen den Klassen zu deutlich aufgezeigt und somit Verwirrung beim Nutzer verursachen können. Die Auswahl der Farbgebung folgt im nächsten Kapitel.

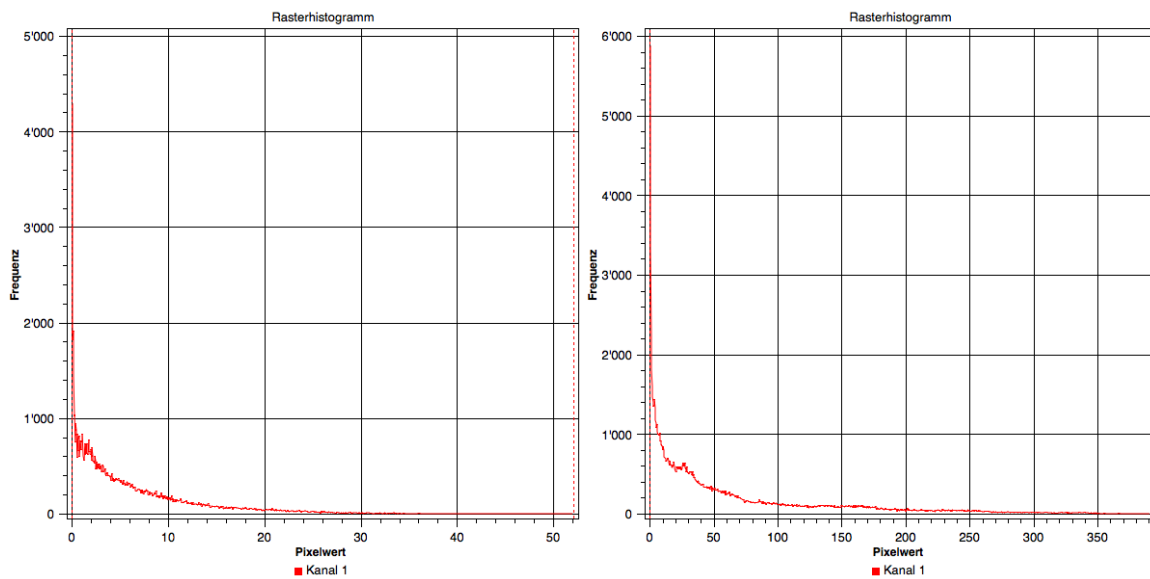


Abbildung 22: Rasterhistogramm der Dichtekarten Kartentyp1 (links) und Kartentyp2 (rechts)

4.4.2 Anwendung der Farbgebung

In Kapitel 2.5 wurde aufgezeigt, wie wichtig die Farbgebung bei der Datenvisualisierung sein kann. Deswegen ist diese auch für die Erstellung der Dichtekarten für diese Studie von grosser Bedeutung, die Erkenntnisse aus der Literatur bezüglich Farbgebung anzuwenden. Für die Dichtekarten in meiner Studie ist es wichtig, dass der Nutzer die Farbklassen gut unterscheiden kann, ohne, durch den von einer spektralen Farbgebung suggerierten qualitativen Unterschied zwischen den Farben, verwirrt zu werden. Deshalb gilt es besonders spektrale Farbschemata und veränderte Graustufen einer einzelnen Farbe zu vermeiden (Borland & Taylor, 2007; Christen, Brugger, & Fabrikant, 2015; Eddins, 2014).

Aus diesem Grund wird für die Klassenunterteilung der Dichtekarten die über Color Brewer⁹ getestete und validierte Farbpalette *5-class YlOrRd* gewählt. Dieser Farbverlauf von gelb zu rot innerhalb von fünf Schritten erlaubt dem Nutzer eine intuitive Unterscheidung der Klassen, ohne dabei einen qualitativen Sprung zwischen den Klassen zu interpretieren, wie dies die spektrale Farbgebung suggerieren würde. Da die Dichtekarte quantitative Werte für jedes

⁹ www.colorbrewer2.org

Pixel darstellt, ist dies sehr wichtig. Im QGIS wurde zudem die Transparenz auf 50% gestellt, damit die Linien auf dem Fussballfeld sichtbar werden. Diese dienen dem Nutzer als Orientierungshilfe beim Betrachten der Karte und besonders beim Beantworten der Fragen in der Nutzerstudie.

Die gewählte Farbpalette ist zudem laut Colorbrewer für Menschen geeignet, die an Deuteranopia leiden, das heisst, die Unterschiede zwischen den Klassen sind klar ersichtlich für rot-grün farbenblinde Personen.

Da der Hintergrund des Spielfeldes auf Wunsch der Experten möglichst realitätsgetreu sein sollte, erscheint er in einem dunklen Grün. Die *YlOrRd* Farbpalette verhält sich für rot-grün blinde Menschen jedoch mit dem dunkelgrünen Hintergrund des Fussballfeldes nicht optimal, wie in Abbildung 23 sichtbar ist.

Am Ende der Nutzerstudie ist ein Test eingebaut, der aufzeigt, ob ein Teilnehmenden an Deuteranopia leidet. Die Auswertung des einen Teilnehmenden der diesen Test nicht bestanden hat, zeigt, dass er überdurchschnittlich gut in den Verständnisfragen (100% Richtigkeit der Antworten), sowie in den Analysefragen (83% Richtigkeit der Antworten) abgeschlossen hat. Diese Erkenntnis relativiert etwas die oben erwähnte suboptimale Kombination vom dunkel gewählten Hintergrund und der *YlOrRd* Farbskala für rot-grün farbenblinde Personen. Der Farbenblindheitstest ist absichtlich am Ende der Studie platziert, um den Nutzer nicht im Vorfeld der zu beantwortenden Fragen zu beeinflussen. Dadurch können die Daten des farbenblinden Teilnehmenden einzeln analysiert werden. Aufgrund der guten Performance dieses Teilnehmenden ist anzunehmen, dass er keine Nachteile in der Beantwortung der Fragen hatte. Somit sind seine Antworten zusammen mit allen anderen Teilnehmenden ausgewertet worden.

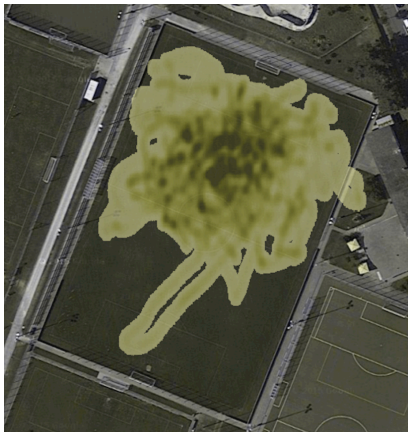


Abbildung 23: Mit Color Oracle auf Deuteranopia getestete YlOrRd Farbskala

4.4.3 Implementierung einer Legende

In der resultierenden Dichtekarte sind die dargestellten Daten abstrakte Pixelwerte der Dichteberechnung. Diese Pixelwerte in der Legende darzustellen, macht keinen Sinn, da diese Werte für den Nutzer eher ablenkend als hilfreich sind. Daher wird die Legende als qualitative Hilfe verwendet. Die Beschriftung besteht aus *kurz* für tiefe Kerndichteschätzungswerte (gelb eingefärbt) und *lang* für hohe Kerndichteschätzungswerte (rot eingefärbt). Es wird eine kontinuierliche Legendenabbildung verwendet, weil der Nutzer nicht suggeriert bekommen soll, dass es einen diskreten Unterschied in den Daten zwischen den Farben gibt. Da die Dichtekarte mit einer Transparenz von 50% auf das Spielfeld gelegt wurde, müssen die Farben der Legende entsprechend angepasst werden. Die Legende entspricht daher genau den verwendeten Farben in der Karte.

Weitere Designanpassungen, die für die Stimuli der Nutzerstudie angebracht wurden, sind im nächsten Kapitel aufgeführt.

4.4.4 Weitere Designkriterien

Im Rahmen dieser Nutzerstudie wird die erstellte Dichtekarte nicht, wie sonst üblich in der Kartographie, mit einer Massstabsskala ausgestattet. Dies aus dem Grund, dass das Fußballfeld immer etwa gleich gross sein muss. Für Personen, die sich so oft mit Fussball auseinandersetzen, wie die Teilnehmenden der Nutzerstudie, verfügt das Spielfeld im Hintergrund bereits über einige Indikatoren, wie zum Beispiel den Strafraum (16 Meter), den Penaltypunkt (11

Meter) oder den Mittelkreis (Radius von 9 Metern) um Distanzen abzuschätzen. Mit dem Spielfeld im Hintergrund und klar sichtbaren Spielfeldlinien als Orientierungshilfen sind daher zwei Wünsche der Experten umgesetzt worden.

Eine weitere wichtige Designanpassung ist die Markierung der Spielrichtung. Diese ist entscheidend für die Interpretation der dargestellten Daten. Um Positionen oder Spieleinflüsse zu erkennen, ist die Spielfeldrichtung unabdingbar. Aus diesem Grund wurde sie anhand eines grossen und unübersehbaren Pfeils in der unteren Mitte des Bildes eingefügt. Auf die Implementierung eines Nordpfeils wurde verzichtet, da dies keinerlei Mehrwert für diese Art von Dichtekarte und Studie gebracht hätte.

Dabei ist zu erwähnen, dass ein Experte im Experteninterview den Wunsch geäussert hat, das Spielfeld in die drei taktisch relevanten räumlichen Zonen zu unterteilen. Man spricht dabei von der Zone 1 (Defensiv-), der Zone 2 (Aufbau-) und der Zone 3 (Offensivzone). Diese dienen dem Experten dazu, die verschiedenen Phasen eines Spieles besser einteilen und beurteilen zu können.

Für die in Kapitel 5.4 vorgestellten Verständnisfragen wurden im Adobe Illustrator CS6 drei Punkte A, B und C beschriftet (siehe Abbildung 25). Es wurden Pfeile verwendet, weil diese die intuitivste Art sind auf einen Punkt zu zeigen. Kreise wären auch möglich gewesen, jedoch beeinflusst der Kreis die umliegenden Punkte derart, dass es schwieriger ist, den besagten Punkt zu erkennen.

4.4.5 Arbeitsschritte der Visualisierung

Die Arbeitsschritte der Dichteberechnung, der Klassierung und entsprechenden Farbgebung der Dichtekarte wurden wie beschrieben im QGIS durchgeführt. Die resultierenden Dichtekarten wurden danach als PNG exportiert und im Adobe Illustrator CS6 weiterbearbeitet. Dazu gehören die Arbeitsschritte des Drehens der Dichtekarte in eine horizontale Position (68° im Uhrzeigersinn), das Einfügen der Spielfeldlinien und der taktischen Zonenaufteilung sowie die Integration der Legende, der Spielfeldrichtung und der Spieler- und Spielinformation. Dabei wurde darauf geachtet, möglichst nur Elemente einzufügen, welche dem Nutzer einen Mehrwert bieten und ihn nicht von der eigentlichen Karte ablenken könnten. Das Bild wurde anschliessend als JPEG

mit der Auflösung 216x185px exportiert. Diese Auflösung musste so gewählt werden, um die Bedingungen des für die Nutzerstudie verwendeten Online-Umfragetools zu erfüllen. Die hochladbaren Dateien für die Nutzerstudie durften maximal je 250 Kilobyte gross sein.

Im folgenden Kapitel werden die aus der dargelegten Methodik resultierenden Dichtekarten gezeigt und gewisse Limitierungen der Methodik diskutiert.

4.5 Diskussion Methodik

Es hat sich sehr bewährt, die Arbeit mit den Experteninterviews zu beginnen. Dadurch konnte viel Wissen für den weiteren Verlauf der Arbeit generiert werden. Spannend wäre auch ein zweites Gespräch mit den Experten gewesen. Dabei hätte man ihnen die neu erstellten Dichtekarten präsentieren und diese mit ihnen diskutieren sowie qualitativ bewerten können. Ein zweites solches Gespräch hätte jedoch den Rahmen dieser Arbeit gesprengt.

Ursprünglich wurde in dieser Arbeit versucht, nicht nur die Datenbereinigung sondern auch die Dichteberechnung sowie die Datenvisualisierung mittels R-Studio durchzuführen. Da dies jedoch innerhalb der vorhandenen Zeit nicht zu zufriedenstellenden Ergebnissen führte, wurden die beiden letztgenannten Arbeitsschritte im QGIS durchgeführt. Des Weiteren musste für das Einhalten der maximal erlaubten Dateigrösse (für das Online-Umfragetool) bei den Dichtekarten Abstriche in der Bildqualität hingenommen werden.

Die suboptimale Kombination der *YlOrRd* Farbskala mit dem dunkelgrünen Hintergrund wurde in Kapitel 4.4.2 bereits relativiert.

Die in Abbildung 24 und Abbildung 25 dargestellten Dichtekarten sind das Endprodukt der angewandten Methodik und auf der folgenden Seite zu finden. Links ist ein Mittelstürmer anhand Kartentyp1 dargestellt. Rechts finden Sie denselben Spieler anhand Kartentyp2 mit den entsprechenden Beschriftungen für die Verständnisfragen in der Nutzerstudie.

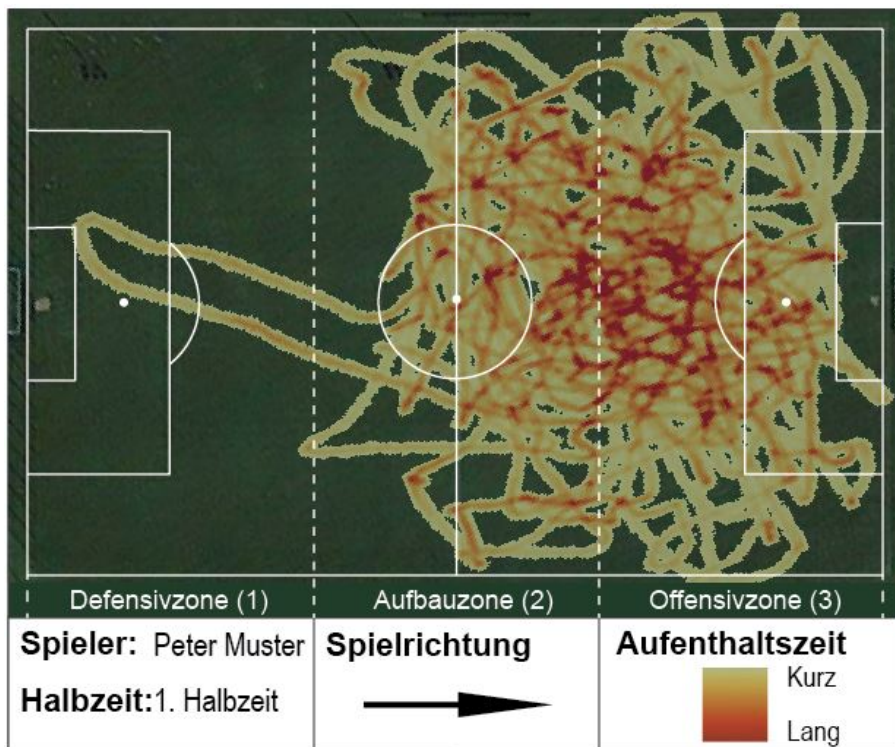


Abbildung 24: Dichtekarte eines Mittelstürmers als Kartentyp1 mit Suchradius = 1

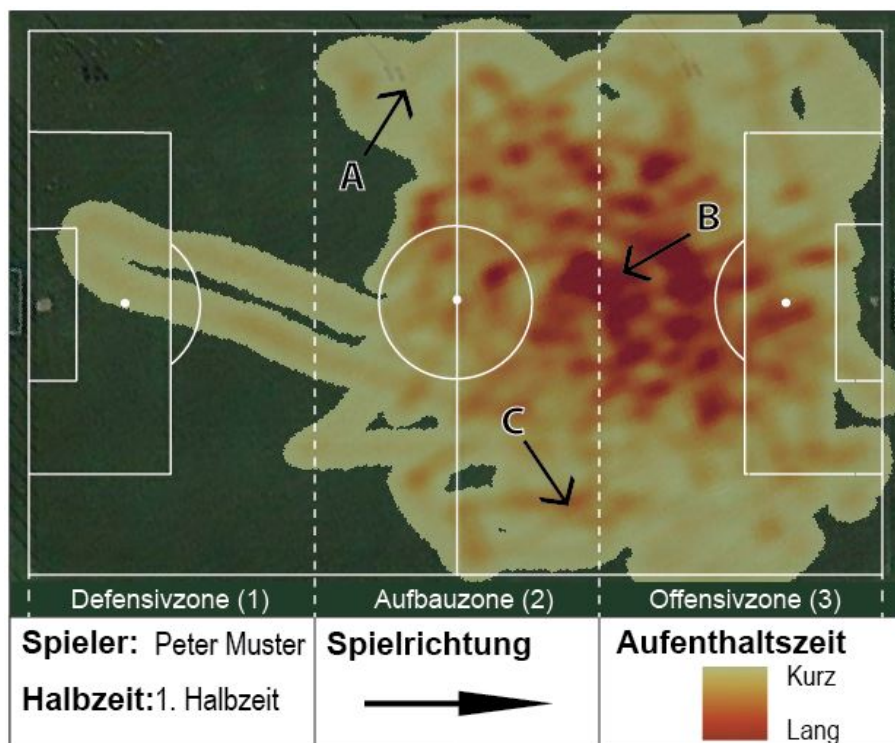


Abbildung 25: Dichtekarte eines Mittelstürmers als Kartentyp2 mit Suchradius = 3 und den Markierungen A,B und C für die Beantwortung der Verständnisfragen.

5 Aufbau der Nutzerstudie zur Evaluation der Dichtekarten

Die erstellten Dichtekarten, die im vorhergehenden Kapitel erläutert worden sind, sollen nun empirisch evaluiert werden. Hierfür wird eine empirische Nutzerstudie als Instrument der Evaluation verwendet. Der Aufbau der Studie und die verwendeten Begrifflichkeiten stammen hauptsächlich von der Anleitung von Purchase (2012). Die Autorin zeigt in ihrem Werk auf, wie Studien mit einer Mensch-Computer Interaktion am besten konzipiert werden. Ergänzt wird der Aufbau der Studie mit Anregungen des Werks von Martin (2007).

5.1 Charakterisierung der Nutzerstudie

Das Ziel der Nutzerstudie ist es, die beiden erstellten Dichtekartentypen miteinander zu vergleichen und gegeneinander zu testen. Dafür gibt es in empirischen Experimenten zwei grundlegende Studiendesigns. Es handelt sich um das *between-subject design* und das *within-subject design* (Martin, 2007; Purchase, 2012). Je nachdem wie man die Teilnehmenden der Fragestellung aussetzen will, wird eine der beiden Studiendesigns gewählt.

Beim *between-subject design* werden die Teilnehmenden nur einer *condition* der unabhängigen Variabel ausgesetzt. Dabei werden die Teilnehmenden in verschiedene Gruppen unterteilt. Die verschiedenen Gruppen werden anschliessend miteinander verglichen.

In dieser Studie wird, wie in Abbildung 26 zu sehen ist, die zweite Methode, das *within-subject design*, angewandt. Das bedeutet, dass alle Teilnehmenden allen *conditions* in allen Fragen ausgesetzt sind. Die beiden *conditions* sind in dieser Studie die beiden Kartentypen und sie werden für den Rest der Arbeit auch so genannt.

Der Hauptvorteil beim *within-subject design* ist, dass die individuelle Variabilität zwischen den Teilnehmenden minimiert wird. Zudem sind insgesamt weniger Teilnehmenden erforderlich und es bedarf weniger Trainings- und Instruktionszeit im Vorfeld der Studie. Der Nachteil ist, dass gewisse Lern- und Ermüdungseffekte der Teilnehmenden die Resultate beeinträchtigen können (Purchase, 2012).

Die beiden Störeffekte können laut Field (2009) die Leistung der Teilnehmenden beeinflussen. Einerseits lernen die Teilnehmenden mit jeder Frage, die sie gestellt bekommen, dazu, was zu einem Vorteil bei der Beantwortung der späteren Fragen dienen kann. Andererseits können die Teilnehmenden im Verlauf der Studie etwas ermüden und somit die Fragen unkonzentrierter beantworten. Dies hat einen negativen Effekt auf die Leistung der Teilnehmenden.

Um dem Lerneffekt entgegenzuwirken, werden die Teilnehmenden in drei Serien aufgeteilt. Die drei Serien werden mit den identischen Fragen konfrontiert, jedoch in einer unterschiedlichen Reihenfolge. Die Reihenfolge der Fragen ist zufällig gewählt. Die Zufallszahlen werden anhand des Online-Umfragetool *Random.org*¹⁰ generiert. Die mit Zufallszahlen generierten Reihenfolgen in den drei unterschiedlichen Serien werden für die anschließende Auswertung wieder auf die gemeinsame Referenzreihenfolge gebracht. Die Referenzreihenfolge und die Reihenfolge der drei Serien ist im Anhang 10.2.2 zu finden. Die vorliegende Studie dauert zudem nur ca. zehn Minuten, deshalb fällt der Ermüdungseffekt der Teilnehmenden nicht ins Gewicht.

Die Fragen werden den Teilnehmenden jeweils zwei Mal (für beide Kartentypen) identisch gestellt. Die Antworten werden jedoch leicht modifiziert zwischen den Kartentypen, um den Wiedererkennungswert der Fragen möglichst zu minimieren.

¹⁰ www.random.org

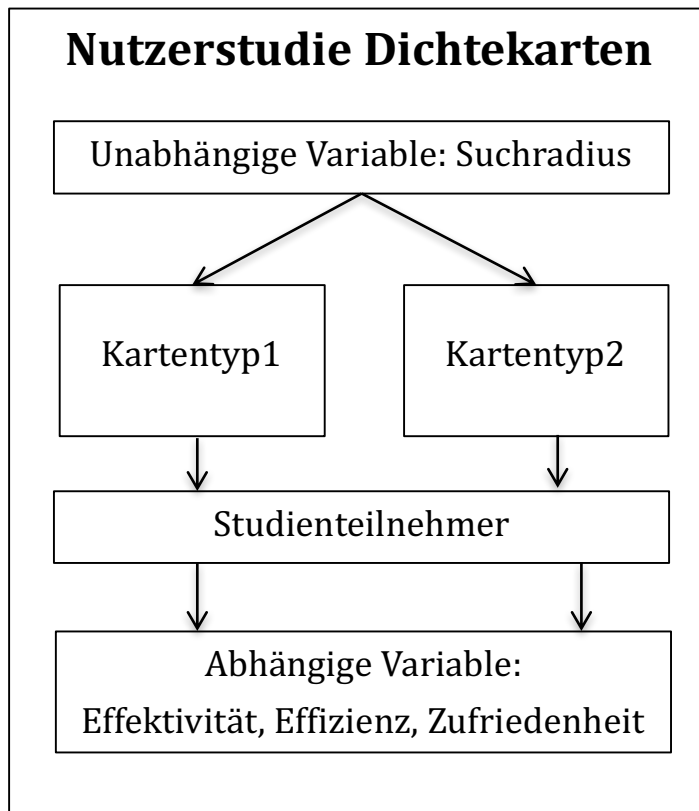


Abbildung 26: Aufbau der within-subject Nutzerstudie

Die Nutzerstudie besteht aus 31 Fragen, welche von allen Teilnehmenden beantwortet werden. Sie sind unterteilt in die folgenden drei Fragetypen: Verständnis, Analyse und Zufriedenheit. Die Fragetypen Verständnis und Analyse gehören zu den Effektivitätsfragen, welche als richtig oder falsch taxiert werden. Daraus können die Leistung der beiden Kartentypen sowie der einzelnen Teilnehmenden berechnet werden. Die Fragen des Fragetyps Zufriedenheit sind als Bewertungsskala aufgebaut. Dabei resultiert eine subjektive Bewertung jedes Teilnehmenden für die entsprechenden Kartentypen1 und 2. Die Bewertung findet jeweils auf einer fünfstufigen Skala statt. Es wurde eine fünfstufige Skala gewählt, da diese für die in Kapitel 6.4.3 beschriebene numerische Auswertung der Zufriedenheit gut geeignet ist. Auf der Skala von 1-5 ist die neutrale Bewertung bei 3. Dies ermöglicht eine saubere Berechnung der Differenz der Mittelwerte zu diesem neutralen Wert 3.

Den genauen Wortlaut der Fragen, die entsprechende Abkürzung jeder Frage sowie die Fragetyp-Zugehörigkeit sind im Anhang 10.2.1 zu finden.

5.2 Die unabhängige Variable

Die unabhängige Variable ist in dieser Nutzerstudie die Parametereinstellung der verwendeten Dichteberechnung. Der Suchradius des Kerndichteschätzers wurde für die beiden Kartentypen unterschiedlich definiert. Es wird ein kleiner Suchradius für Kartentyp1 und ein grösserer Suchradius für Kartentyp2 verwendet. Dieser Unterschied entspricht im Output dem Generalisierungsgrad der Karte. Wie in Kapitel 4 aufgezeigt wird, entstehen dadurch die beiden Karten, welche in der Nutzerstudie gegeneinander getestet werden. Diese Variable der Parametereinstellung wird vor der Studie definiert und ändert sich danach nicht mehr, deshalb wird sie unabhängig genannt (Martin, 2007).

Weitere veränderbare Parameter, wie zum Beispiel die Farbwahl (siehe Kapitel 4.4.2) oder die räumliche Auflösung (siehe Kapitel 4.3.3), wären zusätzliche potentielle unabhängige Variablen gewesen. Die vorliegende Nutzerstudie konzentriert sich jedoch nur auf den Einfluss des Generalisierungsgrades auf die, im nächsten Kapitel erläuterten, abhängigen Variablen.

5.3 Die abhängige Variable

Die abhängigen Variablen in dieser Studie sind die Effektivität, die Effizienz und die Zufriedenheit. Diese drei Variablen sind das Resultat der Interaktion der Teilnehmenden mit den Kartentypen. Diese drei Variablen sind dementsprechend abhängig von den Einschätzungen und Antworten der Teilnehmenden der Studie sowie des Kartentyps. Sie werden gemäss ISO 9241 Standard (ISO, 1998) wie folgt beschrieben:

- Die Effektivität beschreibt die Antwortgenauigkeit der Teilnehmenden. Es sind demnach Fragen, die entweder richtig oder falsch beantwortet werden können.
- Die Effizienz ist die gemessene Zeit, die der Teilnehmenden für die Beantwortung der einzelnen Fragen benötigt.
- Die Zufriedenheit wird anhand von Fragen gemessen, bei denen die Teilnehmenden eine Bewertung zu den entsprechenden Kartentypen auf einer fünfstufigen Skala von (1-5) abgeben müssen.

Die Effektivität wird zudem in zwei weitere Fragetypen, in Anlehnung an die Resultate der Verständnisstufen von Herdal et al. (2015) in ihrer Studie mit jugendlichen Fussballern und Fussballerinnen, unterteilt. In der vorliegenden Arbeit werden den Teilnehmenden daher Verständnis- und Analysefragen gestellt.

5.4 Forschungsfragen und Hypothesen

Der Fokus der Nutzerstudie liegt in der Beantwortung der Forschungsfrage ii. Im Kapitel der Methodik bei der Erstellung von Dichtekarten wird aufgezeigt, wie die beiden zu evaluierenden Dichtekarten entstanden sind. Die beiden Kartentypen, welche unterschiedliche Suchradien in der Dichteberechnung aufweisen, werden auf ihre fussballspezifische Eignung getestet. Es soll folgende Forschungsfrage beantwortet werden:

- ii. Wie sollen Bewegungsdaten in Dichtekarten graphisch dargestellt werden? Welcher Suchradius des Kerndichteschätzers in der Dichteberechnung eignet sich am besten für die einzelnen Fragestellungen der Analysten im Fussball?

Um diese Forschungsfrage beantworten zu können, werden im Vorfeld der Nutzerstudie einige Hypothesen zu den verschiedenen Fragetypen aufgestellt. Die Hypothesen zur Effektivität und deren weiteren Unterteilung in Verständnis und Analyse werden in diesem Kapitel anhand eines Beispiels erläutert. Die Hypothesen zur Effizienz und zur Zufriedenheit werden ebenfalls kurz begründet.

- **Effektivität:**

Hypothese: Kartentyp1 mit geringerem Generalisierungsgrad ist geeigneter für die Beantwortung von fussballspezifischen Fragestellungen.

- **Verständnis:**

Hypothese: Es gibt keinen Unterschied im Fragetyp Verständnis zwischen den Kartentypen.

Beispiel: Fragen 4 (Kartentyp1) und 5 (Kartentyp2 auf Abbildung 25):
An welchem markierten Punkt in der Karte ist die Aufenthaltszeit des
Spielers am längsten?

Auflösung: Der markierte Punkt im dunkelrot eingefärbten Bereich ist
richtig.

Begründung: Die Hypothese wird aufgestellt, da angenommen wird,
dass bei der Farberkennung die Unterschiede zwischen den
Kartentypen nicht markant sind. Allgemein wird vermutet, dass die
Teilnehmenden Mühe bekunden, die Dichtekarte richtig zu lesen,
sprich diese Antwort korrekt zu beantworten.

- **Analyse:**

Hypothese: Kartentyp1 erzielt bessere Leistungswerte beim Fragetyp
Analyse.

Beispiel: Frage 18 und 19 (siehe Anhang 10.2.1): Auf welcher Position
hat der Trainer Ihrer Meinung nach diesen Spieler aufgestellt?

Auflösung: Die richtige Antwort ist, dass der Spieler ein Mittelstürmer
ist. Die sehr geringe Präsenz in der Zone 1 (Defensivzone) ist ein
starkes Indiz dafür, dass es ein Mittelstürmer sein muss.

Begründung: Die Hypothese wird aufgestellt, da angenommen wird,
dass der Spieler bei Kartentyp2 offensiver interpretiert wird.
Kartentyp1 verfügt über mehr Details der einzelnen Trajektorien und
somit sind Bewegungsmuster besser erkennbar. Da mehr Details
sichtbar sind, welche für die Interpretation entscheidend sein können,
wird vermutet, dass Kartentyp1 besser abschneidet.

- **Effizienz:**

Hypothese: Kartentyp1 mit geringerem Generalisierungsgrad benötigt
mehr Antwortzeit für die Beantwortung von fussballspezifischen
Fragestellungen.

Begründung: Diese Hypothese wird aufgestellt, da mehr Details in Kartentyp1 den Teilnehmenden mehr fordern und somit mehr Zeit in Anspruch für die Beantwortung der Frage nehmen könnte.

- **Zufriedenheit:**

Hypothese: Kartentyp1 mit geringem Generalisierungsgrad schliesst in der Zufriedenheit insgesamt besser ab.

Begründung: Da mehr Details in Kartentyp1 für die Analyse sichtbar sind, bewerten die Teilnehmenden diese besser.

5.5 Stimuli der Studie

Der experimentelle Stimulus, wie ihn die Autorin Purchase (2012) definiert, besteht aus der Kombination der *condition* und der Art wie sie dem Teilnehmenden präsentiert wird. Für die Erstellung der Stimuli werden die Daten von vier unterschiedlichen Feldspielern verwendet. Sie spielen auf unterschiedlichen Positionen, wie in Tabelle 3, als Beispiel für Kartentyp1, zu sehen ist. Die Daten stammen aus der zweiten Halbzeit eines 2. Liga Interregional Spiels zwischen dem FC Red Star und dem Team Aargau. Jeder Stimulus wird mit einer ID gekennzeichnet. Die untersten beiden Stimuli 11s und 12s entsprechen der spiegelverkehrten Repräsentation von 11 und 12. Dasselbe wurde für Kartentyp2 gemacht und ist im Anhang 10.2.6 zu finden.

Entscheidend bei der Erstellung der experimentellen Stimuli ist es, dass die Karte genügend gross ist, aber nicht zu gross, sodass die Teilnehmenden auf kleineren Bildschirmen nicht gezwungen werden dauernd scrollen zu müssen. Deswegen wurde darauf geachtet, dass die Studienteilnehmenden die Frage, die Karte und die Antwort möglichst auf einen Blick erkennen.

Tabelle 3: Experimentelle Stimuli von Kartentyp1

Kartentyp	Spiel	Spieler	Position	Halbzeit	Karten-ID
Kartentyp1 (Radius 1)	game2	Philipp	linker Flügel	2	11
	game2	Joel	Mittelstürmer	2	12
	game2	Argjent	Zentral-offensives Mittelfeld	2	13
	game2	Marlon	Rechter Aussernverteidiger	2	14
	game2	Philipp	linker Flügel	2	11s
	game2	Joel	Mittelstürmer	2	12s

5.6 Teilnehmende der Studie

Das wichtigste Auswahlkriterium für die Teilnahme an dieser Studie ist, dass sich der Teilnehmenden intensiv mit fussballspezifischen Fragestellungen auseinandersetzt. Ein solides Vorwissen von technisch-taktischen Fussballgrundkenntnissen ist für eine aussagekräftige Nutzerstudie daher unabdingbar. Aus diesem Grund wird die Studie nur mit Personen durchgeführt, die mindestens auf 2. Liga-Niveau in der Schweiz aktiv sind, was der sechsthöchsten Liga in der Schweiz entspricht. Auf diesem Niveau sind mindestens drei Trainingseinheiten und ein Spiel pro Woche üblich. Mit diesen vier Einheiten pro Woche ist gegeben, dass genügend Vorwissen für die Beantwortung von fussballspezifischen Fragen vorhanden ist.

Zu den Teilnehmenden gehören sowohl Personen die eine ausführende Funktion (aktiver Spieler) als auch Personen, die eine analytische Funktion (Trainer oder Analyst) innehaben. Sie bilden ausserdem gleichzeitig die genaue Zielgruppe solcher Visualisierungen. Aus den oben erwähnten Gründen konnten für die Durchführung dieser Nutzerstudie ca. 40 Teilnehmenden mobilisiert werden.

Die Teilnehmergruppe besteht ausschliesslich aus Männern. Trotzdem wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit die genderneutrale Schreibweise Teilnehmende verwendet. Des Weiteren sind die Teilnehmenden zum grössten Teil zwischen 20 und 35 Jahre alt. Auch diese einseitige Verteilung des Alters ist nicht weiter schlimm, da es genau der Zielgruppe entspricht, die am meisten mit Visualisierungen von Fussballbewegungsdaten interagieren.

Den Teilnehmenden wurde vollständige Anonymität bei der Beantwortung der Fragen garantiert, deshalb wird die Liste der Teilnehmenden hier nicht publiziert. Alle relevanten Daten der Studie werden am Geographischen Institut der Universität Zürich elektronisch und sicher für zehn Jahre aufbewahrt. Den Teilnehmenden wurde im Vorfeld der Studie per Mail ein Einwilligungsformular zugesandt, welches die datenschutztechnischen Details erläutert. Dieses Einwilligungsformular ist im Anhang 10.2.2 zu finden.

5.7 Durchführung der Studie

Die Studie wird mit Hilfe eines Online-Umfragetool¹¹ durchgeführt. Aus diesem Grund ist eine Überwachung der Teilnehmenden während der Beantwortung der Fragen nicht möglich (siehe Kapitel 5.10).

Im Vorfeld der Studie ergab sich die Möglichkeit, dass der Studienleiter sich bei zwei Fussballmannschaften vorstellen konnte, um einen persönlichen Bezug zu den Teilnehmenden aufzubauen. Dies ist sicherlich ein Grund für die hohe Rücklaufquote aller angeschriebenen potentiellen Teilnehmenden. Bei dieser mündlichen Erklärung ging es in erster Linie darum, die Wichtigkeit der Studie hervorheben. Zudem versuchte der Studienleiter den Teilnehmenden zu vermitteln, dass sie mit dem Ausfüllen der Studie ihren Teil dazu beitragen können, die Analyse anhand von Visualisierungen im Fussball zu verbessern.

Die Einladung zur Teilnahme erfolgte per Mail. Dieses Mail beinhaltete eine kurze Erklärung zu Dichtekarten. Zudem wurden die Teilnehmenden auf die Legende und die Spielrichtung der experimentellen Stimuli hingewiesen. Dies, damit das Risiko minimiert wird, dass die Teilnehmenden die Aufgabenstellungen entweder überhaupt nicht oder falsch verstehen und dadurch das Resultat verfälschen. Das Mail mit der Einladung, der kurzen Einführung und weiteren Anweisungen ist im Anhang 10.2.4 zu finden.

Als Probelauf vor der Nutzerstudie wurde mit drei Personen eine Pilotstudie durchgeführt. Jeder Pilotteilnehmenden wurde einer Serie zugewiesen. Dadurch konnte der gesamte Prozess einmal durchgespielt werden. Dank den

¹¹ www.onlineumfragen.com

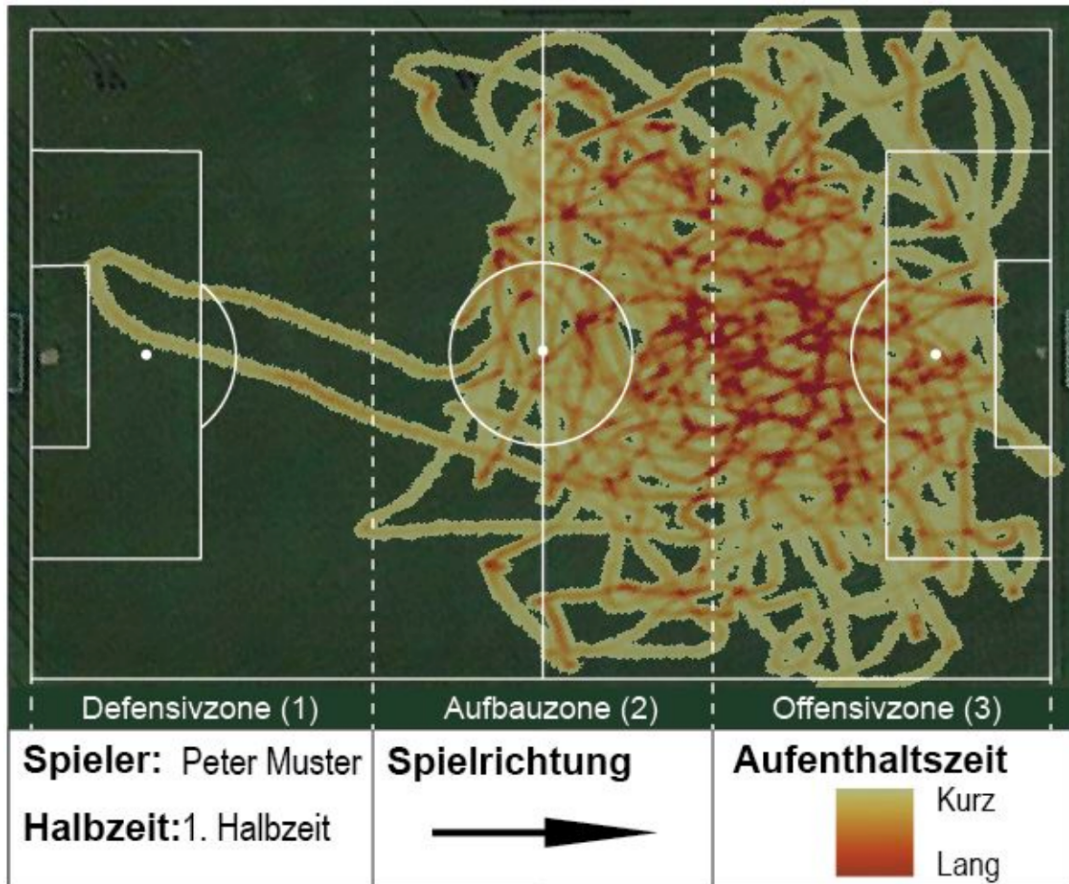
Rückmeldungen der Pilotteilnehmenden konnten kleinere Unsicherheiten in der Fragestellung verbessert sowie einige Flüchtigkeitsfehler ausgemerzt werden. Somit wurde sichergestellt, dass alle Fragen verständlich und die dazugehörigen Antworten plausibel sind.

5.8 Aufgabestellung der Studie

Der sogenannte *experimental task* (Purchase, 2012) bezeichnet die Aufgabestellung der Studie. Die Teilnehmenden wurden vor der Studie mündlich und schriftlich gebeten, die Fragen so gut wie möglich zu beantworten. Jede der 31 Fragen besteht aus der formulierten Fragestellung, einer zu bewertenden Karte und aus einer Auswahl von Antwortmöglichkeiten. Ein Beispiel der Aufgabestellung finden Sie in der unten aufgeführten Abbildung 27.

Frage 18

Auf welcher Position hat der Trainer Ihrer Meinung nach diesen Spieler aufgestellt?



- Mittelstürmer
- Zentral offensives Mittelfeld
- Zentral defensives Mittelfeld
- Kann ich anhand dieser Abbildung nicht beurteilen.

Abbildung 27: Aufgabenstellung des Fragetyps Analyse (Frage 18) von Kartentyp1

5.9 Verallgemeinerung der Resultate

Damit mit der vorliegenden Arbeit ihr Teil zur Forschung sowohl in der GIScience wie auch in der Sportanalytik beigetragen werden kann, ist es wichtig, dass die Resultate auf weitere Anwendungsbeispiele übertragen werden können. Gemäss unserem Wissen fehlt eine empirische Untersuchung über die geeigneten Parametereinstellungen der Bandbreite des Kerns bei Dichtekarten für kleinräumige Bewegungsdaten. Deshalb können die Erkenntnisse der

Nutzerstudie über fussballspezifische Fragestellungen auch für andere Forschungsfelder interessant sein.

5.10 Limitierung der Studie

Da es sich um ein Web-Experiment handelt, hat der Studienleiter keine genaue Überwachungsmöglichkeit der Teilnehmenden. Dadurch ist es schwer zu sehen, ob die Teilnehmenden das Experiment seriös durchführen und ob die demographischen Hintergrundinformationen wahrheitsgetreu angegeben wurden. Die weiteren negativen Effekte von Web-Experimenten, die Purchase (2012) aufzeigt, treffen auf diese Studie nicht zu. Zum Beispiel können die Teilnehmenden die Studie nicht mehrmals durchführen, da dies anhand der automatisch erfassten Emailadresse erkannt werden würde.

Die fehlende Kontrolle während der Durchführung des Experiments ist speziell kritisch bei der verwendeten Bildschirmgröße. Die Studie sollte nicht über ein Mobiltelefon durchgeführt werden, da dort die Bildschirmgröße viel zu klein ist, um die gesamte Dichtekarte darstellen zu können.

Um den aufgezeigten Limitierungen dieser Studie entgegenzuwirken, hat der Studienleiter drei Schritte im Vorfeld der Studie unternommen. Erstens hat sich der Studienleiter persönlich bei den Teilnehmenden vorgestellt und die Regeln ein erstes Mal erläutert. Zweitens wurden im Mail die Teilnahmebedingungen ausführlich dargelegt und zum Schluss wurden im Vorwort der Studie die wichtigsten Punkte nochmals zusammengefasst.

Für die Teilnehmenden, die keinen Zugang zu einem Rechner mit entsprechender Bildschirmgröße hatten, konnte der Studienleiter vor und nach den Trainingseinheiten einen zur Verfügung stellen. Diesen konnten sie problemlos verwenden, um die Studie durchzuführen.

Trotz den aufgezeigten Limitierungen ist es sinnvoll eine solche Umfrage als Web-Experiment durchzuführen, weil dadurch eine grosse Anzahl an Teilnehmenden erreicht werden kann. Für die statistische Signifikanz der Resultate ist dies von entscheidender Bedeutung (Purchase, 2012). Die Resultate der Nutzerstudie sind im folgenden Kapitel aufgeführt.

6 Resultate der Nutzerstudie

Der Output der Antworten der Nutzerstudie kann in Form einer Exceldatei aus dem verwendeten Online-Umfragetool ¹² heruntergeladen werden. Diese Rohdaten werden in die Opensource Software R-Studio geladen und weiterverarbeitet. Für die Fragen des Verständnisses und der Analyse werden die Rohdaten in binäre Werte «richtig» und «falsch» umgewandelt. Somit kann die Leistung der einzelnen Teilnehmenden und das Abschneiden der einzelnen Kartentypen pro Frageblock und Frage herausgefunden werden.

Für die Fragen bezüglich der Zufriedenheit der Nutzer mit den beiden Kartentypen können die Bewertungsskalen als ordinale Werte betrachtet oder als Verhältnis-Daten interpretiert werden. Die Handhabung von Bewertungsdaten ist eine immer wieder diskutierte Frage in der Statistik. Für diese Nutzerstudie werden die Zufriedenheitswerte sowohl als ordinale wie auch als Verhältnis-Daten behandelt und analysiert. Die Skripts, die zur Verarbeitung der Nutzerstudie gebraucht wurden, sind auf der Daten-CD abgelegt.

Die Resultate werden jeweils zuerst graphisch dargestellt und in einem zweiten Schritt statistisch getestet. Da alle Teilnehmenden allen *conditions* begegnen, wird für die statistischen Tests bei den Verständnis- und Analysefragen eine *GLM repeated measures*, mittels der Software SPSS, angewandt (Field, 2009). Dabei wird aufgezeigt, welchen Einfluss die Kartentypen, als unabhängige Variablen, auf die Effektivität und Effizienz der Nutzer haben.

Für die statistische Auswertung der Zufriedenheitsfragen werden *t-Tests* verwendet, da man die Mittelwerte der Bewertungsdaten miteinander vergleicht. Für die *GLM repeated measures* wie auch für die *t-Tests* wird das

¹² www.onlineumfragen.com

Signifikanzniveau auf 0.05 festgelegt. Die Diskussion aller Resultate folgt im Kapitel 7.

6.1 Beteiligung an der Nutzerstudie

Insgesamt ist die Einladung für die Teilnahme an der Umfrage an 66 Personen versandt worden. Der Rücklauf von beantworteten Fragebogen beläuft sich auf 41 (18 in Serie 1, 8 in Serie 2, 17 in Serie 3). Zwei Teilnehmenden haben die Umfrage abgebrochen. Es handelt sich dabei um Teilnehmenden mit der UserID-13498788 aus Serie 3 und UserID-13499825 aus Serie 2. Diese Teilnehmenden sind komplett aus dem auszuwertenden Datensatz entfernt worden, da sie nur die ersten zwei Fragen beantwortet haben.

Eine Testperson ist farbenblind. Diese wurde im Prozess der Auswertung genau beobachtet. Da die farbenblinde Person eine überdurchschnittliche Leistung (siehe Abschnitt 4.4.2) erbracht hat, zählt sie zur Auswertung mit wie jeder andere Teilnehmenden. Für die Auswertung der Resultate stehen somit die Antworten von 39 Teilnehmenden zur Verfügung, welche die Studie vollständig ausgefüllt haben.

6.2 Effektivität der Teilnehmenden

Bei der abhängigen Variablen Effektivität kann kein Unterschied zwischen den Kartentypen erkannt werden. Der Anteil korrekt beantworteter Fragen beträgt bei Kartentyp1 73.2% und bei Kartentyp2 72.4%. Die Terme Effektivität und Antwortgenauigkeit werden im weiteren Verlauf der Arbeit als Synonyme verwendet.

Tabelle 4: Antwortgenauigkeit global (n=39)

Kartentyp	Erreichte Punktzahl	Maximal Punktzahl	Korrekte Antworten in Prozent [%]	Standardabweichung
Kartentyp1	257	351	73.22	14.36
Kartentyp2	254	351	72.36	15.69

Für die Auswertung der Effektivität werden achtzehn Fragen betrachtet. Es handelt sich dabei um je drei Verständnisfragen und je sechs Analysefragen pro Kartentyp. Jede Frage wird somit jedem Teilnehmenden zwei Mal gestellt, jedoch mit unterschiedlichen Kartentypen. Dabei ist die Fragestellung identisch, nur die Antwortmöglichkeiten und der Kartentyp sind unterschiedlich.

Die maximal zu erreichende Punktzahl pro Teilnehmenden und Kartentyp liegt bei 9. Die maximale Punktzahl pro Kartentyp ergibt sich aus $n=39$ multipliziert mit 9 Punkte pro Teilnehmenden also 351. Die absolute Anzahl und der prozentuale Anteil korrekt beantworteter Fragen aller Teilnehmenden aufgeteilt in Kartentyp ist in Tabelle 4 aufgeführt und in Diagramm 1 illustriert. Die ähnliche Antwortgenauigkeit pro Karte wird von einer ähnlichen Standardabweichung begleitet.

Um die Streuung der Antwortgenauigkeit um den Mittelwert betrachten zu können, wird hier die Standardabweichung über die 39 Teilnehmenden gerechnet. Dabei wird davon ausgegangen, dass die aggregierten Leistungswerte pro Teilnehmer (erreichte Punktzahl aus 9 Effektivitätsfragen) weder als eigene Stichprobe, noch als Mittelwert betrachtet werden. Erst beim Aggregieren der «richtig» und «falsch» Antworten zur erreichten Punktzahl pro Teilnehmer geben die Antworten einen Wert pro Teilnehmenden.

Eine andere Sichtweise besteht darin, dass eine richtige Antwort den Wert 1 und eine falsche Antwort den Wert 0 besitzt. Die erreichte Punktzahl der 9 Antworten pro Teilnehmer kann als Mittelwert einer Stichprobengruppe (mit 9 Beobachtungen pro Gruppe) betrachtet und errechnet werden. Dadurch entspricht die oben berechnete Standardabweichung über die 39 errechneten Mittelwerte (sprich über die 39 Teilnehmenden) dem Standardfehler (Field, 2009). Es muss dennoch festgehalten werden, dass die so betrachteten Stichprobengruppen nicht zufällig aus der Gesamtheit von 351 Antworten gezogen wurden, sondern sie gehören jedem Teilnehmenden einzeln. Dadurch verliert die Betrachtung des berechneten Wertes als Standardfehler etwas an Aussagekraft, da die Stichproben an die Teilnehmer gebunden sind. Ein Rückschluss von dieser Standardabweichung, mittels Multiplikation mit $\sqrt{\text{Stichprobengrösse} = 9}$, auf die Gesamtheit ist dementsprechend nur begrenzt anwendbar.

Dasselbe könnte auch umgekehrt über die Fragen anstatt über die Teilnehmenden aggregiert betrachtet werden. Die Stichprobengröße wäre in diesem Fall 39. Der Mittelwert über die 9 Fragen ist der Gleiche wie bei der Betrachtung über den Teilnehmenden (siehe oben), aber die Standardabweichung wäre unterschiedlich. Die gleiche Überlegung betreffend anderer Sichtweise gilt auch bei dieser Betrachtung,

Aus den genannten Gründen werden die folgenden Diagramme der Effektivität mit Standardabweichung der Antwortgenauigkeit der 39 Teilnehmenden dargestellt.

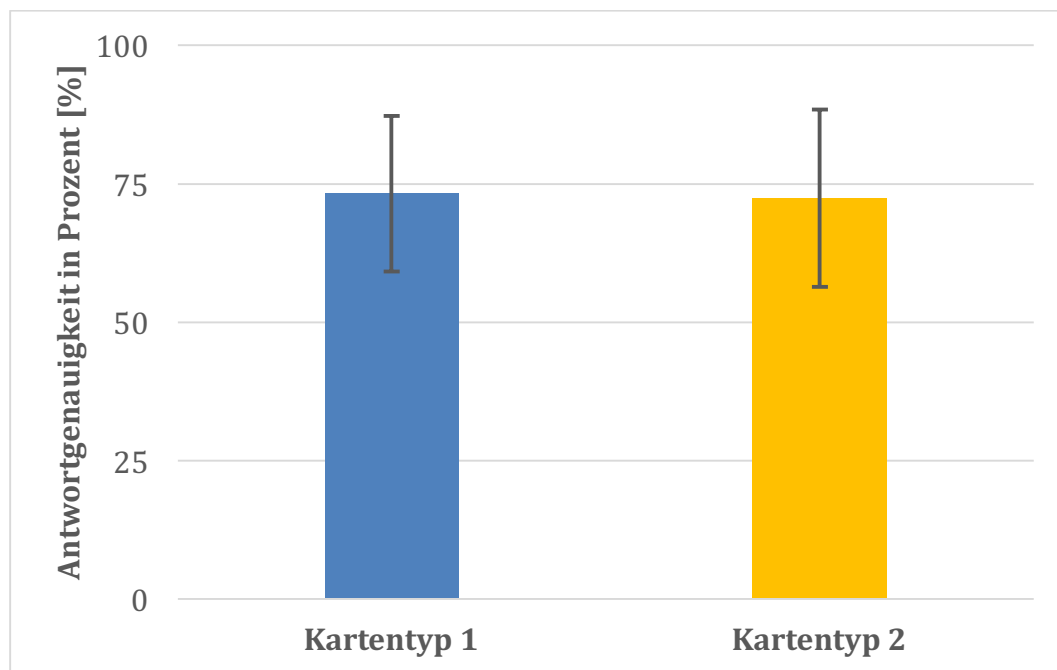


Diagramm 1: Prozentualer Anteil korrekt beantworteter Fragen nach Kartentyp mit Standardabweichung (n=39)

Die Varianzanalyse *GLM repeated measures* zeigt auf, dass kein signifikanter Unterschied in der Antwortgenauigkeit zwischen Kartentyp1 und Kartentyp2 besteht ($F = 0.238$, $p = 0.628 \gg 0.05$, $n = 39$). Der entsprechende SPSS Output ist im Anhang 10.4.1 zu finden. Zudem ist der gesamte SPSS-Output dieses und aller folgenden Tests auf der Daten-CD abgelegt.

6.2.1 Resultate nach Fragetyp Verständnis und Analyse

Die Werte der Antwortgenauigkeit können weiter in die beiden Fragetypen Verständnis und Analyse unterteilt werden. Die absoluten Werte sind der Tabelle 5 zu entnehmen und die graphische Darstellung mit der entsprechenden Standardabweichung ist in Diagramm 2 zu sehen.

Tabelle 5: Effektivität aufgeteilt in Verständnis- und Analysefragen (n=39) mit Standardabweichung

Kartentyp	Fragetyp	Erreichte Punktzahl	Maximal Punktzahl	Korrekte Antworten in Prozent [%]	Standardabweichung
Kartentyp1	Verständnis	112	117	95.73	13.64
Kartentyp2	Verständnis	113	117	96.58	10.25
Kartentyp1	Analyse	145	234	61.97	19.85
Kartentyp2	Analyse	141	234	60.26	22.17

Die Verständnisfragen (95.7% für Kartentyp1 und 96.6% für Kartentyp2) wurden von allen Teilnehmenden sehr gut gelöst, währendem die Analysefragen mit rund 60% Antwortgenauigkeit jedoch relativ schlecht gelöst wurden. Auffallend ist dabei, dass der Kartentyp einen sehr kleinen Einfluss auf die Antwortgenauigkeit der Teilnehmenden hat. Diagramm 2 zeigt die geringen Unterschiede in der Antwortgenauigkeit zwischen den beiden Kartentypen. Die Standardabweichung ist bei den Analysefragen deutlich grösser als bei den Verständnisfragen. Das bedeutet, dass die Teilnehmenden eine grössere Streuung bei der Antwortgenauigkeit bei den Analysefragen aufweisen als bei den Verständnisfragen.

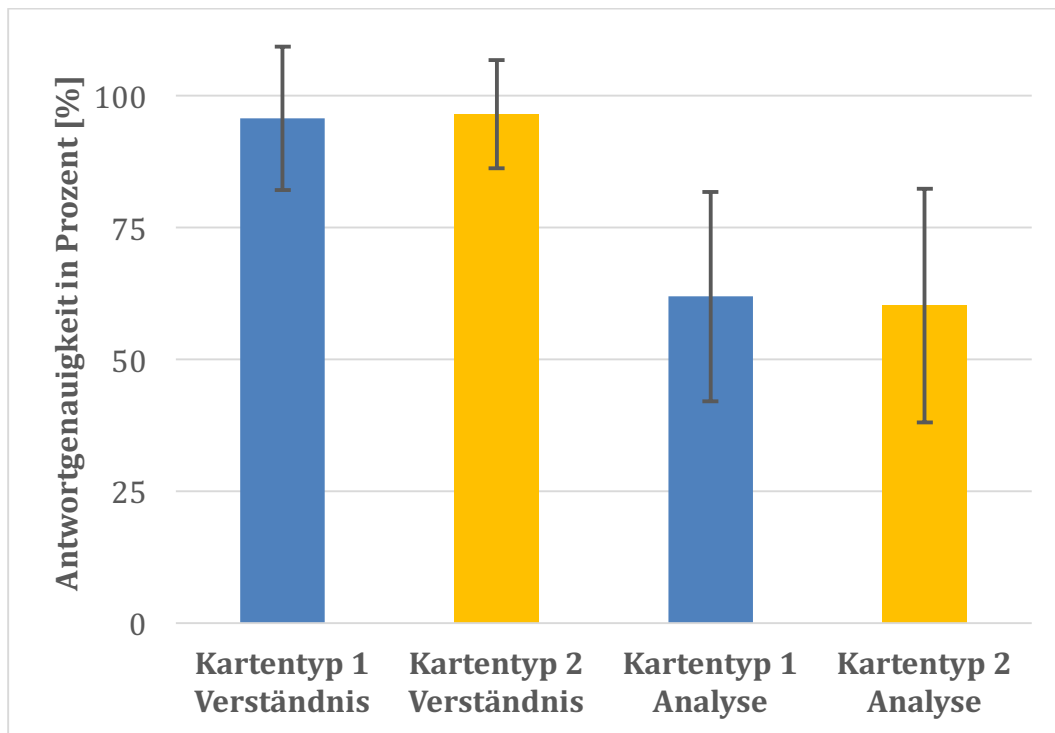


Diagramm 2: Prozentualer Anteil korrekt beantworteter Fragen pro Kartentyp und Fragetyp mit entsprechender Standardabweichung (n=39)

Im Diagramm 3 werden der Kartentyp1 und Kartentyp2 gegeneinander geplottet. Dabei ist zu sehen, wie beide Kartentypen bei den Verständnisfragen sehr gut und bei den Analysefragen eher schlecht abschneiden. Dass die globale Antwortgenauigkeit dazwischenliegt, ist die logische Folge davon. Die globale Antwortgenauigkeit wurde absichtlich ohne Füllung dargestellt, damit im Falle einer Überlappung des Verständnis- und des Analysefragetyps, die entsprechenden Daten immer noch visuell erkennbar sind. Dies trifft für den Datenpunkt (Kartentyp1=67%, Kartentyp2=67%) zu.

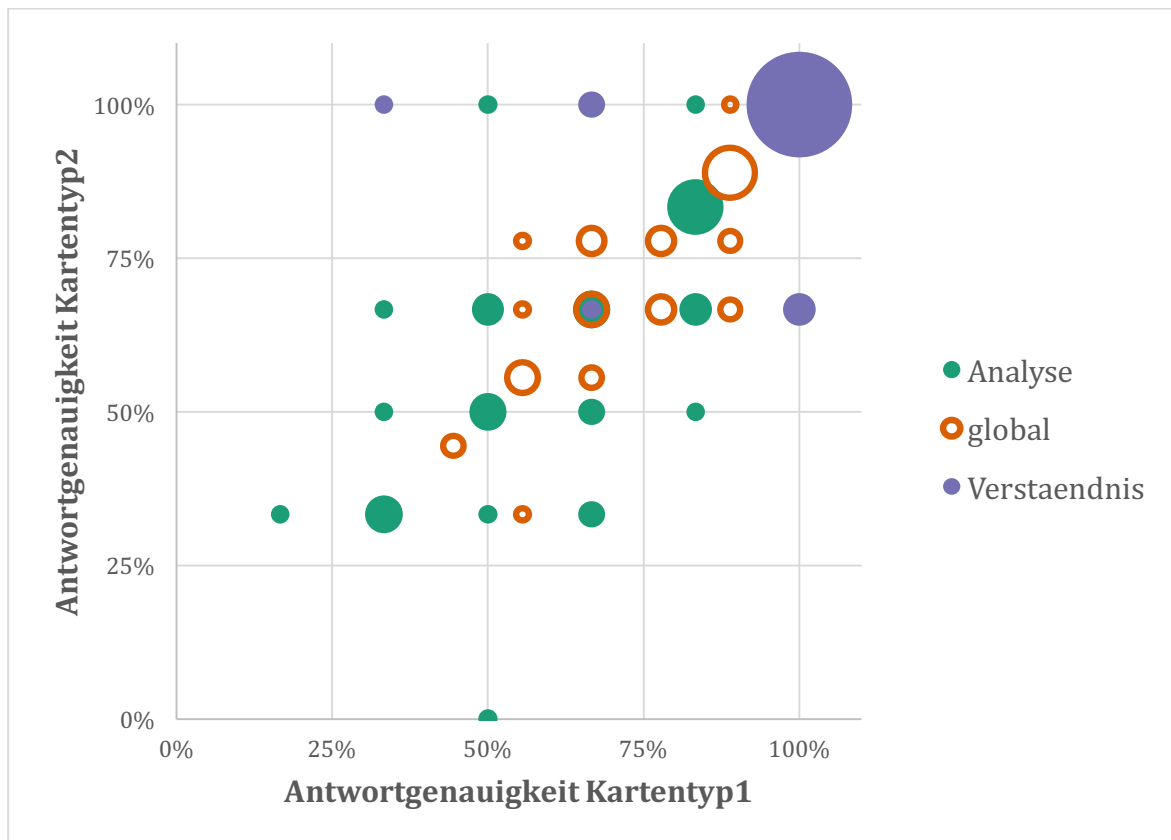


Diagramm 3: Antwortgenauigkeit aufgeteilt pro Fragetyp und nach Häufigkeit skaliert (n=39)

Die Grösse der Kreise entspricht der Anzahl Teilnehmenden, die die entsprechende Antwortgenauigkeit erreicht haben. Der grosse Kreis der Verständnisfragen mit 100% bei beiden Kartentypen in der oberen rechten Ecke entspricht 32 Teilnehmenden. Der Kreis der Analysefragen (grün eingefärbt) mit je 33% korrekt beantworteten Fragen entspricht vier Teilnehmenden. Die kleinsten aufgeführten Punkte entsprechen jeweils einem Teilnehmenden. Da es nur drei Verständnisfragen gibt, ist es leicht einzusehen, dass die Punkte auf beiden Achsen auf die Werte 0%, 33%, 66%, und 100% begrenzt sind. Bei den sechs Analysefragen sind es deren sieben mögliche Positionen pro Achse.

Im Diagramm 4 ist zu sehen, dass die Analysefragen 5 und 6 sehr gut beantwortet und die Analysefragen 8 und 9 schlecht beantwortet wurden. Dieser grosse Unterschied innerhalb der Analysefragen ist auf den Schwierigkeitsgrad der Fragen zurückzuführen. Dies wird in der Diskussion der Effektivität genauer abgehandelt. Die genaue Formulierung der Fragestellung ist im Anhang 10.2.1 unter der Spalte «Nummer in Graphik» zu finden.

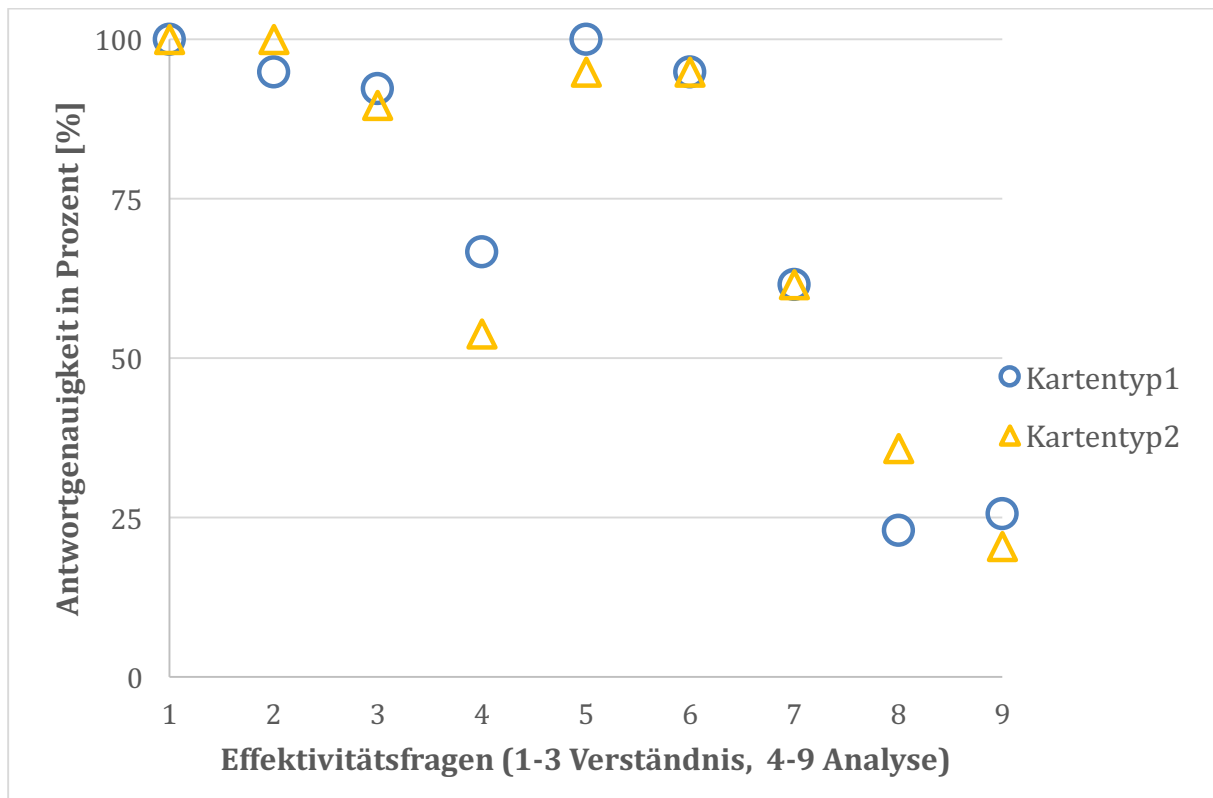


Diagramm 4: Antwortgenauigkeit der einzelnen Effektivitätsfragen nach Kartentyp (n=39)

Zwischen den Kartentypen ist kein markanter Unterschied sichtbar. Bei drei Fragen weisen die Kartentypen identische Antwortgenauigkeiten auf. Bei weiteren vier Fragen ist der Unterschied sehr klein. Die Beantwortung der Fragen vier und acht zeigen einen etwas deutlicheren Unterschied zwischen den Kartentypen. Kartentyp1 erzielt eine leicht bessere Antwortgenauigkeit bei Frage 4, während für die Frage 8 Kartentyp2 leicht besser abschneidet. Ausser der sehr grossen Ähnlichkeit ist es daher schwer daraus ein Muster zu erkennen. Diese Ähnlichkeit in der Antwortgenauigkeit zwischen den Kartentypen wird in den folgenden Kapiteln statistisch näher beschrieben.

Aufgrund der zufälligen Reihenfolge der Fragen in drei unterschiedlichen Serien ist ein Lerneffekt, wie im Kapitel der Methodik aufgezeigt wird, auszuschliessen.

Die Funktion der Teilnehmenden, sprich ob sie als Spieler oder als Trainer tätig sind, wurde ebenfalls untersucht. In der Nutzerstudie haben 33 Spieler und sechs Trainer teilgenommen. Wie dem Diagramm im Anhang 10.2.5 zu entnehmen ist, gibt es in der Antwortgenauigkeit zwischen Spielern und Trainern keine bedeutsamen Unterschiede.

6.2.2 Verständnis

Die Varianzanalyse *GLM repeated measures* zeigt auf, dass kein signifikanter Unterschied in der Antwortgenauigkeit zwischen Kartentyp1 und Kartentyp2 bei den Verständnisfragen besteht ($F = 1.09$, $p = 0.744 \gg 0.05$, $n = 39$). Diese statistischen Werte sind im Anhang 10.4.2 zu finden.

6.2.3 Analyse

Die Varianzanalyse *GLM repeated measures* zeigt auf, dass kein signifikanter Unterschied in der Antwortgenauigkeit zwischen Kartentyp1 und Kartentyp2 bei den Analysefragen besteht ($F = 0.342$, $p = 0.562 \gg 0.05$, $n = 39$). Diese statistischen Werte sind im Anhang 10.4.3 zu finden.

6.2.4 Distanzfrage

Die Distanzfrage gehört von der Struktur des Fragebogens her zu den Analysefragen. Sie wird jedoch einzeln erklärt. Sie kann als Vergleichsfrage (der beiden Kartentypen) nicht in die vorher beschriebene quantitative Auswertung integriert werden.

Bei dieser Distanzfrage wurde der Teilnehmenden mit je einer Karte von Kartentyp1 und Kartentyp2 desselben Spielers und derselben Halbzeit konfrontiert. Der einzige Unterschied dabei war, dass Kartentyp2 spiegelverkehrt dargestellt wurde. Dies um zu vermeiden, dass die Teilnehmenden diese Karte sofort als die identische Karte erkennen. Auf die Frage welcher Spieler mehr Distanz zurückgelegt hat, ergibt sich folgende Antwortverteilung (siehe Diagramm 5). Die richtige Antwort ist «Beide genau gleich viel». Dies haben lediglich 20.5% der Teilnehmenden korrekt beantwortet. Erstaunlicherweise haben sich ein Viertel der Teilnehmenden für Kartentyp1 oder Kartentyp2 entschieden, was einer falschen Antwort entspricht. Kartentyp1 überwiegt dabei mit einem Anteil von 17.9% im Vergleich zu Kartentyp2 mit 7.7%. Im Kommentarfeld haben die entsprechenden Teilnehmenden begründet, dass aufgrund der einzelnen Trajektorien, die in Kartentyp1 sichtbar sind, der Spieler mehr Distanz absolviert haben muss.

Auffallend ist ebenfalls die grosse Anzahl Teilnehmenden, die die Antwort "Kann ich anhand dieser Abbildung nicht beurteilen" gewählt haben. Dies ist ein Zeichen dafür, dass viele Nutzer verstehen, dass anhand einer Dichtekarte keine quantitativen Aussagen über die zurückgelegte Distanz gemacht werden können.

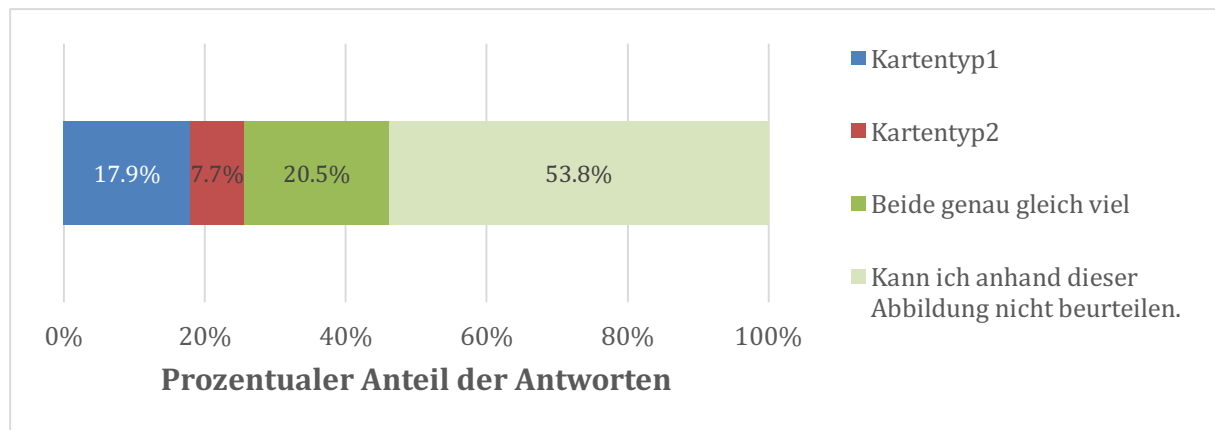


Diagramm 5: Antwortverteilung auf die Frage «Welcher Spieler hat mehr Distanz zurückgelegt?» (n=39)

6.3 Effizienz der Teilnehmenden

Die Effizienz als eine der abhängigen Variablen wird anhand der gemessenen Antwortzeit pro Frage in Sekunden analysiert. Da einige Teilnehmenden Antwortzeiten von bis zu 1200 Sekunden (zwanzig Minuten) pro Frage aufwiesen, mussten diese Ausreisser von den Rohdaten entfernt werden. Nach genauem Betrachten des Histogramms und der Überlegung, wie lange eine Antwortzeit maximal dauern soll, wurde festgelegt, dass alle Werte über 120 Sekunden pro Frage gelöscht werden. Die einzelnen sehr hohen Werte sind mit grosser Wahrscheinlichkeit durch Ablenkung des Teilnehmenden beim Ausfüllen der Studie zu erklären. Sie entsprechen ca. 5.0% aller Werte. Da pro Teilnehmer die mittlere Antwortdauer pro Frage ermittelt wurde, sind in der schlussendlichen Effizienz immer noch 39 Teilnehmende zu untersuchen.

Tabelle 6: Effizienz aufgeteilt in Verständnis- und Analysefragen mit Standardabweichung (n=39)

FrageTyp	Kartentyp	Mittlere Antwortdauer pro Teilnehmer in s	Standardabweichung
Global	Kartentyp1	29.75	9.62
Global	Kartentyp2	31.21	10.64
Verständnis	Kartentyp1	18.53	7.8
Verständnis	Kartentyp2	18.64	9.24
Analyse	Kartentyp1	36.91	18.18
Analyse	Kartentyp2	38.67	16.66

Aufgrund dieser Bereinigung wird in den folgenden beiden Illustrationen (Diagramm 6 und Diagramm 7) die mittlere Antwortzeit pro Frage aufgezeigt. Zudem entspricht der Fehlerbalken der Standardabweichung über den 39 Teilnehmenden. Wie im vorhergehenden Unterkapitel erläutert, ist ein Rückschluss von dieser Standardabweichung auf die Gesamtheit nur begrenzt anwendbar, da die Stichproben auf die Teilnehmer aggregiert sind.

Im Anschluss an die Illustration der mittleren Antwortzeit und der Standardabweichung werden die Unterschiede statistisch untersucht.

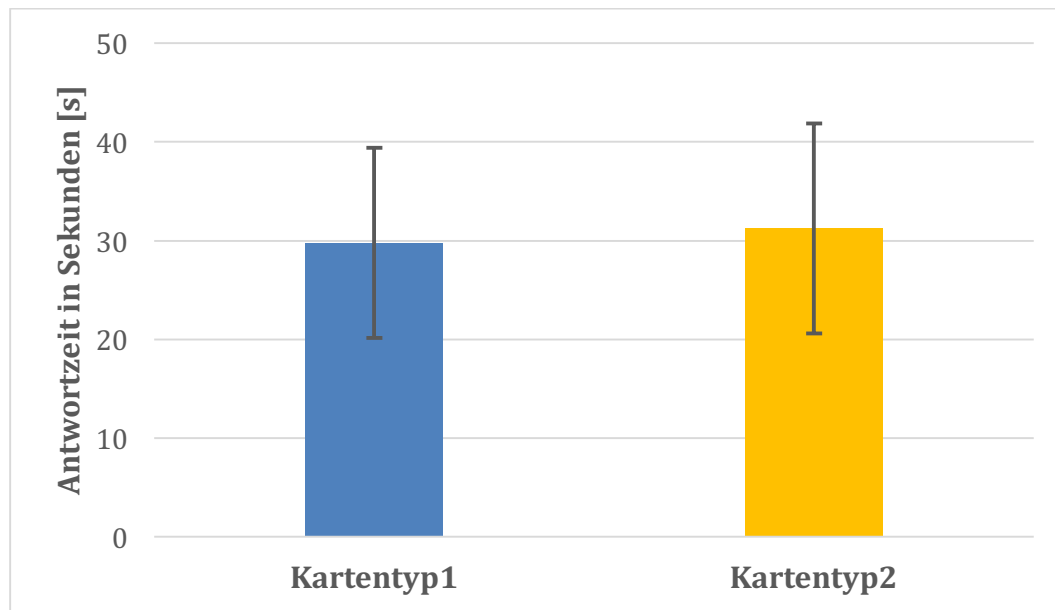


Diagramm 6: Mittlere Antwortzeit pro Effektivitätsfrage in Sekunden pro Kartentyp mit entsprechender Standardabweichung (n=39)

Die mittlere Antwortzeit pro Frage, nachdem die Ausreisser entfernt wurden, unterscheidet sich zwischen Kartentyp1 (29.8 Sekunden mit Standardabweichung von 9.62) und Kartentyp2 (31.2 Sekunden mit Standardabweichung von 10.64) nur gering.

Im Diagramm 7 wird die Effizienz auf die beiden Fragetypen aufgeteilt und entsprechend analysiert. Die mittlere Antwortzeit bei Kartentyp1 beträgt für die Analysefragen 36.9 Sekunden und für die Verständnisfragen 18.5 Sekunden. Für Kartentyp2 sind ähnliche Werte erkennbar, nämlich 38.6 Sekunden und 18.6 Sekunden. Zudem ist in Diagramm 7 der Standardabweichung ersichtlich. Dieser beträgt für Kartentyp1 (Verständnis: 7.8 und Analyse: 18.18) und für Kartentyp2 (Verständnis: 9.24 und Analyse: 16.77). Die visuellen Erkenntnisse der beinahe identischen Effizienz zwischen den Kartentypen werden nun statistisch getestet.

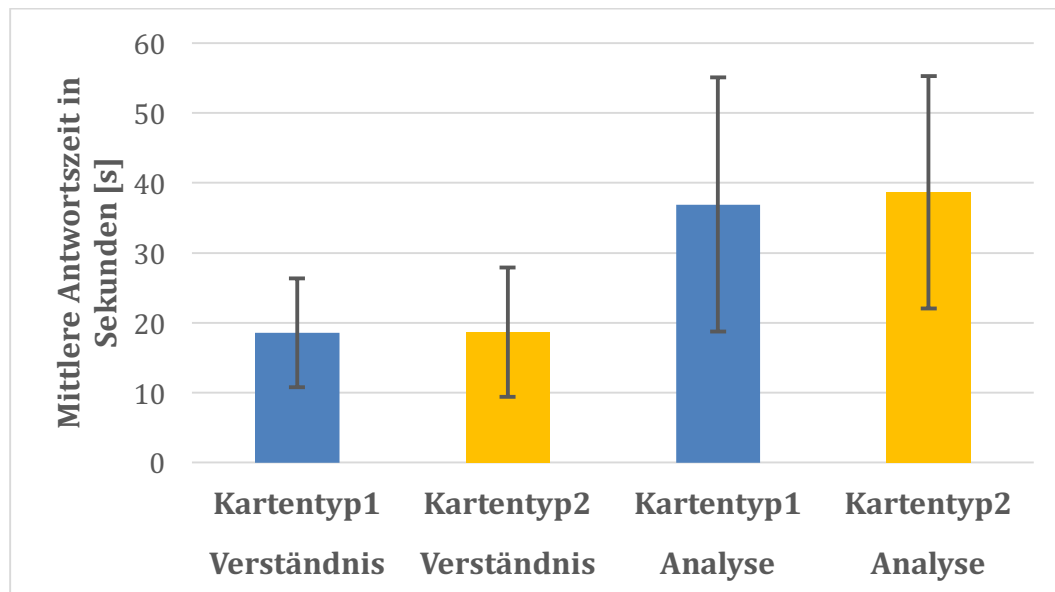


Diagramm 7: Mittlere Antwortzeit in Sekunden pro Kartentyp aufgeteilt in die beiden Fragetypen Verständnis und Analyse mit entsprechender Standardabweichung (n=39)

Die Varianzanalyse *GLM repeated measures* aller Effektivitätsfragen zeigt auf, dass kein signifikanter Unterschied in der Antwortdauer zwischen Kartentyp1 und Kartentyp2 besteht ($F = 1.289$, $p = 0.263 \gg 0.05$, $n = 39$). Ähnliche Werte ergeben sich auch, wenn die Aufteilung in die Fragetypen Verständnis ($F = 0.006$, $p = 0.937 \gg 0.05$, $n = 39$) und Analyse ($F = 0.520$, $p = 0.475 \gg 0.05$, $n = 39$) berücksichtigt werden. Der Kartentyp hat somit keinen Einfluss auf die abhängige Variable der Effizienz. Diese statistischen Werte sind im Anhang 10.4.4 bis 10.4.6 zu finden.

6.4 Zufriedenheit der Teilnehmenden

Um herauszufinden, ob die Teilnehmenden einen der beiden Kartentypen bevorzugen, wurden sie mit einer Reihe von Zufriedenheitsfragen konfrontiert. Wie in der Übersicht der gestellten Fragen im Anhang 10.2.1 zu sehen ist, beginnt die Studie mit einer Zufriedenheitsfrage. Diese Einstiegsfrage, wie die Kartentyp1 und Kartentyp2 auf den ersten Blick gefallen, ergibt folgende Erkenntnisse (siehe Diagramm 8). Für die folgenden Balkendiagramme der

Bewertungsverteilung wird die von Colorbrewer¹³ vorgeschlagene divergierende Farbskala («5-class PRG») verwendet.

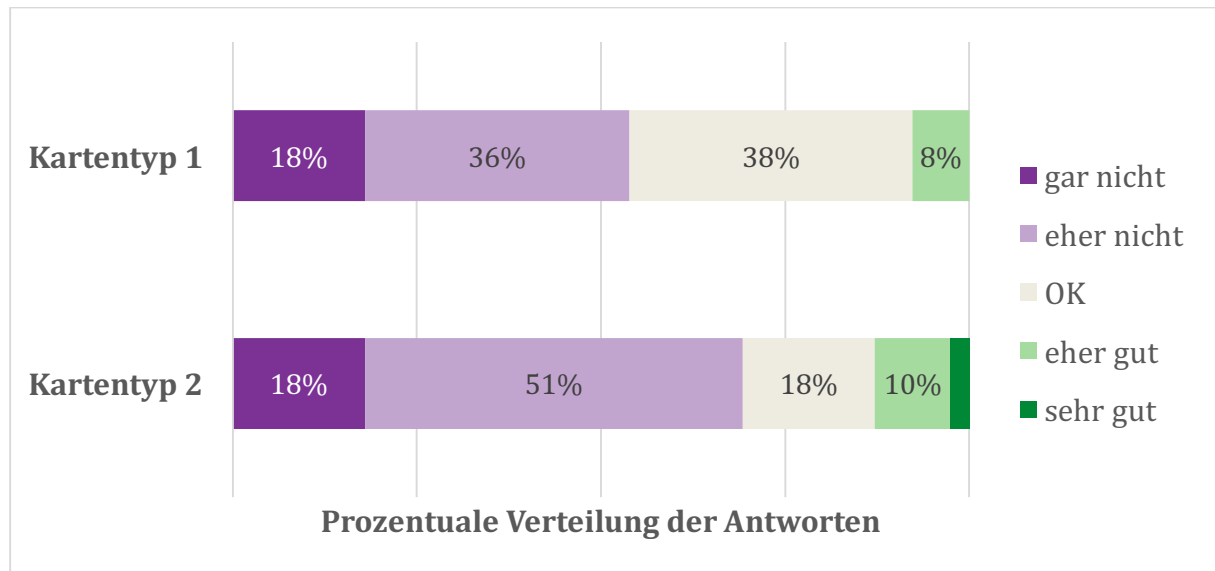


Diagramm 8: Prozentuale Bewertungsverteilung der Zufriedenheit auf den ersten Blick (n=39)

Im obigen Diagramm sind keine markanten Unterschiede in der Zufriedenheit auf den ersten Blick zu erkennen. Dennoch lassen der hohe Anteil (69%) an «gar nicht» und «eher nicht» Antworten bei Kartentyp2 vermuten, dass sich Kartentyp2 leicht weniger angenehm auf die Teilnehmenden auswirkt. Einer Person gefällt dieser Kartentyp jedoch sehr gut. Allgemein kann man sagen, dass Kartentyp2 mehr polarisiert als Kartentyp1.

Diese geringen Unterschiede der Präferenz auf den ersten Blick erstaunen, wenn man die Abschlussfrage als Vergleich herbeizieht (siehe Diagramm 9). Da werden dem Teilnehmenden in einer Frage die beiden Kartentypen gegenübergestellt und nach der Präferenz gefragt. Bei dieser direkten Gegenüberstellung schneidet Kartentyp1 mit 69% viel besser ab als Kartentyp2 mit einem Anteil von 15.5%.

¹³ www.colorbrewer2.org

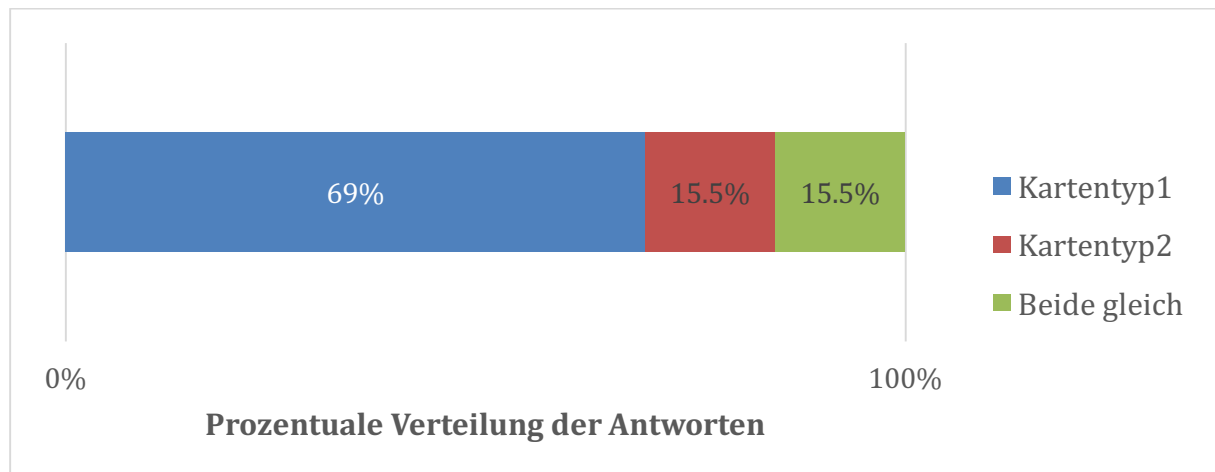


Diagramm 9: Prozentuale Bewertungsverteilung der Abschlussfrage welche der beiden Kartentypen besser gefällt (n=39)

6.4.1 Zufriedenheit im Gebrauch

Im Frageblock der Zufriedenheit im Gebrauch bewerten die Teilnehmenden die beiden Kartentypen auf einer fünfstufigen Skala von «trifft gar nicht zu» bis «trifft vollumfänglich zu». Die Verteilung der Bewertung wird für Kartentyp1 in Diagramm 10 und für Kartentyp2 in Diagramm 11 visuell dargestellt.

Die graphische Darstellung der Zufriedenheit im Gebrauch weist eine leichte Präferenz für Kartentyp1 auf. Dies wird besonders beim Vergleichen des hohen Anteils an «trifft vollumfänglich zu» (dunkelgrün) und des tiefen Anteils «trifft gar nicht zu» (violetten) klar. Diese visuelle Erkenntnis wird im übernächsten Kapitel statistisch überprüft.

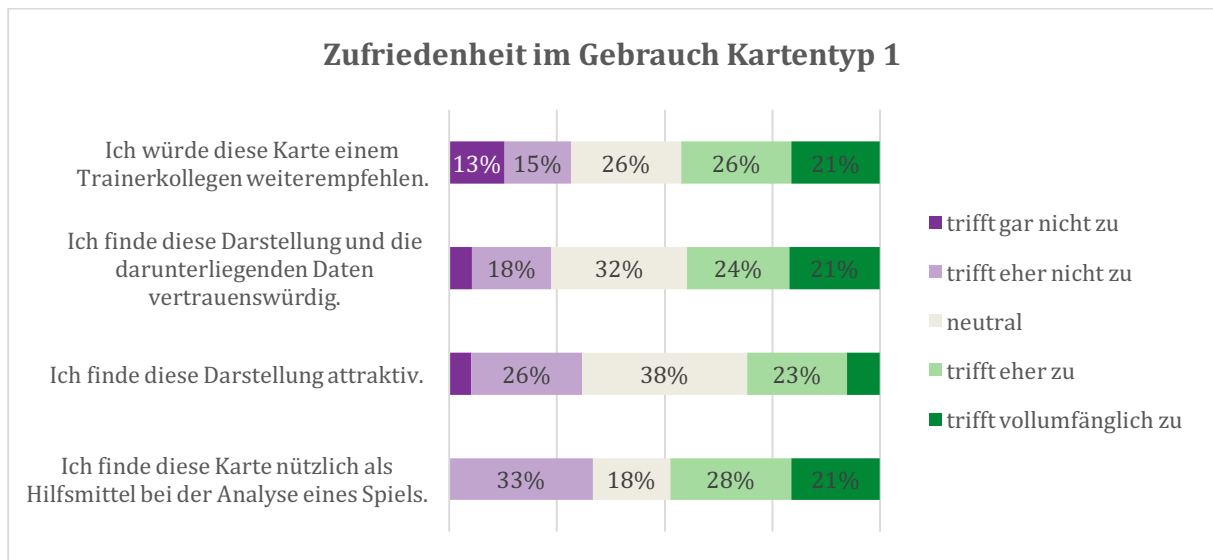


Diagramm 10: Prozentuale Bewertungsverteilung der Zufriedenheit im Gebrauch für Kartentyp1 (n=39)

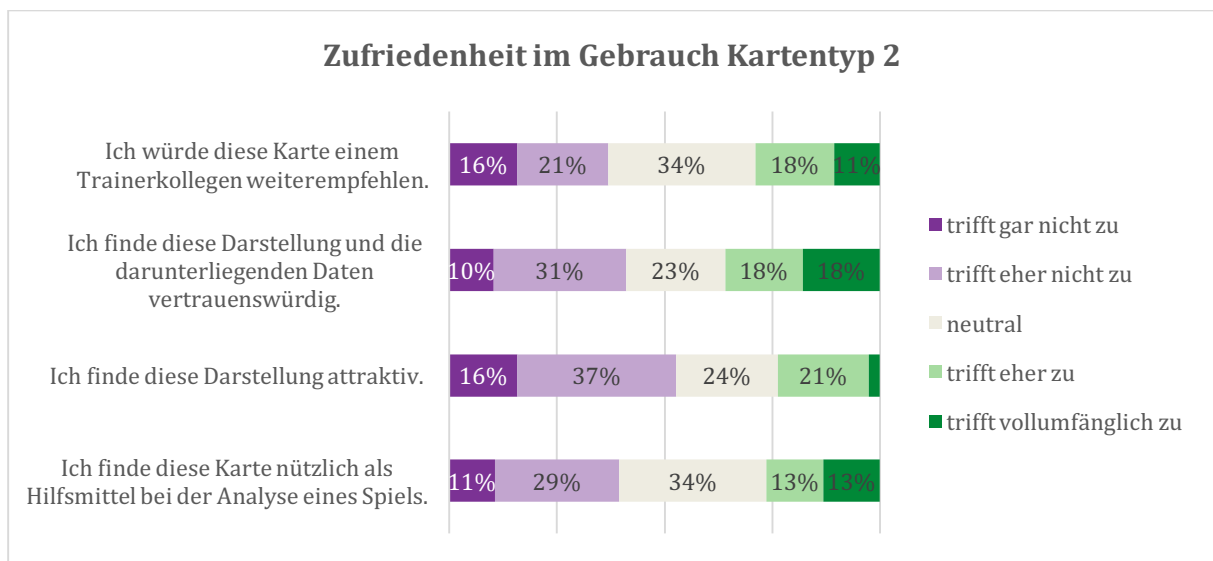


Diagramm 11: Prozentuale Bewertungsverteilung der Zufriedenheit im Gebrauch für Kartentyp2 (n=39).

6.4.2 Zufriedenheit Verwendungszweck

Diagramm 12 und Diagramm 13 der Zufriedenheitsfragen als Verwendungszweck zeigen auf, dass der Kartentyp1 im Allgemeinen besser bewertet wird. Auffallend besser schneidet Kartentyp1 bei der Frage nach der Eignung als Analyse-Hilfsmittel für einen Trainer ab. Die positiven Bewertungen

von Kartentyp1 (63%) übertreffen bei dieser Frage die von Kartentyp2 (42%) klar.

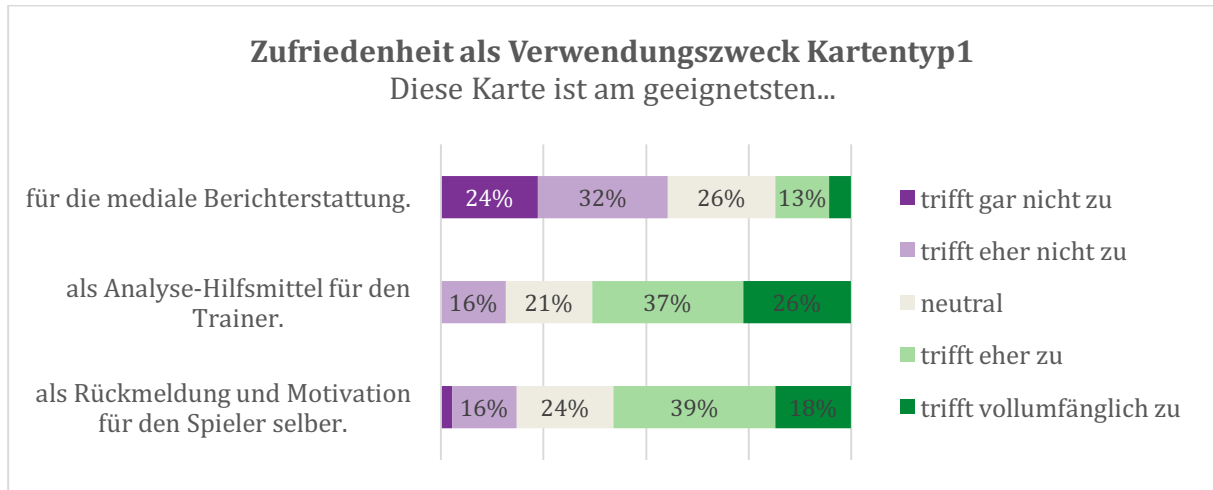


Diagramm 12: Prozentuale Bewertungsverteilung der Zufriedenheit als Nutzungszweck für Kartentyp1 (n=39)

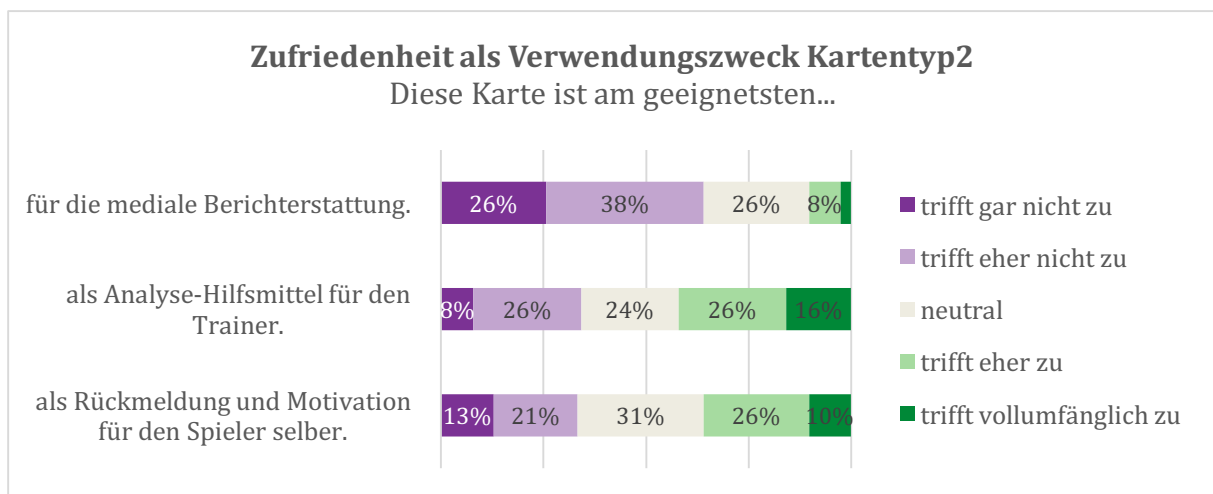


Diagramm 13: Prozentuale Bewertungsverteilung der Zufriedenheit als Nutzungszweck für Kartentyp2 (n=39)

Bei der Frage nach der Eignung für die mediale Berichterstattung ist kaum ein Unterschied zwischen den Kartentypen erkennbar. Die positiven wie auch die negativen Bewertungen fallen für beide Kartentypen ähnlich aus. Auffallend ist, dass diese Frage die höchsten Werte an «trifft gar nicht zu» und «trifft eher nicht zu» Bewertungen aufweisen.

Die Frage zur Rückmeldung und Motivation für den Spieler selber wird wiederum für Kartentyp1 deutlich besser bewertet. Über die Hälfte (57%) der Teilnehmenden gibt für Kartentyp1 eine positive Bewertung ab, währenddem bei Kartentyp2 lediglich 36% so empfinden.

Im nächsten Kapitel werden die soeben gemachten visuellen Analysen der Antwortverteilung dieser beiden Zufriedenheitsblöcke anhand numerischer Analysen und statistischer Tests untersucht.

6.4.3 Statistische Resultate der Zufriedenheit

Wie eingangs dieses Kapitels der Resultate erwähnt, können die Bewertungsdaten auch als kontinuierliche Skala zwischen «trifft gar nicht zu» bis «trifft vollumfänglich zu» analysiert werden. Die fünf Auswahlmöglichkeiten sind dieselben, jedoch werden sie nun als verhältnisskalierte Daten verwendet («trifft gar nicht zu» = 1, «trifft eher nicht zu» = 2, «neutral» = 3, «trifft eher zu» = 4, «trifft vollumfänglich zu» = 5). Daraus lassen sich numerische Kennzahlen herleiten und statistische Tests durchführen. Es werden dabei nur sieben der total zehn Zufriedenheitsfragen berücksichtigt. Die erste Einstiegsfrage (Diagramm 8) und die letzte Abschluss-Zufriedenheitsfrage (Diagramm 9) können nicht mit den restlichen Zufriedenheitsfragen numerisch analysiert werden und sind daher in Tabelle 7 nicht berücksichtigt. Zudem wird die Frage «Zu_9» nicht in die Auswertung miteinbezogen, da sie negativ formuliert wurde. Sie ist somit nicht mit den anderen sieben Zufriedenheitsfragen der beiden Zufriedenheitsblöcke vergleichbar.

Die Mittelwerte der entsprechenden Zufriedenheitsfragen sind in folgender Tabelle 7 aufgeführt.

Tabelle 7: Mittelwerte der Zufriedenheitsbewertung der von sieben Zufriedenheitsfragen Zu_2 bis Zu_8

	Zufriedenheit im Gebrauch				Zufriedenheit als Verwendungszweck			
Mittelwert Zufriedenheit	Zu_2	Zu_3	Zu_4	Zu_5	Zu_6	Zu_7	Zu_8	Total
Kartentyp1	3.26	3.37	3.03	3.36	2.45	3.74	3.55	3.25
Kartentyp2	2.87	3.05	2.58	2.89	2.26	3.16	3.00	2.82
Differenz Mittelwert	0.39	0.34	0.45	0.46	0.22	0.58	0.55	0.43

Da die Bewertungen nun Werte zwischen 1 und 5 haben, repräsentieren alle Mittelwerte, die über 3 liegen, eine positive Bewertung. Dies trifft auf sechs Fragen bei Kartentyp1 aber nur auf zwei Fragen bei Kartentyp2 zu.

Die Mittelwerte unterscheiden sich deutlich zwischen den beiden Kartentypen. Dies zeigen die Werte in der Zeile «Differenz Mittelwerte». Kartentyp1 erzielt bei allen sieben Fragen deutlich höhere Zufriedenheitswerte. Diese klare Präferenz von Kartentyp1 der Teilnehmenden wird in der letzten Spalte der Tabelle 7 zusammengefasst. Im Mittel über die sieben ausgewerteten Zufriedenheitsfragen erreicht Kartentyp1 einen Wert von 3.25 und Kartentyp2 einen Wert von 2.82. Das zeigt auf, dass Kartentyp1 gesamthaft leicht positiv (über 3) und Kartentyp2 leicht negativ (unter 3) bewertet wird.

In einem nächsten Schritt wird dieser Unterschied der Mittelwerte anhand eines *t-Tests* für verbundene Stichproben statistisch getestet. Der Vergleich der Mittelwerte der 39 Teilnehmenden für alle Zufriedenheitsfragen bei $t = 9.123$ einen dazugehörigen Signifikanzwert von $p = 0.000$. Der Unterschied der Zufriedenheitsbewertung zwischen den beiden Kartentypen ist somit signifikant ($t = 9.123$, $p = 0.000$, $n = 7$). Der entsprechende SPSS Output ist im Anhang 10.4.7 zu finden.

Dieser globale signifikante Unterschied wird nun auf die einzelnen Fragen hin genauer untersucht. Dafür wird für die einzelnen Fragen, der Reihe nach von

tiefster Mittelwertdifferenz zur höchsten, ein *t-Test* für verbundene Stichproben durchgeführt. Bei der Frage «Zu_3» und bei der Frage «Zu_6» hat eine Person keine Angabe gemacht. Deshalb sind bei den entsprechenden *t-Tests* nur 38 Stichproben vorhanden.

Für die Zufriedenheitsfrage «Zu_6» weist die Signifikanz von $p = 0.181$ keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Kartentypen auf ($t = 1.362$, $p = 0.181$, $n = 38$).

Der Vergleich der Mittelwerte der 38 Teilnehmenden für die Zufriedenheitsfrage «Zu_3» jedoch, weist ein $t = 2.634$ und einen dazugehörigen Signifikanzwert von $p = 0.000$ auf. Der Unterschied der Zufriedenheitsbewertung bei dieser Frage zwischen den beiden Kartentypen ist somit signifikant ($t = 2.634$, $p = 0.012$, $n = 38$).

Da die weiteren Zufriedenheitsfragen eine grössere Differenz des Mittelwerts aufweisen als «Zu_3», ist anzunehmen, dass alle Zufriedenheitsfragen ausser «Zu_6» einen signifikanten Unterschied aufzeigen. Der entsprechende SPSS Output dieser beiden Beispielfragen ist im Anhang 10.4.8 zu finden.

6.5 Antwort­sicherheit der Teilnehmenden

Um zu testen, wie sicher sich die Teilnehmenden bei der Beantwortung zweier Analysefragen sind, müssen sie die Sicherheit ihrer Antwort auf einer fünfstufigen Skala bewerten. Die Übersicht der Fragen (siehe Anhang 10.2.1) zeigt auf, dass diese Vertrauensfragen jeweils nach den Analysefragen fünf und acht gestellt wurden. Das Label der Vertrauensfragen ist jeweils mit einem «s» für Sicherheit beschriftet.

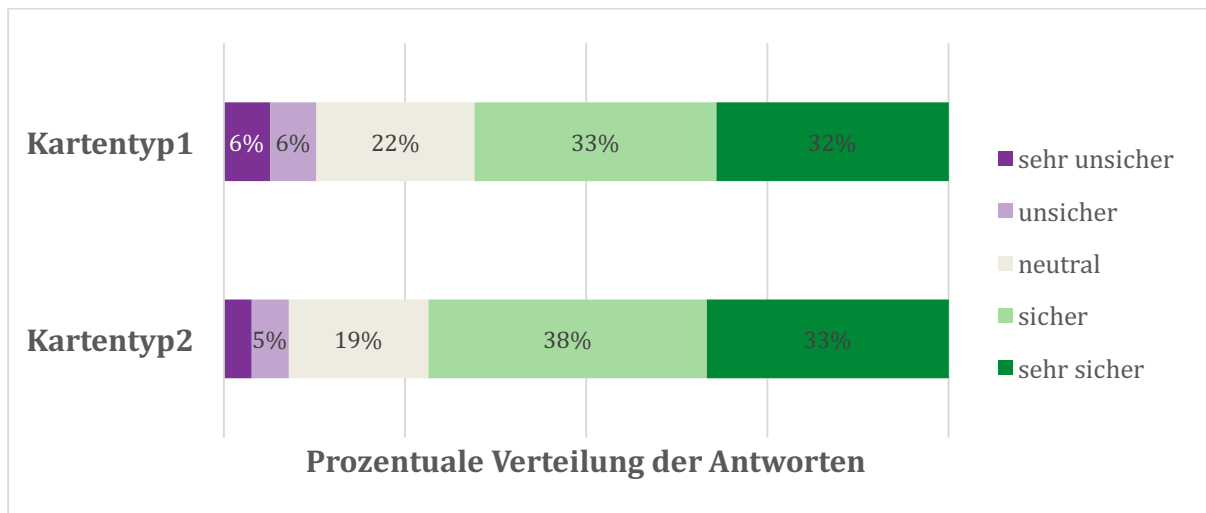


Diagramm 14: Vertrauen der Teilnehmenden in ihre Antworten zu zwei Analysefragen

Die Kartentypen unterscheiden sich dabei kaum voneinander, wobei Kartentyp2 leicht mehr Vertrauen in den Antworten der Teilnehmenden generiert. Im Allgemeinen jedoch ist ein hohes Vertrauen (65% positive Selbsteinschätzung für Kartentyp1 und 71% für Kartentyp2) der Teilnehmenden in ihre Antworten bei diesen beiden Analysefragen festzustellen. Dies obwohl die Analysefragen relativ schlecht beantwortet wurden. Da die Antwort­sicherheit im folgenden Kapitel der Diskussion nicht mehr aufgegriffen wird, wird sie hier kurz diskutiert.

Die Selbstüberschätzung der Teilnehmenden in ihren Antworten ist ein bekanntes Phänomen und wird in einem leicht unterschiedlichen Kontext von Fish et al. (2011) mit dem Begriff *change blindness blindness* aufgezeigt. Dabei untersuchen sie die Selbstüberschätzung der Nutzer bei der Erkennung von Veränderungen in einer Karte empirisch.

7 Diskussion der Nutzerstudie

In diesem Kapitel werden die Resultate der Nutzerstudie diskutiert. Im Mittelpunkt steht dabei die Beantwortung der zweiten Forschungsfrage.

- ii. Wie sollen Bewegungsdaten in Dichtekarten graphisch dargestellt werden? Welcher Suchradius des Kerndichteschätzers in der Dichteberechnung eignet sich am besten für die einzelnen Fragestellungen der Analysten im Fussball?

Um diese zweite Forschungsfrage beantworten zu können, wurden die Auswirkungen der beiden in der Nutzerstudie verwendeten Kartentypen auf die drei abhängigen Variablen untersucht. Dabei werden die im Vorfeld der Studie aufgestellten Hypothesen der abhängigen Variablen angenommen oder verworfen.

In einem ersten Schritt wurde die globale Effektivität diskutiert. Diese wurde in einem zweiten Schritt unterteilt in die Fragetypen Verständnis und Analyse. Danach folgt die Diskussion der beiden weiteren abhängigen Variablen der Effizienz und der Zufriedenheit.

7.1 Diskussion der Effektivität

Bei der Ausarbeitung der Nutzerstudie wurde die folgende Hypothese für die globale Effektivität aufgestellt.

Hypothese: Kartentyp1 mit geringerem Generalisierungsgrad ist geeigneter für die Beantwortung von fussballspezifischen Fragestellungen.

Wie in Kapitel 6 erläutert, wurden in dieser Nutzerstudie die Unterschiede in der Antwortgenauigkeit zwischen den Kartentypen anhand einer *GLM repeated measures* getestet. Deswegen wird die anfangs gestellte Hypothese in eine Testhypothese H_0 umformuliert.

H₀: Der Kartentyp hat keinen Einfluss auf die Antwortgenauigkeit der Teilnehmenden bei der Beantwortung von fußballspezifischen Fragestellungen.

Auf dem Signifikanzniveau 0.05 kann die Testhypothese H₀ nicht verworfen werden. (F = 0.238, p = 0.628 >> 0.05, n = 39). Der Kartentyp weist somit keinen signifikanten Einfluss auf die Antwortgenauigkeit der Teilnehmenden auf. Dieses Erkenntnis über alle Effektivitätsfragen wird in den nächsten Abschnitten auf die Fragetypen Verständnis und Analyse aufgeteilt und diskutiert.

7.1.1 Verständnis

Hypothese: Es gibt keinen Unterschied im Fragetyp Verständnis zwischen den Kartentypen.

H₀: Der Kartentyp hat keinen Einfluss auf die Antwortgenauigkeit der Teilnehmenden bei der Beantwortung der Verständnisfragen.

Beim Fragetyp Verständnis kann die Testhypothese H₀ noch deutlicher nicht zurückgewiesen werden als bei der globalen Effektivität (F = 1.09, p = 0.744 >> 0.05, n = 39). Auch hier zeigt der Kartentyp keinen signifikanten Einfluss auf die Antwortgenauigkeit.

Etwas überraschender ist die überdurchschnittlich hohe Antwortgenauigkeit beider Kartentypen bei den Verständnisfragen. Es wurde aufgrund der Erfahrungen bei den Experteninterviews eine schlechtere Leistung erwartet. Diese hohe Antwortgenauigkeit ist ein positives Zeichen für die Nutzung von Dichtekarten bei der Analyse im Fußball. Sie zeigt, dass die Nutzer die Dichtekarten zum grössten Teil richtig verstehen. Ein möglicher Grund dafür kann die implementierte Legende sein. Diese dient dem Nutzer sowohl als Starthilfe wie auch als Kontrollhilfe bei der Nutzung der Dichtekarte. Möglich ist auch, dass die Schwierigkeit der Fragen eher niedrig angesetzt war. Nichtsdestotrotz ist die hohe Antwortgenauigkeit im Fragetyp Verständnis ein erfreuliches Resultat für die Verwendung von Dichtekarten im Allgemeinen. Dieses Erkenntnis ist somit auch für andere Forschungsfelder, welche häufig Dichtekarten verwenden, interessant. Es zeigt, dass ein gewisses

Grundverständnis für Dichtekarten vorhanden ist, sofern sie mit einer entsprechenden Legende zur verbesserten Lesbarkeit ausgestattet sind.

7.1.2 Analyse

Hypothese: Kartentyp1 erzielt bessere Leistungswerte beim Fragetyp Analyse.

H_0 : Der Kartentyp hat keinen Einfluss auf die Antwortgenauigkeit der Teilnehmenden bei der Beantwortung der Analysefragen.

Die Testhypothese H_0 kann bei den Analysefragen ebenfalls nicht abgelehnt werden ($F = 0.342$, $p = 0.562 \gg 0.05$, $n = 39$). Das bedeutet, dass der Kartentyp keinen Einfluss auf die Antwortgenauigkeit der Teilnehmenden beim Analyseteil aufweist. Um diese Aussage zu diskutieren wird eine der Analysefragen als Beispiel genauer betrachtet.

Beispiel: Die achte Effektivitätsfrage lautet: Auf welcher Positionslinie denken Sie spielt dieser Spieler (siehe Abbildung 28)? Sie wird jedem Teilnehmenden jeweils einmal mit Kartentyp1 und einmal mit Kartentyp2 in zufälliger Reihenfolge gestellt. Folgende Antwortmöglichkeiten sind vorhanden.

- Verteidigung
- Mittelfeld
- Angriff
- Kann ich anhand dieser Abbildung nicht beurteilen.

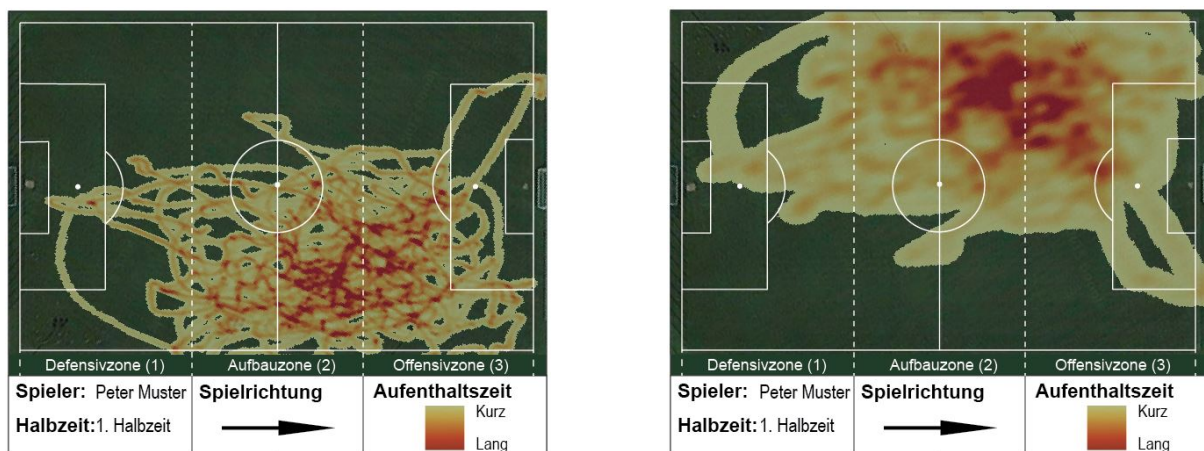


Abbildung 28: Kartentyp1 (links) und Kartentyp2 (rechts) für die Effektivitätsfrage 8

Auflösung: Die richtige Antwort ist, dass der Spieler im Angriff spielt. Es handelt sich dabei um denselben Spieler in derselben Halbzeit, nur spiegelverkehrt dargestellt in Kartentyp1.

Antwortgenauigkeit: Wie in Diagramm 4 sichtbar ist, haben die Teilnehmenden diese Frage mit Hilfe von Kartentyp1 mit 23% und mittels Kartentyp2 mit 36% richtig beantworten können. Keiner der Kartentypen kann also für die Beantwortung dieser Frage als zufriedenstellendes Hilfsmittel dienen. Kartentyp2 schneidet jedoch leicht besser ab als Kartentyp1.

Die sehr geringe Präsenz in der Zone 1 (Defensivzone) ist ein starkes Indiz dafür, dass es kein Mittelfeldspieler und auch kein Verteidiger sein kann. Die Hauptaufenthaltszone dieses Spielers befindet sich an der Grenze zwischen Zone 2 und Zone 3. Diese Hauptaufenthaltszone scheint den Resultaten nach leicht besser in Kartentyp2 zum Vorschein zu kommen. Die anfangs aufgestellte Hypothese, dass Kartentyp1 mit mehr Details der einzelnen Trajektorien für die Analyse besser geeignet ist, trifft bei dieser Frage, wie auch bei den weiteren Analysefragen, nicht zu.

Für die Analyse im Fussball hat der gewählte Suchradius des Kerndichteschätzers keinen Einfluss auf die Antwortgenauigkeit. Allgemein haben die vorgestellten Dichtekarten in den Analysefragen schlecht abgeschnitten. Dies ist auf die fehlende Darstellung von Kontextinformationen (mehr dazu in Kapitel 8.1) zurückzuführen. Man kann zwar eruieren, wo und mit welcher relativen Häufigkeit ein Spieler sich an einem Ort aufgehalten hat. Was genau und besonders wieso etwas an einem bestimmten Ort auf dem Spielfeld passiert ist, bleibt dem Betrachter von Dichtekarten verborgen. Die Erkenntnisse aus dieser Nutzerstudie stimmen demzufolge mit der Kritik von Kotzbek & Kainz (2015) an Dichtekarten ein Stück weit überein. Die Autoren behaupten, Dichtekarten seien bloss ein Blickfang und deren Aussagekraft sehr begrenzt.

Nun wird versucht die erstellten Dichtekarten und die Erkenntnisse aus der Nutzerstudie in den theoretischen Kontext des im Kapitel 2.3 vorgestellten kartographischen Würfels von von Roth (2013) und MacEachren (1995) zu stellen. Die Dichtekarten erlauben dem Betrachter zu sehen, wo die Hauptaufenthaltszonen eines Spielers oder einer Spielerin während des Spiels sind. Im Vergleich zu Karten in denen nur die Punktdaten oder die Trajektorien

dargestellt sind, ist dies ein erwähnenswerter Vorteil. Auf der task-Achse des kartographischen Würfels präsentiert die Dichtekarte somit nicht nur bereits bekanntes, sondern liefert dem Betrachter Zusatzinformation. Für die Beantwortung von Analysefragen wurde in dieser Abhandlung jedoch gezeigt, dass sie über zu wenig explorative Charakteristiken verfügt. Für den Entscheidungsträger oder die Entscheidungsträgerin dient die Dichtekarte als Bestätigung einer bereits gemachten Analyse. Dies wurde auch schon von den Experten ausgedrückt. Somit ist sie im konfirmativen Bereich des kartographischen Würfels aus Abbildung 3 sowie in der konfirmativen Analyse von Schumann & Müller (2013) anzuordnen.

7.2 Diskussion der Effizienz

Hypothese: Kartentyp1 mit geringerem Generalisierungsgrad benötigt mehr Antwortzeit für die Beantwortung von fussballspezifischen Fragestellungen.

Die anfangs gestellte Hypothese wird in eine Testhypothese H_0 umformuliert, um die Unterschiede anhand einer *GLM repeated measures* zu testen.

H_0 : Der Kartentyp hat keinen Einfluss auf die Antwortdauer der Teilnehmenden bei der Beantwortung von fussballspezifischen Fragestellungen.

Die Testhypothese der Effizienz kann nicht verworfen werden ($F = 1.289$, $p = 0.263 \gg 0.05$, $n = 39$). Der Kartentyp weist keinen signifikanten Einfluss auf die Antwortdauer der Teilnehmenden auf.

Auf die weitere Unterteilung der Effizienz in die Fragetypen Verständnis und Analyse wird hier nicht weiter eingegangen. Denn wie in Diagramm 7 ersichtlich ist und die Varianzanalyse zeigt, kann dabei ebenfalls kein Unterschied festgestellt werden.

Da Kartentyp1 mehr Details zu den einzelnen Trajektorien liefert, wurde vermutet, dass dies den Teilnehmenden beim Betrachten mehr fordert und somit mehr Zeit für die Beantwortung der Frage in Anspruch nimmt. Dem gegenüber Kartentyp2, welcher aufgrund seines höheren Generalisierungsgrades eine

gegenteilige Wirkung erzeugt. Es wurde angenommen, dass dieser Kartentyp2 dem Teilnehmenden gewisse Denk- und Verarbeitungsarbeit abzunehmen vermag und dadurch die Antwortzeit verkürzt. Diese Annahme kann anhand dieser Studie jedoch nicht bestätigt werden.

7.3 Diskussion der Zufriedenheit

Hypothese: Kartentyp1 mit geringem Generalisierungsgrad schliesst in der Zufriedenheit insgesamt besser ab.

Um die anfangs aufgestellte Hypothese anhand eines *t-Tests* für verbundene Stichproben statistisch zu testen, wird sie in eine Testhypothese H_0 umformuliert.

H_0 : Der Kartentyp hat keinen Einfluss auf die Zufriedenheit der Teilnehmenden bei der Verwendung der Dichtekarten.

Die Testhypothese H_0 der Zufriedenheit kann verworfen werden ($t=9.123$, $p=0.000$, $n=7$), da der Signifikanzwert deutlich unter dem definierten Signifikanzniveau liegt. Der Kartentyp hat demnach einen signifikanten Einfluss auf die Zufriedenheit der Teilnehmenden. Wobei Kartentyp1 besser bewertet wird als Kartentyp2.

Diese Erkenntnis ist insofern spannend, als dass wir gesehen haben, dass der Kartentyp weder auf die Effektivität noch auf die Effizienz einen signifikanten Einfluss hat. Trotzdem bewerten die Teilnehmenden den Kartentyp1 deutlich besser.

Wieso diese Präferenz zustande kommt, ist schwer vollumfänglich zu beantworten. In den Kommentarfeldern zu den Zufriedenheitsfragen haben die Teilnehmenden oft erklärt, dass die einzelnen Trajektorien für die genauere Analyse hilfreich seien. Zudem können anhand von Kartentyp1 bessere Angaben gemacht werden, wie oft sich ein Spieler im eigenen Strafraum aufgehalten hat. Es sind demnach funktionale Begründungen der Teilnehmenden, die in einer höheren Zufriedenheit von Kartentyp1 resultieren.

Diese Erkenntnis aus den Kommentarfeldern wird bei der Betrachtung von Diagramm 8 und Diagramm 9 bestätigt. Bei der Einstiegsfrage (Diagramm 8) ist

kein deutlicher Unterschied in der Bewertung auszumachen, bei der Abschlussfrage (Diagramm 9) jedoch schon. Die Teilnehmenden weisen zu Beginn und zum Ende der Studie unterschiedliche Bewertungsverteilungen auf. Eine naheliegende Vermutung dafür ist, dass die Teilnehmenden während der Beantwortung der Fragen die sichtbaren Details des Kartentyps1 zu schätzen lernten¹⁴. Daher liegt die Vermutung nahe, dass die Teilnehmenden am Ende der Studie Kartentyp1 aus funktionalen Gründen bevorzugen, ohne dass er ihnen einen effektiven Vorteil bei der Beantwortung von Analysefragen verschafft.

Die aus der Studie gewonnenen Erkenntnisse zeigen auf, dass es eine gewisse Präferenz gibt. Wie diese jedoch zu begründen ist, kann im Rahmen dieser Arbeit nicht endgültig beantwortet werden. Es können dennoch Parallelen zu anderen Forschungsstudien aufgezeigt werden. Die Autoren Hegarty et al. (2009) weisen darauf hin, dass Teilnehmenden in früheren Studien oft 3D Visualisierungen gegenüber 2D-Visualisierungen präferiert haben. Auf die effektive Leistung hat die realitätstreuere 3D-Visualisierung bei den Studien jedoch keinen oder wenn dann einen negativen Einfluss. Die Teilnehmenden lösen die entsprechende Aufgabe mit vereinfachten 2D-Karten jeweils besser. Ähnliche Erkenntnisse weisen Wilkening & Fabrikant (2013) auf und konstatieren, dass sie immer noch, vor der offenen Frage stehen, wann und in welchem Zusammenhang 3D-Darstellungen bessere Leistungen erbringen als statische 2D-Karten. Im Falle der vorliegenden Arbeit ist der Unterschied in der Leistung nicht gegeben, der Unterschied in der Zufriedenheit der beiden Kartentypen jedoch schon.

Wichtig erscheint dem Autor jedoch, dass dieser dargelegte Widerspruch zwischen Präferenz des einen Kartentyps und effektiven Mehrwert die entsprechende Aufmerksamkeit erhält und nicht einfach hingenommen oder gar ignoriert wird. Denn mit den neuen Möglichkeiten der digitalen Karten, ist die Erstellung von Karten nicht mehr nur – wie früher – kartographischen Experten vorbehalten. Viele Tools ermöglichen es auch Laien Karten zu erstellen. Für die Zukunft der Visualisierungs- und Geovisualisierungsbranche stellt dies eine grosse Herausforderung an die Qualitätssicherung von Karten dar. Wenn der

¹⁴ Dies entspricht nicht einem erwähnten Lerneffekt von Field (2009), denn der Lerneffekt bezieht sich nur auf die bessere Beantwortung der Effektivitätsfragen durch vorangehende Fragen.

Aspekt der Präferenz überhand gewinnt über den objektiven Mehrwert, verliert der ursprüngliche Sinn einer Visualisierung, wie er in Kapitel 2.1 und 2.2 beschrieben wird, an Bedeutung.

Es ist dem Autor bewusst, dass die Ästhetik eine zentrale Rolle bei der Evaluation von Visualisierungen einnimmt (Chen, 2005). Die Ästhetik einer Visualisierung soll laut Cawthon & Moere (2007) den Betrachter positiv anregen, den ersten Eindruck verbessern sowie die Wiederverwendung der Visualisierung anstreben. Die Autoren zeigen des Weiteren auf, dass in früheren Studien eine positive Zufriedenheit, die Effektivität und die Effizienz einer Aufgabenstellung steigern kann. Dieser Einfluss ist in der vorliegenden Nutzerstudie der Dichtekarten nicht zu erkennen.

Anderson et al. (2011) weisen darauf hin, dass der Faktor Mensch in der wissenschaftlichen Visualisierungsforschung eine sehr wichtige Rolle spielt, besonders bei der Evaluation von Visualisierungstechniken. Wie der in dieser Abhandlung vorliegende signifikante Unterschied in der Präferenz zu Stande kommt, ist daher schwer zu beantworten. Denn neben den unterschiedlichen Stimuli (Kartentyp1 und Kartentyp2) und dem Kontext (Fussball) nimmt auch der Faktor Mensch eine zentrale Rolle bei der Wahrnehmung und Beurteilung einer Visualisierung ein.

Inwiefern sich die aufgezeigten Erkenntnisse dieser Nutzerstudie mit denen aus der 2D und 3D Forschung decken oder anhand der von Kahneman (2011) erarbeiteten psychologischen Entscheidungsforschung (System eins und System zwei) zu erklären ist, wird zukünftiger Forschung überlassen.

7.4 Beantwortung Forschungsfrage ii.

Für die Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurde der Einfluss des Kartentyps auf die abhängigen Variablen der Effektivität, der Effizienz und der Zufriedenheit geprüft. Anhand der Nutzerstudie geht hervor, dass die Veränderung des Suchradius des Kerndichteschätzers auf die Effektivität und die Effizienz keinen Einfluss hat.

Die untersuchten Dichtekarten dienen den Trainern und Analysten besonders dazu, bereits gemachte Analysen zu untermauern. Wie in der Einleitung

beschrieben wurde, verwenden die Akteure im Fussball die Visualisierungen eher in Form einer konfirmativen Analyse. Sie nehmen daher als Hilfsmittel eine ergänzende Funktion für den Trainer ein, ersetzen jedoch nicht die Analyse des Trainers selber. Auf dieselben Erkenntnisse der ergänzenden und nicht ersetzenden Funktion kommen Anderson und Sally (2013) in Bezug auf die allgemeine statistische Datenanalyse im Fussball. Neue Erkenntnisse über einen Spieler oder die Mannschaft aus Dichtekarten, ob Kartentyp1 oder Kartentyp2, zu gewinnen, ist schwierig.

Trotzdem bevorzugen die Nutzer jedoch, aus den in Kapitel 7.3 beschriebenen Gründen, den Kartentypen1 mit kleinerem Suchradius. Es ist daher schwierig die Forschungsfrage ii. in vollem Umfang zu beantworten.

- ii. Wie sollen Bewegungsdaten in Dichtekarten graphisch dargestellt werden? Welcher Suchradius des Kerndichteschätzers in der Dichteberechnung eignet sich am besten für die einzelnen Fragestellungen der Analysten im Fussball?

Die erste Teilfrage kann mit Sicherheit so beantwortet werden, dass die Dichtekarte mit einer erklärenden Legende und der Spielrichtung ausgestattet sein muss. Dies sind mögliche Gründe für das positive Abschneiden der Dichtekarten in den Verständnisfragen.

Für die zweite Teilfrage bleibt zu sagen, dass der Suchradius auf die einzelnen Fragestellungen der Analyse keinen erkennbaren Einfluss hat. Um jedoch dem Betrachter eine Dichtekarte präsentieren zu können, die er subjektiv präferiert, geht aus dieser Studie hervor, dass sich kleine Suchradien für die Dichteberechnung besser eignen. Aus nicht vollumfänglich zu erklärenden Gründen hat der Kartentyp1 mit kleinerem Suchradius in der Zufriedenheit besser abgeschlossen.

Wie jedoch gezeigt wurde, erbringen die Dichtekarten der Aufenthaltszeit im Allgemeinen nicht den erwünschten Mehrwert für die Analyse in einem Fussballspiel. Deshalb müssen neue Visualisierungsformen mit mehr Kontextinformationen von zukünftigen Forschenden ausgearbeitet werden. Einige Vorschläge werden im folgenden Kapitel vorgestellt.

8 Schlussfolgerung und Ausblick

8.1 Beantwortung Forschungsfragen i. und iii.

Um die folgenden beiden Forschungsfragen i. und iii. zu beantworten, dienen die Erkenntnisse aus den Experteninterviews und der Nutzerstudie, sowie die eigene kritische Reflexion des Autors dieser Arbeit.

- i. Welche Stärken und Schwächen haben Dichtekarten für die visuelle Analytik von Bewegungsdaten? Wozu und wie werden Dichtekarten spezifisch im Fussball für die Spielanalyse eingesetzt?

Die Stärken der Dichtekarten für die visuelle Begutachtung von Bewegungsdaten zeichnen sich besonders dadurch aus, dass sie Raum-Zeitdaten auf eine effiziente Art auf eine Karte bringen. In der Nutzerstudie konnte empirisch gezeigt werden, dass die Verständnisfragen mit einer sehr hohen Antwortgenauigkeit beantwortet wurden. Dies ist eine Bestätigung, dass Dichtekarten, sofern mit einer erklärenden Legende und geeigneter Farbskala ausgestattet, für den Betrachter gut verständlich sind.

Auf die Fussballanalyse bezogen, werden Dichtekarten gemäss den interviewten Experten nur zum Teil als Hilfsmittel für die tatsächliche Analyse verwendet. Experte C informiert sich zum Beispiel anhand von Dichtekarten über die Einflusszone gewisser Gegenspieler, die er im Vorhinein bereits als potentielle Gefahren identifiziert hat. Die empirischen Erkenntnisse aus der Nutzerstudie (siehe Kapitel 7.1.2) über die Effektivität solcher Dichtekarten zeigen zudem, dass sie für die Beantwortung von Analysefragen, nicht gut geeignet sind.

Die Experten B und C sehen in Dichtekarten eher ein Hilfsmittel der Kontrolle, beziehungsweise eine Möglichkeit, die persönliche Analyse zu untermauern. Dafür werden Dichtekarten herbeigezogen, um dem Spieler etwas Handfestes zeigen zu können und somit eine gewisse Bestätigung der eigenen Analyse eines

Spiels zu haben. Bei diesem Punkt fragen sich Experten A und B jedoch, inwiefern sich Dichtekarten mit dem echten Video ergänzen oder eher davon abgrenzen.

Die erwähnte effiziente Art von Dichtekarten, 45 Minuten auf eine statische Karte zu komprimieren, birgt auch gleich ihre grosse Schwäche. Sie repräsentieren nur die Aufenthaltszeit eines Spielers und bieten dem Betrachter keinen zusätzlichen Inhalt, wie zum Beispiel dynamische Angaben wie Bewegungsrichtung, Geschwindigkeit oder Beschleunigung. Die Schwächen liegen besonders darin, dass in den zu untersuchenden Dichtekarten der Aufenthaltszeit kein Kontext dargestellt wird. Mit Kontext ist gemeint, dass weder der Ball, der Gegenspieler, der Mitspieler oder der Einfluss eines Spielers auf die nachfolgenden Situationen im Spiel visualisiert werden können. Dieses grundlegende Defizit führt somit gleich zur Forschungsfrage iii.

iii. Welche alternativen Darstellungsmethoden können Dichtekarten für die Beantwortung fussballspezifischer Fragestellungen durch Trainer und Analysten ersetzen?

Die Experten und die Teilnehmenden der Nutzerstudie fordern, dass in solchen Dichtekarten mehr Inhalt als nur die Aufenthaltszeit dargestellt wird. Dabei ist die Darstellung von offensiven und defensiven Laufwegen ein wichtiges Anliegen. Zudem sollten sehr schnelle Laufwege (über 25 km/h) speziell abgebildet sein, da Fussball eine Sprintsportart ist. Diese schnellen Läufe werden, wie dies in Abbildung 29 gut zu sehen ist, bei der reinen Aufenthaltszeit viel zu wenig gewichtet. Dort wo ein Spieler schnell rennt, also die Datenpunkte weiter auseinanderliegen, wird die resultierende Dichte als tiefer Pixelwert dargestellt. Dort wo der Spieler in diesem Ausschnitt langsam läuft und sich ein Datenpunkt an den nächsten reiht, sodass es wie eine kontinuierliche Trajektorie erscheint, erscheinen sehr hohe Pixelwerte bei der Dichteberechnung. Um den Sachverhalt der unterschätzten schnellen Läufe deutlicher darzustellen, sind die darunterliegenden Daten dieser Abbildung 29 Rohdaten. Sie sind demnach weder zeitlich noch räumlich bereinigt (siehe Kapitel 4.2).

Wie in Kapitel 4.2.2 erläutert, wurde in dieser Arbeit versucht, die stationären Daten zu eliminieren. Das Paradoxem, dass schnelle Läufe weniger gewichtet werden als langsame, wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht gelöst. Eine

Möglichkeit dem entgegenzutreten wäre, die Anzahl Trajektorien, die eine Rasterzelle schneiden, zu zählen und entsprechend einzufärben (G. Andrienko & Andrienko, 2010; Peters, 2015).

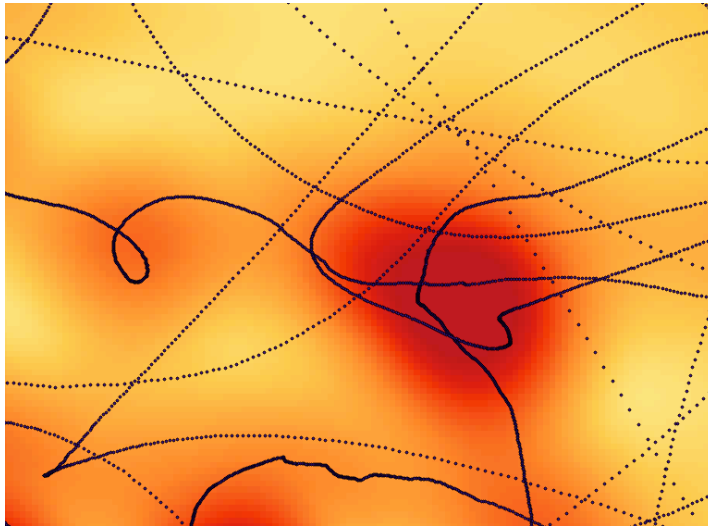


Abbildung 29: Überbewertete langsame (Punktdaten sehr nahe beieinander) und unterbewertete schnelle Läufe (Punktdaten weit auseinander) eines Spielers aus Spiel FC Red Star gegen FC Grenchen am 12.03.2016, Kerndichteschätzer mit Suchradius = 1

Um mehr von der Kontextinformation visualisieren zu können, wie dies die Experten gewünscht haben, braucht es jedoch neue Visualisierungsmethoden. Um darstellen zu können, welchen Einfluss ein einzelner Spieler innerhalb eines gesamten Spieles hat, müssten die darauffolgenden Aktionen jeweils mitberücksichtigt werden können. Experte A kritisiert, dass, solange nur Pässe, Schüsse, gewonnene Zweikämpfe und zurückgelegte Distanzen gezählt werden, man praktisch nichts über die effektive Qualität eines Spielers aussagen kann. Sobald aber mehr Kontext wie der Raum oder der Gegner miteinbezogen werden kann, kommt man der Messung der Spielintelligenz einen Schritt näher. Um aus den Bewegungsdaten jedoch einen guten von einem schlechten Spieler zu unterscheiden, muss, wie Experte A meint, ein gewisser Schwellenwert an vergleichbaren Daten und Visualisierungen erreicht werden.

Bei der gesamten Diskussion um die Datenerfassung im Fussball und dem Versuch, das Spiel in seine kleinsten Einzelteile für die Analyse zu unterteilen, ist es jedoch wichtig vor lauter Detailanalysen, als Trainer oder Analyst, das Gesamtbild nicht aus den Augen zu verlieren.

8.2 Ausblick

Die in Kapitel 7 diskutierten Erkenntnisse zeigen zukünftigen Forschenden im GIScience Bereich, dass Dichtekarten einerseits gut verständlich sind, sofern sie mit einer entsprechenden Legende ausgestattet sind. Andererseits hat die Veränderung der Parametereinstellung des Suchradius bei der Dichteberechnung keinen direkten Einfluss auf die Effektivität oder Effizienz bei der Beantwortung der fussballspezifischen Fragen. Die genaue Begründung dieser Erkenntnis und der, dass trotzdem eine Präferenz gegenüber Kartentyp1 besteht, bedarf weiterer Forschungsarbeit.

Die Zukunft der Datenanalyse im Fussball und im Sport allgemein liegt nicht allein in der statistischen Auswertung von Ereignissen im Spiel wie Torschüsse oder Ballbesitz. Auch der Vergleich von Leistungsdaten der einzelnen Spieler (zurückgelegte Distanz oder maximale Geschwindigkeit) alleine reicht nicht aus. Ebenso wenig genügt die Visualisierung von Bewegungsdaten. Die Zukunft liegt, wie im vorangehenden Kapitel beschrieben, in der Kombination all dieser Teilgebiete. Um, dem langfristigen Ziel, den Spieleinfluss und die Spielintelligenz einzelner Spieler alleine anhand von Daten zu bewerten, näher zu kommen, müssen Bewegungsdaten mit ausgeklügelter kontextbezogener Information ergänzt werden. Dabei ist es wichtig den Raum, den Gegner und vor allem die Auswirkungen von einzelnen Spieleraktionen auf die darauffolgenden Aktionen von Mitspielern und von der gegnerischen Mannschaft mit in die Analyse einzubeziehen. Diese anspruchsvolle Aufgabe verbindet verschiedene Forschungsfelder der Statistik, der Geoinformatik und der Geovisualisierung.

Eins ist klar, anhand intensiver Datenanalyse können gewisse Muster erkannt werden, welche dem Entscheidungsträger in seiner Entscheidungsfindung helfen können. Die logische Folgefrage die sich dabei stellt ist, ob aus der Fülle an gesammelten Daten gewisse Vorhersagen modelliert werden können. Wie Experte C und die Autoren Anderson & Sally (2013) jedoch aufzeigen, ist Fussball sehr chaotisch und komplex. 22 Spieler haben mit ihren Aktionen in jeder Sekunde eines Spiels einen Einfluss auf das Spielgeschehen. Diese Komplexität macht dieses Spiel auf eine Art unvorhersehbar und entsprechend unwiderstehlich.

9 Literatur

- Albers, J. (2013). *Interaction of color*. Yale University Press.
- Anderson, C., & Sally, D. (2013). *The numbers game: Why everything you know about football is wrong*. Penguin UK.
- Anderson, E. W., Potter, K. C., Matzen, L. E., Shepherd, J. F., Preston, G. A., & Silva, C. T. (2011). A user study of visualization effectiveness using EEG and cognitive load. In: *Computer Graphics Forum* 30(3), S. 791–800.
- Andrienko, G., & Andrienko, N. (2010). A general framework for using aggregation in visual exploration of movement data. In: *The Cartographic Journal*, 47(1), S. 22–40.
- Andrienko, G., Andrienko, N., Bak, P., Keim, D., & Wrobel, S. (2013). *Visual analytics of movement*. Springer Science & Business Media.
- Andrienko, N., & Andrienko, G. (2012). Visual analytics of movement: An overview of methods, tools and procedures. In: *Information Visualization*, 12(1), S. 3–24.
- ArcGIS (2016): Spatial Analyst (Toolbox). Punktdichte: <https://pro.arcgis.com/de/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/point-density.htm>. (Stand: Ausgabe 2016, Zugriff am 04.07.2016).
- Bertin, J. (1983). *Semiology of graphics: diagrams, networks, maps*.
- Bialkowski, A., Lucey, P., Carr, P., Yue, Y., Sridharan, S., & Matthews, I. (2014). Large-Scale Analysis of Soccer Matches Using Spatiotemporal Tracking Data. In: *2014 IEEE International Conference on Data Mining*, S. 725–730.
- Borland, D., & Taylor, R. M. (2007). Rainbow Color Map (Still) Considered Harmful z Research has shown that the rainbow color map is. In: *IEEE Computer Graphics and Applications*, 27.2(April), S. 14–17.
- Brewer, C. A. (1996). Prediction of simultaneous contrast between map colors with Hunt's model of color appearance. In: *Color Research and Application*, 21(3), S. 221–235.
- Brewer, C. A. (1997). Spectral schemes: Controversial color use on maps. In: *Cartography and Geographic Information Systems*, 24(4), S. 203–220.

- Carpendale, M. S. T. (2003). Considering visual variables as a basis for information visualisation.
- Cawthon, N., & Moere, A. Vande. (2007). The effect of aesthetic on the usability of data visualization. In: *Information Visualization, 2007. IV'07. 11th International Conference*, S. 637–648.
- Chen, C. (2005). Top 10 unsolved information visualization problems. In: *IEEE Computer Graphics and Applications*, 25(4), S. 12–16.
- Christen, M., Brugger, P., & Fabrikant, S. I. (2015). Assessing the influence of color scales on data interpretation in neuroimaging – a comparative empirical study.
- Demaj, D. (2013). Geovisualizing spatio-temporal patterns in tennis: An alternative approach to post-match analysis. In Proceedings of the 26th International Cartographic Conference.
- Demšar, U., & Virrantaus, K. (2010). Space–time density of trajectories: exploring spatio-temporal patterns in movement data. In: *International Journal of Geographical Information Science*, 24(10), S. 1527–1542.
- DiBiase, D. (1990). Visualization in the earth sciences. In: *Earth and Mineral Sciences*, 59(2), S. 13–18.
- Dodge, M., McDerby, M., & Turner, M. (2008). The power of geographical visualizations. In: *Geographic Visualization: Concepts, Tools, and Applications*. West Sussex, England, John Wiley & Sons, S. 1-10.
- Eck, J., Chainey, S., Cameron, J., & Wilson, R. (2005). Mapping crime: Understanding hotspots. National Institute of Justice, Washington, DC.
- Eddins, S. (2014). Rainbow Color Map Critiques: An Overview and Annotated Bibliography, 1–18: <https://ch.mathworks.com/company/newsletters/articles/rainbow-color-map-critiques-an-overview-and-annotated-bibliography.html>. (Stand: Ausgabe 2016, Zugriff am 04.07.2016).
- Fabrikant S. I., Çöltekin, A. (2015): GEO454 FS2015. Vorlesung Geographische Informationsvisualisierung. Vorlesung Woche 5: Symbolization and visual forms. Geografische Institut, Universität Zürich.
- Field, A. (2009). Discovering statistics using SPSS:(and sex and drugs and rock “n”roll). Introducing statistical methods. London: Sage.
- Fish, C., Goldsberry, K. P., & Battersby, S. (2011). Change blindness in animated choropleth maps: an empirical study. In: *Cartography and Geographic Information Science*, 38(4), S. 350-362.

- Gitzen, R. A., Millsbaugh, J. J., & Kernohan, B. J. (2006). Bandwidth selection for fixed-kernel analysis of animal utilization distributions. In: *Journal of Wildlife Management*, 70(5), S. 1334–1344.
- Gläser, J., & Laudel, G. (2010). *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse*. Springer-Verlag.
- Gudmundsson, J., & Wolle, T. (2014). Football analysis using spatio-temporal tools. In: *Computers, Environment and Urban Systems*, 47, S. 16–27.
- Hegarty, M., Smallman, H. S., Stull, A. T., & Canham, M. S. (2009). Naïve cartography: How intuitions about display configuration can hurt performance. In: *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 44(3), S. 171–186.
- Herdal, T., Pedersen, J. G., & Knudsen, S. (2015). Designing Personal Visualizations for Different People : Lessons from a Study with Elite Soccer Teens.
- ISO, W. (1998). 9241-11. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs). In: *The International Organization for Standardization*, 45.
- Janetzko, H., Sacha, D., Stein, M., Schreck, T., Keim, D. A., & Deussen, O. (2014). Feature-driven visual analytics of soccer data. In: *Visual Analytics Science and Technology (VAST)*, S. 13–22.
- Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow*. Macmillan.
- Katajisto, J., & Moilanen, A. (2006). Kernel-based home range method for data with irregular sampling intervals. In: *Ecological Modelling*, 194(4), S. 405–413.
- Kim, H.-C., Kwon, O., & Li, K.-J. (2011). Spatial and spatiotemporal analysis of soccer. In: *19th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*, S. 385–388.
- Kotzbek, G., & Kainz, W. (2014). Football Game Analysis: A New Application Area for Cartographers and GI-Scientists? Online verfügbar: http://homepage.univie.ac.at/gilbert.kotzbek/publikationen/2014_Football_Game_Analysis_G_Kotzbek_W_Kainz.pdf.
- Kotzbek, G., & Kainz, W. (2015). GIS-Based Football Game Analysis – A Brief Introduction to the Applied Data Base and a Guideline on How to Utilise It.

- Kwan, M.-P. (2000). Interactive geovisualization of activity-travel patterns using three-dimensional geographical information systems: a methodological exploration with a large data set. In: *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 8(1), S. 185–203.
- Loua, T. (1873). *Atlas statistique de la population de Paris*. J. Dejey & cie.
- MacEachren, A. M. (1995). *How maps work: representation, visualization, and design*. Guilford Press.
- Martin, D. (2007). *Doing psychology experiments*. Cengage Learning.
- Perin, C., Vuillemot, R., & Fekete, J.-D. (2013). SoccerStories: a kick-off for visual soccer analysis. In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 19(12), S. 2506–15.
- Peters, S. (2015). Spatio-Temporal Density Mapping for Spatially Extended Dynamic Phenomena - a Novel Approach to Incorporate Movements in Density Maps. In: *International Journal on Advances in Intellifent Systems*, 8(1), S. 27–39.
- Pileggi, H., Stolper, C. D., Boyle, J. M., & Stasko, J. T. (2012). SnapShot: Visualization to Propel Ice Hockey Analytics. In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 18(12), S. 2819–2828.
- Purchase, H. C. (2012). *Experimental human-computer interaction: a practical guide with visual examples*. Cambridge University Press.
- Roth, R. E. (2013). Interactive maps: What we know and what we need to know. In: *Journal of Spatial Information Science*, 2013(6), S. 59–115.
- Rusu, A., Stoica, D., Burns, E., Hample, B., McGarry, K., & Russell, R. (2010). Dynamic Visualizations for Soccer Statistical Analysis. In: *2010 14th International Conference Information Visualisation*, S. 207–212.
- Schäfer, M., & Roose, J. (2008). Die gesellschaftliche Bedeutung von Fußballbegeisterung: Vergemeinschaftung und Sozialkapital - Bildung auf dem Prüfstand. *Fußball-Gemeinden. Zur Politischen Soziologie Eines Populären Sports*, S. 201–226.
- Schumann, H., & Müller, W. (2013). *Visualisierung: Grundlagen und allgemeine Methoden*. Springer-Verlag.
- Seaman, D. E., & Powell, R. A. (1996). An Evaluation of the Accuracy of Kernel Density Estimators for Home Range Analysis. In: *Ecology*, 77(7), S. 2075–2085.

- SFV Schweizerischer Fussballverband (2014): Richtlinien für die Erstellung von Fussballfeldern: http://www.football.ch/afv/Portaldata/5/Resources/Erstellung_von_Fussballanlagen_SFV_und_AFV.pdf. (Stand: Ausgabe 2014, Zugriff am 10.08.2016).
- Silverman, B. W. (1986). *Density estimation for statistics and data analysis* (Vol. 26). CRC press.
- Simmon (2013): Subtleties of Color. <http://earthobservatory.nasa.gov/blogs/elegantfigures/2013/08/05/subtleties-of-color-part-1-of-6/>. (Stand: 05.08.2013; Zugriff: 20.07.2016).
- Stein, M., Häußler, J., Jäckle, D., Janetzko, H., Schreck, T., & Keim, D. A. (2015). Visual Soccer Analytics: Understanding the Characteristics of Collective Team Movement Based on Feature-Driven Analysis and Abstraction. In: *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(4), S. 2159-2184.
- Tukey, J. W. (1977). *Exploratory data analysis*. Addison-Wesley, Reading, MA.
- Wilkening, J., & Fabrikant, S. I. (2013). How users interact with a 3D geo-browser under time pressure. In: *Cartography and Geographic Information Science*, 40(1), S. 40–52.
- Wilkinson, L., & Friendly, M. (2009). The History of the Cluster Heat Map. *The American Statistician*, 63(2), S. 179–184.

10 Anhang

10.1 Experteninterviews

10.1.1 Wichtigste Aussagen der Experten

Experte A:

- Experte A hat bereits Erfahrungen mit GPS-Tracker gemacht, vor allem aber mit den quantitativen Leistungsdaten gearbeitet. Dabei ist es schwer Grenzwert zu setzen, was gut und was schlecht ist auf welchem Niveau.
- Zudem leitet Experte A ein Forschungsprojekt zwischen der Universität Zürich und dem deutschen Fussballverband. Dabei geht es um das Zusammenführen von Bewegungsdaten und Eventdaten und daraus eine ökonomische Verhaltensforschung zu machen. Wie altruistisch oder egoistisch agieren Spieler je nach Spielstand oder Platzierung in der Tabelle?
- Experte A fordert mehr Inhalt in Heatmaps. Es ist schwierig diese Heatmaps interpretierbar zu machen. Zudem sind die offensiven und defensiven Aktionen nicht ersichtlich.
- Wenn man das Spiel gesehen hat, kann man gewisse Situationen rekonstruieren. Wenn nicht, spielt es keine Rolle welche Art von Heatmap.
- Erst wenn man an eine gewisse Anzahl und somit Vergleichbarkeit von Heatmaps herankommt, können sinnvolle Informationen herausgelesen werden.
- Es fragt sich, wie weit sich Visualisierungen mit Video ergänzt, bzw. davon abgrenzt.
- Der Mehrwert kommt von einem anderen Ort her als von den Visualisierungen. Visualisierung alleine kann das nicht bringen. Ausser man bewegt sich im Medienbereich und sieht es als eine Spielerei an.
- Zeitliche Skala: Über eine Saison hinweg spannend, um taktische Ideen zu trainieren und eine Bestätigung zu bekommen ob Taktik funktioniert oder nicht.

- Prozone haben Kameras um Spieler zu tracken und das Eventtracking. Sie sind daran zu messen wie gut ein Spieler unter Druck ist, wie viele Leute zieht er auf sich wenn er den Ball hat, öffnet er Raum für seine Mitspieler oder schliesst er ihn. Kramer zum Beispiel hat verhältnismässig viele Ballverluste, aber wenn er den Ball lösen kann, dann haben seine Mitspieler dafür umso mehr Raum und Zeit. Da kommt man der Spielintelligenz und dem Spielverhalten anhand der Datenbasis mehr und mehr zu verstehen. Solange du nur Pässe, Schüsse oder Zweikämpfe zählst, sagt dies praktisch nichts aus über effektive Qualität eines Spielers. Aber wenn Raum und Gegner miteinbezogen kann erst richtig wichtige Info gewonnen werden.

Experte B:

- Für Experte B ist die Datenaufarbeitung heutzutage ein grosser Bestandteil des modernen Fussballs geworden. Als Trainer ist sie gar nicht mehr wegzudenken. Visualisierungen vor allem als Controlling!
- Wenn der Trainer Dinge dem Spieler gegenüber kritisiert, nimmt er solche Sachen als Hilfsmittel.
- Wenn ein Spieler Bilder seiner Bewegungsabläufe auf Video sieht, wenn er stehenbleibt bei Ballverlust, ist es schon eindrücklicher als auf Heatmap.
- Dichtekarte zeigt grundsätzlich mal das der Spieler aktiv gewesen ist, bemüht für das Spiel, unterwegs gewesen ist, Einsatz gegeben hat. Beim Anblick von einer Visualisierung braucht es jedoch den Erfahrungswert um das richtig zu interpretieren.
- Je mehr Laufwege sichtbar sind in der Dichtekarte desto näher an der Realität und verständlicher für Trainer und Spieler.
- High intensity (Laufwege über 30 km/h), die heute extrem wichtig sind. Wenn man diese visualisieren kann, wäre super.
- Wichtig wäre die Daten in offensiv/defensiv oder Spiel mit Ball und ohne Ball zu visualisieren.
- Zeitliche Auflösung in Halbzeiten oder sogar 15 Minutenabschnitte sehr gut, ergibt neuen Erkenntnisgewinn.
- Räumliche Auflösung ist sehr wichtig, Zone 1, 2 und 3 für taktische Analyse.
- Wichtig für Trainer ist es, solche Bestätigungen zu haben, um den Spielern anhand einer Dichtekarte zu zeigen, dass der Trainer die Kritik nur positiv meint. Schlussendlich geht es um die Sache, das Verbessern und Weiterentwickeln des Spiels und nicht um persönliche Sachen.

Experte C:

- Most important element in development of football in the last years, decades.
- Amateur football, there are so many data you can collect and very important to organize your training. Know the volume, the charge of training of your players.
- Physical trainer is all the time on the field, checking the heart rate of player, speed of player during session, number of sprints, the zone where each player is moving.
- I use data to analyse games, its about ball possession, free kicks, corner kicks, zones of influence of determined players of the opponents' team to see which player is important at what time and where on the field.
- this information I consider to be valuable to understand much better the games, the situation of the players and to decide at the end of the day in a better way.
- Subjective: in my humble opinion the most important thing about collecting data is not how much data you get, but how do you interpret this information. What do you do with all those numbers? How do you manipulate this information to get the best out of your players and your team?
- If we measure that, we understand the patterns of movement and passes and shootings, regarding the percentage and time of the game, we would be able to perform in a better way. Problem of course is that: during a game, every situation is completely different normally the decision making process are based on so many circumstances. There Messi and Ronaldo are the best in the world, because they can change games from nowhere.
- Heatmap: need a legend in density map, to see how many runs a player has made in a certain colour zone. Difficult to see which area is the one with the most value in density map. Yellow is bigger, but red one is concentrated. Me and all the people looking at these heatmaps are completely wrong about the interpretation. I thought the red area is the nr of time the player steps on those zones.
- I would use the one that gives me the more accurate information and is somehow easy to understand from a quick look. I don't need to be a kind of an expert to understand that this means this and this that.
- That is difficult. Even though the technology and data give a lot of valuable information, football is a very complex game and it is very unpredictable and chaotic.
- It is important to know that right back is 70min in one zone? Well It could be, but probably more important to understand that he makes 3 sprints on the opponents half and he is the one that makes an assist through a cross, and from a general view of this

map we could say: yes, right back had important influence here when a goal resulted (you need that context information, can also be the game seen by the coach).

- Definitely separate in half times, the first elementary step.
- Are we going to be able to confirm at 100% success, what kind of players you need, what kind of actions you need, in order to have a better performance to win a game just by analysing 1000 of data? Or are players going to be always in a position to have an impact depending on the context, that the technology won't be able to measure in advance. Of course we can get patterns, and those patterns are very important, and tell already so many good and valuable information in order to make better decisions. But football is chaotic and is complex, there are 22 players having an impact on each specific second of a game and therefore somehow unpredictable.
- A way one player controls the ball, how he is oriented, determine the subsequent action, the way a player wins or loses a half a second by looking at his team mates before he gets the ball, that influences the whole game.
- At a point where we try to split football into so many actions, that in the end you get to a unique conclusion of each action, but you lose the perception, the general image.
- In certain situations, this season, I thought I had all the answers and solutions for a game, I was completely wrong, and vice versa.
- unpredictable, but important to have data, to discuss, that people from different backgrounds and different knowledge and interests (economically or improving the game) discuss if it is important to have graphic like this or this or this.

10.1.2 Einwilligungsfomular



University of
Zurich ^{UZH}

Department of Geography

University of Zurich
Department of Geography
Winterthurerstrasse 190
CH-8057 Zurich
www.geo.uzh.ch/giva

Teilnehmerinformation und Einwilligungsfomular

Experteninterview zu Visualisierungen von Raum-Zeit-Daten im Fussball.

November 2015

Teilnehmer-Nummer:

Ablauf der Studie

Während der Durchführung der Studie wird eine Tonaufnahme gemacht. Im Zentrum der Tonaufnahme stehen Ihre Erfahrungen mit, Wünsche an sowie die Bewertung von den entsprechenden Visualisierungen von Raum-Zeit-Daten.

Vertraulichkeit der Daten

Jegliche Information, die während der Studie in Verbindung mit Ihnen gebracht werden kann, wird vertraulich behandelt und nur mit Ihrer ausdrücklichen Erlaubnis an Dritte weitergegeben. Mit Ihrer Unterschrift erlauben Sie uns, die (anonymisierten) Ergebnisse der Studie mehrmals zu publizieren. Dabei werden keinerlei Informationen veröffentlicht, die es ermöglichen, Sie zu identifizieren. In der Studie werden Sie zwar als Experte erwähnt, es besteht jedoch keine Möglichkeit Ihre Aussage auf Sie zurückzuführen, da die Resultate anonymisiert werden. Die Daten und Resultate der Studie werden an einem sicheren und vertraulichen Ort aufbewahrt und somit für Dritte nicht erreichbar.

Bekanntgabe der Ergebnisse

Wenn Sie über die Ergebnisse der Studie auf dem Laufenden gehalten werden möchten, bitten wir Sie, dem Studienleiter Ihre Anschrift zu hinterlassen. Eine Kopie von zukünftigen Publikation(en) wird Ihnen daraufhin zugestellt.

Einwilligung

Ihre Entscheidung, an der Studie teilzunehmen oder nicht, wird zukünftige Beziehungen mit der Universität Zürich nicht beeinträchtigen. Entscheiden Sie sich dafür, an der Studie teilzunehmen, steht es Ihnen jederzeit frei, die Teilnahme ohne Begründung abzubrechen. Sollten Sie Fragen haben, zögern Sie bitte nicht, diese zu stellen. Sollten zu einem späteren Zeitpunkt Fragen aufkommen, wird Joël Durand (079 439 69 62, joel@durand.ch) diese gerne beantworten. Sie erhalten eine Kopie dieses Dokuments.

Mit Ihrer Unterschrift bestätigen Sie, oben stehende Informationen gelesen und verstanden zu haben und willigen ein, unter den dort beschriebenen Bedingungen an der Studie teilzunehmen.

Unterschrift des Teilnehmers

Unterschrift des Studienleiters

Vor- und Nachname in Blockschrift

Vor- und Nachname in Blockschrift

Ort/Datum: _____

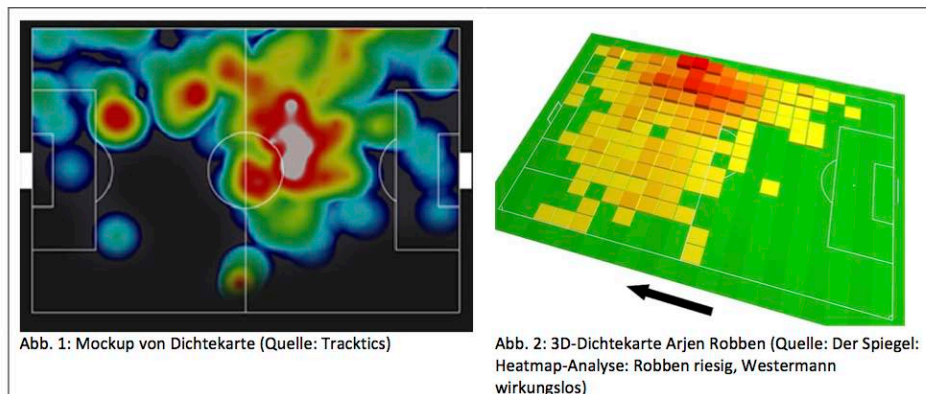
10.1.3 Vorinformation für Experten

Experteninterview

Wie werden Bewegungsdaten von Fussballern optimal visualisiert? Eine empirische Studie der weitverbreiteten Dichtekarten.

Joël Durand | 09-746-140 | joel@durand.ch

Betreut durch: Prof. Dr. Sara I. Fabrikant
Geographisches Institut der Universität Zürich



Kontext des Gesprächs

Im Rahmen meiner Masterarbeit in der Abteilung Geographische Informationsvisualisierung an der Universität Zürich möchte ich die Visualisierung von fussballspezifischen Bewegungsdaten analysieren. Die meistverbreitete Art solche Raum-Zeit-Daten zu visualisieren sind die sogenannten „Heatmaps“. Heatmaps sind eine Art von Dichtekarten, die das Bewegungsprofil eines Spielers, in Funktion seiner Aufenthaltszeit auf dem Spielfeld, aufzeigen.

Anhand einer empirischen Nutzerstudie möchte ich herausfinden, welche Art von Dichtekarte für die Nutzer am geeignetsten ist. In einem zweiten Schritt möchte ich die Schwächen der oft gebrauchten Heatmaps aufzeigen und ein alternatives Produkt vorstellen. Dieses alternative Produkt soll besser auf die Bedürfnisse von Entscheidungssträgern im Fussball angepasst sein.

Ziel des Gesprächs

Als Einstieg in diese Masterarbeit werde ich fünf Experten interviewen, um erfahrungsgestütztes Wissen abzuholen. Die bisherigen Erfahrungen und Bedürfnisse der Experten bei der Verwendung von visueller Datenanalyse im Fussball, sowie deren Wünsche an zukünftige Visualisierungen, sollen mir helfen die empirische Nutzerstudie von Dichtekarten fundierter aufzubereiten. Darüber hinaus sollen die Inputs der Experten als Anregung für das resultierende alternative Produkt dienen.

10.1.4 Leitfaden für Experteninterview

Leitfaden Experteninterview

Wie können Bewegungsdaten von Fussballern und Fussbalerinnen visualisiert werden?

Eine empirische Studie der weitverbreiteten Dichtekarten.

Joël Durand

09-746-140

joel@durand.ch

Betreut durch:

Prof. Dr. Sara I. Fabrikant

Geographisches Institut der Universität Zürich

Abteilung GIVA

- Begrüssung und Einverständniserklärung
- Bisherige Erfahrungen mit Visualisierungen
- Analyse von Dichtekarten
- Wünsche und Anregungen an alternative Visualisierung

<p>1. Einstieg</p>	<p>Was halten Sie von der statistischen Datenanalyse im Fussball ganz allgemein?</p> <p>Erfahrung mit statistischer Datenanalyse? Als Spieler, Trainer oder als Zuschauer im TV?</p>
<p>2. Erfahrung mit Visualisierung?</p>	<p>Welche Art von Visualisierungen von Bewegungen kennen Sie?</p> <p>Welche Art von Visualisierungen haben Sie bereits verwendet?</p> <p>Während Ausbildung in Kontakt gekommen mit Visualisierung von Raum-Zeit-Daten?</p>
<p>3. Welche Schlüsse aus einer Dichtekarte?</p>	<p>Welche Informationen soll eine Dichtekarte bereitstellen?</p> <p>Was kann aus Expertensicht aus so einer Verteilung von Raum-Zeit-Daten herausgelesen werden?</p> <p>Welche Fragen sollten dadurch beantwortet und welche Entscheide</p>

	gefällt werden?
4. Dichtekarten bewerten:	<p>Welche Darstellung gefällt am Besten und wieso?</p> <p>Abb. 1 Abb. 2 Abb. 3 Abb. 4 Abb. 5</p> <p>Welche finden Sie am glaubwürdigsten?</p> <p>Abb. 1 Abb. 2 Abb. 3 Abb. 4 Abb. 5</p> <p>Aus welcher Darstellung ist am meisten Information ablesbar?</p> <p>Abb. 1 Abb. 2 Abb. 3 Abb. 4 Abb. 5</p> <p>Farbskala (spektral mit/ohne weiss, gelb zu rot, monochromatic)</p> <p>Abb. 2 Abb. 3 Abb. 4 Abb. 5</p>
5. Anwendungsbereich?	<p>Welchen Einfluss können Dichtekarten auf zukünftige Entscheidungen haben? Auf die taktische Ausrichtung des Teams und auf individuelle Anweisungen an einen Spieler?</p> <p>Welches Potential haben solche Visualisierungen in den verschiedenen Ebenen? (Professionell, Semi-Professionell, Amateur, Ausbildung)</p>

6. Schwächen Dichtekarte:	<p>Welche Information wird nicht hier dargestellt?</p> <p>Welche zusätzliche Information würden Sie sich wünschen in so einer Visualisierung?</p> <p>Kombination mit absoluten Performance Daten? Distance covered, max. velocity, sprint count....</p> <p>Spurts oder hohe Intensität?</p> <p>Räumliche und Zeitliche Auflösung? Aufteilung in 15' Perioden oder eine räumliche Aufteilung in Zonen?</p> <p>Kontextbezogen auf Events oder auf Ballberührungen? Action area?</p> <p>Einzelne Spieler oder ganzes Team?</p> <p>Einzelnes Spiel oder mehrere Spiele?</p> <p>Realtime oder post-game?</p>

	<p>Vor, während oder nach dem Spiel Information aus Visualisierung einsetzen?</p>
<p>7. Interesse an weiterer Zusammenarbeit</p>	<p>Hätten Sie Interesse an der Nutzerstudie zu verschiedenen Dichtekarten teilzunehmen?</p> <p>Hätten Sie Interesse an einer qualitativen Auswertung des neu entwickelten Produktes teilzunehmen?</p> <p>Hätten Sie Vorschläge für weitere Interessenten dieses Themengebietes? Weitere Experten oder Datenanalysten?</p> <p>Hätten Sie Interesse an einer elektronischen Ausgabe der Abschlussarbeit?</p>
<p>8. Weitere Inputs</p>	

10.2 Nutzerstudie

10.2.1 Übersicht der Fragen in der Nutzerstudie mit Label

n	Frage	Labels	Kommentarfeld	Nummer in Graphik	Frage typ
1	Wie gut gefällt Ihnen diese Karte auf den ersten Blick?	Kt1_Zu1		Pre	Zufriedenheit
2	Wie gut gefällt Ihnen diese Karte auf den ersten Blick?	Kt2_Zu1		Pre	
3	An welchem markierten Punkt in der Karte ist die Aufenthaltszeit des Spielers am längsten?	Kt1_Ve1		1	Verständnis
4	An welchem markierten Punkt in der Karte ist die Aufenthaltszeit des Spielers am längsten?	Kt2_Ve1		1	
5	Wählen Sie die Reihenfolge der markierten Punkte in der Karte, die der Aufenthaltsdauer des Spielers (1. Lang, 2. Mittel, 3. Kurz) entspricht.	Kt1_Ve2		2	
6	Wählen Sie die Reihenfolge der markierten Punkte in der Karte, die der Aufenthaltsdauer des Spielers (1. Lang, 2. Mittel, 3. Kurz) entspricht.	Kt2_Ve2		2	
7	Hat sich der Spieler länger an Punkt A als an Punkt B aufgehalten?	Kt1_Ve3		3	
8	Hat sich der Spieler länger an Punkt A als an Punkt B aufgehalten?	Kt2_Ve3		3	
9	Wie oft hat der Spieler den eigenen Strafraum betreten?	Kt1_An1		4	Analyse
10	Wie oft hat der Spieler den eigenen Strafraum betreten?	Kt2_An1		4	
11	Welcher Spieler hat mehr Distanz zurückgelegt?	Kt1_2_An3	Kt1_2_An3k	Vergleich	
12	Welche Aussage trifft zu:	Kt1_An4		5	
13	Welche Aussage trifft zu:	Kt2_An4		5	
14	Auf welcher Position denken Sie hat der Trainer diesen Spieler aufgestellt?	Kt1_An5	Kt1_An5k	6	
15	Wie sicher sind Sie sich bei der Beantwortung der vorhergehenden Frage?	Kt1_An5s		Vertrauen	
16	Auf welcher Position denken Sie hat der Trainer diesen Spieler aufgestellt?	Kt2_An5	Kt2_An5k	6	

n	Frage	Labels	Kommentarfeld	Nummer in Graphik	Frage typ
17	Wie sicher sind Sie sich bei der Beantwortung der vorhergehenden Frage?	Kt2_An5s		Vertrauen	
18	Auf welcher Position hat der Trainer Ihrer Meinung nach diesen Spieler aufgestellt?	Kt1_An6	Kt1_An6k	7	
19	Auf welcher Position hat der Trainer Ihrer Meinung nach diesen Spieler aufgestellt?	Kt2_An6	Kt2_An6k	7	
20	Auf welcher Positionslinie denken Sie spielt dieser Spieler?	Kt1_An7	Kt1_An7k	8	
21	Auf welcher Positionslinie denken Sie spielt dieser Spieler?	Kt2_An7	Kt2_An7k	8	
22	Dieser Spieler ist ein rechter Aussenverteidiger. Was lesen Sie als Trainer aus dieser Halbzeit heraus?	Kt1_An8	Kt1_An8k	9	
23	Wie sicher sind Sie sich bei der Beantwortung der vorhergehenden Frage?	Kt1_An8s		Vertrauen	
24	Dieser Spieler ist ein linker Aussenverteidiger. Was lesen Sie als Trainer aus dieser Halbzeit heraus?	Kt2_An8	Kt2_An8k	9	
25	Wie sicher sind Sie sich bei der Beantwortung der vorhergehenden Frage?	Kt2_An8s		Vertrauen	
26	Bitte bewerten Sie diese Karte nach folgenden Kriterien: Ich würde diese Karte einem Trainerkollegen weiterempfehlen. Ich finde diese Darstellung und die darunterliegenden Daten vertrauenswürdig. Ich finde diese Darstellung attraktiv. Ich finde diese Karte nützlich als Hilfsmittel bei der Analyse eines Spiels.		Kt1_Zu2k	1	Zufriedenheit
			Kt1_Zu2	1	
			Kt1_Zu3U2	1	
			Kt1_Zu4U3	1	
			Kt1_Zu5U4	1	
27	Bitte bewerten Sie diese Karte nach folgenden Kriterien: Ich würde diese Karte einem Trainerkollegen weiterempfehlen. Ich finde diese Darstellung und die darunterliegenden Daten vertrauenswürdig. Ich finde diese Darstellung attraktiv. Ich finde diese Karte nützlich als Hilfsmittel bei der Analyse eines Spiels.		Kt2_Zu2k	1	
			Kt2_Zu2	1	
			Kt2_Zu3U2	1	
			Kt2_Zu4U3	1	
			Kt2_Zu5U4	1	
28	Diese Karte ist meiner Meinung nach am geeignetsten...		Kt1_Zu6k	2	

n	Frage	Labels	Kommentarfeld	Nummer in Graphik	Frage typ
	für die mediale Berichterstattung. als Analyse-Hilfsmittel für den Trainer.	KT1_Zu6		2	
	als Rückmeldung und Motivation für den Spieler selber.	Kt1_Zu7U2		2	
	Ich sehe keinen Anwendungszweck.	Kt1_Zu8U3		2	
		Kt1_Zu9U4		2	
29	Diese Karte ist meiner Meinung nach am geeignetsten...		KT2_Zu6k	2	
	für die mediale Berichterstattung. als Analyse-Hilfsmittel für den Trainer.	Kt2_Zu6		2	
	als Rückmeldung und Motivation für den Spieler selber.	Kt2_Zu7U2		2	
	Ich sehe keinen Anwendungszweck.	Kt2_Zu8U3		2	
		Kt2_Zu9U4		2	
30	Welche dieser beiden Karten gefällt Ihnen besser?	Kt1_2_Zu10	Kt1_2_Zu10k	Post	
31	Welche Zahl erkennen Sie auf dem Bild?	FTest		Test	Farbenblind Test
32	Bitte füllen Sie zum Schluss folgende Angaben aus (* Pflichtfelder). Falls Sie Interesse an den Resultaten meiner Studie haben, können Sie gerne Ihre Email Adresse hinterlassen. Ihre Daten werden anonym behandelt.				Hintergrund info
	Email	Email			
	Funktion: Spieler oder Trainer?*	Dem_FuU2			
	Aktiv in folgender Liga:*	Dem_LiU3			
	Alter:*	Dem_AIU4			
	Spielerposition:	Dem_PoU5			
	Anzahl Jahre Erfahrung im Aktivbereich:	Dem_ErU6			
	Vorhergehende Erfahrung mit Dichtekarten:	Dem_ErDU7			
Automatisch generierte Angaben		Interne User-ID (unique)			
		E-Mail			
		Datum			

10.2.2 Reihenfolge der Fragen in der Nutzerstudie aufgeteilt in 3 Serien

REFERENZ	Frage Word Datei	KartenID	Bemerkung	Reihenfolge Referenz	Reihenfolge Serie 1	Reihenfolge Serie 2	Reihenfolge Serie 3
Zufriedenheit	1	11	1. Blick	1	1	2	1
(n=2)	2	21	1. Blick	2	2	1	2
Verständnis	3	12	ABC	3	9	17	7
(2x3=6)	4	22	ABC	4	7	19	5
	5	11	ABC	5	14	9	21
	6	21s	ABC	6	16	20	11
	7	13	ABC	7	20	7	17
	8	23	ABC	8	17	10	14
Analyse	9	13		9	5	12	18
(2x6+4+1=17)	10	23s		10	13	14	8
	11	13 und 23s	Distanz	11	18	5	9
	12	12		12	21	18	16
	13	22s		13	6	8	15
	14*	11	sicher danach	14	4	15	19
	15*	21	sicher danach	15	10	6	4
	16	12		16	19	4	3
	17	22		17	11	3	10
	18	11s		18	15	11	12
	19	21		19	3	21	6
	20*	14	sicher danach	20	8	16	20
	21*	24s	sicher danach	21	12	13	13
Zufriedenheit	22	13		22	25	25	24
(2x2+1=5)	23	23		23	23	22	22
	24	12		24	22	23	23
	25	22		25	24	24	25
	26	13 und 23s	Vergleich	26	26	26	26
Test	27	gruen_rot		27	27	27	27
Dem. Angaben	28			28	28	28	28

* Sicherheitsfrage im Nachhinein unmittelbar danach eingefügt

s: Spiegelverkehrte Abbildung

10.2.3 Einwilligungsf formular Nutzerstudie



University of
Zurich ^{UZH}

Department of Geography

University of Zurich
Department of Geography
Winterthurerstrasse 190
CH-8057 Zurich
www.geo.uzh.ch/giva

Teilnehmerinformation und Einwilligungsf formular

Nutzerstudie zur empirischen Untersuchung von Dichtekarten im Fussball.

August 2016

Vertraulichkeit der Daten

Jegliche Information, die während der Studie in Verbindung mit Ihnen gebracht werden kann, wird vertraulich behandelt. Mit der Teilnahme an der Studie erlauben Sie uns, die (anonymisierten) Ergebnisse der Studie mehrmals zu publizieren. Dabei werden keinerlei Informationen veröffentlicht, die es ermöglichen, Sie zu identifizieren. Die Daten und Resultate der Studie werden an einem sicheren und vertraulichen Ort aufbewahrt und somit für Dritte nicht erreichbar.

Bekanntgabe der Ergebnisse

Wenn Sie über die Ergebnisse der Studie auf dem Laufenden gehalten werden möchten, bitten wir Sie, dem Studienleiter Ihre Anschrift zu hinterlassen. Eine Kopie von zukünftigen Publikation(en) wird Ihnen daraufhin zugestellt.

Einwilligung

Ihre Entscheidung, an der Studie teilzunehmen oder nicht, wird zukünftige Beziehungen mit der Universität Zürich nicht beeinträchtigen. Entscheiden Sie sich dafür, an der Studie teilzunehmen, steht es Ihnen jederzeit frei, die Teilnahme ohne Begründung abubrechen. Sollten Sie Fragen haben, zögern Sie bitte nicht, diese zu stellen. Sollten zu einem späteren Zeitpunkt Fragen aufkommen, wird Joël Durand (079 439 69 62, joel@durand.ch) diese gerne beantworten.

Mit Ihrer Teilnahme bestätigen Sie, oben stehende Informationen gelesen und verstanden zu haben und willigen ein, unter den dort beschriebenen Bedingungen an der Studie teilzunehmen.

Vor- und Nachname in Blockschrift: Joel Durand

Ort/Datum: Zürich, 10.08.2016

10.2.4 Vorinformation und Einladung zur Teilnahme an Nutzerstudie

Sehr geehrte Teilnehmende

Vielen herzlichen Dank, dass Sie sich 10 Minuten (insgesamt 28 Fragen) Ihrer Zeit nehmen, um an meiner empirischen Studie über die Visualisierung von Bewegungsdaten im Sport teilzunehmen! Im Rahmen meiner Masterarbeit untersuche ich, wie Bewegungsdaten von Fussballern für die Spielanalyse visualisiert werden können.

Sollten Sie nun an der Studie teilnehmen wollen, bitte ich Sie, die Fragen in einem Durchgang und ohne Unterbrechung zu beantworten. Mit der Teilnahme erklären Sie sich mit den Teilnahmebedingungen im Anhang dieser Mail einverstanden.

Der Fragebogen wird am Besten auf einem Bildschirm mit einer Mindestgrösse von 29x16cm dargestellt, verwenden Sie jedoch bitte KEINE Mobiltelefone.

Bitte benutzen Sie NICHT den Zurück-Knopf Ihres Webbrowsers.

Für Ihre Teilnahme an meiner Studie danke ich Ihnen bereits im Voraus und wünsche nun viel Spass beim Beantworten der Fragen!

Herzlichen Dank für Ihre Mithilfe.

Joel Durand
joel.durand@uzh.ch
Universität Zürich
Geographisches Institut

Zum Mitmachen hier klicken: <http://www.onlineumfragen.com/login.cfm?umfrage=71533&ttuid=Tex24k4n2zs2k>

(Wichtig: Falls nicht der GESAMTE Link unterstrichen oder anklickbar ist, bitte den ganzen Link in die Adresszeile des Browsers kopieren. Danke!)

10.2.5 Antwortgenauigkeit aufgeteilt in Spieler und Trainer

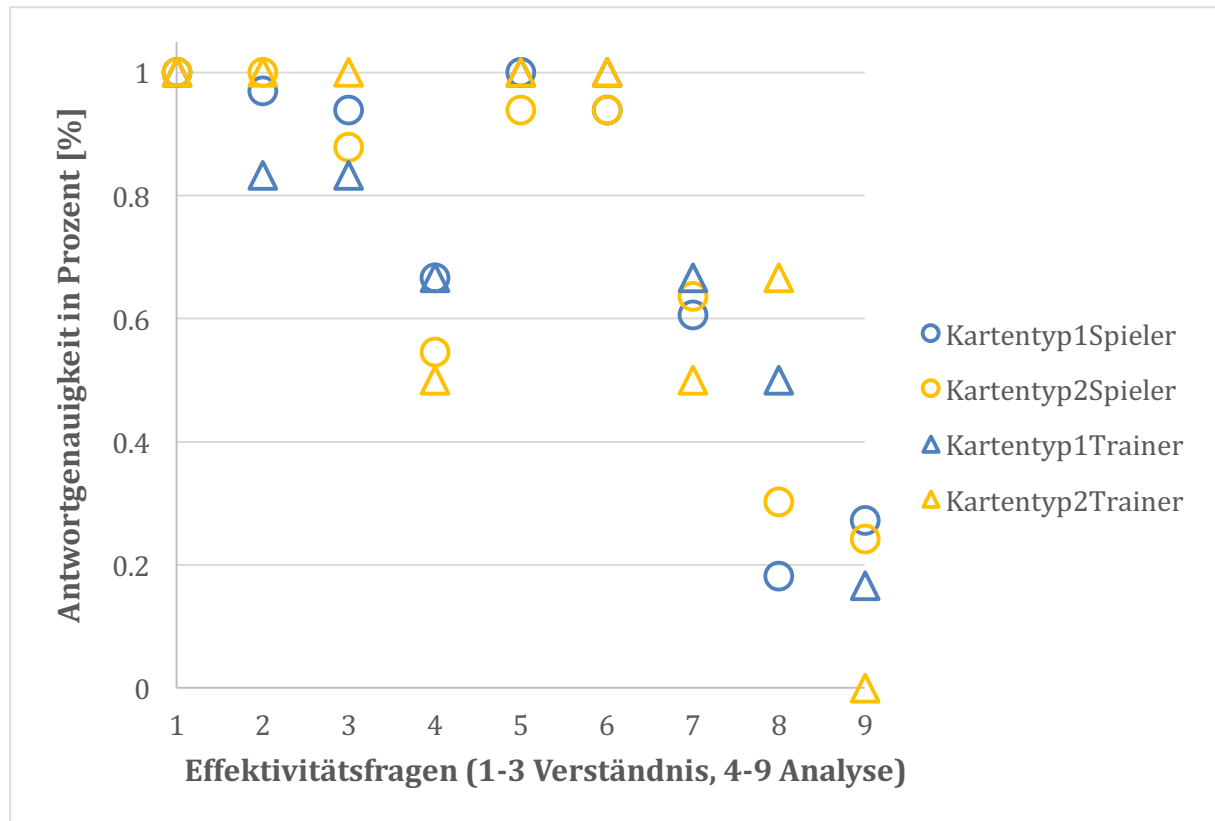


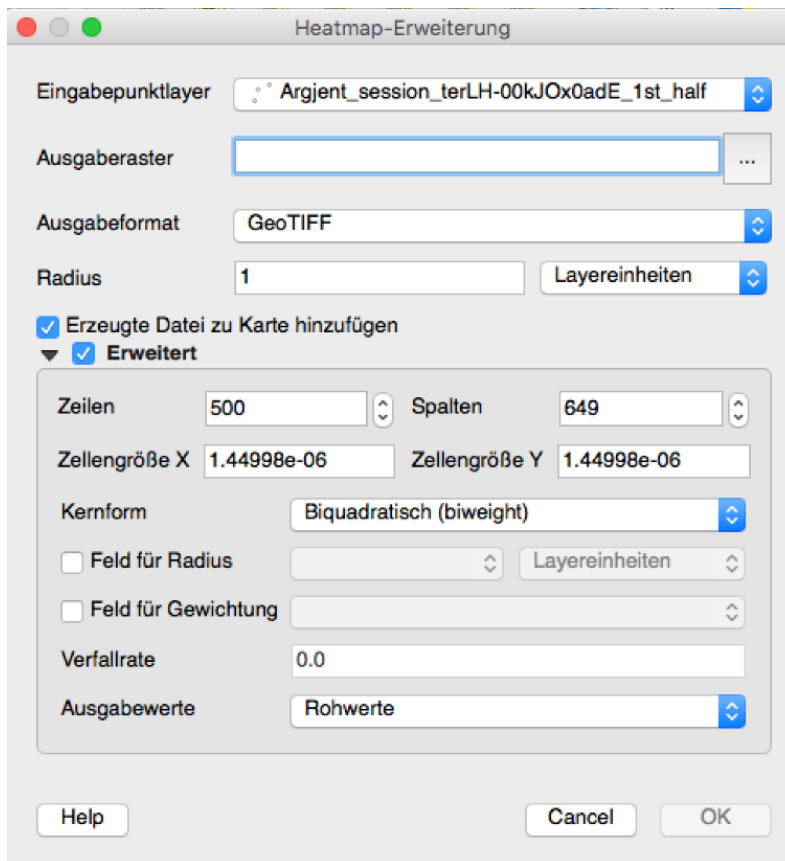
Diagramm Anhang 1: Effektivitätsfragen pro Frage nach Kartentyp und Funktion: Spieler (n=33) und Trainer (n=6).

10.2.6 Experimentelle Stimuli Kartentyp1 und Kartentyp2

Kartentyp	Spiel	Spieler	Position	Halbzeit	Karten-ID
Kartentyp1 (Radius 1)	game2	Philipp	linker Flügel	2	11
	game2	Joel	Mittelstürmer	2	12
	game2	Argjent	Zentral-offensives Mittelfeld	2	13
	game2	Marlon	Rechter Aussernverteidiger	2	14
	game2	Philipp	linker Flügel	2	11s
	game2	Joel	Mittelstürmer	2	12s
Kartentyp	Spiel	Spieler	Position	Halbzeit	Karten-ID
Kartentyp2 (Radius 3)	game2	Philipp	linker Flügel	2	21
	game2	Joel	Mittelstürmer	2	22
	game2	Argjent	Zentral-offensives Mittelfeld	2	23
	game2	Marlon	Rechter Aussernverteidiger	2	24
	game2	Marlon	Rechter Aussernverteidiger	2	24s
	game2	Argjent	Zentral-offensives Mittelfeld	2	23g

10.3 Weitere Illustrationen

10.3.1 QGIS Eingabefeld Heatmap-Erweiterungen



10.4 SPSS Outputs

10.4.1 Effektivität global

Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE_1

Kartentyp_Effek_global	Dependent Variable
1	Kt1
2	Kt2

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
Kt1	.7321937322	.1435599295	39
Kt2	.7236467236	.1568695440	39

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square
Kartentyp_Effek_global	Sphericity Assumed	.001	1	.001
	Greenhouse-Geisser	.001	1.000	.001
	Huynh-Feldt	.001	1.000	.001
	Lower-bound	.001	1.000	.001
Error(Kartentyp_Effek_global)	Sphericity Assumed	.227	38	.006
	Greenhouse-Geisser	.227	38.000	.006
	Huynh-Feldt	.227	38.000	.006
	Lower-bound	.227	38.000	.006

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		F	Sig.
Kartentyp_Effek_global	Sphericity Assumed	.238	.628
	Greenhouse-Geisser	.238	.628
	Huynh-Feldt	.238	.628
	Lower-bound	.238	.628
Error(Kartentyp_Effek_global)	Sphericity Assumed		
	Greenhouse-Geisser		
	Huynh-Feldt		
	Lower-bound		

10.4.2 Effektivität Verständnis

Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE_1

Kartentyp	Effekt	Ver	Dependent Variable
1			Kt1
2			Kt2

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
Kt1	.9572649573	.1363579564	39
Kt2	.9658119658	.1024515802	39

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square
Kartentyp_Effekt_Ver	Sphericity Assumed	.001	1	.001
	Greenhouse-Geisser	.001	1.000	.001
	Huynh-Feldt	.001	1.000	.001
	Lower-bound	.001	1.000	.001
Error(Kartentyp_Effekt_Ver)	Sphericity Assumed	.499	38	.013
	Greenhouse-Geisser	.499	38.000	.013
	Huynh-Feldt	.499	38.000	.013
	Lower-bound	.499	38.000	.013

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		F	Sig.
Kartentyp_Effekt_Ver	Sphericity Assumed	.109	.744
	Greenhouse-Geisser	.109	.744
	Huynh-Feldt	.109	.744
	Lower-bound	.109	.744
Error(Kartentyp_Effekt_Ver)	Sphericity Assumed		
	Greenhouse-Geisser		
	Huynh-Feldt		
	Lower-bound		

10.4.3 Effektivität Analyse

Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE_1

Kartentyp	Effekt	An	Dependent Variable
1			Kt1
2			Kt2

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
Kt1	.6196581197	.1984910841	39
Kt2	.6025641026	.2216873906	39

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square
Kartentyp_Effekt_An	Sphericity Assumed	.006	1	.006
	Greenhouse-Geisser	.006	1.000	.006
	Huynh-Feldt	.006	1.000	.006
	Lower-bound	.006	1.000	.006
Error(Kartentyp_Effekt_An)	Sphericity Assumed	.633	38	.017
	Greenhouse-Geisser	.633	38.000	.017
	Huynh-Feldt	.633	38.000	.017
	Lower-bound	.633	38.000	.017

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		F	Sig.
Kartentyp_Effekt_An	Sphericity Assumed	.342	.562
	Greenhouse-Geisser	.342	.562
	Huynh-Feldt	.342	.562
	Lower-bound	.342	.562
Error(Kartentyp_Effekt_An)	Sphericity Assumed		
	Greenhouse-Geisser		
	Huynh-Feldt		
	Lower-bound		

10.4.4 Effizienz global

Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE_1

	Dependent Variable
Kartentyp_Effiz_global	
1	Kt1
2	Kt2

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
Kt1	29.75696988	9.628283810	39
Kt2	31.21928164	10.64695537	39

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square
Kartentyp_Effiz_global	Sphericity Assumed	41.698	1	41.698
	Greenhouse-Geisser	41.698	1.000	41.698
	Huynh-Feldt	41.698	1.000	41.698
	Lower-bound	41.698	1.000	41.698
Error(Kartentyp_Effiz_global)	Sphericity Assumed	1229.372	38	32.352
	Greenhouse-Geisser	1229.372	38.000	32.352
	Huynh-Feldt	1229.372	38.000	32.352
	Lower-bound	1229.372	38.000	32.352

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		F	Sig.
Kartentyp_Effiz_global	Sphericity Assumed	1.289	.263
	Greenhouse-Geisser	1.289	.263
	Huynh-Feldt	1.289	.263
	Lower-bound	1.289	.263
Error(Kartentyp_Effiz_global)	Sphericity Assumed		
	Greenhouse-Geisser		
	Huynh-Feldt		
	Lower-bound		

10.4.5 Effizienz Verständnis

Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE_1

Kartentyp_Effiz_vers	Dependent Variable
1	Kt1
2	Kt2

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
Kt1	18.53418803	7.801838467	39
Kt2	18.64529915	9.249638802	39

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square
Kartentyp_Effiz_vers	Sphericity Assumed	.241	1	.241
	Greenhouse-Geisser	.241	1.000	.241
	Huynh-Feldt	.241	1.000	.241
	Lower-bound	.241	1.000	.241
Error(Kartentyp_Effiz_vers)	Sphericity Assumed	1446.843	38	38.075
	Greenhouse-Geisser	1446.843	38.000	38.075
	Huynh-Feldt	1446.843	38.000	38.075
	Lower-bound	1446.843	38.000	38.075

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		F	Sig.
Kartentyp_Effiz_vers	Sphericity Assumed	.006	.937
	Greenhouse-Geisser	.006	.937
	Huynh-Feldt	.006	.937
	Lower-bound	.006	.937
Error(Kartentyp_Effiz_vers)	Sphericity Assumed		
	Greenhouse-Geisser		
	Huynh-Feldt		
	Lower-bound		

10.4.6 Effizienz Analyse

Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE_1

Kartentyp	Effiz_Analy	Dependent Variable
1		Kt1
2		Kt2

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
Kt1	36.91709402	18.18560838	39
Kt2	38.67820513	16.77415085	39

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square
Kartentyp_Effiz_Analy	Sphericity Assumed	60.479	1	60.479
	Greenhouse-Geisser	60.479	1.000	60.479
	Huynh-Feldt	60.479	1.000	60.479
	Lower-bound	60.479	1.000	60.479
Error(Kartentyp_Effiz_Analy)	Sphericity Assumed	4422.323	38	116.377
	Greenhouse-Geisser	4422.323	38.000	116.377
	Huynh-Feldt	4422.323	38.000	116.377
	Lower-bound	4422.323	38.000	116.377

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		F	Sig.
Kartentyp_Effiz_Analy	Sphericity Assumed	.520	.475
	Greenhouse-Geisser	.520	.475
	Huynh-Feldt	.520	.475
	Lower-bound	.520	.475
Error(Kartentyp_Effiz_Analy)	Sphericity Assumed		
	Greenhouse-Geisser		
	Huynh-Feldt		
	Lower-bound		

10.4.7 Zufriedenheit global

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Kt1_Zufr_gl	3.2514	7	.41735	.15774
Kt2_Zufr_gl	2.8229	7	.31758	.12003

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 Kt1_Zufr_gl & Kt2_Zufr_gl	7	.979	.000

Paired Samples Test

	Paired Differences			
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence ...
				Lower
Pair 1 Kt1_Zufr_gl - Kt2_Zufr_gl	.42857	.12429	.04698	.31362

Paired Samples Test

	Paired ...	t	df	Sig. (2-tailed)
	95% Confidence ...			
	Upper			
Pair 1 Kt1_Zufr_gl - Kt2_Zufr_gl	.54352	9.123	6	.000

Paired Samples Test

	Paired Differences			
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence ...
				Lower
Pair 1 Kt1_Zufr_gl - Kt2_Zufr_gl	.42857	.12429	.04698	.31362

Paired Samples Test

	Paired ...	t	df	Sig. (2-tailed)
	95% Confidence ...			
	Upper			
Pair 1 Kt1_Zufr_gl - Kt2_Zufr_gl	.54352	9.123	6	.000

10.4.8 Zufriedenheit Frage 3 und Frage 6

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Kt1_Zu3	3.3684	38	1.17222	.19016
	Kt2_Zu3	3.0526	38	1.29338	.20981
Pair 2	Kt1_Zu6	2.4474	38	1.15542	.18743
	Kt2_Zu6	2.2632	38	1.00497	.16303

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Kt1_Zu3 & Kt2_Zu3	38	.825	.000
Pair 2	Kt1_Zu6 & Kt2_Zu6	38	.711	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences			
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence ...
					Lower
Pair 1	Kt1_Zu3 - Kt2_Zu3	.31579	.73907	.11989	.07286
Pair 2	Kt1_Zu6 - Kt2_Zu6	.18421	.83359	.13523	-.08979

Paired Samples Test

		Paired Differences			
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence ...
					Lower
Pair 1	Kt1_Zu3 - Kt2_Zu3	.31579	.73907	.11989	.07286
Pair 2	Kt1_Zu6 - Kt2_Zu6	.18421	.83359	.13523	-.08979

Paired Samples Test

		Paired ...			
		95% Confidence ...			
		Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	Kt1_Zu3 - Kt2_Zu3	.55872	2.634	37	.012
Pair 2	Kt1_Zu6 - Kt2_Zu6	.45821	1.362	37	.181

Eigenständigkeitserklärung

«Persönliche Erklärung: Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und die den verwendeten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.»

Joël Durand

Zürich, 31.10.2016