



universität
wien

MAGISTERARBEIT

Titel der Magisterarbeit

„Evaluierungsstudie über die Anwendung des Konzepts
der Relativen Phase im Badminton“

verfasst von

Florian Schwab, Bakk. rer. nat.

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2014

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 066 826

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Magisterstudium Sportwissenschaft

Betreuer:

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

Vorwort

Aufgrund meiner Verbundenheit mit dem Tennissport, die aus einer in der Zwischenzeit langjährigen Wettkampferfahrung und immer wiederkehrenden Trainertätigkeiten im Bereich Kinder- und Jugendtraining in meinem Verein stammt, habe ich mich dazu entschlossen, auch meine abschließende Magisterarbeit, wie auch schon vor zwei Jahren meine Bakkalaureatsarbeit, an der Abteilung Biomechanik/Bewegungswissenschaft und Sportinformatik zu verfassen.

An dieser Stelle möchte ich mich ganz besonders bei meinem Diplomarbeitsbetreuer Herrn Univ. Prof. Dipl. Ing. Dr. techn. Arnold Baca bedanken, der es mir möglich gemacht hat, trotz einiger Verzögerungen diese Arbeit bei ihm zu schreiben.

Des Weiteren möchte ich mich auch bei allen Personen bedanken, die mir während der Entstehung dieser vorliegenden Arbeit mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind.

Ein ganz besonderes Dankeschön möchte ich Florian Walter für die Unterstützung bei der Berechnung der Relativen Phase mit dem Programm Matlab sowie bei der Interpretation der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation aussprechen. Ohne seine Hilfe wäre eine Analyse mit dem Ansatz der Relativen Phase in der vorliegenden Qualität niemals möglich gewesen.

Der größte Dank gilt aber meinen Eltern, Monika und Gerhard, ohne die diese Arbeit gar nicht erst möglich gewesen wäre. Auf ihre Unterstützung konnte ich mich immer verlassen, so auch in den letzten Monaten. Das ist nicht selbstverständlich. Danke dafür!

Zusammenfassung

Titel der Arbeit:

„Evaluierungsstudie über die Anwendung des Konzepts der Relativen Phase im Badminton“

Um die Sportspiele mit dem Ansatz eines Dynamischen Systems beschreiben zu können, ist eine angemessene Theorie, eine Modellierung, die diese dynamischen Interaktionen zu erfassen in der Lage ist, notwendig. Hierfür hat sich das Errechnen der Relativen Phase als zweckdienliches Analyseinstrument herauskristallisiert. Es besteht damit die Möglichkeit, den relativen Bewegungsverlauf der beiden Akteure/Akteurinnen zueinander über den gesamten Ballwechsel hinweg zu beschreiben. Im Rahmen dieses Analyseansatzes kann die Bewegung der beiden Spieler/innen relativ zueinander sowohl gleichgerichtet, also im Zustand einer In-Phase, als auch entgegengesetzt, im Zustand einer Anti-Phase, definiert werden. Das Ziel meiner Magisterarbeit bestand darin, dieses bereits im Tennis- und Squashsport mit Erfolg zur Anwendung gekommene Konzept der Relativen Phase aus der Dynamischen Systemtheorie auf die Wettkampfsportart Badminton zu übertragen und seine Anwendbarkeit zu überprüfen. Es drängt sich nun die Frage auf, ob die Interaktionen der Spieler/innen im Badminton ebenfalls eine Analyse mit Hilfe der Relativen Phase zulassen und welche Hinweise hinsichtlich taktischem Verhalten gegeben werden können.

Auf Basis von den Positionsdaten des Olympischen Finalspiels des Badmintonbewerbs zwischen Lin Dan und Chong Wei Lee 2008 in Beijing wurde das Bewegungsverhalten der beiden Kontrahenten in lateraler, longitudinaler sowie radialer Richtungsdimension analysiert. Es wurden insgesamt zwölf Parameter berechnet, von denen angenommen werden konnte, dass sie in der Lage sind, das Spielgeschehen auf dem Badminton Court gut abzubilden. Um den Verlauf der Relativen Phase berechnen zu können, kamen drei verschiedene Berechnungsmethoden zum Einsatz: das Verfahren der Korrelation¹, das der Polarkoordinaten sowie das Verfahren der Hilberttransformation. Im Zuge der Analyse kristallisierten sich zwei Berechnungsmethoden (Verfahren der Korrelation und Verfahren der Hilberttransformation) sowie zwei Parameter (zweidimensionales radiales Displacement relativ zum statischen Zentralen Punkt versus zweidimensionales radiales Displacement relativ zum dynamischen Zentralen Punkt) heraus, die für das Badmintonspiel besondere Relevanz zeigten. Mit der Berechnung der Relativen Phase konnte gezeigt werden, dass das räumlich-zeitliche Verhalten der Badmin-

¹ Diese Methode berechnet streng genommen keine Relative Phase, sondern Korrelationen der Abstände (Displacements) der beiden Spieler/innen relativ zueinander.

tonspieler, wie erwartet, hinsichtlich des zweidimensionalen radialen Displacements einer starken Tendenz in Richtung Anti-Phase (180° bzw. Korrelationswerte von -1) unterliegt. Demnach besteht also eine komplementäre Relation zwischen beiden Spielern in Anbetracht der Gesamtverteilung über die Länge des gesamten exemplarischen Endspiels ($n = 7$). Darüber hinaus konnte anhand eines Singleballwechsels gezeigt werden, dass eine Abweichung von diesem stabilen Systemzustand ein Hinweis auf Druck auf das System ist.

Die Zusammenhänge zwischen den berechneten Analyseparametern (Ordnungsparameter zu statischem versus dynamischem Zentralen Punkt) wurden mit einem quantitativen Verfahren, dem Intraklassenkorrelationstest ($\alpha=0,05$), statistisch auf Signifikanz geprüft. Bei beiden Berechnungsmethoden, sowohl beim Verfahren mittels Korrelation als auch mittels Hilberttransformation, ließen sich signifikante Zusammenhänge hinsichtlich des zweidimensionalen radialen Displacements relativ zum Zentralen Punkt (statisch) sowie des zweidimensionalen radialen Displacements relativ zum Zentralen Punkt (dynamisch) ableiten.

Es besteht die Notwendigkeit noch weitere Studien mit dem Analysetool der Relativen Phase in der Wettkampfsportart Badminton durchzuführen, um die verbleibenden methodischen Probleme zu beheben und somit zuverlässig Aussagen über das Geschehen auf dem Badminton Court treffen zu können.

Abstract

Title of the study:

“Evaluation Study of the Application of the Relative Phase in Badminton“

In order to describe approaches, which use the players' dynamic interaction in game sports like badminton, an appropriate theoretical concept is needed; a model that is capable of describing such a process in all details. There already exist several approaches using the concept of Relative phase to investigate games like tennis or squash. The aim of the thesis presented here was to transfer the application of Relative phase concept based on the Dynamic system theory from tennis/squash to badminton, as it had already been successfully applied to tennis and squash respectively in the past.

This raises the question whether the interaction between two players allows Relative phase analysis and, furthermore, which information about tactical behaviors can be given.

In this thesis, it was tried to determine the relative motion of badminton players using the method of relative phase. Based on two positional time-series (from the final of the Olympic Games 2008), the relative motion (i.e in the lateral, longitudinal, and radial directions) of the two players Lin Dan versus Chong Wei Lee were analyzed. This investigation revealed that the space-time pattern of badminton players only underlies - as expected - one stable pattern of synchronization mode named anti-phase (180° and Correlation values -1, respectively), with respect to radial displacement. Thus, there exists a complementary relation between both players with respect to overall distribution of relative phase values through the entire length of the exemplary final ($n = 7$). Moreover, it was shown by means of a single rally that a deviation from this attractor can give some indication of pressure or a role allocation.

The relationships between the computed parameters (two-dimensional radial displacement relative to central position 1.5 m behind the short service line vs. two-dimensional radial displacement relative to the median as central position) were subjected to statistical significance analysis using an intraclasscorrelation ($\alpha=0.05$). Both methods, the Correlation method and the Hilbert transform, demonstrated statistically significant relationships with respect to the choice of the respective collective variable.

In order to solve the remaining methodical problems of this issue, further studies are necessary to finally draw clear conclusions concerning the players' specific behavior on the badminton court.

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	III
ZUSAMMENFASSUNG	V
ABSTRACT.....	VII
1 EINLEITUNG	1
2 THEORETISCHE GRUNDLAGEN.....	3
2.1 Sportlicher Wettkampf als selbstorganisiertes System.....	3
2.2 Dynamische Systeme.....	3
2.2.1 Theorie Dynamischer Systeme.....	5
2.3 Forschungsstand	9
2.3.1 Die Berechnung der Relativen Phase in den Rückschlagspielen Tennis und Squash.....	9
2.3.2 Weitere Untersuchungen	10
2.4 Die Anwendung der Hilberttransformation anhand künstlich generierter Signale	11
2.4.1 Das Verhalten der Relativen Phase verstehen: Zusammenhang Werte und Spielerverhalten	13
2.5 Die Anwendung der Korrelation anhand künstlich generierter Signale.....	18
2.5.1 Das Verhalten der Korrelation als Relative Phase verstehen: Zusammenhang Werte und Spielerverhalten	18
2.6 Die Anwendung der Polarkoordinatendarstellung anhand künstlich generierter Signale	21
2.6.1 Das Verhalten der Relativen Phase verstehen: Zusammenhang Werte und Spielerverhalten	22
2.7 Fragestellung	23
3 METHODIK.....	26
3.1 Die Relative Phase im Badminton	26
3.2 Stichprobe.....	28
3.3 Die Positionsdatenermittlung.....	28
3.4 Datenaufbereitung	29
3.4.1 Allgemeine Datenaufbereitung.....	29
3.4.2 Spezielle Datenaufbereitung.....	32
3.4.3 Die Methode des Normalisierens	33
3.5 Die Berechnung der Relativen Phase	35
3.5.1 Korrelation der Abstände	35
3.5.2 Polarkoordinatendarstellung.....	36
3.5.3 Die Hilberttransformation	37
3.6 Die statistischen Verfahren	37
3.6.1 Unterschied zwischen den beiden Ordnungsparametern statisch vs. dynamisch	39

3.7	Das Referenzsystem	40
4	ERGEBNISSE UND INTERPRETATION	41
4.1	Die Verteilung der Relativen Phase.....	41
4.1.1	Die Verteilung der Korrelationsmethode als Relative Phase.....	41
4.1.2	Die Verteilung der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation	44
4.2	Qualitative Analyse.....	46
4.2.1	Displacement - Daten als Ordnungsparameter	46
4.2.2	Geschwindigkeitsdaten als Ordnungsparameter	49
4.2.3	Kurvenverlauf der Relativen Phase anhand eines ausgesuchten Ballwechsels	56
4.3	Statistische Analysemethoden.....	76
4.3.1	Ergebnisse der statistischen Auswertung	77
5	DISKUSSION	81
5.1	Unterschiede in der Wahl der Ordnungsparameter	81
5.1.1	Die Wahl des Zentralen Bezugspunkts.....	82
5.1.2	Verwendeter Ordnungsparameter als Analyseparameter	84
5.2	Mathematische Bestimmung der Relativen Phase	88
5.2.1	Das Verfahren der Korrelation	89
5.2.2	Der Algorithmus der Hilberttransformation	91
5.2.3	Die zwei Berechnungsmethoden im Vergleich	92
5.3	Ordnungsparameter im Vergleich	95
5.4	Ausblick	99
6	ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG	100
	LITERATURVERZEICHNIS.....	104
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	107
	TABELLENVERZEICHNIS.....	124
	ANHANG	125
	Trajektorieverhalten	125
	Einfluss der Koordinaten.....	130
	Vollständige Kurven der Relativen Phase	139
	CURRICULUM VITAE.....	179
	EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG	181

1 Einleitung

Es ist auffällig, dass das Positionierungsverhalten einzelner Spieler/innen sowohl leistungslimitierenden als auch leistungsfördernden Einfluss auf die Sportspielleistung haben kann. Dazu kam in mehreren Sportarten (z.B. Squash, Tennis) ein System interagierender Komponenten zum Einsatz. Diese Faktoren, die zu einem besseren Spielverhalten führen, möchte ich im Zuge meiner Arbeit näher erörtern.

Sportspiele können als jener Sport definiert werden, in denen zwei Parteien (Teams, Doppelpaarungen oder Einzelspieler/innen) versuchen, ihr Spielziel zu erreichen, und gleichzeitig verhindern möchten, dass der Gegner seines erreicht (Lames, 1991, S. 32). Das stellt einen Interaktionsprozess dar und die beobachtbare Leistung ist eher das entstehende Resultat dieser Interaktion als das Zeigen der Fertigkeiten und Fähigkeiten der beiden Parteien. Die Natur der Sportspiele impliziert auch, dass dieser Interaktionsprozess einer Dynamik unterliegt. Sie wechselt während des Matches aufgrund des permanenten Strebens nach erfolgreichem Verhalten, aufgrund strategischer Überlegungen, abhängig beispielsweise vom aktuellen Spielstand, oder aufgrund einer Reaktion beruhend auf einer Gegneraktion.

Sowohl über diese Auffassung als auch über die sich daraus ergebenden Konsequenzen besteht auch in der Trainingswissenschaft weitgehend Konsens. Basierend auf dieser Tatsache können nach Lames (2006) zwei wichtige Folgerungen gezogen werden. Erstens sind einige der traditionellen Methoden der theoretischen und praktischen Leistungsdiagnostik als fragwürdig zu erachten, da sich das Verhalten aus dem Zusammentreffen zweier Gegner dynamisch ergibt. Die Beurteilung individueller Fähigkeiten bleibt ebenfalls ein Problem, solange Messungen der Häufigkeiten von beobachteten Verhaltensweisen zur Erklärung der Leistungsfähigkeit herangezogen werden und nicht auf die Singularität und Dynamik eines Interaktionsprozesses eingegangen wird.

Die zweite Konsequenz ist, dass diese Auffassung die Suche nach einem neuen Modell anregt, welches in der Lage ist, die wesentlichen Eigenschaften der Sportspiele wie Interaktion und Dynamik zu beschreiben (Lames, 2006, S.557).

Das Ziel dieser Arbeit ist es daher, in einem ersten Schritt einen Überblick über die zur Zeit aktuelle Literatur zum Thema der Bestimmung der Relativen Phase in der Analyse von Einzelschlagspielen zu geben.

Begriffserklärungen sowie -definitionen stehen hierbei im Vordergrund. In weiterer Folge soll anhand einer empirisch durchgeführten Studie dieser Ansatz zur positionalen Interaktion

zweier Spieler mit Hilfe der Relativen Phase zwischen ihrer Trajektorien skizziert werden, welche die oben aus unterschiedlichen Blickrichtungen beschriebenen Herausforderungen berücksichtigt.

Den ersten Abschnitt meiner Magisterarbeit bildet daher ein einleitender theoretischer Teil, der dazu dienen soll, einen ersten Überblick über Dynamische Systeme und in weiterer Folge über das Konzept der Relativen Phase aus der Theorie Dynamischer Systeme sowie ihre Einsatzgebiete in der Sportwissenschaft zu geben. Hier soll die Wichtigkeit dieses wissenschaftlichen Ansatzes im Bereich der Sportspielanalyse aufgezeigt werden. Des Weiteren wird eine detailgetreue Beschreibung der Vorgehensweise der Entwicklung und Erprobung über die Generierung künstlicher Signale bis hin zum Endprodukt Relative Phase gegeben.

Der zweite Teil meiner Abschlussarbeit steht ganz im Zeichen einer empirischen Studie, anhand der überprüft werden soll, ob das Konzept der Relativen Phase aus der Theorie Dynamischer Systeme in der Wettkampfsportart Badminton angewendet werden kann. Des Weiteren soll untersucht werden, ob unterschiedliche Berechnungsmethoden der Relativen Phase als Analysetool zu unterschiedlichen Ergebnissen in der Interpretation dieses Sportspiels führen können.

In einem zweiten Schritt soll mittels einer empirischen Studie untersucht werden, ob bzw. welchen Einfluss die Wahl des Parameters sowie des geeigneten Zentralen Punktes (Ordnungsparameter relativ zum statischen Zentralen Punkt, 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie oder Ordnungsparameter relativ zum dynamischen Zentralen Punkt, dem Median) auf die Relative Phase nimmt. Im Rahmen der empirisch durchgeführten Studie werden zwölf verschiedene Ordnungsparameter hinsichtlich ihrer Relativen Phase und Berechnungsmethode getestet und miteinander verglichen.

Im vorletzten Kapitel der Arbeit, der Diskussion, wird auf die gewonnenen Resultate der Untersuchung eingegangen und diese werden mit den Ergebnissen der Literatur verglichen.

Den Abschluss der Arbeit bildet das Kapitel Zusammenfassung und Schlussfolgerung.

2 Theoretische Grundlagen

Der Inhalt dieses dritten Kapitels meiner Magisterarbeit soll eine kurze Einführung in die Thematik des sportlichen Wettkampfes als selbstorganisiertes System geben. Es wird besonders auf Dynamische Systeme und dabei im Speziellen auf das Konzept der Relativen Phase eingegangen. Weiters werden die dazu notwendigen Begrifflichkeiten anhand ihrer Definitionen erläutert. Außerdem werden die verschiedenen Anwendungsformen der diversen Berechnungsarten dargestellt und in Bezug auf das Verhalten des Verlaufs der Relativen Phase anhand künstlich generierter Signale erläutert. Den Abschluss dieses Kapitels bildet die Fragestellung.

2.1 Sportlicher Wettkampf als selbstorganisiertes System

Ein Sportwettkampf beruht auf zwei Prinzipien, dem Wettkampf und der Kooperation. In den Teamsportarten ist jeder/jede Spieler/in desselben Teams bemüht, sich mit seinen/ihren Teammitgliedern in der Verfolgung eines gemeinsamen Wettkampfziels abzusprechen und mit ihnen zu kooperieren. Darüber hinaus kooperiert jeder/jede Protagonist/in –im Einzel oder im Team – in unterschiedlichen Ausdehnungen zu verschiedenen Zeiten mit den anderen. Aus diesem Grund ist der Sportwettkampf durch einen Spielrhythmus, der eine von zwei Formen annimmt, gekennzeichnet. In Sportwettkämpfen, bei denen der Ballbesitz in gleichem Maß abwechselt, wie zum Beispiel im Tennis, Badminton, Squash, tendieren die Spieler/innen dazu, den/die Gegner/in unter Druck zu setzen und gleichzeitig den Druck des/der Gegners/Gegnerin abzuwehren. Umgekehrt legen Sportspiele, bei denen der Ballbesitz in ungleichem Maße wechselt, wie beispielsweise Hockey, Basketball, Fußball, Rugby, ein „Hin und Her – Verhalten“ an den Tag, welches mehr an die Gezeiten Flut und Ebbe erinnert. Die mathematische Sprache dynamischer Systeme stellt einen Rahmen bereit, welcher die Basis einer formalen Beschreibung für beide Musterverhalten bilden kann (Kapitel 2.2) (McGarry, Anderson, Wallace, Hughes & Franks, 2002, S. 773).

2.2 Dynamische Systeme

Ein komplexes dynamisches System setzt sich grundsätzlich aus einer Vielzahl von Elementen zusammen. Die mikroskopischen Zustände dieser bedingen den makroskopischen Systemzustand. Die Systemdynamik lässt sich in einigen Fällen je nach Prozessart mit Hilfe von

Differentialgleichungen², Differenzengleichungen³ sowie Mastergleichungen⁴ beschreiben (Mainzer, 2004, S. 4f).

Wenn man dieses System, welches in Physik, Soziologie, Meteorologie etc. schon oftmals erfolgreich zur Anwendung gekommen ist, auf den Sportbereich anwendet, kann der Wettkampf (Spielprozess) an sich als komplexes dynamisches System aufgefasst werden. Makroskopisch ist es möglich diesen Systemansatz anhand der Spielstände, die die Systemzustände repräsentieren, darzustellen (Lames, 1999, S. 152).

Während die Systemdynamik in einigen Fällen durch diverse Gleichungen näher beschrieben werden kann, ist es in einem komplexen dynamischen System, wie beispielsweise einem realen Spielprozess, nicht möglich, diese Zustandsveränderungen durch mathematische Modelle zu erklären. Das Verhalten der Spieler/innen ist weitgehend unbekannt.

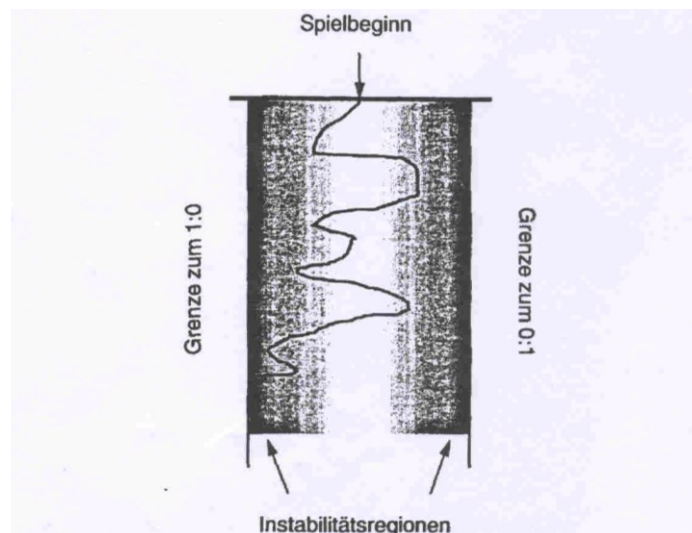


Abb. 1: Darstellung eines Spielverlaufs im Fußball als dynamisches System (Lames, 1998, S. 148)

Wie in Abbildung 1 verdeutlicht wird, ist der Spielstand anfänglich als ein stabiler Zustand anzusehen (siehe weißes Feld in der Mitte), wobei der Grad der Stabilität bzw. Instabilität zu Beginn festgelegt werden müsste. Jedes Team versucht nun das Spiel in Instabilitätsregionen zu bringen, was im allgemeinen Sprachgebrauch als Herausarbeitung von Chancen bezeichnet wird (Lames, 1998, S. 149; Lames, 1999, S. 152).

² Im Falle von kontinuierlichen Prozessen können Systemzustandsänderungen über die Zeit mittels Differentialgleichungen beschrieben werden. Dabei ist jeglicher zukünftige Zustand aufgrund des Gegenwartszustands exakt festgelegt (Mainzer, 2004, S. 4).

³ Diskrete Prozesse können als Systemzustandsänderungen in Zeitschritten mit Hilfe von Differenzengleichungen abgebildet werden (Mainzer, 2004, S. 4f).

⁴ Um die Veränderung über die Zeit von Wahrscheinlichkeitsverteilungsfunktionen von Zuständen geht es im Falle von stochastischen Prozessen. Diese können mittels Mastergleichungen analysiert werden (Mainzer, 2004, S. 5).

Hin und wieder fällt ein Tor. Innerhalb dieses Modells bedeutet dies einen Zustandsübergang. Es kommt relativ häufig vor, dass dieser im Zusammenhang mit der Theorie komplexer dynamischer Systeme durch ein sensitives Verhalten erklärbar ist. Die Hälfte aller Übergänge im Fußball sind auf diese Art und Weise beschreibbar (Lames, 1999, S. 152).

2.2.1 Theorie Dynamischer Systeme

Um dynamische Interaktionsprozesse auch tatsächlich modellieren zu können, wurde die Theorie der Dynamischen Systeme oftmals mit Erfolg in den Bereichen der Physik, Soziologie, Meteorologie usw. eingesetzt. Durch die Feststellung und Beschreibung stabiler Gleichgewichtszustände in der Verhaltensweise eines komplexen Systems kann durch eine Dynamische Systemanalyse Interaktionsverhalten abgebildet werden. In der jüngsten Vergangenheit hat sich das Berechnen der Relativen Phase gekoppelter Oszillatoren als zweckdienliches Analyseinstrument herauskristallisiert, um Koordinationsprozesse systemdynamisch betrachten zu können (Lames & Walter, 2006, S. 7).

2.2.1.1 Das Konzept der Relativen Phase

Was ist unter dem Terminus der Relativen Phase eigentlich zu verstehen?

Mathematisch lässt sich die Relative Phase folgendermaßen definieren: Ausgangspunkt der Definition sind zwei Objekte, die jeweils zyklische Bewegungen ausführen. Als Einzelbewegung wird ein von der Ausgangsposition ausgehender Zyklus von 0 bis 360 Grad bezeichnet, der über die gesamte Phase hinweg und wieder zur Ausgangsposition zurückführt. Die Differenz der Winkel (siehe Abbildung 2) zwischen den Positionen der beiden Objekte innerhalb ihrer jeweiligen Zyklen wird als Relative Phase bezeichnet (Lames & Walter, 2006, S. 10).

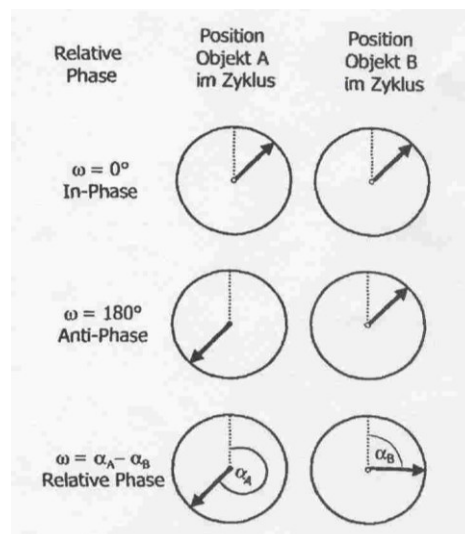


Abb. 2: Definition der Relativen Phase (Lames & Walter, 2006, S. 10)

Bevor im Anschluss die Relative Phase zur Beschreibung der Interaktionen im Sportspiel thematisiert wird, soll zunächst die Relevanz dieses Ansatzes in der Motorikforschung aufgezeigt werden. In der Bewegungswissenschaft zeichnet sich ein Paradigmenwechsel von ehemals kognitiven Ansätzen, dem sog. „motor approach“, der sich vor allem an der Informationsverarbeitung orientiert (Neumann, 1993, S. 56), hin zu einer ökologischen Betrachtungsweise, dem „action approach“, ab (Perl, Lames & Glitsch, 2002, S. 208). Letztere basiert auf einer ganzheitlichen Betrachtungsweise. Der Fokus liegt hierbei im Speziellen auf der Wechselwirkung zwischen Mensch und Umwelt.

In Anlehnung an Summers (1998) unterscheiden Lames und Walter (2006) drei Richtungen: „Direct perception“ ist jener Ansatz, der menschliches Verhalten durch unmittelbar in der Umwelt wahrgenommene Merkmale erklärt. Die Variable Tau (Lee, 1976), oder der Begriff der „affordances“ sind bekannte Beispiele. Ersteres beschreibt als Merkmal sogenannter optischer „flow-fields“⁵ (Gibson, 1979) die Zeit bis zum Kontakt. Sie beeinflusst somit unmittelbar Fang-, Schlag- und Sprungbewegungen. Der zweite Begriff bezeichnet Handlungsmöglichkeiten. Diese ergeben sich aus der Interaktion zwischen den Eigenschaften eines Objektes und den Möglichkeiten des einzelnen Individuums (Summers, 1998, zit. n. Lames & Walter, 2006, S. 11).

Aus der Sicht des „natural physical approach“ werden Bewegungen als koordinative Strukturen gesehen. Diese ergeben sich selbstorganisiert aus den biologischen Systemeigenschaften (Kugler, Kelso & Turvey, 1980). Beek stellte 1989 in diesem Bereich Untersuchungen zum Thema „Jonglieren“ an, die sich hier als Beispiel eignen (Summers, 1998, zit. n. Lames & Walter, 2006, S. 11).

Mit der mathematischen Nachbildung von Bewegungen unter Verwendung von Konzepten und Instrumentarien der nichtlinearen Dynamik sowie der Synergetik befasst sich der „dynamical systems“-Ansatz (Haken, 1990; Haken, Kelso & Bunz, 1985). Koordinationsmuster bilden hierbei die Ordnungsstruktur. Diese ergeben sich durch Prozesse der Selbstorganisation in der Motorik, wenn spezifische Eigenschaften von Kontrollparametern vorhanden sind (Summers, 1998, zit. n. Lames & Walter, 2006, S. 11).

⁵ Ein flow field stellt mögliche visuelle Informationen (sowohl umweltbezogene als auch bewegungsbezogene) bereit, die einen kontrollierten Handlungsablauf in den jeweiligen Dimensionen gewährleisten (Lee, 1976, S. 438).

An dieser Stelle kommt die Relative Phase als Ordnungsparameter zur Beschreibung der Koordinationsmuster ins Spiel. Im Rahmen der bekannten Experimente, durchgeführt von Haken, Kelso und Bunz (1985), werden bei zyklischen Bewegungen der beiden Zeigefinger parallel zueinander die Ordnungszustände In-Phase und Anti-Phase als Koordinationsmuster, bestimmt durch den Kontrollparameter Bewegungsfrequenz, analysiert und mathematisch modellhaft abgebildet. Aufgrund der erfolgreichen Durchführung wurde dieses Paradigma auf mehrgelenkige Bewegungen (Kelso, Buchanan & Wallace, 1991), schließlich auf die Koordination zwischen verschiedenen Extremitäten (Kelso et al., 1991) und schlussendlich auf die Koordination zwischen einzelnen Individuen (Schmidt, Carello & Turvey, 1990) ausgeweitet. Sogar zur Beschreibung des motorischen Lernens bediente man sich der Theorie der stabilen Relativen Phase (Vereijken, Whitin & Beek, 1992; Zanone & Kelso, 1992).

Aufgrund der Ausweitung der mathematischen Modellierung der Ordnungszustände In-Phase und Anti-Phase als Koordinationsmuster, das durch den Kontrollparameter Bewegungsfrequenz bestimmt ist, kam einer kanadischen Arbeitsgruppe rund um McGarry, Khan & Franks (1999) der Einfall, das Wettkampfverhalten im Kontext Sportspiel (Squash) anhand der Relativen Phase zu beschreiben. Betrachtet man hierbei die Bewegung von Ruheposition-Schlag-Ruheposition als einen Zyklus, so kann man in den Einzelschlagspielen von zwei Objekten, den Spielern/Spielerinnen, ausgehen, die sich zyklisch relativ zueinander bewegen (Lames & Walter, 2006, S. 11). In Analogie dazu kann z. B. im Sportspiel Tennis eine einzelne Bewegung eines/einer Spielers/Spielerin, welche von ihrem Mittelpunkt (Neutralposition) auf die Schlagposition und wieder zurück zum Mittelpunkt (Neutralposition) verläuft, als Zyklus angesehen werden. Es kann also mit der Struktur der Relativen Positionen der beiden Kontrahenten/Kontrahentinnen, die sie in ihrem Zyklus einnehmen, ihre Interaktion innerhalb eines Ballwechsels zuverlässig dargestellt werden (Lames & Walter, 2006, S. 12).

Hält man in einer neutralen Phase des Ballwechsels (im Match oder im Training) den Ball nur im Spiel, so hat jeder/jede Spieler/in ausreichend Zeit zur Verfügung, die Schlagposition und danach die Neutralposition wieder zu erlangen. Somit nimmt die Relative Phase einen stabilen Wert ein (Lames & Walter, 2006, S. 12f).

Übernimmt jedoch einer der beiden Spieler/innen durch platzierte Schläge an die Linie mit Winkelbällen (kurz cross) oder durch Tempowechsel (schnellere Schläge) die Initiative und versucht so auf sein/ihr Gegenüber Druck auszuüben, um somit seinem/ihrer Gegenüber (Gegner/in) das Erreichen der Bälle zu erschweren, so wird dieser/diese nicht mehr in der Lage sein, eine statische Neutralposition einzunehmen. Er/sie wird wahrscheinlich damit be

schäftigt sein, die Bälle noch irgendwie zu erlaufen und sie wieder ins gegnerische Feld zurückzuspielen. Möchte ein/eine Spieler/in jedoch aktiv einen Punkt erzielen, gestaltet dieser/diese den Ballwechsel so, dass sein/ihr Gegner/in Zeitprobleme bekommt, sich somit in seinem/ihrer Zyklus verspätet und sich damit auch die Relative Phase verschiebt (Lames & Walter, 2006, S. 13).

Mit dem Analyseinstrumentarium der Relativen Phase ist es möglich, die wichtigen Aspekte des spieltypischen Interaktionsprozesses zwischen beiden Spielern/Spielerinnen messbar zu machen. Auf Basis der positionalen Interaktionen können Erkenntnisse über grundlegendes tennistaktisches Verhalten gewonnen werden. Es findet ein Wechsel von einer spielerzentrierten zur spielzentrierten Betrachtungsweise statt (Lames & Walter, 2006, S. 13).

2.2.1.2 Die Relative Phase in den Einzelschlagspielen Squash und Tennis

Bisher wurde das Verhalten der Relativen Phase ausschließlich in den Einzelschlagspielen Squash und Tennis untersucht (Lames, 2006; Lames & Walter, 2006; McGarry, 2006; McGarry & Walter, 2007; Palut & Zanone, 2005). Hierbei verhalten sich die Spieler/innen in synchronisierter Art und Weise oder, mit anderen Worten, gekoppelt: Das bedeutet, dass Aktion und Reaktion voneinander abhängig sind. Wenn eine Reaktion nicht der vorausgegangenen Aktion entspricht, entsteht ein gewisses Ungleichgewicht des früheren stabilen Aktions-Reaktionsmusters. Ein/eine Spieler/in ist dem/der anderen voraus und kontrolliert die Rally durch aufbürdenden Druck auf den/die anderen/andere Spieler/in. Die Hauptprobleme in dem theoretischen Ansatz in Sportspielen sind:

- eine angemessene, angebrachte Beschreibung für die charakteristischen Muster dieser Sportarten zu finden
- ihre wichtigsten Merkmale, nämlich den Interaktionsprozess zwischen den Spielern/Spielerinnen, zu quantifizieren

Viele Sportarten – vor allem die Einzelschlagspiele Squash, Tennis, Badminton, Tischtennis, etc. – zeigen ganz deutliche Interaktionsmuster der Spieler/innen: Sie führen einen „Tanz“ um eine Zentrale Position auf, die sie versuchen zu verteidigen. Auf der anderen Seite wollen sie ihren/ihre Gegner/in zwingen, seine/ihre Zentrale Position zu verlassen und ihm/ihr das rechtzeitige Zurückkehren unmöglich machen. Allgemein kann das Muster als Bewegung zu und von einer Zentralen Platzposition beschrieben werden.

Aus Sicht dynamischer Systeme ist die räumliche Interaktion anhand der Theorie der Relativen Phase beschreibbar.

Die Möglichkeit stabile Muster zu quantifizieren, aber auch kritische Situationen anhand der Relativen Phase aufzuspüren, wurde am Beispiel Squash und Tennis überprüft (Walter, Lames & McGarry, 2007, S. 37).

2.3 Forschungsstand

2.3.1 Die Berechnung der Relativen Phase in den Rückschlagspielen Tennis und Squash

Ein erster konkreter Versuch die Relative Phase im Tennis zu berechnen, wurde von der Forschergruppe rund um Palut und Zanone (2005) unternommen. Vier Tennisspieler von nationalem Niveau wurden angehalten gegeneinander Ballwechsel zu spielen und zwar unter der Voraussetzung, dass innerhalb der ersten sieben Schläge nur indirekte Punkte erlaubt waren. Erst danach durften direkte Punkte erzielt werden. 41 Ballwechsel über 6 Schläge oder mehr wurden ausgewählt und die XY-Positionen der Spieler auf dem Platz mit einer Abtastrate von 25 Hz aufgenommen. Um die kontinuierliche Relative Phase der beiden Verläufe der lateralen Abweichung von der Platzmitte kalkulieren zu können, kam die Methode der Hilberttransformation zur Anwendung. Das Resultat zeigte eine Verteilung der Relativen-Phasen-Werte mit zwei Häufungspunkten: In-Phase und Anti-Phase. Des Weiteren wurden sowohl Ballwechsel mit stabilen relativen Phasen (In-Phase oder Anti-Phase) als auch Ballwechsel mit einem wechselnden Verlauf der Relativen Phase zwischen den beiden Modi In-Phase und Anti-Phase identifiziert. Da im Zentrum dieser Untersuchung rein die Berechnung des Verlaufs der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation stand, konnten keine Hinweise über das taktische Verhalten auf dem Platz gegeben werden.

Diese Verknüpfung sollte in einer Untersuchung durchgeführt von Lames und Walter (2006) hergestellt werden. Diese untersucht exemplarisch, ob ein Zusammenhang zwischen taktischem Verhalten und dem Verlauf der Relativen Phase abzuleiten ist.

Walter et al., (2007) führten eine ähnliche Studie zum Verhalten der Spieler auf dem Squash Court durch. Es wurden 47 Rallies aus den Viertelfinalpaarungen eines Weltcupturniers für die Analyse ausgewählt. Die zweidimensionalen Positionen der beiden Spieler wurden mit einer Frequenz von 10 Hz getrackt. Das radiale Displacement wurde dem Verfahren der Hilberttransformation unterzogen, um die kontinuierliche Relative Phase zu berechnen. Das Resultat zeigte eine streng unimodale Verteilung der Relativen-Phasen-Werte. Demnach existiert exakt nur ein Attraktorzustand für das radiale Displacement, nämlich eine Anti-Phasen-Relation.

Das Maß der Anti-Phasen-Relation als wichtigstes Maß zur Darstellung des Raum-Zeit-Musters im Squash konnte bestätigt werden.

Eine weitere Untersuchung im Squash wurde ebenfalls von McGarry und Walter (2007) durchgeführt. Es sollte der Frage nachgegangen werden, ob basierend auf der Raum-Zeit-Dynamik einer Squash Dyade die Anti-Phasen-Relation als Diskriminator zur Mustererkennung dienen kann. Hierfür kam die radiale Geschwindigkeit, welche aus den radialen Displacement-Daten errechnet wurde, zum Einsatz. Diese wurde im Anschluss wiederum einer Hilberttransformation unterzogen. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Anti-Phasen-Relation die Squash Dyade von anderen Distraktorenpaaren in einem Maß unterscheidet, das durchaus die Erwartungen übersteigt.

Das Konzept der Relativen Phase kam bis heute nicht nur in Einzelrückschlagspielen zur Anwendung sondern auch im Bereich der Teamsportarten. Der Vollständigkeit halber möchte ich deshalb noch in weitere aktuelle Literatur zu dieser Thematik einführen. Obwohl diese Studien auf den weiteren Verlauf meiner Arbeit keinen Einfluss haben werden, möchte ich hiermit auf die vielfachen Anwendungsmöglichkeiten der Relativen Phase hinweisen.

2.3.2 Weitere Untersuchungen

Bourbousson, Seve und McGarry (2010b) führten eine Untersuchung zum Interaktionsverhalten zwischen zwei Teams im Basketball durch. Es wurden sechs Spielfrequenzen zufällig identifiziert, aus denen die Bewegungsdaten für jeden einzelnen Spieler für die Analyse des Teamverhaltens in sowohl die longitudinale (von Korb zu Korb) als auch in die laterale (Seite zur Seite) Richtung erhalten wurden. Zur Berechnung der Zentralen Positionen der Teams kamen zwei getrennte Metriken zum Einsatz: 1) die des räumlichen Zentrums und 2) die des Stretch Index. Der Stretch Index ist das Maß der durchschnittlichen Distanzen der Spieler zu ihrem räumlichen Zentrum. Erstens demonstrierte die Analyse mit Hilfe der Relativen Phase des räumlichen Zentrums eine In-Phasen-Relation sowohl in der longitudinalen als auch in der lateralen Richtung, mit mehr Stabilität in der longitudinalen als in der lateralen Richtungsdimension (Metrik 1). Dieses Erkenntnis scheint mit den Ergebnissen aus den Untersuchungen zu individuellen Spieler-Dyaden im Basketball konsistent zu sein (vgl. Bourbousson et al., 2010a). Zweitens demonstrierte die Phasen-Relationen für den Stretch Index einen Attraktorzustand in In-Phase in der longitudinalen Richtung und keinen Attraktorzustand in der lateralen Richtung (Metrik 2). Des Weiteren bildete, wenn der relative Stretch Index in Binären

Einheiten (1 bzw. -1) repräsentiert wurde, der Unterschied zwischen den beiden Stretch Indizes jederzeit Phase-Transitions zwischen zwei stabilen Mustern ab.

Auch im Fußball kam das Konzept der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation schon erfolgreich zur Anwendung. Cordes und Lames (2010) gingen im Rahmen ihrer Untersuchung der Frage nach, ob das Interaktionsverhalten von Teams sowie Spieler in Teamsportarten ebenfalls mit Hilfe der Relativen Phase abbildbar sind. Das WM-Finale von 2006 und bestimmte Spiele der Bundesliga aus der Saison 2009/10 fungierten als Stichprobe. Wie schon bei der Untersuchung im Basketball (2010b), kamen auch hier wieder zwei getrennte Metriken zum Einsatz: 1) der Schwerpunkt und 2) die Spannweite. Das Resultat zeigte eine enge Kopplung zwischen beiden Teams während des WM-Finales, die zwischen den einzelnen Mannschaftsteilen unterschiedlich ausgefallen sind.

Entlang der Spielfeldlängsachse (x-Richtung) bewegen sich beiden Mannschaften relativ zueinander in In-Phase.

Entlang der Spielfeldbreite, welche durch die y-Richtung repräsentiert wird, zeigt die Relative Phase auch eine gewisse Kopplung. Jedoch konnte diese noch nicht interpretiert werden.

Eine weitere Untersuchung, durchgeführt von Siegle und Lames (2013), hat ergeben, dass Fußball ein klares In-Phasen-Spiel ist.

2.4 Die Anwendung der Hilberttransformation anhand künstlich generierter Signale

Um zu verstehen welchen Gesetzmäßigkeiten das Prinzip der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation unterliegt, kamen künstlich generierte Signale zum Einsatz (Pikovsky, Rosenblum & Kurths, 2001; Rosenblum, Pikovsky & Kurths, 1996; Rosenblum, Pikovsky, Kurths, Schäfer & Tass, 2001; Tass et al, 1998). Durch diese methodische Vorgangsweise ist es möglich, Phasen-Relationen eindeutig zu detektieren. Hierzu wurden im Programm Matlab zwei einfache Sinusschwingungen als Output zweier gekoppelter Oszillatoren, erzeugt, durch die diese Methode im Anschluss an die Generierung mittels Hilberttransformation auf ihre Richtigkeit überprüft wurde. Die beiden Signale repräsentieren dabei die Spieler/innen. Diese Oszillatoren sind somit als Bewegungen der beiden Spieler/innen aufzufassen. Im Folgenden wird der Ausdruck Signal als Synonym für die Bewegung der beiden Spieler/innen über die Zeit verwendet.

Nicht nur die Richtigkeit, die auf diese Weise überprüft wird, sondern auch die Interpretation des Verhaltens des Signals bei Sonderfällen wird erleichtert.

Gehen bei richtiger Berechnung Signale, die eine klar erkennbare Anti-Phasen-Relation abbilden, ein, ist zu erwarten, dass die Hilbert Transformation $\pm n \cdot 180^\circ$ Werte liefert; bilden die eingegebenen Signale eine deutliche In-Phasen-Konstellation ab, sind Ergebnisse von 0° bzw. $\pm n \cdot 360^\circ$ zu erwarten.

Nach Walter (2006) haben Phasensprünge unterschiedliche Ursachen. Demnach können folgende Besonderheiten im Verlauf der Relativen Phase beobachtet werden:

- Phase-Transitions – durch einen Rückstand oder Vorsprung in der Realisierung von Zyklen (halbe Zykluslänge Rückstand oder Vorsprung) verursachte einfache Änderungen in der Phasen-Relation beispielsweise von der Anti-Phase in den Attraktorzustand der In-Phase. Die Veränderung beträgt in diesem Fall 180° .
- Phase-Slippages – durch Rückstand oder Vorsprung herbeigeführte Änderungen im Verlauf der Relativen Phase in Form von realisierten und nicht realisierten vollständigen Zyklen durch einen/eine Spieler/in beispielsweise von einer In-Phase um 0° in eine In-Phase um 360° . Die Veränderung beträgt in diesem Fall 360° .

Um eine Analyse erfolgreich durchführen zu können, ist es wichtig zu wissen, welches der beiden Signale das Referenzsignal bildet. Welche Auswirkung hat eine bestimmte Aktion auf das Signal und durch welches wurde diese Veränderung hervorgerufen? Steigt beispielsweise der Verlauf der Relativen Phase, welcher/welche der beiden Kontrahenten/Kontrahentinnen hat diesen Anstieg verursacht? Durch welche Aktion hat dieser/diese Spieler/in die beobachtete Veränderung verursacht? Wurde durch ihn/sie Druck ausgeübt (gewinnt er/sie einen Vorsprung in der Realisation seiner/ihrer Zyklen relativ zu seinem/ihrer gegenüber) oder gerät er/sie unter Druck?

In Anlehnung an Rosenblum und Kurths (1998) wird im Folgenden nun der Versuch unternommen Antworten auf all diese Fragen anhand eigens für diese Fragestellungen entwickelte prototypische Szenarien, dargestellt durch künstlich erzeugter Signale, zu geben.

der Wert für die Relation der beiden Phasen bei 360° , einer In-Phasen-Konstellation für die Dauer von zwei Zyklen, was die optische Überprüfung der Signale zu diesem Zeitpunkt bestätigen wird, ein. Der Phase-Shift kann somit einerseits stellvertretend für ein wichtiges Ereignis bezüglich des Spielverhaltens auf dem Badminton Court stehen, andererseits aber auch einen Hinweis auf mögliche Unreinheiten im Signal liefern. Auf Grund ihrer sehr kurzen Dauer beeinflussen die Unreinheiten die Relative Phasenmessung nur gering.

- 3. Hier vollzieht Spieler/in A nun einen vollständigen Zyklus weniger als Spieler/in B und bewegt sich, nachdem Spieler/in B seinen/ihren Zyklus realisiert hat, wiederum in In-Phase mit jenem/jener. Spieler/in B hat also einen Vorsprung von einem vollständigen Zyklus. Als Konsequenz kommt es zu einem Phase-Shift, d.h. der Wert der Relativen Phase sinkt um 360° .

Eine weitere Erkenntnis nach Walter (2006), die aus diesem ersten Beispiel neben den Einsichten über das Verhalten der Phase bei Phase-Slippages durch einen/eine Spieler/in gewonnen werden konnte, ist die eindeutige Zuordnung der Reaktion der Phase zu Aktionen eines/einer spezifischen Spielers/Spielerin. War es zuvor nicht möglich rein aus dem Verhalten der Relativen Phase den/die Initiator/in des Verhaltens zu identifizieren, ist man jetzt in der Lage zu sagen, dass Spieler/in A im Falle eines Phasenanstieges in der Realisation seiner/ihrer Zyklen relativ zu Spieler/in B einen Vorsprung hat. Mit einfachen Worten: Steigt der Verlauf der Relativen Phase an, so ist Spieler/in A im Vorsprung, bzw. Spieler/in B weist einen Rückstand auf. Hingegen sinkt der Phasenverlauf, so erfährt Spieler/in B einen relativen Vorsprung in seinem/ihrem Zyklus und Spieler/in A ist in Rückstand geraten.

2.4.1.2 Beispiel 2: Die einfache Phase-Transition

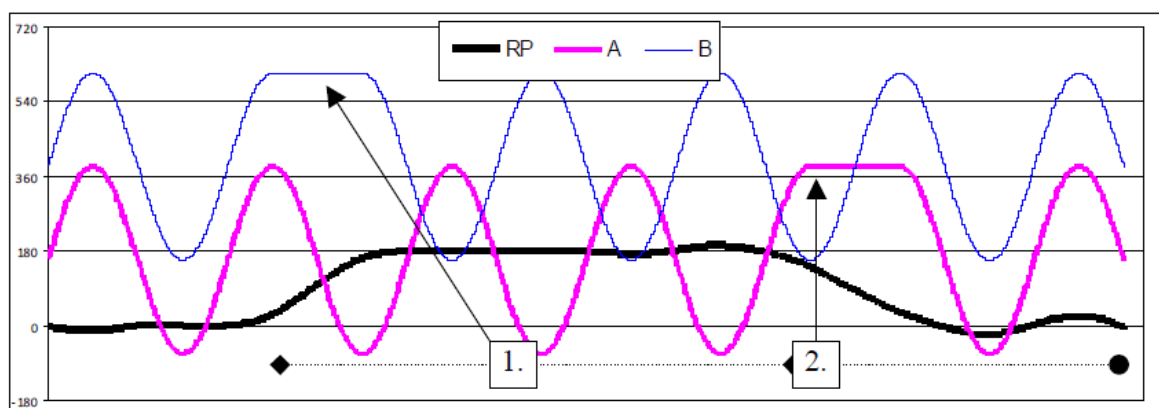


Abb. 4: Die Relative Phase als Ergebnis der Hilberttransformation. Darstellung eines idealisierten Verlaufs einer einfachen Phase-Transition von einer anfänglichen In-Phase (0°) in eine Anti-Phase (180°) und zurück in eine In-Phasen-Konstellation (0°) (mod. nach Rosenblum & Kurths, 1998, S. 95).

- 1. Während Spieler/in B für einen seiner/ihrer Zyklen die eineinhalbfache Dauer eines regulären Zyklus benötigt, realisiert sein/ihr Gegenüber, Spieler/in A, weiterhin Zyklen von regulä-

rer Frequenz. Durch dieses Verhalten weist Spieler/in A in diesem Moment also einen Vorsprung von einer halben Zykluslänge relativ zu Spieler/in B auf, bevor Spieler/in B ebenfalls wieder reguläre Zyklen realisiert.

Dieses Beispiel zeigt eine Veränderung des Verlaufs der Relativen Phase wie folgt: Zu Beginn befanden sich beide Spieler/innen in einem Attraktorzustand der In-Phase. Ab dem zweiten Zyklus erfährt dieses Schwingungsverhalten eine Veränderung in Richtung einer Anti-Phasen-Oszillation. Der Verlauf der Relativen Phase hält diese Veränderung mit einem Anstieg, einer sog. Phase-Transition, von 0° auf 180° fest. Bewirkt im realen Spiel ein/eine Spieler/in eine Phase-Transition, die normalerweise einen Wechsel von einem stabilen Systemzustand in den anderen stabilen Zustand bedeutet, ist eine grundlegende Veränderung im Verhalten des Systems die Folge. Wie beispielsweise in Abbildung 4 ersichtlich, erholt sich das Dynamische System nach einer Phase der Instabilität im Attraktorzustand der Anti-Phase (180°), bevor es durch eine weitere Störung erneut aus dem Gleichgewicht gerissen wird und sich nach einer wiederholten Phase der Instabilität im Zustand der anfänglichen In-Phase um 0° erholt.

Erfährt Spieler/in B relativ zu Spieler/in A einen Rückstand bzw. erzielt Spieler/in A relativ zu Spieler/in B einen Vorsprung, steigt der Verlauf der Relativen Phase an. Diese Erkenntnis konnte bereits in Beispiel 1 gewonnen werden und wurde hier bestätigt.

- 2. Der umgekehrte Fall tritt ein. Während zuvor Spieler/in A eine halbe Zykluslänge Vorsprung relativ zu Spieler/in B hat, gerät diesmal Spieler/in A eine halbe Zykluslänge in Rückstand relativ zu Spieler/in B. Demzufolge benötigt Spieler/in A jetzt die eineinhalbfache Dauer, um seinen/ihren Zyklus zu komplettieren, bevor beide Spieler/innen wieder mit regulären Frequenzen auf ihre Zyklen einwirken.

Welche Auswirkung hat das auf den Verlauf der Relativen Phase? Das Ergebnis ist jetzt vice versa. Indem sich zuvor die Relation der Phasen von einer anfänglichen In-Phase zur Anti-Phase von 0° zu 180° verändert hat, erfährt der Verlauf der Relativen Phase diesmal eine Änderung, allerdings in umgekehrter Richtung. Es findet folglich eine Phase-Transition vom Attraktorzustand der Anti-Phase (180°) zum Attraktorzustand der In-Phase statt (0°) statt. Die Werte des Verlaufs der Relativen Phase sinken also.

Nach Walter (2006) entspricht die Veränderung des Verlaufs der Relativen Phase der in Beispiel 1 gewonnenen Gesetzmäßigkeit: Erfährt Spieler/in A relativ zu Spieler/in B einen Rück-

stand bzw. erzielt Spieler/in B relativ zu Spieler/in A einen Vorsprung, sinkt der Wert der Relativen Phase.

2.4.1.3 Beispiel 3: Der doppelte Phase-Shift

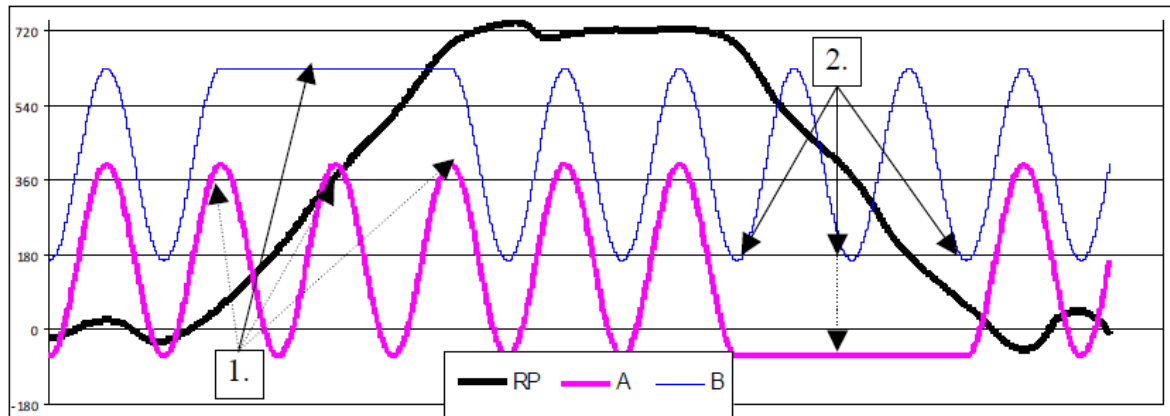


Abb. 5: Die Relative Phase als Ergebnis der Hilberttransformation. Darstellung eines idealisierten Verlaufs eines doppelten Phase-Shifts von einer anfänglichen In-Phase (0°) in eine In-Phase (720°) und zurück in eine In-Phase (0°) (mod. nach Rosenblum & Kurths, 1998, S. 95).

- 1. In diesem Beispiel zeigt das Oszillationsverhalten von Spieler/in A drei ganze Zyklen. Spieler/in B hingegen komplettiert in dieser Zeit nur einen vollständigen Zyklus. Spieler/in B weist somit einen Rückstand von zwei Zyklen relativ zu Spieler/in A auf. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass Spieler/in A also relativ zu Spieler/in B einen Vorsprung von zwei Zykluslängen hat.

Walter (2006) weist darauf hin, dass basierend auf den Ergebnissen der vorangegangenen Beispiele, von einem doppelten (zwei Phasen) Phase-Shift auszugehen ist, d.h. aufgrund des Phase-Slippages ist ein Anstieg der Relativen Phase von 0° auf 720° zu erwarten.

In Anbetracht der Tatsache, dass Spieler/in A zwei Zyklen Vorsprung relativ zu Spieler/in B hat, sollte der Anstieg der Relativen Phase nach oben verlaufen.

Der Verlauf der Relativen Phase legt das gewünschte Verhalten an den Tag. Ein doppeltes Phase-Shifting, von 0° auf 720° aufgrund des doppelten Phase-Slippages ist die Folge. Auch die Richtung der Veränderung des Verlaufs der Relativen Phase (des Shifts) steht mit den bisherigen Erkenntnissen in Einklang.

- 2. Nun tritt der umgekehrte Fall ein. Das Verhalten von Spieler/in B zieht hier, wie zuvor das von Spieler/in A, die gleiche Reaktion des Verlaufs der Relativen Phase nach sich. Die Veränderung ist allerdings vice versa, d.b. dass Spieler/in B einen Vorsprung von zwei Zyklen relativ zu Spieler/in A aufweist.

Da in beiden Fällen die Phasensprünge durch den Slippage verursacht werden, findet keine Veränderung in der Phasen-Relation statt.

Walter (2006) weist darauf hin, dass der Verlauf der Relativen Phase zwar einen Anstieg der Relativen-Phase-Werte von anfänglichen 0° auf 720° und in weiterer Folge ein Absinken von 720° auf 0° erfährt, aber trotzdem befinden sich beide Spieler/in A und Spieler/in B grundsätzlich zueinander im Attraktorzustand der In-Phase.

2.4.1.4 Beispiel 4: Der Phase-Shift kombiniert mit einer Phase-Transition

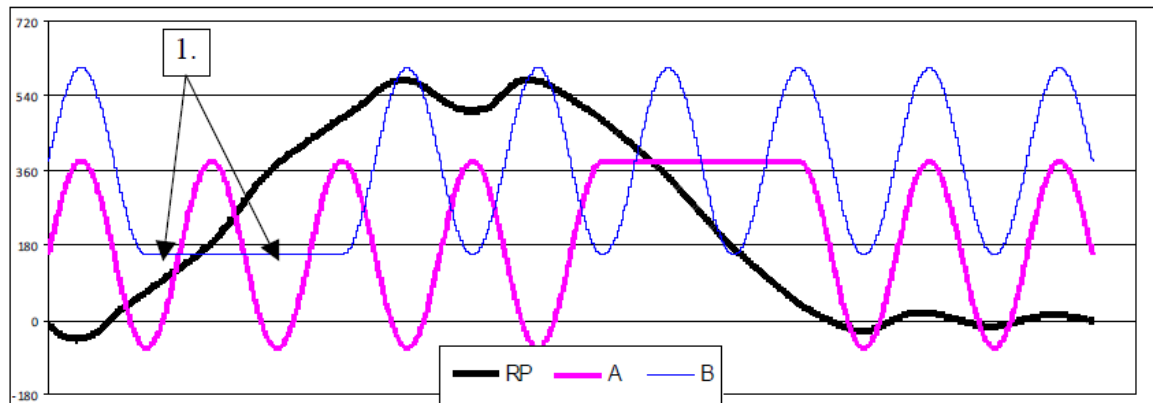


Abb. 6: Die Relative Phase als Ergebnis der Hilberttransformation. Darstellung eines idealisierten Verlaufs einer Kombination aus Phase-Shift und Phase-Transition von einer anfänglichen In-Phase (0°) in eine Anti-Phase (540°) und zurück in eine In-Phase (0°) (mod. nach Rosenblum & Kurths, 1998, S. 95).

- Spieler/in A realisiert vier Zyklen von regulärer Länge, während Spieler/in B nach einem anfänglich realisierten Zyklus für seinen/ihren zweiten Zyklus die eineinhalbfache Dauer benötigt. Daraus ergibt sich ein Vorsprung für Spieler/in A relativ zu Spieler/in B von eineinhalb Zyklen.

1. Der Anstieg des Verlaufes der Relativen Phase beträgt 540° , von den anfänglichen 0° auf 540° . Dieser Wert setzt sich aus einem vollständigen Zyklus (Phase-Shift betrifft ganze Phase 360°) Rückstand und einen halben Zyklus (Transition in die Anti-Phase 180°) Rückstand zusammen. Da die Werte des Verlaufes der Relativen Phase einen Anstieg verzeichnen, kann als Verursacher/in dieser Reaktion Spieler/in A identifiziert werden, der/die durch dieses Verhalten Druck auf Spieler/in B ausübt.
2. Für das Absinken des Verlaufes der Relativen Phase ist jetzt Spieler/in B verantwortlich. Jetzt hat Spieler/in B einen Vorsprung von eineinhalb Zyklen gegenüber Spieler/in A. Folglich fällt der Betrag der Änderung der Werte der Relativen Phase vice versa.

Wie bereits Walter in seiner Hausarbeit (2006) ausführte, kann angenommen werden, dass ein Vorsprung bzw. ein Rückstand in der Realisation eines Zyklus Druck auf das System erzeugt.

Jener/jene Spieler/in, der/die durch eine bestimmte Aktion einen Vorsprung relativ zu seinem/ihrer Kontrahenten/Kontrahentin gewinnt, kann hierbei als Initiator/in des Drucks identifiziert werden, während jener/jene Spieler/in, der/die einen Rückstand erfährt, unter Druck steht. Ein Anstieg des Verlaufs der Relativen Phase lässt demnach auf eine druckerzeugende Aktion des/der Spielers/Spielerin schließen, dessen/deren Signal in der Hilberttransformation als Erstes verarbeitet wird. Vice versa ist ein fallendes Signal des Verlaufs der Relativen ein Zeichen, dass jener/jene Spieler/in, dessen/deren Signal als Zweites in der Hilberttransformation verarbeitet wird, unter Druck steht.

2.5 Die Anwendung der Korrelation anhand künstlich generierter Signale

Analog zur Anwendung der Hilberttransformation anhand künstlich generierter Signale beschäftigt sich dieses nun folgende Kapitel mit der Anwendung der Korrelation, die ebenfalls an künstlich generierten Signalen getestet wurde. Es ist vorweg anzumerken, dass das Verfahren der Korrelation keine „echte“ Relative Phase beschreibt, da sie mathematisch nicht mit einem Phasenraum berechnet wird. Die Korrelation ist ein Maß für den Zusammenhang.

2.5.1 Das Verhalten der Korrelation als Relative Phase verstehen: Zusammenhang Werte und Spielerverhalten

2.5.1.1 Beispiel 1: Der einfache Phase-Shift

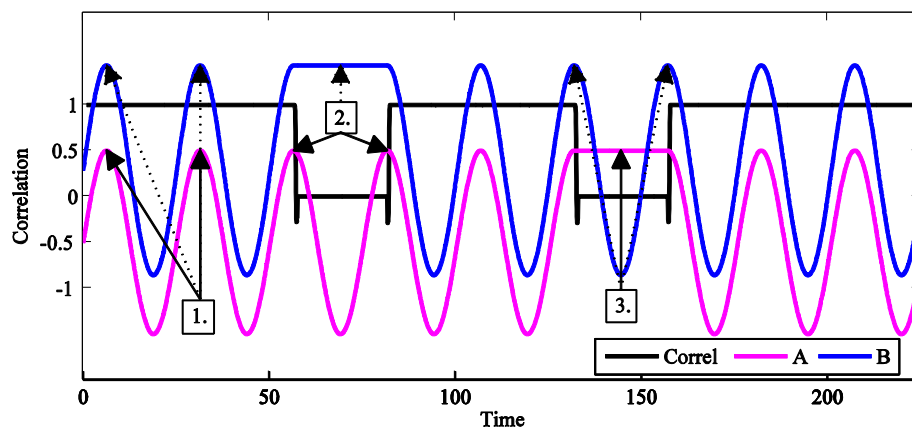


Abb. 7: Die Korrelation als Relative Phase. Darstellung eines idealisierten Verlaufs eines einfachen Phase-Shifts von einer anfänglichen In-Phase (1) in eine In-Phase (1) und in eine neuerliche In-Phase (1) (mod. nach Rosenblum & Kurths, 1998, S. 95).

1. Spieler/in A (jener/jene Spieler/in, dessen/deren Daten zuerst in die Berechnung der Korrelation eingegeben wurde) und Spieler/in B oszillieren für die Dauer von zwei Zyklen in In-Phase (repräsentiert durch die Korrelation als Relative Phase mit dem Wert 1).

Auffallend ist es, im Gegensatz zur Hilberttransformation, dass aufgrund einer streng harmonischen Schwingung der beiden erfassten Signale die Kurve des Korrelationsverlaufs einheitliche und konstante Werte (in diesem Fall „1“) liefert und somit eine gerade Linie anzeigt.

- 2. Nun realisiert Spieler/in B einen, Spieler/in A zwei vollständige Zyklen und bewegt sich, nachdem Spieler/in A seinen/ihren Zyklus realisiert hat, wiederum in In-Phase mit jenem/jener. Spieler/in A hat also einen Vorsprung von einem vollständigen Zyklus. Bevor die Korrelation wiederum In-Phase mit dem Wert 1 anzeigt, sinkt diese auf den Wert 0. Dieser steht für keinen Zusammenhang im Bewegungsverhalten der beiden Spieler/innen repräsentiert durch die Signalverläufe.

- 3. Jetzt vollzieht Spieler/in A einen vollständigen Zyklus weniger als Spieler/in B und bewegt sich, nachdem Spieler/in B seinen/ihren Zyklus realisiert hat, wiederum in In-Phase mit jenem/jener. Spieler/in B hat also einen Vorsprung von einem vollständigen Zyklus. Während es bei der Hilberttransformation als Konsequenz zu einem Phase-Shift kommt, indem der Wert der Relativen Phase von 360° um 360° auf 0° sinkt, zeigt die Korrelation nach keinem Zusammenhang wieder einen starken positiven Zusammenhang mit dem Wert 1 an.

Während durch das Verfahren der Hilberttransformation, neben den Einsichten über das Verhalten des Verlaufs der Relativen Phase bei Phase-Slippages, auch jener/jene Spieler/in eindeutig identifiziert werden kann, der/die sich für die Veränderung im Verlauf der Relativen Phase verantwortlich zeigte, ist es bei der Korrelation nicht möglich, rein aus dem Verhalten des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase den/die Verantwortlichen/Verantwortliche für dieses Verhaltens zu detektieren.

Wie dieses erste Beispiel zeigt, ist es also mit dieser Methode als Maß der Relativen Phase nicht möglich, einen Vorsprung bzw. einen Rückstand hinsichtlich der Zyklen abzuleiten.

2.5.1.2 Beispiel 2: Die einfache Phase-Transition

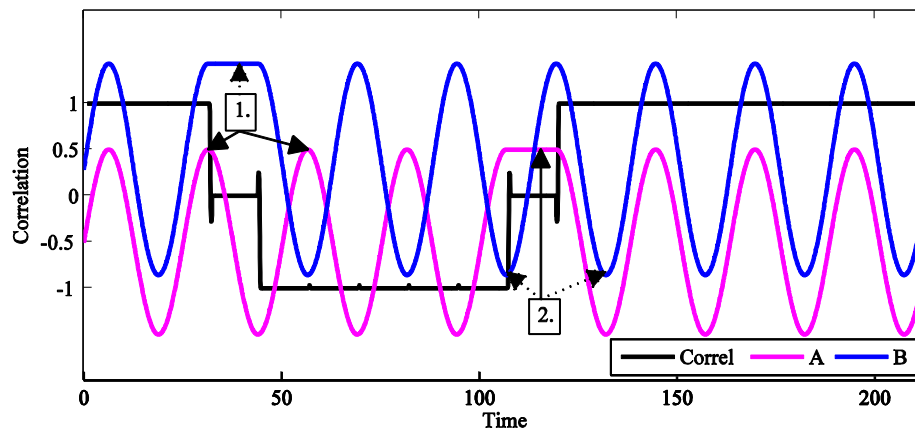


Abb. 8: Die Korrelation als Relative Phase. Darstellung eines idealisierten Verlaufs einer einfachen Phase-Transition von einer anfänglichen In-Phase (1) in eine Anti-Phase (-1) und wieder zurück in eine In-Phase (1) (mod. nach Rosenblum & Kurths, 1998, S. 95).

- 1. Während Spieler/in B für einen seiner/ihrer Zyklen die eineinhalbfache Dauer eines regulären Zyklus benötigt, realisiert sein/ihre Gegner/in, Spieler/in A, währenddessen unverändert reguläre Zyklen. Danach realisiert auch Spieler/in B wieder Zyklen von regulärer Frequenz. Demzufolge hat Spieler/in A einen Vorsprung von einem halben Zyklus.

In diesem Szenario ändert sich die Relation der Phasen, in denen sich die beiden Spieler/innen befinden, wie folgt: Zu Beginn befanden sich beide Spieler/innen in einem Attraktorzustand der In-Phase. Ab dem zweiten Zyklus erfährt dieses Schwingungsverhalten eine Veränderung in Richtung einer Anti-Phasen Oszillation. Der Verlauf der Korrelation als Relative Phase hält diese Veränderung mit einem Absinken der Korrelationswerte von 1 nach keinem Zusammenhang (repräsentiert durch den Wert 0) auf den Wert -1, einer sog. Phase-Transition, fest. Wie schon zuvor in Beispiel 1 ist es wiederum nicht möglich, Rückschlüsse auf etwaige Rückstände bzw. erzielte Vorsprünge in den einzelnen Zyklen zu ziehen.

- 2. Nun benötigt Spieler/in A für einen seiner/ihrer Zyklen die eineinhalbfache Dauer eines regulären Zyklus, während Spieler/in B unverändert Zyklen regulärer Frequenz realisiert. Danach realisiert auch Spieler/in A wieder Zyklen von regulärer Frequenz mit der Folge, dass Spieler/in B einen Vorsprung von einem halben Zyklus relativ zu Spieler/in A hat.

Welche Auswirkung hat das auf den Verlauf der Korrelation als Relative Phase? Indem sich zuvor die Relation der Phasen von einer anfänglichen In-Phase zur Anti-Phase, also von 1 auf -1 verändert hat, erfährt der Korrelationsverlauf als Relative Phase diesmal eine Änderung, allerdings in umgekehrter Richtung. Es findet eine Phase-Transition vom Attraktorzustand der

Anti-Phase zum Attraktorzustand der In-Phase statt. Der Wert der Korrelation als Relative Phase ändert sich dementsprechend von -1 auf 1.

Auskünfte über die erfolgte Richtungsänderung können nicht gegeben werden.

2.6 Die Anwendung der Polarkoordinatendarstellung anhand künstlich generierter Signale

Bei dieser Darstellungsform kann ein Punkt (P) als Radius (r) und als Phasenwinkel φ dargestellt werden (Abbildung 9).

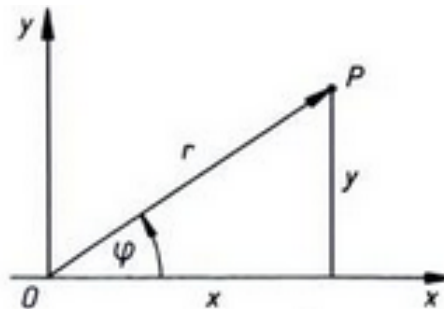


Abb. 9: Darstellung eines Punktes $(x;y)$ in Polarkoordinaten $(r; \varphi)$ (Papula, 2008, S. 158)

Im Beispiel von Rückschlagspielern/-spielerinnen beschreibt die Relative Phase die Winkeldifferenz zwischen den Positionen der beiden Spieler/innen innerhalb ihres Zyklus (Kapitel 2.2.1.1). Folglich kann die Bewegung (r) eines/einer Spielers/Spielerin, die ausgehend von seinem/ihrer Mittelpunkt (0) in die Position des Treffpunkts (P), somit in die maximale Entfernung, und wieder zurück in eine neutrale Position verläuft, als Zyklus aufgefasst werden (Abbildung 9). Diese räumliche Bewegung lässt sich nun auf eine Kreisbahn projizieren und in weiterer Folge kann durch Idealisierung des Zyklus zu einem Einheitskreis die Position des/der Spielers/Spielerin in seiner/ihrer Phase, in Grad von 0° bis 360° , auf diesem angegeben werden (Abbildung 10).

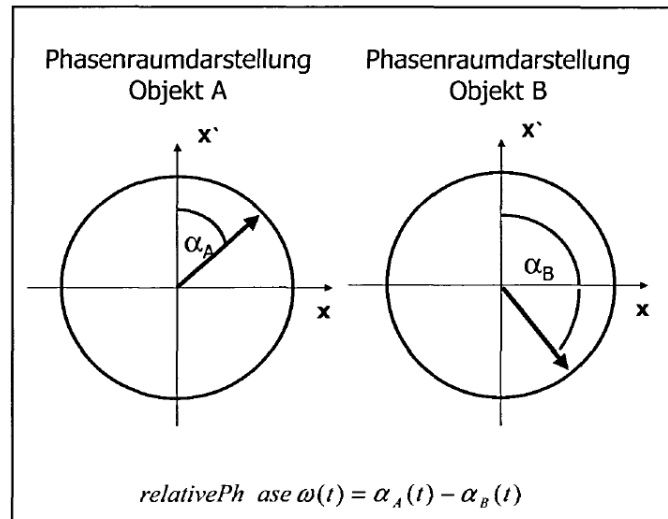


Abb. 10: Bestimmung der kontinuierlichen Relativen Phase im Phasenraum zweier Spieler/Spielerinnen (Lames & Walter, 2006, S. 17)

Für Abbildung 10 ergeben sich folgende Spieler-/Spielerinnenpositionen: Spieler/in A nimmt eine Position von 45° auf dem Einheitskreis (in seinem/ihrem Zyklus) ein; Spieler/in B weist eine Position von etwa 135° auf. Die daraus resultierende Winkeldifferenz, also die Relative Phase, beträgt 90° (vgl. Kapitel 2.2.1.1).

2.6.1 Das Verhalten der Relativen Phase verstehen: Zusammenhang Werte und Spielerverhalten

Folgende Szenarien wurden mit Hilfe künstlich generierter Signalen auf ihre Reaktion auf den Verlauf der Relativen Phase als Ergebnis der Polarkoordinatendarstellung getestet (Abbildung 11).

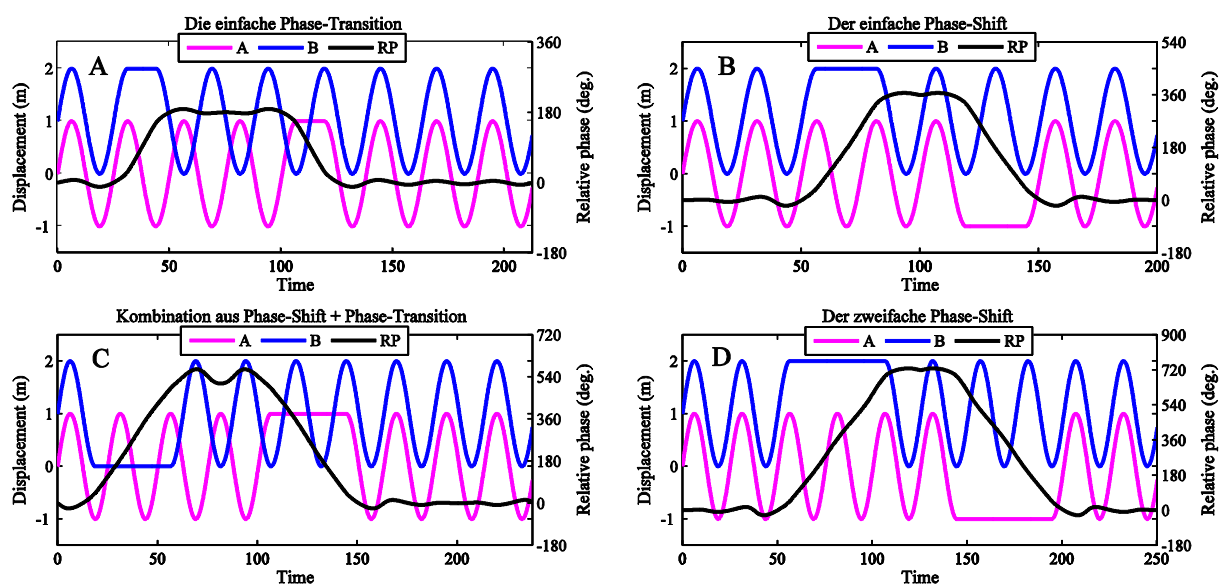


Abb. 11: Überblick über die Signale und ihre Auswirkungen auf den Verlauf der Relativen Phase als Ergebnis der Polarkoordinatendarstellung

In der ersten Abbildung oben (A) ist ein Verlauf zweier einfacher Sinusschwingungen als Output zweier gekoppelter Oszillatoren (Spieler/innen) von einer anfänglichen In-Phase (Signale schwingen synchron relativ zueinander) über eine Anti-Phase durch eine Phase-Transition (Signale schwingen genau in die entgegengesetzte Richtung), zurück in eine neuerliche In-Phasen-Relation, in der diese Oszillation endet, dargestellt.

In der zweiten Abbildung der ersten Zeile (B) zeigt der Signalverlauf ein ähnliches Bild, mit einer Ausnahme, dass nicht wie zuvor eine Phase-Transition abgebildet ist, sondern ein einfacher Phase-Shift. Wie im Verlauf der Relativen Phase ersichtlich, wird diese Veränderung durch ein Absinken der Werte der Relativen Phase von anfänglichen 0° um etwa 360° auf -360° , also In-Phase, für die Dauer einer Zykluslänge angezeigt.

Die beiden unteren Abbildungen C und D repräsentieren ähnliche Szenarien wie oben, mit einer Ausnahme, dass es sich hierbei nicht um eine einfache Phase-Transition (siehe Abbildung A) und um einen einfachen Phase-Shift (siehe Abbildung B) handelt, sondern um kombinierte Möglichkeiten (Phase-Shift + einfache Transition siehe Abbildung C sowie zweifacher Phase-Shift siehe Abbildung D), die während eines Spiels durch die Spieler/innen bewirkt werden können.

Abschließend kann festgehalten werden, dass alle in den Abbildungen ersichtlichen Verläufe der Relativen Phase als Ergebnis der Polarkoordinatendarstellung auf ähnliche Art und Weise, wie in Kapitel 2.4 erläutert, reagieren.

2.7 Fragestellung

Der Unterschied, durch den sich Sportspiele beispielsweise von rein konditionell determinierten Sportarten⁶ abheben, liegt klar auf der Hand. Die Leistung wird in einem sog. Interaktionsprozess mit dem/der Gegner/in erbracht, indem jede Partei danach strebt, das Spielziel zu realisieren bzw. zu unterbinden, dass nämlich die gegnerische Partei vorzeitig ihres erzielt (Lames, 1991, S. 32; Lames, 1998). Zusätzlich unterliegt dieser Prozess auch noch zeitlichen Veränderungen, da das Spieler-/Spielerinnenverhalten im Laufe eines Spieles als variabel zu betrachten ist. Er ist vielmehr auch eine Antwort auf vorausgegangene Verhaltensweisen bzw. auf Umstände, die während eines Spielverlaufes auftreten können, wie z.B. auf Spielstände (Lames & Walter, 2006, S. 8).

Dieser wesentliche Punkt der Sportspiele konnte bis jetzt noch nicht angemessen beschrieben werden. Mit einem entsprechenden Modell sollte es möglich sein, zum einen den zwischen

⁶ diverse Disziplinen aus der Leichtathletik

den Parteien ablaufenden Interaktionsprozess darzustellen, zum anderen die diesem Prozess zugrunde liegenden zeitlichen Veränderungen mitzubersichtigen (Lames & Walter, 2006, S. 9).

Das hierfür passende theoretische Konzept, um die Phänomene⁷ der Sportspiele, insbesondere jener der Einzelschlagspiele, auch tatsächlich überzeugend beschreiben und erklären zu können, kommt aus der Theorie Dynamischer Systeme und heißt das Konzept der Relativen Phase. Mit Hilfe dieser Methode kann der relative Bewegungsverlauf der beiden Spieler/innen über den gesamten Ballwechsel hinweg beschrieben und in weiterer Folge analysiert werden. Da diesem neuen Ansatz in der Literatur grundsätzliche Vorteile beim Beschreiben des Spieler-/Spielerinnenverhaltens in den Einzelschlagspielen, insbesondere im Tennis, bescheinigt wurden (Lames, 2006; Lames & Walter, 2006; Palut & Zanone, 2005) und diese Anforderung anhand eines exemplarischen Tennisballwechsel verdeutlicht werden konnte (Lames & Walter, 2006, S. 22), möchte sich der Autor mit diesem Analyseansatz beschäftigen.

Um die Relative Phase mathematisch bestimmen zu können, existieren eine Vielzahl von Kalkulationsmethoden (Kelso, 1995, S. 49f). In der vorliegenden Arbeit wird die Relative Phase als Analysetool anhand dreier unterschiedlicher Methoden berechnet: durch die Berechnung der Korrelation, der Polarkoordinaten und der Hilberttransformation. Da sich die methodische Vorgangsweise in der bestehenden Literatur hauptsächlich auf den Ansatz der Hilberttransformation stützt, kommt diese auch im Rahmen dieser Arbeit als Golden-Standard-Methode zur Anwendung. Das Verfahren der Hilberttransformation ist die einzige Methode in dieser Arbeit, die eine „echte“ Relative Phase berechnet. Ein zweiter Berechnungsansatz, der in einer Studie im Rahmen eines Sportinformatik-Wahlseminars im Sommersemester 2010 am Institut für Sportwissenschaften der Universität Wien unter der Leitung von Herrn Prof. D. Martin Lames Gegenstand der Untersuchung war, ist jener der Korrelation der Abstände und kommt daher in dieser Arbeit ebenfalls zum Einsatz. Im Gegensatz zum Verfahren der Hilberttransformation berechnet die Korrelationsmethode, wie der Name schon sagt, Korrelationen (Zusammenhänge) (vgl. Kapitel 2.5). Als dritte Methode wird die Darstellungsform in Polarkoordinaten einer genaueren Betrachtung unterzogen. Hierbei ist es möglich einen Punkt als Radius und als Phasenwinkel darzustellen (vgl. Kapitel 2.6). Um aus dem Verlauf der Relativen Phase als Ergebnis der drei Berechnungsmethoden jedoch badmintonspezifische Rückschlüsse für den Trainingsalltag ziehen zu können, ist der passende Ordnungsparameter unabdingbar. Den verschiedenen Ordnungsparametern liegen unterschiedliche Zentrale Punkte zugrunde.

⁷z.B. die Nichtlinearität der Sportspilleistung

Der Zentrale Punkt spielt in den Rückschlagspielen eine wichtige Rolle. Unter einem Zentralen Punkt ist jener Punkt zu verstehen, der von den Spielern/Spielerinnen nach jedem ausgeführten Schlag wieder eingenommen werden sollte, um für den nächsten Schlag die bestmögliche Voraussetzung zu haben, diesen wieder zu erreichen und zurückspielen zu können.

Im Badminton kann nach Lemke und Meseck (2011) von drei unterschiedlichen Szenarien ausgegangen werden. Je nach Spielsituation sind die Spieler/innen gefordert, unterschiedliche neutrale Punkte (Zentrale Punkte) einzunehmen:

- Zentraler Punkt
- Position innerhalb des Zentralen Bereiches und
- Position außerhalb des Zentralen Bereiches

Der Zentrale Punkt befindet sich 1,5-2m hinter der vorderen Aufschlaglinie (Kapitel 3.4.1.3). Da dieser über den gesamten Ballwechsel konstant bleibt, wird dieser in der vorliegenden Arbeit als sog. statischer Zentraler Punkt bezeichnet. Die Position innerhalb des Zentralen Bereiches sowie die Position außerhalb des Zentralen Bereiches stellen sog. dynamische Zentrale Punkte dar, da sie innerhalb eines Ballwechsels situationsbedingte Veränderungen erfahren und somit einem dynamischen Wechsel unterliegen.

Ziel dieser Arbeit ist es daher festzustellen, ob die verschiedenen Varianten der Berechnungsmethoden (Verfahren der Korrelation, der Polarkoordinaten und das Verfahren der Hilberttransformation) bzw. die Wahl des jeweiligen Zentralen Punktes Einfluss auf das Ergebnis der Relativen Phase hat. Es sollen verschiedene Analysemethoden hinsichtlich der Relativen Phase miteinander verglichen werden, um den Schluss fassen zu können, welche Berechnungsmethode bzw. welcher Zentrale Punkt das Spielgeschehen auf dem Badminton Court am besten abbildet und somit den Ansprüchen, die an eine dynamische Sportspielanalyse gestellt werden, gerecht wird. Außerdem wird versucht, praxisrelevante Rückschlüsse hinsichtlich taktischem Verhalten und dem Verlauf der Relativen Phase herzustellen. Zusätzlich wird der Versuch unternommen mit Hilfe eines Referenzsystems, bestehend aus einem Experten sowie einer Expertin, zu klären ob anhand der Videoanalyse des Finalspiels des Olympischen Badmintonbewerbs zwischen Lin Dan und Chong Wei Lee die visuell bestimmten Perturbationen im Verlauf der Relativen Phase als Ergebnis der drei Berechnungsmethoden abgebildet werden. Dieser Frage wird anhand eines Beispielballwechsels nachgegangen.

3 Methodik

Dieses Kapitel widmet sich der Datenerhebung, der allgemeinen Datenaufbereitung sowie der speziellen Datenaufbereitung mit den zwölf verschiedenen Parametern, die zur Analyse herangezogen werden. Der Vorgang zur Ermittlung der Relativen Phase als Analysetool und die statistische Auswertung sind ebenfalls Inhalt dieses 4. Kapitels.

3.1 Die Relative Phase im Badminton

Einen erstmaligen Versuch, die Relative Phase mit Hilfe der Hilberttransformation zu berechnen, haben Palut und Zanone (2005) im Tennis unternommen (Kapitel 2.3.1). Im Zentrum der Untersuchung stand das laterale Displacement relativ zur Platzmitte als Ordnungsparameter. Das Ergebnis über alle Ballwechsel hinweg zeigte eine Tendenz sowohl in Richtung Anti-Phase als auch In-Phase. Abbildung 12 zeigt einen idealtypischen Verlauf einer longline und cross Rally im Tennis mit den entsprechenden Positionen (Lames, 2006, S. 557).

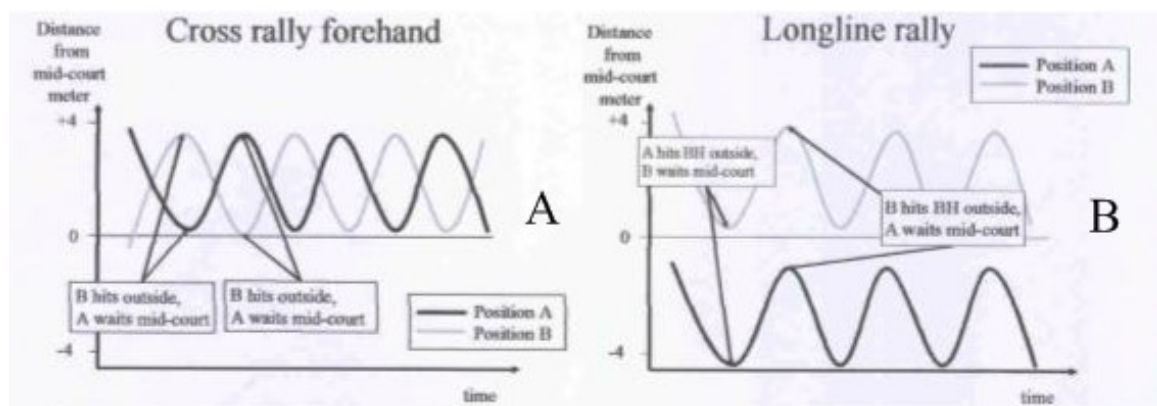


Abb. 12: Idealtypische Wege einer seitlichen Bewegung während einer Vorhand Cross (Abb. A) (Anti-Phase 180°) - und longline Rally (Abb. B) (In-Phase 0°) im Tennis (Lames, 2006, S. 557)

Hierbei ist ersichtlich, dass dieser Wechsel zwischen Neutralposition und Treffpunkt alternierend erfolgt. Wie in Abbildung 12 dargestellt, befindet sich Spieler/in B in der Position des Treffpunkts, während sein/ihre Kontrahent/in seine/ihre Neutralposition einnimmt. Im weiteren Verlauf dieses idealisierten Ballwechsels begibt sich nun Spieler/in A auf jene Position, in der der Treffpunkt erfolgt. Spieler/in B hingegen bewegt sich in seine/ihre Neutralstellung zurück. Selbiges geschieht auch während eines longline Ballwechsels mit einer Ausnahme, dass die Bewegungsrichtung hierbei nicht in die entgegengesetzte Richtung (siehe Abbildung A), sondern in die gleiche Richtung erfolgt (siehe Abbildung B).

Im Zentrum der vorliegenden Arbeit stand die Sportart Badminton. Ähnlich wie im Tennis ist es möglich, vom Standpunkt des Systems aus die Bewegungen im Badminton als die Bewegungen zweier Subsysteme, der Spieler/innen, zu betrachten.

Diese Subsysteme stehen durch die Natur des Spiels in enger Verbindung, weil sie Schläge austauschen. Wenn ein/eine Spieler/in schlägt, versucht der/die andere, sich in eine „neutrale“ Position zu begeben, von der aus er/sie die besten Möglichkeiten hat, rechtzeitig den nächsten Schlag durchführen zu können. Sobald er/sie die Richtung des Federballes einzuschätzen vermag, bewegt er/sie sich auf die entsprechende Stelle hin, während sich nun der/die andere Spieler/in in die „neutrale“ Position begibt (vgl. Abbildung 12).

Die Relative Phase drückt also aus, wo sich ein/eine Spieler/in innerhalb seines/ihres Bewegungszyklus relativ zu seinem/ihrer Gegner/in befindet. Wird beispielsweise analog zu Squash (McGarry & Walter, 2007, S. 45) ein Bewegungszyklus im Badminton vom Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie aus definiert, zeigt eine Anti-Phasen-Relation von 180° , dass, während ein/eine Spieler/in sich am Start seines/ihres Zyklus befindet, sich der/die andere Spieler/in genau auf halbem Weg zum Ende seines/ihres Zyklus befindet. Folglich würde eine Anti-Phasen-Relation von 180° nachgewiesen werden, wenn sich ein/eine Spieler/in auf seinem/ihrem Zentralen Punkt befindet, während sich der/die andere Spieler/in auf der Schlagposition befindet und somit am weitesten in seinem/ihrem Bewegungszyklus vom Zentralen Punkt entfernt wäre. Dies gilt genauso vice versa und ebenso für jeden dazwischen liegenden Punkt.

Ähnlich würde eine Phasen-Relation in In-Phase 0° (oder 360°) nachgewiesen werden, wenn beide Spieler/innen in der Rally am selben Punkt innerhalb ihrer jeweiligen Bewegungszyklen wären. Andere Phasen-Relationen zwischen den beiden Spielern/Spielerinnen von 0° bis 360° sind ebenso jeder Zeit feststellbar, abhängig davon, wo sich jeder/jede Spieler/in in seinem/ihrem Bewegungszyklus in Bezug auf den/die anderen/andere befindet.

Eine sehr interessante Hypothese, von einem praktischen Standpunkt aus betrachtet, ist die Relation zwischen der Relativen Phase und dem Stadium der Rally. Man könnte annehmen, dass ähnlich wie im Tennis und Squash auch im Badminton eine stabile Relative Phase ein stabiles Spiel anzeigt, wenn kein/keine Spieler/in Probleme hat, für seinen/ihren nächsten Schlag bereit zu sein (Lames, 2006, S. 557; Walter et al., 2007, S. 38).

Es liegt nicht nur in der Natur von Tennis (Lames, 2006, S. 557), sondern auch in der von Badminton, dass Platzierung und Tempo der Schläge verwendet werden, um Druck zu erzeugen und schließlich einen Punktgewinn zu erzielen. Das sollte zu einer Perturbation der Relativen Phase eines stabilen Zustands führen. Die Hypothese lautet also dahingehend, dass in einer stabilen Phase der Rally die Relative Phase stabil ist; in der Endphase jedoch, wenn

ein Winner erzielt oder der/die Gegner/in zu einem Fehler gezwungen wird, die Relative Phase instabil wird. Wenn diese Hypothese bewiesen werden könnte, wäre es dadurch möglich, den Druck, der während einer Rally aufgebaut wird, zu bestimmen. Dies würde sich als wertvolles Instrument für die praktische Analyse erweisen.

3.2 Stichprobe

Auf Grund der Vermutung, dass nicht nur im Tennis die Relative Phase von großer Bedeutung ist, sondern dass auch im Badminton dieser Ansatz zur Beschreibung der Ballwechsel herangezogen werden kann, da die positionale Interaktion der Spieler/innen wesentlichen Einfluss auf den Ausgang der Ballwechsel hat, wurde eine Videoaufnahme des Herrenfinales im Badminton bei den Olympischen Sommerspielen in Beijing 2008 als Analysegrundlage verwendet. Auf Grund des hohen Leistungsniveaus, das im Spitzenbadminton besteht, kann davon ausgegangen werden, dass das gewünschte Verhalten ausgelöst wird.

Als Stichprobe dienten all jene Ballwechsel, die eine Länge von > 10 Sekunden aufwiesen und die mit einem herausgespielten Punkt beendet wurden. Unter diesen Umständen konnte angenommen werden, dass die Relative Phase als Ergebnis der Hilberttransformation besonders gut zur Mustererkennung und somit zur Interpretation herangezogen werden kann. Sieben Ballwechsel wurden schlussendlich einer intensiveren Analyse unterzogen.

Die Vorgangsweise, einen Ballwechsel zu analysieren, von dem man annimmt, dass aufgrund der Länge aber auch aufgrund des Umstandes, dass der Ballwechsel durch einen herausgespielten Punkt beendet wird und deshalb die Relative Phase gut zu interpretieren ist, rechtfertigt sich zum einen aufgrund der mit dieser Untersuchung verfolgten Zielstellung und zum anderen dadurch, dass es sich hierbei um einen ersten Gehversuch dieses Analyseansatzes in Bezug auf das Spielgeschehen auf dem Badminton Court handelt.

3.3 Die Positionsdatenermittlung

Von den großen Turnieren der Badminton-Elite liegen gewöhnlich nur TV-Videoaufzeichnungen vor. Jener Umstand, dass hier diese TV-Mitschnitte hauptsächlich in einer Totalen ausgestrahlt werden, wirkt sich positiv auf die Generierung der positionalen Interaktion aus.

Um die Positionsdaten generieren zu können, kam eine Trackingsoftware der Firma Utilius Easy Inspect zum Einsatz. Neben den Spielern, deren senkrecht projizierter Körperschwerpunkt Bild für Bild mit einer Abtastrate von 25 Hz per Hand verfolgt wurde, wurden die vier

Ecken des Spielfelds mit den bekannten Platzmaßen kalibriert. Nach erfolgter Kalibrierung des Videos konnte das Programm aufgrund der manuell verfolgten Spieler auf die Abstände zu diesen fixen Spielfeldmarkerpunkten für jeden Zeitpunkt der Messung zurückrechnen. Um valide Daten zu bekommen, war es wichtig, den gleichen Anfangs- und Endzeitpunkt für beide Spieler festzuhalten. Dieses Prozedere der Datenerhebung wurde für die gesamte Stichprobe durchgeführt. Als Output lieferte das Programm die jeweiligen x- und y-Koordinaten der beiden Spieler. Als Exportdatei konnte mit den so gewonnenen Rohdaten im Programm Microsoft Excel weitergearbeitet werden.

3.4 Datenaufbereitung

Um mit den aus der Videoaufzeichnung des Finalspiels gewonnenen Rohdaten im Analyseprozess weiterarbeiten zu können, wurden sie in einem ersten Schritt einer allgemeinen Prozedur der Datenaufbereitung unterzogen. Im Zuge dieser Aufbereitung wurden zwölf zu analysierende Parameter berechnet. In diesem Kapitel findet sich eine detaillierte Beschreibung der Vorgehensweise der allgemeinen Datenaufbereitung. Des Weiteren werden die zwölf Analyseparameter vorgestellt sowie die mathematischen Methoden zur Berechnung der Relativen Phase aufgezeigt.

3.4.1 Allgemeine Datenaufbereitung

3.4.1.1 Der Court

Abbildung 13 zeigt einen Überblick über den Badminton Court und seine Platzmaße.

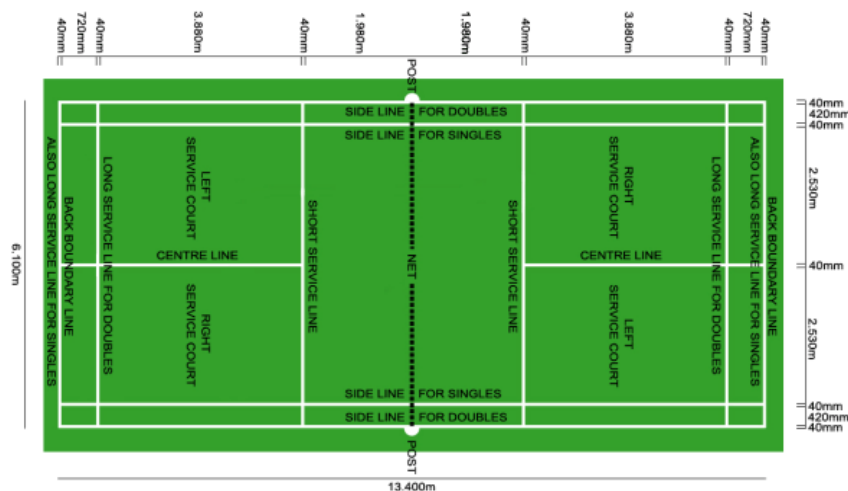


Abb. 13: Der Badminton Court und seine Spielfeldabmessungen. Zugriff am 16. März 2013 unter <http://www.badminton-information.com/badminton-court.html>.

Das Spielfeld ist 13,40m lang und 6,10m breit. Die Linien, die das Spielfeld begrenzen und somit Teil des Spielfelds sind, sind 4cm breit. Die vordere Aufschlaglinie befindet sich 1,98m

hinter dem Netz. Der Zentrale Punkt befindet sich weitere 1,5m - 2m hinter der vorderen Aufschlaglinie (vgl. Kapitel 3.4.1.3).

3.4.1.2 Das Koordinatensystem

Der Ursprung der Messung befindet sich genau in der Mitte des Badminton Courts (Abbildung 14). Die Abbildung des Bildvordergrundes erfolgt ursprünglich durch negative Werte auf der Y-Achse, jene der Platzhälfte im Hintergrund des Bildes durch positive Y-Werte. Die linke Seite des Badminton Courts wird zunächst durch negative Werte auf der X-Achse repräsentiert, die rechte Hälfte durch positive X-Werte.

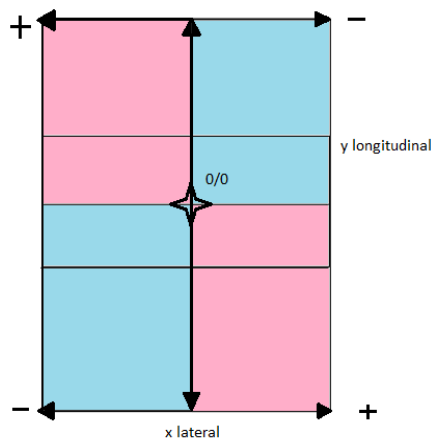


Abb. 14: Das Koordinatensystem

In einem weiteren Schritt der allgemeinen Datenaufbereitung wurden die gewonnenen Rohdaten weiter vereinheitlicht. So repräsentieren negative X-Werte Positionen auf der Rückhandseite der Spieler, während positive X-Werte hingegen eine Position auf der Vorhandseite anzeigen. Für die beobachteten Ballwechsel gilt: Befindet sich Spieler Lee auf seiner Rückhandseite, so geht dieses Verhalten mit negativen Werten einher. Analog dazu gilt: Befindet sich Spieler Lee auf seiner Vorhandseite, wird dieses Verhalten mit positiven Werten repräsentiert. Befindet sich Spieler Lin hingegen auf seiner Rückhandseite, so geht dieser mit positiven Werten in den Bewegungsverlauf ein. Bewegt sich Lin in seine Vorhandseite, so geht dieser mit negativen Werten in die Analyse ein, da Spieler Lin im Gegensatz zu seinem Kontrahenten Spieler Lee ein Linkshänder ist.

3.4.1.3 Der Zentrale Punkt

Um alle Bereiche des Badminton Courts optimal abdecken zu können, gibt es einen Zentralen Punkt (siehe Abbildung 15), der von jedem/jeder Spieler/in nach dem ausgeführten Schlag wieder eingenommen werden sollte. Dieser liegt für den/die Einzelspieler/in in etwa 1,5 – 2m hinter der vorderen Aufschlaglinie (Lemke & Meseck, 2011, S. 45).

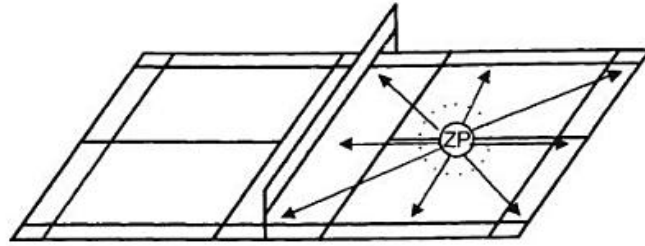


Abb. 15: Position des Spielers im Zentralen Punkt (Lemke & Meseck, 2011, S. 45)

Um nun die Koordinaten der beiden Spieler relativ zu ihrem Zentralen Punkt berechnen zu können, wurden in einem nächsten Schritt ausgehend vom Messursprung die Abstände in longitudinaler Dimension (Y-Achse) Richtung Netz für beide Spieler in positive Werte umgerechnet. Resultierend aus der Umrechnung wurden alle Positionen, die beide Spieler hinter ihrem Zentralen Punkt einnahmen, negativ und jene, die sie vor ihrem Zentralen Punkt einnahmen, positiv. Die Messeinheit betrug Meter.

Es kann aber auch sein, dass der/die Spieler/in durch bestimmte Spielsituationen gefordert ist, eine situative Startposition (Grundstellung) einzunehmen. Diese kann außerhalb des Zentralen Punkts, aber innerhalb des Zentralen Bereichs oder auch außerhalb des Zentralen Bereichs liegen (siehe Abbildungen 16 und 17).

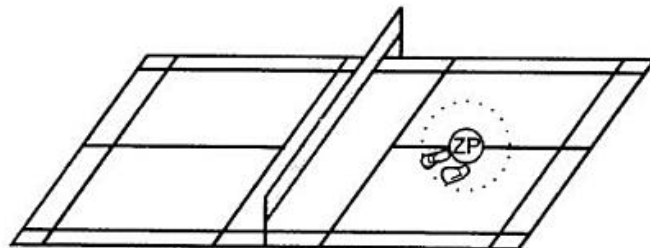


Abb. 16: Position des Spielers innerhalb des Zentralen Bereichs (Lemke & Meseck, 2011, S. 46)

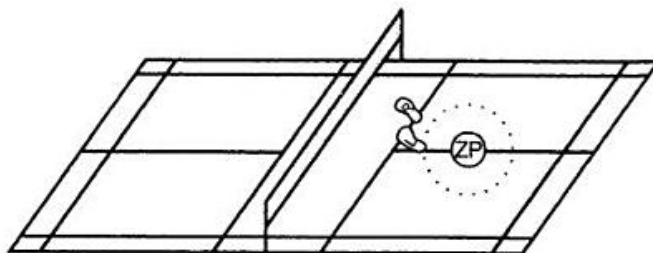


Abb. 17: Position des Spielers außerhalb des Zentralen Bereichs (Lemke & Meseck, 2011, S. 46)

3.4.1.4 Der Filter

Das Prozedere der Datenglättung erfolgt mit einem auf das Signal angepassten Algorithmus aus der Signal-processing Toolbox von Matlab. Es kam ein Butterworth low-pass Filter zur Anwendung. Bei einer Abtastrate von 25 Hz betrug die cut-off Frequenz des Filters 1 Hz. Die-

se Filterung soll zu einer effizienteren Identifikation von Zyklen durch die Hilberttransformation beitragen, da Schwankungen, welche geringer als die cut-off Frequenz des Signals ausfallen, als nicht für die Sportart Badminton essentielle Messfehler anzusehen sind. Sie stellen lediglich Störungen dar und sind somit aus dem Signal zu glätten. Abbildung 18 verdeutlicht den Unterschied zwischen den unveränderten Rohdaten (blau) bzw. den über die Rohdaten gelegten Butterworthfilter zweiter Ordnung.

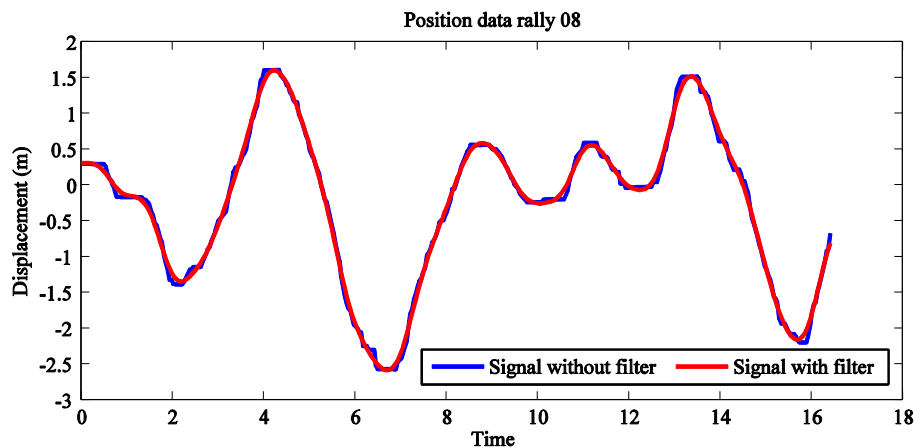


Abb. 18: Darstellung der eindimensionalen longitudinalen Positionsdaten von Spieler Lin in BW08: Verlauf der Rohdaten (blaues Signal) vs. Verlauf der Rohdaten mit der Auswirkung einer Filterung dieser (rotes Signal) - gefiltert 1 Hz

Palut und Zanone (2005) sowie Walter (2006) weisen darauf hin, dass durch die Anwendung des Filters klarere Signale erzeugt werden, wodurch die Identifikation von Zyklen durch die Hilberttransformation begünstigt wird. Die berechnete Relative Phase als Ergebnis der Hilberttransformation zeigt ein eindeutigeres Bild.

3.4.2 Spezielle Datenaufbereitung

Zur Berechnung der Relativen Phase standen mehrere Signale zur Verfügung. Diese Signale resultierten aus den zweidimensionalen Koordinaten x und y der Spielerpositionen, welche mit einer Frequenz von 25 Hz während der Ballwechsel aufgezeichnet wurden. Aus diesen zweidimensionalen Daten wurden in einem nachfolgenden Schritt mit dem Programm Microsoft Excel die folgenden Ordnungsparameter berechnet, um diese anschließend einer Polarkoordinatendarstellung, einer Korrelations- sowie einer Hilberttransformationsmethode im Programm Matlab zu unterziehen.

3.4.2.1 Die Ordnungsparameter

3.4.2.1.1 Displacement-Daten als Ordnungsparameter

- eindimensionale Distanzen sowohl in lateraler als auch in longitudinaler Dimension zum jeweiligen zentralen Punkt der beiden Akteure x,y (statisch)

- eindimensionale Distanzen in lateraler als auch in longitudinaler Dimension zum jeweiligen zentralen Punkt der beiden Akteure (dynamisch) (Hierfür wurde der Median⁸ der statischen Zeitreihen von x, y berechnet und anschließend die Differenzen zwischen Median und den statischen Zeitreihen ermittelt.)
- Berechnung der Distanzen im zweidimensionalen, radialen Raum zum jeweiligen Zentralen Punkt mit dem Pythagoreischen Lehrsatz (statisch)
- Berechnung der Distanzen im zweidimensionalen, radialen Raum zum jeweiligen Zentralen Punkt mit dem Pythagoreischen Lehrsatz dynamisch (dynamisch)

3.4.2.1.2 Geschwindigkeitsdaten als Ordnungsparameter

- Differenzquotient aus zurückgelegter Strecke pro Messintervall (0,04 sek.) sowohl in lateraler als auch in longitudinaler Dimension (statisch)
- Differenzquotient aus zurückgelegter Strecke aus der Differenz zwischen errechnetem Median und den statischen Zeitreihen pro Messintervall (0,04 sek.) sowohl in lateraler als auch in longitudinaler Dimension (dynamisch)
- Differenzquotient aus zurückgelegter Strecke der radialen Distanz pro Zeitintervall (0,04 sek.) (in zweidimensionaler radialer Richtungsdimension)
- Differenzquotient aus zurückgelegter Strecke der radialen Distanz aus der Differenz zwischen errechnetem Median und den statischen Zeitreihen x und y pro Zeitintervall (0,04 Sek.)
- Betrag der Geschwindigkeit pro Zeitintervall (0,04 Sek.) mit Berücksichtigung der zweidimensionalen positionalen Interaktion

All diese Variablen wurden umfassend auf ihre Qualität hin für eine Analyse mit Hilfe der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation, mit Hilfe der Korrelation als Relative Phase sowie mit Hilfe der Polarkoordinaten überprüft und miteinander verglichen.

3.4.3 Die Methode des Normalisierens

Da der Fokus primär auf der qualitativen Fragestellung („Wie bewegen sich die Spieler relativ zueinander“) gelegen ist und weniger auf der quantitativen, also auf der rein zahlenmäßigen

⁸ Der Median teilt eine Messwertreihe in eine obere und untere Hälfte. Er reagiert weniger sensibel auf Ausreißer und ist somit genauer als der Mittelwert (Arithmetisches Mittel). Darüber hinaus repräsentiert er einen Wert der Messwertreihe.

Erfassung der Spielerpositionen auf dem Platz, mussten die vorliegenden Daten einer Normalisierung unterzogen werden.

Wie im Kapitel 2.4.1 gezeigt werden konnte, ist der Algorithmus der Hilberttransformation im Programm Matlab in der Lage, zuverlässig Zyklen in den Signalen zu erkennen, wenn diese einer streng harmonischen Schwingung um die Abszisse unterliegen. Da diese Eigenschaft bei authentischen Signalen manchmal nur ungenügend vorkommt, liegt die Problematik der Identifikation von Zyklen durch die Hilberttransformation klar auf der Hand.

Reale Signale oszillieren des Öfteren um einen anderen Mittelpunkt als die eigentliche Abszisse⁹. Grund für dieses Verhalten ist, dass sich die Spieler/innen während eines Ballwechsels auch hauptsächlich auf der Rückhand –oder Vorhandseite aufhalten können, ohne dabei die eigentliche Platzmitte zu überqueren. Demnach tritt also ein Überschreiten des Nullpunktes (Abszisse) nicht ein. In diesem gesetzten Falle ist der Algorithmus der Hilberttransformation nicht in der Lage, auch nur einen einzigen Zyklus zu erkennen. Um diesen Signalen trotzdem jene so wichtige Eigenschaft der Identifizierung von Zyklen zu verleihen, besteht die Möglichkeit eines sog. Normalisierens (siehe Abbildung 19).

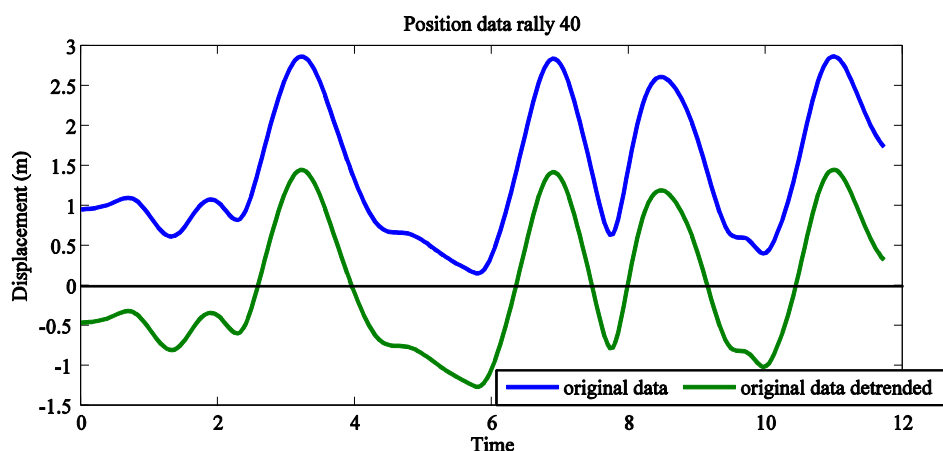


Abb. 19: Darstellung der zweidimensionalen radialen Positionsdaten von Spieler Lee in BW40: Verlauf der gefilterten Rohdaten (blaues Signal) vs. Verlauf der gefilterten Rohdaten mit der Auswirkung einer Normalisierung dieser (grünes Signal)

Bei dieser Methode wird das Signal um die Abszisse gemittelt, indem von jedem einzelnen Punkt des Signals der Gesamtdurchschnitt abgezogen bzw. addiert wird. Addiert bzw. subtrahiert man den Mittelwert des Gesamtsignals, mittelt man das Signal um einen Nullpunkt auf der Y-Achse und stellt somit eine Oszillation um die Abszisse sicher, womit eine bessere Identifikation von Zyklen ermöglicht wird (Graham, 2003, S.44).

⁹ das hängt natürlich auch von der Wahl des Koordinatensystems ab

Die Methode des Normalisierens ist besonders bedeutend für die zweidimensionalen Signale, da aufgrund der Berechnungsmethode nur positive Werte in die Analyse eingehen und somit die Oszillation um einen anderen Mittelpunkt erfolgt als durch die eigentliche Y-Achse als Nullpunkt der Abszisse (siehe Abbildung 19).

3.5 Die Berechnung der Relativen Phase

Laut Literatur bestehen eine Vielzahl von Berechnungsmethoden, um die Relative Phase als Analyseinstrumentarium zu ermitteln.

Da im Falle des Badmintonsports nur sehr wenig Zyklen während eines Ballwechsels identifiziert wurden und das Interesse vor allem der Veränderung der Relativen Phase innerhalb eines Zyklus galt, bediente sich der Autor des Verfahrens der kontinuierlichen Relativen Phase (Kelso, 1995, S. 49f).

Die kontinuierliche Relative Phase wurde nach den mathematischen Methoden der Korrelation der Abstände zum Zentralen Punkt, der Darstellung in Polarkoordinaten und der Hilberttransformation bestimmt.

3.5.1 Korrelation der Abstände

Eine sehr einfache Methode um herauszufinden, ob sich die Spieler/innen in Anti-Phase oder in In-Phase relativ zueinander bewegen, ist die Berechnung der Korrelation der Abstände.

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) * (y_i - \bar{y})}{s_x * s_y} \quad (1)$$

wobei r der Korrelationskoeffizient, x_i , y_i die einzelnen Messwerte, $\bar{x}$, $\bar{y}$ die Arithmetischen Mittelwerte für die jeweiligen Analyseparameter und s_x , s_y die Standardabweichung (SD) der jeweiligen Parameter sind.

Wie zuvor in Kapitel 2.5.1 gezeigt werden konnte, ist dieses Berechnungsverfahren in der Lage, die jeweiligen Grundzustände des zugrunde liegenden Dynamischen Systems zuverlässig zu identifizieren. Befinden sich beide Kontrahenten/Kontrahentinnen relativ zueinander im Modus der Anti-Phase, so zeigt diese Berechnung dies mit dem Wert -1 an. Demnach besteht ein absolut negativer Zusammenhang in den Positions- oder Geschwindigkeitsverläufen der beiden Kontrahenten/Kontrahentinnen. Befinden sich beide Spieler/innen im stabilen Attraktorzustand, im Modus der In-Phase, so spiegelt sich diese mit dem Wert 1 wider. Im

Gegensatz zu vorher besteht jetzt ein absolut positiver Zusammenhang in den jeweiligen Positions- oder Geschwindigkeitsverläufen.

Zunächst wurde im Programm Microsoft Excel eine Korrelation aller zwölf Untersuchungsparameter berechnet (siehe Kapitel 3.4.2.1).

Das der Korrelation zugrunde liegende Berechnungsfenster wird über einen Zeitraum von einer Sekunde bestimmt, pro Sekunde werden 25 Werte für 25 aufeinanderfolgende 0,04 Sekunden berechnet und daraus ein Korrelationswert pro Sekunde kalkuliert (gleitende Korrelation mit einem vorwärtsgerichteten Fenster von 25 Frames/sec).

3.5.2 Polarkoordinatendarstellung

Die zweite Methode, die zur Quantifizierung der Relativen Phase beitragen soll, ist das Berechnungsverfahren basierend auf Polarkoordinaten. Die beiden Formeln, die zur Berechnung der Polarkoordinaten notwendig sind, lauten wie folgt:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (2)$$

$$\tan(\varphi) = \frac{y}{x} \quad (3)$$

wobei (r) als Abstand und x,y als die jeweilige Bewegungsrichtung (lateral bzw. longitudinal) definiert ist. Der Phasenwinkel φ berechnet sich aus der Tangensfunktion y dividiert durch x.

Dieses Verfahren wurde im Rahmen meiner Magisterarbeit sehr genau durchgeführt. Im Zuge der Analyse stellte sich aber heraus, dass es zur Identifizierung von Zyklen nicht geeignet war, da die Spieler zu jedem Zeitpunkt im Ballwechsel immer einen Winkel zu ihrem Zentralen Punkt aufweisen. Bei Weiterverarbeitung der Daten durch Projizieren der Spielerbewegungen auf eine Kreisbahn und weitere Idealisierung dieses Zyklus zu einem Einheitskreis kann die Position der Spieler in ihrer Phase, in Grad von 0 bis 360°, auf diesem angegeben werden (Lames & Walter, 2006, S. 16). Da aber empirische Zyklen normalerweise nicht einer idealisierten Kreisbahn entsprechen und der Abstand zum Zentralen Punkt für den Verlauf der Relativen Phase aussagekräftigere Interpretationen hinsichtlich des Spielerverhaltens auf dem Badminton Court zulässt, muss aus methodischer Sicht im weiteren Verlauf dieser Arbeit von dieser Darstellungsform abgesehen werden.

3.5.3 Die Hilberttransformation

Das dritte Verfahren zur Ermittlung der kontinuierlichen Relativen Phase stellt die Berechnungsmethode der Hilberttransformation dar.

Durch sie ist es möglich, jede Zeitreihe als komplexe (d.h. mit Real –und Imaginärteil) Zeitreihe ihrer Amplitude und ihrer Phase auszudrücken. Das durch die Berechnung mittels Hilberttransformation aus der Signal-processing Toolbox von Matlab entstandene Analytische Signal $\zeta(t)$ nach (Gabor, 1946)

$$\zeta(t) = s(t) + i\tilde{s}(t) \quad (4)$$

beinhaltet einen realen Teil $s(t)$, welcher die originalen Daten repräsentiert, sowie einen imaginären Anteil $\tilde{s}(t)$. Der imaginäre Anteil ist jener Teil der Daten, welcher die Hilberttransformation beinhaltet. Die imaginären Daten zeigen einen 90° Phasen-Shift der Originaldaten.

Die Funktion $\tilde{s}(t)$ repräsentiert hierbei die Hilberttransformation aus $s(t)$, welche für eine Funktion s wie folgt definiert wird:

$$\tilde{s}(t) = \pi^{-1} P.V. \int_{-\infty}^{\infty} \frac{s(\tau)}{t - \tau} d\tau \quad (5)$$

P.V. entspricht in der Hilberttransformation dem Cauchy'schen Hauptwert

Die kontinuierliche Relative Phase $\phi(t)$ oder die Phasendifferenz zweier Signale $s_1(t)$ und $s_2(t)$ lässt sich wie folgt bestimmen:

$$\phi(t) = \arctan \frac{\tilde{s}_1(t) * s_2(t) - s_1(t) * \tilde{s}_2(t)}{s_1(t) * s_2(t) + \tilde{s}_1(t) * \tilde{s}_2(t)} \quad (6)$$

wobei $\tilde{s}_1(t)$, $\tilde{s}_2(t)$ für den imaginären Anteil von Signal1 und Signal2 und $s_1(t)$, $s_2(t)$ für den realen Anteil von Signal1 und Signal2 steht.

Nach diesem Prinzip wurde für alle zwölf Parameter, die untersucht wurden, vorgegangen.

3.6 Die statistischen Verfahren

Im Rahmen dieser Studie wurde die Intra-Rather-Reliabilität der per Hand generierten Rohdatensätzen x und y berechnet. Die Reliabilitätstestung hat zum Ziel, Aussagen über die

Genauigkeit der Messungen zu tätigen. Hierzu wurde der Korrelationskoeffizient nach Pearson sowie das 95% Limit of Agreement berechnet.

Außerdem wurde eine Prüfung auf Zusammenhang durchgeführt. Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm SPSS Statistics (Version 17) vorgenommen. Bei den zur Analyse herangezogenen Datensätzen, den Ergebnissen aus den jeweiligen Berechnungsmethoden zum Verlauf der Relativen Phase, kann von einem Intervallskalenniveau der Daten ausgegangen werden.

Zur Prüfung, ob die Wahl des Ordnungsparameters Einfluss auf den Verlauf der Relativen Phase als Ergebnis verschiedener Berechnungsmethoden (Korrelation bzw. Algorithmus der Hilberttransformation) hat, wurde mittels parametrischen Verfahrens untersucht, ob Zusammenhänge zwischen den Verläufen der Relativen Phase hinsichtlich des statischen und des dynamischen Zentralen Punktes bestehen. Alle für diese statistische Prozedur auf varianzanalytischer Ebene notwendigen Voraussetzungen wurden mittels der entsprechenden in SPSS implementierten Tests für jeden Analyseparameter überprüft. Die Prüfung auf Normalverteilung der Differenzen der Analyseparameter (siehe Kapitel 3.6.1.1.1) erfolgte durch die Anwendung des Kolmogorov-Smirnov Tests, die Prüfung auf Homogenität der Varianzen wurde mit Hilfe des Leven-Tests durchgeführt.

Die Ergebnisse der Prüfung auf Normalverteilung bescheinigten nach dem Kolmogorov-Smirnov Test eine Verletzung dieser, es konnte aber nach visueller Begutachtung der Gesamtverteilung der Relativen-Phasen-Werte sowie der der Korrelationswerte von annähernd normalverteilten Datensätzen ausgegangen werden. Im Gegensatz dazu zeigte sich im Zuge der Prüfung auf Homogenität der Varianzen für die Korrelationswerte als Relative-Phasen-Werte ein Signifikanzwert $p < 0.05$, während sich für die Relativen-Phasen-Werte ein Signifikanzwert $p > 0,05$ ergab. Demnach besteht also im Falle der Korrelationswerte keine Gleichheit der Varianzen der beiden Verläufe der Korrelation als Relative Phase, hingegen kann im Falle der Relativen-Phasen-Werte kein Unterschied in den Varianzen der beiden Verläufe der Relativen Phase festgestellt werden. Jedoch stellt diese Voraussetzung, nämlich dass die Messabweichung der beiden Methoden gleich sein muss, nach Bland und Altman (1990) eine nicht angemessene Annahme dar, da es eines der Ziele der Durchführung einer Methodenvergleichsstudie ist herauszufinden, ob die Messabweichung der einen Methode größer ausfällt als die der anderen. Das Verfahren der Wahl war daher die Berechnung der Übereinstimmung der beiden Methoden anhand des Intraklassenkorrelationskoeffizienten als zweifach gemischtes Modell als Maß der absoluten Übereinstimmung.

Für diese statistische Testung kam ein Signifikanzniveau α von 5% (0,05) zur Anwendung.

3.6.1 Unterschied zwischen den beiden Ordnungsparametern statisch vs. dynamisch

3.6.1.1 Quantitative Analyse

3.6.1.1.1 ICC Korrelationskoeffizient

Der Intraklassenkorrelationskoeffizient entspricht der durchschnittlichen Korrelation über alle möglichen Reihenfolgen der Messwertpaare X und Y. Der Intraklassenkorrelationskoeffizient wird beispielsweise als Korrelationsindex zwischen wiederholten Messungen durch dieselbe Methode, z.B. als Index der Wiederholbarkeit, verwendet. In diesem Fall gibt es keine Reihenfolge der wiederholten Messungen und daher keine offensichtliche Wahl der Variablen X und Y, die der Berechnung des ICC-Korrelationskoeffizienten zugrunde liegen. Im Falle der Wiederholbarkeit spiegelt dieser das Verhältnis der Variation zwischen den Messungen relativ zur gesamten Variation wider (Bland & Altman, 1990, S. 337f).

Zur Überprüfung, ob signifikante Zusammenhänge hinsichtlich der Wahl der Zentralen Punkte zwischen den beiden Berechnungsmethoden vorliegen, wurde der eigens für den Vergleich von Messmethoden entwickelte ICC – Korrelationskoeffizient berechnet.

Dieses statistische Prozedere dient zur Bestimmung der Abhängigkeit zwischen Messwertpaar X1 und Messwertpaar X2 (Bland & Altman, 1990, S. 338). Dabei entsprechen die Ergebnisse der Berechnungsmethode relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie (statisch) dem Messwertpaar X1 und die Ergebnisse der Berechnungsmethode relativ zum Median als Zentraler Punkt (dynamisch) dem Messwertpaar X2. Somit können Daten auf Intervallskalaniveau miteinander verglichen und auf etwaige Zusammenhänge statistisch geprüft werden. Die Reihenfolge der Messwerte spielt auch in dieser Untersuchung keine Rolle, da es sich hier um Messwertpaare, die durch die gleiche Methode ermittelt wurden, handelt. Folglich kann also von wiederholten Messungen der beiden Berechnungsmethoden ausgegangen werden (Bland & Altman, 1990, S. 337).

Für den ICC – Korrelationskoeffizienten lautet die Nullhypothese (H_0) und Alternativhypothese (H_1) wie folgt:

H_0 : Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Verlauf der Relativen Phase der radialen Abstände als Ordnungsparameter relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie und dem Verlauf der Relativen Phase der radialen Abstände als Ordnungsparameter relativ zum Median als Zentraler Punkt.

H1: Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem Verlauf der Relativen Phase der radialen Abstände als Ordnungsparameter relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie und dem Verlauf der Relativen Phase der radialen Abstände als Ordnungsparameter relativ zum Median als Zentraler Punkt.

3.7 Das Referenzsystem

Um zu bestimmen, ob die gefundenen spielentscheidenden Perturbationen auch tatsächlich im Verlauf der Relativen Phase ersichtlich sind, kam ein Referenzsystem zur Anwendung. Es wurden eine Spielerin und ein Spieler, die dem österreichischen Nationalkader angehören, als Experte und Expertin damit beauftragt, die Ballwechsel auf mögliche Perturbationen zu untersuchen, um im Anschluss eine Beobachtungsübereinstimmung als Gütekriterium zu bestimmen.

Nach einer gleich lautenden Instruktion bestand ihre Aufgabe nun darin, anhand des Videomaterials der 17 Ballwechsel jenen Schlag oder jene Schläge zu identifizieren, der oder die für sie eine Instabilität (Perturbation) zur Folge hatte/hatten. Zur Erfassung der Experten-/Expertinnenübereinstimmung wurde das absolute Agreement zwischen beiden Nationalkaderangehörigen sowie der Kappakoeffizient nach Cohen (1960) berechnet.

Aufgrund der Tatsache, dass es sehr oft nicht möglich ist, zwischen einer negativen Perturbation, die aus schwachen Schlägen des Spielers resultiert, und einer positiven Perturbation, die sich analog zur negativen aus starken Schlägen eines Spielers herauskristallisiert, zu differenzieren, wurden als Übereinstimmung, in Anlehnung an eine Studie (Jörg & Lames, 2009, S. 90), Unterschiede in der Schlagerkennung von einem Schlag gewertet.

4 Ergebnisse und Interpretation

Zu Beginn dieses Kapitels stellt sich die Frage nach den zugrunde liegenden Attraktorenzuständen des Systems Badminton. Sind diese überhaupt vorhanden und wenn ja, können sie sowohl mittels Verfahren der Korrelation als Relative Phase als auch mittels Verfahren der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation identifiziert werden, um das Geschehen auf dem Badminton Court detailgetreu abzubilden? Um dieser Frage auf den Grund zu gehen, wurden diverse Häufigkeitsverteilungen der Korrelations- sowie der Relativen-Phasen-Werte aus allen Ballwechseln erstellt und als Verteilung der Relativen Phase in Histogrammen grafisch dargestellt.

4.1 Die Verteilung der Relativen Phase

4.1.1 Die Verteilung der Korrelationsmethode als Relative Phase

4.1.1.1 Die Verteilung des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase - zweidimensionales radiales Displacement

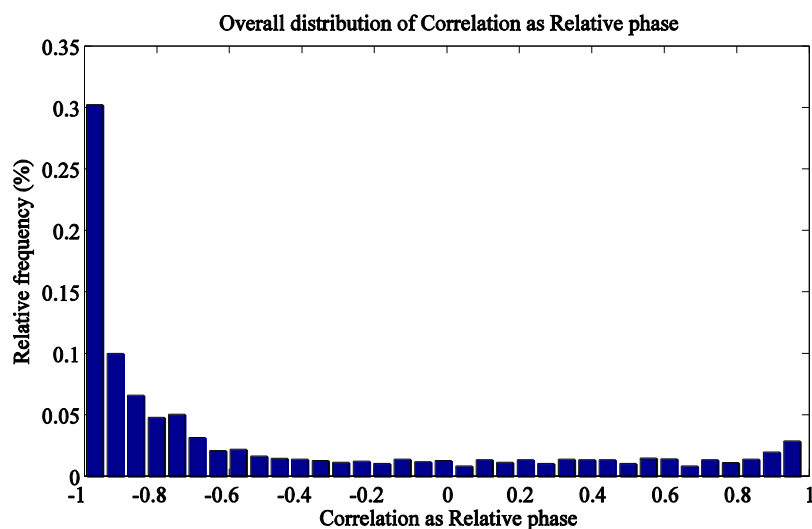


Abb. 20: Histogramm der Gesamtverteilung der Korrelationswerte als Relative Phase der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie ($n=7$)

Abbildung 20 repräsentiert eine insgesamt Verteilung des Korrelationsverlaufs als Relative-Phasen-Werte des zweidimensionalen radialen Displacements, welcher sieben Ballwechsel zugrunde liegen. Während die Ordinate die Korrelationswerte zeigt, spiegelt die Abszisse die relative Häufigkeit, welche der prozentuelle Anteil des Auftretens der Korrelationswerte als Relative-Phasen-Werte innerhalb jedes Bins ist, wider.

Wie aus dieser Abbildung ersichtlich, zeigt sich ein eindeutiges Anti-Phasen-Verhalten der beiden Akteure während des Finales auf dem Platz. Das bedeutet, dass sich beide Spieler zeit-

gleich genau in entgegengesetzter Richtung relativ zueinander bewegen. Realisiert ein Spieler maximales radiales Displacement und befindet sich somit am weitesten entfernt von seinem Zentralen Punkt, um hier seinen Schlag auszuführen (steigendes radiales Displacement), so nähert sich der andere Spieler seinem Zentralen Punkt an. Dieser wirkt mit fallenden Werten auf sein Signal ein.

Abbildung 21 bildet die gesamte Verteilung der Korrelationsmethode als Relative-Phasen-Werte des zweidimensionalen radialen Displacements zum Median als Zentraler Punkt (vgl. Kapitel 4.3.1.1.3.1) als Ordnungsparameter ab.

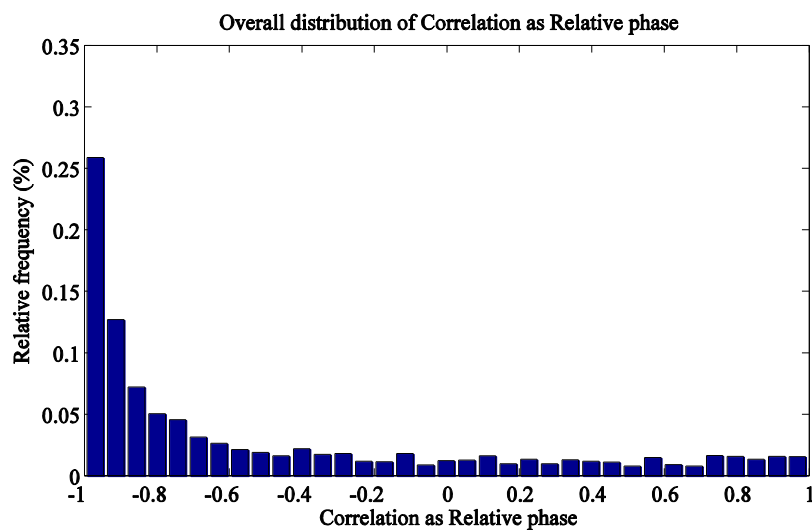


Abb. 21: Histogramm der Gesamtverteilung der Korrelationswerte als Relative Phase der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Median als Zentraler Punkt ($n=7$)

Betrachtet man die Verteilung des Verlaufs der Korrelation als Relative-Phasen-Werte im Falle des zweidimensionalen radialen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt, so zeichnet sich wie schon zuvor beim zweidimensionalen radialen Displacement relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie erneut eine sehr starke Tendenz in Richtung Anti-Phasen-Relation (Korrelationswerte -1) ab.

Für das Spielgeschehen auf dem Badminton Court bedeutet dies, dass sich beide Spieler hinsichtlich dieses Ordnungsparameters ebenfalls zeitgleich genau in die entgegengesetzte Richtung relativ zueinander bewegen. Während ein Spieler sich am Start seines Zyklus befindet, befindet sich der andere Spieler genau auf halbem Weg innerhalb seines Zyklus.

4.1.1.2 Die Verteilung des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase - Geschwindigkeitsverlauf unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall

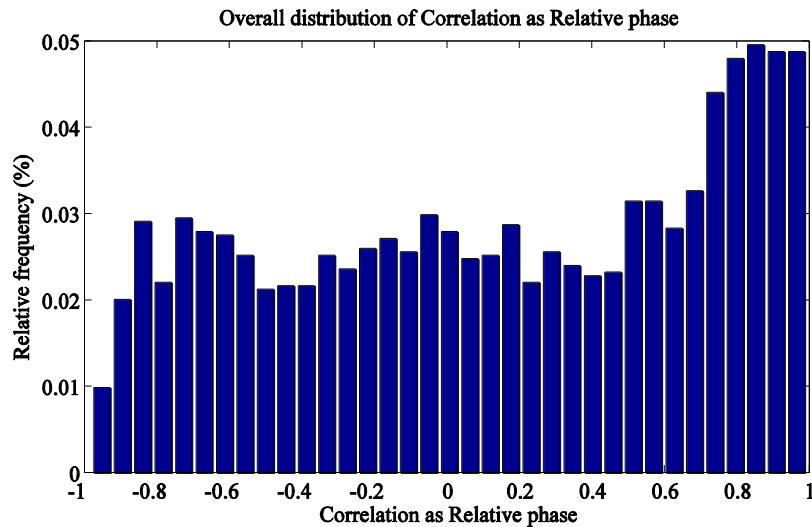


Abb. 22: Histogramm der Gesamtverteilung der Korrelationswerte als Relative Phase der Geschwindigkeit unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) ($n=7$)

Abbildung 22 zeigt die Gesamtverteilung als Ergebnis der Korrelation des Geschwindigkeitsverlaufs (Betrag) als Relative-Phasen-Werte aus sieben Ballwechseln. Auch hier spiegelt die Ordinate die Korrelationswerte und die Abszisse das relative Auftreten der diesbezüglichen Werte des Korrelationsverlaufs als Relative-Phasen-Werte innerhalb jedes Bins wider.

Im Gegensatz zur vorigen Grafik, die ein eindeutiges Anti-Phasenmuster in der positionalen Interaktion beider Spieler abbildet, zeigt sich im Falle des Geschwindigkeitsverlaufs ein Bild einer relativ gleichmäßigen Verteilung der Korrelationswerte als Relative-Phasen-Werte über das gesamte Spektrum der Korrelation von -1 bis 1. Dieses Ergebnis hat zur Folge, dass beide Spieler in diesen sieben Ballwechseln hinsichtlich ihrer realisierten Geschwindigkeit keine eindeutige Präferenz einem der beiden Spielmuster gegenüber dem anderen zeigen. Beide Spieler realisieren hinsichtlich ihres Geschwindigkeitsverlaufs gleichermaßen anti-phasisches sowie in-phasisches Geschwindigkeitsverhalten.

4.1.2 Die Verteilung der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation

4.1.2.1 Die Verteilung der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation - zweidimensionales radiales Displacement

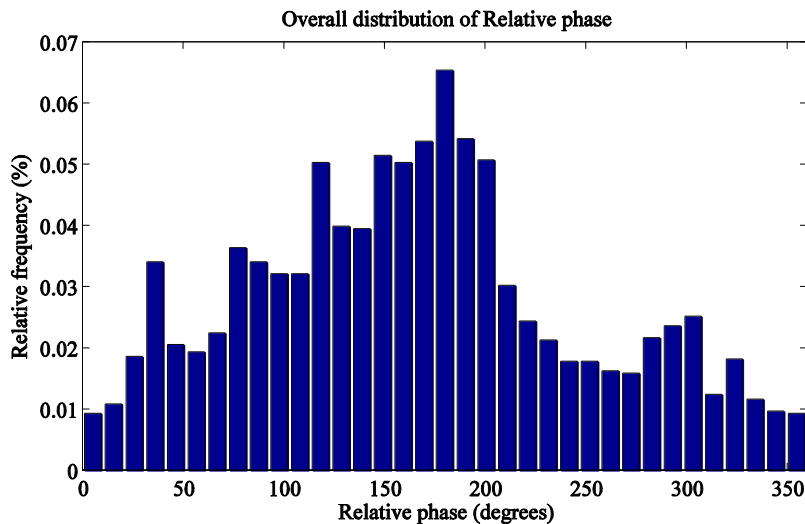


Abb. 23: Histogramm der Gesamtverteilung der Relativen-Phasen-Werte der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie ($n=7$)

Auch Abbildung 23 stellt einen Überblick über die Gesamtverteilung der Relativen-Phasen-Werte als Ergebnis der Hilberttransformation des zweidimensionalen radialen Displacements über alle sieben Ballwechsel hinweg dar. Im Gegensatz zur Verteilung der Korrelationswerte als Relative Phase repräsentiert diese Ordinate die Werte des Verlaufs der Relativen Phase im Spektrum von 0° bis 360° . Die Abszisse hingegen zeigt wiederum die relative Anzahl des Auftretens der Relativen-Phasen-Werte innerhalb eines jeden Bins. Die Binbreite beträgt dabei 10° .

Die Gesamtverteilung der Werte der Relativen Phase legt ein ähnliches Verhalten der beiden Spieler offen, wie schon zuvor die Verteilungswerte der Korrelation als Relative Phase. Beide Spieler bewegen sich hinsichtlich ihrer Positionsdaten erneut zeitgleich genau in entgegengesetzte Richtung. Für ihr Bewegungsverhalten relativ zueinander bedeutet dieses Ergebnis, dass ein Spieler mit steigendem Positionsverlauf, der andere Spieler mit fallendem Positionsverlauf auf sein Signal einwirkt. Demnach sind die häufigsten Werte in der Gesamtverteilung der Relativen Phase über alle sieben Ballwechsel hinweg um 180° (Anti-Phase) über das 360° Spektrum verteilt.

Abbildung 24 präsentiert die Gesamtverteilung der Relativen-Phasen-Werte als Ergebnis der Hilberttransformation des zweidimensionalen radialen Displacements zum Median als Zentraler Punkt (vgl. Kapitel 4.1.1.1) als Ordnungsparameter.

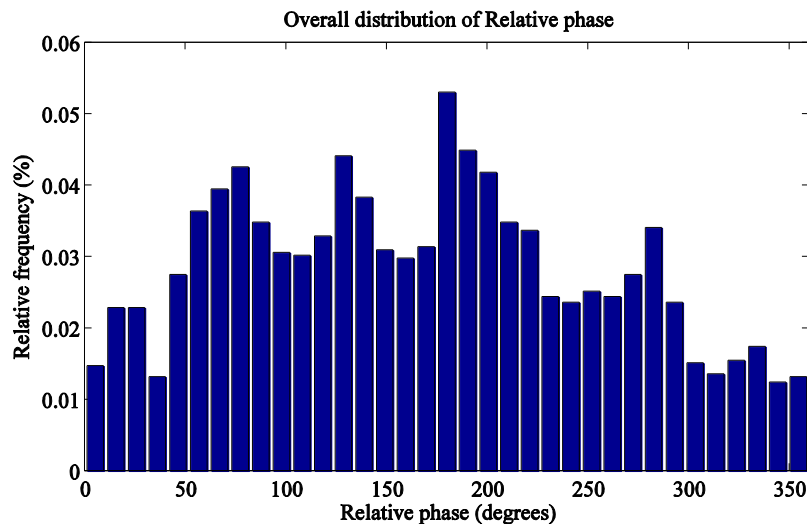


Abb. 24: Histogramm der Gesamtverteilung der Relativen-Phasen-Werte der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Median als Zentraler Punkt ($n=7$)

Die Verteilungsform dieses Histogramms ist sehr ähnlich jener des Histogramms in Abbildung 23. Der Abbildung zufolge bewegen sich beide Spieler auch im Falle des zweidimensionalen radialen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt über alle sieben Ballwechsel hinweg über das Spektrum von 360° leicht tendenziell im Modus der Anti-Phase (180°), also, wie auch schon zuvor, genau in entgegengesetzter Richtung. Während ein Spieler mit steigendem Positionsverlauf auf sein Signal einwirkt, realisiert der andere hingegen einen fallenden Positionsverlauf (ein Signal steigt, das andere Signal fällt) (+/-).

4.1.2.2 Die Verteilung der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation - Geschwindigkeitsverlauf unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall

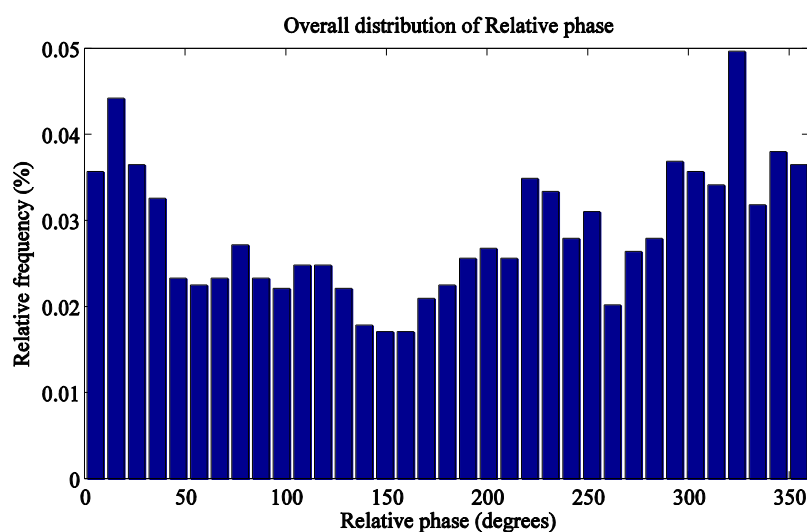


Abb. 25: Histogramm der Gesamtverteilung der Relativen-Phasen-Werte der Geschwindigkeit unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) ($n=7$)

Abschließend präsentiert Abbildung 25, wie auch schon die Abbildungen zuvor, einen Überblick über die Gesamtverteilung der Relativen-Phasen-Werte als Ergebnis der Hilberttransformation hinsichtlich des Geschwindigkeitsverlaufs.

Wie auch schon zuvor anhand des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase bezüglich der Geschwindigkeitsdaten gezeigt werden konnte, dass sich beide Spieler hinsichtlich ihres Geschwindigkeitsverhaltens gleichermaßen sowohl anti-phasisch als auch in-phasisch relativ zueinander verhalten, kommt auch die Relative Phase als Ergebnis der Hilberttransformation zu diesem Ergebnis. Da sich auch in diesem Falle keine eindeutige Präferenz einem der beiden Bewegungsmuster gegenüber dem anderen ergibt, stellt sich neuerlich eine annähernde Gleichverteilung der Relativen-Phasen-Werte, über alle sieben Ballwechsel hinweg, über das 360° Spektrum ein.

4.2 Qualitative Analyse

Im Zentrum dieses Subkapitels steht zu Beginn die Kurvencharakteristik der einzelnen Ordnungsparameter. Hierbei wurden die einzelnen Kurven aller Positionsverläufe einer visuellen Überprüfung unterzogen. Diese Überprüfung diente nicht der Identifikation von Zyklen, sondern der Fragestellung, ob die einzelnen Analyseparameter die für die Analyse mittels Relativer Phase notwendige Oszillationscharakteristik mitbringen.

Es werden Kurven von jeweils einem Positionsverlauf und einem Geschwindigkeitsverlauf eines Ballwechsels dargestellt. Die vollständigen graphischen Darstellungen der positionalen Interaktionen und der Geschwindigkeitsverläufe können aus dem Anhang entnommen werden.

4.2.1 Displacement - Daten als Ordnungsparameter

4.2.1.1 Eindimensionales-Displacement

4.2.1.1.1 Laterale und longitudinale Dimension

Abbildung 26 zeigt einen eindimensionalen Verlauf des Displacements in lateraler sowie in longitudinaler Richtung in Ballwechsel 08.

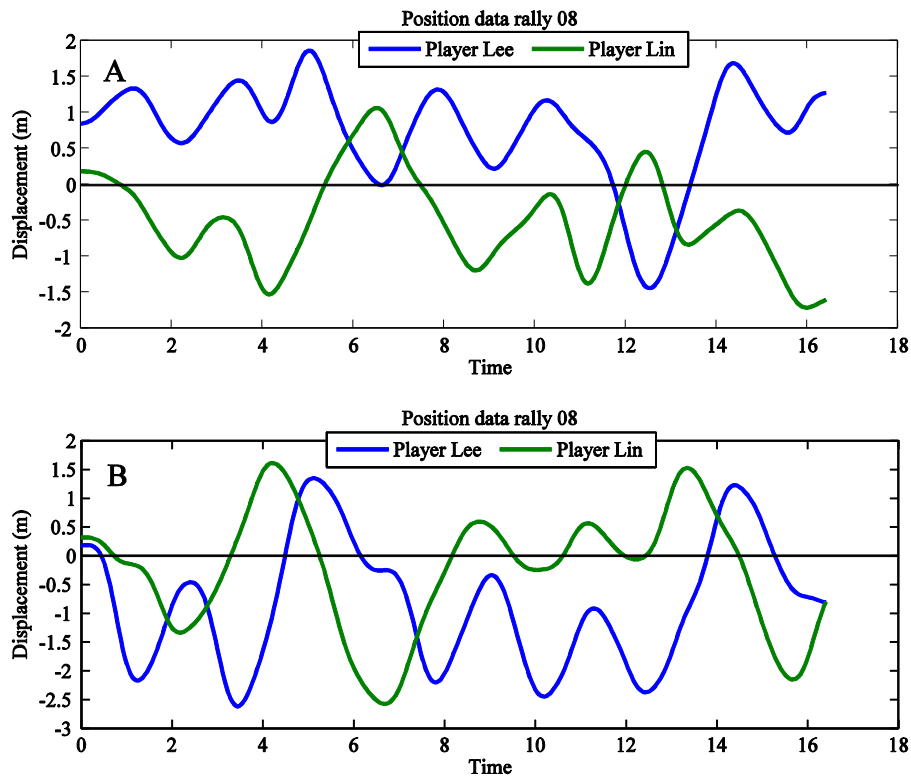


Abb. 26: Darstellung der eindimensionalen Positionsdaten beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08. Während (Abb. A) den Positionsverlauf der eindimensionalen lateralen Displacement-Daten zeigt, spiegelt (Abb. B) jenen der eindimensionalen longitudinalen Displacement-Daten zweier Spieler wider.

Es zeigt sich, dass sowohl in lateraler (seitliches Bewegungsverhalten) als auch in longitudinaler Richtung, d.h. bezüglich der Vorwärts- und Rückwärtsbewegungen der beiden Spieler, harmonische Oszillationen zu verzeichnen sind. Da beide Bewegungsrichtungen, sowohl laterale als auch longitudinale Richtungsdimension, großen Einfluss auf das Spielgeschehen haben können, wäre in dem Fall von Ballwechsel 08 aufgrund des Verhaltens dieser beiden Signale eine Analyse der Oszillation mit Hilfe der Relativen Phase absolut möglich. Die Quantität und die Regelmäßigkeit der Bewegungen sowohl in lateraler Ebene als auch in longitudinaler Ebene untermauern die Bedeutung, welche die beiden Bewegungsrichtungen der Spieler auf dem Court für das Badmintonspiel einnimmt. Die Oszillation in Ballwechsel 08 zeigt ein gut erkennbares Muster auf, eine alternierende Annäherung und Entfernung vom und zum Zentralen Punkt.

4.2.1.1.2 Zweidimensionales-Displacement

4.2.1.1.2.1 Radiales Displacement

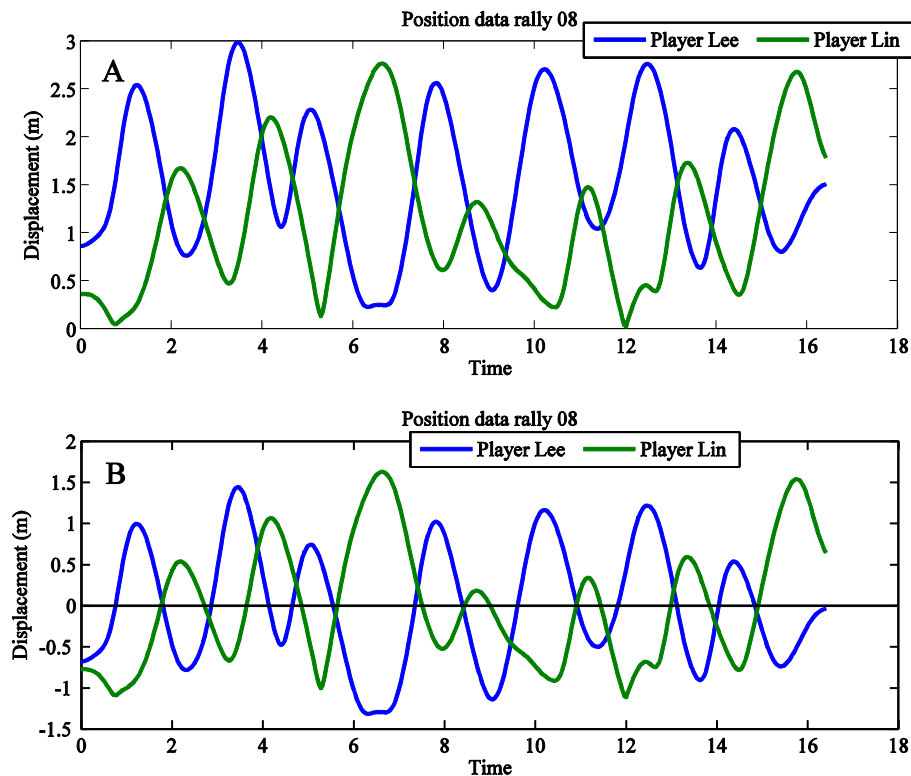


Abb. 27: Darstellung der zweidimensionalen radialen Positionsdaten beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08. (Abb. A) zeigt den Positionsverlauf der zweidimensionalen radialen Displacement-Daten beider Spieler, (Abb. B) spiegelt jenen der zweidimensionalen radialen Displacement-Daten mit der Auswirkung einer Normalisierung auf diesen wider.

Abbildung 27 repräsentiert das zweidimensionale bzw. radiale Displacement beider Akteure ausgehend von ihrem statischen Zentralen Punkt 1,5m hinter der Vorderen Aufschlaglinie (Neutraler Nullpunkt). Da sowohl die laterale Komponente als auch die longitudinale Komponente in diesem Fall eindeutige und harmonische Schwingungen verzeichnet, ist es wenig überraschend, dass resultierend aus diesen beiden Komponenten auch das radiale Displacement einem harmonischen Oszillationsmuster unterliegt.

4.2.2 Geschwindigkeitsdaten als Ordnungsparameter

4.2.2.1 Eindimensionale Velocity

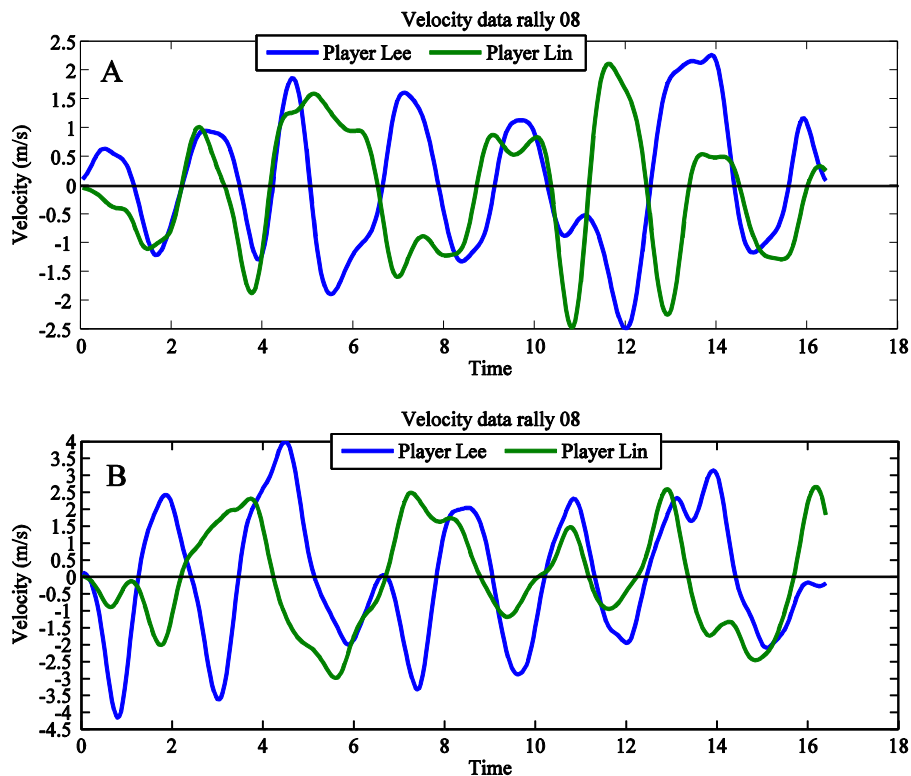


Abb. 28: Darstellung der Geschwindigkeitsverläufe der eindimensionalen Positionsdaten beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08. Während (Abb. A) den Verlauf der Geschwindigkeitsdaten in die eindimensionale laterale Richtungsdimension zeigt, spiegelt (Abb. B) jenen in die eindimensionale longitudinale Richtungsdimension wider.

In Abbildung 28 ist der Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler auf lateraler sowie auf longitudinaler Richtungsebene dargestellt. Es ist ersichtlich, dass sowohl die Geschwindigkeit in lateraler als auch die Geschwindigkeit in longitudinaler Richtung aufgrund der klaren Datenstruktur hervorragend für eine Analyse mittels Relativer Phase geeignet wäre. Beide Geschwindigkeitsverläufe weisen deutliche Zyklen, die regelmäßig und in großer Häufigkeit auftreten, auf.

4.2.2.2 Radialer Geschwindigkeitsverlauf

Eine interessante Messgröße stellt der in Abbildung 29 dargestellte Geschwindigkeitsverlauf, der aus den x und y Koordinaten errechneten zweidimensionalen radialen Daten dar.

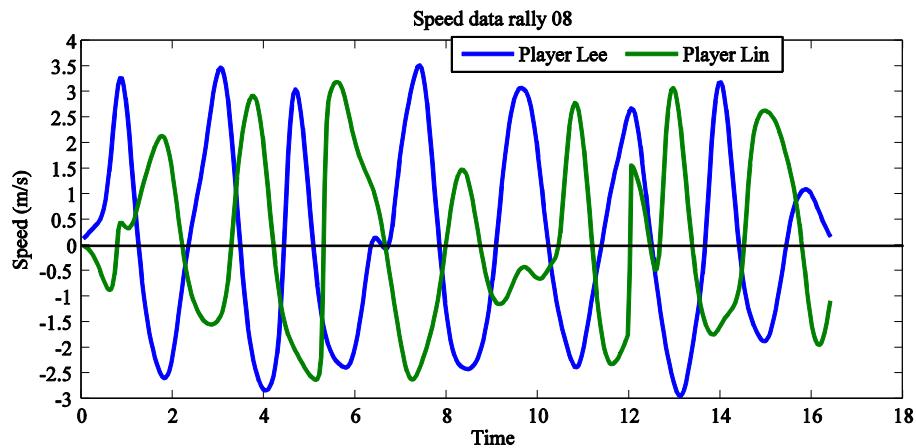


Abb. 29: Darstellung des Geschwindigkeitsverlaufs (Speed) der Spieler auf zweidimensionaler radialer Ebene pro Zeitintervall in BW08

In diesem Fall zeigen die Daten einen sehr regelmäßigen Verlauf der zweidimensionalen Geschwindigkeit. Doch trotz eindeutiger und klarer Zyklenstruktur kann die Bildung der Ableitung von den errechneten radialen Koordinaten zu Verfälschungen und somit zu Missinterpretationen führen. Angenommen, es bewegt sich ein Spieler auf einer Kreisbahn um seinen Zentralen Punkt, so legt dieser relativ zu diesem keine Distanz zurück.

Da für diese Analyse jede Art von Bewegung, auch jene, die auf einer Kreisbahn relativ zum Zentralen Punkt realisiert wird, von Interesse ist, wurde daher die Ableitung der zweidimensionalen radialen Positionsinteraktion verworfen. Um dieser Thematik entgegenzuwirken, kam nach Walter (2006) eine einfache Alternativlösung zur Anwendung (Kapitel 4.2.2.3).

4.2.2.3 Der Geschwindigkeitsverlauf unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall

Der Betrag der Geschwindigkeit stellt die Summe der zurückgelegten Strecke auf lateraler sowie auf longitudinaler Ebene innerhalb eines Messintervalls dar. Er stellt somit ein Geschwindigkeitsmaß dar, welches der Bewegung in beiden Dimensionen Berücksichtigung schenkt. Die Gesamtstrecke, die ein/eine Spieler/in während eines Ballwechsels zurücklegt, kann so genau erfasst werden (Abbildung 30).

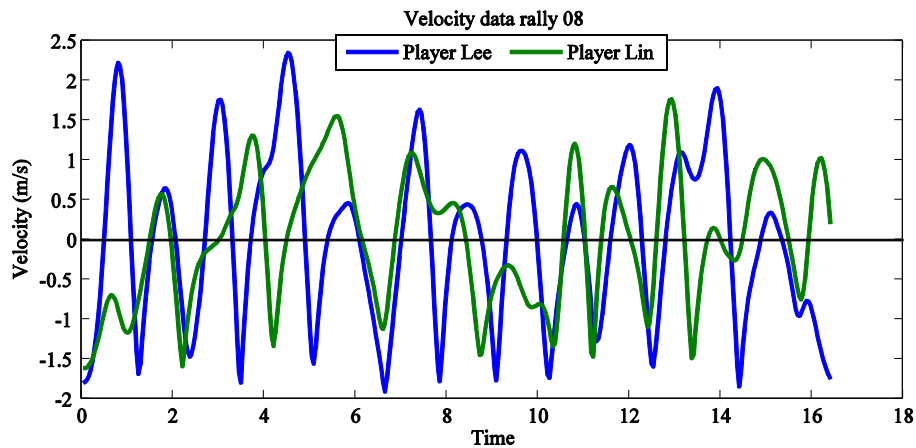


Abb. 30: Darstellung des Geschwindigkeitsverlaufs beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08 unter Berücksichtigung der eindimensionalen lateralen sowie der eindimensionalen longitudinalen Ebene pro Zeitintervall (Velocity Betrag)

Abbildung. 30 zeigt einen Verlauf des Betrages der Geschwindigkeit als Ordnungsparameter. Es zeigt sich, dass das Signal zwar regelmäßig ist, aber hinsichtlich der Abbildungsfunktion des Spielgeschehens auf dem Badminton Court nicht zu Interpretationszwecken verwendet werden kann. Es scheint, als ob das Signal nicht die typische „Oszillation“ um einen Zentralen Punkt aufweist.

Da nach Walter (2006) eine unbedingte Voraussetzung für das Analyseverfahren der Relativen Phase die semantische Interpretierbarkeit des Signals ist, muss in diesem Fall von der Verwertung der Velocity Betragsdaten abgesehen werden.

In den Grafiken von Abbildung 31 werden die Signale der Ordnungsparameter von Ballwechsel 06 dargestellt. Die Displacement-Daten in diesem Ballwechsel weisen einen typischen Oszillationscharakter auf und stellen somit eine interessante Messgröße für die Analyse dar. Bei den Geschwindigkeitsdaten, der Summe der zurückgelegten Strecke auf lateraler sowie auf longitudinaler Ebene innerhalb eines Zeitintervalls, zeigt sich schon ein etwas anderes Bild. Sie weisen eine für die Analyse mittels Relativer Phase nicht zufrieden stellende Zyklenstruktur auf, da das Zentrum der Oszillation des Öfteren unbekannt ist.

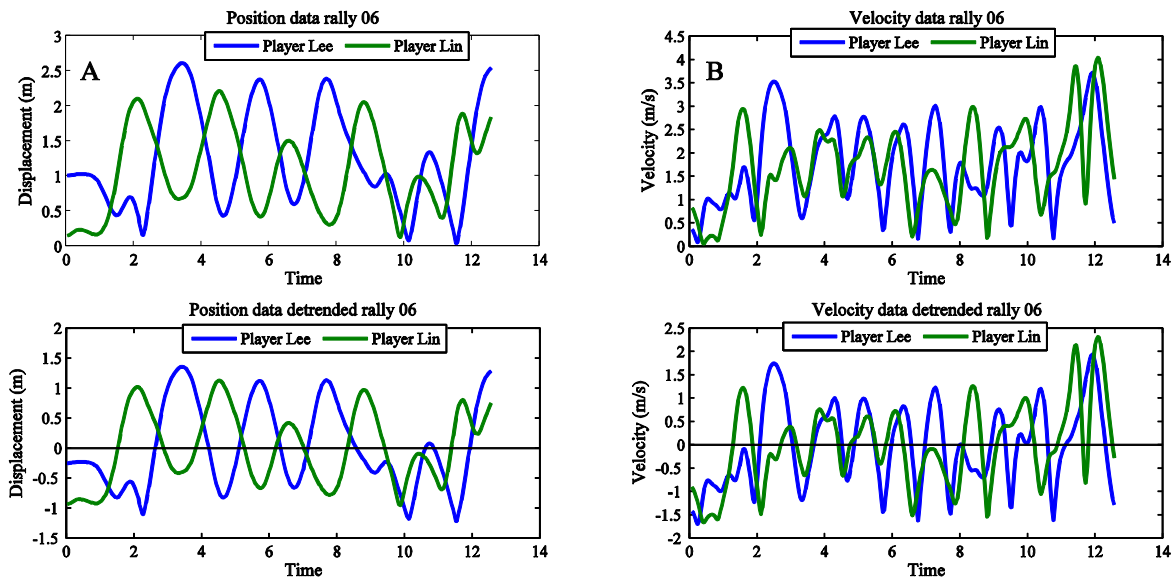


Abb. 31: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe der zweidimensionalen radialen Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung der Kurvenverläufe der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

In der Abbildung 32 werden die Signale der Ordnungsparameter von Ballwechsel 33 dargestellt. Es zeigt sich ein ähnliches Bild wie schon zuvor bei Ballwechsel 06. Auch hier weisen die grafisch dargestellten Displacement-Daten eine klare und somit gewünschte Struktur hinsichtlich der Signalqualität auf. Der Verlauf der Geschwindigkeit oszilliert des Öfteren um einen anderen Zentralen Punkt als die Abszisse und stellt sich somit erneut als eher unregelmäßig in seiner Zyklenbeschaffenheit dar.

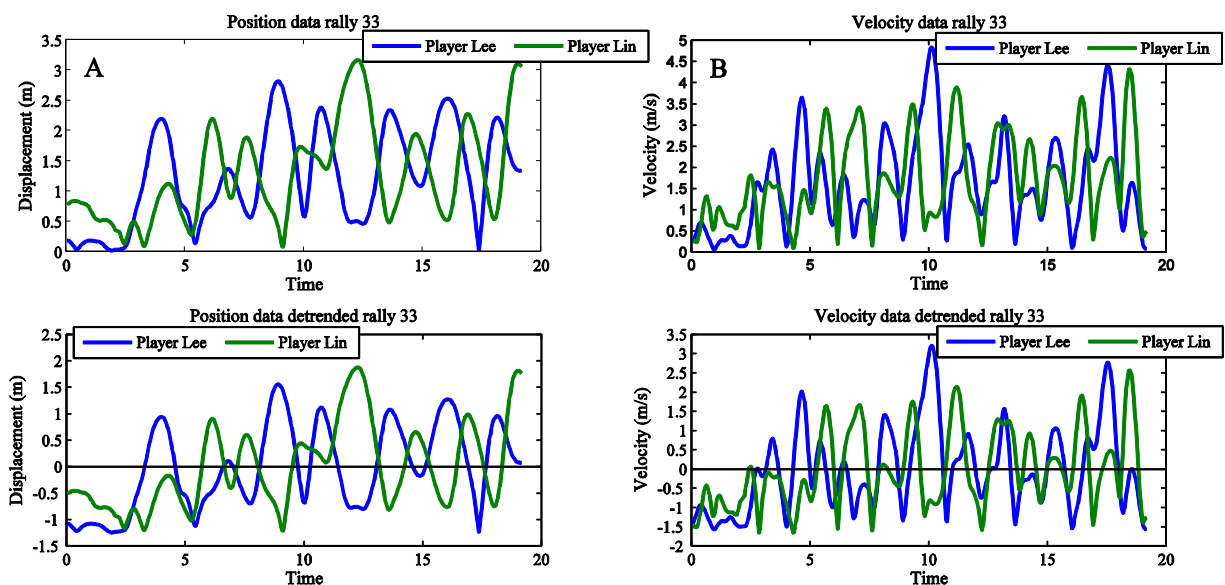


Abb. 32: Positions – und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe der zweidimensionalen radialen Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung der Kurvenverläufe der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

Die Grafiken der Abbildung 33 repräsentieren Signale der Ordnungsparameter aus Ballwechsel 40. Im Gegensatz zu den zwei vorherigen Ballwechsel zeigen in diesem Ballwechsel alle Signale eine eindeutige semantische Interpretationsfähigkeit und somit einen eindeutigen Kurvenverlauf. Aus diesem Grund können alle hier aufgezeigten Daten als bedeutsam für diese Untersuchung erachtet werden, da sie die erforderliche Kurvencharakteristik erfüllen.

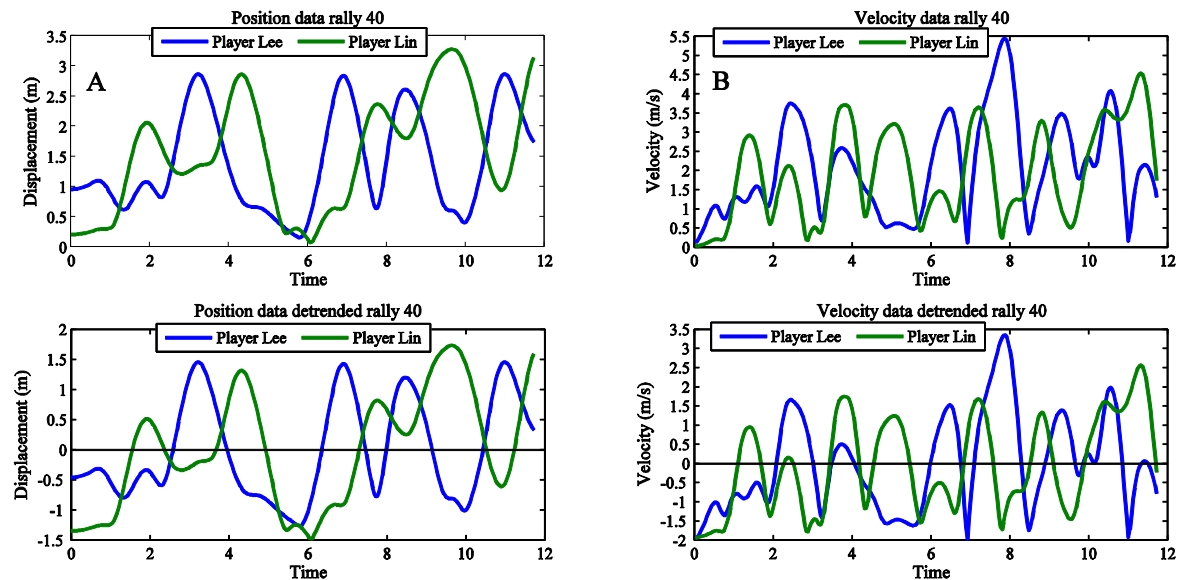


Abb. 33: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40: Darstellung der Kurvenverläufe der zweidimensionalen radialen Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung der Kurvenverläufe der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

Abbildung 34 präsentiert die Signale der Ordnungsparameter von Ballwechsel 43. Auch aus diesen Grafiken geht hervor, dass hinsichtlich Abbildungsfunktion des Spielgeschehens auf dem Badminton Court die Signale des zweidimensionalen radialen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie als Ordnungsparameter einer semantischen Interpretation standhalten. Eine Ausnahme stellt allerdings erneut jenes Signal des Verlaufs des Velocity Betrags dar. Obwohl sich dieses hinsichtlich Quantität und Regelmäßigkeit für eine Analyse mit der Relativen Phase als geeignet zeigt, da es eine klare und regelmäßige Struktur der Zyklen verzeichnet, muss von einer Auswertung abgesehen werden. Das Signal repräsentiert Amplituden von zu geringer Größe.

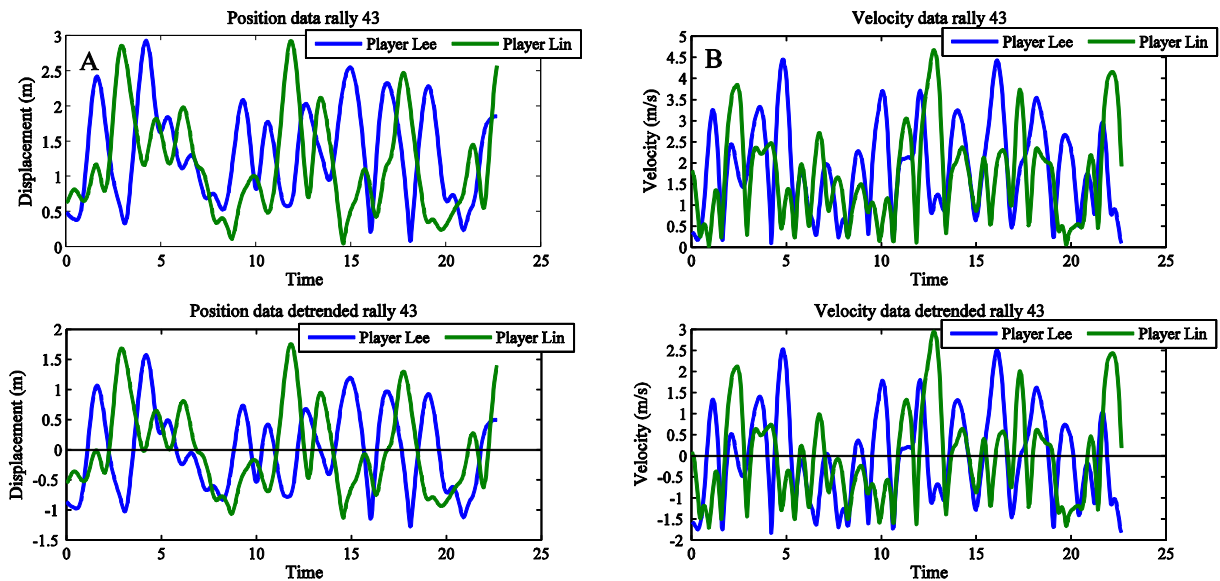


Abb. 34: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe der zweidimensionalen radialen Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung der Kurvenverläufe der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

Ein ähnliches Bild zeigen die Signale der Ordnungsparameter von Ballwechsel 46 in Abbildung 35. Während die Verläufe der positionalen Interaktion beider Spieler wiederum hinsichtlich Abbildungsfunktion des Patternverhaltens eine harmonische und regelmäßige Struktur der Daten spiegeln, weist das zweidimensionale Signal Velocity Betrag trotz einer regelmäßigen Zyklenstruktur keinen typischen Oszillationscharakter auf. Aus diesem Grund ist auch hier dieser Ordnungsparameter für die Analyse mit der Relativen Phase nicht geeignet.

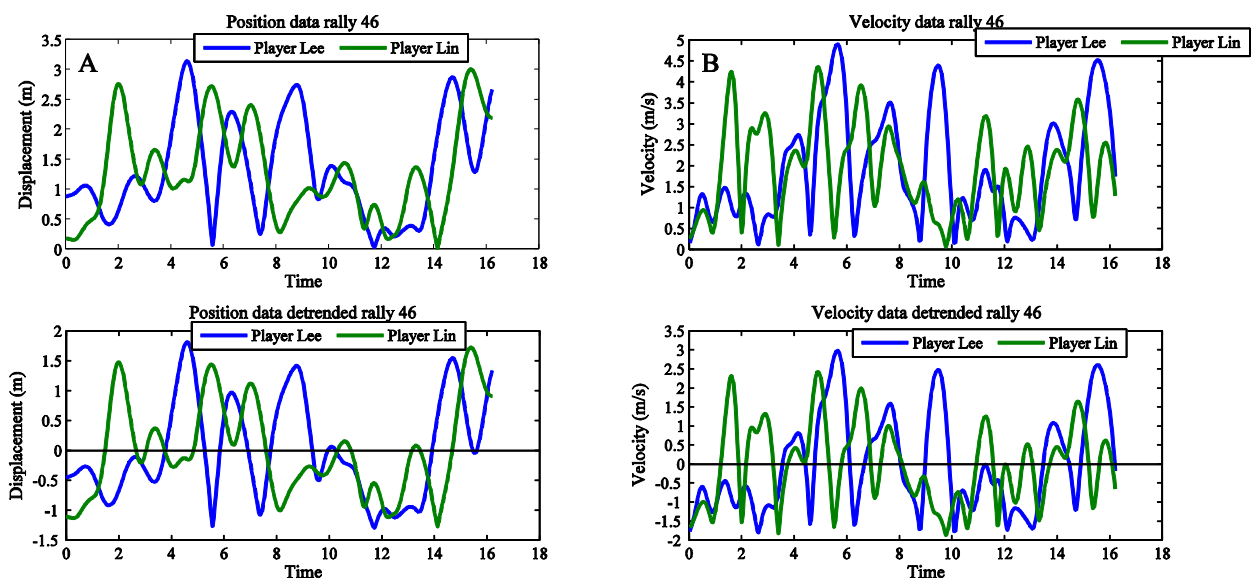


Abb. 35: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe der zweidimensionalen radialen Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung der Kurvenverläufe der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

Bei den Grafiken, die in Abbildung 36 dargestellt werden, handelt es sich um die Signale der Ordnungsparameter von Ballwechsel 50. Alle hier dargestellten Analyseparameter verzeichnen ein eindeutiges harmonisches Oszillationsverhalten und legen somit die gewünschte Struktur an den Tag, die eine Analyse mit der Relativen Phase rechtfertigt. Die Quantität und Regelmäßigkeit der jeweiligen Signale zeigt die Relevanz, welche diese Ordnungsparameter in diesem Ballwechsel einnehmen.

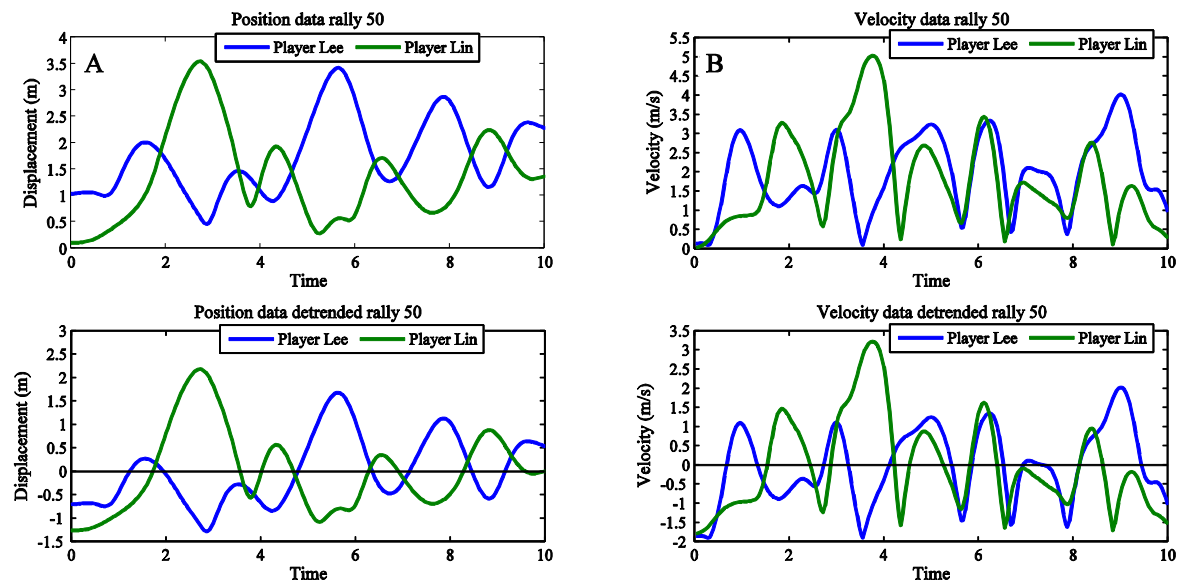


Abb. 36: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe der zweidimensionalen radialen Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung der Kurvenverläufe der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

Wie anhand der Abbildungen in diesem Kapitel gezeigt werden konnte, weisen alle Positionsverläufe ein gut zu analysierendes Signal auf. Die Positionsdaten der Spieler auf dem Spielfeld zeigen eine deutliche Zyklusstruktur, die regelmäßig und in großer Häufigkeit auftritt. Die Verläufe hinsichtlich positionaler Interaktion stellen eine Größe dar, die für eine Analyse mittels Relativer Phase sowohl geeignet als auch von Relevanz zu sein scheinen vermag.

Die Geschwindigkeitsverläufe der Analyseparameter weisen hinsichtlich ihrer Quantität und Regelmäßigkeit hingegen keine eindeutige Struktur der Zyklen auf. Da aber eine semantische Interpretierfähigkeit dieser Daten für eine Analyse mit Hilfe der Relativen Phase vorausgesetzt wird, muss im weiteren Verlauf dieser Magisterarbeit von ihrer Auswertung abgesehen werden.

4.2.3 Kurvenverlauf der Relativen Phase anhand eines ausgesuchten Ballwechsels

Dieser Teilbereich meiner Magisterarbeit widmet sich der Überprüfung, ob die erhobenen Daten eine klare Struktur aufweisen. Werden also die aufgrund der Positionsdaten zu erwartenden Grundmuster sowohl durch das Verfahren der Korrelation als Relative Phase als auch durch das Verfahren der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation detektiert?

Das folgende Kapitel thematisiert das Ergebnis einer Relativen-Phasenmessung des Ballwechsels 40. Dieser erfüllt alle erforderlichen Kriterien, um eine Analyse sowohl mittels Korrelation der Abstände als Relative Phase als auch mittels Relativer Phase als Ergebnis der Hilberttransformation durchführen zu können. Es wird exemplarisch das Verhalten des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase sowie der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation anhand aller für diesen Ballwechsel essentiellen Größen in Abhängigkeit mit dem Spielerverhalten analysiert. Es wird beabsichtigt, die Ergebnisse auf dem Spielfeld exemplarisch mit den Reaktionen der Relativen Phase in Verbindung zu bringen. Im Zentrum der Untersuchung stehen die Phase-Transitions, welche drastische Veränderungen im Verlauf der Relativen Phase mit sich bringen.

4.2.3.1 Semantische Interpretation Ballwechsel 40

In der Untersuchung von Lames und Walter (2006) kamen für die Analyse eines Grundlinienduels im Tennis nur jene Ballwechsel in Frage, bei denen sich die beiden Spielerinnen (Justin Henin Hardenne und Venus Williams) nur in die laterale Richtungsdimension bewegten. Diese Bewegungsrichtung stellt natürlich einen großen Unterschied zum Bewegungsverhalten auf dem Badminton Court dar. Während im Tennis die Spieler/innen sich zum Großteil entlang der Grundlinie bewegen können, ist es den Badmintonsportlern/-sportlerinnen nicht möglich, sich nur in eine Richtungsdimension zu bewegen. Die Hauptbewegungsrichtung ist vor allem zweidimensional, d.h. die Spieler/innen bewegen sich in einem beträchtlichen Umfang radial. Um die Ergebnisse entsprechend analysieren zu können, muss genau diese Tatsache, dass Tennisspieler/innen und Badmintonspieler/innen einem anderen Bewegungszyklus unterliegen, Berücksichtigung finden.

Die Entscheidung, ausschließlich laterale oder longitudinale Displacement-Daten einer Analyse gemäß der Theorie Dynamischer Systeme zu unterziehen, ist nur unter folgenden Voraussetzungen möglich:

Es müssen Ballwechsel gewählt werden, bei denen der Großteil der Spieler-/ Spielerinnenbewegung in lateraler bzw. in longitudinaler Richtungsdimension stattfindet. Im Falle des

lateralen Displacements als Ordnungsparameter ist es den beiden Spielern/Spielerinnen nur gestattet, Bewegungen in laterale Richtung zu vollziehen. Nur so kann der seitliche Abstand vom Zentralen Punkt als Ordnungsparameter des Dynamischen Systems Badminton angesehen werden. Analog zum lateralen Displacement gilt für das longitudinale Displacement als Ordnungsparameter, dass der Großteil der Spieler-/Spielerinnenbewegung in longitudinaler Richtungsdimension passieren muss, d. h. beide Spieler/innen bewegen sich in diesem gesetzten Falle hauptsächlich in die Tiefe.

Abbildung 37 zeigt das Trajektorieverhalten beider Spieler in Ballwechsel 08.

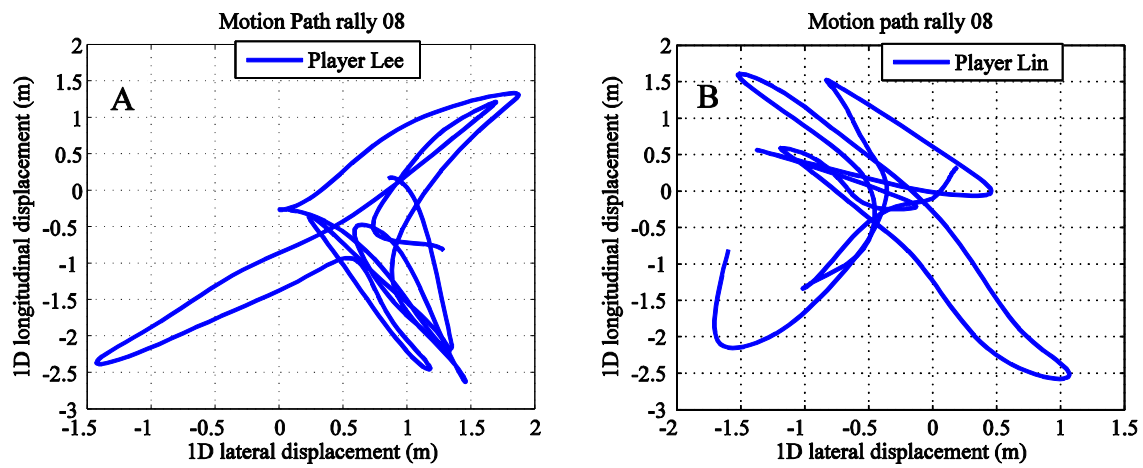


Abb. 37: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B)

Es wird deutlich, dass sich die Spieler trotz klarer und regelmäßiger Schwingungen sowohl in lateraler Ebene als auch in der Tiefenebene nicht nur gesondert nach vorne oder nach hinten bewegen, sondern auch bei den Vorwärtsbewegungen beträchtlich häufig Bewegungen in laterale Richtung verzeichnen. Betrachtet man die Grafiken in Abbildung 37, so ergeben sich für Spieler Lee im Falle von Ballwechsel 08 Spitzen von in etwa 3m an lateralem Displacement und knapp 4m an longitudinalem Displacement. Ein ähnliches Bild ergibt sich für Spieler Lin.

Obwohl sowohl die lateralen als auch die longitudinalen Bewegungen der Spieler hinsichtlich des Spielverlaufs von großem Interesse sein könnten, entziehen diese sich einer angemessenen Berücksichtigung, da, wie in Abbildung 37 ersichtlich wird, sich die Spieler nie gesondert hauptsächlich in lateraler Ebene, sondern auch zu einem beträchtlichen Ausmaß in der Tiefenebene bewegen.

Auch entgegen der Tatsache, dass beide Signalverläufe eine klare und regelmäßige, harmonische Oszillation an den Tag legen, muss aufgrund der oben angeführten Erkenntnis von einer separaten Analyse der lateralen Positions- und Geschwindigkeitsverläufe sowie der longitudinalen Positions- und Geschwindigkeitsverläufe im weiteren Verlauf dieser Masterarbeit abgesehen werden.

Basierend auf dieser zuvor gewonnenen Erkenntnis ist festzuhalten, dass die zweidimensionalen radialen Displacement-Daten für diese Untersuchung als bedeutsam erachtet werden und somit in der Folge nun der Versuch unternommen wird, diese Bewegungskomponenten in Kombination mit den lateralen Daten als zweidimensionale, radiale Daten zu berücksichtigen.

4.2.3.1.1 Zweidimensionales radiales Displacement

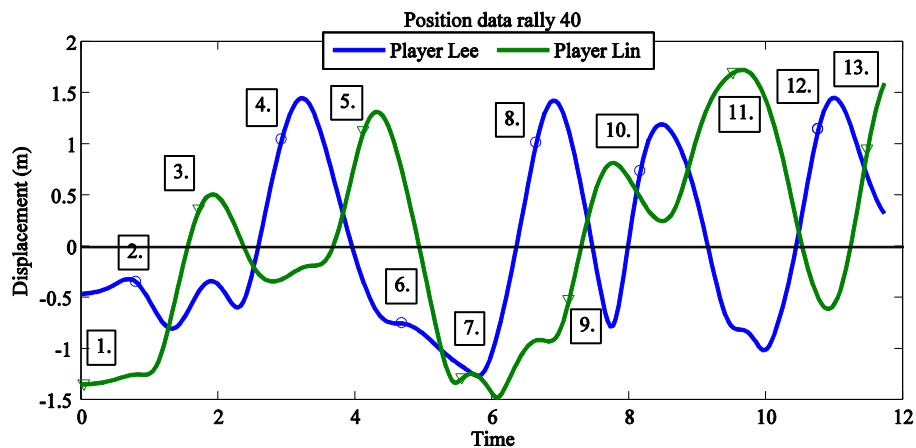


Abb. 38: Darstellung der zweidimensionalen radialen Positionsdaten beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40 mit durchnummerierter Schlagabfolge (Schläge mit ungerader Nummer: Spieler Lin, mit gerader Nummer: Spieler Lee)

Tab. 1: Schlagabfolge im untersuchten BW40

Schlag NR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Time (s)	0,04	0,8	1,72	2,92	4,12	4,68	5,56	6,64	7,12	8,16	9,52	11	11,48
Lee (blau)		VH CR- kurz		VH Clear LL lang		RH LL kurz		VH CR mittig		RH LL lang		VH LL kurz	
Lin (grün)	A		RH LL- lang		VH Smash LL mittig		RH CR lang		RH LL kurz		VH CR lang		VH Smash CR mittig

Die taktische Vorgangsweise beider Spieler ist in Tabelle 1 bzw. in Tabelle 2 auf Seite 68 erläutert. Die Schlagabfolge mit den jeweiligen Positionen und der dazugehörige Verlauf der Relativen Phase bzw. der der Korrelation als Relative Phase sind auf der Seite 62/65 in Abbildung 40/43 sowie auf der Seite 70/73 in Abbildung 47/50 veranschaulicht. Um die entscheidenden Ereignisse zu identifizieren, wird der Verlauf zunächst einer Analyse unter qualitativen Gesichtspunkten unterzogen.

- Zum Zeitpunkt 0,00, also zu Beginn der Positionserfassung, erfolgte der Aufschlag durch Spieler Lin. Dieser geht in die Hilberttransformation als zweites Signal ein (Signal grün).
- Der Return ist eine Vorhand von Lee (Signal blau), in Cross-Richtung kurz hinter das Netz gespielt. Während sich Spieler Lee von seinem maximalen Displacement (Return) wieder in Richtung des Zentralen Punktes zurückorientiert (fallende radiale Daten), um hier seinen Zyklus mit einem Splitstep (wieder leicht steigende radiale Daten) zu komplettieren, geht Spieler Lin (grünes Signal) ebenfalls mit steigenden radialen Werten in das Signal ein. Durch den Splitstep von Lee verschiebt sich das Signal von Lee relativ zu Spieler Lins für die Dauer eines Schlages (Schlag Nr. 3) so, dass laut positionaler Interaktion der zweidimensionalen radialen Daten beide Verläufe genau synchron zueinander verlaufen, bevor Lee, um seinen nächsten Schlag (Schlag Nr. 4) zu erreichen, wieder mit steigenden Werten auf sein Signal einwirkt, während Spieler Lin ein fallendes radiales Displacement verzeichnet.
- Auch Schlag Nr. 4, ein Vorhand Clear lang longline gespielter Ball von Lee, hält dieses Verhalten beider Spieler bei und bewirkt daher keine Veränderung im Verlauf der radialen Daten. Für die Dauer dieses Schlages oszillieren beide Signale entgegengesetzt.
- Schlag 5 ist ein auf die Longline - Seite mittig ausgeführter Vorhand-Smash von Spieler Lin. Dieses Verhalten zieht eine Veränderung in den Verläufen des radialen Displacements nach sich. Da es sich hierbei um eine Angriffssituation im Badminton handelt, bleibt Spieler Lee nicht viel Zeit, um sich für diesen Schlag vorzubereiten, indem er auf seinen Zentralen Punkt zurückkehrt. Er ist gezwungen einen situativen Zentralen Punkt einzunehmen, um hier seinen Zyklus zu komplettieren. Um auf diesen Smash von Spieler Lin reagieren zu können, muss Spieler Lee jetzt ausgehend von seinem situativen Zentralen Punkt weiter eine Bewegung radial nach vorne verrichten,

um für Schlag Nr. 6 maximales radiales Displacement zu realisieren. Für die Verläufe des radialen Displacements bedeutet dies, dass sich Spieler Lin seinem Zentralen Punkt annähert (fallendes radiales Displacement) und sich Spieler Lee ebenfalls, laut den Messwerten, seinem Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie nähert: Beide radialen Displacement-Werte fallen synchron.

- Schlag Nr. 6 von Spieler Lee behält das bestehende Bewegungsmuster der beiden Spieler bei. Diese kurz geblockte Rückhand Unterhand Clear bewirkt, dass Spieler Lin ausgehend vom Hinterfeld eine Bewegung radial nach vorne verzeichnet und sich somit bis auf knapp 0,2m seinem Zentralen Punkt annähert. Er wirkt somit mit fallenden Werten auf sein Signal ein, um Schlag Nr. 7 spielen zu können. Spieler Lee geht währenddessen erneut mit fallenden Werten in seine Phase ein, da er sich ebenfalls auf knapp 0,2m seinem Zentralen Punkt hinter der vorderen Aufschlaglinie annähert. Beide Signalverläufe fallen synchron.
- Auch Schlag Nr. 7, ein Rückhand Unterhand Clear von Spieler Lin lang in das Hinterfeld cross-court gespielt, spiegelt erneut diese Verhaltensweise wider. Während sich Spieler Lin seinem situativen Zentralen Punkt annähert, um dort für Schlag Nr. 8 von Spieler Lee bereit zu sein (zuerst fallende radiale Werte, da sich Spieler Lin seinem Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie bis auf knapp 0,1m nähert; danach steigende radiale Werte, da er sich über seinen Zentralen Punkt hinaus in Richtung situativen Zentralen Punkt orientiert). Für die Analyse essentiell ist, dass Spieler Lin somit mit steigenden radialen Displacement-Werten auf sein Signal einwirkt. Spieler Lee hingegen verrichtet über seine Zentrale Mitte radiales Displacement in das Hinterfeld für Schlag Nr.8. Beide Spieler gehen mit jeweils steigenden radialen Displacement-Werten in das Signal ein: Die radialen Displacement-Werte steigen synchron.
- Schlag Nr. 8, ein Vorhand Überkopf Clear mittig cross ausgeführt von Spieler Lee, zieht eine Veränderung im Verlauf der radialen Signale nach sich. Spieler Lee befindet sich schon wieder auf dem Weg in seine Zentrale Position (fallendes radiales Displacement), während sein Kontrahent Spieler Lin damit beschäftigt ist, ausgehend von seinem situativen Zentralen Punkt weiterhin radiale Bewegung zu verrichten, um maximales radiales Displacement für Schlag Nr. 9 zu realisieren: Eine Annäherung an Null durch fallende radiale Displacement-Werte versus steigende radiale

Displacement-Werte bedeuten einen Verlauf des radialen Displacements genau in die entgegengesetzte Richtung.

- Beide Akteure legen ab diesem Zeitpunkt der Rally ein Bewegungsverhalten an den Tag, welches für den Rest des Ballwechsels genau entgegengesetzt verläuft. Die Schläge 9 bis 13 bewirken keine Veränderung im Bewegungsverhalten.

In diesem Beispielballwechsel können mehrere Phasen unterschieden werden: die Aufschlag-Returnsituation, die beiden lang in das Hinterfeld gespielten Longlineschläge, der mittig sehr zentral gespielte Vorhandsmash sowie der kurz gespielte Rückhandblock, der kurz cross court gespielte Oberhand Clear gefolgt vom Rückhandblock, der ebenfalls wieder kurz gespielt wurde, sowie schlussendlich die drei letzten Schläge.

4.2.3.1.2 Phasenraumdarstellung

Positionen und Geschwindigkeiten bilden bei der Beschreibung eines Ballwechsels eine wichtige Größe (Lames & Walter, 2006, S. 20). Die Darstellungsform der Phasenraumdarstellung ermöglicht es, diese beiden wichtigen Größen zur Beschreibung eines Ballwechsels heranzuziehen, indem die Positionsdaten und jene des Geschwindigkeitsverlaufs gegeneinander aufgespannt werden.

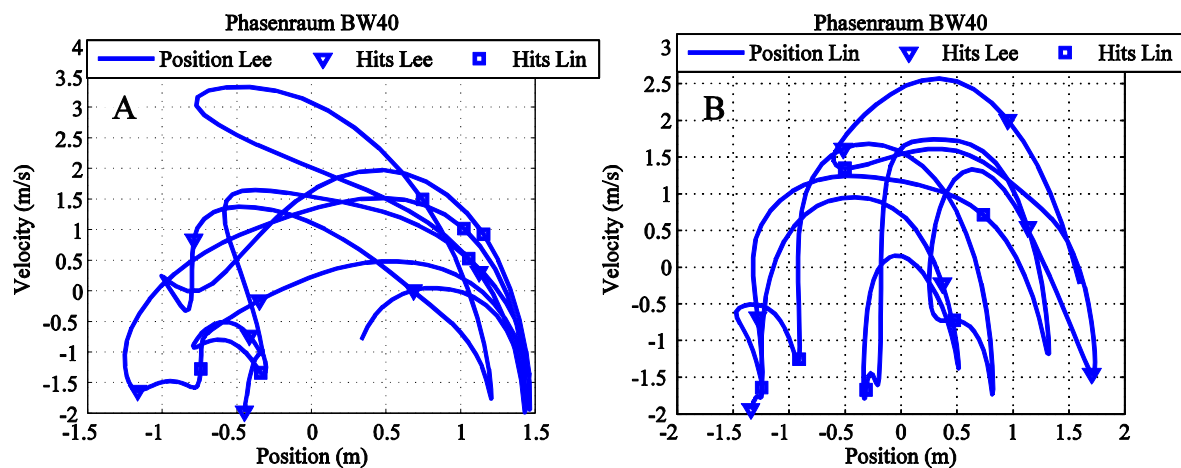


Abb. 39: Darstellung des Phasenraums für den Positionsverlauf beider Spieler in BW40 basierend auf den zweidimensionalen radialen Positionsdaten und dem Geschwindigkeitsverlauf unter Berücksichtigung der eindimensionalen lateralen sowie auch der eindimensionalen longitudinalen Ebene pro Zeitintervall (Velocity 2D radial Displacement): Spieler Lee (Abb. A), Spieler Lin (Abb. B)

Abbildung 39 zeigt eine Phasenraumdarstellung des Spielers Lee sowie des Spielers Lin. Es kommt deutlich zum Ausdruck, welche Aussagekraft diese Darstellung zur Beschreibung des Ballwechsels besitzt. Es ist klar ersichtlich, dass durch diese Darstellungsform die Schlagzyklen weit von einem geschlossenen Kurvenverlauf abweichen.

Es zeigt sich also, dass empirische Zyklen keine richtige Kreisform widerspiegeln, die für eine direkte Kalkulation des Verlaufs der Relativen Phase mit Hilfe eines Phasenraums Voraussetzung wäre. Aufgrund dieser Tatsache ist es notwendig, die Methode der Hilberttransformation zur Berechnung heranzuziehen (Lames & Walter, 2006, S. 20).

4.2.3.1.3 Zusammenhang zwischen den zweidimensionalen radialen Displacement-Daten und dem Verlauf der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation

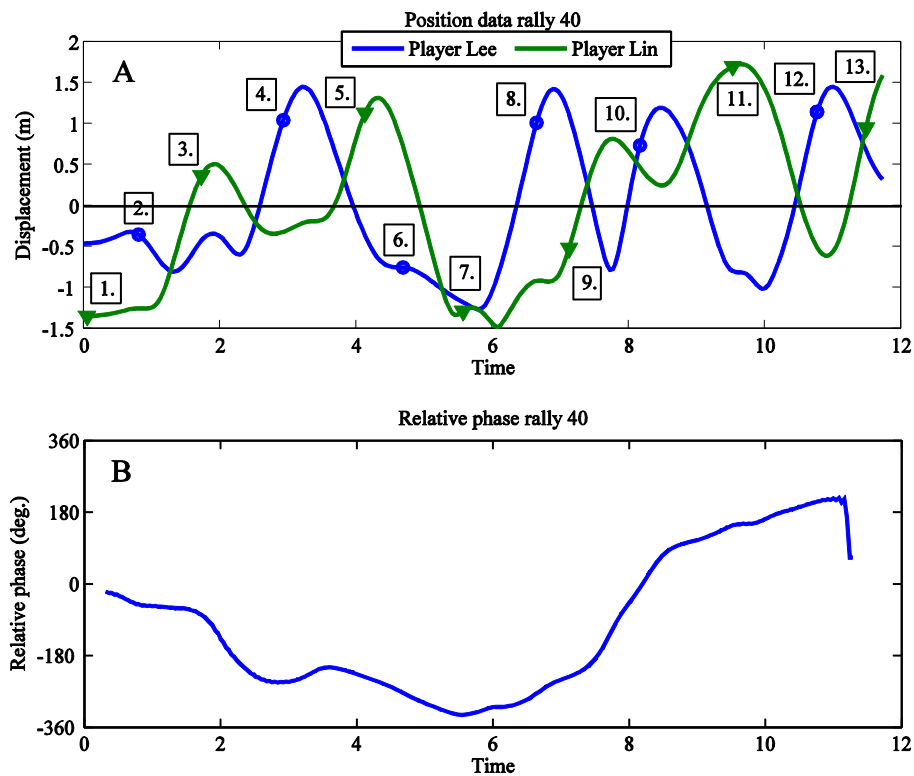


Abb. 40: Darstellung der zweidimensionalen radialen Positionsdaten beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW 40 mit durchnummerierter Schlagabfolge (Schläge mit ungerader Nummer: Spieler Lin, mit gerader Nummer: Spieler Lee, siehe Abb. A) sowie des daraus resultierenden Verlaufs der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation (siehe Abb. B)

Alle zuvor beschriebenen Situationen des Ballwechsels können gut nachvollzogen werden: Die neutrale Eröffnung eingeleitet durch eine auf die vordere Aufschlaglinie gespielte Angabe startet laut zweidimensionalen Daten in In-Phase.

- 0,32 Sekunden nach erfolgtem Aufschlag beginnt die Oszillation beider Spieler um die zweidimensionale radiale Achse.
- Der harmlos Return, kurz in die Crossrichtung gespielt, sowie die beiden longline Schläge, lang in das Hinterfeld platziert, führen zu einer genau entgegengesetzten Bewegungsrichtung der beiden Spieler. Der Verlauf der Relativen Phase bildet dieses Verhalten mit Werten gegen -200° ab.

- Die Einleitung der beiden kurz gehaltenen Schläge durch den mittig longline platzierten Smash von Spieler Lee bewirkt eine Veränderung im Verlauf der Relativen Phase. Eine Phase-Transition, d.h. ein Absinken der Werte der Relativen Phase von -200° um -180° auf etwa -360° , ist die Folge, da Spieler Lee durch diese Verhaltensweise Druck auf Spieler Lin ausübt.
- Der mittig cross gespielte Vorhand Überhand Clear von Spieler Lee Schlag Nr. 8 bewirkt eine neuerliche Phase-Transition wieder zurück in eine Anti-Phasen-Relation. Der Verlauf der Relativen Phase reagiert dieses Mal mit einem Anstieg um 180° , da in dieser Situation Spieler Lee für die Veränderung gesorgt hat. Die neuerliche Phasen-Relation beider Spieler ist jetzt eine Anti-Phasen-Konstellation bei ungefähr -200° . Dieser Zustand bleibt bis zum Ende des Ballwechsels aufrecht. In dieser Dimension ist keine deutliche Perturbation sichtbar, die auf einen Punktergewinn hinweist.

Hinsichtlich der Verteilung der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation über den gesamten Ballwechsel hinweg ergibt sich folgendes Bild (Abbildung 41).

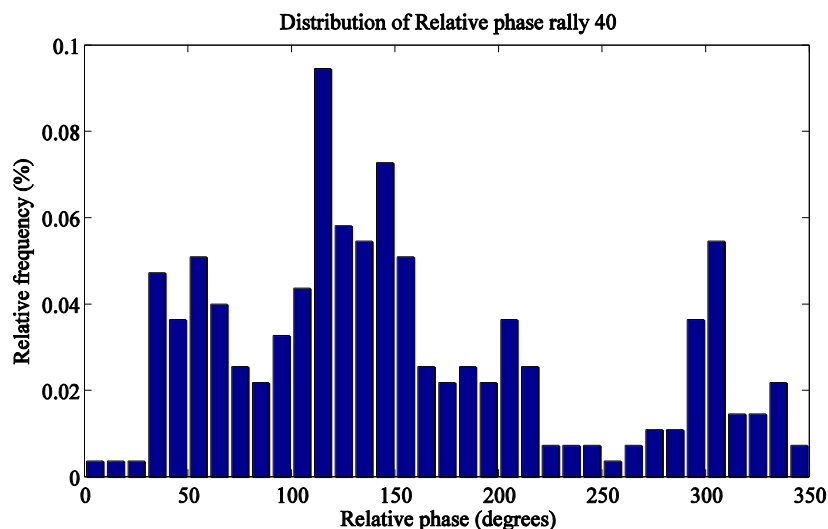


Abb. 41: Histogramm der Verteilung der Relativen-Phase-Werte der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40

Es zeichnet sich in diesem Histogramm keine reine Anti-Phase (180°) ab, sondern es findet eine Verlagerung zu einem anti-phasischen Verhalten statt. Der Verteilung der möglichen Phasen-Synchronisationen zufolge, die im Spektrum zwischen 0° und 360° möglich waren, zeigten die Spieler ein resultierendes Bewegungsmuster zwischen 120° und 150° . Man kann dies daher als anti-phasisches Verhalten der Spieler relativ zueinander interpretieren.

Das Histogramm der Gesamtverteilung der Relativen-Phasen-Werte (Abbildung 42) repräsentiert eine Prävalenz eines anti-phasischen Bewegungsverhaltens über das gesamte Spektrum von 0° bis 360° .

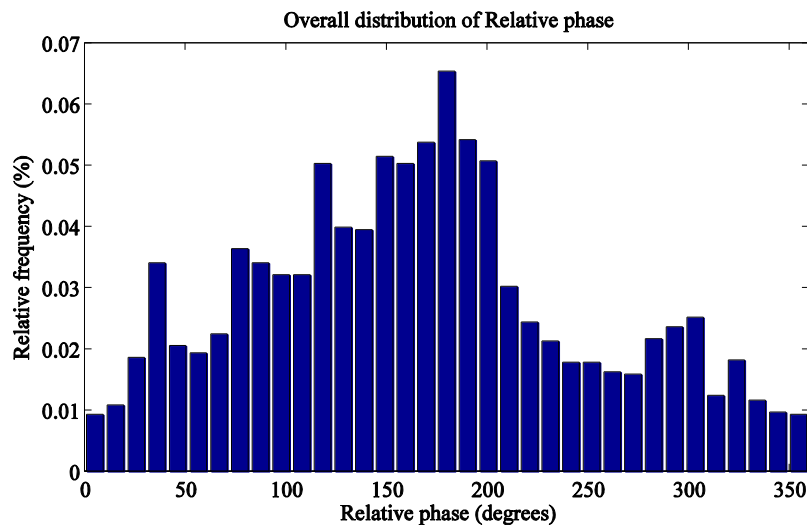


Abb. 42: Histogramm der Gesamtverteilung der Relativen-Phasen-Werte der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie ($n=7$)

Das nun vorliegende Ergebnis erscheint mit den beobachteten semantischen Ergebnissen aus dem exemplarischen Ballwechsel übereinzustimmen. Im Gegensatz zum Tennis dürfte im Badminton eine Präferenz einem der beiden Spielmuster gegenüber dem anderen zu erwarten sein. Deutlich kommt jener Zustand zum Ausdruck, der von den Spielern hinsichtlich ihres zweidimensionalen radialen Displacements am häufigsten realisiert wurde. Zwischen allen Synchronisationen, die zwischen 0° und 360° möglich waren, realisierten die Spieler während der Dauer aller sieben Ballwechsel vorzugsweise einen anti-phasischen Bewegungsmodus (150° - 200°). Bei genauerer Betrachtung der Gesamtverteilung der Relativen-Phasen-Werte über alle sieben Ballwechsel hinweg zeichnet sich eine zweite Phasen-Relation bei 120° zwischen beiden Spielern ab.

4.2.3.1.4 Zusammenhang zwischen den zweidimensionalen radialen Displacement-Daten und dem Verlauf der Korrelation als Relative Phase

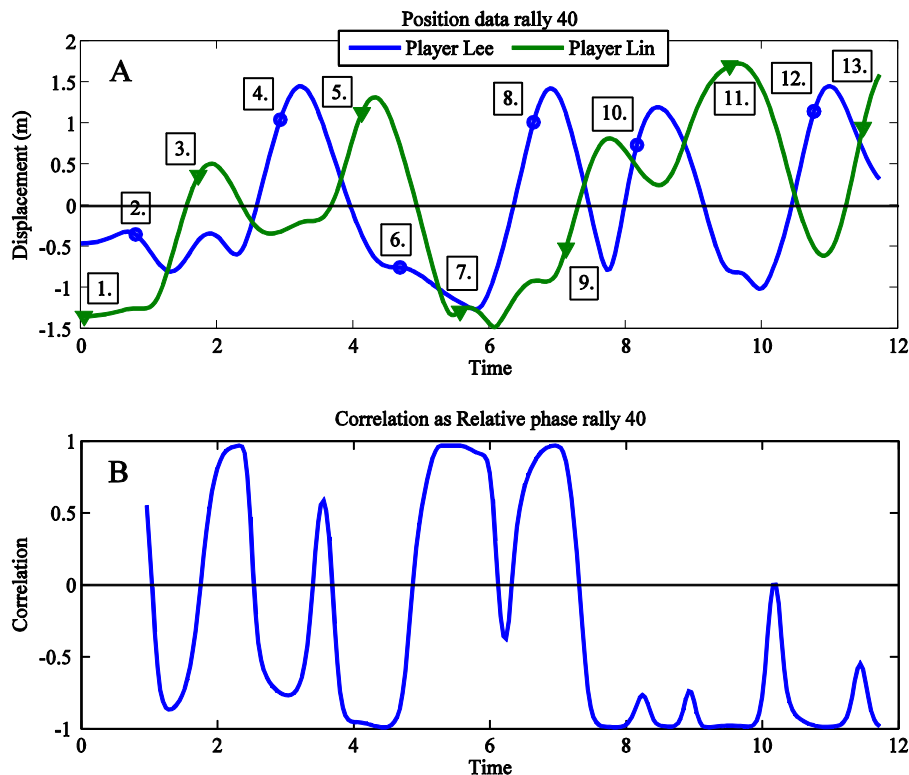


Abb. 43: Darstellung der zweidimensionalen radialen Positionsdaten beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40 mit durchnummerierter Schlagabfolge (Schläge mit ungerade Nummer: Spieler Lin, mit gerade Nummer: Spieler Lee, siehe Abb. A) sowie des daraus resultierenden Verlaufs der Korrelation als Relative Phase (siehe Abb. B)

- 0,96 Sekunden nach erfolgtem Aufschlag beginnt die Oszillation beider Spieler um die zweidimensionale radiale Achse.
- Der harmlose Return, kurz in die Crossrichtung gespielt, bewirkt anfänglich eine Anti-Phasen-Relation zwischen beiden Spielern (Verlauf der Korrelation als Relative Phase befindet sich unter null), bevor eine In-Phasen-Konstellation per Korrelation angezeigt wird (positiver Korrelationsverlauf als Relative Phase). Grund für diesen Wechsel ist ein sog. Split-Step zur Komplettierung von Spieler Lees Zyklus. Dadurch, dass er sich durch dieses Verhalten zuerst seinem Zentralen Punkt annähert (fallendes radiales Signal), dann sich aber wieder von seinem Zentralen Punkt entfernt (steigendes radiales Signal), verschiebt sich Lees Phase in Richtung Lins: Beide steigen synchron an.
- Die nächsten beiden longline Schläge, lang in das Hinterfeld platziert, implizieren eine genau entgegengesetzte Bewegungsrichtung beider Spieler. Der Verlauf der Korrelation als Relative Phase repräsentiert dieses Verhalten mit negativen Korrelationswerten.

- Auch die Einleitung der beiden kurz gehaltenen Schläge durch den mittig longline platzierten Smash von Spieler Lee bewirkt laut positionaler Interaktion beider Spieler keine Veränderung im Korrelationsverlauf (Verlauf der Korrelation als Relative Phase befindet sich unter null). Es besteht für die Länge dieses Schläges weiterhin eine Anti-Phasen-Relation.
- Der kurz longline geblockte Ball von Lin mit Schlag 6 führt zu einer Veränderung in der Phasen-Relation beider Spieler. Ein Wechsel von Anti-Phase in Richtung In-Phase ist die Folge (positiver Verlauf der Korrelation als Relative Phase).
- Schlag 9 wiederum, eine geblockte Rückhand von Lin, zieht erneut eine Veränderung im Verlauf der Korrelation als Relative Phase nach sich. Da sich Spieler Lin nach seinem Schlag noch weiter in Richtung maximales Displacement bewegt (Displacement-Werte steigen weiter), gleichzeitig Spieler Lee aber mit fallendem radialen Displacement agiert, kommt es erneut zu einer entgegengesetzten Bewegungsrichtung. Der Zustand einer Anti-Phase ist die Folge. Der Korrelationsverlauf als Relative Phase zeigt diese Veränderung mit einem Absinken der Korrelationswerte von positive auf negative Werte. Der Ballwechsel endet in einer Relation der Anti-Phase. Dies zeigt sich durch einen negativen Verlauf der Korrelation als Relative Phase, der bis Schlag 13 konstant ist, da die Schläge 10 bis 13 keine Veränderung im stabilen Zustand mehr bewirken.

Somit ergibt sich auch folgendes Bild hinsichtlich der Verteilung der Korrelation als Relative Phase über den gesamten Ballwechsel hinweg (Abbildung 44).

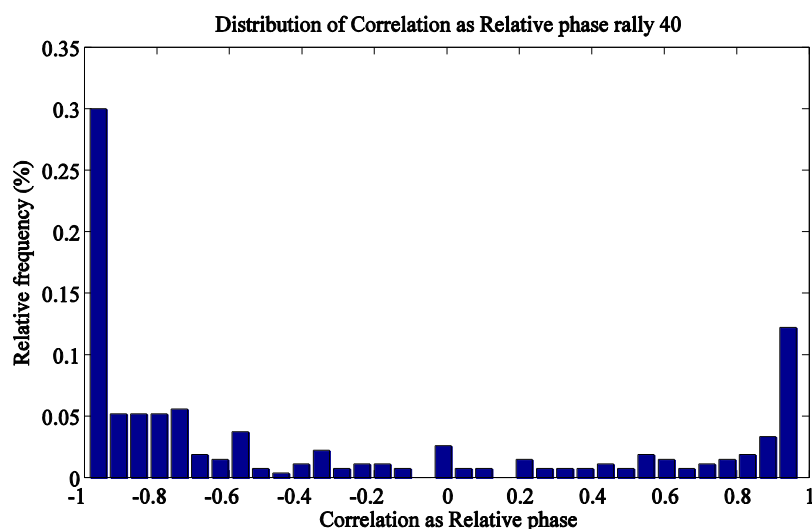


Abb. 44: Histogramm der Verteilung der Korrelationswerte als Relative Phase der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40

Deutlich zeichnet sich das resultierende Muster des Systems in der Anti-Phasen-Region ab, welches durch die Korrelationswerte um -1 dargestellt wird.

Das Histogramm der Gesamtverteilung der Korrelation als Relative-Phasen-Werte (Abbildung 45) repräsentiert deutlich eine eindeutige Prävalenz der Anti-Phasen-Relation über das gesamte Spektrum von -1 bis 1.

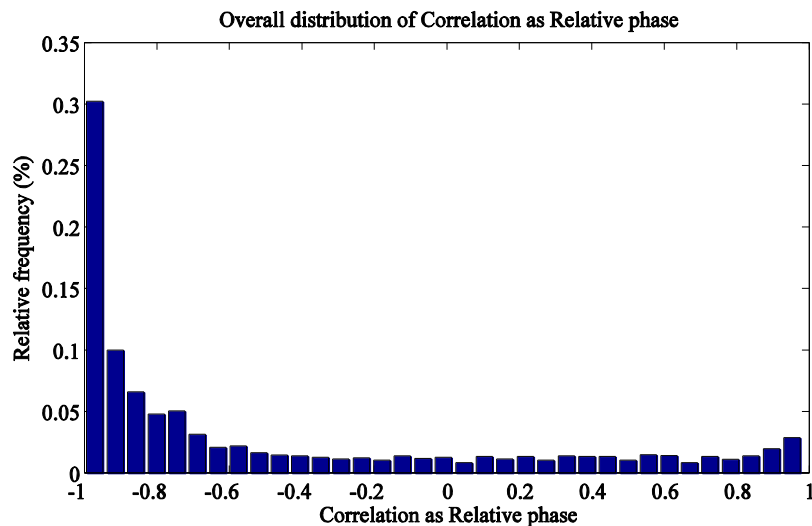


Abb. 45: Histogramm der Gesamtverteilung der Korrelationswerte als Relative Phase der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie (n=7)

Das hier vorliegende Ergebnis erscheint ebenfalls wieder mit den Ergebnissen aus dem exemplarischen Ballwechsel übereinzustimmen. Auch im Falle des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase spiegelt sich wie schon zuvor ein eindeutiges Ergebnis in Richtung Anti-Phasen-Relation als resultierendes Spielmuster wider. Im Gegensatz zum Tennis dürfte eine eindeutige Präferenz eines der beiden Spielmuster gegenüber dem anderen zu erwarten sein.

4.2.3.1.5 Zweidimensionales radiales Displacement relativ zum Median als Zentraler Punkt

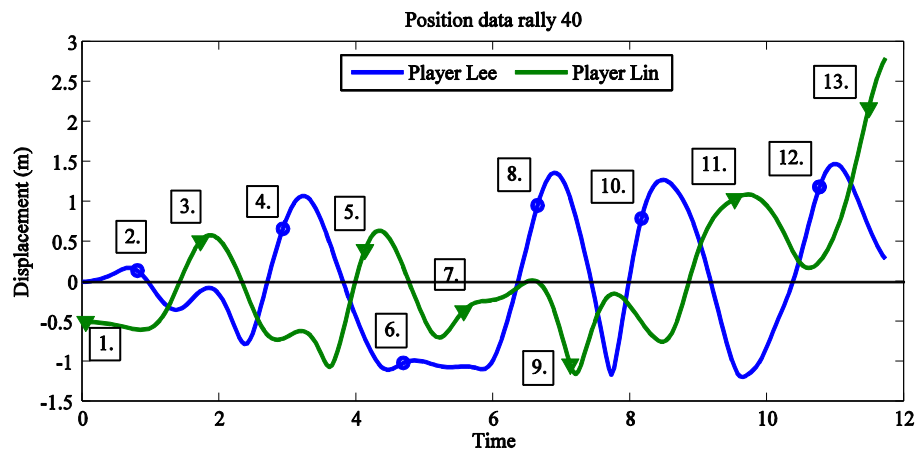


Abb. 46: Darstellung der zweidimensionalen radialen Positionsdaten beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW40 mit durchnummerierter Schlagabfolge (Schläge mit ungerader Nummer: Spieler Lin, mit gerader Nummer: Spieler Lee)

Tab. 2: Schlagabfolge im untersuchten BW40

Schlag NR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Time (s)	0,04	0,8	1,72	2,92	4,12	4,68	5,56	6,64	7,12	8,16	9,52	11	11,48
Lee (blau)		VH CR- kurz		VH Clear LL lang		RH LL kurz		VH CR mittig		RH LL lang		VH LL kurz	
Lin (grün)	A		RH LL- lang		VH Smash LL mittig		RH CR lang		RH LL kurz		VH CR lang		VH Smash CR mittig

- Die Positionserfassung beginnt mit erfolgreichem Aufschlag durch Spieler Lin zum Zeitpunkt 0,00. Dieser geht in die Hilberttransformation als zweites Signal ein (Signal grün).
- Wie schon zuvor bei den Displacement-Daten relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie beobachtet werden konnte, ist auch im Falle des zweidimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt eine Oszillation in entgegengesetzte Richtung zwischen beiden Spielern das resultierende Muster. Während ein Spieler mit steigenden Displacement-Werten auf sein Signal einwirkt, realisiert der andere Spieler fallende Displacement-Daten, da dieser sich seinem Zentralen Punkt annähert. Dieses Verhalten bleibt bis über Schlag 5 hinaus aufrecht.

- Schlag 5 zieht auch in diesem Falle eine Veränderung im Verlauf des radialen Displacements nach sich. Dieser auf die Longline-Seite mittig ausgeführter Vorhand Smash von Spieler Lin führt dazu, dass sich Spieler Lee, ohne seine Bewegungsrichtung wechseln zu müssen, weiterhin seinem Zentralen Punkt (Median) annähert (fallendes zweidimensionales radiales Displacement), während Spieler Lin ebenfalls mit fallendem radialen Displacement auf sein Signal einwirkt: Beide Signale fallen synchron. Wie schon vorher bei den zweidimensionalen radialen Daten gezeigt werden konnte, sind die Spielerbewegungen erneut gleichgerichtet.
- Schlag Nr. 8, ein Vorhand Überkopf Clear mittig cross ausgeführt von Spieler Lee, hat erneut eine Veränderung im Bewegungsverhalten zur Folge. Während Spieler Lin nach Schlag Nr. 7 weiterhin maximales Displacement (steigendes zweidimensionales radiales Displacement) realisiert, da er in Richtung seines situativen Zentralen Punktes unterwegs ist, bevor er sich seinem Median (angenommener situativer Zentraler Punkt) nähert (fallendes radiales Displacement), um dort einen Rückhandblock unter größter Bedrängnis zu spielen (Schlag Nr. 9), geht Spieler Lee schon wieder mit fallenden radialen Displacement-Werten in sein Signal ein: Dieses Spielerverhalten zieht eine Veränderung des Verlaufs des radialen Displacements nach sich, da sich das Signal von Spieler Lin verschiebt. Das Signal verläuft nun genau in die entgegengesetzte Richtung zu jenem von Spieler Lee. Beide Spieler bewegen sich von diesem Zeitpunkt an genau in entgegengesetzter Richtung relativ zueinander. Dieses Bewegungsmuster dauert für den Rest des Ballwechsels an, da die Schläge 9 bis 13 keine Veränderung in den Verläufen des zweidimensionalen radialen Displacements bewirken.

Auch in diesem Fall des Beispielballwechsels können, wie auch schon zuvor, die Aufschlag-Returnsituation, die beiden lang in das Hinterfeld gespielten Longlineschläge, der mittig sehr zentral gespielte Vorhand-Smah sowie der kurz gespielte Rückhandblock, der kurz cross court gespielte Oberhand Clear gefolgt vom Rückhandblock, der ebenfalls wieder kurz gespielt wurde, sowie schlussendlich die drei letzten Schläge als Phasen unterschieden werden.

4.2.3.1.6 Zusammenhang zwischen den zweidimensionalen radialen Displacement-Daten relativ zum Median als Zentraler Punkt und dem Verlauf der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation

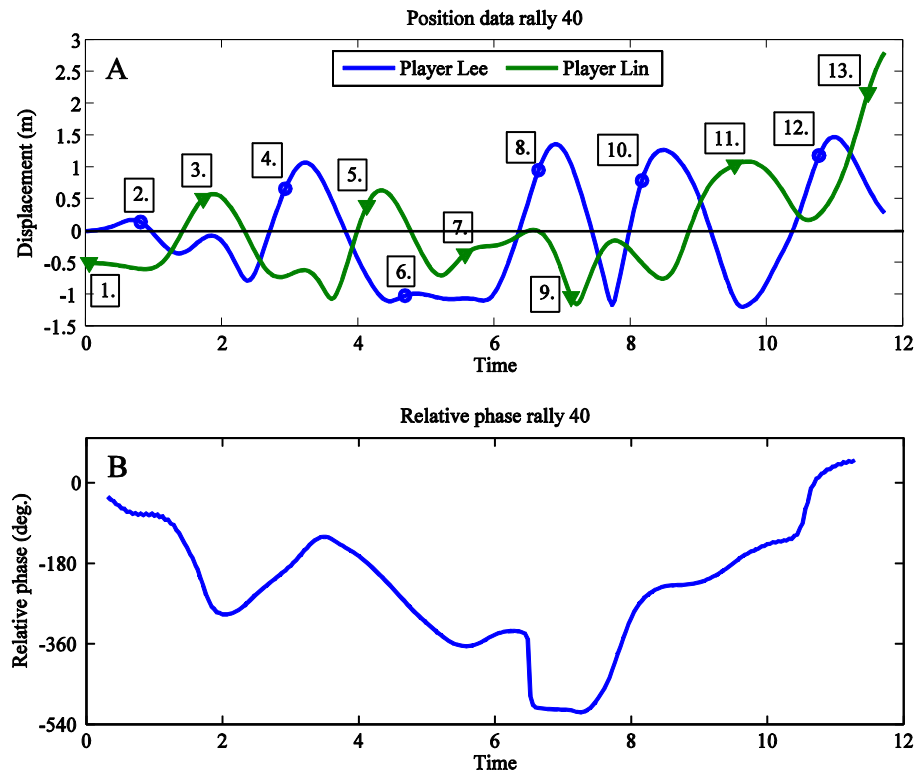


Abb. 47: Darstellung der zweidimensionalen radialen Positionsdaten beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW40 mit durchnummerierter Schlagabfolge (Schläge mit ungerader Nummer: Spieler Lin, mit gerader Nummer: Spieler Lee, siehe Abb. A) sowie des daraus resultierenden Verlaufs der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation (siehe Abb. B)

Alle zuvor beschriebenen Situationen des Ballwechsels können auch im Falle des zweidimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt gut nachvollzogen werden: Wie auch schon zuvor startet die neutrale Eröffnung, welche durch eine auf die vordere Aufschlaglinie gespielte Angabe eingeleitet wird, laut zweidimensionalen Daten in In-Phase.

- 0,32 Sekunden nach erfolgtem Aufschlag beginnt die Oszillation beider Spieler um die zweidimensionale radiale Achse.
- Der harmlose Return, kurz in die Crossrichtung gespielt, sowie die beiden longline Schläge, lang in das Hinterfeld platziert, induzieren auch hier eine genau entgegengesetzte Bewegungsrichtung der beiden Spieler. Der Verlauf der Relativen Phase zeigt dieses Verhalten mit Werten gegen -200° , also mit einer Anti-Phase.
- Die Einleitung der beiden kurz gehaltenen Schläge durch den mittig longline platzierten Smash von Spieler Lin bewirkt eine Veränderung im Verlauf der Relativen Phase. Eine Phase-Transition, d.h. ein Absinken der Werte der Relativen Phase von -200° um

-180° auf etwa -360°, ist die Folge, da Spieler Lin durch diese Verhaltensweise Druck auf Spieler Lee ausübt.

- Der mittig cross gespielte Vorhand Überhand Clear von Spieler Lee Schlag Nr. 8 bewirkt erneut eine Phase-Transition zurück in eine Anti-Phasen-Relation. Der Verlauf der Relativen Phase spiegelt diese Veränderung wiederum mit Werten um ca. -200° wider. Diese Phasen-Relation bleibt bis zum Ende des Ballwechsels stabil. Wie schon zuvor bei den Displacement-Daten relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie ist auch in dieser Dimension keine deutliche Perturbation sichtbar, die auf einen Punkterfolg hinweist.

Der Verlauf der Relativen Phase des zweidimensionalen radialen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt reagiert also in ähnlicher Weise wie im Falle des Relativen-Phasen-Verlaufs des zweidimensionalen radialen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie (Kapitel 4.2.3.1.3).

Hinsichtlich der Verteilung der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation über den gesamten Ballwechsel hinweg relativ zum Median als Zentraler Punkt ergibt sich folgendes Bild (Abbildung 48).

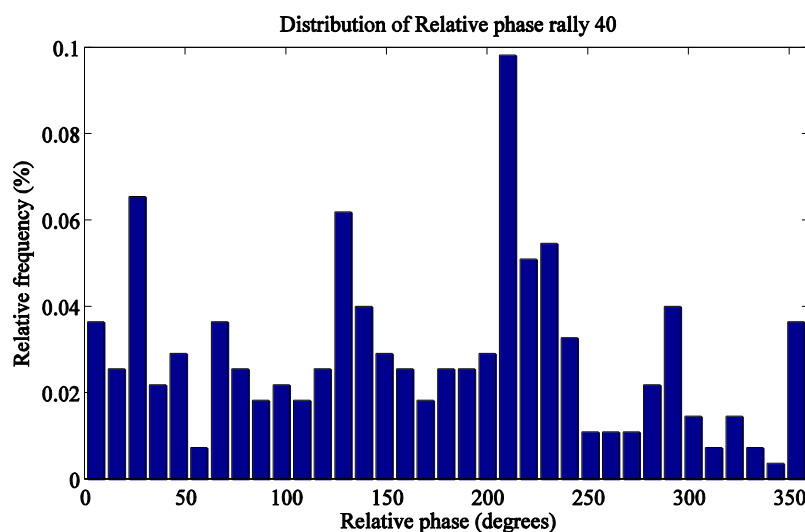


Abb. 48 Histogramm der Verteilung der Relativen-Phase-Werte der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW40

Betrachtet man folgendes Bild hinsichtlich der Verteilung der Relativen Phase über den gesamten Ballwechsel hinweg (Abbildung 48), so zeigt sich ein resultierendes Muster des Systems sowohl in der Anti-Phasen-Region, welches durch die Werte um -200° dargestellt wird, als auch ein leicht in-phasisches Verhalten bei etwa 30° beider Akteure. Die Binbreite beträgt hierbei 22,53°.

Das Histogramm der Gesamtverteilung der Relativen-Phasen-Werte (Abbildung 49) repräsentiert eine leichte Präferenz in Richtung Anti-Phasen-Relation der Spieler bei in etwa 180° .

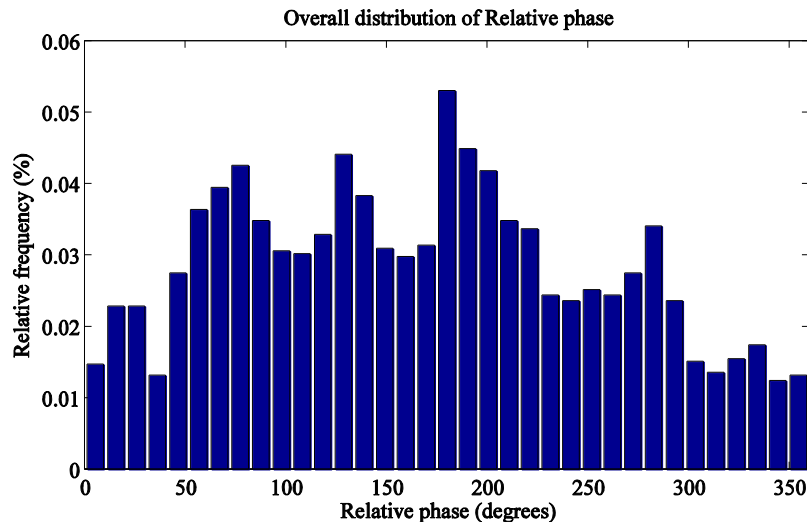


Abb. 49: Histogramm der Gesamtverteilung der Relativen-Phasen-Werte der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Median als Zentraler Punkt ($n=7$)

Jenes Ergebnis der Verteilung geht mit den Ergebnissen aus dem exemplarischen Ballwechsel einher. Das Histogramm des Verlaufs der Relativen Phase (Abbildung 49) spiegelt eine relativ gleichmäßige Verteilung der einzelnen Relativen-Phasen-Werte mit leichter Tendenz in Richtung Anti-Phasen-Relation über das gesamte Spektrum von 0° bis 360° wider. Auch unter einer dynamischen Betrachtungsweise des Systems Badminton zeichnet sich als häufigstes und somit stabilstes Synchronisationsmuster 180° (Anti-Phase), hinsichtlich des Ordnungsparameters des zweidimensionalen radialen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt, ab.

Das bedeutet, dass sich beide Spieler zwischen allen Synchronisationen, die zwischen 0° und 360° möglich waren, über alle sieben Ballwechsel hauptsächlich im Zustand einer Anti-Phasen-Relation auf dem Court relativ zueinander befunden haben.

Im Gegensatz zum Tennis dürfte im Badminton also eine eindeutige Präferenz einem der beiden Spielmuster gegenüber dem anderen zu erwarten sein.

4.2.3.1.7 Zusammenhang zwischen den zweidimensionalen radialen Displacement-Daten relativ zum Median als Zentraler Punkt und dem Verlauf der Korrelation als Relativen Phase

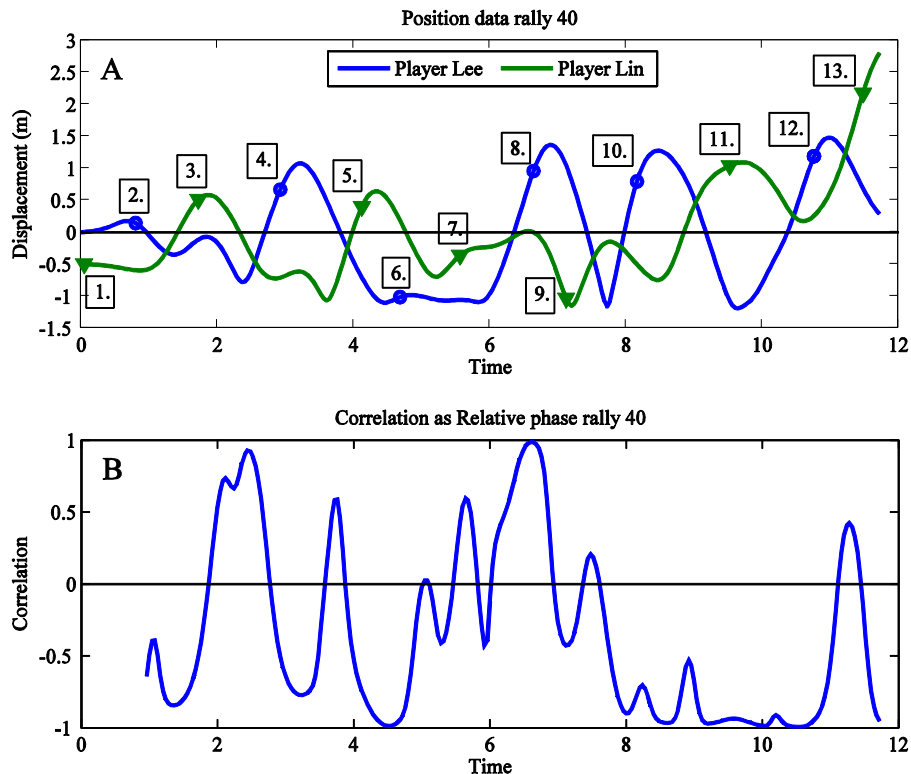


Abb. 50: Darstellung der zweidimensionalen radialen Positionsdaten beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW40 mit durchnummerierter Schlagabfolge (Schläge mit ungerader Nummer: Spieler Lin, mit gerader Nummer: Spieler Lee, siehe Abb. A) sowie des daraus resultierenden Verlaufs der Korrelation als Relative Phase (siehe Abb. B)

- 0,96 Sekunden nach erfolgtem Aufschlag beginnt die Oszillation beider Spieler um die zweidimensionale radiale Achse.
- Der harmlose Return, kurz in die Crossrichtung gespielt, bewirkt anfänglich eine Anti-Phasen-Relation zwischen beiden Spielern (Verlauf der Relativen Phase als Ergebnis der Korrelation befindet sich unter null), bevor eine In-Phasen- Konstellation per Korrelation für die Dauer von Schlag Nr. 3 angezeigt wird (positiver Verlauf der Korrelation als Relative Phase). Grund für diesen Wechsel ist, wie schon zuvor beim Displacement als Ordnungsparameter relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie, ein sog. Split-Step in Lees situativen Zentralen Punkt. Dadurch, dass er sich durch dieses Verhalten zuerst seinem Zentralen Punkt annähert (fallendes radiales Signal), sich dann aber wieder von seinem Zentralen Punkt entfernt (steigendes radiales Signal) verschiebt sich Lees Phase in Richtung Lins: Beide steigen somit synchron an.

- Die nächsten beiden longline Schläge, lang in das Hinterfeld platziert, rufen erneut eine genau entgegengesetzte Bewegungsrichtung beider Spieler hervor. Der Verlauf der Korrelation als Relative Phase repräsentiert dieses Verhalten mit negativen Korrelationswerten (Anti-Phase).
- Auch die Einleitung der beiden kurz gehaltenen Schläge durch den mittig longline platzierten Smash von Spieler Lee bewirkt laut positionaler Interaktion beider Spieler keine Veränderung im Verlauf der Korrelation als Relative Phase (Verlauf der Korrelation als Relative Phase befindet sich unter null). Es besteht für die Länge dieses Schläges weiterhin eine Anti-Phasen-Relation.
- Der kurz longline geblockte Ball von Lin mit Schlag 6 führt zu einer Veränderung in der Phasen-Relation beider Spieler. Ein Wechsel von Anti-Phase in Richtung In-Phase ist die Folge (positiver Korrelationsverlauf als Relative Phase).
- Schlag 9 wiederum, eine geblockte Rückhand von Lin, zieht erneut eine Veränderung im Verlauf der Korrelation als Relative Phase nach sich. Da sich Spieler Lin nach seinem Schlag noch weiter in Richtung maximales Displacement bewegt (Displacement-Werte steigen weiter), gleichzeitig Spieler Lee aber mit fallendem radialen Displacement agiert, kommt es erneut zu einer entgegengesetzten Bewegungsrichtung. Der Zustand einer Anti-Phase ist die Folge. Der Korrelationsverlauf als Relative Phase trägt dieser Veränderung mit einem Absinken der Korrelationswerte von positive auf negative Werte Rechnung. Der Ballwechsel endet in einer Relation der Anti-Phase. Dies zeigt sich durch einen negativen Korrelationsverlauf als Relative Phase, der bis Schlag 13 konstant ist, da die Schläge 10 bis 13 keine Veränderung im stabilen Zustand mehr bewirken.

Wie schon zuvor im Falle des zweidimensionalen radialen Displacements zum Spielfeldmittelpunkt (1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie) als Ordnungsparameter ergibt sich ein ähnliches Bild hinsichtlich der Verteilung der Korrelation als Relative Phase über den gesamten Ballwechsel hinweg (Abbildung 51).

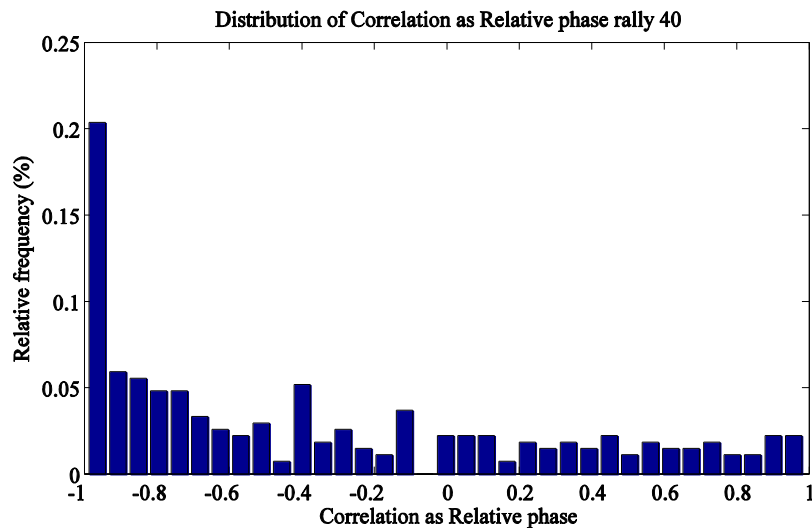


Abb. 51: Histogramm der Verteilung der Korrelationswerte als Relative Phase der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW40

Erneut zeichnet sich das resultierende Muster des Systems in der Anti-Phasen Region ab, welches durch die Korrelationswerte um -1 dargestellt wird.

Das Histogramm, welches eine Gesamtverteilung der Korrelation als Relative-Phasen-Werte hinsichtlich des zweidimensionalen radialen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt zeigt, spiegelt deutlich eine eindeutige Prävalenz der Anti-Phasen-Relation über das gesamte Spektrum von -1 bis 1 wider (Abbildung 52).

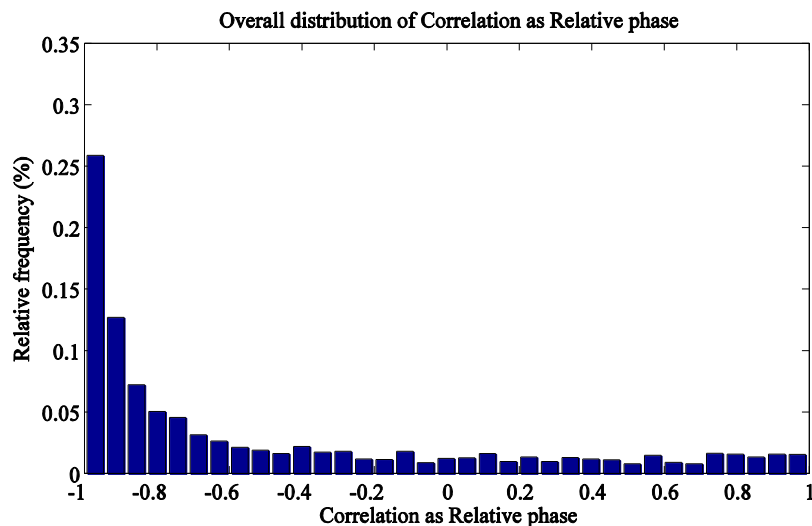


Abb. 52: Histogramm der Gesamtverteilung der Korrelationswerte als Relative Phase der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Median als Zentraler Punkt (n=7)

Das im Falle des zweidimensionalen radialen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt hier vorliegende Ergebnis erscheint ebenfalls wieder mit den Ergebnissen aus dem exemplarischen Ballwechsel übereinzustimmen. Wie aus dieser Abbildung entnommen werden kann, zeigt der Verlauf der Korrelation als Relative Phase wie schon zuvor ein eindeutiges Ergebnis in Richtung Anti-Phasen-Relation als resultierendes Spielmuster. Eine Präferenz

einem der beiden Spielmuster gegenüber dem anderen dürfte hiermit, im Gegensatz zum Tennis, bestätigt sein.

4.2.3.1.8 Geschwindigkeitsverlauf unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall

Abbildung 53 zeigt den Verlauf der Geschwindigkeit, basierend auf lateralem sowie longitudinalem Displacement.

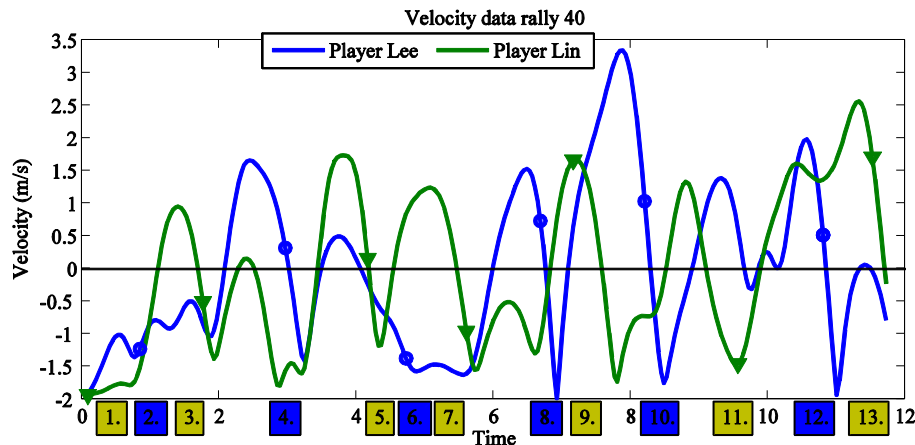


Abb. 53: Darstellung des Geschwindigkeitsverlaufs beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40 unter Berücksichtigung der lateralen sowie der longitudinalen Ebene pro Zeitintervall (Velocity Betrag) mit durchnummerierter Schlagabfolge (Schläge mit ungerader Nummer: Spieler Lin, mit gerader Nummer: Spieler Lee)

Es zeigt sich, dass nach einmaliger Datenglättung (Glättung der Rohdaten) das Signal zu unregelmäßig und bezüglich der Abbildungsfunktion des Geschwindigkeitsverlaufs auf dem Platz zur Interpretation nicht geeignet ist. Wie schon zuvor erwähnt, stellt für diese Art der Analyse die semantische Interpretierbarkeit des Signals eine absolute Voraussetzung dar. Deshalb wird in diesem Kapitel von der Verwertung des gemeinsamen Geschwindigkeitsverlaufs sowohl in lateraler als auch in longitudinaler Richtung abgesehen.

4.3 Statistische Analysemethoden

Um die Reproduzierbarkeit der erhobenen Rohdaten zu evaluieren, wurde die Intra-Tester-Reliabilität berechnet. Des Weiteren wurden die berechneten Korrelationen der radialen Abstände als Relative Phase bzw. die bestimmte Relative Phase als Ergebnis der Hilberttransformation einem gemeinsamen Vergleich unterzogen. Die Reliabilitätsprüfung bzw. der Vergleich der beiden Analysemethoden passierte durch Verfahren der deskriptiven Statistik (Korrelationskoeffizient, 95% Limit of Agreement, ICC).

4.3.1 Ergebnisse der statistischen Auswertung

4.3.1.1 Quantitative Analyse

4.3.1.1.1 Intra-Rater-Reliabilität

Die Bestimmung der Reliabilität zwischen zwei Messungen (Messung zum Messzeitpunkt1, Messung zum Messzeitpunkt2), die vom Autor im Zuge der Datengenerierung erhoben wurden, erfolgte zum einen anhand des Pearson Produkt Momentkorrelationskoeffizienten. Da dieses Maß der Korrelation nach Pearson jedoch mit Vorsicht zu genießen ist, da etwaige Unterschiede in den Messwerten verschleiert werden könnten, kam zum anderen, um dieser Problematik zu entgehen, ein zweites Verfahren der Reliabilitätsprüfung zur Anwendung, die Berechnung des 95% Limits of Agreement.

Die Intra-Rater-Reliabilität sowohl für die laterale (x) als auch für die longitudinale (y) Richtungsdimension zeigt einen durchschnittlichen Korrelationskoeffizienten von ,992 bzw. ,945. Demnach kann von einem hohen Level an Reliabilität der Daten ausgegangen werden. Betrachtet man jedoch das zweite Verfahren der Reliabilitätsprüfung, das 95% Limit of Agreement näher (7) und (8),

$$\bar{x} \pm \sigma * 1.96 \quad (7)$$

$$0,04 \pm 0,375 \quad (8)$$

so zeigt sich, dass die systematische Messabweichung hier, gezeigt am Mittelwert ($\bar{x}$) der lateralen Daten von Spieler Lee, mit 0,04 sehr gering ausfällt. Der statistische Fehler spiegelt einen Wert von $\pm 0,375$ wider. Dieses Ergebnis besagt, dass 95% der Messwerte diesen Fehlerwert nicht überschreiten (O'Donoghue, 2010, S. 173f). Die Differenzen der beiden Messungen für das laterale Displacement von Spieler Lee liegen demnach zwischen $0,04m \pm 0,375m$. Die daraus resultierenden Übereinstimmungsgrenzen zeigen, dass beide Messungen zwischen -0,292m und 0,378m liegen. Die Schwankungsbreite ist folglich sehr hoch. Es kann von keiner Übereinstimmung gesprochen werden.

Nach dieser Methode lässt sich die Reliabilität natürlich auch für die lateralen Daten von Spieler Lin sowie die longitudinalen Daten von Spieler Lee als auch von Spieler Lin berechnen. Es zeigt sich, dass hinsichtlich der longitudinalen Daten von Spieler Lee (Übereinstimmungsgrenzen -0,918m bis 0,525m), lateralen Daten von Spieler Lin (Übereinstimmungsgrenzen -0,246m bis 0,205m) sowie longitudinalen Daten von Spieler Lin (Übereinstimmungsgrenzen -0,391m bis 0,674m) ebenfalls große Schwankungsbreiten zwischen den Differenzen der bei-

den Messungen existieren. Auch bei diesen Variablen kann von keiner Übereinstimmung gesprochen werden.

4.3.1.1.2 Zusammenhänge zwischen den beiden Berechnungsmethoden und der Wahl des Zentralen Punktes als Ordnungsparameter

Der p-Wert der ICC Kalkulation zur Überprüfung der Fragestellung, ob es einen Zusammenhang zwischen den Berechnungsmethoden der Verläufe der Relativen Phasen hinsichtlich der beiden Zentralen Punkten gibt (zweidimensionales radiales Displacement relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie und zweidimensionales radiales Displacement relativ zum Median als Zentraler Punkt) beträgt 0,00. Aufgrund dieses Ergebnisses wurde die Nullhypothese „Es besteht kein Zusammenhang zwischen den beiden Methoden“ verworfen. Den Berechnungen zufolge existiert ein signifikanter Zusammenhang zwischen den beiden Berechnungsarten hinsichtlich des Verlaufes der Relativen Phase in der Analyse von Einzelrückschlagspielen.

Diese Interpretation ist aber mit Vorsicht zu genießen, da der Median als dynamischer Zentraler Punkt streng genommen ebenfalls als statischer Zentraler Punkt aufzufassen ist, weil er für die Dauer des gesamten Ballwechsels keinem dynamischen Wechsel unterliegt.

4.3.1.1.3 Die beiden Berechnungsmethoden im Überblick

4.3.1.1.3.1 Zusammenhang zwischen statischem und dynamischem Zentralen Punkt als Ordnungsparameter – Der Korrelationsverlauf als Relative Phase

Tab. 3: SPSS Auswertung Intraklassenkorrelationskoeffizient des zweidimensionalen radialen Displacements

Korrelationskoeffizient in Klassen							
	Korrelation innerhalb der Klasse ^a	95%-Konfidenzintervall		F-Test mit wahrem Wert 0			
		Untergrenze	Obergrenze	Wert	df1	df2	Sig.
Einzelne Maße	,621 ^b	,596	,644	4,273	2549	2549	,000
Durchschnittliche Maße	,766 ^c	,747	,783	4,273	2549	2549	,000

Modell mit gemischten Zwei-Weg-Effekten, bei dem die Personeneffekte zufällig und die Maßeffekte fest sind.

a. Korrelationskoeffizienten des Typs A innerhalb der Klasse unter Verwendung einer Definition der absoluten Übereinstimmung.

b. Der Schätzer ist derselbe, unabhängig davon, ob ein Wechselwirkungseffekt vorliegt oder nicht.

c. Die Schätzung wird unter der Annahme berechnet, daß kein Wechselwirkungseffekt vorliegt, da anderenfalls keine Schätzung durchgeführt werden könnte.

Der berechnete Signifikanzwert p des Intraklassenkorrelationskoeffizienten zum Vergleich der Berechnungsmethoden der Korrelation als Relative Phase auf Grundlage des zweidimensiona-

len radialen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie sowie auf Grundlage des zweidimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt repräsentiert einen Wert von 0,00. Dem Ergebnis zufolge fällt der p-Wert niedriger aus als das angenommene Signifikanzniveau α mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%. Die Nullhypothese „Es besteht kein Zusammenhang zwischen den beiden Verläufen der Korrelation der radialen Abstände als Ordnungsparameter als Relative Phase hinsichtlich der Wahl des Zentralen Punktes“ gilt es somit zu verwerfen. Demnach besteht ein signifikanter Zusammenhang ($,766, p < ,000$) bezüglich der Wahl des Zentralen Punktes.

4.3.1.1.3.2 Zusammenhang zwischen statischem und dynamischem Zentralen Punkt als Ordnungsparameter - Relative Phase als Ergebnis der Hilberttransformation

Tab. 4: SPSS Auswertung Intraklassenkorrelationskoeffizient des zweidimensionalen radialen Displacements als Ergebnis der Hilberttransformation

Korrelationskoeffizient in Klassen							
	Korrelation innerhalb der Klasse ^a	95%-Konfidenzintervall		F-Test mit wahrem Wert 0			
		Untergrenze	Obergrenze	Wert	df1	df2	Sig.
Einzelne Maße	,539 ^b	,511	,566	3,337	2584	2584	,000
Durchschnittliche Maße	,700 ^c	,676	,723	3,337	2584	2584	,000

Modell mit gemischten Zwei-Weg-Effekten, bei dem die Personeneffekte zufällig und die Maßeffekte fest sind.

a. Korrelationskoeffizienten des Typs A innerhalb der Klasse unter Verwendung einer Definition der absoluten Übereinstimmung.

b. Der Schätzer ist derselbe, unabhängig davon, ob ein Wechselwirkungseffekt vorliegt oder nicht.

c. Die Schätzung wird unter der Annahme berechnet, dass kein Wechselwirkungseffekt vorliegt, da anderenfalls keine Schätzung durchgeführt werden könnte.

Betrachtet man den berechneten Signifikanzwert p des Intraklassenkorrelationskoeffizienten zum Vergleich der Berechnungsmethoden der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation auf Grundlage des zweidimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie sowie auf Grundlage des zweidimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt, so repräsentiert dieser mit einem Wert von 0,00 ebenfalls einen niedrigeren, als das angenommene Signifikanzniveau α von 0,05%.

Aufgrund dieses Ergebnisses gilt es, die aufgestellte Nullhypothese „Es besteht kein Zusammenhang zwischen den beiden Verläufen der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation der radialen Abstände als Ordnungsparameter hinsichtlich der Wahl des Zentralen Punktes“ zu verwerfen (Kapitel 3.6). Demnach besteht ein signifikanter Zusammenhang bezüglich der Wahl des Zentralen Punktes. Der Intraklassenkorrelationskoeffizient beträgt dabei

,700. Dieses Ergebnis besagt, dass ein Zusammenhang ($r = ,700$; $p < ,000$) zwischen den beiden Berechnungsmethoden besteht.

Die statistischen Berechnungen bescheinigen also einen signifikanten Zusammenhang zwischen den Verläufen der Korrelation als Relative Phase sowie zwischen den Verläufen der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation hinsichtlich der Wahl des Zentralen Punktes. Auf Basis dieser Ergebnisse Rückschlüsse auf mögliche Unterschiede im Hinblick auf die Ergebnisse der Relativen Phase für beide Bezugspunkte zu ziehen, würde zu falschen Schlussfolgerungen führen, da es sich bei diesem Maß lediglich um ein Zusammenhangsmaß handelt und daher keine Aussagen bezüglich Unterschiedshypothesen zulässig sind.

5 Diskussion

Diese empirische Arbeit verfolgte einerseits das Ziel, den aktuellen Stand der Literatur bezüglich der Bestimmung der Relativen Phase anhand dreier unterschiedlicher Berechnungsmethoden, darunter die Relative Phase als Ergebnis der Hilberttransformation, als Golden Standard in der Analyse eines Badmintonspiels, aufzuarbeiten. Andererseits sollte herausgefunden werden, welcher Ordnungsparameter den Verlauf der Relativen Phase als Reaktion auf das Spielgeschehen auf dem Platz besser abbildet und somit praxisrelevante Rückschlüsse im Trainingsalltag zulässt. Zusätzlich wurde mit Hilfe eines Referenzsystems, das aus einem Spieler und einer Spielerin bestand, die dem österreichischen Badminton-Nationalkader angehören, der Versuch unternommen, ob anhand der Videoanalyse des Finalspiels des Olympischen Badmintonbewerbs zwischen Lin Dan und Chong Wei Lee die visuell bestimmten Perturbationen im Verlauf der Relativen Phase als Ergebnis der drei Berechnungsmethoden abgebildet werden.

In diesem Kapitel werden zunächst die Ergebnisse der statistischen Auswertung der verschiedenen Berechnungsmethoden diskutiert und mit der aktuellen Literatur in Verbindung gebracht. Weiters wird auf die mathematische Bestimmung der Relativen Phase eingegangen: Es werden Vor- und Nachteile der verwendeten Methoden aufgezeigt. Abschließend wird der Einfluss der Wahl der Ordnungsparameter auf das Ergebnis der Relativen Phase diskutiert.

5.1 Unterschiede in der Wahl der Ordnungsparameter

Die Autoren, die sich bislang mit der Berechnung der Relativen Phase im Tennis und Squash auseinandergesetzt haben, widmeten sich in ihren Studien verschiedenen Ordnungsparameter, beispielsweise wurde in der Studie von Lames und Walter (2006) der seitliche Abstand vom Grundlinienmittelpunkt als Ordnungsparameter eines Dynamischen Systems Tennis angenommen. In Anlehnung an die Untersuchung von Lames und Walter (2006) wurde in der vorliegenden Arbeit versucht, das bestehende spielzentrierte System interagierender Komponenten auf die Wettkampfsportart Badminton zu übertragen und auch anzuwenden. Es wurde der Versuch unternommen, einen passenden Ordnungsparameter, der sich im Gegensatz zu den anderen Studien an den zweidimensionalen radialen Daten orientiert, für die Wettkampfsportart Badminton zu finden, der in der Lage ist, das Spielgeschehen auf dem Court adäquat abzubilden und zu beschreiben.

Die Unterschiede zwischen der vorliegenden Studie und der von Lames und Walter (2006) in Bezug auf die Kenngrößen, die als Analyseparameter dienen, sind:

- die Wahl des Zentralen Bezugspunktes
- verwendeter Ordnungsparameter als Analyseparameter

In der Studie von Lames und Walter (2006) wurde nämlich der Fokus vorwiegend auf eine Spielerbewegung in lateraler Ebene gerichtet. Es wurde also das Grundlinienspiel im Tennis analysiert. Nur unter dieser Bedingung ist es möglich, den seitlichen Abstand vom Grundlinienmittelpunkt als Ordnungsparameter eines Dynamischen Systems anzusehen. In der vorliegenden Untersuchung hingegen liegt das Forschungsinteresse auf einer Spielerbewegung in zweidimensionaler radialer Ebene.

Folgend wird über Details und Ergebnisse der unterschiedlichen Parameter, die zur Analyse mittels Relativer Phase herangezogen wurden, berichtet sowie auf mögliche Schwachstellen in der Methodik der vorliegenden Studie in diesen Bereichen hingewiesen.

5.1.1 Die Wahl des Zentralen Bezugspunktes

Die Art der Festlegung des radialen Abstandes zum Zentralen Punktes als Ordnungsparameter des Dynamischen Systems Badminton wurde in der hier vorliegenden Arbeit anhand zweier unterschiedlicher Methoden vorgenommen. Einerseits wurde der Zentrale Punkt als statischer Mittelpunkt des Bewegungsmusters definiert. Auch in allen Studien, die sich bislang mit der Berechnung der Relativen Phase in der Analyse von Einzelschlagspielen beschäftigten, wird der Zentrale Punkt als statisch angenommen (Lames & Walter, 2006; Palut & Zanone, 2005). Andererseits wurde hier zusätzlich die Relative Phase als Analyseinstrumentarium aufgrund eines dynamischen Zentralen Punktes bestimmt.

Aufgrund der Tatsache, dass sich, streng genommen, der dynamische Zentrale Punkt ähnlich verhält wie der statisch angenommene Zentrale Punkt, liegt die Vermutung nahe, dass ein Zusammenhang zwischen der Relativen Phase für den statischen sowie für den dynamischen Zentralen Punkt besteht. Durch die statistische Überprüfung anhand des Intraklassenkorrelationskoeffizienten konnte festgestellt werden, dass zwischen den beiden Varianten ein statistischer Zusammenhang besteht, jedoch können aus diesem Ergebnis keine Schlussfolgerungen auf etwaige Unterschiede betreffend der Ergebnisse der Relativen Phasen für die beiden Bezugspunkte gezogen werden.

Die Annahme eines statischen Zentralen Punktes gilt es überhaupt zu überdenken, da davon auszugehen ist, dass es nicht ein allgemeingültiges Zentrum gibt, sondern sich eine anzustrebende relative Mittelstellung (ein sog. Center of Movement) aus den Positionen der Spieler/innen heraus dynamisch ergibt. In dem Moment, in dem ein/eine Spieler/in einen Schlag

platziert, schätzt er/sie die Position, in der sein/ihre Gegner/in den Ball erreicht, sowie welche Antwortmöglichkeiten er/sie aus dieser Position hat. Entsprechend diesem Wissen positioniert er/sie sich selbst auf jener Position, von der aus er/sie glaubt, den nun folgenden Schlag am besten erreichen zu können – er/sie antizipiert diesen Schlag. Im Tennis wird beispielsweise dieses Wahrscheinlichkeitszentrum allgemein als Bisektor (α) der möglichen Schläge angenommen. Zudem ist es notwendig, die Geschwindigkeit mit einzukalkulieren, was dazu führt, dass sich dieses Zentrum vom Bisektor in die Richtung, in die der/die Gegner/in einen schnelleren Ball schlagen könnte, verlagert (Walter et al., 2007, S. 41). Die Oszillation um ein statisches Zentrum ist also nicht in der Lage als Ordnungsparameter zu dienen, da sie nicht das Verhalten des Systems Tennis vollständig abzubilden vermag.

Im Falle des Badmintonsports zeigt sich ein etwas anderes Bild. Die Grafiken in der Abbildung 54 repräsentieren zwei Bewegungsmuster über alle Ballwechsel hinweg.

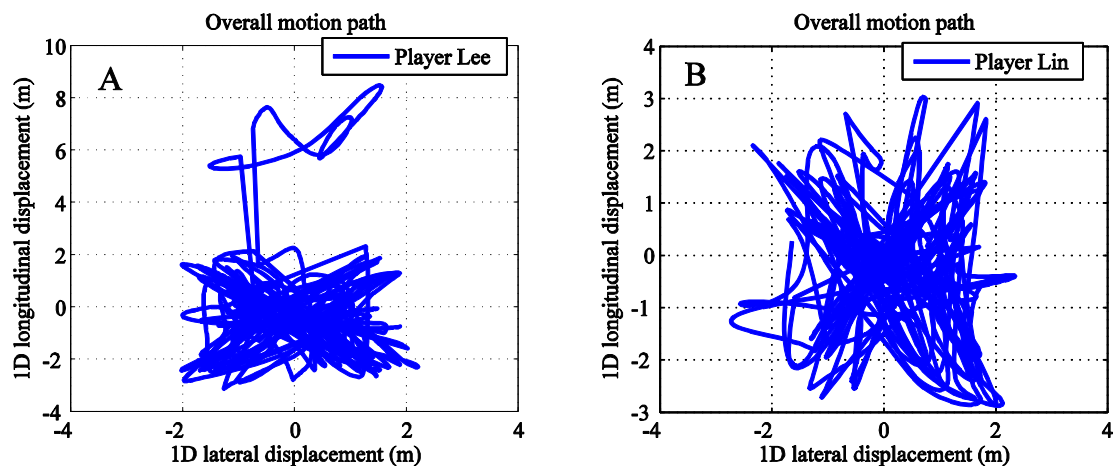


Abb. 54: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie während des gesamten Endspiels: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B) ($n=17$)

Beide Grafiken (Abbildung 54) des Trajektorieverlaufs über alle Ballwechsel hinweg zeigen deutlich ein Bewegungsmuster in X-Form, was auf ein ähnliches Spielverhalten der beiden Akteure hinweist. Beide Spieler versuchen durch gezielte Schläge in die Extrempunkte den Gegner so auf dem Court zu positionieren, dass es diesem nicht mehr gelingt, schneller in seine Zentrale Position zurückzukehren, als dass der Gegner den Ball zurückbringt. Es findet also ein „Tanz“ um den Zentralen Punkt statt. Den Grafiken zufolge kann das Zentrum des Bewegungsmusters als statisch angenommen werden, mit einer Ausnahme: Dem Prinzip der inneren Zentralposition.

Dieses Prinzip besagt, dass sich ein/eine Spieler/in nach realisiertem maximalen Displacement (Schlagposition) so schnell wie möglich wieder in seinen/ihren Zentralen Punkt zurückbewegt,

um dort seinen/ihren Zyklus zu komplettieren. Dieser Zentrale Punkt kann dabei der wie im Kapitel 3.4.1.3 definierte Zentrale Punkt in der Spielfeldmitte sein oder aber sich auch aus der jeweiligen Spielsituation dynamisch ergeben. Greift beispielsweise ein/eine Spieler/in durch einen adäquaten Schlag an und sein/ihre Gegner/in kann diesen nur mehr kurz zurückspielen, so wäre der situative Zentrale Punkt am Netz (Kempter, 2008, S. 14).

Das Zentrum des Patterns, also des Bewegungsmusters, das dem Dynamischen System Badminton zugrunde liegt, kann als zusammengesetztes statisches sowie dynamisches aufgefasst werden.

5.1.2 Verwendeter Ordnungsparameter als Analyseparameter

Der in der Literatur zur Anwendung gekommene Amplitudenparameter zur Bestimmung der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation in den Rückschlagspielen ist der laterale Abstand zum Grundlinienmittelpunkt (Lames & Walter, 2006; Walter, 2006). Grund für diese Annahme ist jener Stichprobenansatz, der in der Untersuchung von Lames und Walter (2006) zur Anwendung gekommen ist. Hierbei darf man davon ausgehen, dass aufgrund der Länge des Ballwechsels, aufgrund des Umstandes, dass der Ballwechsel durch einen herausgespielten Punkt beendet wird, aber auch auf Grund dessen, dass sich beide Spieler/innen durch den Umstand des Grundlinienduells nur in die seitliche Richtungsdimension bewegen, die Relative Phase für diesen Parameter besonders gut zur Interpretation herangezogen werden kann. Nur unter diesen Bedingungen ist es gestattet, den seitlichen Abstand zum Grundlinienmittelpunkt als Ordnungsparameter eines Dynamischen Systems Tennis überhaupt anzusehen.

Diese seitliche Bewegungsrichtung während des Grundlinienduells stellt natürlich einen großen Unterschied zum Bewegungsverhalten auf dem Badminton Court dar. Während sich im Tennis die Spieler/innen zum Großteil entlang der Grundlinie bewegen können, ist es den Badmintonsportlern/-sportlerinnen nicht möglich, sich nur in eine Richtungsdimension zu bewegen. Die Hauptbewegungsrichtung ist vor allem zweidimensional, d.h. die Spieler/innen bewegen sich in einem beträchtlichen Umfang radial. Doch welchen Einfluss haben eigentlich die einzelnen eindimensionalen (laterales und longitudinales Displacement) Analyseparameter als Ordnungsparameter auf das jeweilige zweidimensionale radiale Displacement als Ordnungsparameter? Dieser Frage wurde in einem rein nach qualitativen Gesichtspunkten durchgeführten Verfahren nachgegangen (Abbildung 55).

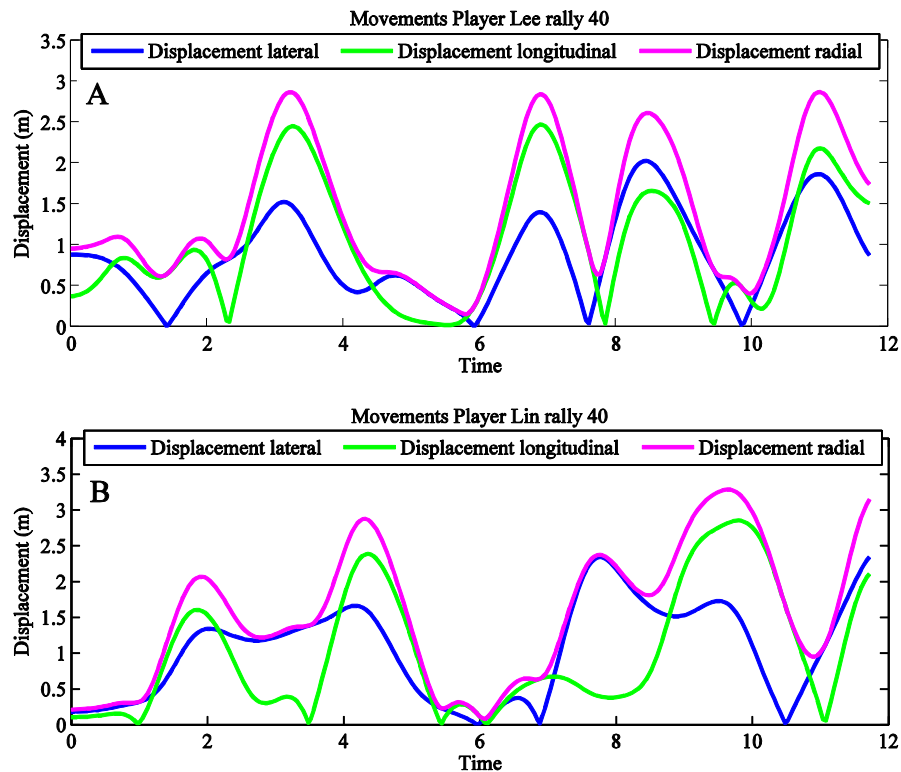


Abb. 55: Darstellung der Bewegungsverläufe relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40 in Absolutwerten aller drei Richtungsdimensionen: Movements Spieler Lee (Abb. A), Movements Spieler Lin (Abb. B)

Abbildung 55 zeigt die einzelnen Bewegungsverläufe von Spieler Lee und Lin in Ballwechsel 40. Um die jeweiligen Signale überhaupt auf ihren Einfluss auf das zweidimensionale radiale Displacement testen zu können, bedurfte es zu allererst einmal einer Umrechnung der zu analysierenden Koordinaten durch Quadrieren und anschließendes Wurzelziehen. Nur so war ein Vergleich mit dem Referenzsignal, dem radialen Displacement (dickes, magentafarbenes Signal), möglich.

Betrachtet man die Signale nach rein grafischen Gesichtspunkten, ist es nicht so leicht festzustellen, welches von den beiden eindimensionalen Signalen dem Referenzsignal (magentafarbenes Signal) am ähnlichsten kommt. Um dieser Problematik Abhilfe zu schaffen, kam das Verfahren der Trapezfunktion, ein numerisches Integrationsverfahren in Matlab, zum Einsatz. Der Autor sieht in diesem Vorgehen eine Möglichkeit, ein Gütekriterium zur Quantifizierung des Einflusses der jeweiligen Koordinaten zu finden. Je größer die Fläche unter der jeweiligen Kurve ist, desto geringer fällt die Differenz der jeweiligen Kurve hinsichtlich der Referenzkurve aus. Im Umkehrschluss bedeutet dies: Je geringer die Differenz der Flächeneinheiten ausfällt, desto größer ist der Einfluss, den diese Variable auf das zweidimensionale radiale Displacement nimmt (Differenz Displacement radial minus Displacement lateral Lee 6,28 Flä-

cheneinheiten vs. Differenz Displacement radial minus Displacement longitudinal Lee 4,41 Flächeneinheiten (Abbildung 56).

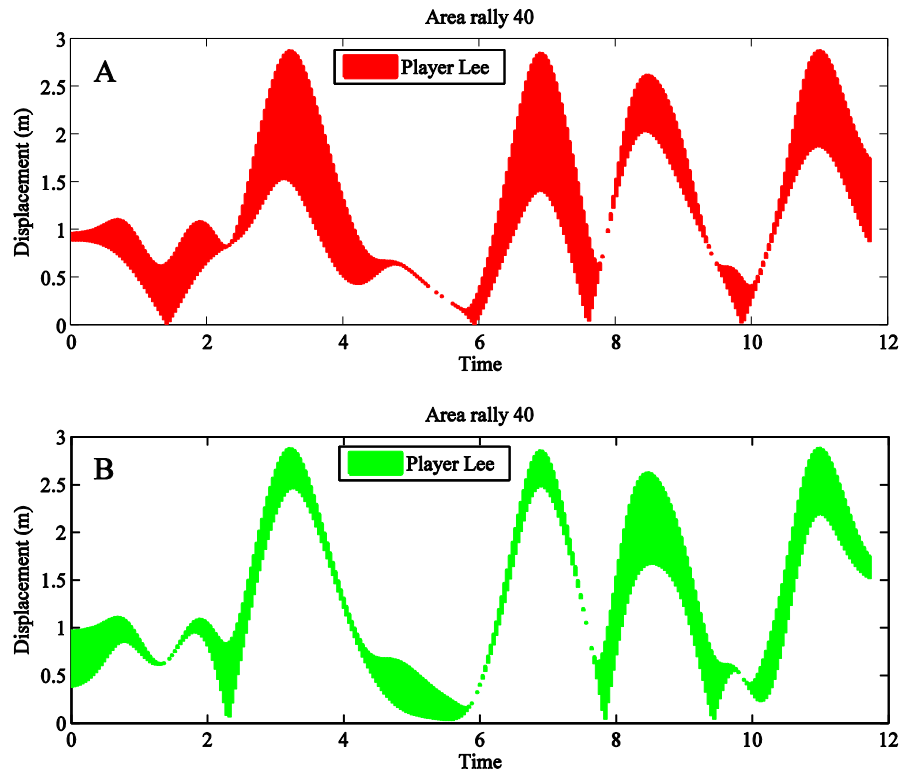


Abb. 56: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement (Abb. B)

In diesem Falle steht die geringere Differenz der Flächeneinheiten 4,41 für die longitudinale Bewegungsrichtung. Dieses Ergebnis zeigt, dass die Abweichung dieser Richtungsdimension geringer ausfällt als die Abweichung in lateraler Richtung. Für Spieler Lee kann gesagt werden, dass sein longitudinales Displacement für ihn mehr Einfluss auf das zweidimensionale radiale Displacement nimmt als sein Displacement, welches er in lateraler Richtung verrichtet.

Betrachtet man das Bewegungsverhalten von Spieler Lin, so zeigt sich der Berechnung zu Folge eine geringere Differenz der Flächeneinheiten für die laterale Bewegungsrichtung (Differenz Displacement radial minus Displacement lateral Lin 5,99 Flächeneinheiten vs. Differenz Displacement radial minus Displacement longitudinal Lin 6,39 Flächeneinheiten (Abbildung 57)).

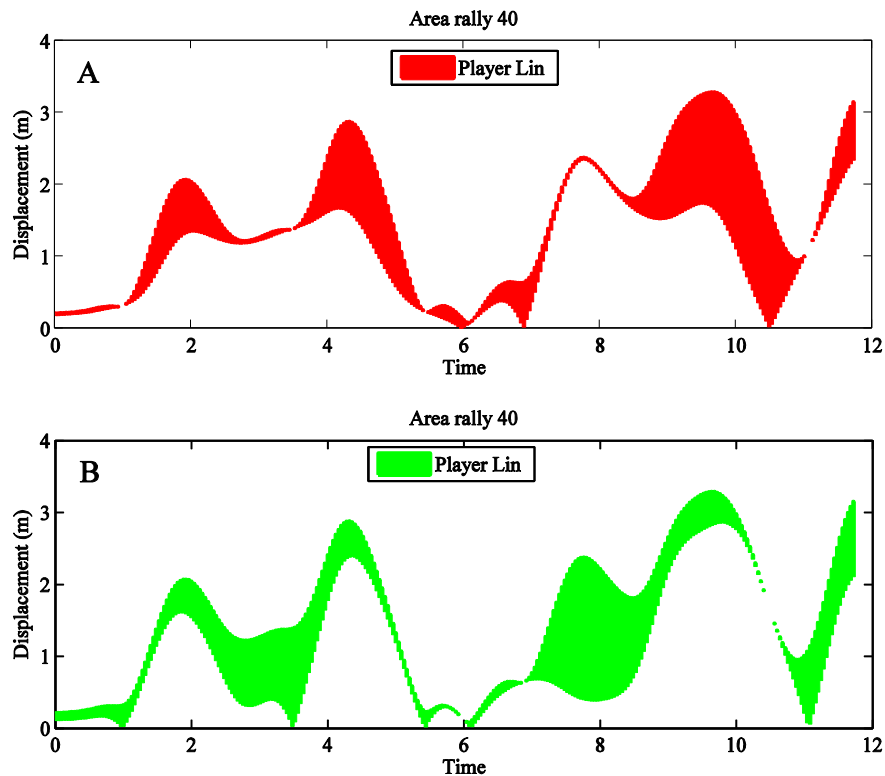


Abb. 57: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement (Abb. B)

Für Spieler Lin kann somit gesagt werden, dass in seinem Falle sein laterales Displacement mehr Einfluss auf das zweidimensionale radiale Displacement nimmt als sein Displacement, welches er in die Tiefenebene, d.h. sowohl vorwärts als auch rückwärts, verrichtet.

Den Berechnungen über den gesamten Verlauf über alle sieben Ballwechsel hinweg zufolge kann hinsichtlich des Einflusses der einzelnen Bewegungsdimensionen auf das radiale Displacement folgender Schluss gezogen werden: Im Falle von beiden Spielern zeigt sich die Bewegung in die Tiefe, d.h. Vorwärts- und Rückwärtsbewegungen, von größerer Relevanz auf das zweidimensionale radiale Displacement als jene Bewegung, die in laterale Richtung verrichtet wird (Differenz Displacement radial minus Displacement lateral Lee = 62.02 Flächeneinheiten vs. Differenz Displacement radial minus Displacement longitudinal Lee = 41.00 Flächeneinheiten; Differenz Displacement radial minus Displacement lateral Lin = 48.90 Flächeneinheiten vs. Differenz Displacement radial minus Displacement longitudinal Lin = 44.36 Flächeneinheiten).

Die Annahme, dass sich die Spieler/innen im Badminton vermehrt in der longitudinalen Ebene als in der lateralen Ebene bewegen, kann in dieser Untersuchung bestätigt werden. Um jedoch exakte Aussagen über das Bewegungsverhalten der Spieler/innen in der Wettkampfsportart

Badminton treffen zu können, sind weitere Untersuchungen von Nöten, da die Stichprobe über sieben Ballwechsel hinweg sehr gering ausgefallen ist.

5.2 Mathematische Bestimmung der Relativen Phase

Die Bestimmung der Relativen Phase wurde bei all den bislang angestellten Untersuchungen mathematisch mittels Methode der Hilberttransformation durchgeführt (Lames, 2006; Lames & Walter, 2006; McGarry & Walter, 2007; Palut & Zanone, 2005). Sie ist ein sehr vielversprechendes Analysetool, um den Prozess eines Dynamischen Systems, wie beispielsweise den des Badmintons, abzubilden. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist die Berechnung des Verlaufs der Relativen Phase, insbesondere aufgrund der Datengenerierung sowie –aufbereitung, noch sehr zeitintensiv und aus diesem Grund nur bedingt im Trainingsalltag einsetzbar.

Die Grundlage dieser Untersuchung zur Bestimmung des Verlaufs der Relativen Phase lieferte die Arbeit von Lames und Walter (2006).

Ausgehend von dem Verfahren der Hilberttransformation als Golden Standard-Methode setzte sich diese Arbeit zum Ziel, die Berechnung der Relativen Phase als Analyseinstrumentarium anhand von drei verschiedenen Methoden vorzunehmen, um herauszufinden, welche Berechnungsvariante bzw. welcher Ordnungsparameter das Sportspiel Badminton am besten abbildet und somit badmintonspezifische Rückschlüsse auf die taktische Vorgangsweise für den Trainingsalltag zulässt.

Erstens wurde die Korrelation der Abstände zum Zentralen Punkt der jeweiligen Zeitreihen als Relative Phase berechnet. In einer Studie an der Universität Wien, die im Rahmen des Wahlseminars Sportinformatik (2010) unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. Martin Lames durchgeführt wurde, kam diese Methode zur Bestimmung der Relativen Phase ebenfalls zur Anwendung.

Die zweite Methode, die in dieser Evaluierungsstudie Anwendung gefunden hat, war jene der Polarkoordinatendarstellung. Diese wurde jedoch für eine Analyse im Rahmen der vorliegenden Arbeit auf Grund der im Kapitel 3.5.2 genannten Gründe als nicht geeignet erachtet und somit nicht näher ausgeführt.

Als dritte und letzte Methode, als sog. Golden Standard-Methode, kam die Berechnung der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation zur Anwendung. Wie eingangs dieses Kapitels 5.2 erwähnt, wird die Relative Phase in der Mehrzahl der diesbezüglichen Studien anhand dieser Methode berechnet.

5.2.1 Das Verfahren der Korrelation

Die einfachste Methode um Anti-Phasen- oder In-Phasen-Konstellation detektieren zu können, stellt das Verfahren der Korrelationsberechnung von Abständen dar. Wie in Kapitel 2.5.1 gezeigt werden konnte, ist dieses Berechnungsverfahren in der Lage, die jeweiligen Grundzustände des zugrunde liegenden Dynamischen Systems sehr genau zu identifizieren.

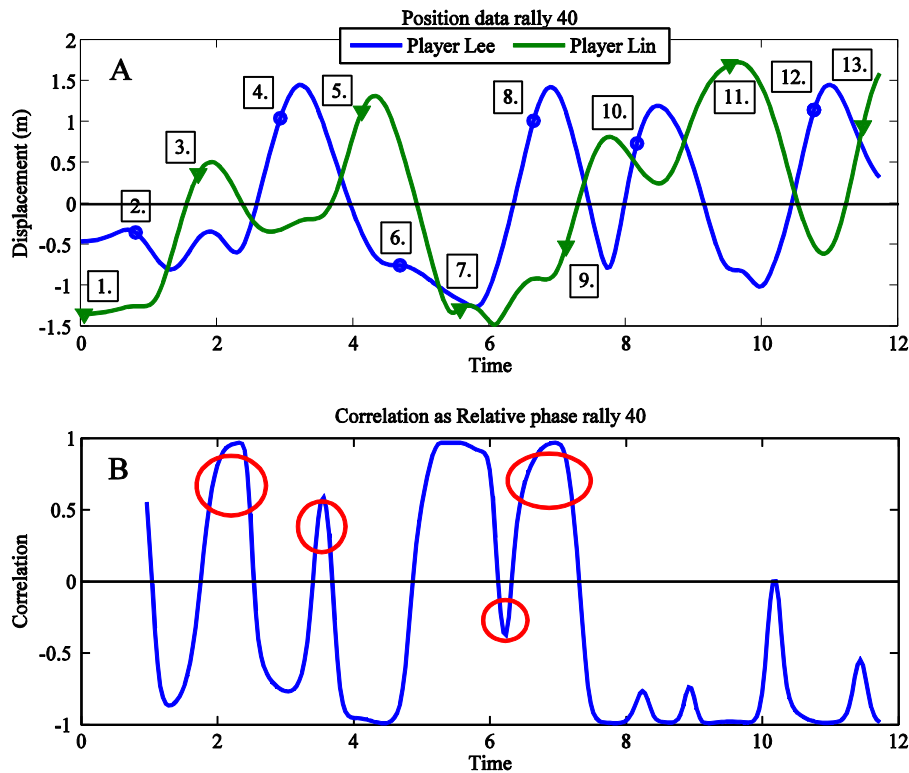


Abb. 58: Darstellung der zweidimensionalen radialen Positionsdaten beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW 40 mit durchnummerierter Schlagabfolge (Schläge mit ungerader Nummer: Spieler Lin, mit gerader Nummer: Spieler Lee, siehe Abb. A) sowie des daraus resultierenden Verlaufs der Korrelation als Relative Phase mit Messartefakten (Abschnitte mit roten Ellipsen versehen, siehe Abb. B)

Abbildung 58 zeigt das radiale Displacement mit seinem dazugehörigen Verlauf der Korrelation als Relative Phase als Ergebnis der Korrelationsberechnung.

Das Verfahren der Korrelationsmethode repräsentiert hinsichtlich des Bewegungsmusters zuverlässige Werte, die Aufschlüsse über das Verhalten auf dem Badminton Court laut positionaler Interaktion beider Akteure liefern.

Es kann gezeigt werden, dass sich beide Spieler in punkto Patternverhalten relativ zueinander viermal im Zustand einer In-Phasen-Relation befunden haben. Außerdem bewegten sie sich achtmal im Zustand einer Anti-Phasen-Relation: bei Spielbeginn, zwischen Sekunde 2-4, um Sekunde 4, kurzzeitig um Sekunde 6 sowie Sekunde 8, zweimal zwischen Sekunde 8-10 sowie kurz vor Beendigung des Ballwechsels.

Zu welcher Häufigkeit sich beide Spieler relativ zueinander in den Attraktorenzuständen befunden haben, kann aus Abbildung 59 abgelesen werden.

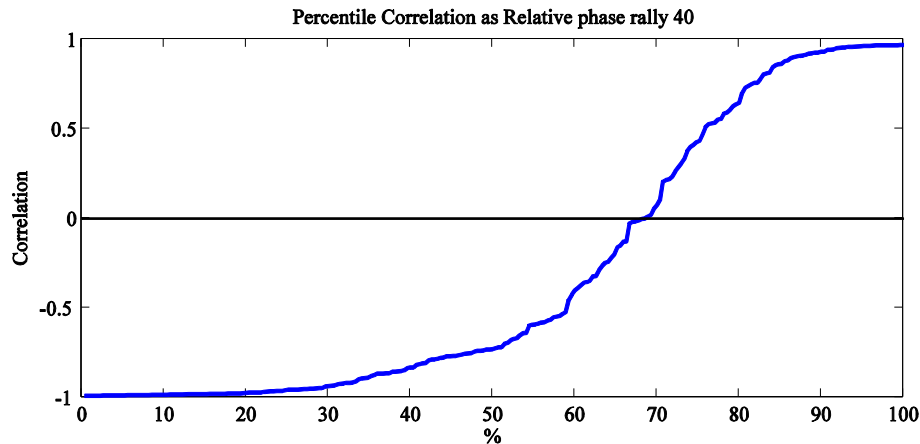


Abb. 59: Darstellung der Korrelationswerte der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie als Relative Phase in Prozent in aufsteigender Reihenfolge in BW40

Es zeigt sich, dass der Ballwechsel zu knapp zwei Drittel (68%) im Attraktorzustand der Anti-Phase verläuft, was auch dem Grundmuster laut Grafik der Positionsverläufe von Spieler Lee und Spieler Lin entspricht.

Die in Abbildung 58 mit roten Ellipsen versehenen Abschnitte des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase zeigen jene In-Phasen-Relationen, die für die Analyse mittels Korrelation als Relative Phase keine Aussagekraft bezüglich Oszillation beider Spieler auf dem Court hat. Der Verlauf der Korrelation als Relative Phase verhält sich genau so wie im Kapitel 2.5.1 gezeigt werden konnte.

Zu Beginn des Ballwechsels befinden sich beide Kontrahenten relativ zueinander in einem Modus der Anti-Phasen-Relation. Der zweite Zacken des Korrelationsverlaufs als Relative Phase repräsentiert einen sog. Splitstep von Spieler Lee. Das bedeutet, dass Spieler Lee nach Erreichen seines Zentralen Punktes weiter in Richtung seines situativen Zentralen Punktes unterwegs ist, um von dort über die Annäherung seines definierten Zentralen Punktes für Schlag Nr. 4 maximales radiales Displacement¹⁰ zu verrichten. Dieses Verhalten zieht einen kurzzeitigen Verlauf in Richtung In-Phasen-Relation nach sich, bevor sich beide Spieler wieder in einer Anti-Phasen-Relation relativ zueinander befinden.

Der vierte Zacken im Phasenverlauf stellt ebenfalls eine Annäherung an einen situativen Zentralen Punkt dar. Nach der Ausführung von Schlag Nr. 3 befindet sich Spieler Lin bereits wieder auf dem Rückweg in Richtung seines Zentralen Punktes. Er nähert sich diesem bis auf

¹⁰ Der Spieler/die Spielerin entfernt sich von seinem/ihren Zentralen Punkt in Richtung Schlagposition

1,2m an, um hier mit einem Splitstep seinen Zyklus im situativen Zentralen Punkt zu kompletieren, um sich von diesem wiederum in Richtung Schlagposition für Schlag 5 zu bewegen. Kurzzeitig bewegt sich Spieler Lin annähernd auf einer Kreisbahn um den Messursprung (seinem Zentralen Punkt). Somit legt er relativ zu diesem keine Distanz zurück. Genau in dieser Phase des Ballwechsels ist es der Korrelation nicht gelungen, einen Zusammenhang im Bewegungsverhalten der beiden Spieler zu finden (Der Verlauf der Korrelation geht gegen null und verläuft leicht darüber). Der Korrelationsverlauf als Relative Phase zeigt für diesen Zeitpunkt in der Rally kurzfristig ein In-Phasen-Verhältnis an, bevor der Verlauf der Korrelation wieder unter null verläuft und somit eine Anti-Phasen-Konstellation zwischen beiden Spielern repräsentiert.

Zacken Nr. 6 spiegelt eine eindeutige In-Phasen-Relation beider Spieler wider. Bevor der Verlauf der Korrelation als Relative Phase erneut ein In-Phasen-Verhältnis wiedergibt, zeichnet sich kurzzeitig eine Anti-Phasen-Relation zwischen beiden Spieler ab. Nachdem Spieler Lee schon wieder maximales Displacement für Schlag Nr. 8 realisiert, orientiert sich Spieler Lin über die Annäherung an seinen Zentralen Punkt in Richtung seines situativen Zentralen Punkts. Die kurzzeitige Annäherung an Lins definierten Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie reflektiert der Verlauf der Korrelation mit einer kurz andauernden Phasen-Relation der Anti-Phase, bevor die Annäherung an seinen situativen Zentralen Punkt eine erneute In-Phasen-Konstellation ergibt.

Ab Schlag Nr.9 stellt sich laut positionaler Interaktion und deren Verlauf der Korrelation als Relative Phase eine Anti-Phasen-Relation ein, in der dieser exemplarische Ballwechsel 40 auch endet.

5.2.2 Der Algorithmus der Hilberttransformation

Das Referenzverfahren zur Berechnung des Verlaufs der Korrelation der radialen Abstände als Relative Phase bildet das Verfahren der Hilberttransformation zur Ermittlung der kontinuierlichen Relativen Phase als Golden Standard-Methode.

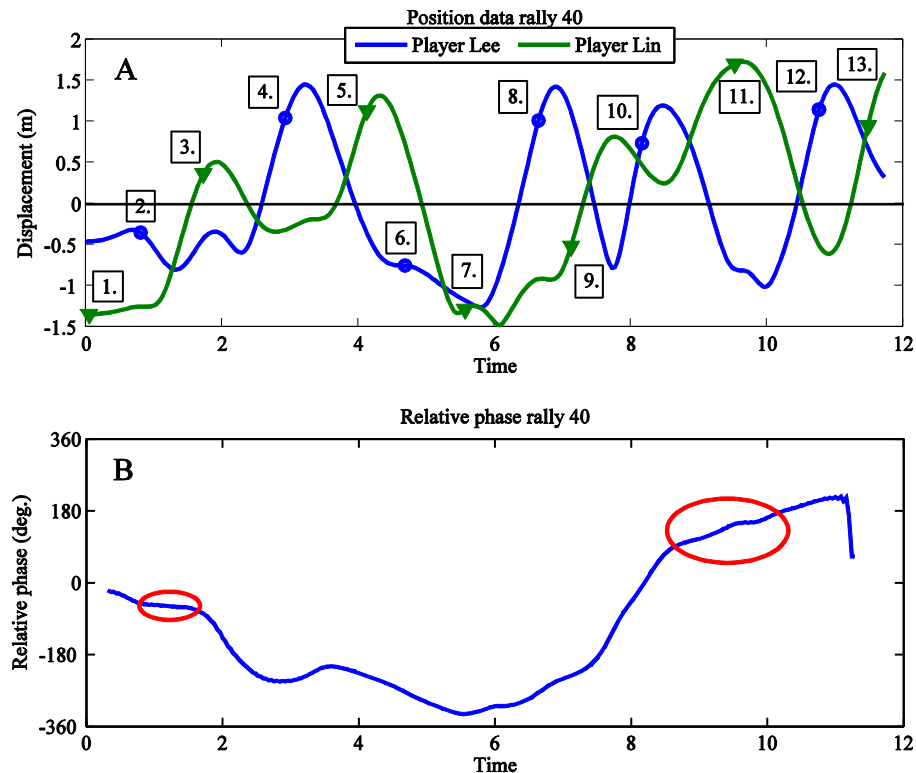


Abb. 60: Darstellung der zweidimensionalen radialen Positionsdaten beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW 40 mit durchnummerierter Schlagabfolge (Schläge mit ungerader Nummer: Spieler Lin, mit gerader Nummer: Spieler Lee, siehe Abb. A) sowie des daraus resultierenden Verlaufs der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation mit Messartefakten (Abschnitte mit roten Ellipsen versehen, siehe Abb. B)

Abbildung 60 repräsentiert die zweidimensionale radiale positionale Interaktion beider Akteure über Ballwechsel 40 mit dem dazugehörigen Verlauf der Relativen Phase als Ergebnis des Algorithmus der Hilberttransformation. Die mit roten Ellipsen versehenen Abschnitte des Verlaufs der Relativen Phase zeigen Messartefakte, wie im Kapitel 2.4.1 erwähnt. Diese können dadurch begründet werden, dass beide Spieler zu manchen Zeitpunkten in der Rally ein situatives Zentrum als ihren besten Zentralen Punkt einnehmen, anstatt den im Vorfeld der Arbeit definierten statischen Zentralen Punkt 1,5 m hinter der vorderen Aufschlaglinie. Denn nur wenn das Zentrum der Oszillation bekannt ist, kann diese richtig durch die Hilberttransformation identifiziert und quantifiziert werden und somit in Relation relativ zu den Spielerpositionen gesetzt werden.

5.2.3 Die zwei Berechnungsmethoden im Vergleich

Auch bei der qualitativen Untersuchung der Relativen Phasenverläufe sowohl als Ergebnis der Korrelation als auch als Ergebnis der Hilberttransformation zeigen sich Unterschiede hinsichtlich der Berechnungsgenauigkeit. Bei der Berechnungsvariante der Korrelation zeigten sich eindeutiger und klarere Ergebnisse des Verlaufs der Relativen Phase, was die Attraktorenzustände betrifft, als bei der Variante der Hilberttransformation. Dies ist darauf zurückzuführen,

dass die Hilberttransformation auf Grund der in Kapitel 3.4.3 angeführten Gründe nicht eindeutig zur Bewegungszyklenidentifikation beitragen konnte. Die Abbildungen 61 und 62 zeigen die Positionsverläufe von Spieler Lee und Spieler Lin in radialer Dimension mit dazugehöriger Identifikation von Zyklen durch visuelle Inspektion sowie die Positionsverläufe von Spieler Lee und Spieler Lin in radialer Dimension mit entsprechender Identifikation der Zyklen durch die Hilberttransformation.

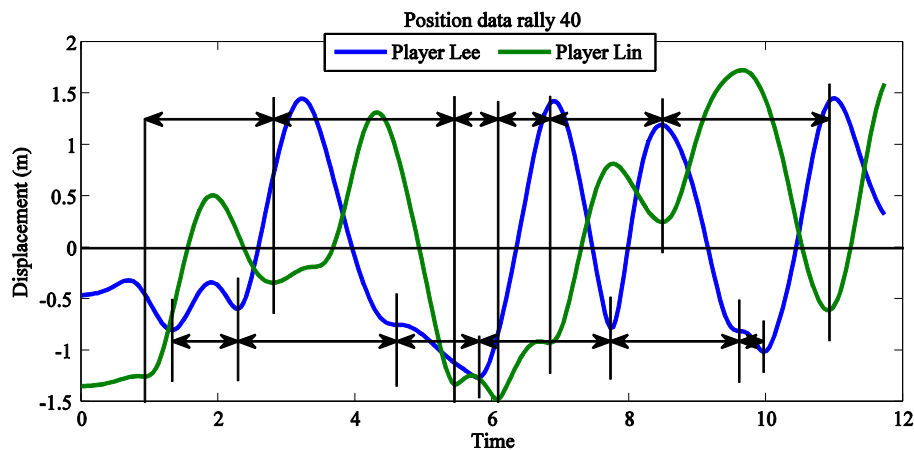


Abb. 61: Darstellung der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie mit visueller Identifikation von Zyklen in BW40

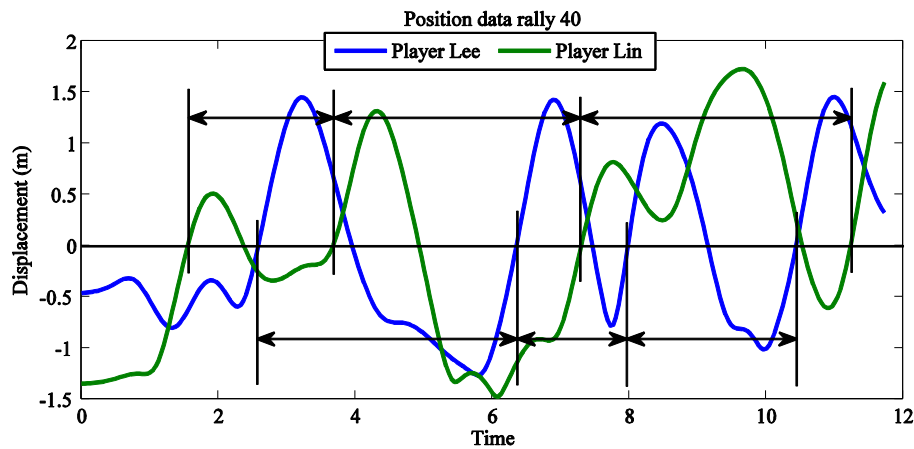


Abb. 62: Darstellung der durch die Hilberttransformation identifizierten Zyklen im zweidimensionalen radialen Signal relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40

Aus den Abbildungen 61 und 62 geht hervor, dass die Problematik in der positionalen Interaktion der beiden Spieler begründet ist. Wie in der Grafik ersichtlich, weisen die beiden Signale zwar die erforderlichen Eigenschaften auf, die für eine erfolgreiche Identifikation von Zyklen durch die Hilberttransformation sprechen würde. Stellt man jedoch die Identifikation der Zyklen durch visuelle Inspektion der Identifikation der Zyklen durch die Hilberttransformation gegenüber, so ist der Algorithmus der Hilberttransformation trotz alledem nicht in der Lage, die Zyklen ausreichend genau zu erkennen. Eine nicht unerhebliche Zahl an Zyklen wird nicht erkannt. Dieses Versagen beruht auf der Tatsache, dass authentische Signale (siehe Abbildun-

gen 61 und 62) des Öfteren um einen anderen Punkt schwingen als um die Abszisse, dem sog. Nullpunkt, der durch die Methode des Normalisierens künstlich festgelegt wird.

Wie aus diesem Beispiel ersichtlich, ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt für diese Art von Signale, wenn stabile Attraktorenzustände im Spielverhalten ermittelt werden sollen, das Verfahren der Korrelation zur Berechnung der Relativen Phase dem der Hilberttransformation vorzuziehen. Wie gezeigt werden konnte (vgl. Kapitel 5.2.1), ist es mit dieser Methode auf sehr einfache Art und Weise möglich, die einem Dynamischen System wie Badminton zugrunde liegenden Attraktorenzustände sehr zuverlässig aufzuzeigen. Vor allem bei Ballwechsel von etwas kürzerer Dauer (<10 sec.) erwies sie sich als besonders gut zur Mustererkennung einsetzbar.

Es zeigte sich, dass die Berechnung des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase für einfache Fragestellungen geeignet ist. Ein Beispiel für eine einfache Fragestellung wäre, ob Attraktorenzustände überhaupt vorhanden seien bzw. in welchen Attraktorenzuständen sich die beiden Spieler/innen relativ zu einander befinden würden. Wie die bisherigen Untersuchungen im Rahmen dieser Magisterarbeit gezeigt haben, bildet das Verfahren der Korrelation die einfachen Grundzustände zuverlässiger und genauer ab, als es das Verfahren der Hilberttransformation bis jetzt in der Lage ist. Hier bedarf es noch genauerer Methoden, um den Schritt der Datenaufbereitung noch effektiver zu gestalten.

Aussagen über bestimmte Aktionen und ihre Auswirkungen auf den Verlauf der Korrelation als Relative Phase können mit dieser Berechnungsmethode allerdings nicht getroffen werden. So lassen sich zum Beispiel komplexere Fragestellungen wie, welcher/welche Spieler/in hat eine Veränderung herbeigeführt, wer übt auf wen Druck aus und verschafft sich somit einen Vorsprung im Zyklus im Gegensatz zu seinem/ihrer Kontrahenten/Kontrahentin, nicht klären. Hierfür bedarf es der Kalkulationsmethode der Hilberttransformation.

Bezüglich der Fragestellung, ob die spielentscheidende Perturbation, die durch einen Experten und durch eine Expertin (Rater/in) visuell am Beispiel des Herrenfinalspiels bei den Olympischen Sommerspielen in Beijing wahrgenommen wurden, auch im Verlauf der Relativen Phase abgebildet wird, muss Folgendes festgestellt werden: Der Beobachter und die Beobachterin erfassten in Summe aus insgesamt 17 Ballwechsel 17 spielentscheidende Perturbationen, die für den Punktegewinn oder -verlust verantwortlich waren. Werden als Übereinstimmungskriterium Unterschiede in der Schlägerkennung von einem Schlag gewertet (vgl. Kapitel 3.7), ergibt sich eine absolute Übereinstimmungswahrscheinlichkeit des Raters und der Raterin von insgesamt 88,23%, also 15 Perturbationen wurden in diesem Sinne übereinstimmend erkannt.

Berechnet man die Interrater-Reliabilität nach dem Kappa-Koeffizienten (nach Cohen), so ergibt sich ein Kappa-Wert von ,87. Dieses Maß kann als perfektes Agreement eingestuft werden (siehe Tabelle 5).

Tab. 5: Werte des Kappakoeffizienten

Kappa	Strength of agreement
$\kappa \geq 0.8$	Very good
$0.6 \leq \kappa < 0.8$	Good
$0.4 \leq \kappa < 0.6$	Moderate
$0.2 \leq \kappa < 0.4$	Fair
$\kappa < 0.2$	Poor

Quelle: Altman (1991, S. 404)

Trotz dieses doch sehr hohen Interrater-Reliabilitäts-Werts des Raters und der Raterin über alle 17 Ballwechsel hinweg, konnte die Analyse mittels Relativer Phase aus der Theorie Dynamischer Systeme für den exemplarisch angeführten Ballwechsel 40 die Wahrnehmung des Experten und der Expertin nicht bestätigen. In diesem Fall konnte keine spielentscheidende Perturbation im Verlauf der Relativen Phase detektiert werden, die durch eine visuelle Inspektion des Ballwechsels prognostiziert wurde.

5.3 Ordnungsparameter im Vergleich

Das zweidimensionale radiale Displacement der Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5 m hinter der vorderen Aufschlaglinie ist eine gute Quelle für die erforderliche räumlich-zeitliche Information. Sie entspricht dem Muster, das Badmintonspieler/innen annehmen. Daher wird das Muster klar in den Daten repräsentiert. Es zeichnet sich eine Tendenz in Richtung Anti-Phasen-Relation (180°) im Oszillationsverhalten der beiden Spieler über alle sieben analysierten Ballwechsel hinweg ab (Grafiken in Abbildung 63).

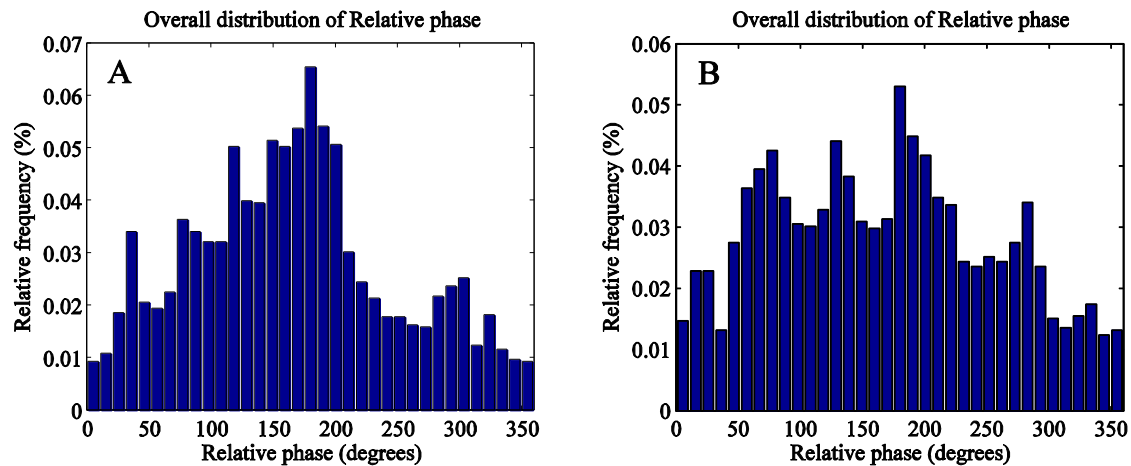


Abb. 63: Histogramm der Gesamtverteilung der Relativen-Phasen-Werte der zweidimensionalen radialen Positionsdaten über das gesamte Relative Phasenspektrum von 0° bis 360° : relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie (statisches Zentrum, Abb. A), relativ zum Median als Zentraler Punkt (situiertes Zentrum, Abb. B) ($n=7$)

Die insgesamt Verteilung aller Ballwechsel repräsentiert eine unimodale Verteilung im Attraktorzustand einer Anti-Phase für das zweidimensionale radiale Displacement über das Spektrum von 0 bis 360° . Die Binbreite beträgt dabei $10,28^\circ$ im Diagramm A, $10,27^\circ$ im Diagramm B.

Im Mittel spiegelt dieser Zustand die höchste relative Häufigkeit wider, was einen Hinweis darauf liefert, dass dieser durch die Spieler über alle sieben analysierten Ballwechsel hinweg am häufigsten eingenommen wurde. Das bedeutet, dass diese Phasen-Relation den stabilsten Zustand gegenüber allen anderen Zuständen im Dynamischen System Badminton repräsentiert.

Ein sehr ähnliches Bild ergibt sich beim Anblick der Verteilung der Korrelationswerte über alle sieben analysierten Ballwechsel (Abbildung 64). Wirft man einen Blick auf diese Daten, so zeigt sich ebenfalls eine signifikante Tendenz in Richtung Anti-Phasen-Relation (repräsentiert durch Korrelationswerte um -1). Demnach besteht ein absolut negativer Zusammenhang in der Bewegungsrichtung zwischen beiden Spielern.

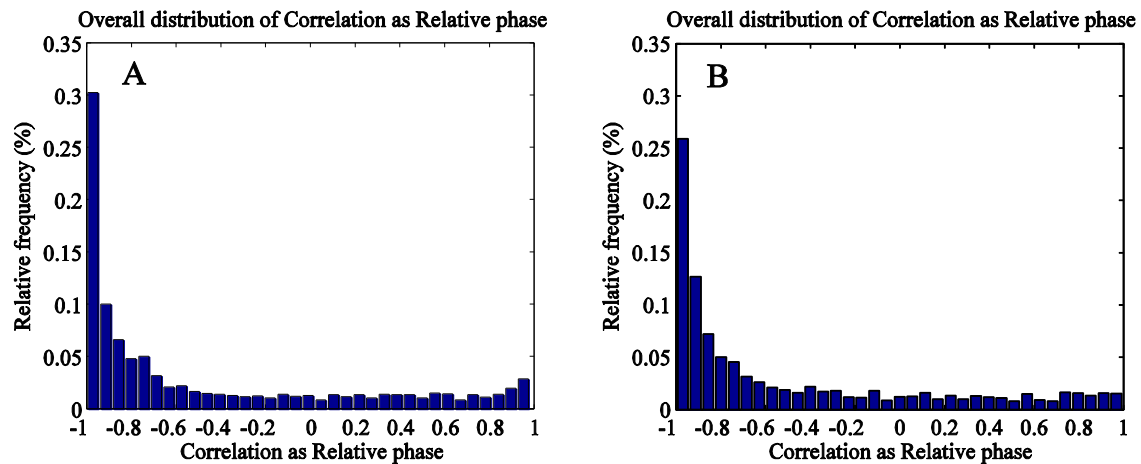


Abb. 64: Histogramm der Gesamtverteilung der Korrelationswerte als Relative-Phasen-Werte der zweidimensionalen radialen Positionsdaten über das gesamte Relative Phasenspektrum von -1 bis 1: relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie (statisches Zentrum, Abb. A), relativ zum Median als Zentraler Punkt (situitives Zentrum, Abb. B) ($n=7$)

Die Grafiken in Abbildung 65 zeigen die Ergebnisse eines Singleballwechsels.

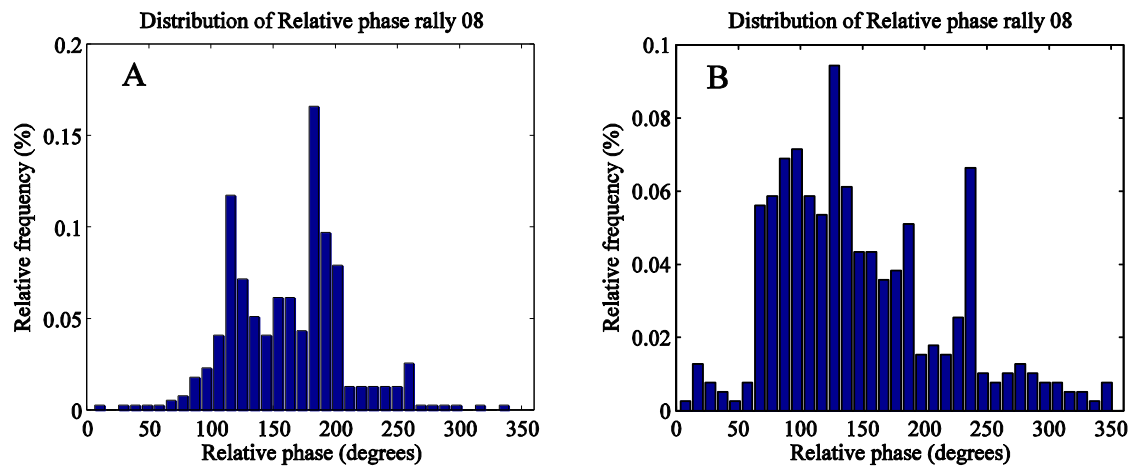


Abb. 65: Histogramm der Verteilung der Relativen Phase-Werte der zweidimensionalen radialen Positionsdaten in BW08 über das gesamte Relative Phasen-Spektrum von 0 bis 360°: relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie (statisches Zentrum, Abb. A), relativ zum Median als Zentraler Punkt (situitives Zentrum, Abb. B)

Die Phasen-Relationen des radialen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie zeigen Tendenzen in Richtung 180°, eine Anti-Phasen-Konstellation beider Spieler (Abbildung A).

Abbildung B repräsentiert hingegen eine Verteilung der Relativen-Phase-Werte, welche überwiegend zwischen 70° und 240° liegen. Während das Ergebnis im Falle des statischen Zentralen Punkts (zweidimensionales radiales Displacement relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie) mit den Erkenntnissen, die aus der Verteilung aller Ballwechsel gewonnen werden konnten, einhergeht, zeigt der Verlauf der Relativen Phase im Falle eines dynamischen Zentralen Punkts (zweidimensionales radiales Displacement relativ zum Median als Zentraler Punkt) kein eindeutiges Muster im Bewegungsverhalten der beiden Spieler.

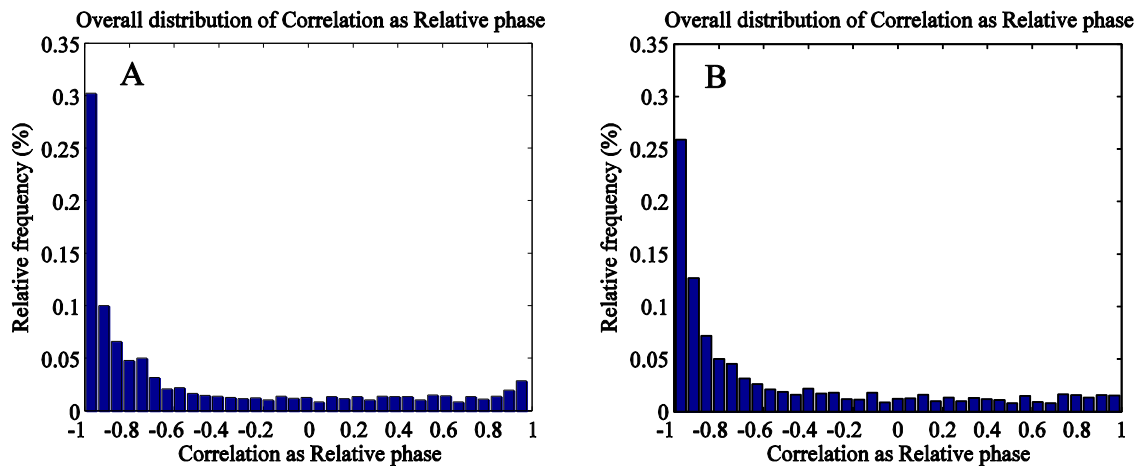


Abb. 66: Histogramm der Verteilung der Korrelationswerte als Relative-Phase-Werte der zweidimensionalen radialen Positionsdaten in BW08 über das gesamte Relative Phasenspektrum von -1 bis 1: relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie (statisches Zentrum, Abb. A), relativ zum Median als Zentraler Punkt (situitives Zentrum, Abb. B)

Auch die Verteilung des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase (Abbildung 66) zeigt ein ähnliches Bild wie schon zuvor der Verlauf der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation (Abbildung 65). Mit einer Ausnahme: Während das Bild der Verteilung der Korrelationswerte als mögliche Phasen-Relationen im Falle des statischen Zentralen Punkts ein ähnliches ist, nämlich eine Anti-Phase (Abbildung A), spiegelt der Verlauf der Korrelation als Relative Phase hinsichtlich des dynamischen Zentralen Punkts erneut ein deutliches Spielerverhalten in Anti-Phase wider (Abbildung B). Das Muster, welches klar in diesen Daten zum Vorschein kommt, ist jenes der Anti-Phasen-Relation (repräsentiert durch Korrelationswerte von -1).

Die visuelle Inspektion der Phasen-Relationen des zweidimensionalen radialen Displacements zeigt also eine starke Tendenz in Richtung Anti-Phasen-Konstellation (180° bzw. Korrelationswerte von -1), die zwischen beiden Spielern über alle Rallies besteht. Diese Erkenntnis liefert den Hinweis, dass eine komplementäre Relation zwischen beiden Spielern zu erwarten ist.

Dies bedeutet, dass ein Spieler seinen Zentralen Punkt verlässt, um seinen nächsten Schlag zu machen, der andere Spieler kehrt in seine neutrale Position zurück und vice versa. Folglich ist eine Phasen-Relation um 180° bzw. -1 als resultierendes Bewegungsmuster im Badminton zu erwarten.

Das Ergebnis verdeutlicht, dass beide Spieler ein ähnliches Spielziel verfolgen. Durch das exakte Anspielen der Extrempositionen soll es dem/der Gegner/in möglichst schwer gemacht werden, wieder in die Zentrale Position zurückzukehren. Gelingt es ihm/ihr jedoch rechtzeitig, d.h. bevor der/die Gegner/in den Federball zurückschlägt, seine/ihre Grundstellung im

Zentralen Punkt einzunehmen, so kann das Bewegungsmuster als statisch angesehen werden. Eine strenge Anti-Phasen-Relation (180° bzw. Korrelationswerte um -1) ist die Folge. Gelingt es einem/einer Spieler/in nicht mehr, rechtzeitig in seine/ihre angestammte Zentrale Position zurückzukehren, resultiert bei statischer Betrachtungsweise des Bewegungsverhaltens eine Phase-Transition in Richtung In-Phasen-Relation.

5.4 Ausblick

Das Bewegungsmuster im Badminton findet hauptsächlich in zweidimensionaler Ebene statt. Abgesehen davon können separate Analysen der Displacements in lateraler sowie in longitudinaler Richtung zusätzliche Informationen bezüglich des räumlich-zeitlichen Bewegungsverhaltens der Badmintonspieler/innen liefern.

In Anlehnung an McGarry (2006) kann diese Art von Analyse in lateraler sowie in longitudinaler Richtung dazu beitragen herauszufinden, in welcher Richtungsdimension es für den/die Spieler/in einfacher ist, die Symmetrie zu brechen, um zum Punkterfolg zu kommen. Diese Erkenntnis kann möglicherweise von Bedeutung sein, wenn es darum geht, demjenigen/derjenigen Spieler/in den Vorteil zuzusprechen, dem/der es gelingt die Symmetrie zu durchbrechen und dadurch die Kontrolle über den Ballwechsel zu gewinnen. Abgesehen davon sind die Konsequenzen des Durchbrechens der Symmetrie des Dynamischen Systems - beispielsweise den Punkt zu gewinnen oder zu verlieren - zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch unklar und verlangen weitere Untersuchungen.

Eine weitere Methode den Algorithmus der Hilberttransformation zu modifizieren, wäre es, zu Beginn die jeweiligen lokalen Maxima und Minima des Zeitverlaufs zu bestimmen. Nach Definition der Relativen Phase ist die Strecke eines lokalen Minimums zum nächsten lokalen Minimum eine Spieler-/Spielerinnenbewegung von $0 - 360^\circ$. Diese entspricht genau die Länge eines Zyklus.

Das Bewegungsverhalten eines/einer Spielers/Spielerin ist demnach als Bewegung aufzufassen, welche von ihrem Ursprung (Mittelpunkt der Bewegung) auf eine entsprechende Schlagposition und wieder zurück verläuft, wo der Zyklus komplettiert wird.

Mit dieser Information über die jeweiligen Positionen der Spieler/innen innerhalb ihrer Zyklen ist es nun möglich, die jeweiligen Phasenwinkel relativ zum Maximum an Entfernung (Schlagpunkt 180°) mittels einer einfachen Schlussrechnung zu berechnen. Mit dieser Zusatzinformation wäre es vielleicht möglich, mit Hilfe der Hilberttransformation noch zuverlässiger Zyklen zu identifizieren, um somit genauere und bessere Ergebnisse zu erzielen als bisher.

6 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die Relative Phase spiegelt das Spielgeschehen auf dem Badminton Court wider. Die Berechnung der Relativen Phase basierend auf der Hilberttransformation ist durch die mittlerweile zahlreichen Untersuchungen, die sich mit dieser Thematik auseinandersetzen, als bereits etablierte Methode und somit als „Golden Standard“ anzusehen. Die Relative Phase stellt, wie das Wort „Relative Phase“ schon sagt, den relativen Bewegungsverlauf der beiden Akteure/Akteurinnen zueinander über den gesamten Ballwechsel hinweg dar. Die beiden Spieler/innen können sich dabei sowohl gleichgerichtet in einem Attraktorzustand der In-Phase als auch entgegengesetzt in einem Attraktorzustand der Anti-Phase befinden. Beide Zustände sind jedoch als stabil im System anzusehen.

Es kann also von folgender Hypothese ausgegangen werden: Während eines stabilen Zustandes ist die Relative Phase stabil. Kippt das Spielgeschehen auf dem Platz jedoch in Richtung eines instabilen Verhaltens, so spiegelt sich dies als Instabilität im Verlauf der Relativen Phase wider.

Im Rahmen dieser empirisch durchgeführten Studie wurde der Frage nachgegangen, ob das Konzept der Relativen Phase in der Analyse von Einzelschlagspielen aus der Theorie Dynamischer Systeme auch auf die Wettkampfsportart Badminton übertragbar ist. Die für die Evaluationsstudie verwendeten beiden Zeitreihen der Athleten stammten aus einer Videoanalyse, die mit dem Programm Utilius Easy Inspect durchgeführt wurde. Aus diesen beiden Zeitreihen wurden im Anschluss mit dem Programm Microsoft Excel zwölf unterschiedliche Ordnungsparameter ermittelt, von denen angenommen werden konnte, dass sie den Verlauf der Relativen Phase gut abbilden würden (Kapitel 3.4.2.1). Die Relative Phase als Analyseinstrumentarium wurde dann für jeden einzelnen Analyseparameter mathematisch durch die Berechnungen der Korrelation als Relative Phase, durch die Berechnungen der Polarkoordinaten sowie durch die der Hilberttransformation ermittelt. Die Ergebnisse aus diesen drei unterschiedlichen Verfahren wurden folglich miteinander verglichen. Dabei kristallisierten sich zwei Berechnungsmethoden (die Korrelation der Abstände und der Algorithmus der Hilberttransformation) sowie zwei Ordnungsparameter (das zweidimensionale radiale Displacement relativ zum statischen Zentralen Punkt sowie das zweidimensionale radiale Displacement relativ zum dynamischen Zentralen Punkt) von besonders großer Relevanz heraus.

Das zweidimensionale radiale Displacement der beiden Spieler eignet sich durch die klare Struktur der Daten und durch die resultierenden, eindeutigen Relativen-Phasen-Relationen für eine semantische Interpretation der Relativen Phase im Zusammenhang mit den Geschehnis-

sen auf dem Court. Durch den Verarbeitungsschritt des Normalisierens erhalten die Daten die notwendige Eigenschaft, um die Abszisse zu oszillieren. Die Relative Phase zeigt somit eindeutig das gewünschte Verhalten gemäß der im Kapitel 2.4.1 gewonnenen Erkenntnisse. Die Vorgangsweise, die beiden Verläufe des zweidimensionalen radialen Displacements einer Analyse gemäß Dynamischer Systeme zu unterziehen, ist infolgedessen ein adäquater Lösungsansatz für die Problematik der Definition eines Ordnungsparameters.

Nach Walter (2006) wird als Bewegungsmuster eine Oszillation angenommen. Nur wenn das Oszillationszentrum bekannt ist, kann die Oszillation richtig erkannt und beschrieben werden. Ein Referenzpunkt ist absolut notwendig. Kennt man diesen, können die Oszillationen der beiden Spieler/innen quantifiziert und auch relativ zueinander in Relation gesetzt werden. Beispielsweise im Badminton können die Ordnungsparameter als die jeweiligen Positionen der Spieler/innen relativ zu ihren Zentralen Punkten aufgefasst werden. Die grundlegende Frage nach dem Oszillationszentrum ist somit geklärt und einer validen Untersuchung gemäß der Theorie Dynamischer Systeme steht somit nichts mehr im Wege.

Im Falle von Badminton kann das Zentrum der Oszillation als statisch angesehen werden, sofern es beiden Spielern/Spielerinnen gelingt, rechtzeitig wieder zum Zentralen Punkt, der sich 1,5m – 2m hinter der vorderen Aufschlaglinie befindet, zurückzukehren. Eine unendlich lang andauernde Rally und ein resultierendes Muster von 180° bzw. Korrelationswerte um -1 wären die Folge, eine Anti-Phase wäre also zu erwarten. Durch das gezielte Anspielen der vier Ecken des Spielfelds wird allerdings versucht, den/die Gegenspieler/in zu langen Laufwegen zu zwingen, um ihm/ihr das Bestreben, wieder rechtzeitig in den Zentralen Punkt zurückzukehren, zu erschweren.

Im Falle einer statischen Betrachtungsweise des Referenzpunktes bedeutet das mit anderen Worten, wenn es einem/einer Spieler/in gelingt, durch präzise Schläge seinen/seine Kontrahenten/Kontrahentin so auf dem Court zu positionieren, dass es ihm/ihr nicht mehr möglich ist, den stabilen Attraktorzustand der Anti-Phase einzunehmen, dann kippt das Spielgeschehen auf dem Platz in Richtung der weitaus weniger stabilen Phasen-Relation der In-Phase.

Gelingt es dem/der Spieler/in, sich aus diesem Zustand durch ein geschicktes taktisches Verhalten zu befreien und sich in den Zustand der Anti-Phasen-Relation zu retten, beginnt der Ballwechsel wieder von Neuem (siehe BW 33 im Anhang).

Es zeichnet sich also bei statischer Betrachtungsweise eine Tendenz in Richtung Anti-Phasen-Relation als das wichtigste Maß im Badminton ab.

Durch die Zusammenhangsprüfung der jeweiligen Ordnungsparameter beider Berechnungsmethoden, die schlussendlich in dieser Studie mittels Intraklassenkorrelationskoeffizienten Anwendung gefunden haben, konnte gezeigt werden, dass ein signifikanter Zusammenhang hinsichtlich der Wahl der Zentralen Punkte besteht.

Aufgrund dieses Ergebnisses lässt sich ableiten, dass die Wahl des Ordnungsparameters keinen Einfluss auf die Abbildung des Spielgeschehens auf dem Platz hat. Demnach besteht ein Zusammenhang zwischen dem Verlauf der Relativen Phase, dem der zweidimensionale radiale Abstand zum statischen Zentralen Punkt als Ordnungsparameter zugrunde liegt, und jenem, dem der zweidimensionale radiale Abstand zum dynamischen Zentralen Punkt (Median) als Ordnungsparameter zugrunde liegt. Das lässt sich dadurch begründen, dass sich, streng genommen, der Median als dynamischer Zentraler Punkt ähnlich verhält wie der statisch angenommene Zentrale Punkt. Der Median als dynamischer Zentraler Punkt ist nicht geeignet, da er über die Dauer eines Ballwechsels ebenfalls wieder konstant bleibt und somit den Ansprüchen eines dynamischen Zentralen Punktes nicht genügt. Ein dynamischer Bezugspunkt hätte nämlich den Anspruch, dass dieser auch innerhalb des Ballwechsels eine gewisse Dynamik erfährt, d.h. er müsste von Schlag zu Schlag unterschiedlich sein. Um diesen Anspruch eines dynamischen Bezugspunktes gerecht zu werden, müsste auf die Schlagrichtung und die daraus resultierenden Laufwege sowie auf die Antwortmöglichkeiten des/der Gegenspielers/Gegenspielerin eingegangen werden (siehe Kapitel 5.1.1).

Es muss jedoch kritisch angemerkt werden, dass der Intraklassenkorrelationskoeffizient sehr stark von der Spannweite der Datensätze abhängig ist. Ist beispielsweise bei guter Übereinstimmung der Methoden die Variabilität der Daten eher gering, so spiegelt sich diese in einem eher niedrigeren Intraklassenkorrelationskoeffizienten wieder und vice versa (Bland & Altman, 1990, S. 338).

Um das Verhalten eines Dynamischen Systems vollständig abzubilden, ist es auch notwendig den Anforderungen einer Oszillation um ein dynamisches Zentrum Rechnung zu tragen.

Bezüglich des Vergleichs der beiden Berechnungsmethoden zeigten sich kleinere Unterschiede in Sachen Berechnungsgenauigkeit. Das Verfahren der Korrelation war in der Lage, Attraktorenzustände genauer zu detektieren, als es der Algorithmus der Hilberttransformation im Stande war. Dem Verfahren der Hilberttransformation gelang es nicht immer ausreichend genau, Zyklen zu identifizieren, und zwar dann nicht, wenn der/die Spieler/in einen situativen Zentralen Punkt einnahm (siehe Kapitel 3.4.3). Die Problematik besteht darin, dass durch diese Verhaltensweise der Akteure/Akteurinnen das Oszillationszentrum unbekannt ist. Es ist also

nicht möglich, sie richtig zu erfassen und zu charakterisieren und sie dann in Relation relativ zu den beiden Spielern/Spielerinnen zu setzen. Um eine valide Untersuchung gemäß der Theorie Dynamischer Systeme durchzuführen, ist es absolute Voraussetzung, dass ein stabiles Zentrum der Oszillation vorliegt.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass zum derzeitigen Stand aus wissenschaftlicher Sicht beide Berechnungsmethoden der Relativen Phase (das Verfahren der Korrelation sowie das Verfahren der Hilberttransformation) ihre Berechtigung haben. Es kommt ganz darauf an, welche Fragestellung hinsichtlich des Verlaufs der Relativen Phase im Zentrum der Untersuchung steht. Soll der Frage nach der Existenz von Attraktorenzuständen im Dynamischen System Badminton nachgegangen werden, so ist das Verfahren der Korrelation zum momentanen Zeitpunkt dem Verfahren der Hilberttransformation zu bevorzugen. Einerseits ist es nicht ganz so zeitaufwändig (siehe Kapitel 5.2) und komplex zu berechnen und andererseits liefert es zum gegenwärtigen Zeitpunkt zuverlässigere Ergebnisse in Sachen Attraktorenzustände. Aussagen über den/die Initiator/in des Drucks können mit dieser Methode allerdings nicht getroffen werden (siehe Kapitel 5.2.3). Aus diesem Grund ist der Verlauf der Korrelation als Relative Phase als Ergebnis des Verfahrens der Korrelation nicht in der Lage, die von dem Experten und der Expertin identifizierte Perturbation im Beispielballwechsel abzubilden. Sehr wohl können aber Aussagen hinsichtlich der prozentualen Verteilung der beiden stabilen Systemzustände getroffen werden.

Stehen aber komplexere Fragestellungen im Zentrum der Untersuchungen (wie beispielsweise möchte man der Frage nachgehen, durch welche Aktion verschafft sich ein/eine Spieler/in einen spielerischen Vorteil innerhalb des Ballwechsels, wird durch diese Aktion Druck auf jemanden ausgeübt, oder gerät jemand unter Druck), muss auf das Analysetool der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation zurückgegriffen werden. Mit dieser Berechnungsmethode ist es grundsätzlich möglich, Perturbationen zu erkennen. Die semantische Interpretation des Beispielballwechsels führt allerdings zu keinem Ergebnis. Demzufolge ist auch keine Perturbation, die durch das Referenzsystem des Raters und der Raterin visuell erkannt wurde, in Ballwechsel 40 erkennbar.

Es bleibt also festzuhalten, dass, um das neue Paradigma der Relativen Phase auf diese Fragestellungen wissenschaftlich methodisch korrekt anzuwenden, es aber unbedingt noch die Frage nach dem Ordnungsparameter relativ zum situativen Zentralen Punkt zu lösen gilt. Hierfür bedarf es noch einige Untersuchungen.

Literaturverzeichnis

- Altman, D. G. (1991). *Practical statistics for medical research*. London: Chapman & Hall.
- Beek, P. (1989). *Juggling dynamics*. Amsterdam: Free University Press.
- Bland, J. M. & Altman, D. G. (1990). A note on the use of the intraclass correlation coefficient in the evaluation of agreement between two methods of measurement. *Computers in Biology and Medicine*, 20(5), 337-340.
- Bourbousson, J., Seve, C. & McGarry, T. (2010a). Space-time coordination dynamics in basketball: Part 1. Intra- and inter-couplings among player dyads. *Journal of Sports Sciences*, 28(3), 339-347. doi:10.1080/02640410903503632
- Bourbousson, J., Seve, C. & McGarry, T. (2010b). Space-time coordination dynamics in basketball: Part 2. The interaction between the two teams. *Journal of Sports Sciences*, 28(3), 349-358. doi: 10.1080/02640410903503640
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37-46. Zugriff am 26. Februar 2014 unter <http://epm.sagepub.com/content/by/year> (limitierter Zugriff)
- Cordes, O. & Lames, M. (2010). Kopplung von Mannschaften, Mannschaftsteilen und Spielern im Fußball – Berechnung mit Hilfe der Relativen Phase. In J. Wiemeyer, D. Link, R. Angert, B. Holler, A. Kliem, N. Roznawski, D. Schöberl & M. Stroß (Hrsg.), *Abstractband zur Tagung der dvs-Sektion Sportinformatik und der deutschen interdisziplinären Vereinigung für Sporttechnologie vom 15.-17. September in Darmstadt* (S. 123-125). Zugriff am 25. Juli 2014 unter <http://www.sportinformatik2010.de/Vorlagen/Abstractband.pdf>
- Gabor, D. (1946). Theory of Communication. *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, 93(26), 429-441. doi: 10.1049/ji-3-2.1946.0074
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Graham, W. (2003). *Time-series analysis and cyclostratigraphy. Examining stratigraphic records of environmental cycles*. Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, São Paulo: Cambridge University Press.
- Grehaigne, J. F., Bouthier, D., & David, B. (1997). Dynamic-system analysis of opponent relationships in collective actions in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 15(2), 137-149.
- Hakan, H. (1990). *Synergetik – Eine Einführung. Nichtgleichgewichts – Phasenübergänge und Selbstorganisation in Physik, Chemie und Biologie* (3., erw. Aufl.). Berlin: Springer.
- Haken, H., Kelso, J. A. S. & Bunz, H. (1985). A theoretical model of phase transitions in human hand movements. *Biological Cybernetics*, 51(5), 347-356. Zugriff am 2. August 2014 unter <http://link.springer.com/journal/volumesAndIssues/422> (limitierter Zugriff)
- Jörg, D. & Lames, M. (2009). Perturbationen im Tennis – Beobachtbarkeit und Stabilität. In M. Lames, C. Augste, O. Cordes, Ch. Dreckmann, K. Görsdorf & M. Siegle (Hrsg.), *Gegenstand und Anwendungsfelder der Sportinformatik* (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft Bd. 189, S. 86-96). Hamburg: Czwalina.
- Kelso, J. A. S. (1995). *Dynamic patterns. The self-organization of brain and behavior*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Kelso, J. A. S., Buchanan, J. J. & Wallace, S. A. (1991). Order parameters for the neural organization of single, multijoint limb movement patterns. *Experimental Brain Research*, 85(2), 432-444. Zugriff am 2. August 2014 unter <http://link.springer.com/journal/volumesAndIssues/221> (limitierter Zugriff)
- Kempter, S. (2008). *Körperliches Beanspruchungsprofil im modernen Badminton unter ausgewählten energetischen und biomechanischen Aspekten*. Dissertation, München: Technische Universität, Fakultät für Sportwissenschaft. Zugriff am 26. Februar 2014 unter <http://mediatum.ub.tum.de/doc/646579/646579.pdf>

- Kugler, P. N., Kelso, J. A. S. & Turvey, M. T. (1980). On the concept of coordinative structures as dissipative structures. In G. E. Stelmach & J. Requin (Eds.), *Tutorials in Motor Behavior* (pp. 3-47). Amsterdam: North-Holland.
- Lames, M. (1991). *Leistungsdiagnostik durch Computersimulation. Ein Beitrag zur Theorie der Sportspiele am Beispiel Tennis*. (Beiträge zur Sportwissenschaft, 17). Frankfurt Thun: Harry Deutsch.
- Lames, M. (1998). Leistungsfähigkeit, Leistung und Erfolg – Ein Beitrag zur Theorie der Sportspiele. *Sportwissenschaft*, 28(2), 137-152.
- Lames, M. (1999). Fußball – Ein Chaosspiel? In J. P. Janssen, A. Wilhelm & M. Wegner (Hrsg.), *Empirische Forschung im Sportspiel – Methodologie, Fakten und Reflektionen* (S. 141-155). Kiel: Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Lames, M. (2006). Modelling the interaction in game sports – Relative phase and moving correlations. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5(4), 556-560. Zugriff am 26. Februar 2014 unter <http://www.jssm.org/vol5/n4/12/v5n4-12pdf.pdf>
- Lames, M. & Walter, F. (2006). Druck machen und Ausspielen – Die Relative Phase und die Interaktion in Rückschlagspielen am Beispiel Tennis. *Spectrum der Sportwissenschaften*, 18(2), 7-24.
- Lee, D. N. (1976). A theory of visual control of braking based on information about time-to-collision. *Perception*, 5(4), 437-459. Zugriff am 26. Februar 2014 unter <http://www.perceptionweb.com/allvols.cgi?journal=P> (limitierter Zugriff)
- Lemke, K. D. & Meseck, U. (2011). *Badminton Training. Technik – Taktik – Kondition* (3., neu bearb. Aufl.). Aachen: Meyer & Meyer.
- Mainzer, K. (2004, Oktober). *Was sind komplexe Systeme? Komplexitätsforschung als integrative Wissenschaft*. Vortrag auf dem 1. Symposium zur Gründung der Deutsch-Japanischen Gesellschaft für Integrative Wissenschaft in Bonn. Zugriff am 10. März 2010 unter http://www.integrative-wissenschaft.de/Archiv/dokumente/Mainzer-14_10_04.pdf
- McCarry, T. (2006). Identifying patterns in squash contests using dynamical analysis and human perception. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 6(2), 134-147. Zugriff am 26. Februar 2014 unter <http://www.ingentaconnect.com/content/uwic/ujpa;jsessionid=3brlmpceo7c2b.henrietta> (limitierter Zugriff)
- McGarry, T., Anderson, D. I., Wallace St., A., Hughes, M., D., & Franks, I., M. (2002). Sport competition as a dynamical self-organizing system. *Journal of Sports Sciences*, 20(10), 771-781.
- McGarry, T., Khan, M. A. & Franks, I. M. (1999). On the presence and absence of behavioural traits in sport: an example from championship squash match-play. *Journal of Sport Sciences*, 17(4), 297-311.
- McGarry, T. & Walter, F. (2007). On the detection of space-time patterns in squash using dynamical analysis. *International Journal of Computer Science in Sport*, 6(2), 42-49. Zugriff am 26. Februar 2014 unter <http://www.iacss.org/index.php?id=30> (limitierter Zugriff)
- Neumann, O. (1993). Psychologie der Informationsverarbeitung: Aktuelle Tendenzen und einige Konsequenzen für die Aufmerksamkeitsforschung. In R. Daus & K. Blischke (Hrsg.), *Aufmerksamkeit und Automatisierung in der Sportmotorik* (S. 56-78). St. Augustin: Academia.
- O'Donoghue, P. (2010). *Research methods for sports performance analysis*. New York: Routledge.
- Palut, Y., & Zanone, P. S. (2005). A dynamical analysis of tennis: concepts and data. *Journal of Sports Sciences*, 23(10), 1021-1031.
- Papula, L. (2008). *Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Band 1* (11., verb. und erw. Aufl.). Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg.
- Perl, J., Lames, M. & Glitsch, U. (2002). *Modellbildung in der Sportwissenschaft*. Schorndorf: Hofmann.

- Pikovsky, A., Rosenblum, M. & Kurths, J. (2001). *Synchronisation: a universal concept in nonlinear sciences*. Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, São Paulo: Cambridge University Press.
- Rosenblum, M. & Kurths, J. (1998). Analysing synchronization phenomena from bivariate data by means of the Hilbert transform. In H. Kantz, J. Kurths & G. K. Mayer (Hrsg.), *Nonlinear Analysis of Psychological Data* (pp. 91-99). Berlin: Springer.
- Rosenblum, M., Pikovsky, A. & Kurths, J. (1996). Phase synchronization of chaotic oscillators. *Physical Review Letters*, 76(11), 1804-1807. Zugriff am 26. Februar 2010 unter <http://journals.aps.org/prl/pdf/10.1103/PhysRevLett.76.1804>
- Rosenblum, M., Pikovsky A., Kurths J., Schäfer C. & Tass P. (2001). Phase synchronization: from theory to data analysis. In F. Moss & S. Gielen (Eds.), *Handbook of Biological Physics* (pp. 279-321). Amsterdam: Elsevier.
- Schmidt, R. C., Carello, C. & Turvey, M. T. (1990). Phase transitions and critical fluctuations in the visual coordination of rhythmic movements between people. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16(2), 227-247. Zugriff am 26. Februar 2014 unter <http://www.apa.org/pubs/journals/xhp/> (limitierter Zugriff)
- Siegle, M. & Lames, M. (2013). Modeling soccer by means of Relative phase. *Journal of Systems Science and Complexity*, 26(1), 14-20. doi: 10.1007/s11424-013-2283-2
- Tass, P., Rosenblum, M. G., Weule, J., Kurths, J., Pikovsky, A., Volkmann, J. ... Freund, H. -J. (1998). Detection of n:m phase locking from noisy data: Application to magnetoencephalography. *Physical Review Letters*, 81(15), 3291-3294. Zugriff am 26. Februar 2014 unter <http://journals.aps.org/prl/pdf/10.1103/PhysRevLett.81.3291>
- Vereijken, B., Withing, H.T. & Beek, W. J. (1992). A dynamical systems approach to skill acquisition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, The Section A: Human Experimental Psychology*, 45, 323-344. doi: 10.1080/14640749208401329
- Walter, F. (2006). *Das Sportspiel als Dynamisches System am Beispiel Tennis*. Hausarbeit, Institut für Sportwissenschaften der Universität Augsburg, Augsburg.
- Walter, F., Lames, M. & McGarry, T. (2007). Analysis of sports performance as a dynamical system by means of the Relative phase. *International Journal of Computer Science in Sport*, 6(2), 35-41. Zugriff am 26. Februar 2014 unter <http://www.iacss.org/index.php?id=30> (limitierter Zugriff)
- Zanone, P. S. & Kelso, J. A. S. (1992). Evolution of behavioral attractors with learning: nonequilibrium phase transitions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18(2), 403-421. doi: 10.1037/0096-1523.18.2.403

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Darstellung eines Spielverlaufs im Fußball als dynamisches System (Lames, 1998, S. 148)	4
Abb. 2: Definition der Relativen Phase (Lames & Walter, 2006, S. 10)	5
Abb. 3: Die Relative Phase als Ergebnis der Hilberttransformation. Darstellung eines idealisierten Verlaufs eines einfachen Phase-Shifts von einer anfänglichen In-Phase (0°) in eine In-Phase (360°) und zurück in eine In-Phase (0°) (mod. nach Rosenblum & Kurths, 1998, S. 95)	13
Abb. 4: Die Relative Phase als Ergebnis der Hilberttransformation. Darstellung eines idealisierten Verlaufs einer einfachen Phase-Transition von einer anfänglichen In-Phase (0°) in eine Anti-Phase (180°) und zurück in eine In-Phasen-Konstellation (0°) (mod. nach Rosenblum & Kurths, 1998, S. 95)	14
Abb. 5: Die Relative Phase als Ergebnis der Hilberttransformation. Darstellung eines idealisierten Verlaufs eines doppelten Phase-Shifts von einer anfänglichen In-Phase (0°) in eine In-Phase (720°) und zurück in eine In-Phase (0°) (mod. nach Rosenblum & Kurths, 1998, S. 95)	16
Abb. 6: Die Relative Phase als Ergebnis der Hilberttransformation. Darstellung eines idealisierten Verlaufs einer Kombination aus Phase-Shift und Phase-Transition von einer anfänglichen In-Phase (0°) in eine Anti-Phase (540°) und zurück in eine In-Phase (0°) (mod. nach Rosenblum & Kurths, 1998, S. 95)	17
Abb. 7: Die Korrelation als Relative Phase. Darstellung eines idealisierten Verlaufs eines einfachen Phase-Shifts von einer anfänglichen In-Phase (1) in eine In-Phase (1) und in eine neuerliche In-Phase (1) (mod. nach Rosenblum & Kurths, 1998, S. 95)	18
Abb. 8: Die Korrelation als Relative Phase. Darstellung eines idealisierten Verlaufs einer einfachen Phase-Transition von einer anfänglichen In-Phase (1) in eine Anti-Phase (-1) und wieder zurück in eine In-Phase (1) (mod. nach Rosenblum & Kurths, 1998, S. 95)	20
Abb. 9: Darstellung eines Punktes (x;y) in Polarkoordinaten ($r; \varphi$) (Papula, 2008, S. 158)	21
Abb. 10: Bestimmung der kontinuierlichen Relativen Phase im Phasenraum zweier Spieler/Spielerinnen (Lames & Walter, 2006, S. 17)	22
Abb. 11: Überblick über die Signale und ihre Auswirkungen auf den Verlauf der Relativen Phase als Ergebnis der Polarkoordinatendarstellung	22
Abb. 12: Idealtypische Wege einer seitlichen Bewegung während einer Vorhand Cross (Abb. A) (Anti-Phase 180°) - und longline Rally (Abb. B) (In-Phase 0°) im Tennis (Lames, 2006, S. 557)	26
Abb. 13: Der Badminton Court und seine Spielfeldabmessungen. Zugriff am 16. März 2013 unter http://www.badminton-information.com/badminton-court.html	29
Abb. 14: Das Koordinatensystem	30
Abb. 15: Position des Spielers im Zentralen Punkt (Lemke & Meseck, 2011, S. 45)	31
Abb. 16: Position des Spielers innerhalb des Zentralen Bereichs (Lemke & Meseck, 2011, S. 46)	31
Abb. 17: Position des Spielers außerhalb des Zentralen Bereichs (Lemke & Meseck, 2011, S. 46)	31
Abb. 18: Darstellung der eindimensionalen longitudinalen Positionsdaten von Spieler Lin in BW08: Verlauf der Rohdaten (blaues Signal) vs. Verlauf der Rohdaten mit der Auswirkung einer Filterung dieser (rotes Signal) - gefiltert 1 Hz	32
Abb. 19: Darstellung der zweidimensionalen radialen Positionsdaten von Spieler Lee in BW40: Verlauf der gefilterten Rohdaten (blaues Signal) vs. Verlauf der gefilterten Rohdaten mit der Auswirkung einer Normalisierung dieser (grünes Signal)	34
Abb. 20: Histogramm der Gesamtverteilung der Korrelationswerte als Relative Phase der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie (n=7)	41
Abb. 21: Histogramm der Gesamtverteilung der Korrelationswerte als Relative Phase der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Median als Zentraler Punkt (n=7)	42

Abb. 22: Histogramm der Gesamtverteilung der Korrelationswerte als Relative Phase der Geschwindigkeit unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (n=7)	43
Abb. 23: Histogramm der Gesamtverteilung der Relativen-Phasen-Werte der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie (n=7)	44
Abb. 24: Histogramm der Gesamtverteilung der Relativen-Phasen-Werte der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Median als Zentraler Punkt (n=7).....	45
Abb. 25: Histogramm der Gesamtverteilung der Relativen-Phasen-Werte der Geschwindigkeit unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (n=7)...	45
Abb. 26: Darstellung der eindimensionalen Positionsdaten beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08. Während (Abb. A) den Positionsverlauf der eindimensionalen lateralen Displacement-Daten zeigt, spiegelt (Abb. B) jenen der eindimensionalen longitudinalen Displacement-Daten zweier Spieler wider.	47
Abb. 27: Darstellung der zweidimensionalen radialen Positionsdaten beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08. (Abb. A) zeigt den Positionsverlauf der zweidimensionalen radialen Displacement-Daten beider Spieler, (Abb. B) spiegelt jenen der zweidimensionalen radialen Displacement-Daten mit der Auswirkung einer Normalisierung auf diesen wider.....	48
Abb. 28: Darstellung der Geschwindigkeitsverläufe der eindimensionalen Positionsdaten beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08. Während (Abb. A) den Verlauf der Geschwindigkeitsdaten in die eindimensionale laterale Richtungsdimension zeigt, spiegelt (Abb. B) jenen in die eindimensionale longitudinale Richtungsdimension wider.	49
Abb. 29: Darstellung des Geschwindigkeitsverlaufs (Speed) der Spieler auf zweidimensionaler radialer Ebene pro Zeitintervall in BW08.....	50
Abb. 30: Darstellung des Geschwindigkeitsverlaufs beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08 unter Berücksichtigung der eindimensionalen lateralen sowie der eindimensionalen longitudinalen Ebene pro Zeitintervall (Velocity Betrag).....	51
Abb. 31: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe der zweidimensionalen radialen Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung der Kurvenverläufe der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B).....	52
Abb. 32: Positions – und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe der zweidimensionalen radialen Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung der Kurvenverläufe der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B).....	52
Abb. 33: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40: Darstellung der Kurvenverläufe der zweidimensionalen radialen Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung der Kurvenverläufe der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B).....	53
Abb. 34: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe der zweidimensionalen radialen Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung der Kurvenverläufe der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B).....	54
Abb. 35: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe der zweidimensionalen radialen Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung der Kurvenverläufe der	

Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B).....	54
Abb. 36: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe der zweidimensionalen radialen Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung der Kurvenverläufe der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B).....	55
Abb. 37: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B)	57
Abb. 38: Darstellung der zweidimensionalen radialen Positionsdaten beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40 mit durchnummerierter Schlagabfolge (Schläge mit ungerader Nummer: Spieler Lin, mit gerader Nummer: Spieler Lee)	58
Abb. 39: Darstellung des Phasenraums für den Positionsverlauf beider Spieler in BW40 basierend auf den zweidimensionalen radialen Positionsdaten und dem Geschwindigkeitsverlauf unter Berücksichtigung der eindimensionalen lateralen sowie auch der eindimensionalen longitudinalen Ebene pro Zeitintervall (Velocity 2D radial Displacement): Spieler Lee (Abb. A), Spieler Lin (Abb. B).....	61
Abb. 40: Darstellung der zweidimensionalen radialen Positionsdaten beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW 40 mit durchnummerierter Schlagabfolge (Schläge mit ungerader Nummer: Spieler Lin, mit gerader Nummer: Spieler Lee, siehe Abb. A) sowie des daraus resultierenden Verlaufs der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation (siehe Abb. B).....	62
Abb. 41: Histogramm der Verteilung der Relativen-Phase-Werte der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40	
Abb. 42: Histogramm der Gesamtverteilung der Relativen-Phasen-Werte der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie (n=7).....	64
Abb. 43: Darstellung der zweidimensionalen radialen Positionsdaten beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40 mit durchnummerierter Schlagabfolge (Schläge mit ungerade Nummer: Spieler Lin, mit gerade Nummer: Spieler Lee, siehe Abb. A) sowie des daraus resultierenden Verlaufs der Korrelation als Relative Phase (siehe Abb. B).....	65
Abb. 44: Histogramm der Verteilung der Korrelationswerte als Relative Phase der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40.....	66
Abb. 45: Histogramm der Gesamtverteilung der Korrelationswerte als Relative Phase der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie (n=7).....	67
Abb. 46: Darstellung der zweidimensionalen radialen Positionsdaten beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW40 mit durchnummerierter Schlagabfolge (Schläge mit ungerader Nummer: Spieler Lin, mit gerader Nummer: Spieler Lee).....	68
Abb. 47: Darstellung der zweidimensionalen radialen Positionsdaten beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW40 mit durchnummerierter Schlagabfolge (Schläge mit ungerader Nummer: Spieler Lin, mit gerader Nummer: Spieler Lee, siehe Abb. A) sowie des daraus resultierenden Verlaufs der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation (siehe Abb. B).....	70
Abb. 48 Histogramm der Verteilung der Relativen-Phase-Werte der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW40.....	71

Abb. 49: Histogramm der Gesamtverteilung der Relativen-Phasen-Werte der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Median als Zentraler Punkt (n=7).....	72
Abb. 50: Darstellung der zweidimensionalen radialen Positionsdaten beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW40 mit durchnummerierter Schlagabfolge (Schläge mit ungerader Nummer: Spieler Lin, mit gerader Nummer: Spieler Lee, siehe Abb. A) sowie des daraus resultierenden Verlaufs der Korrelation als Relative Phase (siehe Abb. B).....	73
Abb. 51: Histogramm der Verteilung der Korrelationswerte als Relative Phase der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW40	75
Abb. 52: Histogramm der Gesamtverteilung der Korrelationswerte als Relative Phase der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Median als Zentraler Punkt (n=7)...	75
Abb. 53: Darstellung des Geschwindigkeitsverlaufs beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40 unter Berücksichtigung der lateralen sowie der longitudinalen Ebene pro Zeitintervall (Velocity Betrag) mit durchnummerierter Schlagabfolge (Schläge mit ungerader Nummer: Spieler Lin, mit gerader Nummer: Spieler Lee).....	76
Abb. 54: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie während des gesamten Endspiels: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B) (n=17)	83
Abb. 55: Darstellung der Bewegungsverläufe relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40 in Absolutwerten aller drei Richtungsdimensionen: Movements Spieler Lee (Abb. A), Movements Spieler Lin (Abb. B).....	85
Abb. 56: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement (Abb. B)	86
Abb. 57: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement (Abb. B)	87
Abb. 58: Darstellung der zweidimensionalen radialen Positionsdaten beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW 40 mit durchnummerierter Schlagabfolge (Schläge mit ungerader Nummer: Spieler Lin, mit gerader Nummer: Spieler Lee, siehe Abb. A) sowie des daraus resultierenden Verlaufs der Korrelation als Relative Phase mit Messartefakten (Abschnitte mit roten Ellipsen versehen, siehe Abb. B)	89
Abb. 59: Darstellung der Korrelationswerte der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie als Relative Phase in Prozent in aufsteigender Reihenfolge in BW40.....	90
Abb. 60: Darstellung der zweidimensionalen radialen Positionsdaten beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW 40 mit durchnummerierter Schlagabfolge (Schläge mit ungerader Nummer: Spieler Lin, mit gerader Nummer: Spieler Lee, siehe Abb. A) sowie des daraus resultierenden Verlaufs der Relativen Phase als Ergebnis der Hilberttransformation mit Messartefakten (Abschnitte mit roten Ellipsen versehen, siehe Abb. B)	92
Abb. 61: Darstellung der zweidimensionalen radialen Positionsdaten relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie mit visueller Identifikation von Zyklen in BW40.....	93
Abb. 62: Darstellung der durch die Hilberttransformation identifizierten Zyklen im zweidimensionalen radialen Signal relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40	
Abb. 63: Histogramm der Gesamtverteilung der Relativen-Phasen-Werte der zweidimensionalen radialen Positionsdaten über das gesamte Relative Phasenspektrum von 0° bis 360°: relativ zum	

Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie (statisches Zentrum, Abb. A), relativ zum Median als Zentraler Punkt (situatives Zentrum, Abb. B) (n=7).....	96
Abb. 64: Histogramm der Gesamtverteilung der Korrelationswerte als Relative-Phasen-Werte der zweidimensionalen radialen Positionsdaten über das gesamte Relative Phasenspektrum von -1 bis 1: relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie (statisches Zentrum, Abb. A), relativ zum Median als Zentraler Punkt (situatives Zentrum, Abb. B) (n=7)	97
Abb. 65: Histogramm der Verteilung der Relativen Phase-Werte der zweidimensionalen radialen Positionsdaten in BW08 über das gesamte Relative Phasen-Spektrum von 0 bis 360°: relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie (statisches Zentrum, Abb. A), relativ zum Median als Zentraler Punkt (situatives Zentrum, Abb. B).....	97
Abb. 66: Histogramm der Verteilung der Korrelationswerte als Relative-Phase-Werte der zweidimensionalen radialen Positionsdaten in BW08 über das gesamte Relative Phasenspektrum von -1 bis 1: relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie (statisches Zentrum, Abb. A), relativ zum Median als Zentraler Punkt (situatives Zentrum, Abb. B).....	98
Abb. 67: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW06: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B)	125
Abb. 68: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW 33: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B)	125
Abb. 69: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW 40: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B)	126
Abb. 70: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW 43: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B)	126
Abb. 71: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW 46: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B)	126
Abb. 72: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW 50: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B)	127
Abb. 73: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW 06: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B).....	127
Abb. 74: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW 08: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B).....	127
Abb. 75: :Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW 33: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B).....	128
Abb. 76: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW 40: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales	

Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B).....	128
Abb. 77: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW 43: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B).....	128
Abb. 78: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW 46: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B).....	129
Abb. 79: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW 50: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B).....	129
Abb. 80: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW06 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 7,52 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 3,32 (Abb. B)	130
Abb. 81: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW06 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 5,59 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 4,16 (Abb. B)	130
Abb. 82: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 10,25 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 6,31 (Abb. B)	130
Abb. 83: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 7,51 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 5,05 (Abb. B)	131
Abb. 84: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW33 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 9,79 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 5,96 (Abb. B)	131
Abb. 85: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW33 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 9,79 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 6,83 (Abb. B)	131
Abb. 86: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW43 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 11,69 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 10,02 (Abb. B)	132
Abb. 87: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW43 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales	

laterales Displacement 11,15 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 6,94 (Abb. B)	132
Abb. 88: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW46 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 9,53 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 5,96 (Abb. B)	132
Abb. 89: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW46 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 5,34 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 8,71 (Abb. B)	133
Abb. 90: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW50 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 6,88 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 4,91 (Abb. B)	133
Abb. 91: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW50 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 3,42 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 6,21 (Abb. B)	133
Abb. 92: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW06 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 6,40 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 2,85 (Abb. B)	134
Abb. 93: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW06 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 5,58 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 4,21 (Abb. B)	134
Abb. 94: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW08 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 10,03 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 3,37 (Abb. B).....	134
Abb. 95: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW08 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 8,59 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 3,37 (Abb. B)	135
Abb. 96: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW33 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 8,25 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 6,32 (Abb. B)	135
Abb. 97: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW33 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 10,70 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 6,28 (Abb. B).....	135

- Abb. 98: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW40 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 5,92 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 4,32 (Abb. B) 136
- Abb. 99: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW40 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 7,41 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 5,55 (Abb. B) 136
- Abb. 100: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW43 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 10,79 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 9,89 (Abb. B)..... 136
- Abb. 101: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW43 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 11,39 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 6,87 (Abb. B)..... 137
- Abb. 102: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW46 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 9,03 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 5,13 (Abb. B) 137
- Abb. 103: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW46 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 5,26 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 9,63 (Abb. B) 137
- Abb. 104: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW50 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 7,00 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 3,51 (Abb. B) 138
- Abb. 105: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW50 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 3,73 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 5,04 (Abb. B) 138
- Abb. 106: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B) 139
- Abb. 107: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)..... 139

- Abb. 108: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)..... 140
- Abb. 109: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)..... 140
- Abb. 110: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B) 141
- Abb. 111: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)..... 141
- Abb. 112: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B) 142
- Abb. 113: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B) . 142
- Abb. 114: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)..... 143
- Abb. 115: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B) 143
- Abb. 116: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B) . 144
- Abb. 117: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler radialer

Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B).....	144
Abb. 118: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B).....	145
Abb. 119: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B).....	145
Abb. 120: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B).....	146
Abb. 121: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B).....	146
Abb. 122: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B).....	147
Abb. 123: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten BW08 (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B).....	147
Abb. 124: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)	148
Abb. 125: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B) .	148
Abb. 126: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der	

Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B).....	149
Abb. 127: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)	149
Abb. 128: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B) .	150
Abb. 129: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B).....	150
Abb. 130: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B).....	151
Abb. 131: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B).....	151
Abb. 132: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B).....	152
Abb. 133: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B).....	152
Abb. 134: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)	153
Abb. 135: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben	

unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B).....	153
Abb. 136: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B).....	154
Abb. 137: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B) .	154
Abb. 138: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B).....	155
Abb. 139: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)	155
Abb. 140: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B) .	156
Abb. 141: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B).....	156
Abb. 142: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B).....	157
Abb. 143: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B).....	157
Abb. 144: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B).....	158

- Abb. 145: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B) 158
- Abb. 146: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW40: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B) 159
- Abb. 147: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW40: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B) . 159
- Abb. 148: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW40: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B) 160
- Abb. 149: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW40: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B) . 160
- Abb. 150: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B) 161
- Abb. 151: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)..... 161
- Abb. 152: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)..... 162
- Abb. 153: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)..... 162
- Abb. 154: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter

Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)	163
Abb. 155: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)	163
Abb. 156: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)	164
Abb. 157: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B) .	164
Abb. 158: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)	165
Abb. 159: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)	165
Abb. 160: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B) .	166
Abb. 161: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)	166
Abb. 162: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)	167
Abb. 163: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)	167

- Abb. 164: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)..... 168
- Abb. 165: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)..... 168
- Abb. 166: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B) 169
- Abb. 167: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)..... 169
- Abb. 168: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B) 170
- Abb. 169: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B) . 170
- Abb. 170: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)..... 171
- Abb. 171: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B) 171
- Abb. 172: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B) . 172
- Abb. 173: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler

- radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)..... 172
- Abb. 174: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)..... 173
- Abb. 175: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)..... 173
- Abb. 176: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)..... 174
- Abb. 177: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)..... 174
- Abb. 178: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)..... 175
- Abb. 179: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)..... 175
- Abb. 180: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B) 176
- Abb. 181: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B) . 176
- Abb. 182: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der

Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B).....	177
Abb. 183: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)	177
Abb. 184: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B) .	178
Abb. 185: Positioins –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B).....	178

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Schlagabfolge im untersuchten BW40.....	58
Tab. 2: Schlagabfolge im untersuchten BW40.....	68
Tab. 3: SPSS Auswertung Intraklassenkorrelationskoeffizient des zweidimensionalen radialen Displacements	78
Tab. 4: SPSS Auswertung Intraklassenkorrelationskoeffizient des zweidimensionalen radialen Displacements als Ergebnis der Hilberttransformation	79
Tab. 5: Werte des Kappakoeffizienten.....	95

Anhang

Trajektorieverhalten

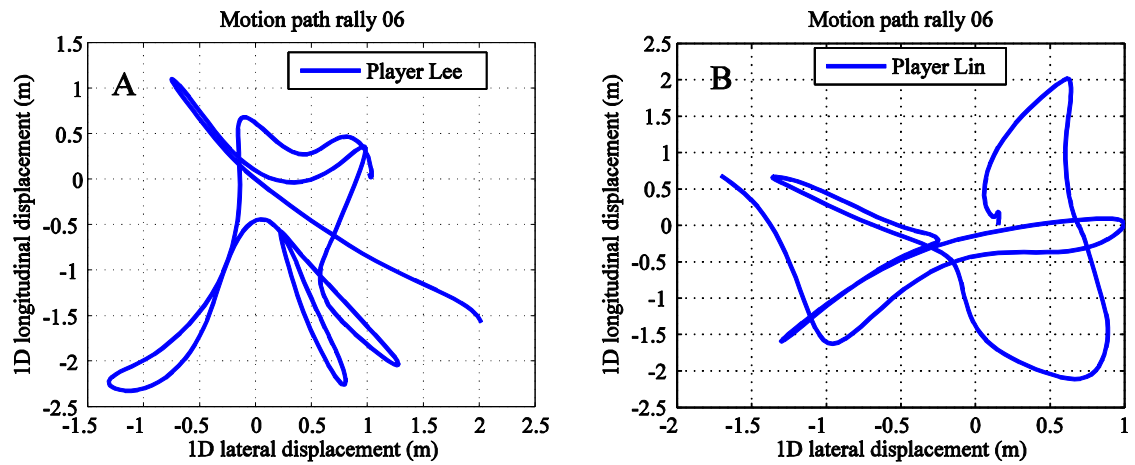


Abb. 67: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW06: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B)

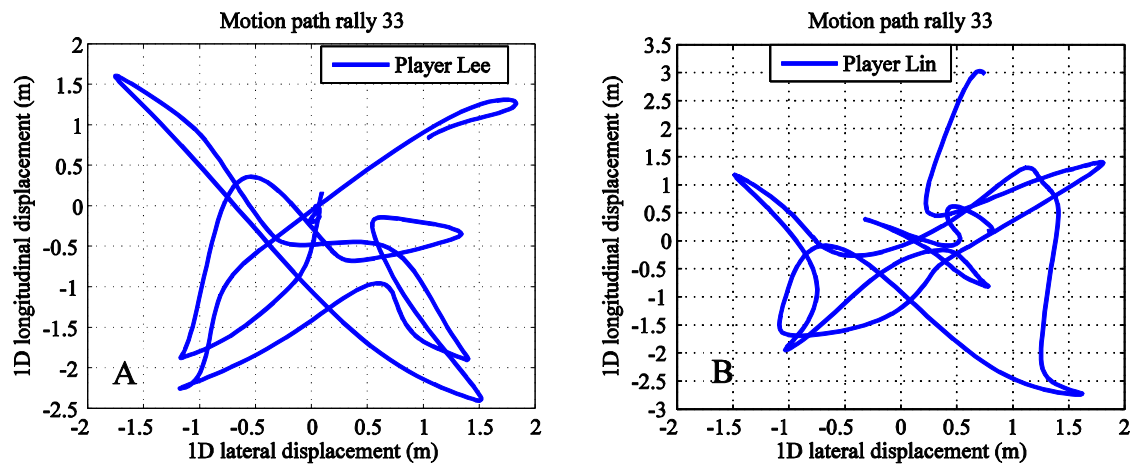


Abb. 68: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW 33: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B)

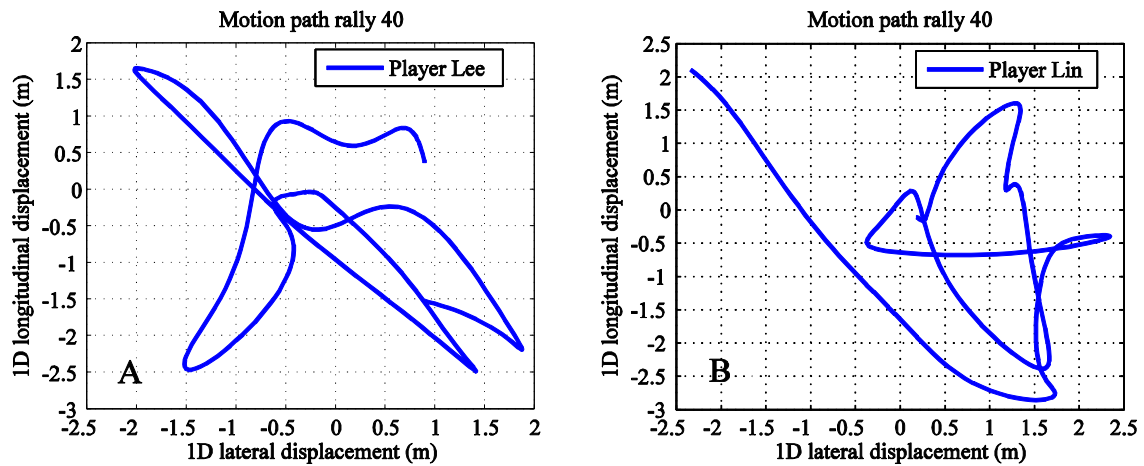


Abb. 69: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW 40: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B)

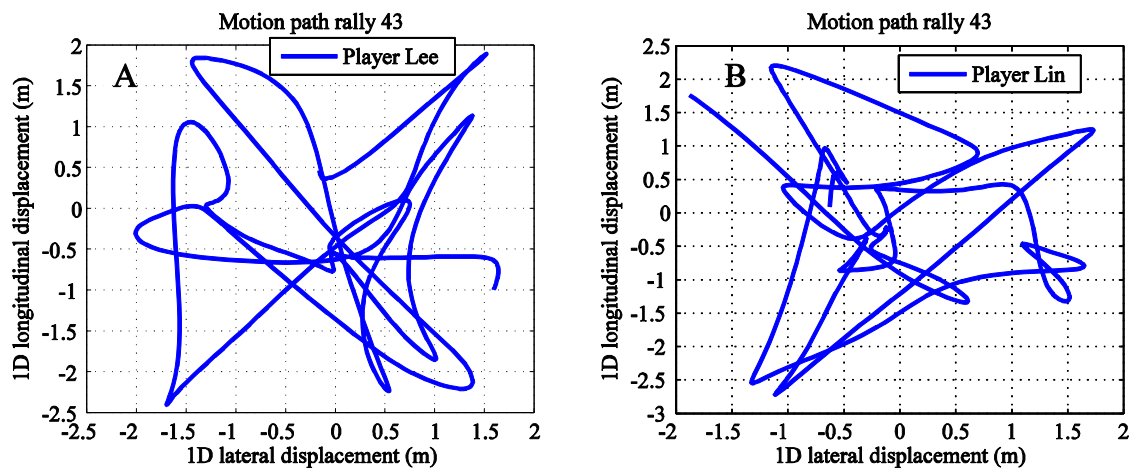


Abb. 70: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW 43: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B)

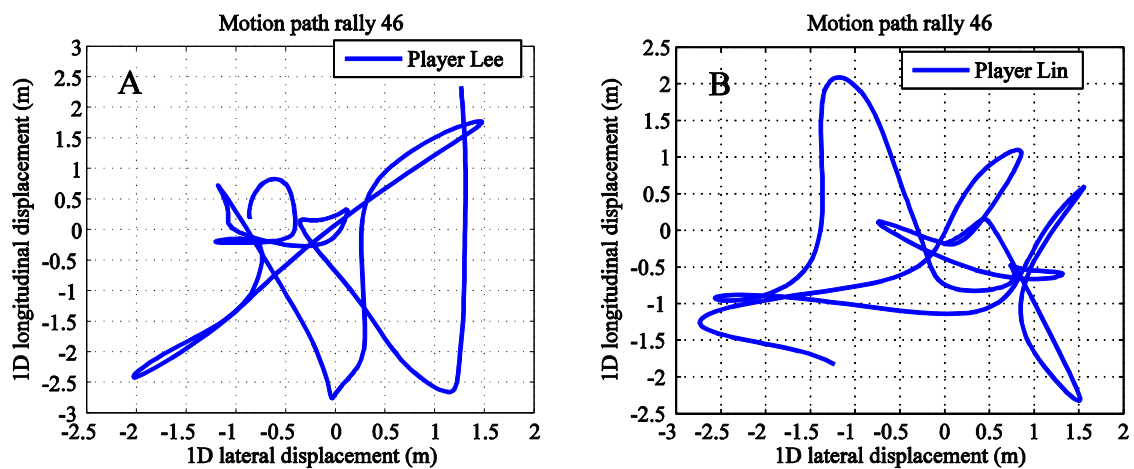


Abb. 71: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW 46: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B)

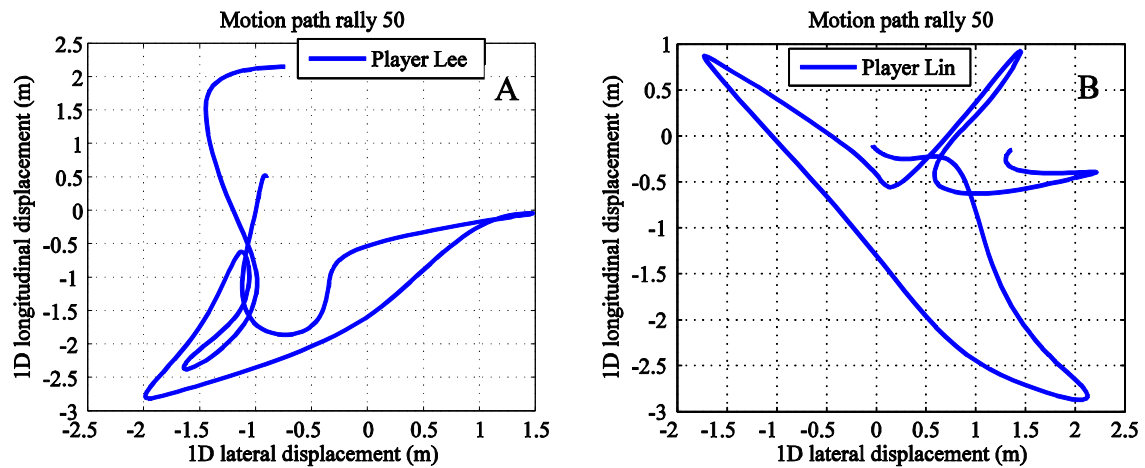


Abb. 72: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW 50: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B)

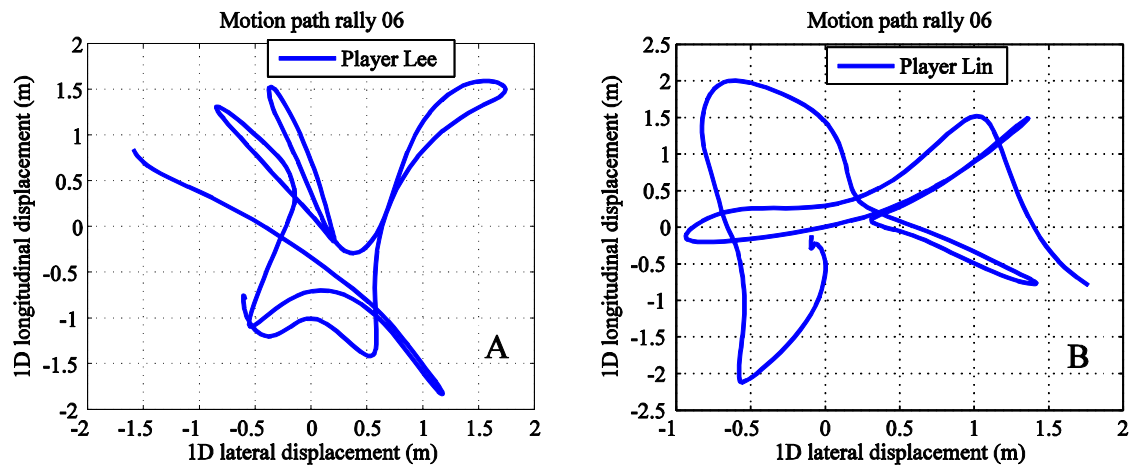


Abb. 73: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW 06: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B)

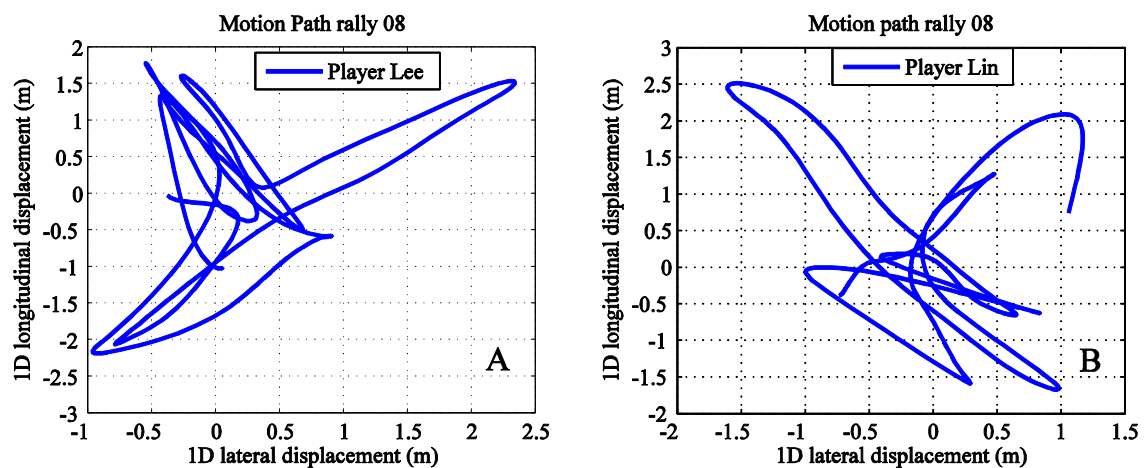


Abb. 74: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW 08: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B)

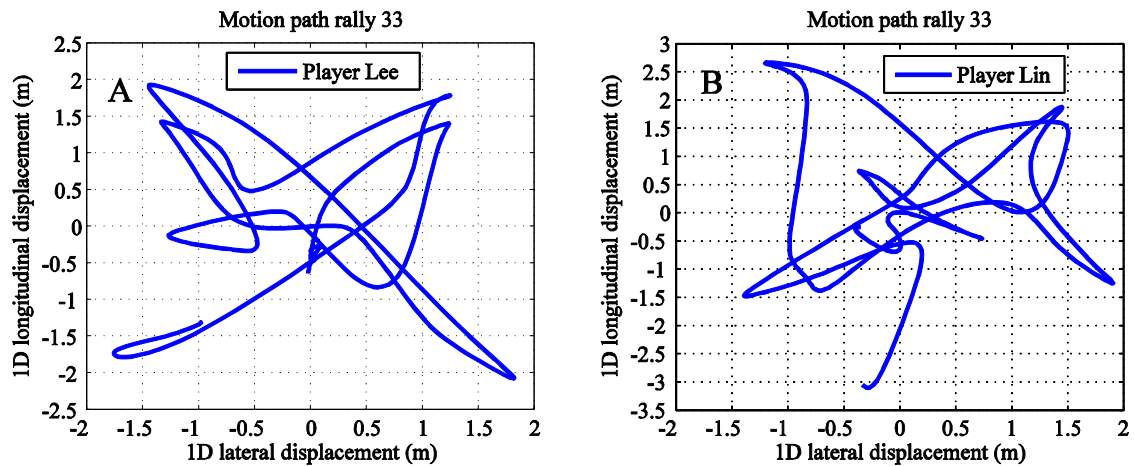


Abb. 75: :Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW 33: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B)

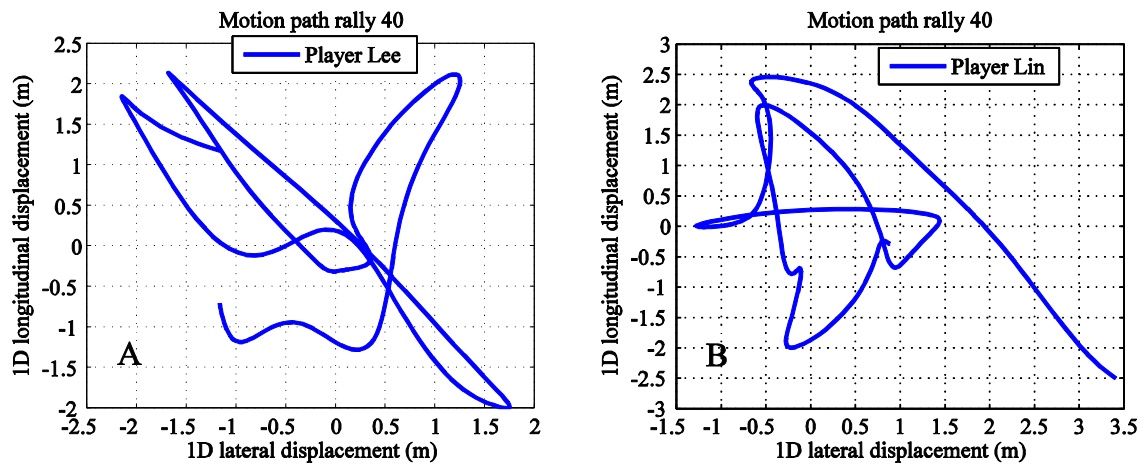


Abb. 76: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW 40: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B)

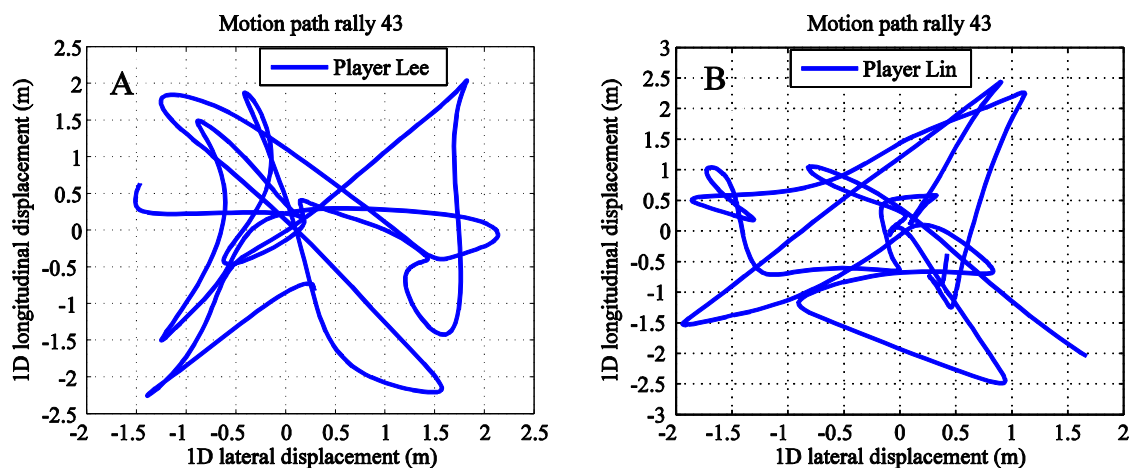


Abb. 77: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW 43: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B)

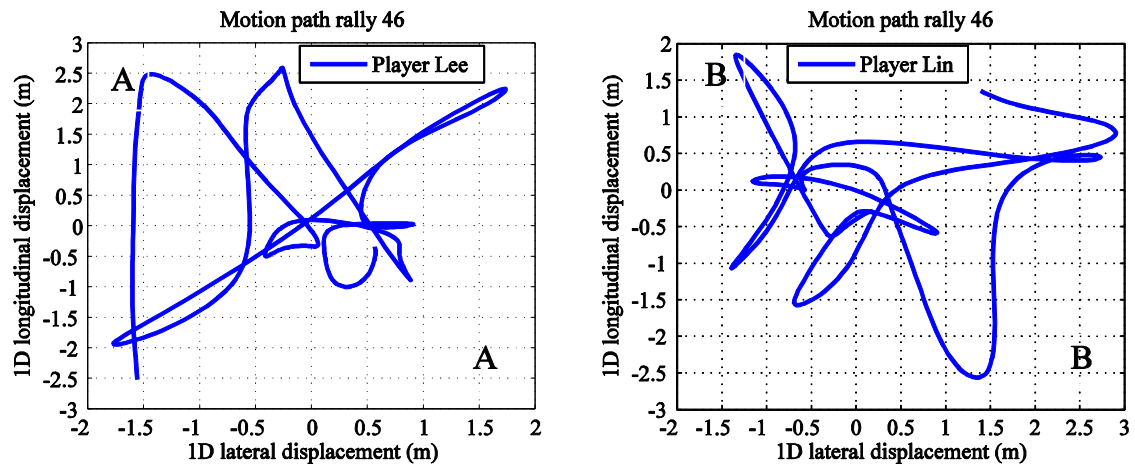


Abb. 78: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW 46: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B)

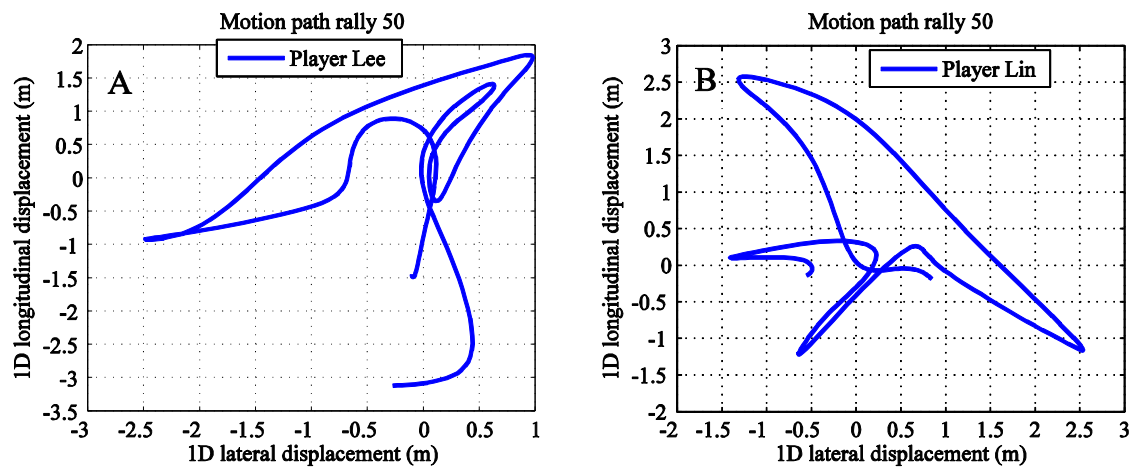


Abb. 79: Darstellung der Bewegungsverläufe beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW 50: eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lee (Abb. A), eindimensionales laterales Displacement vs. eindimensionales longitudinales Displacement Spieler Lin (Abb. B)

Einfluss der Koordinaten

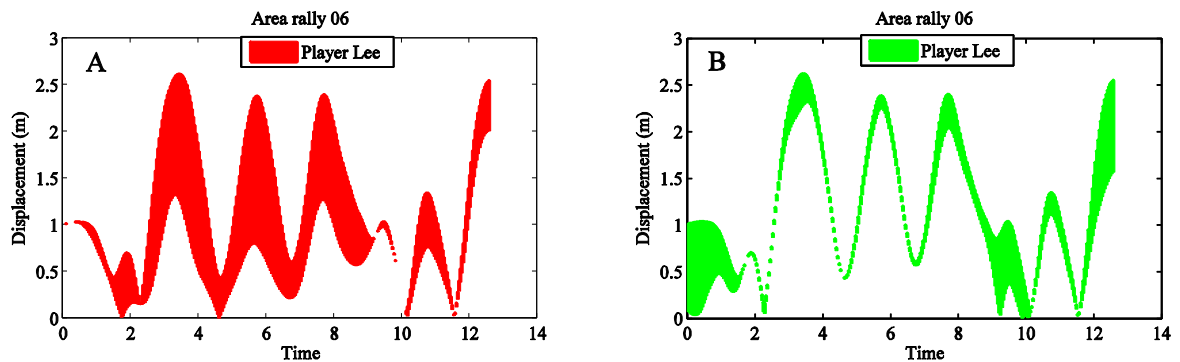


Abb. 80: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW06 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 7,52 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 3,32 (Abb. B)

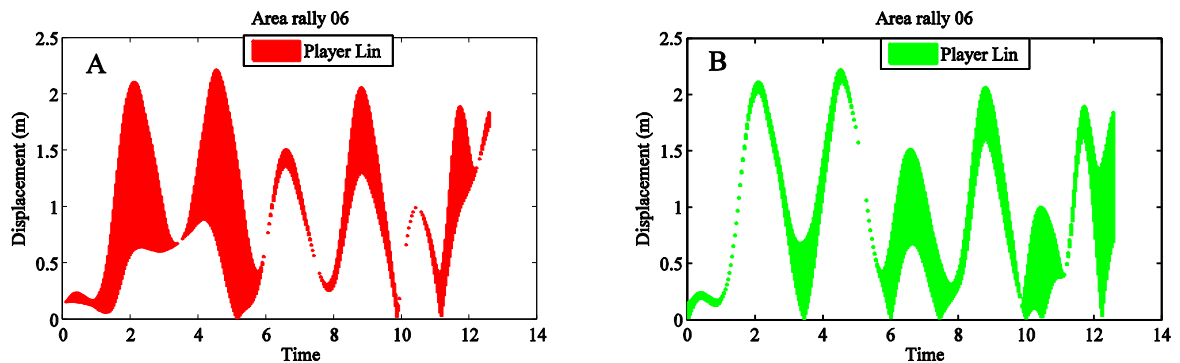


Abb. 81: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW06 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 5,59 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 4,16 (Abb. B)

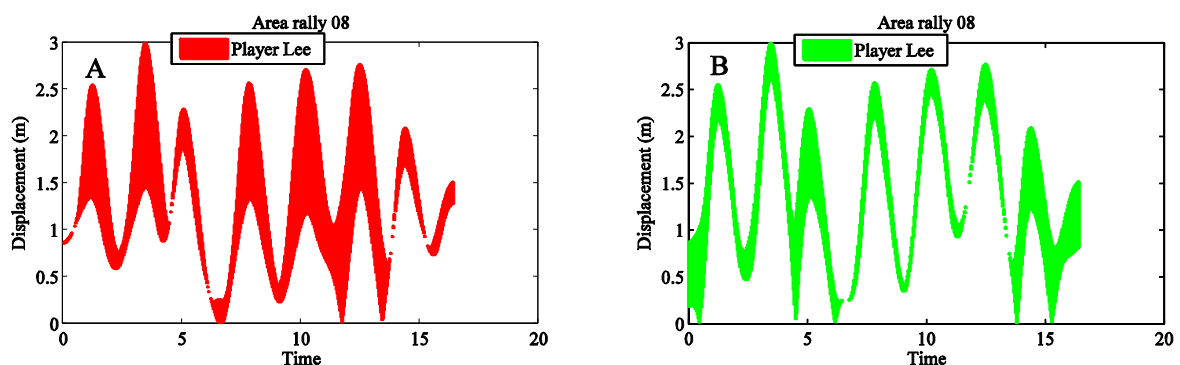


Abb. 82: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 10,25 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 6,31 (Abb. B)

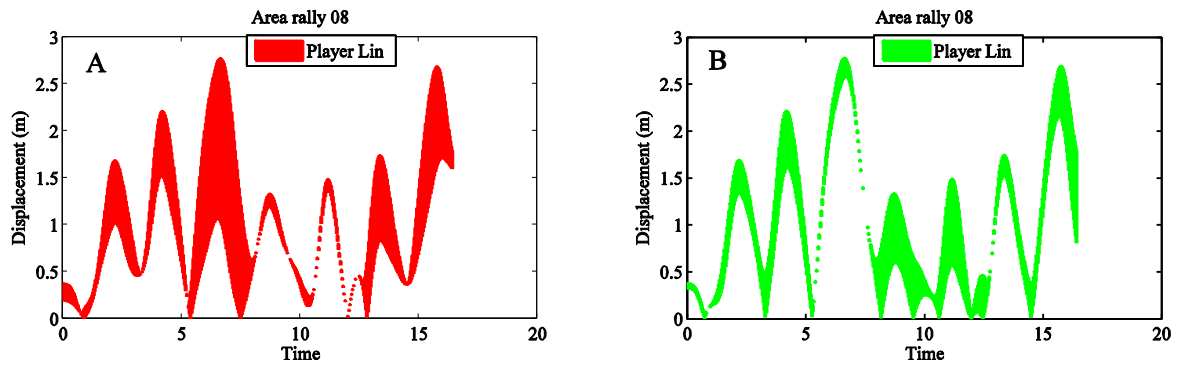


Abb. 83: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 7,51 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 5,05 (Abb. B)

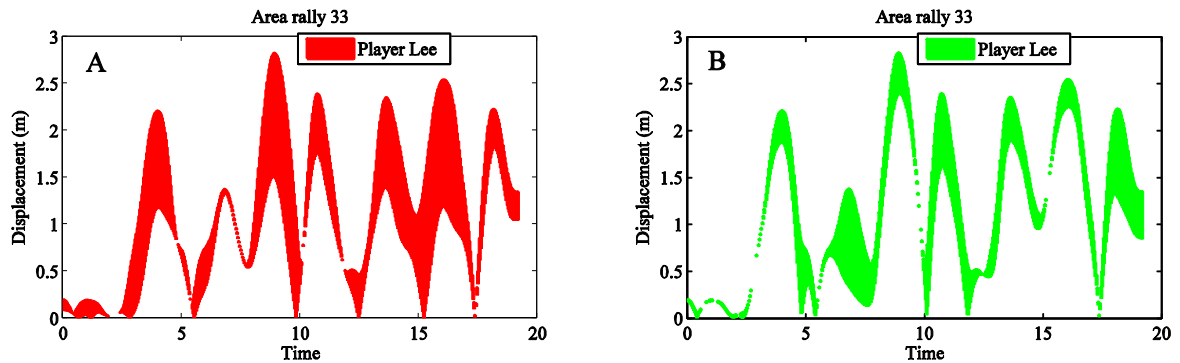


Abb. 84: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW33 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 9,79 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 5,96 (Abb. B)

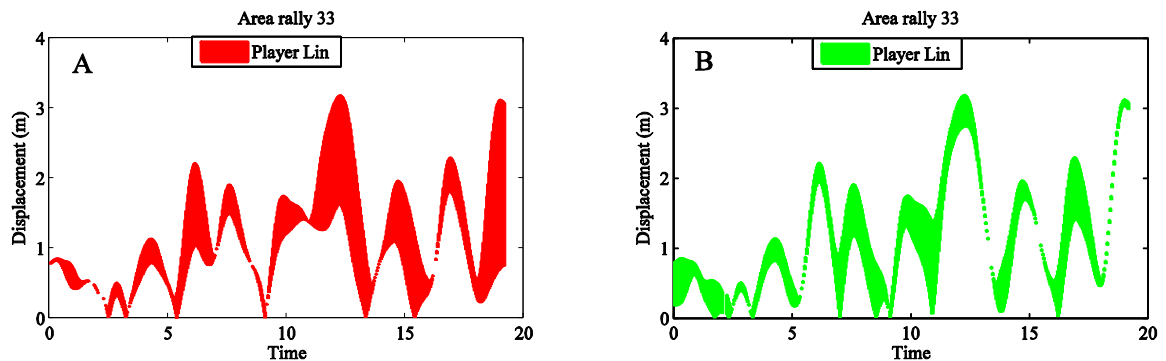


Abb. 85: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW33 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 9,79 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 6,83 (Abb. B)

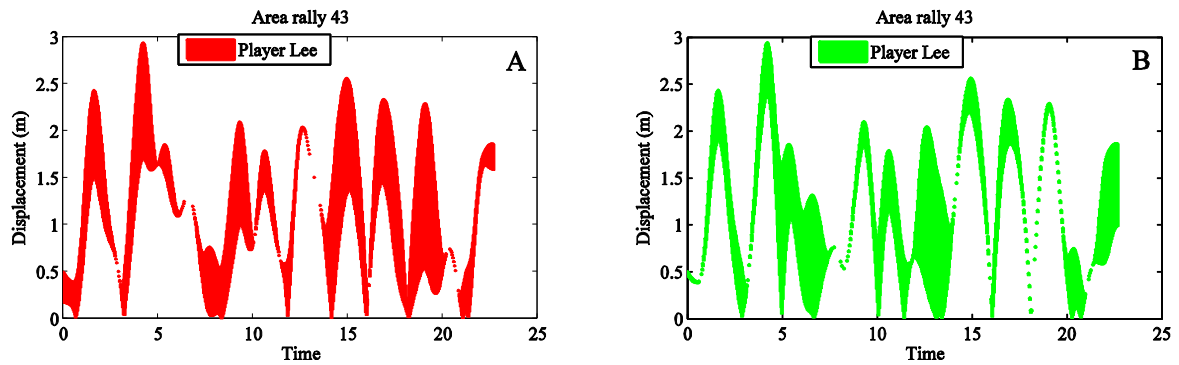


Abb. 86: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW43 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 11,69 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 10,02 (Abb. B)

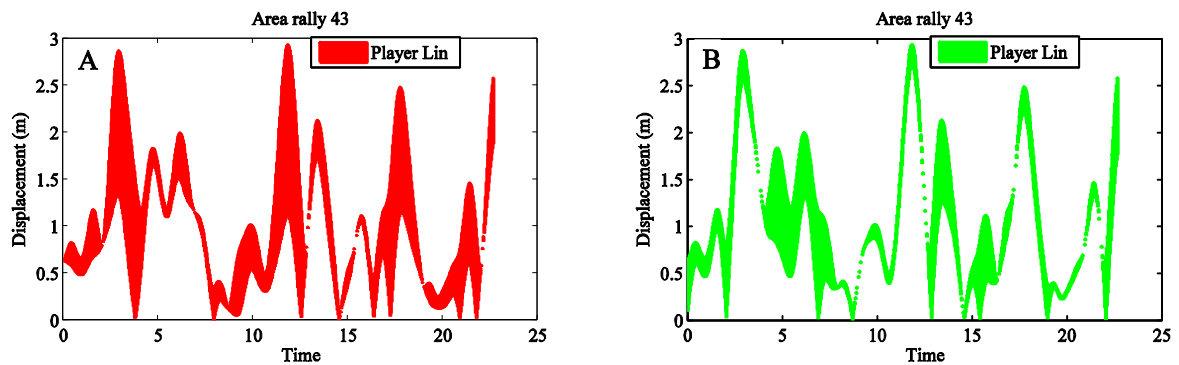


Abb. 87: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW43 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 11,15 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 6,94 (Abb. B)

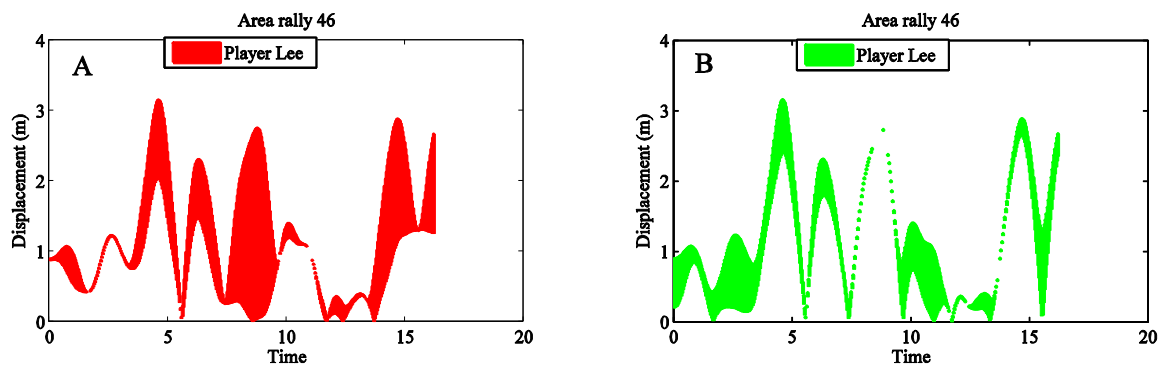


Abb. 88: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW46 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 9,53 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 5,96 (Abb. B)

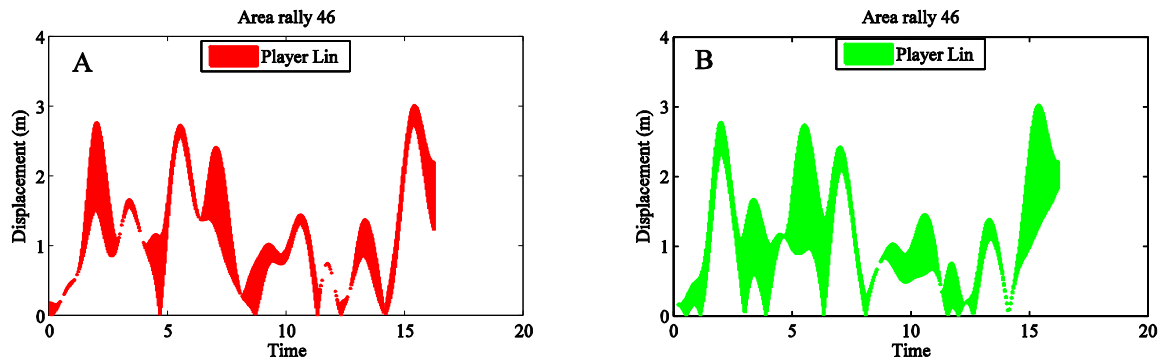


Abb. 89: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW46 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 5,34 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 8,71 (Abb. B)

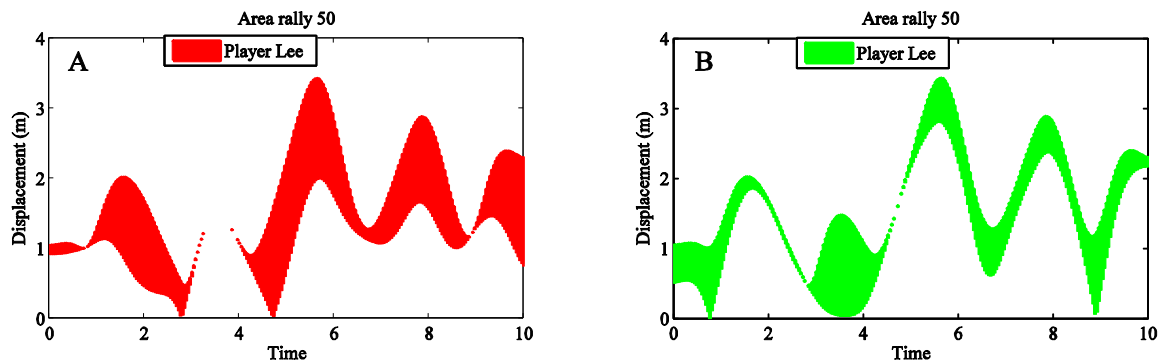


Abb. 90: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW50 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 6,88 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 4,91 (Abb. B)

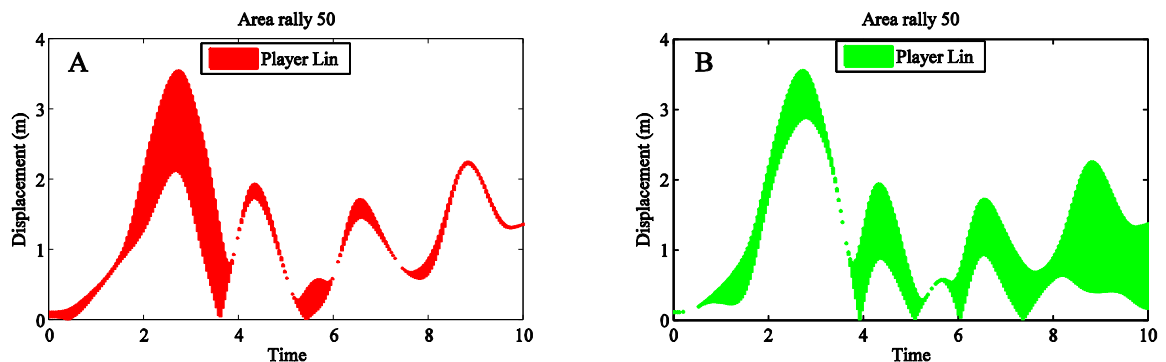


Abb. 91: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW50 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 3,42 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 6,21 (Abb. B)

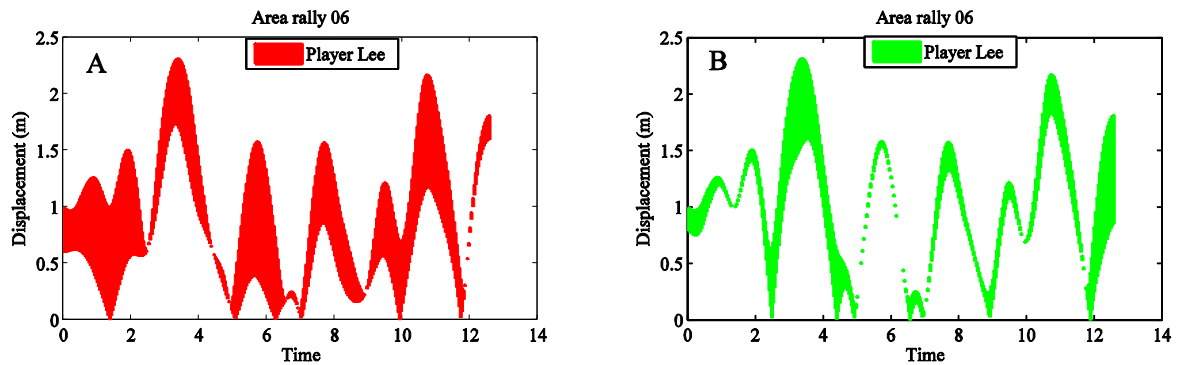


Abb. 92: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW06 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 6,40 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 2,85 (Abb. B)

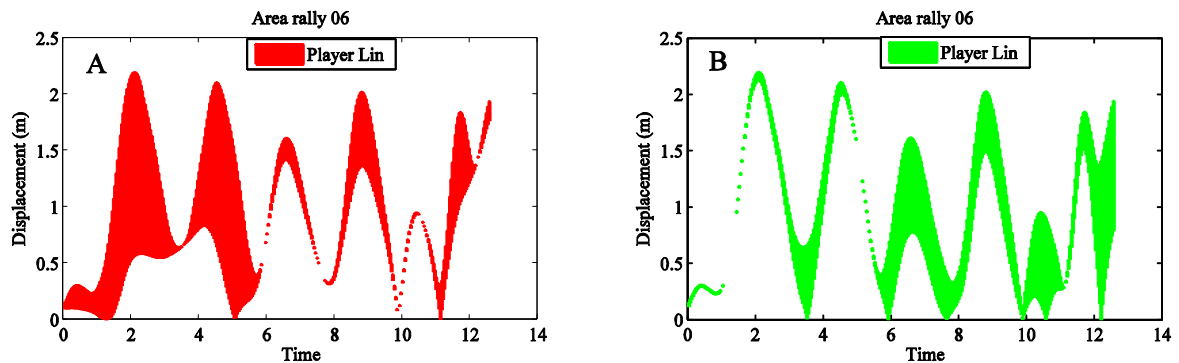


Abb. 93: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW06 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 5,58 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 4,21 (Abb. B)

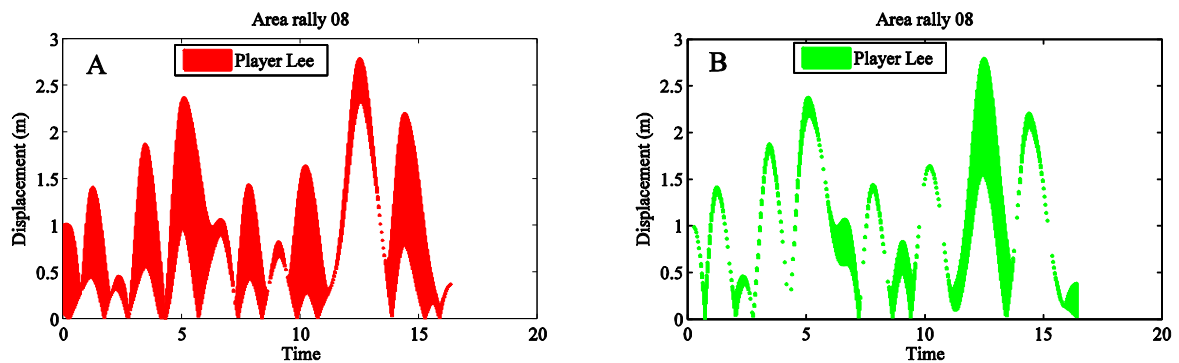


Abb. 94: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW08 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 10,03 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 3,37 (Abb. B)

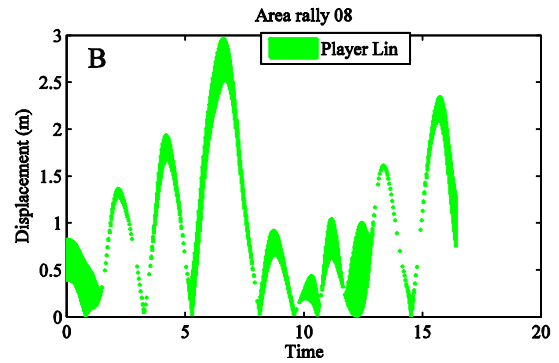
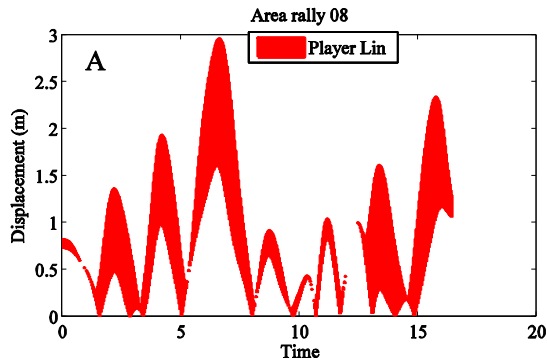


Abb. 95: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW08 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 8,59 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 3,37 (Abb. B)

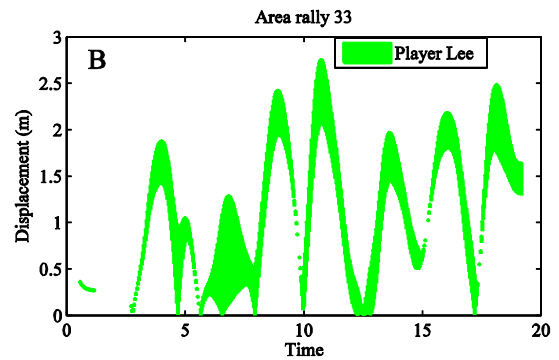
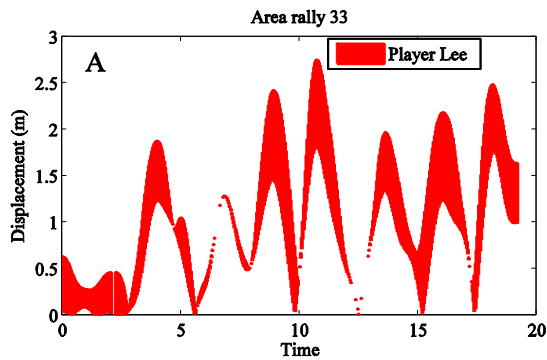


Abb. 96: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW33 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 8,25 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 6,32 (Abb. B)

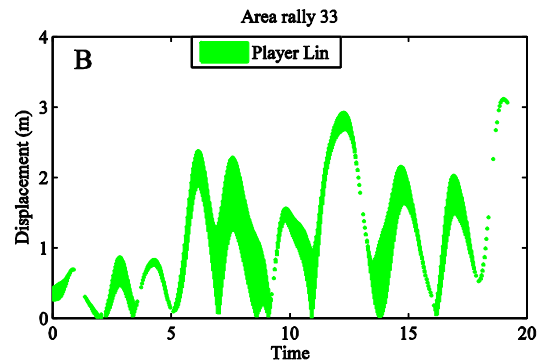
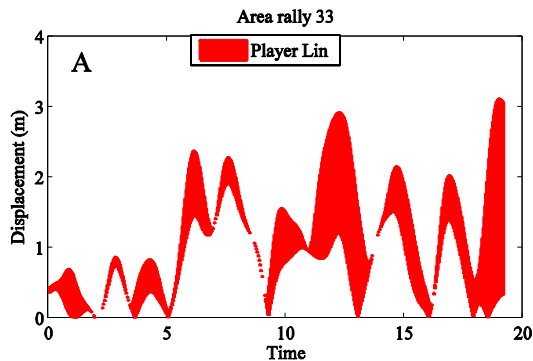


Abb. 97: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW33 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 10,70 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 6,28 (Abb. B)

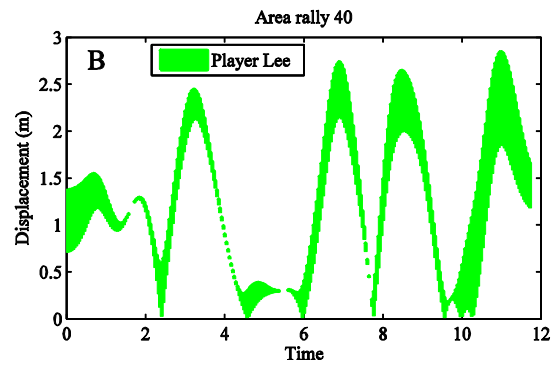
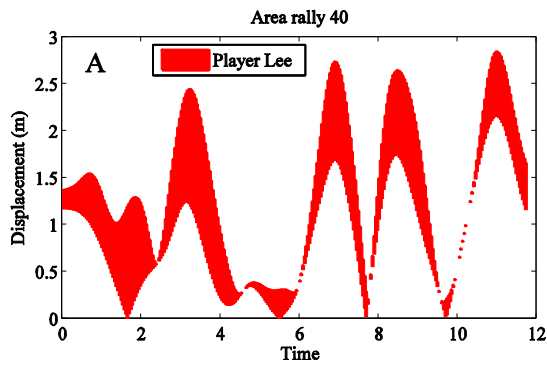


Abb. 98: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW40 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 5,92 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 4,32 (Abb. B)

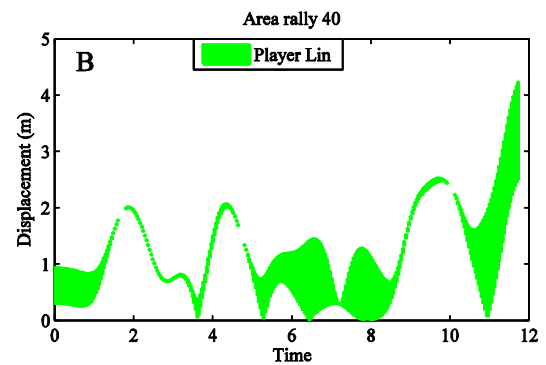
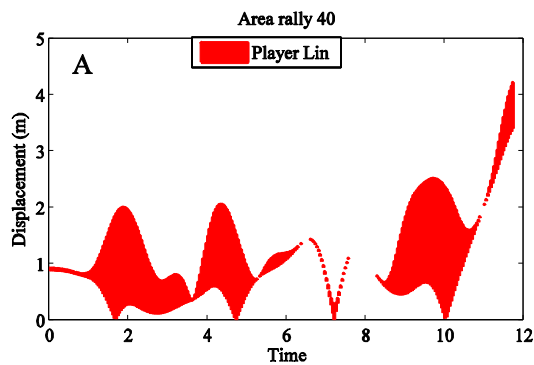


Abb. 99: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW40 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 7,41 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 5,55 (Abb. B)

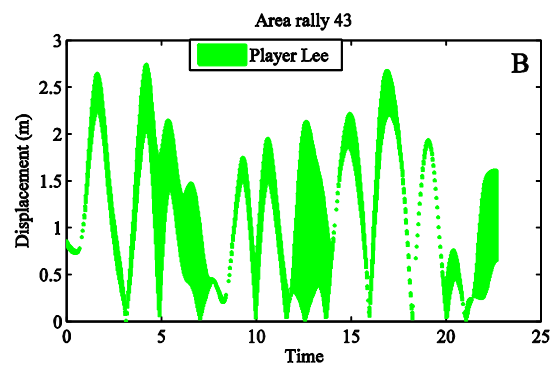
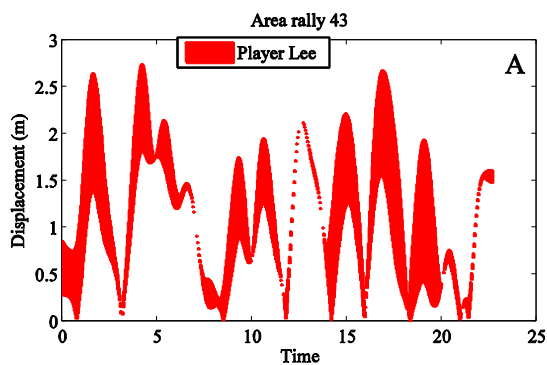


Abb. 100: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW43 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 10,79 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 9,89 (Abb. B)

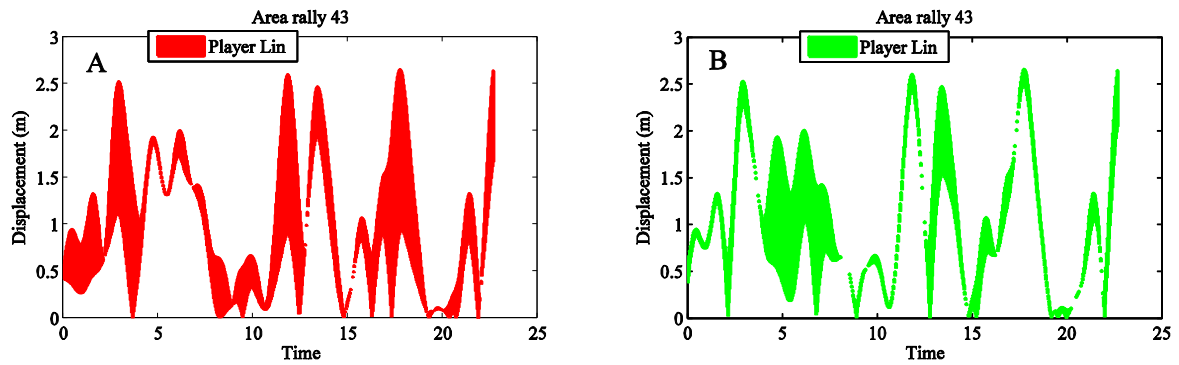


Abb. 101: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW43 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 11,39 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 6,87 (Abb. B)

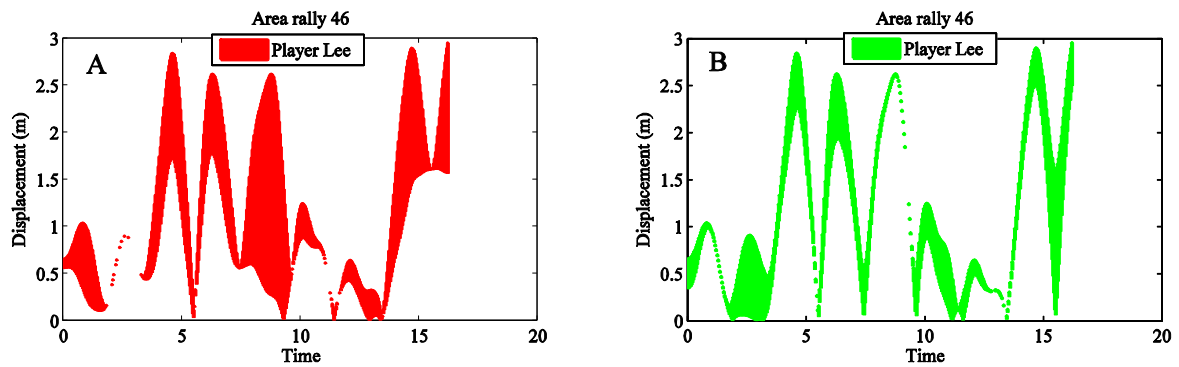


Abb. 102: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW46 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 9,03 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 5,13 (Abb. B)

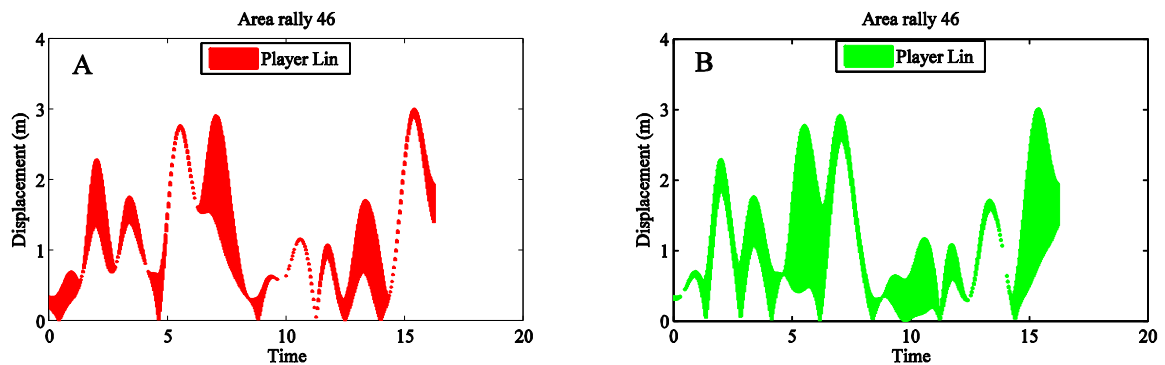


Abb. 103: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW46 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 5,26 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 9,63 (Abb. B)

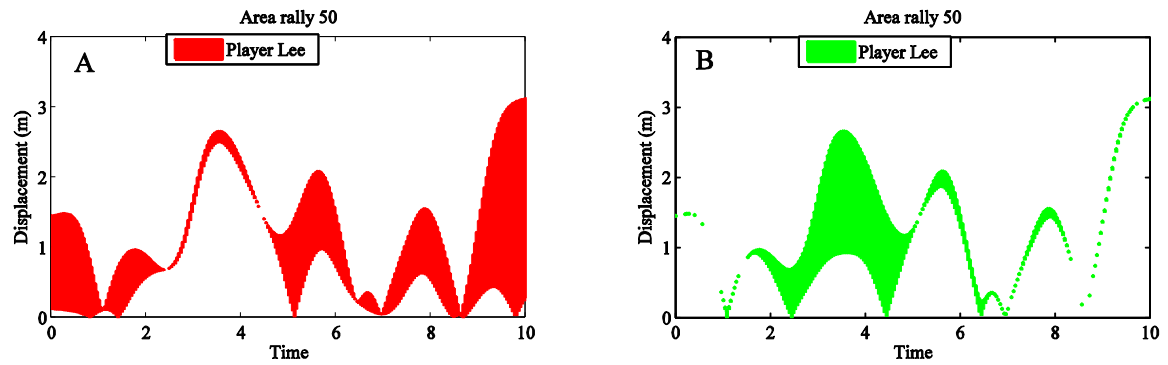


Abb. 104: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW50 von Spieler Lee: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 7,00 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 3,51 (Abb. B)

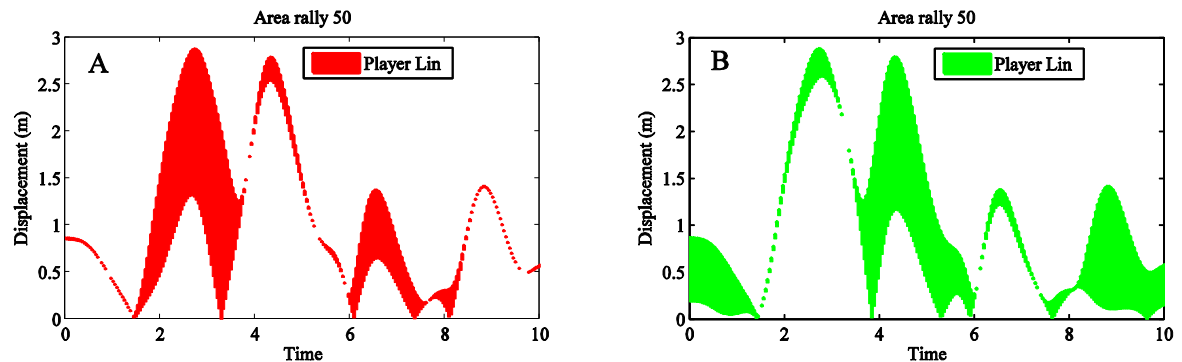


Abb. 105: Darstellung der Flächeneinheiten aus den Positionsverläufen des radialen vs. eindimensionalen Displacements relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW50 von Spieler Lin: Fläche radiales Displacement minus eindimensionales laterales Displacement 3,73 (Abb. A), Fläche radiales Displacement minus eindimensionales longitudinales Displacement 5,04 (Abb. B)

Vollständige Kurven der Relativen Phase

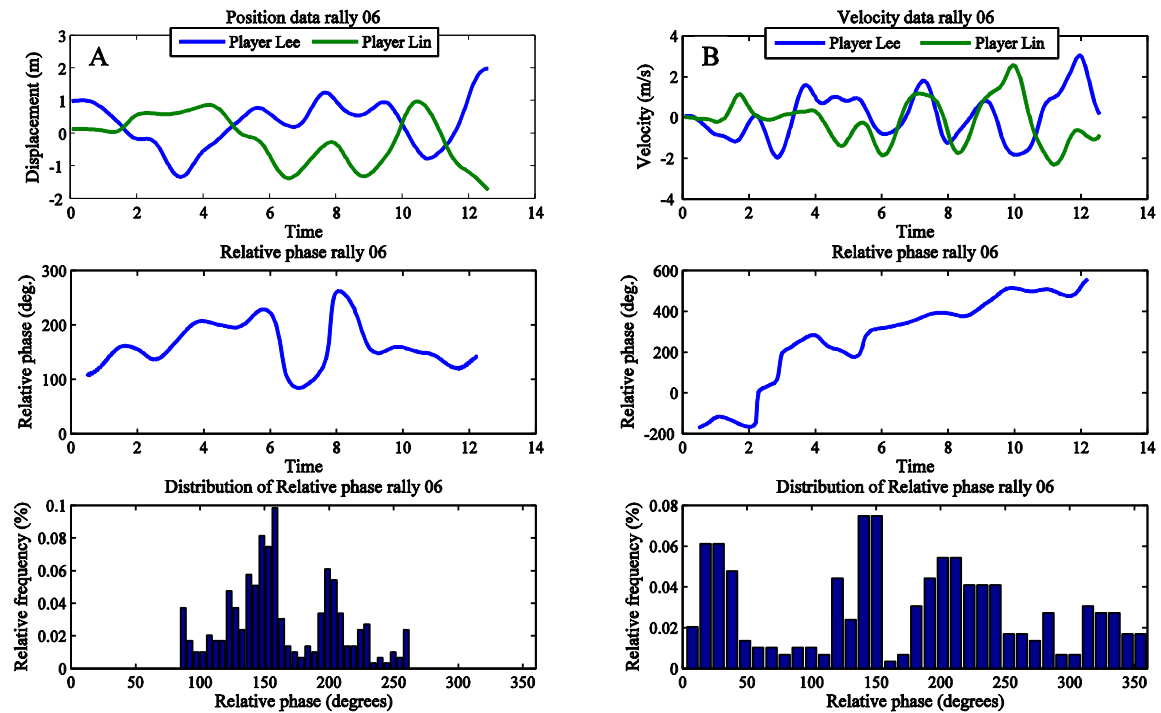


Abb. 106: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

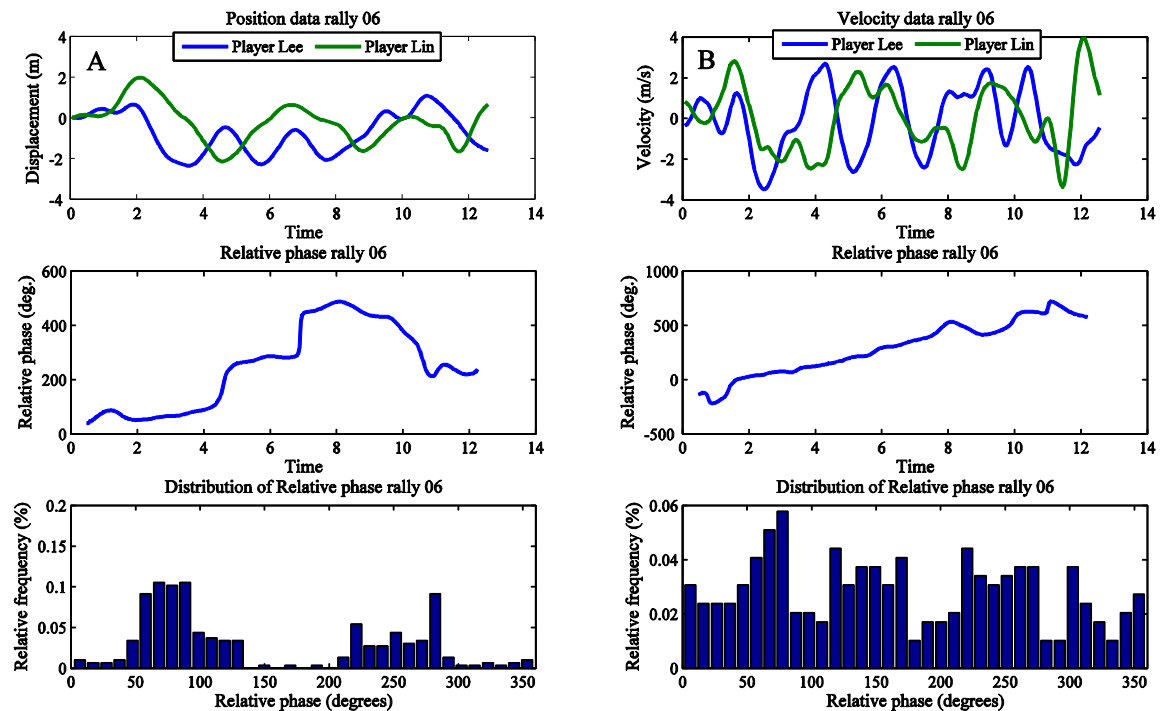


Abb. 107: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

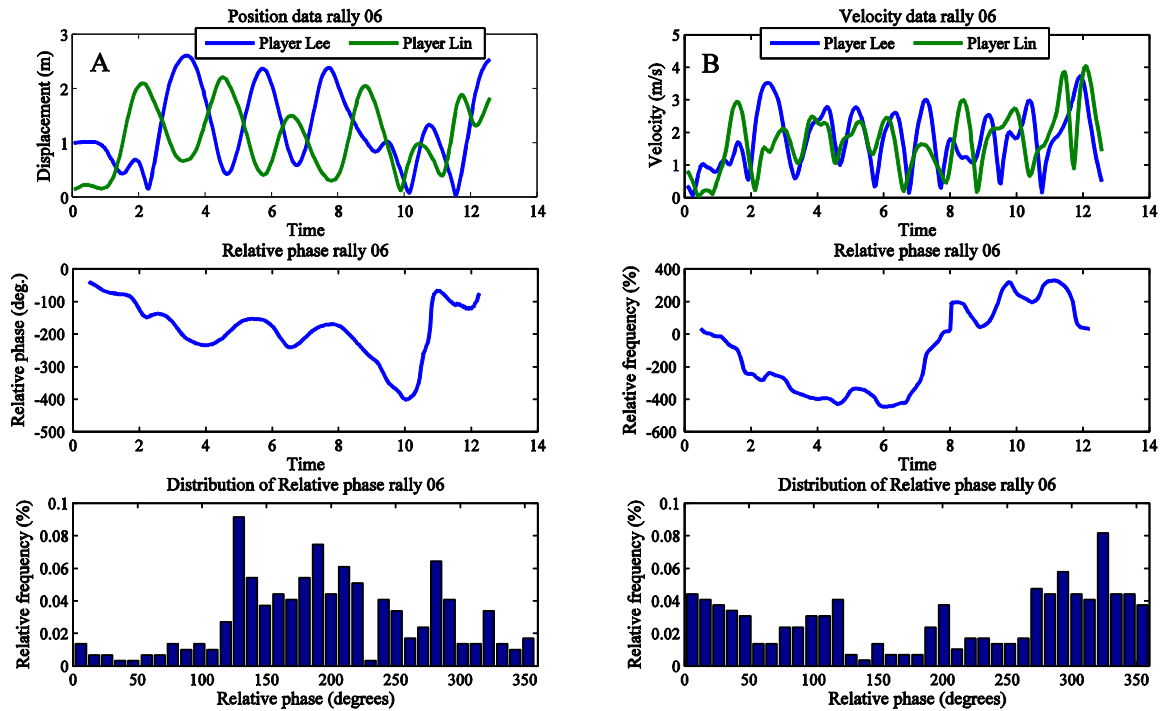


Abb. 108: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW06; Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

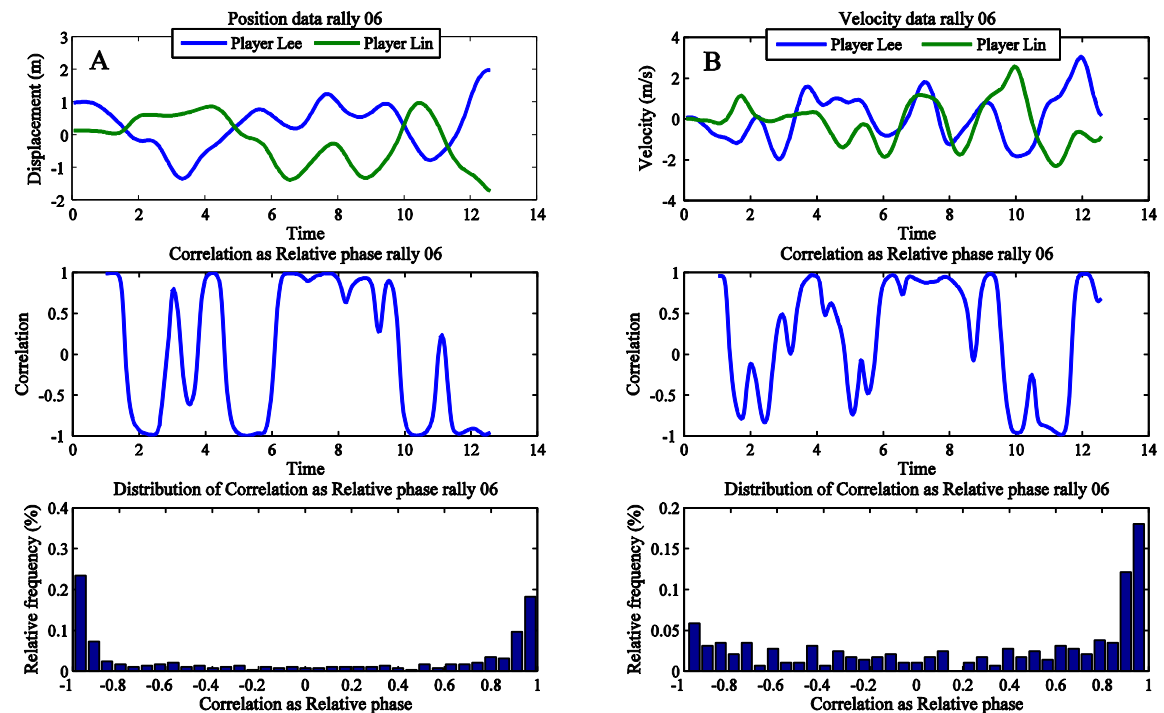


Abb. 109: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW06; Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

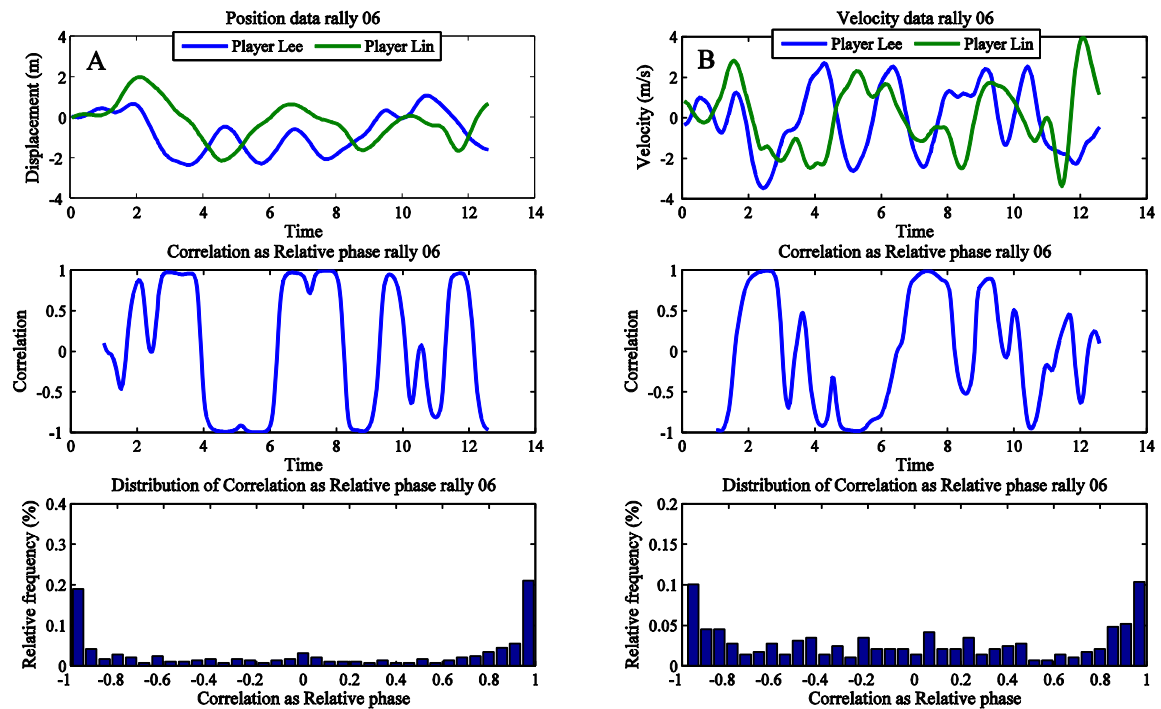


Abb. 110: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

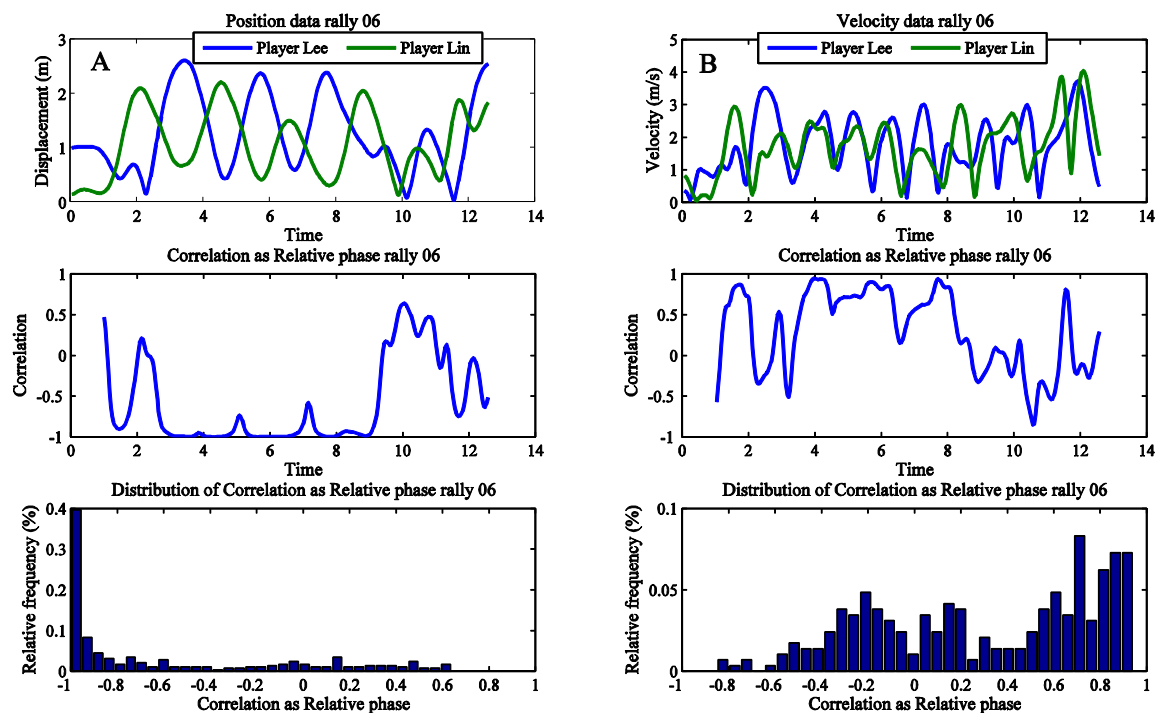


Abb. 111: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

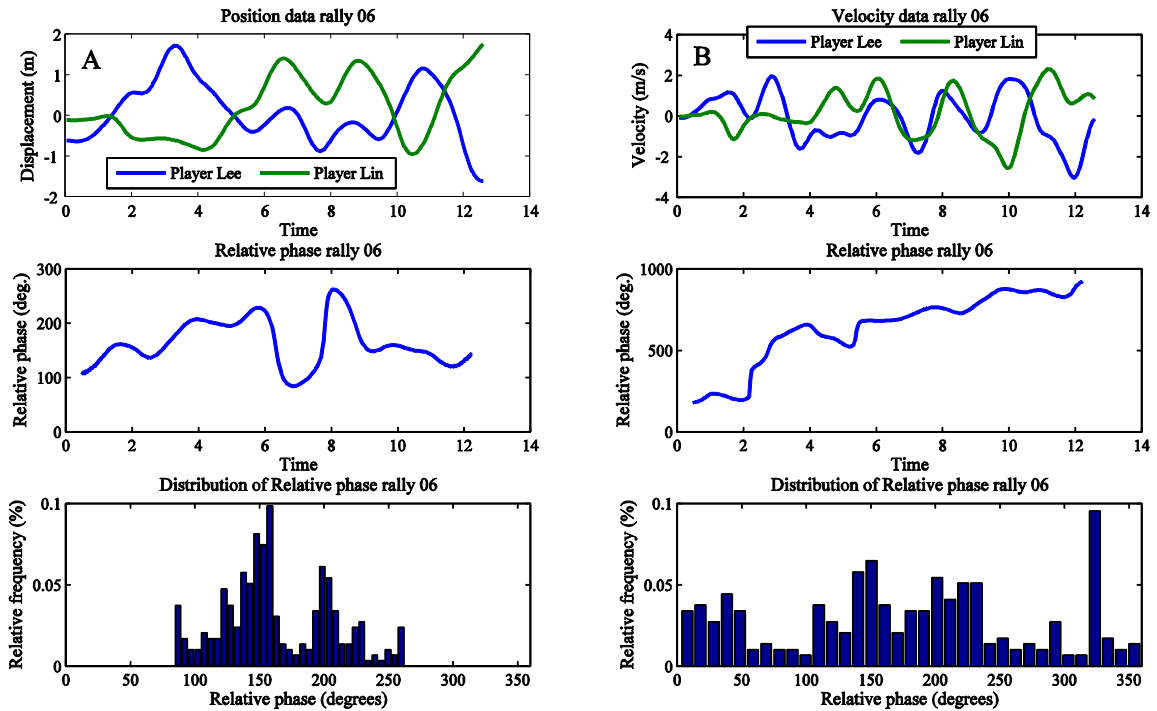


Abb. 112: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

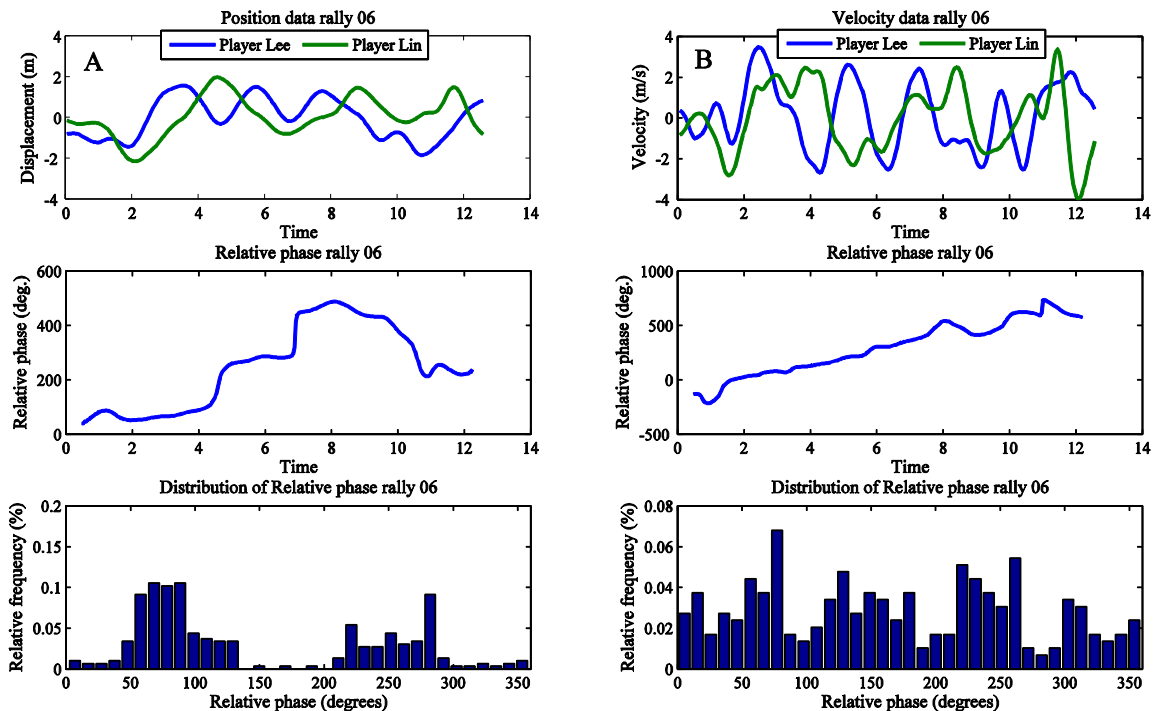


Abb. 113: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

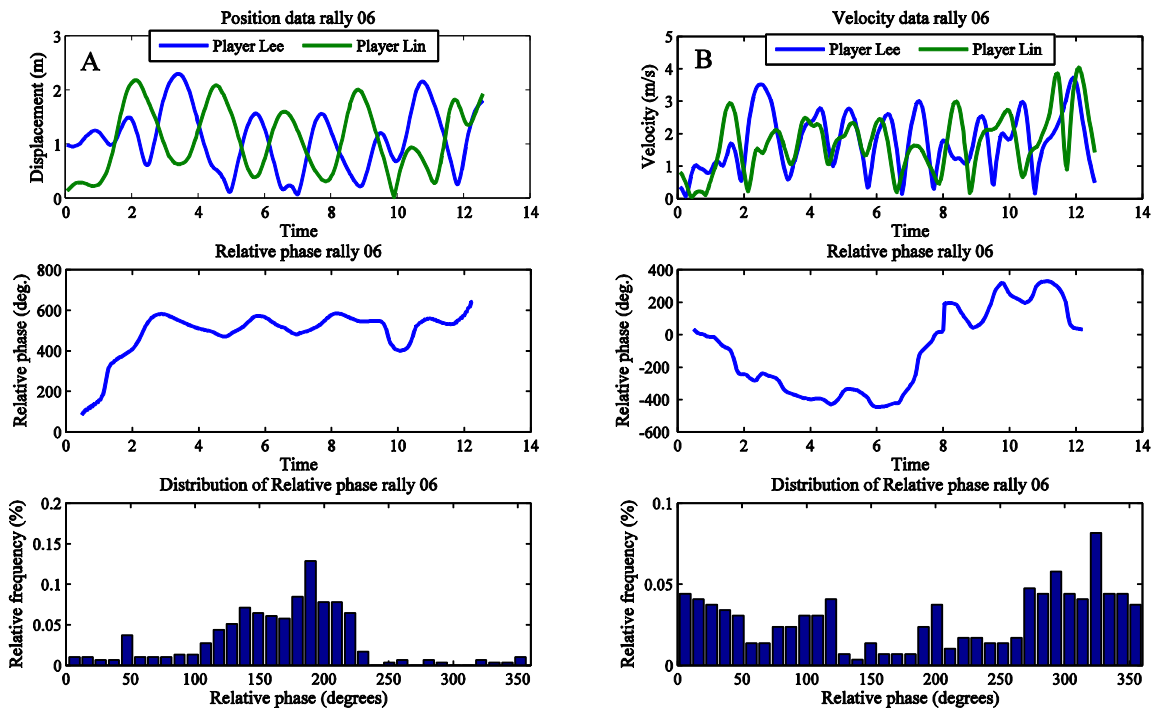


Abb. 114: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

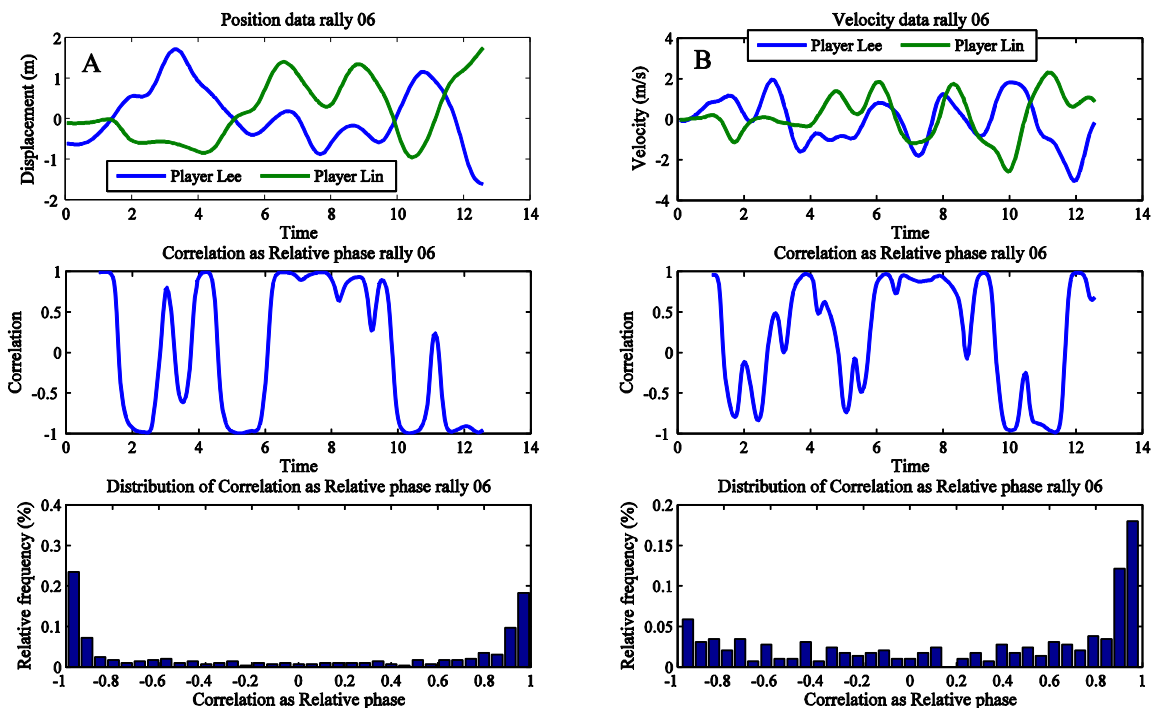


Abb. 115: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

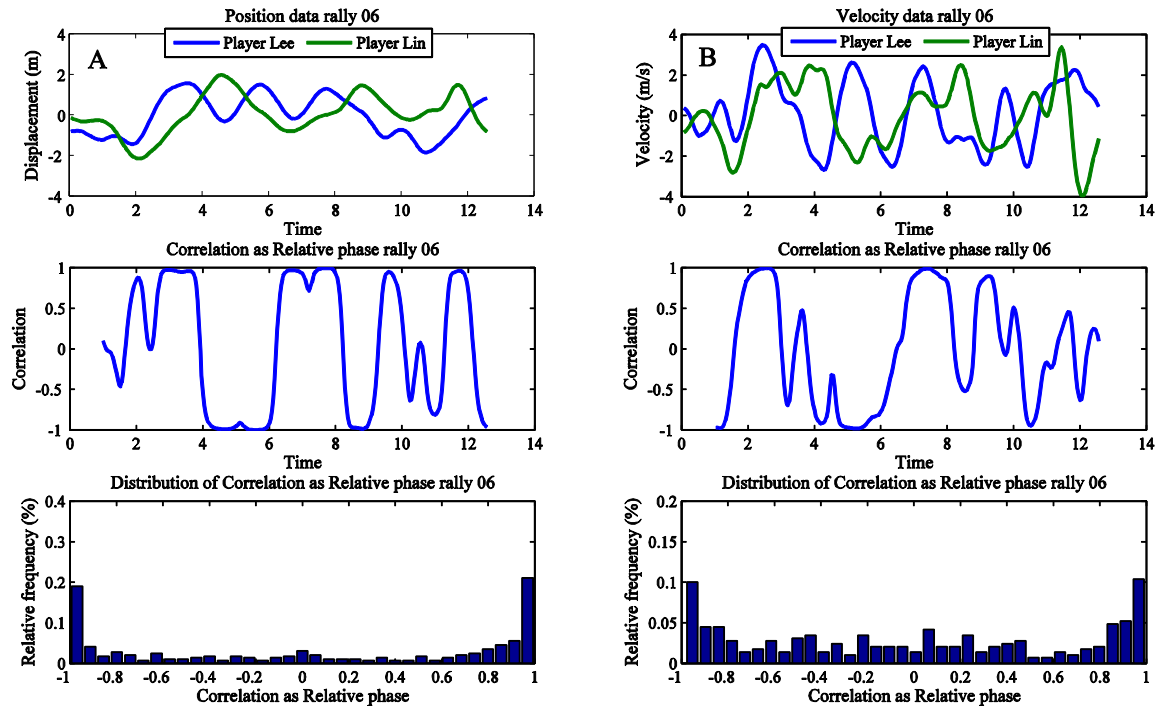


Abb. 116: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

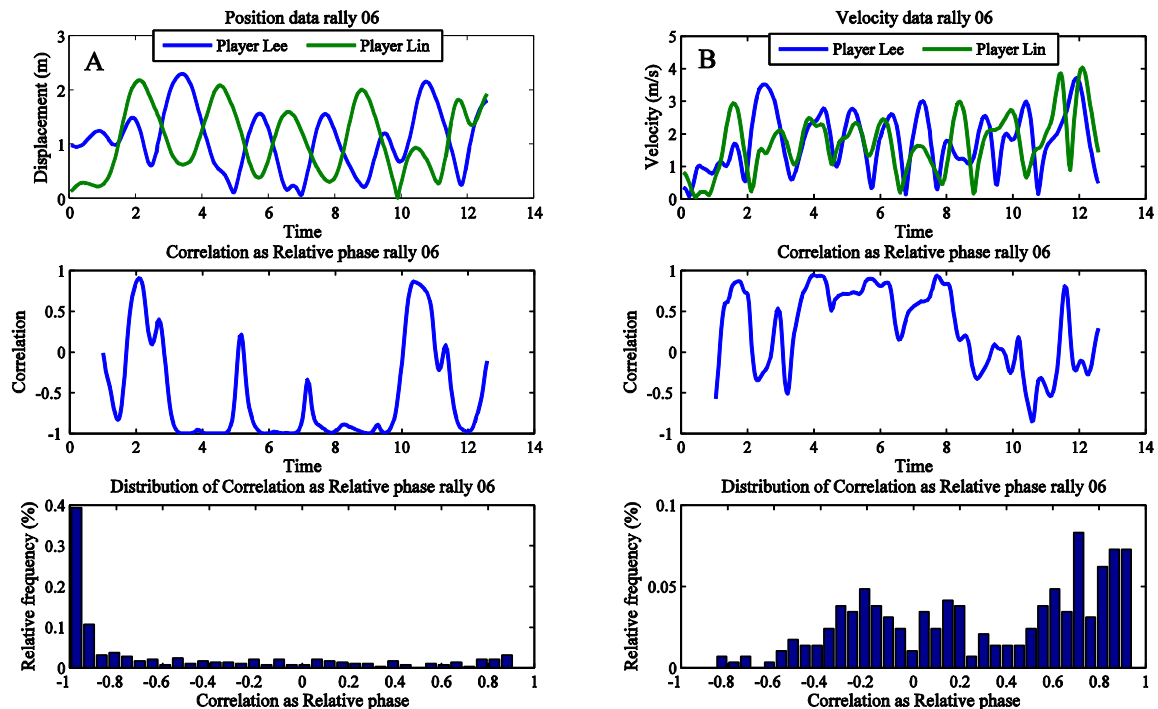


Abb. 117: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median in BW06: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

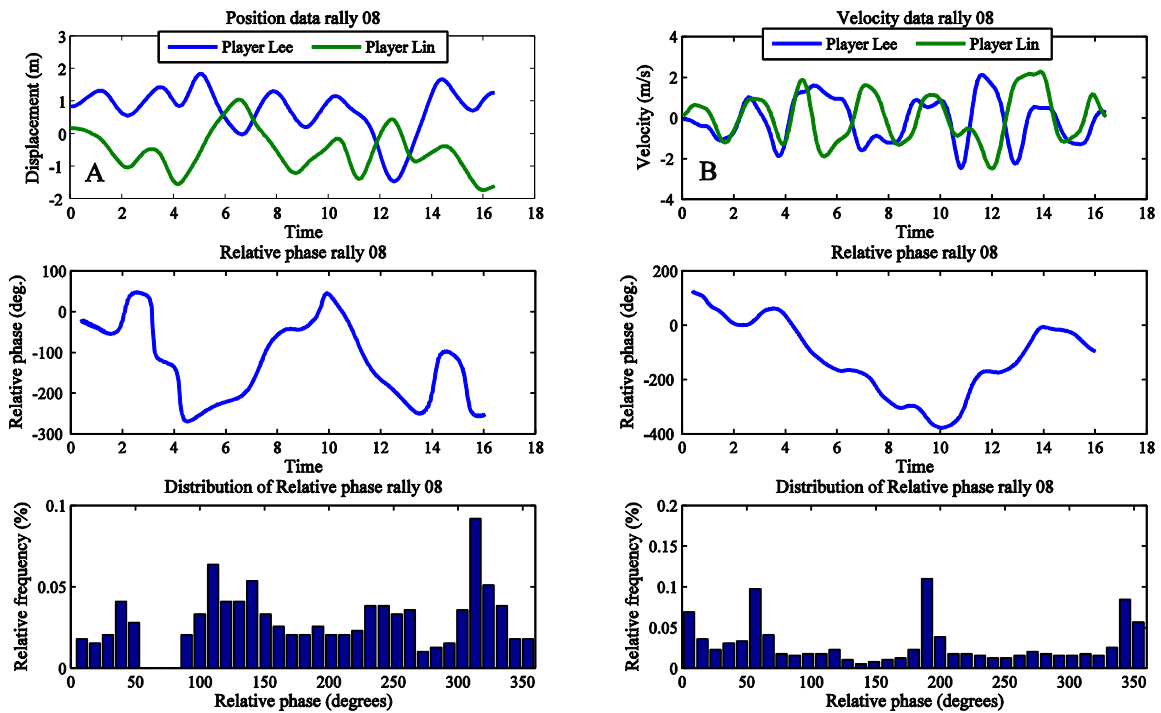


Abb. 118: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

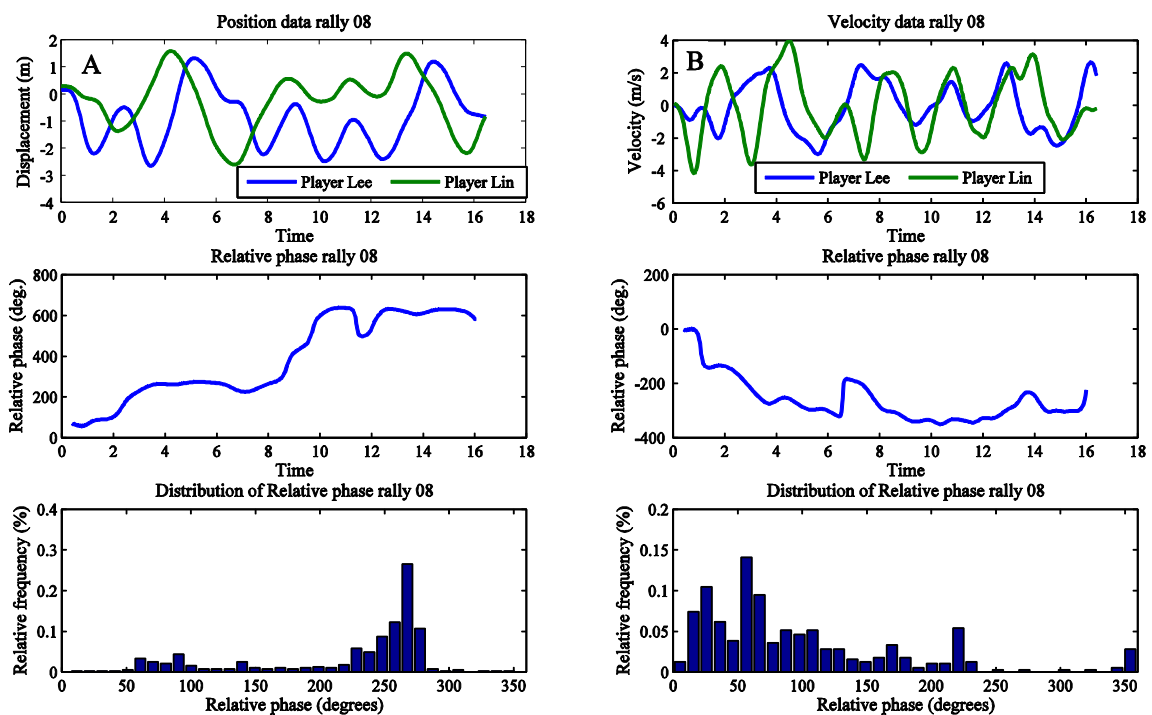


Abb. 119: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

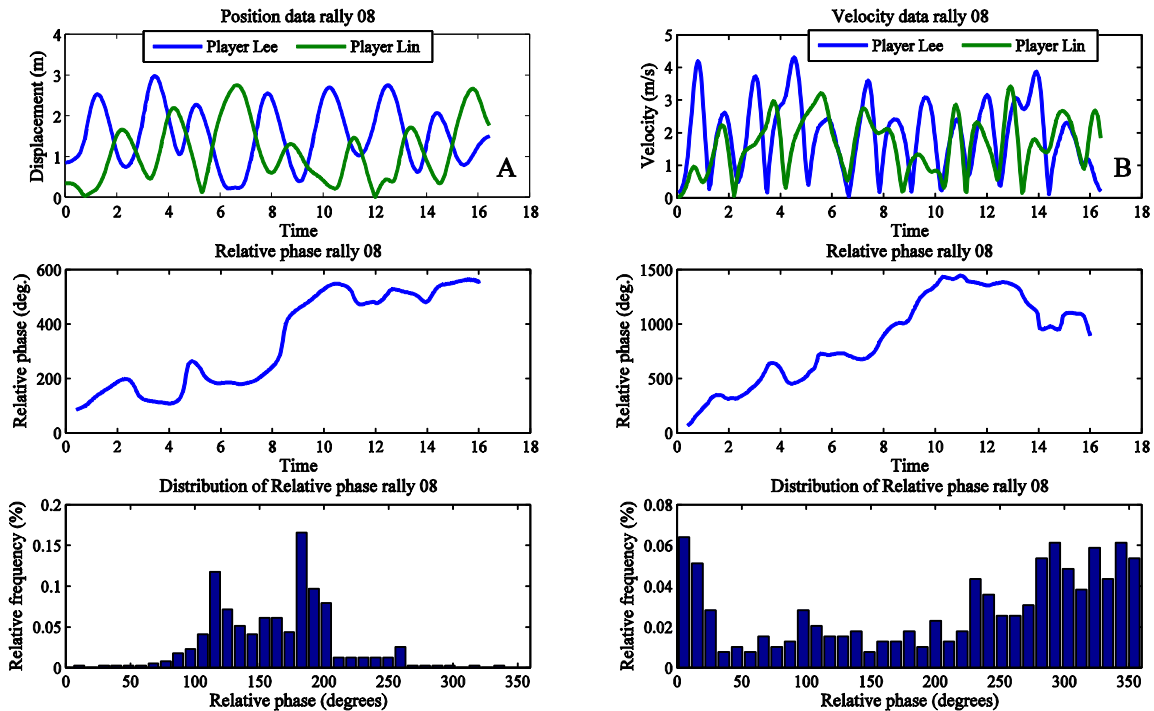


Abb. 120: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

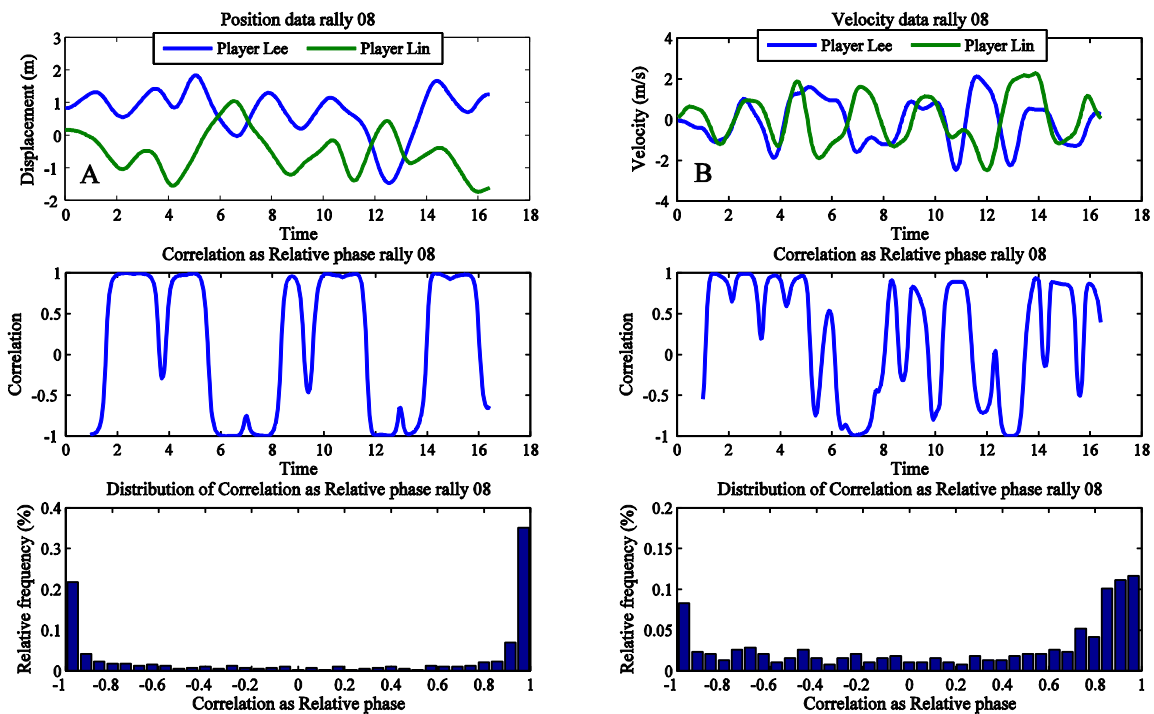


Abb. 121: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

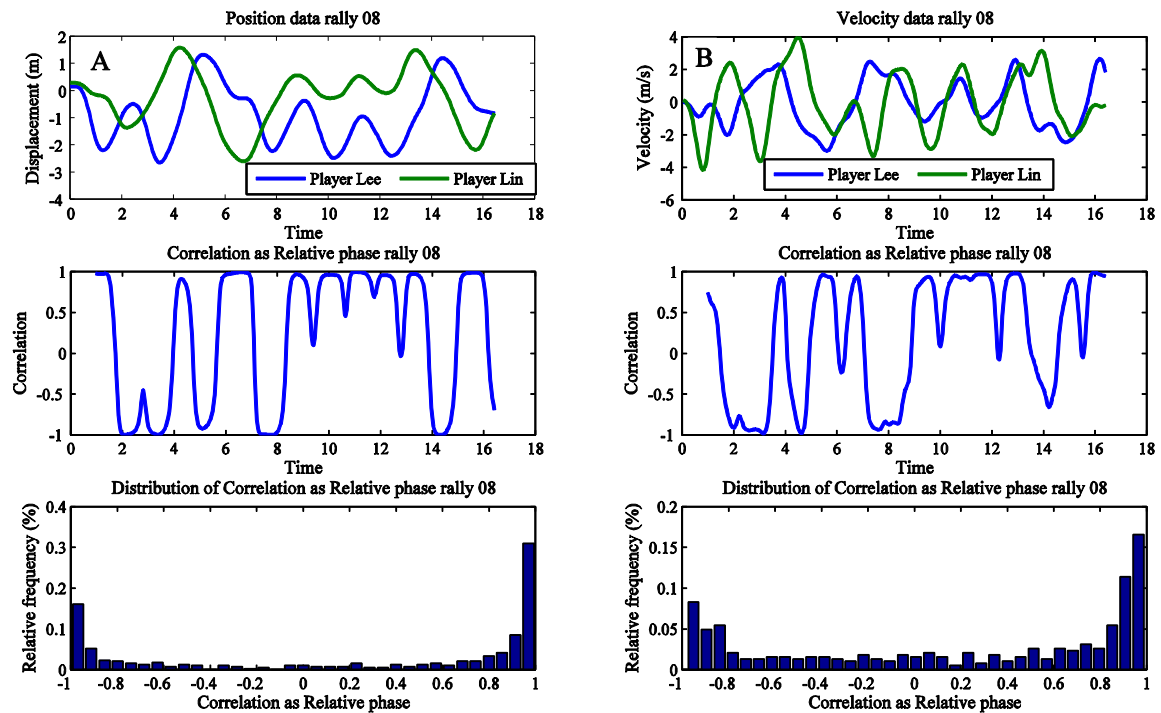


Abb. 122: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

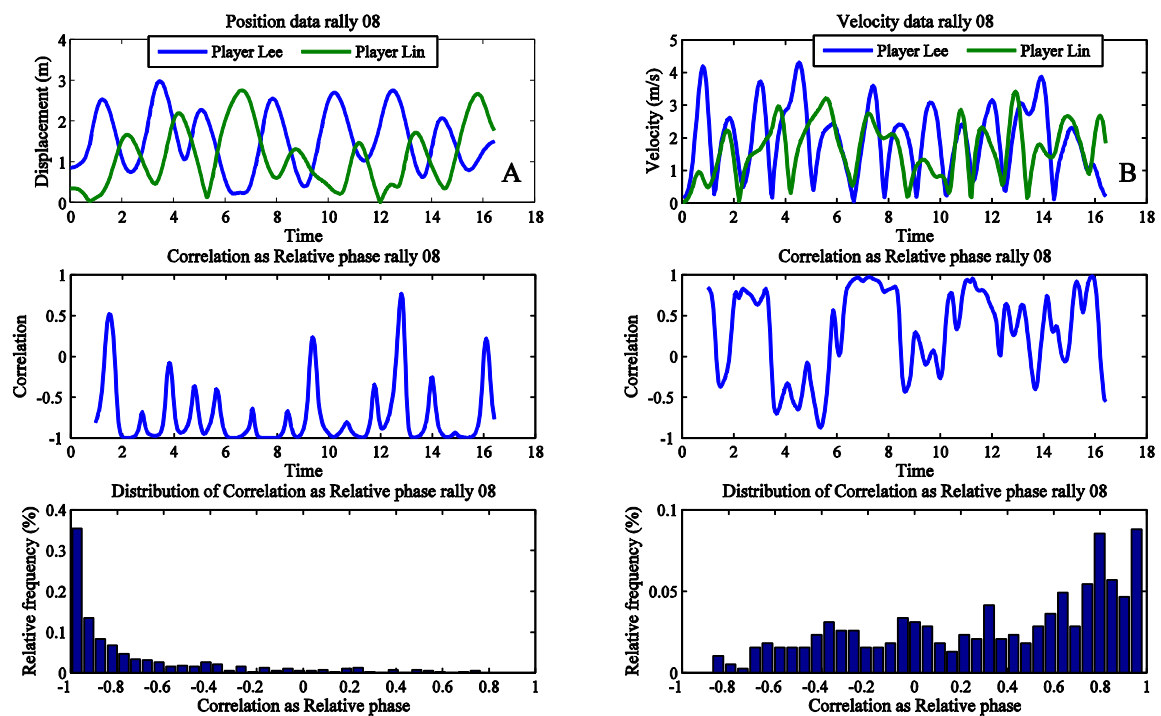


Abb. 123: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten BW08 (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

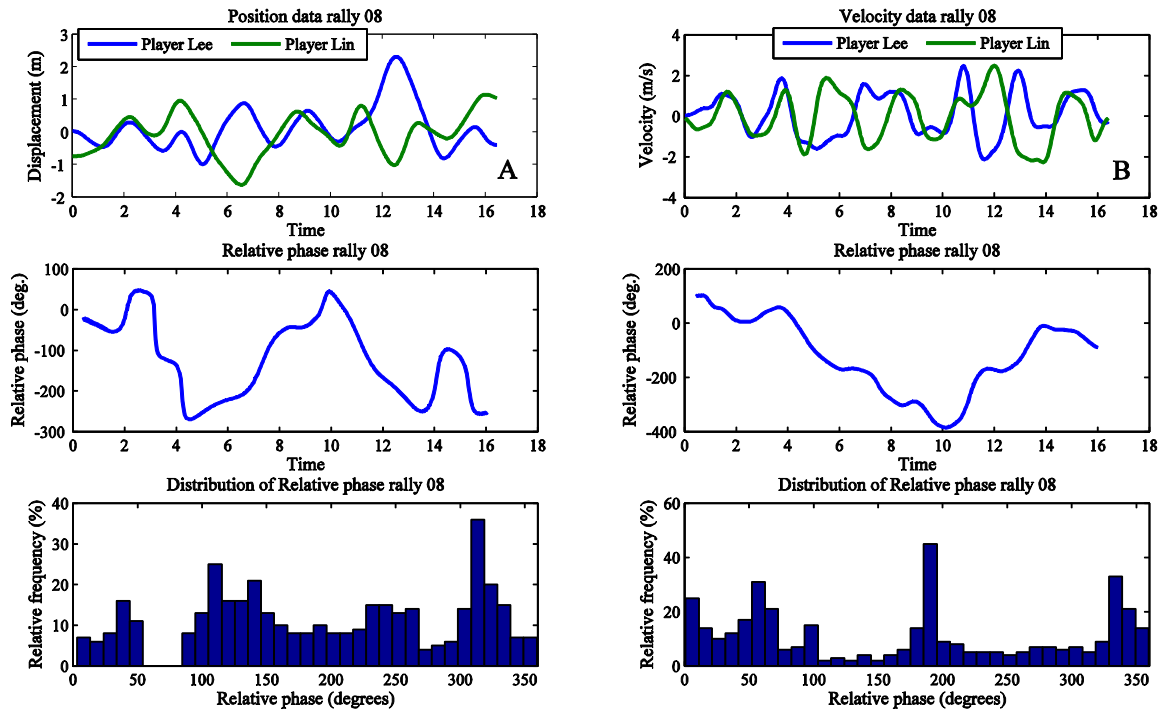


Abb. 124: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

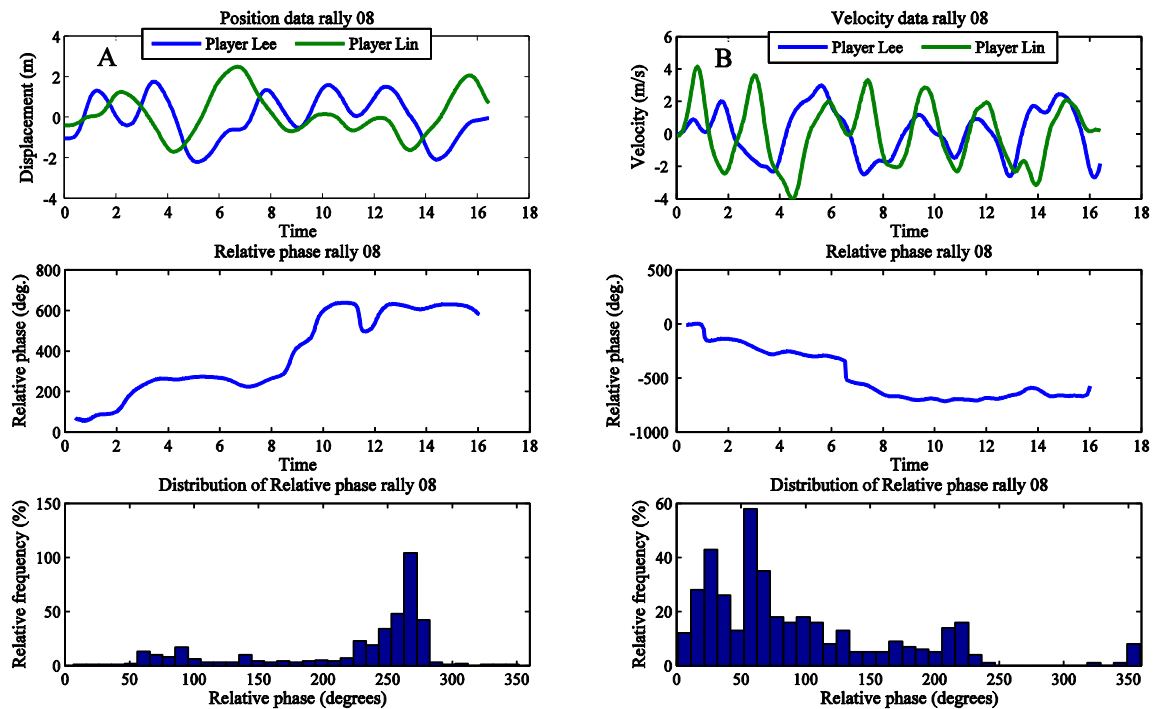


Abb. 125: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

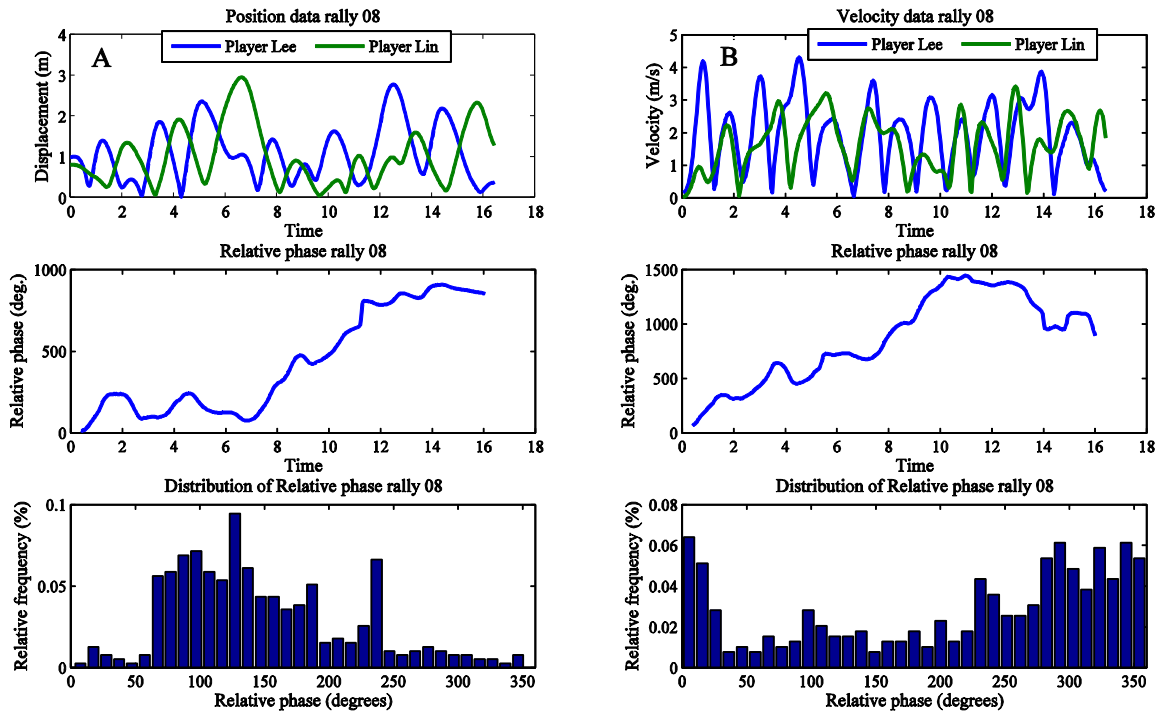


Abb. 126: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

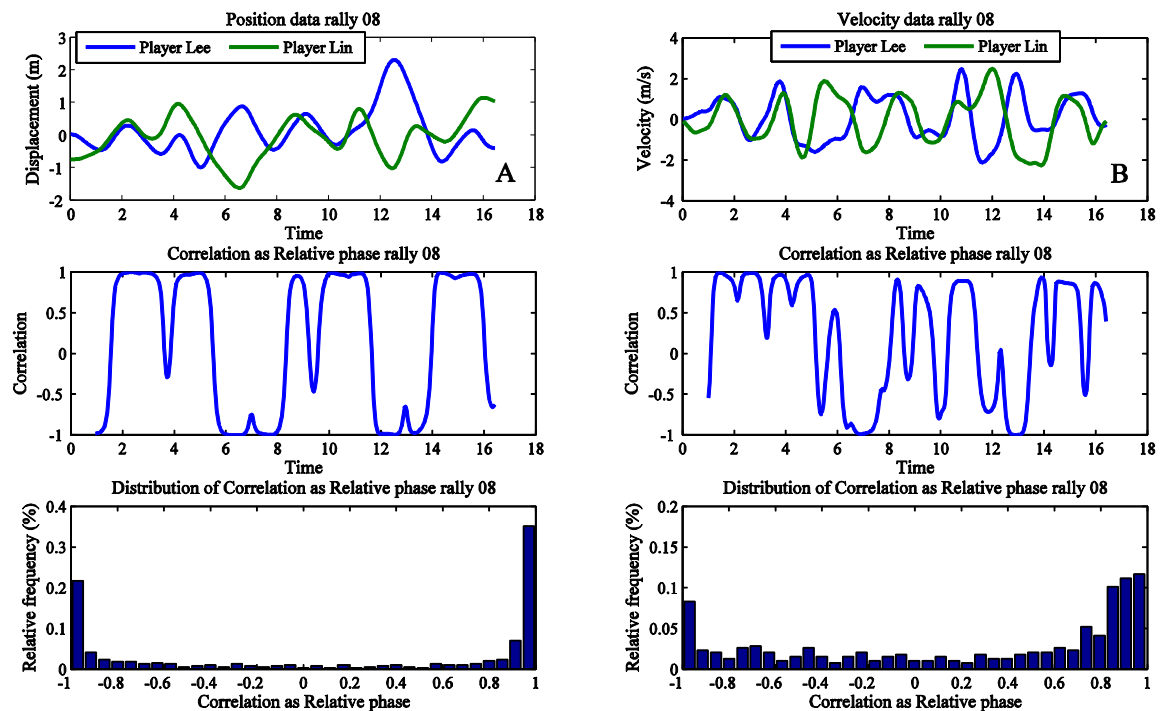


Abb. 127: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

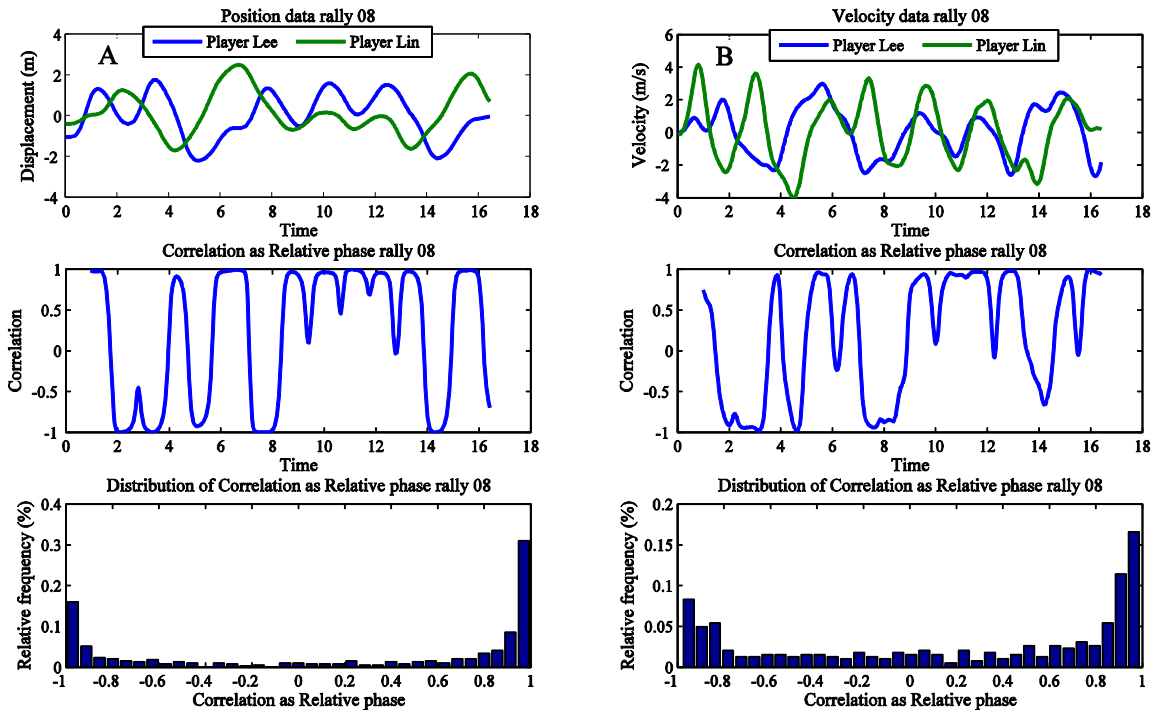


Abb. 128: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

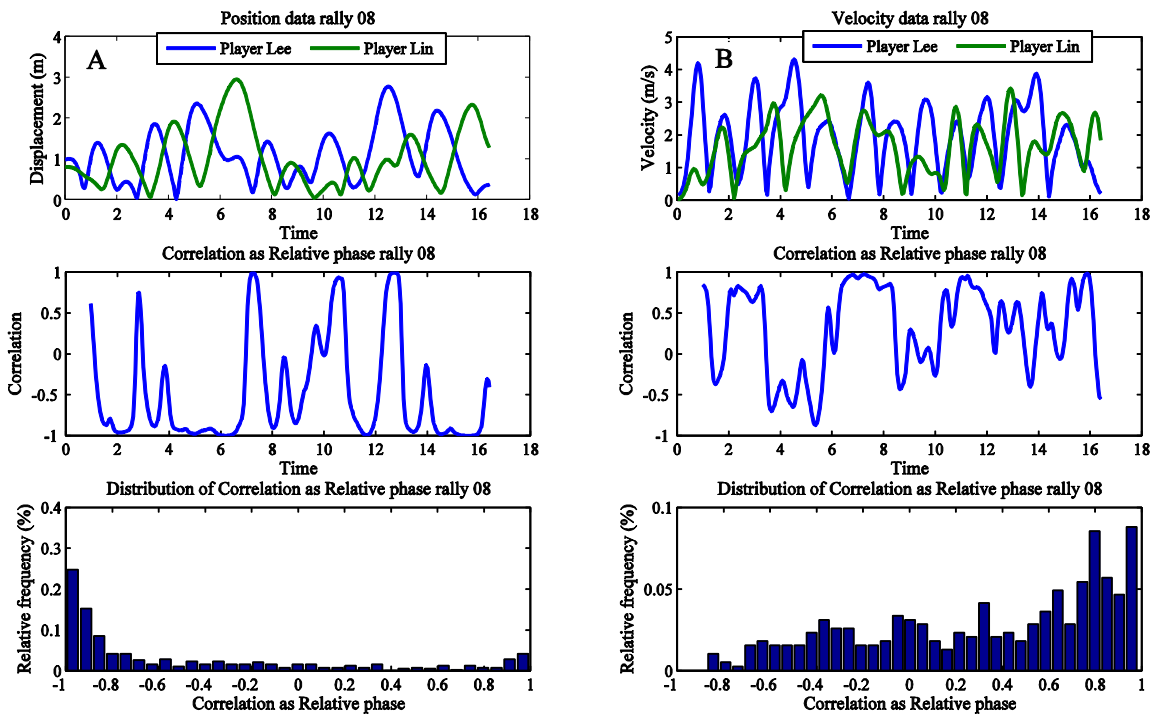


Abb. 129: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW08: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

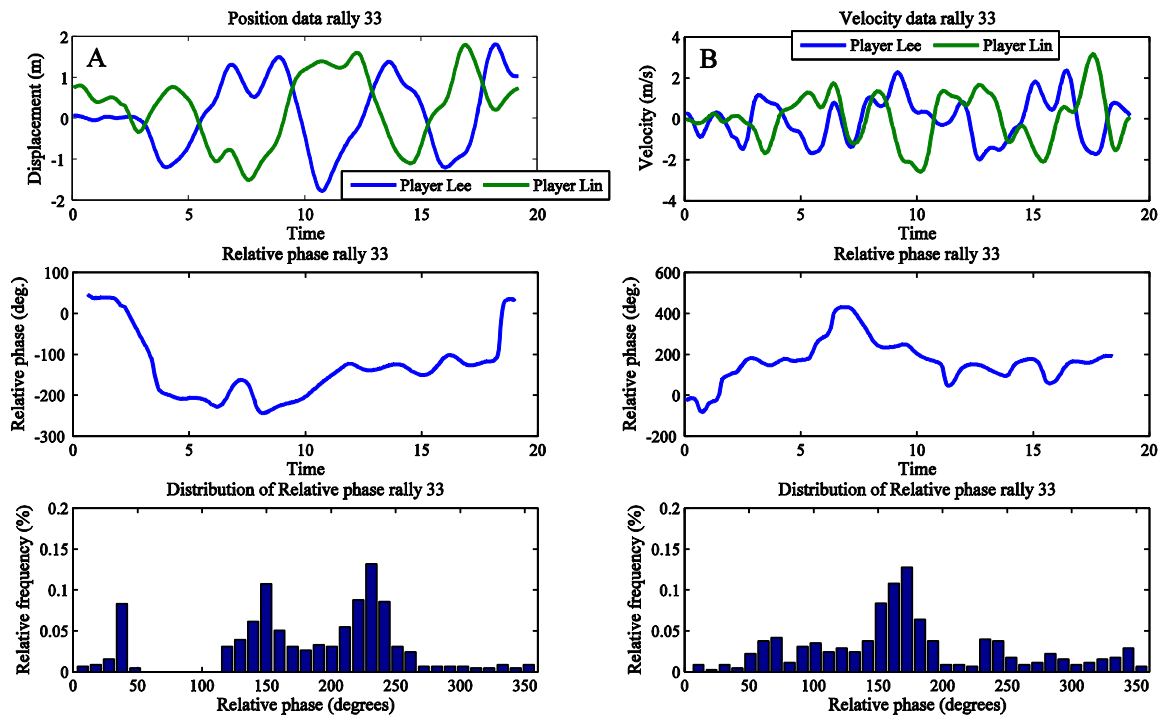


Abb. 130: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

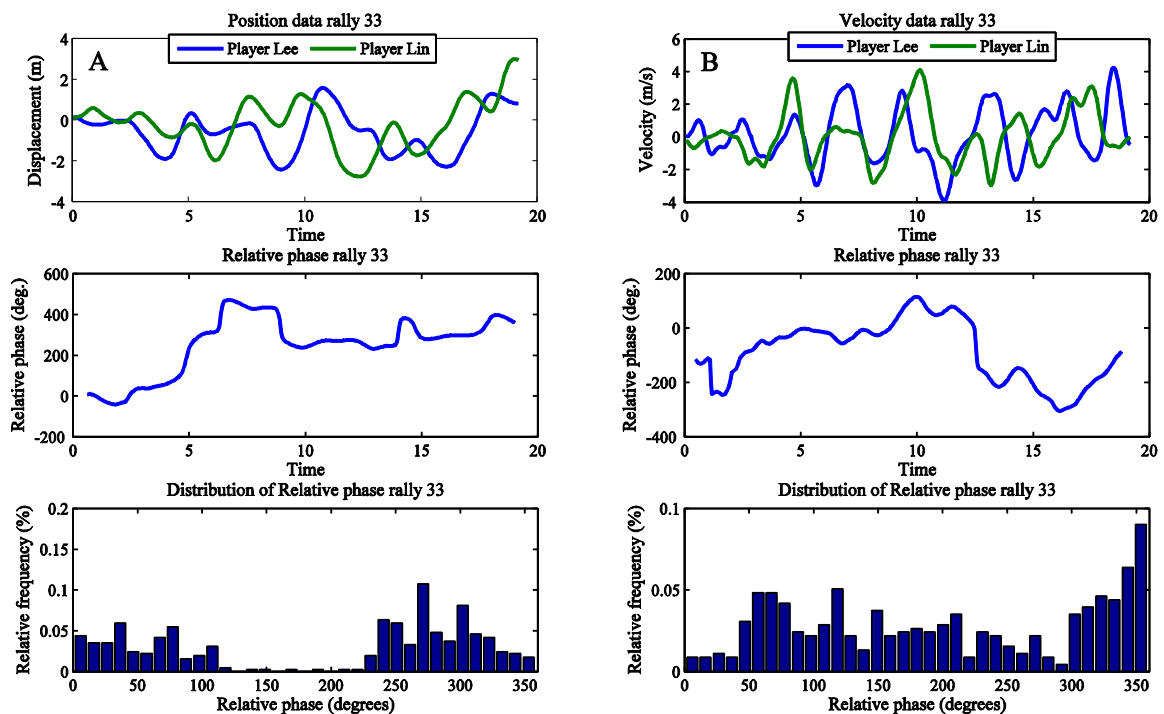


Abb. 131: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

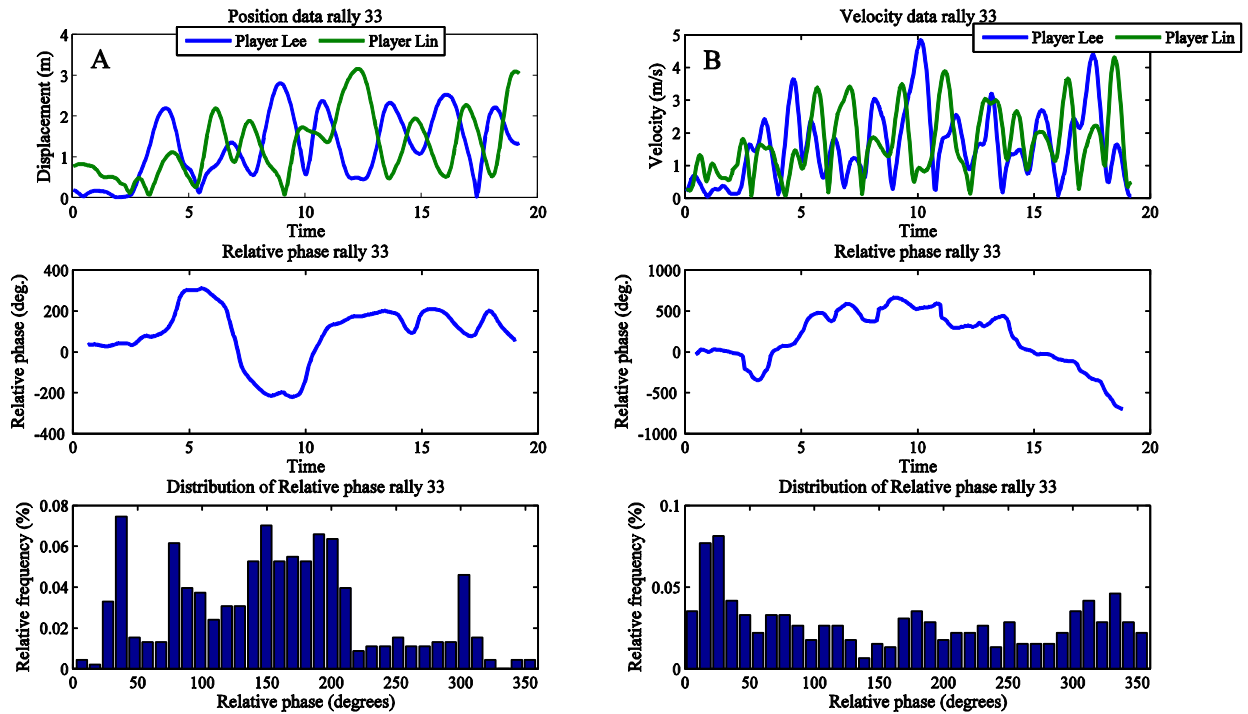


Abb. 132: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

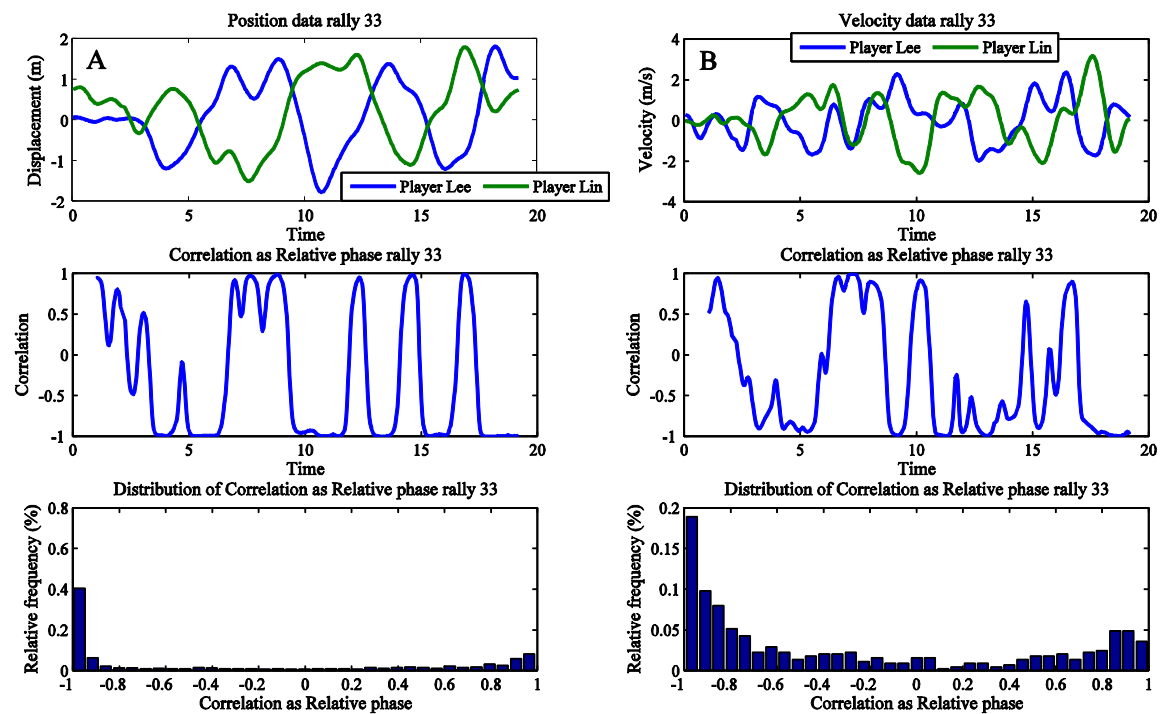


Abb. 133: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

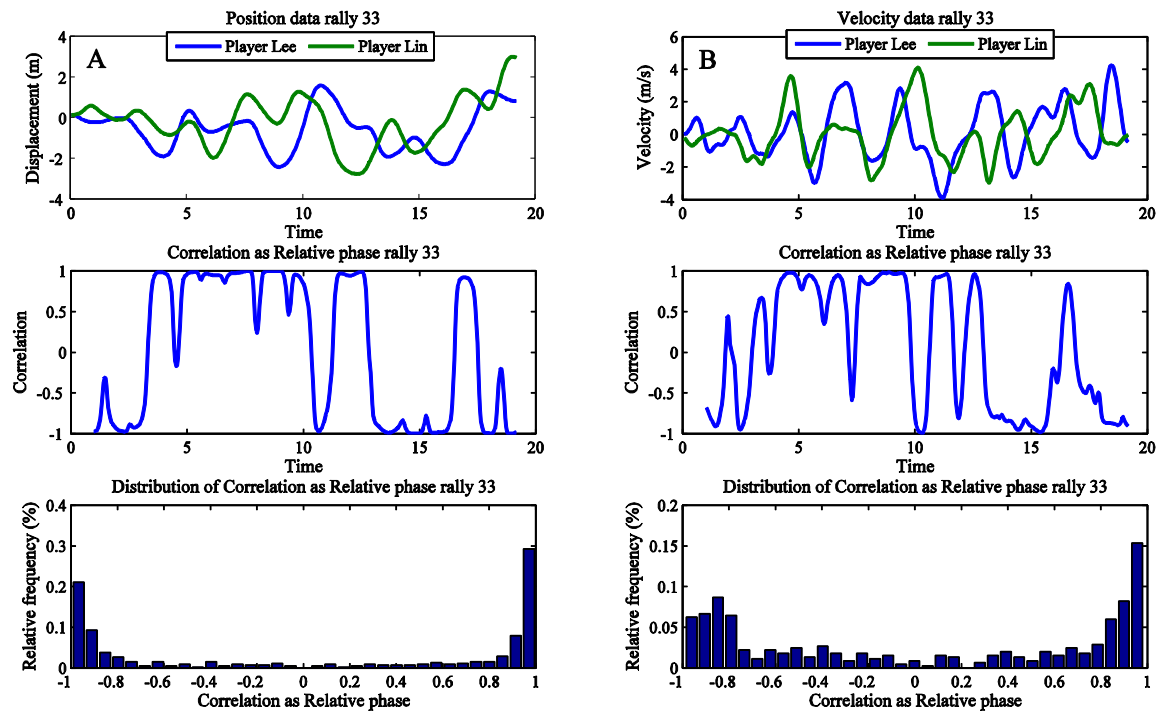


Abb. 134: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

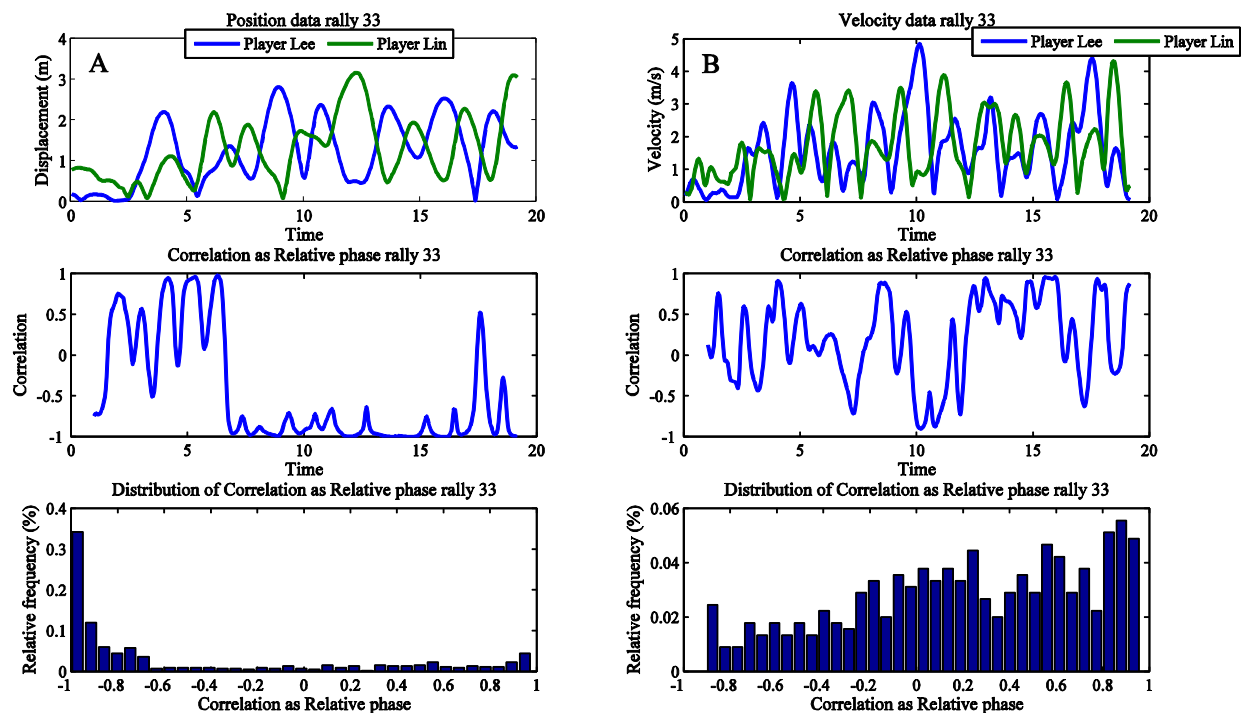


Abb. 135: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

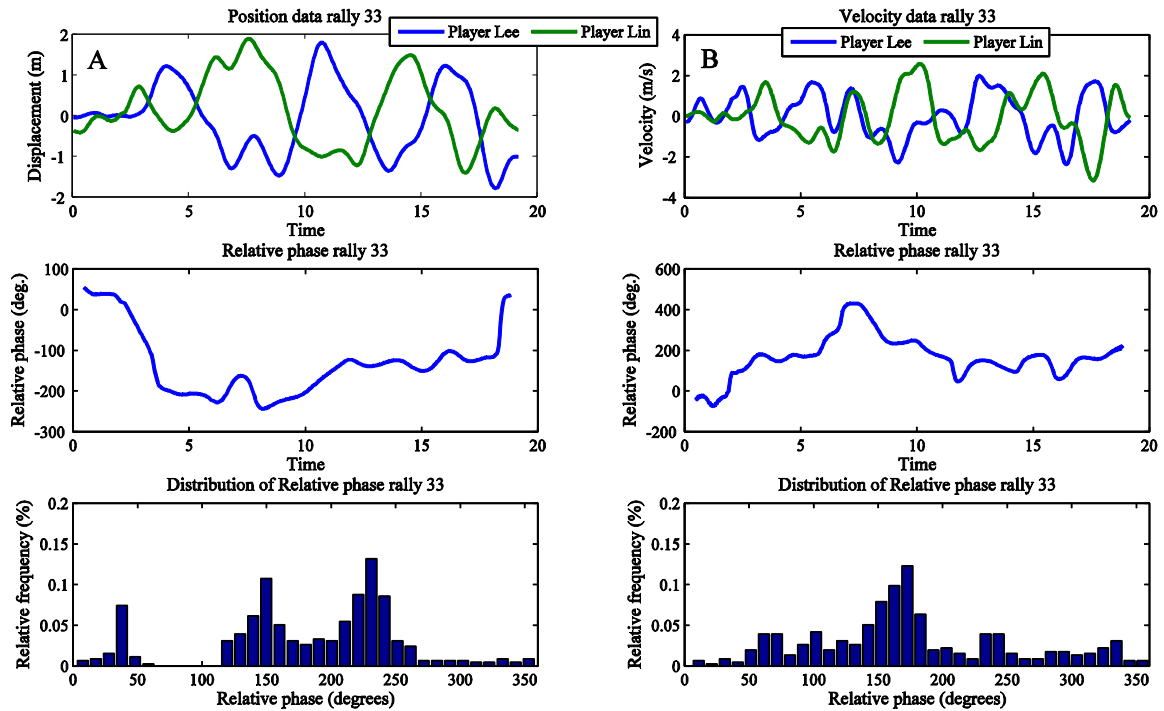


Abb. 136: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

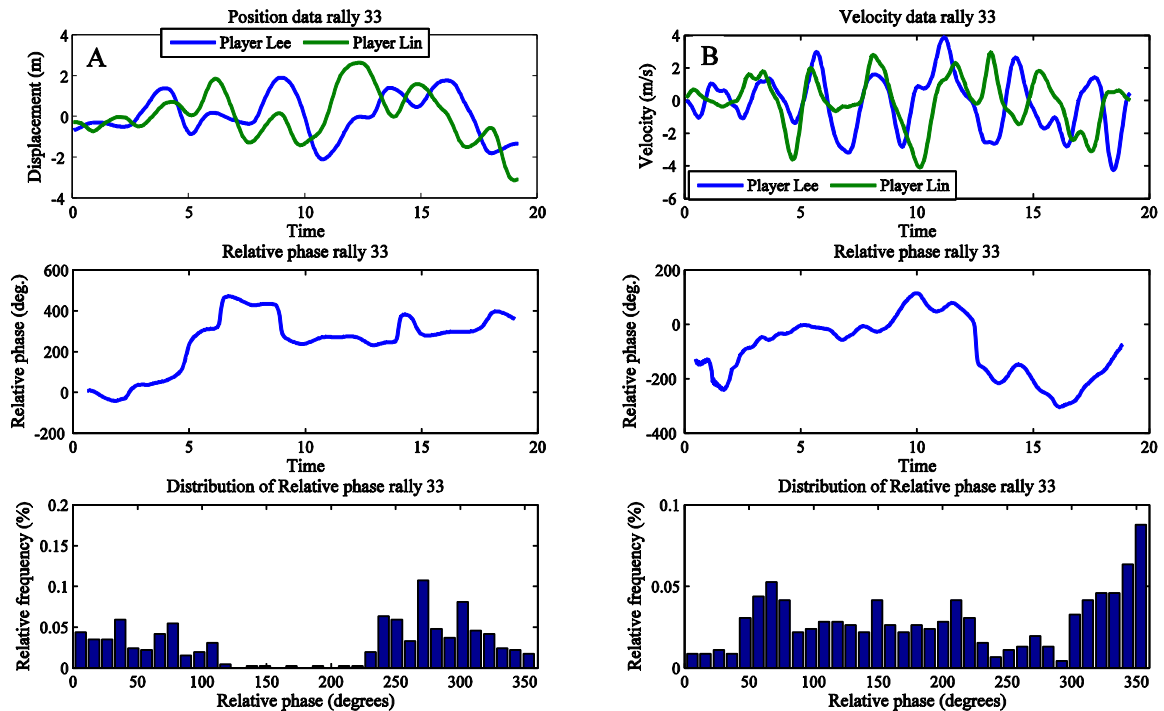


Abb. 137: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

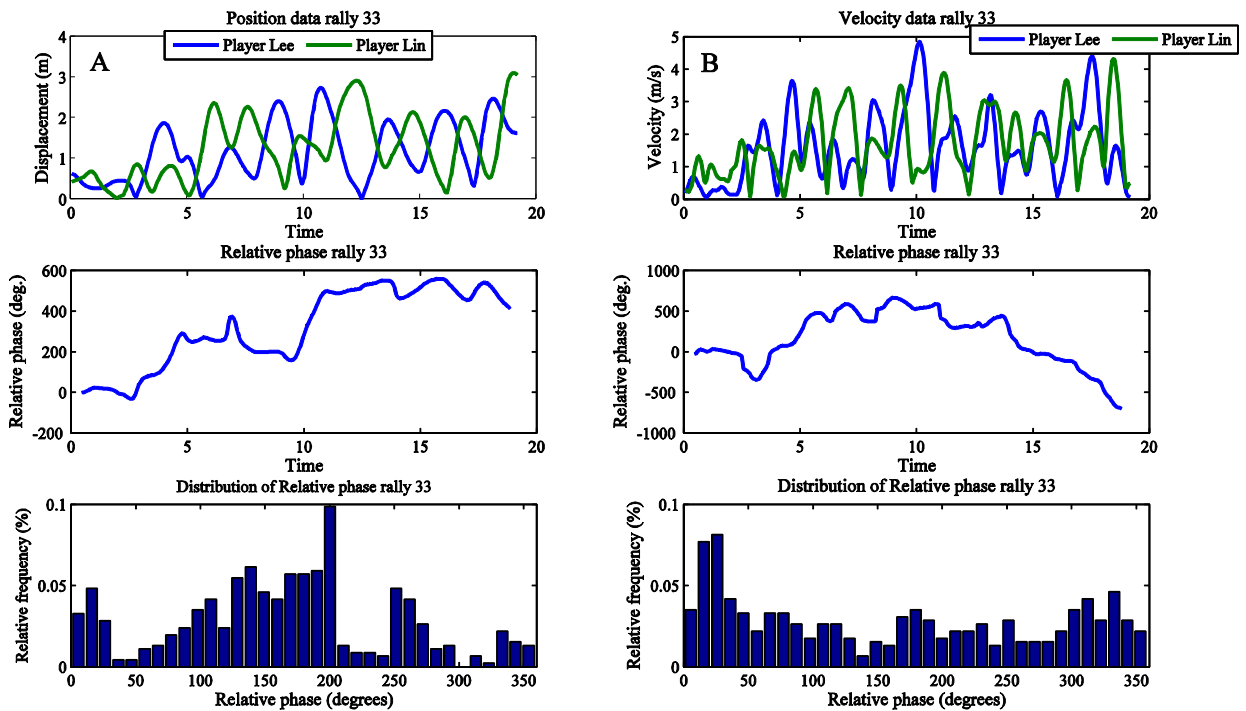


Abb. 138: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

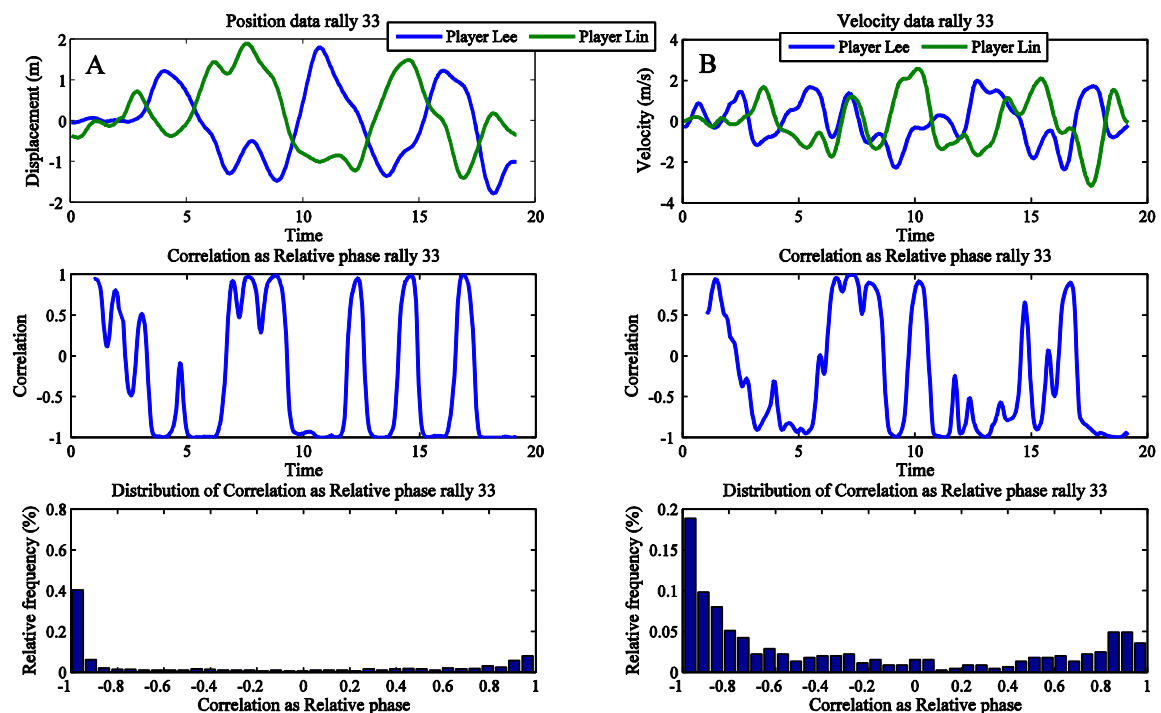


Abb. 139: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

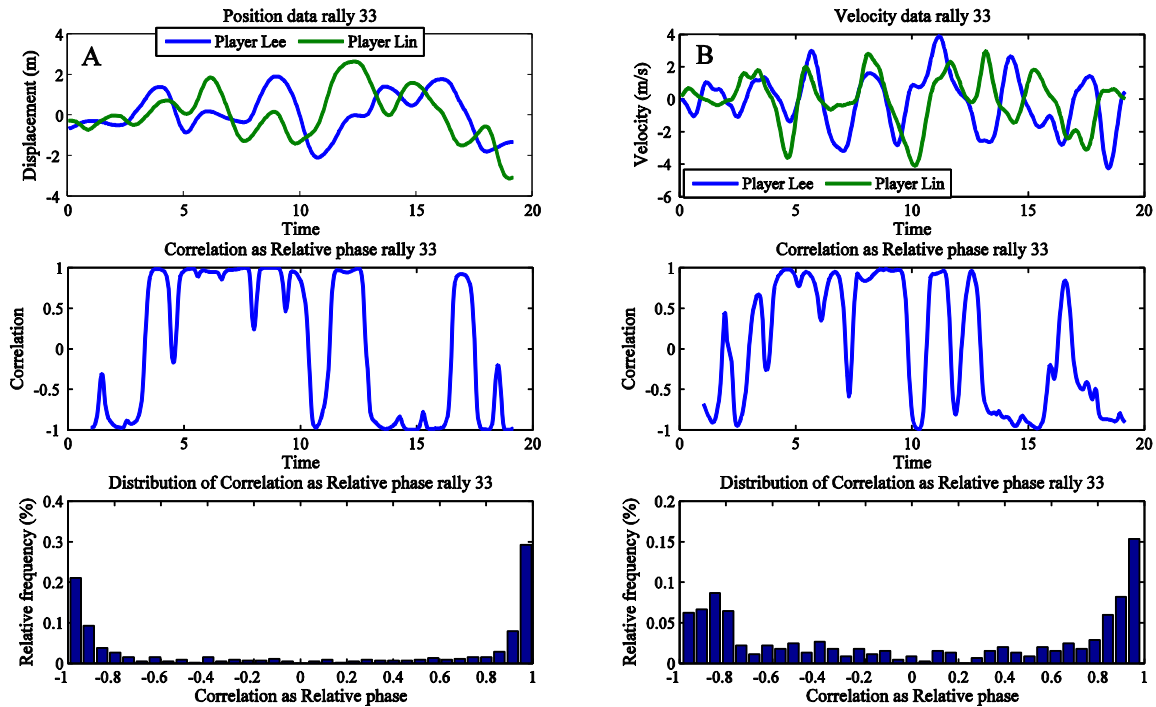


Abb. 140: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

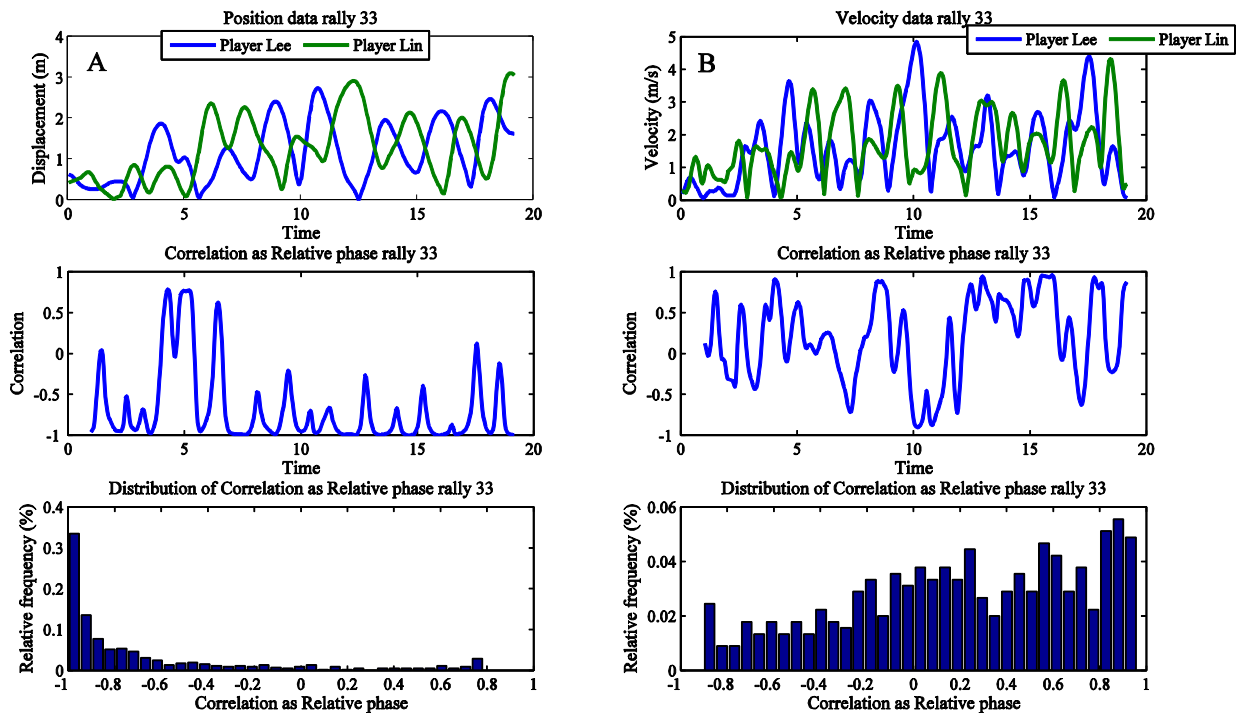


Abb. 141: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW33: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

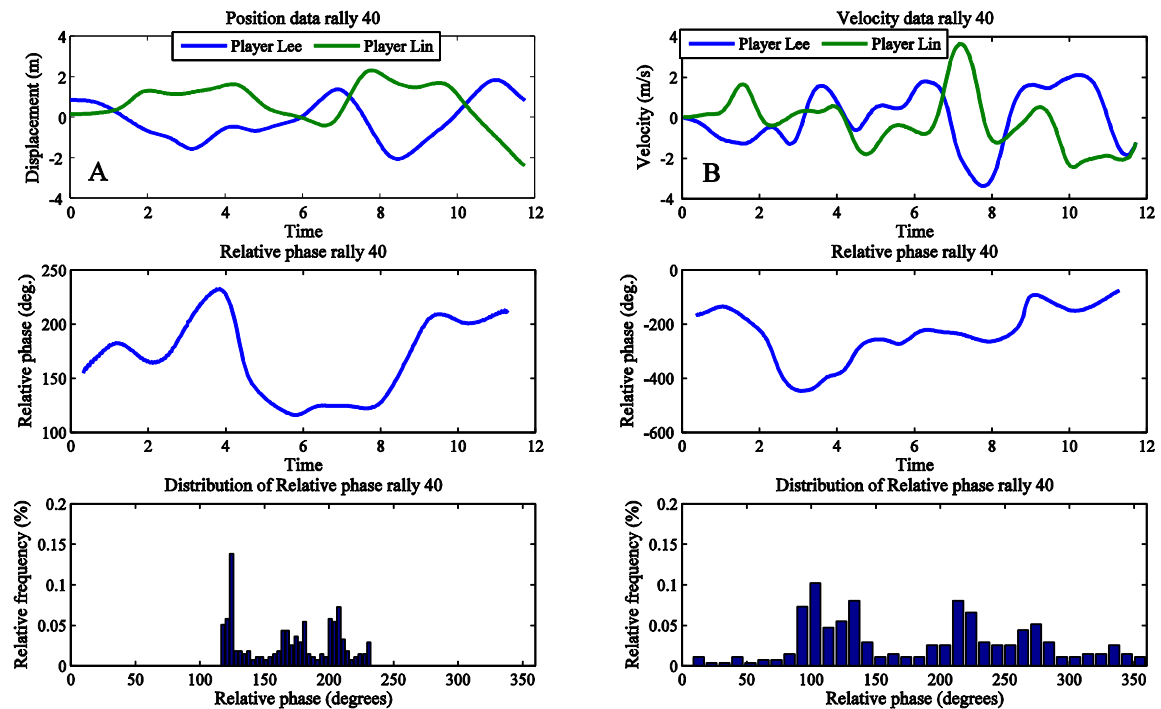


Abb. 142: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

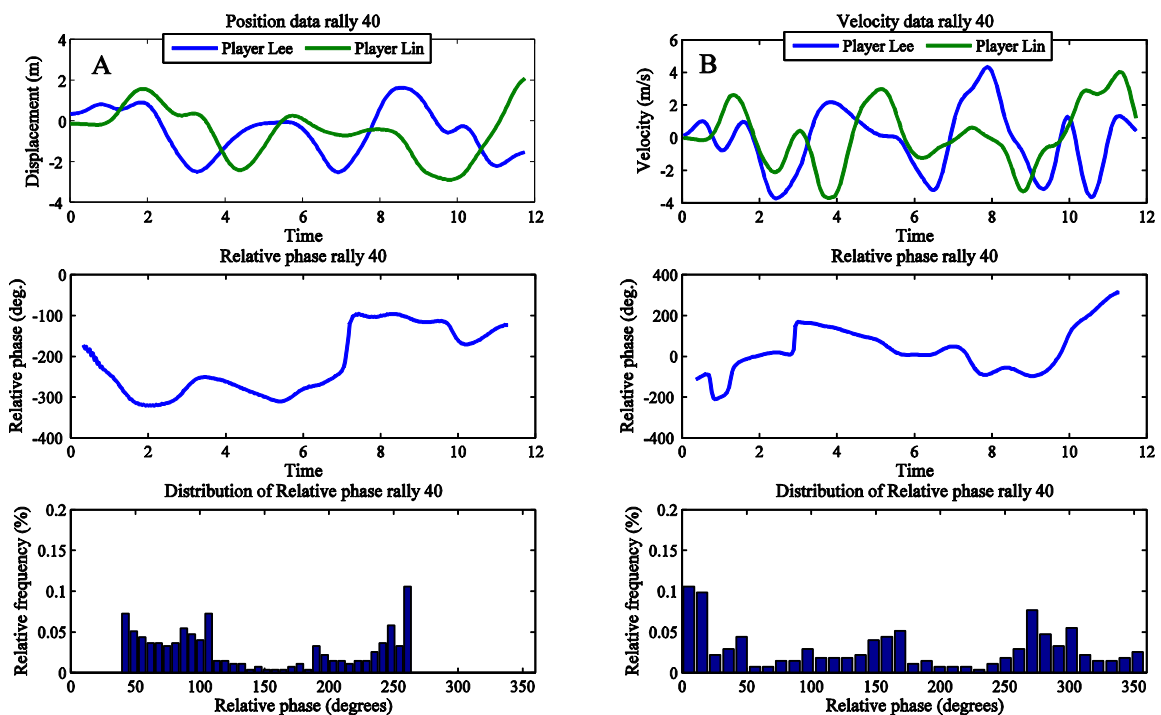


Abb. 143: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

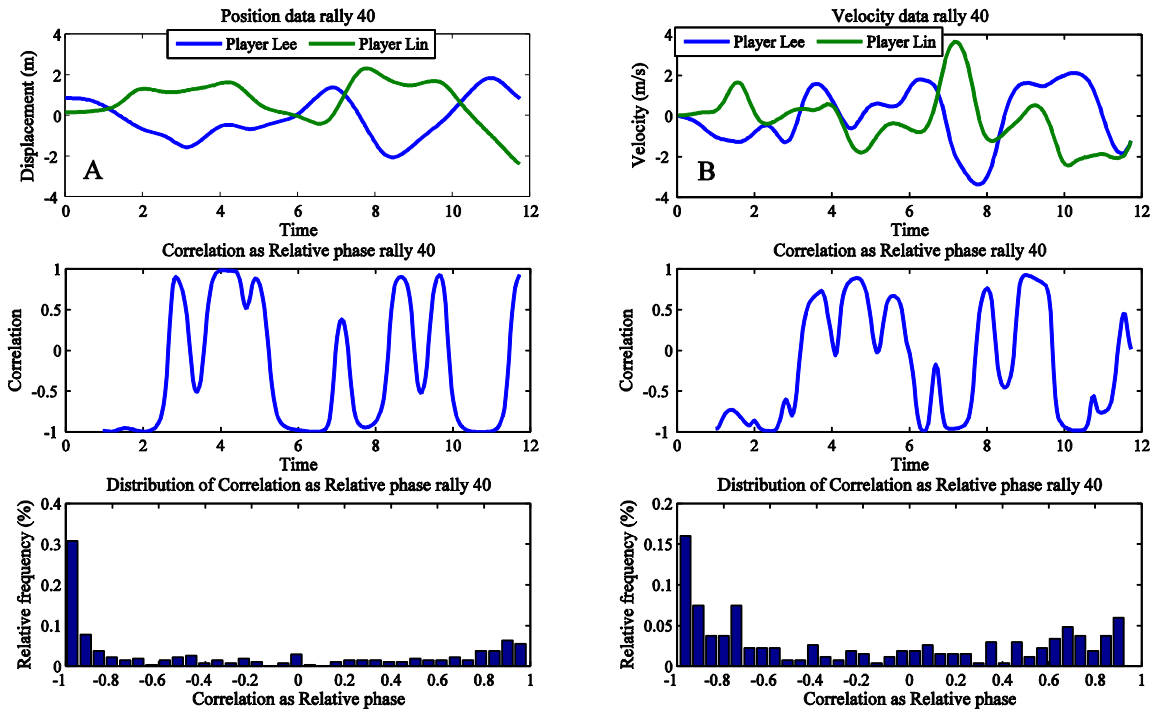


Abb. 144: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

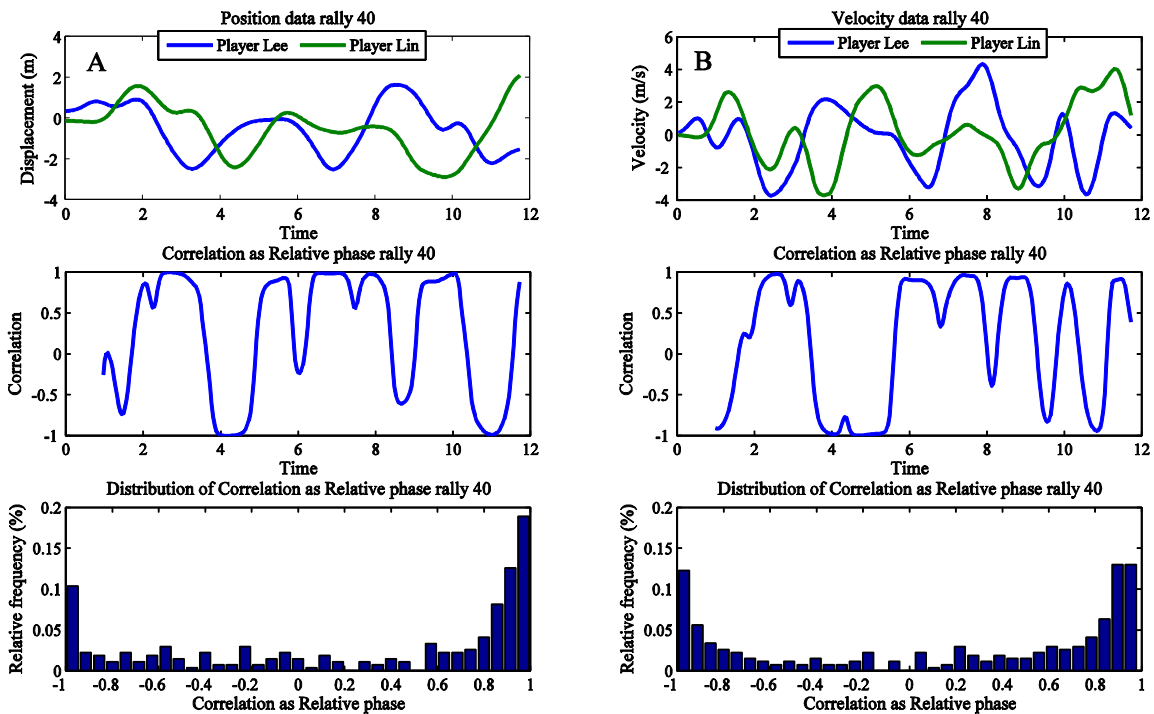


Abb. 145: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW40: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

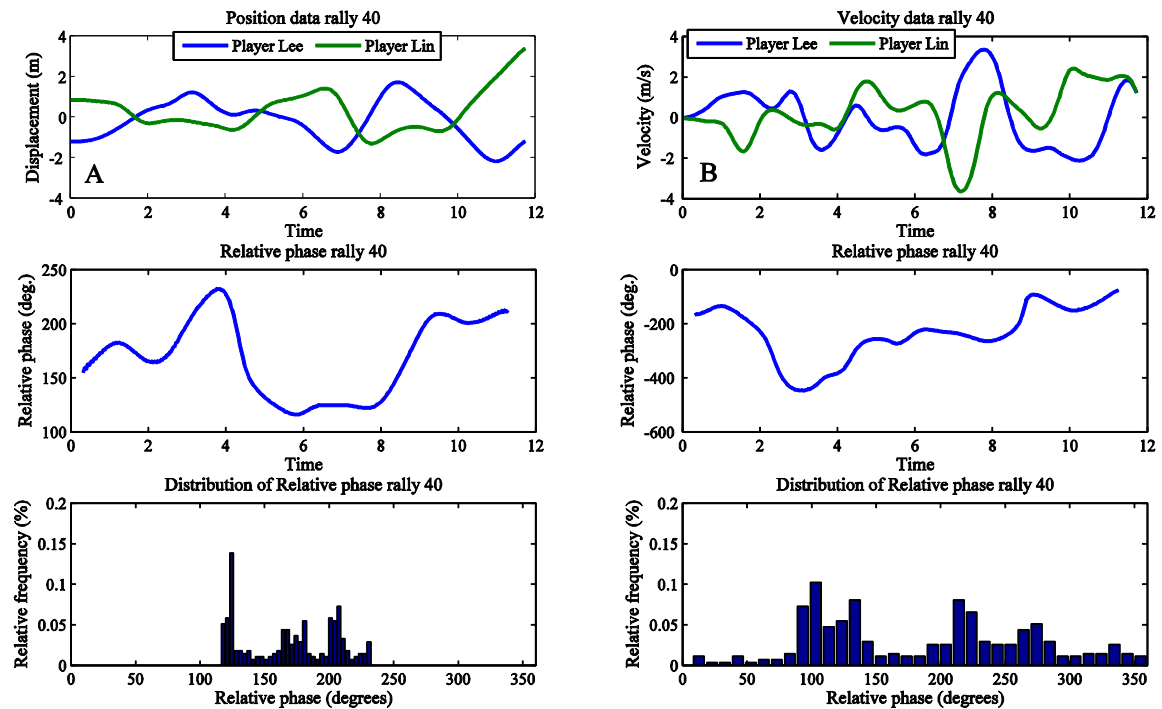


Abb. 146: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW40: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

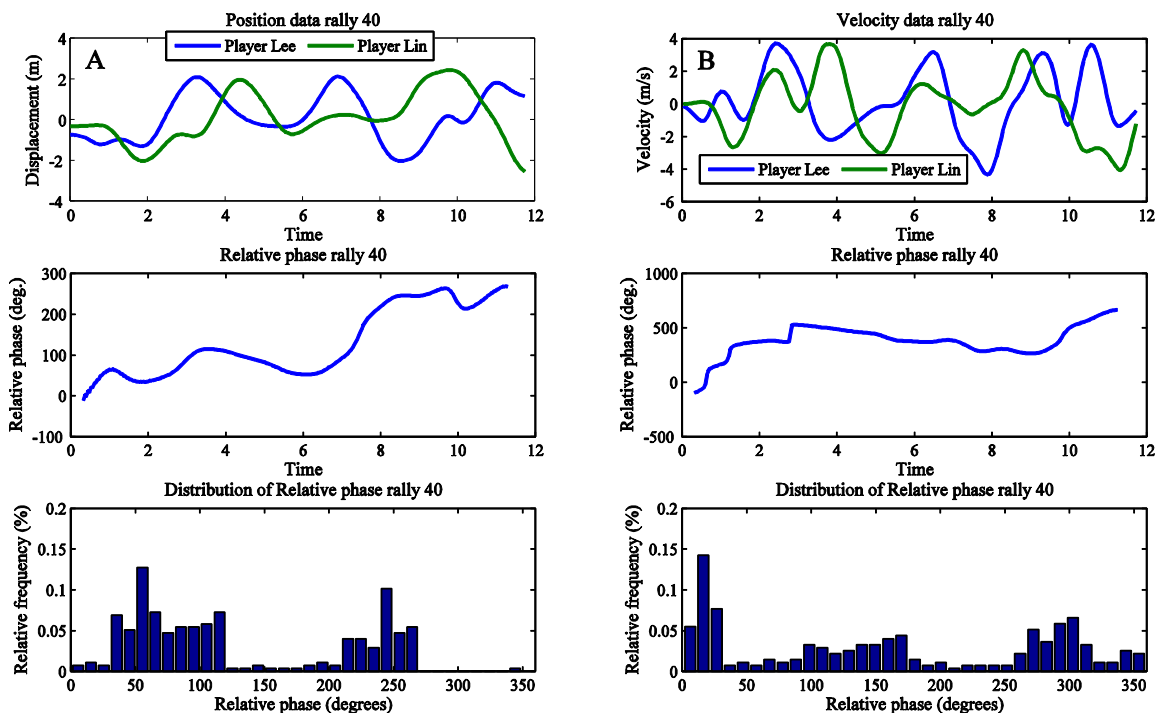


Abb. 147: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW40: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

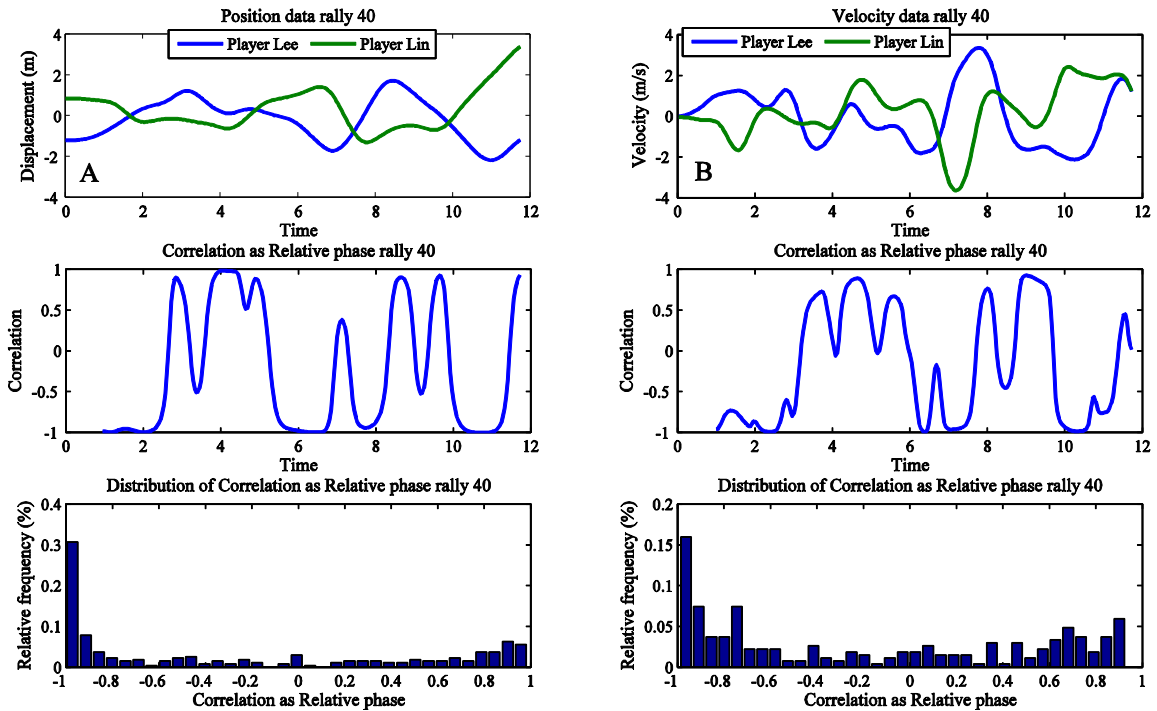


Abb. 148: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW40: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

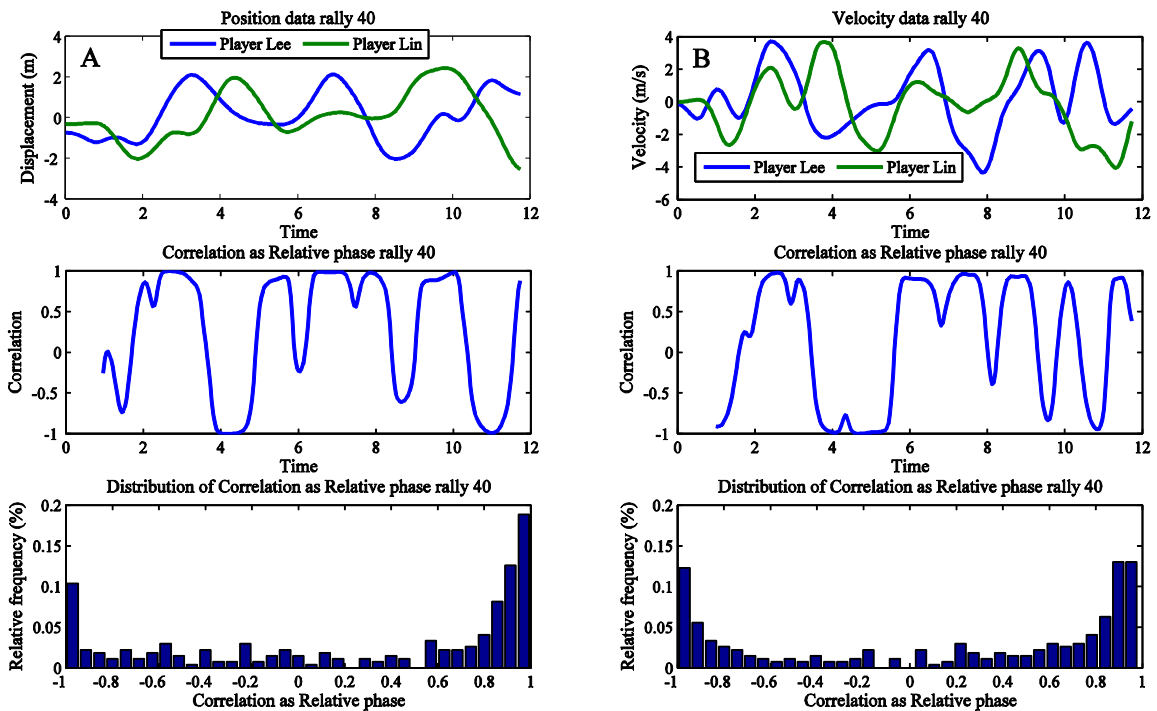


Abb. 149: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW40: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

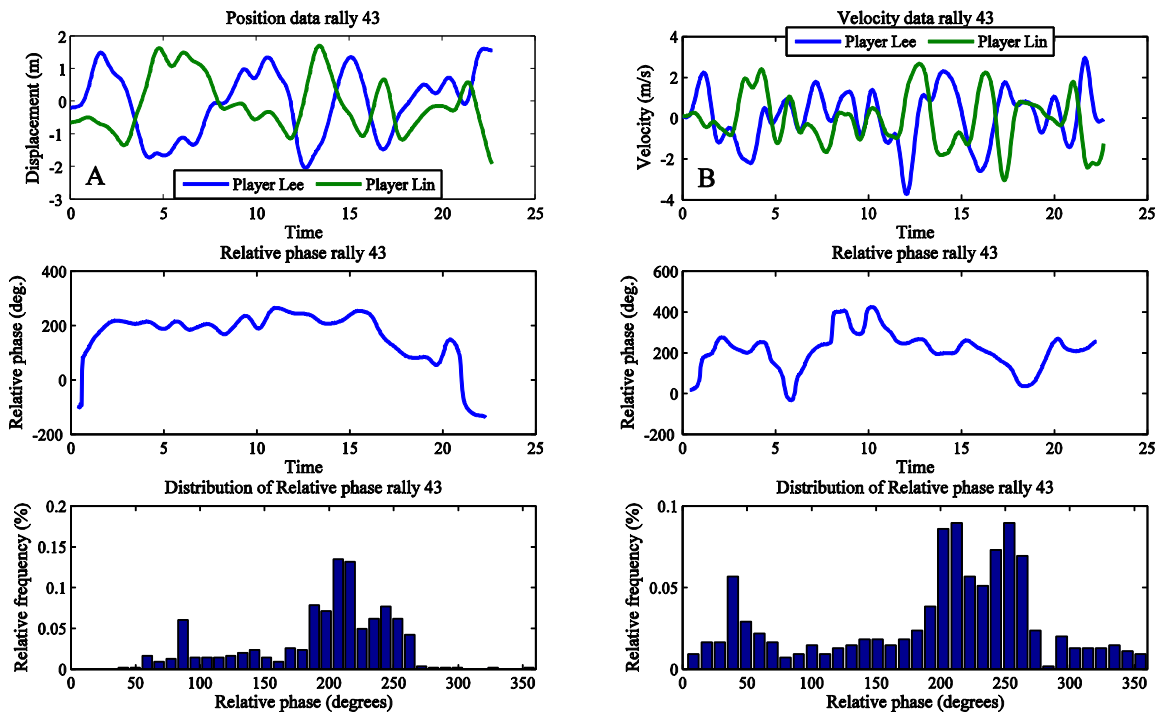


Abb. 150: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

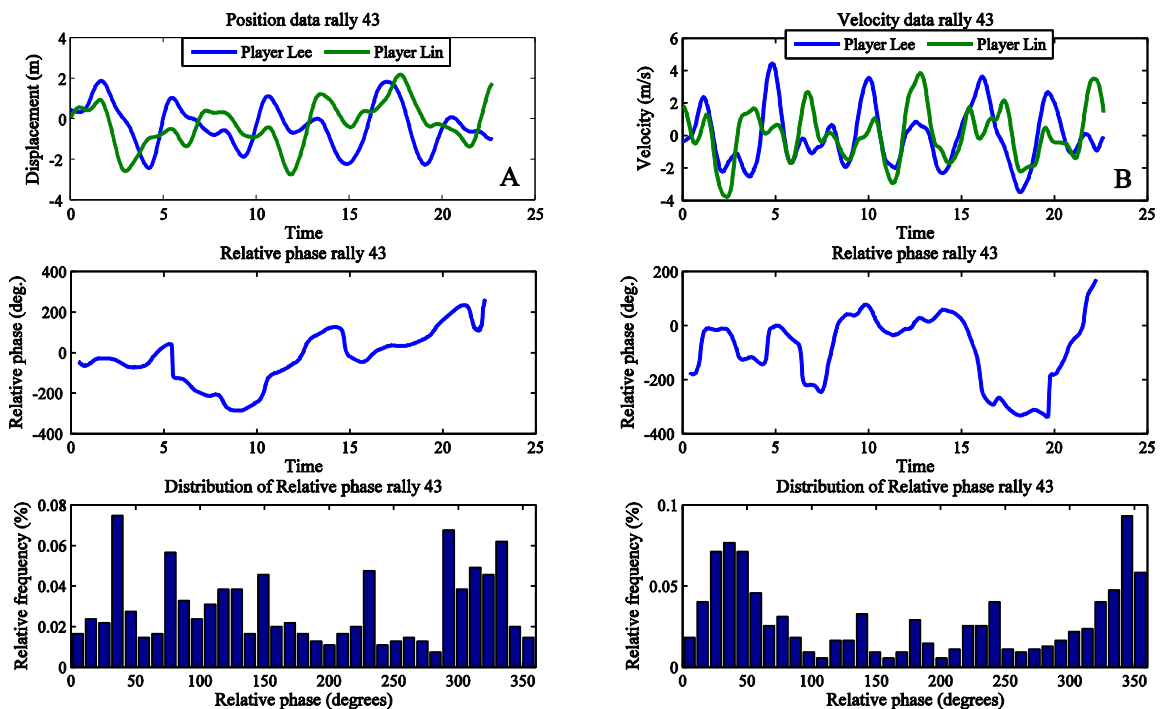


Abb. 151: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

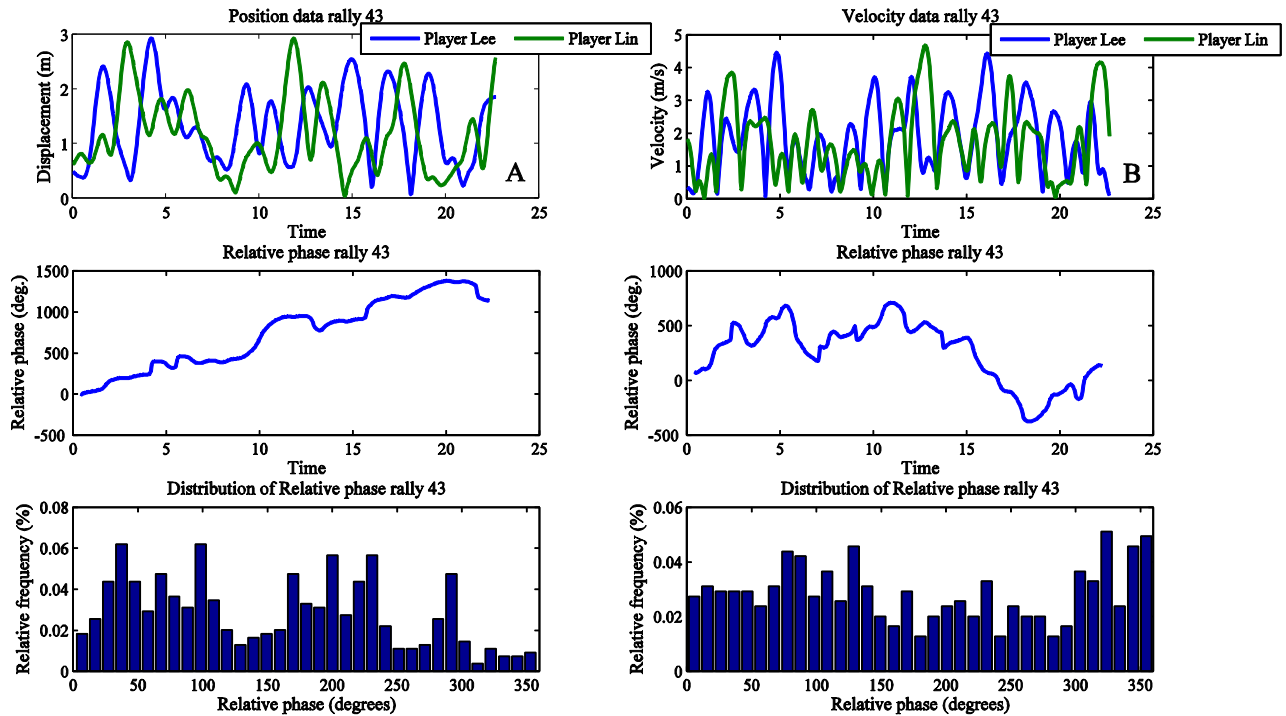


Abb. 152: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

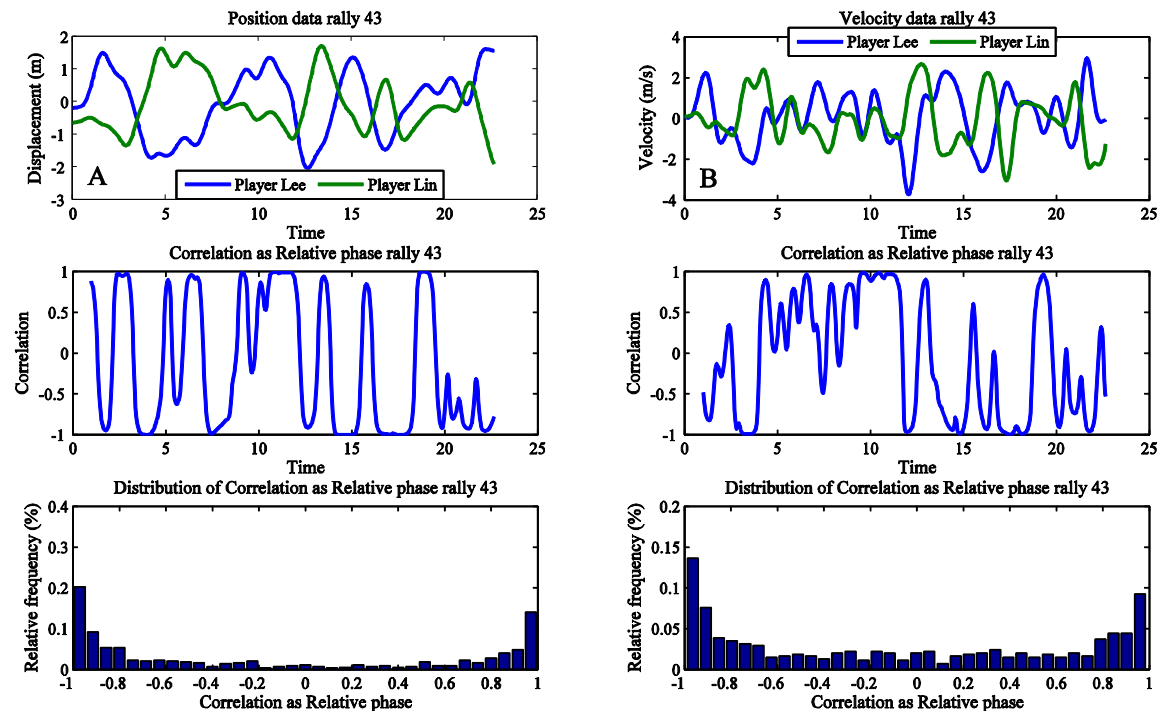


Abb. 153: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

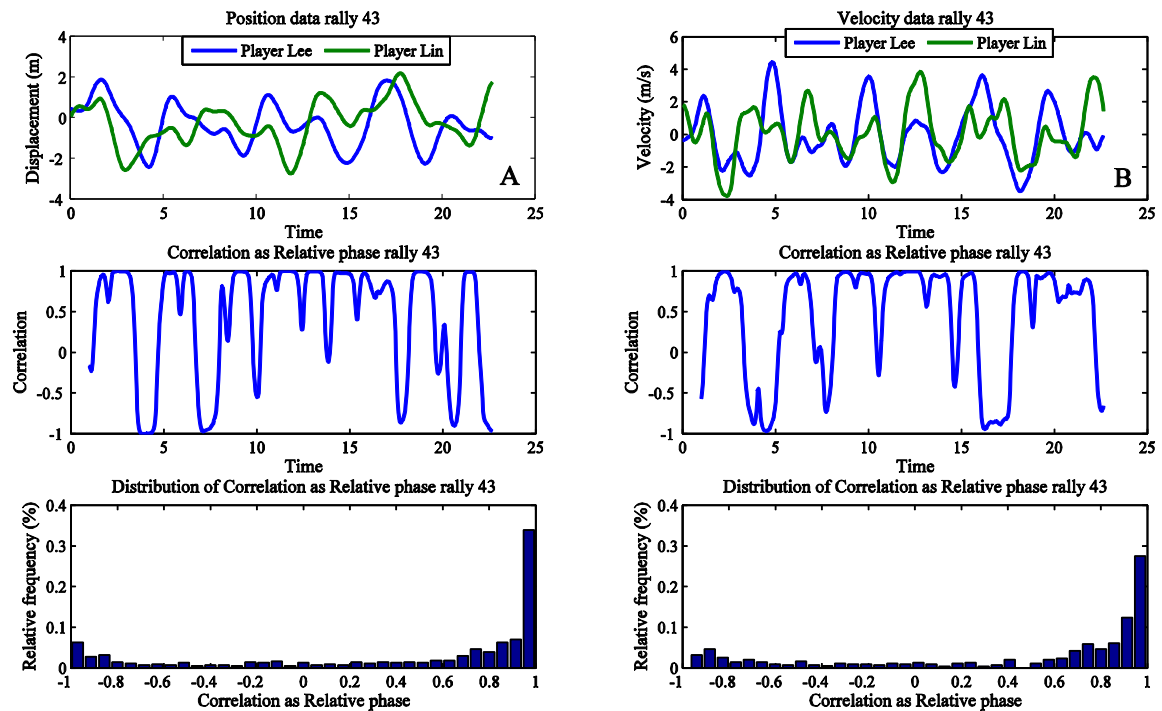


Abb. 154: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

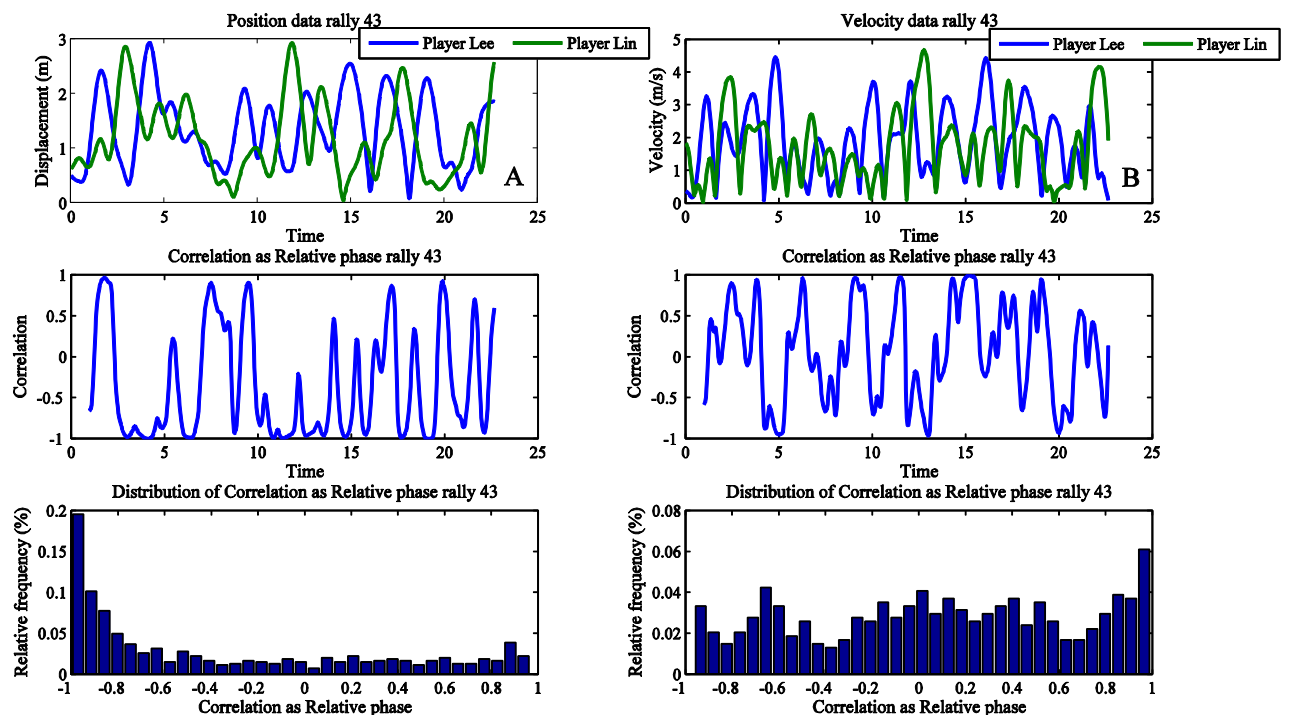


Abb. 155: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

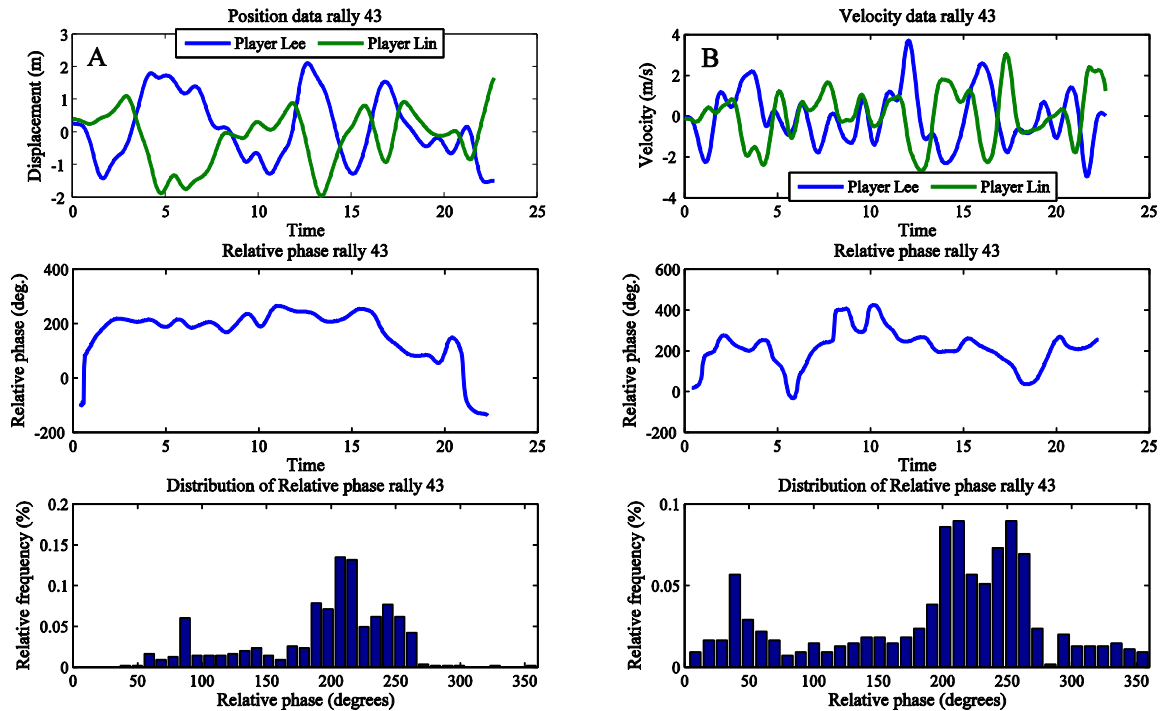


Abb. 156: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

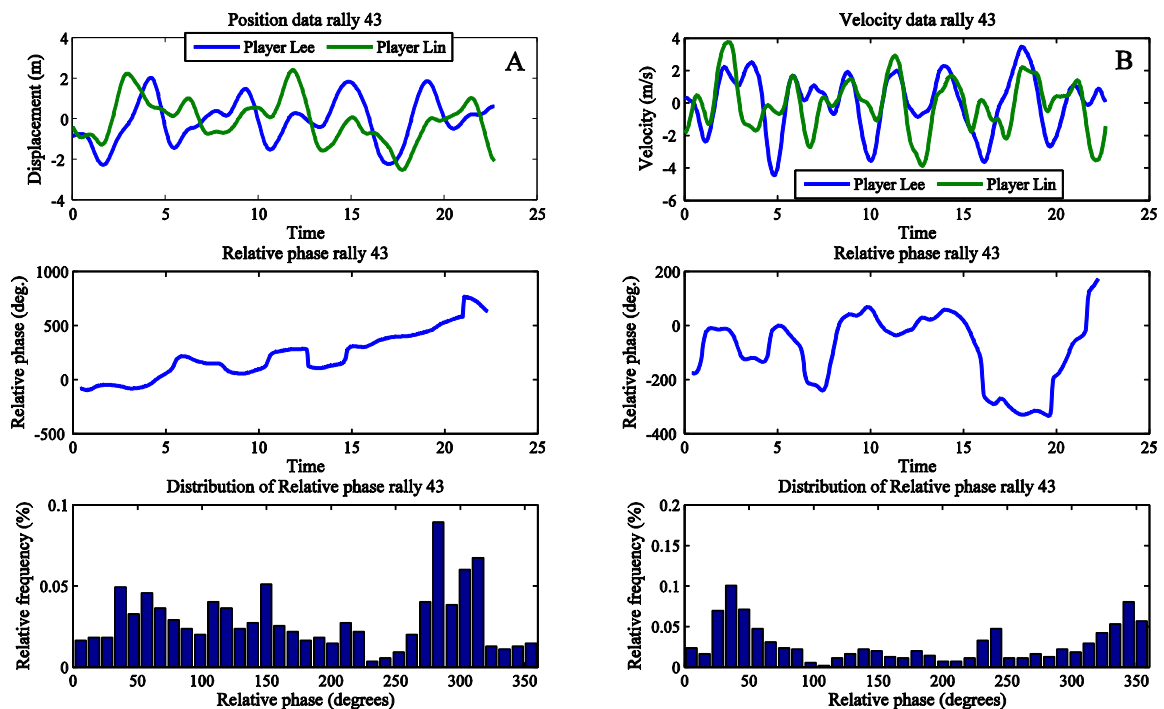


Abb. 157: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

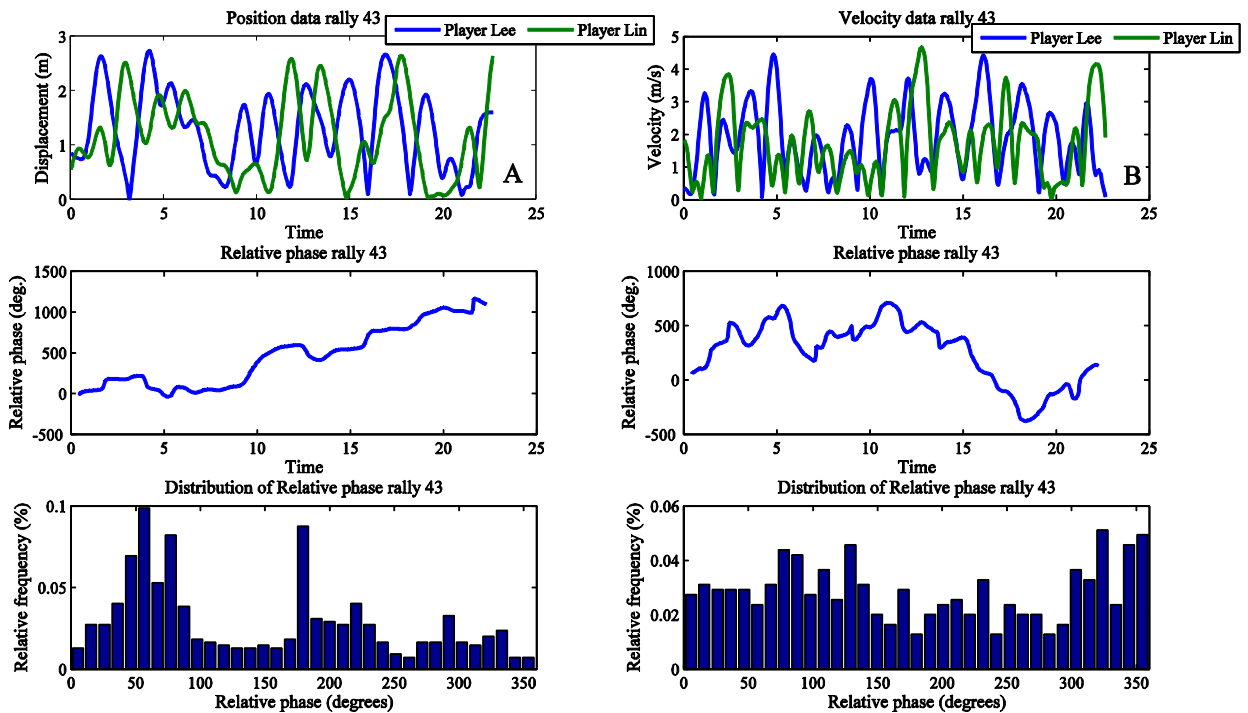


Abb. 158: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

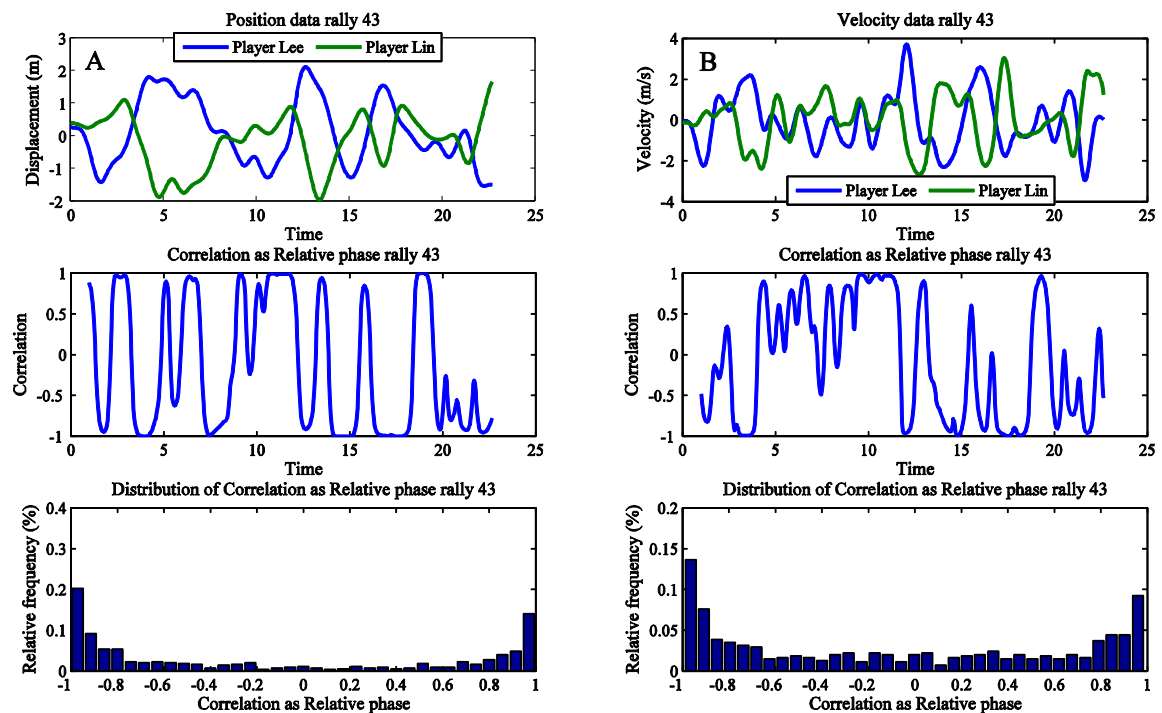


Abb. 159: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

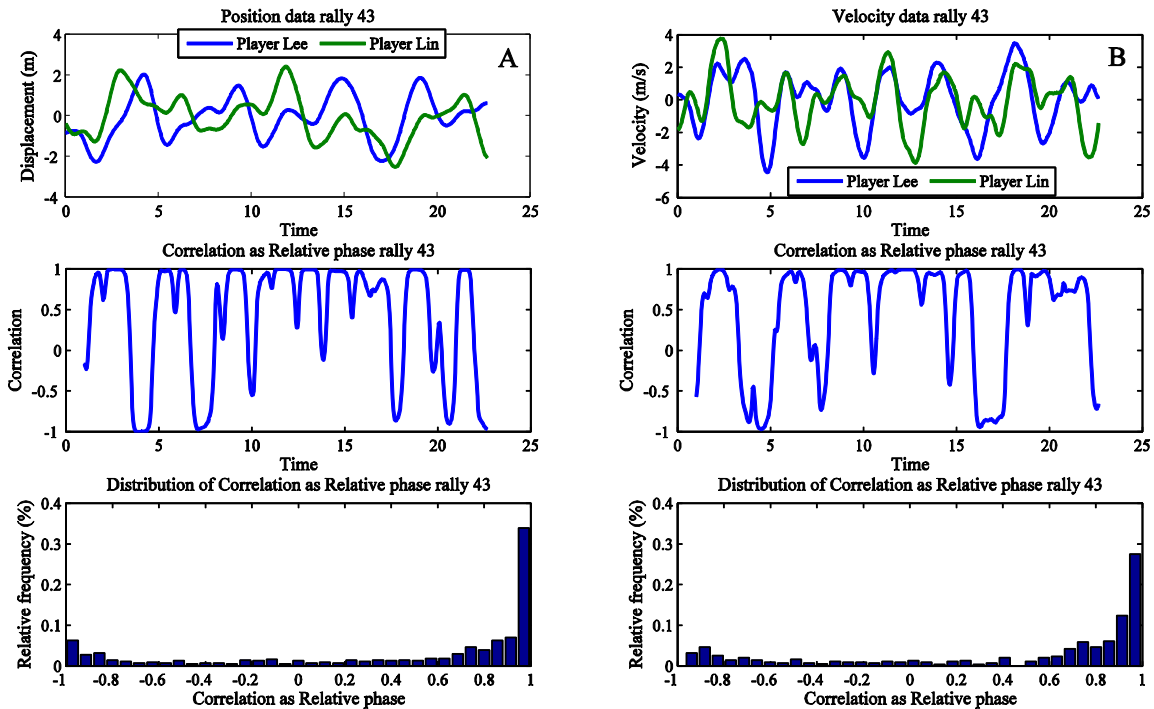


Abb. 160: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

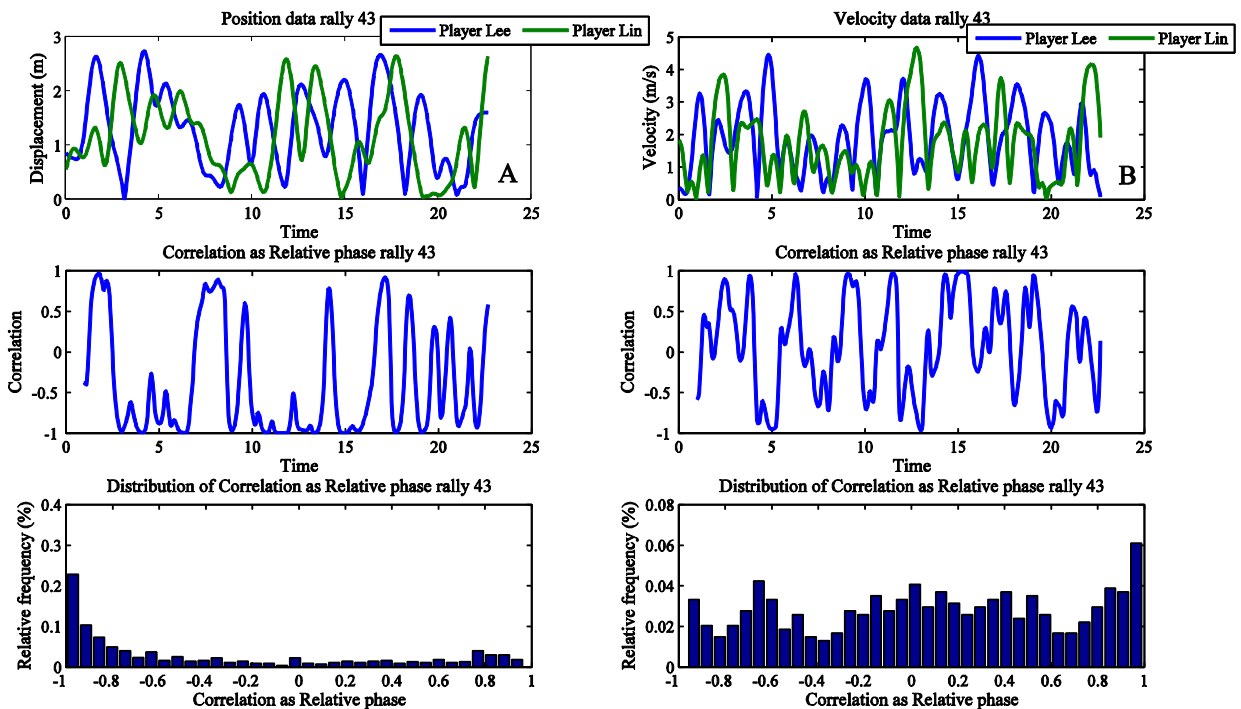


Abb. 161: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW43: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

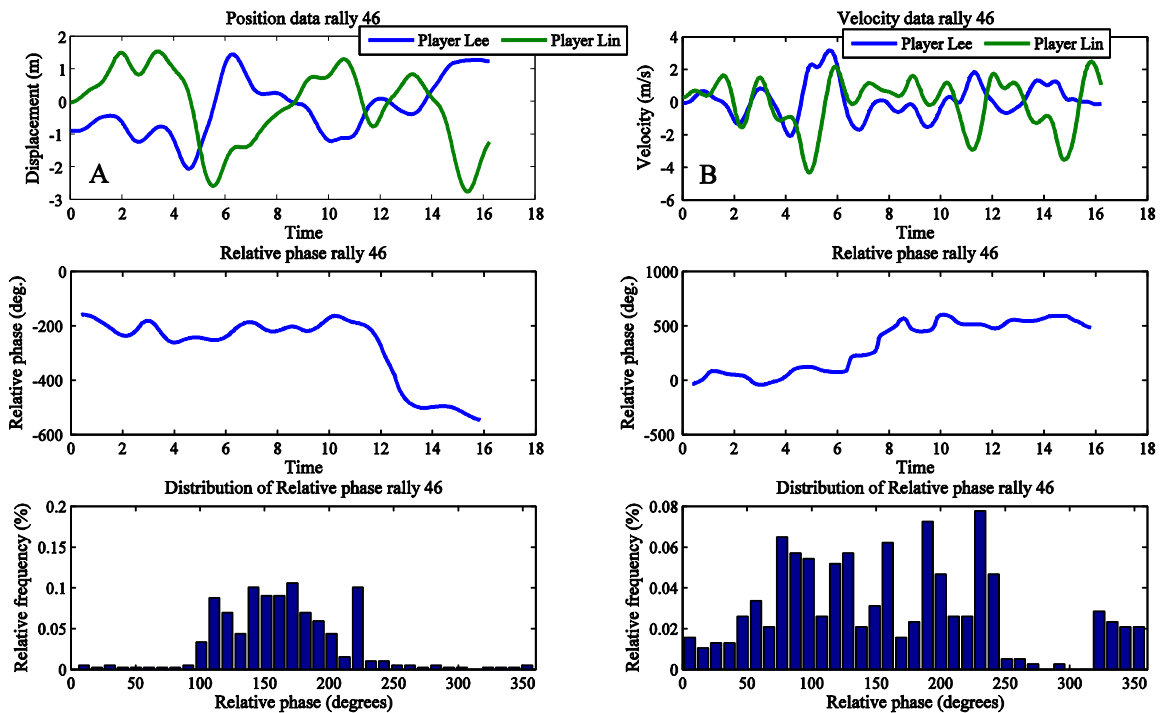


Abb. 162: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

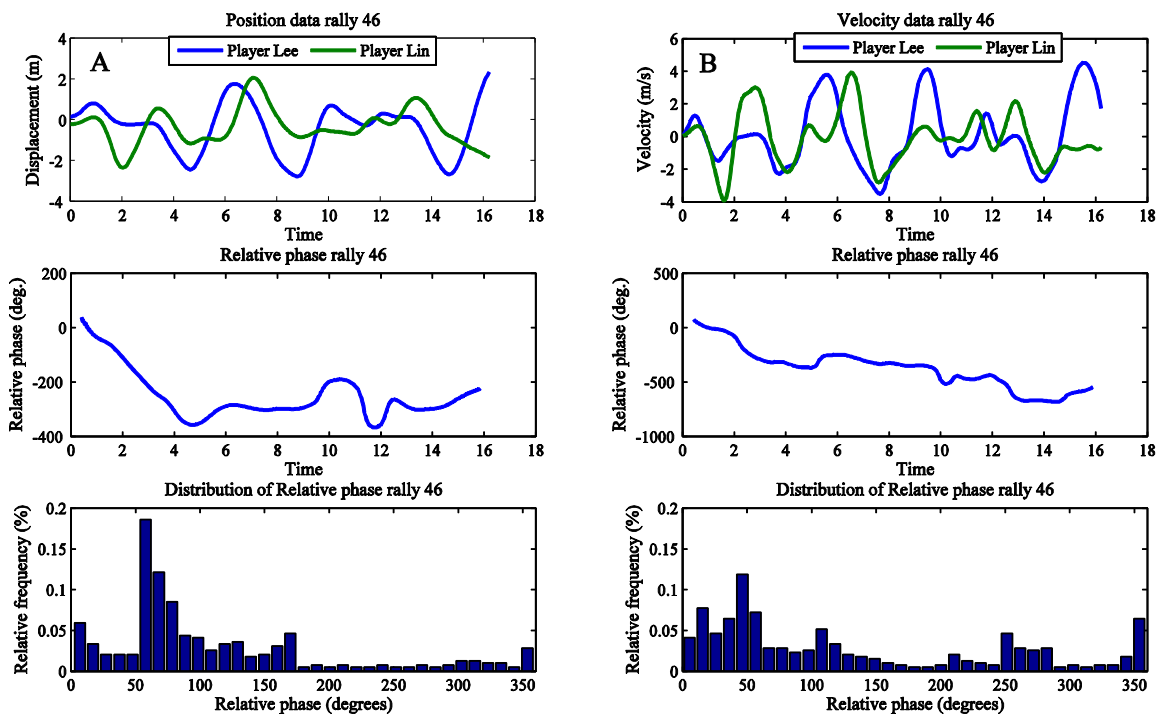


Abb. 163: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

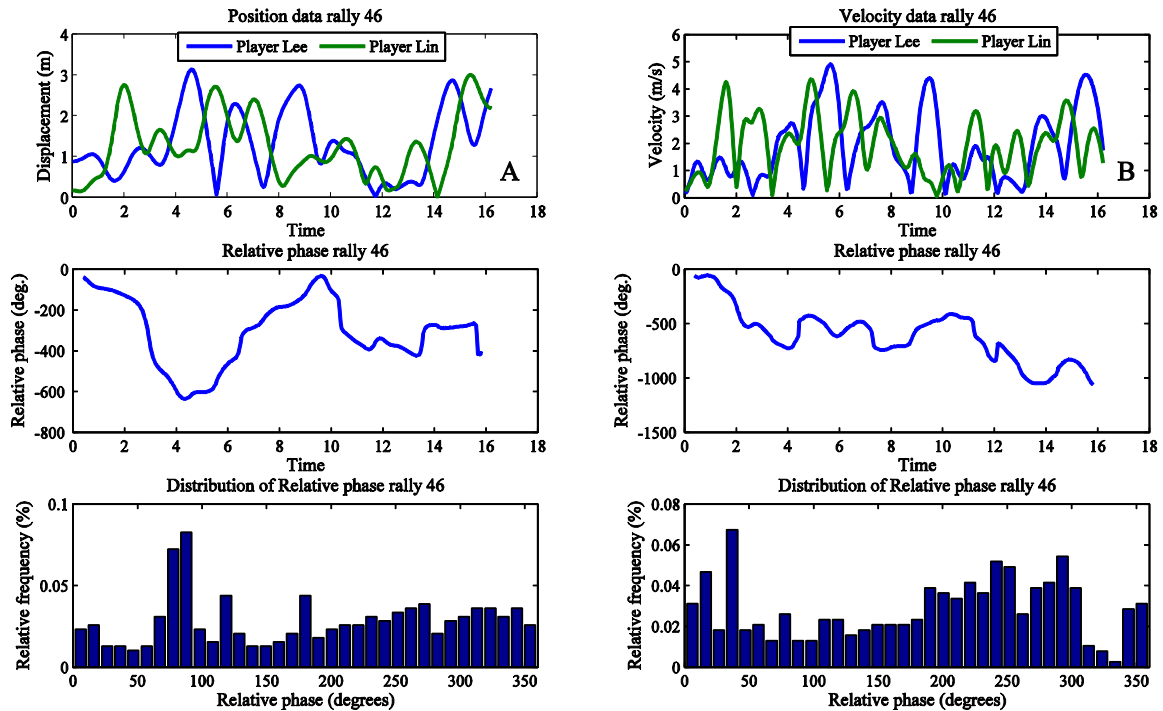


Abb. 164: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

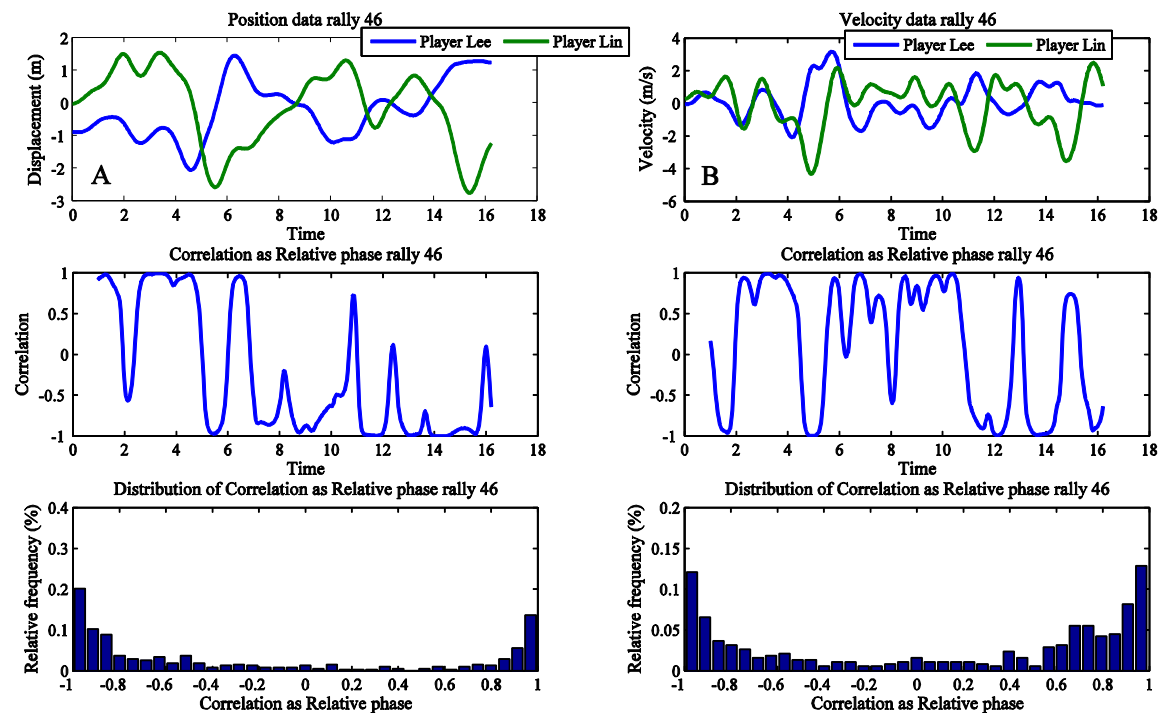


Abb. 165: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

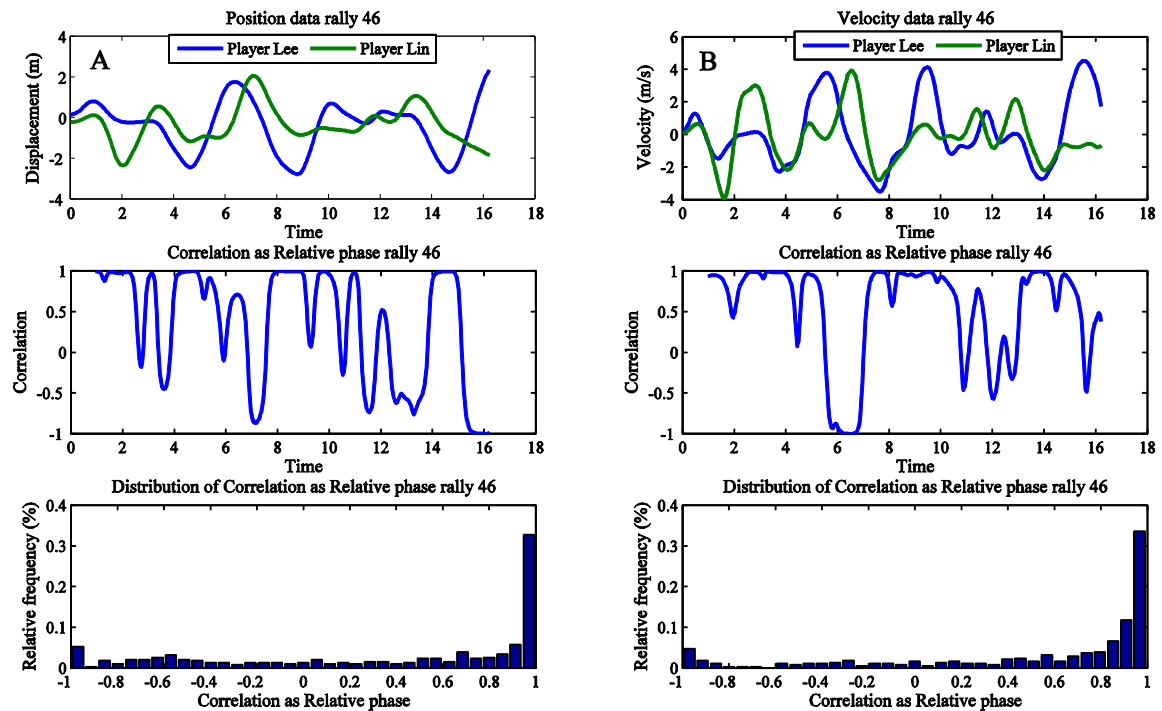


Abb. 166: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

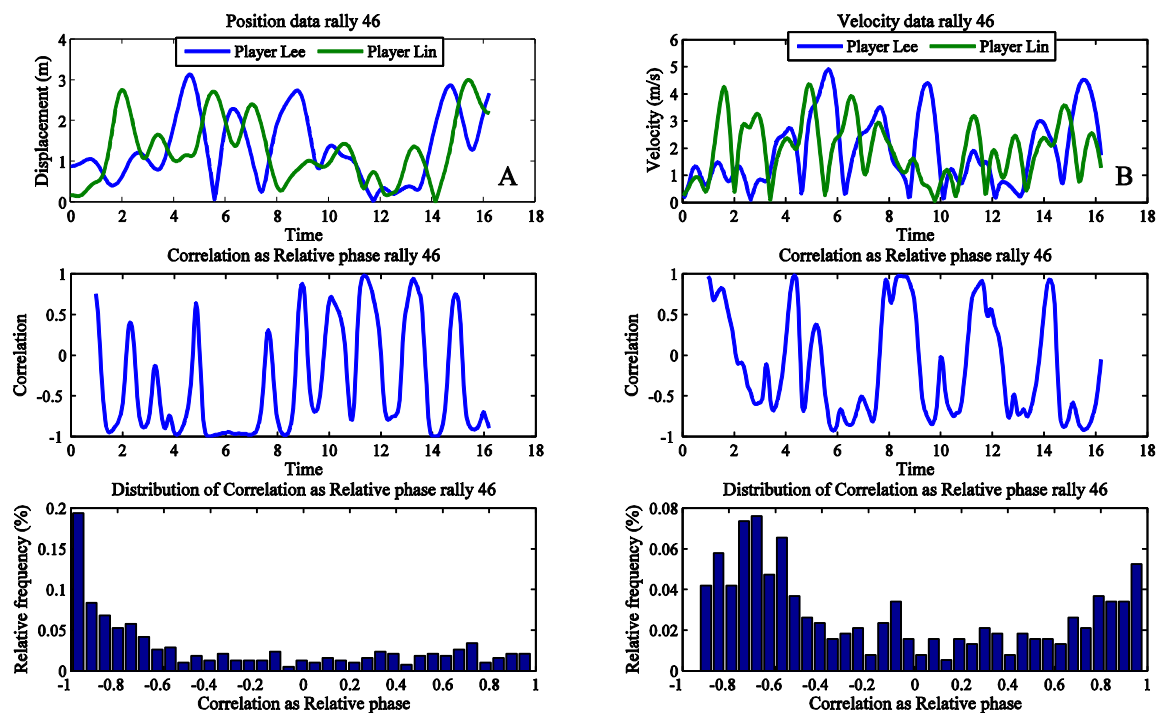


Abb. 167: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

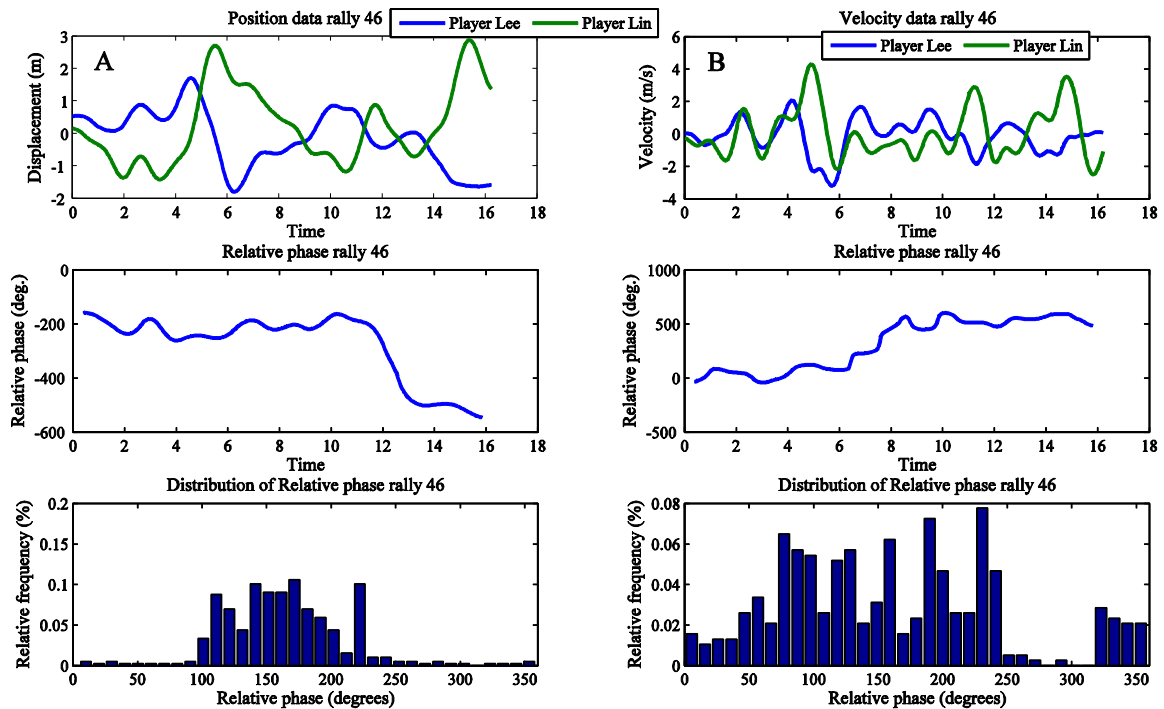


Abb. 168: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

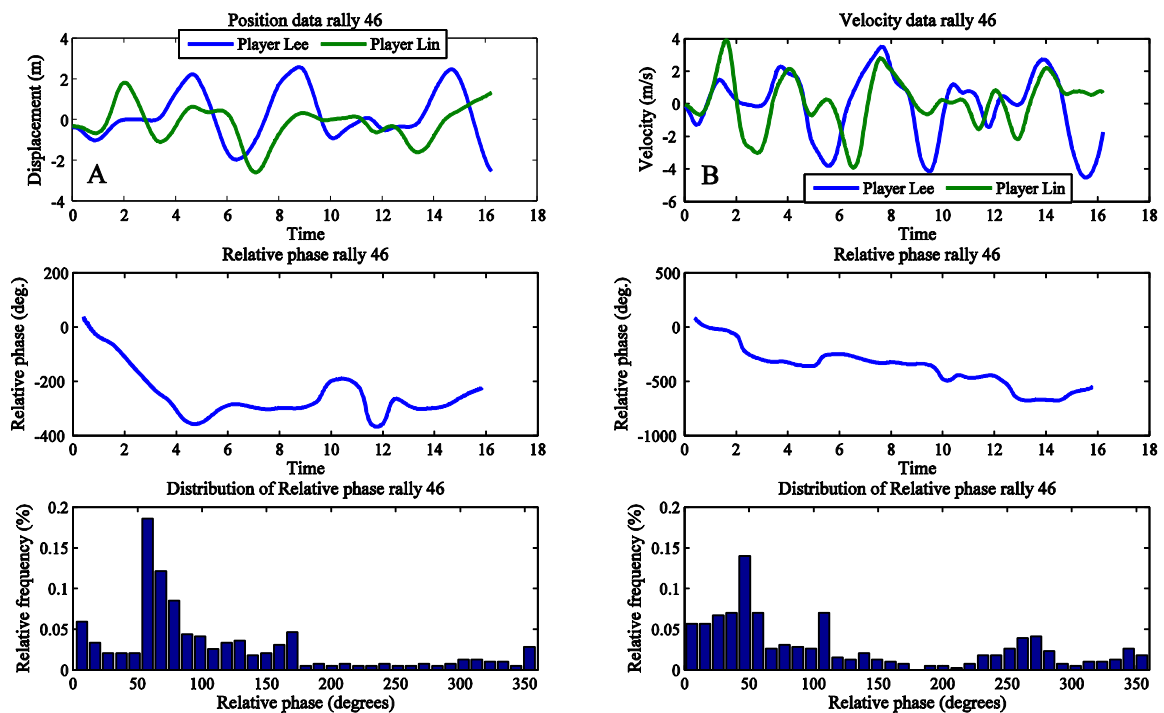


Abb. 169: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

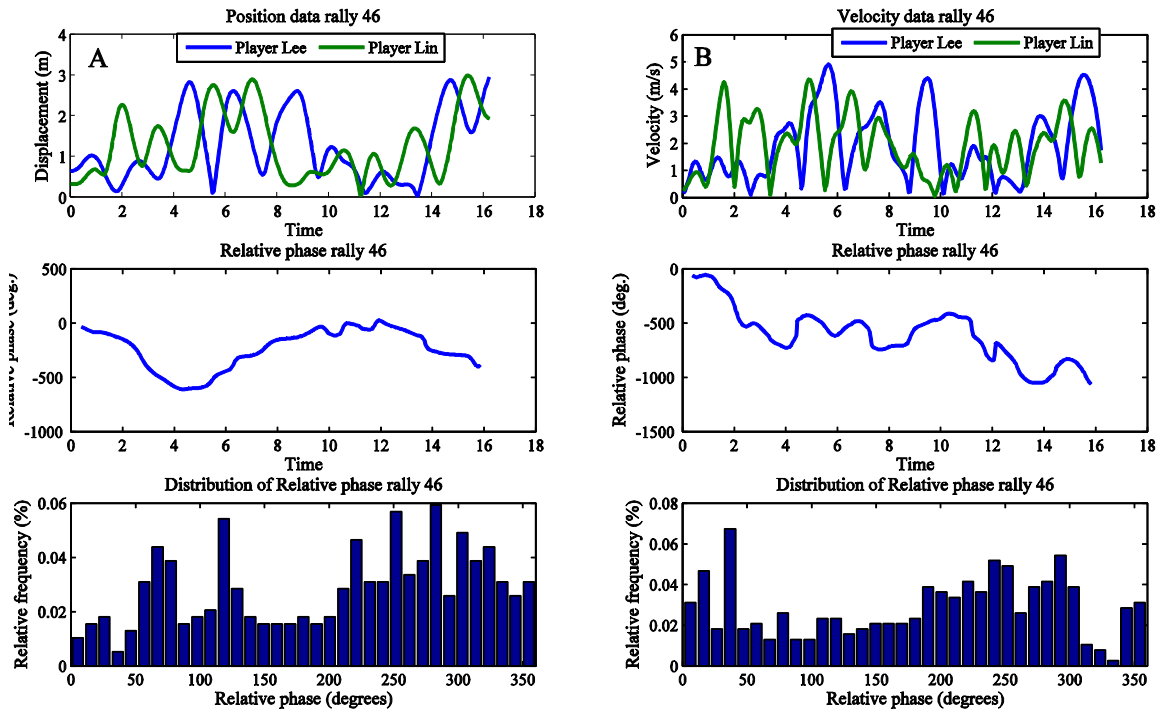


Abb. 170: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

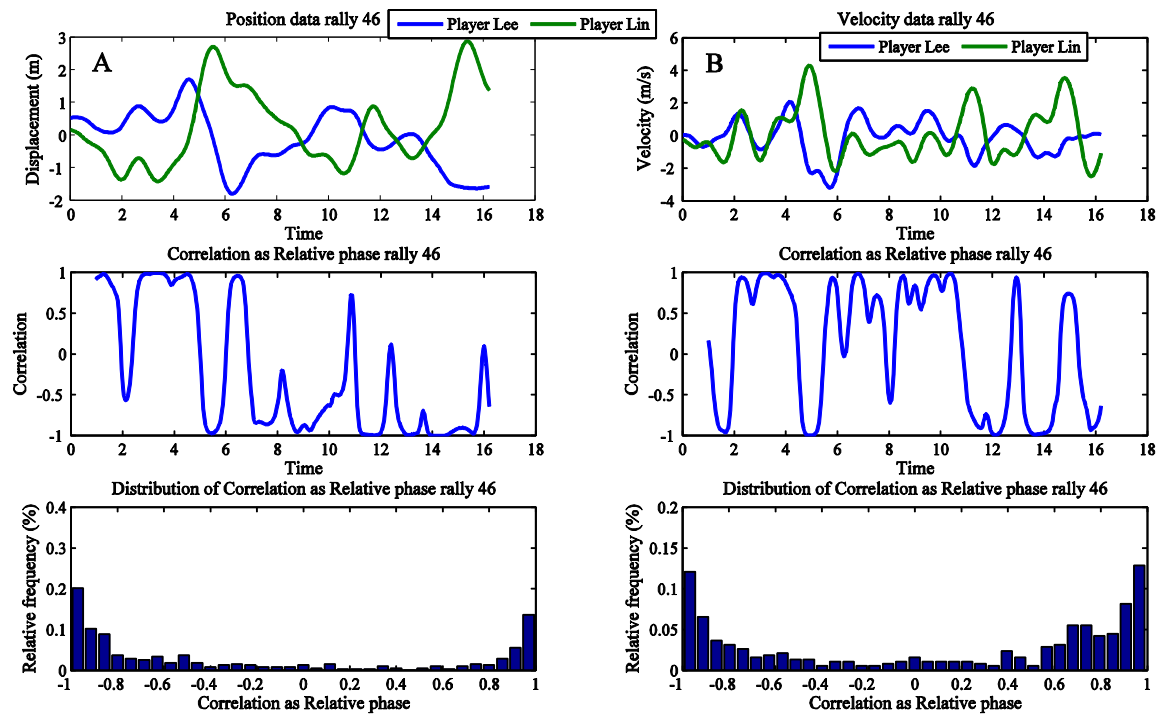


Abb. 171: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

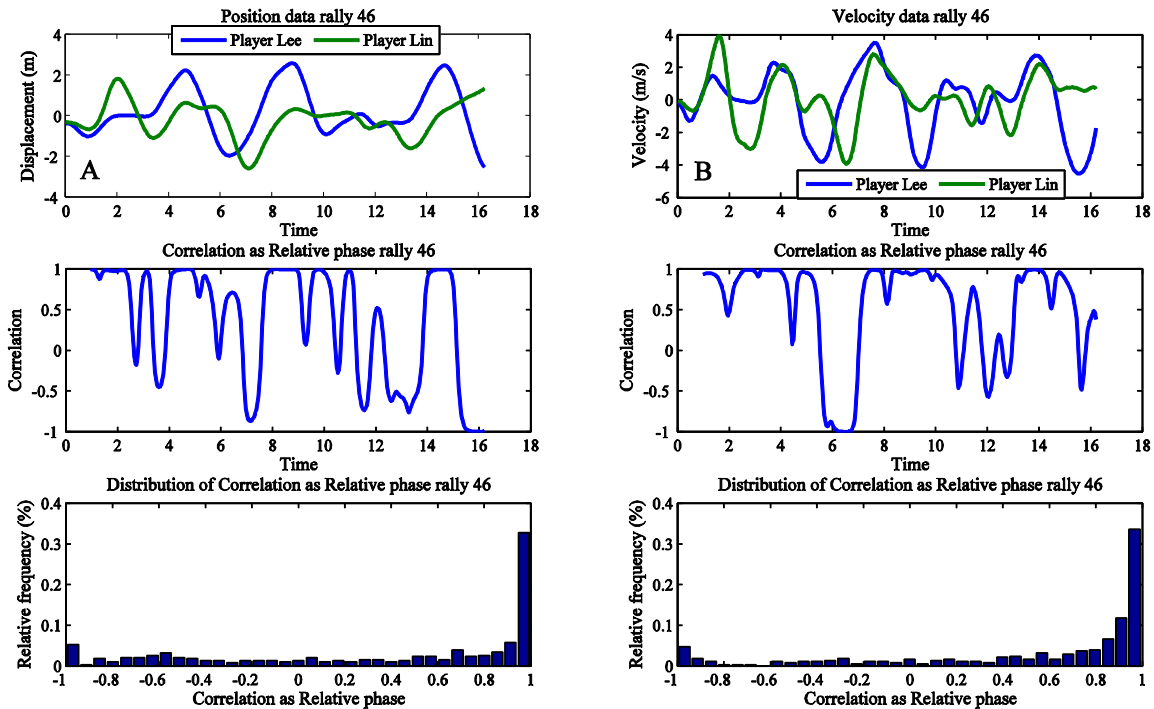


Abb. 172: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

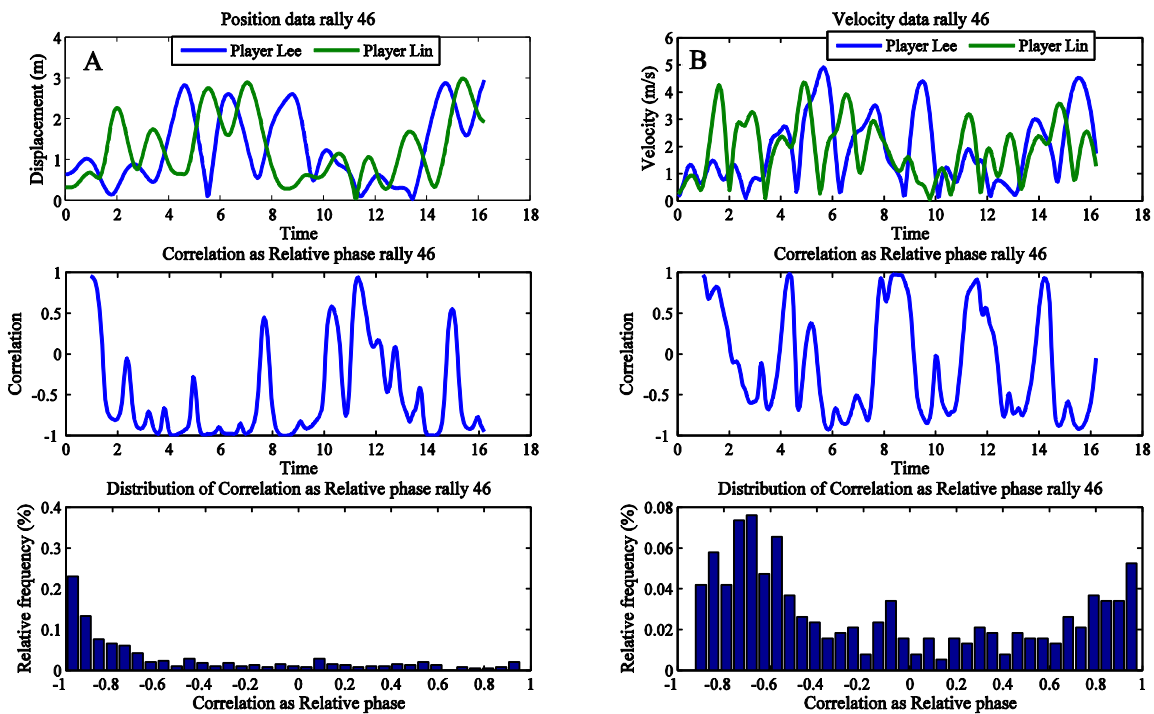


Abb. 173: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW46: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

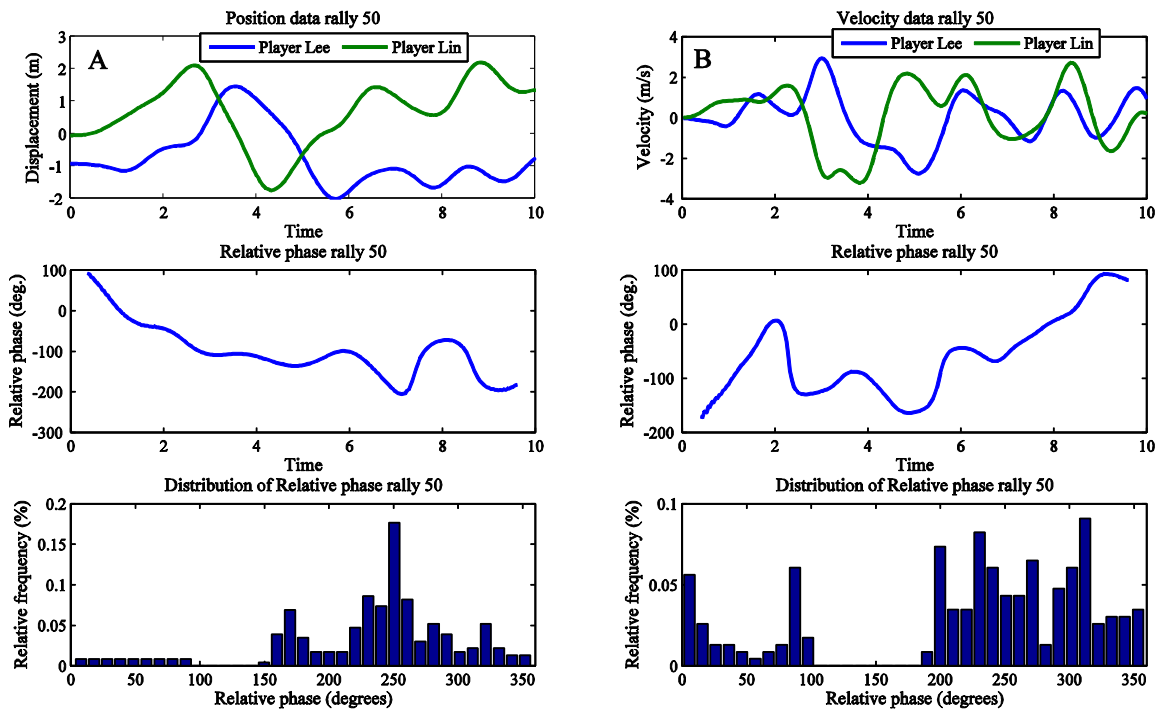


Abb. 174: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

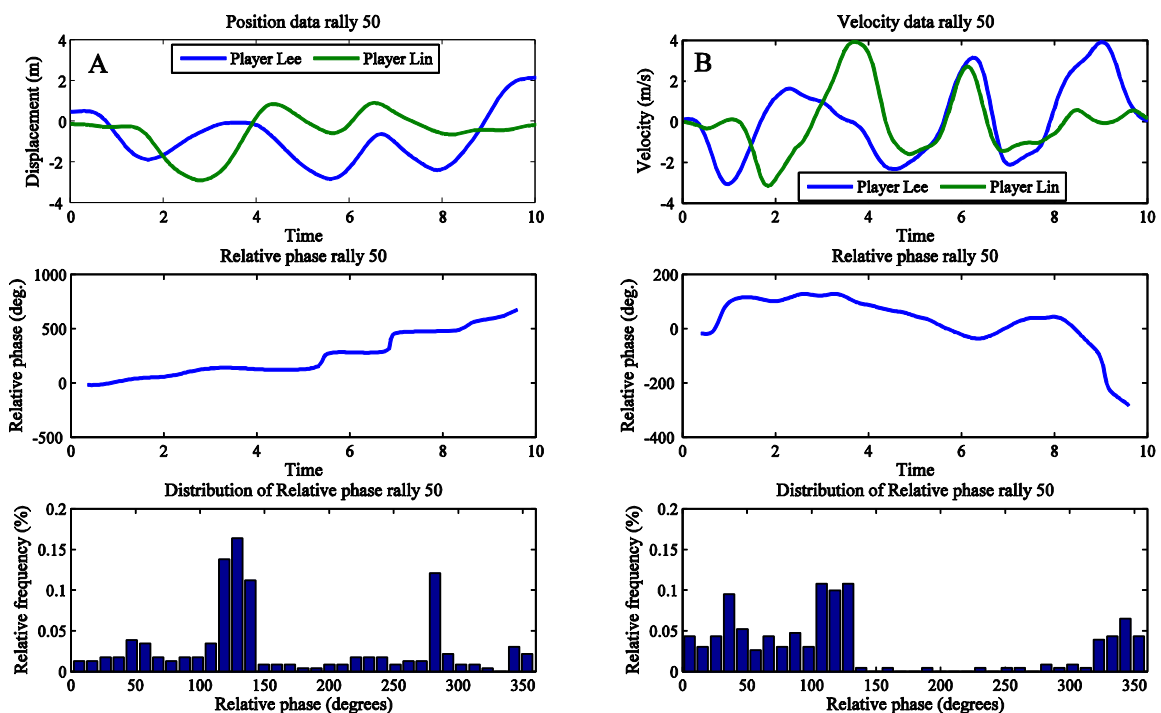


Abb. 175: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

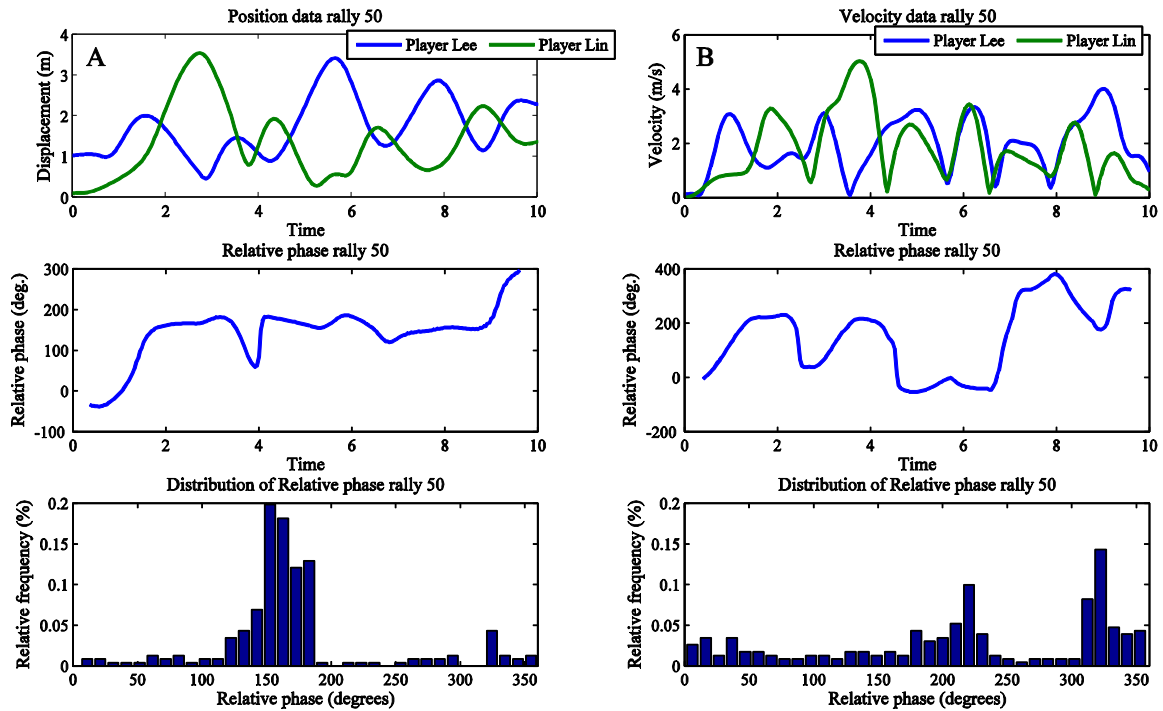


Abb. 176: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

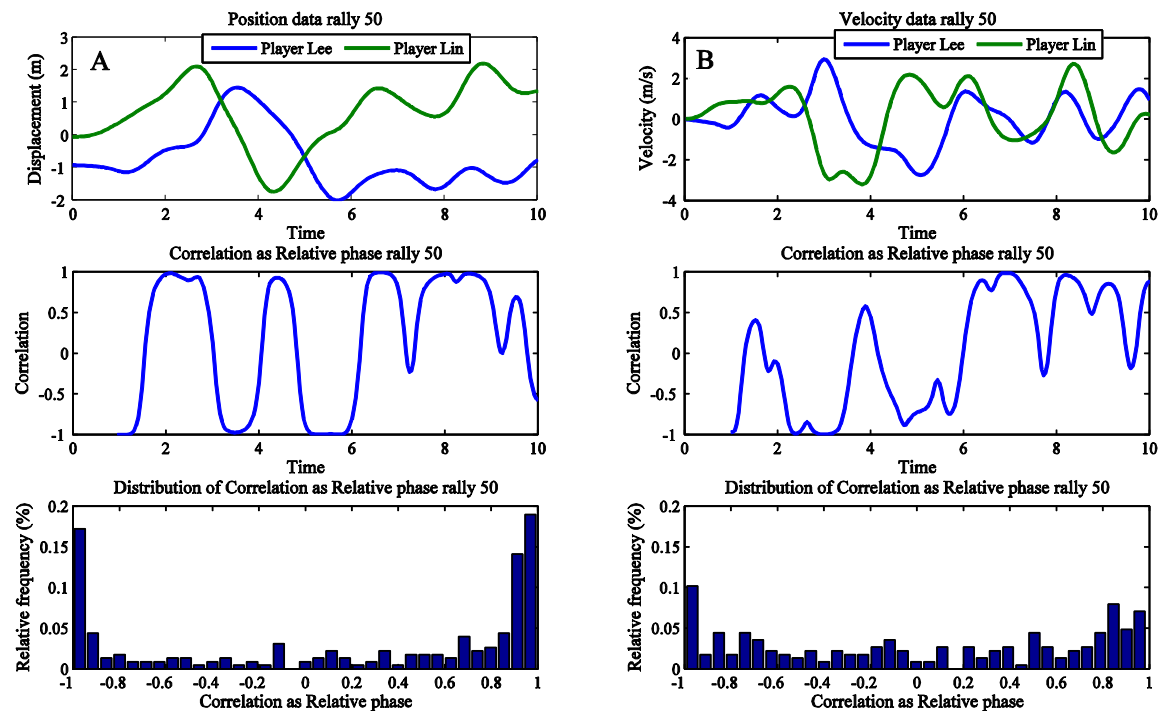


Abb. 177: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

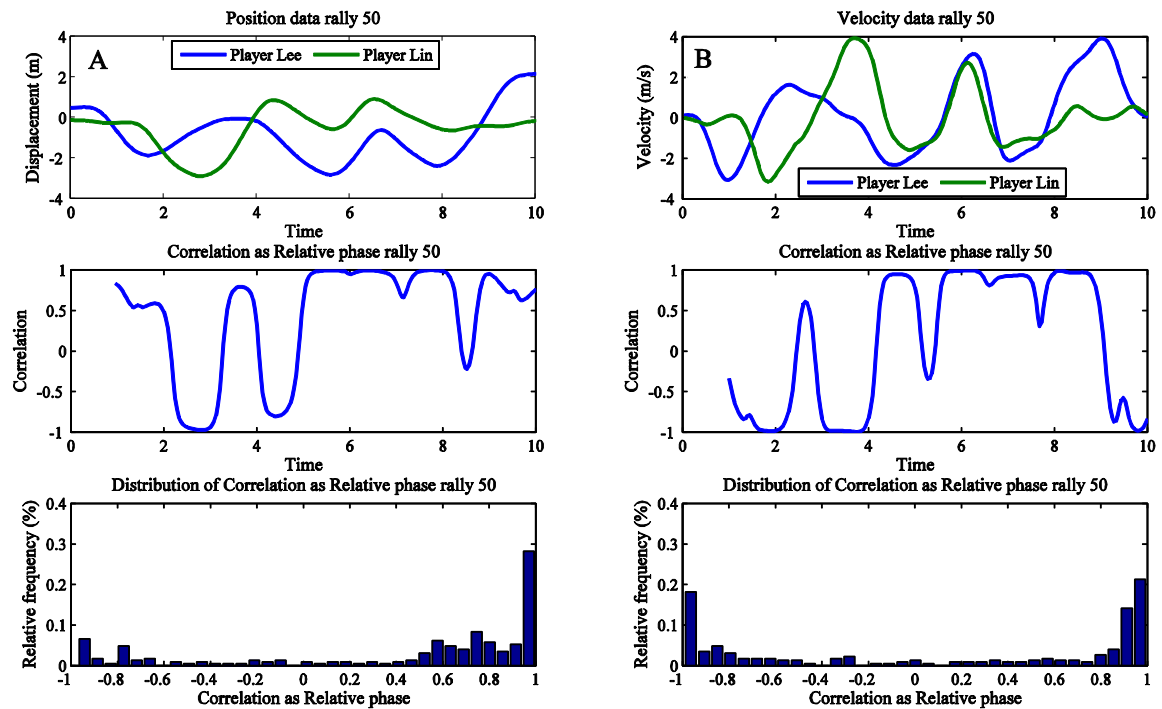


Abb. 178: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

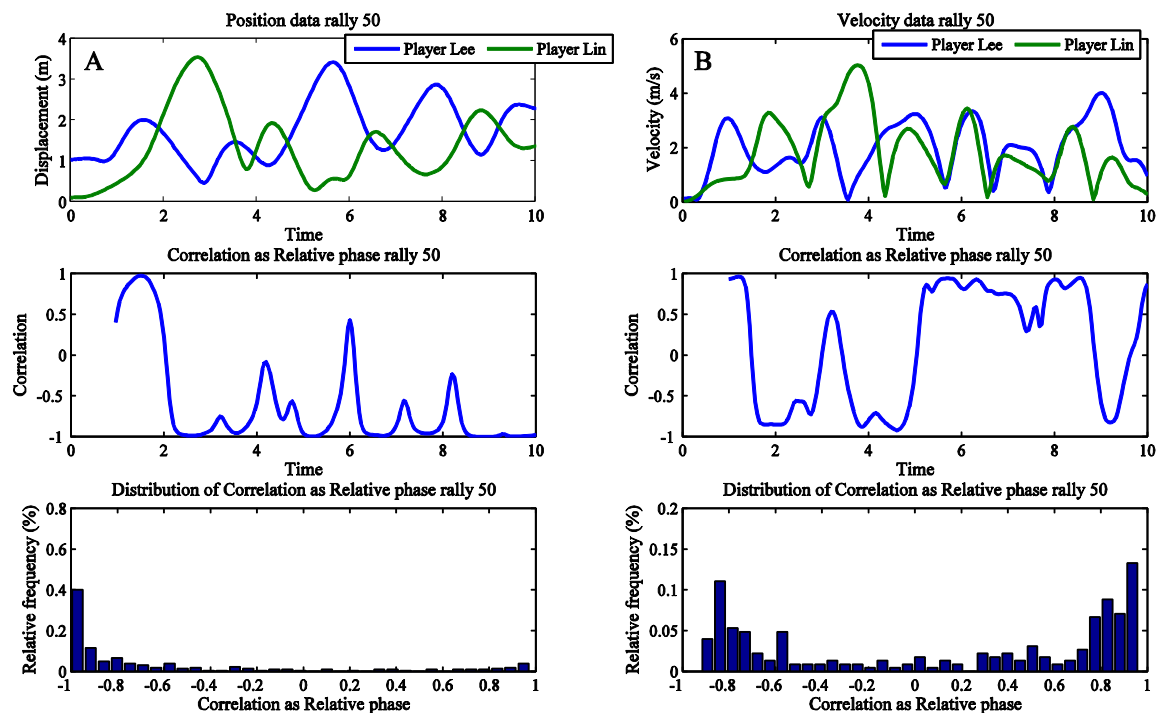


Abb. 179: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Zentralen Punkt 1,5m hinter der vorderen Aufschlaglinie in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

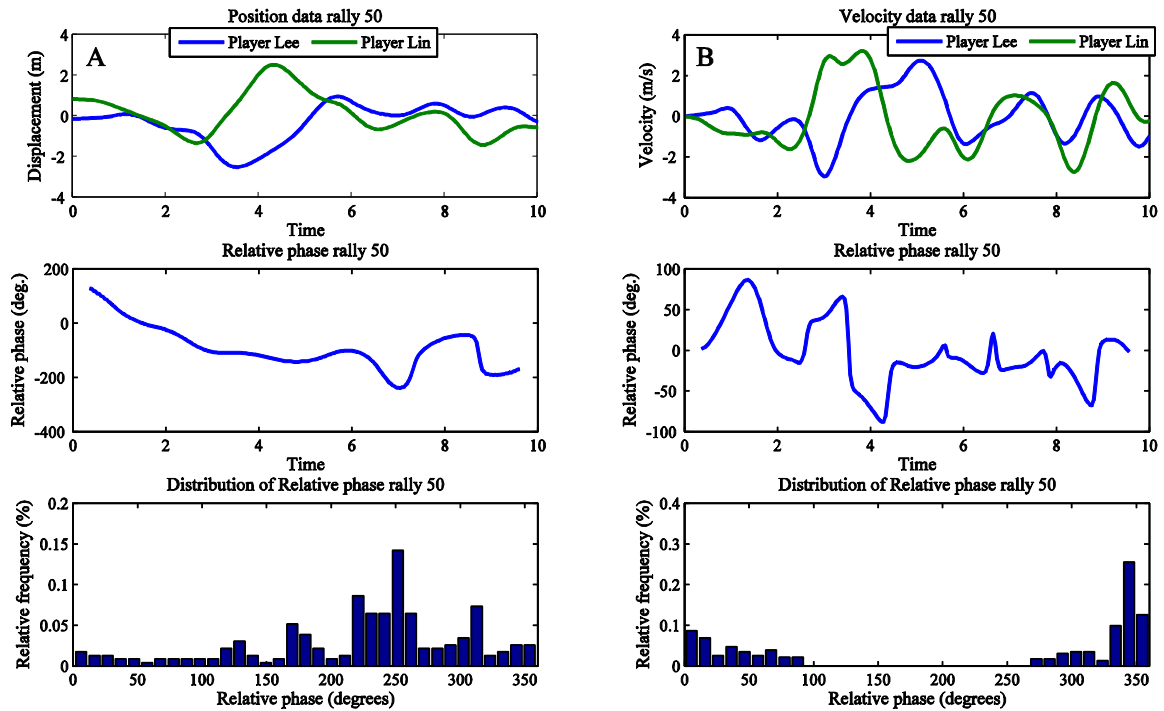


Abb. 180: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

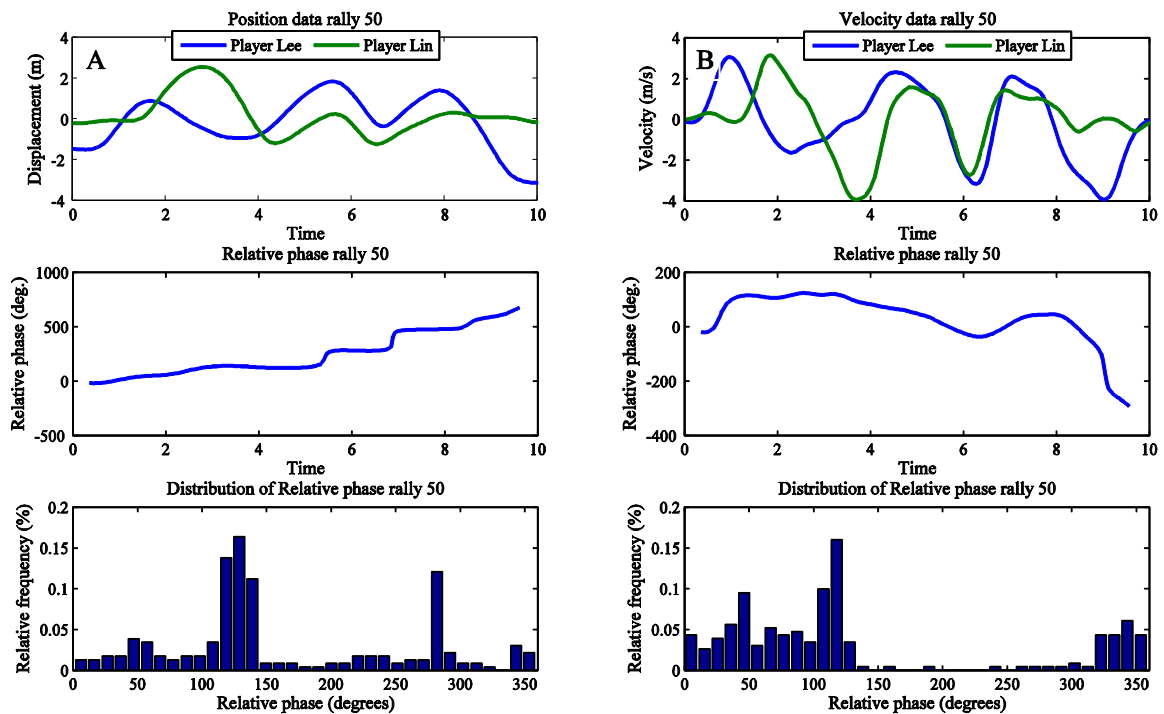


Abb. 181: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

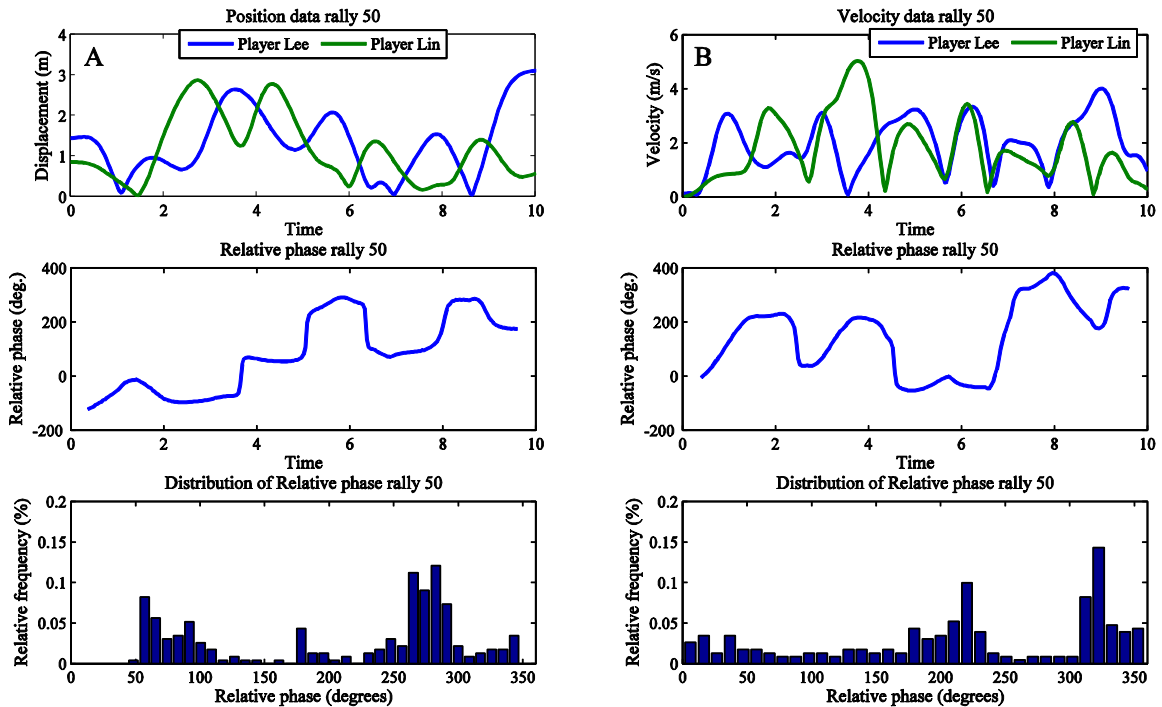


Abb. 182: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Relativen Phase und der Häufigkeitsverteilung der Relativen-Phasen-Werte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

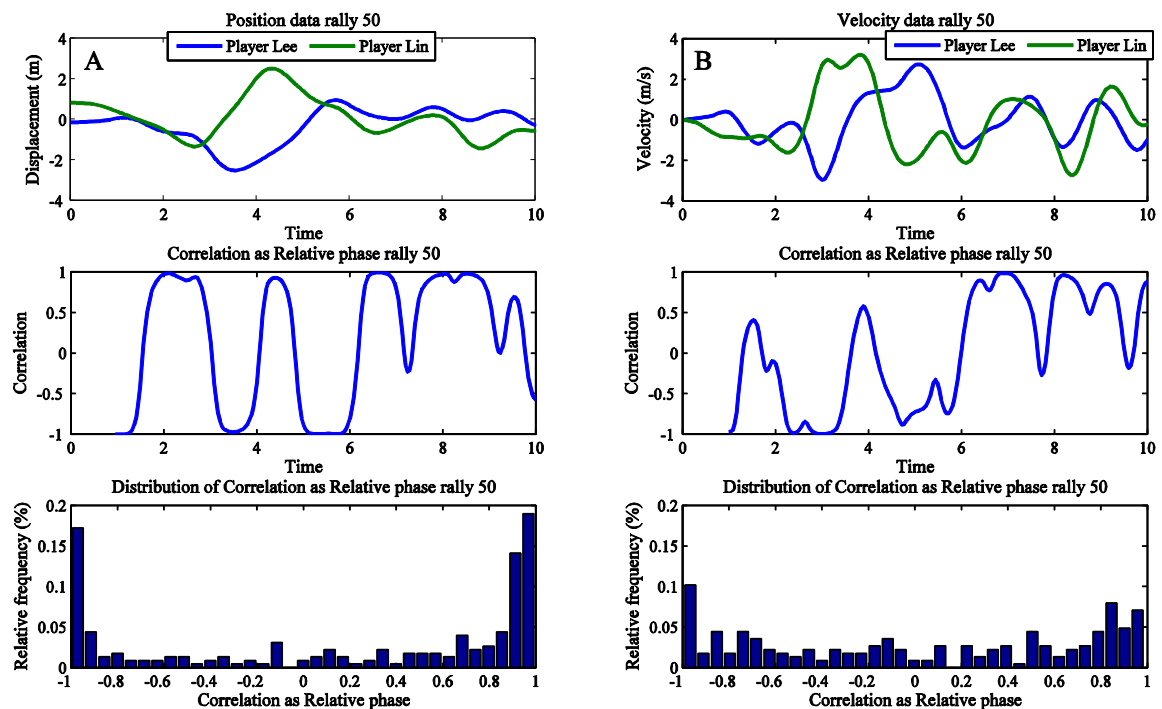


Abb. 183: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler lateraler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler lateraler Richtungsdimension (Abb. B)

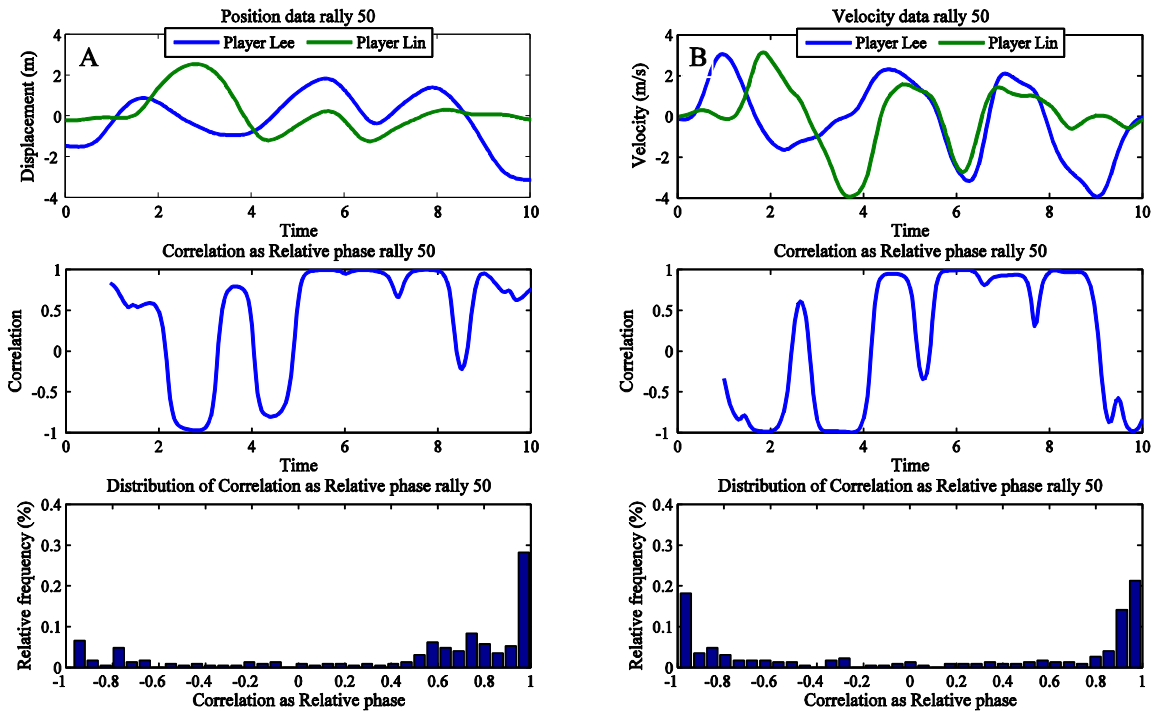


Abb. 184: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung eindimensionaler longitudinaler Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten in eindimensionaler longitudinaler Richtungsdimension (Abb. B)

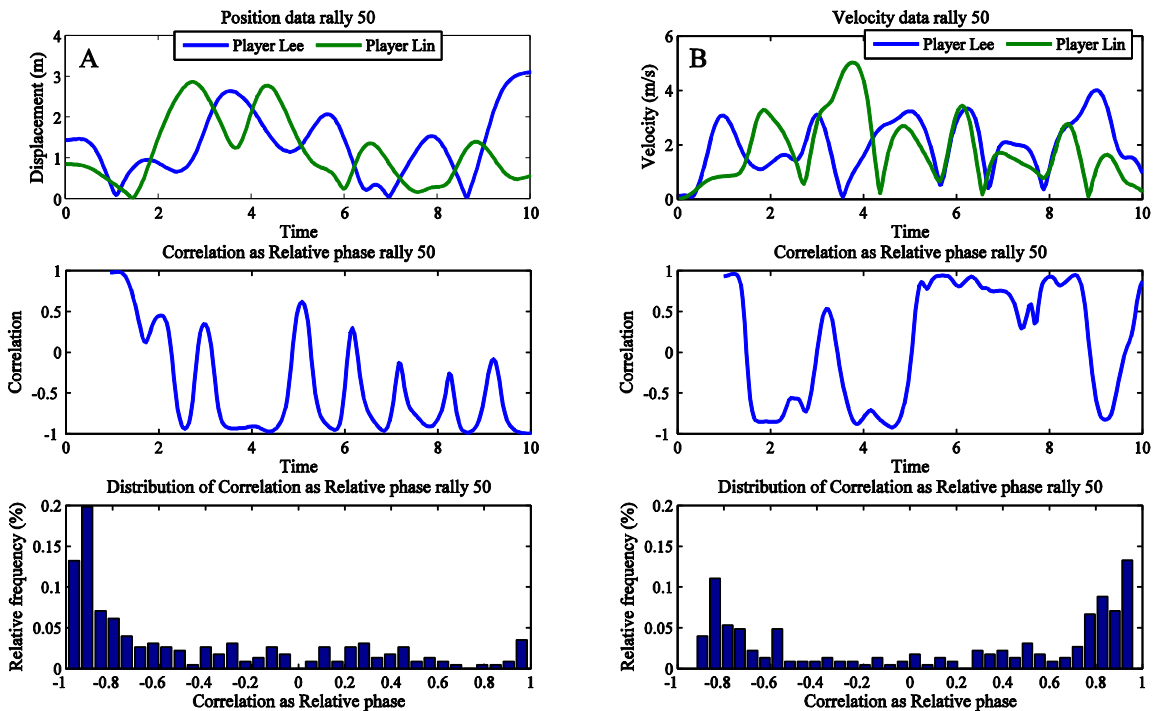


Abb. 185: Positions –und Geschwindigkeitsverlauf beider Spieler relativ zum Median als Zentraler Punkt in BW50: Darstellung der Kurvenverläufe, des Verlaufs der Korrelation als Relative Phase und der Häufigkeitsverteilung der Korrelationswerte unter Verwendung zweidimensionaler radialer Positionsdaten (Abb. A) sowie Darstellung derselben unter Verwendung der Geschwindigkeitsdaten unter Berücksichtigung der eindimensionalen Ebenen pro Zeitintervall (Velocity Betrag) (Abb. B)

Curriculum Vitae

Florian Schwab

Persönliche Daten:

Geburtsdatum: 24. Juni 1980

Geburtsort: Krems an der Donau

Staatsbürgerschaft: Österreich

Schulbildung:

1986 – 1987	Vorschule der Übungsvolksschule der Pädagogischen Akademie Krems
1987 – 1991	Volksschule Lerchenfeld in Krems an der Donau
1991 – 1995	Sporthauptschule Mautern
1995 – 1996	Handelsakademie Krems
1996 – 1999	Oberstufenrealgymnasium der Englischen Fräulein in Krems an der Donau

2. Bildungsweg

9/1999 – 1/2000	Volkshochschule Floridsdorf (Externistenmatura)
9/2000 – 6/2001	Volkshochschule Floridsdorf (Externistenmatura)
10/2003 – 9/2005	Berufsreifeprüfung (BFI – Niederösterreich), berufsbegleitend

Berufliche Tätigkeiten:

9/1999 – 10/1999	1. Semester der Österreichischen Tennislehrerausbildung an der BAFL Wien
1/2000 – 9/2000	Präsenzdienst in der Raab Kaserne Mautern
8/2001 – 2/2005	Ausbildung zum Augenoptiker bei der Fa. Fielmann
2/2005 – 12/2009	Augenoptiker bei der Fa. Fielmann in Krems

Studium

3/2006 – 4/2010	Studium am Zentrum für Sportwissenschaft und Universitäts-sport (Bakkalaureatsstudium Leistungssport)
seit 4/2010	Studium am Zentrum für Sportwissenschaft und Universitäts-sport (Magisterstudium Sportwissenschaft)

Praktische Tätigkeiten:

seit 5/2006	Tennislehrer im Verein Mobile Tennisschule Krems
10/2012 – 6/2013	Tennislehrer im Tennis- und Freizeitzentrum La Ville Wien
4/2009 – 6/2009	Praktikum am Sportwissenschaftlichen Institut Resch (Steigenberger Avancehotel Krems/Donau)

7/2009 – 9/2009	Sportwissenschaftliches Praktikum im David Gesundheitszentrum (Krems/Donau)
3/2011 – 12/2012	Forschungstätigkeit am Institut für Sportwissenschaft der Universität Wien, Abteilung Biomechanik/ Bewegungswissenschaft und Sportinformatik im Rahmen der Dissertation von Sebastian Bichler (Publikation: „Towards high-precision IMU/GPS-based stride-parameter determination in an outdoor runners’ scenario“)
3/2011 – 12/2013	Forschungstätigkeit am Institut für Sportwissenschaft der Universität Wien, Abteilung Sport- und Leistungsphysiologie (Epigenetic and Sports, muscle specific miRNAs and aging)

Sprachen:

Deutsch, Englisch, Grundkenntnisse Französisch

Hobbys:

Tennis, Skifahren, Schwimmen

Eidesstattliche Erklärung

„Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbst verfasst habe und die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken als solche kenntlich gemacht habe. Die gegenständliche Arbeit wurde bisher noch keinen anderen Prüfungsgremien vorgelegt und keinerlei Veröffentlichung zugeführt.“

Wien, im August 2014

Florian Schwab