Institut für Soziologie der Universität Leipzig

Roger Berger und Rupert Hammer

Links oder rechts; das ist hier die Frage.

Eine spieltheoretische Analyse von Elfmeterschüssen mit Bundesligadaten

Arbeitsbericht des Instituts für Soziologie

Nr. 47 (Januar 2007)

Arbeitsberichte des Instituts für Soziologie der Universität Leipzig

Die *Arbeitsberichte des Instituts für Soziologie* erscheinen in unregelmäßiger Reihenfolge. Bisher erschienene Berichte können unter folgender Adresse angefordert werden. Eine Liste der bisher erschienen Berichte findet sich am Ende jedes Arbeitsberichts und im Internet unter unten angegebener Adresse. Dort sind auch ein Großteil der Arbeitsberichte direkt online verfügbar. Für die Inhalte sind allein die jeweiligen Autoren verantwortlich.

Redaktion: Heiko Rauhut, M.Sc.

Kontakt Institut für Soziologie
Universität Leipzig
Beethovenstr. 15
04107 Leipzig

Tel +49 (0) 341 9735 638 (Heiko Rauhut)
640 (Sekretariat Fr. Müller)
Fax +49 (0) 341 9735 669

email: rauhut@sozio.uni-leipzig.de
net: http://www.uni-leipzig.de/~sozio/content/site/projekte_berichte.php

1 Einleitung

Analysen[1] rund um das Fußballspiel erfreuen sich in der Soziologie einer gewissen Beliebtheit.[2] Allerdings finden sich - abgesehen von dem bekannten Artikel von Esser (1991) - keine Arbeiten, die sich mit einzelnen Spielsituationen befassen. Dies ist insofern erstaunlich, als soziale Interaktion bei Spielen wie Fußball quasi wie im Reagenzglas stattfindet.

Dies ist bei der im Folgenden betrachteten sozialen Interaktion - der Elfmetersituation - ebenfalls der Fall. Der Schütze versucht dabei den Ball aus einer Distanz von 11 Metern mit einem Schuss im Tor unterzubringen.[3] Der Torhüter, auf der Torlinie stehend, probiert eben dies zu verhindern. Beide Spieler stehen dabei vor demselben Problem: Auf welche Seite des Tors soll der Ball geschossen werden bzw. der Torhüter springen. Die Schussgeschwindigkeit des Balles und die Ausmaße des Tors (7,11 m breit und 2,44 m hoch) machen es nämlich zwingend erforderlich, dass der Torhüter sich für eine Ecke entscheidet bevor er eindeutig sehen kann, wohin der Ball fliegt. Der Schütze wiederum weiß, dass der Torwart nicht vor dem Moment der Schussabgabe in eine Ecke springen wird, da er sich sonst sämtlicher Abwehrchancen berauben würde. Ein Schuss in die jeweils andere Ecke würde dann den sicheren Torerfolg bedeuten. Die Elfmetersituation erfordert deswegen eine simultane Entscheidung der beteiligten Spieler und das Ergebnis – Tor oder nicht – hängt immer von der Entscheidung beider Akteure ab. Bei einem erfolgreichen Torschuss würde sich der Torhüter *im nachhinein* wünschen, in die andere Ecke gesprungen zu sein, ebenso wie der Schütze bei einem Misserfolg lieber die andere Ecke gewählt hätte, wenn er gewusst hätte, dass der Torwart sich in diese wirft. Damit ist die Elfmetersituation ein idealtypisches Beispiel für einen soziologischen Untersuchungsgegenstand. Das erzielte bzw. nicht erzielte Tor ist ein emergentes soziales Phänomen, das von einem Akteur alleine nicht erzeugt werden kann, sondern sich erst aus der Interaktion ergibt.

Allerdings kann man sich fragen, welcher Erkenntnisgewinn sich über das unmittelbare Interesse der Fußballfreunde hinaus aus der Analyse der Strafstosssituation ergibt. Dies soll beantwortet werden, indem beispielhaft einige soziale Interaktionen aufgeführt werden, die dieselbe Entscheidungsstruktur aufweisen wie ein Elfmeterschuss, aber eine größere soziale Relevanz haben: Das klassische Beispiel in der Literatur (vgl. z. B. Morgenstern 1935, 1976) ist die Geschichte "The Final Problem" von A.C. Doyle, in der sich Sherlock Holmes in einer ganzen Kaskade von entsprechenden Situationen mit sei-

[1]Wir danken Norman Braun und Thomas Voss für Kommentare und Verbesserungsvorschläge. Holger Rahlfs und Jörn Wendland von der IMP AG München danken wir herzlich für die kostenlose Bereitstellung des verwendeten Datenmaterials.

[2]Vgl. exemplarisch die von Uwe Wilkesmann betreute Internetseite für sozialwissenschaftliche Fußballforschung, (www.ruhr-uni-bochum.de/fussball), oder die Arbeiten von Kalter (1999, 2005).

[3]Ein Elfmeter wird vom Schiedsrichter ausgesprochen wenn ein Spieler im eigenen Sechzehnmeterraum eine von zehn möglichen Regelübertretungen - normalerweise Foul- oder Handspiel - begeht.

nem Gegenspieler Prof. Moriarty befindet. Solche Interaktionssituationen ergeben sich allgemein, wenn Ego Alter verfolgt und Alter genau dies zu vermeiden versucht. So wird jeder Polizist (oder eine andere Sanktionsinstanz) probieren den Einbrecher (oder einen anderen Normbrecher) genau dort zu überraschen, wo dieser es nicht erwartet und jeder Einbrecher probiert genau dies zu vermeiden.[4] Allerdings müssen die Akteure nicht zwingend Individuen sein, wie ein anderes Beispiel mit kollektiven Akteuren, ebenfalls aus dem Bereich Fußball zeigt: Die Firma Adidas versuchte die Eigenschaften des von ihr für die Fußballweltmeisterschaft 2006 gefertigten Balls möglichst lange geheim zu halten und Nachahmerfirmen auf falsche Fährten zu locken, um ihnen keine Zeit zu geben, eine Fälschung des Balls bis zur Weltmeisterschaft auf den Markt zu bringen.

Der Elfmeterschuss steht also stellvertretend für eine ganze Kategorie sozialer Interaktionen - den Nullsummenspielen. Diese sind insofern von besonderem Interesse, als sich hier Akteure mit exakt gegenläufigen Interessen gegenüber stehen, die weder kommunizieren wollen noch können, dennoch interagieren und dabei eine stabile und vorhersagbare Form von sozialer Ordnung entstehen lassen. Und dies obschon beide Akteure gerade kein Interesse an der Entstehung oder Aufrechterhaltung einer solchen Ordnung haben.[5]

Man kann sich nun fragen, warum für diese Analyse nicht die erwähnten Beispiele herangezogen werden, die doch über mehr soziale Relevanz verfügen. Der Vorteile einer Analyse von Elfmeterschüssen gegenüber derjenigen von z. B. Produktpiraterie besteht darin, dass die Situation klar umschrieben, die Zahl der möglichen Akteure und Handlungsalternativen bekannt, und diejenige von möglichen Drittvariablen stark eingeschränkt ist. Unten wird zudem gezeigt, dass der empirische Test der abgeleiteten Hypothesen bedingt, dass die jeweilige Entscheidungssituation mehrfach beobachtet werden kann, weil sich die Aussagen auf Wahrscheinlichkeiten und nicht auf Einzelereignisse beziehen. Dies ist nun wiederum bei z. B. Seeschlachten des zweiten Weltkriegs kaum gegeben.

Daraus ergibt sich die Fragestellung des Artikels: Verhalten sich Bundesligaspieler (Schützen und Torhüter) beim Elfmeterschuss gemäß den Vorhersagen der Spieltheorie? Diese Analyse wird folgendermaßen gegliedert. Im nächsten Abschnitt werden erst die fußballerischen Grundlagen des Problems gelegt. Dann wird das Entscheidungs-

[4]Die spieltheoretische Analyse dieser Situation (vgl. das Kontrollspiel z. B. Tsebelis 1990, Rauhut 2007) erfolgt analog zu der Elfmetersituation und hat ebenfalls gemischte Gleichgewichte (siehe dazu unten) als Lösung.

[5]Ein einleuchtendes Beispiel für eine entsprechende Interaktionsstruktur in der keinerlei gleichgerichtete Interessen, geteilte kulturelle Muster, Normen o.ä. vorausgesetzt werden ist das Spiel "Battle of the Bismarck Sea" (Rasmusen 1998: 19f). In dieser Modellierung einer Seeschlacht des 2. Weltkriegs wählt der japanische Admiral dann den nördlichen Weg durch die Bismarck-See, wenn er erwartet, dass die amerikanische Flotte ihm im Süden auflauert, was diese dazu veranlasst doch nach Norden zu fahren, etc.

problem spieltheoretisch analysiert und daraus ein entsprechendes Lösungskonzept in Hypothesenform deduziert. Darauf folgt eine Darstellung des Stands der Forschung. Die empirische Überprüfung der Hypothesen mittels eines Datensatzes aus der ersten Bundesliga erfolgt in Abschnitt 4. Im letzen Abschnitt werden die Ergebnisse diskutiert und dabei insbesondere die Fragen in den Vordergrund gerückt, welche theoretischen Implikationen sich aus der Analyse für den RC-Ansatz im allgemeinen und die Spieltheorie im speziellen ergeben und was daraus aus methodischer Sicht zur Überprüfung von spieltheoretischen Hypothesen geschlossen werden kann.

2 Die strategische Interaktion zwischen Schütze und Torwart

Im Folgenden wird die Strafstosssituation theoretisch analysiert. Dazu werden zuerst die entsprechenden fußballerischen Grundlagen dargestellt.

2.1 Elfmeterschüsse im Fußball

Obschon die Interaktion beim Elfmeterschuss sehr einfach ist, umfasst die entsprechende Regel der zuständigen Organisation FIFA (Fédération International de Football Association) mehrere Punkte, die den Ablauf beschreiben. Mittels der zentralen Regeln kann der Ablauf beschrieben werden: "Der Ball wird auf die Strafstossmarke [11 m vom Mittelpunkt der Torlinie zwischen den Pfosten und gleich weit von beiden Pfosten entfernt] gelegt. Der ausführende Spieler muss klar identifiziert sein. Der Torwart der verteidigenden Mannschaft muss mit Blick zum Schützen auf seiner Torlinie zwischen den Pfosten bleiben, bis der Ball mit dem Fuss gestossen ist. Der ausführende Spieler muss den Ball mit dem Fuss nach vorne stossen." (FIFA 2005: Auszug Regel 14). Obschon dies nicht zwingend vorgeschrieben ist, wird der Ball vom Elfmeterschützen direkt auf das Tor geschossen, da sich durch einen Pass auf einen Mitspieler kein Vorteil erzielen lässt.[6]

Der Schütze kann nun relativ sicher sein, dass der Ball ins Tor geht, wenn er den Ball in eine vom Torwart möglichst entfernte Zone des Tors schießt. Dann führt in der Regel auch ein nicht mit maximaler Präzision und Wucht ausgeführter Schuss zum Tor. Dazu stehen dem Schützen nun zwei Optionen offen. Er kann den Ball nach links schießen, wenn er erwartet, dass der Torwart nach rechts springt und vice versa. Der

[6] Tatsächlich kommt ein Passspiel praktisch fast nie vor. Berühmt geworden ist allerdings ein Strafstoss von Cruyff und Olsen von Ajax Amsterdam aus dem Jahre 1982, in dem sich die beiden Spieler vor dem (erfolgreichen) Torschuss sogar zweimal zupassten. Im letzten bekannten Beispiel gelang es 2005 Henry und Pires von Arsenal FC im Spiel gegen Manchester City allerdings nicht, ein Tor aus dem gepassten Strafstoss zu erzielen.

Torhüter ist umgekehrt ebenso gezwungen, sich "schon vor dem Anlauf des Schützen eine bestimmte Ecke auszuwählen. Sobald der Elfmeterschütze den Ball berührt, springt er in die von ihm spekulierte Ecke. Wird der Ball in die andere Ecke geschossen, ist der Torerfolg des Gegners nicht mehr zu verhindern. Wird er in die von ihm ausgewählte Ecke geschossen, erhöhen sich seine Chancen, den Ball zu halten ... [, d]enn so fällt die Reaktionszeit von 0,25 s weg" (Johanni/Tschachner 2005: 28). Würde der Torwart erst nach der Schussabgabe springen, könnte er einen ausreichend hart getretenen Ball[7] nie halten, da dazu die menschliche Reaktionszeit und Sprungkraft nicht ausreicht (vgl. Johanni/Tschachner 2005). Der Torhüter muss also eine Erwartung über die vom Schützen gewählte Ecke bilden. Das Problem besteht nun offensichtlich darin, dass der hier betrachtete professionelle Elfmeterschütze seine Erwartungen wiederum entsprechend anpassen wird, worauf der Torwart wiederum die andere Seite wählen wird usw. usf. Da die beiden Spieler aber nun beim Elfmeterschuss offensichtlich nicht wie Buridans Esel stehen bleiben, stellt sich die Frage, wie eine Auflösung dieses Zirkels sich potentiell gegenseitig blockierender Erwartungen aus theoretischer Sicht aussehen kann.

2.2 Elfmeterschüsse aus spieltheoretischer Sicht

In spieltheoretischen Termini handelt es sich beim Elfmeterschuss, wie er oben beschrieben wird, um ein einfach gespieltes Nullsummenspiel mit vollständiger, aber nicht perfekter, Information und simultanen Zügen. Die Analyse dieses Spiels markiert den Beginn der sozialwissenschaftlichen Anwendung der Spieltheorie. Bereits 1928 hat von Neumann mit seiner "Theorie der Gesellschaftsspiele" alle formalen Grundlagen für die hier benötigte Analyse niedergelegt hat.[8] Grafisch wird das Spiel am einfachsten in Matrizenform dargestellt.

Die Zahlen bezeichnen jeweils den Nutzen, den die Spieler von einer bestimmten Handlungskombination haben. Dabei handelt es sich um den kardinalen Nutzen (vgl. Varian 1992). D.h. der Nutzen des einen Spielers entspricht genau dem Verlust des anderen. Diese Annahme ist wichtig, da nur dadurch die Berechnung von Wahrscheinlich-

[7]Die größere Herausforderung für den Schützen stellt dabei die Schussgenauigkeit dar. Selbst schlechte Amateurspieler können dem Ball die erforderliche Geschwindigkeit geben. Professionelle Spieler können den Ball beim Strafstoss mit einer Geschwindigkeit von mehr als 27 m/s schießen. Dem Torwart bleibt damit kaum eine halbe Sekunde, um den Ball zu erreichen bevor er im Tor liegt (Johanni/Tschachner 2005: 26).

[8]Die Ausführungen von Neumanns sind als so genanntes Minimax-Theorem in die Literatur eingegangen. Bei der Analyse von Nullsummenspielen wird häufig darauf Bezug genommen (vgl. z. B. die berichtete Literatur zum Stand der Forschung). Weil in dem Aufsatz theoretisch eine etwas breitere Perspektive eingenommen wird, wird hier vom allgemeineren Konzept des Nash-Gleichgewichts ausgegangen. Für Nullsummenspielen fallen allerdings das Nash-Gleichgewicht und die Minimax-Lösung (wie z. B. auch die Maximin-Lösung) zusammen, so dass dieses Vorgehen keine theoretischen Auswirkungen hat.

Abbildung 1: AUSZAHLUNGSMATRIX DES ELFMETERSCHUSSES, MIT DEN BEIDEN HANDLUNGSOPTIONEN "LINKS" UND "RECHTS".

		TORHÜTER	
		Links	*Rechts*
SCHÜTZE	*Links*	−1 1	1 −1
	Rechts	1 −1	−1 1

Die erste Zahl in jeder Zelle bezeichnet jeweils die Auszahlung des Schützen, die zweite diejenige des Torhüters.

keiten möglich ist, wie sie unten vorgenommen wird. Zudem ist die Annahme kardinalen Nutzens hier - im Gegensatz zu anderen empirischen Überprüfungen von spieltheoretischen Hypothesen - auch sehr plausibel. Jedes Tor - ob geschossen oder erhalten - ist im Betrag exakt gleichviel Wert. Jedem Spieler sind die Auszahlungen bei jedem möglichen Ausgang des Spiels bekannt (vollständige Information), nicht aber die Entscheidung des Gegners (imperfekte Information). In der Literatur wird dieses Spiel in Anlehnung an ein Kinderspiel als "matching pennies" bezeichnet.

Welche Lösungen lassen sich nun aus der Spieltheorie für das Dilemma beim Elfmeterschiessen ableiten? Für "matching pennies" wird ein gemischtes Nash-Gleichgewicht, d.h. eine Strategienkombinationen prognostiziert, die darin besteht, dass beide Spieler zwischen den beiden Möglichkeiten links und rechts (schießen oder springen) randomisieren.[9] Die Randomisierung geschieht dabei unter Einberechnung des Nutzens den der *Gegenspieler* aus einer bestimmten Auszahlung bezieht.[10] Die Wahrscheinlichkeiten für die eigene Entscheidung werden genau so gewählt, dass sie die eigene Auszahlung maximieren (also so, dass die Erfolgswahrscheinlichkeit für den Torschuss bzw. die Abwehr am größten ist) und zwar unter der Annahme, dass der Gegner genau dasselbe tut. D.h. das aus dieser Maximierung resultierende Nash-Gleichgewicht ist (immer) ein Gleichgewicht, sowohl in *Erwartungen*, als auch in *Handlungen* (vgl. Varian 1992: 265). Es lässt

[9]Im Prinzip existieren auch noch die beiden Gleichgewichte in den reinen Strategien "links" und "rechts". Die Spieler sind allerdings beide indifferent zwischen diesen beiden reinen Strategien und der gemischten, solange der Gegenspieler in der beschrieben Weise randomisiert. Sie können sich nicht verbessern, wenn sie von der gemischten Strategie auf eine reine ausweichen, solange der Gegenspieler nicht von seiner gemischten Strategie abweicht. Theoretisch ist dieses Resultat sicherlich unbefriedigend (vgl. Wiese 2002: 195f). Aber empirisch spielt es keine Rolle, da sich die beiden reinen Strategien in dem Fall nicht von der gemischten unterscheiden lassen. Umgekehrt hat der zweite Spieler auch keinen Anreiz von dieser gemischten Strategie abzuweichen, da er sich ebenfalls dadurch nicht verbessern kann.

[10]Die Strategie gibt dem Spieler vor aus welcher Wahrscheinlichkeitsverteilung er seine Handlung wählen soll. In diesem Fall soll z. B. eine faire Münze geworfen werden.

sich intuitiv erahnen, dass die entsprechenden Wahrscheinlichkeiten bei der Modellierung des Elfmeterschusses als “matching pennies” genau 0,5 für beide Seiten betragen. Der erwartete Nutzen beträgt damit, wie es die Bezeichnung Nullsummenspiel schon vermuten lässt, für beide Spieler 0. Kein Spieler kann seinen erwarteten Nutzen erhöhen, indem er von dieser Entscheidung abweicht, solange der andere Spieler ebenfalls nicht davon abweicht.

Die theoretische Analyse könnte damit abgeschlossen werden. Eine zu prüfende Hypothese würde dann lauten, dass beide Seiten sowohl vom Schützen, als auch vom Torwart gleich häufig gewählt werden. Für die empirische Überprüfung der Vorhersagen zum Spiel “matching pennies” mit der Wahl einer Münzseite wäre dies auch genügend.

Aber beim Elfmeterschuss ergeben sich trotz seiner strukturellen Einfachheit doch ein paar zusätzliche Fragen: Z. B. besteht für den Schützen auch die Möglichkeit in die Mitte des Tores zu schießen. Damit besteht auch für den Torwart die Möglichkeit in der Mitte des Tors stehen zu bleiben und einen derart geschossenen Ball mit Leichtigkeit abzuwehren. Weiterhin ist bekannt, dass die Schützen einen Fuß für den Schuss bevorzugen, wenn sie, wie beim Strafstoss, frei wählen können. Außerdem kann ein Strafstoss ja selbst dann ins Tor gehen, wenn der Torwart in die richtige Ecke springt. Umgekehrt besteht auch die Möglichkeit, dass der Schuss an die Torumrandung oder gänzlich daneben geht, selbst dann, wenn der Torwart in die falsche Ecke gesprungen ist. Diese verfeinerte Analyse wird im Folgenden vorgenommen:

2.2.1 Fehlschüsse an die Torumrandung bzw. Treffer trotz richtiger Torwartentscheidung

Im Spiel “matching pennies” sind die Auszahlungen vorgegeben und werden mit Sicherheit ausbezahlt, wenn eine bestimmte Strategienkombination auftritt. Beim Strafstoss ist dies nicht zwingend der Fall. So gilt ein Schuss genau in eine der oberen Torecken allgemein als unhaltbar. Allerdings ist bei dieser Entscheidung auch das Risiko recht groß, dass der Schuss neben das Tor oder an die Torumrandung geht. Dies kann berücksichtigt werden, indem für die deterministischen Auszahlungen [1, -1] aus dem Spiel “matching pennies” die Trefferwahrscheinlichkeiten [Q_i, P_j] eingesetzt werden, wie sie in Abbildung 2 dargestellt sind. (Die unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten für die linke und rechte Seite sowie die Mitte bzw. deren Gegenwahrscheinlichkeiten ergeben sich aus weiteren Überlegungen (siehe unten).) Die Wahrscheinlichkeiten entsprechen im Betrag gleichzeitig den erwarteten Payoffs kardinalen Nutzens von 1 (Tor).

2.2.2 Schuss in die Mitte

Schützen wählen in wenigen Fällen keine der beiden Seiten, sondern zielen in die Mitte. Noch seltener kommt es vor, dass der Torwart, in der Erwartung eines solchen Schuss in der Mitte stehen bleibt. Im Gegensatz zu den Sprüngen auf die Seiten hat diese Strategie für den Torwart den Vorteil, dass der Ball fast sicher abgewehrt werden kann, wenn er tatsächlich in die Mitte kommt. Ebenso sicher resultiert aber ein Tor, wenn dies nicht geschieht und der Schuss auf eine der beiden Seiten geht. Da insbesondere die Schüsse in die Mitte empirisch nicht zu vernachlässigen sind, wird im Folgenden in Anlehnung an Chiappori et al. (2002) der Elfmeterschuss mit dem Strategienraum {Links, Mitte, Rechts} modelliert.

Mit Palacios-Huerta (2003) ist es auch denkbar, den Strategienraum mit einem technischen Argument auf den Strategienraum {Links, Rechts} zu reduzieren. Dabei wird angenommen, dass Schüsse in die Mitte mit denselben Kosten verbunden sind, wie diejenigen auf die rechte Seite (vom Torwart aus gesehen für Rechtsfüßer und vice versa, vgl. unten), weil sie mit derselben Schusstechnik ausgeführt werden. In diesem Fall werden die Schüsse in die Mitte zur rechten Seite gezählt. Bei der empirischen Analyse wird in einzelnen Fällen auf dieses Argument zurückgegriffen und es werden nur zwei Schussrichtungen betrachtet, wenn die Analyse ansonsten nicht sinnvoll durchführ- oder darstellbar ist.

Es muss betont werden, dass es sich bei der Frage, ob die Elfmetersituation mit zwei oder drei Strategien modelliert werden soll, um ein rein empirisches Problem handelt. Spieltheoretisch betrachtet ist nur entscheidend, dass die Spieler ihre Schuss- bzw. Sprungrichtungen derart mischen, dass für jeden Punkt des Tores die gleiche Treffer- bzw. Abwehrwahrscheinlichkeit besteht. Wenn entsprechend präzise Daten zur Verfügung stehen würden, könnte die empirische Analyse deshalb auch auf einen noch größeren Strategienraum ausgedehnt werden. Für die hier verwendeten Daten ist dies jedoch nicht sinnvoll.

2.2.3 Gleichheit des Spiels in jeder Spielsituation und für beide Spieler bzw. Schussfüße

Es ist denkbar, dass die Treffer- bzw. Abwehrwahrscheinlichkeit nicht bei jedem Strafstoss und bei jedem Spieler bzw. jeder Spielerkombination gleich ist. Möglicherweise sind z. B. die Schützen mehr unter Druck, wenn ihr Team im Rückstand liegt, wenn das Spiel fast zu Ende ist, so dass ein Tor wahrscheinlich das letzte im Spiel sein würde, oder wenn der Schütze ein Heimspiel hat. Weiterhin ist bekannt, dass die Schützen jeweils einen "starken" Fuß haben, mit dem sie besser schießen können als mit dem "schwachen" Fuß. Rechtsfüßer schießen aus anatomischen Gründen einfacher in die linke Ecke und Linksfüßer umgekehrt in die rechte Ecke. Auch hier ist denkbar, dass Linksfüßer z. B. eine höhere Trefferwahrscheinlichkeit haben als Rechtsfüßer, weil die Torhüter weniger Übung darin haben, die selteneren Schüsse von Linksfüßern abzuwehren.

Allgemeiner ausgedrückt muss untersucht werden, ob die Kosten der beiden Spieler bei jedem Elfmeter in jeder Spielsituation gleich sind.[11] Für das Spiel "matching

[11] Für den Nutzen gibt es hierzu keine Zweifel. Dieser ist, wie erwähnt, im Betrag für beide Spieler genau gleich groß.

pennies" ist dies tatsächlich so. Der kardinale Nettonutzen ist im Betrag genau 1. Sollte dies beim Elfmeterschuss nicht zutreffen, so würden die Auszahlungen bzw. Trefferwahrscheinlichkeiten für die Wahl der drei Handlungsoptionen dadurch verändert werden und damit auch die optimale Strategie.

Dies bedeutet gleichzeitig, dass sich, je nachdem welche Annahmen über das tatsächlich gespielte Spiel zu Grunde gelegt werden, auch die resultierende Hypothesenmenge ändert. Aus Übersichtlichkeitsgründen wird diese Analyse hier nicht vollständig vorgeführt (siehe dafür Chiappori et al. 2002). Vielmehr wird hier ein Resultat der empirischen Analyse schon vorgezogen und nur diejenige Hypothesenmenge betrachtet, die zu den tatsächlich beobachteten empirischen Gegebenheiten passt. Dadurch wird im Übrigen nicht der theoretische Anwendungsbereich der spieltheoretischen Überlegungen eingeschränkt, sondern nur der für diese Anwendung empirisch testbare Bereich. Die theoretischen Überlegungen gelten unabhängig davon für jeden einzelnen Elfmeterschuss. Diese Einschränkungen sind allerdings nicht gravierend, da die Spielsituation des Elfmeters im verwendeten Datensatz in jeder Minute des Spiels und bei jedem Spielstand gleich ist. Für die Torhüter unterscheidet sich das Spiel nicht, egal ob sie einem Rechts- oder einem Linksfüßer gegenüber stehen. Allerdings unterscheidet sich die Trefferwahrscheinlichkeit für den Schützen in Abhängigkeit von seinem Schussfuß. Tatsächlich schießen Rechtsfüßer, wie vermutet, leichter in die linke Ecke und für Linksfüßer verhält es sich umgekehrt. In der Folge wird diese Seite als "natürliche" Seite bezeichnet (also bei Rechtsfüßern die linke und bei Linksfüßern die rechte). Da die Torhüter den Schussfuß der Schützen und demzufolge auch die natürliche Ecke kennen[12], kann jeder Strafstoss dadurch beschrieben werden, ob der Schütze in die natürliche Ecke schießt und der Torwart in die natürliche Ecke springt. In der Folge wird bei rechts schießenden Schützen die vom Torwart aus gesehen rechte Seite als natürliche Seite für Schützen *und* Torwart betrachtet und mit "rechts" bezeichnet. Für mit dem linken Fuß schießende Schützen ist die natürliche Seite dagegen vom Torwart aus gesehen links. Diese wird dann ebenfalls mit "rechts" (weil natürliche Seite) bezeichnet (und vice versa). Dies ermöglicht es, alle Elfmetersituationen für Rechts- und Linksfüßer sowie für die Torhüter in einer einheitlichen Notation zu analysieren. Damit stellt sich das Spiel "Elfmeterschuss" wie folgt dar (vgl. Abb. 2):

Für die Reihenfolge der Torerfolgswahrscheinlichkeiten ergeben sich dadurch die aus den obigen Ausführungen unmittelbar einsichtigen Annahmen:

$$Q_R > P_L \qquad \textit{und} \qquad Q_L > P_R \tag{1}$$

$$Q_R > M \qquad \textit{und} \qquad Q_L > M \tag{2}$$

$$Q_R \geq Q_L \qquad \textit{und} \qquad P_R \geq P_L \tag{3}$$

[12]Der starke bzw. Schussfuß ist einfach am Anlauf des Schützen erkennbar (von links, um mit rechts zu schießen und umgekehrt).

Abbildung 2: Matrixdarstellung des Elfmeterschusses, mit den Treffer- bzw. Abwehrwahrscheinlichkeiten für die Handlungsalternativen "Links", "Mitte" und "Rechts.

		Torhüter: *Links*		*Mitte*		*Rechts*	
Schütze	*Links*	P_L	$1-P_L$	Q_L	$1-Q_L$	Q_L	$1-Q_L$
	Mitte	M	$1-M$	0	1	M	$1-M$
	Rechts	Q_R	$1-Q_R$	Q_R	$1-Q_R$	P_R	$1-P_R$

Der erste Ausdruck in jeder Zelle bezeichnet jeweils die *Wahrscheinlichkeit*, dass der Strafstoss in einem *Tor* resultiert (die erwartete Auszahlung für den Schützen). Entsprechend gibt die *Gegenwahrscheinlichkeit* die erwartete Auszahlung für den Torwart an, dass kein Tor resultiert.

$$Q_L - P_L \qquad \geq \qquad Q_R - P_R \tag{4}$$

Für den Schützen heißt dies: Die Wahrscheinlichkeit des Torerfolgs ist höher, wenn der Torwart in die falsche Ecke springt als wenn er die richtige Ecke wählt (Annahme 1). Ein solcher Schuss in die entgegensetzte Ecke des Torwarts hat dabei eine höhere Torwahrscheinlichkeit, als wenn der Schütze in die Mitte schießt (Annahme 2). Wenn der Torwart in die falsche Ecke springt, ist die Chance ein Tor zu erzielen bei einem Schuss auf die natürliche Seite mindestens so groß oder größer wie bei einem Schuss auf die unnatürliche Seite (Annahme 3). Das Risiko, dass der Torwart den Ball hält, wenn er sich richtig entscheidet, ist auf der natürlichen Seite kleiner als auf der unnatürlichen (Annahme 4). Für den Torwart gelten dieselben Annahmen jeweils umgekehrt. Auch hier wird davon ausgegangen, dass diese Annahmen beiden Spielern bekannt sind, und dass beide wissen, dass beide wissen etc. (vgl. oben).

Daraus lassen sich eine Reihe von testbaren Hypothesen ableiten (für die Herleitung siehe Chiappori et al. 2002).

H1: Die Randomisierung von Schütze und Torwart sind unabhängig voneinander.

H2a: Schützen, die mehr als einen Strafstoss schießen, wählen "Links" und "Rechts" in zufälliger Reihenfolge.

H2b: Torhüter, die bei mehr als einem Strafstoss im Tor stehen, wählen "Links" und "Rechts" in zufälliger Reihenfolge.

H3: Der Schütze hat eine höhere Wahrscheinlichkeit, in die Mitte zu schießen, als der Torwart, dort stehen zu bleiben.

H4a: Die Wahrscheinlichkeit des Torerfolgs ist gleich groß, egal ob der Schütze nach "Links", "Rechts" oder in die "Mitte" schießt.

H4b: Die Wahrscheinlichkeit, ein Tor zu verhindern ist gleich groß, egal ob der Torwart nach "Links" oder "Rechts" springt oder in der "Mitte" stehen bleibt.

H5a: Der Schütze hat eine größere Wahrscheinlichkeit seine natürliche Seite ("Rechts") zu wählen.

H5b: Der Torwart hat eine größere Wahrscheinlichkeit, die natürliche Seite des Schützen ("Rechts") zu wählen, als die andere ("Linke") Seite.

H6: Der Torwart hat eine größere Wahrscheinlichkeit, die natürliche Seite des Schützen ("Rechts") zu wählen, als der Schütze dorthin schießt.

H7: Die Kombination ("Rechts", "Rechts") ist wahrscheinlicher als die beiden Kombination ("Links", "Rechts") und ("Rechts", "Links") und diese wiederum sind wahrscheinlicher als die Kombination ("Links", "Links").

Es ist zu erkennen, dass jeder der beiden Spieler seine Entscheidung jeweils an den Auszahlungen des Gegners orientiert. Es wird so gewählt, dass beide Spieler indifferent zwischen ihren reinen Strategien sind, und sich nur noch an den Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die Aktionen des Gegners orientieren, wodurch sich ein gemischtes Gleichgewicht ergibt. So liegt der Grund dafür, dass der Torwart seltener die Mitte wählt, als der Schütze dorthin schießt, in den Kosten eines Schusses in die Mitte *für den Schützen*. Wählt der Torwart dann nämlich auch die Mitte, so ist die Trefferwahrscheinlichkeit sehr gering (vgl. Abb. 2). *Für den Torwart* sind die erwarteten Kosten eines Schusses in die Mitte dagegen immerhin geringer, als diejenigen eines Schusses in die gegenüberliegende Ecke (vgl. Annahme 2). Da sich *der Schütze* an diesen Kosten für den Torwart orientiert, ist die Gleichgewichtswahrscheinlichkeit für Schüsse in die Mitte *für den Schützen* höher, denn erwartet "teure" Aktionen werden selten gewählt, erwartet "billige" dagegen häufig. Wäre dies nicht der Fall, so wären die Spieler füreinander berechenbar und sie könnten sich jeweils verbessern, wenn sie ihre Entscheidung in Richtung der Hypothese verschieben würden. Würde bspw. der Torwart genau gleich häufig links und rechts wählen, wäre der Torschütze besser dran, wenn er *immer* die - einfachere und deshalb mit einer höheren Trefferwahrscheinlichkeit versehene - natürliche Seite wählen würde. Deshalb kann sich wiederum der Torwart verbessern, wenn er etwas häufiger die natürliche rechte Seite wählt.[13]

Es muss beachtet werden, dass die Hypothesen sich zum Teil auf das Aggregat aller Schützen und Torhüter (H1, H7), zum Teil auf das Aggregat aller Spieler und auf

[13]Zur weiteren Veranschaulichung kann man sich die Elfmetersituation für einen *einarmigen* Torwart vorstellen. Würde dieser handicapierte Spieler gleich häufig nach links und rechts springen, würde der Schütze *ausschließlich* auf die Seite mit dem fehlenden Arm schießen, weil die Torwahrscheinlichkeit dort offensichtlich höher ist. Deshalb würde sich der Torwart an dieser Auszahlung orientieren und entsprechend *häufiger* auf die Seite mit dem *fehlenden Arm* springen, bis die Trefferwahrscheinlichkeit für den Schützen auf beide Seiten gleich hoch wäre.

die individuellen Spieler selbst (H3, H4a, H4b, H5a, H5b, H6) und zum Teil nur auf die individuellen Spieler (H2a, H2b) beziehen Dies hat sowohl theoretische als auch empirische Konsequenzen.

Theoretisch muss beachtet werden, dass den Aggregathypothesen aus soziologischer Sicht Vorrang eingeräumt werden sollte. Die Spieltheorie (wie auch der Rational Choice-Ansatz im Allgemeinen) werden hier als eine Theorie betrachtet, die mittels verallgemeinernden Annahmen über individuelles Verhalten empirisch prüfbare Aussagen zu Zuständen auf der sozialen Aggregatebene macht (vgl. z. B. Coleman 1986, 1990). Deshalb stellen die Aggregathypothesen den zentralen Prüfstein für die hier verfolgte Anwendung der Spieltheorie dar. Allerdings handelt es sich auch bei den Individualhypothesen nicht um rein psychologische Aussagen. Zum einen ist die Handlungstheorie der Individuen nicht als psychologische Theorie zum Verhalten von einzelnen Individuen zu verstehen. Zum anderen beziehen sich auch die obigen Individualhypothesen auf eine Entscheidung in der Interaktion.

Empirisch ist von Belang, dass die Prüfung der Individualhypothesen zumindest aus statistischer Sicht problembehaftet ist, da dazu möglichst viele Beobachtungen eines individuellen Spielers nötig sind. Für die Aggregathypothesen stellt sich dieses Fallzahlproblem nicht. Allerdings ergibt sich ein statistisches Aggregationsproblem. Erstens können Häufigkeiten und Wahrscheinlichkeiten nicht bei einzelnen Elfmetersituationen beobachtet werden, sondern nur im Aggregat aller Spieler und Situationen. Zweitens bildet die empirisch gemessene Häufigkeit nur dann die theoretisch erwartete Wahrscheinlichkeit ab, wenn alle Spieler und Elfmetersituationen homogen sind, wenn also alle Spieler immer dasselbe Spiel spielen. Sollte dagegen in der Population aller Elfmetersituationen Heterogenität existieren, wäre die Wahrscheinlichkeitsmessung verzerrt. Nun können zumindest einige mögliche Heterogenitätsvermutungen ausgeschlossen werden. Es besteht Gleichheit der Elfmetersituation unabhängig vom Spielstand, Spielzeit, vom Torwart und vom Schussfuß des Spielers. Heterogenität (die theoretisch schon einbezogen wurde) besteht allerdings bei der Schussrichtung des Spielers in Abhängigkeit vom Schussfuß. Die Zahl der potentiellen Heterogenitätsquellen ist jedoch größer und potentiell unbekannt. Zwar erlaubt gerade die hoch standardisierte Elfmetersituation im Verbund mit einigen Fußballkenntnissen die plausible Annahme, dass für die zentralen Quellen von Heterogenität bereits kontrolliert wird. Mit Sicherheit festgestellt werden kann dies jedoch nicht. Dies liegt schon daran, dass zu einer statistischen Kontrolle nur die verfügbaren Variablen herangezogen werden können. Begegnet werden kann der Problematik allerdings, indem die Hypothesen als Häufigkeits-, statt als Wahrscheinlichkeitsaussagen formuliert werden. Damit wird zwar ihr Informationsgehalt verringert. Jedoch sind sie robuster und sollten auch dann noch zutreffen, wenn in den Daten selektive Verzerrungen auftauchen. Diese Möglichkeit ist bei den Hypothesen H3 bis H7 gegeben (vgl. Chiappori et al. 2002: 1143f).

3 Stand der Forschung

Die empirische Forschung zum Verhalten von Menschen in realen Nullsummenspielsituationen ist überschaubar. Allerdings existiert auch Literatur, die sich mit ähnlichen und hier ebenfalls aufschlussreichen Fragestellungen befasst. Dabei geht es u. a. um die Problematik, ob menschliche Akteure in der Lage sind, allgemein randomisierte Entscheidungen zu fällen bzw. in Entscheidungssituationen mit allgemeinen gemischten Gleichgewichten die theoretisch optimale Randomisierung vorzunehmen. Diese einschlägigen Untersuchungen fanden fast ausschließlich im Labor statt.

3.1 Tests auf gemischte Gleichgewichte im Labor

3.1.1 Randomisierung und allgemeine Spiele mit gemischten Gleichgewichten

Es ist ein psychologisch gut belegtes Phänomen, dass Menschen tendenziell nicht in der Lage sind zufällige Entscheidungen zu treffen. Sie neigen vielmehr dazu Muster in ihre Entscheidungen einzubauen, selbst dann wenn sie dies gerade vermeiden wollen. So wird beim Versuch in Serien zwei Entscheidungen zufällig zu treffen, die Entscheidung meist zu häufig gewechselt (vgl. z. B. Bakan 1960, Rath 1966, Wagenaar 1972, Bar-Hillel/Wagenaar 1991). Untersucht man statt parametrischen Entscheidungen solche in Interaktionen, so zeigen sich ähnliche Muster. In verschiedenen Spielen, die ein einziges Gleichgewicht in gemischten Strategien aufweisen,[14] werden bei entsprechenden Laborexperimenten die Gleichgewichte tendenziell nicht erreicht bzw. sind instabil. Bloomfield (1994), Erev/Roth (1998), McKelvey et. al. (2000) und Ochs (1995) finden diesen Befund für verschiedene 2×2 (Nicht-Nullsummen)-Diskoordinationsspiele. Die Autoren konzentrieren sich dabei meist darauf zu erklären, ob und wie Individuen lernen, in *wiederholt* gespielten Spielen zum vorhergesagten Gleichgewicht zu gelangen,[15]

[14] Neben dem hier im Fokus stehenden Nullsummenspiel “matching pennies” existieren auch verschiedene andere Spiele, die ebenfalls nur ein Gleichgewicht in gemischten Strategien aufweisen, aber keine Nullsummenspiele sind und/oder mehr als zwei Entscheidungsmöglichkeiten haben (vgl. z. B. Rasmusen 1998: 67ff).

[15] Einfach gespielte Spiele können dabei in unterschiedlicher Form auftreten. Entweder ein Spiel wird tatsächlich nur ein einziges Mal gespielt (ein bestimmter Spieler tritt einmal bei einem Elfmeter an). Ebenfalls ein einfach gespieltes Spiel liegt dann vor, wenn ein Torwart oder Schütze bei mehreren Elfmetern antritt. Die spieltheoretischen Hypothesen unterscheiden sich in dem Fall nicht von derjenigen des einfach gespielten Spiels, mit der Zusatzprognose, dass beide Spieler jede Entscheidung in ihrer Serie unabhängig treffen und sie nicht von vorhergehenden abhängig machen sollten. Dies gilt auch dann, wenn dieselben Spieler mehrfach gegeneinander antreten. Wiederholte Spiele sind für reale Strafstösse kaum zu erwarten, können allerdings im Labor untersucht werden. Sie treten dann auf, wenn die Auszahlungen eines Spiels sich als Summe der Auszahlungen von mehreren einfach gespielten Spielen (mit denselben oder wechselnden Partnern) ergeben. Für die hier untersuchte Problemstellung sind solche Spiele irrelevant.

was zeigt, dass in den hier betrachteten *einfach* gespielten Spielen dieses Gleichgewicht kaum erreicht wird.

3.1.2 Gemischte Gleichgewichte in Nullsummenspielen und insbesondere "matching pennies"

Dieser Befund ändert sich nicht wesentlich, wenn man die Literatur zu laborexperimentellen Nullsummenspielen[16] betrachtet. Man könnte erwarten, dass hierbei die prognostizierten Gleichgewichte eher erreicht werden, da die Spiele kognitiv einfacher zu bewältigen sein müssten. Tatsächlich zeigt sich, dass insbesondere die Hypothesen auf der Aggregatebene tendenziell bestätigt werden können, während dies für die Individualebene eher nicht zutrifft (vgl. Brown/Rosenthal 1990, O'Neill 1987 und 1991, Rapoport/Boebel 1992, Rosenthal et al. 2003, Shachat 2002). Insbesondere zeigt sich auf der Individualebene, dass die Akteure Mühe haben im zeitlichen Ablauf zufällige Serien zu produzieren. Allerdings muss auch erwähnt werden, dass die untersuchten Spiele zum Teil vier (O'Neill 1987, Shachat 2000) oder sogar fünf (Rapoport/Boebel 1992) Entscheidungsmöglichkeiten mit unterschiedlichen Auszahlungen aufweisen, so dass die kognitive Bewältigung der Spiele nicht trivial ist. Dies gilt nicht für die einzige direkte Überprüfung des Spiels "matching pennies" von Mookehrjee/Sopher (1994). Abgesehen von dem unten beschriebenen Experiment von Palacios-Huerta/Volij (2006) handelt es sich um dasjenige Experiment, dass der Strafstosssituation am nächsten kommt, obschon der Erwartungswert des Spiels nicht 0 sondern 2 beträgt (vgl. dazu Fußnote 16). Es zeigt sich, dass die Hypothesen sowohl auf Aggregat-, wie auch auf Individualebene weitestgehend bestätigt werden können. Eine Ausnahme bildet auch hier die Randomisierung im zeitlichen Ablauf. Obschon mehr als die Hälfte der Probanden sich zufällig entschied, kann die Hypothese dennoch nicht als bestätigt angesehen werden.

Insgesamt kann damit gefolgert werden, dass in Laborexperimenten die Vorhersagen zu gemischten Gleichgewichten auf der Aggregatebene tendenziell erreicht werden, diejenigen auf der Individualebene dagegen eher nicht. Letzteres gilt insbesondere für die Randomisierung in Serien. Zudem scheinen die Vorhersagen umso weniger zuzutreffen, je komplexer das untersuchte Spiel ist.

[16] In der Literatur werden die Nullsummenspiele häufig auch unter der umfassenderen Kategorie der Konstantsummenspiele zusammengefasst. Auch bei diesen ist der Gewinn des einen Spielers der Verlust des anderen, aber die Auszahlungen müssen sich nicht unbedingt zu Null, sondern zu einer konstanten Summe addieren. Die hier dargestellten Spiele haben allerdings alle eine erwartete Auszahlung von Null.

3.2 Tests auf gemischte Gleichgewichte anhand von realen Interaktionen im Sport

Bisher existieren nur wenige Untersuchungen zu gemischten Gleichgewichten in realen Interaktionen. Diese beziehen sich alle auf Interaktionen im Sport, wahrscheinlich aus den beschriebenen methodischen Gründen.

3.2.1 Fußball

Zwei Analysen befassen sich mit der hier auch untersuchten Elfmetersituation. Chiappori et al. (2002) untersuchen alle 459 Strafstösse der ersten französischen (Spielzeiten 1997-1999) und italienischen (Spielzeiten 1997-2000) Liga. Die Autoren können alle Hypothesen sowohl auf der Aggregat- als auch auf der Individualebene bestätigen. Insbesondere zeigt sich auch, dass die Spieler, die mehrfach in einer Elfmetersituation entscheiden, ihre Wahl in diesen Serien, wie vorhergesagt, tatsächlich zufällig treffen. Die Autoren verwenden dabei sogar eine Modellierung mit den drei Strategien {Links, Mitte, Rechts}. Allerdings weisen sie auch darauf hin, dass durch den kurzen Beobachtungszeitraum und dessen Aufteilung auf zwei Ligen, die Fallzahlen auf der Individualebene relativ gering ausfallen und die statistischen Aussagen entsprechend schwach werden.

Diesen Mangel umgeht Palacios-Huerta (2003) mit einem umfangreicheren Datensatz, der 1417 Strafstösse aus den Profiligen von Spanien, England und Italien von 1995 bis 2002 umfasst. Wiederum können alle Hypothesen auf Aggregat- und Individualebene, inklusive der Prognose der zufälligen Wahl in Serien, vollständig bestätigt werden. Die Analyse ist dabei statistisch insofern überzeugender als die vorhergehende, weil für die Individualhypothesen Daten zu mehr als vierzig Spieler vorlagen, die an dreißig und mehr Strafstössen beteiligt waren. Allerdings modelliert der Autor nur den Strategienraum {Links, Rechts}.

Moschini (2004) analysiert eine andere Spielsituation im Fußball, nämlich den Schuss aufs Tor aus dem rechten bzw. linken Halbfeld. Hierbei müssen sich die Schützen entscheiden, ob sie in die nähere Torecke (nach rechts von rechts, und umgekehrt) oder in die entferntere (nach links von rechts, und umgekehrt) schießen. Die Torhüter müssen sich entscheiden, ob sie eben diese nahe, oder die entfernte Ecke besonders abdecken wollen. Die Situation ist insofern interessant, als die beiden Entscheidungen offenbar nicht die gleichen Erfolgschancen versprechen. Ein Schuss in die nahe Ecke ist einfacher zu bewerkstelligen als einer in die entfernte. Für den Torwart ist umgekehrt ein Schuss in die entfernte Ecke einfacher abzuwehren (z. B. weil der Ball länger unterwegs und der abzudeckende Winkel kleiner ist). Weil sich die Spieler aber gegenseitig an ihren erwarteten Auszahlungen orientieren, werden mehr Schüsse auf und mehr Tore in der entfernten Ecke erwartet, die für den Schützen schwieriger zu treffen und für den Torwart einfacher abzuwehren ist. Moschini kann diese Hypothesen anhand von Daten aus der italienischen ersten Liga der Spielzeit 2002-2003 bestätigen.

3.2.2 Tennis

Die untersuchte Interaktionsstruktur findet sich nicht nur beim Fußball, sondern z. B. auch beim Tennis. Walker/Wooders (2001) analysieren dazu die Aufschlag- und Returnentscheidungen von professionellen Tennisspielern. Diese können jeweils auf die linke oder rechte Seite des Feldes aufschlagen. Der Return-Spieler wählt ebenso eine Seite aus. Die zentralen Hypothesen ergeben sich auch hier aus denselben theoretischen Überlegungen: Damit die beiden Spieler füreinander unberechenbar bleiben muss die Wahrscheinlichkeit eines Punktgewinns unabhängig von der Seitenwahl sein (für beide Spieler, da es sich auch hier offensichtlich um ein Nullsummenspiel handelt). Ebenso muss die Seitenwahl bei jedem neuen Aufschlag von derjenigen des vorhergehenden statistisch unabhängig sein. Anhand von vierzig Finalspielen bei Grand Slam- und Masters-Turnieren werden diese Hypothesen überprüft. Die Gleichheit der Gewinnwahrscheinlichkeiten (unabhängig von der gewählten Seite) kann eindeutig bestätigt werden. Dies gilt nicht für die Randomisierung in Serien, die tendenziell zurückgewiesen werden muss, da die Spieler zu häufig die Seite wechseln. Allerdings ist der Differenz zwischen Theorie und Empirie nicht so groß wie bei den entsprechenden Laborexperimenten.

Die bisherige Evidenz zeigt, dass die spieltheoretischen Hypothesen auf der Aggregatebene weitestgehend bestätigt werden können. Auf der Individualebene scheinen sich die Akteure in realen Situationen tendenziell ebenfalls wie spieltheoretisch vorhergesagt zu entscheiden. Für Laborexperimente gilt dies dagegen eher nicht. Insbesondere scheint die erwartete Randomisierung in Serien nur in realen Situationen aufzutreten und nicht im Labor. Das diesbezüglich vollständig rationale Verhalten der Fußballspieler kann allerdings auch auf die in Relation zu den Tennisaufschlägen kurzen Serien und die lange Zeitperiode zwischen zwei Elfmeterschüssen zurückgeführt werden.[17] Damit ist die statistische Chance von den Prognosen abzuweichen bei den Tennisspielern ungleich größer als bei den Fußballspielern. Die längere Zeitperiode zwischen zwei Entscheidungen ist zwar aus spieltheoretischer Sicht ohne Belang. Allerdings scheint eine Randomisierung zwischen zwei Strafstössen, die Wochen oder sogar Monate auseinander liegen, einfacher zu sein, als diejenige zwischen zwei Aufschlägen, die im Sekunden- oder Minutentakt erfolgen, weil sich der Akteur im ersteren Fall nicht mehr an seine vorangegangene Entscheidung erinnern kann und deshalb auch nicht von ihr beeinflusst wird. Palacios-Huerta (2003) untersucht die Elfmeterentscheidung aus diesem Grund auch noch bei Elfmeterschiessen in Turnieren in denen der Torwart mindest fünf aufeinander folgende Entscheidungen treffen muss. Er kommt dabei zum Schluss, dass sich

[17] Während nur wenig Fußballer mehr als einige Dutzend Elfmeter schießen oder abzuwehren versuchen, können in einem einzigen Tennismatch leicht über hundert Aufschläge und Returns eines Spieler stattfinden.

die Torhüter auch in dieser Situation rational verhalten.

Damit gibt die bisherige Evidenz auch keinen Hinweis, worauf die suboptimalen Entscheidungen auf der Individualebene zurückzuführen sind. Denn einerseits könnte die fehlende Randomisierung durch die Labor*situation* verursacht werden, die bei allen Akteuren zu suboptimalen Entscheidungen führt. Oder aber diese Entscheidungen sind auf die Akteurs*typen* zurückzuführen. Im Labor handelt es ja immer um ungeübte Laien, bei den realen Situationen dagegen um trainierte (wenn auch nicht spezifisch in dieser Entscheidung) professionellen Spielern. Palacios-Huerta/Volij (2006) gehen dieses Problem an, in dem sie im Labor Fußballprofis und Laien ein 2×2 Nullsummenspiel spielen lassen, dass ein Abbild der Elfmetersituation ist. Tatsächlich gelingt es den Profispielern, auch im Labor optimale Entscheidungen zu treffen, ganz im Gegensatz zu der Kontrollgruppe der Laien, die sich weiterhin suboptimal verhält. Erstaunlicherweise ergaben sich diese Ergebnisse auch bei einer Replikation des 4×4 Nullsummenspiel-Experiments von O'Neill (1987, siehe oben). Offenbar konnten die Profispieler ihre optimalen Entscheidungen auch auf eine der Elfmetersituation ähnliche, aber ihnen im Prinzip unbekannte Interaktion anwenden. Dies deutet daraufhin, dass nicht so sehr die Situation, sondern viel mehr die Akteurstypen entscheidend für eine optimale Entscheidung sind. Allerdings ist die Evidenz dazu noch sehr lückenhaft. Als nächstes wird deshalb untersucht, ob die obigen Hypothesen auch auf die Entscheidungen von Bundesligaspielern zutreffen.

4 Datensatz und Ergebnisse

Nach einer Beschreibung des verwendeten Datensatzes werden die Ergebnisse der damit durchgeführten Hypothesentest dargestellt. Dabei werden vorerst die zu Grunde gelegten Annahmen überprüft. Anschließend werden getrennt die Resultate für die Aggregat- und Individualebene berichtet.

4.1 Daten

Der verwendete Datensatz[18] enthält Angaben zu allen 1043 Elfmetersituationen, die in den Spielzeiten 1992/1993 bis 2003/2004 der ersten deutschen Bundesliga stattgefunden haben.[19] Jede Situation ist dabei durch die folgenden, in Tabelle 1 zusammengefassten Angaben beschrieben: Beteiligte Schützen und Torhüter, Schussfuß des Schützen,

[18] Die Daten wurden von der Firma IMP AG erhoben. Diese beobachtet Bundesligaspiele, um die Daten anschließend an Interessenten, z. B. an die beteiligten Bundesligamannschaften, zu verkaufen. Dabei werden nicht nur Elfmetersituationen, sondern sämtliche Aktionen eines Spiels von insgesamt vier professionellen Beobachtern dokumentiert.

[19] Es handelt sich nur um Meisterschaftsspiele. Der Datensatz enthält also keine Beobachtungen zu Elfmeterschiessen, wie sie bei unentschiedenem Spiel am Ende von Pokalspielen ausgetragen werden.

Tabelle 1: Deskription des Datensatzes.

	Schussfuß		Schuss bzw. Sprungrichtung jeweils originär/"natürlich"			Ergebnis			
	L	R	L	Mitte	R	Tor	vorbei	Torum.	abgew.
Schützen	377	666	441/433	151	451/459	788	27	24	
Torhüter			520/542	17	506/484				204

Die erste Zahl bei der Schuss- bzw. Sprungrichtung L (Links) und R (Rechts) bezeichnet die tatsächliche Richtung des Schusses bzw. des Sprungs, jeweils vom ausführenden Spieler aus gesehen. Die zweite Zahl bezieht sich auf die natürliche "rechte" und unnatürliche "linke" Richtung vom Torwart aus gesehen; dabei werden Schüsse und Sprünge auf die - vom Torwart aus gesehen - rechte Seite bei Rechtsfüßern als natürlich und bei Linksfüßern als unnatürlich gezählt.
"Torum." bedeutet "Torumrandung getroffen", "abgew." bedeutet "vom Torwart abgewehrt".

Richtung des Torschusses (Links, Mitte, Rechts), Sprungrichtung der Torhüter (Links, Mitte, Rechts) und das resultierende Ergebnis in vier Kategorien ("Tor", "vorbeigeschossen", "Torumrandung (Torum.)", und "vom Torhüter abgewehrt (abgew.)".). Die Richtungen werden einmal originär vom jeweiligen Spieler aus gesehen eingetragen, und einmal in der beschriebenen einheitlichen Notation als "natürliche" Richtung.

4.2 Test der Annahmen

Um das dargestellte Modell der Elfmetersituation mit dem Datensatz empirisch überprüfen zu können, müssen drei Annahmen erfüllt sein: Die Schützen müssen das gleiche Spiel spielen, unabhängig davon, welchen Schussfuß sie benützen,[20] und die Schützen und Torhüter müssen das gleiche Spiel spielen, unabhängig davon, welche Entscheidung sie treffen. Um die empirischen Häufigkeiten als Wahrscheinlichkeiten interpretieren zu können, ist weiterhin wichtig, dass das Spiel auch durch den Erwartungsdruck auf den Schützen nicht verändert wird. Der Erwartungsdruck wird durch den Spielstand, das Heimrecht (jeweils aus der Sicht des Schützen) und die Halbzeit der Strafstosssituation approximiert. Ergibt sich hier keine Heterogenität in den Daten ist dies ein starker Hinweis auf eine homogene Spielsituation bei allen Strafstössen.

Gleichheit des Spiels für Schützen unabhängig vom Schussfuß (und Spielstand, -zeitpunkt und -ort:) Zeigt sich in einer logistischen Regression kein Einfluss der beschriebenen Variablen auf die Chance, ein Tor zu erzielen, kann davon ausgegangen, werden, dass die Gleichheit des Spiels gegeben ist. Tatsächlich ist dies der Fall, wie Modell 1 in Tabelle 2 nachweist. Keine der unabhängigen Variablen hat

[20]Die Frage, ob das Spiel sich in Abhängigkeit des Schussfußes unterscheidet, differiert von derjenigen, ob der Schuss auf die natürliche Seite einfacher ist.

Tabelle 2: Logistische Regression der abhängigen Variablen "Treffer", "Strategiewahl" und "Abwehr", jeweils auf die unabhängigen Variablen "Schussfuß", "Heimspiel", "Halbzeit" und "Tordifferenz".

abhängige Variable	Modell 1 Treffer (ja/nein) Koeffizient (t-Wert)	Modell 2 Strategiewahl (L/R) Koeffizient (t-Wert)	Modell 2 Abwehr (ja/nein) Koeffizient (t-Wert)
Schussfuß	-0,138 (-0,91)	-0.146 (-1.11)	0.155 (0.94)
Heimspiel	-0.052 (-0.33)	-0.043 (-0.32)	0.023 (0.14)
Halbzeit	0.104 (0.70)	0.008 (0.06)	-0.048 (-0.30)
Tordifferenz	0.001 (0.01)	-0.013 (-0.09)	-0.040 (-0.24)
Pseudo-R^2	0.0013	0.0010	0.0011
N	1043	1043	992†

† Die Fallzahl in Modell 3 ist geringer, weil hier die Fälle ausgeschlossen sind, in denen der Schuss an die Torumrandung oder gänzlich daneben ging. Enthalten sind nur die Schüsse, die vom Torwart tatsächlich abgewehrt wurden, bzw. diejenigen, die zu einem Tor geführt haben.
Es wird das Pseudo-R^2 von (McFadden) angegeben.

auch nur einen annähernd signifikanten Einfluss auf die Chance, ein Tor zu erzielen. Dies zeigt sich auch am Pseudo-R^2, dass extrem gering ist und anzeigt, dass die Trefferwahrscheinlichkeit durch diese Variablen unerklärt bleibt.

Gleichheit des Spiels unabhängig von der Strategiewahl (und Spielstand, -zeitpunkt und -ort): In Modell 2 in Tabelle 2 wird analog vorgegangen, um empirisch die Gleichheit des Spiels unabhängig von der Strategiewahl nachzuweisen. Aus Einfachheitsgründen wird dabei der Schuss in die Mitte der natürlichen Seite zugeschlagen.[21] Es zeigt sich, dass auch die Wahl der linken oder rechten Seite des Tores unabhängig vom Schussfuß des Schützen ist. Für die weiteren abhängigen Variablen zeigt sich ebenfalls kein Einfluss.

Gleichheit des Spiels für Torhüter unabhängig vom Schussfuß (und Spielstand, -zeitpunkt und -ort): Wie Modell 3 zeigt, gilt auch für Torhüter, dass sie das gleiche Spiel spielen, unabhängig davon, ob sie einem Links- oder Rechtsfüßer gegenüberstehen. Außerdem ändert sich auch für die Torhüter die Elfmetersituation in Abhängigkeit von Zeit, dem Ort, und dem Stand des Spieles nicht.

Es zeigt sich insgesamt, dass die für die theoretische Analyse getroffenen Annahmen empirisch vollständig und eindeutig bestätigt werden können. Damit kann die eigentliche

[21]Ein entsprechender Test mit einer multinomialen logistischen Regression, die alle drei Kategorien berücksichtigt, ändert diesen Befund nicht.

Tabelle 3: Empirische Verteilung der Strategiewahlen von Torwart und Schütze als absolute Häufigkeiten und als Prozentanteile.

		Torhüter							
		Links		*Mitte*		*Rechts*			
	Links	202	19,4%	6	0,6%	225	21,6%	433	41,5%
Schütze	*Mitte*	62	5,9%	3	0,3%	86	8,2%	151	14,5%
	Rechts	220	21,1%	8	0,8%	231	22,1%	459	44,0%
		484	46,4%	17	1,6%	542	52,0%	1043	100%

Die Strategiewahl "Rechts" bezeichnet jeweils den Schuss bzw. den Sprung auf die natürliche Seite des Schützen.

Überprüfung der Hypothesen vorgenommen werden. Inhaltlich zeigt sich hier außerdem auch, dass die Spieler sich insofern rational verhalten, als sie ihre Entscheidungen nicht durch einen erhöhten Erwartungsdruck verändern.

4.3 Hypothesentests auf Aggregatebene

Hypothese 1, 3, 6 und 7 können ausschließlich auf der Aggregatebene überprüft werden, entweder weil sich die Aussage auf das Aggregat bezieht oder weil auf der Individualebene bei weitem zuwenig Fälle für eine statistische Analyse vorliegen. Für die restlichen Hypothesen ist sowohl die hier dargestellte Überprüfung auf Aggregatebene als auch eine Überprüfung auf Individualebene mit denjenigen Spieler, die in genügend viele Elfmetersituationen involviert waren, möglich.

H1: Unabhängigkeit der Strategien von Schütze und Torwart: Tabelle 3 zeigt die gemeinsame Verteilung der Strategiewahlen von Schützen und Torhütern. Der χ-Wert der Verteilung beträgt 2,5 bei 4 Freiheitsgraden und ist mit einem Signifikanzniveau von 0,65 weit davon entfernt, einen statistischen Zusammenhang anzuzeigen. Wie bei einem gemischten Gleichgewicht erforderlich, erfolgen die Entscheidungen der beiden Spieler damit tatsächlich unabhängig voneinander. Damit ist im Übrigen auch gezeigt, dass die oben fußballtechnisch belegte Annahme der Simultanität der Entscheidungen in der Tat zutrifft. Wenn sich die Torhüter nach den Handlungen der Schützen richten würden, müsste sich dies insofern statistisch bemerkbar machen, dass die Hauptdiagonale in Tabelle 3 stärker besetzt wäre. Im umgekehrten Fall, wenn die Schützen auf die Handlung der Torhüter reagieren würden, müsste die Gegendiagonale (ohne die Mitte) stärker besetzt sein. Die entsprechenden Fallzahlen betragen 436 und 448 und unterscheiden sich nicht signifikant (t-Wert=0,30).

Tabelle 4: Empirische Verteilung der Trefferwahrscheinlichkeiten des Schützen.

		Torhüter			
		Links	*Mitte*	*Rechts*	
	Links	52, 5%	83, 3%	96, 0%	75,5%
Schütze	*Mitte*	74, 2%	33, 3%	64, 0%	67, 5%
	Rechts	91, 8%	100, 0%	64, 5%	78, 2%
		73, 1%	82, 4%	77, 5%	75, 6%

Die Strategiewahl "Rechts" bezeichnet jeweils den Schuss bzw. den Sprung auf die natürliche Seite des Schützen. Die Zahlen in den Zellen bezeichnen jeweils die empirische Erfolgswahrscheinlichkeit (d.h. den Quotienten aus den Treffern und allen Schüssen) für den Schützen bei der betreffenden Strategiekombination. Die Abwehrwahrscheinlichkeit für den Torwart ergibt sich jeweils als Gegenwahrscheinlichkeit (vgl. Abb. 2).

HA 3: Wahl der Option "Mitte": Es ist eindeutig erkennbar, dass die Schützen eine weit höhere Wahrscheinlichkeit haben in die Mitte zu schießen (151 bzw. 14,5% aller Schüsse gehen dorthin), als der Torwart dort stehen zu bleiben (17 bzw. 1,6% aller Entscheidungen). Diese beiden Werte unterscheiden sich hochsignifikant (t-Wert=17,01).

HA 4a: Gleichheit der Trefferwahrscheinlichkeit für alle Strategien: Aus Tabelle 4 wird ersichtlich, dass insbesondere die beiden Seitenwahlen für die Schützen ähnliche Erfolgswahrscheinlichkeiten aufweisen. Für die Wahl der "Mitte" trifft dies nur bedingt zu.

Die eigentliche Trefferwahrscheinlichkeit entspricht allerdings der erwarteten Auszahlung für eine Seitenwahl. Diese ergibt sich dabei aus dem Produkt aus dem erwarteten Nutzen für eine bestimmte Strategiewahl und der Wahrscheinlichkeit mit der die Strategie gewählt wird. Da - wie oben theoretisch begründet - die natürliche Seite des Schützen empirisch tatsächlich mit geringeren Kosten (weil einfacher zu schießen) versehen ist, sollte der Schuss auf diese Seite etwas häufiger vorkommen. Allerdings sind die genauen Kosten, anders als etwa bei "matching pennies", a priori unbekannt und können nur empirisch aus den beobachteten Trefferwahrscheinlichkeiten geschätzt werden. Von diesen kann dann auf die optimale Mischung der Strategien geschlossen werden (für eine formale Herleitung siehe Appendix).

Tabelle 5 berichtet die vorhergesagte und beobachtete Mischung der Seitenwahl für die Schützen und Torhüter. Wegen der wenigen Fälle in denen der Torwart in der Mitte stehen geblieben ist wird der Strategienraum dabei auf {Links, Rechts} beschränkt und

Tabelle 5: Vorhergesagte und tatsächliche Wahrscheinlichkeiten der Strategiewahlen für Schütze und Torhüter in Prozent.

	Schütze		Torwart	
	Links	Rechts	Links	Rechts
Vorhergesagte Wahrscheinlichkeit	35,2	64,8	47,2	52,8
Tatsächliche Wahrscheinlichkeit	41,6	58,4	47,2	52,8

Die Strategiewahl "Rechts" bezeichnet jeweils den Schuss bzw. den Sprung auf die natürliche Seite des Schützen.

die Schüsse in die Mitte dabei zur natürlichen Seite gezählt (vgl. oben).[22]

Es zeigt sich, dass die Schützen in der Tendenz zwar richtig liegen, aber dennoch erkennbare Unterschiede zwischen vorhergesagtem und beobachtetem Mischungsverhältnis der Strategien vorliegen. Die Schützen könnten das Mischungsverhältnis optimaler gestalten, wenn sie etwas häufiger auf ihre natürliche (rechte) Seite schießen würden.

HA 4b: Gleichheit der Abwehrwahrscheinlichkeit auf beiden Seiten: Tabelle 4 weist auch für die Torhüter für die beiden Seitenwahlen ähnliche Abwehrwahrscheinlichkeiten aus. Wiederum gilt dies nur bedingt für die Wahl der "Mitte". Allerdings muss beachtet werden, dass für die Torhüter hierzu kaum Fälle vorliegen, so dass diese Analyse wenig aussagekräftig ist. Die vorhergesagte und tatsächliche Strategienmischung der Torhüter wird gleich berechnet wie die optimale Mischung der Schussrichtungen für die Schützen und mit der beobachteten Häufigkeit verglichen. In Tabelle 5 zeigt sich, dass die Torhüter perfekt zwischen den beiden Seiten mischen, da die vorhergesagten und beobachteten Wahrscheinlichkeiten identisch sind.

HA 5a: Wahl der natürlichen Ecke durch Schützen: Tatsächlich wählen die Schützen die natürliche rechte Ecke 459mal (46,4% aller Fälle) und damit signifikant häufiger (K-S Anpassungstest auf Gleichverteilung z=15,5, asymptotisch signifikant 0,000) als die linke (433mal, 41,0% aller Fälle, vgl. Tab. 3). Die Hypothese kann bestätigt werden.[23]

[22] Die 17 Fälle, in denen der Torwart in der Mitte stehen geblieben ist, werden komplett ausgeschlossen. Wegen der sehr geringen Fallzahl ändert sich dadurch am Ergebnis nichts (vgl. Tab. 3).

[23] Alternativ kann hier auch ein t-Test durchgeführt werden. Dieser zeigt an, dass sich die Verteilung nicht signifikant von einer 50:50-Verteilung unterscheidet (t-Wert = 0,87). Werden die Schüsse in die Mitte in Anlehnung an Palacios-Huerta (2003) dagegen zur natürlichen Seite gezählt, wird die Differenz größer und damit auch signifikant (t-Wert=5,56).

HA 5b: Wahl der natürlichen Ecke durch Torwart: Dasselbe gilt für die Torhüter. Diese antizipieren offenbar, dass es für die Schützen günstiger ist, auf ihre natürliche Seite zu schießen und springen entsprechend signifikant häufiger (542mal, 52,0% der Fälle) dorthin als in die linke Ecke (484mal, 46,4% der Fälle, K-S Anpassungstest auf Gleichverteilung z=16,9, asymptotisch signifikant 0,000, vgl. Tab.).[24]

HA 6: Wahl der natürlichen Ecke durch Torwart und Schütze Es kann bestätigt werden, dass die Torhüter mit größerer Wahrscheinlichkeit auf die natürliche Seite springen als die Schützen dorthin schießen. 459 Schüsse (46,4%) gehen in die natürliche Ecke, aber die Torhüter springen 542mal (52,0%) dorthin (vgl. Tab. 3). Diese Differenz ist jedoch nicht signifikant, wie ein entsprechender t-Test zeigt (t-Wert=0,24). Wird die Wahl der "Mitte" durch den Schützen zu dessen natürlicher Seite gezählt (vgl. oben), so ergibt sich ein signifikanter Unterschied mit einem t-Wert von 2,54. Wird weiterhin davon ausgegangen, dass in den Daten nicht identifizierbare selektive Verzerrungen vorliegen und die Hypothese deshalb als Häufigkeitsaussage formuliert, so ist die vorliegende Häufigkeitsdifferenz ebenfalls signifikant (t-Wert=2,63).

H7: Abfolge der Strategiekombinationen: Wie vorhergesagt, ist die Kombination [R, R] mit 22,1% (231 Fälle) am häufigsten. Danach folgen mit [L, R] (21,6%, 225 Fälle) und [R, L] (21,1%, 220 Fälle) die beiden gemischten Fälle. Im Durchschnitt treten diese 223mal, und damit in 21,4% der Fälle auf. Die seltenste der vier Kombination ist [L, L] mit 19,4% (202) aller Strategiekombinationen. Ein Maximum Likelihood-Test zeigt allerdings, dass diese Unterscheide nicht signifikant sind. Die größte Differenz liegt zwischen den Kombinationen [R, R] und [L, L] vor und weist ein Signifikanzniveau von 16% auf. Für die anderen Kombinationen ist dieser Wert entsprechend geringer.

Wird wiederum die Wahl der "Mitte" durch den Schützen zu dessen natürlicher Seite gezählt (vgl. oben), so ergeben sich hochsignifikante Unterschiede zwischen allen Kombinationen, mit Ausnahme der Differenzen zwischen den beiden Gruppen [L, L] [L, R] und [R, R] [R, L].

Damit können die Vorhersagen auf der Aggregatebene insgesamt weitgehend bestätigt werden. Dies gilt insbesondere für die Torhüter, die sich vollständig optimal verhalten. Die Schützen dagegen zeigen z. T. suboptimale Entscheidungen. Allerdings sind nicht alle untersuchten statistischen Beziehungen signifikant, obgleich sie immer in die erwartete Richtung weisen. Diese Einschränkung kann jedoch fallengelassen werden, wenn die Hypothesen statt als Wahrscheinlichkeits- als Häufigkeitsaussagen formuliert werden und/oder in Anlehnung an Palacios-Huerta (2003) die Handlungsalternativen auf "Links" und "Rechts" beschränkt werden. In diesem etwas weniger harten Test der Theorie können nur die Hypothesen 4a und 7 nicht vollständig bestätigt werden.

---

[24] Der durch das in der vorangehenden Fußnote beschriebene analoge Vorgehen geschätzte t-Werte lautet hier t = 1,813 und zeigt nur eine knapp signifikante Differenz an.

4.4 Hypothesentests auf Individualebene

Wenn die spieltheoretischen Vorhersagen stärker psychologisch interpretiert werden, müssen die Hypothesen auch auf der Individualebene zutreffen. Problematisch ist dabei die unausweichliche Reduktion der Fallzahl bzw. der Zahl der betrachteten Spieler. Für die statistische Analyse in Betracht kommen nämlich nur noch diejenigen Spieler, die im Beobachtungszeitraum an einer genügend großen Zahl von Elfmetersituationen beteiligt waren. Dies sind vor allem Torhüter, weil pro Mannschaft nur ein Torwart, aber zehn potentielle Elfmeterschützen vorhanden sind. Dazu kommt, dass Torhüter im Vergleich zu Feldspielern mehr Spiele pro Spielzeit spielen und tendenziell längere Karrieren haben. Sie haben damit eine höhere Chance während des ganzen Untersuchungszeitraums beobachtet werden zu können. Für die Individualanalysen werden deshalb insgesamt 13 Torhüter betrachtet, die zwischen 21 und 40 Elfmetersituationen absolviert haben. Dies kann statistisch noch gut begründet werden. Dagegen weisen von den zwölf untersuchten Schützen sieben weniger als 21 Schüsse auf. Die statistischen Analysen werden hier - mit der gebotenen Vorsicht bei der Interpretation - dennoch vorgenommen. Um die Fallzahl nicht weiter zu reduzieren, werden dabei die wenigen Schüsse in die Mitte (insgesamt 25 bei den betrachteten Schützen) in Anlehnung an Palacios-Huerta (2003) zur natürlichen rechten Seite gezählt. Dagegen werden bei den Torhütern jeweils die sehr wenigen Schüsse ausgeschlossen, die daneben oder an die Torumrandung gingen und deshalb nicht abgewehrt werden mussten.

HI 2a: Randomisierung des Schützen in Serien: Die interessanteste Individualhypothese bezieht sich auf die zufällige Verteilung der Seitenwahl bei aufeinander folgenden Elfmetersituationen, um für den Gegner unberechenbar zu sein. Die statistische Untersuchung erfolgt mittels eines "runs"-Tests[25] der vergleicht, ob die beobachtete Zahl der "runs" sich signifikant von einer zufällig generierten Zahl von "runs" unterscheidet, die bei einer zufälligen Seitenwahl zu erwarten sind.

In Tabelle 6 sind die entsprechenden Werte für die Schützen aufgeführt. Es zeigt sich, dass für die Spieler Ailton und Zorc die Hypothese, dass ihre gewählte Abfolge zufällig ist, mit mehr als 90% Sicherheit abgelehnt werden muss.[26] Die beiden Spieler

[25] Ein "run" ist dabei eine Folge von gleichen Entscheidungen. Wechselt die Entscheidung so beginnt ein neuer run Bei vier Entscheidungen sind z. B. theoretisch maximal vier runs möglich (LRLR, oder umgekehrt). Diese maximale Anzahl von "runs" ist gleich wahrscheinlich, wie diejenige nie abzuwechseln, die die minimale Anzahl von "runs" ergibt (nämlich einen). Die Anzahl von "runs", die die größte Wahrscheinlichkeit haben, aus einem Zufallsprozess zu stammen, beträgt bei vier Entscheidungen dagegen zwei oder drei. Es darf also nicht zu häufig gewechselt werden, damit der Prozess zufällig erscheint.

[26] Allerdings lautet bei diesem gewählten Testverfahren die Arbeitshypothese: "Der betrachtete Zusammenhang ist zufällig". In Umkehrung besteht die Nullhypothese, die es mit z. B. 90% Sicherheit abzulehnen gilt, darin dass ein statistischer Zusammenhang vorliegt. Der "runs"-Test testet nun die Arbeitshypothese, dass ein zufälliger Prozess vorliegt. Die übliche Testlogik würde deshalb voraussetzen

Tabelle 6: "RUNS"-TEST AUF DIE ZUFÄLLIGE VERTEILUNG DER SEITENWAHLEN IN SERIEN

Spieler	n	n_L^i	n_R^i	$runs_{erw}$	$runs_{tat}$	z	p-Wert
SCHÜTZEN:							
Ailton	21	8	13	11	14	1.71	0.09*
Ingo Anderbrügge	21	6	15	10	10	0.52	0.61
Krassimir Balakov	21	12	9	11	13	1.01	0.31
Jörg Butt	29	12	17	15	12	-1.00	0.32
Rodolfo E. Cardoso	16	5	11	8	10	1.60	0.11
Thomas Hässler	19	11	8	10	8	-0.86	0.39
Horst Heldt	16	6	10	8	9	0.55	0.58
Andreas Herzog	17	6	11	9	11	1.51	0.13
Ulf Kirsten	16	11	5	8	8	0.38	0.70
Bernhard Winkler	15	8	7	8	10	1.09	0.27
Toni Polster	22	7	15	11	11	0.48	0.63
Michael Zorc	20	9	11	11	14	1.67	0.09*
TORHÜTER:							
Jörg Butt	23	7	16	11	9	-0.63	0.53
Richard Golz	43	25	18	22	27	1.77	0.08*
Dirk Heinen	24	12	12	13	11	-0.63	0.53
Oliver Kahn	33	17	16	17	14	-1.06	0.29
Gabor Kiraly	24	7	17	11	10	-0.21	0.83
Stefan Klos	21	10	11	11	10	-0.44	0.66
Georg Koch	27	9	19	12	10	-0.83	0.40
Jens Lehmann	33	15	18	17	21	1.48	0.14
Martin Pieckenhagen	28	12	16	15	13	-0.48	0.63
Oliver Reck	47	23	24	24	23	-0.29	0.77
Claus Reitmaier	40	29	11	17	16	-0.18	0.86
Frank Rost	36	18	18	19	22	1.18	0.24
Jörg Schmadtke	21	11	10	11	11	0.01	0.99

Dabei bedeutet n_L^i bzw. n_R^i die Zahl der Schüsse bzw. Sprünge des Spielers i auf die linke bzw. rechte Seite. $runs_{erw}$ bezeichnet die Zahl der unter statistischer Unabhängigkeit erwarteten, und $runs_{tat}$ die Zahl der tatsächlich runs. Die Anzahl der unter H_0 erwarteten runs ergibt sich aus gerundeten Werten. Es wurde eine Kontinuitätskorrektur für kleine Fallzahlen durchgeführt. Der p-Wert bezeichnet, die zum z-Wert korrespondierende Wahrscheinlichkeit. Mit * werden die Fälle bezeichnet in denen die Arbeitshypothese mit 90% oder mehr abgelehnt wird.

wechseln die Seite zu oft und zeigen damit ein Verhalten, wie es im Labor häufig anzutreffen ist. Für die anderen zehn Spieler kann die spieltheoretisch prognostizierte Hypothese der Zufälligkeit dagegen nicht abgelehnt werden.

HI 2b: Randomisierung des Torwarts in Serien: Wie bei den Schützen wird auch für die Torhüter der "runs"-Test durchgeführt. Dabei zeigt sich, dass nur der Torwart Golz an der Randomisierung seiner Serie scheitert, weil er ebenfalls zu häufig die Seite wechselt. Für die zwölf anderen Spieler kann die Hypothese bestätigt werden (vgl. Tab. 6).

Jeder der untersuchten Spieler bedeutet dabei einen Test der Hypothese. Bei 25 durchgeführten Tests zeigen sich damit insgesamt 22 Bestätigungen. Dreimal muss die Hypothese verworfen werden. Bei dem angenommenen Signifikanzniveau von $= 0{,}1$ entspricht dies in etwa der statistisch zu erwartenden Zahl von falsch-negativen Tests (exakt sind 2,5 falsche Ablehnungen zu erwarten).

Im Gegensatz zu den Ergebnissen aus dem Labor, aber im Einklang zu anderen Untersuchungen realer Elfmeterschiessen kann die spieltheoretische Prognose der Randomisierung in Serien damit bestätigt werden. Dabei scheinen die Torhüter dazu tendenziell eher in der Lage zu sein als die Schützen.

HI 3a: Gleichheit der Trefferwahrscheinlichkeit auf beiden Seiten: Der Test auf Gleichheit der Trefferwahrscheinlichkeit auf Individualebene bereitet weniger Schwierigkeiten. Zwar ergibt sich auch hier ein Fallzahlproblem. Diesem kann aber gut begegnet werden, indem statt des klassischen χ^2-Tests, Fishers exakter Test verwendet wird (vgl. z. B. Agresti/Finlay 1997). Es zeigt sich, dass die Hypothese klar bestätigt werden kann. Von zwölf Schützen zeigen sechs eine perfekte Verteilung der Trefferwahrscheinlichkeit (vgl. Tab. 7). Nur bei den Spielern Ailton und Anderbrügge zeichnet sich eine fast signifikante Ablehnung der Hypothese ab (Ailton hat zu häufig rechts verschossen, Anderbrügge zu häufig links).

HI 3b: Gleichheit der Abwehrwahrscheinlichkeit auf beiden Seiten: Wie schon mehrfach angedeutet, verhalten sich die Torhüter eindeutiger gemäß den spiel-

---

zen, dass die Irrtumswahrscheinlichkeit für den Fehler erster Art 90% betragen müsste:

Dies wird hier aus folgenden Gründen nicht gemacht. Der Test an sich ist schon sehr konservativ, insbesondere bei den hier benutzen geringen Fallzahlen. (Ein Korrekturvorschlag für kleine Fallzahlen von Swed und Eisenhart (1943) ergibt noch größere Konfidenzintervalle, so dass es noch seltener zu einer Ablehnung der Hypothese kommen würde.) Dies ist bei denjenigen Spielern erkennbar, die sehr wenige Elfmeter geschossen haben und die erwartete Anzahl von runs aufweisen (z. B. Polster, Kirsten). Bei diesen zeigt der Test nur ein Signifikanzniveau von knapp 70% an, d.h. in der üblichen Testlogik wird damit nie ein zufälliger Prozess angezeigt, selbst dann nicht, wenn per Definition einer vorliegt. Entscheidend ist aber, dass es hier um einen inhaltlichen Vergleich mit den Ergebnissen aus den Laboruntersuchungen geht, die diesen Test - genauso wie die Untersuchungen von realen Situationen (vgl. oben) - benutzen.

Tabelle 7: Verteilung der getroffenen bzw. abgewehrten Schüsse auf der linken und rechten Seite von Schützen und Torhütern

		Verteilung				
Spieler	n	L kein Erfolg	R kein Erfolg	L Erfolg	R Erfolg	Sign.
Schützen:						
Ailton	21	0	4	8	9	0.131
Ingo Anderbrügge	21	3	2	3	13	0.115
Krassimir Balakov	21	1	1	11	8	1.000
Jörg Butt	29	1	3	11	14	0.622
Rodolfo E. Cardoso	16	1	1	4	10	1.000
Thomas Häßler	19	2	1	9	7	1.000
Horst Heldt	16	2	2	4	8	0.604
Andreas Herzog	17	2	1	4	10	0.515
Ulf Kirsten	16	1	1	10	4	1.000
Toni Polster	22	0	3	7	12	0.523
Bernhard Winkler	15	2	2	6	5	1.000
Michael Zorc	20	2	2	7	9	1.000
Torhüter:						
Jörg Butt	23	5	12	2	4	1.000
Richard Golz	37	16	12	6	3	0.711
Dirk Heinen	23	10	10	2	1	1.000
Oliver Kahn	45	17	20	6	2	0.243
Gabor Kiraly	22	5	14	2	1	0.227
Stefan Klos	21	7	8	3	3	1.000
Georg Koch	26	6	17	1	2	1.000
Jens Lehmann	30	11	13	4	2	0.651
Martin Pieckenhagen	28	8	12	4	4	0.691
Oliver Reck	31	15	12	1	3	0.333
Claus Reitmaier	40	19	9	10	2	0.451
Frank Rost	33	15	13	2	3	0.656
Jörg Schmadtke	21	11	9	0	1	0.476

Die Abkürzungen bedeuten: “L kein Erfolg” = “Links” kein Tor geschossen bei Schützen, bzw. nicht abgewehrt bei Torhütern; dito für: “R kein Erfolg”, “L Erfolg” und “R Erfolg”. “Sign.” gibt das Signifikanzniveau von Fishers exaktem Test auf Unterschiede in den Treffer- bzw. Abwehrwahrscheinlichkeiten an.

theoretischen Prognosen. Dies scheint auch bei der Verteilung der Abwehrwahrscheinlichkeit auf beiden Seiten zu gelten. Keiner der Torhüter gibt den Schützen Anlass zu der Annahme, dass sie auf einer der beiden Seiten eine geringere Abwehrwahrscheinlichkeit aufweisen als auf der anderen (vgl. Tab. 7).

Insgesamt kann damit die spieltheoretisch prognostizierte Gleichheit der Gewinnwahrscheinlichkeit auf beiden Seiten eindeutig nachgewiesen werden. Dies wird zusätzlich durch einen K-S Anpassungstest (vgl. z. B. Walker /Wooders 2001: 1529) bestätigt, der überprüft, ob die gemeinsame Verteilung aller Einzeltests ebenfalls als Produkt eines Zufallsprozesses zustande gekommen sein könnte. Die ist tatsächlich der Fall, wie die entsprechenden p-Werte zeigen: Weist man die Hypothese der statistischen Unabhängigkeit und damit Gleichheit der Gewinnwahrscheinlichkeit zurück, macht man mit 82,9% (Torhüter), 76,2% (Schützen) bzw. 61,1% (alle Spieler) Wahrscheinlichkeit einen Fehler.

HI 4a: Wahl der natürlichen Ecke durch Schützen: Auf der Aggregatebene konnte bestätigt werden, dass die natürliche Ecke der anderen vorgezogen wird. Auf der Individualebene ist dies nicht mehr so eindeutig der Fall. Nur acht von zwölf Spielern wählen tatsächlich ihre natürliche Ecke häufiger als die andere (vgl. Tab. 8). Die vier anderen Spieler ziehen z. T. deutlich häufiger die unnatürliche Ecke vor, so dass die Hypothese nicht bestätigt werden kann.[27]

HI 4b: Wahl der natürlichen Ecke durch Torwart: Dieses Ergebnis zeigt sich bei den Torhütern noch in verstärkter Weise. Nur fünf Torhüter springen häufiger auf die natürliche rechte Seite des Schützen, sieben dagegen auf die linke. Lehmann wählt genau gleich häufig die beiden Seiten (vgl. Tab. 8). Damit kann die Hypothese auf der Individualebene nicht bestätigt werden.

Es zeigt sich, dass auf der Individualebene die natürliche Seite der Schützen kaum häufiger gewählt wird als die andere. Die Torhüter treffen insofern korrekte Erwartungen darüber (bzw. auch die Spieler über die Torhüter), als sie ebenfalls nicht häufiger die natürliche rechte Ecke wählen, wie es spieltheoretisch prognostiziert wird, sondern in etwa gleich oft nach links und rechts springen. Damit muss diese Hypothese abgelehnt werden.

Insgesamt können auf Individualebene damit nur zwei von drei Hypothesen weitgehend oder vollständig bestätigt werden. Damit zeigt sich, dass die spieltheoretischen Vorhersagen auf der Aggregatebene eher zutreffen als auf der Individualebene. Dabei muss beachtet werden, dass die individuelle Spielerpopulation nur eine kleine Teilmenge, der bei den Aggregatschätzungen untersuchten Spieler darstellt, die auf Grund von

[27] Auf Grund der geringen Fallzahlen und weil die Hypothese schon durch die falschen Vorzeichen falsifiziert ist, wird hier auf Signifikanztests verzichtet.

Tabelle 8: Verteilung der Seitenwahlen insgesamt für Schützen und Torhüter

Spieler	n	Schuss/Sprung "Links"	Schuss/Sprung "Rechts"
Schützen:			
Ailton	21	8	13
Ingo Anderbrügge	21	6	15
Krassimir Balakov	2	12	9
Jörg Butt	29	12	17
Rodolfo E. Cardoso	16	5	11
Thomas Häßler	19	11	8
Horst Heldt	16	6	10
Andreas Herzog	17	6	11
Ulf Kirsten	16	11	5
Toni Polster	22	7	15
Bernhard Winkler	15	8	7
Michael Zorc	20	9	11
N_S	233	101	132
Torhüter:			
Jörg Butt	23	7	16
Richard Golz	37	22	15
Dirk Heinen	23	12	11
Oliver Kahn	45	23	22
Gabor Kiraly	22	7	15
Stefan Klos	21	10	11
Georg Koch	26	7	19
Jens Lehmann	30	15	15
Martin Pieckenhagen	28	12	16
Oliver Reck	31	16	15
Claus Reitmaier	40	29	11
Frank Rost	33	17	16
Jörg Schmadtke	21	11	10
N_T	380	188	192

"Rechts" bezeichnet den Schuss bzw. den Sprung auf die natürliche Seite des Schützen.

Fallzahlüberlegungen ausgewählt wurden. Der größere Teil der im Beobachtungszeitraum in Elfmetersituationen involvierten Spieler, die z. T. nur an wenigen oder sogar nur einem Strafstoss beteiligt waren, bleibt hier unberücksichtigt. Dies heißt einerseits, dass sie auf Grund der geringen Strafstossbeteiligungen gar nicht die Möglichkeit hatten, sich suboptimal zu verhalten.[28] Andererseits bedeutet dies aber auch, dass auf der Individualebene keine Lerneffekte derart auftreten, dass Spieler, die häufig an Elfmetern beteiligt sind, ihre Erfolgschancen besser maximieren können, als solche, die dazu selten Gelegenheit haben.

5 Diskussion

Die spieltheoretische Analyse der Elfmetersituation, als idealtypisches Beispiel für verschiedene ähnliche geartete Situationen strategischer Interaktion ergibt trotz deren strukturellen Einfachheit eine erstaunliche Vielfalt an testbaren und z. T. überraschenden Hypothesen. Diese können auf der Aggregatebene materiell vollständig bestätigt werden. Allerdings unterscheiden sich nicht alle entsprechenden Differenzen signifikant von Null. Auf der Individualebene treffen die spieltheoretischen Hypothesen dagegen nur bedingt zu. In einigen Fällen wird sogar der gegenteilige Zusammenhang festgestellt.

Welche Einsichten lassen sich nun aus den Ergebnissen spezifisch zur Spieltheorie bzw. der Theorie Rationalen Verhaltens als übergeordneten Ansatz ziehen? Erstens scheint die Spieltheorie insgesamt bessere Prognosen zu den sozialen Phänomenen auf der Aggregatebene, als zu den entsprechenden individuellen Handlungen zu machen. Denn sowohl für die realen Interaktionen, als auch für diejenigen im Labor konnten die prognostizierten gemischten Gleichgewichte weitgehend bestätigt werden. Für die individuellen Verhaltensprognosen - insbesondere im Labor - trifft dies dagegen nur bedingt zu. Zwar muss beachtet werden, dass die die Individualhypothesen aufgrund von statistischen Effekten ein größeres Risiko des Scheiterns haben als die Aggregathypothesen. Ebenso ist die Untersuchung von gemischten Strategien sicher ein härterer Prüfstein für spieltheoretische Individualhypothesen, als es bei reinen Strategien der Fall wäre, da die Zahl der Handlungsalternativen im ersten Fall wesentlich größer ist. Insgesamt scheint es aber sinnvoll, die Spieltheorie insbesondere zur Erklärung von Makro-, also soziologischen, Phänomenen heranzuziehen, und sie nicht als eine psychologische Theorie zu betrachten, wie es in der Ökonomie z. T. gemacht wird (vgl. z. B. Brown/Rosenthal 1990: 1065, Shachat 2002: 194).

Dies hat zweitens methodische Implikationen für den sinnvollen Test von spieltheoretischen Hypothesen. Zwar haben Laborexperimente unstrittig eine hohe interne Validität. Dies gilt jedoch nicht für die externe Validität, wie die obigen Ergebnisse

[28] Bei zwei Elfmetern kann z. B. nicht zwischen optimalen und suboptimalen Entscheidungen unterschieden werden.

zeigen und verschiedene Autoren anmerken (vgl. z. B. Güth/Kliemt 2003, List/Levitt 2005). Problematisch ist hier eher die interne Validität, d.h. insbesondere die Drittvariablenkontrolle. Wie gezeigt wurde kann diesem Problem jedoch sinnvoll durch die Analyse von standardisierten realen Situationen, wie sie im Sport häufig sind, begegnet werden. Mit einem solchen Vorgehen kann auch ein weiteres Problem der Untersuchung von gemischten Gleichgewichten entschärft werden: Die Messung des Nutzens muss kardinal erfolgen. Dies ist nun im Sport, im Gegensatz zu Laborsituationen, unstrittig der Fall.

Unklar bleibt jedoch drittens weiterhin, ob die berichteten Bestätigungen der Spieltheorie auf gelernte Entscheidungen der betrachteten Akteure zurückzuführen sind. Denn unzweifelhaft sind in den Interaktionen, in denen insbesondere die spieltheoretischen Individualhypothesen bestätigt werden können, durchwegs trainierte Akteure am Werk. Für eine psychologisch orientierte Anwendung der Spieltheorie bleibt deshalb offen, ob und evtl. wie schnell sich Akteure in bestimmten Interaktionsmustern optimal verhalten. Die Untersuchung von Palacios-Huerta/Volij (2006) weist darauf hin, dass optimale gemischte Strategien von Menschen alleine durch häufiges Durchlaufen der entsprechenden Situation erlernt werden können, und dass sie diese dann auf ähnliche Situationen - auch im Labor - übertragen können. Ob sich auch Laien in realen Situationen entsprechend optimal verhalten, wie etwa Aumann (vgl. Aumann/Hart 2005) vermutet, muss vorerst offen bleiben.

Die Analyse zeigt damit viertens, dass Rationalität aus spieltheoretischer Sicht nicht als ein irgendwie bewusstes, kognitives Abwägen interpretiert werden sollte. Vielmehr bieten sich zwei andere Interpretationen an. Die eine interpretiert Rationalität als die bisher fruchtbarste "als ob"-Heuristik,[29] die auf der Individualebene unterstellt werden kann, um auf der Aggregatebene korrekte Prognosen abzugeben. Rationalität wäre dann nicht eine individuelle Eigenschaft, sondern eine "ökologische" (Smith 2003, vgl. z. B. auch Becker 1962). Die andere Interpretation fasst die Entscheidung als intuitiv auf. Für diese Interpretation gibt es speziell für Sportler eine gewisse Evidenz (vgl. z. B. Raab/Johnson 2006, ähnlich Walker/Wooders 2001: 1522). Der trainierte Spieler ist demzufolge in der Lage, unbewusst und sehr schnell Informationen zu verarbeiten, die es ihm erlauben, optimal zu handeln. Beide Ansätze legen nahe, dass Rationalität nicht zwingend im Menschen angelegt sein muss (z. B. biologisch-evolutorisch oder kulturell-normativ), sondern, dass sie sich, zumindest in den hier betrachteten Nullsummenspielen, als emergentes Phänomen der Interaktionsstruktur ergibt.

[29] Eine anschauliches Beispiel für eine "als ob"-Heuristik ist eine Fahrradfahrt durch eine Kurve. Dabei handelt es sich physikalisch-technisch betrachtet um eine hochkomplexe Aktion. Diese ist aber offensichtlich auch von kognitiv nur minderbegabten Individuen zu schaffen, denen z. B. die mathematische Beschreibung des Ritts immer verschlossen bleiben wird.

Literatur

Agresti, A./Finlay, B., 1997 (3. Auflage): Statistical Methods for the Social Sciences, New Jersey: Prentice Hall.

Aumann, R./Hart, S., 2005: An Interview with Robert Aumann, in: Macroeconomic Dynamics 9: 683-740.

Bakan, P., 1960: Response-Tendencies in Attempts to Generate Random Binary Series, in: American Journal of Psychology 73: 127-131.

Bar-Hillel, M./Wagenaar, W.A., 1991: The Perception of Randomness, in: Advances in Applied Mathematics 12: 428-454.

Becker, G.S., 1962: Irrational Behavior and Economic Theory, in: Journal of Political Economy 70: 1-13.

Bloomfield, R., 1994: Learning a Mixed Strategy Equilibrium in the Laboratory, in: Journal of Economic Behavior & Organization 25: 411-436.

Brown, J.N./Rosenthal, R.W., 1990: Testing the Minimax Hypothesis: A Re-Examination of O'Neill's Game Experiment, in Econometrica 58: 1065-1081.

Chiappori, P.-A./Levitt, S./Groseclose, T., 2000: Testing Mixed-Strategy Equilibria When Players Are Heterogenous: The Case of Penalty Kicks in Soccer. Working Paper: University of Chicago und Stanford University.

Chiappori, P.-A./Levitt, S./Groseclose, T., 2002: Testing Mixed-Strategy Equilibria When Players Are Heterogenous: The Case of Penalty Kicks in Soccer, in: American Economic Review 92: 1138-1151.

Coleman, J. S., 1986: Psychological Structure and Social Structure in Economic Models. in: Hogarth, R.M./Reder, M.W., Rational Choice. The Contrast Between Economics and Psychology: 181-186, London: Wiley & Sons.

Coleman, J. S., 1990 (2. Auflage): Foundations of Social Theory, Cambridge, London: Harvard University Press.

Erev, I./Roth, A.E., 1998: Predicting How People Play Games: Reinforcement Learning in Experimental Games with Unique, Mixed Strategy Equilibria, in: American Economic Review 88: 848-881.

Esser, H., 1991: Der Doppelpass als soziales System, in: Zeitschrift für Soziologie 20: 153-166.

FIFA (Fédération International de Football Association), 2005: Spielregeln 2005, Zürich.

Güth, W./Kliemt, H., 2003: Experimentelle Ökonomik: Modell Platonismus in neuem Gewand? in: Held, M./Kubon-Gilke, G./Sturn, R., Normative und institutionelle Grundfragen der Ökonomik, Jahrbuch 2: Experimente in der Ökonomik: 315-342, Marburg: Metropolis.

Johanni, S./Tschacher, K., 2005: Ist der Elfmeter zu halten? Das Dilemma des Torhüters, mathematisch gesehen, in: uni.kurier.magazin 106: 26-28, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen.

Kalter, F., 2005: Reduziert Wettbewerb tatsächlich Diskriminierungen? Eine Analyse der Situation von Migranten im Ligensystem des deutschen Fußballs, in: Sport und Gesellschaft 2: 39-66.

Kalter, F., 1999: Ethnische Kundenpräferenzen im professionellen Sport? Der Fall der Fußballbundesliga, in: Zeitschrift für Soziologie 3: 219-234.

List, J. A./Levitt, S. D.; 2005: What Do Laboratory Experiments Tell Us About the Real World? NBER Working Paper.

McKelvey, R.D./Palfrey, T./Weber, R.A., 2000: The Effects of Payoff Magnitude and Heterogeneity on Behavior in 2x2 Games with Unique Mixed Strategy Equilibria, in: Journal of Economic Behavior & Organization 42: 523-548.

Moschini, G., 2004. Nash Equilibrium in Strictly Competitive Games: Live Play in Soccer, in: Economic Letters 85: 365-371.

Morgenstern, O., 1935: Vollkommene Voraussicht und wirtschaftliches Gleichgewicht, in: Zeitschrift für Volkswirtschaft (Journal of Economics) 6: 337-357.

Morgenstern, O., 1976: The Collaboration Between Oskar Morgenstern and John von Neumann on the Theory of Games. in: Journal of Economic Literature 14: 805-816. Nash, J. F., 1950: Equilibrium Points in n-Person Games, in: Proceedings of the National Academy of Sciences 36: 48-49.

von Neumann, J., 1928: Zur Theorie der Gesellschaftsspiele. in: Mathematische Annalen 100: 295-320.

Ochs, J., 1995: Games with Unique, Mixed Strategy Equilibria: An Experimental Study, in: Games and Economic Behavior 10: 202-217.

O'Neill, B., 1987: Nonmetric Test of the Minimax Theory of Two-Person Zerosum Games, in: Proceedings of the National Academy of Sciences 84: 2106-2109.

O'Neill, B., 1991: Comments on Brown and Rosenthal's Reexamination, in: Econometrica 59: 503-507.

Palacios-Huerta, I., 2003: Professionals Play Minimax, in: Review of Economic Studies 70: 395-415. Palacios-Huerta,

I./Volij O., 2006: Experientia Docet: Professionals Play Minimax in Laboratory Experiments. NAJ Working Papers.

Raab, M./Johnson, J.G., 2006: Running Head: Implicit Learning as a Means to Intuitive Decision Making in Sports, in: Betsch, T./Betsch, C./Plessner H. (Hg.). A New Look on Intuition in Judgement and Decision Making. Mahwah NJ: Lawrence Erlbaum.

Rapoport, A./Boebel, R.D., 1992: Mixed Strategies in Strictly Competitive Games: A Further Test of the Minimax Hypothesis, in: Games and Economic Behavior 4: 261-283.

Rasmusen, E., 1998 (2. Auflage): Games and Information. An Introduction to Game Theory. Oxford: Blackwell.

Rath, G.J., 1966: Randomization By Humans. in: American Journal of Psychology 79: 97-103.

Rauhut, H., 2007: Crime and Punishment. Experimental Evidence on the Inspection Game. Mimeo, Universität Leipzig.

Rosenthal, R.W./Shachat, J.M./Walker, M., 2003: Hide and Seek in Arizona, in: International Journal of Game Theory 32: 273-293.

Schelling, T., 1960: The Strategy of Conflict, Massachussets: Harvard University Press. Shachat, J.M., 2002: Mixed strategy Play and the Minimax Hypothesis, in: Journal of Economic Theory 104: 189-226.

Swed, F./Eisenhart, C., 1943: Tables For Testing Randomness Of Grouping In A Sequence of Alternatives, in: The Annals of Mathematical Statistics 14: 66-87.

Wagenaar, W.A., 1972: Generation of Random Sequences by Human Subjects: A Critical Survey of Literature, in: Psychological Bulletin 77: 65-72.

Smith, V.L., 2003: Constructivist and Ecological Rationality in Economics, in: American Economic Review 93: 465-508.

Tsebelis, G., 1990: Penalty has no Impact on Crime: A Game Theoretic Analysis, in: Rationality and Society 2: 255-286.

Varian, H., 1992: Microeconomic Analysis (3. Ausgabe), New York, London: Norton.

Walker M./Wooders, J., 2001: Minimax Play at Wimbledon, in: American Economic Review 91: 1521-1538.

Wiese, H., 2002: Entscheidungs- und Spieltheorie, Berlin: Springer.

Appendix

Berechnung der optimalen Strategienmischung: Gegeben sei das folgende Modell des Elfmeterschiessens in Normalform mit dem Strategienraum {Links, Rechts}.

		Torhüter	
		Links	*Rechts*
Schütze	*Links*	π_{LL}	π_{LR}
	Rechts	π_{RL}	π_{RR}

Geht man davon aus, dass dieses Spiel ein Gleichgewicht in gemischten Strategien besitzt und v sei der Wert dieses Spiels, dann muss gleichzeitig gelten:

Für die Strategiewahl der Schützen:

$$\begin{aligned} \pi_{LL}(q) + \pi_{LR}(1-q) &\geq v, \\ \pi_{RL}(q) + \pi_{RR}(1-q) &\geq v, \\ 0 \leq q &\leq 1, \end{aligned}$$

Für die Strategiewahl der Torhüter:

$$\begin{aligned} \pi_{LL}(p) + \pi_{RL}(1-p) &\leq v, \\ \pi_{LR}(p) + \pi_{RR}(1-p) &\leq v, \\ 0 \leq p &\leq 1. \end{aligned}$$

Dabei bezeichnen p und $(1-p)$ die Wahrscheinlichkeiten der gemischten Strategie des *Schützen*. Analog geben q und $(1-q)$ die Wahrscheinlichkeiten der gemischten Strategie des *Torhüters* an.

Gleichsetzen und Auflösen dieser Ungleichungen nach q bzw. p, ergibt:

$$q = \frac{\pi_{RR} - \pi_{LR}}{\pi_{LL} + \pi_{RR} - \pi_{LR} - \pi_{RL}} \qquad p = \frac{\pi_{RR} - \pi_{RL}}{\pi_{LL} + \pi_{RR} - \pi_{LR} - \pi_{RL}}$$

Dies sind die optimalen Häufigkeiten, mit denen Schütze und Torwart ihre Seitenwahlen treffen sollten. Durch Einsetzen der untenstehenden empirischen Trefferwahrscheinlichkeiten (aggregiert aus Tab. 4) können diese mit den tatsächlichen Häufigkeiten verglichen werden.

		Torhüter	
		L	R
Schütze	L	52.5%	96.0%
	R	87.9%	64.4%

Bisher erschienene *Arbeitsberichte des Instituts für Soziologie*

(für eine vollständige Übersicht der z.T. als PDF zur Verfügung stehenden Texte siehe: http://www.uni-leipzig.de/~sozio/content/site/projekte_berichte.php

Nr. 1 (1/99)
Tätigkeitsbericht des Instituts für Soziologie 1997/98.

Nr. 2 (1/99)
Martin Abraham & Thomas Voss: *Das Zahlungsverhalten von Geschäftspartnern. Eine Untersuchung des Zahlungsverhaltens im Handwerk für den Raum Leipzig.*

Nr. 3 (1/99)
Martin Abraham, Thomas Voss, Christian Seyde & Sabine Michel: *Das Zahlungsverhalten von Geschäftspartnern. Eine Untersuchung des Zahlungsverhaltens im Handwerk für den Raum Leipzig. Codebuch zur Studie.*

Nr. 4 (4/99)
Thomas Voss & Martin Abraham: Rational Choice Theory in Sociology: A Survey.

Nr. 5 (7/99)
Martin Abraham: *The Carrot on the Stick. Individual Job Performance, Internal Status and the Effect of Employee Benefits.*

Nr. 6 (11/99)
Kerstin Tews: *Umweltpolitik in einer erweiterten EU. Problematische Konsequenzen des einseitigen Rechtsanpassungszwangs am Beispiel der umweltpolitischen Koordination zwischen der EU und Polen*.

Nr. 7 (1/00)
Martin Abraham & Christian Seyde: *Das Zahlungsverhalten von Auftraggebern: Eine Auswertung der Mittelstandsbefragung der Creditreform e.V. im Frühjahr 1999*.

Nr. 8 (3/00)
Martin Abraham & Per Kropp: *Die soziale Einbettung von Konsumentscheidungen. Studienbeschreibung und Codebook*.

Nr. 9 (6/00)
Martin Abraham: *Vertrauen, Macht und soziale Einbettung in wirtschaftlichen Transaktionen: Das Beispiel des Zahlungsverhaltens von Geschäftpartnern.*

Nr. 10 (7/00)
Martin Abraham & Per Kropp: *Die Bedeutung sozialer Einbettung für Konsumentscheidungen privater Akteure*. Bericht an die Deutsche Forschungsgemeinschaft.

Nr. 11(8/00)
Olaf Struck & Julia Simonson: *Stabilität und De-Stabilität am betrieblichen Arbeitsmarkt: Eine Untersuchung zur betrieblichen Übergangspolitik in west- und ostdeutschen Unternehmen*.

Nr. 12(8/00)
Jan Skrobanek: Soziale Identifikationstypen? - Anmerkungen zur ganzheitlichen Erfassung der Typik von "Identifikation".

Nr. 13 (09/00)
Sonja Haug: *Soziales Kapital, Migrationsentscheidungen und Kettenmigrationsprozesse. Das Beispiel der italienischen Migranten in Deutschland*.

Nr. 14 (11/00)
Roger Berger, Per Kropp & Thomas Voss: *Das Management des EDV-Einkaufs 1999. Codebook.*

Nr. 15 (12/00)
Olaf Struck: *Continuity and Change.Coping strategies in a time of social change.*

Nr. 16 (12/00)
Olaf Struck: *Gatekeeping zwischen Individuum, Organisation und Institution. Zur Bedeutung und Analyse von Gatekeeping am Beipsiel von Übergängen im Lebensverlauf.*

Nr. 17 (12/00)
Martin Abraham & Per Kropp: Die institutionelle und soziale Einbettung von Suchprozessen für wirtschaftliche Transaktionen: Das Beispiel der Wohnungssuche.
(S. 415-431 in *Normen und Institutionen: Entstehung und Wirkungen*, herausgegeben von Regina Metze, Kurt Mühler, und Karl-Dieter Opp. Leipzig: Leipziger Universitätsverlag 2000).

Nr. 18 (05/01)
Georg Vobruba: *Die offene Armutsfalle. Lebensbewältigung an der Schnittstelle von Arbeitsmarkt und Sozialstaat.*

Nr. 19 (05/01)
Per Kropp, Christian Seyde & Thomas Voss. *Das Management des EDV-Einkaufs - Soziale Einbettung und Gestaltung wirtschaftlicher Transaktionen. Eine empirische Untersuchung am Beispiel der Beschaffung informationstechnischer Leistungen und Produkte durch Klein- und Mittelbetriebe. Abschlussbericht an die Deutsche Forschungsgemeinschaft.*

Nr. 20 (08/01)
Tätigkeitsbericht des Instituts für Soziologie 1999/2000.

Nr. 21 (08/01)
Olaf Struck (Hrsg.): *Berufliche Stabilitäts- und Flexibilitätsorientierungen in Ostdeutschland. Ergebnisse eines Forschungspraktikums.*

Nr. 22 (11/01)
Per Kropp: *"Mit Arbeit - ohne Arbeit" Erwerbsverläufe seit der Wende. Codebook.*

Nr. 23 (11/01)
Per Kropp & Kurt Mühler: *"Mit Arbeit - ohne Arbeit" Erwerbsverläufe seit der Wende. Abschlussbericht an die Deutsche Forschungsgemeinschaft.*

Nr. 24 (11/01)
Regina Metze & Jürgen Schroeckh: *Raumbezogene Identifikation in Low- und High-Cost-Situationen. Zur Systematisierung von Entscheidungskontexten.*

Nr. 25 (11/01)
Regina Metze & Jürgen Schroeckh: *Kooperationsregeln als Kollektivgut? - Versuch einer kulturalistischen Erklärung regionaler Kooperationsstrukturen.*

Nr. 26 (04/02)
Sonja Haug, Ulf Liebe & Per Kropp: *Absolvent 2000. Erhebungsbericht und Codebook einer Verbleibsstudie ehemaliger Studierender an der Fakultät für Sozialwissenschaften und Philosophie.*

Nr. 27 (04/02)
Martin Abraham: *Die endogene Stabilisierung von Partnerschaften: Das Beispiel der Unternehmensbesitzer*.

Nr. 28 (05/02)
Sylke Nissen: *Die Dialektik von Individualisierung und moderner Sozialpolitik: Wie der Sozialstaat die Menschen und die Menschen den Sozialstaat verändern.*

Nr. 29 (08/02)
Georg Vobruba: *Freiheit und soziale Sicherheit. Autonomiegewinne der Leute im Wohlfahrtsstaat.*

Nr. 30 (08/02)
Georg Vobruba: *Die sozialpolitische Selbstermöglichung von Politik*.

Nr. 31 (11/02)
Beer, Manuela, Ulf Liebe, Sonja Haug und Per Kropp: *Ego-zentrierte soziale Netzwerke beim Berufseinstieg. Eine Analyse der Homophilie, Homogenität und Netzwerkdichte ehemaliger Studierender an der Fakultät für Sozialwissenschaften und Philosophie in Leipzig.*

Nr. 32 (12/02)
Haug, Sonja und Per Kropp: *Soziale Netzwerke und der Berufseinstieg von Akademikern. Eine Untersuchung ehemaliger Studierender an der Fakultät für Sozialwissenschaften und Philosophie in Leipzig.*

Nr. 33 (01/03)
Andreas Diekmann, Thomas Voss: *Social Norms and Reciprocity*.

Nr. 34 (03/03)
Martin Abraham. *With a Little Help from my Spouse: The Role of Trust in Family Busimess.*

Nr. 35 (04/03)
Ulf Liebe: *Probleme und Konflikte in wirtschaftlichen Transaktionen.*

Nr. 36 (09/03)
Tätigkeitsbericht des Instituts für Soziologie 2001/2002.

Nr. 37 (09/03)
Manuela Vieth: *Sanktionen in sozialen Dilemmata. Eine spieltheoretische Untersuchung mit Hilfe eines faktoriellen Online-Surveys.*

Nr. 38 (10/03)
Christian Marschallek: *Die "schlichte Notwendigkeit" privater Altersvorsorge. Zur Wissenssoziologie der deutschen Rentenpolitik.*

Nr. 39 (10/03)
Per Kropp und Simone Bartsch: *Die soziale Einbettung von Konsumentscheidungen. Studienbeschreibung und Codebook der Erhebung 2003.*

Nr. 40 (01/04)
Manuela Vieth: *Reziprozität im Gefangenendilemma. Eine spieltheoretische Untersuchung mit Hilfe eines faktoriellen Online-Surveys.*

Informationen und Bezugsmöglichkeiten:
Heiko Rauhut, Msc, Universität Leipzig, Institut für Soziologie, Beethovenstr. 15, 04107 Leipzig,
bzw. http://www.uni-leipzig.de/~sozio/ > Projekte > Arbeitsberichte

Nr. 41 (01/04)
Oliver Klimt, Matthias Müller und Heiko Rauhut: *Das Verlangen nach Überwachen und Strafen in der Leipziger Bevölkerung.*

Nr. 42 (02.06)
Thilo Fehmel: *Staatshandeln zwischen betrieblicher Beschäftigungssicherung und Tarifautonomie. Die adaptive Transformation der industriellen Beziehungen durch den Staat*

Nr. 43 (07.06)
Christian Seyde: *Beiträge und Sanktionen in Kollektivgutsituationen: Ein faktorieller Survey.*

Nr. 44 (07.06)
Christian Seyde: *Vertrauen und Sanktionen in der Entwicklungszusammenarbeit: Ein faktorieller Survey.*

Nr. 45 (12.06)
Ivar Krumpal und Heiko Rauhut: *Dominieren Bundes- oder Landesparteien die individuellen Landtagswahlentscheidungen in der BRD? Eine quantitative Analyse zum Ausmaß der bundespolitischen Parteipolitikverflechtung bei Landtagswahlen (1996-2000).*

Nr. 46 (12.06)
Heiko Rauhut und Ivar Krumpal: *Ökonomie der Moral. Ein Test der Low - Cost Hypothese zur Durchsetzung sozialer Normen.*

Nr. 47 (01.07)
Roger Berger und Rupert Hammer: *Links oder rechts; das ist hier die Frage. Eine spieltheoretische Analyse von Elfmeterschüssen mit Bundesligadaten*.

Informationen und Bezugsmöglichkeiten:
Heiko Rauhut, Msc, Universität Leipzig, Institut für Soziologie, Beethovenstr. 15, 04107 Leipzig,
bzw. http://www.uni-leipzig.de/~sozio/ > Projekte > Arbeitsberichte