

Beckmann, Klaus B.; Reimer, Lennart

Working Paper

Dynamiken in asymmetrischen Konflikten: Eine Simulationsstudie

Diskussionspapier, No. 147

Provided in Cooperation with:

Fächergruppe Volkswirtschaftslehre, Helmut-Schmidt-Universität (HSU)

Suggested Citation: Beckmann, Klaus B.; Reimer, Lennart (2014) : Dynamiken in asymmetrischen Konflikten: Eine Simulationsstudie, Diskussionspapier, No. 147, Helmut-Schmidt-Universität - Universität der Bundeswehr Hamburg, Fächergruppe Volkswirtschaftslehre, Hamburg

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/102312>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Diskussionspapierreihe
Working Paper Series



HELMUT SCHMIDT
UNIVERSITÄT
Universität der Bundeswehr Hamburg

DYNAMIKEN IN ASYMMETRISCHEN KONFLIKTEN: EINE SIMULATIONSSTUDIE

KLAUS BECKMANN
LENNART REIMER

Nr./ No. 147
JULY 2014

Department of Economics
Fächergruppe Volkswirtschaftslehre

Autoren / Authors

Klaus B. Beckmann

Helmut Schmidt Universität Hamburg
Department of Economics
Holstenhofweg 85, 22043 Hamburg
Germany
klaus.beckmann@hsu-hh.de

Lennart Reimer

Helmut Schmidt Universität Hamburg
Department of Economics
Holstenhofweg 85, 22043 Hamburg
Germany
reimerl@hsu-hh.de

Redaktion / Editors

Helmut Schmidt Universität Hamburg / Helmut Schmidt University Hamburg
Fächergruppe Volkswirtschaftslehre / Department of Economics

Eine elektronische Version des Diskussionspapiers ist auf folgender Internetseite zu finden/
An electronic version of the paper may be downloaded from the homepage:
<http://fgvwl.hsu-hh.de/wp-vwl>

Koordinator / Coordinator

Klaus B. Beckmann
wp-vwl@hsu-hh.de

Dynamiken in asymmetrischen Konflikten: eine Simulationsstudie

KLAUS B. BECKMANN

LENNART REIMER

Zusammenfassung/ Abstract

Wir illustrieren den Einsatz von Simulationstechniken zur Betrachtung komplexer Dynamiken in asymmetrischen Konfliktsituationen mit begrenzt rationalen Akteuren. Dazu wird erst ein formaler Modellrahmen entwickelt, dessen Steady state wir bestimmen. Darauf baut eine Umsetzung des Modells in SIMULINK und die Entwicklung von Entscheidungsverfahren für die Spieler auf. Anhand eines Basisszenarios diskutieren wir typische Verläufe von asymmetrischen Konflikten.

JEL-Klassifikation / JEL-Classification: C72; D74

Schlagworte /Keywords: conflict dynamics; simulation; terrorism; media

1. Einleitung

Die Ökonomik der Konflikte hat mittlerweile eine lange Tradition, mit dezidierten Konferenzen und eigenen *Handbooks*, welche einen Überblick über das Feld verschaffen.¹ Einer der wesentlichen Vorteile der Nutzung formaler Theorie zur Modellierung von Konflikten besteht darin, dass man dadurch Grundmuster von Konflikten erkennen kann und diese so unabhängig von ihrem materiellen Gegenstand zu klassifizieren vermag. So eint beispielsweise Lobbying und Rüstungswettläufe dieselbe Modellstruktur (Congleton et al., 2008), und ähnlich verhält es sich mit Streiks und der Konsolidierung von Volkswirtschaften in der Krise (Alesina und Drazen, 1991).²

Was die Systematik von Konflikten aus statischer Perspektive anbelangt, ist mit den wegweisenden Beiträgen von Schelling (1960) sowie Rapoport et al. (1976) alles Wesentliche gesagt. In moderner Formulierung erweisen sich das Nullsummenspiel, das Chicken-Spiel, das Freiwilligendilemma und das Gefangenendilemma als die vier zentralen Grundmuster (oder “Spielsituationen”, Beckmann (1998)) eines statischen Konflikts.

Jedoch sind Konflikte inhärent dynamischer Natur. Die gerühmte Clausewitzsche Sicht (von Clausewitz, 1873) mit ihrer Betonung von Friktion und Initiative beispielsweise macht in einem statischen Kontext keinen Sinn. Und auch zu Konfliktdynamiken hat die ökonomische Literatur einiges beizutragen. Beispielsweise lassen sich dynamische formale Modelle der Auseinandersetzung von sozialen Klassen – im Marxschen Sinne von Kapitalisten und Arbeitern (Lancaster, 1973) – wie auch die bekannten Lotka-Volterra-Gleichungen (Megyeri, 2014) oder das Goodwin-Modell (Meyer, 2003) als formale ökonomische Modelle von Konflikten interpretieren.

Möchte man freilich für die Konfliktdynamiken analog zur Ökonomik statischer Konflikte eine Taxonomie entwickeln, so steht man vor großen Herausforderungen (Beckmann und Reimer, 2014). Ein möglicher Weg bestünde in der Analyse dynamischer Spiele mit unvollständiger Information, doch sind diese nicht gut skalierbar. Einen zweiten möglichen Weg, der auch im Einklang mit den vorher genannten Ansätzen der dynamischen Wirtschaftstheorie stünde, zeigt die Theorie der Differentialspiele auf. Allerdings benötigt man für die Analyse vieler Konfliktsituationen *Contest success functions* (Hirshleifer, 2001), welche Nichtlinearitäten in die Modelle hineinbringen, so dass man nicht mehr auf allgemeine mathematische Lösungsverfahren für das resultierende dynamische Programm rekurren kann.

Um diese Herausforderungen zu bewältigen, schlagen wir die Nutzung von Simulationstechniken vor. In der vorliegenden Arbeit illustrieren wir deren Einsatz anhand eines asymmetrischen, dynamischen Konflikts zwischen einer terroristischen Gruppe und einem Staat, bei dem auch die mediale Verarbeitung des Terrors (Frey und Rohner, 2007) sowie dessen finanzielle Unterstützung durch einen Sponsor berücksichtigt sind.

¹Als neuere Beiträge in diesem Gebiet sind Breddon und Hartley, eds (2011) und Garfinkel und Skaperdas, eds (2012) zu nennen. Daneben deckt auch das Handbook of Defence Economics (Sandler und Hartley, eds, 2007), welches allerdings einen thematisch breiteren Ansatz verfolgt, den Bereich der Konfliktökonomik ab.

²Solche Überlegungen sind letztlich nichts anderes als eine Erscheinungsform des “ökonomischen Imperialismus”, d.h. der Anwendung ökonomischer Analysemethoden (“Ökonomik”) auf nicht-wirtschaftliche Gegenstände. Meyer (1986) hat diese Entwicklung schon früh – spannenderweise in der Auseinandersetzung mit dem ökonomischen Konfliktforscher Jack Hirshleifer – *a magyar szempontból* rezipiert.

Im Mittelpunkt steht die Frage nach der Eignung von Simulationstechniken zur Analyse von dynamischen Konfliktspielen zwischen begrenzt rationalen Akteuren. Wir werden anhand eines konkreten solchen Spiels den Nachweis führen, dass diese Eignung gegeben ist und die Simulationsergebnisse einen Beitrag zur ökonomischen Analyse von Konfliktodynamiken und zur Identifikation von Grundmustern leisten.

Unser Beitrag ist dazu wie folgt gegliedert: Im nachfolgenden Abschnitt 2 führen wir die wesentlichen (Identitäts-) Gleichungen des Modells ein und erläutern diese. Daraufhin werden in einem separaten Abschnitt (3) die Verhaltensannahmen beschrieben und kurz diskutiert. Vor der eigentlichen Simulation untersuchen wir noch die Bedingungen, unter welchen das beschriebene System einen *Steady state* erreichen kann und zeigen, dass diese mit der Simulation grundsätzlich vereinbar sind (Abschnitt 4). Es schließt sich eine Beschreibung der Implementierung in Simulink (Abschnitt 5) sowie eine exemplarische Darstellung von Simulationsergebnissen (Abschnitt 6) an. Schließlich fassen wir die Ergebnisse zusammen und ziehen einige Folgerungen.

2. Grundlagen des Modells

Wir betrachten eine asymmetrische Konfliktsituation, welche in Abbildung 1 dargestellt ist. Ein Staat sieht sich einer terroristischen Bedrohung ausgesetzt, deren Erfolg unter anderem von den Verteidigungsbemühungen des Staates abhängt. Der Terrorist kann seinerseits den Erfolg, welcher als Schaden an der Resource des Staates gemessen wird, durch eigene Offensivbemühungen beeinflussen.

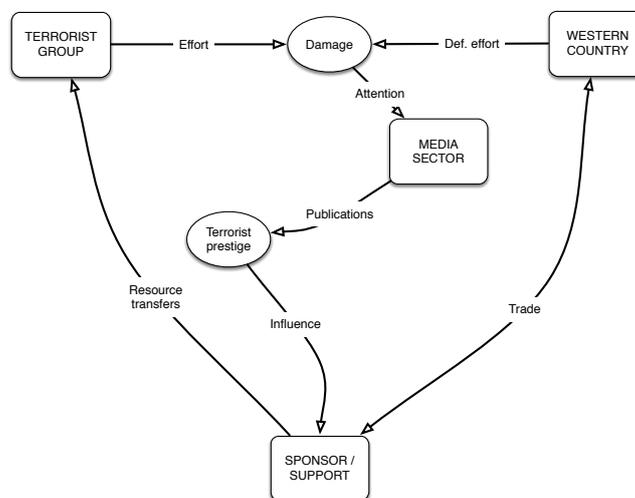


Abbildung 1: Asymmetrischer Konflikt mit drei Spielern

Der so verursachte Schaden führt wiederum dazu, dass Medien dem Thema ihre Aufmerksamkeit widmen. Ein hohes Maß an Aufmerksamkeit ist nützlich für den Terroristen, da er seine Einnahmen aus den Zuflüssen eines Sponsors generiert, welcher wiederum seine Großzügigkeit an der Medienpräsenz des Terroristen orientiert. Für den Staat ist der Schaden negativ zu bewerten, und die daraus resultierende (negative)

Medienpräsenz kann für den politischen Entscheidungsträger eine wichtige Rolle bei der Entscheidungsfindung spielen.

Im Mittelpunkt des Modells stehen ein Staat und dessen Entscheidungen über die Verteidigungsausgaben innerhalb eines beliebigen Zeitintervalls. Es wird an dieser Stelle angenommen, dass der Staat zu jedem Zeitpunkt eine Verteidigung bereitstellen muss. Der politische Entscheider wählt seine Defensivbemühungen (*Defensive effort*) $e_D(t) > 0$. Dem gegenüber stehen die Offensivanstrengungen der Terroristen (*Terrorist effort*) $e_T(t) \geq 0$. Das Resultat der beiden *Efforts* wird durch eine modifizierte³ *Contest success function* nach Tullock (1987) ermittelt, welche den *relativen* Schaden an der Ressource $r(t)$ des Souveräns angibt:

$$CSF_T = \frac{e_T(t)^\tau}{e_T(t)^\tau + e_D(t)^\delta b} \quad (1)$$

$$D(t) = CSF_T r(t) \quad (2)$$

Der so entstandene *absolute* Schaden $D(t) \geq 0$ lenkt die Aufmerksamkeit der Medien auf den Konflikt. Unter der Annahme abnehmender marginaler Aufmerksamkeit folgen dem Schaden Publikationen $p(t)$ gemäß dem Zusammenhang $\pi\sqrt{D(t)}$. Das Interesse der Medien nimmt über den Zeitverlauf mit dem Faktor λ ab. Die Publikationsdichte zu jedem Zeitpunkt t wird über die Differentialgleichung

$$\dot{p}(t) = \pi\sqrt{D(t)} - p(t)\lambda \quad (3)$$

sowie die Anfangsdichte

$$p(0) = p_0 \quad (4)$$

bestimmt.

Die mediale Aufmerksamkeit führt zu einem wachsenden Interesse des Sponsors. Abhängig von der Publikationsdichte entscheidet er über ein Sponsoring $s(t)$ der Terroristen, kann dabei aber auch die Schädigung eventueller Handelsbeziehungen zum Staat berücksichtigen.⁴

Somit ist für jeden der Beteiligten eine Kontrollvariable ($e_D(t)$, $e_T(t)$, $s(t)$ sowie π) definiert, mit welcher der Verlauf des Konfliktes beeinflusst werden kann. Die Entscheidung über die Kontrollvariable zu jedem Zeitpunkt (das „Programm“) wird von einem sog. *Controller* bestimmt. Der *Controller* kann verschiedene Entscheidungsmodelle verwenden, wie z.B. ein Optimierungsmodell (anhand einer Zielfunktion)⁵, eine

³Während in der klassischen Form der CSF die Exponenten der einzelnen *Efforts* meist 1 oder zumindest identisch sind, so haben wir eine Variante mit unterschiedlichen Exponenten gewählt. Dies begründet sich darin, dass die *Efforts* monetäre Angaben sind, deren Umsetzung in eine tatsächliche Schlagkraft sich zwischen Angreifer und Verteidiger unterscheiden kann; zudem wollen wir konzeptionell sowohl steigende als auch abnehmende Grenzerträge von *Effort* zulassen. Desweiteren erlaubt ein zusätzlicher Faktor b weitere Skalierungsoptionen.

⁴Dieser Zusammenhang spielt allerdings bei der hier betrachteten Kalibrierung der Entscheidungsträger keine Rolle.

⁵Als Beispiel siehe das Differentialspiel in Beckmann und Reimer (2014).

konstante Strategie oder auch eine Modellierung begrenzt rationaler Entscheidungen, welche im Abschnitt 3 näher betrachtet werden.

Die Spieler verfügen teilweise über einen Ressourcenpool, welcher sich in seiner Zusammensetzung erheblich von den anderen unterscheidet. Der Staat generiert auf seine Ressource $r(t)$ eine Rendite mit einem periodenbezogenen Zinssatz von ρ_1 und hat Kosten in Form eines autonomen Konsums c_a und seiner Verteidigungsausgaben $e_D(t)$. Darüber hinaus wird der von den Terroristen verursachte Schaden $D(t)$ den Wert seiner Ressource reduzieren. Der Gesamtzusammenhang lässt sich in der Differentialgleichung

$$\dot{r}(t) = \rho_1 r(t) - c_a - e_D(t) - D(t) \quad (5)$$

mit dem Initialwert

$$r(0) = r_0 \quad (6)$$

ausdrücken. Den Terroristen steht ebenfalls ein Ressourcenpool zur Verfügung dessen Budget durch die Zustandsvariable $f(t)$ beschrieben wird. Die zugehörige Bewegungsgleichung lautet

$$\dot{f}(t) = s(t) - e_T(t) \quad (7)$$

wobei $s(t)$ den Zuwachs der Ressource durch Sponsoring darstellt und e_T stellen die für die Offensivbemühungen aufgewendeten Ressourcen dar. Auch hier muss der Initialwert

$$f(0) = f_0 \quad (8)$$

definiert werden. Der Ressourcenpool $S(t)$ des Sponsors wirft, ähnlich wie der des Staates, eine Rendite zu dem Zinssatz ρ_2 ab und wird durch einen Handelsgewinn $\gamma r(t)$ abhängig von der Ressource des Staates vergrößert. Kosten entstehen durch das Sponsoring der Terroristen. Die Differentialgleichung dieser Zustandsvariable lautet

$$\dot{S}(t) = \rho_2 S(t) - s(t) + \gamma r(t) \quad (9)$$

und auch hier muss der Initialwert

$$S(0) = S_0 \quad (10)$$

definiert werden.

3. Begrenzt rationale Entscheidungsfunktionen

Bislang sind wir der Frage, wie sich die Parteien in diesem Modell entscheiden, nicht nachgegangen. Für uns als Ökonomen liegt es “natürlich” nahe, vollständige und transitive Präferenzordnungen über die Ergebnisse zu unterstellen und die Akteure als rationale Spieler maximieren zu lassen. Für den Staat böte sich in einem ersten Versuch die Maximierung des Barwerts seiner Ressource, für die Terroristen die Maximierung des Barwerts des angerichteten Schadens an. Damit beschreiben wir ein Differentialspiel mit mindestens zwei, in einer vollständigen Spezifikation vier Akteuren (einschließlich des Mediensektors und des Sponsorstaates); wollte man darüber hinaus noch einen Trade-off zwischen offensiven und defensiven Anti-Terror-Maßnahmen – wobei erstere die Eigenschaften eines öffentlichen Gutes, letztere die eines privaten Gutes mit negativen externen Effekten haben (Sandler und Enders, 2008) – einbauen, so wäre man bei einem Differentialspiel mit fünf Akteuren.

Es ist nicht die schiere Zahl der Akteure, an der dieses Vorhaben scheitert, sondern vielmehr die Nichtlinearität, welche durch die Einführung der *Contest Success Function* $\frac{e_T(t)^\tau}{e_T(t)^\tau + e_D(t)^\delta b}$ entstehen. Solche Nichtlinearitäten könnten wir auch nicht vermeiden, weil alle in der statischen Analyse üblichen CSF diese Eigenschaft ebenfalls aufweisen (Hirshleifer, 2001; Beckmann und Reimer, 2014).

Darüber hinaus haben wir ein genuines Interesse an begrenzt rationalen Entscheidungen, und zwar aus den folgenden Gründen: Die große Komplexität strategischer Entscheidungen in einer dynamischen Umgebung – noch dazu gekennzeichnet durch unvollständiges Wissen – lässt es nicht als plausibel erscheinen, dass Menschen tatsächlich vollständig rational im Sinne des herkömmlichen mikroökonomischen Ansatzes entscheiden. Dies kann mittlerweile schon als Binsenweisheit gelten. Andererseits bleiben wir davon überzeugt, dass Menschen im allgemeinen bewusst entscheiden, um ein nach ihrer Auffassung “gutes” Ergebnis zu erreichen.⁶ Nun stellt sich die Frage danach, wie man solches begrenzt rationales Handeln in unserem Kontext modellieren kann. Unser Ansatz basiert auf einer Vorstellung prozeduraler Rationalität (Rubinstein, 1998) und ist inspiriert durch das bekannte Argument Hayeks, dass Menschen nicht rationale Regeln wählen, sondern Menschen dadurch rational werden, dass sie sich Regeln unterwerfen (Voigt, 1991). Im Mittelpunkt steht also die Befolgung von *Daumenregeln* (Beckmann, 1998), die zudem den Vorteil hat, sich in Simulationen – seien sie agentenbasiert, seien sie (wie hier) auf der Grundlage von Differentialgleichungsmodellen – gut abbilden zu lassen.

Wir konzentrieren uns in diesem Aufsatz auf das Verhalten der Regierung. Bezüglich der anderen drei möglichen Spieler, der Terrorgruppe, den Medien und der Sponsoration, unterstellen wir schlichte Verwaltungsfunktionen. Für die Terroristen nehmen wir beispielsweise an, dass sie einen konstanten Anteil $0 \leq \theta \leq 1$ ihrer verfügbaren Ressourcen für Angriffe verwenden:

$$e_T(t) = \theta f(t) \tag{11}$$

⁶Wobei man bedenken muss, dass in Anbetracht von Informations- und Entscheidungskosten es auch sinnvoll sein kann, (in einer bestimmten Klasse von Situationen) auf Recherche / Planungsaktivitäten zu verzichten.

In gleicher Weise unterstellen wir, dass der Sponsor Publikationen über Terrorismus mit einem konstanten Stücktransfer belohnt, und beschreiben das Verhalten des Mediensektors mit der Gleichgewichtslösung aus Pfeiffer (2012). Ähnlich wie der Terrorist wird auch der Sponsor zunächst eine konstante Strategie

$$s(t) = \sigma \sqrt{p(t)} \quad (12)$$

spielen.

Das Verhalten der Regierung wird durch folgenden Algorithmus beschrieben:

1. Bestimme den aktuellen Wert einer quadratischen Verlustfunktion über die Kosten der Terrorbekämpfung $e_D(t)$ einerseits und den entstandenen Schaden $D(t)$ andererseits, den wir mit dem relativen Gewicht α versehen.⁷
2. Vergleiche diesen Wert mit dem der Vorperiode.
3. Ist der Wert gesunken – bzw. die politische Zustimmung zur Regierung gestiegen –, setze die Politik der Vorperiode fort, $e_D(t) = e_D(t - i)$.⁸
4. Ist die politische Zustimmung dagegen gleich geblieben oder gefallen, so prüfe, ob eine kritische Schwelle unterschritten wurde.
5. Falls nein, ändere die Strategie in kleinen Schritten: Wurde die Verteidigungsanstrengung in der Vorperiode geändert ($e_D(t - i) - e_D(t - 2i) \neq 0$), dann nimm diese Änderung zurück (setze $e_D(t) = e_D(t - 2i)$). Wurde Sie dagegen nicht erhöht, so erhöhe die Anstrengung um einen konstanten Prozentsatz.
6. Falls ja, versuche etw. völlig Neues und verändere die Strategie um einen zufälligen größeren Schritt (in unserem Modell gleichverteilt randomisiert zwischen –40 % und +40 %).

Dieses einfache Modell scheint uns einige Elemente begrenzter prozeduraler Rationalität zu erfassen:

- den Grundsatz “never change a winning team”,
- adaptive Erwartungsbildung,
- lokale Optimierung durch “trial and error” sowie
- die Neigung, große Reformen erst bei erheblichem Reformdruck einzuleiten.

4. Steady State

Es ist aufschlussreich, sich zunächst ein dauerhaftes Gleichgewicht dieses Modells vorzustellen, welches – vorerst ohne jede Aussage zu optimierendem Verhalten der Konfliktparteien – nachhaltig realisierbar wäre. In einem solchen Steady State dürfen

⁷In der Public Choice - Theorie werden solche Funktionen auf eingesetzt, um die Bürgerpräferenzen abzubilden. Gemeinsam mit der Annahme stimmenmaximierenden Verhaltens der Regierung (und der Opposition) erhält man ein Modell, in dem sich Staaten so verhalten, als ob sie eine Verlustfunktion minimierten.

⁸ i bezeichnet den Abstand zwischen den Entscheidungen.

sich wie in der herkömmlichen Wachstumstheorie die Verhältnisse zwischen bestimmten zentralen Zustandsvariablen im Zeitablauf nicht verändern. Denn täten sie dieses, geräte das System in eine Randlösung, die eben nicht langfristig vorstellbar erscheint.

Für unser Modell betrachten wir die Schadensintensität, also das Verhältnis des Schadens durch Terrorismus zu der gesamten Ressourcenaustattung des Staates $d(t) = \frac{D(t)}{r(t)}$. Gälte $\dot{d} \neq 0$, so würde entweder der Staat oder die Terrorgruppe à la longue aus dem Spiel verschwinden, und das Modell änderte seinen Charakter. Nachhaltig kann daher nur eine Situation sein, bei der die Schadensintensität im langfristigen Durchschnitt konstant bleibt.

Genauer betrachtet lassen sich folgende Aussagen treffen:

- Ist das Wachstum der Ressource größer als das Wachstum des Schadens, also $\frac{\dot{r}(t)}{r(t)} > \frac{\dot{D}(t)}{D(t)}$, dann gilt $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{D(t)}{r(t)} = 0$. Das bedeutet, dass früher oder später kein Schaden mehr angerichtet wird und der Terrorist aus dem "Spiel" verschwindet.
- Ist das Wachstum der Ressource kleiner als das Wachstum des Schadens, also $\frac{\dot{r}(t)}{r(t)} < \frac{\dot{D}(t)}{D(t)}$, so dreht sich das ganze um und es gilt $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{D(t)}{r(t)} = \infty$. Somit wird der Staat früher oder später vollständig vernichtet.
- Ist das Wachstum der Ressource gleich dem Wachstum des Schadens, also $\frac{\dot{r}(t)}{r(t)} = \frac{\dot{D}(t)}{D(t)}$, so befinden wir uns in einem *steady state* ($\dot{d}(t) = 0$).

Vorrausgesetzt die Terroristen bestimmen ihren *Effort* gemäß der angenommenen Verwaltungsfunktion (11) und unter der Annahme einer CSF mit Exponenten gleich 1 setzt sich die Bedingung wie folgt zusammen:

$$\frac{\dot{r}(t)}{r(t)} = \frac{\dot{r}(t)}{r(t)} + \frac{\dot{f}(t)e_D(t)}{f(t)(f(t)\theta + e_D(t))} \quad (13)$$

mit

$$\frac{dD(t)}{dt} = \dot{r}(t) \frac{f(t)\theta}{f(t)\theta + e_D(t)} + \dot{f}(t) \frac{r(t)e_D(t)\theta}{(f(t)\theta + e_D(t))^2} \quad (14)$$

Da $e_D(t) > 0$ gilt ist sofort ersichtlich, dass

$$\dot{f}(t) \stackrel{!}{=} 0 \quad (15)$$

gelten muss, damit sich das System in einem *Steady state* befindet. Im Ergebnis finden wir also als Bedingung für einen *Steady state*, dass die Terroristen säkular keine Reserven bilden (also einen Kapitalstock aufbauen) dürfen.⁹ Die Bewegungsgleichung $\dot{f}(t) = s(t) - e_T(t)$ lässt dies durchaus gemeinsam mit einem Wachstum terroristischer

⁹Genau genommen darf die Terrororganisation über Reserven verfügen, doch dürfen sich diese im Zeitablauf nicht (dauerhaft) *verändern*.

Angriffe zu, so lange die Terroristen auf Dauer ihre kompletten Einnahmen verausgaben.

Diese Annahme erscheint nicht unplausibel. Die institutionellen Umgebungen, in welchen Terroristen operieren, erschweren den Aufbau von Vermögensbeständen, und der Erwerb von Vermögenswerten dürfte auch kein Ziel von Terroristen darstellen. Insofern Gruppen mit terroristischem Hintergrund auch legalen politischen Aktivitäten nachgehen – Sinn Féin kann hier als Beispiel dienen – oder sich im organisierten Verbrechen engagieren, lassen sie sich gedanklich in zwei Teile erlegen. Solange die genannte formale Bedingung für den terroristischen Anteil der Aktivitäten fortbesteht, ist auch ein Steady State möglich.

5. Implementierung in Matlab/SIMULINK

Die auf Matlab basierende Simulationssoftware SIMULINK¹⁰ erlaubt es uns, das partielle Differentialgleichungsmodell numerisch zu berechnen. Dies hat zu Folge, dass wir keine allgemeinen Aussagen zu dem Modell treffen können, wie es bei einer analytischen Lösung der Fall wäre, sondern jeweils nur konkrete Fälle (*Kalibrierungen*) dargestellt und verglichen werden können. Dafür werden im Vergleich zu anderen Methoden auch *Controller* unterstützt, welche beispielsweise auf dem oben beschriebenen begrenzt rationalen Entscheidungsmodell basieren. Des Weiteren lassen sich *Continuous time* Modelle mit diskreten Entscheidungen kombinieren.¹¹

Um das Modell übersichtlich zu halten und um den Austausch bzw. die Erweiterung einzelner Komponenten zu ermöglichen, wurden die Modellbestandteile blockweise aufgeteilt, wie in Abbildung 2 zu sehen ist. Jeder Block empfängt nur die Variablen, welche für seinen Berechnungsprozess relevant sind und gibt all diejenigen Variablen weiter, welche von anderen Blöcken benötigt werden. Die Zeit verläuft auf dieser Modellebene „stetig“.

¹⁰<http://www.mathworks.com>

¹¹Wobei dies genau genommen nicht stimmt. Eine tatsächlich stetige Simulation ist nicht möglich; es wird lediglich eine diskrete Näherung erreicht, deren Genauigkeit von der Schrittgröße abhängt. Somit werden letztendlich zwei diskrete Modelle mit unterschiedlichen Taktzeiten kombiniert.

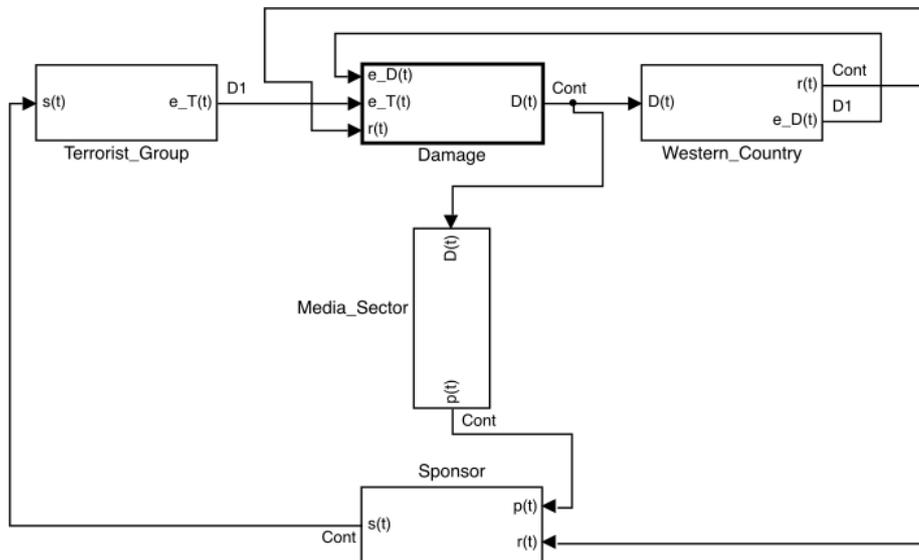


Abbildung 2: Simulationsmodell

Abbildung 3 zeigt den Block des Staates, welcher im wesentlichen aus dem Controller für die Variable $e_D(t)$ und der in Gleichung (5) beschriebenen Veränderung des Ressourcenpools $r(t)$ besteht. Der extern berechnete Schaden $D(t)$ wird hier auf die Ressource angewendet. Auch auf dieser Modellebene verläuft die Zeit stetig, wobei die Entscheidungen über $e_D(t)$ in diskreten Abständen i getroffen werden. Dies hat zur Folge, dass teilweise eine zeitliche Diskrepanz zwischen Entscheidung und Wirkung entsteht. Trifft der Controller beispielsweise die Entscheidung den *Effort* zu verändern, so wird das Kräfteverhältnis im Sinne der *Contest success function* unmittelbar beeinflusst. Der daraus resultierende Schaden wird hingegen stetig auf die Ressource $r(t)$ wirken.¹² Selbiges gilt auch für die monetären Kosten des *Efforts*, welche nicht unmittelbar als Gesamtbetrag von der Ressource abgezogen werden, sondern stetig verteilt über das Entscheidungsintervall i wirken.

¹²Und umgekehrt auch die Ressource $r(t)$ auf den absoluten Schaden $D(t)$.

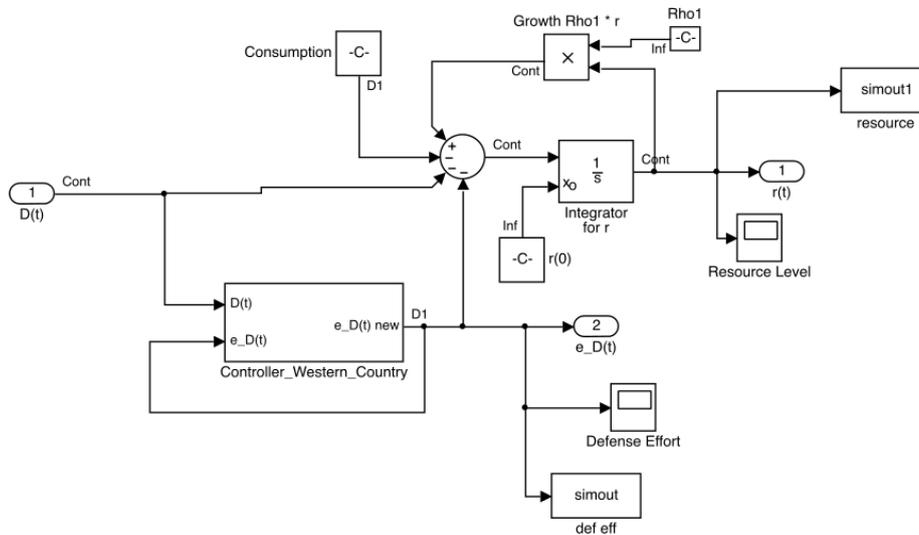


Abbildung 3: Block Western Country

Als *Controller* verwenden wir das in Abschnitt 3 beschriebene begrenzt rationale Verhaltensmodell, dessen Schaltplan in Abbildung 4 dargestellt ist. Dieser Controller wählt in diskreten Intervallen (hier mit der Länge $i = 1$) das Niveau des *Defensive effort* für die Folgeperiode gemäß den Entscheidungsregeln.

Die Kosten der Verteidigung $e_D(t)$, der erlittene Schaden $D(t)$ sowie ein Gewichtungsparmater α gehen in die Kostenfunktion $POL(t)$ ein. Die Kostenfunktion wird mit einer beliebig gelagten (hier um $i = 1$ verzögert) Variante dieser verglichen. Je nachdem, ob ein Abfall der Kosten (ein Anstieg der Popularität) festgestellt wurde oder nicht, wird die entsprechende Handlungsalternative (*Do nothing* oder *Do something*) gewählt. Der im Falle einer gesenkten Kostenfunktion ($-i$ höhere Zustimmung) aktivierte Block *Do nothing* wird den *Defensive effort* konstant lassen, während im alternativen Block – *Do something* – erneut eine Abwägung der Handlungsalternativen stattfindet.

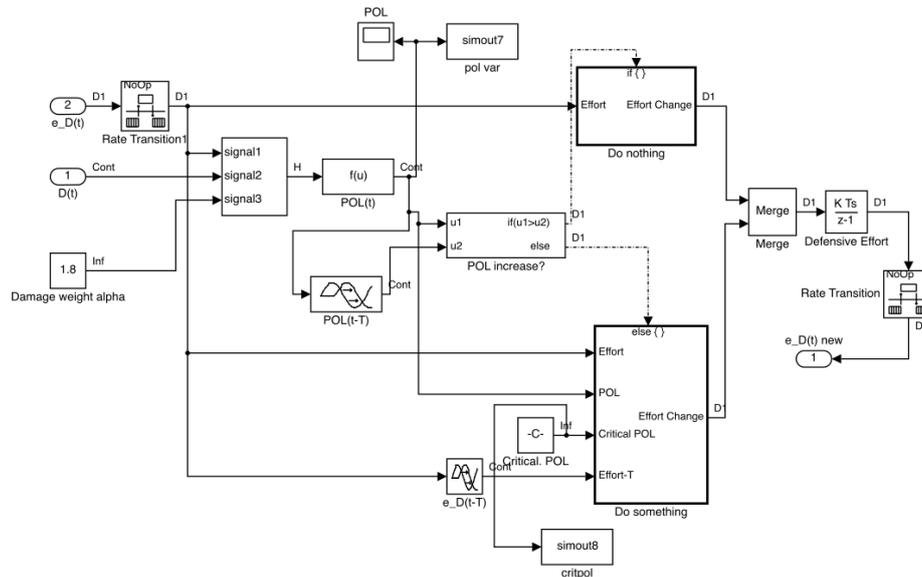


Abbildung 4: Schaltplan des Controllers

Der aktuelle Wert der Kostenfunktion wird mit einer kritischen Grenze für diese verglichen. Befinden sich die Kosten unterhalb des kritischen Niveaus, so wird "bedacht" nach den oben beschriebenen Regeln eine Entscheidung über die Veränderung von $e_D(t)$ gefällt. Liegen die Kosten über der kritischen Grenze, wird "panische Änderung vorgenommen, welche hier durch eine (uniformverteilte) Zufallsvariable bestimmt einen Wert innerhalb eines Intervalls annimmt.

6. Ausgewählte Ergebnisse

Hier geht es uns vor allem darum, typische Verläufe der Simulation anhand eines Basisszenarios zu illustrieren. Eine vollständige Darstellung der Muster ist weder beabsichtigt noch an dieser Stelle notwendig. Die Abbildung 5 auf der Seite 13 plottet den Verlauf des entstandenen Schadens $D(t)$ über die Zeit.¹³ Zur Interpretation dieser und der nachfolgenden Graphiken, die Simulationsergebnisse zeigen, beachte man, dass der Ursprung der Achsen *nicht im Nullpunkt liegt*. Wir haben gleichwohl die Achsenbeschriftung der Ordinate unterdrückt, weil die absolute Größe dieser Zahlenwerte keine materielle Interpretation erlaubt.

In dieser Abb. 5 fällt zunächst die Variabilität des Schadens bis zum Zeitpunkt $t = 32$ auf. Dies ist eine typische Eigenschaft unserer Simulationen, die nicht unplausibel erscheint. Zum Vergleich zeigen wir in der Abbildung 6 auf der Seite 13 die Zeitreihe der Todesfälle (nkill) und der Verwundungen (nwound), jeweils weltweit für alle Arten von Anschlägen über die Monate summiert, für die Jahre 2006 bis 2012.¹⁴

¹³Im Anhang B auf der Seite 19 finden sich die Parameter für dieses Basisszenario.

¹⁴Grundlage ist der Datensatz des National Consortium for the Study of Terrorism and Responses to Terrorism (START). (2013). Global Terrorism Database. Der Datensatz wurde am 20.06.2014 letztmalig von

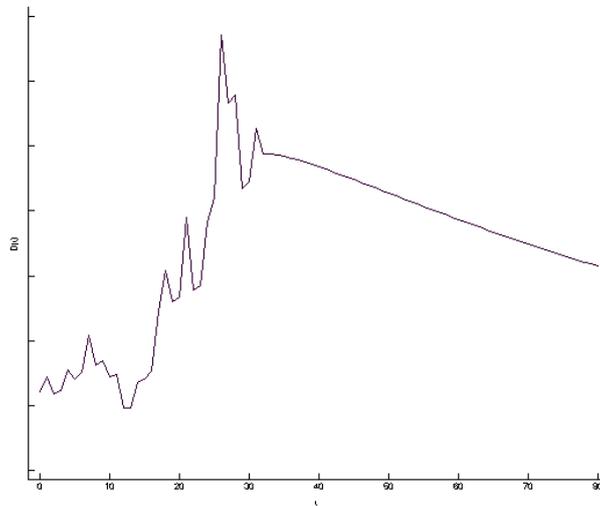


Abbildung 5: Basisszenario: Entwicklung des Schadens im Zeitablauf

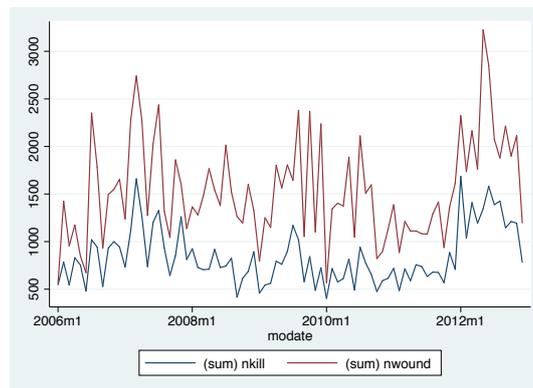


Abbildung 6: Gesamtzahl der Todesfälle und Verwundungen durch Terrorismus weltweit nach Monaten, 2006-12

Die übrigen Variablen in diesem Durchlauf stellen wir in der Abbildung 7 auf der Seite 14 dar. Die einzelnen Grafiken zeigen:

- a) den Verteidigungsaufwand $e_D(t)$,
- b) den terroristischen Aufwand $e_T(t)$,
- c) die Verlustfunktion des Staates,
- d) die Publikationen zu jedem Zeitpunkt.

<http://www.start.umd.edu/gtd> geladen. Der Datensatz enthält eine große Zahl von Variablen, unter anderem auch eine Schätzung der wirtschaftlichen Schäden durch die Anschläge, welche allerdings nur für sehr wenige Einträge vorliegt. Wie belassen es daher in der Abb. 6 bei den üblichen *Casualties*.

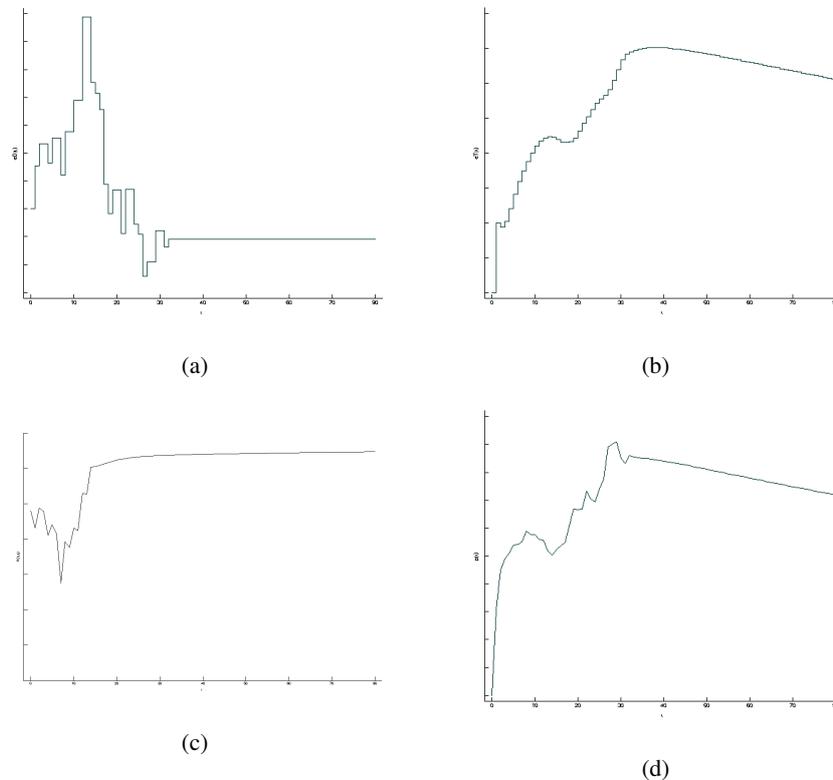


Abbildung 7: Zeitreihen der übrigen Variablen im Basisszenario

Der terroristische Aufwand erweist sich in unserem Modell als eine gelagte Glättung der Publikationen (man vergleiche die beiden Graphiken rechts in Abb. 7). Das kann nun wahrlich nicht überraschen, da wir (vorerst) annehmen, dass die Terroristen einen konstanten Anteil ihrer Einnahmen verausgaben. Wie bereits erläutert ist dies mit einem *Steady state* des Modells kompatibel.

Wenig plausibel erscheinen auf den ersten Blick die starken Schwankungen in den Verteidigungsanstrengungen. Dies ist mit den monoton und stetig fallenden Ausgaben von NATO-Mitgliedstaaten für Landesverteidigung auf den ersten Blick kaum vereinbar. Andererseits ist zu fragen, ob die staatlichen Verteidigungshaushalte tatsächlich ein korrektes Maß für $e_D(t)$ darstellen. Denn es steht nicht nur die Frage einer Aufteilung auf die verschiedenen Bereiche äußerer Sicherheit (Landesverteidigung, Katastrophenvorsorge, Stabilisierungsmissionen, Terrorismusbekämpfung) und damit die Priorisierung von Ausgaben innerhalb der Verteidigungsbudgets zur Diskussion, sondern auch politische Kosten wie die Bereitschaft, das Fallen von Soldatinnen und Soldaten (bei gegebenem Budget) zu akzeptieren. Für eine Identifikationsstrategie, welche eine empirische Überprüfung unseres Simulationsmodells erlaubt, läge hier die wesentliche Aufgabe.

Ein Blick auf das Bild links unten im Panel verdeutlicht auch, warum sich das System für $t > 32$ so stabil verhält: Dort steigt die Popularität der Regierung an, so dass diese ihre bisherige Strategie beibehält. Das Verhalten der Sponsoren und der Ter-

roristen dagegen ist durch parametrisierte Funktionen beschrieben. Führen diese zu keiner Erhöhung des Schadens, so ist dies hinreichend für eine *weitere* Steigerung der Zustimmung zur Regierung. In der Folge stellt sich eine stabile Entwicklung mit konstanten Verteidigungsanstrengungen, fallenden Schäden und Publikationen ein. Da wir bei konstanten Verteidigungsausgaben und einem positiven Ressourcenwachstum einen säkular fallenden Anteil des Schadens an den Ressourcen beobachten, stellt diese stabile Entwicklung jedoch gerade keinen *Steady state* dar, sondern ist mit einem Verschwinden der Terroristen à la longue verbunden.

Auch ein solcher “Sieg über den Terrorismus” ist in jüngerer Zeit noch nicht eingetreten, obgleich es in der Geschichte Beispiele dafür gegeben hat, dass Regierungskräften die dauerhafte Unterdrückung eines asymmetrisch operierenden Gegners gelang (etwa die Niederwerfung der Piraten in der Karibik durch die Royal Navy oder der Sieg des Pompeius über die Piratenfürsten des Mittelmeeres).

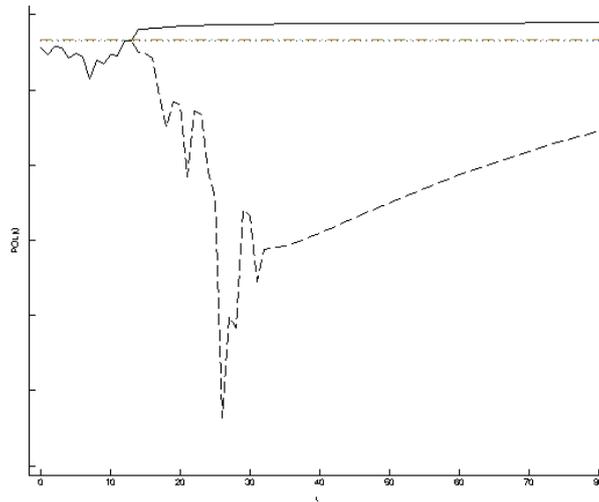


Abbildung 8: Zielerreichung der Regierung: zwei Szenarien im Vergleich

Schließlich noch ein Wort zur Sensitivität des Modells. Die Abbildung 8 auf der Seite 15 plotten wir den Verlauf der Verlustfunktion über die Zeit in zwei Simulationen, die sich nur durch eine sehr kleine Veränderung des Schwellenwerts für eine “Panik” der Regierung unterscheiden. Alle anderen Werte bleiben so wie im Anhang Anhang B beschrieben. Die durchgezogene Linie entspricht der gestauchten Abbildung 7c und repräsentiert dabei den Verlauf mit dem größeren Schwellenwert. Wie man sieht, kommt der Verteidiger hier deutlich früher zum Erfolg und erreicht insgesamt ein höheres Wohlfahrtsniveau. Zumindest solange die Gegenspieler parametrisch beschrieben sind, erweist sich die “Panik” einer Regierung, die mit dem Ausprobieren radikal verschiedener Lösungen verbunden ist, wie in der Abb. 8 häufig als kontraproduktiv.

7. Zusammenfassung

Unsere Arbeit steht in der Tradition dynamischer Konfliktmodelle, wie sie durch die Lotka-Volterra-Gleichungen, das Lancaster-Modell und das Goodwin-Modell verkörpert werden (Megyeri, 2014; Meyer, 2003). Auch deren Analysen beschränkten sich oft auf die Darstellung exemplarischer Verläufe, allgemeiner dynamischer Eigenschaften und von *Steady states*. Eine Lösung als *dynamisches Spiel* fand in der älteren Literatur selten statt. Komplexe dynamische Spiele, insbesondere solche mit nichtlinearen *Contest success functions*, gibt es in der Literatur kaum (Beckmann und Reimer, 2014).

Wir diskutieren hier ein derartiges nichtlineares Spiel, in welchem zudem nur eine Partei entscheidet und diese auf begrenzt rationale Weise einer Verhaltensregel folgt. Unsere Simulationsstudie erbringt einige plausible Ergebnisse, verdeutlicht aber auch den Entwicklungsbedarf: Insbesondere die *Controller* für die übrigen Parteien müssen ergänzt werden.

Nichtsdestotrotz belegt unsere Analyse den Nutzen von Simulationstechniken in der Untersuchung nichtlinearer Differentialspiele. Es fällt leicht, zusätzliche komplexe und nichtlineare Zusammenhänge in das Modell aufzunehmen oder weitere Spieler zu integrieren. Man verzichtet zwar auf vollständige Optimierung durch die Akteure, die aber gerade bei wenigen Spielern, komplexen Lagen und fehlender Konkurrenz (die zum Erlernen erfolgreicher Strategien zwänge) kaum eine zwingende Annahme darstellt.

Stattdessen können wir uns aufgrund der modularen Struktur von Simulationen gut vorstellen, dass man innerhalb eines gegebenen Modellrahmens unterschiedliche begrenzt rationale Entscheidungsregeln ausprobiert, ähnlich wie dies auch in Axelrod (1984) Wettbewerben der Fall war.

Literatur

Literatur

- Alesina, Alberto and Allan Drazen**, “Why are stabilizations delayed?,” *American Economic Review*, 1991, 81 (5), 1170.
- Arce, Daniel G.; Sandler Todd; and Walter Enders**, “Transnational Terrorism,” *Published Articles & Papers*, 2008, 139.
- Axelrod, Robert**, *The Evolution of Cooperation*, New York: Basic Books, 1984.
- Beckmann, Klaus B.**, *Analytische Grundlagen einer Finanzverfassung*, Peter Lang, 1998.
- **and Lennart Reimer**, “Dynamics of Military Conflict: an Economics Perspective,” *Diskussionspapier Fächergruppe Volkswirtschaftslehre, Helmut-Schmidt-Universität*, 2014, 138.
- Breidon, Derek L. and Keith Hartley, eds**, *Handbook on the Economics of Conflict*, Edward Elgar, 2011.
- Congleton, Roger D., Arye L. Hillman, and Kai Konrad**, “Forty Years of Research on Rent Seeking: An Overview,” in “Forty Years of Research on Rent Seeking I,” Roger D. Congleton and Arye L. Hillman and Kai Konrad, 2008.
- Frey, Bruno S. and Dominic Rohner**, “Blood and Ink! The Common-Interest Game between Terrorists and the Media,” *Public Choice*, 2007, 133 (1), 129.
- Garfinkel, Michelle R. and Stergios Skaperdas, eds**, *The Oxford Handbook of the Economics of Peace and Conflict*, Oxford: Oxford UP, 2012.
- Hirshleifer, Jack**, *The Dark Side of the Force*, Cambridge UP, 2001.
- Lancaster, Kelvin**, “The Dynamic Inefficiency of Capitalism,” *Journal of Political Economy*, 1973, 81 (5), 1092.
- Megyeryi, Eszter**, “Ökonomische Interpretation(en) der verallgemeinerten Lotka-Volterra-Modelle.” PhD dissertation, Andrásy Gyula Német Nyelvű Budapesti Egyetem 2014.
- Meyer, Dietmar**, “Jack Hirshleifer – A közgazdaságtan bővülő területe,” *Közgazdasági Szemle*, 1986.
- , “Jánossy's evolutionäre Alternative. Ein erweitertes Goodwin-Modell,” in “Neuer Wein aus alten Schläuchen. Wirtschaftswissenschaftliche Ansätze jenseits des ”Mainstream”,” Schriftenreihe der Andrásy-Universität, 2003.
- Pfeiffer, Christoph P.**, “Terrorism and its Oxygen: A Game-Theoretic Perspective on Terrorism and the Media,” *Behavioral Sciences of Terrorism and Political Aggression*, 2012, 4 (3), 212–228.
- Rapoport, Anatol, David G. Gordon, and Melvin J. Guyer**, *The 2x2 Game*, U of Michigan P, 1976.

Rubinstein, Ariel, *Modeling Bounded Rationality*, MIT Press, 1998.

Sandler, Todd and Keith Hartley, eds, *Handbook of Defence Economics*, Vol. 2, Amsterdam: Elsevier, 2007.

Schelling, Thomas C., *The Strategy of Conflict*, Cambridge (Mass.): Harvard UP, 1960.

Tullock, Gordon, "Rent Seeking," in John Eatwell, ed., *The New Palgrave*, Palgrave Macmillan, 1987.

Voigt, Stefan, "Die evolutionsorientierte Theorie der Verfassung - Bemerkungen zum Ansatz von Hayeks," *Zeitschrift für Wirtschaftspolitik*, 1991, 40, 93–107.

von Clausewitz, Carl, *On War*, London: N. Trübner, 1873.

Anhang A. Bedingungen für optimale Kontrolle des Staates

ZF: $\max_{e_D(t)} r(t)$

$$\text{BEO: } \lambda(t) \left(-1 + \frac{b\delta e_D(t)^{-1+\delta} e_T(t)^\tau r(t)}{(b e_D(t)^\delta + e_T(t)^\tau)^2} \right) \stackrel{!}{=} 0$$

$$\text{mit } \dot{\lambda}(t) = -\lambda(t) \left(1 - \rho_1 + \frac{e_T(t)^\tau}{b e_D(t)^\delta + e_T(t)^\tau} \right)$$

Anhang B. Kalibrierung des Modells

Perioden: 80 T(Entscheidungsintervall)=1

Western Country:

$$c_A = 1000000000$$

$$r(0) = 113400000000$$

$$\rho_1 = 0.001$$

$$\alpha = 1.8$$

$$POL_{crit}(t) = -650000000000000000 \text{ bzw. } -700000000000000000 \text{ (Szenario 2)}$$

Terrorist Group:

$$f(0) = 4000$$

$$\theta = 0.2$$

Sponsor:

$$S(0) = 10000000$$

$$\rho_2 = 0.002$$

$$\gamma = 0.00000001$$

$$\sigma = 1.25$$

Media:

$$\pi = 5$$

$$\lambda = 0.9$$

Damage:

$$\delta = 0.85$$

$$\tau = 1.15$$

$$b = 0.9$$

Die komplette Liste der Diskussionspapiere ist auf der Internetseite veröffentlicht / for full list of papers see:
<http://fgvwl.hsu-hh.de/wp-vwl>

2014

- 146 Herzer, Dierk: Unions and income inequality: a heterogeneous panel cointegration and causality analysis, July 2014
- 145 Beckmann, Klaus; Franz, Nele; Schneider, Andrea: Intensive Labour Supply: a Menu Choice Revealed Preference Approach for German Females and Males, June 2014
- 144 Beckmann, Klaus; Franz, Nele; Schneider, Andrea: On optimal tax differences between heterogenous groups, May 2014
- 143 Berlemann, Michael; Enkelmann, Sören: Institutions, experiences and inflation aversion, May 2014
- 142 Beckmann, Klaus; Gattke, Susan: Tax evasion and cognitive dissonance, April 2014
- 141 Herzer, Dierk; Nunnenkamp, Peter: Income inequality and health – evidence from developed and developing countries, April 2014
- 140 Dewenter, Ralf; Heimeshoff, Ulrich: Do Expert Reviews Really Drive Demand? Evidence from a German Car Magazine, March 2014
- 139 Dewenter, Ralf; Heimeshoff, Ulrich: Media Bias and Advertising: Evidence from a German Car Magazine, March 2014.
- 138 Beckmann, Klaus; Reimer, Lennart: Dynamics of military conflict from an economics perspective, February 2014.

2013

- 137 Christmann, Robin: Tipping the Scales - Conciliation, Appeal and the Relevance of Judicial Ambition.
- 136 Hessler, Markus; Loebert, Ina: Zu Risiken und Nebenwirkungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes, June 2013.
- 135 Wesselhöft, Jan-Erik: The Effect of Public Capital on Aggregate Output- Empirical Evidence for 22 OECD Countries -, June 2013.
- 134 Emrich, Eike; Pierdzioch, Christian; Rullang, Christian: Zwischen Ermessensfreiheit und diskretionären Spielräumen: Die Finanzierung des bundesdeutschen Spitzensports – eine Wiederholungsstudie, April 2013.
- 133 Christmann, Robin: Vertragliche Anreize und die Fehlbarkeit des Richters – Der ungewisse Gang vor Gericht und sein Einfluss auf eine Verhaltenssteuerung im BGB-Vertragsrecht, March 2013.
- 132 Gerrits, Carsten: Internetnutzer und Korruptionswahrnehmung - Eine ökonometrische Untersuchung, February 2013.
- 131 Freese, Julia: The regional pattern of the U.S. house price bubble - An application of SPC to city level data, January 2013.

2012

- 130 Kruse, Jörn: Unabhängige staatliche Institutionen: Funktionalität und demokratische Legitimation, November 2012.
- 129 Andrae, Jannis: Unabhängigkeit von Institutionen - Gründe bzw. Ursachen und Kriterien zur Beurteilung der Unabhängigkeit von öffentlichen Institutionen im demokratischen Rechtsstaat, November 2012.
- 128 Andrae, Jannis: Ideengeschichtliche Aspekte unabhängiger Institutionen, November 2012.
- 127 Pfeiffer, Christoph P.: Causalities and casualties: Media attention and terrorism, 1970–2010, November 2012.
- 126 Pierdzioch, Christian; Emrich, Eike: A Note on the International Coordination of Anti-Doping Policies, November 2012.
- 125 Berlemann, Michael; Wesselhöft, Jan-Erik: Estimating Aggregate Capital Stocks Using the Perpetual Inventory Method – New Empirical Evidence for 103 Countries –, October 2012.
- 124 Berlemann, Michael; Freese, Julia; Knoth, Sven: Eyes Wide Shut? The U.S. House Market Bubble through the Lense of Statistical Process Control, October 2012.
- 123 Pierdzioch, Christian; Emrich, Eike; Klein, Markus: Die optimierende Diktatur – Politische Stabilisierung durch staatlich verordnetes Doping am Beispiel der DDR, August 2012.
- 122 Flatau, Jens; Emrich, Eike; Pierdzioch, Christian: Zum zeitlichen Umfang ehrenamtlichen Engagements in Sportvereinen – sozioökonomische Modellbildung und empirische Prüfung, August 2012.
- 121 Pfeiffer, Christoph P.: The curse of anxiety-pleasure: Terrorism, the media, and advertising in a two-sided market framework, August 2012.
- 120 Pitsch, Werner; Emrich, Eike; Pierdzioch, Christian: Match Fixing im deutschen Fußball: Eine empirische Analyse mittels der Randomized-Response-Technik, August 2012.

