FACHHOCHSCHULE KIEL UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Institut für Volkswirtschaftslehre und Wirtschaftspolitik

Prof. Dr. Andreas Thiemer

VWL-Semesterprojekt
Nr. 4
WS 2007/2008

Bayessche Lemminge

Ein Experiment mit Informationskaskaden

Unter Mitarbeit von:

Olga Beder
Axel Börner
Denise Reinitz

Moderation und Auswertung von Experiment und Befragung:
Olga Beder / Axel Börner / Denise Reinitz

Projektleitung und Redaktion:
Andreas Thiemer

Bayessche Lemminge

Ein Experiment mit Informationskaskaden

1. Private und öffentliche Informationen

Eine kleine Geschichte aus dem Alltag:

> *Sie befinden sich in Ihrem Auto in einem Stau. Wie die vielen anderen Autofahrer wollen Sie den gleichen Zielort – eine Touristenattraktion – erreichen. Sie beschließen auf Schleichwegen den Stau zu umfahren. Sie kennen sich in der Gegend zwar nicht aus, verfügen aber über ein Navigationsgerät. Allerdings ist die Software für diese Region nicht aktualisiert. Aus Erfahrung wissen Sie, dass Ihnen Ihr Bordcomputer in 1/3 der Fälle falsche Anweisungen gibt. Sie erreichen nun eine Gabelung der Straße. Die Computerstimme rät Ihnen: „Fahren Sie jetzt links!" Vor Ihnen sind fünf Autos, an deren Kennzeichen Sie erkennen, dass es ebenfalls Touristen sind. Diese biegen aber alle nach rechts ab. Welche Richtung werden Sie einschlagen?*

Es ist rational, eine Entscheidung unter Ausschöpfung aller vorhandenen Informationen zu treffen, um ein begründetes Wahrscheinlichkeitsurteil zu bilden. Dabei ist die Zugänglichkeit von Informationen unterschiedlich. Von **privaten Informationen** lassen sich andere Individuen ausschließen. Die Nutzung des Navigationsgerätes, die eigene Intuition, Ortskenntnis und Orientierungsvermögen sind Beispiele dafür. **Öffentliche Informationen** stehen jedermann zur Verfügung. Eine Beschilderung der Umleitung existierte hier zwar nicht, aber die Richtung der vorausfahrenden Autofahrer an der Kreuzung ist ebenfalls eine öffentliche Information. Sie lässt Rückschlüsse auf die privaten Informationen dieser Autofahrer zu. Wenn die Qualität ihrer privaten Informationen mindestens so gut ist, wie die Ihres Navigationsgerätes (nämlich, dass diese mit einer Wahrscheinlichkeit von 2/3 stimmen), dann ist die Entscheidung klar: Sie stellen Ihr Navigationsgerät aus und folgen den Vorausfahrenden. So wird auch die Fahrerin hinter Ihnen denken etc. Die ganze Kolonne biegt nach rechts ab.

2. Informationskaskaden: Definition, Beispiele, Eigenschaften, Voraussetzungen

Entscheiden Individuen **nacheinander**, so kann es also geschehen, dass eine Person schließlich eine Entscheidung trifft, die im Gegensatz zu ihrer eigenen privaten Information steht, weil die Entscheidungen der Vorgänger als öffentliche Information ein starkes Gewicht im individuellen Wahrscheinlichkeitsurteil gewonnen haben und in die zum privaten Signal gegenläufigen Richtung weisen. Treffen ab diesem Punkt alle Akteure dieselbe Entscheidung, ohne auf ihre eigenen privaten Informationen zu achten, so spricht man von einer **Informationskaskade** (Information[al] Cascade, vgl. Bikhchandani/Hirshleifer/Welch 1992).

> <u>*Definition:*</u> *Eine Informationskaskade liegt vor, wenn alle Akteure bei rationalem Wahrscheinlichkeitskalkül unabhängig von ihrer privaten Information die gleiche Entscheidung treffen.*

Informationskaskaden liefern eine mögliche Erklärung für **rationales Herdenverhalten** von Menschen (Rational Herding). Dazu einige Beispiele:

- **Produkte mit ungewisser Qualität** werden entgegen der privaten Informationen gekauft (oder nicht gekauft), weil es viele (oder zu wenige) andere Käufer gibt.

- Ein **arbeitsloser Bewerber** auf eine Stelle wird trotz eines positiven Eignungstests nicht eingestellt, weil er zuvor schon bei vielen vorangegangen Bewerbungen bei anderen Firmen nicht angenommen wurde.

- Eine Vertrauenskrise gegenüber einer Bank kann in einen **Bank Run** münden, obwohl kein einzelner Anleger „negative“ private Information über seine Bank besitzt (vgl. Yorulmazer 2003).

- Käufer an **Aktienmärkten**, die dem Kurs-Ticker folgen.

Dieses Herdenverhalten umschließt die Möglichkeit, dass sich die Beteiligten als Konsequenz ihres rationalen Wahrscheinlichkeitskalküls für die falsche Alternative entscheiden. Eine solche **verkehrte Informationskaskade** (Rerverse Information Cascade) ähnelt dann dem **„Zug der Lemminge“**, die in den Abgrund stürzen.

Diese Möglichkeit führt zu einer hohen **Fragilität** von Informationskaskaden. Sobald nämlich eine Informationskaskade in Gang gekommen ist, lässt sich aus den vorangegangenen gleichgerichteten Entscheidungen der Individuen keine zusätzliche öffentliche Information mehr ableiten. Stattdessen wächst mit der Länge der Sequenz das Risiko, dass man sich in eine Schar von Lemmingen einreiht. Damit gewinnt die private Information wieder an Bedeutung.

Die obigen Beispiele mögen als anekdotische Evidenz für die Existenz von Informationskaskaden herhalten. Ebenso können auch andere Ursachen für Herdenverhalten verantwortlich sein. Z.B. könnten Netzwerkexternalitäten des Konsums dafür sorgen, dass Menschen ein Gut umso stärker präferieren, je größer die Zahl der Nachfrager ist, die dieses Gut schon nutzt.

Um Informationskaskaden von anderen Formen des Herdenverhaltens abgrenzen zu können, wird ein Entscheidungsmodell mit den folgenden **Annahmen** zugrunde gelegt (Freiberg 2004, S. 9 ff.):

a) Es ist eine Entscheidung aus einer **diskreten Alternativenmenge** zu treffen.

b) Es liegt eine Entscheidung unter **Unsicherheit** vor. Dabei sind zwei Umweltzustände möglich, z.B. ein guter Zustand („good“) und ein schlechter Zustand („bad“). Die Auszahlung an den Akteur hängt neben der eigenen Handlung vom Umweltzustand ab. Die Handlungen anderer Akteure beeinflussen die Auszahlung hingegen nicht direkt. Es gibt also **keine Auszahlungsexternalitäten**.

c) Es existiert eine **A-priori-Eintrittswahrscheinlichkeit** für den unbekannten Umweltzustand.

d) Die Individuen entscheiden und handeln nacheinander **(sequenzielle Entscheidung)**. Die Reihenfolge der Entscheidungen ist exogen vorgegeben und Kommunikation zwischen den Akteuren findet nicht statt.

e) Die Individuen erhalten durch die Beobachtung der Handlungen anderer Akteure **öffentliche Informationen**.

f) Zusätzlich geht den Akteuren kostenlos ein Signal als **private Information** zu.

g) Mithilfe der privaten und öffentlichen Informationen wird die **A-priori-Wahrscheinlichkeit** zu einer **A-posteriori-Wahrscheinlichkeit** für den unbekannten Umweltzustand aktualisiert.

h) Die Akteure **maximieren** ihren **A-posteriori-Erwartungsgewinn**.

3. Design des Experiments

Es wird eine statistisches „Urnen-Experiment“ als einfache Entscheidungssituation konstruiert, die die getroffenen Annahmen erfüllt. Dieses Experiment wurde unter Labor-Bedingungen erstmals von Anderson/Holt (1996, 1997) durchgeführt und in Folgeuntersuchungen repliziert sowie variiert (vgl. Hung/Plott 2001; Dominitz/Hung 2003).

Zwei gleich aussehende Beutel („Urnen“) enthalten unterschiedliche Füllungen mit Bällen bzw. Kugeln:

- **Beutel A**: 2 rote Bälle, 1 gelber Ball
- **Beutel B**: 1 roter Ball, 2 gelbe Bälle

Die Spieler sind über die Existenz der beiden Beutel informiert. Von der Spielleitung wird ein Beutel zufällig ausgesucht, ohne dass die Spieler wissen, ob dieser A oder B ist. Die Spieler müssen raten, um welchen der beiden Beutel es sich handelt. Wer richtig rät, erhält einen Gewinn.

Jede **Runde** gestaltet sich so:

- Es werden N Spieler (z.B. entsprechend der Sitzplatzfolge im Hörsaal) ausgesucht.
- Der Beutel wird von der Spielleitung hinter einer Abdeckung zufällig gewählt. Dieser Beutel wird dann für die gesamte Spielrunde verwendet.
- Der erste Spieler tritt hinter die Abdeckung, greift (blind) einen Ball aus dem Beutel, versichert sich über dessen Farbe. Die Spielleitung hält im Spielprotokoll die Ballfarbe fest. Der Ball wird, ohne ihn den anderen Spielern zu zeigen, wieder in den Beutel zurückgelegt. Dann entscheidet sich der Spieler für A oder B. Dazu stellt er sich mit dem Rücken zum Publikum vor die an der Tafel aufgetragenen entsprechenden Buchstaben der Beutel.
- Genauso verfahren nun auch nacheinander die übrigen N – 1 Spieler, die die Entscheidung ihrer Vorgänger (nicht aber deren gezogene Bälle) beobachten können. Diese stellen sich nach dem Ziehen ihres Balls ebenfalls vor die Tafel, ohne mit den anderen Spielern zu sprechen. Nachdem die Spieler ihre Position eingenommen haben, dürfen sie diese bis zum Ende der Runde nicht verlassen.
- Nachdem sich die N Spieler entschieden haben, wird der Beutelinhalt allen Beteiligten gezeigt und die Gewinner, die den Beutel richtig erraten haben, erhalten ihre Belohnung.
- Im Spielprotokoll werden der tatsächliche Beutel, die Farbe der gezogenen Bälle und die Entscheidungssequenz festgehalten.

Die vom Spieler zu prognostizierenden Umweltzustände sind hier also die Beutel (A oder B). Seine private Information bezieht der Spieler aus der Farbe der gezogenen Kugel. Diese Signale werden hier mit a (= rot) und b (= gelb) bezeichnet. Um die Entscheidungssituation des ersten Spielers zu analysieren, werden zunächst einige Wahrscheinlichkeiten berechnet.

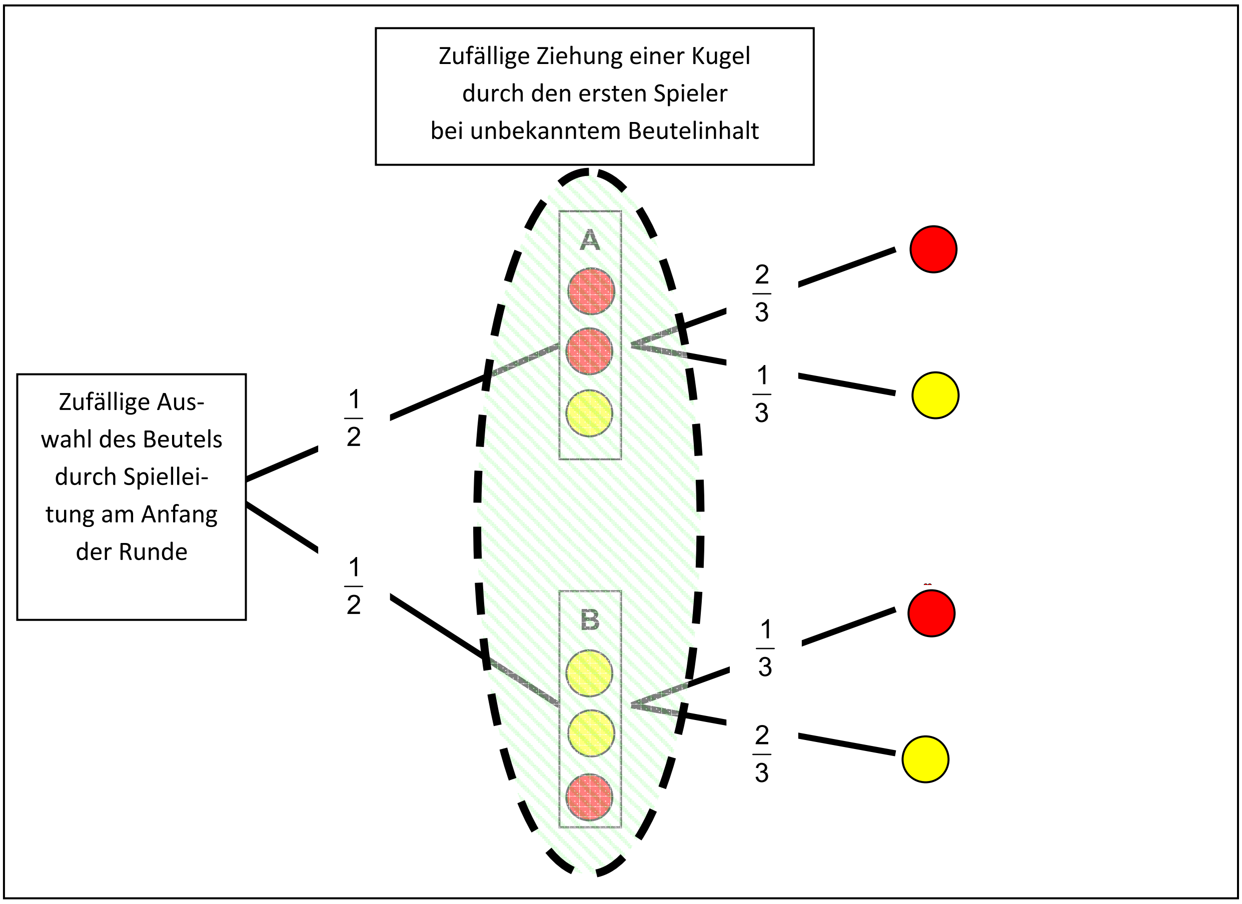


Abb. 1: Wahrscheinlichkeitsverteilungen in der Ausgangssituation

Die **A-priori-Wahrscheinlichkeiten der Beutel** betragen:

P(A) = P(B) = 1/2

Die bedingten Wahrscheinlichkeiten, eine bestimmte Farbe zu ziehen, wenn bekannt ist, aus welchem Beutel die Kugel stammt, lauten:

P(a|A) = P(b|B) = 2/3   bzw. P(a|B) = P(b|A) = 1/3

Die Wahrscheinlichkeit dafür, gleichzeitig eine bestimmte Farbe und einen bestimmten Beutel zufällig zu wählen, berechnet sich nach dem Multiplikationssatz:

$$P(a \cap A) = P(b \cap B) = 1/2 \cdot 2/3 = 1/3 \quad \text{bzw.} \quad P(b \cap A) = P(a \cap B) = 1/2 \cdot 1/3 = 1/6$$

Die Wahrscheinlichkeit eine bestimmte Farbe zu ziehen, unabhängig davon, aus welchem Beutel sie stammt, lautet:

$$P(a) = P(a \cap A) + P(a \cap B) = 1/2 \quad \text{bzw.} \quad P(b) = P(b \cap A) + P(b \cap B) = 1/2$$

Die **A-posteriori-Wahrscheinlichkeit** dafür, dass nun eine bereits gezogene rote Kugel aus Beutel A stammt, berechnet sich nach dem **Satz von Bayes**, der sich hier wegen P(A) = P(B) vereinfachen lässt:

$$P(A \mid a) = \frac{P(A) \cdot P(a \mid A)}{P(A) \cdot P(a \mid A) + P(B) \cdot P(a \mid B)} = \frac{P(a \mid A)}{P(a \mid A) + P(a \mid B)} = \frac{2/3}{2/3 + 1/3} = 2/3$$

Entsprechend ergeben sich die übrigen A-posteriori-Wahrscheinlichkeiten:

$$P(B \mid a) = \frac{P(a \mid B)}{P(a \mid A) + P(a \mid B)} = \frac{1/3}{2/3 + 1/3} = 1/3$$

$$P(A \mid b) = \frac{P(b \mid A)}{P(b \mid A) + P(b \mid B)} = \frac{1/3}{1/3 + 2/3} = 1/3$$

$$P(B \mid b) = \frac{P(b \mid B)}{P(b \mid A) + P(b \mid B)} = \frac{2/3}{1/3 + 2/3} = 2/3$$

4. Bayessche Entscheidungsregeln der Spieler

Da $P(A|a) > P(B|a)$ sowie $P(B|b) > P(A|b)$ gilt, ist für den ersten Spieler das private Signal „Farbe der gezogenen Kugel“ immer informativ. (Dies wäre nicht der Fall, wenn die Wahrscheinlichkeiten gleich groß wären). Daraus ergibt sich als **Entscheidungsregel für den ersten Spieler**:

„Bei Signal a wähle A, bei Signal b wähle B.“

Nun zieht der zweite Spieler eine Kugel. Er kann zwei Informationen auswerten: das private Signal seiner gezogenen Kugel und das öffentliche Signal der beobachteten Entscheidung des ersten Spielers. Angenommen, der erste Spieler hatte sich für A entschieden. Geht Spieler 2 davon aus, dass sich sein Vorgänger rational verhalten hat, dann muss Spieler 1 eine rote Kugel (a) gezogen haben. Wenn Spieler 2 selbst eine rote Kugel gezogen hat, dann lässt sich mithilfe der Bayes-Regel die A-posteriori Wahrscheinlichkeit dafür bestimmen, dass A der richtige Beutel ist, wenn zuvor zweimal rot (a,a) gezogen wurde:

$$P(A \mid a,a) = \frac{P(A) \cdot P(a \mid A) \cdot P(a \mid A)}{P(A) \cdot P(a \mid A) \cdot P(a \mid A) + P(B) \cdot P(a \mid B) \cdot P(a \mid B)} = \frac{P(a \mid A)^2}{P(a \mid A)^2 + P(a \mid B)^2}$$

$$= \frac{4/9}{(4/9) + (1/9)} = 4/5$$

Die Wahrscheinlichkeit, dass es sich in diesem Fall um Beutel B handeln müsste, ist dann:

$$P(B \mid a,a) = 1 - P(A \mid a,a) = 1/5$$

Also wird sich Spieler 2 für Beutel A entscheiden. Entsprechend wird er sich für B entscheiden, wenn er eine gelbe Kugel gezogen hat und der erste Spieler sich auch schon für B entschieden hatte, denn es gilt analog zu oben $P(B \mid b,b) = 4/5$ und $P(A \mid b,b) = 1/5$. Wie entscheidet sich aber Spieler 2, wenn er selbst „rot“ gezogen hat, sich sein Vorgänger aber für B entschieden hatte und deshalb wahrscheinlich „gelb“ gezogen hatte?

$$P(A \mid b,a) = \frac{P(A)\cdot P(b \mid A)\cdot P(a \mid A)}{P(A)\cdot P(b \mid A)\cdot P(a \mid A) + P(B)\cdot P(b \mid B)\cdot P(a \mid B)}$$

$$= \frac{P(a \mid A)\cdot(1 - P(a \mid A))}{P(a \mid A)\cdot(1 - P(a \mid A)) + P(b \mid B)\cdot(1 - P(b \mid B))}$$

$$= \frac{(2/3)\cdot(1/3)}{(2/3)\cdot(1/3) + (2/3)\cdot(1/3)} = 1/2$$

Und somit:

$$P(B \mid b,a) = 1 - P(A \mid b,a) = 1/2$$

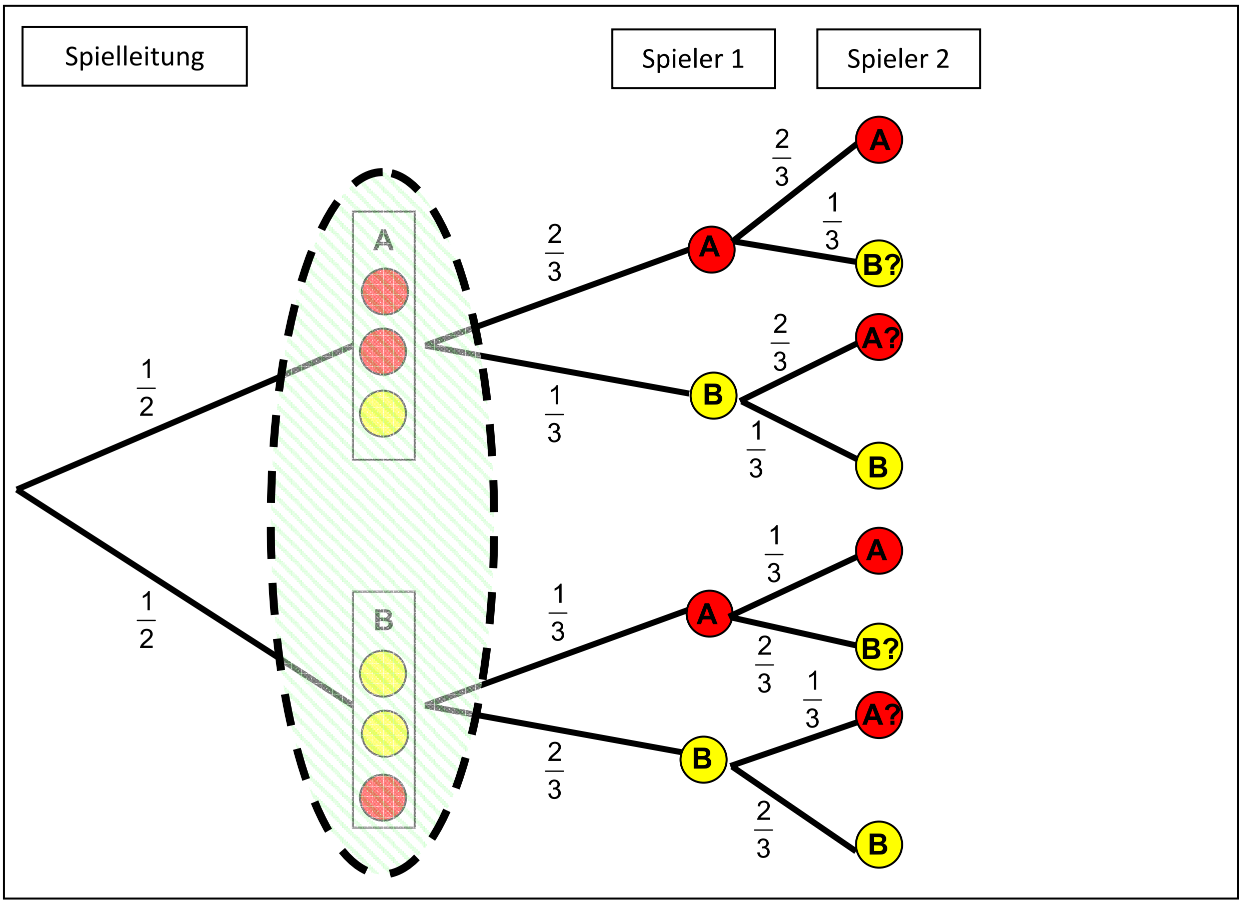


Abb. 2: Mögliche Entscheidungen von Spieler 1 und 2

Da die A-posteriori-Wahrscheinlichkeiten gleich hoch sind, ist Spieler 2 nun zwischen A und B indifferent. Sollte er es allerdings mit einer kleinen Eintrittswahrscheinlichkeit für möglich halten, dass Spieler 1 bei seiner Entscheidung einen Fehler begehen kann, dann wird Spieler 2 seiner privaten Information den Vorrang geben. Ein risikoaverser Spieler wird jedenfalls so kalkulieren. Abb. 2 zeigt im Überblick die möglichen Ziehungen der Kugelfarben und zugeordnet (als Großbuchstaben) die Wahl des Beutels. Das Fragezeichen bei Entscheidungen von Spieler 2 bringt zum Ausdruck, dass Spieler 2 hier auch anders entscheiden könnte.

Damit orientiert sich auch die **Entscheidungsregel für den zweiten Spieler** alleine an dessen privater Information:

„Bei Signal a wähle A, bei Signal b wähle B."

Nun zieht Spieler 3 eine Kugel. Angenommen die Farbe seiner Kugel ist gelb und die Spieler vor ihm haben sich beide für Beutel A entschieden. Dies interpretiert Spieler 3 als die Signalfolge „a,a,b". Die A-posteriori-Wahrscheinlichkeit, dass nach Auftreten dieser Informationen Beutel A richtig ist, ergibt sich aus:

$$P(A \mid a,a,b) = \frac{P(A) \cdot P(a \mid A) \cdot P(a \mid A) \cdot P(b,A)}{P(A) \cdot P(a \mid A) \cdot P(a \mid A) \cdot P(b,A) + P(B) \cdot P(a \mid B) \cdot P(a \mid B) \cdot P(b \mid B)}$$

$$= \frac{(2/3) \cdot (2/3) \cdot (1/3)}{(2/3) \cdot (2/3) \cdot (1/3) + (1/3) \cdot (1/3) \cdot (2/3)} = 2/3$$

Daraus folgt:

$$P(B \mid a,a,b) = 1 - P(A \mid a,a,b) = 1/3$$

Spieler 3 wird sich dann entgegen seiner privaten Information für Beutel A entscheiden. Die Wahrscheinlichkeit einer Fehlprognose ist dabei aber offenbar nur halb so groß wie die Wahrscheinlichkeit, richtig zu liegen. Sobald ein „Update" der A-posteriori-Wahrscheinlichkeiten durch das private Signal keine Änderung der Entscheidung herbeiführt, befindet man sich in einer Informationskaskade. Dieser Fall tritt ein, wenn Spieler 1 und 2 identische Entscheidungen getroffen haben. Die Hälfte der 16 möglichen Ziehungsfolgen lässt es zu einer solchen Situation kommen. Abb. 3 zeigt, dass dabei 4 Kaskaden möglich sind, bei denen sich Spieler 3 gegen sein privates Signal entscheidet. Zwei davon führen zur richtigen Prognose, die beiden anderen dagegen zu Fehlprognosen. In allen anderen Fällen deckt sich die Entscheidung von Spieler 3 mit der von ihm gezogenen Farbe des Balles.

Nun lässt sich eine **verallgemeinerte Formel zur Bestimmung der A-posteriori-Wahrscheinlichkeiten** aus dem Satz von Bayes herleiten, die für jeden Spieler in der Sequenz gilt (vgl. Anderson/Holt 1997, S. 850 f.):

> *Bezeichnet* n(X) *die Anzahl informativer Signale, die einer bestimmten Kugelfarbe* $X \in \{a,b\}$ *zuzuordnen ist, so bestimmt sich die A-posteriori-Wahrscheinlichkeit dafür, dass die Kugeln aus Beutel* A *gezogen wurden, nach:*

$$P(A \mid n(a),n(b)) = \frac{P(A) \cdot P(a \mid A)^{n(a)} \cdot P(b \mid A)^{n(b)}}{P(A) \cdot P(a \mid A)^{n(a)} \cdot P(b \mid A)^{n(b)} + P(B) \cdot P(a \mid B)^{n(a)} \cdot P(b \mid B)^{n(b)}}$$

$$= \frac{0.5 \cdot (2/3)^{n(a)} \cdot (1/3)^{n(b)}}{0.5 \cdot (2/3)^{n(a)} \cdot (1/3)^{n(b)} + 0.5 \cdot (1/3)^{n(a)} \cdot (2/3)^{n(b)}}$$

$$= 2^{n(a)} / [2^{n(a)} + 2^{n(b)}]$$

Aufgrund der einfachen symmetrischen Struktur des Spiels ist es aber gar nicht notwendig, die A-posteriori-Wahrscheinlichkeiten auf diese Weise explizit auszurechnen. Stattdessen lässt sich auch eine **heuristische Abzählregel** verwenden:

– ***Schritt 1:*** *Zähle, wie viele Spieler zuvor jeweils A oder B gewählt haben.*

– ***Schritt 2:*** *Ist eine Alternative von* ***mindestens 2 Spielern*** *häufiger gewählt worden als die andere Alternative, dann schließe dich der Mehrheit an, egal was du selbst für eine Farbe gezogen hast. Trifft diese Bedingung nicht zu, dann folge in deiner Entscheidung der privaten Information, d.h. wähle den Beutel, der die gezogene Farbe mit einer Wahrscheinlichkeit von 2/3 repräsentiert.*

Diese Daumenregel können auch Spieler intuitiv anwenden, denen der Satz von Bayes nicht geläufig ist. Die einfache Regel funktioniert allerdings nicht bei asymmetrischer Verteilung der Wahrscheinlichkeiten (vgl. Anderson/Holt 1997, S. 857.)

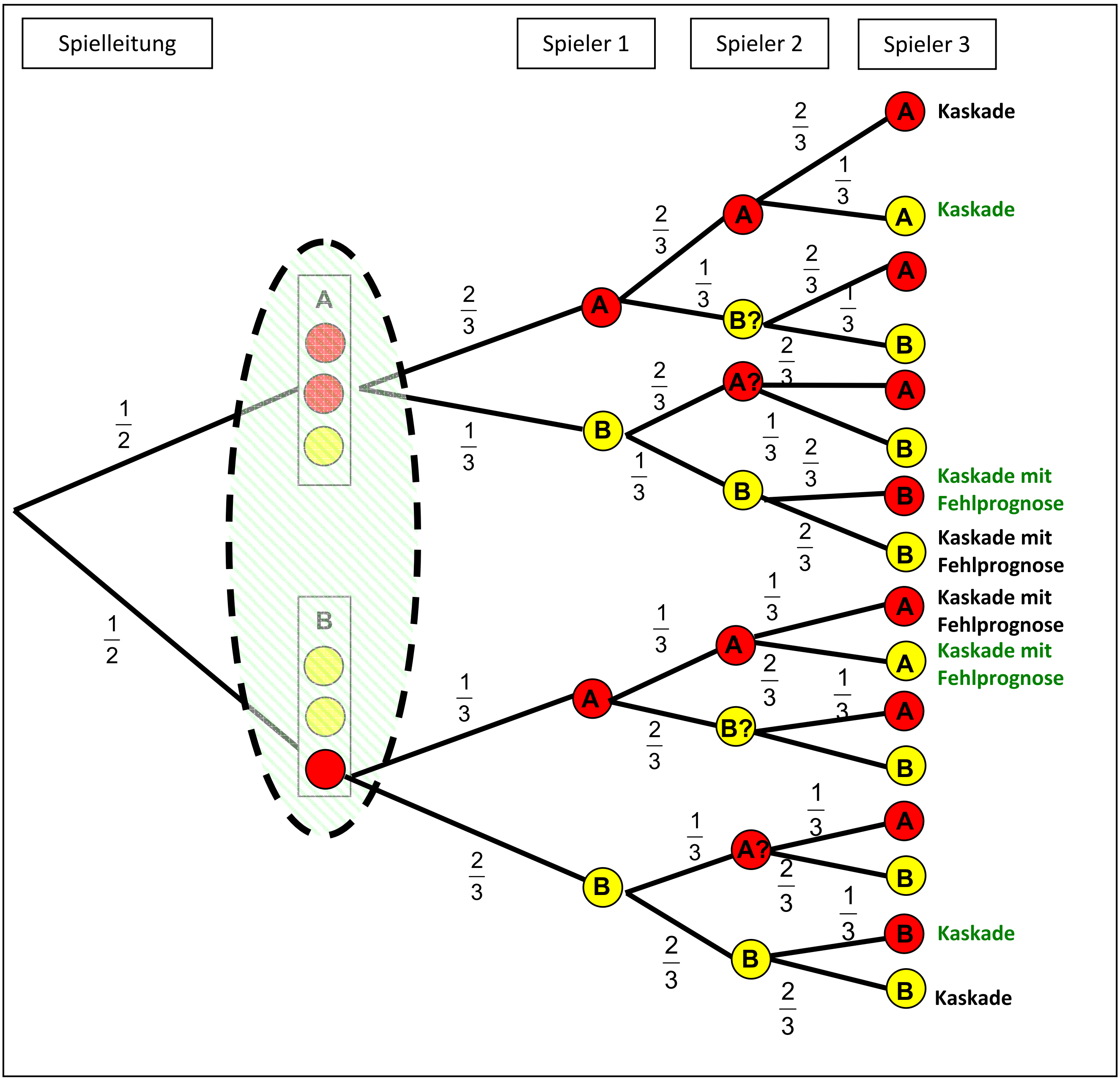


Abb. 3: Beginn von Informationskaskade, grün hervorgehoben sind die Fälle, in denen Spieler 3 gegenläufig zu seinem privaten Signal entscheidet

5. COMPUTERSIMULIERTE BEISPIELE

Auf dem Computer lassen sich zufällige Ziehungen der Kugeln simulieren und für eine vorgegebene Anzahl von Spielern die Entscheidungsfolge nach den soeben abgeleiteten Regeln berechnen[1]. Das erste Beispiel (Abb. 4) zeigt den Fall, dass sich alle Spieler für Beutel (= Urne) A entscheiden. Die farbigen Kreise markieren die Bälle, die vom Spieler mit der auf der horizontalen Achse zugeordneten Nummer tatsächlich gezogen wurden. Das Balkendiagramm zeigt die A-posteriori-Wahrscheinlichkeit für Beutel A. Die gestrichelte blaue Linie gibt die Entscheidungssequenz der Spieler wieder. Befindet diese Linie sich auf Höhe der roten Kugeln, so hat der zugehörige Spieler A gewählt, auf Höhe der gelben Kugel wird dagegen B gewählt. In diesem Beispiel war die A-posteriori-Wahrscheinlichkeit für A immer größer als 1/2, sodass alle Spieler sich für A entschieden. Ab dem dritten Spieler sind die privaten Informationen nicht mehr entscheidungsrelevant.

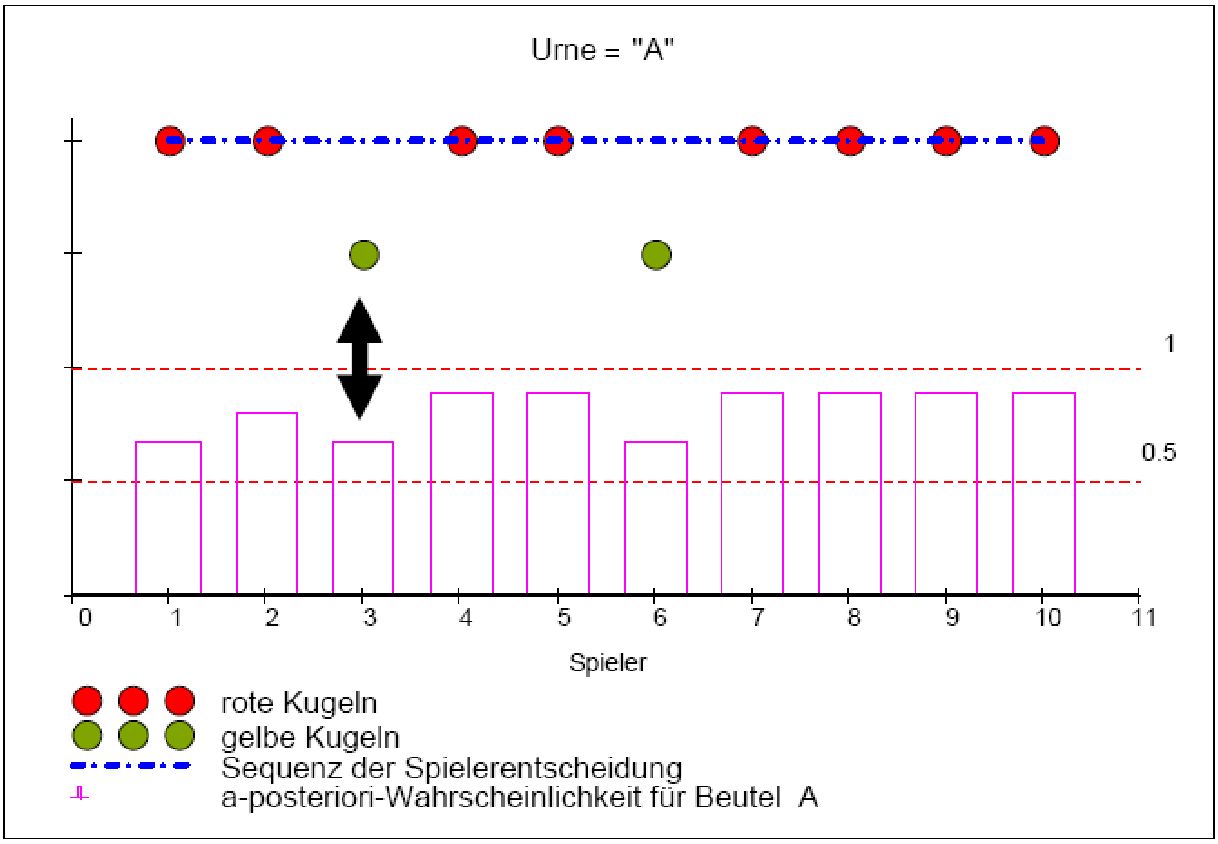


Abb. 4: Simulationsbeispiel mit Informationskaskade ab Spieler 3

Das zweite Beispiel (Abb. 5) zeigt dagegen einen Fall, bei dem erst ab Spieler 7 die Farbe der eigenen gezogenen Kugel für die Beutelwahl irrelevant geworden ist. Zuvor hatten sich Spieler 2 und 4 noch für B entschieden. Spieler Nr. 9 tut dies aber nicht mehr.

Das dritte Beispiel (Abb. 6) zeigt eine Informationskaskade mit Fehlprognose. Die dem Zufallszahlengenerator zugrunde gelegte Wahrscheinlichkeitsverteilung entsprach Beutel A. Da aber zuerst zwei gelbe Bälle hintereinander gezogen wurden, entscheidet sich Spieler 3 trotz seines roten Balles gegen Urne A, da deren A-posteriori-Wahrscheinlichkeit unter 1/2 geblieben ist. Von nun ab an verfangen sich alle weiteren Spieler in dieser Fehlprognose und bleiben bei B.

[1] Allen Simulationen wurde in den hier gezeigten Beispielen Beutel A zugrunde gelegt. Das Simulationsprogramm wurde in Mathcad 8 erstellt (s. Anhang 3).

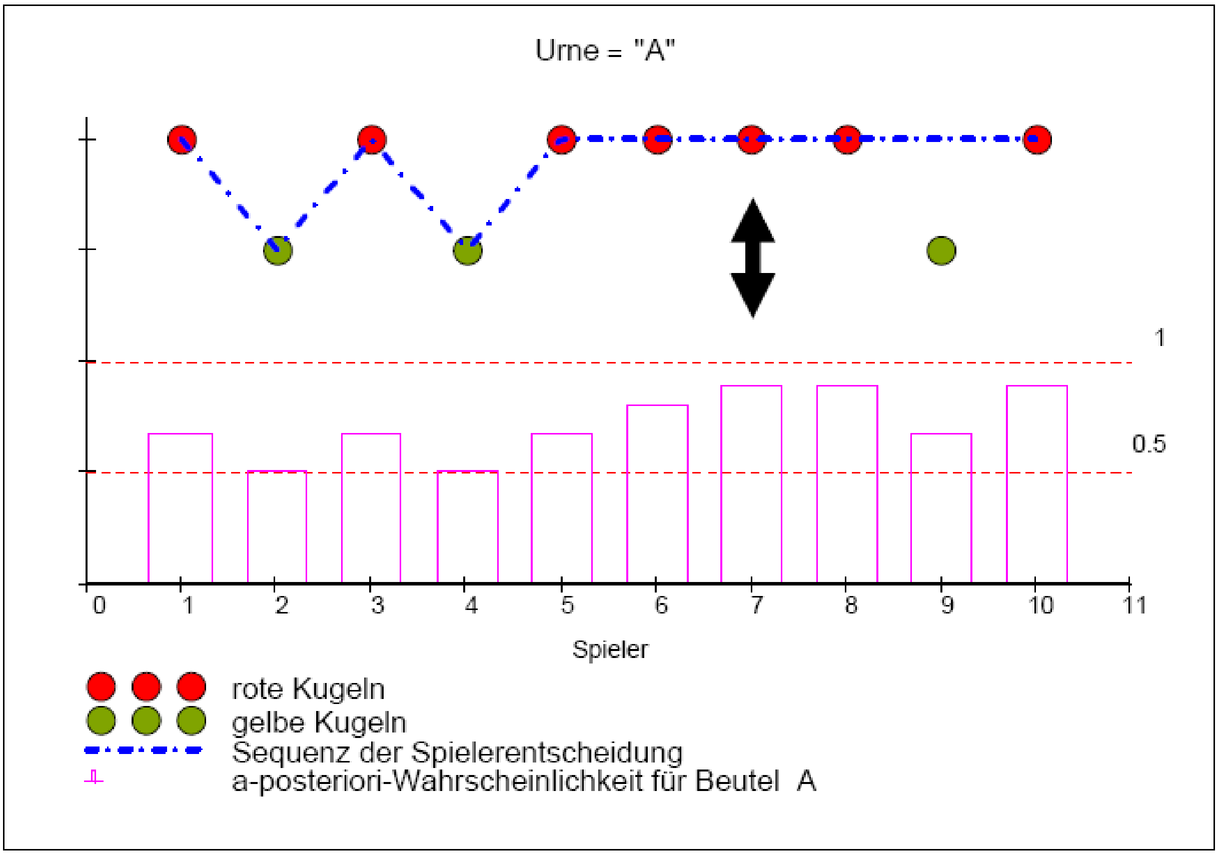


Abb. 5: Simulationsbeispiel mit Informationskaskade ab Spieler 7

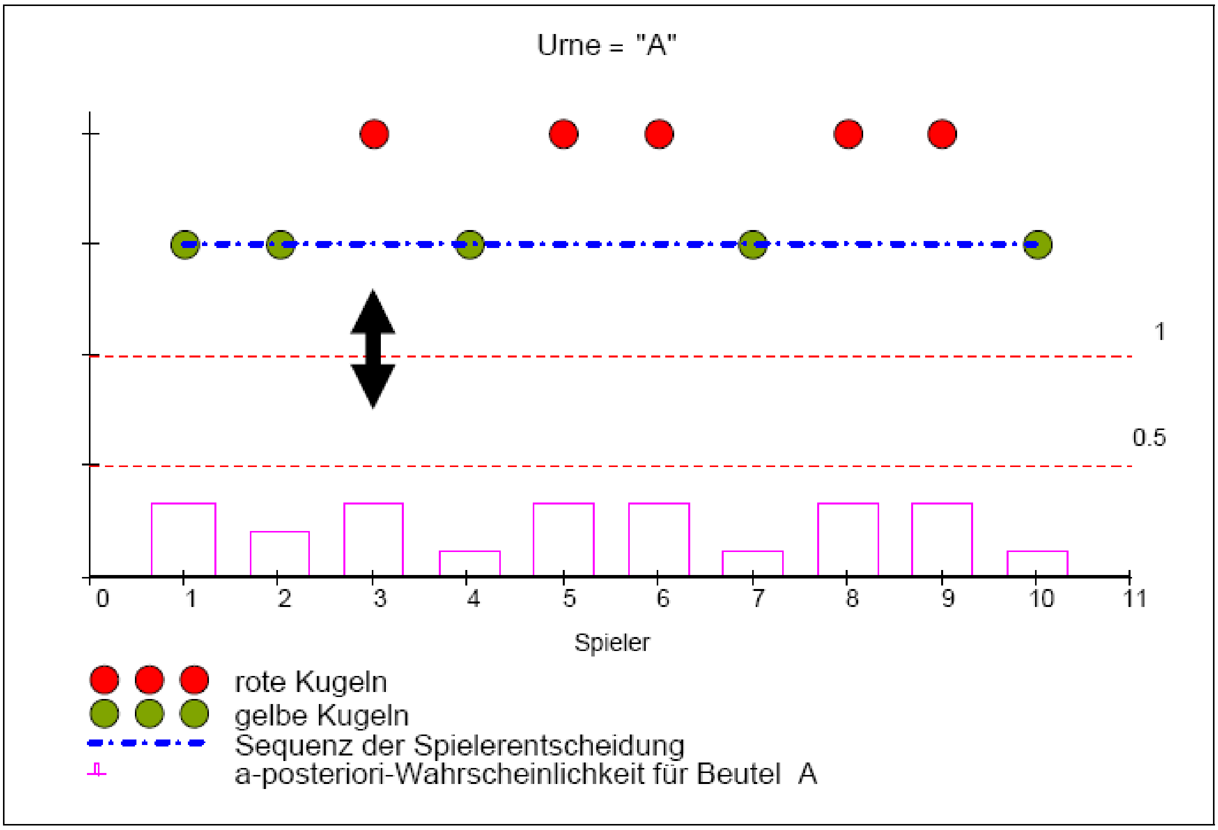


Abb. 6: Simulationsbeispiel mit „verkehrter“ Informationskaskade

Informationskaskaden können also in die falsche Richtung weisen. Deshalb liefern auch die der Mehrheitsentscheidung folgenden „Lemminge“ keine relevanten zusätzlichen Informationen für den nächsten Spieler. Dieser kann nämlich keinen Rückschluss mehr auf die gezogenen Farben der Spieler ziehen, die ihre Entscheidung mit Beginn der Informationskaskade getroffen haben. So gesehen hat ein Spieler auch wieder einen (zumindest psychologisch) guten Grund auf seine private Information stärker zu vertrauen.

Gibt es Spieler, die ein privates Signal besitzen, das gegen den Trend der Kaskade spricht, und vertrauen solche Spieler diesem Signal stärker — wegen einer tatsächlichen oder vermuteten— höheren Präzision der eigenen privaten Information **(Overconfidence)** und befürchten sich in einen „Zug der Lemminge“ einzuordnen, so bricht die Kaskade auseinander. Sie entscheiden nach der Farbe der eigenen Kugel und verändern damit dramatisch die öffentlichen Informationen für die nachrückenden Spieler.

Dies lässt sich durch Simulationen berücksichtigen, in denen man mit α eine Wahrscheinlichkeit dafür vorgibt, dass ein Spieler im Falle einer Informationskaskade sich an seiner privaten Information ausrichtet.[2] In den beiden folgenden Beispielen wurde dafür die Wahrscheinlichkeit auf 10% gesetzt und eine Sequenz für 100 Spieler berechnet.

Abb. 7 zeigt ein Beispiel, in dem zunächst eine „verkehrte“ Informationskaskade (Entscheidung für Beutel B) läuft. Dann bricht der 37. Spieler aus der „Herde“ aus. Da der darauf folgende Spieler ebenfalls eine rote Kugel zieht, steigt die A-posteriori-Wahrscheinlichkeit auf den Wert 0,5. Der 39. Spieler zieht ebenfalls „rot“. Nun kommt eine neue Informationskaskade zustande, in der jetzt alle weiteren Spieler den („richtigen“) Beutel A wählen

Die Simulation in Abb. 8 zeigt, dass mit derselben Parametervorgabe auch ein häufigerer Wechsel der Kaskaden möglich ist.

---

[2] Ebenso gut kann dieser Parameter auch als Wahrscheinlichkeit dafür angesehen werden, dass die Signalpräzision für diesen Spieler höher als üblich ist. Bei $\alpha = 1$ würden die Spieler ausschließlich der privaten Information folgen. Bei $\alpha = 0$ dagegen, würde wieder der Fall unendlich langer Informationskaskaden eintreten. Zu einem weiteren Ansatz, den Fall der „Overconfidence“ bei der Bildung von Informationskaskaden mithilfe numerischer Simulationen zu modellieren, vgl. Kariv 2005.

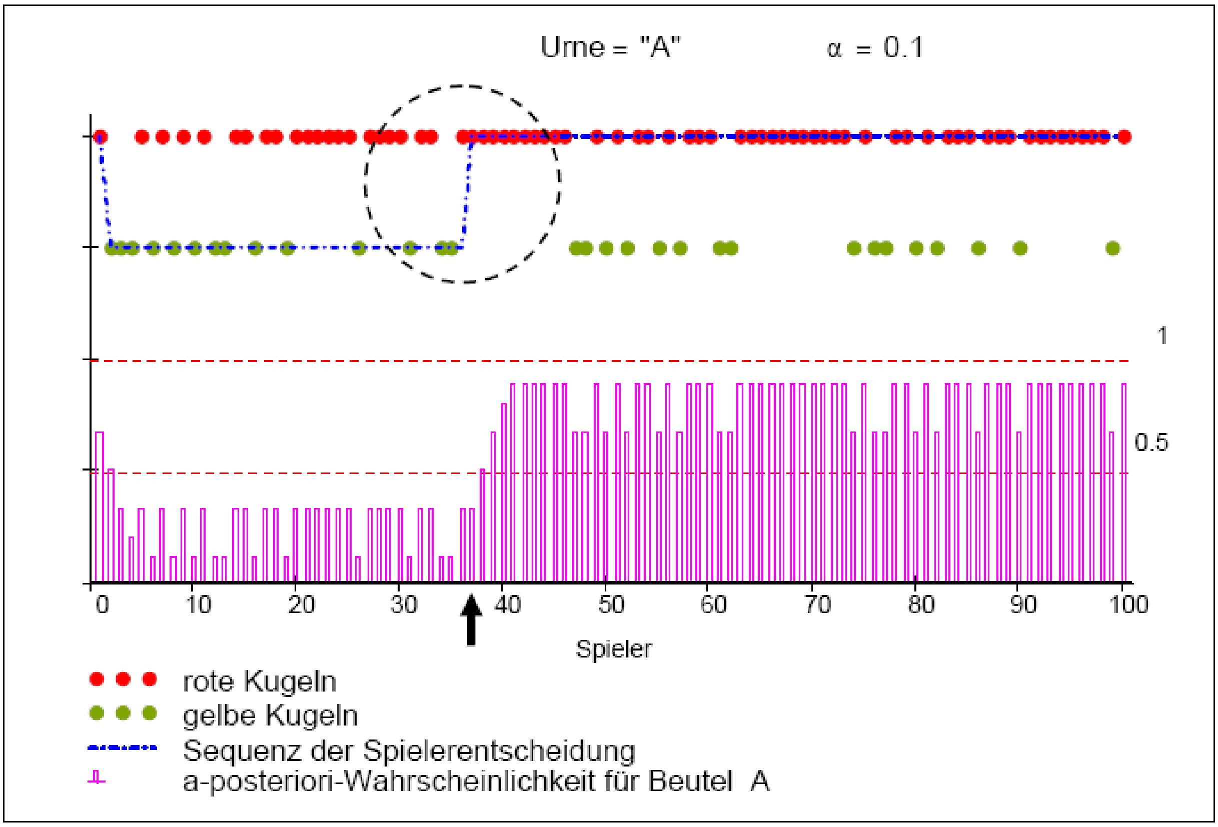


Abb.7: Simulationsbeispiel mit einem Kaskadenwechsel

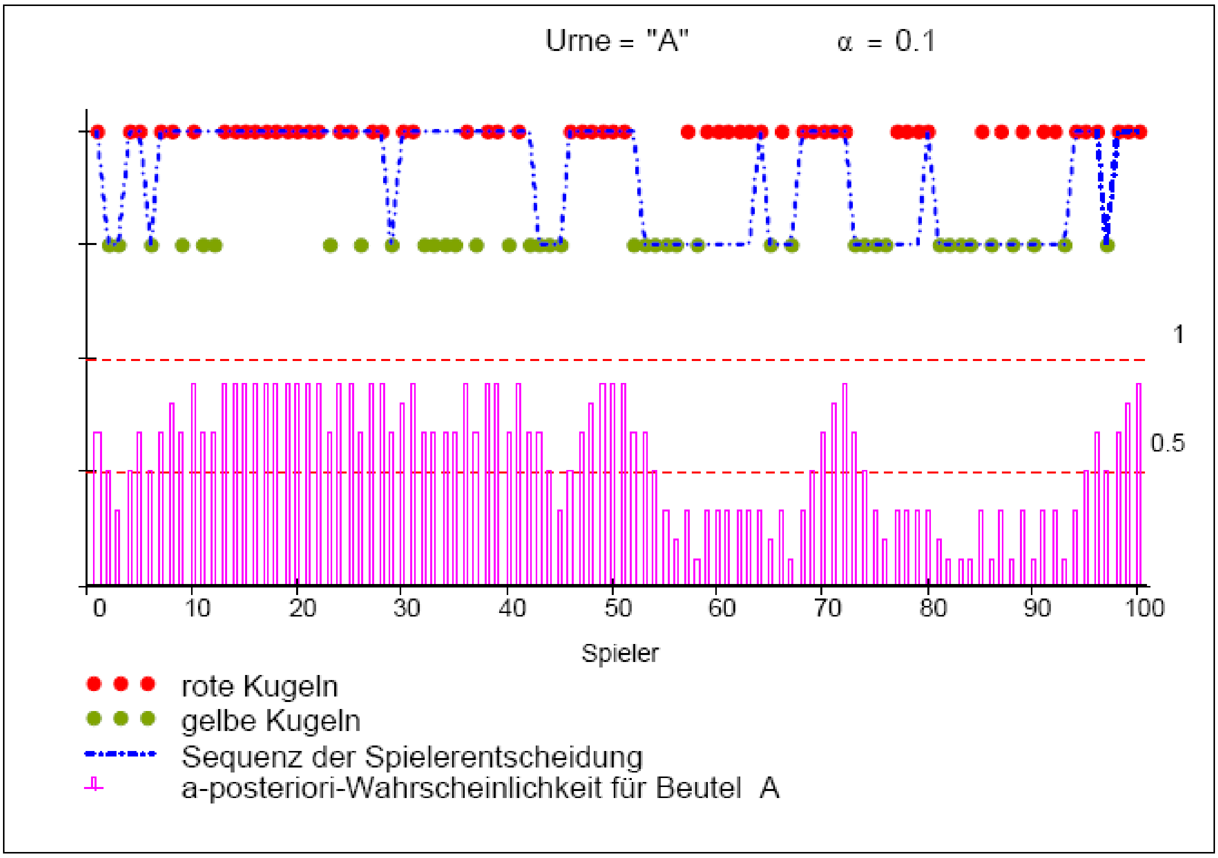


Abb. 8: Simulationsbeispiel mit mehreren Kaskadenwechseln

6. Auswertung des Experiments

Dieses Experiment wurde 2007 in drei Gruppen (Erstsemester Bachelor-Studiengang BWL) mit über 100 Personen durchgeführt. Dabei wurden 19 Runden mit jeweils 6 verschiedenen Teilnehmern gespielt. Insgesamt konnte also auf eine Stichprobe von 114 Spielerentscheidungen zurückgegriffen werden. Die ausführlichen Ergebnisse sind im Anhang 1 dokumentiert.

Als Beispiel sei zunächst Fall 18 genannt. Der von der Spielleitung zufällig ausgesuchte Beutel war B. Nacheinander zog nun jeder Spieler einen Ball aus diesem Beutel. Die ersten vier Spieler bekamen alle die Farbe gelb (= b) zu sehen. Die A-posteriori-Wahrscheinlichkeit für Beutel A sank dabei auf 1/9. Mit dem dritten Spieler war bereits der Übergang zu einer Informationskaskade erreicht. Spieler 5 und 6 entschieden sich daher entgegen ihrem privaten Signal a (rote Kugel) für die Urne B. Damit entsprach die tatsächliche Sequenz der Entscheidungen (= Prognosen) der hypothetischen Entscheidungsfolge, dass sich alle Spieler für B entscheiden.

Fall 18
3. Semestergruppe: Runde: 5
Tatsächlicher Beutel: **B**

Spieler Nr.	1	2	3	4	5	6
gezogener Ball und P(A|·)	b (1/3)	b (1/5)	b (1/9)	b (1/9)	a (1/3)	a (1/3)
Prognose	B	B	B	B	B	B

Hypothetische Entscheidungsfolge: B,B,B,B,B,B

Abb. 9: Runde mit „perfekter" Informationskaskade

Insgesamt lieferten nur 5 der gespielten Runden (Fälle 8, 9, 11, 13 und 18) exakt die theoretisch zu erwartende Entscheidungsfolge. Aufgrund der Ziehungen der Kugeln hätte es in 16 Fällen zu einer Kaskadenbildung kommen müssen. Aber nur in 9 Fällen waren tatsächlich Kaskaden zu beobachten. Ursache für diese Abweichungen waren verschiedene Arten von Fehlentscheidungen.

Als **Entscheidungsfehler 1. Art** soll hier das Ignorieren sämtlicher privater und öffentlicher Informationen bezeichnet werden. So wählten in Fall 4 Spieler 1 und Spieler 5 entgegen ihrer A-posteriori-Wahrscheinlichkeit und der von ihnen gezogenen roten Kugeln den Beutel B.

Fall 4
1. Semestergruppe: Runde: 4
Tatsächlicher Beutel: **A**

Spieler Nr.	1	2	3	4	5	6
gezogener Ball und P(A|·)	a (2/3)	a (1/2)	a (1/3)	a (1/2)	a (2/3)	a (1/2)
Prognose	B	B	A	A	B	A

Hypothetische Entscheidungsfolge: A,A,A,A,A,A

Abb. 10: Runde mit Entscheidungsfehler 1. Art (rot) und Entscheidungsfehler 3. Art (gelb)

Einen **Entscheidungsfehler 2. Art** zeigt Fall 1. Hier entscheidet sich Spieler 3 für Beutel A, obwohl seine A-posteriori-Wahrscheinlichkeit gegen diese Möglichkeit spricht. Allerdings – anders als bei dem Entscheidungsfehler 1. Art – ist diese Entscheidung kompatibel mit seinem privaten Signal (rote Kugel). Es handelte sich hier also um einen Spieler, der nur auf sein privates Signal achtet, nicht aber auf die öffentlichen Informationen. Dadurch wurde an dieser Stelle der Beginn einer Informationskaskade verhindert. Ursache für ein solches Verhalten kann ein übersteigertes Vertrauen in die private Information („Overconfidence“) bzw. ein Misstrauen in die Entscheidungskompetenz der vorangegangenen Akteure sein.

Fall 1
1. Semestergruppe: Runde: 1
Tatsächlicher Beutel: **A**

Spieler Nr.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
gezogener Ball und P(A|·)	b (1/3)	b (1/5)	a (1/3)	a (1/2)	a (2/3)	b (1/2)
Prognose	B	B	A	A	A	B

Hypothetische Entscheidungsfolge: B,B,B,B.B,B

Abb. 11: Runde mit Entscheidungsfehler 2. Art

Wie schon im vorangegangenen Kapitel erklärt, ist diese Einstellung entscheidungslogisch zu rechtfertigen, wenn sich die Vorgänger bereits in einer Informationskaskade befunden haben. Deshalb wurden derartige Reaktionen nicht als Fehler gewertet, wenn diese **nach** dem Beginn einer Informationskaskade auftraten (z.B. Spieler 6 in Fall 14). Dann handelte es sich um „Kaskadebrecher“, die gegen den öffentlichen Trend spekulierten.

Fall 14
3. Semestergruppe: Runde: 1
Tatsächlicher Beutel: **B**

Spieler Nr.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
gezogener Ball und P(A| ·)	b (1/3)	b (1/3)	b (1/9)	b (1/9)	b (1/9)	a (1/3)
Prognose	B	B	B	B	B	A

Hypothetische Entscheidungsfolge: B,B,B,B,B,B

Abb. 12: Kaskadebrecher

Der **Entscheidungsfehler 3. Art** umfasst Fälle, in denen sich Spieler bei für jeden Beutel gleich hohen A-posteriori-Wahrscheinlichkeiten von 50% nicht für den zur eigenen Kugelfarbe passenden Beutel entschieden. Spieler 2 in Fall 4 (s.o.) hatte eine rote Kugel gezogen, aber Beutel B gewählt. Drei weitere Spieler verhielten sich ähnlich (s. Fälle 4, 15 und 19). Dies ist zwar kein „harter“ logischer Fehler, aber nur dann plausibel, wenn die anderen Mitspieler mit Sicherheit keinen Fehler machen (wovon man aber offensichtlich nicht ausgehen durfte). Ein Grund für dieses Verhalten könnte sein, dass diese Spieler sich aus psychologischen Gründen heraus konformistisch verhielten (zu diesem **„Status-quo-Bias“**, vgl. Anderson/Holt 1997, S. 848). Schließlich hat sich in dieser Situation immer die Mehrheit der Vorgänger gegen den Beutel entschieden, für den das private Signal steht. Da es aber insgesamt 20-mal zu gleich verteilten A-posteriori-Wahrscheinlichkeiten kam, hatte sich der deutlich überwiegende Teil (80%) an der Farbe der eigenen Kugel orientierte, was theoretisch auch zu erwarten war.

Daraus lässt sich eine wichtige Schlussfolgerung ziehen: **Ein Status-quo-Bias lässt sich nicht feststellen.** Ein mögliches Herdenverhalten kann also nicht durch eine verzerrte Übergewichtung des öffentlichen Teils der Informationen begründet werden. Dies Ergebnis deckt sich mit der umfangreicheren Untersuchung von Anderson/Holt (1997, S. 856). Dort entschieden sich 83% der Spieler bei gleich verteilten A-posteriori-Wahrscheinlichkeiten gemäß ihrer privaten Information.

	Anzahl	Anteil
Entscheidungsfehler 1. Art	14	12,3%
Entscheidungsfehler 2. Art	4	3,5%
Emtscheidungsfehler 3. Art	4	3,5%
„Kaskadebrecher“	3	2,6%
Bayessche Entscheidung inkonsistent mit privater Information (bei Kaskade)	4	3,5%
Bayessche Entscheidung konsistent mit privater Information	85	74,6%

Abb. 13: Häufigkeitsverteilung verschiedener Arten von Spielerentscheidungen

Ein Rätsel stellt der hohe Anteil (12,3%) der logisch gravierenden Entscheidungsfehler 1. Art dar. Dies gilt umso mehr, als derartige Fehlentscheidungen in der Untersuchung von Holt/Anderson (1997, S. 852) nur in 4% der Fälle auftraten. Warum sollte auch ein Spieler im Widerspruch zu allen für ihn verfügbaren Informationen handeln? Dazu drei mögliche Erklärungen:

1. Das Experiment war nicht anonym. Die Spieler kannten sich aus ihrer Semestergruppe. Das kann dazu geführt haben, dass einige Spieler, losgelöst von Wahrscheinlichkeitskalkülen, sich an einer bestimmten Bezugsperson orientierten oder sich von ihren Vorgängern bewusst abgrenzen wollten. Außerdem konnte nicht ausgeschlossen werden, dass Spieler die Entscheidungen ihrer Vorgänger auch danach bewerteten, ob diese zögerlich oder schnell gefällt wurden.
2. Der Gewinnanreiz des Experiments war zu gering, sodass einige Spieler bewusst als „Spielverderber“ oder Hasardeure agierten.[3]
3. Die Wahrscheinlichkeiten wurden falsch eingeschätzt. Kalkulierte etwa ein Spieler fälschlicherweise nur mit den A-priori-Wahrscheinlichkeiten von 50% ohne ein „Update“ durch neue Informationen vorzunehmen, so konnte er folgerichtig seine Entscheidung dem Zufall überlassen. [4]

Wie zu erwarten, verschlechterte jedenfalls ein fehlerhaftes Verhalten die Gewinnchance. Von den Spielern, die Entscheidungsfehler 1., 2. und 3. Art begangen, hatten nur 23% den richtigen Beutel

[3] Das Spiel fand am Nikolaus-Tag (6. Dezember 2007) statt. Zu gewinnen gab es bei richtig erratenem Beutel einen kleinen Schokoladen-Nikolaus. Sicherlich hätten sich einige Spieler bei einem höheren Bargeldbetrag oder Punktegutschriften für die Klausur mehr angestrengt. Drei Spieler bekannten sich nach dem Spiel zu den Gründen ihrer „Fehlentscheidungen“. Zwei von ihnen wollten die Mitspieler in die Irre führen, der andere wollte seinen Spielspaß dadurch erhöhen, dass er das Risiko steigerte, in dem er sich für die weniger wahrscheinliche Alternative entschied.

[4] Einen deutlichen Hinweis auf eine falsche Einschätzung der Wahrscheinlichkeiten gaben zwei Stichproben. Im Vorfeld des Experiments wurden Aufgaben gestellt, mit denen sich das Team von Bearbeitern für dieses Projekt qualifizieren musste. Dazu zählte auch die Frage nach der A-posteriori-Wahrscheinlichkeit von Beutel A für Spieler 1, wenn dieser zuvor eine rote Kugel gezogen hatte. Nur 4 von 9 Bewerberteams gaben die richtige Antwort von 2/3 an. Die anderen gingen von einer Wahrscheinlichkeit von 1/2 (oder sogar weniger!) aus. Von der Ernsthaftigkeit der (nicht anonymen!) Bewerber konnte hier wohl ausgegangen werden. Eine Blitzumfrage in einer der Semestergruppen ergab, dass auch dort nur etwas mehr als die Hälfte der Teilnehmer diese Wahrscheinlichkeit höher als 1/2 einschätzte. Dies bedeutet nun allerdings nicht, dass BWL-Erstsemester der FH-Kiel sich als „besonders dumm“ erweisen. In einem Experiment mit 65 Studierenden eines Mikroökonomie-Kurses an der Berliner Humboldt-Universität (in dem der „Satz von Bayes“ sogar vorher besprochen wurde!!) war die Mehrheit der Befragten nicht in der Lage, eine Entscheidung auf Basis von A-posteriori-Wahrscheinlichkeiten korrekt zu treffen und zu begründen (vgl. Huck/Oechssler 2000).

erraten. Der Anteil der Gewinner unter den Spielern, die sich an die Bayessche Regel hielten, betrug dagegen 73%.

7. Ergebnisse der Befragung

Wie oben schon erwähnt, konnte die fehlende Anonymität der Spieler die Ergebnisse des Experiments verzerren. Ein weiterer Nachteil des Experiments lag darin, dass aufgrund des geringen Stichprobenumfangs und der Zufallszüge es nur bei 7 der 114 Entscheidungen zu einer kritischen Situation kam, in der sich ein Spieler in einer Informationskaskade befand, bei der seine private Information sich gegenläufig zur A-posteriori-Wahrscheinlichkeit verhielt.

Deshalb wurde ein weiterer Test mit denselben Probanden mithilfe eines Fragebogens durchgeführt (s. Anhang 2). Dieser Test erfolgte in Anschluss an das Experiment. Es wurde die gleiche Spielsituation Bezug genommen, die den Spielern ja nun vertraut war. Dabei wurden im Fragebogen sieben verschiedene Entscheidungssituationen mit zunehmender Komplexität vorgestellt. In jedem der Fälle mussten die Befragten davon auszugehen, dass sie selbst eine roten Ball gezogen hatten. Ansonsten unterschieden sich die Fälle durch die Vorgabe vorangegangener Entscheidungen fiktiver Spieler. Die Befragten mussten nun für jeden Fall ankreuzen, ob sie sich für Beutel A oder B entscheiden würden.

Damit erfüllte dieser Test zwei Bedingungen, die im Experiment nicht gegeben waren:

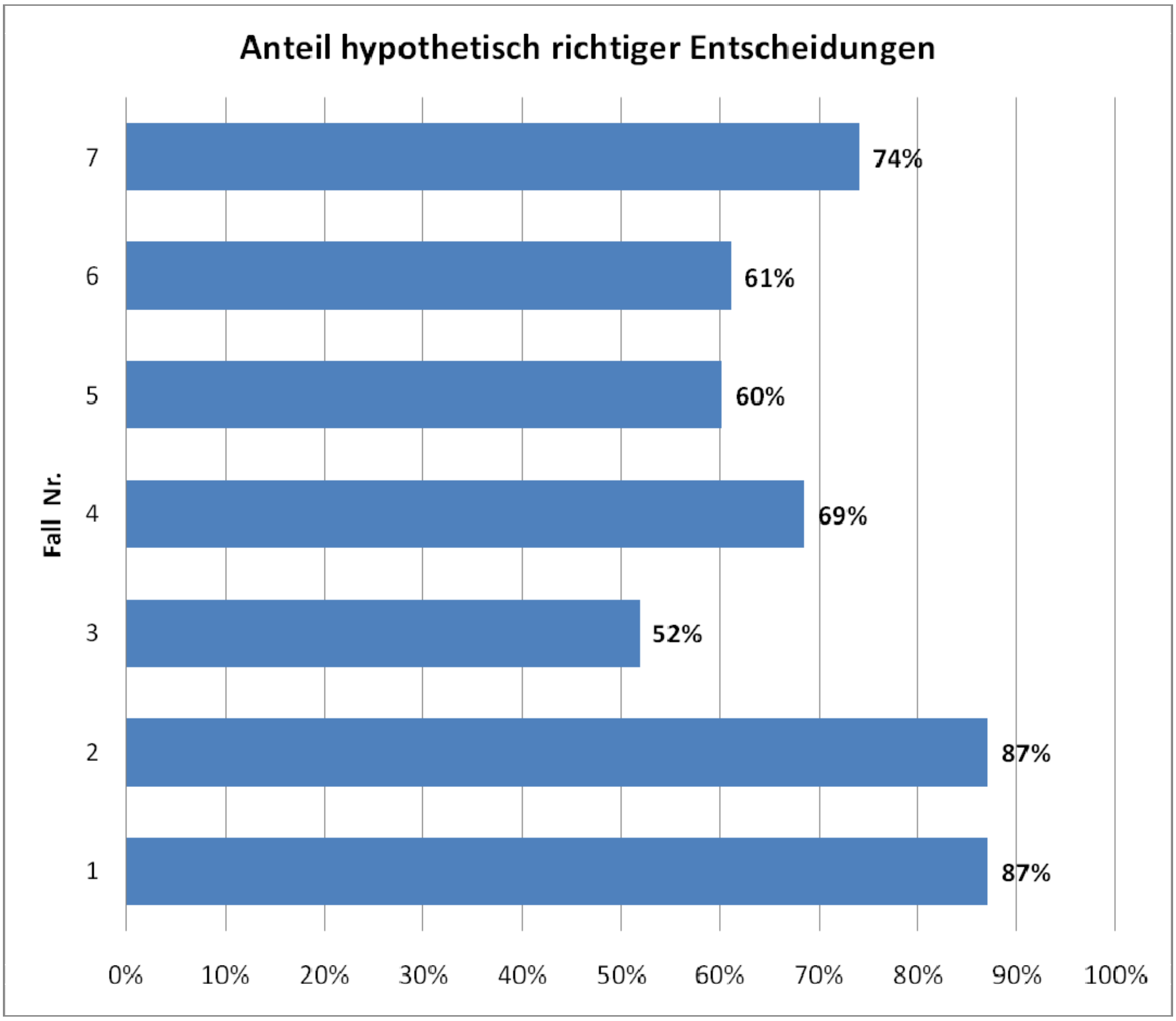
1. **Anonymität**: Die Befragung war im doppelten Sinne anonym, weil die Mitspieler fiktiv waren und die eigene Entscheidung nicht bekannt gegeben wurde.
2. **Standardisierung**: Alle Befragten wurden den gleichen Entscheidungssituationen ausgesetzt.

Allerdings gab es – anders als im Experiment – mit der Beantwortung des Fragebogens keine Chance auf einen Gewinn, was sich eventuell nachteilig auf die Sorgfalt der Antworten auswirken konnte.

Das Balkendiagramm in Abb. 14 fasst die Ergebnisse zusammen. Darunter sind die Fallvorgaben wiedergegeben. Rot markiert ist die gegebene private Information (roter Ball) und die im Bayesschen Sinne richtige Antwort. Die Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil der 108 befragten Personen, die die hypothetisch richtige Antwort gaben.

Die höchste Übereinstimmung mit den richtigen Antworten (87%) lieferten die ersten beiden Fälle. In den Fällen 2, 4 und 7 war die A-posteriori-Wahrscheinlichkeit zwischen beiden Beuteln gleich verteilt. In diesen Fällen folgte die Mehrheit der Befragten ihrer privaten Information. In den Situationen, die als Informationskaskaden konstruiert waren (Fall 3, 5 und 6), war nur eine schwache Mehrheit (52% bis 61%) bereit, entgegen ihrer privaten Information zu handeln. Nach dieser Befragung würde die Fortsetzung einer Informationskaskade mit einer Wahrscheinlichkeit von 50% bis 60% erfolgen. Dies deckt sich in mit den Ergebnissen des Experiments, bei dem es nur in 56% der theoretisch möglichen Fälle tatsächlich zu Informationskaskaden kam und das Verhältnis der Anzahl Bayesschen Entscheidungen, die bei einer Informationskaskade von der privaten Information abwichen, zu der Anzahl der Kaskadebrecher 4:3 betrug.

Eine Differenzierung nach männlichen und weiblichen Probanden ließ **keinen geschlechtsspezifischen Unterschied** erkennen (vgl. Abb. 15).



1. Fall:
Spieler 1: **A** | Spieler 2: **A** | rot ➔ **A**

---

2. Fall:
Spieler 1: **B** | Spieler 2: **A** | rot ➔ **A**

---

3. Fall:
Spieler 1: **B** | Spieler 2: **B** | rot ➔ **B**

---

4. Fall:
Spieler 1: **B** | Spieler 2: **A** | Spieler 3: **B** | rot ➔ **A**

---

5. Fall:
Spieler 1: **B** | Spieler 2: **A** | Spieler 3: **B** | Spieler 4: **B** | rot ➔ **B**

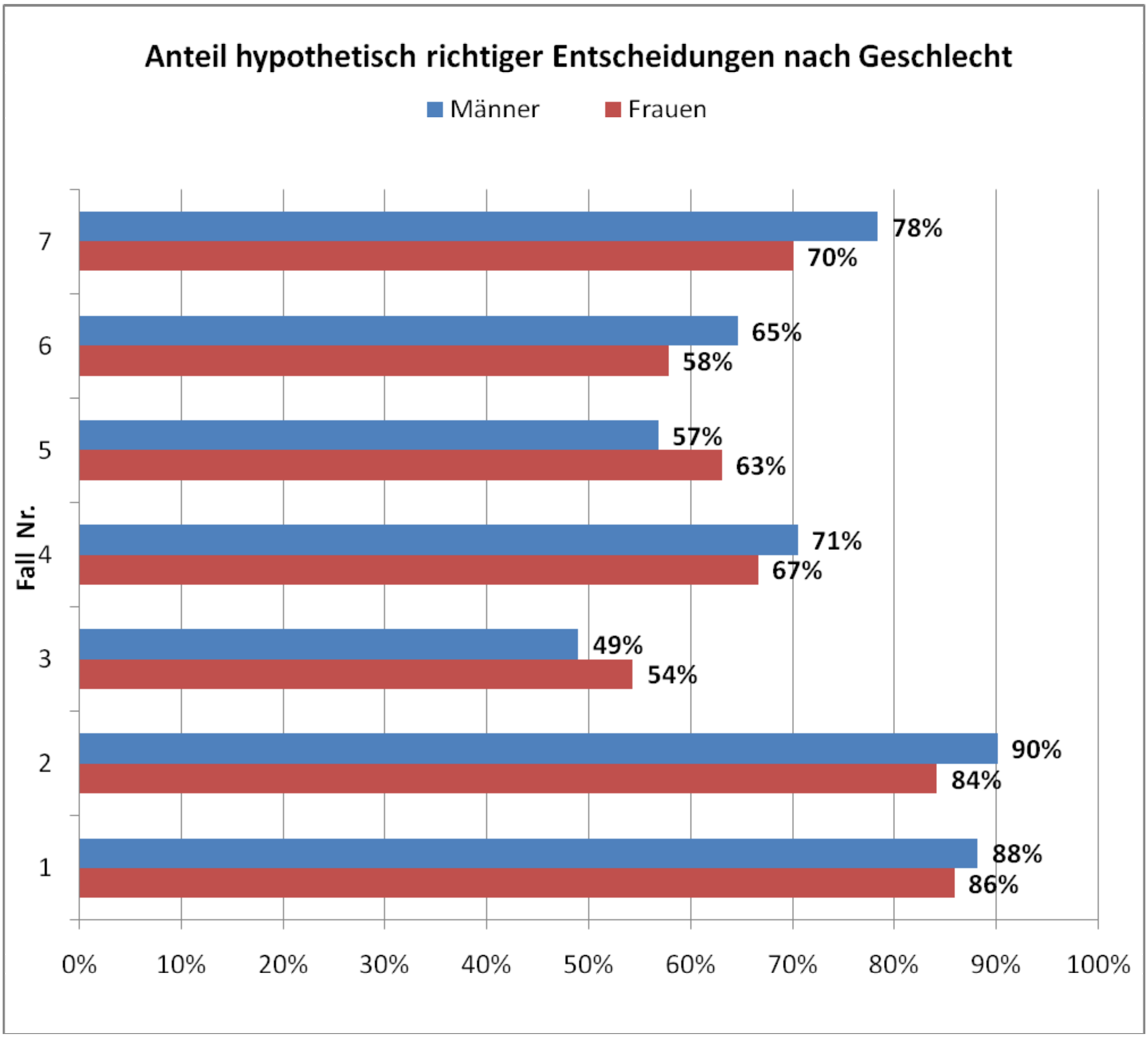
---

6. Fall:
Spieler 1: **B** | Spieler 2: **A** | Spieler 3: **B** | Spieler 4: **B** | Spieler 5: **B** | rot ➔ **B**

---

7. Fall:
Spieler 1: **B** | Spieler 2: **A** | Spieler 3: **B** | Spieler 4: **B** | Spieler 5: **A** | rot ➔ **A**

Abb. 14: Befragungsergebnisse insgesamt (108 Teilnehmer)



1. Fall:
Spieler 1: **A** | Spieler 2: **A** | rot ➔ **A**

---

2. Fall:
Spieler 1: **B** | Spieler 2: **A** | rot ➔ **A**

---

3. Fall:
Spieler 1: **B** | Spieler 2: **B** | rot ➔ **B**

---

4. Fall:
Spieler 1: **B** | Spieler 2: **A** | Spieler 3: **B** | rot ➔ **A**

---

5. Fall:
Spieler 1: **B** | Spieler 2: **A** | Spieler 3: **B** | Spieler 4: **B** | rot ➔ **B**

---

6. Fall:
Spieler 1: **B** | Spieler 2: **A** | Spieler 3: **B** | Spieler 4: **B** | Spieler 5: **B** | rot ➔ **B**

---

7. Fall:
Spieler 1: **B** | Spieler 2: **A** | Spieler 3: **B** | Spieler 4: **B** | Spieler 5: **A** | rot ➔ **A**

Abb. 15: Befragungsergebnisse nach Geschlecht (Anzahl Frauen: 50, Anzahl Männer: 58)

6. Fazit

Informationskaskaden lassen sich in der Realität und in Experimenten gleichermaßen beobachten. Allerdings haben unsere Untersuchungen Zweifel daran geweckt, ob Kaskaden in dem Umfang und aus den Gründen auftreten, die theoretisch zu erwarten sind. Sowohl im direkten Experiment als auch bei der Lösung „gestellter“ Entscheidungssituationen in einer Befragung zeigte sich, dass in den kritischen Situationen (d.h. die Entscheidung nach der eigenen privaten Information widerspricht der Entscheidung nach der Bayes-Regel) nur ungefähr die Hälfte der Probanden der Bayes-Regel folgte. Die andere Hälfte folgte lieber dem eigenen privaten Signal. Insofern deckt sich unser Ergebnis auch mit den Tests von Huck/Oechssler (2000) und den Untersuchungen, die der Overconfidence von Spielern eine wichtige Bedeutung beimessen. Ein Status-quo-Bias konnte dagegen nicht festgestellt werden.

Ein Problem der Laborexperimente liegt auch in der Kürze der Runden, die sich hier jeweils auf 6 Spieler beschränkte. Abb. 16 zeigt eine Simulation für 100 fiktive Spieler, bei denen der Anteil der Kaskadebrecher auf 45% gesetzt wurde, was der Quote in unseren Befragungen etwa entsprechen würde. Ein so hoher -Wert lässt vor allem verkehrte Kaskaden schnell zusammenbrechen. Diese Selbstkorrektur könnte durch Lernverhalten verstärkt werden. Kommen kurzzeitige Kaskaden für Beutel A häufiger vor als für Beutel B, so würde diese Information für Beutel A als die richtige Entscheidung sprechen. Dies könnte aber auf Dauer den Anteil der Kaskadebrecher reduzieren (zum Lernverhalten bei längeren Sequenzen, vgl. Goeree et al. 2004).

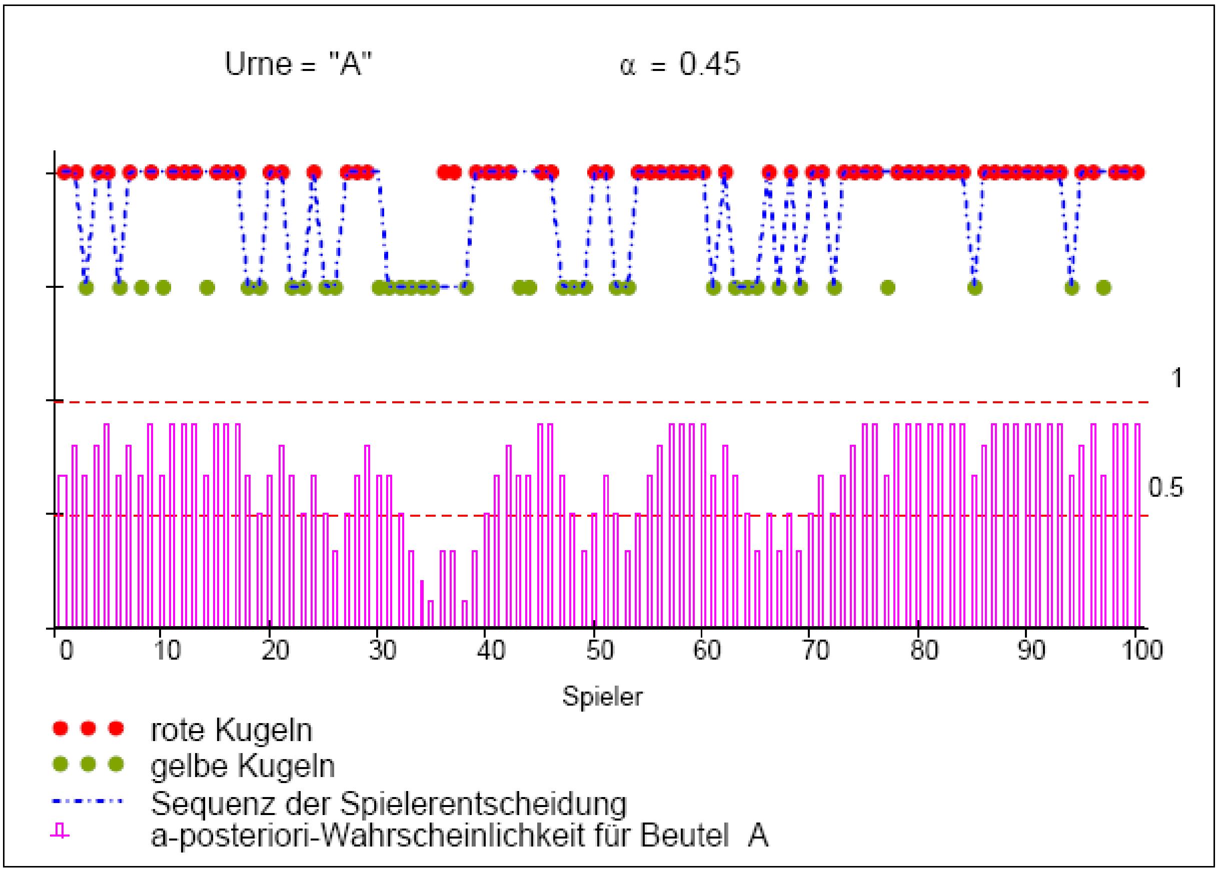


Abb.: 16: Simulation einer Sequenz mit

Literatur:

ANDERSON, L.R./HOLT, C.A.: Information Cascades in the Laboratory. In: American Economic Review, Vol. 87 (1997), S. 847- 862.

ANDERSON, L.R./HOLT, C.A.: Information Cascades. In: Journal of Economic Perspectives, Vol. 10 (1996), S. 187- 193.

BIKHCHANDANI, S./HIRSHLEIFER, D./WELCH, I.: A Theory of Fads, Fashion, Custom, and Cultural Change as Informational Cascades. In: Journal of Political Economy, Vol. 100 (1992), S. 992 - 1026.

BIKHCHANDANI, S./HIRSHLEIFER, D./WELCH, I.: Information Cascades and Rational Herding: An Annotated Bibliography and Resource Reference. Abruf am 21.2.2008 unter http://www.info-cascades.info

DOMINITZ, J./HUNG, A.: Homogeneous Actions and Heterogeneous Beliefs: Experimental Evidence on the Formation of Information Cascades. Working Paper, Carnegie Mellon University, 2003. Abruf am 21.2.2008 unter http://cess.nyu.edu/conferencepapers/cascades04.pdf

FREIBERG, N.: Rationales Herdenverhalten - Theorie, Empirie und Lösungsansätze. Dissertation, Würzburg 2004. Abruf am 21.2.2008 unter: http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=975013521

GOEREE ,J.K/ PALFREY,T.R./ROGERS,B.W./MC KELVEY, R.D.: Self-correcting Information Cascades.12 December 17, 2004. Abruf am 21.2.2008 unter http://www.kellogg.northwestern.edu/faculty/rogers_b/personal/assets/casexp.pdf

HUCK, S./OECHSSLER, J: Informational cascades in the laboratory: Do they occur for the right reason? In: Journal of Economic Psychology, Vol. 21 (2000), No. 6, S. 661 - 671.

HUNG, A./PLOTT, C. (2001): Information Cascades: Replication and an Extension to Majority Rule and Conformity - Rewarding Institutions. In: The American Economic Review Vol. 91 (2001, S. 1508 - 1520. . Abruf am 21.2.2008 unter http://econ.cudenver.edu/beckman/Econ%204001/plott-cascade.pdf

KARIV, S.: Overconfidence and Informational Cascades. UC BerkeleyMarch 21, 2005 Working Paper under Revision. Abruf am 21.2.2008 unter http://socrates.berkeley.edu/~kariv/K_I.pdf

SASAKI, S.: Signal Qualities, Order of Decisions, and Informational Cascades: Experimental Evidence. In: Economics Bulletin, Vol. 3 (2005), No. 34, S. 1 − 11 Abruf am 21.2.2008 unter: http://www.economicsbulletin.com/2005/volume3/EB−05C90006A.pdf

YORULMAZER,T.: Herd Behavior, Bank Runs and Information Disclosure. May 21, 2003. Abruf am 21.2.2008 unter: http://ssrn.com/abstract=587481

ANHANG 1: *Vollständige Auswertung aller Spielrunden*

Rot = Entscheidungsfehler 1. Art, alle Informationen werden ignoriert
Blau = Entscheidungsfehler 2. Art, nur öffentliche Information wird ignoriert
Gelb = Entscheidungsfehler 3. Art, bei P(A| ·) = 0,5 wird die Entscheidung entgegen der privaten Information getroffen
Grün = private Information ignoriert bei Informationskaskade
Magenta = Bruch einer Informationskaskade

Fall 1
1. Semestergruppe: Runde: 1
Tatsächlicher Beutel: **A**

Spieler Nr.	1	2	3	4	5	6
gezogener Ball und P(A|·)	b (1/3)	b (1/5)	a (1/3)	a (1/2)	a (2/3)	b (1/2)
Prognose	B	B	A	A	A	B

Hypothetische Entscheidungsfolge: B,B,B,B.B,B

Fall 2
1. Semestergruppe: Runde: 2
Tatsächlicher Beutel: **A**

Spieler Nr.	1	2	3	4	5	6
gezogener Ball und P(A|·)	a (2/3)	a (1/2)	a (2/3)	a (4/5)	a (2/3)	b (1/2)
Prognose	B	A	A	B	A	B

Hypothetische Entscheidungsfolge: A,A,A,A.A,A

Fall 3
1. Semestergruppe: Runde: 3
Tatsächlicher Beutel: **B**

Spieler Nr.	1	2	3	4	5	6
gezogener Ball und P(A|·)	b (1/3)	b (1/5)	b (1/3)	b (1/5)	a (1/3)	b (1/5)
Prognose	B	A	B	B	A	B

Hypothetische Entscheidungsfolge: B,B,B,B.B,B

Fall 4
1. Semestergruppe: Runde: 4
Tatsächlicher Beutel: **A**

Spieler Nr.	1	2	3	4	5	6
gezogener Ball und P(A|·)	a (2/3)	a (1/2)	a (1/3)	a (1/2)	a (2/3)	a (1/2)
Prognose	B	B	A	A	B	A

Hypothetische Entscheidungsfolge: A,A,A,A,A,A

Fall 5
1. Semestergruppe: Runde: 5
Tatsächlicher Beutel: **A**

Spieler Nr.	1	2	3	4	5	6
gezogener Ball und P(A|·)	a (2/3)	a (4/5)	b (2/3)	a (4/5)	b (2/3)	a (4/5)
Prognose	A	A	A	A	B	B

Hypothetische Entscheidungsfolge: A,A,A,A,A,A

Fall 6
1. Semestergruppe: Runde: 6
Tatsächlicher Beutel: **B**

Spieler Nr.	1	2	3	4	5	6
gezogener Ball und P(A|·)	b (1/3)	b (1/5)	b (1/9)	b (1/9)	b (1/9)	b (1/9)
Prognose	B	B	B	B	B	A

Hypothetische Entscheidungsfolge: B,B.B.B,B,B

Fall 7
1. Semestergruppe: Runde: 7
Tatsächlicher Beutel: **B**

Spieler Nr.	1	2	3	4	5	6
gezogener Ball und P(A|·)	b (1/3)	a (1/2)	b (1/3)	b (1/5)	b (1/3)	b (1/2)
Prognose	B	A	B	A	A	B

Hypothetische Entscheidungsfolge: B,A.B.B,B,B

Fall 8
2. Semestergruppe: Runde: 1
Tatsächlicher Beutel: **A**

Spieler Nr.	1	2	3	4	5	6
gezogener Ball und P(A|·)	a (2/3)	a (4/5)	a (8/9)	a (8/9)	a (8/9)	a (8/9)
Prognose	A	A	A	A	A	A

Hypothetische Entscheidungsfolge: A,A,A,A,A,A

Fall 9
2. Semestergruppe: Runde: 2
Tatsächlicher Beutel: **A**

Spieler Nr.	1	2	3	4	5	6
gezogener Ball und P(A|·)	a (2/3)	a (4/5)	a (8/9)	a (8/9)	b (2/3)	a (8/9)
Prognose	A	A	A	A	A	A

Hypothetische Entscheidungsfolge: A,A,A,A,A,A

Fall 10
2. Semestergruppe: Runde: 3
Tatsächlicher Beutel: **B**

Spieler Nr.	1	2	3	4	5	6
gezogener Ball und P(A|·)	a (2/3)	b (1/5)	b (1/9)	b (1/9)	a (1/3)	b (1/9)
Prognose	B	B	B	B	A	B

Hypothetische Entscheidungsfolge: A,B,B,B,B,B

Fall 11
2. Semestergruppe: Runde: 4
Tatsächlicher Beutel: **B**

Spieler Nr.	1	2	3	4	5	6
gezogener Ball und P(A|·)	a (2/3)	b (1/2)	a (2/3)	a (4/5)	a (8/9)	a (8/9)
Prognose	A	B	A	A	A	A

Hypothetische Entscheidungsfolge: A,B,A,A,A,A

Fall 12
2. Semestergruppe: Runde: 5
Tatsächlicher Beutel: **A**

Spieler Nr.	1	2	3	4	5	6
gezogener Ball und P(A|·)	b (1/3)	a (1/2)	b (1/3)	a (4/5)	a (8/9)	a (8/9)
Prognose	B	A	A	A	A	A

Hypothetische Entscheidungsfolge: B,A,B,A,A,A

Fall 13
2. Semestergruppe: Runde: 6
Tatsächlicher Beutel: **A**

Spieler Nr.	1	2	3	4	5	6
gezogener Ball und P(A|·)	a (2/3)	b (1/2)	a (2/3)	b (1/2)	a (2/3)	a (4/5)
Prognose	A	B	A	B	A	A

Hypothetische Entscheidungsfolge: A,B,A,B,A,A

Fall 14
3. Semestergruppe: Runde: 1
Tatsächlicher Beutel: **B**

Spieler Nr.	1	2	3	4	5	6
gezogener Ball und P(A|·)	b (1/3)	b (1/3)	b (1/9)	b (1/9)	b (1/9)	a (1/3)
Prognose	B	B	B	B	B	A

Hypothetische Entscheidungsfolge: B,B,B,B,B,B

Fall 15
3. Semestergruppe: Runde: 2
Tatsächlicher Beutel: **B**

Spieler Nr.	1	2	3	4	5	6
gezogener Ball und P(A|·)	b (1/3)	a (1/2)	b (1/3)	a (1/2)	b (1/3)	b (1/2)
Prognose	B	A	B	A	A	A

Hypothetische Entscheidungsfolge: B,A,B,A,B,B

Fall 16
3. Semestergruppe: Runde: 3
Tatsächlicher Beutel: **B**

Spieler Nr.	1	2	3	4	5	6
gezogener Ball und P(A|·)	b (1/3)	b (1/5)	b (1/9)	b (1/9)	b (1/9)	b (1/9)
Prognose	B	B	B	B	B	A

Hypothetische Entscheidungsfolge: B,B,B,B,B,B

Fall 17
3. Semestergruppe: Runde: 4
Tatsächlicher Beutel: **B**

Spieler Nr.	1	2	3	4	5	6
gezogener Ball und P(A|·)	b (1/3)	b (1/5)	a (1/3)	a (1/2)	a (2/3)	b (1/2)
Prognose	B	B	A	A	A	B

Hypothetische Entscheidungsfolge: B,B,B,B,B,B

Fall 18
3. Semestergruppe: Runde: 5
Tatsächlicher Beutel: **B**

Spieler Nr.	1	2	3	4	5	6
gezogener Ball und P(A|·)	b (1/3)	b (1/5)	b (1/9)	b (1/9)	a (1/3)	a (1/3)
Prognose	B	B	B	B	B	B

Hypothetische Entscheidungsfolge: B,B,B,B,B,B

Fall 19
3. Semestergruppe: Runde: 6
Tatsächlicher Beutel: **B**

Spieler Nr.	1	2	3	4	5	6
gezogener Ball und P(A|·)	a (2/3)	a (1/2)	a (1/3)	a (1/2)	b (1/9)	a (1/5)
Prognose	B	B	A	B	B	B

Hypothetische Entscheidungsfolge: A,A,A,A,A,A

ANHANG 2: **Fragebogen**

Es gelten die Regeln des Spiels, an dem Sie gerade teilgenommen haben.

Behälter A: 2 rote Bälle, 1 gelber Ball;
Behälter B: 1 roter Ball, 2 gelbe Bälle.
Beide Behälter sind gleich wahrscheinlich.

In **allen** folgenden Fällen haben Sie einen **roten Ball** gezogen. Außerdem kennen Sie die genannten Prognosen der Spieler, die vor Ihnen am Zuge waren.

Bitte kreuzen Sie an, für welchen Behälter Sie sich entscheiden!

1. Fall:

Spieler 1: **A** | Spieler 2: **A** |

Meine Entscheidung als Spieler 3: □A oder □B

----

2. Fall:

Spieler 1: **B** | Spieler 2: **A** |

Meine Entscheidung als Spieler 3: □A oder □B

----

3. Fall:

Spieler 1: **B** | Spieler 2: **B** |

Meine Entscheidung als Spieler 3: □A oder □B

----

4. Fall:

Spieler 1: **B** | Spieler 2: **A** | Spieler 3: **B** |

Meine Entscheidung als Spieler 4: □A oder □B

----

5. Fall:

Spieler 1: **B** | Spieler 2: **A** | Spieler 3: **B** | Spieler 4: **B** |

Meine Entscheidung als Spieler 5: □A oder □B

----

6. Fall:

Spieler 1: **B** | Spieler 2: **A** | Spieler 3: **B** | Spieler 4: **B** | Spieler 5: **B** |

Meine Entscheidung als Spieler 6: □A oder □B

----

7. Fall:

Spieler 1: **B** | Spieler 2: **A** | Spieler 3: **B** | Spieler 4: **B** | Spieler 5: **A** |

Meine Entscheidung als Spieler 6: □A oder □B

Geschlecht: □ weiblich □ männlich

Danke für Ihre Mitarbeit!

ANHANG 3: ***Simulationsmodell in Mathcad 8***

Download des Simulationsprogramms unter: www.wisu.de/mc/infokaskade.mcd

Parameter

$\text{Urne} := 1$ 0 = zufällige Wahl der Urne

1 = Urne A

jede andere Zahl ist Urne B

$\pi := \frac{2}{3}$ Wahrscheinlichkeit für eine rote Kugel in Urne A mit $\pi > 0.5$

$N := 6$ Anzahl der Spieler

$\alpha := 0.$ Wahrscheinlichkeit für Kaskadenunterbrechung

Statt einer Zufallsziehung der Kugeln für N Spieler können Sie auch für 6 Spieler die Farben der gezogenen Kugeln in dem Vektor X vorgeben (1= "rot", -1="gelb"). Setzen Sie dazu auch die Variable "Zufall" auf Null.

$\text{Zufall} := 0$ $X := \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \\ 1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix}$

Berechnung der Simulation

Vorgabe der Kugelverteilung in der ausgewählten Urne

$$P := \begin{array}{|l} \pi \quad \text{if } (Urne=1) + (Urne=0)\cdot(rund(rnd(1))=1) \\ 1-\pi \quad \text{otherwise} \end{array}$$

$$Urne := \begin{array}{|l} \text{"A"} \quad \text{if } P=\pi \\ \text{"B"} \quad \text{otherwise} \end{array}$$

Zufallsauswahl der Bälle

$$N := \begin{array}{|l} 6 \quad \text{if } Zufall=0 \\ N \quad \text{otherwise} \end{array}$$

$$i := 1 .. N$$

$$x_i := \begin{array}{|l} X_i \quad \text{if } Zufall=0 \\ \text{otherwise} \\ \quad \begin{array}{|l} 1 \quad \text{if } rnd(1)<P \\ -1 \quad \text{otherwise} \end{array} \end{array}$$

Berechnungsformel der A-posteriori-Wahrscheinlichkeit für Urne A

$$APW(n,m) := \frac{\pi^n\cdot(1-\pi)^m}{\pi^n\cdot(1-\pi)^m+\pi^m\cdot(1-\pi)^n}$$

Bestimmung der Entscheidungssequenz aller Spieler:

$$
Y := \left|
\begin{array}{l}
n_0 \leftarrow 0 \\
m_0 \leftarrow 0 \\
a_0 \leftarrow 0 \\
\text{for } i \in 1 .. 2 \\
\quad \left|
\begin{array}{l}
a_i \leftarrow x_i \\
p_i \leftarrow APW\left[n_{i-1} + (x_i = 1), m_{i-1} + (x_i = -1)\right] \\
n_i \leftarrow n_{i-1} + (a_i = 1) \\
m_i \leftarrow m_{i-1} + (a_i = -1)
\end{array}
\right. \\
\text{for } i \in 3 .. N \\
\quad \left|
\begin{array}{l}
px \leftarrow APW\left[n_{i-1} + (x_i = 1), m_{i-1} + (x_i = -1)\right] \\
pxinv \leftarrow APW\left[n_{i-1} + (-x_i = 1), m_{i-1} + (-x_i = -1)\right] \\
A \leftarrow 1 \quad \text{if } APW\left[n_{i-1} + (x_i = 1), m_{i-1} + (x_i = -1)\right] > \frac{1}{2} \\
A \leftarrow x_i \quad \text{if } APW\left[n_{i-1} + (x_i = 1), m_{i-1} + (x_i = -1)\right] = \frac{1}{2} \\
A \leftarrow -1 \quad \text{otherwise} \\
kaskade \leftarrow \left(pxinv > \frac{1}{2}\right) \cdot \left(px > \frac{1}{2}\right) + \left(pxinv < \frac{1}{2}\right) \cdot \left(px < \frac{1}{2}\right) \\
a_i \leftarrow x_i \quad \text{if } kaskade \cdot (rnd(1) < \alpha) \\
a_i \leftarrow A \quad \text{otherwise} \\
p_i \leftarrow APW\left[n_{i-1} + (x_i = 1), m_{i-1} + (x_i = -1)\right] \\
n_i \leftarrow n_{i-1} \quad \text{if } (kaskade = 1) \cdot (a_i = a_{i-1}) \\
n_i \leftarrow n_{i-1} + (a_i = 1) \quad \text{otherwise} \\
m_i \leftarrow m_{i-1} \quad \text{if } (kaskade = 1) \cdot (a_i = a_{i-1}) \\
m_i \leftarrow m_{i-1} + (a_i = -1) \quad \text{otherwise}
\end{array}
\right. \\
\text{erweitern}(a, p)
\end{array}
\right.
$$

Die Matrix Y enthält in der ersten Spalte die Entscheidungen der Spieler und in der zweiten Spalte die zugehörigen A-posteriori-Wahrscheinlichkeiten.