

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

Im Zuge der Förderrichtlinien  
„Neue ökonomische Aspekte“ des BMBF  
im Rahmen des Programms „Forschung für  
die zivile Sicherheit“ der Bundesregierung.  
[www.sicherheitsforschungsprogramm.de](http://www.sicherheitsforschungsprogramm.de)

## Verhaltenspsychologische Aspekte in der Ökonomie der Sicherheit

Januar 2019

Autor:

Dr. Alexander Schulan, [schulan@wiwi.uni-frankfurt.de](mailto:schulan@wiwi.uni-frankfurt.de)

Lehrstuhl für Ökonometrie, Goethe-Universität



[www.4d-sicherheit.de](http://www.4d-sicherheit.de)

## Zusammenfassung

Die Verhaltenspsychologie prägt seit Jahren maßgeblich den Blick auf menschliches Verhalten. Auch die Ökonomie wendet deshalb immer mehr Erkenntnisse aus der Verhaltenspsychologie an. Potentielle Auswirkungen speziell in der Ökonomie der Sicherheit blieben bislang jedoch weitgehend unbeachtet. In dieser Ausarbeitung übertragen wir daher empirisch bestätigte verhaltenspsychologische Phänomene wie z. B. Entscheidungsheuristiken und Fehlschlüsse auf die Ökonomie der Sicherheit. Besonderes Augenmerk legen wir dabei auf die subjektive Risikowahrnehmung und die daraus resultierende Bewertung von Sicherheitslösungen. Unsere Ausarbeitung gibt einen Überblick über verhaltenspsychologische Aspekte in der Ökonomie der Sicherheit und trägt so im Rahmen des BMBF Forschungsprojekts 4D-Sicherheit dazu bei, Sicherheitslösungen ganzheitlich zu bewerten. Wir argumentieren, dass verhaltenspsychologische Aspekte das Potential haben, die Bewertung von Sicherheitsmaßnahmen zu beeinflussen und deshalb bestmöglich identifiziert und transparent gemacht werden müssen, um eine effiziente Allokation begrenzter Budgets für Sicherheitslösungen zu gewährleisten. Eine Sensibilisierung der Akteure für verhaltenspsychologische Aspekte halten wir für sinnvoll und förderlich, um das Management von Gefahren für die zivile Sicherheit weiter zu verbessern.

### Inhaltsverzeichnis

1	Ökonomie der Sicherheit und Verhaltensökonomie .....	3
2	Framing .....	5
3	Prospect Theory .....	6
4	Repräsentativitätsheuristik.....	8
4.1	Basisratenfehler .....	9
4.2	Selbstüberschätzung .....	11
4.3	Spielerfehlschluss.....	12
4.4	Regression zur Mitte .....	13
5	Verfügbarkeitsheuristik.....	14
6	Ankereffekt .....	15
7	Anwendung der Ergebnisse .....	16
8	Literaturverzeichnis .....	18

# 1 Ökonomie der Sicherheit und Verhaltensökonomie

Die Ökonomie der Sicherheit untersucht das Thema „zivile Sicherheit“ unter einem ökonomischen Blickwinkel. Der Vergleich von Kosten und Nutzen einer Sicherheitslösung zeigt, ob sie durchgeführt werden soll. Nur wenn der Nutzen die Kosten übersteigt, trägt die Sicherheitslösung zum gesellschaftlichen Wohl bei. Zusätzlich zu Anschaffungskosten bestimmen z. B. Schulungs- und Instandhaltungskosten die Gesamtkosten einer Sicherheitslösung. Der Nutzen ist die Vermeidung von drohenden Schäden (Schulan & Entorf, 2017). Die vermiedenen Schäden können materiell, z. B. Sachschäden, und immateriell, z. B. Schmerz und Traumata, sein (Entorf, 2015). Das Verhältnis von Kosten und Nutzen bestimmt die Effizienz einer Sicherheitslösung. Daher ermöglicht die Ökonomie der Sicherheit, ein beschränktes Budget optimal in Sicherheitslösungen zu investieren oder auch im umgekehrten Fall ein gewünschtes Sicherheitsniveau kosteneffizient zu erreichen.

Die Ökonomie der Sicherheit bewertet den Nutzen einer Sicherheitslösung anhand der damit vermiedenen Schäden. Die Bewertung von immateriellen Schäden, wie zum Beispiel Traumata, erfolgt nicht durch Marktpreise, sondern aufgrund von subjektiven Wertvorstellungen bezüglich der Schäden. Zum Beispiel bestimmen ethische Gründe Entscheidungen in dilemmatischen Situationen, wie z. B. in der Katastrophenmedizin nach einem Unglück, in der Rettungskräfte nicht alle Verletzte adäquat versorgen können und daher eine Priorisierung erfolgen muss.

Neben ethischen Wertvorstellungen spielen auch verhaltenspsychologische Aspekte in der Ökonomie der Sicherheit eine Rolle. Die individuelle Bewertung von Bedrohungen und Sicherheitslösungen in der Ökonomie der Sicherheit hängt z. B. von der subjektiven und situationsspezifischen Risikowahrnehmung ab. Solche verhaltenspsychologische Aspekte verhindern unter Umständen, dass Entscheidungen mit ökonomischen Standardmodellen erklärt werden können.<sup>1</sup> Die Ökonomie der Sicherheit profitiert daher von verhaltenspsychologischen Erkenntnissen, wie z. B. der Beobachtung, dass Individuen nicht immer die objektive

---

<sup>1</sup> Das ökonomische Standardmodell basiert auf einem rational nutzenmaximierenden Individuum (homo oeconomicus). Die Verhaltensökonomie, als etablierte Disziplin in den Wirtschaftswissenschaften, zeigt aber, dass in der Realität auch die irrelevanten Informationen, die Fähigkeit der Informationsverarbeitung und die Stimmung eines Menschen seine Entscheidungen beeinflussen. Daher wendet die Verhaltensökonomie Erkenntnisse aus der Verhaltenspsychologie in den Wirtschaftswissenschaften an. Die Verhaltensökonomie geht in erster Linie auf die beiden Psychologen Daniel Kahneman und Amos Tversky zurück, die 2002 für ihre Forschung mit dem Nobelpreis für Wirtschaftswissenschaften ausgezeichnet wurden. Zum Thema Fähigkeit der Informationsverarbeitung und deren Grenzen ist der Begriff „Bounded Rationality“ zu nennen, welcher insbesondere von Herbert A. Simon (1955) geprägt wurde.

Wahrscheinlichkeit eines Risikos bei ihren Entscheidungen berücksichtigen, sondern sie unter Umständen deutlich unter- bzw. überschätzen.

Ein Beispiel für eine empirisch beobachtbare Abweichung zwischen objektiver und subjektiver Eintrittswahrscheinlichkeit ist die Sorge vor Terrorismus in Deutschland. Laut einer Umfrage (R+V Versicherung/Statista, 2017) zählt bei 71% der Deutschen die Angst vor Terrorismus zu den sieben größten Ängsten, wobei die objektive Wahrscheinlichkeit Opfer von Terrorismus zu werden verschwindend gering ist. Dies lässt vermuten, dass Menschen die Eintrittswahrscheinlichkeit, Opfer von Terrorismus zu werden, als zu hoch einschätzen.

Verhaltenspsychologische Phänomene wie Heuristiken und Fehlschlüsse bei der Bewertung von Bedrohungen wirken sich auf die ökonomische Bewertung einer Sicherheitslösung aus. So beeinflusst z. B. die Wahrnehmung einer Bedrohung auch die Zahlungsbereitschaft für Maßnahmen zu deren Vermeidung. Alle an einer Sicherheitslösung beteiligten Akteure können bei der Bewertung von Bedrohungen oder Sicherheitslösungen zur Anwendung von Heuristiken und dadurch eventuell zu Fehlschlüssen tendieren. Darunter zählen die durch die Bedrohung gefährdeten Personen, die Hilfeleistenden und die Entscheidungsträger. Gerade letztere müssen sich mögliche Heuristiken und Fehlschlüsse bewusst machen, da eine verzerrte Risikowahrnehmung zu suboptimalen Sicherheitslösungen führen kann. In diesem Fall würden Entscheidungsträger das vorhandene Budget zur Gefahrenabwehr nicht effizient einsetzen.

Besonders die Psychologen Amos Tversky und Daniel Kahneman haben in der Verhaltenspsychologie eine Reihe von Heuristiken und Fehlschlüssen erforscht, die auch die individuelle Bewertung von Sicherheitslösungen beeinflussen können. Kahneman (2012) führt menschliches Verhalten, unter anderem in Bezug auf den Umgang mit Gefahren, sowohl auf instinktive Impulse (System 1) als auch auf rationale Überlegungen (System 2) zurück. System 1 funktioniert emotional und unterbewusst. Es eignet sich daher für belanglose Entscheidungen, damit Menschen diese schnell und mühelos treffen können. System 2 hingegen entscheidet analytisch. Die mit System 2 getroffenen Entscheidungen verursachen daher eine größere Anstrengung, zeichnen sich aber auch durch einen höheren Grad an Objektivität aus. Um Entscheidungen zu treffen, benutzen beide Systeme Heuristiken und können deshalb Fehlschlüsse produzieren. Allerdings ist System 1 deutlich stärker betroffen, da Entscheidungen fast vollständig auf Heuristiken basieren. System 2 ist weniger betroffen, jedoch korrigiert es nicht verlässlich Heuristiken und Fehlschlüsse von System 1.

Die Reduzierung von Heuristiken und Fehlschlüssen bei der Entscheidung über Sicherheitslösungen und deren Umsetzung verbessert die Effizienz im Risikomanagement für zivile Sicherheitsrisiken, da

sie Fehler durch irrationales Handeln vermeidet. Abschnitt 2 demonstriert die Abhängigkeit der individuellen Bewertung einer Sicherheitslösung von der Art und Weise der Darstellung des Entscheidungsproblems und illustriert dies an einem empirischen Experiment aus der Verhaltenspsychologie. Ein vollständig rationaler Entscheider würde diesen Aspekt nicht beachten. Danach zeigt Abschnitt 3 am Beispiel der Prospect Theory, dass die unreflektierte Bewertung von Sicherheitslösungen zu normativ unerwünschten Effekten führen kann. Abschnitt 4 stellt die Repräsentativitätsheuristik vor, mit der die Wahrscheinlichkeit für die Zugehörigkeit eines Objekts oder Ereignisses in eine bestimmte Kategorie auf Grund von Ähnlichkeit mit dieser Kategorie von Objekten oder Ereignissen geschätzt wird, wesentliche Informationen aber vernachlässigt werden. In Abschnitt 5 wird die Verfügbarkeitsheuristik diskutiert, bei der aktuelle Erfahrungen und schnell in den Sinn kommende Informationen die Schätzung der Wahrscheinlichkeit für ein Ereignis bestimmen. Abschnitt 6 erläutert den Ankereffekt, der dazu führt, dass ein Referenzwert übermäßig die Schätzung der Wahrscheinlichkeit für ein Ereignis beeinflusst. Abschließend fasst Abschnitt 7 die Implikationen der dargestellten Heuristiken und Fehlschlüsse aus der Verhaltenspsychologie auf die Ökonomie der Sicherheit zusammen.

## 2 Framing

Das sogenannte Framing beschreibt die Darstellung eines Entscheidungsproblems. Die Darstellung muss nicht zwingend objektiv relevant sein, jedoch trägt sie häufig signifikant zur Entscheidung bei. Als Beispiel dient das bekannte, von Tversky und Kahneman (1981) konstruierte Asian Disease Problem.

Das hypothetische Szenario des Asian Disease Problems handelt von einem Ausbruch einer Krankheit, welche ohne staatlichen Eingriff genau 600 Menschen töten würde. Die Regierung hat die Wahl zwischen einem von zwei sich ausschließenden Handlungsprogrammen bezüglich der Bekämpfung der Krankheit. Bei der Entscheidung für Programm A werden 400 Menschen sterben und 200 gerettet. Die Entscheidung für Programm B führt zu einem unsicheren Ergebnis. Mit  $\frac{1}{3}$  Wahrscheinlichkeit stirbt niemand an der Krankheit, aber mit  $\frac{2}{3}$  Wahrscheinlichkeit sterben 600 Menschen.

Zwei Testgruppen von Studenten wurde das konstruierte Entscheidungsproblem zur Asian Disease vorgelegt. Jedoch unterschied sich die Darstellung des sonst identischen Entscheidungsproblems für die beiden Gruppen, das heißt, das Framing war unterschiedlich. Gruppe 1 las eine positive Formulierung der Konsequenzen der Handlungsalternativen (Menschen können „gerettet“ werden).

Gruppe 2 las jedoch eine negative Formulierung (Menschen werden „sterben“). Die genauen Formulierungen befinden sich in Tversky und Kahneman (1981, 453).

	Gruppe 1 (positives Framing)	Gruppe 2 (negatives Framing)
Programm A	„Falls Programm A durchgeführt wird, werden 200 Menschen gerettet.“  (72%)	„Falls Programm A durchgeführt wird, werden 400 Menschen sterben.“  (22%)
Programm B	„Falls Programm B durchgeführt wird, gibt es eine 1/3 Chance, dass 600 Menschen gerettet werden, und eine 2/3 Chance, dass keine Menschen gerettet werden.“  (28%)	„Falls Programm B durchgeführt wird, gibt es eine 1/3 Chance, dass niemand stirbt, und eine 2/3 Chance, dass 600 Menschen sterben werden.“  (78%)

Tabelle 1: Positiv beschriebene Alternativen führen zu Risikoaversion, negativ beschriebene zur Risikoaffinität. Bei positiver Formulierung des Entscheidungsproblems wählt die Mehrzahl der Personen die sichere Alternative, wohingegen bei negativer Formulierung die meisten Personen die riskante Alternative bevorzugen.

Die Prozentzahlen in Klammern geben den Anteil der Personen an, die sich beim jeweiligen Framing für die Handlungsalternativen entschieden haben. Im Falle der positiven Formulierung entscheiden sich mehr Personen mit Programm A für die sichere Variante, das heißt ohne Ungewissheit bezüglich der Opferzahl. Im Gegensatz dazu entscheidet sich die überwiegende Mehrheit bei negativer Formulierung mit Programm B für die unsichere Opferzahl. Der Unterschied in den Entscheidungen der Befragten zeigt die Relevanz der Darstellung des Entscheidungsproblems. Für die Ökonomie der Sicherheit folgt daraus, dass die Darstellungsform für die einzelnen Akteure die subjektive Wahrnehmung und die daraus resultierende Bewertung beeinflusst. Ebenso spielt das Gebiet, in dem das Sicherheitsproblem verortet ist, durch seinen Einfluss auf die Darstellung eine entscheidende Rolle. Brandbekämpfung, Straßenverkehr und internationaler Terrorismus weisen unterschiedliche Framings auf. Die Tatsache, dass Menschen bezüglich eines negativen Framings risikofreundlich sind und bezüglich eines positiven Risikoavers, wird im nächsten Abschnitt zur Prospect Theory weiter vertieft.

### 3 Prospect Theory

Die traditionelle Arbeitshypothese in der Entscheidungstheorie ist die rationale<sup>2</sup> Maximierung des erwarteten Nutzens. Zahlreiche empirische Untersuchungen zeigen jedoch, dass in der Realität

<sup>2</sup> „Rational“ meint an dieser Stelle, dass der Akteur nach bestimmten Regeln oder umgangssprachlich „logisch sinnvoll und konsistent“ handelt. Das Konzept der Rationalität wurde in der Vergangenheit ebenfalls ausführlich formal definiert. Siehe hierzu unter anderem Muth (1961).

getroffene Entscheidungen nicht immer mit dieser ökonomischen Standardtheorie erklärt werden können. Als Gegenentwurf entwickelten die beiden Verhaltenspsychologen Kahneman und Tversky (1979) die sogenannte Prospect Theory. Die Prospect Theory ist wissenschaftlich akzeptiert, da zahlreiche Experimente ihre Implikationen empirisch bestätigen.

Im traditionellen Sinne bewerten völlig rationale Nutzenmaximierer Handlungsalternativen anhand ihrer erwarteten finalen Nutzenszustände, unabhängig von der Ausgangssituation. Im Gegensatz dazu berücksichtigt die Prospect Theory die Ausgangssituation und bewertet die jeweiligen Handlungsalternativen relativ zu ihr.

Die ökonomische Standardtheorie und die Prospect Theory zeigen, dass Personen bei zwei zufallsabhängigen Handlungsalternativen mit gleichem positiven Erwartungswert die weniger riskante Alternative höher bewerten. Bei der Auswahl zwischen Handlungsalternativen mit einem Nutzengewinn verhalten sich Personen also risikoavers. Stehen jedoch zwei zufallsabhängige Handlungsalternativen mit gleichem negativen Erwartungswert zur Auswahl, bewerten Personen die riskantere Handlungsalternative höher. Im Falle eines Nutzenverlusts verhalten sich Personen also risikofreudig und nehmen bereitwillig das höhere Risiko in Kauf, weil dadurch ein geringerer Verlust möglich ist.<sup>3</sup>

Die ökonomische Standardtheorie und die Prospect Theory bewerten Gewinne und Verluste unterschiedlich, d. h. mit unterschiedlichem Vorzeichen. Darüber hinaus bewertet die Prospect Theory, ausgehend von der aktuellen Situation des Entscheiders, Gewinne und Verluste auch mit unterschiedlichem Absolutwert. Die absolute Nutzenveränderung aufgrund eines Verlusts einer Einheit des Nutzenstiftenden Guts ist größer als die absolute Nutzenveränderung aufgrund eines entsprechenden Gewinns. Dieser Effekt wird auch „loss aversion“ oder im Deutschen „Verlustaversion“ genannt, da Menschen Verluste stärker negativ gewichten als Gewinne positiv. Rein rationale Nutzenmaximierer bewerten hingegen nur die Endzustände des Nutzenniveaus und nicht den Verlust oder Gewinn relativ zu einem Referenzpunkt.

---

<sup>3</sup> Die Nutzenkurve der Prospect Theory ist „S-förmig“, das heißt konkav im Bereich der Nutzengewinne und konvex im Bereich der Nutzenverluste (Kahneman 1984). Bei einer Lotterie mit zwei positiven Ergebnissen wird die sichere Auszahlung des Erwartungswerts der Lotterie höher bewertet als die Teilnahme an der Lotterie, da die konvexe Nutzenfunktion eine positive Risikoprämie und Risikoaversion impliziert. Das Sicherheitsäquivalent, zu dem der Entscheider indifferent zwischen der Lotterie und dieser sicheren Auszahlung ist, ist geringer als der Erwartungswert der Lotterie. Im Gegensatz dazu wird bei einer Lotterie mit zwei negativen Ergebnissen die sichere Auszahlung des Erwartungswerts der Lotterie niedriger bewertet als die Teilnahme an der Lotterie, da die konkave Nutzenfunktion eine negative Risikoprämie und Risikofreude impliziert. Das Sicherheitsäquivalent ist in diesem Fall größer als der Erwartungswert der Lotterie.

Gerade die Risikoaffinität bei Nutzenverlusten muss im Bereich der Ökonomie der Sicherheit transparent gemacht werden. Sie impliziert, dass Personen dazu bereit sein können, größere Verluste zu riskieren, um einen sicheren erwarteten Verlust eventuell noch zu reduzieren. Kahneman und Tversky (1984) verweisen auf Studien, die diesen Effekt auch bei nicht monetär bewertbaren Größen wie Schmerzen und sogar Menschenleben festgestellt haben, und schließen daraus auf normativ nicht akzeptable Konsequenzen. Im Bereich der zivilen Sicherheit würde das bedeuten, dass Verantwortliche hoffen, durch riskantere Entscheidungen die Zahl von verletzten Personen zu reduzieren, dabei aber in Kauf nehmen, dass die tatsächlich realisierte Zahl von Verletzten sogar steigen kann. Diese Implikation der Prospect Theory für das Risikomanagement von zivilen Sicherheitsrisiken verdeutlicht die Notwendigkeit, verhaltenspsychologische Aspekte in der Ökonomie der Sicherheit zu berücksichtigen. Es ermöglicht eine ganzheitliche Bewertung von Sicherheitslösungen und verbessert die Effizienz von Investitionen in zivile Sicherheit durch Vermeidung von irrationalen und ethisch unerwünschten Entscheidungen.

#### **4 Repräsentativitätsheuristik**

Tversky und Kahneman (1974) zeigen, dass sich Personen bei Entscheidungen unter Unsicherheit verschiedener Heuristiken also mentaler „Abkürzungen“ (umgangssprachlich „Daumenregeln“) bedienen. Heuristiken sind grundsätzlich eine sinnvolle Entscheidungshilfe, müssen aber kritisch hinterfragt werden um Fehlschlüsse zu vermeiden. Sobald diese Heuristiken zu systematischen Abweichung vom Entscheidungsoptimum führen, spricht man von Fehlschlüssen.

Ein Beispiel ist die Repräsentativitätsheuristik, die bei vielen Entscheidungen und Beurteilungen eine entscheidende Rolle spielt. Gemäß der Repräsentativitätsheuristik treffen Personen Zuordnungen, indem sie vorhandene Informationen über konkrete Objekte oder Ereignisse mit bestimmten Kategorien oder Mustern abgleichen. Es wird also in „Schubladen“ mit jeweils typischen und auffälligen Merkmalen gedacht. Wenn Personen dann schätzen sollen, wie wahrscheinlich es ist, dass ein Objekt zu einer Kategorie gehört, dient der Grad der Repräsentativität des Objektes für die Kategorie als Indikator für die Wahrscheinlichkeit. Das Erkennen von Mustern und das Anwenden von Stereotypen ist individuell, sodass die Ausprägung der Repräsentativitätsheuristik nicht nur von objektiven Gegebenheiten, sondern auch von subjektiven Faktoren abhängt.

Im Folgenden werden vier typische Fehlschlüsse, die aus der Repräsentativitätsheuristik entstehen können, und ihre Anwendungen auf die Ökonomie der Sicherheit diskutiert.



## 4.1 Basisratenfehler

Wenn Entscheidungen weitestgehend auf der Repräsentativität basieren, werden andere Informationen eventuell nicht hinreichend berücksichtigt. Zu der Art von Informationen können unter anderem sogenannte Basisraten gehören. Sie beschreiben die Häufigkeit für ein Ereignis oder einen Zustand in der Grundgesamtheit oder in der Vergangenheit. Ein Beispiel für eine Basisrate ist der Anteil an Terroristen an der Bevölkerung. Wenn die Information über die Basisrate vernachlässigt wird, spricht man daher von einem Basisratenfehler oder auch Prävalenzfehler. Ein anschauliches Beispiel für einen Basisratenfehler liefert die Frage, ob man vermutet, dass ein „schüchterner Liebhaber von Poesie“ chinesische Literatur oder BWL studiert. Obwohl man zu der ersten Antwort tendieren könnte, ist die zweite Antwort viel wahrscheinlicher, da die Zahl der Studenten chinesischer Literatur viel geringer ist, als die Zahl der BWL Studenten (Kahneman 2012, 461, zitiert Bazerman und Moore, 2008).

In der Ökonomie der Sicherheit kann der Basisratenfehler möglicherweise im Zusammenhang mit Gesichtserkennungssoftware auftreten. Ein Beispiel hierfür sind Kameras mit Gesichtserkennungssoftware zur Abwehr von Terrorismus. Selbst wenn ein solches System Terroristen mit großer Sicherheit erfolgreich identifizieren kann und nur selten normale Bürger als Terroristen identifiziert, so sorgt die Basisrate, d. h. der Anteil an Terroristen an der Gesamtbevölkerung, in dieser Situation dafür, dass das System weit mehr normale Bürger irrtümlich als Terroristen einstuft als es tatsächliche Terroristen korrekt identifiziert. Deshalb ist bei Ausschlagen des Systems die Wahrscheinlichkeit, einen Terroristen korrekt zu identifizieren, immer noch sehr gering. Die Nichtbeachtung dieses Effekts stellt einen Basisratenfehler dar. Eine beispielhafte Berechnung ist im Folgenden dargestellt.

---

Anzahl der Personen im Land:	100.000.000
Anzahl der vermuteten Terroristen im Land:	2.000

**Eigenschaften der Gesichtserkennungssoftware:**

Wahrscheinlichkeit, einen Terroristen korrekt als Terroristen zu identifizieren:	90%
Wahrscheinlichkeit, einen Nicht-Terroristen fälschlicherweise als Terroristen zu identifizieren:	2%

Anteil der tatsächlichen Terroristen an allen als Terrorist identifizierten Personen:

$$\frac{IT}{IT + INT} = \frac{2.000 \times 0,90}{2.000 \times 0,90 + 98.000.000 \times 0,02} = 0,09\% \sim 1/1.000$$

*IT* Anzahl der korrekt identifizierten Terroristen

*INT* Anzahl der falsch identifizierten Nicht-Terroristen

---

In der Ausgangssituation ohne Gesichtserkennungssoftware liegt die Wahrscheinlichkeit, dass eine zufällig ausgewählte Person ein Terrorist ist, bei  $2.000/100.000.000 = 0,002\%$ . Diese Wahrscheinlichkeit entspricht dem Anteil der Terroristen an der Bevölkerung.

Wird nun die Gesichtserkennungssoftware eingeführt, bei gleichbleibendem Anteil von Terroristen an der Bevölkerung, verändert sich die Wahrscheinlichkeit, irrtümlich eine Person als Nicht-Terrorist einzustufen. Stuft die verwendete Gesichtserkennungssoftware eine Person als Terrorist ein (mit den oben angenommenen Parametern), erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass eine als Terrorist klassifizierte Person auch tatsächlich ein Terrorist ist, auf 0,09% oder ungefähr 1/1.000. In der Ausgangssituation ohne Einsatz der Gesichtserkennungssoftware beträgt die Wahrscheinlichkeit, dass eine zufällig ausgewählte Person auch tatsächlich ein Terrorist ist nur 0,002%. Bei Benutzung der Gesichtserkennungssoftware ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine als Terrorist klassifizierte Person auch tatsächlich ein Terrorist ist, mit 0,09% ca. 46 Mal größer als mit 0,002% in der Ausgangssituation ohne Gesichtserkennungssoftware. Trotzdem impliziert die Wahrscheinlichkeit von 0,09%, dass eine von der Gesichtserkennungssoftware als Terrorist klassifizierte Person auch tatsächlich ein Terrorist ist, dass die Nullhypothese, die Person ist kein Terrorist, mit 99,91%, d. h. in 999 von 1.000 Fällen, irrtümlich verworfen wird und eine Person fehlerhaft als Terrorist eingestuft wird.

Um die Qualität einer Gesichtserkennungssoftware zu beurteilen, ist die Unterscheidung von vier Fällen in Abhängigkeit der Klassifizierung der Gesichtserkennungssoftware (ein bzw. kein Terrorist)

und des Wahrheitsgehalts der Klassifizierung (richtig oder falsch) aufschlussreich. Aus der Klassifizierung der Gesichtserkennungssoftware und der tatsächlichen Gruppenzugehörigkeit ergeben sich:

- (1) als Nicht-Terroristen identifizierte Nicht-Terroristen (richtig),
- (2) als Nicht-Terroristen identifizierte Terroristen (falsch),
- (3) als Terroristen identifizierte Nicht-Terroristen (falsch)
- (4) als Terroristen identifizierte Terroristen (richtig).

Die Fälle (1) und (4) sind wünschenswert, da sie eine korrekte Zuweisung darstellen. Dahingegen sind (2) und (3) falsche Klassifizierungen. Man nennt diese auch Falsch-Negative (2) und Falsch-Positive (3) Fehlzusweisungen beziehungsweise Beta- und Alpha-Fehler.

Ein Vergleich der Ausgangssituation ohne Gesichtserkennungssoftware mit der Situation der tatsächlichen Anwendung der Gesichtserkennungssoftware anhand der Wahrscheinlichkeiten für (1) bis (4) lässt eine Aussage über die Qualität der Gesichtserkennungssoftware zu. Eine Gesichtserkennungssoftware mit guter Qualität sollte dazu führen, dass durch ihre Anwendung Terroristen besser identifiziert werden können. Mit Bezug zu den oben dargestellten vier möglichen Verhältnissen von Klassifizierung und deren Richtigkeit bedeutet dies, dass Fälle gemäß (3), d. h. ein Nicht-Terrorist fälschlicherweise als Terrorist klassifiziert, selten und Fälle gemäß (4), d. h. ein Terrorist korrekt als Terrorist klassifiziert, häufig vorkommen sollten. Ohne Gesichtserkennungssoftware konnte für eine beliebige Person behauptet werden, dass sie mit Wahrscheinlichkeit 0,02% ein Terrorist ist (0,02% entspricht dem unterstellten Anteil an Terroristen an der Bevölkerung). Mit Gesichtserkennungssoftware bestimmt man den Anteil der korrekt als Terrorist identifizierten Personen an allen als Terrorist identifizierten Personen als bedingte Wahrscheinlichkeit. Die Berechnung dieser bedingten Wahrscheinlichkeit (0,09%) anhand des Satzes von Bayes ist oben dargestellt. Obwohl die Gesichtserkennungssoftware einen Terrorist zu 90% auch als Terrorist klassifiziert, ist die Verbesserung der Erkennung eines Terroristen in der Praxis nur minimal. Ursache hierfür ist die geringe Anzahl von Terroristen in der Gesamtbevölkerung. Als Konsequenz dieser Basisrate liefert auch eine Gesichtserkennungssoftware mit einer Erkennungsrate von 90% eine große Anzahl an Falsch-Positiven, da eine große Zahl an Nicht-Terroristen irrtümlicherweise als Terroristen klassifiziert wird.

## 4.2 Selbstüberschätzung

Die Selbstüberschätzung stellt einen weiteren Fehlschluss in Zusammenhang mit der Repräsentativitätsheuristik dar. In dem Fall ist das Vertrauen in die eigene Prognosefähigkeit

ungerechtfertigt hoch. Der Fehlschluss der Selbstüberschätzung ist empirisch bestätigt und sein Ausmaß steigt bei hoher Repräsentativität, das heißt, wenn eindeutige Muster für die Prognose sprechen oder die Prognose intuitiv ist (Tversky & Kahneman, 1974). Ein Beispiel für Selbstüberschätzung findet sich im Bereich der Medizin. Kahneman (2012, 468) führt die Studie von Berner und Graber (2008) an, die für Todesfälle auf der Intensivstation die Diagnose der Ärzte vor dem Tod und nach der Autopsie miteinander verglichen haben. Auch Mediziner, die ihre Einschätzung als „vollständig sicher“ einstufen, lagen zu 40% falsch.

Akteure stellen in vielen Bereichen ziviler Sicherheit Planungen auf, etwa für Ressourcen, Einsätze und Notfälle. Diese Planungen basieren auf zukünftig erwarteten Bedrohungen und deren Eintrittswahrscheinlichkeiten. Um eine Fehlallokation von Budgets für die Gefahrenabwehr zu vermeiden, ist eine kritische Prüfung der gemachten Annahmen und berücksichtigten Informationen notwendig. Überschätzung der eigenen Prognosefähigkeit, z. B. für den Eintritt zukünftiger Bedrohungen, muss vermieden.

Eine unreflektierte Selbstüberschätzung kann zum Beispiel in der Ressourcenplanung von Rettungskräften für Notfalleinsätze zu negativen Konsequenzen führen. Die tatsächliche Anzahl und Art der Einsätze im Jahresverlauf schwankt üblicherweise um den zu Jahresbeginn geschätzten Wert. Wenn aufgrund von Selbstüberschätzung eine zu geringe Streuung um den Schätzwert angenommen wird, steigt die Wahrscheinlichkeit für eine unerwartete Abweichung nach oben oder unten. Eine potentielle Überkapazität erzeugt lediglich Mehrkosten, wobei eine zu geringe Kapazität im Rettungsdienst Menschenleben kosten kann.

### 4.3 Spielerfehlschluss

Der Begriff Spielerfehlschluss stammt aus dem Bereich des Glücksspiels und liegt vor, wenn kleine Stichproben als repräsentativ für einen Gesamtzusammenhang erachtet werden. In dem Fall ignoriert eine Person die Unabhängigkeit zwischen Ereignissen, sodass beispielsweise beim Roulette nach fünfmal Rot in Folge irrtümlicherweise unterstellt wird, dass beim nächsten Drehen der Scheibe die Wahrscheinlichkeit für Schwarz über 50% liegt.

Ein weiteres Beispiel für einen Spielerfehlschluss ist die Wahrnehmung von Mitspielern, Gegnern und Zuschauern im Basketball, dass ein Spieler nach drei oder vier erfolgreichen Korbwürfen eine in diesem Spiel außergewöhnlich gute Trefferquote aufweist. Statistische Analysen zeigen jedoch, dass die geringe Anzahl von drei oder vier erfolgreichen Würfen keinen Schluss auf ein vorübergehend verbessertes Können zulassen (Kahneman 2012, 459, nennt Gilovich, Vallone und Tversky 1985).

Auch im Bereich der zivilen Sicherheit kann der Fehlschluss entstehen, dass die Wahrscheinlichkeit für zufällige Ereignisse steigen, weil sie längere Zeit nicht aufgetreten sind bzw. die Wahrscheinlichkeit sinke, weil sie in jüngerer Vergangenheit öfter aufgetreten sind. Beispiele hierfür sind jegliche Form von zufällig wiederkehrenden Ereignissen wie Alarmierungen von Polizei, Feuerwehr und Rettungsdienst aufgrund von Bränden, Verkehrsunfällen oder kriminellen Straftaten oder auch das lokale Auftreten von Hochwasser und Stürmen, trotz des Trends zu mehr Naturkatastrophen, verursacht durch den anthropogenen Klimawandel.

#### 4.4 Regression zur Mitte

Ein weiterer häufig auftretender Fehlschluss ist die Vernachlässigung der Regression zur Mitte. Die Regression zur Mitte bedeutet für zufällige Ereignisse, dass nach einer extremen Beobachtung die nächste Beobachtung näher am Durchschnitt erwartet werden sollte. Weicht die aktuelle Beobachtung ungewöhnlich stark nach oben oder unten vom Durchschnitt ab, wird der Prozess für das Ereignis beim nächsten Mal sehr wahrscheinlich wieder eine gewöhnlichere Ausprägung in der Nähe des Durchschnitts generieren. Die Regression zur Mitte wird jedoch häufig nicht intuitiv berücksichtigt, so dass Personen dazu neigen, nach einer extremen Beobachtung für die Zukunft ebenfalls wieder extreme Beobachtungen zu erwarten, weil sie davon ausgehen, dass die extreme Beobachtung repräsentativ war.

Ein Beispiel für eine Regression zur Mitte ist die Aussage, dass sich der Zustand von Kindern mit depressiver Verstimmung innerhalb von drei Monaten deutlich verbessert, wenn sie mit einem Energiedrink behandelt werden. Ursächlich in diesem Zusammenhang für die Verbesserung ist aber nicht der Energiedrink, sondern dass sich der Zustand der Kinder aufgrund der sich einstellenden Normalisierung verbessert. In diesem Beispiel darf also nicht Korrelation mit Kausalität verwechselt werden (Kahneman, 2012, 183). In diesem Kontext nennt Kahneman (2012, 463) die Studie von Wainer (2007), dass auch manche Wissenschaftler aufgrund von Korrelation ungerechtfertigt auf Kausalität schließen.

Ein Beispiel im Kontext ziviler Sicherheit für die Regression zur Mitte ist die Häufung von Verkehrsunfällen auf einem bestimmten Straßenabschnitt, ohne Veränderung bei Verkehrsaufkommen, Geschwindigkeitsbegrenzung oder durchgeführten baulichen Maßnahmen. Unveränderte Rahmenbedingungen lassen, nach einer ungewöhnlichen Häufung, aufgrund der Regression zur Mitte wieder eine durchschnittliche Anzahl an Verkehrsunfällen erwarten. Die kurzfristige Erhöhung war bloß dem Zufall geschuldet.

In Bezug auf den Fehlschluss der vernachlässigten Regression zur Mitte muss aber geprüft werden, ob sich die Rahmenbedingungen (bzw. der Risiko generierende Prozess) nicht verändert haben. So ist z. B. die Häufung von ex-ante als ungewöhnlich eingestuften Naturkatastrophen wie „Jahrhunderthochwassern“ in den vergangenen Jahren eventuell keine vorübergehende und außerordentliche Abweichung vom Mittelwert, die aufgrund der Regression zur Mitte zurückgeht. Vielmehr könnte die Umweltverschmutzung das Klima negativ beeinflusst haben, sodass zukünftig eine größere Anzahl von Naturkatastrophen aufgrund von extremen Wetterereignissen zu erwarten ist.

## 5 Verfügbarkeitsheuristik

Die Verfügbarkeitsheuristik erklärt, dass Personen Wahrscheinlichkeiten entsprechend der einfachen mentalen „Verfügbarkeit“ des Ereignisses schätzen. Häufen sich z. B. Medienberichte über Terrorismus, werden Personen mit dem Thema vertrauter. Deshalb können sie sich das Thema schneller und einfacher vergegenwärtigen und schätzen Wahrscheinlichkeiten daher höher ein. Die Verfügbarkeitsheuristik berücksichtigt auch, dass die Einschätzung von Wahrscheinlichkeiten von Bedrohungen von individuellen Erfahrungen und Beobachtungen abhängt.

Als Beispiel für die Verfügbarkeitsheuristik nennt Kahneman (2012, 131) mit Verweis auf Ross und Sicoly (1979) die Summe der Anteile selbsteingeschätzter Beiträge innerhalb einer Partnerschaft für z. B. Aufräumen und Müll wegbringen. Erwartungsgemäß addieren sich die Selbsteinschätzungen zu mehr als 100% auf, da jeder Partner seine eigenen Anstrengungen im Haushalt präsent vor Augen hat.

Die Schätzung der Wahrscheinlichkeit von einem Hausbrand betroffen zu sein, hängt entsprechend der Verfügbarkeitsheuristik davon ab, wie die Person von der Information über einen Hausbrand erfährt. Liest eine Person nicht in der Zeitung über einen Hausbrand, sondern wird Augenzeuge, weckt dies stärkere Emotionen und hinterlässt einen bleibenderen Eindruck. Ein Augenzeuge eines Hausbrands hat eine schnellere und einfachere mentale Verfügbarkeit für das Ereignis und schätzt daher seine Wahrscheinlichkeit subjektiv höher ein (Tversky & Kahneman, 1974).

Ein weiteres Beispiel für die Anwendung in der zivilen Sicherheit findet sich bei Opfern von Kriminalität. Auch wenn die Wahrscheinlichkeit Opfer von Kriminalität zu werden für bereits von Kriminalität betroffenen Personen und nicht betroffenen Personen in der Regel gleich ist, schätzen bereits von Kriminalität betroffene Personen die Wahrscheinlichkeit, ein Opfer von Kriminalität zu werden, größer ein als bisher nicht von Kriminalität betroffene Personen. Ursache hierfür ist gemäß

der Verfügbarkeitsheuristik, dass die einprägsamen Erinnerungen an die Tat mental schnell und einfach verfügbar sind. Personen, die in der Vergangenheit nicht betroffen waren, haben hingegen nur eine abstrakte Vorstellung der Opfersituation einer kriminellen Tat.

## 6 Ankereffekt

Der Ankereffekt bewirkt, dass Personen bei Schätzungen auf einen Referenzwert bzw. „Anker“ zurückgreifen. Dieser Wert kann dann bei z. B. einer Schätzung der Wahrscheinlichkeit für den Eintritt eines Ereignisses mithilfe anderer Informationen korrigiert werden, allerdings geschieht diese Korrektur meist nicht in hinreichend starkem Ausmaß. Deshalb weist die tatsächliche Schätzung der Wahrscheinlichkeit eine Verzerrung hin zum Referenzwert bzw. Anker auf.

Der Ankereffekt wurde durch verhaltenspsychologische Experimente bestätigt, in denen die Versuchsperson während der Abgabe einer Schätzung bewusst durch einen Anker beeinflusst wurden. Kahneman (2012, 119ff) schildert ein verhaltenspsychologisches Experiment, in dem die Teilnehmer nach einer Schätzung des Anteils afrikanischer Staaten an allen Staaten der Vereinten Nationen (UN) gefragt werden. Nachdem ein manipuliertes Glücksrad, das nur die Zahlen 10 und 65 zeigen kann, gedreht wurde, wurden die Versuchsteilnehmer gefragt, ob der besagte Anteil darüber oder darunter liegt. Die Formulierung der Frage stellt bewusst einen Bezug zum Ankerwert her. Eine zweite Frage fragt konkret nach der Prozentzahl des Anteils, und analysiert daher die Korrektur aufgrund von weiteren Informationen über den Ankerwert hinaus. Das Ergebnis dieses verhaltenspsychologischen Experiments ist, dass Teilnehmer, die auf dem manipulierten Glücksrad die Zahl 10 angezeigt bekamen, den Anteil im Durchschnitt auf 25% schätzen. Im Gegensatz dazu schätzen Teilnehmer, die die Zahl 65 angezeigt bekamen, durchschnittlich den Anteil mit 45% höher ein. Dies zeigt, dass die Versuchspersonen aufgrund des während der Abgabe der Schätzung im Bewusstsein vorhandenen Referenzwerts die geäußerten Schätzungen deutlich von diesem Referenzwert beeinflusst werden, und die nachfolgende Korrektur aufgrund von weiteren Informationen geringer war, als das Ausmaß des Ankereffekts. Die abgegebenen Schätzwerte sind also aufgrund des Ankereffekts zum Referenzwert hin verschoben. Der Ankereffekt beeinflusst Schätzungen ähnlich wie das Framing (siehe Abschnitt 2).

Ein Beispiel für den Ankereffekt aus dem Bereich der zivilen Sicherheit sind Bedarfsplanungen für Personal, Material und Einsätze z. B. im Rettungsdienst. Die Bedarfsplanung für das aktuelle Jahr stellt vermutlich einen Referenzwert für die Bedarfsplanung für das kommende Jahr dar. Dies zeigt, dass der Ankereffekt oft eine sinnvolle und hilfreiche Heuristik ist. Wenn dieser Anker allerdings

übermäßig gewichtet wird oder aufgrund von irrelevanten Informationen gesetzt wird, entsteht ein Fehlschluss. Entscheidungsträger müssen daher bei der Bedarfsplanung darauf achten, rational alle relevanten Informationen zu berücksichtigen, so dass der historische Referenzwert die Schätzung der Bedarfsplanung nicht über Gebühr beeinflusst.

## **7 Anwendung der Ergebnisse**

Die dargestellten Heuristiken und Fehlschlüsse legen nahe, dass verhaltenspsychologische Effekte in der Ökonomie der Sicherheit und im Risikomanagement ziviler Sicherheitsrisiken berücksichtigt werden sollten. Auch wenn es bei komplexen Sicherheitsentscheidungen schwierig ist, alle verhaltenspsychologischen Fallstricke zu berücksichtigen, ist es für eine optimale Allokation eines begrenzten Budgets wichtig, die Bewertung von Sicherheitslösungen auf Heuristiken und Fehlschlüsse hin zu überprüfen.

Die individuelle Bewertung von Bedrohungen und Sicherheitslösungen hängt stark von der subjektiv geschätzten Eintrittswahrscheinlichkeit ab. Die oben dargestellten verhaltenspsychologischen Heuristiken und Fehlschlüsse beeinflussen gerade diese subjektiv geschätzten Wahrscheinlichkeiten für negative Ereignisse im Bereich der zivilen Sicherheit maßgeblich. Daher kann es beim Vorliegen großer Abweichungen zwischen objektiven und subjektiven Eintrittswahrscheinlichkeiten – als weitere Möglichkeit neben Sicherheitslösungen zur Abwendung der Gefahr – auch effizient sein, das verfügbare Budget in geeignete Maßnahmen zu investieren, um das subjektive Sicherheitsempfinden der beteiligten Akteure zu verbessern.

Um bei beteiligten Akteuren die Qualität der geschätzten Eintrittswahrscheinlichkeiten für Risiken auf dem Gebiet der zivilen Sicherheit zu verbessern, erscheinen gezielt aufbereitete Informationen und dezente Hilfestellungen („nudges“, siehe Thaler und Sunstein (2009)) geeignet. Die Vermittlung von Kenntnissen über die objektive Eintrittswahrscheinlichkeit kann das subjektive Sicherheitsempfinden erhöhen und ökonomisch effizient sein. Letzteres setzt allerdings voraus, dass die beteiligten Akteure rationalen Argumenten zugänglich sind und sich nicht aufgrund von z. B. psychologischer Disposition oder negativen gemachten Erfahrungen einem Diskurs von vornherein entziehen. Daher muss berücksichtigt werden, dass einzelne Personen durchaus nachvollziehbare Gründe für „ihre“ individuell geschätzte Wahrscheinlichkeit haben können, auch wenn diese von der objektiven Wahrscheinlichkeit abweicht. Ursache hierfür können z. B. gemachte negative Erfahrungen sein. Ein Opfer eines schweren Verkehrsunfalls hat möglicherweise aufgrund der persönlichen Erfahrung eine enorme Sorge, erneut Opfer eines Verkehrsunfalls zu werden, so dass



seine Schätzung für die Eintrittswahrscheinlichkeit erneut Opfer eines schweren Verkehrsunfalls über der objektiven Eintrittswahrscheinlichkeit liegt. Ähnlich können Personen individuelle psychologische Prädispositionen besitzen. Ein Beispiel hierfür sind individuelle Sorgen und Ängste bei der Teilnahme am Straßenverkehr, so dass in diesem Fall ebenfalls die subjektiv geschätzte Eintrittswahrscheinlichkeit für Risiken im Straßenverkehr über der objektiven Eintrittswahrscheinlichkeit liegt.

Abschließend sei nochmals darauf hingewiesen, dass Heuristiken nicht per se zu verurteilen sind. Heuristiken ermöglichen es an vielen Stellen mit vergleichsweise geringem Aufwand eine große Anzahl von Informationen erfolgreich zu verarbeiten und zu nutzen. Ein Beispiel hierfür ist die Anwendung von Heuristiken zur Komplexitätsreduzierung im Falle einer Entscheidungssituation für eine Neueinstellung, bei der die Vernachlässigung geringer Unterschiede den kognitiven Aufwand reduziert (Goldberg und von Nitzsch, 1999, 52f). Heuristiken sind daher eine sinnvolle Herangehensweise für die Wahrnehmung und Bewertung von Bedrohungen für die zivile Sicherheit. Trotzdem ist es wichtig, in der Ökonomie der Sicherheit Heuristiken transparent zu machen und verhaltenspsychologische Fehlschlüsse zu vermeiden. Dieser Aufsatz möchte dazu beitragen, das Verständnis für Heuristiken und Fehlschlüsse bei der Bewertung von Sicherheitslösungen zu erhöhen, und somit die Effizienz von Investitionen in Sicherheitslösungen weiter zu verbessern.

## 8 Literaturverzeichnis

- Bazerman, M. H. und D. A. Moore (2008). *Judgment in Managerial Decision Making*. New York, Wiley.
- Berner, E. S. und M. L. Graber (2008). *Overconfidence as a Cause of Diagnostic Error in Medicine*. American Journal of Medicine (121), S. 2-23.
- Entorf, H. (2015). Der Wert der Sicherheit: Anmerkungen zur Ökonomie der Sicherheit. In P. Zoche, S. Kaufmann, & H. Arnold, *Sichere Zeiten? Gesellschaftliche Dimensionen der Sicherheitsforschung* (S. 375-391). Lit Verlag.
- Gilovich, T., R. Vallone und A. Tversky (1985). *The hot hand in Basketball: On the Misperception of Random Sequences*. Cognitive Psychology (17), S. 295-314.
- Goldberg, J. und R. v. Nitzsch (1999). *Behavioral Finance, Gewinnen mit Kompetenz*. München, FinanzBuch Verlag, 2te Auflage 2000.
- Kahneman, D. (2012). *Thinking, Fast and Slow*. London: Penguin Books.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*(47), S. 263-291.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1984). Choices, Values, and Frames. *American psychologist*(39), S. 341.
- Morgenstern, O., & von Neumann, J. (1953). *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton University Press.
- Muth, J. F. (1961). Rational expectations and the theory of price movements. *Econometrica*(29), S. 315 - 335.
- R+V Versicherung/Statista. (2017). *Statista.de*. Abgerufen am 22. Mai 2018 von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/321259/umfrage/umfrage-zu-den-groessten-aengsten-der-deutschen/>
- Ross, M. und F. Sicoly (1979). *Egocentric Biases in Availability and Attribution*. Journal of Personality and Social Psychology (37), S. 322-336.
- Schulan, A., & Entorf, H. (2017). Status Quo der Bewertung von Sicherheitsmaßnahmen - Evidenz aus Experteninterviews. Abgerufen am 28. August 2017 von <https://www.4d->

sicherheit.de/site/assets/files/1063/170828\_4d\_sicherheit\_status\_quo\_der\_bewertung\_von\_sicherheitsmassnahmen.pdf

Simon, H. A. (1955). A behavioral model of rational choice. *The quarterly journal of economics*(69(1)), S. 99 - 188.

Thaler, R., & Sunstein, C. (2009). *Nudge, Improving Decision about Health, Wealth and Happiness*. Penguin Books.

Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgement under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science*(185), S. 1124-1131.

Tversky, A., & Kahneman, D. (1981). The Framing of Decision and the Psychology of Choice. *Science*(211).

Wainer, H. (2007). *The Most Dangerous Equation*. *American Scientist* (95), S. 249-256.