
Der Umgang mit Wahrscheinlichkeiten und Statistiken fällt vielen Menschen schwer. Nicht selten ist dieser erschwerte Umgang auf (unnötiges) eigenes Komplizieren, Fehlinterpretieren oder auch auf das Zurückgreifen auf sogenannte Abkürzungsstrategien (Heuristiken) zurückzuführen. Dieser Arbeitsbericht beschäftigt sich genau mit diesem zugrundeliegenden Verhalten und erläutert mit zahlreichen konkreten Beispielen den vielfach anzutreffenden realen Entscheidungsprozess.

Zunächst werden zentrale Grundbegriffe erläutert, um ein einheitliches Verständnis zu gewährleisten. Mit diesem Verständnis wird auf verschiedene Grundlagen von Wahrscheinlichkeiten wie auch Statistiken eingegangen, um ein wissens- und verständnisbasiertes Fundament für die weiteren Teile dieses Arbeitsberichts sicherzustellen. Im zweiten Kapitel werden sowohl ausgewählte Heuristiken (kognitive Abkürzungsstrategien) als auch systematische Fehler beim Umgang mit Wahrscheinlichkeiten vorgestellt und erläutert. Im Anschluss werden ausgewählte und typische Paradoxien beschrieben, die zum einen im Bereich von Wahrscheinlichkeiten und Statistiken und zum anderen im Bereich von Entscheidungen auftreten können. Zuletzt werden die Ansatzpunkte einer Manipulation von Statistiken dargestellt.

Die Autoren

Prof. Dr. rer. pol. Klaus-Ulrich Remmerbach (Hrsg.)

Seit 2001 lehrt Klaus-Ulrich Remmerbach an der FH Münster. Dort verantwortet er am Institut für Technische Betriebswirtschaft (ITB) das Fachgebiet „Unternehmensführung“. Sein besonderes Forschungsinteresse gilt der „Behavioral Economics“.

Stella Bresler, Jonas Heumer, Tobias Meintrup, Tim Sewerin, Grit Steude

Die Autoren sind Masterstudierende im Bereich Wirtschaftsingenieurwesen am Institut für Technische Betriebswirtschaft (ITB) (Bresler, Heumer, Meintrup, Sewerin) und im Studiengang Chemical Engineering am Fachbereich Chemieingenieurwesen (Steude). Im Rahmen des Seminars „Behavioral Management“ entwickelten sie gemeinsam mit Prof. Dr. rer. pol. Klaus-Ulrich Remmerbach den vorliegenden Arbeitsbericht. Über den Bachelor-Abschluss hinaus weisen die Masterstudierenden verschiedene praktische Erfahrungen im technisch-betriebswirtschaftlichen Bereich auf, z.B. in der Produktionsplanung, dem strategischen Einkauf, dem technischem Vertrieb oder der Qualitätskontrolle.



FH Münster

Institut für Technische Betriebswirtschaft

Zum Umgang mit Wahrscheinlichkeit und Statistik

Prof. Dr. Klaus-Ulrich Remmerbach (Hrsg.)

ITB-Arbeitsberichte

Herausgeber

FH Münster, Institut für Technische Betriebswirtschaft (ITB)

Band 11

Zum Umgang mit Wahrscheinlichkeit und Statistik
Prof. Dr. Klaus-Ulrich Remmerbach (Hrsg.)

Verlag

FH Münster

Umschlaggestaltung/Layout

Diana Jansing, Niklas Theis, Katharina Urbaniak

Druck

Digital Print Group O. Schimek GmbH
Neuwieder Straße 17, 90411 Nürnberg

ISBN 978-3-947263-22-6

Copyright 2020

FH Münster
University of Applied Sciences

Hüfferstraße 27
48149 Münster

verlag@fh-muenster.de

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung des Neudrucks bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers sowie des Verfassers reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Inhaltsverzeichnis

Management Summary	6	
Abbildungsverzeichnis.....	7	
Tabellenverzeichnis.....	9	
Abkürzungsverzeichnis	10	
1	Warum fällt es schwer, Wahrscheinlichkeiten und Statistiken zu verstehen?	12
1.1	Grundbegriffe	13
1.2	Verständnis von Wahrscheinlichkeiten.....	15
1.2.1	Subjektive vs. Objektive Wahrscheinlichkeit	19
1.2.2	Subjektives vs. objektives Risiko und Ungewissheit	21
1.2.3	Prozentangaben vs. absolute Zahlen.....	25
1.2.4	Bedingte Wahrscheinlichkeiten	26
1.3.....	Entscheiden mittels Wahrscheinlichkeiten	28
1.3.1	Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktion	31
1.3.2	Transformation in Entscheidungsgewichte.....	34
1.3.3	Intuitives Entscheiden	37
1.4.....	Implikationen für den Umgang mit Wahrscheinlichkeiten.....	41
1.4.1	Ratio vs. Emotion	41
1.4.2	Nutzen vs. Risiken.....	43
2	Heuristiken und Biases zum Umgang mit Wahrscheinlichkeiten	45
2.1.....	Ausgewählte Heuristiken zum Umgang mit Wahrscheinlichkeiten	45
2.1.1	Verankerungsheuristik.....	45
2.1.2	Repräsentativitätsheuristik	48
2.1.3	Rekognitionsheuristik	50
2.1.4	Verfügbarkeitsheuristik.....	51
2.1.5	Simulationsheuristik	53
2.2.....	Ausgewählte typische Beurteilungsfehler beim Umgang mit Wahrscheinlichkeiten	54
2.2.1	Basisratenfehler	54
2.2.2	Konjunktionsfehler.....	56
2.2.3	Konversionsfehler.....	58
2.2.4	Overconfidence	60
2.2.5	Rückschaufehler.....	61
2.2.6	Wishful Thinking	64
2.2.7	Kontrollillusion	65
2.2.8	Konservatismuseffekt (conservatism bias).....	67

2.2.9	Sicherheits- und Möglichkeitseffekt	68
2.2.10	Nichtbeachten der Regression zum Mittelwert	70
2.2.11	Nichtbeachten der Stichprobengröße	72
2.2.12	Clustering-Illusion	73
2.2.13	Mitläufereffekt	76
3	Paradoxien	78
3.1	Was ist ein Paradoxon?	78
3.2	Kategorien von Paradoxien.....	79
3.3	Ausgewählte Wahrscheinlichkeits- und Statistikparadoxien ..	80
3.3.1	Truthahn-Paradoxon	80
3.3.2	Simpson-Paradoxon	81
3.3.3	Ziegen-Paradoxon	83
3.3.4	Geburtstagsparadoxon	85
3.3.5	Klassengrößenparadoxon.....	86
3.4	Ausgewählte Entscheidungsparadoxien	88
3.4.1	Ellsberg-Paradoxon	88
3.4.2	Allais-Paradoxon.....	89
3.4.3	Braess-Paradoxon	92
3.4.4	Präventionsparadoxon	95
4	Manipulation von Statistik.....	97
4.1	Datenerhebung	98
4.1.1	Repräsentativität.....	98
4.1.2	Suggestive Fragestellung	100
4.1.3	Vergleichbarkeit von Variablen	101
4.2	Datenverarbeitung	103
4.2.1	Median vs. Mittelwert	104
4.2.2	Unzutreffende Extrapolationen	106
4.2.3	Vertrauenswürdigkeit des Ergebnisses.....	110
4.2.4	Unzutreffende Bezugsgrößen	112
4.3	Datenerstellung.....	116
4.3.1	Fehlende Relationen.....	116
4.3.2	Unter- und Übertreibung in Piktogrammen	117
4.3.3	Willkürliche Skalierungen.....	119
4.3.4	Publikationsbias	120
4.4	Schlussfolgerung	121
4.4.1	Korrelation vs. Kausalität	121
4.4.2	Mangelndes Zahlenverständnis	124
4.5	Zusammenfassung zum strukturierten Zweifeln	126

Literaturverzeichnis - Schriftquellen	127
Literaturverzeichnis - Internetquellen	133
Stichwortverzeichnis.....	147
Kurzporträt der Autoren.....	149
Kontakt	151

Management Summary

Der Umgang mit Wahrscheinlichkeiten und Statistiken fällt vielen Menschen schwer. Nicht selten ist dieser erschwerte Umgang auf (unnötiges) eigenes Komplizieren, Fehlinterpretieren oder auch auf das Zurückgreifen auf sogenannte Abkürzungsstrategien (Heuristiken) zurückzuführen. Dieser Arbeitsbericht beschäftigt sich genau mit diesem zugrundeliegenden Verhalten und erläutert mit zahlreichen konkreten Beispielen den vielfach anzutreffenden realen Entscheidungsprozess.

Zunächst werden zentrale Grundbegriffe erläutert, um ein einheitliches Verständnis zu gewährleisten. Mit diesem Verständnis wird auf verschiedene Grundlagen von Wahrscheinlichkeiten wie auch Statistiken eingegangen, um ein wissens- und verständnisbasiertes Fundament für die weiteren Teile dieses Arbeitsberichts sicherzustellen.

Im zweiten Kapitel werden sowohl ausgewählte Heuristiken (kognitive Abkürzungsstrategien) als auch ausgewählte systematische Fehler beim Umgang mit Wahrscheinlichkeiten vorgestellt und erläutert. Insbesondere das Wissen über typische Beurteilungsfehler (Biases) sensibilisiert für die zukünftige Verarbeitung von Wahrscheinlichkeiten.

Im Anschluss werden ausgewählte und typische Paradoxien beschrieben, die zum einen im Bereich von Wahrscheinlichkeiten und Statistiken und zum anderen im Bereich von Entscheidungen auftreten können. Die Kenntnis über Paradoxien hilft, das Risiko der Irreführung und falscher Entscheidungen und Schlussfolgerungen zu mindern.

Im Abschlusskapitel dieses elften Arbeitsberichts des Instituts für Technische Betriebswirtschaft werden die Ansatzpunkte einer Manipulation von Statistiken dargestellt. Über die verschiedenen Stadien der Datenerhebung, -verarbeitung und -erstellung lassen sich Studien, Dokumentationen, Auswertungen usw. systematisch untersuchen und Manipulationen erkennen.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Was bedeutet "Es wird morgen mit einer Wahrscheinlichkeit von 30 % regnen?".....	18
Abbildung 2: Baumdiagramm Wetterbericht	19
Abbildung 3: Einflüsse auf die Risikoeinschätzung.....	22
Abbildung 4: Baumdiagramm für ein zweistufiges Experiment.....	27
Abbildung 5: Arten von Entscheidungssituationen.....	29
Abbildung 6: Risikoneutralität (Gelb), Risikoaversion (Rot), Risikoaffinität (Grün)	30
Abbildung 7: Hypothetische Wertefunktion	32
Abbildung 8: Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktionen für Gewinne (w^+) und Verluste (w^-)	34
Abbildung 9: Glücksradschätzung zum Anteil der afrikanischen Staaten an der UN.....	46
Abbildung 10: Schätzung zur Höhe eines Mammutbaums	47
Abbildung 11: Baumdiagramm des Taxi-Beispiels.....	55
Abbildung 12: Darstellung des Linda-Problems im Mengendiagramm	57
Abbildung 13: Skizzenhafte Darstellung zum Dunning-Kruger-Effekt.....	61
Abbildung 14: Experiment zum Ausgang eines Krieges zwischen Briten und Gurkhas mit unterschiedlichen Informationslagen für die Probanden ...	62
Abbildung 15: Studie zur Bundestagswahl 1998 mit amtlichen Endergebnissen und je zwei Prognosen zu den Parteien SPD und CDU	63
Abbildung 16: Mittelwert der Kornpreisschätzungen von Bauern und Bäckern für den Stichtag $X=100$ Tage	64
Abbildung 17: Experiment mit unterschiedlicher Anzahl von Pokerchips in zwei Rucksäcken.....	67
Abbildung 18: Cartoon zur möglichen Wahlbeeinflussung durch den Mitläufereffekt ...	77
Abbildung 19: Wahrscheinlichkeit für mindestens zwei Personen mit gleichem Geburtstag	86
Abbildung 20: Verkehrsnetz zwischen Stadt A und Stadt B.....	93
Abbildung 21: Verkehrsnetz zwischen Stadt A und Stadt B mit neuer Strecke 3	93

Abbildung 22: Übersterblichkeit (Total Excess Deaths) und COVID-19-bedingte Todesfälle (COVID-19 Deaths) mehrerer Länder im Vergleich	102
Abbildung 23: Prognose und tatsächliche Entwicklung bis 2001 des Wasserverbrauchs in Litern pro Kopf und Tag	107
Abbildung 24: Inlandsabsatz an Pflanzenschutzmitteln in der BRD, Jahre 2006 bis 2018.....	109
Abbildung 25: Suizidrate pro 100.000 Einwohner je Bundesland.....	117
Abbildung 26: Korrekte Balkendiagramm-Darstellung des Bevölkerungszuwachses	118
Abbildung 27: Übertriebene Piktogrammdarstellung des Bevölkerungszuwachses...	118
Abbildung 28: Richtige Piktogrammdarstellung des Bevölkerungszuwachses.....	118
Abbildung 29: Preisentwicklung Superbenzin April 2019 bis April 2020	119
Abbildung 30: Preisentwicklung Superbenzin April 2019 bis April 2020, vorteilhafte Zerrung der y-Achse	119
Abbildung 31: Preisentwicklung Superbenzin 1972 bis 2020	120
Abbildung 32: Korrelation zwischen dem pro Kopf-Verbrauch an Mozzarella und Anzahl der Promotionen im Bauingenieurwesen.....	121
Abbildung 33: Anzahl neuer COVID-19-Fälle zwischen 24. Februar bis Ende Mai; Absage Großveranstaltungen ab 9. März und bundesweiter Lock-Down ab 23. März 2020.....	123

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Vierfeldertafel Bsp.....	28
Tabelle 2:	Entscheidungsgewichte bezogen auf Wahrscheinlichkeiten	35
Tabelle 3:	Fourfold pattern of preferences.....	36
Tabelle 4:	Wahrscheinlichkeitsschätzung zum Ausbruch eines Atomkrieges zwischen den USA und der Sowjetunion mit verschiedenen Ankern	48
Tabelle 5:	Annahmequote von weiblichen und männlichen Bewerbern an der University of California 1973	82
Tabelle 6:	Mögliche Gewinnszenarien beim Zeigen-Paradoxon	84
Tabelle 7:	Allais-Paradoxon.....	90
Tabelle 8:	Analogie zwischen analytischer Untersuchung und statistischer Erhebung.....	97
Tabelle 9:	Veranschaulichung der Grundbegriffe der Inferenzstatistik mit Hilfe der Ausgangsbeispiele.....	99
Tabelle 10:	Arithmetisches Mittel und Median am Bsp. A) pH-Wert der Elbe.....	105
Tabelle 11:	Vergleich hoher und niedriger Streuung am Bsp. A) pH-Wert der Elbe	110
Tabelle 12:	Stimmenanteil der Grünen im britischen Parlament von 2015 bis 2017.....	113
Tabelle 13:	Stimmenanteil der Grünen im britischen Parlament 2017 und 2019 inkl. absoluter Stimmen der Wählenden	124

Abkürzungsverzeichnis

ATP	Association of Tennis Professionals
BBC	British Broadcasting Corporation
Bsp.	Beispiel
bspw.	beispielsweise
KI	Konfidenzintervall
d.h.	das heißt
EDQM	European Directorate for the Quality of Medicines
EU	Europäische Union
FAZ	Frankfurter Allgemeine Zeitung
FC	Fußballclub
FDA	U.S. Food and Drug Administration
GMP	Good Manufacturing Practice
GWR	Guinness World Records
i.d.R.	in der Regel
IFR	Infection Fatality Rate
IMF	International Monetary Fund
inkl.	inklusive
insb.	insbesondere
K	Kopf
LMU	Ludwig-Maximilians-Universität
MWV	Mineralölwirtschaftsverband Deutschland e.V.
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
o.Ä.	oder Ähnliches
RB	Rasen Ballsport
RKI	Robert-Koch-Institut
sog.	sogenannt
u.a.	unter anderem
u.B.	unter Berücksichtigung
u.z.	und zwar

VGRdL	Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder
Z	Zahl
z.B.	zum Beispiel

1 Warum fällt es schwer, Wahrscheinlichkeiten und Statistiken zu verstehen?

Prof. Dr. K.-U. Remmerbach, Stella Bresler

Wirtschaft ohne Kennzahlen, Prognosen, Kalkulationen, Budgetplanungen, ohne Bilanzen und GuVs ist nicht vorstellbar. Aber auch in unserem täglichen (Alltags-)Leben begegnen uns Zahlen und Wahrscheinlichkeiten und sind inzwischen so selbstverständlich geworden, dass wir sie gar nicht mehr bewusst wahrnehmen. In unseren täglichen Entscheidungen spielen sie eine große Rolle, ohne dass wir sie gelegentlich überhaupt noch kognitiv bemerken, geschweige denn berechnen – oder immer verstehen. In diesen Tagen sind wir mit Fachbegriffen der Infektionsepidemiologie konfrontiert wie noch nie zuvor. Verstehen alle Menschen tatsächlich, womit wir tagtäglich konfrontiert werden und was z. B. mit Dunkelziffer, Dispersionsfaktor, Reproduktionszahl, Verdoppelungszeit, Infektionssterblichkeit oder Übersterblichkeit gemeint ist?

Heutzutage ist die Wahrscheinlichkeitsrechnung nicht mehr wegzudenken. Die moderne digitalisierte Gesellschaft legt großen Wert auf die sog. „**Factfulness**“ mit dem Primat, Entscheidungen faktenbasiert zu fällen. Rosling zeigt in seiner Publikation, welche Fallen dabei auf uns warten.¹ Die Grundsteine für das Verständnis werden bereits sehr früh gelegt. In der Schulbildung ist die Stochastik zu einem festen Bestandteil geworden. Trotzdem tun sich viele Menschen schwer, Wahrscheinlichkeiten zu begreifen. Ganz besonders sehr kleine Wahrscheinlichkeiten fordern uns ganz besonders und wenn uns dann doch Talebs „Schwarzer Schwan“ z. B. in Form von Fukushima begegnet, finden wir keine andere Erklärung als „Schicksal“. Woran kann das liegen? Was kann man dagegen tun? Und wie wirkt sich das fehlende Verständnis auf unser Leben aus? Eine Konsequenz bspw. des fortlaufenden Konfrontiertseins mit Zahlen und Statistiken veranschaulicht das folgende Zitat von Stalin:

*„One man´s death is a tragedy, a million deaths is a statistic“.*²

Sinek weist daher darauf hin, dass Zahlen über Menschen Zahlen sind und nicht Menschen und warnt vor der „Gefahr der Abstraktion“ durch Zahlen, die Distanz schafft und uns die Menschen hinter den Zahlen vergessen lässt.³

Dieser Arbeitsbericht wird im Folgenden auf Wahrscheinlichkeiten und Statistiken eingehen und mögliche Fehler und Fallen beim Verständnis und der Anwendung aufzeigen. Dazu wird zunächst auf die Grundbegriffe und Problemstellungen im Umgang mit Entscheidungen unter Wahrscheinlichkeiten eingegangen. Das darauffolgende Kapitel

¹ Vgl. Rosling 2019.

² Stalin 1947.

³ Vgl. Sinek 2020, S. 151ff.

behandelt ausgewählte Heuristiken und typische Beurteilungsfehler beim Umgang mit Wahrscheinlichkeiten. Nach der Auseinandersetzung mit typischen Paradoxien werden abschließend Methodiken der Manipulation von Statistiken dargestellt.

Die **Wahrscheinlichkeitsrechnung** befasst sich im Grundsatz mit der mathematischen Analyse von Experimenten mit unsicherem Ausgang. Als Geburtsstunde der klassischen Wahrscheinlichkeitsrechnung gilt ein Briefwechsel zwischen Blaise Pascal und Pierre de Fermat aus dem Jahr 1654. Das heute verwendete axiomatische Fundament der Wahrscheinlichkeitstheorie bildete sich allerdings erst Anfang des 20. Jahrhunderts heraus. Wurde die Stochastik anfangs hauptsächlich durch die Entwicklung von Rechenmodellen für Glücksspiele geprägt, so fand sie doch über die Statistik Anwendung in praktisch allen quantitativ arbeitenden Wissenschaften.⁴

1.1 Grundbegriffe

Im Folgenden sollen einige Grundbegriffe beschrieben werden, um ein einheitliches Verständnis zu gewährleisten.

Die **Stochastik** ist ein Teilgebiet der Mathematik, die sich in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik unterteilt. Das Wort Stochastik kommt aus dem Griechischen und bedeutet so viel wie „Kunst des Vermutens“ oder „Ratekunst“.⁵

„Die **Wahrscheinlichkeitstheorie** untersucht die Gesetze zufälliger Ereignisse.“⁶ Eine **Statistik** fasst Daten, die durch eine Stichprobe erhoben wurden, in einer Maßzahl zusammen. Die Daten können z. B. in Prozent-, Durchschnitts- oder Mittelwerten zusammengefasst werden.⁷

Die **Wahrscheinlichkeit** wird als eine einem Ereignis zugeordnete Zahl zwischen 0 und 1, die die Chance des Eintretens dieses Ereignisses quantifiziert, definiert.⁸ Wahrscheinlichkeiten können in Brüchen oder Dezimalzahlen ausgedrückt werden, am häufigsten jedoch werden Prozentzahlen als Ausdruck gewählt.

Der im 20. Jahrhundert lebende Mathematiker Kolmogorov beschrieb 3 Axiome, die die Wahrscheinlichkeitstheorie begründen:

1. $0 \leq \mathbb{P}(E) \leq 1$ für alle möglichen Ereignisse E
2. $\mathbb{P}(\Omega) = 1$, wobei Ω für das sichere Ereignis steht
3. Falls $E_1 \cap E_2 = \emptyset$, dann ist $\mathbb{P}(E_1 \cup E_2) = \mathbb{P}(E_1) + \mathbb{P}(E_2)$

⁴ Vgl. Cordt 2012, S. 7ff.

⁵ Vgl. <https://www.mathematik.de/stochastik>, abgerufen am 28.05.2020.

⁶ <https://www.mathematik.de/stochastik>, abgerufen am 28.05.2020.

⁷ Rumsey 2015, S. 63.

⁸ Vgl. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/wahrscheinlichkeit-50718>, abgerufen am 19.05.2020.

Vereinfacht gesagt, sagen diese 3 Axiome folgendes aus:

1. Die Wahrscheinlichkeit für jedes erdenkliche Ergebnis liegt zwischen (jeweils einschließlich) 0 und 1.
2. Das Zufallsexperiment muss ein Ergebnis haben. Die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens irgendeines Ergebnisses ist also 1.
3. Die Wahrscheinlichkeit, dass irgendeines von 2 Ergebnissen eintritt, ist die Summe der Eintrittswahrscheinlichkeit der beiden einzelnen Ergebnisse. Das gilt allerdings nur, wenn sich die beiden Ergebnisse ausschließen.⁹

Wahrscheinlichkeiten können objektiv oder subjektiv sein. Dieser Sachverhalt wird in Kapitel 1.2.1 (s. S. 19) beschrieben.

Für die Berechnung von Wahrscheinlichkeiten wird zumeist auf Häufigkeiten zurückgegriffen. Bei Häufigkeiten kann zwischen absoluter und relativer Häufigkeit unterschieden werden. Die **absolute Häufigkeit** gibt die Anzahl der Versuche an, bei denen ein bestimmtes Ereignis eingetreten ist. Das bedeutet, dass wenn ein Würfel zehnmal geworfen wird und zweimal davon die Augenzahl 6 auftritt, die absolute Häufigkeit dieses Ereignisses (Augenzahl 6) 3 ist. Absolute Häufigkeiten besitzen allerdings keinerlei Aussagekraft. Sie müssen in Beziehung zu der Anzahl der durchgeführten Versuche gesetzt werden. Der Quotient, den man erhält, wenn man die absolute Häufigkeit durch die Anzahl der Versuche dividiert, ergibt die **relative Häufigkeit**.¹⁰

Natürliche Häufigkeiten stellen Wahrscheinlichkeiten durch 2 absolute Häufigkeiten dar, z. B. 4 von 5 entspricht 80%.¹¹ Diese 2 Darstellungsarten können das Verständnis von Wahrscheinlichkeiten beeinflussen (vgl. Kapitel 1.2.3, S. 25).

Laut Duden ist ein **Risiko** ein „möglicher negativer Ausgang bei einer Unternehmung, mit dem Nachteile, Verlust, Schäden verbunden sind.“¹² Die Risikoeinschätzung beeinflusst den Umgang und die Entscheidungen mit Wahrscheinlichkeiten und ist deswegen ein wichtiger Punkt für das Verständnis. Ein Risiko kann sowohl subjektiv als auch objektiv sein. In Kapitel 1.2.2 (s. S. 21) wird dies näher erläutert.

Im Zusammenhang mit Wahrscheinlichkeiten und Risiken ist auch immer vom **Zufall** die Rede. In der Philosophie wurde der Zufallsbegriff maßgeblich von Aristoteles geprägt. Er schrieb die erste längere Abhandlung über den Zufall. Seine Definition lautet:

⁹ Vgl. <https://www.crashkurs-statistik.de/was-ist-eine-wahrscheinlichkeit/>, abgerufen am 19.05.2020.

¹⁰ Vgl. Bosch 2007, S. 9.

¹¹ Vgl. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13138-019-00156-w>, abgerufen am 22.05.2020.

¹² <https://www.duden.de/rechtschreibung/Risiko>, abgerufen am 26.05.2020.

„Wenn im Bereich der Geschehnisse, die im strengen Sinn wegen etwas eintreten und deren Ursache außer ihnen liegt, etwas geschieht, das mit dem Ergebnis nicht in eine Deswegen-Beziehung zu bringen ist, dann nennen wir das "zufällig".“¹³

Aristoteles Bsp. hierzu ist ein Pferd, das aus seinem Stall herauskommt und dadurch einem Unglück entgeht. Da es aber nicht herausgekommen ist, um diesem Unglück zu entgehen (es wusste nichts von einem drohenden Unglück), kann man sagen, dass das Pferd zufällig herausgekommen ist.¹⁴

Zufallsexperimente prägen seit Beginn die Wahrscheinlichkeitsrechnung. Unter einem Zufallsexperiment versteht man ein Experiment, dessen Ausgang nicht vorhergesagt werden kann.¹⁵ In der Mathematik ist der Begriff nicht klar definiert. Dennoch liefert die Beschäftigung mit dem Zufall und insb. Zufallsexperimenten Rechenmodelle, mit denen sich zufällige Ereignisse quantifizieren lassen. Ein allbekanntes Bsp. für den Zufall (in Experimenten) ist das Würfeln. Trotz gleicher Bedingungen kann eine Augenzahl von 1 bis 6 auftreten. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird der Zufall als unvorhergesehenes und möglicherweise seltenes Ereignis beschrieben.¹⁶

1.2 Verständnis von Wahrscheinlichkeiten

Warum also fällt dem durchschnittlichen Menschen („wenn Sie so sind wie die meisten Menschen“, Kahneman) das Verständnis von Wahrscheinlichkeiten so schwer?

Der Umgang mit Wahrscheinlichkeiten startet bereits in der Schule. Dort werden die ersten mathematischen Grundlagen für die Wahrscheinlichkeitsrechnung gelegt. Bei dem Wort „Mathe“ stöhnen schon viele auf. Das Fach gilt nicht unbedingt als das beliebteste in der Schule. Manche würden es sogar als sog. Problemfach bezeichnen.¹⁷ In einer 2011 durchgeführten Studie mit insgesamt 160 Schülern der Klassen 2, 4 und 6 durch Wissenschaftler der LMU und TUM München zeigte sich, dass vielen Kindern das Verständnis für Zufall und Wahrscheinlichkeit fehlt.¹⁸ Konkret ging es dabei um die Wahl zwischen 2 verschiedenen Packungen Dünger. Bei dem Dünger aus der blauen Packung wuchsen 24 Bäume gut, 12 gingen ein. Bei einem Dünger mit roter Verpackung wuchsen 3 Bäume gut und einer ging ein. Die meisten Schüler hielten den Dünger aus der blauen

¹³ Aristoteles Physik Buch II Kap. 4 197b.

¹⁴ Vgl. <https://www.feuilletonfrankfurt.de/2009/12/29/alles-zufall/>, abgerufen am 22.07.2020.

¹⁵ Vgl. https://www.uni-muenster.de/Stochastik/lehre/SS10/WT_SS10/SkriptStochastik/Stoch01.pdf, abgerufen am 22.07.2020.

¹⁶ Vgl. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/zufall-48866>, abgerufen am 28.05.2020.

¹⁷ Vgl. <https://www.spiegel.de/lebenundlernen/schule/problemfach-mathe-vielleicht-vielleicht-auch-nicht-a-772134.html>, abgerufen am 20.05.2020.

¹⁸ Vgl. https://www.uni-muenchen.de/informationen_fuer/presse/presseinformationen/2011/f-471-11.html, abgerufen am 27.05.2020.

Verpackung für besser. Der Grund dafür ist, dass die Schüler die Differenz aus 24 und 12 mit der aus 3 und 1 verglichen; also die Proportionen missachteten.

Das fehlende Verständnis für Wahrscheinlichkeiten zeigt sich folglich schon früh. Kein Wunder also, dass sich auch im späteren Leben viele mit diesem Thema schwertun, vor allem wenn es sich in komplexen Aufgaben wiederfindet. Hierzu einige Bsp.:

Besonders passend für das Verständnis von Prozentrechnung, die ein elementarer Bestandteil der Wahrscheinlichkeitsrechnung ist, sind der Zinseszinsseffekt und die Bewertung von Fall und Anstieg von Aktienkursen.

Das folgende Bsp. zeigt einen Fehler, der häufig begangen wird. Kursrückgänge und -anstiege von Aktien, im Grunde eine anspruchslose Prozentrechnung, allerdings werden hier oft Fehler gemacht. Ein möglicher Grund dafür ist, dass Prozentrechnungen nicht intuitiv sind („System 1“). Es werden 100 € in eine Aktie angelegt und der Kurs steigt am nächsten Tag um 10 %, fällt allerdings am übernächsten bereits wieder um 10 %. Nun könnte man spontan („intuitiv“) denken, dass der Wert am Ende wieder 100 € beträgt. Das ist aber falsch. In Wirklichkeit steigt der Kurs am ersten Tag auf 110 € und fällt danach auf 99 €. Der Grund hierfür ist einfach: 10 % von 110 € sind mehr als 10 % von 100 €. ¹⁹ Das klingt einfach und logisch, wird aber intuitiv sehr oft falsch gemacht.

Interessant ist auch die Frage nach der jährlichen Rendite. Legt man 100 € an und macht daraus innerhalb von 5 Jahren 200 €, so entspricht das einer erwirtschafteten Rendite von 100 %. Wie viel Rendite wurden pro Jahr erwirtschaftet? Es sind nicht 20 %, wie viele meinen könnten. Hier muss der Zinseszins miteinbezogen werden. In Wirklichkeit betrug die jährliche Rendite knapp 15 %. ²⁰

Das führt uns zum nächsten Thema, den Zinseszinsseffekt. Unbestritten ist, dass Zinsen gravierende Auswirkungen auf Geldanlageentscheidungen haben. ²¹ Der Zinseszinsseffekt gilt selbstverständlich nur, wenn die erwirtschafteten Zinsen ebenfalls wieder verzinst werden. Der Zins der Zinsen ist der **Zinseszins**. Ein einfaches Rechenbeispiel kann dies verdeutlichen. Legt man 100 € zu einem jährlichen Zinssatz von 5 % an, erhöht sich das Kapital nach einem Jahr auf 105 €. Legt man die erzielten 5 € nun nicht an, sondern hebt sie ab, erhöht sich das Kapital jedes Jahr um 5 €. Diesen Effekt nennt man einfachen Zins. Werden die Zinsen des ersten Jahres jedoch reinvestiert, ergibt sich im zweiten Jahr ein Kapital von 110,25 €. Warum?

$$105 \text{ €} \times 1,05 = 110,25 \text{ €}$$

¹⁹ Vgl. <https://www.boerse-anlage.de/die-tuecken-der-prozentrechnung-und-rendite/>, abgerufen am 28.05.2020.

²⁰ Vgl. <https://www.boerse-anlage.de/die-tuecken-der-prozentrechnung-und-rendite/>, abgerufen am 28.05.2020.

²¹ Vgl. <https://www.finanzfluss.de/geldanlage/zinseszinsseffekt/>, abgerufen am 28.05.2020.

Der Zinseszins entspricht hier 0,25 €, also die Zinsen, die von den 5 € vorherigen Zinsen entstanden sind:

$$5 \text{ €} \times 1,05 = 0,25 \text{ €}$$

Reinvestiert man auch diese Zinsen, kommt schnell eine große Menge zusammen. Nach 20 Jahren sieht die Rechnung für den Zinseszinsseffekt dann wie folgt aus:

$$100 \text{ €} \times 1,05^{20} = 265,33 \text{ €}$$

Im Vergleich dazu ergibt sich beim einfachen Zinseffekt:

$$100 \text{ €} + 20 \times 5 \text{ €} = 200 \text{ €}$$

Es ergibt sich also ein Unterschied von knapp über 65 €. Das mag erstmal nicht nach viel klingen, aber erhöht man die Zeit oder das investierte Kapital, kann sich der Zinseszinsseffekt schnell bemerkbar machen.

Ein weiterer interessanter Punkt ist hierbei noch der Zeitpunkt der Zinszahlung. Eine monatliche oder quartalsweise Zahlung führt zu einem besseren Zinseszins, weil die erhaltenen Zinsen früher reinvestiert werden können und somit auch früher verzinst werden. Um den Unterschied greifbar zu machen, wird hier der Effektivzins berechnet. Bei bspw. einer quartalsweisen Zahlung ergibt sich ein Quartalszins von:

$$5 \% / 4 = 1,25 \%$$

Für den effektiven Zinssatz für das ganze Jahr werden die Zinssätze aus den Quartalen miteinander multipliziert. Nach einem Jahr ergibt sich also:

$$100 \text{ €} \times 1,0125^4 = 105,09 \text{ €}$$

Der Effektivzins beträgt somit 5,09 %.

Bei Geldanlagen ist ein höherer Effektivzins logischerweise von Vorteil, da er wie oben gesehen mehr Anlagegewinn erbringt. Bei der Aufnahme von Krediten jedoch ist ein niedrigerer Effektivzins besser. Dort sollte man folglich darauf achten, dass die Periode zwischen den Zinszahlungen möglichst groß ist.²²

Ein weiterer Grund für den offensichtlich nicht einfachen Umgang mit Wahrscheinlichkeiten ist, dass Menschen sich viele Sachverhalte komplizierter machen als sie tatsächlich sind.²³ Natürliche Häufigkeiten werden z. B. nicht genutzt, obwohl Studien ergeben, dass man mit ihnen eher zu einem richtigen Ergebnis kommt (s. S. 25, Kapitel 1.2.3).

Das untere Bsp. zum Verständnis von Wahrscheinlichkeiten findet sich im Alltag wieder. Den Wetterbericht hat jeder schon einmal gesehen und heutzutage gibt es zahlreiche

²² Vgl. <https://www.finanzfluss.de/geldanlage/zinseszinsseffekt/>, abgerufen am 28.05.2020.

²³ Vgl. <https://science.orf.at/v2/stories/2941289/>, abgerufen am 26.05.2020.

Apps, die stundengenau vorherzusagen versuchen, wie das Wetter wird. Mit Temperatur und Windgeschwindigkeiten kann jeder noch umgehen, bei der Regenwahrscheinlichkeit sieht das allerdings schon ganz anders aus. Was bedeutet zum Bsp. eine Regenwahrscheinlichkeit von 30 % für den morgigen Tag? Gerd Gigerenzer beschreibt das Verständnis dieser Aussage wie in Abbildung 1 dargestellt mit 3 Möglichkeiten. Die erste ist, dass einige glauben, dass es morgen 30 % der Zeit regnen wird. Also 7 bis 8 Stunden. Die zweite Möglichkeit ist, dass es morgen in 30 % der Region regnen wird. Die dritte Möglichkeit ist zu glauben, dass 30 % der Meteorologen sagen, dass es morgen regnen wird. Tatsächlich ist es aber so, dass es an 30 % der Tage, für die eine solche Vorhersage gilt, regnen wird.²⁴

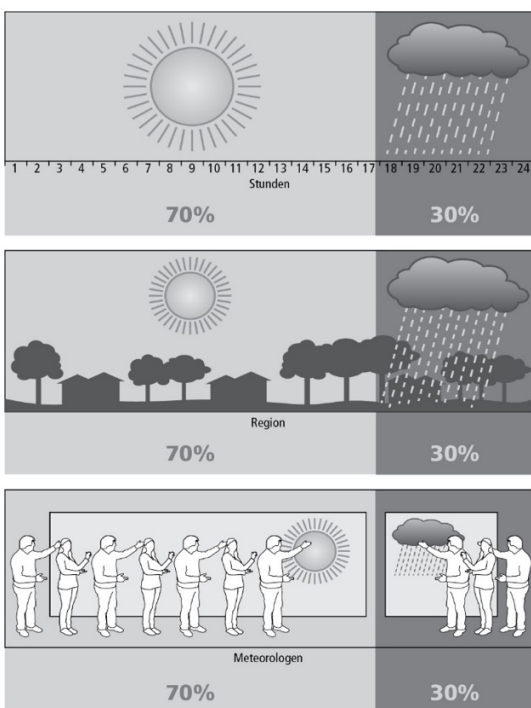


Abbildung 1: Was bedeutet "Es wird morgen mit einer Wahrscheinlichkeit von 30 % regnen?"²⁵

Der Grund für diese Verwirrungen ist laut Gigerenzer, dass Experten nicht in der Lage sind verständlich zu sagen, was sie meinen. Auch weil sie es nicht gelernt haben. Wenn einem nun das Expertenwissen fehlt, bildet man Referenzklassen, die die Aussage logisch erscheinen lassen, z.B. Stunden.²⁶ Aus dieser Tatsache folgt auch die Lösung für dieses Problem: „Frage stets nach der Referenzklasse: Prozent von was?“²⁷ Wenn

²⁴ Vgl. Gigerenzer 2013, S. 15.

²⁵ Gigerenzer 2013, S. 15.

²⁶ Gigerenzer 2013, S. 14.

²⁷ Gigerenzer 2013, S. 16.

Experten diese Referenzklasse mit angeben würden, würde ein einheitliches Verständnis herrschen.²⁸

Übrigens: Auch in der Mathematik finden sich zahlreiche Aufgaben zu diesem Thema. Angenommen der Wetterbericht sagt für das Wochenende, also Samstag und Sonntag, eine Regenwahrscheinlichkeit von 50 % voraus. Die Schlussfolgerung des Fernsehmeteorologen ist, dass es am Wochenende mit einer 100-prozentigen Sicherheit regnen wird. Ist diese Schlussfolgerung korrekt? Diese Schlussfolgerung ist falsch. Betrachtet man das Baumdiagramm (s. Abbildung 2) lässt sich die Wahrscheinlichkeit, dass es am Wochenende regnet berechnen.

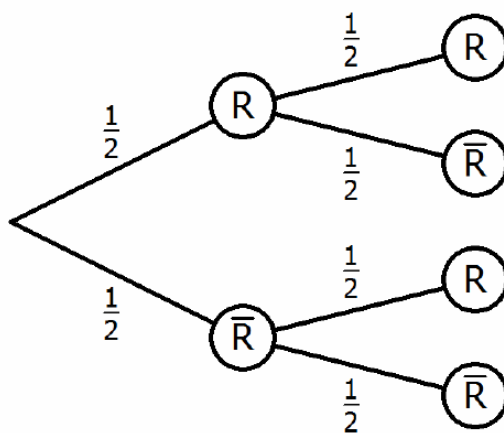


Abbildung 2: Baumdiagramm Wetterbericht²⁹

Die Wahrscheinlichkeit P (es regnet am Wochenende) ergibt sich aus $1 - P(\text{es regnet nicht am Wochenende})$, also:

$$1 - P(\bar{R}\bar{R}) = 1 - \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = 0,75 = 75 \%$$

Die Lösung zeigt, dass es am Wochenende nicht mit einer Wahrscheinlichkeit von 100 %, sondern nur zu 75 % regnen wird.³⁰

Das sind generelle Bsp., die das Verständnis von Wahrscheinlichkeiten im Alltag thematisieren und erklären. Im Weiteren wird nun auf einige konkrete Effekte und Heuristiken eingegangen.

1.2.1 Subjektive vs. Objektive Wahrscheinlichkeit

Ziel der Wahrscheinlichkeitsrechnung und der Statistik ist es eine **objektive Wahrscheinlichkeit** einzuführen, mit der die relative Häufigkeit eines Ereignisses bei

²⁸ Gigerenzer 2013, S. 16.

²⁹ Schwarz 2015, S. 8.

³⁰ Vgl. Schwarz 2015, S. 4ff.

wiederholten Versuchsdurchführungen in einem gewissen Zusammenhang steht.³¹ Der objektive Wahrscheinlichkeitsbegriff ist subjektunabhängig.³²

Ist eine Person vom Eintreten eines Ereignisses überzeugter als eine andere, handelt es sich bei dieser Wahrscheinlichkeit um eine personenabhängige und somit um eine **subjektive Wahrscheinlichkeit**.³³

Für mathematische Berechnungen ist die objektive Wahrscheinlichkeit die entscheidende. Subjektive Eindrücke verhindern die Reproduzierbarkeit und machen Ergebnisse unzuverlässig. Auf der anderen Seite stehen dem Entscheidungen gegenüber, die von Menschen getroffen werden müssen, also von Subjekten. Da liegt es nah, dass subjektive Wahrscheinlichkeiten mitunter hilfreicher sein können als rein objektive Betrachtungen.

Ein Bsp. für die Wichtigkeit der subjektiven Wahrscheinlichkeit ist ein Patient, der von seinem Arzt die Information bekommt, dass sein Tumor mit Erfolgchancen von 70 % entfernt werden kann. Wären diese 70 % eine rein objektive Wahrscheinlichkeit würde dies bedeuten, dass der Arzt bei wiederholter gleicher Durchführung der Operation am selben Patienten und unter genau gleichen Bedingungen bei 70 % der Fälle Erfolg hat. Diese Interpretation ist in dem Zusammenhang nicht logisch. Hier ist mit den 70 % vielmehr die subjektive Wahrscheinlichkeit des Erfolgs aus der Sicht des Arztes gemeint. Diese Wahrscheinlichkeit besteht aus dem persönlichen Überzeugungsgrad des Arztes, den er sich auf Basis seines Wissens und seiner Erfahrung von z. B. Typ des zu entfernenden Tumors, dem Gesundheitszustand des Patienten und seinen eigenen Fähigkeiten gemacht hat.³⁴

In solchen Situationen des realen Lebens ist eine subjektive Einschätzung der Wahrscheinlichkeit die einzig logische i.S.v. sinnvoll - zumal eine objektive Wahrscheinlichkeit nicht gegeben sein kann, da es sich um kein reproduzierbares Experiment handelt.

Subjektive Wahrscheinlichkeiten bergen allerdings auch Gefahren. Da sie stark vom Betrachter abhängig sind, lassen sie sich nur schwer von anderen interpretieren. Für ihr Verständnis müssen die Faktoren und Einflüsse desjenigen, der die Wahrscheinlichkeit nennt, im obigen Bsp. der Arzt, demjenigen bekannt sein, der sie interpretiert. Den vollen Umfang aller beeinflussenden Faktoren des anderen zu kennen ist unmöglich. Das hat zur Folge, dass die subjektive Wahrscheinlichkeit nicht nur vom Sendenden, sondern auch vom Empfangenden abhängig ist.

³¹ Vgl. Bosch 2007, S. 14.

³² Vgl. Schmid 2014, S. 5.

³³ Vgl. Bosch 2007, S. 13.

³⁴ Vgl. Schmid 2014, S. 6.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass objektive Wahrscheinlichkeiten zwar in der Mathematik relevant sind, jedoch in viele Alltagssituationen keine logische Interpretation zulassen. Subjektive Wahrscheinlichkeiten lassen sich demnach besser in den Alltag einbinden, während objektive Wahrscheinlichkeiten sichere und vergleichbare Ergebnisse liefern.

1.2.2 Subjektives vs. objektives Risiko und Ungewissheit

Ebenso wie die Wahrscheinlichkeit kann auch ein Risiko subjektiv oder objektiv sein. Eine subjektive Wahrscheinlichkeit hat auch eine subjektive Risikoeinschätzung zur Folge. Diese Risikoeinschätzung wird allerdings noch von einigen anderen Komponenten beeinflusst.

In der Entscheidungstheorie wird zwischen Entscheidungen unter Sicherheit und Unsicherheit unterschieden. Bei **Entscheidungen unter Sicherheit** lässt sich das Ergebnis einer Handlung genau vorhersagen, bei einer **Entscheidung unter Unsicherheit** hingegen gibt es mehrere mögliche Ergebnisse, aber man weiß nicht, mit welcher Wahrscheinlichkeit diese eintreten. Zudem kann **Unsicherheit** noch in **Risiko** und **Ungewissheit** unterschieden werden. Bei Ungewissheit sind die Ereignisse und die Eintrittswahrscheinlichkeiten unbekannt, bei Risiken sind sie bekannt, man kann die beste Option ausrechnen.³⁵

Risiken sind nicht immer durch konkrete Zahlen berechenbar. Trotzdem werden Risiken, auch häufig unterbewusst, bewertet. Eine solche Bewertung erfolgt subjektiv und ist somit stark abhängig von der bewertenden Person.

Die Bewertung von Risiken kann sowohl objektiv (methodisch) als auch subjektiv (intuitiv) durchgeführt werden. **Subjektive Risikoeinschätzungen** basieren in den meisten Fällen zum einen auf rationalen Überlegungen, also auf Logik, zum anderen aber auch auf emotionalen Assoziationen, also Vorstellungen.³⁶

Objektive Risiken basieren i.d.R. auf öffentlichen Daten und geben eine grobe Schätzung der tatsächlichen Häufigkeiten an.³⁷ Sind diese Daten nicht vorhanden, greift der Mensch häufig auf eigenes Wissen, Erfahrungen und Erwartungen zurück, um eine Situation zu bewerten. Es ergibt sich also wiederum eine subjektive Bewertung.

Die subjektive Risikoeinschätzung wird durch verschiedene Komponenten beeinflusst. Nach Maderthaner sind die Hauptkomponenten, die dazu führen, dass ein Risiko hoch bzw. höher eingeschätzt wird Häufigkeit, Betroffenheit, Schaden und Furcht. Nutzen und

³⁵ Vgl. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/unsicherheit-49831/version-273057>, abgerufen am 02.06.2020.

³⁶ Vgl. hier und im Folgenden Maderthaner 2011, S. 17ff.

³⁷ Müller-Peters; Gatzert 2020, S. 12.

Freude führen ebenso wie Kontrolle und Analyse zu einer geringeren Risikoeinschätzung.



Abbildung 3: Einflüsse auf die Risikoeinschätzung³⁸

Die Darstellung eines Risikos in Häufigkeiten (Einflussfaktor 1; s. Abbildung 3) statt in Prozentangaben beeinflusst signifikant die Risikoeinschätzung (hierzu s. Kapitel 1.2.3, S. 25).

Die Komponente der Betroffenheit sagt aus, dass die Nähe zu Gefahrenobjekten und dauernde Konfrontation mit Gefahrensituationen zu Risikogewöhnung und Gefahrenabstumpfung führt. In einer Studie fand man heraus, dass eine Versuchsgruppe, die 1,4 Kilometer von einem Atomreaktor entfernt lebte, das von ihr ausgehende Risiko höher einschätzte als die Gruppe, die nur 0,5 Kilometer entfernt wohnte.³⁹

Wie groß der erwartete Schaden ist und wie schlimm er empfunden wird, spielt ebenfalls eine Rolle in der Risikobewertung. Persönliche Präferenzen und Empfindungen lassen einen Schaden, der für den einen gering aussehen mag, für den anderen eine viel größere Bedeutung haben. Als Bsp. kann hier der Verlust von 100 € genannt werden. Was für den Top-Manager eines großen Unternehmens nur ein kleiner Schaden ist, ist für einen Studenten womöglich viel Geld.

Ähnlich verhält es sich mit der Furcht. Persönliche Ängste oder Phobien beeinflussen die Risikoeinschätzung immens. Zu einer geringeren Risikoeinschätzung können Nutzen und Freude führen. Äquivalent zu Schaden und Furcht werden sie von den persönlichen Eigenschaften stark subjektiv beeinflusst.

Eine hohe unterstellte Kontrollmöglichkeit wirkt sich ebenfalls auf die Risikoeinschätzung aus. Je höher die wahrgenommene Kontrolle, desto geringer ist das subjektive Risiko.

³⁸ in Anlehnung an Maderthaner 2011, S. 17

³⁹ Vgl. Maderthaner; Guttman; Swaton; Otway 1978, <https://psycnet.apa.org/doiLanding?doi=10.1037%2F0021-9010.63.3.380>, abgerufen am 02.06.2020.

Bei der letzten Hauptkomponente der Analyse, spielt der Effekt von Detailkenntnissen eine entscheidende Rolle. Die Risikoeinschätzung steigt bei detaillierterer Beschreibung des Risikos. Wird bspw. nach der Wahrscheinlichkeit eines unnatürlichen Todes gefragt, wird diese deutlich höher eingeschätzt, wenn verschiedene Todesarten wie Vergiftung, Feuer oder ein Autounfall angegeben wurden.

Bei der individuellen Einschätzung subjektiv wahrgenommener Risiken sowie bei Entscheidungen, die unter Ungewissheit getroffen werden müssen, entscheiden Menschen heuristisch. Heuristiken können erfolgreich sein, aber auch zu Urteilsfehlern, sog. Biases führen.⁴⁰

Der **optimistische Fehlschluss** ist ein möglicher Fehler, der bei der Einschätzung von Risiken unterlaufen kann. Bei diesem Fehlschluss wird das persönliche Risiko unterschätzt. Er tritt häufig bei gesundheitsschädlichem Verhalten, wie z. B. Bewegungsmangel oder Rauchen auf. Es ist bekannt, dass Rauchen gesundheitsschädlich ist, allerdings wird das persönliche Risiko, etwa dadurch an Lungenkrebs zu erkranken, als geringer eingeschätzt als Studien dies dokumentieren und beweisen. Nach dem Motto: „Das passiert anderen und nicht mir“.

Der **defensive Optimismus** leugnet eine Gefährdung. Der Glaube an „Mutter Natur“, die gütig und sicher ist, lässt ein Risiko als geringer dastehen als es vielleicht ist. Man verlässt sich zu sehr auf die äußeren Umstände und Glück und schätzt somit das Risiko falsch ein. Z. B. wird das Risiko von negativen gesundheitlichen Auswirkungen von Bewegungsmangel von vielen unterschätzt.

Überschätzt man seine eigenen Handlungsmöglichkeiten ist das ein Fall von **funktionalem Optimismus**. Man verfügt über eine rein illusorische Kontrolle („overconfidence bias“).⁴¹ Wie oben beschrieben führt eine höhere Kontrolle zu geringerer Risikoevaluation. Eine Kontrolle, die nicht real, sondern nur illusorisch ist, kann zu einer gefährlichen Fehleinschätzung führen. Allerdings kann funktionaler Optimismus auch positive Auswirkungen auf unser Verhalten haben. Eine leichte Überschätzung der eigenen Kompetenz kann eine günstige motivationale Ausgangslage schaffen.⁴² Bspw. bei der Bewältigung einer neuen Aufgabe im Beruf. Ein gewisses Maß an Selbstüberschätzung steigert die Motivation, zu viel davon kann das Risiko von fatalen Fehlern bergen.

Wie gesehen, verwenden Entscheider für die subjektive Einschätzung objektiver Risiken Heuristiken. (Diese werden in Kapitel 2.11.2.1 eingehender beschrieben). Grundlegend ist festzuhalten: Menschen orientierten sich stark am Bekannten, an eigenen

⁴⁰ Vgl. Funke 2008, S. 6.; zur Vertiefung zu Heuristiken und Biases vgl. Remmerbach; Wulfert 2018, S. 23ff. und Herdes; van Düllen 2016, S. 199ff.

⁴¹ Vgl. Böel 2013, S. 18.

⁴² Vgl. <https://www.spektrum.de/lexikon/psychologie/optimismus/10929>, abgerufen am 28.06.2020.

Erfahrungen. Das Risiko: persönliche Erfahrungen bilden die allgemeine Risikosituation meist schlecht ab.

Ebenso wie persönliche Erfahrungen können auch soziale Dynamiken die Risikowahrnehmung beeinflussen. Ein Bsp. für soziale Dynamiken ist die massenmediale Berichterstattung von Ereignissen in der heutigen Zeit. Die kurzfristige und permanente Berichterstattung beeinflusst die Risikoeinschätzung, obwohl das Risiko selbst sich nicht verändert hat.⁴³

Diese und andere Verzerrungsquellen beeinflussen das Risikoempfinden und somit das subjektive Risiko.

Es fällt folglich generell schwer Risiken einzuschätzen und mittels dieser Einschätzung eine begründete und „richtige“ Entscheidung zu treffen. Risiken in ihren Eintrittswahrscheinlichkeiten und dem Ausmaß ihres Eintretens darzustellen und zu bewerten, bleibt ein schwieriges Unterfangen. "Risiko in Zahlen zu messen ist eine relativ neue Entwicklung."⁴⁴ Das sei für Menschen nach Ansicht der Psychologin Britta Renner schlichtweg nicht artgerecht, deshalb hätten selbst Experten damit ein Problem.⁴⁵

Zum Abschluss ein einfaches Bsp. zum subjektiven Umgang mit Risiken: 2 Männer unterhalten sich besorgt über die Krebsgefahren, die ihnen durch ein naheliegendes Kernkraftwerk droht, während sie jeweils „gemütlich“ eine Zigarette rauchen. Es fehlt zum einen das Gefühl und vor allem das Fachwissen, das Risiko eines Atomkraftwerkes abzuschätzen und zudem werden typischerweise sehr kleine Wahrscheinlichkeiten häufig überschätzt.⁴⁶ Die objektiv größere Krebsgefahr, die vom Rauchen ausgeht, scheint die Männer nicht zu belasten. Das liegt an verschiedenen Faktoren, die oben bereits genannt wurden, u.a.: die Kontrolle über die Gefahren beim Rauchen ist deutlich höher als bei einem Kernkraftwerk. Zugleich ist der offenbar subjektiv empfundene Nutzen des Rauchens für den einen Raucher greifbarer als der, der durch den Betrieb eines Atomkraftwerks generiert wird. Diese Punkte u.a. führen zu einer subjektiven Risikoeinschätzung, die für andere, wie z.B. Nichtraucher irrational erscheinen mag. Für einen Raucher allerdings stellt diese Risikowahrnehmung seine konstruierte Wahrheit dar und ist somit Grundlage seines Handelns.

⁴³ Vgl. Kovic 2017, <https://medium.com/arscognitionis/wie-wir-risiken-verzerrt-wahrnehmen-c905343e6f22>, abgerufen am 02.06.2020

⁴⁴ <https://www.faz.net/aktuell/politik/energiepolitik/atomdebatte-wie-wahrscheinlich-ist-die-katastrophe-1613282.html>, abgerufen am 28.05.2020.

⁴⁵ Vgl. <https://www.faz.net/aktuell/politik/energiepolitik/atomdebatte-wie-wahrscheinlich-ist-die-katastrophe-1613282.html>, abgerufen am 28.05.2020.

⁴⁶ Vgl. Bernau 2011, <https://www.faz.net/aktuell/politik/energiepolitik/atomdebatte-wie-wahrscheinlich-ist-die-katastrophe-1613282.html>, abgerufen am 02.06.2020

Resümee: objektive Risiken können allgemein gültigen Fakten zugeordnet werden. Bei subjektiven Risiken ist dies nicht möglich, da sie vom Betrachter abhängig sind. In ihrer Vergleichbarkeit sind objektive Risiken folglich den subjektiven voraus. D. h., dass bei einer Entscheidung zwischen zwei Risiken objektive Risiken besser vergleichbar sind als subjektive. Gleichwohl und u. B. faktischen Entscheidungsverhaltens sind es die subjektiv wahrgenommenen, also individuell konstruierten Risiken des Betrachters, deren Einschätzung zur Entscheidungsfindung beiträgt.

1.2.3 Prozentangaben vs. absolute Zahlen

Die Darstellung von Wahrscheinlichkeiten kann im Wesentlichen auf 2 Arten erfolgen, als Prozentangabe oder mit absoluten Zahlen als relative Häufigkeit. Zur Erinnerung: eine Wahrscheinlichkeit von 80 % kann auch als natürliche Häufigkeit 4 von 5 dargestellt werden.

Wie diese Darstellung unser Verständnis von Wahrscheinlichkeiten beeinflusst, zeigt eine Studie der Universität Regensburg.

Natürliche Häufigkeiten können im Vergleich zu Wahrscheinlichkeiten viel umgänglicher sein, da uns im Leben Häufigkeiten und nicht Wahrscheinlichkeiten begegnen. Trotzdem können laut einer Studie von P. Weber und einigen seiner Kollegen nur 24 % seiner Studienteilnehmer Probleme der Bayes'schen Argumentation (s. S. 54, Kapitel 2.2.1) mit natürlichen Häufigkeiten lösen. Tatsächlich war es sogar so, dass viele die natürlichen Häufigkeiten, die ihnen gegeben wurden, nicht nutzten, sondern sie stattdessen in komplizierte Wahrscheinlichkeiten transformierten.⁴⁷ Wurden die natürlichen Häufigkeiten nicht angegeben, waren sogar nur 4 % in der Lage, die ihnen gestellte Aufgabe richtig zu lösen.⁴⁸ Daraus folgt, dass beim Rechnen mit natürlichen Häufigkeiten deutlich mehr richtige Ergebnisse herauskamen. Natürliche Häufigkeiten machen das Verständnis von Wahrscheinlichkeiten leichter. Trotzdem machten sich die Probanden die Aufgabe unnötig kompliziert. Ein Grund dafür ist laut der Studie das deutsche Bildungssystem, das den Umgang mit bedingten Wahrscheinlichkeiten mit dem Bayes Theorem, also mit Wahrscheinlichkeiten statt mit Häufigkeiten lehrt. Die Lehre mit Wahrscheinlichkeiten und nicht mit verständlicheren intuitiven Häufigkeiten prägt beim Entscheider eine spezifische Betrachtungsweise („framing“), eine Grunddisposition, die als Einstellung bezeichnet wird. Der sog. **Einstellungseffekt** greift.⁴⁹ Dieser besagt, dass Menschen bei einer umständlichen Methode für die Bearbeitung von Aufgaben verharren, wenn diese

⁴⁷ Vgl. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.01833/full>, abgerufen am 28.05.2020.

⁴⁸ Vgl. <https://science.orf.at/v2/stories/2941289/>, abgerufen am 28.05.2020.

⁴⁹ Vgl. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.01833/full>, abgerufen am 02.06.2020.

bei zuvor gestellten Aufgaben die einzig mögliche war – selbst wenn bei der neuen Aufgabe eine einfachere Methode zum Ziel führt.⁵⁰

Ein Nachteil von natürlichen Häufigkeiten ist allerdings, dass sie falsche Schlüsse auf die Stichprobengröße zur Folge haben könnten. Die Angabe „4 von 5“ könnte nämlich zu der Annahme führen, dass 5 Personen befragt worden sind. Zwar lässt sich die Stichprobengröße bei der Prozentangabe auch nicht bewerten, allerdings stellt sie auch keine Vermutung auf (statistisch gesehen spielt die Stichprobengröße eine wichtige Rolle).⁵¹

Die Tatsache, dass natürliche Häufigkeiten leichter verstanden werden, wird darin begründet sein, dass es Menschen leichter fällt, sich 4 von 5 Personen als 80 % vorzustellen. Bei der ersten Darstellungsweise entsteht sofort ein Bild im Kopf. Das trägt bedeutend zum Verständnis von Wahrscheinlichkeiten bei.

1.2.4 Bedingte Wahrscheinlichkeiten

„Wahrscheinlichkeiten von Ereignissen können sich verändern, wenn bereits andere Ereignisse eingetreten sind.“⁵² Diese vom neuen Informationsgehalt abhängigen Wahrscheinlichkeiten nennt man **bedingte Wahrscheinlichkeiten**.⁵³

Ein einfaches Bsp. kann diese Art von Wahrscheinlichkeiten erklären. In einem Glas sind 4 rote und 6 blaue Kugeln. Die Wahrscheinlichkeit, eine blaue Kugel in einem Zufallsexperiment daraus zu ziehen entspricht 60 %. Wird beim ersten Ziehen nun eine rote Kugel gezogen, verändern sich die Wahrscheinlichkeiten für die zweite Ziehung. Es befinden sich noch 3 rote und 6 blaue Kugeln im Glas. Unter dieser Bedingung liegt jetzt die Wahrscheinlichkeit eine blaue Kugel zu ziehen nunmehr bei 66,6 %.

Mathematisch drückt man die bedingte Wahrscheinlichkeit wie folgt aus: $P_B(A)$ (auch: $P(A|B)$) als die Wahrscheinlichkeit von A unter der Bedingung des Eintretens von B.⁵⁴

⁵⁰ Vgl. <https://portal.hogrefe.com/dorsch/einstellungseffekt/>, abgerufen am 02.06.2020.

⁵¹ Vgl. Rumsey 2015, S. 108.

⁵² <https://www.mathebibel.de/bedingte-wahrscheinlichkeit>, abgerufen am 02.06.2020.

⁵³ Vgl. Bosch 2007, S. 63.

⁵⁴ Vgl. <https://www.mathebibel.de/bedingte-wahrscheinlichkeit>, abgerufen am 02.06.2020.

Bedingte Wahrscheinlichkeiten werden häufig in Baumdiagrammen dargestellt, wie in Abbildung 4 dargestellt.

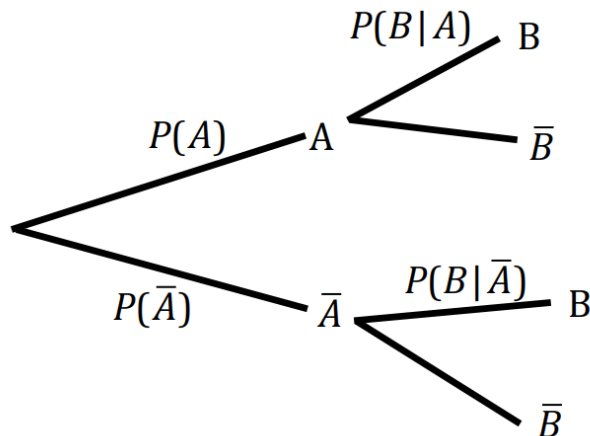


Abbildung 4: Baumdiagramm für ein zweistufiges Experiment⁵⁵

In diesem Bsp. hängt die Wahrscheinlichkeit von B von dem Eintreten des Ereignisses A bzw. von dem Nicht-Eintreten des Ereignisses \bar{A} ab. Aus einem solchen Baumdiagramm lassen sich nun die bedingten Wahrscheinlichkeiten mithilfe der 1. Pfadregel berechnen. Die erste Pfadregel lautet:

$$P(A \cap B) = P(B) \times P_B(A)$$

Durch Umstellung der Formel ergibt sich für die bedingte Wahrscheinlichkeit $P_B(A)$:

$$P_B(A) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$$

Bedingte Wahrscheinlichkeiten lassen sich auch mithilfe einer sog. Vierfeldertafel berechnen.⁵⁶ Beim Aufstellen einer Vierfeldertafel werden die verschiedenen möglichen Ereignisse tabellarisch dargestellt. Das wird im Folgenden an einem Bsp. demonstriert.

Für einen Betriebsrat soll eine neue Person nachgewählt werden. Es kandidieren 6 Frauen und 9 Männer. Von den kandidierenden Frauen stehen 4, von den Männern 5 im Angestelltenverhältnis. Die restlichen Personen sind Arbeiter. Die Vierfeldertafel baut sich nun wie in Tabelle 1 auf:

⁵⁵ <http://www.math.uni-bremen.de/didaktik/ma/ralbers/Veranstaltungen/Stochastik12/Material/ScriptK4.pdf>, abgerufen am 03.06.2020.

⁵⁶ Vgl. <https://www.mathebibel.de/bedingte-wahrscheinlichkeit>, abgerufen am 03.06.2020.

	angestellt	Arbeiter (A)	Zeilensummen
Weiblich	4	2	6
Männlich (B)	4	5	9
Spaltensummen	8	7	15

Tabelle 1: Vierfeldertafel Bsp.⁵⁷

Unter der Annahme, dass alle Personen mit gleicher Wahrscheinlichkeit gewählt werden können, lassen sich nun absolute Wahrscheinlichkeiten berechnen. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Mann gewählt wird, beträgt $P(B) = \frac{9}{15} = 60\%$.

Nun sei es in diesem Bsp. so, dass durch eine Indiskretion nach der Wahl die Information, dass eine Person aus der Arbeiterschicht gewonnen hat, bekannt geworden ist. Die Wahrscheinlichkeit, dass unter dieser Bedingung ein Mann gewählt wurde, beträgt nun:

$$P_A(B) = \frac{P(B \cap A)}{P(A)} = \frac{5/15}{7/15} = \frac{5}{7} = 71,4\%.$$
⁵⁸

Beim Umgang mit bedingten Wahrscheinlichkeiten spielt der berühmte mathematische **Satz von Bayes** – aus dem Jahr 1763 - eine nicht wegzudenkende Rolle. Dieser beschreibt die Berechnung bedingter Wahrscheinlichkeiten und lautet:

$$P(A|B) = \frac{P(A) \times P(B|A)}{P(A) \times P(B|A) + P(\bar{A}) \times P(B|\bar{A})}$$
⁵⁹

Die Länge der Formel verrät vielleicht schon wie schwer den allermeisten Menschen ihre Anwendung fällt. Grundsätzlich sagt sie allerdings nichts anderes als die Vierfeldertafel aus. Wie das vorherige Kapitel allerdings gezeigt hat, verzweifeln viele eher an dieser kompliziert erscheinenden Formel als den einfachen Weg z.B. der Vierfeldertafel zu wählen.

Fehler beim Umgang mit Wahrscheinlichkeiten und das Bayes-Theorem werden in Kapitel 2.2.1 (s. S. 54) weitergehend behandelt.

1.3 Entscheiden mittels Wahrscheinlichkeiten

So schwer das Verständnis von Wahrscheinlichkeiten auch fallen mag, so müssen wir doch mit ihnen Entscheidungen treffen. Wie dieser Entscheidungsprozess abläuft wird in diesem Kapitel beschrieben.

⁵⁷ Bosch 2007, S. 65.

⁵⁸ Bosch 2007, S. 65.

⁵⁹ Vgl. Tomlinson; Quinn 1998, http://www3.math.uni-paderborn.de/~agbiehler/sis/sisonline/struktur/jahrgang18-98/heft3/1998-3_tomlinson.pdf, abgerufen am 03.06.2020.

Der Begriff der **Entscheidung** beschreibt i.d.R. „mehr oder weniger überlegtes, bewusstes, abwägendes und zielorientiertes Handeln.“⁶⁰ Es kann zwischen unterschiedlichen Entscheidungssituationen unterschieden werden. Abbildung 5 zeigt die verschiedenen Arten von Entscheidungssituationen.

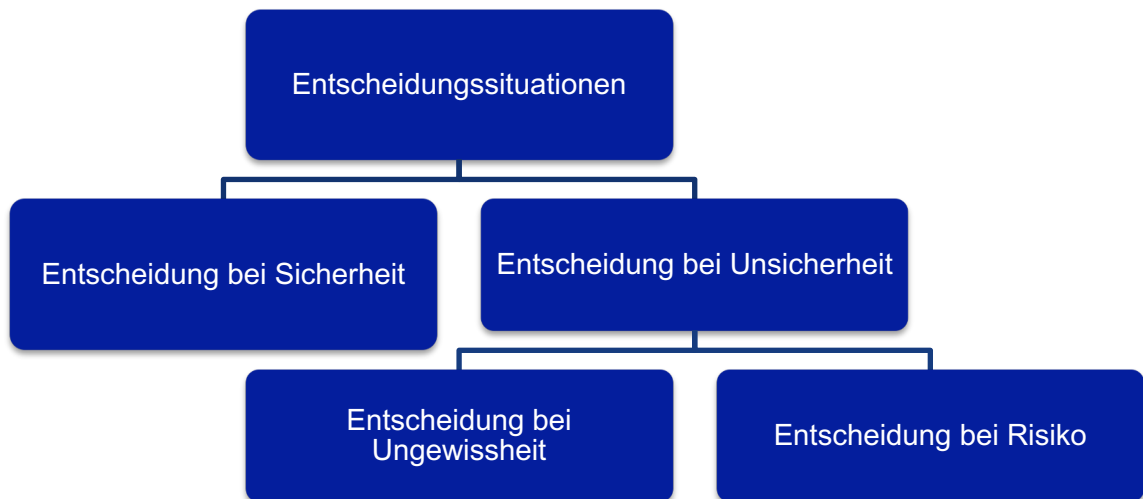


Abbildung 5: Arten von Entscheidungssituationen⁶¹

Bei Entscheidungen unter Sicherheit sind alle entscheidungsrelevanten Faktoren im Vorfeld bekannt. Dieser Umstand kommt allerdings in der Realität verständlicherweise selten vor.⁶² Entscheidungen bei Unsicherheit unterteilen sich in solche bei Ungewissheit und bei Risiko. Bei Entscheidungen unter Ungewissheit sind die Eintrittswahrscheinlichkeiten der zukünftigen Umweltzustände nicht bekannt.⁶³ Sind diese Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten der jeweiligen Umweltzustände dem Entscheidungsträger bekannt, handelt es sich um eine Entscheidung unter Risiko.⁶⁴

Ein gutes Verständnis von Wahrscheinlichkeiten ist folglich vor allem bei Entscheidungen unter Risiko wichtig. Im realen Leben finden sich dabei allerdings weniger zahlengenaue, „objektive“, belastbare Eintrittswahrscheinlichkeiten, sondern viel mehr prägt die subjektive Einschätzung des Entscheidungsträgers die Optionsauswahl.

Gigerenzer formuliert die nötigen Entscheidungshilfen für gute Entscheidungen so:

„RISIKO: Wenn Risiken bekannt sind, verlangen gute Entscheidungen logisches und statistisches Denken.“

⁶⁰ Pfister; Jungermann; Fischer 2017, S. 2.

⁶¹ in Anlehnung an <https://www.bwl-lexikon.de/wiki/entscheidung-bei-sicherheit/>, abgerufen am 26.05.2020.

⁶² Vgl. <https://www.bwl-lexikon.de/wiki/entscheidung-bei-sicherheit/>, abgerufen am 26.05.2020.

⁶³ Vgl. <https://www.bwl-lexikon.de/wiki/entscheidung-unter-unsicherheit/>, abgerufen am 26.05.2020.

⁶⁴ Vgl. <https://www.bwl-lexikon.de/wiki/entscheidung-bei-risiko/>, abgerufen am 26.05.2020.

*UNGEWISSHEIT: Wenn einige Risiken unbekannt sind, verlangen gute Entscheidungen auch Intuition und kluge Faustregeln.*⁶⁵

Bei Entscheidungen unter Risiko sind folglich möglichst objektive Denkweisen gefordert. Eine objektive, sachliche Betrachtungsweise soll vor Fehlern schützen und so eine gute Entscheidung gewährleisten.

Sind einige Risiken unbekannt, hilft statistisches Denken nicht weiter. Hier muss auf die eigene Intuition zurückgegriffen werden. Sinnvolle, sog. robuste Heuristiken können Entscheidungen unter Ungewissheit unterstützen.

Bei allen Entscheidungen spielt es außerdem eine nicht unerhebliche Rolle, wie die Einstellung des Entscheidungsträgers gegenüber Risiko ist. Abbildung 6 zeigt die 3 unterschiedlichen Risikoeinstellungen: Risikoneutralität, Risikoaversion und Risikoaffinität. Das Diagramm beschreibt den erwarteten Nutzen abhängig vom Vermögen.



Abbildung 6: Risikoneutralität (Gelb), Risikoaversion (Rot), Risikoaffinität (Grün)⁶⁶

Risikoneutralität zeichnet sich dadurch aus, dass der Entscheider rein nach dem Erwartungswert handelt. **Risikoaversion** bedeutet, dass der Entscheider bei 2 Alternativen mit jeweils gleichem Erwartungswert diejenige mit dem geringeren Risiko wählt. Bei **Risikoaffinität** verhält es sich genau andersherum, der Entscheider wählt die Alternative mit dem größeren Risiko. Hier meint der Begriff „Risiko“ eine Streuung.⁶⁷

⁶⁵ Gigerenzer 2013, S. 38.

⁶⁶ In Anlehnung an Pfister; Jungermann; Fischer, S. 182.

⁶⁷ Vgl. <https://swl.htwsaar.de/lehre/ws16/eus/slides/2016-vl-eus-kap2-3-entscheidungstheorie.pdf>, abgerufen am 03.06.2020.

Ein simples Bsp. soll hier als Erklärung dienen. In einem Glücksspiel soll eine Münze geworfen werden. Nun gibt es für den Teilnehmer zwei Wahlmöglichkeiten:

1. Bei Kopf gewinnt er 20 €, bei Zahl gewinnt er nur 10 €.
2. Bei Kopf gewinnt er 30 €, bei Zahl gewinnt er allerdings nichts.

Beide Male beträgt der Erwartungswert 15 €. Ein risikoneutraler Mensch könnte sich zwischen diesen beiden Alternativen nicht entscheiden. Ein risikoaffin handelnder Mensch würde die zweite Alternative wählen. Hier ist die Streuung größer und somit auch der mögliche Gewinn. Ein risikoscheuer Mensch wählt Alternative 1, da die Streuung geringer ist.

Das alles sind einstellungsabhängige Heuristiken, bei Risiko zu entscheiden. Es gibt keine allgemein gültige und immer richtige Art der Entscheidung. Entscheidungen sind immer situationsbedingt und fehleranfällig und können auch mal zu einem „schlechten“ Ergebnis führen. Das Bestreben sollte es aber sein, eine begründete Entscheidung auf Basis der eigenen Möglichkeiten und Kompetenzen zu treffen. Das tatsächliche Ergebnis liegt dann nicht mehr in unserer Hand.

1.3.1 Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktion

Entscheidungen unter Risiko werden von jedem Menschen anders getroffen. Abhängig von seiner Risikoeinstellung und den äußeren Faktoren. Die **Prospect Theory** von Kahneman und Tversky beschreibt den Ablauf solcher Entscheidungen und soll im Folgenden erläutert werden. Nach Kahneman und Tversky unterteilt sich der Entscheidungsprozess in 2 Phasen: Bearbeitung (engl. editing) und Evaluation (engl. evaluation). In der ersten Phase werden die Optionen organisiert und neu formuliert, um sie zu vereinfachen. In der zweiten Phase werden diese Optionen dann bewertet und diejenige mit dem höchsten Wert gewählt.⁶⁸

Die Bearbeitung der Problemstellung beinhaltet 6 Verfahren. Die Kodierung nimmt die Gewinne oder Verluste relativ zu einem Referenzpunkt wahr. Die Positionierung um diesen neutralen Referenzpunkt kann durch die Darstellung der Optionen und der Erwartungen des Entscheidenden beeinflusst werden. Bei der Kombination werden die Optionen dahingehend geprüft, ob sich Wahrscheinlichkeiten mit gleichem Ergebnis kombinieren lassen. Die Segregation meint die Abtrennung einer risikolosen Option. Bei dem vorherigen Beispiel des Münzwurfs, bei dem man entweder 10 € oder 20 € gewinnen konnte, wird der Gewinn von 10 € als sicher bezeichnet und der Gewinn von 20 € als riskante Option gesehen. Die Streichung beschreibt das Verwerfen von Komponenten, die von den angebotenen Alternativen geteilt werden (sog. Isolations-Effekt). Mit der

⁶⁸ Vgl. Kahneman; Tversky 1979, S. 274.

Vereinfachung werden Wahrscheinlichkeiten und Ergebnisse gerundet oder sehr unwahrscheinliche Alternativen sogar gar nicht mehr berücksichtigt. Das Erkennen von Dominanzen zielt darauf ab, Alternativen, die von anderen dominiert werden, nicht weiter zu berücksichtigen. Ein Bsp. für eine dominierte Alternative wäre ein gleicher Gewinn mit einer niedrigeren Wahrscheinlichkeit.⁶⁹

Nachdem die Problemstellung durch die genannten Schritte editiert wurde, folgt die zweite Phase, die Bewertung. Hierfür wird zunächst eine Wertefunktion um einen Referenzpunkt herum erstellt. Diese Wertefunktion stellt den monetären Ausgang einer Option als einen subjektiven Wert dar. Diese wird nach Kahneman und Tversky durch die Abweichungen vom Referenzpunkt definiert. Sie hat, wie in Abbildung 7 zu sehen ist, für Verluste einen konvexen und für Gewinne einen konkaven Verlauf. Außerdem verläuft sie für Verluste steiler als für Gewinne.⁷⁰

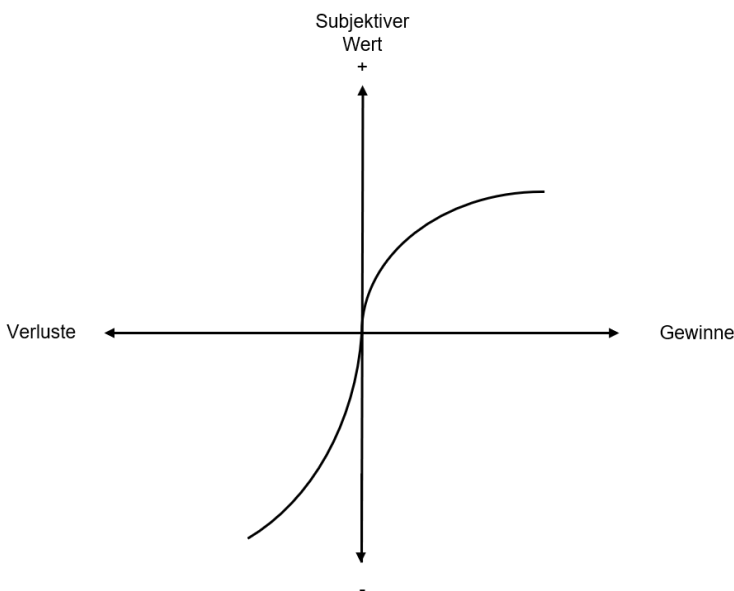


Abbildung 7: Hypothetische Wertefunktion⁷¹

Der exakte Verlauf der Wertefunktion ist stark abhängig von der Lage des Referenzpunktes. Dieser kann für jeden Menschen unterschiedlich sein, da insb. monetäre Werte für Menschen in verschiedenen Lebenslagen einen anderen subjektiven Wert haben. So schmerzt der Verlust von 50 € einem Studierenden vermutlich mehr als einer Person im Management.

⁶⁹ Vgl. Kahneman; Tversky 1979, S. 274f.

⁷⁰ Vgl. Kahneman; Tversky 1979, S. 279.

⁷¹ In Anlehnung an Kahneman; Tversky 1979, S. 279.

Auf mathematische Hintergründe und die Entstehung und Erklärung der Prospect Theory soll hier nun nicht weiter eingegangen werden.⁷² Vielmehr soll die Bedeutung der Funktionen für unser Thema des Verständnisses von und Entscheidens mit Wahrscheinlichkeiten erläutert werden.

Elementarer Ausgangspunkt für Entscheidungen bildet – wie schon der Name vermuten lässt - der Referenzpunkt der Wertefunktion. Wie zuvor bereits erwähnt, ist dieser abhängig vom subjektiven Empfinden des Entscheidenden. Aber auch äußere Faktoren können zu einer Verschiebung des Referenzpunktes führen. Der **Framing-Effekt** beschreibt den Einfluss der Darstellung verschiedener Optionen auf das Entscheidungsverhalten.⁷³ Unsere Präferenzen sind eher rahmen- als realitätsgebunden.⁷⁴

Die Wertefunktion zeigt im Bereich des Verlusts einen deutlich steileren Verlauf als im Bereich des Gewinns. Grund dafür ist die **Verlustaversion**. Diese besagt, dass Menschen Verluste deutlich höher bewerten als Gewinne. Experimente zeigten, dass Menschen Verluste 1,5- bis 2,5-mal so hoch bewerten wie Gewinne. Für unser Verhalten bei Entscheidungen ist dies grundlegend: Stehen wir vor der Möglichkeit, mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % 150 € zu gewinnen, jedoch mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % 100 € zu verlieren, werden die meisten Menschen dieses Angebot ablehnen, obwohl der Erwartungswert positiv ist. Ab einer Gewinnchance von ca. 200 € würden die meisten Menschen das Risiko eingehen.

Die Tendenz zum Status Quo ist ebenfalls ein Entscheidungstreiber. Sie besagt, dass Menschen die Nachteile eines Wandels überproportional größer einschätzen als die Vorteile. Diese Tendenz stellt eine kognitive Verzerrung dar, die unsere Entscheidungen analog der Verlustaversion beeinflusst.

Das Prinzip der abnehmenden Sensitivität beschreibt die unterschiedliche Bewertung in Abhängigkeit vom Wohlstand. Die subjektive Differenz zwischen 900 € und 1000 € ist geringer als die zwischen 100 € und 200 €. Die abnehmende Sensitivität erklärt das Abflachen der Wertefunktion.⁷⁵

Ein weiterer Aspekt der Prospect Theory ist die **Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktion**. Ihre Herleitung begründet sich auf Ergebnissen empirischer Experimente und Versuchen zum tatsächlichen, d.h. realen Entscheidungsverhaltens mit Wahrscheinlichkeiten. Die Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktion transferiert objektive Wahrscheinlichkeiten in sog. gewichtete Wahrscheinlichkeiten, mit denen Entscheidende in der

⁷² Für Interessierte: Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk ist bei Google Scholar online einsehbar und Bergmann, Berning 2016, S. 199-235.

⁷³ Vgl. <https://lexikon.stangl.eu/3502/framing-effekt/>, abgerufen am 06.06.2020.

⁷⁴ Vgl. Kahneman 2011, S. 366.

⁷⁵ Vgl. Kahneman 2011, S. 282-291.

Wirklichkeit Wahrscheinlichkeiten erfassen. Sie bezieht Entscheidungsgewichte auf angegebene Wahrscheinlichkeiten.⁷⁶

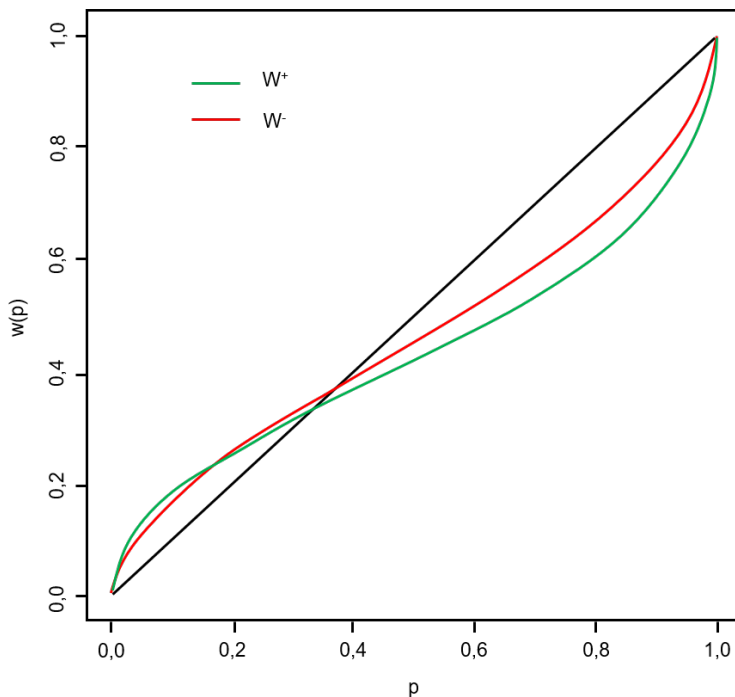


Abbildung 8: Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktionen für Gewinne (w^+) und Verluste (w^-)⁷⁷

Die in Abbildung 8 gezeigte Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktion zeigt einen hypothetischen Verlauf. Sie dokumentiert, dass im realen Entscheidungsverhalten Menschen dazu neigen, kleine Wahrscheinlichkeiten zu überschätzen und große Wahrscheinlichkeiten zu unterschätzen.⁷⁸ Gründe für diese Ausprägungen zeigen sich in den Entscheidungsgewichten, die den Wahrscheinlichkeiten zugeordnet werden.

1.3.2 Transformation in Entscheidungsgewichte

Die Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktion zeigt die Transformation von Wahrscheinlichkeiten in **Entscheidungsgewichte**. Entscheidungsgewichte sind keine Wahrscheinlichkeiten, sie folgen nicht den Axiomen der Wahrscheinlichkeitstheorie und sollten nicht als Maß der Überzeugung interpretiert werden. Entscheidungsgewichte messen nicht nur die wahrgenommene Wahrscheinlichkeit der Ereignisse, sondern den Einfluss von Ereignissen auf die Attraktivität von Ausgängen.⁷⁹ Nach dem Gewichtungsprinzip führt

⁷⁶ Vgl. Kahneman; Tversky 1979, S. 280.

⁷⁷ In Anlehnung an Kahneman; Tversky 1992, S. 313.

⁷⁸ Vgl. Kahneman; Tversky 1992, S. 312.

⁷⁹ Vgl. Kahneman; Tversky 1979, S. 280.

unbewusstes Denken laut Dijksterhuis und Nordgren zu einer natürlichen Gewichtung der relativen Bedeutung verschiedener Attribute, während bewusstes Denken diesen natürlichen Prozess stört.⁸⁰

Die Entscheidungsgewichte werden von verschiedenen Faktoren beeinflusst, die sich im Verlauf der Gewichtungsfunktion widerspiegeln. Die Überbewertung kleiner Wahrscheinlichkeiten ist hierfür das erste Beispiel. Kahneman und Tversky zeigten, dass Menschen einen Gewinn von 5.000 € mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,001 % einem sicheren Gewinn von 5 € vorziehen.⁸¹ Der sog. **Possibility Effect** beschreibt diese Überbewertung.⁸² Außerhalb des Bereichs der kleinen Wahrscheinlichkeiten wirkt hingegen die Unsicherheit (engl. **Subcertainty Effekt**). Sie beschreibt, dass Menschen höhere Wahrscheinlichkeiten unterschätzen. In Tabelle 2 sind die empirischen Studienergebnisse der Entscheidungsgewichte bei einem Spiel mit geringem monetären Gewinn dargestellt.

Wahrscheinlichkeit (%)	0	1	2	5	10	20	50	80	90	95	98	99	100
Entscheidungs-gewicht	0	5,5	8,1	13,2	18,6	26,1	42,1	60,1	71,2	79,3	87,1	91,2	100

Tabelle 2: Entscheidungsgewichte bezogen auf Wahrscheinlichkeiten⁸³

Die Studie macht deutlich, wie sehr in der Wirklichkeit die Wahrnehmung von Wahrscheinlichkeiten von den tatsächlichen Wahrscheinlichkeiten abweichen kann. Das spiegelt sich zwangsläufig in unserer Entscheidungsfindung wider; hierzu folgende Lotterie:

1. 2.500 € mit einer Wahrscheinlichkeit von 33 %, 2.400 € mit einer Wahrscheinlichkeit von 66 % oder 0 € mit einer Wahrscheinlichkeit von 1 % gewinnen oder
2. 2.400 € mit Sicherheit gewinnen.

Die meisten Menschen entscheiden sich für Möglichkeit 2. Stehen die Menschen in einem zweiten Szenario nun aber vor der Wahl

1. 2.500 € mit einer Wahrscheinlichkeit von 33 % oder 0 € mit einer Wahrscheinlichkeit von 67 % zu gewinnen oder
2. 2.400 € mit einer Wahrscheinlichkeit von 34 % oder 0 € mit einer Wahrscheinlichkeit von 66 % zu gewinnen,

⁸⁰ Vgl. Dijksterhuis; Nordgren 2006, S. 99

⁸¹ Vgl. Kahneman; Tversky 1979, S. 281.

⁸² Kahneman 2011, S. 314.

⁸³ Vgl. Kahneman 2011, S. 314.

dann wählen die meisten Menschen die erste Alternative.⁸⁴ Dieser Effekt wird als **Certainty Effect** bezeichnet. Eine Wahrscheinlichkeit von 1 % wiegt mehr, wenn sie zur absoluten Sicherheit beisteuert, als eine Wahrscheinlichkeit von 33 %, die sich auf 34 % erhöht. Dieses Verhalten erklärt auch die Nicht-Linearität der Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktion.⁸⁵ Die Prospect Theory zeigt auf, dass Menschen in formal identischen Entscheidungssituationen unterschiedliche Entscheidungen treffen.⁸⁶

Mit diesen Effekten, Possibility und Certainty Effect, lässt sich das Verhalten bei Entscheidungen in einer Matrix zusammenfassen. Das **fourfold pattern of preferences** gilt als eine der Haupterrungenschaften der Prospect Theory.⁸⁷

	Gewinne	Verluste
Hohe Wahrscheinlichkeit <i>Certainty Effect</i>	Bsp.: 95% Wahrscheinlichkeit 10.000 € zu gewinnen Angst vor Enttäuschung RISIKO AVERS ungünstige Bedingungen werden akzeptiert	Bsp.: 95% Wahrscheinlichkeit 10.000 € zu verlieren Hoffnung, Verlust zu vermeiden RISIKO AFFIN günstige Bedingungen werden ab- gelehnt
Niedrige Wahr- scheinlichkeit <i>Possibility Effect</i>	Bsp.: 5% Wahrscheinlichkeit 10.000 € zu gewinnen Hoffnung auf einen hohen Gewinn RISIKO AFFIN günstige Bedingungen werden ab- gelehnt	Bsp.: 5% Wahrscheinlichkeit 10.000 € zu verlieren Angst vor großem Verlust RISIKO AVERS ungünstige Bedingungen werden akzeptiert

Tabelle 3: Fourfold pattern of preferences⁸⁸

Jede Zelle der Tabelle 3 zeigt zuerst eine beispielhafte Situation. Als zweites wird eine zentrale Emotion charakterisiert, die die Situation hervorruft. Risikoavers bzw. -affin beschreibt, ob die meisten Menschen die Sicherheit oder das Risiko wählen. Die letzten Reihen beschreiben das dann prognostizierte Verhalten.

Das Treffen einer Entscheidung basiert folglich zu einem großen Teil auf Wahrscheinlichkeiten. Bei Entscheidungen unter Risiko, bei denen das Ergebnis unsicher, aber die Wahrscheinlichkeiten bekannt sind, ist es demnach von großer Bedeutung ein sehr gutes Wahrscheinlichkeitsurteil zu haben. Ein vorhandenes Wahrscheinlichkeitsurteil ist auf 2 Weisen verbesserbar. Die erste Möglichkeit besteht darin auf Basis der vorhandenen Informationen weiterführende Überlegungen anzustellen wie diese Informationen in

⁸⁴ Vgl. Kahneman; Tversky 1979, S. 265f.

⁸⁵ Vgl. Kahneman; Tversky 1979, S. 283.

⁸⁶ Vgl. Amann 2019, S. 40.

⁸⁷ Vgl. Kahneman 2011, S. 318.

⁸⁸ In Anlehnung an Kahneman 2011, S. 317.

Wahrscheinlichkeiten transformiert werden können. Die zweite Möglichkeit ist neue Informationen zu beschaffen, also den Informationsstand zu verbessern. Allerdings gehen mit der Verbesserung eines Wahrscheinlichkeitsurteils immer auch Kosten einher. Diese Kosten, meistens in Form von Arbeit und Zeit, müssen gegenüber dem Wert des gesteigerten Wahrscheinlichkeitsurteils abgewogen werden.⁸⁹

1.3.3 Intuitives Entscheiden

Fehlen uns Eintrittswahrscheinlichkeiten oder können wir nicht vorhersagen welche Alternativen möglich sind, bringen uns Berechnungen nicht weiter – Entscheiden müssen wir trotzdem. Wir befinden uns in einer Entscheidungssituation, in der wir auf unsere Intuition zurückgreifen. Die **Intuition** oder auch (fälschlicherweise) das Bauchgefühl ist etwas, „das (1) rasch im Bewusstsein auftaucht, (2) dessen tiefere Gründe uns nicht vollends bewusst sind und das (3) stark genug ist, um uns danach handeln zu lassen. Die Intuition ist eine Form unterbewusster Intelligenz.“⁹⁰ Man spürt was getan werden soll, ohne erklären zu können warum.⁹¹ Die Intuition verbindet „Generationserfahrung, individuelle Erfahrung und momentane Wahrnehmung.“⁹²

Intuition ist in einer komplexen und ungewissen Welt, unentbehrlich. Logik allein ist nur in einer Welt ausreichend, in der alle Risiken mit Gewissheit bekannt sind. Deswegen ist die Intuition dem logischen Denken nicht unterlegen. Für gute Entscheidungen ist folglich beides gefordert.⁹³

Hinzu kommt, dass der Mensch nur 50 % seiner Gehirnkapazität abrufen kann. Die Lösung für eine vollere Ausschöpfung unserer Intelligenz ist nach Fenkart die intuitive Kompetenz.⁹⁴

Unsere Intuition wird durch zahlreiche verschiedene Faktoren beeinflusst und „gespeist“. Einige werden kurz erläutert.

Erfahrungen sind der erste hier zu nennende Faktor, der die Intuition beeinflusst. Alles bisher Erlebte, all unsere Erfahrungen haben wir in unserem Gehirn abgespeichert. Kommen wir nun in eine bekannte, strukturell vergleichbare Situation, können wir mithilfe der Intuition auf diese Erfahrungen zurückgreifen, was naheliegend und vernünftig ist.⁹⁵

Ein nützliches Maß an Unwissenheit ist, ebenso wie kognitive Einschränkungen, förderlich für unsere Intuition. Obwohl Unwissenheit und Einschränkungen erstmal negativ

⁸⁹ Vgl. Laux; Gillenkirch; Schenk-Mathes 2018, S. 341.

⁹⁰ Gigerenzer 2013, S. 143.

⁹¹ Vgl. Gigerenzer 2013, S. 143.

⁹² <https://www.immediate-effects.com/intuitiv-entscheiden-fuehlen-oder-denken/>, abgerufen am 05.07.2020.

⁹³ Vgl. Gigerenzer 2013, S. 147.

⁹⁴ Vgl. Fenkart 2018, S. 4.

⁹⁵ Possehl; Meyer-Grashorn 2008, S. 81.

klingen, so wäre unsere Intuition ohne sie tatsächlich weniger zuverlässig. Die Rekognitionsheuristik (s. S. 50, Kapitel 2.1.3) zeigt, dass in manchen Situationen ein Bauchgefühl hilfreicher als eine große Menge an Wissen und Informationen sein kann. Kognitive Einschränkungen sind in diesem Zusammenhang so gemeint, dass der Mensch nicht immer alle Informationen aufnimmt und sie im Gedächtnis behält. Dieser Mechanismus soll ihn davor schützen, zu viele und unter Umständen unwichtige Informationen zu verarbeiten.⁹⁶ Das Aufnehmen einer zu großen Informationsflut kann außerdem dazu führen, dass wirklich wichtige Informationen untergehen. Das Vergessen kann folglich manchmal hilfreich sein.⁹⁷

Ein weiterer Faktor sind unbewusste motorische Fähigkeiten. Insb. bei Experten beruhen Bauchgefühle auf diesen und deshalb könnte sich zu viel Nachdenken negativ auf die Ausführung auswirken.⁹⁸ Erforderlich sind diese Fähigkeiten bspw. bei Chirurgen oder Profi-Sportlern, denn unter Zeitdruck ist es möglich, dass der Kopf die Erfahrungen nicht schnell genug abrufen kann. Die Bewertung der aktuellen Situation dauert zu lange. Die Intuition hingegen kann viel schneller agieren.⁹⁹

Unsere Intuition kann allerdings auch negativ beeinflusst werden. Faktoren wie Vorurteile oder sozialer Zwang bzw. Gruppendruck können zu verzerrten Urteilen führen. Das liegt daran, dass bei Vorurteilen schon ein Urteil besteht noch bevor die Problemstellung bekannt ist. Unser soziales Umfeld übt einen gewissen Gruppendruck aus, der sich auch in unserem Unterbewusstsein widerspiegelt. Unsere individuelle Entscheidung wird durch das Gruppendenken beeinflusst.¹⁰⁰

Hinzu kommen schließlich manipuliertes Wissen und mangelndes oder lückenhaftes Wissen aus zweiter Hand, welche in keiner denkbaren Entscheidungssituation gute Ratgeber sind. Bei manipuliertem Wissen spielen Gerüchte eine große Rolle. Wir glauben etwas zu Wissen und verhalten uns dementsprechend; unabhängig davon, ob dieses Wissen stimmt. Doch nicht nur falsches, sondern auch lückenhaftes Wissen kann unsere Intuition negativ beeinflussen. Ein gutes Beispiel dafür ist der Mensch selbst, der Jahrhunderte lang dachte, dass die Sonne sich um die Erde dreht. Eine falsche Intuition, die auf mangelndes wissenschaftliches Wissen zurückzuführen ist.¹⁰¹

Starke Emotionen beeinflussen unsere Intuition und unser Tun und Entscheiden.¹⁰² Liebe, Angst oder Wut lassen uns Dinge tun, die wir im Nachhinein häufig bereuen.

⁹⁶ Vgl. Gigerenzer 2007, S. 46.

⁹⁷ Vgl. Gigerenzer 2007, S. 131

⁹⁸ Vgl. Gigerenzer 2007, S. 46.

⁹⁹ Vgl. <https://www.immediate-effects.com/intuitiv-entscheiden-fuehlen-oder-denken/>, abgerufen am 05.07.2020.

¹⁰⁰ Possehl; Meyer-Grashorn 2008, S. 75ff.

¹⁰¹ Possehl; Meyer-Grashorn 2008, S. 78f.

¹⁰² Zur Vertiefung vgl. Remmerbach; Gerollis; Hendricks; Robers; Schwaf; Wulfert 2018.

Starke Angst kann uns sogar handlungsunfähig machen.¹⁰³ Besonders in emotionsgeladenen Situationen ist es also ratsam, sich seinen Intuitionen nicht auszuliefern.

All diese Faktoren können unsere Intuition, positiv oder negativ, beeinflussen. Wie entscheiden wir nun also mittels unserer Intuition? Wann ist es sinnvoll, eine Entscheidung intuitiv zu treffen?

Intuitive Entscheidungen sind unvermeidbar und zweckmäßig, wenn wir nur wenig Zeit haben. Wir bleiben so in Situationen, in denen wenig Zeit und wenige Informationen zur Verfügung stehen, entscheidungsfähig.¹⁰⁴ Eine Studie der Psychologin Sian Beilock fand heraus, dass Profi-Golfspieler bessere Ergebnisse erzielten, wenn sie für ihren Schlag nur wenig Zeit hatten. Bei Golfanfängern verhielt es sich genau andersherum. Sie erzielten besser Ergebnisse, wenn sie mehr Zeit hatten sich auf ihren Schlag zu konzentrieren.¹⁰⁵ Daraus folgt, dass zu viel Nachdenken der Intuition schaden kann. Erfolg hat der Verlass auf die Intuition allerdings nur, wenn man in dem Bereich der betroffenen Situation über ein gewisses Maß an Expertise verfügt. Die unbewussten motorischen Fähigkeiten stehen uns nur dann zur Verfügung, wenn wir intuitiv handeln.

Eine Möglichkeit eine intuitive Entscheidung zu treffen ist bspw. die „fast and frugal“-Heuristik des sog. „**one-reason decision making**“.¹⁰⁶ Diese Heuristik versucht nicht sämtliche Parameter einer Situation zu erfassen und zu bewerten. Sie verlangt nur wenig Wissen über die Situation und spart Zeit und Berechnungen dadurch, sich nur auf einen einzigen guten Grund zu verlassen, anstatt alle Möglichkeiten gegeneinander abzuwägen.¹⁰⁷

Grundsätzlich gilt: „Je komplexer Situationen sind, umso ratsamer ist es, intuitiv zu entscheiden.“¹⁰⁸ Insb. Menschen mit Expertise und der entsprechenden Erfahrung können sich auf ihr Unterbewusstsein verlassen. Dieses hat alle gesammelten Informationen abgespeichert und ist in der Lage, sie schnell zur Verfügung zu stellen.¹⁰⁹

Unsere Intuition kann uns deshalb immer dann zu viablen Entscheidungen führen, wenn uns nur sehr wenige oder im Gegensatz dazu zu viele und zu komplexe Informationen vorliegen.

Im Umgang mit Intuition können uns Fehler unterlaufen. **Nachträgliche Rationalisierung** z. B. bringt zum Ausdruck, eine Entscheidung „aus“ dem Bauchgefühl rational

¹⁰³ Possehl; Meyer-Grashorn 2008, S. 80.

¹⁰⁴ Vgl. Gigerenzer 2007, S. 46.

¹⁰⁵ Vgl. Beilock; Carr 2001, S. 703ff.

¹⁰⁶ Gigerenzer 2007, S. 142.

¹⁰⁷ Vgl. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574072207001084?via%3Dihub>., abgerufen am 04.06.2020.

¹⁰⁸ Possehl; Meyer-Grashorn 2008, S. 65.

¹⁰⁹ Vgl. Possehl; Meyer-Grashorn 2008, S. 65.

kognitiv begründen zu wollen. Man findet Gründe (oder lässt Gründe finden), die das Bauchgefühl (ex post) bestätigen. Das kostet nicht nur viel Zeit, sondern auch Geld. Beim sog. **defensiven Entscheiden** hingegen wird die offensichtliche oder als solche wahrgenommene beste Strategie fallen gelassen, da sie sich nicht rational rechtfertigen lässt, wenn etwas scheitert. Aus diesem Grund wird eine zweit- oder sogar drittbeste Option gewählt.¹¹⁰ Eine Studie des Max-Planck-Instituts fand heraus, dass rund 80 % der Führungskräfte mindestens eine der 10 wichtigsten Entscheidungen des letzten Jahres defensiv getroffen haben. Grund dafür ist u.a. die mangelnde Fehlerkultur der Unternehmen. Führungskräfte in einem Unternehmen mit einer schlecht bewerteten Fehlerkultur entscheiden demnach deutlich häufiger defensiv. Das hat nicht nur Mehrkosten, sondern auch eine geringere Innovationskraft und Mitarbeiterzufriedenheit zur Folge.¹¹¹ Defensives Entscheiden soll folglich den Entscheider schützen und nimmt dabei Schäden für das Unternehmen in Kauf.¹¹² Beide genannten Anwendungsfehler lassen sich darauf zurückführen, dass wir unserer Intuition nicht so richtig trauen wollen, u.a. weil wir auf rationales, faktenbasiertes Entscheiden konditioniert werden.

Trotz aller Versuche, sich auf die eigene Intuition zu verlassen und sich nicht von den oben genannten Fehlern oder negativen Einflüssen beirren zu lassen, kann uns unsere Intuition selbstverständlich auch täuschen. Vielleicht hat man die Situation falsch eingeschätzt oder einfach die falsche Heuristik gewählt. Jede Entscheidung, egal ob rational oder intuitiv, kann sich im Nachhinein als falsch erweisen. Äußere Umstände, auf die wir keinen Einfluss haben, beeinflussen das Ergebnis. Zudem ist es wichtig sich bewusst zu sein, dass unsere Intuition nur dann zuverlässig ist, „wenn es uns gelingt sie von Regungen und Impulsen zu unterscheiden.“¹¹³ D. h. wir müssen in der Lage sein für Entscheidungen Emotionen und Impulse von unserer Intuition zu unterscheiden, also Faustregeln und nicht Gefühl anzuwenden. „Faustregeln sind für die Entstehung von Bauchgefühlen verantwortlich.“¹¹⁴ Die Grundlage dieser Faustregeln sind evolvierte Fähigkeiten. Zudem bestimmen Umweltstrukturen, wie gut oder schlecht eine Faustregel funktioniert.¹¹⁵ Für ein gutes Bauchgefühl sind Heuristiken also unabdingbar. Doch wie gut sie funktionieren ist abhängig von der Situation.

¹¹⁰ Vgl. Gigerenzer 2013, S. 152f.

¹¹¹ Vgl. <https://www.mpg.de/13802220/fuehrungskraefte-entscheiden-defensiv>, abgerufen am 05.07.2020.

¹¹² Vgl. Gigerenzer; Gaissmaier 2012, S. 11.

¹¹³ Fenkart 2018, S. 94.

¹¹⁴ Gigerenzer 2007, S. 56.

¹¹⁵ Vgl. Gigerenzer 2007, S. 56f.

1.4 Implikationen für den Umgang mit Wahrscheinlichkeiten

Unabhängig davon, wie wir Entscheidungen treffen und Wahrscheinlichkeiten verstehen, wir müssen mit ihnen umgehen. Insb. in der heutigen Zeit können wir Kennzahlen, Prognosen (Wahrscheinlichkeitsschätzungen) und Statistiken nicht aus dem Weg gehen.

Kommen wir auf unser anfangs genanntes Bsp. Coronavirus SARS-CoV-2 zurück. Hier werden wir Laien wie gezeigt mit einer Vielzahl an Kennzahlen konfrontiert, die erstmal verstanden werden müssen. Bsp. Reproduktionsfaktor (R-Faktor): damit dieser Faktor für Nichtvirologen überhaupt eine Bedeutung hat, muss man ihn verstehen und vor allem seine Konsequenzen kennen. Der R-Faktor bildet ab, wie viele Personen ein Infizierter im Schnitt ansteckt. Stecken von 4 infizierten Personen 3 keinen anderen Menschen an, 1 Person aber 4 weitere, so liegt der R-Wert bei 1. Ein Wert über 1 bedeutet einen Anstieg von Infizierten, ein Wert unter 1 einen Abfall. Für die Planung von zu ergreifenden Maßnahmen ist diese Tatsache, ausgedrückt in einer Kennzahl, ein wichtiger Entscheidungsparameter.

Für den Umgang mit (Kenn-)Zahlen und Wahrscheinlichkeiten ergeben sich Implikationen, auf einige wird im Folgenden eingegangen.

1.4.1 Ratio vs. Emotion

Digitalisierung stellt uns in einem Ausmaß Daten zur Verfügung, wie wir sie in der Geschichte noch nie hatten (Stichwort „big data“). Für Factfulness und rationales Abwägen („System 2“) ist dies ein großer Gewinn. Besteht in dieser Rationalisierung nicht-womöglich aber die Gefahr des Verlusts der Emotionen?

In Statistiken erfolgt keinerlei Einzelfallbetrachtung. Im Jahr 2019 sind vermutlich 1900 Menschen bei der Flucht über das Mittelmeer ertrunken.¹¹⁶ Eine Zahl, die betroffen macht, aber häufig auch schnell wieder vergessen wird. Anders sieht das bei Einzelschicksalen aus. Ein einzelnes Schicksal löst Emotionen in uns aus. Diesen Effekt nennt man **Identifiable Victim Effect**. Dieser Effekt beschreibt die Tendenz, dass Menschen tiefere Gefühle, Emotionen und Sympathien bilden, wenn es sich um eine spezielle Person handelt und nicht um eine große Gruppe anonymer Individuen.¹¹⁷ Neurologische Scans zeigen, dass Zahlen ein anderes Gehirnareal ansprechen als Bilder von hilfsbedürftigen Menschen. Bei dieser Art von Bildern wird der Teil des Gehirns aktiv, der für Emotionen und Empathie verantwortlich ist.¹¹⁸

¹¹⁶ Vgl. <https://missingmigrants.iom.int/region/mediterranean>, abgerufen am 04.06.2020.

¹¹⁷ Vgl. Ariely 2008, <https://www.psychologytoday.com/us/blog/predictably-irrational/200810/the-identifiable-victim-effect-in-action>, abgerufen am 04.06.2020.

¹¹⁸ Vgl. Schneider 2016, <https://www.iwkoeln.de/studien/iw-kurzberichte/beitrag/spendenverhalten-warum-einer-manchmal-mehr-zaehlt-als-viele-270001.html>, abgerufen am 04.06.2020.

Statistiken sprechen folglich unsere Emotionen nicht an. In den meisten Fällen ist das auch nicht ihr Ziel. Sie sollen einen objektiven Überblick über Fakten bieten. Der Preis: fehlende Emotionen und Empathie reduzieren die Bereitschaft zu helfen. Studien zeigen, dass das Spendenverhalten der Menschen sich unproportional zu den Ausmaßen der (Natur-) Katastrophen verhält.¹¹⁹ Der bekannte Psychologe Dan Ariely sagt dazu Folgendes:

„In many ways the identifiable victim effect is a very sad effect because it means that the attention we will pay to different tragedies around us, will not be based on their objective level of tragedy but instead on the way in which they invoke emotions in us. This also means that sometimes the tragedy of one person can overshadow the tragedy of millions.“¹²⁰

[„In vielerlei Hinsicht ist der identifiable victim effect ein sehr trauriger Effekt, denn er bedeutet, dass die Aufmerksamkeit, die wir den verschiedenen Tragödien um uns herum widmen werden, nicht auf ihrem objektiven Tragikniveau beruht, sondern auf der Art und Weise, wie sie in uns Emotionen hervorrufen. Das bedeutet auch, dass manchmal die Tragödie eines Menschen die Tragödie von Millionen Menschen überschatten kann.“]

Einzelschicksale berühren uns und schützen uns davor, bei objektiven Statistiken in Gleichgültigkeit zu verfallen.

Wie Kapitel 1.2.1 (s. S. 19) und 1.2.2 (s. S. 21) zeigen, ist eine subjektive Betrachtung von Wahrscheinlichkeiten und Risiken eine häufig genutzte Heuristik zur Einschätzung von Situationen und Treffen von Entscheidungen. Solche subjektiven Betrachtungen sind immer auch von Emotionen beeinflusst. Rationale Betrachtungen sind für jede Person nachvollziehbar und vergleichbar. Emotionale Einflüsse haben die Eigenart, nur für eine Person zu gelten. Somit ist hier die Vergleichbarkeit nicht per se gegeben.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Statistiken auf rationaler Ebene agieren und uns auch auf dieser kognitiven Ebene im reflektiven Entscheidungsmodus ansprechen. Menschen fällen jedoch keine rein rationalen Entscheidungen, die Ratio und unsere Emotion interagieren immer. Die „Kunst“ ist das kluge situativ angemessene Erkennen, wann intuitiv heuristisches Vorgehen bessere Ergebnisse ermöglicht als zeitintensives Verarbeiten des vorhandenen Datenmaterials.

¹¹⁹ Vgl. Schneider 2016, <https://www.iwkoeln.de/studien/iw-kurzberichte/beitrag/spendenverhalten-warum-einer-manchmal-mehr-zaehlt-als-viele-270001.html>, abgerufen am 04.06.2020.

¹²⁰ Ariely 2008, <https://www.psychologytoday.com/us/blog/predictably-irrational/200810/the-identifiable-victim-effect-in-action>, abgerufen am 04.06.2020.

1.4.2 Nutzen vs. Risiken

Es steht die Frage nach den Kosten und Nutzen, den Risiken der Beschaffung und Verarbeitung von Daten und Fakten, Prognosen (Wahrscheinlichkeiten) und Statistiken im Raum. Das wohl größte Risiko im Umgang mit Statistiken ist ihre Manipulierbarkeit. Aus diesem Grund wird der Manipulation von Statistiken ein gesamtes Kapitel gewidmet (s. Kapitel 4, S. 97 ff.). Auf dieses wird hier verwiesen.

Statistiken haben den Vorteil, dass sie eine große Menge an Informationen auf einen Blick darstellen können. Werden die Daten bildhaft oder graphisch dargestellt, fällt uns die Informationsaufnahme leichter, da der Mensch Bilder schneller wahrnimmt als Texte, da das Gehirn Bilder schneller verarbeiten und sie sich besser merken kann. Für diesen Effekt gibt es mehrere Gründe. Schon lange bevor es die Schrift und damit Texte gab, kommunizierte der Mensch mit Bildern. Daher ist das menschliche Gehirn besser, evolutionär darauf geschult, Bilder aufzunehmen als Texte. Außerdem kommen Bilder der Bequemlichkeit unseres Gehirns entgegen. Texte müssen erst aufwendig vom Gehirn dekodiert werden bis wir sie erfassen und den Inhalt bewerten können. Das Verständnis von Bildern hingegen ist intuitiv, deswegen ist bei Bildern das limbische System adressiert.¹²¹

„Statistik kann Informationen hervorheben.“¹²² Wir behalten häufig nicht jede einzelne Zahl im Gedächtnis, trotzdem können wir uns meist an die Kernaussagen erinnern.

Statistiken können uns beeinflussen, wie wir Informationen wahrnehmen.¹²³ Aufgrund des oben genannten Effekts der besseren Wahrnehmung von Bildern, besteht allerdings auch die Gefahr, dass Skalen und beschreibende Texte verspätet oder gar nicht wahrgenommen werden. So könnten Statistiken und auch Wahrscheinlichkeiten aus dem Zusammenhang gerissen und damit falsch verstanden werden. Hinzu kommt, dass eine Zahl in einer Statistik, einer Grafik o. Ä. nichts über die Hintergründe aussagt. Warum etwas geschieht ist nicht Teil der Statistik. Trotzdem sind diese Hintergründe ein wichtiger Aspekt unserer Entscheidungsfindung. Die Daten müssen unvoreingenommen und mit dem richtigen Kontext präsentiert werden, damit mit ihnen die richtigen Erkenntnisse gewonnen und eine intelligente Entscheidung getroffen werden kann. Ziel von Statistiken sollte es also sein, Informationen ohne Vorurteile zu präsentieren und zu erkennen was wirklich wichtig ist. Dabei sollten sie so einfach wie möglich gehalten werden.¹²⁴ Geschieht dies nicht, besteht die Gefahr, dass eine Statistik mehr verwirren als Klarheit

¹²¹ Vgl. https://www.videoboost.de/visuelle-darstellungen-vorteile?utm_source=facebook&utm_medium=status&utm_campaign=hootsuite#tipp2, abgerufen am 04.06.2020.

¹²² <https://www.uni-due.de/dataedu/wie-wirkt-statistik-auf-uns/>, abgerufen am 04.06.2020.

¹²³ Vgl. <https://www.uni-due.de/dataedu/wie-wirkt-statistik-auf-uns/>, abgerufen am 04.06.2020.

¹²⁴ Vgl. Stackpole 2020, <https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/next-chapter-analytics-data-storytelling>, abgerufen am 05.07.2020.

schaffen kann. In der richtigen Darstellung und mit dem richtigen Kontext allerdings, bieten Statistiken viele Vorteile in der Entscheidungsfindung.

Für eine sinnvolle und hilfreiche Darstellung von Grafiken finden sich viele Empfehlungen. So sind neben dem Kontext auch andere Darstellungen für das Verständnis von Grafiken entscheidend. Beschriftungen von Achsen, Überschriften und Legenden stellen eine wichtige Rolle dar, weil sie auch ohne weiterführende Erläuterungen zum Verständnis beitragen. Bei der Vorstellung von Grafiken sollte außerdem zunächst ein Überblick gegeben und dann näher auf einzelne Aspekte eingegangen werden. Details werden nur auf Nachfrage erläutert.¹²⁵ Um den Nutzen von Grafiken, Diagrammen etc. für die Entscheidungsfindung zu erhöhen, sollten außerdem Erkenntnisse identifiziert, gesammelt und bereitgestellt werden. Zudem sollten die Auswirkungen von Diagrammen auf Entscheidungen nachvollzogen und gemessen werden. Der Entscheidungstragende muss sich der Rolle von Diagrammen bei seiner Entscheidung bewusst sein.¹²⁶

Trotz einer sehr guten Darstellung können Statistiken für die Entscheidungsfindung Gefahren bergen. Durch fehlende Einzelfallbetrachtungen können z. B. unzutreffende oder überspitzte Verallgemeinerungen getroffen werden. Hier heißt es, Statistiken nicht zu überbewerten. Es kann immer Ausnahmen geben, Fehler können gemacht und falsche Interpretationen getätigt werden. Der Versuch, viele Informationen möglichst kompakt und einfach darzustellen, kann den Verlust von wichtigen Einzelinformationen zur Folge haben.

Wo Statistiken richtig angewandt und verarbeitet werden, können sie sehr nützlich sein. Insb. in der Wirtschaft sind Statistiken von Nutzen und werden deshalb als Entscheidungsgrundlage intensiv genutzt. Es werden z. B. Zeitreihen erstellt und somit Veränderungen erkennbar. Auch werden Statistiken und Kennzahlen z. B. für Vergleiche zur eigenen Positionsbestimmung genutzt. Last but not least lassen sich durch Daten Zusammenhänge ausfindig machen, die für den Erfolg des Unternehmens wichtig sein können.¹²⁷

Im realen Leben kann es immer unentdeckte Risiken geben, die wir nicht erwarten. Es ist immer möglich, dass die 0,001 % eintreten, von denen wir gehofft hatten, dass sie uns erspart bleiben. Aufgeklärt wäre es, im Rahmen unseres Wissens und unserer Möglichkeiten fundierte Entscheidungen zu treffen - die sich richtig anfühlen.

¹²⁵ Vgl. <https://uxdesign.cc/presenting-data-visualization-to-engage-your-audience-815eb6a43a62>, abgerufen am 05.07.2020.

¹²⁶ Vgl. Meeks 2018, <https://medium.com/nightingale/what-charts-do-48ed96f70a74>, abgerufen am 05.07.2020.

¹²⁷ Vgl. Amler 2005, S. 53.

2 Heuristiken und Biases zum Umgang mit Wahrscheinlichkeiten

Prof. Dr. K.-U. Remmerbach, Jonas Heumer, Tim Sewerin

Die elementaren Begriffe wurden im Vorkapitel dieses Arbeitsberichts geklärt. Dieses Kapitel setzt sich mit dem Umgang mit Wahrscheinlichkeiten auseinander. Zunächst werden ausgewählte Heuristiken im Umgang mit Wahrscheinlichkeiten betrachtet, bevor im Bezug darauf einige typische Beurteilungsfehler beschrieben und analysiert werden.

2.1 Ausgewählte Heuristiken zum Umgang mit Wahrscheinlichkeiten

Menschen treffen jeden Tag etwa 20.000 Entscheidungen. Eine Vielzahl dieser Entscheidungen trifft der Mensch unterschwellig, einige andere nach sorgfältigem Abwiegen.¹²⁸ Die behandelten Heuristiken (Abkürzungsstrategien) dienen im Wesentlichen dazu, unter Unsicherheit schnelle Entscheidungen treffen zu können. Im Verlauf dieses Kapitels werden ausgewählte Heuristiken beschrieben und anhand von Bsp. erklärt.

2.1.1 Verankerungsheuristik

Die **Verankerungsheuristik** beschreibt das Phänomen, dass Menschen sich bei Entscheidungen auf sog. Referenzwerte beziehen. Diese Referenzwerte oder auch Bezugspunkte basieren mitunter auf Erfahrungswerten und dienen als Grundlage für eine schnelle Entscheidungsfindung. Die Bezugspunkte sind nicht immer zweckmäßig und werden gelegentlich rein zufällig gewählt.¹²⁹

Ein klassisches Bsp. für einen geeigneten Anker ist der Preis für eine Kiste Bier. Hier haben viele Menschen in Deutschland Erfahrungswerte, die genutzt werden, um abzuschätzen wie günstig oder auch teuer das Produkt im Augenblick des Betrachtens ist. Im Kontrast dazu gibt es aber auch, wie im folgenden Bsp. in Abbildung 9, Bezugspunkte, die wenig mit dem entscheidungsrelevanten Fall gemeinsam haben und zu verzerrten Mengenschätzungen führen.

So haben die Psychologen Tversky und Kahnemann (1974) von Probanden den prozentualen Anteil der afrikanischen Staaten an den Vereinigten Nationen schätzen lassen. Zunächst wurden die Testpersonen in 2 homogene Gruppen unterteilt. Für beide Gruppen wurde anschließend mit Hilfe eines Glücksrades ein Wert (Anker) zwischen 0 und 100 ermittelt. Der für Gruppe 1 willkürlich ermittelte Wert lag bei 10 und der für die zweite Gruppe bei 65.¹³⁰

Im weiteren Verlauf sollten die Probanden jeder Gruppe darüber Auskunft geben, ob ihr geschätzter Prozentwert höher oder niedriger als der mit dem Glücksrad bestimmte Wert

¹²⁸ Herdes, van Düllen 2016, S.238.

¹²⁹ Vgl. Nitzsch 2006, S.22f.

¹³⁰ Vgl. Kahneman, Slovic, Tversky 1974, S.14.

liegt. Danach sollte der exakte Schätzwert von den Personen der beiden Gruppen abgegeben werden.

Das Resultat war, dass der vom Glücksrad wahllos abgelesene Wert einen Einfluss auf die Schätzungen der Gruppen hatte. Die Probanden mit dem höheren Wert des Glücksrades aus Gruppe 2 schätzten den Anteil der afrikanischen Staaten an der UN höher ein als die Teilnehmer der ersten Gruppe.

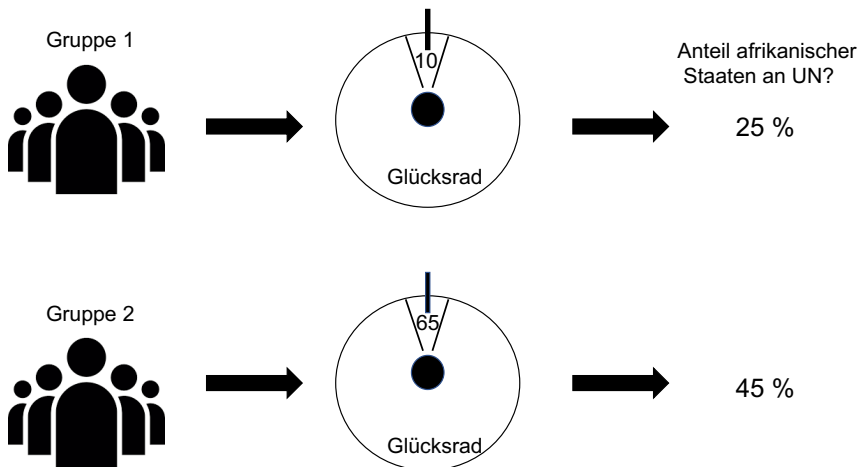


Abbildung 9: Glücksradschätzung zum Anteil der afrikanischen Staaten an der UN¹³¹

So vermutete die erste Gruppe, wie Abbildung 9 zeigt, einen Anteil von 25%, wohingegen die zweite Gruppe einen Anteil afrikanischer Staaten an der UN in Höhe von 45% erwartete. Daraus lässt sich schließen, dass der willkürlich mit dem Glücksrad ermittelte Wert als Bezugspunkt genommen wurde und erhebliche Auswirkungen auf das Schätzergebnis hatte.¹³²

Ein weiteres Bsp. für einen zufällig gesetzten Bezugspunkt ohne Informationsgehalt gibt auch das folgende Experiment.

In einem naturwissenschaftlichen Museum in San Francisco sollte eine Reihe von Besuchern die Höhe des größten Küstenmammutbaums schätzen. Dazu wurde den Besuchern folgende Frage gestellt:

„Beträgt die Höhe des größten Küstenmammutbaums mehr oder weniger als x Meter?

Wie hoch ist Ihrer Meinung nach der größte Küstenmammutbaum?“¹³³

¹³¹ Eigene Darstellung.

¹³² Vgl. Kahnemann et al. 1974, S.14.

¹³³ Jacowitz, Kahneman 1995, S.1161f.

Bei der ersten Gruppe wurde für die Variable x ein Ankerwert von $x = 366$ m festgelegt. Der zweiten Gruppe wurde für x ein Wert von $x = 55$ m vorgegeben. Das Resultat war auch hier wieder, dass die Gruppe mit dem höheren Anker in Abbildung 10, die Höhe des größten Küstenmammutbaums, im Mittel signifikant höher einschätzte.¹³⁴

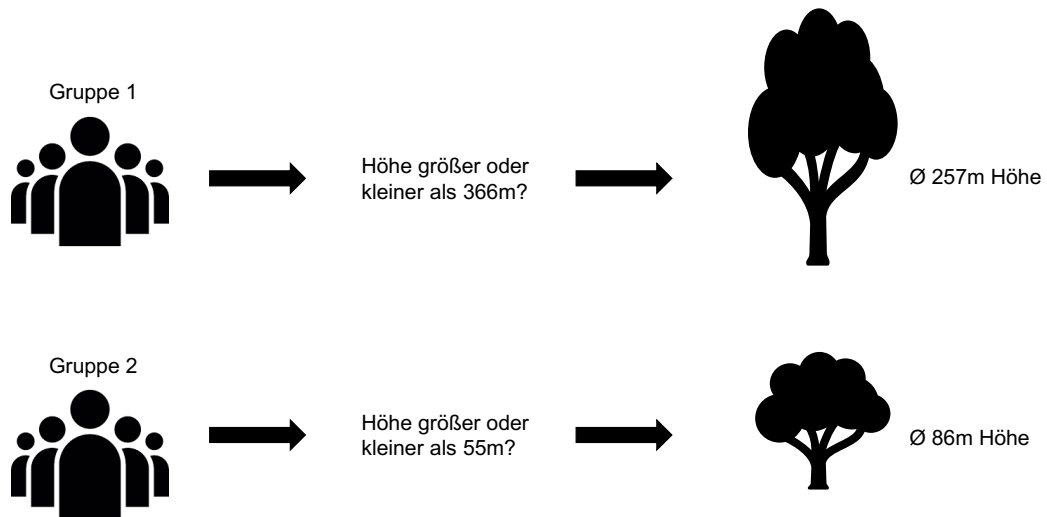


Abbildung 10: Schätzung zur Höhe eines Mammutbaums¹³⁵

So vermutete Gruppe 1 mit einer Höhe von 257 m ein fast um den Faktor 3 höheres Ergebnis als Versuchsgruppe 2. Diese beiden Untersuchungen zeigen sehr anschaulich, wie stark Menschen unerschwerlich durch einen bewusst gesetzten Anker bei Entscheidungen unter Unsicherheit beeinflusst werden.¹³⁶

Schätzen Sie die Wahrscheinlichkeit für einen Atomkrieg zwischen den USA und der Sowjetunion größer oder kleiner als 1% (90%) ein? Wie hoch genau schätzen Sie die Wahrscheinlichkeit für einen Atomkrieg ein?¹³⁷

Diese Frage wurde den Probanden eines Experiments von Plous aus dem Jahr 1989 gestellt. Dazu wurde der ersten von 3 Testgruppen in der Fragestellung der Anker 1% vorgegeben. Für die zweite Testgruppe wurde ein Ankerwert von 90% festgesetzt. Der dritten Probandengruppe wurde lediglich die zweite Frage gestellt (ohne Anker).

¹³⁴ Vgl. Jacowitz et al. 1995, S.1161f.

¹³⁵ Eigene Darstellung.

¹³⁶ Vgl. Jacowitz et al. 1995, S.1161f.

¹³⁷ Vgl. Plous 1989, S.69f.

	Niedriger Anker (1%)	Hoher Anker (90%)	Kein Anker
Wahrscheinlichkeitsschätzung	9,10 %	20,70 %	18,60 %

Tabelle 4: Wahrscheinlichkeitsschätzung zum Ausbruch eines Atomkrieges zwischen den USA und der Sowjetunion mit verschiedenen Anker¹³⁸

Die Ergebnisse der Schätzungen sind in Tabelle 4 dargestellt. Die Probanden, denen der hohe Ankerwert 90% in der Fragestellung vorgegeben wurde, schätzten die Wahrscheinlichkeit für einen Atomkrieg doppelt so hoch ein (20,7%), wie die Versuchspersonen, denen der niedrige Anker 1% als Ausgangswert der Schätzung angegeben wurde (9,1%). Die Testpersonen ohne Anker vermuten mit 18,6% einen Wert, der zwischen den beiden Wahrscheinlichkeitsschätzungen mit Ankerwert zu verorten ist.

Auch hier zeigt sich, dass Personen ein Bezugspunkt fingiert werden kann, der dazu führt, dass einem Ereignis eine höhere (niedrigere) Wahrscheinlichkeit zugeschrieben wird.

Entsprechendes offenbarte auch eine Wahrscheinlichkeitsschätzung von Experten in der Finanzbranche. Sie sollten eine Schätzung über die Entwicklung der europäischen Finanzmärkte in den nächsten 20 Jahren abgeben. Die eine Gruppe der Experten bekam als Ankerwert eine durchschnittliche Aktienrendite des laufenden Jahres von 20% vorgegeben. Der zweiten Gruppe wurde auch hier wieder ein mit 2% signifikant kleinerer Wert vorgegaukelt.¹³⁹

Das Ergebnis wird sie sicherlich nicht mehr überraschen. Die Finanzexperten mit dem höheren Ankerwert der Aktienrendite, schätzen auch die Aktienrendite für die Folgejahre höher ein.¹⁴⁰ Man kann sagen, die Wahrscheinlichkeit für eine bessere geschätzte Kapitalrendite steigt mit Erhöhung des Ankers.

2.1.2 Repräsentativitätsheuristik

Stellen Sie sich eine Münze vor, deren Seite entweder Kopf (K) oder Zahl (Z) anzeigt. Es soll sich hierbei um eine faire Münze handeln, d.h. die Wahrscheinlichkeit, bei einem Münzwurf Kopf oder Zahl zu erhalten, ist in beiden Fällen 50%. Diese Münze wird nun sechsmal hintereinander geworfen. Welches Ergebnis halten Sie für am wahrscheinlichsten: Z Z Z K K K, Z K K Z K Z oder K K K K Z K? Vermutlich würden Sie sich für

¹³⁸ In Anlehnung an Plous 1989, S.71.

¹³⁹ Vgl. Kaustia, Alho, Puttonen 2008, S.393f.

¹⁴⁰ Vgl. Kaustia et. al. 2008, S.402.

die zweite Folge entscheiden, oder? Die erste Reihe wird nicht als eine zufällig auftretende Folge wahrgenommen und das dritte Ergebnis lässt das typischerweise erwartete, gleichmäßige Vorkommen von Kopf und Zahl vermissen.¹⁴¹ Die zweite Folge sieht einer typischen Zufallsfolge am ähnlichsten, sie repräsentiert die Erwartungen an den Münzwurf am besten.

Diese Art der Entscheidungsfindung wird als **Repräsentativitätsheuristik** bezeichnet. Sie wird angewendet, um folgende Fragestellungen zu beantworten: Wie wahrscheinlich ist es, dass Objekt A zur Kategorie B gehört bzw. wie wahrscheinlich ist es, dass Ereignis C aus dem Prozess D resultiert?¹⁴² Je repräsentativer das Objekt bzw. Ereignis für die entsprechende Kategorie bzw. den Prozess erscheint, desto höher wird die Wahrscheinlichkeit der Zugehörigkeit eingeschätzt.¹⁴³

Ein Bsp. für das Auftreten der Repräsentativitätsheuristik lieferten Kahneman und Tversky mit dem sog. Ingenieur-Anwalt-Experiment¹⁴⁴:

2 Versuchsgruppen wurde erzählt, dass eine Personenbeschreibung zufällig aus den Beschreibungen von 30 Ingenieuren und 70 Anwälten ausgewählt wurde.

Gruppe 1 wurde zusätzlich folgender Inhalt der Personenbeschreibung vorgelegt:

„Jack ist ein 45-jähriger Mann. Er ist verheiratet und hat vier Kinder. Er ist im Allgemeinen konservativ, achtsam und ambitioniert. Er zeigt kein Interesse an politischen oder sozialen Themen und verbringt den größten Teil seiner Freizeit mit zahlreichen Hobbys, u. a. Heimwerken, Segeln und mathematische Rätsel.“¹⁴⁵

Beide Gruppen schätzten daraufhin die Wahrscheinlichkeit, dass die zufällig ausgewählte Personenbeschreibung die eines Ingenieurs sei. Gruppe 2, die keine Informationen zu der Beschreibung erhalten hatte, schätzte die Wahrscheinlichkeit entsprechend der vorliegenden Verteilung auf 30%. Gruppe 1 jedoch, denen die weiterführende Beschreibung vorlag, gab eine signifikant höhere Wahrscheinlichkeit von 50% an. Die Testpersonen vernachlässigten die angegebenen Verteilungen und beurteilten die Wahrscheinlichkeit anhand der Repräsentativität der Beschreibung für die Berufe Ingenieur und Anwalt.

Das oben beschriebene Phänomen der Außerachtlassung der vorliegenden Grundwahrscheinlichkeiten wird auch als **Basisratenfehler** bezeichnet und auf S. 54 in Kapitel 2.2.1 näher beschrieben. Weitere Fehler im Umgang mit Wahrscheinlichkeiten, die im

¹⁴¹ Vgl. Kahneman, Tversky 1972, S.434f.; vgl. auch Pfister, Jungermann, Fischer 2017, S. 134.

¹⁴² Vgl. Herdes, van Düllen 2016, S. 245.

¹⁴³ Vgl. Pfister et al. 2017, S. 134.

¹⁴⁴ Vgl. Kahneman, Tversky 1973, S. 241 f.; vgl. auch Kanning 2019, S. 182.

¹⁴⁵ Kahneman, Tversky 1973, S. 241.

Zusammenhang mit der Repräsentativitätsheuristik auftreten, sind der Konjunktionsfehler, Außerachtlassen der Stichprobengröße, Nichtbeachtung der Regression zur Mitte und die Clustering-Illusion.

2.1.3 Rekognitionsheuristik

Stellen Sie sich vor, Sie säßen in der berühmten Quizshow „Wer wird Millionär?“ und Günther Jauch stellt ihnen diese 1 Mio. €-Frage:¹⁴⁶

„Welche Stadt hat mehr Einwohner: San Diego oder San Antonio?“¹⁴⁷

Wie würde ihre Antwort lauten? Die Wahrscheinlichkeit, als Amerikaner die richtige Antwort zu geben lag nach einem Experiment von Goldstein und Gigerenzer aus dem Jahr 2002 bei etwa zwei Drittel. Kein Wunder, so kennen viele Amerikaner zumindest eine der beiden Städte.¹⁴⁸

Vermutlich würden Sie als Deutscher ohne entsprechendes Wissen über die Größe der amerikanischen Städte die Antwort wählen, die Ihnen am wahrscheinlichsten erscheint. Die meisten Deutschen haben San Diego schon einmal gehört, wohingegen San Antonio den meisten völlig ungeläufig ist. Daher halten es die meisten Deutschen für wahrscheinlich, dass die Antwort auf die Frage San Diego lauten muss. Tatsächlich erhielten Goldstein und Gigerenzer bei der Auswertung ihres Experiments ein mit der 100 prozentigen Wahl auf die Stadt San Diego überraschend deutliches sowie korrektes Ergebnis.¹⁴⁹

Aber wie kann eine deutsche Versuchsgruppe, die wenig bis gar nichts über beide Städte weiß, die Frage erfolgreicher beantworten als eine amerikanische Versuchsgruppe, die zu einem großen Teil beide Städte kennt? Genau hier greift die **Rekognitionsheuristik**: „Wenn eines von zwei Objekten wiedererkannt wird, das andere aber nicht, dann schliesse daraus, dass das wiedererkannte Objekt den höheren Wert auf dem Kriterium hat.“¹⁵⁰

Da viele Amerikaner beide Städte kennen, ist die Anwendung der Rekognitionsheuristik für sie unmöglich. Für die deutschen Teilnehmer bedeutet die Möglichkeit zur Anwendung hingegen, dass die Wahrscheinlichkeit zur Wahl der richtigen Antwort deutlich über dem Zufallsniveau liegt. Das liegt in diesem Fall daran, dass die Bekanntheit der Stadt mit der Größe der Einwohnerzahl korreliert.

Ein Test: Im Jahr 2013 spielten die Tennisspieler, Roger Federer und Viktor Hanesu, in der 1. Runde von Wimbledon gegeneinander. Welchen Ausgang des Spiels halten Sie

¹⁴⁶ Vgl. Gigerenzer, Gaissmaier 2006, S.34.

¹⁴⁷ Gigerenzer et al. 2006, S.341.

¹⁴⁸ Vgl. Gigerenzer et al. 2006, S.341.

¹⁴⁹ Vgl. Gigerenzer et al. 2006, S.341.

¹⁵⁰ Gigerenzer et al. 2006, S.341.

für wahrscheinlicher, einen Sieg von Roger Federer oder einen Sieg von Viktor Hanescu?

Wirkliche Tennisprofis würden jetzt vermutlich ins Grübeln kommen und einige Zeit überlegen. Für Laien, die vermutlich nur Roger Federer kennen, greift die Rekognitionsheuristik. Sie schätzen die Wahrscheinlichkeit eines Federer Sieges als deutlich höher ein. Gewonnen hat übrigens Roger Federer.¹⁵¹

Ein Experiment von Scheibehenne und Bröder (2007) zeigt ebenfalls am Bsp. Tennis die erfolgreiche Anwendung der Rekognitionsheuristik. So sollten Amateurtennisspieler und Laien die Spielergebnisse für das Wimbledon Tennisturnier 2005 voraussagen. Diese Schätzungen von Nichtexperten wurden im Zuge des Turniers mit Expertenbewertungen und Prognosen auf Basis des ATP-Rankings¹⁵² verglichen. Scheibehenne und Bröder konnten nachweisen, dass die Voraussagen der Nicht-Experten ähnlich genau sein können wie die Vorhersagen der Experten. So konnten die Amateure und Laien, die sich lediglich auf die Bekanntheit und Anerkennung der Spieler beziehen konnten, in Fällen, in denen die Rekognitionsheuristik angewendet werden konnte (nur einer der beiden Spieler bekannt), in etwa 70% der Fälle korrekte Vorhersagen machen.¹⁵³

2.1.4 Verfügbarkeitsheuristik

Eine Schätzfrage: Geschehen in Deutschland mehr Unfälle mit Personenschaden¹⁵⁴ aufgrund nicht angepasster Geschwindigkeit oder wegen ungenügenden Abstands? Da Sie im Normalfall die Statistiken nicht kennen, werden Sie versuchen, die entsprechenden Häufigkeiten abzuschätzen.

Vermutlich werden Sie zu dem Ergebnis kommen, dass mehr Unfälle mit Personenschaden durch überhöhte Geschwindigkeit geschehen. Möglicherweise haben Sie probiert, sich die beiden Unfalltypen vorzustellen und die Häufigkeiten anhand der Ihnen zu beiden Optionen einfallenden Bsp. abgeschätzt. Eventuell waren Sie selbst oder eine Ihnen bekannte Person bereits bei einem Unfall durch überhöhte Geschwindigkeit oder ungenügenden Abstand beteiligt. Dies wird vermutlich ebenfalls ihre Entscheidung beeinflussen haben. Da Unfälle mit überhöhter Geschwindigkeit durch Schlagzeilen wie „Überhol-Unfall mit hoher Geschwindigkeit in Dortmund“¹⁵⁵, „Raser verursacht Unfall in Düsseldorf:

¹⁵¹ <https://www.ran.de/datenbank/tennis/wimbledon-herren/se10092/2013/ro41239/1-runde/ergebnisse-und-tabelle/>, abgerufen am: 09.06.2020.

¹⁵² Das ATP-Ranking (Association of Tennis Professionals) stellt die Tennisweltrangliste der Herren dar.

¹⁵³ Vgl. Scheibehenne, Bröder 2007, S.415.

¹⁵⁴ Unfälle mit Personenschaden sind Unfälle, bei denen unabhängig von der Höhe des Sachschadens Personen verletzt oder getötet wurden.

¹⁵⁵ <https://www1.wdr.de/nachrichten/verkehrsunfall-dortmund-102.html>, abgerufen am: 09.06.2020.

Insassen verletzt“¹⁵⁶, „Zu schnell auf nasser Straße: Vier Verletzte bei Unfall“¹⁵⁷ eine größere Aufmerksamkeit in der medialen Berichterstattung haben, ist es Ihnen womöglich einfacher gefallen, sich an diese Art der Unfälle zu erinnern bzw. vorzustellen. Tatsächlich passierten 2018 etwa 21% mehr Unfälle durch unzureichenden Abstand als durch überhöhte Geschwindigkeit.¹⁵⁸ Das hier beschriebene Vorgehen wird mit dem Anwenden der Verfügbarkeitsheuristik erklärt.

Die erstmals wiederum von Kahneman und Tversky¹⁵⁹ untersuchte **Verfügbarkeitsheuristik** basiert genau auf der Annahme, dass Menschen bei Entscheidungen unter Unsicherheit die Wahrscheinlichkeiten für ein bestimmtes Ereignis oder Gruppengrößen danach beurteilen, wie leicht es fällt, sich Bsp. für die jeweiligen Fälle vorzustellen bzw. an solche zu erinnern.¹⁶⁰ Erinnert man sich leicht an ein Ereignis, folgert der Entscheider daraus, dass es häufiger auftritt. Je leichter es ist, sich Bsp. gedanklich vorzustellen, desto höher wird die subjektive Wahrscheinlichkeit eingeschätzt (**illusorische Korrelation**).

Tatsächlich weist die Formulierung eine Unschärfe auf, da die Heuristik auf zwei 2 Weisen interpretiert werden kann: Die Wahrscheinlichkeit für ein Ereignis wird danach beurteilt, wie schnell Menschen Bsp. für das Ereignis finden oder wie leicht es ihnen fällt, mehrere Bsp. abzurufen.¹⁶¹ In einem Fall liegt der Schwerpunkt somit auf der Leichtigkeit der Erinnerung bzw. Vorstellung, im zweiten Fall bildet die Anzahl an Bsp. das entscheidende Kriterium.

In einer auf den Ergebnissen von Kahneman und Tversky aufbauenden Studie¹⁶² wurde bestätigt, dass die Leichtigkeit des Informationsabrufes das entscheidende Kriterium ist. Die allgemeine Regel lautet deshalb: Die Leichtigkeit der Informationsverfügbarkeit, nicht die Anzahl ist entscheidend für die Urteilsbildung.¹⁶³ Versuchsteilnehmer wurden gebeten, sich entweder an 6 oder 12 Fälle von durchsetzungsfähigem Verhalten zu erinnern und danach ihr eigenes Durchsetzungsvermögen zu bewerten.¹⁶⁴

¹⁵⁶ <https://www.wn.de/NRW/4194901-Unfaelle-Raser-verursacht-Unfall-in-Duesseldorf-Insassen-verletzt>, abgerufen am: 09.06.2020.

¹⁵⁷ <https://www.welt.de/regionales/baden-wuerttemberg/article201432772/Zu-schnell-auf-nasser-Strasse-Vier-Verletzte-bei-Unfall.html?cid=onsite.onsitesearch>, abgerufen am: 09.06.2020.

¹⁵⁸ <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Tabellen/fehlverhalten-fahrzeugfuehrer.html>, abgerufen am: 09.06.2020.

¹⁵⁹ Vgl. Kahneman, Tversky 1973a.

¹⁶⁰ Vgl. Kahneman, Tversky 1974, S. 1127; vgl. auch Herdes, van Düllen 2016, S. 242 f.

¹⁶¹ Vgl. Pfister et al. 2017, S. 137.

¹⁶² Vgl. Schwarz, Bless, Strack, Klumpp, Rittenauer-Schatka, Simons 1991.

¹⁶³ Vgl. Pfister et al. 2017, S. 137.

¹⁶⁴ Vgl. Schwarz et al. 1991, S. 195 ff.

Die Teilnehmer, die 6 Fälle berichteten, schätzten sich im Vergleich als durchsetzungsfähiger ein als die Personen, die 12 Fälle durchsetzungsfähigen Verhaltens aufzählten. Schwarz et al. begründen dies damit, dass es leichter fällt, sich an 6, anstatt an 12 Fälle durchsetzungsfähigen Verhaltens zu erinnern - und somit gemäß der zugrundeliegenden Heuristik die Leichtigkeit der Erinnerung die Urteilsbildung bestimmt.¹⁶⁵

2.1.5 Simulationsheuristik

Stellen Sie sich folgenden Fall vor. 2 Personen, Herr Müller und Frau Schneider, sind gemeinsam mit einem Carsharing Auto auf dem Weg zu einem Flughafen. Dort sollen ihre beiden Flüge zwar zur gleichen Zeit, aber zu unterschiedlichen Zielen starten. Auf dem Weg zum Flughafen geraten die beiden Personen in einen Stau und kommen aufgrund dessen eine Stunde verspätet am Flughafen an.

Beim Betreten des Flughafens erfährt Herr Müller, dass sein Flug planmäßig den Flughafen verlassen hat. Frau Schneider hört hingegen, dass ihr Flug aufgrund einer Verspätung den Flughafen erst vor wenigen Minuten verlassen hat. Die Folge: Beide verpassen den Flug.

Welche der beiden Personen ärgert sich darüber mehr? Herr Müller oder Frau Schneider?

Eine Vielzahl von Menschen würde höchstwahrscheinlich sagen, dass sich Frau Schneider deutlich mehr darüber echauffert. So auch in der Befragung bei einem ähnlichen Bsp. von Kahneman und Tversky (1974). Dort waren 96% der Befragten der Meinung, dass sich Frau Schneider mehr ärgert.¹⁶⁶ Fakt ist aber, dass beide Personen jeweils 1 Stunde zu spät zum Flughafen gelangt sind und beide ihren Flug gleichermaßen verpasst haben.

Der Grund für den unterschiedlichen Grad der Verärgerung lässt sich mithilfe der Simulationsheuristik beschreiben. Wenn beide Personen noch einmal mental die Chance zum Erreichen des Fluges simulieren, so ist es für Frau Schneider offensichtlich leichter sich vorzustellen, dass sie den Flug noch hätte erreichen können. Die Möglichkeit war schließlich lediglich wenige Minuten entfernt. Die subjektiv unterstellte Wahrscheinlichkeit, es fast doch noch geschafft zu haben, wird als hoch eingestuft - also „close to happening“¹⁶⁷. Kahneman und Tversky beschreiben dies als **kontrafaktisches Denken**. Umgangssprachlich würde man hier sagen: „Was wäre gewesen, wenn ...?“ Es werden also mentale Konstruktionen von Möglichkeiten simuliert, die nicht oder noch nicht eingetreten sind. Je trivialer es für eine Person ist, sich ein geistiges Bild von etwas zu

¹⁶⁵ Vgl. Schwarz et al. 1991, S. 195 ff.

¹⁶⁶ Vgl. Kahneman et al. 1974, S.203.

¹⁶⁷ Kahneman et al. 1974, S.204.

konstruieren, desto wahrscheinlicher wird es sein, an die Chance des Eintritts dieses Ereignisses zu glauben.¹⁶⁸

2.2 Ausgewählte typische Beurteilungsfehler beim Umgang mit Wahrscheinlichkeiten

So schnell heuristische Entscheidungsfindung vonstattengeht, so wenig sicher ist es auf der anderen Seite, dass Heuristiken zu richtigen Lösungen führen. Sie sind fehleranfällig, gelegentlich tritt sogar das gegenteilige Ereignis ein. Manche Entscheidungsprozesse führen gar zu systematischen Fehlern, die als sog. **Biases** bezeichnet werden.¹⁶⁹ Einige typische Beurteilungsfehler im Umgang mit Wahrscheinlichkeiten werden im Folgenden beschrieben und anhand von Bsp. veranschaulicht.

2.2.1 Basisratenfehler

Stellen Sie sich folgendes Szenario vor¹⁷⁰:

Es kommt in der Nacht zu einem Taxi-Unfall und der Fahrer begeht Fahrerflucht. In der Stadt gibt es 2 Taxi-Unternehmen, wobei Unternehmen 1 nur grüne und Unternehmen 2 nur blaue Taxis besitzt. Von allen vorhandenen Taxis sind 85% grün und 15% blau. Ein Zeuge, der den Unfall beobachtet hat, gibt an, dass das Unfall-Taxi blau gewesen sei. Um die Genauigkeit der Zeugenaussage zu überprüfen, wird seine Zuverlässigkeit bei vergleichbaren Sichtverhältnissen getestet und es stellt sich heraus, dass er die Farben in 80% der Fälle richtig, in 20% der Fälle jedoch nicht richtig erkennt.

Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass es sich bei dem Unfall-Taxi tatsächlich um ein blaues Taxi handelt?

Die meisten Menschen, die mit diesem Problem konfrontiert wurden, antworteten 80% und verließen sich somit auf die Aussage des Zeugen.¹⁷¹ Allerdings wird dabei das Verhältnis von grünen und blauen Taxis ignoriert. In Abbildung 11 wird das Bsp. mit den resultierenden Pfadwahrscheinlichkeiten graphisch dargestellt:

¹⁶⁸ Vgl. Kessler, Fritsche 2018, S.46f.

¹⁶⁹ Herdes, van Düllen 2016, S.238.

¹⁷⁰ Vgl. Kahneman 2012, S. 208 hier und im Folgenden.

¹⁷¹ Vgl. Kahneman 2012, S. 208; vgl. auch Herdes, van Düllen 2016, S.258; Pfister et al. 2017, S. 150

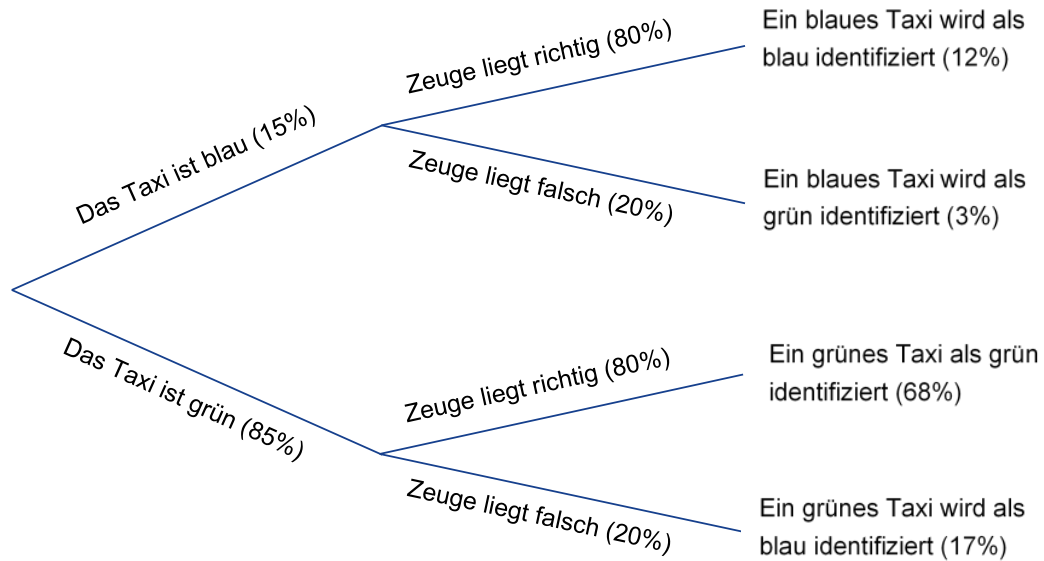


Abbildung 11: Baumdiagramm des Taxi-Beispiels¹⁷²

Betrachtet man die einzelnen Pfade, fällt auf, dass die Wahrscheinlichkeit, ein grünes Taxi als blau zu identifizieren (17%) höher liegt als für den Fall, dass der Zeuge ein blaues Taxi auch als solches erkannt (12%) hat.

Tatsächlich ergibt sich nach dem **Bayes-Theorem** eine Wahrscheinlichkeit von 41%, dass ein als blau identifiziertes Auto auch tatsächlich blau ist.

$$P\left(\begin{array}{c} \text{Blau identifiziertes} \\ \text{Taxi ist blau} \end{array}\right) = \frac{P(\text{blaues Taxi wird als blau erkannt})}{P(\text{Taxi wird als blau identifiziert})} = \frac{12\%}{12\% + 17\%} = 41\%$$

Das Nichtbeachten der zu Grunde liegenden Grundwahrscheinlichkeit, auch Basisrate genannt, wird als **Basisratenfehler** bezeichnet.¹⁷³ Das Auftreten lässt sich mit dem Anwenden der Repräsentativitätsheuristik begründen (Vgl. S. 48, Kapitel 2.1.2). Da die spezifische Fallinformation (im Bsp. die Zeugenaussage) als repräsentativ für die Situation beurteilt wird, ignorieren Menschen die Basisraten für die Entscheidung.¹⁷⁴ Auch die Salienz, d.h. die Auffälligkeit oder Bedeutung der Fallinformation hat einen Einfluss auf das Auftreten des Basisratenfehlers.¹⁷⁵ Je größer die Salienz einer Information, desto stärker wird sie in die Urteilsbildung einbezogen.

In mehreren Studien¹⁷⁶ konnte gezeigt werden, dass der Basisratenfehler stark von der Darbietungsform der Informationen („framing“) abhängt. Werden Wahrscheinlichkeiten

¹⁷² Eigene Darstellung.

¹⁷³ Vgl. Bar-Hillel 1980, S. 2.

¹⁷⁴ Vgl. Wentura, Frings 2013, S. 145.

¹⁷⁵ Vgl. Pfister et al. 2017, S. 150 hier und im Folgenden.

¹⁷⁶ Vgl. Thompson, Schuman 1987; Gigerenzer Hell, Blank 1988; Gigerenzer, Hoffrage 1995.

nicht in Form von Prozentzahlen, sondern als relative Häufigkeiten (z.B. 50 von 100 Personen) dargestellt, so führt dies zu einer deutlichen Verbesserung des Urteilsvermögens.¹⁷⁷ In dem in Kapitel 2.1.2 (s. S. 48) beschriebenen Ingenieur-Anwalt-Problem konnte das Auftreten des Basisratenfehlers signifikant gesenkt werden, indem die Personen die zufällige Ziehung der Akte selbst vornahmen, anstatt die Auskunft zu erhalten, dass die vorliegende Akte zufällig gezogen worden sei.¹⁷⁸ Das aktive Wahrnehmen der Häufigkeiten durch 100 vorliegende Akten, aus denen eine einzige ausgewählt wurde, beeinflusste somit die Urteilsfindung der Testpersonen.

2.2.2 Konjunktionsfehler

Stellen Sie sich vor, Ihnen wird folgende Personenbeschreibung vorgelegt:

„Linda ist 31 Jahre alt, single, freimütig und sehr intelligent. Sie hat Philosophie im Hauptfach studiert. Als Studentin interessierte sie sich sehr für Themen wie Diskriminierung und soziale Gerechtigkeit, und nahm auch an Anti-Atomkraft-Protesten teil.“¹⁷⁹

Ordnen Sie folgende Alternativen nach ihrer Wahrscheinlichkeit des Eintretens:¹⁸⁰

1. Linda ist eine Bankangestellte.
2. Linda ist in der feministischen Bewegung aktiv.
3. Linda ist eine Bankangestellte und in der feministischen Bewegung aktiv.

Vermutlich haben Sie Option 2 als am wahrscheinlichsten eingestuft. Darauf folgt womöglich Alternative 3 und als am unwahrscheinlichsten wurde die Aussage „Linda ist eine Bankangestellte.“ bewertet. Wenn Sie sich für diese Reihenfolge entschieden haben, wählten Sie die gleiche Reihenfolge wie etwa 85% der Probanden, denen das sog. **Linda-Problem** in einer Studie von Kahneman und Tversky vorgelegt wurde.

Dass die Möglichkeit 2 als am wahrscheinlichsten eingestuft wurde, ist nicht verwunderlich. Die Personenbeschreibung wurde absichtlich so formuliert, dass sie für eine in der feministischen Bewegung aktive Person authentisch, für eine Bankangestellte jedoch unpassend wirkt. Interessanterweise schätzen die Versuchspersonen die Wahrscheinlichkeit für Option 3 jedoch höher ein als die Wahrscheinlichkeit für Option 1.

Wahrscheinlichkeitstheoretisch ist dies falsch, da die Verknüpfung (Konjunktion) zweier Ereignisse nie wahrscheinlicher sein kann als die jeweiligen Einzelereignisse.¹⁸¹ Das verknüpfte Ereignis stellt jeweils nur eine Schnittmenge des Einzelereignisses dar. Ein

¹⁷⁷ Vgl. Gigerenzer 1991, S. 94 f.

¹⁷⁸ Vgl. Gigerenzer et al. 1988, S. 5 f.

¹⁷⁹ Kahneman 2012, S. 195.

¹⁸⁰ Vgl. Tversky, Kahneman 1983, S. 297 ff. hier und im Folgenden.

¹⁸¹ Vgl. Pfister et al. 2017, S. 153.

solcher Fehler beim Umgang mit Wahrscheinlichkeiten wird als **Konjunktionsfehler** bezeichnet.

Auf das Linda-Bsp. bezogen bedeutet dies, dass die Wahrscheinlichkeit für eine in der feministischen Bewegung aktiven Bankangestellten niemals größer der Wahrscheinlichkeit für eine Bankangestellte sein kann. Die Menge der in der feministischen Bewegung aktiven Bankangestellten bildet lediglich eine Schnittmenge der Bankangestellten und ist somit weniger wahrscheinlich. In Abbildung 12 ist die Situation anhand eines Mengendiagramms dargestellt.

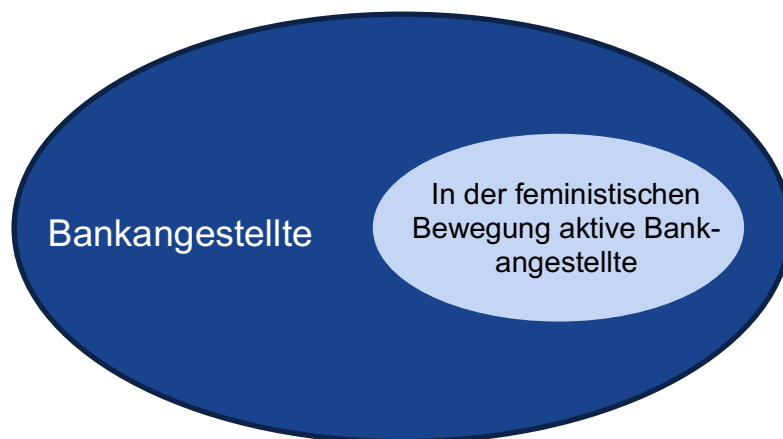


Abbildung 12: Darstellung des Linda-Problems im Mengendiagramm¹⁸²

Dieser Bias wird erneut mit dem Anwenden der Repräsentativitätsheuristik begründet.¹⁸³ Die verknüpfte Alternative der feministischen Bankangestellten wird als repräsentativer für die Personenbeschreibung von Linda wahrgenommen und daher als wahrscheinlicher beurteilt als die Option „nur“ Bankangestellte.

Bei dem beschriebenen Linda-Problem wird der Konjunktionsfehler durch die erhöhte Repräsentativität kombinierter Merkmale ausgelöst. Darüber hinaus konnte das Auftreten des Fehlers auch in sog. **kausalen Konjunktionen** nachgewiesen werden.¹⁸⁴ Je plausibler ein Ereignis A als Grund bzw. Motiv für ein weiteres Ereignis B gesehen wird, desto eher wird ein kausaler Zusammenhang beider Optionen konstruiert, der entsprechend als wahrscheinlicher beurteilt wird.¹⁸⁵

Folgendes Bsp. soll den im kausalen Zusammenhang auftretenden Konjunktionsfehler erläutern. Bei einer Befragung wurden Probanden aufgefordert verschiedene Szenarien

¹⁸² Eigene Darstellung.

¹⁸³ Vgl. Herdes, van Düllen 2016, S. 260.

¹⁸⁴ Vgl. Tversky, Kahneman 1983, S.304 ff.

¹⁸⁵ Vgl. Pfister et al. 2017, S. 153.

nach ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit zu bewerten.¹⁸⁶ 2 Gruppen erhielten bis auf eine Option jeweils die gleichen Szenarien. Eine Gruppe erhielt das Szenario „Das Vorkommen einer massiven Überschwemmung in Kalifornien im nächsten Jahr, bei der mehr als 1000 Menschen sterben.“ während die andere Gruppe die Option „Das Vorkommen eines Erdbebens in Kalifornien im nächsten Jahr, das eine massive Überschwemmung auslöst, bei der mehr als 1000 Menschen sterben.“ beurteilen musste. Der Vergleich beider Gruppen und der jeweiligen zugeordneten Wahrscheinlichkeit zeigte einen signifikanten Unterschied in den Wahrscheinlichkeiten. Die Gruppe, die das verknüpfte Element bewerten musste, stufte dies als wahrscheinlicher ein im Vergleich zu der Gruppe, die das Einzelereignis bewertete. Durch die Angabe einer Erklärung, Kausalität (Erdbeben) für die unwahrscheinliche Überschwemmung wurde ein kausaler Zusammenhang assoziiert, der es den Versuchspersonen plausibler erschien ließ, dass sowohl Erdbeben und Überschwemmung auftreten als die Überschwemmung allein.

Analog zum Basisratenfehler konnte auch beim Konjunktionsfehler festgestellt werden, dass eine Abhängigkeit von der Art der Darbietung der der zu beurteilenden Situation besteht („Framing“). Während im oben beschriebenen Linda-Problem Wahrscheinlichkeitsangaben gemacht wurden, konnte bei Wiederholung des gleichen Experiments unter Verwendung von Häufigkeitsdarstellungen das Auftreten des Konjunktionsfehlers von 88% auf 13% gesenkt werden.¹⁸⁷

2.2.3 Konversionsfehler

Angenommen, Sie müssten eine Auskunft zu einer Brustkrebsuntersuchung abgeben. Es handelt sich um eine Frau mit einem Knoten in der Brust, jedoch wissen Sie aus Studien und langjähriger Erfahrung, dass die Wahrscheinlichkeit, Brustkrebs zu haben, bei 1% liegt. Trotzdem wird eine Mammographie durchgeführt, welche zu 90% ein negatives Ergebnis bei gesunden Personen liefert. Weitergehend wird bei einer kranken Person zu 80% der Brustkrebs erkannt, also ein positiver Befund ausgestellt. Das erhaltene Resultat der Mammographie ist tatsächlich positiv.

Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass die Frau tatsächlich Brustkrebs hat, unter Beachtung der vorliegenden Wahrscheinlichkeiten?

Etwa 95% der Ärzte, denen diese Problembeschreibung vorgelegt wurde, gaben an, dass die Frau mit einer Wahrscheinlichkeit von 75% Brustkrebs habe.¹⁸⁸ Nach dem **Bayes-Theorem** (s.S. 25, Kapitel 1.2.3) liegt die reale Wahrscheinlichkeit jedoch

¹⁸⁶ Vgl. Tversky, Kahneman 1983, S.307 hier und im Folgenden.

¹⁸⁷ Vgl. Hertwig, Gigerenzer 1999, S. 299.

¹⁸⁸ Vgl. Eddy 1982, S. 253.

lediglich bei 7,5%, wie folgende Berechnung der Wahrscheinlichkeit für eine Erkrankung unter der Bedingung, dass ein positiver Befund vorliegt ($p(\text{krank} \mid \text{positiv})$), zeigt:

$$p(\text{krank} \mid \text{positiv}) = \frac{p(\text{positiv} \mid \text{krank}) \times p(\text{krank})}{p(\text{positiv} \mid \text{krank}) \times p(\text{krank}) + p(\text{positiv} \mid \text{gesund}) \times p(\text{gesund})}$$
$$= \frac{80\% \times 1\%}{80\% \times 1\% + 10\% \times 99\%} = 7,5\%$$

$p(\text{krank}) = 1\%$ Wahrscheinlichkeit, dass eine Person Krebs hat.

$p(\text{gesund}) = 99\%$ Wahrscheinlichkeit, dass eine Person gesund ist.

$p(\text{positiv} \mid \text{krank}) = 80\%$ Wahrscheinlichkeit, dass eine Person positiv getestet wird, unter der Bedingung, dass sie tatsächlich Krebs hat.

$p(\text{positiv} \mid \text{gesund}) = 10\%$ Wahrscheinlichkeit, dass eine Person positiv getestet wird, unter der Bedingung, dass sie gesund ist.

Zum Einen lässt sich hier der in Kapitel 2.2.1 (s. S.54) bereits vorgestellte Basisratenfehler als Erklärung für die Abweichung anführen. Weitere Befragungen der Testpersonen ergaben hingegen, dass die Wahrscheinlichkeit für eine Krebserkrankung bei positivem Befund ($p(\text{krank} \mid \text{positiv})$) offensichtlich mit der Wahrscheinlichkeit gleichgesetzt wurde, dass eine Person mit Krebs ein positives Testergebnis erhält ($p(\text{positiv} \mid \text{krank})$).¹⁸⁹ Im Gegensatz zum Basisratenfehler wurde nicht nur die Grundwahrscheinlichkeit außer Acht gelassen, zusätzlich wurde die Wahrscheinlichkeit der Hypothese $p(\text{krank} \mid \text{positiv})$ mit der bedingten Wahrscheinlichkeit $p(\text{positiv} \mid \text{krank})$ vertauscht.

Bei der Beurteilung der Wahrscheinlichkeit $p(A \mid B)$, antworten Menschen häufig mit der inversen bedingten Wahrscheinlichkeit $p(B \mid A)$.¹⁹⁰ Dieses Verdrehen der Wahrscheinlichkeiten wird als **Konversionsfehler** oder auch Inversionsfehler bezeichnet. Mit dem Konstrukt Konversion beschäftigt sich die Logik und definiert Konversion als das Austauschen von Subjekt und Prädikat in einer Aussage.¹⁹¹ Die Umstellung der Aussage „Alle Hunde sind Säugetiere.“ zu „Alle Säugetiere sind Hunde.“ ist ein Bsp. von logischer Konversion. Übertragen auf die Wahrscheinlichkeiten wird angenommen, dass die Wahrscheinlichkeit für A unter der Bedingung B dieselbe ist, wie für B unter der Bedingung A.

Analog zum Basisraten- und Konjunktionsfehler konnte dem Konversionsfehler ebenfalls eine Abhängigkeit des Auftretens von der Informationspräsentation nachgewiesen

¹⁸⁹ Vgl. Eddy 1982, S. 254.

¹⁹⁰ Vgl. Villejoubert, Mandel 2002, S. 171.

¹⁹¹ Vgl. <https://www.britannica.com/topic/conversion-logic>, abgerufen am: 09.06.2020.

werden.¹⁹² Werden Informationen in Form von Wahrscheinlichkeiten angegeben, so wird der Konversionsfehler mit größerer Wahrscheinlichkeit begangen, als in den Fällen, in denen die Informationen durch Häufigkeiten beschrieben wurden.¹⁹³

2.2.4 Overconfidence

Denken sie zurück an die beste und an die schlechteste Klausur Ihrer Schulzeit. Was war Ihrer Meinung nach der Grund dafür, dass die eine Klausur sehr erfolgreich lief und die andere Klausur eher weniger erfolgreich?

Viele Menschen assoziieren mit ihren eigenen Erfolgen zumeist ihr Können, sog. personale Attribution. Misserfolge hingegen werden oft auf äußere Umstände oder Pech zurückgeführt und nicht auf fehlendes Wissen; situative Attribution.¹⁹⁴ Bsp. zum Thema **Overconfidence**, (deutsch Selbstüberschätzung) gibt es viele - und sie machen auch vor dem wohl mächtigsten Regierungssitz der Welt keinen Halt. Eines der zahlreichen Bsp. von Selbstüberschätzung im Weißen Haus zeigte sich in der Corona-Krise Anfang 2020 in den USA. Der Tagesspiegel berichtete am 30.03.2020 über die "völlige Selbstüberschätzung" Trumps, der Medikamente gegen das neuartige Coronavirus empfahl, obwohl die Wirksamkeit zu diesem Zeitpunkt gar nicht belegt war.¹⁹⁵

In einer Studie zum Overconfidence bias wurden Probanden gefragt, ob sie sich zu den besten 30% der Autofahrer zählen. 80% der Teilnehmer waren in der Tat dieser Meinung.¹⁹⁶ Rein rechnerisch ist das natürlich nicht möglich. Die plausible Erklärung ist auch hier, dass sich ein großer Anteil der Probanden überschätzt.

In dem Zusammenhang der Selbstüberschätzung spricht man auch oft vom sog. **Dunning-Kruger-Effekt**.

¹⁹² Vgl. Thompson, Schuman 1987, S. 173 f.

¹⁹³ Vgl. Villejoubert, Mandel 2002, S. 177; Thompson, Schuman 1987, S. 174.

¹⁹⁴ https://www.markschweizer.ch/wp-content/uploads/2017/10/diss_schweiz_overconfidence.pdf, abgerufen am: 09.06.2020.

¹⁹⁵ <https://www.tagesspiegel.de/politik/vom-coronavirus-voellig-ueberfordert-trumps-narzissmus-wird-zur-toedlichen-bedrohung-fuer-die-usa/25697546.html>, abgerufen am: 09.06.2020.

¹⁹⁶ <https://www.wiwo.de/erfolg/trends/overconfidence-effekt-warum-wir-uns-so-oft-ueberschaetzen/5302168.html>, abgerufen am: 09.06.2020.

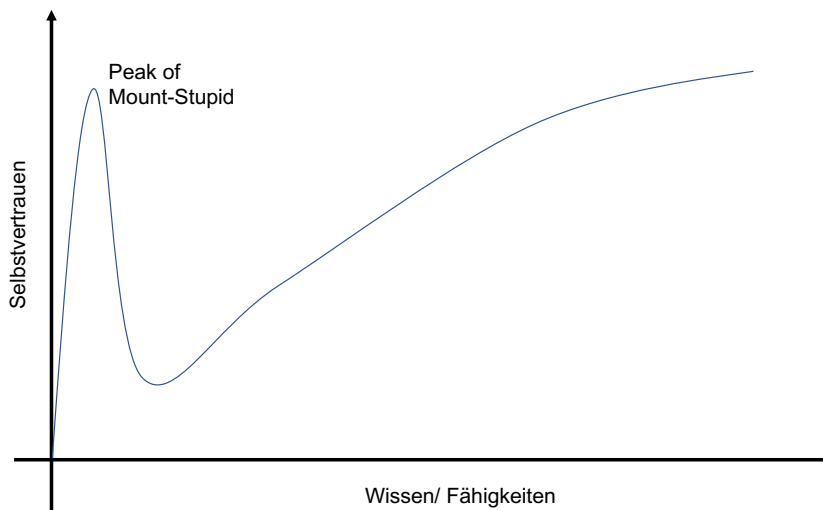


Abbildung 13: Skizzenhafte Darstellung zum Dunning-Kruger-Effekt¹⁹⁷

Dieser Effekt beschreibt, dass besonders unwissende Menschen, die im linken oberen Teil von Abbildung 13 zu verorten sind, ihr Wissen und ihre Fähigkeiten in einem hohen Maße überschätzen (eine weitere interessante Schlussfolgerung der Untersuchung, dass Menschen ein Mindestmaß an Kompetenz aufweisen müssen, um überhaupt ihre möglichen Inkompetenzen zu erkennen).¹⁹⁸

Darauf Bezug nimmt eine Untersuchung von finnischen Verkehrspsychologen. Sie haben rund 2700 Führerscheinprüflinge gebeten, vor der Prüfung ihre Fähigkeiten - also in diesem Fall ihre Fertigkeiten zum Fahren eines Autos - zu bewerten. Die Quintessenz: Viele angehende Autofahrer überschätzten sich, u.z. vorwiegend (mit einer höheren Wahrscheinlichkeit) jene, die die Prüfung nicht bestanden haben.¹⁹⁹

2.2.5 Rückschaufehler

Ein bekanntes Sprichwort lautet: „Nachher ist man immer schlauer.“

Sehr anschaulich zeigt dies ein bekanntes Experiment von Fischhoff, das im Jahr 1975 durchgeführt wurde und folgendermaßen abgelaufen ist:

¹⁹⁷ Eigene Darstellung.

¹⁹⁸ Vgl. Kruger, Dunning 2000, S.42f.

¹⁹⁹ Vgl. <https://www.tuev-nord-group.com/de/newsroom/aktuelle-presse-meldungen/details/article/warum-sich-gerade-schlechte-autofahrer-fuer-die-besten-halten/>, abgerufen am: 09.06.2020.

Ausgangsalternativen des Krieges

- a) Sieg Briten
- b) Sieg Gurkhas
- c) Waffenstillstand kein Friedensabkommen
- d) Waffenstillstand inkl. Friedensabkommen

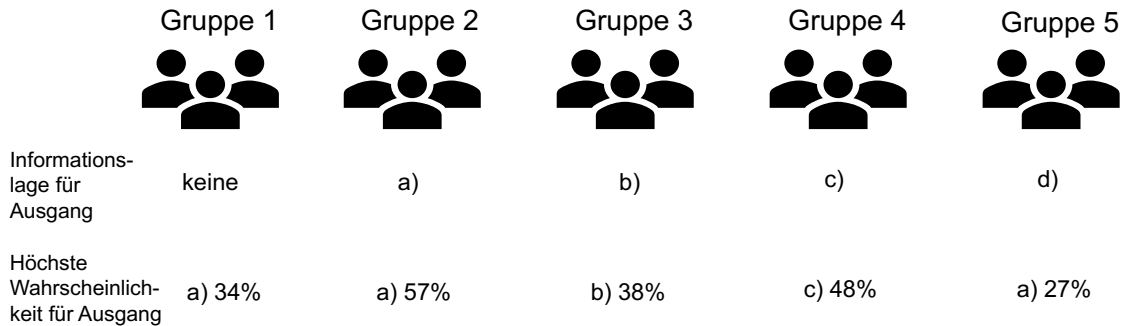


Abbildung 14: Experiment zum Ausgang eines Krieges zwischen Briten und Gurkhas mit unterschiedlichen Informationslagen für die Probanden²⁰⁰

Zunächst wurden alle Teilnehmer der Studie aufgefordert, einen Bericht über den wenig einflussreichen Gurkha-Krieg, der in den Jahren 1814 bis 1816 zwischen Briten und Gurkhas ausgetragen wurde, zu lesen. Dann wurden alle Teilnehmer in 5 homogene Gruppen unterteilt. Der 1. Gruppe wurden zusätzlich zum Bericht keine weiteren Informationen zur Verfügung gestellt. Den Gruppen 2 bis 5 hingegen wurde, wie in Abbildung 14 dargestellt, je eine der 4 Antwortmöglichkeiten als tatsächlicher Ausgang des Krieges vorgestellt. So wurde Gruppe 2 mitgeteilt, dass die Briten den Krieg gewonnen hätten. Gruppe 3 wurde ein Sieg der Gurkhas vermittelt und Gruppe 4 wurde mitgeteilt, dass es zwischen den Konfliktparteien einen Waffenstillstand ohne Friedensabkommen gegeben habe. Der 5. Probandengruppe wurde selbiges, nur in diesem Fall mit einem Friedensabkommen, geschildert.²⁰¹

Auf Basis dieser Informationen sollten die Probanden nun eine Schätzung darüber abgeben, welche der 4 Antwortmöglichkeiten a) bis d) sie für die wahrscheinlichste Option hielten.²⁰²

Über alle 4 Probandengruppen hinweg, denen vorher der angeblich tatsächliche Ausgang des Krieges offenbart worden war (Gruppe 2-5), setzte sich eine einhellige Meinung durch.

²⁰⁰ Eigene Darstellung.

²⁰¹ Vgl. Fischhoff 2000, S.306.

²⁰² Vgl. Fischhoff 2000, S.305f.

Alle Gruppen prognostizierten, dass die jeweils vorgegebene Ausgangsalternative auch die wahrscheinlichste Alternative für den Ausgang des Krieges sei.

Diese kognitive Verzerrung wird **Rückschaufehler** bzw. hindsight-bias genannt. Sie beschreibt das Phänomen, dass die Wahrscheinlichkeit zum Eintritt eines bestimmten Ereignisses im Nachhinein überschätzt wird.²⁰³ So liegt der Schätzwert nach dem Eintritt eines bestimmten Ereignisses rückschauend häufig näher am Resultat als der ursprünglich geschätzte Wert.²⁰⁴ Umgangssprachlich ist das Phänomen unter dem Sprichwort: „Das habe ich doch vorher schon gewusst“ bekannt.

Der Rückschaufehler wurde in einer weiteren Studie, diesmal zur deutschen Bundestagswahl 1998 von Blank und Fischer untersucht. Die Probanden (Psychologiestudierende) sollten 3 Monate vor der Wahl ihre Prognosen für den Wahlausgang abgeben. Einen Monat nach der Veröffentlichung der Wahlergebnisse wurden die Teilnehmenden gebeten, ihre zurückliegenden Schätzungen zu wiederholen.

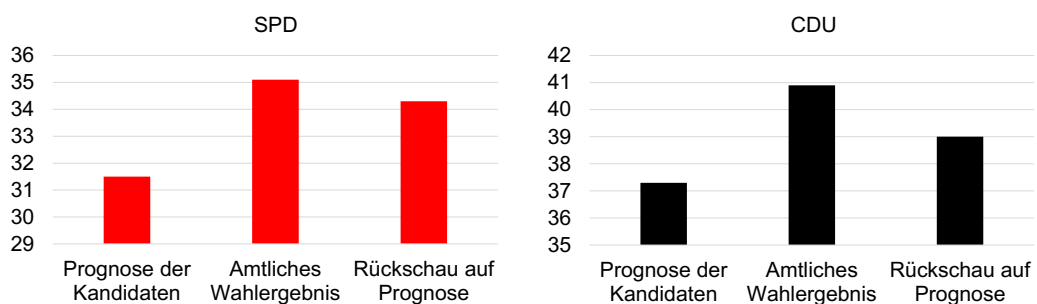


Abbildung 15: Studie zur Bundestagswahl 1998 mit amtlichen Endergebnissen und je zwei Prognosen zu den Parteien SPD und CDU²⁰⁵

Die Abbildung 15 zeigt einen Ausschnitt der Schätzungen, hier für die beiden Parteien CDU und SPD mit den beiden größten Stimmenanteilen. Zu sehen ist, dass die Probanden der SPD vor der Wahl einen Stimmenanteil von gut 31% prognostizierten. Das tatsächliche Wahlergebnis lag mit gut 35% knapp 4 Prozentpunkte höher. Bei der Wiederholung der Schätzungen, also in der Rückschau auf die 4 Monate zuvor getätigte Prognose, ist eine Annäherung an das wirkliche Bundestagswahlergebnis zu sehen. Die vermeintlich vorher prognostizierten Schätzungen liegen nicht mehr circa 4, sondern nur noch knapp 1 Prozentpunkt vom Wahlergebnis entfernt. Analoges gilt mit anderen

²⁰³ Vgl. Fischhoff 2000, S.311.

²⁰⁴ Vgl. Harley, Carlsen, Loftus 2004, S.960.

²⁰⁵ Eigene Darstellung.

Prozentwerten für die Rückschauschätzungen der Probanden in Bezug auf die CDU. Auch hier liegen die Werte signifikant näher am amtlichen Wahlergebnis.²⁰⁶

Erneut zeigt sich der hindsight bias, indem die Probanden ihre ursprünglichen Wahrscheinlichkeitsschätzungen im Nachhinein in Richtung des faktischen Ereignisses korrigieren.²⁰⁷

2.2.6 Wishful Thinking

Wie hoch ist der Kornpreis in 100 Tagen?

Diese Frage wurde Bäckern und Bauern im Rahmen einer Studie von G. Maraz (2011) gestellt, die folgendermaßen durchgeführt wurde: Zunächst wurden rund 140 Probanden, circa zur Hälfte Bäcker und zur anderen Hälfte Bauern, für das Experiment ausgewählt. Anschließend wurde den 2 beteiligten Probandengruppen ein Schaubild gezeigt, das den Preisverlauf von Kornpreisen der Vergangenheit darstellte. Ferner wurden den Probanden eine Leistungsprämie versprochen, die sich an der Genauigkeit des Schätzergebnisses orientierte (die Leistungsprämie wurde versprochen, um möglichst valide Schätzwerte zu erhalten).²⁰⁸

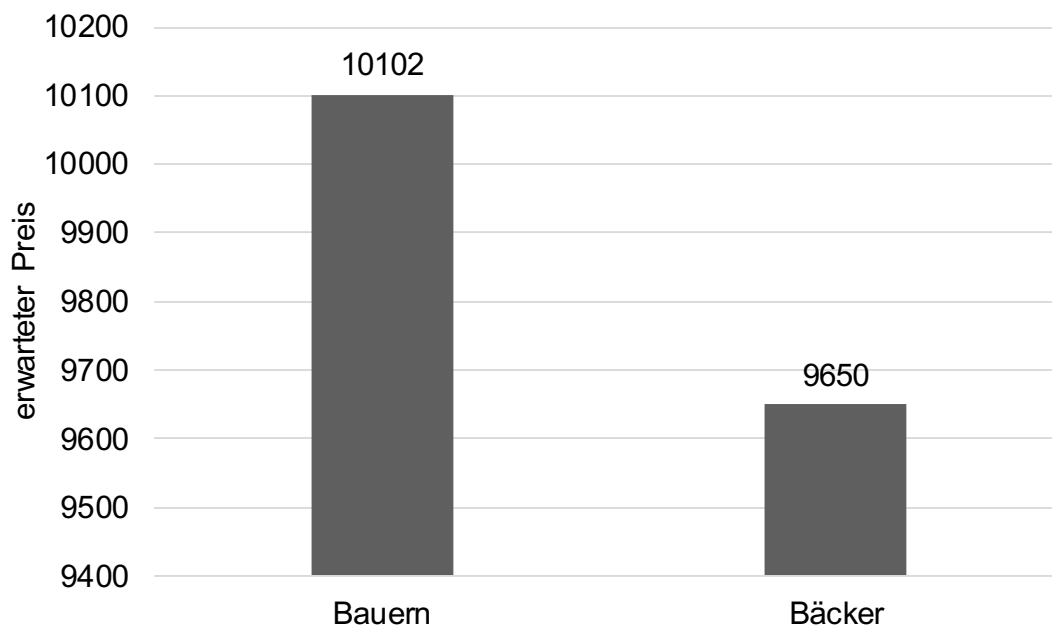


Abbildung 16: Mittelwert der Kornpreisschätzungen von Bauern und Bäckern für den Stichtag X=100 Tage²⁰⁹

²⁰⁶ Vgl. Blank, Fischer 2000, S.128f.

²⁰⁷ Vgl. Kanning 2019, S.180.

²⁰⁸ Vgl. Maraz 2011, S.4.

²⁰⁹ In Anlehnung an Maraz 2011, S.36.

Das Ergebnis der Studie zeigt, dass zwischen den Schätzungen der Bauern und den Schätzungen der Bäcker, wie in Abbildung 16 zu sehen, eine Differenz besteht. Während die Bauern für den Stichtag einen durchschnittlichen Preis von 10.102 £ erwarteten, vermuteten die Bäcker einen durchschnittlichen Preis in Höhe von lediglich 9.650 £. Ein weiteres Resultat war zudem, dass 16 der 20 höchsten (niedrigsten) Kornpreisschätzungen von Bauern (Bäckern) abgegeben wurden.²¹⁰

Der Grund dafür ist das Phänomen des sog. **Wishful Thinking** (Wunschdenken). Der Grund für die Differenz von immerhin ca. 500 britischen Pfund ist darauf zurück zu führen, dass das Schätzergebnis der beiden Gruppen von den beiden jeweiligen Wünschen beeinflusst wurde. Die Bauern, die von höheren Preisen profitieren, schätzten die Marktsituation (für sich) deutlich besser ein als die Bäcker, die in gegensätzlicher Art und Weise von einem niedrigeren Preis profitieren.²¹¹

„Wishful thinking is the idea that what people want to be true affects what they believe to be true.“²¹²

Hoffnungen und Wünsche von Menschen beeinflussen deren Einschätzungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten zukünftiger Ereignisse und konkreter Prognosen. Aus diesem Grund halten es auch die Bauern für wahrscheinlicher, dass sich der Kornpreis zu ihren Gunsten entwickelt.

Ein weiteres Bsp. ist vermutlich Manchem aus dem Alltag bekannt. In einer Tippgemeinschaft werden alle Spiele des jeweiligen Bundesligaspieltags getippt. Der Lieblingsverein spielt gegen eine nahezu gleichwertige Mannschaft in unmittelbarer Tabellennähe, deren Formkurve sogar auch noch ähnlich verlaufen ist. Wie hoch schätzt der Fan die Wahrscheinlichkeit eines Sieges seines Lieblingsvereins ein? Vermutlich wird Wishful Thinking einen entscheidenden Einfluss auf seine Prognose haben.

2.2.7 Kontrollillusion

„Wenn Menschen glauben, durch ihr eigenes Handeln alles kontrollieren zu können, geht es meistens schief - im Sport wie an der Börse“²¹³, so titelte die Frankfurter Allgemeine Zeitung im Dezember 2012. Die Zeitung beschreibt also das Phänomen, dass man meint Dinge kontrollieren zu können, die man selbst gar nicht in der Hand hat.

Stellen Sie sich vor, Sie spielen mit einige Verwandten oder Freunden ein Gesellschaftsspiel, wie bspw. „Mensch-ärgere-Dich-nicht“. Sie stehen kurz davor zu gewinnen und

²¹⁰ Vgl. Maraz 2011, S.36.

²¹¹ Vgl. Maraz 2011, S.7.

²¹² Maraz 2011, S.1.

²¹³ <https://www.faz.net/aktuell/finanzen/meine-finanzen/2.2465/denkfehler-die-uns-geld-kosten-43-erfolg-macht-leichtsinnig-11987223.html>, abgerufen am: 09.06.2020.

haben schon 3 Spielfiguren im Zielfeld („Häuschen“). Um die letzte Spielfigur ins Häuschen zu bringen, müssen sie genau eine 1 werfen. Würden Sie eher stärker oder eher sanfter werfen?

Bei vielen Spielern lässt sich beobachten, dass sie bei hohen Zahlen eher stärker und bei niedrigen Zahlen eher sanfter werfen. Dies geschieht häufig aus dem Gefühl heraus, die damit zu werfende Zahl beeinflussen zu können. Da die geworfenen Zahlen lediglich aus Wahrscheinlichkeiten resultieren (Wahrscheinlichkeit p für eine 1 bei einmaligem Wurf $p=1/6$; Mathematik 3. Klasse)²¹⁴, hängt die Wurfkraft selbstverständlich nicht mit den Erfolgchancen auf die gewünschte Zahl zusammen. Dieser bias wird als **Kontrollillusion** bezeichnet.

Die Kontrollillusion bezeichnet den Effekt, die persönliche subjektive Erfolgswahrscheinlichkeit als ungerechtfertigt höher als die objektive Erfolgswahrscheinlichkeit einzuschätzen.²¹⁵

Langer führte in den 1970er Jahren eine Reihe von Studien hierzu durch. Als besonders anschaulich zeigt sich das Experiment „Effects of Choice on the Illusion of control“²¹⁶. Dazu wurden 53 Probanden in 2 verschiedenen Firmen Lotterielose verkauft. Die Lotterielose, die je 1\$ kosteten, waren verschiedene Spielerkarten von Fußballspielern. Den Teilnehmern der Lotterie wurde je 1 Ticket verkauft und zugesichert, dass jede verkaufte Spielerkarte in den Lostopf kommen würde, aus dem der spätere Gewinner gezogen werden sollte.

Die Lotterie war so konstruiert, dass in etwa die Hälfte der Teilnehmer (Gruppe 1) die Möglichkeit bekamen, sich aus dem Spielerkartensatz eine beliebige Karte beziehungsweise ein beliebiges Los auszusuchen. Den anderen Teilnehmern der Lotterie wurden feste Lotterielose vom Verkäufer zugewiesen (Gruppe 2). Nachdem allen 53 Probanden Lose verkauft wurden, sollten die Teilnehmer einzeln die Möglichkeit bekommen, ihre Lotterielose für ihren gewünschten Preis wieder zu verkaufen - das Ganze unter dem Vorwand, dass ein anderer Mitarbeiter gerne noch an der Lotterie teilnehmen würde, allerdings keine Karten mehr zur Verfügung stehen würden.²¹⁷

Der Wiederverkaufspreis der Gruppe 2, die keinen Einfluss auf die Wahl des Lotterieloses hatte (Nicht-Wahlbedingung), verlangte im Mittel einen Preis von 1,96\$. Dem gegenüber stand der Wiederverkaufspreis der Teilnehmergruppe 2 in Höhe von 8,67 \$.

Der um den Faktor 4 erhöhte Wiederverkaufspreis zeigt, dass die Probanden in diesem Experiment aufgrund der Kontrollillusion der Ansicht waren, mit der eigenen Auswahl der

²¹⁴ Vgl. Rößler, Ungerer 2019, S.83.

²¹⁵ Vgl. Langer 1975, S.311.

²¹⁶ Vgl. Langer 1975 S.311.

²¹⁷ Vgl. Langer 1975, S.316f.

Lose das Glücksspiel zu ihren Gunsten beeinflussen zu können. Und dass, obwohl die Gewinnwahrscheinlichkeit für jedes gekaufte Ticket offenkundig gleich ist.²¹⁸

Der illusion of control-Effekt, der bei solchen Glücksspielen zu Tage tritt, vermittelt dem Spieler das Gefühl, die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Gewinns durch eigenes Handeln positiv zu seinen Gunsten beeinflussen zu können. Viele Werbungen von Glücksspiel- oder Wettanbietern, wie bspw. Tipico, sind bei näherem Betrachten auch genau auf diese Annahme ausgerichtet.²¹⁹

2.2.8 Konservatismuseffekt (conservatism bias)

„Was der Bauer nicht kennt, dass frisst er nicht“. Dieses Sprichwort ist sicherlich vielen geläufig.

Dazu folgender Test: Stellen Sie sich die 2 Rucksäcke aus Abbildung 17 vor. In beiden Rucksäcken befinden sich je 1000 Pokerchips. In dem 1. Rucksack sind 700 rote und 300 blaue Chips zu finden, wohingegen in dem 2. Rucksack 300 rote und 700 blaue Pokerchips verortet sind.²²⁰

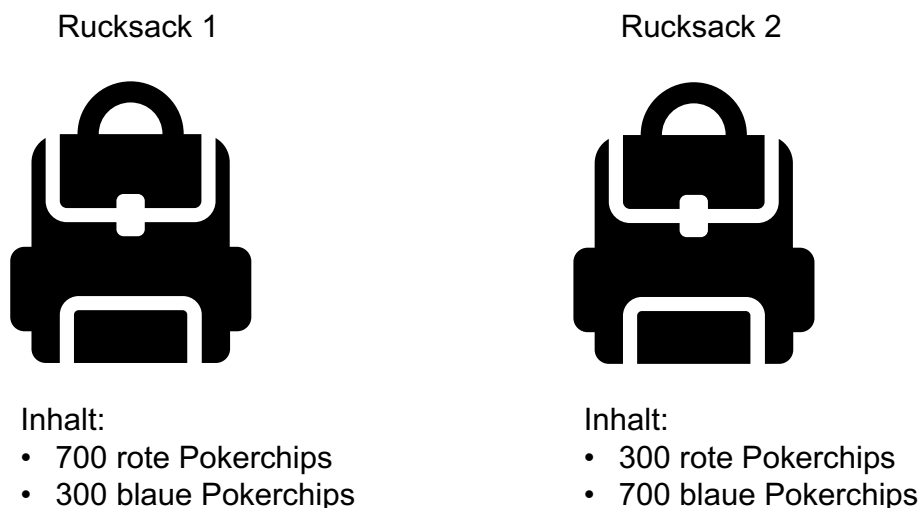


Abbildung 17: Experiment mit unterschiedlicher Anzahl von Pokerchips in zwei Rucksäcken²²¹

Als erstes wird eine Münze geworfen, um festzulegen, aus welchem der beiden Rucksäcke die Chips gezogen werden. Die Wahrscheinlichkeit bei einem Münzwurf für

²¹⁸ Vgl. Langer 1975 S.315f.

²¹⁹ Vgl. <https://www.wiwo.de/unternehmen/dienstleister/sportwetten-sportwetten-in-deutschland-eine-rechtliche-grauzone/20585992-2.html>, abgerufen am: 09.06.2020.

²²⁰ Vgl. Edwards 1968, S.361.

²²¹ Eigene Darstellung.

Rucksack 1 ist gleich der Wahrscheinlichkeit für Rucksack 2 und liegt bei 50:50 (Basisrate $p = 0,5$). Ferner werden 12 Ziehungen aus dem ausgewählten Rucksack vorgenommen, wobei der gezogene Chip nach jeder Ziehung wieder zurück in den Rucksack gelegt wird. Nach 12 zufälligen Ziehungen wurden 8 rote und 4 blaue Pokerchips aus dem Rucksack gezogen. Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Chips aus Rucksack 1 stammen?

Die Wahrscheinlichkeit $p_{rot} > 0,5$ für den Rucksack 1, in dem die roten Chips dominieren, ist natürlich höher als die Wahrscheinlichkeit für Rucksack 2. Aber wie hoch genau?

Wenn Sie eine typische Antwort wie die Probanden im Experiment von Ward Edwards geben, schätzen Sie die Wahrscheinlichkeit p_{rot} im Bereich von 0,7 bis 0,8 ein. Tatsächlich würde sich, falls man die entsprechenden Berechnungen mit dem Bayes-Theorem durchführen würde, eine Wahrscheinlichkeit von $p_{rot} = 0,97$ ergeben.²²²

Mithilfe dieses Experiments wurde die konservative Einschätzung der Probanden dokumentiert. Dieser **Konservatismuseffekt** zeigt sich zudem insb. auch daran, dass sich nach Bekanntgabe der Informationen (8 rote und 4 blaue Kugeln gezogen) die Wahrscheinlichkeiten nicht in entsprechender Weise angepasst haben.²²³ Menschen präferieren häufig Entscheidungen, die ihnen ermöglichen, das Altbekannte zu wahren.

2.2.9 Sicherheits- und Möglichkeitseffekt

Stellen Sie sich folgendes Gedankenexperiment²²⁴ vor: Sie müssen eine Runde Russisch Roulette spielen. Der Revolver hat 6 Kammern, doch bevor Sie die Trommel drehen haben Sie die Möglichkeit, die Entfernung einer Kugel zu erkaufen. Wie viel wären Sie bereit zu zahlen, wenn Sie die Anzahl der Kugeln von 1/6 auf 0 absenken könnten? Und wie viel für die Reduzierung von 4/6 auf 3/6? Vermutlich würden Sie mehr für den ersten als für den zweiten Fall bezahlen, obwohl rational betrachtet die Verbesserung der Überlebenschancen in beiden Fällen gleich hoch ist (1/6).

Der hier auftretende Effekt wird als **Sicherheitseffekt** klassifiziert und beschreibt die Übergewichtung von Aussagen absoluter Sicherheit im Vergleich zu Optionen mit Wahrscheinlichkeit.²²⁵ So wird der Übergang von 80% auf 85% weniger stark gewichtet als die Erhöhung von 95% auf 100%.²²⁶

Eine weitere Anwendung des Sicherheitseffektes findet sich in folgendem Bsp.²²⁷:

²²² Vgl. Edwards 1968, S.361.

²²³ Vgl. Edwards 1968, S.362.

²²⁴ Vgl. Glaser 2019, S. 302.

²²⁵ Vgl. Bergmann, Berning 2016, S.229.

²²⁶ Vgl. Göbel 2016, S. 209.

²²⁷ Vgl. Pfister et al. 2017, S. 190 f.

Sie haben die Wahl zwischen zwei Alternativen A und B:

A: Sie gewinnen 3.000 € sicher.

B: Sie gewinnen zu 80% 4.000 €, aber sonst nichts.

Wie entscheiden Sie sich?

Sie haben erneut die Wahl, diesmal zwischen den Alternativen C und D:

C: Sie gewinnen zu 20% 4.000 €, aber sonst nichts.

D: Sie gewinnen zu 25% 3.000 €, aber sonst nichts.

Wie fällt Ihre Wahl aus?

Vermutlich haben Sie sich im ersten Fall für die sicheren 3.000 € entschieden und in der zweiten Entscheidung dann Option C gewählt. Wenn Sie sich für diese beide Optionen entschieden haben, sind ihre Wahlen allerdings inkonsistent. Die zweite Wahl enthält die gleichen Aussagen wie Wahl 1, lediglich multipliziert mit 0,25. Demnach müssten die Wahlen, je nach Ihrer Präferenz, entweder A&D bzw. B&C lauten, wobei die Option B&C in beiden Fällen die höhere Gewinnerwartung aufweist (3.200€ bzw. 800 €). Auch hier wird der Option A aufgrund der garantierten Sicherheit eine höhere Gewichtung zugesprochen. In der zweiten Entscheidung ist diese Sicherheit jedoch nicht mehr vorhanden, die Präferenzen kehren sich um.²²⁸ Wenn Sicherheit durch eine Option gegeben ist, werden lukrativere Alternativen oftmals ausgeschlagen und zugunsten der sicheren Alternative entschieden.²²⁹

Ein mit dem Sicherheitseffekt verwandter Effekt befindet sich auf der anderen Seite der Wahrscheinlichkeitsskala. Der sog. **Möglichkeitseffekt** beschreibt das generelle Überbewerten von kleinen Wahrscheinlichkeiten und lässt sich anhand folgenden Experiments²³⁰ erläutern:

Die Testpersonen mussten sich zwischen folgenden Alternativen entscheiden:

A: Sie gewinnen 5.000 € mit einer Chance von 0,1%.

B: Sie gewinnen 5 € sicher.

In einem weiteren Entscheidungs-Problem mussten sie erneut wählen, diesmal zwischen den Alternativen C und D:

C: Sie verlieren 5.000 € mit einem Risiko von 0,1%.

D: Sie verlieren 5 € sicher.

²²⁸ Vgl. Pfister et al. 2017, S. 190 f.

²²⁹ Vgl. Glaser 2019, S. 303.

²³⁰ Vgl. Kahneman, Tversky 1979, S. 281 hier und im Folgenden.

Mit eindeutiger Mehrheit (72%) wählten die Testpersonen in der ersten Situation die Antwort A als ihre Präferenz aus. Demgegenüber entschieden sie sich in der zweiten Fragestellung zu 83% für Antwortmöglichkeit D.

Im ersten Fall tritt der Möglichkeitsfehler insofern auf, als die Testpersonen die geringe Wahrscheinlichkeit auf einen Gewinn überschätzten und daher Option A wählten. Diese Art der Überschätzung erklärt die Beliebtheit von Lotterien: Da die sehr geringe Chance des Lottogewinns überschätzt wird, bezahlt man bereitwillig für einen Lottoschein. Der zweite Fall beschreibt das Auftreten des Möglichkeitseffektes bei Beurteilungen von Verlusten. Die vorhandene Möglichkeit eines unwahrscheinlichen, aber großen Verlustes wird überbewertet und somit der geringe Verlust präferiert. Diese Art der Entscheidung tritt im Bereich des Versicherungswesens häufig auf. Die bloße Möglichkeit eines hohen finanziellen Schadens führt zu der Entscheidung, weitreichende Versicherungspakete abzuschließen, mit den entsprechenden Kosten.²³¹

Sowohl Möglichkeits- als auch Sicherheitseffekt basieren auf der Erkenntnis, dass Menschen Wahrscheinlichkeiten unterschiedlich stark gewichten. Es wurde bereits in Kapitel 1.3 (s. S.28) gezeigt, dass eine sichere Option gegenüber einer wahrscheinlichen Alternative oftmals auch bei nachteiligem Ausgang bevorzugt wird. Auf der anderen Seite werden kleine Wahrscheinlichkeiten systematisch überbewertet (Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktion, s. Abbildung 8, S.34)²³²

2.2.10 Nichtbeachten der Regression zum Mittelwert

Untersucht man in der Bevölkerung die Größenverteilung von Eltern und ihren Kindern, so wird sich in der Auswertung der Elterngröße eine Normalverteilung um einen bestimmten Mittelwert ergeben.²³³ Zu beiden Seiten der Verteilung wird es extrem große und extrem kleine Menschen geben. Schaut man nun auf das größte Drittel der Eltern und untersucht die Größe ihrer Kinder, so sind diese im Durchschnitt kleiner als ihre Eltern, aber immer noch größer als der Durchschnitt der Gesamtmenge. Das entsprechende Phänomen lässt sich auf der anderen Seite der Verteilung beobachten: Kinder von kleineren Eltern sind im Durchschnitt größer als sie.

Wird die Reihenfolge von Eltern und Kindern umgekehrt, zeigt sich dieser Trend ebenfalls. So sind die Eltern der größten Kinder im Durchschnitt kleiner und die Eltern der kleinsten Kinder durchschnittlich größer als ihre Kinder. In allen Fällen kommt es zu einer Verschiebung der Größe in Richtung des Mittelwertes.

²³¹ Vgl. Pfister et al. 2017, S. 192.

²³² Für eine detaillierte Erläuterung der Prospect Theory siehe Bergmann, Berning 2016.

²³³ Vgl. Bland 2017, S. 2.

Dieser Effekt ist als **Regression zum Mittelwert** bekannt und tritt auf, wenn eine „extreme“, sehr ausgeprägte Zielgröße (z.B. sehr starke Erkältung) betrachtet, die Entwicklung dieser Größe durch mehrere Messungen beobachtet wird und diese Messreihen nicht perfekt miteinander korrelieren, sondern auch vom Zufall beeinflusst werden.²³⁴ Bei der Messung eines extremen Wertes wird in einer darauffolgenden Messung dessen Größe wahrscheinlich eine weniger extreme Messung aufweisen, da sich die Werte im Zeitablauf um einen Mittelwert einpendeln.²³⁵ Der Regressionseffekt ist rein statistischer Natur, es besteht kein kausaler Zusammenhang.²³⁶

Wird dieses statistische Phänomen nicht erkannt bzw. fehlinterpretiert, spricht man von der **Nichtbeachtung der Regression zum Mittelwert**. Daraus resultiert ein Überschätzen der extremen Ereignisse in ihren Wahrscheinlichkeiten und eine Extrapolation von zukünftigen Ergebnissen auf Basis dieser Extremereignisse.²³⁷ Das Nichtbeachten verleitet Menschen dazu, die beobachtete Veränderung mithilfe von kausalen Zusammenhängen begründen zu wollen, obwohl das Auftreten lediglich ein statistisches Phänomen ist.²³⁸

Ein anschauliches Bsp.²³⁹ hierfür findet man in der Arzneimittelforschung. So werden bei Tests von neuen Präparaten immer Testpersonen gesucht, die Symptome aufzeigen, für die das Präparat eine Besserung verspricht und in 2 Gruppen aufgeteilt. Während die eine Gruppe den potenziellen Wirkstoff erhält, wird der anderen Gruppe (Kontrollgruppe) ein Placebo-Medikament verabreicht. Vor und nach der Behandlung werden die Krankheitsmerkmale untersucht. Da beide Gruppen aus selektiv ausgewählten vorerkrankten Menschen bestehen, bilden sie insofern eine Extremgruppe im Vergleich zu einer Gruppe zufällig ausgewählter Versuchsteilnehmer.

Bei Messreihen während und nach der Behandlung werden die Krankheitsmerkmale der Wirkstoff-Gruppe nicht mehr so extrem ausgeprägt sein – aber genauso auch die Merkmale der Placebo-Gruppe! Durch den Regressionseffekt werden sich die anfänglichen Extremwerte im Durchschnitt Richtung Mittelwert begeben. So gehen vermeintliche Verbesserungen der Krankheitsbilder womöglich rein auf den statistischen Effekt der Regression zur Mitte zurück. Beachtet man diese Regression jedoch nicht und betrachtet die Wirkstoff-Gruppe isoliert, so könnte man der Wirksamkeit des neuen Präparates eine übergewichtete Bedeutung zuweisen und die beobachteten Verbesserungen dem Wirkstoff zuordnen.

²³⁴ Vgl. Gnädinger, Kleist 2014, S. 619.

²³⁵ Vgl. Herdes, van Düllen 2016, S. 261.

²³⁶ Vgl. Kahneman 2012, S. 223.

²³⁷ Vgl. Pfister et al. 2017, S. 136.

²³⁸ Vgl. Gilovich 1991, S. 26.

²³⁹ Vgl. Gnädinger, Kleist 2014, S. 617.

Die Nichtbeachtung der Regression zur Mitte korrespondiert mit der Repräsentativitätsheuristik, da ein erneutes Auftreten des extremen Ereignisses repräsentativer erscheint als die Anpassung an den Mittelwert.²⁴⁰

2.2.11 Nichtbeachten der Stichprobengröße

Angenommen in einer Stadt existieren 2 Krankenhäuser.²⁴¹ Im größeren Krankenhaus kommen täglich 45 Kinder zur Welt, im anderen werden 15 Kinder pro Tag geboren. Die Grundwahrscheinlichkeit für einen Jungen beträgt 50%. Jedoch schwankt diese Wahrscheinlichkeit von Tag zu Tag. An den einen Tagen sind über an anderen unter 50% der neugeborenen Kinder Jungen. Es wird über einen Zeitraum von 1 Jahr dieses Verhältnis erfasst und jeder Tag vermerkt, an dem mehr als 60% der Neugeborenen Jungen waren. Was meinen Sie, welche der beiden Krankenhäuser verzeichnete mehr Tage?

A: Das größere Krankenhaus.

B: Das kleinere Krankenhaus.

C: Beide etwa gleich (mit einer Differenz von höchstens 5%).

Die meisten Personen, denen diese Frage gestellt wurden, wählten C als ihre präferierte Wahl. Sie nahmen an, dass in beiden Krankenhäusern die Extremwerte gleich oft auftraten, da in beiden Krankenhäusern die gleiche Wahrscheinlichkeit für Jungen vorliegt. Unbeachtet blieb jedoch die Größe der Krankenhäuser. In dem kleinen Krankenhaus ist es viel wahrscheinlicher, extremere Werte anzutreffen, da die Stichprobe eine viel kleinere ist. Das Ergebnis kleiner Stichproben ist nach den Prinzipien der Statistik viel größeren Zufallsschwankungen unterworfen als großer Stichproben.²⁴²

Der hier beschriebene Fehler ist die **Nichtbeachtung der Stichprobengröße** und tritt auf, wenn die Zuverlässigkeit von kleinen, meistens nicht repräsentativen Stichproben außer Acht gelassen wird.²⁴³ Oftmals wird von der zugrundeliegenden Wahrscheinlichkeit auf die Wahrscheinlichkeit in der Stichprobe geschlossen und somit erwartet, dass sich auch in kleineren Stichproben die Verhältnisse der Grundgesamtheit widerspiegeln.²⁴⁴ In Kapitel 4.1 (s. S. 98) wird der Einfluss der Stichprobengröße noch detaillierter erläutert.

Ein weiteres Bsp. Für die Nichtbeachtung der Stichprobengröße ist der Spielerfehlschluss, welcher im folgenden Kapitel 2.2.12 näher beschrieben wird.

²⁴⁰ Vgl. Kahneman, Tversky 1994, S. 1126.

²⁴¹ Vgl. Kahneman 2012, S. 525 hier und im Folgenden.

²⁴² Vgl. Pfister et al. 2017, S. 135.

²⁴³ Vgl. Pfister et al. 2017, S. 135.

²⁴⁴ Vgl. Tversky, Kahneman 1971, S. 105 f.; vgl. auch Herdes, van Düllen 2016, S. 259.

2.2.12 Clustering-Illusion

In vielen Universitäten und Schulen werden Multiple-Choice-Tests eingesetzt. Die Prüflinge müssen aus vorgegebenen Antwortmöglichkeiten die richtige Alternative auswählen. Wie würden Sie jedoch reagieren, wenn Sie bereits zum fünften Mal in Folge die zweite Antwortmöglichkeit als die Richtige ausgewählt hätten? Vermutlich würden Sie ins Grübeln kommen, dass etwas an Ihren gegebenen Antworten nicht stimmen kann, denn Sie erkennen ein Muster, und das erscheint doch unwahrscheinlich für den Test. Tatsächlich wird im Design solcher Tests oftmals darauf geachtet, Serien in den Antwortmöglichkeiten zu vermeiden.

Dies ist ein Bsp. für das Auftreten der **Clustering-Illusion**. Menschen erwarten, dass sich zufällige Folgen gleichmäßiger verteilen als es tatsächlich der Fall ist.²⁴⁵ So werden in zufälligen Verteilungen vermeintliche Muster oder Serien erkannt und ihnen oft eine Bedeutung zugeordnet.²⁴⁶ Auch dieser Effekt korrespondiert mit der Repräsentativitätsheuristik. Da angebliche Muster in einem Datensatz als nicht repräsentativ für die Kategorie der Zufallsereignisse gesehen werden, wird der Zufall als Ursache ausgeschlossen.²⁴⁷ Auch das Nichtbeachten der Stichprobengröße (vgl. Kapitel 2.2.11, S. 72) kann Clustering-Illusionen begünstigen, da in kleineren Stichprobenumfängen ungleich verteilte Mengen öfter auftreten und Ausreißer höhere Gewichtungen erhalten können.

Im Folgenden werden 3 typische Anwendungsfehler der Clustering-Illusion vorgestellt.

Hot-Hand-Phänomen

Ein bekanntes Bsp. der Clustering-Illusion ist das sog. **Hot-Hand-Phänomen**. Die „Hot Hand“ ist eine sehr bekannte und weit verbreitete Annahme, die oft in den Bereichen von Sport und Glückspiel zu finden ist, dass Spieler immer wieder Phasen glücklicher oder erfolgreicher Ereignisse erleben.²⁴⁸ Grundsätzlich bezeichnet das Phänomen die Annahme einer höheren Wahrscheinlichkeit für ein Ereignis, wenn diesem Ereignis bereits eine Folge vorangegangen war.

So glauben im Basketball viele Leute an das Auftreten einer „Hot Hand“, welche die überhöhte Trefferquote eines Spielers in bestimmten Phasen des Spiels erklären soll.²⁴⁹ Je öfter der Spieler trifft, desto höher sei die Wahrscheinlichkeit beim nächsten Wurf ebenfalls zu treffen. Tatsächlich konnten Gilovich, Vallone und Tversky in einer Studie²⁵⁰ nachweisen, dass keine „Hot Hand“-Phasen auftreten, sondern sich die vermeintlichen

²⁴⁵ Vgl. Gilovich 1991, S. 17.

²⁴⁶ Vgl. Gilovich 1991, S. 16.

²⁴⁷ Vgl. Kahneman 2012, S. 147.

²⁴⁸ Vgl. Pfister et al. 2017, S. 157.

²⁴⁹ Vgl. Gilovich, Vallone, Tversky 1985, S. 295.

²⁵⁰ Vgl. Gilovich et al. 1985.

Glückssträhnen aus der zufälligen Verteilung der Treffer und Fehlwürfe auf Basis der Grundtrefferquote jeden Spielers ergeben.

Zwar erkennen die Leute richtigerweise, dass gewisse Folgen in den Wurferfolgen auftreten, die Länge und Häufigkeit, mit der sie vorkommen, sind jedoch rein zufälliger Natur.²⁵¹ Der Fehler liegt somit nicht in dem Erkennen von Folgen, sondern in der Interpretationsweise. Analog zur Regression zum Mittelwert wird für ein statistisch auftretendes Problem (Glückssträhne beim Basketball) eine kausale Erklärung gesucht („Hot Hand“).

Spielerfehlschluss

Sie sitzen im Casino und spielen Roulette. In den letzten 10 Runden landete die Kugel jedes Mal auf „Rot“. Sie müssen nun Ihre Wette abgeben und sich entscheiden, auf welche Farbe Sie setzen. Wählen Sie „Rot“ oder „Schwarz“?

Wenn Sie ähnlich wie die meisten Menschen denken, würden Sie sich für „Schwarz“ entscheiden, denn „Rot“ kam ja bereits vorher sehr häufig und nun ist „Schwarz“ mal wieder „an der Reihe“.

Tatsächlich ist die Wahrscheinlichkeit von „Schwarz“ bzw. „Rot“ auch in dieser, so wie in jeder Runde gleich, nämlich 50%. Dass man trotzdem intuitiv auf „Schwarz“ setzen möchte, wird als **Spielerfehlschluss** oder als des Spielers Trugschluss bezeichnet. Er beschreibt die Annahme, dass die Fortsetzung einer Serie von gleichen Zufallsereignissen als immer unwahrscheinlicher wahrgenommen wird je länger sie anhält.²⁵² Auch beim Spielerfehlschluss wirkt die Repräsentativitätsheuristik, da man die vorliegenden Verhältnisse mit dem repräsentativen Grundverhältnis von 50/50 abgleicht. Die Folge von 10-mal hintereinander „Rot“ erscheint unausgeglichen für den repräsentativen Wert, sodass eine Erwartungshaltung für „Schwarz“ aufgebaut wird, die das Verhältnis wieder in Richtung der repräsentativen Wahrscheinlichkeit korrigieren würde.²⁵³

Bei dem Spielerfehlschluss findet die Nichtbeachtung der Stichprobengröße ebenfalls Anwendung. So wird angenommen, dass auch in der kleinen vorliegenden Stichprobe sich das Grundverhältnis von 50/50 einstellen wird. Tatsächlich sind aber in kleinen Stichproben große Abweichungen von den global gültigen Wahrscheinlichkeiten durchaus häufig.²⁵⁴

Ein weiteres Bsp., in dem sich der Spielerfehlschluss zeigt, ist die Nummernwahl in Lotterien. So hat sich gezeigt, dass Zahlen, die in der vorherigen Spielrunde gezogen wurden, von den Lotto-Spielern weniger häufig in der nächsten Runde ausgewählt

²⁵¹ Vgl. Gilovich 1991, S. 16 hier und im Folgenden.

²⁵² Vgl. Altmann, Falk, Marklein 2011, S. 5.

²⁵³ Vgl. Pfister et al. 2017, S. 156.

²⁵⁴ Vgl. Gilovich et al. 1985, S. 296.

wurden.²⁵⁵ Auch hier wurde die Annahme zugrunde gelegt, dass die gleichverteilte Ziehung aller Zahlen sich auch in kleinen Stichproben zeigt. Nach dieser Logik ist es unwahrscheinlicher, dass die gleichen Zahlen erneut in der nächsten Runde gezogen werden. Auch hier gilt jedoch selbstverständlich, die Wahrscheinlichkeiten für alle Zahlen sind in jeder Runde gleich hoch, unabhängig von den vorherigen Ziehungen.

Zielscheibenfehler

Ein weiterer mit der Clustering-Illusion verwandter Fehler ist der **Zielscheibenfehler** oder auch „Texas Sharpshooter Fallacy“.

Stellen Sie sich einen amerikanischen Cowboy aus dem Süden der USA vor. Der Cowboy ist nicht gerade geübt und schießt mit seinem Revolver wahllos auf eine verlassene Scheune. Nachdem er sein Magazin etliche Male leer geschossen hat, geht er mit einem roten Stückchen Kreide zur Scheune und zeichnet eine Zielscheibe um die Stellen, an denen gehäuft Einschusslöcher zu finden sind. Danach lässt er sich vom ganzen Dorf als überragender Schütze, dem „Texas Sharpshooter“, ehren. Doch zeigen Häufungen von Einschüssen an wahllos ausgewählten Stellen, dass der Cowboy ein sehr guter Schütze ist?²⁵⁶

Wohl kaum. Der Cowboy hat sich lediglich die Informationen, in diesem Fall Einschussstellen herausgefiltert, die seine Argumentation stützen. Alle anderen Stellen wurden gekonnt ignoriert, da sie seine Mutmaßungen nicht untermauern, sogar widerlegen.

Diese Vorgehensweise kann man auf viele andere Bsp. übertragen, in denen bestimmte Häufungen, die zwangsläufig auf völlig zufällige und natürliche Art und Weise entstanden sein können, als Grundlage eines Beweises für einen Effekt fungieren.²⁵⁷

So neigt man dazu „Zufälle zu ignorieren, wenn Auswirkungen sinnvoll erscheinen“²⁵⁸ oder wenn man sich wünscht, „dass ein zufälliges Ereignis eine sinnvolle Ursache haben möge.“²⁵⁹

Zielscheibenfehler findet man auch besonders häufig in Aussagen von Verschwörungstheoretikern. Ein berühmtes Bsp. für einen Zielscheibenfehler ist das **Lincoln-Kennedy-Mysterium**. Die beiden ehemaligen Präsidenten der USA haben eine Reihe an tatsächlichen Übereinstimmungen. Hier ein Ausschnitt davon:

²⁵⁵ Vgl. Altmann et al. 2011, S.5.

²⁵⁶ Vgl. Glaser 2019, S.58f.

²⁵⁷ Vgl. Glaser 2019, S.58f.

²⁵⁸ McRaney 2012, S.55.

²⁵⁹ McRaney 2012, S.55.

- Die Namen Kennedy und Lincoln enthalten je 7 Buchstaben mit der gleichen Anzahl an „n“, Vokalen und Konsonanten
- Lincoln wurde 1846 (1860) und Kennedy 1946 (1960) in den Kongress (zum US-Präsidenten) gewählt
- Lincoln wurde in einem Ford-Theater erschossen; Kennedy in einem Ford-Auto
- Beide Nachfolger der Präsidenten waren Südstaatler und hießen Johnson
- Beide Attentate wurden an einem Freitag verübt

Kann das Zufall sein? Die Antwort lautet ja. Wenn man bspw., wie in diesem Fall, 2 Personen anhand von einer sehr großen Anzahl von Eigenschaften vergleicht, wird man zwangsweise Gemeinsamkeiten finden, womit die Wahrscheinlichkeit für Übereinstimmungen steigt - insb., wenn man nicht im Vorhinein selektiv bestimmte Merkmale auswählt.²⁶⁰

2.2.13 Mitläufereffekt

Warum dürfen Hochrechnungen bei Wahlen in Deutschland und vielen weiteren EU-Ländern erst nach Schließung der Wahllokale veröffentlicht werden?²⁶¹

Das hat den Grund, dass die Veröffentlichung von Wahlprognosen mutmaßlich Einfluss auf den Ausgang einer Wahl haben könnte bzw. dieser Einfluss nicht ausgeschlossen werden kann.²⁶² So erzürnte sich Gerhard Schröder im Jahre 2005, als er im Bundestagswahlkampf gegen die heutige Bundeskanzlerin Angela Merkel antrat mit folgenden Worten: „nichts ist entschieden“ obwohl es „eine unheilige Allianz aus Meinungsforschern und Meinungsmachern“ gäbe, die die Öffentlichkeit damit beeinflussen könnten. Er zeigte sich vermutlich so besorgt über die beinahe täglich wiederkehrenden Wahlprognosen, weil er im knappen Rennen um die Kanzlerkandidatur zu diesem Zeitpunkt in Umfragen hinter Angela Merkel lag. Auch er befürchtete wohl, dass die heutige Bundeskanzlerin vom sog. „**bandwagon-effect**“, „Mitläufereffekt“, profitieren könnte.²⁶³

Der **Mitläufereffekt** wird in der Literatur häufig als Effekt umschrieben, bei dem Personen ohne klar gefestigte Meinung sich mit größerer Wahrscheinlichkeit der Meinung der Mehrheit anschließen, um sozusagen „dazu zu gehören“ und wie in Abbildung 18 illustriert, nicht auf der Verliererseite zu stehen.²⁶⁴ Sie nehmen durch Ihr Mitläufertum dadurch tatsächlich Einfluss auf Prognosen und Eintrittswahrscheinlichkeiten der zugrunde liegenden Ereignisse.

²⁶⁰ Vgl. Christensen, Christensen 2015, S.252f.

²⁶¹ <https://www.mdr.de/wissen/beeinflussen-uns-wahlprognosen-100.html>, abgerufen am: 09.06.2020.

²⁶² Vgl. Dach 1997, S.229.

²⁶³ <https://www.abendblatt.de/politik/deutschland/article107033762/Schroeder-Nichts-ist-entschieden.html>, abgerufen am: 09.06.2020.

²⁶⁴ Vgl. Glaser 2019, S.18.

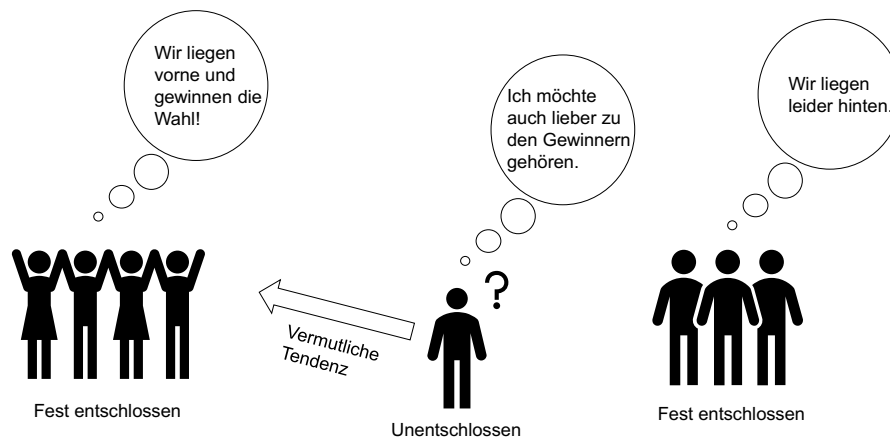


Abbildung 18: Cartoon zur möglichen Wahlbeeinflussung durch den Mitläufereffekt²⁶⁵

Zum bandwagon-effect wurden zahlreiche Studien und Experimente durchgeführt, die größtenteils auf diesen Effekt im Zusammenhang mit Wahlbeeinflussung abzielen. Die Untersuchungen kommen jedoch teilweise zu unterschiedlichen beziehungsweise zu weniger eindeutigen Schlüssen. So kommt eine Untersuchung von Maier und Brettschneider, die im Jahr 2009 veröffentlicht wurde und 3 Landtagswahlen im Zeitraum von 2006 - 2008 analysiert, zu dem Schluss, dass man von einer Tendenz in Richtung bandwagon-effect ausgehen kann. Eingestuft wird diese Tendenz allerdings als „in keinem der Fälle statistisch signifikant“.²⁶⁶ Im Kontrast dazu wird die Existenz des Mitläufereffektes in Bezug auf Wahlprognosen in der Publikation aus dem Jahr 2013 von Kiss und Simonovits als eindeutiger bezeichnet. Sie führten einige Analysen zu Wahlen in Ungarn in den Jahren von 2002 bis 2006 durch und nennen den Effekt sogar „indeed present and quite substantive“²⁶⁷.

Mitläufereffekte sind den Meisten auch in vielen anderen Bereichen des Lebens präsent. So kennt vermutlich jeder sog. „Erfolgsfans“, die bei Erfolg von einer Mannschaft oder einem Club plötzlich noch „auf den Zug mit aufspringen“ und bei Misserfolg gleichermaßen schnell auch „wieder abspringen.“

²⁶⁵ Eigene Darstellung.

²⁶⁶ Maier, Brettschneider 2009, S.331.

²⁶⁷ Kiss, Simonovits 2013, S.339.

3 Paradoxien

Prof. Dr. K.-U. Remmerbach, Tobias Meintrup

3.1 Was ist ein Paradoxon?

Das Wort **Paradoxon** stammt aus dem Altgriechischen ab²⁶⁸ und bedeutet, dass etwas „widersinnig“ oder „widersprüchlich“ ist.²⁶⁹

Ein Paradoxon ist somit eine Aussage oder ein Ergebnis, das gegen die vorherrschende Meinung oder auch gegen logische Denkweisen und Prinzipien spricht. Oftmals werden die Begriffe **Paradoxon** und **Dilemma** vertauscht oder synonym verwendet. Der Unterschied liegt darin, dass bei einem Dilemma eine Entscheidung zwischen 2, meistens nicht wünschenswerten, Optionen getroffen werden muss. Bei einem Paradoxon ist diese Pflicht nicht erforderlich, die Konsequenz aus der Entscheidung wirkt lediglich widersprüchlich.²⁷⁰ Ein ganz simples Paradoxon ist das sog. Lügner-Paradoxon, welches bereits vor 2.500 Jahren aufgetreten sein soll. Der griechische Weise Epimenides von Kreta soll laut Paulus Anfang des sechsten Jahrhunderts v. Chr. behauptet haben, dass alle Kreter Lügner seien. Da Epimenides jedoch selbst ein Kreter ist, muss diese Aussage falsch sein und im Umkehrschluss bedeuten, dass die Kreter die Wahrheit sagen. Wenn sie jedoch die Wahrheit sagen, dann muss die Aussage von Epimenides, dass alle Kreter Lügner seien, auch wahr sein, wodurch er wieder ein Lügner wäre. Diese Aussage ist ein Widerspruch in sich.²⁷¹ An diesem einfachen Bsp. lässt sich das Wesen eines Paradoxons leicht erkennen.

Eine andere Kategorie eines Paradoxons, welche häufig im alltäglichen Leben zu finden ist, ist eine Handlungsaufforderung, die ihre eigene Befolgung unmöglich macht. In einem Park steht auf einer Wiese ein Schild mit der Aufschrift „Betreten verboten“. Es stellt sich die Frage, wie dieses Schild dort platziert werden konnte, wenn niemand die Wiese betreten darf. Ein weiteres Bsp. stellt die Aufforderung „Sei spontan“ dar. Geht man dieser Aufforderung nach ist man nicht mehr spontan, sondern nur gehorsam. Im Alltag lassen sich noch einige solcher Bsp. finden, ohne dass man ggf. bemerkt, dass es sich dabei um eine Art von Paradoxon handelt.

²⁶⁸ Vgl. <https://www.duden.de/rechtschreibung/Paradoxon>, abgerufen am 02.06.2020.

²⁶⁹ Vgl. <https://www.duden.de/rechtschreibung/paradox#Bedeutung-1>, abgerufen am 02.06.2020.

²⁷⁰ Vgl. <https://dictionary.cambridge.org/de/worterbuch/englisch/dilemma>, abgerufen am: 06.06.2020.

²⁷¹ Vgl. Schreiber 2013, S. 130.

Einige Paradoxien beruhen auf einfachen Fehlschlüssen bei der Anwendung von Regeln. Im folgenden Bsp. soll bewiesen werden, dass 1,00 € so viel wert ist wie 1 Cent.

Annahme:

$$1,00 \text{ €} = 100 \text{ Cent}$$

$$100 = 10^2$$

Ableitung:

$$100 \text{ Cent} = (10 \text{ Cent})^2 = (0,1 \text{ €})^2 = 0,01 \text{ €} = 1 \text{ Cent}$$

Mit dieser Rechnung ist scheinbar bewiesen worden, dass paradoxerweise 1,00 € tatsächlich so viel wert ist wie 1 Cent. Dies ist selbstverständlich nicht richtig. Der Fehler bei dieser Berechnung liegt in der Ableitung. Wenn man dieses Bsp. mit den Einheiten Meter und Zentimeter berechnet, erkennt man den Fehler schnell.

$$100 \text{ cm} = (10 \text{ cm})^2 = (0,1 \text{ m})^2 = 0,01 \text{ m}^2$$

Nun ist schnell ersichtlich, dass die mathematischen Regeln bei der Berechnung nicht richtig eingesetzt worden sind, da sich 100 cm deutlich von 0,01m² unterscheidet. Das eine ist eine Längenangabe und das andere eine Flächenangabe. Die meisten Paradoxien lassen sich bei genauerem Betrachten und mit geeignetem Wissen lösen.²⁷² Solche Fehlschlüsse können und werden gelegentlich jedoch gezielt eingesetzt werden, um den Leser in die Irre zu führen. Dies ist besonders bei dem Umgang mit Zahlen und Wahrscheinlichkeiten sowie bei dem Treffen von Entscheidungen der Fall. Eine Beeinflussung, Irreführung oder bewusste Täuschung lässt sich nur verhindern, wenn die Paradoxien be- bzw. erkannt sind und sich deren Wirkungsweise bewusst gemacht wird; der Entscheider sich also im reflektiven System 2 - Modus befindet, sein kognitives System gewissermaßen „scharf geschaltet“ hat.

3.2 Kategorien von Paradoxien

Paradoxien lassen sich in unterschiedliche Kategorien aufteilen, da sie nicht nur in der Philosophie und Logik zu finden sind. In Naturwissenschaften wie Physik und Mathematik, in der Wirtschaft, in der Medizin und auch in der Entscheidungstheorie begegnen uns Paradoxien. Da sich dieser Arbeitsbericht mit dem Verständnis und dem Umgang mit Zahlen und Wahrscheinlichkeiten auseinandersetzt, werden im weiteren Verlauf

²⁷² Vgl. Koch 2017, S.3.

Paradoxien vorgestellt, die sich mit dieser Thematik beschäftigen. Dabei werden ihre Wirkungsweisen erläutert, damit nach dem Lesen die Wahrscheinlichkeit einer gezielten Irreführung durch diese Paradoxien deutlich vermindert wird. Die Differenzierung zwischen Wahrscheinlichkeits- und Statistikparadoxien sowie Entscheidungsparadoxien ist fließend; einige Paradoxien sind daher beiden Kategorien zuzuordnen.

3.3 Ausgewählte Wahrscheinlichkeits- und Statistikparadoxien

3.3.1 Truthahn-Paradoxon

Das **Truthahn-Paradoxon** (auch Truthahn-Illusion genannt) entstammt der Verhaltensökonomie und beschäftigt sich mit der Risikointelligenz bzw. mit der fehlerhaften Einschätzung von Risiken mittels einer Metapher.

Für einen Truthahn, der täglich von seiner haltenden Person gefüttert wird, wächst ebenfalls täglich die subjektive Sicherheit, dass er am nächsten Tag erneut Futter bekommt. Dies setzt sich bis zum Tag vor Thanksgiving fort. An diesem Tag wird traditioneller Weise in den USA ein Truthahn zum Festtagsessen geschlachtet. Das Paradoxe ist nun, dass die subjektive Sicherheit bzw. das Vertrauen gegenüber seiner haltenden Person für den Truthahn an diesem Tag am höchsten ist, obwohl sie eigentlich am niedrigsten sein müsste. Denn wüsste der Truthahn von Thanksgiving und dem Brauch des Truthahns-Essens, würde seine subjektive Sicherheit nicht täglich steigen, sondern sinken.²⁷³ Der Truthahn konnte den Trendbruch nicht erkennen, da er aus seinen positiven Erfahrungswerten eine Prognose für den nächsten Tag erstellt hat und das Ungewisse nicht mit einkalkuliert hat. Mit anderen Worten: unser Truthahn hat Risiko (bekannte Risiken) mit Unsicherheit (unbekannte Risiken) verwechselt; er hatte eben nicht alle relevanten Informationen.

Das Phänomen lässt sich ebenfalls mit folgendem Zitat zusammenfassen:

„Tausend Tage können nicht beweisen, dass wir Recht haben, aber ein einziger Tag, dass wir uns irren.“²⁷⁴

Diese bildliche Veranschaulichung zeigt, dass sich nicht jedes Risiko bestimmen lässt. Man unterliegt viel mehr der Illusion, dass sich jedes Risiko berechnen lässt, obwohl dies

²⁷³ Vgl. <https://www.saurugg.net/wp-content/uploads/2019/03/Existenzgef%E4hrdende-infrastrukturelle-Abh%E4ngigkeiten.pdf>, abgerufen am 26.05.2020.

²⁷⁴ Taleb, 2015, S.81.

nicht der Fall ist. **Risiken** lassen sich nur dann berechnen, wenn der Grad der Unsicherheit klein ist und die Alternativen gering sind, sodass nur wenige Risikofaktoren berücksichtigt werden müssen und eine große Datenmenge für die Schätzung zur Verfügung steht.²⁷⁵

Ein reales Bsp. für das Truthahn-Paradoxon und welche schwerwiegenden Folgen eine Verwechslung von Unsicherheit und Risiko verursachen kann, ist die Finanzkrise aus dem Jahr 2008. Bei Investmentbankern treten die 3 eben genannten Bedingungen nicht auf. Sie lösen nämlich unvorhersehbare Dominoeffekte aus und müssen Tausende von Risikofaktoren neben Millionen von Korrelationen berücksichtigen. Die daraus resultierenden Ergebnisse erzeugen eine Illusion von Sicherheit, die nicht vorhanden ist. Denn eine fortschreibende Prognose (Trendextrapolation) aus einer Vergangenheit, mit guten Renditen und hohen Gewinnen, kann keine Zukunft ohne diese Renditen und Gewinne errechnen, wenn die Entscheidungsarchitektur durch unvollständige Information (Unsicherheit) gekennzeichnet ist. Deshalb können unerwartete Ereignisse wie die Finanzkrise nicht vorhergesehen und keine statistischen Risikoprognosen und -wahrscheinlichkeiten erstellt werden.²⁷⁶

Die aktuelle Corona-Pandemie kann als eine Art des Truthahn-Paradoxons verstanden werden. In der näheren Vergangenheit ist eine Situation mit solch drastischen Einschränkungen für Gesellschaft und Wirtschaft nicht aufgetreten. Daher konnte diese Situation in keiner Prognose errechnet oder bestimmt werden. So wie den Truthahn das Thanksgiving unerwartet getroffen hat, so hat die Corona-Pandemie die Welt aktuell getroffen.

3.3.2 Simpson-Paradoxon

Das **Simpson-Paradoxon** ist ein Paradoxon aus der Statistik, das bei vielen Datenmengen und Tabellen auftritt. Dieses Paradoxon ist im Jahr 1951 von dem amerikanischen Statiker Edward Hugh Simpson, nach dem dieses Paradoxon benannt worden ist, ausführlich in seiner Arbeit „*The Interpretation of Interaction in Contingency Tables*“ beschrieben worden. Am besten lässt sich dieses Phänomen anhand eines Beispiels aufzeigen.

Im Jahr 1973 ist die University of California in Berkeley verklagt worden, weil Frauen geringere Chancen auf einen graduierten Studienplatz hätten als ihre männlichen

²⁷⁵ Vgl. Gigerenzer 2013, S. 290f.

²⁷⁶ Vgl. Gigerenzer 2013, S. 290f.

Kollegen. Die dazu gehörigen Zahlen haben wie folgt ausgesehen (der Einfachheit halber sind die Zahlen hier kleiner als die tatsächlichen Zahlen aus dem Jahr 1973, jedoch ist das Verhältnis der Zahlen dasselbe, sodass es keinen Unterschied beim Ergebnis gibt).²⁷⁷

Fachbereich	weiblich	angenommen	männlich	angenommen	Annahmequote in %	
					w	m
1	10	8	80	50	80%	63%
2	5	4	60	40	80%	67%
3	80	20	40	10	25%	25%
4	30	15	40	10	50%	25%
Gesamt	125	47	220	110		
angenommen in %	38%		50%		59%	45%

Tabelle 5: Annahmequote von weiblichen und männlichen Bewerbern an der University of California 1973²⁷⁸

Tabelle 5 zeigt eindeutig, dass 50% der männlichen Bewerber angenommen worden sind, jedoch nur 38% der weiblichen Bewerberinnen. Da der Unterschied relativ groß ist, ist damals ein Zufall ausgeschlossen worden. Werden jedoch die Fachbereiche einzeln betrachtet, sind die Annahmequoten der Frauen nie schlechter als die der Männer. Die Quoten sind sogar in 3 von 4 Fachbereichen deutlich höher im Vergleich zu ihren männlichen Kollegen. Genau dieser Unterschied zwischen Gesamt- und Gruppenergebnis spiegelt das Simpson-Paradoxon wider. In diesem konkreten Fall liegt die Ursache darin, dass sich die meisten weiblichen Bewerberinnen für den Fachbereich 3 entschieden haben, der generell die geringste Annahmequote hat. Dadurch ist die Gesamtannahmequote der Studentinnen gesunken. Allgemein beschreibt das Simpson-Paradoxon eine Konstellation, in der sich die Ergebnisse von Teilgruppen von dem Ergebnis der Gesamtgruppe unterscheiden. Es taucht immer dann auf, wenn 2 Merkmale und deren Zusammenhang, in dem obigen Fall sind es die Merkmale „Geschlecht“ und „Angenommen“, in verschiedenen Gruppen betrachtet werden. In diesem Fall sind dies die verschiedenen Fachbereiche.²⁷⁹ Eine durch das Simpson-Paradoxon verursachte Fehldeutung von Ergebnissen lässt sich vermeiden, indem bei der Untersuchungen zweier

²⁷⁷ Vgl. Bosbach; Korff 2011, S.154ff.

²⁷⁸ Eigene Darstellung

²⁷⁹ Vgl. Büchtler; Henn 2007, S.143ff.

Merkmale in Gruppen nicht nur das Gesamtergebnis, sondern ebenfalls die einzelnen Gruppenergebnisse betrachtet werden. Sollten dadurch eindeutige Differenzen zwischen Gruppen- und Gesamtergebnis auftreten, sind immer beide Ergebnisse zu zeigen, um solch einen Fall wie 1973 bei der University of California nicht auftreten zu lassen.

3.3.3 Ziegen-Paradoxon

Das **Ziegen-Paradoxon** (auch Ziegen-Problem oder im englischen Raum auch als **Monty-Hall-Problem** bekannt) stammt aus der Wahrscheinlichkeitstheorie und beschäftigt sich mit einer kognitiven Illusion. Eine **kognitive Illusion** ist eine Art Denkfehler, der durch intuitives Denken und Entscheidungsfindung auftritt. Das menschliche Gehirn kann nicht in jeder Situation die volle Kapazität ausnutzen und bedient sich, um effizient zu einer Lösung zu gelangen, kognitiver Abkürzungen, den bereits in Kapitel 2 (s. S. 45) mehrfach erwähnten sog. Heuristiken. Dadurch kann es immer mal wieder vorkommen, dass sich beim genauen Betrachten die auf diese Weise getroffene Antwort bzw. Entscheidung als falsch herausstellt. Diese Illusionen sind häufig beim Schätzen bzw. Einschätzen von Wahrscheinlichkeiten vorzufinden.²⁸⁰ Das Ziegen-Paradoxon macht dieses Phänomen an einem konkreten Bsp. fest.

In einer Spielshow hat der Teilnehmer 3 Türen vor sich. Hinter einer dieser 3 Türen befindet sich der Hauptgewinn (1 Auto) und hinter den anderen beiden jeweils eine Ziege als Symbol für eine Niete. Der Teilnehmer darf den Hauptgewinn behalten, wenn er am Ende der Spielrunde die Tür, hinter der sich der Hauptgewinn befindet, ausgewählt hat. Nachdem sich der Teilnehmer für eine der 3 Türen entschieden hat, öffnet der Showmaster eine Tür, hinter der sich eine der beiden Ziegen befindet. Nun unterbreitet der Showmaster dem Teilnehmer die Möglichkeit, sich noch einmal umzuentscheiden. Hier greift nun das Ziegen-Paradoxon. Soll der Teilnehmer bei seiner ursprünglichen Entscheidung bleiben oder die Möglichkeit des Showmasters annehmen und die Tür wechseln? Wie verändert sich die Gewinnchance?²⁸¹

Diese Fragestellung hat bereits in Fachkreisen, unter Experten und Professoren zu hitzigen Diskussionen geführt und nicht selten konnte kein Konsens erreicht werden. Die meisten Menschen sind intuitiv nicht der Ansicht, dass ein Wechsel einen Einfluss auf die Gewinnchance hat, da jede Tür dieselbe Gewinnchance (ein Drittel) aufweisen sollte.

²⁸⁰ Vgl. <https://www.skeptiker.ch/themen/kognitive-verzerrungen/>, abgerufen am: 06.06.2020.

²⁸¹ Vgl. <https://www.methode.de/dm/mi/dm01.htm>, abgerufen am 18.05.2020.

Dies ist jedoch nicht so. Die Gewinnchance verdoppelt sich sogar bei einem Wechsel der Tür. In der nachfolgenden Tabelle werden alle möglichen Szenarien aufgezeigt.²⁸²

Erste Wahl	Showmaster öffnet	Aktion	Zweite Wahl	Gewinn?	Gewinnwahrscheinlichkeit
Auto	Ziege 1 oder 2	Wechseln	Ziege 1 oder 2	nein	2/3
Ziege 1	Ziege 2	Wechseln	Auto	ja	
Ziege 2	Ziege 1 oder 2	Wechseln	Auto	ja	
Auto	Ziege 1 oder 2	Bleiben	Auto	ja	1/3
Ziege 1	Ziege 2	Bleiben	Ziege 1	nein	
Ziege 2	Ziege 1 oder 2	Bleiben	Ziege 2	nein	

Tabelle 6: Mögliche Gewinnszenarien beim Zeigen-Paradoxon²⁸³

Die ersten 3 Zeilen der Tabelle geben die möglichen Gewinnszenarien an, wenn sich der Teilnehmer dafür entscheidet, das Angebot des Showmasters anzunehmen und die Tür zu wechseln. Die letzten 3 zeigen die möglichen Ergebnisse an, wenn sich der Teilnehmer dazu entscheidet bei seiner ersten Wahl zu bleiben. Daraus lässt sich erkennen, dass die Gewinnchancen bei einem Wechsel tatsächlich doppelt so hoch sind, wie beim Bleiben. Das liegt daran, dass die Wahrscheinlichkeit bei der ersten Wahl, eine der beiden Ziegen-Türen zu erwischen, doppelt so hoch ist, als die Tür mit dem Auto zu wählen. Dadurch ist auch bei einem Wechsel der Tür die Gewinnchance doppelt so hoch.²⁸⁴

Erwähnenswert ist, dass die meisten Menschen weiterhin dabei bleiben die Wechselchance nicht anzunehmen, selbst wenn sie sich dem Ziegen-Paradoxon bewusst sind. Dem menschlichen Gehirn fällt es schwer diesen Gedankengang nachzuvollziehen, da alle Türen dieselben Gewinnchancen haben sollten. Des Weiteren ist das Gefühl für den Menschen, wenn er beim Wechseln verliert, schlimmer als beim Bleiben zu verlieren. Das liegt daran, dass beim Wechseln der Gewinn sozusagen freiwillig abgegeben wird. Hier greift zusätzlich also der sog. Unterlassungseffekt (omission bias).

²⁸² Vgl. Dubben; Beck-Bornhold 2011, S.103 f.

²⁸³ Darstellung nach Dubben und Beck-Bornhold 2011.

²⁸⁴ Vgl. Dubben; Beck-Bornhold 2011, S. 103f.

3.3.4 Geburtstagsparadoxon

Das **Geburtstagsparadoxon** stammt aus der Stochastik und ist ein weiteres Bsp. dafür, dass Wahrscheinlichkeiten häufig intuitiv falsch geschätzt werden. Die konkrete Fragestellung dieses Paradoxons beschäftigt sich damit, wie viele Personen sich in einem Raum befinden müssen, damit die Wahrscheinlichkeit, dass mindestens 2 Personen am gleichen Tag Geburtstag haben größer als 50% ist.²⁸⁵

Die Antwort auf diese Frage lautet meistens intuitiv 183 Personen. Es wird angenommen, dass man bei einer Wahrscheinlichkeit von 50% die Anzahl von Personen benötigt, die die Hälfte der verfügbaren Tage im Jahr, also 183, ausmacht. Jedoch ist bereits bei 23 Personen in einem Raum die Wahrscheinlichkeit über 50% erreicht, dass mindestens 2 Personen an einem gleichen Tag Geburtstag haben. Diese Antwort scheint auf den ersten Blick paradox zu sein, da ein Jahr 365 (bzw. mit der Berücksichtigung des Schaltjahres 366) potenzielle Geburtstage hat und die Antwort 23 eigentlich zu klein sein sollte. Stellen sich die Personen in einer Reihe auf und nennen nach und nach ihren Geburtstag, erhält man mehr oder weniger eine Zufallsreihenfolge. Die Wahrscheinlichkeit lässt sich dann wie folgt berechnen, dabei steht i für die Anzahl der Personen in dem Raum und n für die Anzahl der potenziellen Geburtstage.²⁸⁶

$$\frac{n}{n} * \frac{n-1}{n} * \frac{n-2}{n} \dots, \frac{n-i}{n}$$

Durch die Formel wird berechnet, dass alle Personen an verschiedenen Tagen Geburtstag haben. Um das Gegenteil, also die Wahrscheinlichkeit, dass mindestens 2 Personen an einem gleichen Tag Geburtstag haben, muss die Gegenwahrscheinlichkeit wie folgt bestimmt werden:

$$1 - \frac{n}{n} * \frac{n-1}{n} * \frac{n-2}{n} \dots, \frac{n-i}{n}$$

Ersetzt man das n in der Gleichung durch die 365 möglichen Tage und setzt für i die Anzahl der Personen im Raum ein, erhält man die in Abbildung 19 angezeigten Ergebnisse.

²⁸⁵ Vgl. Havil 2012, S. 23.

²⁸⁶ Vgl. Diekert; Kuffleitner; Rosenberger 2013, S. 51.

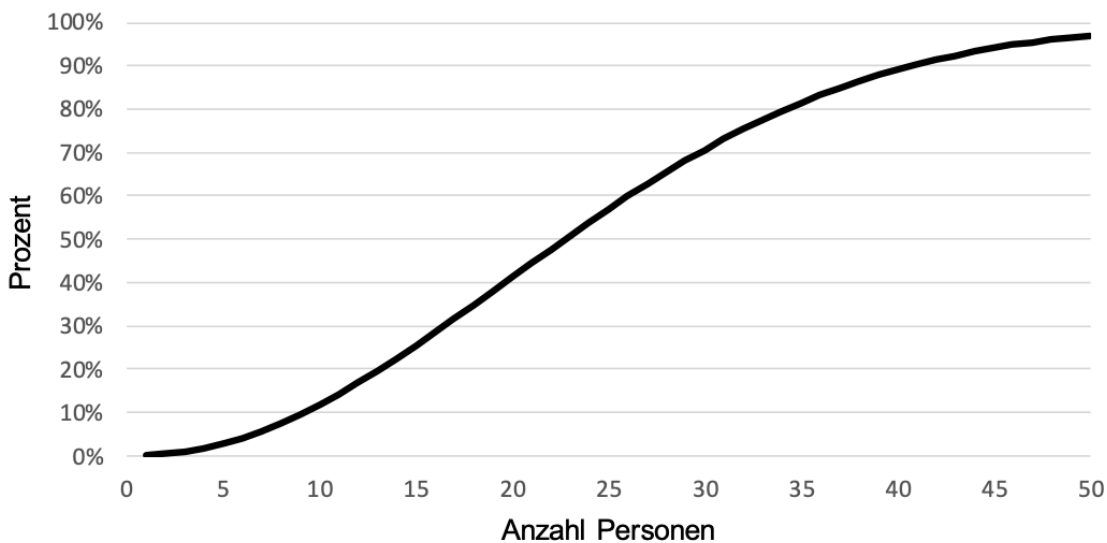


Abbildung 19: Wahrscheinlichkeit für mindestens zwei Personen mit gleichem Geburtstag²⁸⁷

Es ist zu erkennen, dass tatsächlich nur 23 Personen in einem Raum erforderlich sind, wenn man eine 50%ige Wahrscheinlichkeit haben möchte, dass mindestens 2 Personen an einem gleichen Tag Geburtstag haben.²⁸⁸

3.3.5 Klassengrößenparadoxon

Das **Klassengrößenparadoxon** beschreibt den signifikanten Unterschied der Betrachtungsweise von Durchschnittswerten. Dabei werden speziell die Durchschnittswerte mit der Betrachtungsweise einerseits aus Sicht der Allgemeinheit und andererseits der individuellen Person unterschieden. Der Name des Paradoxons ergibt sich aus der Betrachtung der durchschnittlichen Klassengröße an Universitäten. Daher wird differenziert, wie groß die durchschnittliche Klassengröße an einer Universität ist und wie groß die durchschnittliche Klasse ist, in der eine individuelle Person sitzt.

Eine beispielhafte Universität besitzt etwa eine durchschnittliche Klassengröße von 40 Studierenden. Ein Studierender sitzt in dieser Universität jedoch im Durchschnitt mit 147 Kommilitonen in einer Klasse. Wie kommt es zu diesem großen Unterschied?²⁸⁹

Häufig wird die durchschnittliche Klassengröße verwendet, um die daraus resultierenden Erfahrungen der Studierenden abschätzen und vorhersagen zu können. Doch wenn nicht in allen Klassen die gleiche Anzahl an Studierenden sitzen, wird sich der

²⁸⁷ Darstellung nach Strick 2020.

²⁸⁸ Vgl. Strick 2020 S. 20f.

²⁸⁹ Vgl. Feld; Grofman 1977, S.215-222

durchschnittliche Studierende immer in einem größeren Kurs befinden als der Durchschnitt der Universität. Dieses Paradoxon entsteht durch die vielen Studierenden, die eben in den großen Kursen sitzen.²⁹⁰

Das Paradoxon kann auch bei vielen anderen Forschungsfragen auftreten - so z.B. bei der Untersuchung von Lebensumständen von Haushalten auf der ganzen Welt, bspw. der Haushaltsgröße. Das Pew Research Center hat hierzu eine Studie zu den Lebensumständen von Haushalten weltweit durchgeführt, woraufhin vor allem bei großen Haushalten signifikante Unterschiede zwischen der durchschnittlichen Haushaltsgröße und der Haushaltsgröße aus Sicht des Individuums auftraten.²⁹¹ Dieser Unterschied lässt sich anhand eines Rechenbeispiels erläutern: Ein Haushalt besteht aus einer alleinlebenden Person. Der andere Haushalt dagegen besteht aus einer neunköpfigen Familie. Die durchschnittliche Haushaltsgröße der beiden Häuser lässt sich daher folgendermaßen berechnen:

$$(9+1) / 2 = 5 \text{ Personen}$$

Betrachtet man nun dagegen aber die Erfahrung des durchschnittlichen Individuums, so lebt eine Person alleine, also als 1 Person und die weiteren 9 Personen des anderen Haushalts leben unter 9 Personen. Als Durchschnitt ergeben sich:

$$(1+9+9+9+9+9+9+9+9) / 10 = 8,2 \text{ Personen}$$

Die Erfahrung des Individuums unterscheidet sich daher deutlich (um 3,2 Personen) von der durchschnittlichen Haushaltsgröße und sollte daher auch nicht mit der durchschnittlichen Haushaltsgröße analysiert werden.²⁹²

Es kommt daher immer besonders auf die Situation an, welcher Durchschnittswert am besten zur Analyse verwendet werden kann. Die Erfahrungen der Studierenden einer Universität lassen sich durch die durchschnittliche Klassengröße bspw. nicht gut abbilden; für die Planung eines neuen Hörsaalgebäudes hingegen kann sie jedoch sehr hilfreich sein. Es ist daher immer wichtig bei Forschungsaufgaben, bei denen dieses Paradoxon auftreten kann, beide Durchschnittswerte zu betrachten. Dann kann entschieden werden, welcher das untersuchte Problem am besten abbildet.²⁹³

²⁹⁰ Vgl. <https://medium.com/pew-research-center-decoded/the-class-size-paradox-how-individual-and-group-level-perspectives-differ-and-why-it-matters-b62071f4e909>, abgerufen am 18.07.2020.

²⁹¹ Vgl. <https://medium.com/pew-research-center-decoded/the-class-size-paradox-how-individual-and-group-level-perspectives-differ-and-why-it-matters-b62071f4e909>, abgerufen am 18.07.2020.

²⁹² Vgl. <https://medium.com/pew-research-center-decoded/the-class-size-paradox-how-individual-and-group-level-perspectives-differ-and-why-it-matters-b62071f4e909>, abgerufen am 18.07.2020.

²⁹³ Vgl. <https://medium.com/pew-research-center-decoded/the-class-size-paradox-how-individual-and-group-level-perspectives-differ-and-why-it-matters-b62071f4e909>, abgerufen am 18.07.2020.

3.4 Ausgewählte Entscheidungsparadoxien

Die im Folgendem beschriebenen Paradoxien entstammen der Entscheidungstheorie.

3.4.1 Ellsberg-Paradoxon

Das **Ellsberg-Paradoxon** beschäftigt sich mit dem Verhalten von Menschen bei bekanntem Risiko und bei Unsicherheiten. Der amerikanische Ökonom Daniel Ellsberg, der dieses Paradoxon entdeckt hat und nachdem es benannt worden ist, hat dafür 1961 folgendes Experiment durchgeführt:²⁹⁴

Der Teilnehmer eines Glücksspiels muss aus einer Urne 1 Kugel ziehen, von der er weiß, dass sie 30 rote Kugeln enthält. In der Urne befinden sich zusätzlich noch 60 weitere Kugeln, deren Verhältnis von schwarzen und gelben Kugeln dem Teilnehmer unbekannt ist. Dem Teilnehmer werden nun 2 Alternativenpaare (1a und 1b bzw. 2a und 2b) vorgestellt und der Proband muss sich jeweils für eine Alternative entscheiden, wobei der Gewinn immer identisch ist.²⁹⁵

Alternativenpaar 1:

1a: Der Teilnehmer gewinnt beim Ziehen einer roten Kugel

1b: Der Teilnehmer gewinnt beim Ziehen einer schwarzen Kugel

Alternativenpaar 2:

2a: Der Teilnehmer gewinnt beim Ziehen einer roten oder gelben Kugel

2b: Der Teilnehmer gewinnt beim Ziehen einer schwarzen oder gelben Kugel

Die meisten Menschen haben sich bei beiden Wahlen für die Alternative entschieden, bei der das Risiko bekannt gewesen ist. Also würde 1a vor 1b bevorzugt werden und 2b vor 2a, da ihnen ein bekanntes Risiko sicherer erscheint als eine Ambiguität (unter einer **Ambiguität** ist eine Situation unter Unsicherheit zu verstehen). Die Ambiguität bei 1b und 2a wird als zusätzliches Risiko von den Teilnehmern wahrgenommen.²⁹⁶ Ellsberg schlussfolgert aus diesem Experiment, dass Entscheidungsträger Situationen meiden, in denen die Wahrscheinlichkeit für sie unbekannt ist. Menschen verhalten sich ambiguitätsavers. Je nachdem, wie die Teilnehmer die Verteilung der schwarzen und gelben Kugeln in der Urne für sich definiert haben, müssten sie entweder 1a und 2a oder 1b

²⁹⁴ Vgl. Ellsberg 1961, S. 643-669.

²⁹⁵ Vgl. Jost 2008, S.273.

²⁹⁶ Vgl. Ellsberg 1961, S. 643-669

und 2b bevorzugen oder ihre Entscheidungen sind indifferent, da sie die Verteilung der schwarzen und gelben Kugeln in beiden Fällen zu ihrem Nachteil betrachten.²⁹⁷

Das Ellsberg-Paradoxon lässt sich in der Realität am einfachsten auf dem Finanzmarkt wiederfinden. Bei Mitarbeitern von börsennotierten Unternehmen ist dies bspw. zu beobachten. Die Mitarbeiter kaufen überproportional viele Aktien ihres Unternehmens, da sie dort die Ertragsperspektive besser einschätzen können als bei ihnen unbekanntem Unternehmen an der Börse.²⁹⁸ Auch in der Finanzkrise konnte beobachtet werden, dass Banken sich gegenseitig keine Kredite mehr gegeben haben, da sie das Risiko (Ambiguität) nicht mehr einschätzen konnten. Es kam der ganze Interbankenmarkt zum Erliegen. Die Banken legten ihr Geld bevorzugt – aus klassischer Perspektive irrationalerweise - ohne Zinsen bei der Zentralbank ab, da für sie dort kein Risiko zu erwarten war.²⁹⁹

Die Ergebnisse von Ellsberg haben sich seit 1961 durch zahlreiche Reproduktionen bestätigt. Jedoch hat sich die Sichtweise auf die Ambiguitätsaversion in den letzten Jahren differenziert und der Einfluss der eigenen Wahrnehmung ist als Faktor vor allem durch den Nobelpreisträger Daniel Kahneman und seinen Kollegen Amos Tversky einbezogen worden. Die eigene perzipierte Qualifikation des Menschen in einer bestimmten Situation hat einen Einfluss auf die Wahrnehmung von Ambiguität. Je höher ein Entscheidungsträger seine Kompetenzen z. B. auf einem Aktienmarkt einschätzt, desto eher bevorzugt er die Ambiguität und andersherum.³⁰⁰

3.4.2 Allais-Paradoxon

Das **Allais-Paradoxon**, wie auch das Ellsberg-Paradoxon, befasst sich mit dem Verstoß gegen das Unabhängigkeitsaxiom. Dieses Axiom besagt, dass sich die Entscheidung zwischen 2 Optionen nicht ändern darf, wenn eine weitere dritte Option eingefügt wird. Benannt worden ist dieses Paradoxon nach dem französischen Wirtschaftswissenschaftler Maurice Félix Charles Allais, der sich mit diesem Phänomen in seiner im Jahr 1953 erschienenen Arbeit „*Le comportement de l'homme rationnel devant le risque: critique des postulats et axiomes de l'école Américaine.*“ beschäftigt hat. Dafür hat er ein

²⁹⁷ Vgl. Weber 1991 S.34

²⁹⁸ Vgl. <https://www.faz.net/aktuell/finanzen/meine-finanzen/2.2465/denkfehler-die-uns-geld-kosten-12-die-falsche-scheu-vor-dem-unbekannten-11734441.html> abgerufen am: 01.06.2020

²⁹⁹ Vgl. <https://www.faz.net/aktuell/finanzen/meine-finanzen/2.2465/denkfehler-die-uns-geld-kosten-12-die-falsche-scheu-vor-dem-unbekannten-11734441.htm> abgerufen am: 01.06.2020

³⁰⁰ Vgl. <https://www.handelsblatt.com/politik/konjunktur/oekonomie/nachrichten/subprime-krise-die-grosse-unbekannte-seite-3/2853712-3.html>, abgerufen am: 01.06.2020.

Experiment durchgeführt, in dem Teilnehmer 2 Lotterien mit folgenden Alternativenpaaren angeboten worden sind und sie sich jeweils für eine Alternative entscheiden müssen.³⁰¹

Alternativenpaar 1:

- 1a: Sicherer Gewinn von 1.000.000 €
- 1b: Man gewinnt mit 89%iger Wahrscheinlichkeit 1.000.000 €, mit 10%iger Wahrscheinlichkeit 5.000.000 € und mit 1%iger Wahrscheinlichkeit nichts

Alternativenpaar 2:

- 2a: Man gewinnt mit 11%iger Wahrscheinlichkeit 1.000.000 € und mit 89%iger Wahrscheinlichkeit nichts
- 2b: Man gewinnt mit 10%iger Wahrscheinlichkeit 5.000.000 € und mit 90%iger Wahrscheinlichkeit nichts

Bei dem ersten Alternativenpaar entscheiden sich die meisten Menschen für den sicheren Gewinn, also 1a, und bei der zweiten Wahl für die Alternative 2b. Auf den ersten Blick lässt sich nichts Paradoxes an dieser Entscheidung erkennen. In der folgenden Tabelle 7 werden, für die bessere Veranschaulichung, die Gewinne mit den zugehörigen Wahrscheinlichkeiten dargestellt. Dabei ist bspw. bei Alternative 2a die 11%ige Gewinnchance in die Spalte $p=0,1$ und $p=0,01$ für die bessere Übersichtlichkeit aufgeteilt worden, damit das Paradoxon direkt ersichtlich wird.³⁰²

	P=0,89	P=0,1	P=0,01
Alternative 1a	1.000.000 €	1.000.000 €	1.000.000 €
Alternative 1b	1.000.000 €	5.000.000 €	- €
Alternative 2a	- €	1.000.000 €	1.000.000 €
Alternative 2b	- €	5.000.000 €	- €

Tabelle 7: Allais-Paradoxon³⁰³

Die beiden Alternativenpaare unterscheiden sich lediglich dadurch, dass bei dem ersten Alternativenpaar eine hohe Wahrscheinlichkeit mit 89% für den Gewinn von 1.000.000 € besteht, die bei dem zweiten Alternativenpaar nicht besteht. Nach dem

³⁰¹ Vgl. Jost 2013, S.243f.

³⁰² Vgl. Jost 2013, S.243f.

³⁰³ Darstellung nach Jost 2013.

Unabhängigkeitsaxiom der Entscheidungstheorie ändert sich die Präferenz zwischen 2 Alternativen nicht, wenn eine dritte Alternative eingefügt wird. Auf diesen konkreten Fall bezogen bedeutet das, dass die Spalte $p=0,89$ bei keinem der beiden Alternativenpaare einen Einfluss auf die Entscheidung haben sollte, da sie bei der jeweiligen Auswahl identisch ist. Aus der Verhaltensökonomie ist jedoch bekannt, dass das Einführen sog. Trojaner (decoy) durchaus Einfluss auf die Entscheidungsarchitektur haben kann. Der Einfluss wird sichtbar, da sonst entweder 1a und 2a ausgewählt worden wären oder 1b und 2b, da diese beiden Alternativen jeweils identisch sind.³⁰⁴

Wieso die meisten Menschen das Unabhängigkeitsaxiom verletzen, lässt sich jedoch logisch erklären. Bei der ersten Auswahl wird der sichere Gewinn der riskanteren Alternative vorgezogen. Bei der zweiten Entscheidung unterscheiden sich die Wahrscheinlichkeiten nur minimal, dafür der potenzielle Gewinn umso mehr. Aus diesem Grund wird in diesem Fall der höhere Gewinn der höheren Wahrscheinlichkeit vorgezogen. Eine andere Erklärung für das irrationale Verhalten liefern Kahneman und Tversky mit dem sog. Sicherheitseffekt aus ihrer Prospect Theory, der in diesem Kontext mit folgendem Bsp. nochmals kurz dargestellt wird.³⁰⁵

Auswahl 1:

Mit einer Gewinnchance von 61% eine Gewinnsumme von 520.000 € gewinnen oder mit 63% eine Gewinnsumme von 500.000 € gewinnen.

Auswahl 2:

Mit einer Gewinnchance von 98% eine Gewinnsumme von 520.000 € gewinnen oder einen sicheren Gewinn von 500.000 € erhalten

Bei der ersten Auswahl entscheiden sich die meisten Menschen für die erste Option, da der Gewinnunterschied von 20.000 € bei ihnen einen größeren Eindruck hinterlässt als der Unterschied von lediglich 2 Prozentpunkten bei der Wahrscheinlichkeit. Diese Entscheidung ist auch bei dem Betrachten der Erwartungswerte (Option 1: 317.200 €; Option 2: 315.000 €) rational nachvollziehbar. Bei der zweiten Auswahl, bei der die Gewinnchancen jeweils um 37 Prozentpunkte erhöht worden sind, entscheiden sich die meisten Menschen paradoxerweise für die zweite Option, obwohl der Erwartungswert auch hier bei der Option 1 höher ist. Bei der zweiten Auswahl ist der Einfluss des sicheren Gewinns

³⁰⁴ Vgl. Jost 2013, S. 243f.

³⁰⁵ Vgl. Kahneman 2012, S. 312ff.

höher als der des zu erwartenden Nutzens. Kahneman nennt diesen Effekt den Sicherheitseffekt.³⁰⁶

Ein weiterer Ansatzpunkt zur Erklärung des Allais-Paradoxons stellt die „take the best“ Heuristik dar. Heuristiken als kognitive Abkürzungsstrategien werden ohne Berechnung von Wahrscheinlichkeit benutzt, um Entscheidungen zu fällen. Bei der „take the best“ Heuristik fällt die Entscheidung auf die Option, die als erste das beste bzw. am höchsten priorisierte Kriterium aufweist. Existiert zwischen den Optionen kein Unterschied bei dem besten Kriterium wird das zweitbeste Kriterium betrachtet usw. bis eine Option bei einem Kriterium überlegen ist.³⁰⁷ Auf das Allais-Paradoxon bezogen bedeutet das, dass man sich bei dem ersten Alternativenpaar für das Kriterium „Wahrscheinlichkeit“ entscheidet und bei dem zweiten Alternativenpaar für das Kriterium „Gewinn“.

3.4.3 Braess-Paradoxon

Das folgende Paradoxon steht nicht im direkten Zusammenhang zum Thema Wahrscheinlichkeit und Statistik. Es wird dennoch kurz präsentiert, weil es eine grundlegende Konsequenz aufzeigt. Das **Braess-Paradoxon** ist von dem deutschen Mathematiker Dietrich Braess entdeckt und nach ihm benannt worden. Er hat anhand von Verkehrsnetzen herausgefunden, dass „mehr“ nicht immer „besser“ ist, da eine zusätzliche Handlungsoption bei rationaler Entscheidung zu einer Verschlechterung für alle Beteiligten führen kann. Im Jahr 1968 befasste sich Dietrich Braess mit diesem Phänomen des Verkehrsflusses.³⁰⁸

Dabei betrachtete er 2 Straßen, die die Städte A und B miteinander verbinden. Diese Strecke wird regelmäßig von 4000 Verkehrsteilnehmern benutzt. Jeder Fahrer entscheidet sich grundsätzlich für die Strecke, die für ihn selbst am vorteilhaftesten ist. Das bedeutet entweder die zeitmäßig oder streckenmäßig günstigste Strecke. Der erste Teil der Strecke 1 nimmt immer 45 Minuten in Anspruch und der zweite Teil der Strecke ist abhängig von der Verkehrslage im Verhältnis Anzahl der Autos pro 100 Minuten. Bei der Strecke 2 ist die Situation genau anders herum. Dort nimmt der zweite Teil fixe 45 Minuten in Anspruch und der erste Teil ist im selben Verhältnis abhängig von der Verkehrslage (vgl. Abbildung 20).³⁰⁹

³⁰⁶ Vgl. Kahneman 2012, S. 229ff.

³⁰⁷ Vgl. Gigerenzer 2007.

³⁰⁸ Vgl. <https://www.lecturio.de/magazin/braess-paradoxon/>, abgerufen am 03.06.2020.

³⁰⁹ Vgl. <https://www.urbanist-magazin.de/stau-reisst-die-autobahn-ab/>, abgerufen am 03.06.2020.

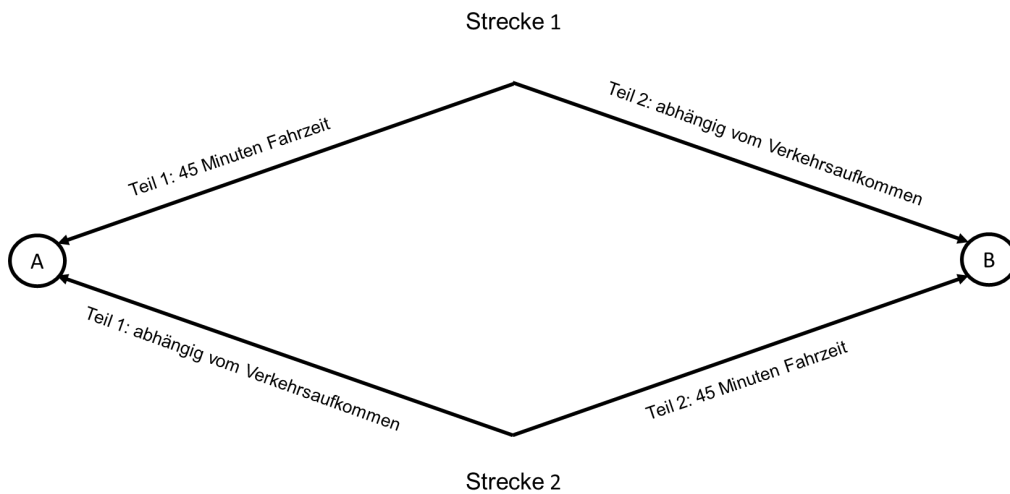


Abbildung 20: Verkehrsnetz zwischen Stadt A und Stadt B³¹⁰

Durch das oben erwähnte Verlangen der Verkehrsteilnehmer, stets die für sie vorteilhafteste Strecke zu verwenden, pendelt sich nach einer Weile ein Gleichgewicht auf beiden Strecken ein. Somit wird auf beiden Strecken eine Fahrzeit von 65 Minuten benötigt. Nun wird zwischen beiden Strecken noch eine zusätzliche Strecke 3 gebaut mit dem Ziel, das Verkehrsaufkommen zu verringern (vgl. Abbildung 21).

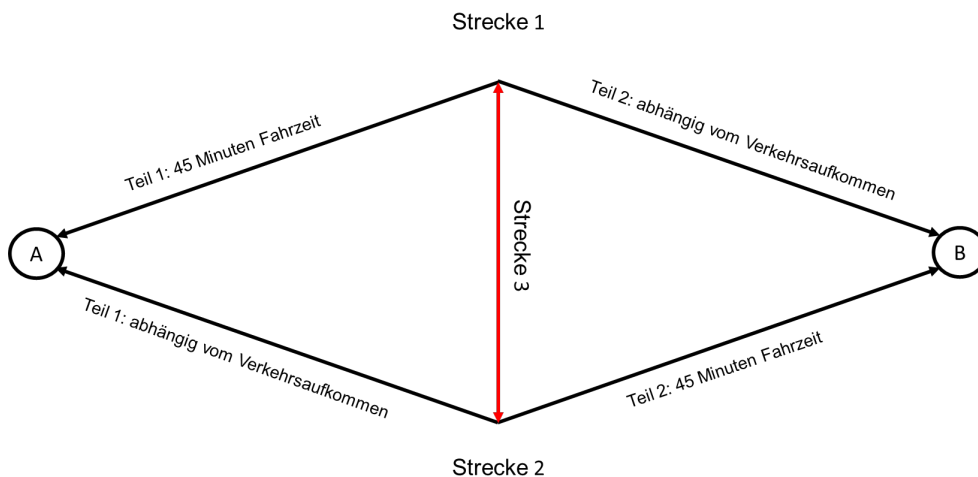


Abbildung 21: Verkehrsnetz zwischen Stadt A und Stadt B mit neuer Strecke 3³¹¹

Für diese Verbindung wird eine hypothetische Fahrzeit von 0 Minuten benötigt. Um die neue Strecke effektiv nutzen zu können, werden die Autofahrer den ersten Teil der

³¹⁰ Eigene Darstellung

³¹¹ Eigene Darstellung

Strecke 1 und den zweiten Teil der Strecke 2 verwenden. Bei voller Verkehrsauslastung benötigen sie dort jeweils 40 Minuten, also 5 Minuten weniger als die fixen 45 Minuten für den jeweils anderen Streckenteil. Somit müssen die Verkehrsteilnehmer am Ende für die Strecke von A nach B eine Fahrzeit von 80 Minuten einplanen, also 15 Minuten mehr als vor dem Bau der neuen Strecke. Durch die vermeintliche neue Abkürzung hat sich der Vorteil der Zeitersparnis auf den verkehrsabhängigen Streckenteilen durch die hohe Verkehrsaufgabe in einen Nachteil entwickelt. Diese Situation würde sich nur dann lösen lassen, wenn einige Verkehrsteilnehmer bereit wären, eine längere Fahrzeit über eine der Streckenalternativen auf sich zu nehmen, um das Verkehrsaufkommen zu verteilen. Da jedoch jeder Verkehrsteilnehmer die für sich günstigste Strecke fahren möchte, hat sich paradoxerweise die Hinzunahme einer weiteren Handlungsoption bei einer rationalen Entscheidung als ein Nachteil für alle Beteiligten herausgestellt.³¹²

Dieses Paradoxon könnte als rein theoretisch abgestempelt werden, jedoch tritt es sehr häufig in den Verkehrsnetzen auf. Im Jahr 2005 bspw. ist im Rahmen eines Erneuerungsprojektes in der südkoreanischen Hauptstadt Seoul eine Stadtautobahn abgerissen und an dieser Stelle ein Fluss wieder renaturiert worden. Viele Kritiker dieses Projektes befürchteten, dass sich das Verkehrsaufkommen auf den übrigen Straßen steigern würden. Doch das Gegenteil ist eingetreten. Die Fahrzeit reduzierte sich und der Verkehrsfluss verbesserte sich. Durch das Entfernen einer Handlungsoption hat sich die Lage für alle Beteiligten verbessert.³¹³

In New York City ist dieses Phänomen ebenfalls 1996 zu beobachten gewesen. Der Verkehrsbeauftragte der Stadt beschloss die 42. Straße zu schließen. Diese Straße ist eine der meistbefahrensten Straßen in New York. Alle Einwohner der Stadt haben noch mehr Staus und noch vollere Straßen befürchtet. Doch wie in Seoul ist das Gegenteil eingetreten und der Verkehrsfluss verbesserte sich durch die Schließung der 42. Straße.³¹⁴

³¹² Vgl. <https://www.lecturio.de/magazin/braess-paradoxon/>, abgerufen am 03.06.2020.

³¹³ Vgl. <http://blogs.cornell.edu/info2040/2019/09/19/braess-paradox-in-seoul-south-korea/>, abgerufen am 03.06.2020.

³¹⁴ Vgl. <https://www.nytimes.com/1990/12/25/health/what-if-they-closed-42d-street-and-nobody-noticed.html>, abgerufen am 03.06.2020.

3.4.4 Präventionsparadoxon

Das **Präventions-Paradoxon** steht beispielhaft für das Phänomen, dass Menschen ihr Verhalten negativ ändern, gerade weil ergriffene Handlungen und Maßnahmen, die ihr eigenes Verhalten beeinflusst haben, erfolgreich gewesen sind. Der Erfolg ist für die Menschen durch das Ausbleiben des Misserfolgs nicht sichtbar, abstrakt. Aufgrund mangelnder Salienz ist kein Zuordnen von Risiken möglich. Das Paradoxon stammt aus dem Bereich der Medizin. Während der aktuellen Corona-Pandemie tauchte dieser Begriff häufig in den Medien auf und ist von den führenden Virologen, wie z.B. Herr Prof. Christian Drosten in Interviews im Rahmen der Corona-Maßnahmen erwähnt worden.³¹⁵ Zum ersten Mal ist dieses Paradoxon vom britischen Epidemiologen Geoffrey Rose am Anfang der 1980er Jahre anhand von koronaren Herzkrankheiten (eine Verengung der Herzkranzgefäße durch Verkalkungen³¹⁶) beschrieben worden.³¹⁷ Folgendes Zitat von Rose stellt die Kernaussage dieses Paradoxons dar:

„A preventive measure that brings large benefits to the community offers little to each participating individual.“³¹⁸

Dieses Zitat stellt das Dilemma dar, welches immer bei präventiven Maßnahmen zu dem Schutz der Bevölkerung auftritt. Solche Maßnahmen haben einen großen Nutzen für die gesamte Gesellschaft, jedoch nicht für den einzelnen Bürger, da die Wahrscheinlichkeit, dass der einzelne Bürger persönlich von den Maßnahmen profitieren wird, sehr gering ist. Teilweise hat der einzelne Bürger dadurch sogar Nachteile.³¹⁹ Am Bsp. der aktuellen Corona-Pandemie ist die Schließung der Kitas und Schulen ein Bsp. Um die Inzidenz in Deutschland einzudämmen und die gesamte Bevölkerung zu schützen, sind die Schulen und Kitas geschlossen worden. Die Kinder und Jugendlichen haben jedoch dadurch eher einen Nachteil durch mangelnde Bildungsmöglichkeit erlitten.

Das Präventions-Paradoxon lässt sich auch andersherum betrachten. Eine Maßnahme, die für den einzelnen Bürger einen hohen Nutzen hat, muss nicht für die gesamte Gesellschaft einen Vorteil bringen. Ein passendes Bsp. hierfür stellt die Pflicht zum Tragen

³¹⁵ Vgl. https://www.focus.de/gesundheit/news/leute-behaupten-wir-haetten-ueberreagiert-praeventions-paradox-drosten-schickt-warnung-an-lockdown-kritiker_id_11933151.html, abgerufen am 12.05.2020.

³¹⁶ Vgl. <https://www.apotheken-umschau.de/Koronare-Herzkrankheit>, abgerufen am 22.05.2020.

³¹⁷ Vgl. <https://www.leitbegriffe.bzga.de/alphabetisches-verzeichnis/praeventionsparadox/>, abgerufen am 22.05.2020.

³¹⁸ <https://boris.unibe.ch/66658/1/9783110336061.1-1.pdf>, abgerufen am 22.05.2020.

³¹⁹ Vgl. Egger; Razum, 2014, S.16f.

eines Sicherheitsgurtes im Auto dar. Für den einzelnen hat dieser Sicherheitsgurt bei einem Unfall einen hohen Nutzen, aber die gesamte Bevölkerung hat die meiste Zeit jedoch keinen Nutzen davon.³²⁰

Ein weiterer Teil dieses Paradoxons stellt die sinkende Akzeptanz der Gesellschaft gegenüber wirkenden Maßnahmen dar. Dieses Phänomen ist ebenfalls während der aktuellen Pandemie zu erkennen. Die Maßnahmen zur Eindämmung der Ausbreitung des Corona-Virus haben ihren gewünschten Erfolg erzielt und eine große Gefahr konnte verhindert werden. Doch gerade weil diese Maßnahmen ihre erhoffte Wirkung gezeigt haben, sinkt die Akzeptanz der Bevölkerung immer mehr, da sie Folgen und deren Eintrittswahrscheinlichkeiten (= Risiken), die ohne diese Maßnahmen aufgetreten wären, nicht realisieren, nicht wahrnehmen können.³²¹ Dieses Phänomen ist ebenfalls aus der kontroversen Diskussion über die Impfpflicht bekannt. Durch die bevölkerungsweite Impfung gegen bestimmte Infektionskrankheiten wird die Inzidenz dieser Krankheit durch Herdenimmunität verringert. Dieses Vorgehen ist zunächst in der Bevölkerung akzeptiert. Jedoch verlieren die Bürger im Laufe der Zeit durch die Verringerung der Inzidenz das klinische Bild und die Schwere des Krankheitsverlaufs dieser Infektionskrankheiten aus den Augen. Dadurch sinkt bei Teilen der Bevölkerung die Akzeptanz für die Impfung und die Nebenwirkungen werden als schwerwiegender aufgefasst als die eigentliche Krankheit selbst. Vertrauensverlust gegenüber der Wirksamkeit der Impfung, sinkende Impfquoten und Impfbereitschaften bis hin zur Impfverweigerung sind die Folgen. Dies kann wiederum zum erneuten Ausbruch der eigentlich beseitigten Infektionskrankheiten führen. Das neue Auftreten der Krankheit steigert daraufhin wieder die Impfbereitschaft in der Bevölkerung.³²² Um das Präventions-Paradoxon möglichst gering zu halten, empfiehlt übrigens die Weltgesundheitsorganisation (WHO) seit Anfang der 2000er Jahre, bei präventiven Maßnahmen immer auf das Gleichgewicht zwischen Bevölkerungs- und Teilpopulationsstrategie (die Maßnahmen betreffen ausnahmslos die gesamte bzw. einen bestimmten Teil der Bevölkerung) und der Hock-Risiko-Strategie (die Maßnahmen werden gezielt auf die betreffenden Bevölkerungsgruppen eingesetzt) zu achten, um die Akzeptanz in der Bevölkerung so hoch wie möglich zu halten.³²³

³²⁰ Vgl. Egger; Razum 2014, S.16f.

³²¹ Vgl. <https://www.sueddeutsche.de/politik/coronavirus-corona-krise-einschraenkungen-lockerungen-umfragen-1.4904085>, abgerufen am 01.06.2020.

³²² Vgl. <https://www.leitbegriffe.bzga.de/alphabetisches-verzeichnis/praeventionsparadox/>, abgerufen am 22.05.2020.

³²³ Vgl. World Health Organization 2002.

4 Manipulation von Statistik

Prof. Dr. K.-U. Remmerbach, Grit Steude

Eine statistische Erhebung kann als analytische Untersuchung betrachtet werden. Eine analytische Untersuchung bearbeitet eine Fragestellung und ermittelt ein Ergebnis, das Schlussfolgerungen auf künftige Handlungsweise ermöglicht. Sind alle Aufgaben erfüllt, war die Untersuchung erfolgreich. Analog zu einer analytischen Untersuchung lassen sich folgende Arbeitsschritte zum Ablauf einer statistischen Erhebung formulieren. Tabelle 8 zeigt die Analogie anhand zweier Bsp. (es wird im Folgenden mehrfach auf die SARS-CoV-2-Infektion zurückgekommen).

Arbeitsschritte	A) Analytische Untersuchung: pH-Wert Elbe ³²⁴	B) Statistische Erhebung: Sterblichkeitsrate der SARS-CoV-2-Infektion ^{325 326}
0. Fragestellung	Der Fluss Elbe unterliegt regelmäßigem Umweltmonitoring. Dazu gehört die Prüfung zur Einhaltung des: $\text{pH} \geq 7,0$. Wird dieser Grenzwert eingehalten?	Zur Einschätzung der Pandemiemaßnahmen wird eine Studie zur Sterblichkeit durchgeführt. Hat die Corona-Infektion eine höhere Mortalität als andere Virusinfektionen?
1. Datenerhebung	Probenahme inkl. pH-Messungen in der Elbe	Versuchspersonentests in einer Gemeinde auf das Erreger-Virus und dessen Antikörper
2. Datenverarbeitung	Auswertung und Zusammenstellung der pH-Messungen	Auswertung und Zusammenstellung der Testbefunde
3. Datendarstellung	Mitteilung des Ergebnisses im Vergleich zum Grenzwert	Mitteilung des Ergebnisses im Vergleich zu anderen Virusinfektionen
4. Schlussfolgerung	Überschreiten des Grenzwertes: Ursachenforschung; Einhaltung des Grenzwertes: Keine Maßnahme erforderlich	Handlungsempfehlungen z.B. zur Verschärfung oder Lockerung der Kontakteinschränkungen

Tabelle 8: Analogie zwischen analytischer Untersuchung und statistischer Erhebung³²⁷

³²⁴ Konstruierter Fall zur Veranschaulichung. Alle weiteren Daten, die sich auf diesen Fall beziehen sind frei erfunden.

³²⁵ SARS-CoV-2 bezeichnet das verantwortliche Virus für die COVID-19-Krankheit (Corona-Krankheit); Vgl. RKI 2020, https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Steckbrief.html#doc13776792bodyText1, abgerufen am 07.06.2020.

³²⁶ Vgl. Streeck, Schulte, Kümmerer, Richter, Höller, Fuhrmann, Bartok, Dolscheid, Berger, Wessendorf, Eschbach-Bludau, Kellings, Schwaiger, Coenen, Hoffmann, Stoffel-Wagner, Nöthen, Eis-Hübinger, Exner, Schmithausen, Schmidt, Hartmann 2020, https://www.ukbonn.de/C12582D3002FD21D/vwLookupDownloads/Streeck_et_al_Infection_fatal_rate_of_SARS_CoV_2_infection2.pdf/%24FILE/Streeck_et_al_Infection_fatal_rate_of_SARS_CoV_2_infection2.pdf, abgerufen am 24.05.2020.

³²⁷ Eigene Darstellung.

Diese Arbeitsschritte können zudem auf andere Formen der Studie wie Umfrage-Studien oder Dokumentanalyse übertragen werden. Mittels obiger sequentieller Arbeitsschritte und der beiden Bsp. werden im Folgenden manipulationsverdächtige Studien systematisch untersucht.

4.1 Datenerhebung

4.1.1 Repräsentativität

Bei Betrachtung des Beispiels A) pH-Wert der Elbe fällt auf, dass die **Datenerhebung** sorgfältig geplant sein will. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Elbe entlang des gesamten Laufes die exakt gleiche Zusammensetzung hat. Daher ist es nicht zweckdienlich, Proben (Erhebungseinheiten oder Untersuchungsobjekte genannt) nur an der Elbquelle zu nehmen oder die Probenahme bspw. auf Hamburg zu beschränken.

Damit eine Probenahme (oder Datenerhebung) aussagekräftig wird, muss sie die Eigenschaften (Interessierende Variable oder Merkmal) des gesamten Untersuchungsobjekts – also der gesamten Elbe – widerspiegeln. Erfüllt eine Datenerhebung diese Bedingung, ist sie repräsentativ. **Repräsentativität** ist ein Begriff aus der Inferenzstatistik (auch Induktive Statistik oder Schließende Statistik)³²⁸. **Inferenzstatistik** wird genutzt, wenn es nicht möglich ist, eine Eigenschaft des gesamten Objekts (Grundgesamtheit oder Population) zu untersuchen, zu messen, zu erfragen. Vielmehr wird anhand von Schätzungen von einer Stichprobe auf Variablen der Grundgesamtheit geschlossen. Dieses Verfahren wird auch Hochrechnung genannt.³²⁹ In Tabelle 9 werden die Grundbegriffe der Inferenzstatistik veranschaulicht.³³⁰

³²⁸ Vgl. Krickhahn, Poß 2013, S. 30.

³²⁹ Vgl. Kyrer 2001, S. 251.

³³⁰ Vgl. Quatember 2019, S. 1-2.

Begriff	A) pH-Wert Elbe	B) Sterblichkeitsrate der SARS-CoV-2-Infektion
Grundgesamtheit	Gesamte Elbe	Gesamtbevölkerung Deutschlands
Stichprobe = Gesamtheit der Erhebungseinheiten	Proben an 10 Stellen der Elbe in gleichmäßigen Abständen von Elbequelle bis Mündung	„ Heinsberg-Studie “ Test von 919 Personen in der Gemeinde Gangelt (Kreis Heinsberg) auf das Erreger-Virus und dessen Antikörper ³³¹
Merkmal oder Variable	pH-Wert	Sterblichkeit infolge einer Infektion

Tabelle 9: Veranschaulichung der Grundbegriffe der Inferenzstatistik mit Hilfe der Ausgangsbeispiele³³²

Wie eingangs angedeutet, sind Grundgesamtheiten meist heterogen zusammengesetzt, z.B. im Falle der Bevölkerung im Hinblick auf Alter, soziale Stellung, Lebensstil, etc. Um die Repräsentativität der Stichprobe sicherzustellen, gibt es unterschiedliche Verfahren. Je nach Fragestellung und Art der Datenerhebung (Messen, Beobachten, Befragen, usw.) ist sicherzustellen, dass die Stichprobenauswahl zufällig passiert und der Stichprobenumfang entsprechend groß gewählt wird.³³³

Wie würde dies bei den Bsp. A) und B) aussehen?

- A) pH-Wert Elbe: Die Probenahme muss gleichmäßig verteilt und in entsprechend hoher Anzahl (z.B. 10 Messpunkte) über die gesamte Länge der Elbe erfolgen.
- B) Sterblichkeitsrate der SARS-CoV-2-Infektion: Idealerweise muss in jeder Region Deutschlands entsprechend der jeweiligen Bevölkerungsdichte eine bestimmte Anzahl von Personen getestet werden. Das Profil dieser Testpersonen muss in Hinblick auf Alter, Lebensweise, etc. dem der Bevölkerung der Bundesrepublik entsprechen. Im Falle der Heinsberg-Studie trifft dies nicht zu. Die Forscher selbst geben in ihrer Veröffentlichung an, dass etwa der prozentuale Anteil der getesteten Menschen jünger als 5 Jahre 0,65 % beträgt, was deutlich unter dem Bundesdurchschnitt von 5 % liegt. Der Anteil der 60- bis 79-jährigen lag bei 28,94 % während der

³³¹ Vgl. Streeck, et. al. 2020, https://www.ukbonn.de/C12582D3002FD21D/vwLookupDownloads/Streeck_et_al_Infection_fatality_rate_of_SARS_CoV_2_infection2.pdf/%24FILE/Streeck_et_al_Infection_fatality_rate_of_SARS_CoV_2_infection2.pdf, abgerufen am 24.05.2020.

³³² Eigene Darstellung.

³³³ Vgl. Quatember 2019, S 3-4.

Bundesdurchschnitt dieser Altersgruppe 21,67 % beträgt.³³⁴³³⁵ Zwar haben die Verantwortlichen in der Heinsberg-Studie die Empfehlung der WHO zum Stichprobenumfang berücksichtigt, und sogar übererfüllt, allerdings wird die Qualität der Stichprobe nicht durch die Quantität (d.h. eine hohe Anzahl an Versuchspersonen) garantiert, wenn deren Altersverteilung nicht der der Bundesrepublik entspricht.³³⁶

Generell ist es zu prüfen, woher die Daten stammen. Wurden bei Befragungen alle Bevölkerungsgruppen hinsichtlich Alter, Bildungshintergrund, Berufsgruppe, Geschlecht, Migrationshintergrund, etc. gleichermaßen berücksichtigt? Wenn z.B. der Fleischkonsum erfragt wird, ergibt eine alleinige Befragung der Gäste eines veganen Restaurants ebenso wenig sinnvolle Ergebnisse wie die alleinige Befragung z.B. in einem XXL-Schnitzelhaus. Bei Messungen muss aus den Daten hervorgehen, dass das gesamte Messobjekt untersucht wird. Ein Lärmpegel an einer Straße z.B. muss deshalb zu verschiedenen Tageszeiten durchgeführt werden, um die tatsächliche Lärmbelastung der Anwohner beurteilen zu können.

4.1.2 Suggestive Fragestellung

Eine empirische Studie mittels statistischer Erhebung hat immer zum Ziel, neue Informationen zu erhalten. Dies ist bei sog. Suggestivfragen nicht der Fall. Hier stecken Erwartungen oder Meinungen des, der Fragestellenden direkt in der Frage und beeinflussen so die Antwort der Befragten.³³⁷

Ein Bsp. hierfür bietet eine 2017 durchgeführte Umfrage des Marktforschungsinstituts YouGov zur Wichtigkeit des Klimaschutzes. Die Fragestellung lautete:

„Laut einer Studie wurde in Deutschland dieses Jahr bereits nach drei Monaten so viel CO₂ ausgestoßen, wie nach dem Pariser Abkommen in einem Jahr ausgestoßen werden soll. Wie wichtig ist Ihnen der Klimaschutz?“³³⁸

Das Ergebnis lautete, dass 81 % der Befragten dieses Thema wichtig oder sehr wichtig ist.³³⁹ Allerdings lenkt die Vorabinformation die Meinung der Befragten bereits vor der

³³⁴ Daten von Heinsberg-Studie: Vgl. Streeck et. al. 2019,

https://www.ukbonn.de/C12582D3002FD21D/vwLookupDownloads/Streeck_et_al_Infection_fatality_rate_of_SARS_CoV_2_infection2.pdf/%24FILE/Streeck_et_al_Infection_fatality_rate_of_SARS_CoV_2_infection2.pdf, abgerufen am 25.05.2020.

³³⁵ Daten zur Bundesbevölkerung: Vgl. Statistisches Bundesamt 2019, <https://ezproxy.fh-muenster.de:2120/statistik/daten/studie/1351/umfrage/altersstruktur-der-bevoelkerung-deutschlands/>, abgerufen am 08.06.2020.

³³⁶ Vgl. Quatember 2019, S. 3-4.

³³⁷ Vgl. Dempster, Hanna 2019, S. 133.

³³⁸ Vgl. Inhoffen 2017, <https://yougov.de/news/2017/04/12/umfrage-dem-grossteil-der-deutschen-ist-der-klimas/>, abgerufen am 26.05.2020.

³³⁹ Vgl. Inhoffen 2017, <https://yougov.de/news/2017/04/12/umfrage-dem-grossteil-der-deutschen-ist-der-klimas/>, abgerufen am 26.05.2020.

eigentlichen Frage in diese gewünschte Richtung, dass Deutschland mit der Einhaltung seiner Klimaziele nicht erfolgreich ist und damit ein stärkeres Engagement seitens der Regierung und Bevölkerung erforderlich ist. Eine neutrale Fragestellung könnte wie folgt lauten: „Wie wichtig ist Ihnen der Klimaschutz?“

4.1.3 Vergleichbarkeit von Variablen

Zum Erkenntnisgewinn statistischer Erhebungen gehört es, Ergebnisse mehrerer Erhebungen miteinander zu vergleichen. Oft werden Daten der Variablen jedoch unter unterschiedlichen Bedingungen erhoben.³⁴⁰ Dies ist z.B. dann der Fall, wenn Behörden oder Institute verschiedener Länder Studien durchführen.

Ein Bsp. liefert der Ländervergleich zur Sterblichkeit infolge der COVID-19-Infektion. Da es nicht immer und überall möglich ist, eine Studie wie z.B. die Heinsberg-Studie durchzuführen, wird bei Ländervergleichen die sog. Übersterblichkeit als Variable hinzugezogen.³⁴¹ Übersterblichkeit beschreibt eine erhöhte Anzahl von Todesfällen pro z.B. Kalenderwoche gegenüber einer erwarteten Anzahl von Todesfällen in derselben Kalenderwoche im Durchschnitt vergangener Referenzjahre.³⁴² Wenn diese Übersterblichkeit mit den gemeldeten COVID-19-Todesfällen abgeglichen wird, kann ein Maß für die tatsächliche Sterblichkeit infolge des COVID-19-Virus ermittelt werden. Die Zeitschrift *The Economist* hat dazu die folgende Grafik veröffentlicht (Abbildung 22).³⁴³

³⁴⁰ Vgl. Christensen, Christensen 2018, S. 132-133.

³⁴¹ Vgl. EuroMOMO 2020, <https://www.euromomo.eu/>, abgerufen am 07.06.2020.

³⁴² Vgl. RKI 2015, https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2015/Ausgaben/03_15.pdf?__blob=publication-File, abgerufen am 07.06.2020.

³⁴³ Vgl. The Economist 2020: <https://www.economist.com/graphic-detail/2020/04/16/tracking-covid-19-excess-deaths-across-countries>, abgerufen am 27.05.2020.

Excess mortality since region/country's first 50 covid deaths

Updated on May 12th 14:52 UTC

REGION / COUNTRY	TIME PERIOD	COVID-19 DEATHS	TOTAL EXCESS DEATHS	COVID-19 AS % OF TOTAL
Britain	Mar 14th-May 1st	36,649	50,972	72%
Spain	Mar 11th-Apr 28th	23,787	30,692	78%
Italy	Feb 26th-Mar 31st	12,418	25,807	48%
France	Mar 10th-Apr 27th	23,263	25,023	93%
New York City	Mar 15th-Apr 18th	14,411	15,970	90%
Netherlands	Mar 16th-Apr 26th	4,455	8,660	51%
Belgium	Mar 16th-Apr 26th	7,559	7,397	102%
Istanbul	Mar 22nd-Apr 25th	1,343	3,067	44%
Sweden	Mar 18th-Apr 28th	2,686	2,933	92%
Jakarta	Mar 1st-Apr 30th	381	2,785	14%
Austria	Mar 23rd-Apr 5th	188	330	57%

Abbildung 22: Übersterblichkeit (Total Excess Deaths) und COVID-19-bedingte Todesfälle (COVID-19 Deaths) mehrerer Länder im Vergleich³⁴⁴

Bei Betrachtung von Abbildung 22 fällt auf, dass sich Übersterblichkeit sehr ungleichmäßig mit den COVID-19-Todesfällen deckt. In Belgien werden 102 % der Übersterblichkeit dem COVID-19-Virus zugeschrieben, während es in Istanbul lediglich 44 % und in Italien nur 48 % sind.

Bedeutet dies, dass das COVID-19-Virus in Belgien tödlicher ist als in Istanbul?

Im Falle Italien führt die Statistik ausschließlich jene Sterbefälle auf das COVID-19-Virus zurück, die vorher positiv auf das Virus getestet wurden.³⁴⁵ Konkret sind dies 12418 Todesfälle von insgesamt 25807 Übersterblichkeits-Todesfällen (12418/25807 entspricht 48 %). Der italienische Politiker Giorgio Gori, Bürgermeister der lombardischen Stadt Bergamo, äußerte im Interview mit dem *Spiegel International*, dass viele Einwohner zu Hause sterben, ohne, dass deren Todesursache aufgeklärt wurde.³⁴⁶ Es liegt also nahe, dass die wirkliche Anzahl der COVID-19-Todesfälle höher ist und zumindest für das

³⁴⁴ Quelle: The Economist 2020, <https://www.economist.com/graphic-detail/2020/04/16/tracking-covid-19-excess-deaths-across-countries>, abgerufen am 27.05.2020.

³⁴⁵ Vgl. The Economist 2020: <https://www.economist.com/graphic-detail/2020/04/16/tracking-covid-19-excess-deaths-across-countries>, abgerufen am 27.05.2020.

³⁴⁶ Vgl. Hornig 2020, <https://www.spiegel.de/international/europe/italian-mayor-on-the-coronavirus-make-good-use-of-the-time-you-still-have-left-a-ffd1c9b6-8d2c-42c9-baa9-a578d185e90a>, abgerufen am 30.05.2020.

besonders betroffene Bergamo eine Unterschätzung der COVID-19-Sterblichkeit vorliegt.³⁴⁷

Für Istanbul liegt ebenfalls eine Unterschätzung nahe. In Istanbul leben schätzungsweise 8000 obdachlose Menschen³⁴⁸. Es ist jedoch bekannt: je ärmer die Menschen oder die Regionen sind, desto weniger Testkapazitäten für COVID-19 stehen zur Verfügung.³⁴⁹

In Belgien dagegen wurden alle Todesfälle dem COVID-19-Virus zugeschrieben, die nicht nur positiv auf das Virus getestet waren, sondern auch all jene, die COVID-19-ähnliche Symptome zeigten. Da Übersterblichkeit auch andere Ursachen haben kann, liegt in solchen Fällen das Risiko einer Überschätzung der COVID-19-Sterblichkeit nahe.³⁵⁰

Allgemein ist es daher ratsam, genau zu prüfen, ob die angegebenen Zahlen vollständig sind, ob die Variablen auf die gleiche Weise ermittelt wurden und ob sich womöglich andere Variablen in den Daten verstecken, die auf die Datenerhebung Einfluss nehmen können (z.B. der Reichtum eines Landes).

Generell bietet die **Reproduzierbarkeit** einen Hinweis auf die Qualität und Vollständigkeit von Daten oder Statistiken. Forschungsstudien werden wiederholt, um deren Ergebnisse zu bestätigen. Wenn die Wiederholungsstudie trotz selber Test- und Auswertebedingungen nicht dieselben Ergebnisse liefert, sind möglicherweise Datenerhebungen und oder Auswertungen zu überprüfen.³⁵¹

4.2 Datenverarbeitung

Nachdem die Daten einer Studie oder Umfrage gesammelt wurden, müssen sie auf geeignete Weise verarbeitet werden. Diese Ergebnisse dienen als Grundlage für künftige Entscheidungen. Im Folgenden sind häufig auftretende Fehler beschrieben, mit denen sowohl die Erstellenden als auch die Empfangenden, Verarbeitenden und Entscheidenden von Statistiken konfrontiert werden.

Bei der Datenverarbeitung muss grundsätzlich zwischen Qualitätskontrolle und Forschung unterschieden werden.

³⁴⁷ Vgl. The Economist 2020: <https://www.economist.com/graphic-detail/2020/04/16/tracking-covid-19-excess-deaths-across-countries>, abgerufen am 27.05.2020.

³⁴⁸ Vgl. Çaylak, Graaf, https://www.deutschlandfunkkultur.de/obdachlos-in-istanbul-der-kampf-um-dach-und-job.979.de.html?dram:article_id=469488, abgerufen am 27.05.2020.

³⁴⁹ Vgl. The Economist 2020, <https://www.economist.com/graphic-detail/2020/04/16/tracking-covid-19-excess-deaths-across-countries>, abgerufen am 27.05.2020.

³⁵⁰ Vgl. The Economist 2020, <https://www.economist.com/graphic-detail/2020/04/16/tracking-covid-19-excess-deaths-across-countries>, abgerufen am 27.05.2020.

³⁵¹ Vgl. Dempster et. al. 2019, S. 55.

Bei statistischen Problemstellungen, die in die Qualitätskontrolle (z.B. regelmäßige Kontrollen der Oberflächengewässer³⁵² oder Reinheitsuntersuchung von Arzneimitteln) fallen, wo also der Sollwert bekannt ist, sind Standards zur Datenverarbeitung festgelegt. Dies geschieht z.B. durch Behörden und Fachausschüsse, z.B. durch EU und FDA in Form der GMP-Richtlinie für Arzneimittel.³⁵³

Bei Forschungsaufgaben wird die Methodik entsprechend Fachgebiet, Problemstellungen und Erfahrungsschatz ständig angepasst. Nach Vorabveröffentlichungen von Studien als Preprints wird die Methodik der Studie und die Belastbarkeit der Ergebnisse in Fachkreisen diskutiert³⁵⁴. Dabei wird – bei dem COVID-19 Bsp. – ggf. auf Rechenfehler (z.B. bei der Heinsberg-Studie³⁵⁵) aufmerksam gemacht und Vorschläge zu zweckmäßigeren (statistischen) Methoden unterbreitet wie bei der Studie an der Berliner Charité: *An analysis of SARS-CoV-2 viral load by patient age*³⁵⁶. Zur Qualitätskontrolle bei Veröffentlichungen in Fachzeitschriften wird das sog. Peer Review eingesetzt, bei dem der Artikel von gleichrangigen, unabhängigen Wissenschaftlern begutachtet wird und deren Stellungnahmen oder Kritik beachtet und ggf. eingearbeitet werden müssen³⁵⁷.

4.2.1 Median vs. Mittelwert

Statistische Erhebungen, bei denen die gesammelten Variablen aus konkreten Werten wie Gehalt, Körpergröße oder pH-Wert (s. Bsp. A)) bestehen – also keine z.B. Ja/Nein-Antworten aus Befragungen sind – wird als Ergebnis häufig als **Mittelwert** (synonym **arithmetisches Mittel** oder **Durchschnitt**) angegeben. Dieser wird ermittelt, indem alle Variablenwerte addiert und danach durch Anzahl der Beobachtungen, Messungen oder Antworten geteilt werden. Wenn die aufgenommenen Werte gleichmäßig verteilt sind, gibt das arithmetische Mittel einen guten Aufschluss über die gesammelten Daten. Gehören jedoch Extremwerte (auch Ausreißer genannt) zu den Daten, beeinträchtigt dies den Mittelwert.³⁵⁸

Eine statistische Größe, die robust gegen Ausreißer ist, ist der **Median**. Hierbei werden die gesammelten Daten nach Größe geordnet und der Wert angegeben, der genau in

³⁵² Vgl. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften 2000, https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0003.02/DOC_1&format=PDF, abgerufen am 07.06.2020.

³⁵³ Vgl. EDQM 2020, <https://www.edqm.eu/en/european-pharmacopoeia-background-50.html>, abgerufen am 01.06.2020.

³⁵⁴ Vgl. Nguyen-Kim 2020, <https://www.youtube.com/watch?v=De5FGogMWzQ>, abgerufen am 01.06.2020 und Vgl. Drosten 2020 <https://www.youtube.com/watch?v=fOHB6PtcoMU>, abgerufen am 01.06.2020.

³⁵⁵ Sahm, Sahm 2020, <https://www.faz.net/aktuell/wissen/corona-die-statistik-schwaechen-der-heinsberg-studie-16758326.html>, abgerufen am 02.06.2020.

³⁵⁶ Vgl. McConway, Spiegelhalter 2020, https://medium.com/@d_spiegel/is-sars-cov-2-viral-load-lower-in-young-children-than-adults-8b4116d28353, abgerufen am 07.06.2020.

³⁵⁷ Vgl. ELSEVIER 2020, <https://www.elsevier.com/reviewers/what-is-peer-review>, abgerufen am 01.06.2020.

³⁵⁸ Vgl. Krickhahn 2019, S.61-68, 87.

der Mitte steht. Bei gerader Anzahl von Daten stehen in der Mitte 2 Werte. Um den Median solcher Datenreihen zu erhalten, wird das arithmetische Mittel dieser beiden mittleren Zahlen gebildet.³⁵⁹

Veranschaulicht wird der Sachverhalt in Bsp. A) pH-Wert der Elbe: Um die Einhaltung des Grenzwertes von $\text{pH} \geq 7,0$ für Flüsse zu überprüfen, wurden über die gesamte Flusslänge der Elbe 10 Proben entnommen und deren pH-Wert bestimmt. Was die Behörden nicht wissen, ist, dass 1 Stunde vor der Messung ein Bürger illegalerweise seine Schwefelsäure enthaltenden und auslaufenden Autobatterien in unmittelbarer Nähe von Messstelle 5 entsorgt hat. Die Messwerte und Ergebnisse sind in Tabelle 10 aufgeführt.

Messpunkt	Messung (pH)	Messung aufsteigend geordnet
1	7,2	1,0
2	7,3	7,1
3	7,1	7,1
4	7,3	7,1
5	1,0	7,2
6	7,2	7,2
7	7,2	7,2
8	7,3	7,1
9	7,1	7,3
10	7,1	7,3
Arithmetisches Mittel	6,6	-
Median	-	7,2

Tabelle 10: Arithmetisches Mittel und Median am Bsp. A) pH-Wert der Elbe³⁶⁰

Wie in Tabelle 10 zu erkennen, ist unter den 10 Messwerten ein Ausreißer. Würde zur Beurteilung der Elbwasserqualität nur der Mittelwert hinzugezogen, würden Umweltbehörden vermutlich sofort Alarm schlagen. Bei Betrachtung des Medians hingegen scheint der pH-Wert der Elbe im Normbereich zu liegen. Den Behörden obliegt nun die Aufgabe, die Ursache des Ausreißers zu identifizieren.

Mit der Problematik des verzerrten Mittelwertes hängt das sog. **Will-Rogers-Phänomen** zusammen. Erklären lässt sich dies an folgendem Bsp.: Es gibt 2 Schulklassen mit unterschiedlichen durchschnittlich Körpergrößen: eine in Amsterdam, Niederlande (Grundgesamtheit A; Durchschnittliche Körpergröße der Kinder: 140 cm) und eine in Bangkok,

³⁵⁹ Vgl. Krickhahn 2019, S.61-68, 87.

³⁶⁰ Eigene Darstellung.

Thailand (Grundgesamtheit B, Durchschnittsgröße: 125 cm). Zieht eines der niederländischen Kinder mit einer Körpergröße kleiner als 140 cm nach Bangkok so vergrößert es die Durchschnittsgröße beider Klassen. Wenn eines der thailändischen Kinder, das größer als 125 cm ist, nach Amsterdam zieht, verkleinert es die durchschnittliche Körpergröße beider Klassen. Allgemein ausgedrückt: Damit das Will-Rogers-Phänomen auftreten kann, muss das wandernde Element zwischen den Mittelwerten der beiden Grundgesamtheiten liegen.³⁶¹

In der Medizin bspw. wird dieses Phänomen (hier **Stage Migration** genannt) oft untersucht, um Ergebnisse klinischer Krebsstudien auf systematische Verschiebung von Risikogruppen zu beurteilen. Im Jahr 2019 wurde vom *University College* London eine Studie veröffentlicht, die das Auftreten des Will-Rogers-Phänomens nach Einführung neuer Diagnostiktechniken für Prostatakrebs untersuchte. Ziel der Studie war es einzuschätzen, ob Patienten einer ursprünglich niedrigeren Risikogruppe nun der höheren Risikogruppe zuzuordnen sind. Dadurch steigt der Behandlungserfolg der Gruppe mit niedrigem Risiko an, da diese Gruppe nicht mehr durch Hochrisiko-Patienten „kontaminiert“ werden. Der Behandlungserfolg der Gruppe mit höherem Risiko steigt ebenfalls an, da nun mehr Patienten mit weniger aggressivem Krebs in dieser Gruppe sind. Es wird daher vermutet, dass allein dieses Phänomen für die statistisch verbesserte Behandlung von Prostatakrebs verantwortlich ist. Das Ergebnis der Studie war tatsächlich, dass 20 % der Patienten einer höheren Risikogruppe zugeordnet wurden. Die Verschiebung der Patienten in Gruppen höheren Risikos hat zwar den Vorteil einer früheren Erkennung und damit angepassten Behandlung, allerdings diskutieren die Forscher in dieser Studie auch, ob der höhere Behandlungserfolg doch nicht nur einem statistischen Artefakt zuzuschreiben ist.³⁶²

4.2.2 Unzutreffende Extrapolationen

„Nuclear powered vacuum cleaners will probably be ready within ten years.“ – Alex Lewyt, Staubsaugerhersteller und Gründer der Lewyt Corporation (1955)³⁶³

1955 ließ sich der US-amerikanische Staubsaugerhersteller zu dieser Prognose hinreißen, da damals Atomkraft als Energielösung für beinahe jedes Problem galt; u.a. wurden Stromkraftwerke, Schiffe und U-Boote damit ausgestattet.³⁶⁴

Grund solcher falscher Prognosen (s. S. 80, Kapitel 3.3.1) oder **Extrapolationen** ist die Annahme, dass aktuelle Trends ohne Veränderung fortgesetzt werden können. Ein

³⁶¹ Vgl. Golder 2019, S. 348-354

³⁶² Vgl. Bass, Orczyk, Grey, Freeman, Jameson, Punwani, Ramachandran, Allen, Emberton, Ahmed 2019, S. 643-648.

³⁶³ Seidensticker 2006, S. 168.

³⁶⁴ Vgl. Seidensticker 2006, S. 168.

Trend beschreibt den Zusammenhang zwischen 2 oder mehr Variablen. Der meist verwendete und auch am besten vorstellbare Zusammenhang ist eine **lineare Funktion**.³⁶⁵ Bsp. für eine lineare Funktion: Variable 1 ist die Zeit, Variable 2 ist das Wachstum einer Pflanze. Liegt ein linearer Zusammenhang vor, ist die Pflanze nach einer Woche z.B. um 2 Zentimeter gewachsen und nach einer weiteren Woche um weitere 2 Zentimeter. Insgesamt ist die Pflanze in den 2 Wochen um 4 Zentimeter gewachsen.

Ein Bsp. einer falschen Trendextrapolation liefert Abbildung 23. Hier wird die Prognose aus den 70er und 80er Jahren für den pro-Kopf-Wasserverbrauch für die Bundesrepublik Deutschland gezeigt.

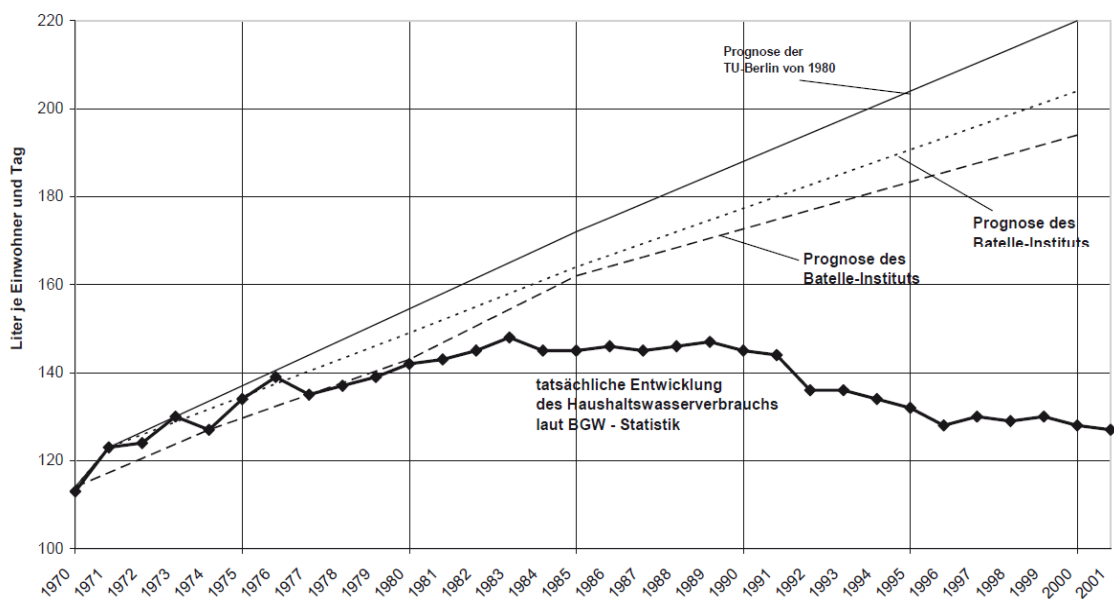


Abbildung 23: Prognose und tatsächliche Entwicklung bis 2001 des Wasserverbrauchs in Litern pro Kopf und Tag³⁶⁶

Abbildung 23 zeigt, dass Prognose und Wirklichkeit auseinanderliegen. Da der Wasserverbrauch in den 70er und 80er Jahren mit dem Bruttoinlandsprodukt und dem Einkommen korrelierte, nutzen die Institute diesen Trend zur Vorhersage des Pro-Kopf-Wasserverbrauchs.³⁶⁷ Was die Wissenschaftler nicht ahnten, war, dass sich die Mentalität des Wassersparens bei den Bürgerinnen und Bürgern der Bundesrepublik einstellte. Bei Neuinstallationen von z.B. Duschen und Toilettenspülungen wurde zunehmend auf wassersparende Varianten gesetzt. So gelang es, den Wasserverbrauch vom Einkommen zu entkoppeln. Ein Ergebnis dieser Fehlprognose ist heute die Überdimensionierung von

³⁶⁵ Vgl. Woll 2008, S. 168, S. 2017.

³⁶⁶ Quelle: Karger, Hoffman 2013, S. 22.

³⁶⁷ Vgl. Karger et. al. 2013, S. 22-23.

Kanalrohen und die dadurch zu geringen Durchflussgeschwindigkeiten. Dies führt dazu, dass diese Rohre zusätzlich mit Trinkwasser gespült werden müssen.³⁶⁸

Neben dem fehlenden Verständnis dafür, dass sich aktuelle Trends nicht immer linear fortsetzen ist die Unvollständigkeit von Daten eine weitere Ursache falscher Prognosen.

Durch zu wenige Messpunkte lassen sich keine zuverlässigen Trends berechnen. Ein Bsp. hierfür liefert die „Unstatistik des Monats“³⁶⁹ für Mai 2017. Die Autoren bemängeln die unzureichende Datenbasis zur Berechnung des Trends zum Einsatz von Pflanzenschutzmitteln.³⁷⁰ Zuvor hatte die *Berliner Zeitung* einen Artikel veröffentlicht, in dem über die Zunahme des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln für vergangene Jahre informiert wurde. Belegt wurde dies mit dem Anstieg der Nutzungsmenge von 4600 Tonnen zwischen 2009 und 2015.³⁷¹ Die Autoren wiesen darauf hin, dass dieser Unterschied zwischen 2009 (30.162 Tonnen) und 2015 (34.752 Tonnen) zu den normalen Schwankungen gehöre. Weiterhin belegten sie an den Zahlen für die Jahre 2008 (34.664 Tonnen) und 2014 (34.514 Tonnen), dass hier vielmehr ein „*leicht negativer Trend*“ zu beobachten sei.³⁷² Die aktualisierten Zahlen für 2018 eingeschlossen ergeben folgende Statistik (Abbildung 24).

³⁶⁸ Vgl. Welt 2014, <https://www.welt.de/wirtschaft/article128369660/Wasserspar-Irrsinn-laesst-Deutschlands-Staedte-stinken.html>, abgerufen am 30.05.2020.

³⁶⁹ Mit der Unstatistik des Monats hinterfragen seit 2012 Psychologe Gerd Gigerenzer, Statistiker Walter Krämer und Ökonom Thomas Bauer aktuell veröffentlichte statistischer Ergebnisse. Seit August 2018 gehört Katharina Schüller, STAT-UP-Gründerin und –Geschäftsleiterin dem Unstatistik-Team an. Vgl. <https://www.rwi-essen.de/unstatistik/>, abgerufen am 27.06.2020.

³⁷⁰ Vgl. Gigerenzer, Krämer, Bauer 2017, <https://www.rwi-essen.de/unstatistik/67/>, abgerufen am: 30.05.2020.

³⁷¹ Vgl. Sauer 2017, <https://www.berliner-zeitung.de/wirtschaft-verantwortung/ueber-34000-tonnen-bauern-spritzen-immer-mehr-pflanzengift-li.16829>, abgerufen am 30.05.2020.

³⁷² Gigerenzer et. al. 2017, <https://www.rwi-essen.de/unstatistik/67/>, abgerufen am 30.05.2020.



Abbildung 24: Inlandsabsatz an Pflanzenschutzmitteln in der BRD, Jahre 2006 bis 2018³⁷³

Die aktualisierten Zahlen für den Inlandsabsatz für Pflanzenschutzmittel bestätigen, dass regelmäßige Schwankungen vorliegen. Beim Vergleich der Jahre 2015 und 2018 lässt sich auch hier ein negativer Trend erkennen.

Die Schwierigkeit, zuverlässige Trends abzuleiten hängt ggf. auch mit einer Überschätzung von Extremwerten (Ausreißern) zusammen. Bsp.: Ein Patient kommt mit erhöhtem Blutdruck zum Arzt. Der Arzt verschreibt ein Blutdruckmittel und bei der nächsten Untersuchung liegt der Blutdruck im Normalbereich. Liegt dies nun am Medikament oder hat der Patient im Durchschnitt auch ohne Medikament einen normalen Blutdruck? Um sicherzugehen, müsste der Arzt dies mit einem Placebo prüfen. Dieser statistische Effekt, dass sich Folgewerte von Extrema (oder Ausreißern) wieder in Richtung Durchschnitt bewegen wird **Regression zum Mittelwert** (s. S. 70, Kapitel 2.2.10) bezeichnet und ist verständlicherweise von sehr hohem Interesse in der Medizin für Wirksamkeitsprüfung von Arzneimitteln.³⁷⁴

³⁷³ Eigene Darstellung, Zahlen von: Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit 2020, https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/04_Pflanzenschutzmittel/meld_par_64_2018.pdf?__blob=publicationFile&v=3, S. 11, abgerufen am 30.05.2020.

³⁷⁴ Vgl. Gnädinger, Kleist 2014, S. 617-619.

4.2.3 Vertrauenswürdigkeit des Ergebnisses

Zurück zum Beispiel A) pH-Wert der Elbe: Dieses Mal wurde die Messmethodik verändert und eine zehnfache Messung mit der fiktiven Methode 1 an nur einer Messstelle der Elbe durchgeführt. Parallel dazu wurde eine neue Messtechnik mit Methode 2 an der gleichen Messstelle ausprobiert. Beide Methoden ergeben einen Mittelwert und Median von $\text{pH} = 7,2$. Dieser Wert sagt allerdings nichts darüber aus, wie weit die Einzelwerte voneinander entfernt liegen (streuen). Demonstriert wird dies in Tabelle 11.

pH-Messung	Methode 1: geringe Streuung	Methode 2: hohe Streuung
1	7,2	8,5
2	7,3	6,8
3	7,1	3,8
4	7,3	4,5
5	7,2	11,2
6	7,2	7,2
7	7,2	7,2
8	7,3	3,4
9	7,1	9,5
10	7,1	10,2
Arithmetisches Mittel	7,2	7,2
Median	7,2	7,2
Standardabweichung	0,1	2,7
Untere CI-Grenze (CI 95 %)	7,0	1,9
Obere CI-Grenze (CI 95 %)	7,4	12,5
Untere CI-Grenze (CI 99 %)	7,0	0,3
Obere CI-Grenze (CI 99 %)	7,4	14,2

Tabelle 11: Vergleich hoher und niedriger Streuung am Bsp. A) pH-Wert der Elbe³⁷⁵

In Tabelle 11 ist erkennbar, dass die Einzelwerte der Methode 2 wesentlich stärker um den Mittelwert streuen als bei Methode 1. Ein Maß für die Streuung von Werten ist die **Standardabweichung**. Diese ist ein Maß dafür, wie sehr die einzelnen Werte vom Mittelwert abweichen. Mit höherer **Streuung** erhöht sich auch die Standardabweichung. *Methode 2* zeigt eine 27-mal höhere Streuung als Methode 1.³⁷⁶

Wie fließt nun die Streuung in die Ergebnisangabe ein?

Dies geschieht über das sog. Konfidenzintervall. Zunächst ist bei statistischen Erhebungen ein wahrer Wert normalerweise unbekannt, sonst wäre die Erhebung überflüssig. Durch Erfahrungen aus vergangenen Studien und Methodenvergleichen wird die Wahl

³⁷⁵ Eigene Darstellung.

³⁷⁶ Vgl. Krickhahn 2013, S. 94-95.

der verwendeten (Mess-)Methode legitimiert. So erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, möglichst nah an den wahren Wert heranzukommen, ohne sich 100 % sicher sein zu können. Die Vertrauensbasis für die Richtigkeit der Daten bei Verwendung einer bestimmten Methode wird **Konfidenzintervall (KI)** oder **Vertrauensbereich** genannt. Ein häufig genutztes und willkürlich festgelegtes Konfidenzniveau ist 95 %. Das bedeutet, dass bei der genutzten Methode der wahre Wert der Grundgesamtheit mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % innerhalb der Grenzwerte des Konfidenzintervalls liegt. Übrig bleiben 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit, d.h. mit einer 5 %igen Wahrscheinlichkeit kann der wahre Wert außerhalb der CI-Grenzen liegen. Das Konfidenzniveau kann jedoch nicht auf 100 % vergrößert werden, weil sich die CI-Grenzen dann zwischen plus unendlich und minus unendlich bewegen. Daher: eine 100 %ige Sicherheit ist mit keiner Methode erzielbar. Beim Bsp. A) (Tabelle 11) sind exemplarisch die CI-Grenzen für beide Methoden für 95 % und 99 % aufgeführt. Hier wird deutlich, dass Methode 1 so präzise ist, also so wenig streut, dass sich die Grenzen für beide Konfidenzniveaus nicht einmal in ersten Nachkommastelle unterscheiden. Bei Methode 2 –mit wesentlich größerer Streuung – macht die Erweiterung auf CI 99 % einen erheblichen Unterschied. Die Streuung gibt also Hinweise auf die Qualität der Methode. Die hohe Streuung von Methode 2 ist auch deswegen von so großem Interesse, weil die untere CI-Grenze außerhalb des Grenzwertes für Fließgewässer liegt ($\text{pH} \geq 7,0$). Ist der wahre pH-Wert der Elbe also tatsächlich bei 7,2, wäre Methode 2 nicht mit zufriedenstellender Wahrscheinlichkeit (z.B. Konfidenzniveau 95 %) in der Lage, diesen Wert zu ermitteln. Allgemein sollte bei statistischen Erhebungen, deren Ergebnis eine berechnete Zahl ist, immer darauf geachtet werden, ob ein Konfidenzintervall angegeben ist und ob die genutzte Methode überhaupt den Anforderungen an die Streuung der Einzelwerte in Kontrast zu etwaigen Grenzwerten entspricht.³⁷⁷

Es ist darauf hinzuweisen, dass das Konfidenzintervall nicht das alleinige Maß für die Qualität einer Erhebungsmethodik ist. Wenn die Methode durch **systematische Abweichungen** – alle Messungen weichen gleich weit vom wahren Wert ab – ein falsches Ergebnis liefert, verhilft auch eine hohe Präzision nicht.³⁷⁸ Bsp. für solche systematischen Abweichungen können sehr vielfältig sein, bei Umfragen z.B. durch Suggestivfragen (s. S. 100, Kapitel 4.1.2), bei analytischen Untersuchungen durch die falsche Messmethode oder das Weglassen von Variablen bei der statistischen Erhebung. Bsp.: Bei der Ermittlung der Arbeitslosenquote in Deutschland gelten Menschen, die sich in Qualifizierungsmaßnahmen befinden, nicht als arbeitslos und fallen daher aus der

³⁷⁷ Vgl. Christensen et. al. 2019, S. 138-139.

³⁷⁸ Vgl. Christensen et. al. 2019, S. 138-139.

Arbeitslosenstatistik heraus.³⁷⁹ Bei Unsicherheit über die Richtigkeit von Methoden oder Studien ist es ratsam, Ergebnisse für Kontrollgruppen hinzuzuziehen. Ein weiterer Hinweis für richtiges Vorgehen bietet die Übertragbarkeit von Resultaten auf ein anderes Umfeld. Wenn sich diese Ergebnisse trotz veränderlicher Studienbedingungen ähneln, ist die Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit der Methode hoch.³⁸⁰

Unsicherheiten über die Korrektheit der ermittelten Ergebnisse werden nicht nur von Direktmessungen der Variablen selbst beeinflusst, sondern insb. dann, wenn das Ergebnis mit Hilfe anderer Größen berechnet wird, die ebenfalls eine Messunsicherheit oder einen CI besitzen. Veranschaulicht wird dies bei Bsp. B) Sterblichkeitsrate der SARS-CoV-2-Infektion. Ein Ergebnis der Heinsberg-Studie war die errechnete Infection Fatality Rate (IFR) von 0,36 %. Der IFR wird berechnet, indem die Anzahl der COVID-19-Todesfälle durch die Anzahl der COVID-19-Infizierten geteilt wird. Beide Größen haben ebenfalls einen CI und müssen sich folglich im CI der IFR widerspiegeln. Dies ist zumindest für die COVID-19-Sterbefälle nicht geschehen (zur Unsicherheit bei COVID-19-Todesfällen s. Abbildung 22 (S.102)).³⁸¹ Hinzu kommt, dass die IFR mit nur 7 Todesfällen berechnet wurde. Ein so kleiner Stichprobenumfang ist selbstverständlich hoch anfällig für Einflüsse des Zufalls.³⁸²

4.2.4 Unzutreffende Bezugsgrößen

Falsche Bezugsgrößen

Ergebnisse einer Erhebung sind häufig relationale (Kenn-)Zahlen. Dabei wird eine bestimmte Zahl ermittelt, z.B. die Kosten für Gesundheitsausgaben in einem Jahr (Zähler) und – damit die Größe vergleichbar mit anderen Jahren ist – auf eine **Bezugsgröße** z.B. das Bruttoinlandsprodukt (Nenner, Vergleichsbasis, Bezugsgruppe) bezogen. Die Wahl der richtigen Bezugsgröße gestaltet sich jedoch bisweilen als schwierig.

Beispielweise kritisierte der Statistiker Walter Krämer bereits 2015 die oft benutzte Schlagzeile „*Jeder zweite lebt alleine*“ zur Entwicklung der Single-Haushalte in Deutschland³⁸³. Auch 2018 wurde diese Schlagzeile noch genutzt, z.B. im Karlsruher Informationsportal *ka-news* mit „*Zahl der Single-Haushalte steigt – jeder zweite Karlsruher lebt alleine*“³⁸⁴. Begründet wurde dies mit dem prozentualen Anteil der Single-Haushalte von

³⁷⁹ Vgl. Bundesagentur für Arbeit 2020, <https://statistik.arbeitsagentur.de/Statischer-Content/Unterbeschaeftigung-Schaubild.pdf>, abgerufen am 08.06.2020.

³⁸⁰ Vgl. Dempster et. al. 2019, S. 53-55.

³⁸¹ Vgl. Sahm, Sahm 2020, <https://www.faz.net/aktuell/wissen/corona-die-statistik-schwaechen-der-heinsberg-studie-16758326.html>, abgerufen am 02.06.2020.

³⁸² Vgl. Dempster et. al. 2019, S. 154.

³⁸³ Vgl. Krämer 2015, S. 79.

³⁸⁴ *Ka-news* 2018, <https://www.ka-news.de/wirtschaft/regional/Zahl-der-Single-Haushalte-steigt-Jeder-zweite-Karlsruher-lebt-alleine;art127,2171428>, abgerufen am 05.06.2020.

54 %.^{385 386} Wie von Krämer schon 2015 beschrieben, wurde auch hier fälschlicherweise die Anzahl der Haushalte als Bezugsgröße benutzt, um zu bestimmen, wie groß der Anteil der Alleinlebenden ist. Sinnvoller wäre es die Anzahl der Single-Haushalte auf die Gesamtzahl der Einwohner Karlsruhes als Bezugsgröße zu beziehen.³⁸⁷

Um errechnete Ergebnisse, die in Prozent angegeben werden, dramatischer wirken zu lassen, können mit Absicht zahlenmäßig kleine Bezugsgrößen gewählt werden. Ein Bsp. lieferte das *ZDF Studio London*, dass nach den britischen Parlamentswahlen im Dezember 2019 twitterte:

„Weiterer interessanter Fakt. Obwohl #Klimawandel keine Rolle im Wahlkampf gespielt hat, konnten die Grünen 60 % zulegen. Und erzielen somit das beste Ergebnis im Vergleich zu allen anderen Parteien. Trotzdem hat es nur eine grüne Abgeordnete ins Parlament geschafft.“³⁸⁸

Tabelle 12 zeigt die dazugehörigen Zahlen.

Jahr	Anteil der Stimmen in %	Steigerung zum Vorjahr
2015 ³⁸⁹	3,8 %	-
2017 ³⁹⁰	1,6 %	-2,2 %
2019 ³⁹¹	2,7 %	+1,1 %

Tabelle 12: Stimmenanteil der Grünen im britischen Parlament von 2015 bis 2017³⁹²

Wie das Team von Unstatistik des Monats³⁹³ anmerkte, ist die gewählte Basis der Steigerung um 60 % sehr klein. 2017 erhielten die Grünen 1,6 % und steigerten laut BBC ihren Anteil auf 2,7 %. Aussagekräftiger wäre eine Steigerung von 2017 auf 2019 mit Bezug auf alle abgegebenen Stimmen gewesen: 1,1 % (mehr zur Bezugsgröße im Kapitel 4.4.2, S. 124). Wenn übrigens die Wahlergebnisse von 2015 (3,8 %) und 2017 auf

³⁸⁵ Vgl. Ka-news 2018, <https://www.ka-news.de/wirtschaft/regional/Zahl-der-Single-Haushalte-steigt-Jeder-zweite-Karlsruher-lebt-alleine;art127,2171428>, abgerufen am 05.06.2020.

³⁸⁶ Übrigens zählen laut des Amtes für Stadtentwicklung Karlsruhe auch Wohngemeinschaften zu Single-Haushalten, da deren Bewohner/Bewohnerinnen alleine wirtschaften. Hier stellt sich die Frage, wie sinnvoll dieser Vergleich dann ist. Eine sinnvolle Aussage, wie der Wohnraum der Stadt Karlsruhe genutzt wird, ist jedenfalls nicht möglich. Vgl. Statistikatlas Karlsruhe 2018, <https://web3.karlsruhe.de/Stadtentwicklung/statistik/atlas/?select=009>, abgerufen am 05.06.2020.

³⁸⁷ Vgl. Krämer 2015, S. 79.

³⁸⁸ ZDF Studio London 2019, <https://twitter.com/ZDFLondon/status/1205412886224474113>, abgerufen am 03.06.2020.

³⁸⁹ Vgl. BBC 2015, <https://www.bbc.com/news/election/2015/results>, abgerufen am 03.06.2020.

³⁹⁰ Vgl. BBC 2017, <https://www.bbc.com/news/election/2017/results>, abgerufen am 03.06.2020.

³⁹¹ Vgl. BBC 2019, <https://www.bbc.com/news/election/2019/results>, abgerufen am 03.06.2020.

³⁹² Eigene Darstellung.

³⁹³ Vgl. Gigerenzer, Krämer, Schüller, Bauer 2019, <https://www.rwi-essen.de/unstatistik/98/>, abgerufen am 03.06.2020.

diese Weise miteinander verglichen werden, haben die Grünen einen Verlust von 58 %, bezogen auf den prozentualen Anteil 2015, zu verzeichnen. Mit Bezug auf alle abgegebenen Stimmen beträgt dieser Verlust 2,2 %.

Bezugsgröße zu großzügig

Ein weiteres Bsp. für die Problematik ist, zwar die richtige **Bezugsgröße** ausgewählt diese aber nicht genügend eingegrenzt zu haben. Anwendung findet dies im am Anfang dieses Kapitels erwähnten Bsp. B): Sterblichkeitsrate der SARS-CoV-2-Infektion. In der Heinsberg-Studie wurden zu deren Bewertung die aufgetretenen COVID-19-Sterbefälle in der Gemeinde Gangelt auf die Anzahl aller Virusinfizierten bezogen. Die resultierende Infection Fatality Rate (IFR) betrug 0,36 %.³⁹⁴ Problematisch ist die Bezugsgröße. Hier werden alle Virusinfizierten gegengerechnet – egal, ob sie sich erst vor einer Woche angesteckt haben oder vor einem Monat. Für eine gültige Aussage müsste sich eine Personengruppe zu einem bestimmten Zeitpunkt anstecken und aus genau dieser Personengruppen müssten dann die COVID-19-Todesfälle in die Berechnung eingehen. Alle späteren COVID-19-Ansteckungsfälle, die ebenfalls in den Nenner aufgenommen werden, würden die IFR „verwässern“. Dadurch kommt es zu einer **Unterschätzung** der IFR. Die Verantwortlichen hätten demnach ihre Bezugsgröße auf die Anzahl der Infizierten zu einem bestimmten Zeitpunkt beschränken müssen.³⁹⁵ Bei nur 7 COVID-19-Todesfällen wäre dies ohnehin nicht sinnvoll. Bei einer so kleinen Zahl ist der Einfluss des Zufalls zu hoch.³⁹⁶ Eine andere Möglichkeit, die COVID-19-Sterblichkeit zu ermitteln ist die sog. Übersterblichkeit. Jedoch ist auch diese schwierig zu ermitteln (s. Kapitel 4.1.3, S. 101).

Bezugsgröße zu klein

Zur **Überschätzung** führt eine zu weit eingegrenzte oder vorsortierte Bezugsgröße. Ein Bsp. liefert der Putzmittelhersteller *Reckitt Benckiser*, der garantiert, dass sein Produkt „99,9 % der Bakterien“³⁹⁷ entfernt. Der *Spiegel* erkundigte sich daraufhin beim Hersteller, ob dies wirklich so wäre und erhielt die folgende Antwort:

³⁹⁴ Vgl. Streeck, et. al. 2020, https://www.ukbonn.de/C12582D3002FD21D/vwLookupDownloads/Streeck_et_al_Infection_fatality_rate_of_SARS_CoV_2_infection2.pdf/%24FILE/Streeck_et_al_Infection_fatality_rate_of_SARS_CoV_2_infection2.pdf, abgerufen am 24.05.2020.

³⁹⁵ Gigerenzer, Krämer, Schüller, Bauer, Schmidt 2020, <https://www.rwi-essen.de/unstatistik/101/>, abgerufen am 06.06.2020.

³⁹⁶ Vgl. Dempster et. al. 2019, S. 154.

³⁹⁷ Reckitt Benckiser 2020, <https://www.sagrotan.de/unsere-produkte/alle-produkte/sagrotan-hygiene-spray/>, abgerufen am 03.06.2020.

„Erlauben Sie uns eine Anmerkung vorweg: Der Sagrotan-Claim lautet ‘Sagrotan entfernt 99,9 % der Bakterien’, was nicht gleichbedeutend ist mit der Aussage, Sagrotan entfernt 99,9 % aller Bakterien’. Für Reckitt Benckiser ist es von größter Bedeutung, dass die Aussagen zur Produktleistung von Sagrotan auf wissenschaftlichen Daten basieren. Bei beiden Testmethoden wird auf vier Standard-Bakterienstämme getestet: Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Enterococcus hirae und Pseudomonas aeruginosa. Diese Bakterien sind repräsentativ für eine Vielzahl verschiedener Bakterien. Sie wurden zum einen aufgrund ihrer relativen Widerstandsfähigkeit gegen Desinfektion und zum anderen wegen ihrer Relevanz im Alltag ausgewählt.“ - Pressesprecherin von Reckitt Benckiser³⁹⁸

Die garantierten 99,9 % beziehen sich damit nur auf lediglich 4 Bakterienstämme. Über andere Bakterienstämme kann gar keine Aussage getroffen werden.³⁹⁹

Bei der Vorsortierung von Bezugsgrößen kann neben der Dramatisierung von Prozentangaben auch ein Phänomen erzeugt werden, dass Krämer **synthetischen Superlativ** genannt hat.^{400 401} Bspw. wurde 2018 Baker's Pure Rye Whiskey von 1847 als ältester Whiskey der Welt in die Datenbank der Guinness World Records (GWR) aufgenommen⁴⁰². Bezugsgröße (oder Vergleichsbasis) ist hier „Whiskeyflaschen“. Wird die Vergleichsbasis aber auf „alkoholische Getränke in Flaschen“ erweitert, bekommt der Whiskey überlegene Konkurrenz vom etwa 1700 Jahre alten Römerwein von Speyer⁴⁰³. Wird die Vergleichsbasis noch weiter auch auf „Rückstände alkoholischer Getränke“ erweitert, kommt z.B. noch ein 8000 Jahre alter Weinrückstand aus Georgien zur Konkurrenz hinzu.⁴⁰⁴

Synthetische Superlative werden ebenfalls gern im Fußball genutzt. Bei Betrachtung des besten Saisonstarts in der 1. Bundesliga (nach Punkten und bis zum 10. Spieltag) erreichte RB Leipzig in der Saison 2016/17 den ersten Platz aller Aufsteiger mit

³⁹⁸ Kuhrt 2014, <https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/sagrotan-wie-kann-ein-putzmittel-gegen-alle-bakterien-helfen-a-994873.html>, abgerufen am 03.06.2020.

³⁹⁹ Vgl. Kuhrt 2014, <https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/sagrotan-wie-kann-ein-putzmittel-gegen-alle-bakterien-helfen-a-994873.html>, abgerufen am 03.06.2020.

⁴⁰⁰ Vgl. Krämer 2015, S. 93.

⁴⁰¹ Krämer erwähnte weiterhin, dass das Guinnessbuch der Rekorde auf dem Prinzip des synthetischen Superlativs beruht. Vgl. Krämer 2015, S. 97.

⁴⁰² Vgl. GWR 2018, <https://www.guinnessworldrecords.de/world-records/oldest-whisky>, abgerufen am 03.06.2020.

⁴⁰³ Vgl. Brodersen 2013, S.217-221.

⁴⁰⁴ Vgl. GWR 2017, https://www.guinnessworldrecords.com/world-records/68379-oldest-wine?fb_comment_id=1481415831957307_1483382345093989, abgerufen am 03.06.2020.

24 Punkten⁴⁰⁵. Bei Erweiterung der Vergleichsbasis auf alle Vereine, belegt hingegen der FC Bayern München den ersten Platz mit 30 Punkten in der Saison 2015/16.⁴⁰⁶

4.3 Datenerstellung

Nach erfolgter Datenverarbeitung und Berechnung des Ergebnisses muss dieses dargestellt werden. Im Normalfall geschieht dies in einer für die der Zielgruppe verständlichen Form. Allerdings können Daten immer zu Gunsten von Interessensgruppen dramatisiert werden. Nachfolgend werden häufige Fälle erläutert.

4.3.1 Fehlende Relationen

Dieses Thema hängt eng mit dem Kapitel Unzutreffende Bezugsgrößen zusammen. Der Fokus hier ist allerdings, dass die Ergebnisse an sich richtig ermittelt wurden, jedoch die Bezugsgröße weggelassen wird, um das Ergebnis dramatischer wirken zu lassen. Zum Welt-Suizid-Tag veröffentlichte die *Passauer Neue Presse* einen Artikel mit der Überschrift: „Studie: Nirgends mehr Suizide als in Bayern [...]“⁴⁰⁷. Diese Aussage wird im Artikel mit dem zahlenmäßigen Vergleich zwischen Bayern (1597 Suizide) und dem bevölkerungsreichsten Bundesland Nordrhein-Westfalen (1512 Suizide) legitimiert. Die Zahlen selbst sind zutreffend. Wenn jedoch ein Vergleich der Bundesländer als Schlagzeile dienen soll, ist ein Bezug auf die Einwohnerzahlen der Bundesländer sinnvoll. Wird dies beachtet, ergibt sich folgendes Bild (Abbildung 25).

⁴⁰⁵ Zahlen von: Transfermarkt 2020, <https://www.transfermarkt.de/1bundesliga/saisonstarts/wettbewerb/L1/plus/?sortierung=beste&sortField=pkt&saisonIdVon=1963&saisonIdBis=2019&spieltag=10&eingrenzung=aufsteiger>, abgerufen am 03.06.2020.

⁴⁰⁶ Zahlen von: Transfermarkt 2020, <https://www.transfermarkt.de/1-bundesliga/saisonstarts/wettbewerb/L1/plus/?sortierung=beste&sortField=pkt&saisonIdVon=1963&saisonIdBis=2019&spieltag=10&eingrenzung=alle>, abgerufen am 03.06.2020.

⁴⁰⁷ Glombitza 2019, <https://www.pnp.de/nachrichten/bayern/Studie-Nirgends-mehr-Suizide-als-in-Bayern-Zahlen-aus-der-Region-3443132.html>, abgerufen am 04.06.2020.

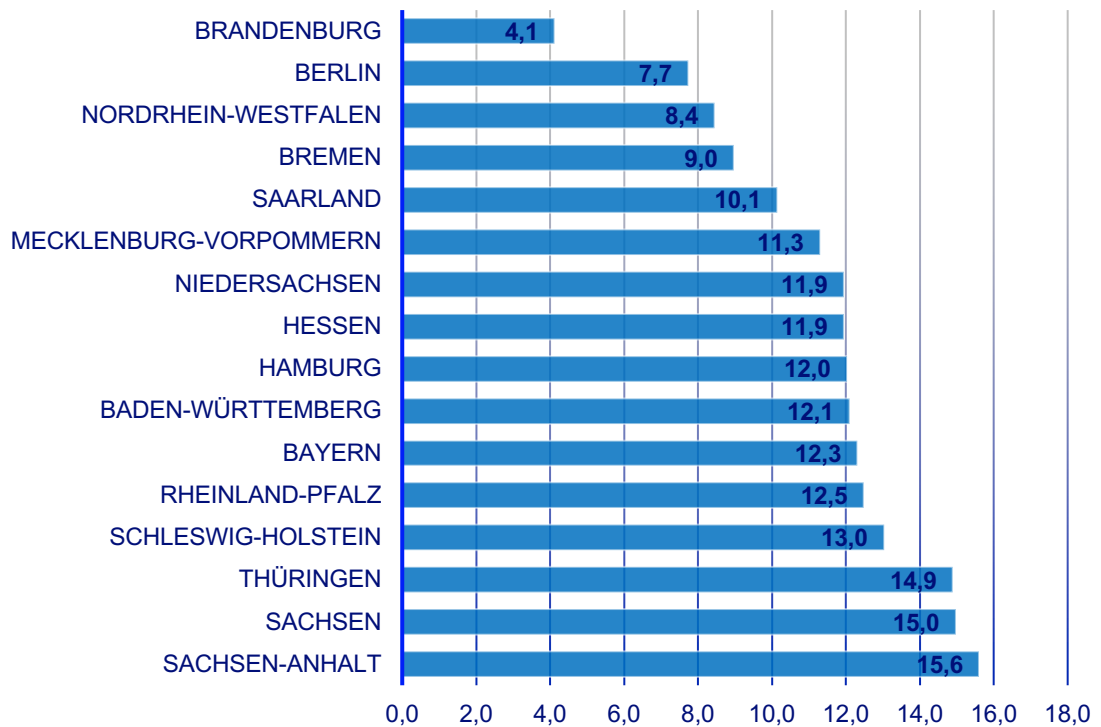


Abbildung 25: Suizidrate pro 100.000 Einwohner je Bundesland⁴⁰⁸

Abbildung 25 zeigt, bezogen auf die Bevölkerung kamen in Sachsen-Anhalt die meisten Menschen durch Suizid um. Bayern liegt lediglich auf „Platz 6“.

4.3.2 Unter- und Übertreibung in Piktogrammen

Um **Mengenverhältnisse** grafisch darzustellen werden häufig unterschiedlich große Piktogramme genutzt. Die Zunahme der Weltbevölkerung von 1950 (2,5 Mrd.) bis 2050 (Schätzung 9,2 Mrd.) kann korrekt (Abbildung 26) oder übertrieben und damit verzerrt dargestellt werden (Abbildung 27).⁴⁰⁹

⁴⁰⁸ Eigene Darstellung und Berechnung, Suizid-Zahlen von: Statistisches Bundesamt 2019, <https://ezproxy.fh-muenster.de:2120/statistik/daten/studie/218237/umfrage/anzahl-der-suizide-in-deutschland-nach-bundeslaendern/>, abgerufen am 03.06.2020; Einwohnerzahlen von: VGRdL 2019, <https://www.statistik-bw.de/VGRdL/tbls/tab.jsp?rev=RV2014&tbi=tab20&lang=de-DE>, abgerufen am 03.06.2020.

⁴⁰⁹ Vgl. Krämer 2015, S. 124-125.

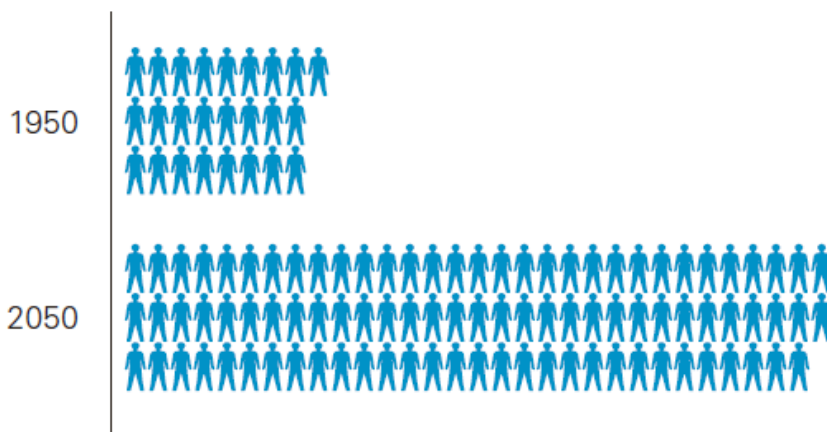


Abbildung 26: Korrektes Balkendiagramm-Darstellung des Bevölkerungszuwachses⁴¹⁰

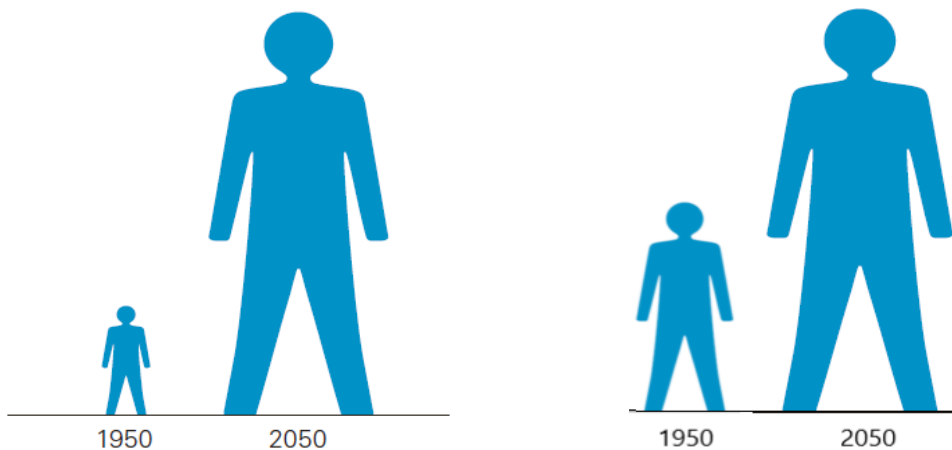


Abbildung 27: Übertriebene Piktogramm-Darstellung des Bevölkerungszuwachses⁴¹¹

Abbildung 28: Richtige Piktogramm-Darstellung des Bevölkerungszuwachses⁴¹²

In der übertriebenen **Piktogramm-Darstellung** wurden Länge und Breite der Figuren mit den Bevölkerungszahlen ins Verhältnis gesetzt. Allerdings werden bei Piktogrammen – anders als bei Balkendiagrammen, wie in Abbildung 26 – die Mengenverhältnisse über die Fläche wahrgenommen.⁴¹³ Die richtig skalierte Piktogramm-Darstellung befindet sich in Abbildung 28.

⁴¹⁰ Quelle: Krämer 2015, S. 124.

⁴¹¹ Quelle: Krämer 2015, S. 125.

⁴¹² Eigene Darstellung, Piktogramvorlage in Anlehnung an Krämer 2015, S. 125.

⁴¹³ Christensen et. al. 2019, S. 19.

4.3.3 Willkürliche Skalierungen

Eine weitere Möglichkeit zur Unter- oder Übertreibung ist die Manipulation von Diagrammachsen durch **Stauchung** und **Zerrung**. Nachfolgend wird die Entwicklung des Superbenzinpreises zwischen April 2019 und April 2020 gezeigt. Obwohl sie exakt dieselben Daten zeigen, wirkt Abbildung 30 beeindruckender als Abbildung 29.

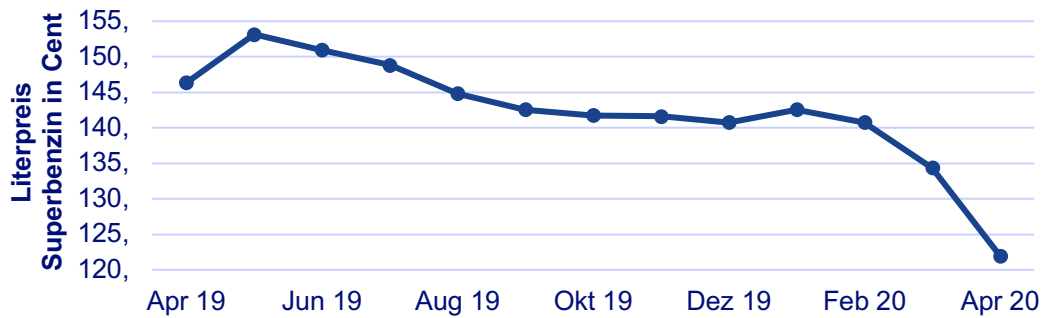


Abbildung 29: Preisentwicklung Superbenzin April 2019 bis April 2020 ⁴¹⁴

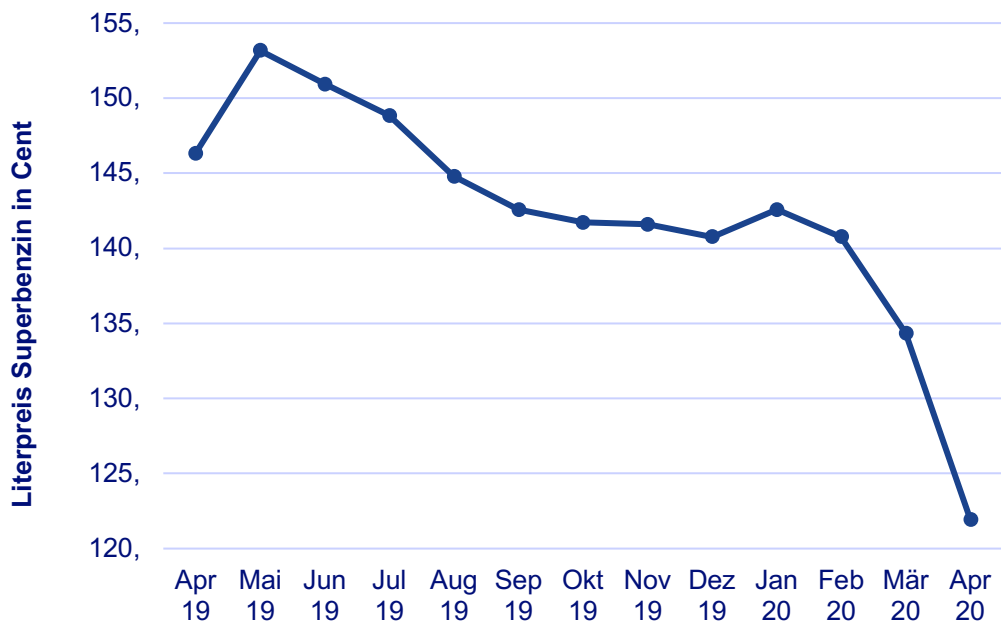


Abbildung 30: Preisentwicklung Superbenzin April 2019 bis April 2020, vorteilhafte Zerrung der y-Achse ⁴¹⁵

⁴¹⁴ Eigene Darstellung, Daten von MWV 2020, <https://www.mwv.de/statistiken/verbraucherpreise/?loc=1>, abgerufen am 02.06.2020.

⁴¹⁵ Eigene Darstellung, Daten von MWV 2020, <https://www.mwv.de/statistiken/verbraucherpreise/?loc=1>, abgerufen am 02.06.2020.

Auffällig ist, dass die y-Achse nicht bei null beginnt. Dieser Trick wird oft angewandt, um Änderungen in Trends hervorzuheben. Allerdings können sich so eventuelle Trends auch schnell relativieren. Die Einordnung des Preisverlaufs in die Preisentwicklung von einem Liter Superbenzin seit 1972 sieht folgendermaßen aus (Abbildung 31):

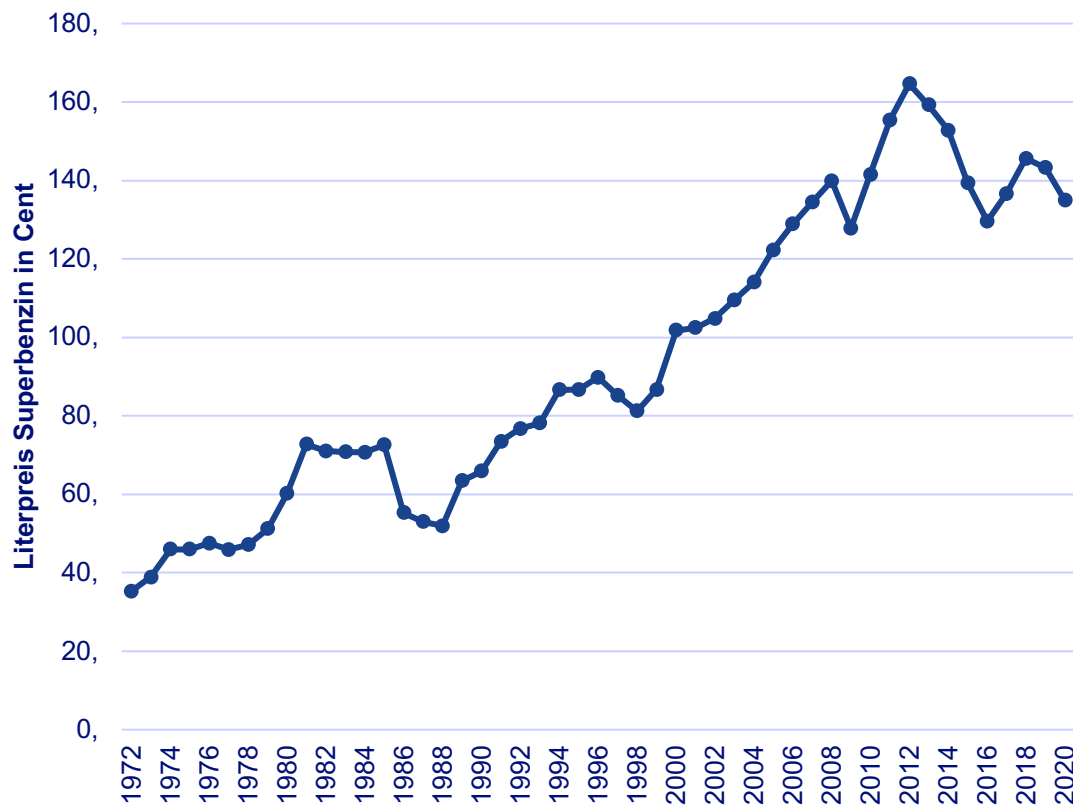


Abbildung 31: Preisentwicklung Superbenzin 1972 bis 2020⁴¹⁶

4.3.4 Publikationsbias

Eine weitere Art, die Datendarstellung zu manipulieren, ist: sie gar nicht erst zu veröffentlichen. In der Wissenschaft und Medizin wird dieses Phänomen **Publikationsbias** (engl. publication bias) bezeichnet. Es bedeutet, dass Studien (oder Teile davon), die keine schlüssigen Ergebnisse oder solche, die sich von anderen Studien unterscheiden, nicht publiziert werden.⁴¹⁷ Dieses Problem kann besonders bei klinischen Studien von Arzneimitteln, die vom Pharmahersteller selbst finanziert werden, zum Tragen kommen. Ein prominentes Bsp. ist hier das Schmerzmittel *VIOXX*, das 2004 aufgrund schwerer Nebenwirkungen vom Hersteller *MSD Sharp & Dohme* (ein Merck-Tochterunternehmen)

⁴¹⁶ Eigene Darstellung, Daten von WMV 2020, <https://www.mwv.de/statistiken/verbraucherpreise/?loc=1>, abgerufen am 02.06.2020.

⁴¹⁷ Rothstein, Sutton, Borenstein 2005, S. 2-3.

zurückgezogen wurde.⁴¹⁸ Zuvor gab es Hinweise darauf, dass der Hersteller um die Nebenwirkungen wusste, diese Ergebnisse jedoch nicht veröffentlichte.⁴¹⁹

4.4 Schlussfolgerung

Trotz richtiger Datenerhebung, Datenverarbeitung und Datendarstellungen können Lesende zu falschen **Schlussfolgerungen** kommen. In den folgenden beiden Kapiteln werden typische Fehler erläutert.

4.4.1 Korrelation vs. Kausalität

Offenbar fördert in den USA der Konsum von Mozzarella (Ursache) die erfolgreiche Fertigstellung und Verteidigung von Doktorarbeiten im Bauingenieurwesen (Wirkung). Zumindest entsteht dieser Eindruck bei Betrachtung von Abbildung 32.^{420 421}

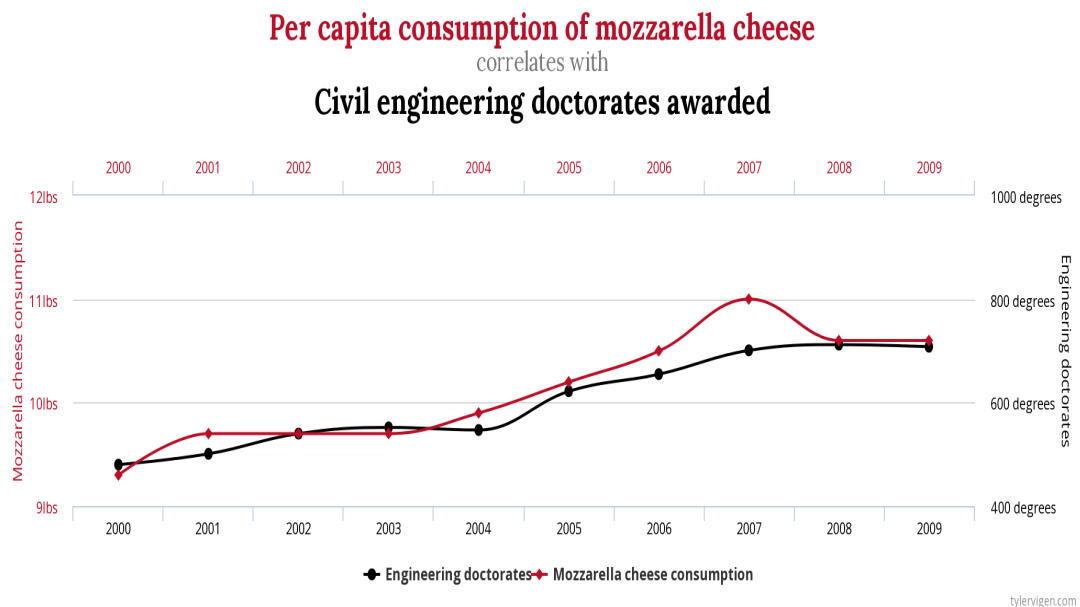


Abbildung 32: Korrelation zwischen dem pro Kopf-Verbrauch an Mozzarella und Anzahl der Promotionen im Bauingenieurwesen⁴²²

⁴¹⁸ FAZ 2014, <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/vioxx-skandal-risiken-nebenwirkungen-1191252.html>, abgerufen am 03.06.2020.

⁴¹⁹ Mathews, Martinez 2004, <https://www.wsj.com/articles/SB109926864290160719>, abgerufen am 03.06.2020.

⁴²⁰ Diese und andere interessante Grafiken werden zu Unterhaltungszwecken auf der Webseite „Spurious Correlations“ zur Verfügung gestellt. Vigen: <https://www.tylervigen.com/spurious-correlations>, abgerufen am 04.06.2020.

⁴²¹ Es kann auch sein, dass die Erlangung der Doktorwürde den Verzehr an Mozzarella fördert. Das wäre dann eine *Umkehrung der Ursache-Wirkungs-Beziehung*. Auch dies sollte bei Untersuchung von Zusammenhängen in Betracht gezogen werden. Vgl. Krämer 2015, S. 180.

⁴²² Quelle: Vigen, <https://www.tylervigen.com/spurious-correlations>, abgerufen am 04.06.2020.

Selbstverständlich besteht dieser Zusammenhang nicht. Grund dafür ist, dass (vermutlich) lediglich eine **Korrelation** vorliegt. Das bedeutet, dass diese beiden Variablen sich nicht direkt beeinflussen, sondern über eine (oder mehrere) **Hintergrundvariablen** zusammenhängen.⁴²³ Denkbar wäre in diesem Fall die steigende Bevölkerungszahl der USA seit 1950⁴²⁴ ⁴²⁵, was auch Geburtsjahre oder Zuwanderungsjahre der Doktoranden des Bauingenieurwesens mit einschließt. Je mehr Menschen im Land leben, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass mehr Menschen diesen akademischen Grad erlangen. Durch die wachsende Bevölkerung stiegen auch Nahrungsmittelimporte (darunter Milchprodukte) zwischen 2000 und 2009 an⁴²⁶. Dadurch stieg die Verfügbarkeit ausländischer Produkte wie z.B. Mozzarella und dessen absoluter Konsum durch die gestiegene Bevölkerungszahl. Gemessen wird die Korrelation zweier Variablen am **Korrelationskoeffizienten**, der in diesem Bsp. $R = 0,947$ ⁴²⁷ beträgt. Die höchste Korrelation besteht bei $R = 1,000$. Hier liegen die Trendlinien bei entsprechender Skalierung perfekt übereinander oder bei Auftragung im X-Y-Diagramm als perfekte Trendlinie, ohne dass auch nur ein Punkt vom Trend abweicht. Kein Zusammenhang besteht bei $R = 0,000$.⁴²⁸

Eine **Kausalität** besteht, wenn der Verlauf einer Variable ursächlich für den Verlauf der zweiten Variable ist, also eine Abhängigkeit zwischen beiden besteht.⁴²⁹ Dies wäre der Fall, wenn z.B. angelehnt an Bsp. A) pH-Wert der Elbe mit einer Steigerung des durchschnittlichen pH-Wertes der Elbe von 2 auf 7 der Bestand von Fischen wächst, die neutrales Milieu bevorzugen.

Kausalität wird gezielt untersucht, um einzuschätzen, ob Maßnahmen zur Veränderung von Variablen wirksam waren. Bsp. liefern hierfür die im März 2020 erlassenen Maßnahmen, um die Ansteckung der Bevölkerung mit dem COVID-19-Virus einzudämmen. Ab dem 09.03.2020 gab Gesundheitsminister Jens Spahn die Empfehlung, Großveranstaltungen ab 1000 Menschen abzusagen⁴³⁰. Am 22.03.2020 wurden

⁴²³ Vgl. Krämer 2015, S. 174.

⁴²⁴ Vgl. OECD 2001, <https://ezproxy.fh-muenster.de:2120/statistik/daten/studie/935250/umfrage/bevoelkerungsentwicklung-in-den-usa-und-der-udssr/>, abgerufen am 04.06.2020

⁴²⁵ Vgl. IMF 2019, <https://ezproxy.fh-muenster.de:2120/statistik/daten/studie/19320/umfrage/gesamtbevoelkerung-der-usa/>, abgerufen am 04.06.2020.

⁴²⁶ Vgl. Polhemus 2019 (Bei den Daten handelt es sich um Importausgaben pro Kopf unter Einbeziehung der Inflation) <https://www.statgraphics.com/blog/usaimportspending>, abgerufen am 04.06.2020.

⁴²⁷ Vgl. Vigen <https://www.tylervigen.com/spurious-correlations>, abgerufen am 04.06.2020.

⁴²⁸ Christensen 2019, S.44.

⁴²⁹ Vgl. <https://www.duden.de/rechtschreibung/Kausalitaet>, abgerufen am 04.05.2020.

⁴³⁰ Vgl. Zeit 2020, <https://www.zeit.de/news/2020-03/08/spahn-grossveranstaltungen-mit-mehr-als-1000-teilnehmern-absagen>, abgerufen am 04.06.2020.

Kontaktbeschränkungen erlassen⁴³¹. Um die Wirksamkeit dieser Maßnahmen zu beurteilen, werden die Anzahl der neuen Krankheitsfälle in den Zeiträumen gegenübergestellt (Abbildung 33).

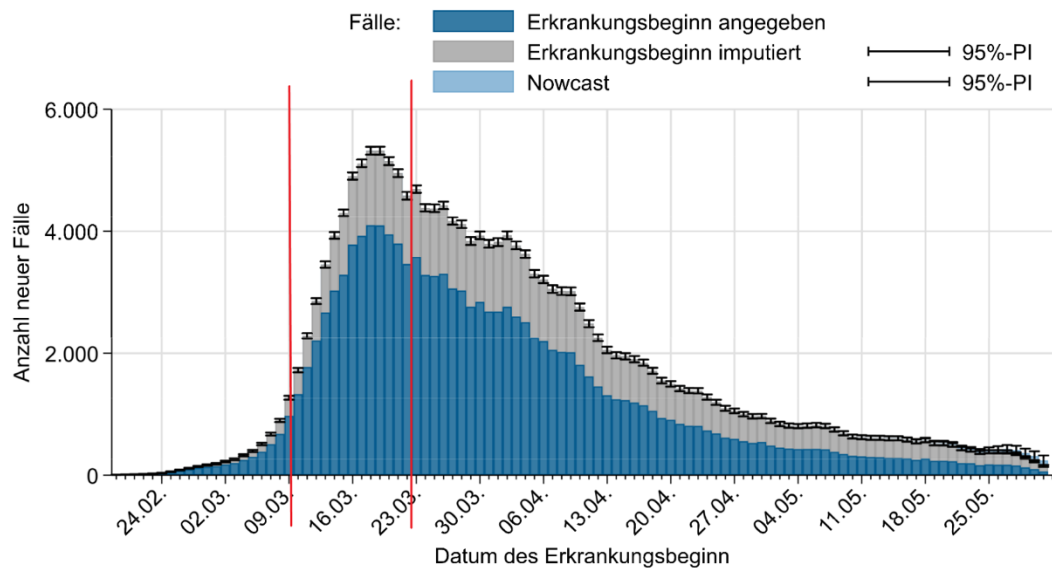


Abbildung 33: Anzahl neuer COVID-19-Fälle zwischen 24. Februar bis Ende Mai; Absage Großveranstaltungen ab 9. März und bundesweiter Lock-Down ab 23. März 2020⁴³²

Um die Wirksamkeit der Maßnahmen tatsächlich bewerten zu können, muss die Inkubationszeit der Krankheit beachtet werden. Dies wird im Median auf 5 bis 6 Tage geschätzt (minimal 1 Tag, maximal 14 Tage).⁴³³ Die Grafik zeigt, dass die Anzahl der neuen Krankheitsfälle etwa 10 Tage nach der Absage von Großveranstaltungen abnimmt. Werden mittlere Inkubationszeiten und eventuelles Zögern bei der Testbeantragung berücksichtigt, kann tatsächlich eine Kausalität zwischen Maßnahme und Rückgang der neuen Krankheitsfälle vermutet werden. Bezugnehmend auf das am 22.03.2020 ausgesprochene Kontaktverbot lassen sich keine eindeutigen Änderungen der Neu-Fälle erkennen (s. hierzu auch Abbildung 22, S. 102).

⁴³¹ Vgl. Pressemitteilung der Bundeskanzlerin 2020, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/coronavirus/-dieser-gemeinsinn-wird-uns-durch-die-schwere-zeit-tragen--1733288>, abgerufen am 04.06.2020.

⁴³² Darstellung in Anlehnung an: RKI 2020, https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/2020-06-04-de.pdf?__blob=publicationFile, abgerufen am 04.06.2020.

⁴³³ RKI 2020, https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Steckbrief.html#doc13776792bodyText7, abgerufen am 04.06.2020.

4.4.2 Mangelndes Zahlenverständnis

Selbst wenn alle Zahlen richtig berechnet wurden, ist nicht sichergestellt, dass sie auch richtig verwendet werden. Die vorangegangenen Kapitel dieses Arbeitsberichtes informierten bereits über **Zahlenblindheit** – die fehlende Fähigkeit, mit Wahrscheinlichkeiten und Risiken umzugehen. Hinzu kommt ggf. ein mangelndes Zahlenverständnis, also das Unvermögen, mit Statistiken oder Prozentangaben umzugehen.⁴³⁴

Ein Bsp. hierzu liefert der auf S. 113 bereits erwähnte *Twitter*-Beitrag des *ZDF Studios London* zur Berechnung der 60 %-Zunahme der britischen Grünen. Hier noch einmal der Tweet und die zugehörigen Daten der Wahlen zur Erinnerung:

„Weiterer interessanter Fakt. Obwohl #Klimawandel keine Rolle im Wahlkampf gespielt hat, konnten die Grünen 60 % zulegen.[...]“⁴³⁵

Jahr	Anteil der Stimmen in %	Steigerung zum Vorjahr	Absolute Stimmen für die Grünen
2017 ⁴³⁶	1,6 %	-2,2 %	525.665
2019 ⁴³⁷	2,7 %	+1,1 %	865.707

Tabelle 13: Stimmenanteil der Grünen im britischen Parlament 2017 und 2019 inkl. absoluter Stimmen der Wählenden⁴³⁸

Die Basis dieser 60 % ist unklar. Die prozentuale Steigerung von 2017 auf 2019 beträgt mit Basis = 1,6 %:

$$\frac{2,7 \% - 1,6 \%}{1,6 \%} = \frac{1,1 \%}{1,6 \%} = 69 \%$$

Wird die der prozentuale Anteil von 2019 (2,7 %) als Basis gewählt, ergibt sich:

$$\frac{2,7 \% - 1,6 \%}{2,7 \%} = \frac{1,1 \%}{2,7 \%} = 41 \%$$

Auch die Differenz der absoluten Stimmen bezogen auf je 2017 und 2019 als Basis bestätigt nicht, dass die Grünen 60 % zugelegt hätten:

⁴³⁴ Vgl. Gigerenzer 2002, S. 41-43.

⁴³⁵ ZDF Studio London 2019, <https://twitter.com/ZDFLondon/status/1205412886224474113>, abgerufen am 03.06.2020.

⁴³⁶ Vgl. BBC 2017, <https://www.bbc.com/news/election/2017/results>, abgerufen am 03.06.2020.

⁴³⁷ Vgl. BBC 2019, <https://www.bbc.com/news/election/2019/results>, abgerufen am 03.06.2020.

⁴³⁸ Eigene Darstellung.

$$\frac{865.707 - 525.665}{525.665} = \frac{340.042}{525.665} = 65 \% \quad \text{bzw.} \quad \frac{340.042}{865.707} = 39 \%$$

Was aber annähernd zutrifft - sowohl prozentual als auch mit absoluten Stimmen - ist das Verhältnis von 2017 zu 2019 mit rund 60 %:

$$\frac{1,6 \%}{2,7 \%} = 59 \% \quad \text{bzw.} \quad \frac{525.665}{865.707} = 61 \%$$

Allerdings kann von einer „Steigerung“ von 60 % nicht die Rede sein.

Wenn Verantwortliche in der Politik oder anderen einflussreichen Positionen kein Zahlenverständnis haben und aufgrund dessen falsche Entscheidungen treffen, kann dies Konsequenzen in z.B. der Gesetzgebung haben. Bspw. schlussfolgerte ein Ministerpräsident, dass die meisten Marihuanakonsumierenden gleichzeitig heroinabhängig seien, weil die meisten Heroinsüchtigen Marihuana konsumiert haben. In der Realität erweiterte aber nur ein kleiner Teil der Marihuanakonsumierenden ihren Drogenkonsum auf Heroin. Der Ministerpräsident hat den hier den falschen Umkehrschluss gezogen und gab damit seine Zustimmung zum Fortbestand des Marihuana-Verbotes.⁴³⁹

Eine Studie der *Stiftung Rechnen* testete 2013 mit Hilfe der *forsa*, ob 18- bis 65-jährige in der Lage sind, Aufgaben zu lösen, die „das Niveau der 8. Klasse überwiegend nicht überschritten“⁴⁴⁰. Das Resultat war, dass „zu viele“ Deutsche nicht in der Lage seien, u.a. Grafiken zu verstehen und den Wahrheitsgehalt von Ergebnissen einzuordnen.⁴⁴¹

In jedem Fall ist eine hinreichende mathematische Bildung der Bürgerinnen und Bürger eine wichtige Voraussetzung, Manipulationen von Statistik zu erkennen - oder wie es Mathematiker Christian Hesse ausdrückt:

„Wir werden sicher weniger übers Ohr gehauen und getäuscht von Statistiken [...], die durch die Presse und die auch Medien [gehen], wenn wir mehr Mathematik-Kenntnisse haben.“⁴⁴²

⁴³⁹ Vgl. Gigerenzer 2002, S. 41-43.

⁴⁴⁰ Stiftung Rechnen 2013, <https://www.stiftungrechnen.de/portfolio-item/studie-buergerkompetenz-rechnen/>, abgerufen am 07.06.2020. Studie zu finden unter: https://zeus.zeit.de/wissen/2013-05/13-05-29_Ergebnisbericht_Studie_Rechnen.pdf, abgerufen am 07.06.2020.

⁴⁴¹ Vgl. Stiftung Rechnen 2013, <https://www.stiftungrechnen.de/portfolio-item/studie-buergerkompetenz-rechnen/>, abgerufen am 07.06.2020. Studie zu finden unter: https://zeus.zeit.de/wissen/2013-05/13-05-29_Ergebnisbericht_Studie_Rechnen.pdf, abgerufen am 07.06.2020.

⁴⁴² Vgl. Hesse 2017, <https://www.deutschlandfunknova.de/beitrag/weg-mit-der-angst-mathematik-ist-wichtig>, abgerufen am 07.06.2020.

4.5 Zusammenfassung zum strukturierten Zweifeln

Datenerhebung:

- Woher kommen die Daten? (Wer wurde befragt? Wo wurde gemessen/beobachtet?)
- Was ist die Grundgesamtheit?
- Spiegeln die Daten die Grundgesamtheit wider? (Sind die Daten repräsentativ?)
- Wie viele Daten wurden erhoben? Ist der Stichprobenumfang ausreichend?
- Sind die Daten vollständig?
- Sind die Bedingungen der Datenerhebung vergleichbar?
- Ist die Datenerhebung beeinflusst worden?

Datenverarbeitung:

- Gibt es Ausreißer? Wie hoch ist der Mittelwert? Wo liegt der Median?
- Wie sehr streuen die Daten?
- Wo liegt das Konfidenzintervall? Wie wurde das Konfidenzintervall ermittelt?
- Wie groß ist das Ergebnis zahlenmäßig? Ist die Zahl groß genug, dass zufällige Fehler eine untergeordnete Rolle spielen?
- Ist die Prognose überhaupt sinnvoll?
- Ist eine systematische Abweichung möglich? Gibt es Vergleichsstudien, Vergleichsmethoden?
- Wie wurde das Ergebnis errechnet?
- Gibt es eine Bezugsgröße? Wie ist diese definiert? Was ist 100 %?

Datendarstellung

- Sind die Grafiken richtig skaliert?
- Beginnt die y-Achse bei null?
- Gibt es eine Bezugsgröße, um Ergebnisse vergleichen zu können? Wie verändert sich dadurch das Ergebnis?
- Wie wird die Studie finanziert? Besteht ein Interessenskonflikt?
- Gibt es eine Peer Review?
- Gibt es Studien zu dem Thema, die dem Ergebnis widersprechen?

Schlussfolgerung

- Wie beeinflussen sich die ermittelten Variablen?
- Gibt es eine Hintergrundvariable?
- Kann die Kausalität umgekehrt werden?
- Ist ein Umkehrschluss möglich?

Literaturverzeichnis - Schriftquellen

Altmann, S., Falk, A., Marklein, F. (2011): ZA Standpunkt Nr. 12: Eingeschränkt rationales Verhalten: Evidenz und wirtschaftspolitische Implikationen, in: Beihefte der Zeitschrift für das gesamte Handelsrecht und Wirtschaftsrecht, Nr. 75, S. 63-82.

Amann, E. (2019): Entscheidungstheorie. Individuelle, strategische und kollektive Entscheidungen. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Bar-Hillel, M. (1980): The base-rate fallacy in probability judgments, in: Acta Psychologica, Vol. 44, No. 3, S. 211-233.

Bass, E. J., Orczyk, C., Grey, A., Freeman, A., Jameson, C., Punwani, S., Ramachandran, N., Allen, C., Emberton, M., Ahmed, H. U. (2019): Targeted biopsy of the prostate: does this result in improvement in detection of high-grade cancer or the occurrence of the Will Rogers phenomenon? BJU international, Vol. 124, S. 643–648.

Bergmann, L.; Berning, H. (2016): Prospect Theory, in: Behavioral Management. Eine Einführung in ausgewählte Aspekte. S. 199-235, Hrsg.; Remmerbach, Klaus-Ulrich. Münster: Fachhochschule Münster.

Bland, J.M. (2017): Errors of Measurement: Regression Toward the Mean, in: Allen, M. (Hrsg.): The SAGE Encyclopedia of Communication Research Methods, SAGE Publications, Thousand Oaks, S. 441-446.

Bosbach, G.; Korff, J. J. (2011): Lügen mit Zahlen: Wie wir mit Statistiken manipuliert werden. München : Heyne Verlag.

Bosch, K. (2007): Statistik für Nichtstatistiker. Zufall und Wahrscheinlichkeit. Fünfte, verbesserte Auflage. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH.

Brodersen, K. (2013): In vitro veritas: Spätantiker Wein. In R. Kussl, & R. Kussl (Hrsg.), Dichter, Denker, Denkmäler - Beiträge zum altsprachlichen Unterricht (S. 217–221). Speyer: Kartoffeldruck-Verl. Brodersen.

Büchtler, A.; Henn, H.-W. (2007): Elementare Stochastik: Eine Einführung in die Mathematik der Daten und des Zufall, 2. Auflage. Berlin-Heidelberg : Springer Verlag.

Christensen, B., Christensen S. (2015): Achtung: Statistik - 150 Kolumnen zum Nachdenken und Schmunzeln. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Christensen, B.; Christensen, S. (2018): Achtung: Mathe und Statistik - 150 neue Kolumnen zum Nachdenken und Schmunzeln. Berlin, Heidelberg: Springer.

Christensen, B., Christensen, S.; Missong, M. (2019): STATISTIK KLIPP & KLAR. Wiesbaden: Springer Gabler.

Dempster, M.; Hanna, D. (2019): Statistik und Forschungsmethoden für Psychologen und Sozialwissenschaftler für Dummies (1. Ausg.). Weinheim: Wiley-VCH.

Diekert, V.; Kufleitner, M.; Rosenberger, G. (2013): Elemente der diskreten Mathematik: Zahlen und Zählen, Graphen und Verbände. Berlin : Walter de Gruyter.

Dubben, H.-H.; Beck-Bornholdt, H.-P. (2011): Mit an Wahrscheinlichkeit grenzender Sicherheit: Logisches Denken und Zufall, 7. Auflage. Hamburg : Rowohlt Verlag.

Eddy, D. (1982): Probabilistic reasoning in clinical medicine: Problems and opportunities, in: Kahneman, D., Slovic, P., Tversky, A. (Hrsg.): Judgment Under Uncertainty: Heuristics and Biases, Cambridge University Press, Cambridge, S. 249-267.

Egger, M.; Razum, O. (2014): Public Health: Sozial- und Präventivmedizin kompakt, 2. Auflage. Berlin : Walter de Gruyter.

Ellsberg, D. (1961): Risk, ambiguity and the Savage axioms Vol. 75, No. 4. Oxford : Oxford University Press.

Fenkart, P. S. (2018): Chefsache Intuition. Besser managen, beurteilen und entscheiden durch intuitive Kompetenz. Wiesbaden: Springer Gabler.

Gigerenzer, G. (1991): How to Make Cognitive Illusions Disappear: Beyond „Heuristics and Biases“, in: European Review of Social Psychology, Vol. 2, No. 1, S. 83-115.

Gigerenzer, G. (2002): Das Einmaleins der Skepsis - Über den richtigen Umgang mit Zahlen und Risiken. Berlin: Berlin Verlag.

Gigerenzer, G. (2007): Bauchentscheidungen: Die Intelligenz des Unbewussten und die Macht der Intuition. 4. Auflage. München: Bertelsmann Verlag.

Gigerenzer, G. (2007): Bauchentscheidungen: Die Intelligenz des Unbewussten und die Macht der Intuition. 6. Auflage. München: Wilhelm Goldmann Verlag.

Gigerenzer, G. (2013): Risiko: Wie man die richtige Entscheidung trifft, 5. Auflage. München: C. Bertelsmann Verlag.

Gigerenzer, G., Gaissmaier, W. (2006): Denken und Urteilen unter Unsicherheit: Kognitive Heuristiken. In: Enzyklopädie der Psychologie; Serie 2, Band 8. Göttingen: Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG.

Gigerenzer, G., Hell, W., Blank, H. (1988): Presentation and Content: The Use of Base Rates as a Continuous Variable, in: Journal of Experimental Psychology Human Perception & Performance, Vol. 14, No. 3, S. 513-525.

Gigerenzer, G., Hoffrage, U. (1995): How to Improve Bayesian Reasoning Without Instruction: Frequency Formats, in: Psychological Review, Vol. 102, No. 4, S. 684-704.

- Gilovich, T.** (1991): How We Know What Isn't So: The Fallibility of Human Reason in Everyday Life, Simon and Schuster, New York.
- Gilovich, T., Vallone, R., Tversky, A.** (1985): The Hot Hand in Basketball: On the Mis-perception of Random Sequences, in: Cognitive Psychology, Vol. 17, S. 295-314.
- Glaser, C.** (2019): Risiko im Management: 100 Fehler, Irrtümer, Verzerrungen und wie man sie vermeidet, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden.
- Gnädinger, M., Kleist, P.** (2014): Regression zum Mittelwert, in: Schweiz Med Forum, Vol. 14, No. 34, S. 617-619.
- Göbel, E.** (2016): Richtig entscheiden: Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre und unternehmerische Entscheidungspraxis, 2. Aufl., UVK Verlag, Konstanz.
- Golder, W. A.** (2009): Das Will-Rogers-Phänomen und seine Bedeutung für die bildgebende Diagnostik. Der Radiologe, Vol. 49, Heft 4, S. 348–354.
- Havil, J.** (2012): Verblüfft?!: Mathematische Beweise unglaublicher Ideen. Berlin-Heidelberg: Springer Verlag.
- Herdas, H.; van Düllen, H.** (2016): Heuristiken und Biases, in: Behavioral Management. Eine Einführung in ausgewählte Aspekte, S. 237-274, Hrsg.; Remmerbach, Klaus-Ulrich. Münster: Fachhochschule Münster.
- Hertwig, R., Gigerenzer, G.** (1999): The 'Conjunction Fallacy' Revisited: How Intelligent Inferences Look Like Reasoning Errors, in: Journal of Behavioral Decision Making, Vol. 12, S. 275-305.
- Jacowitz, K.E., Kahneman, D.** (1995): Measures of Anchoring in Estimation Tasks, in: Personality and Social Psychology Bulletin, Band 21, Nr. 11.
- Jost, P.-J.** (2013): Organisation und Motivation: Eine ökonomisch-psychologische Einführung, 2. Auflage. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Kahneman, D.** (2011): Thinking, Fast and Slow. London: Penguin Books.
- Kahneman, D.** (2012): Schnelles Denken, langsames Denken, 2. Aufl., Siedler Verlag, München.
- Kahneman, D., Slovic, P., Tversky, A.** (2008): Judgement under uncertainty: Heuristics and Biases. 24. Auflage. New York: Cambridge University Press.
- Kahneman, D.; Tversky, A.** (1973): On the psychology of prediction, in: Psychological Review, Vol. 80, No. 4, S. 273-251.
- Kahneman, D.; Tversky, A.** (1973): Subjective Probability: A Judgment of Representativeness, in: Cognitive Psychology, Vol. 3, No. 3, S. 430-454.

- Kahneman, D.; Tversky, A. (1973):** Availability: A Heuristic for Judging Frequency and Probability, in: *Cognitive Psychology*, Vol. 5, No. 2, S. 207-232.
- Kahneman, D.; Tversky, A. (1974):** Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases, in: *Science – New Series*, Vol. 185, No. 4157, S. 1124-1131.
- Kahneman, D.; Tversky, A. (1979):** Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk, in: *Econometrica*, Vol. 47, No. 2, S. 263-291.
- Kahneman, D., Tversky, A. (1992):** Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty, in: *Journal of Risk and Uncertainty*, Vol. 5, S. 297-323.
- Kanning, U. P. (2019):** Managementfehler und Managementscheitern, Springer-Verlag GmbH, Berlin.
- Karger, R., & Hoffmann, F. (2013):** Wasserversorgung - Gewinnung, Aufbereitung, Speicherung, Verteilung (14. Ausg.). Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Kessler, T., Fritsche, I. (2018):** Sozialpsychologie, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden.
- Koch, M. (2017):** Von Schildkröten, Lügnern und sich selbst rasierenden Frisuren: Klassische Paradoxa im Licht der modernen Mathematik. Nordertstedt: Book on Demand.
- Krämer, W. (2015):** So lügt man mit Statistik (1. Ausg.). Campus Verlag.
- Krickhahn, T.; Poß, D. (2013):** Statistik für Wirtschafts- und Sozialwissenschaftler für Dummies (1. Ausg.). Weinheim: Wiley-VCH.
- Kyrer, A. (2001):** Wirtschaftslexikon (4. Ausg.). München, Wien: R. Oldenbourg Verlag.
- Laux, H.; Gillenkirch, R. M.; Schenk-Mathes, H. Y. (2018):** Entscheidungstheorie. Zehnte, aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Luo, G.Z. (2014):** Asset Price Response to New Information: The Effects of Conservatism Bias and Representativeness Heuristic, 1. Aufl., Springer-Verlag, New York.
- Maier, J., Brettschneider, F. (2009):** Wirkungen von Umfrageberichterstattung auf Wählerverhalten: Ein Online-Experiment zu den Landtagswahlen in Baden-Württemberg 2006, Rheinland-Pfalz 2006 und Hessen 2008, in: *Sozialforschung im Internet: Methodologie und Praxis der Online-Befragung*, VS Verlag für Sozialwissenschaften und Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden.
- McRaney, D. (2012):** Ich denke, also irre ich: Wie unser Gehirn uns jeden Tag täuscht, Mvg Verlag, Münchner Verlagsgruppe GmbH, München.

- Pfister, H.-R., Jungermann, H., Fischer, K.** (2017): Die Psychologie der Entscheidung – Eine Einführung, 4. Aufl., Springer Verlag, Berlin.
- Possehl, G.; Meyer-Grashorn, A.** (2008): Trust Yourself! Wie Sie Ihre Intuition für Entscheidungen nutzen. München: Rudolf Haufe Verlag GmbH & Co. KG.
- Quatember, A.** (2019): Datenqualität in Stichprobenerhebungen. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Remmerbach, K.-U.; Gerollis, M.; Hendricks, L.; Robers, J.; Schwaf, T.; Wulfert, L.** (2018): Glück, Enttäuschung und Bedauern Emotionale Einflüsse auf Entscheidungen, ITB-Arbeitsberichte, Band 8, Münster: Fachhochschule Münster.
- Remmerbach, K.-U.; Wulfert, L.** (2018): Eine kurze Einführung in die Psychologie der Entscheidung, in: Glück, Enttäuschung und Bedauern, S. 9 – 32, ITB-Arbeitsberichte, Band 8, Münster: Fachhochschule Münster.
- Rosling, H.** (2019): Factfulness. Wie wir lernen die Welt so zu sehen wie sie ist, vierte Auflage, Berlin: Ullstein Buchverlage GmbH.
- Rößler, I., Ungerer, A.** (2019): Statistik für Wirtschaftswissenschaftler: Eine anwendungsorientierte Darstellung, 6. Aufl., Springer-Verlag GmbH Deutschland, Berlin.
- Rothstein, H. R., Sutton, A. J.; Borenstein, M.** (2005): Publication bias in meta-analysis - Prevention, assessment and adjustments. Chichester, West Sussex: Wiley.
- Rumsey, D.** (2015): Statistik für Dummies. 3. Aktualisierte Auflage. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KG.
- Schreiber, A.** (2013): Die enttäuschte Erkenntnis: Paramathematische Denkszettel. Leipzig: Edition am Gutenbergplatz Leipzig.
- Schwarz, N., Bless, H., Strack, F., Klumpp, G., Rittenauer-Schatka, H., Simons, A.** (1991): Ease of retrieval as information: another look at the availability heuristic, in: Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 61, No. 2, S. 195-202.
- Seidensticker, R. B.** (2006): Future hype - The myths of technology change (1 Ausg.). San Francisco, CA; Berkeley, CA: Berrett-Koehler Publishers; Publishers Group West distributor.
- Sinek, S.** (2020): Gute Chefs essen zuletzt, fünfte Auflage, München: Redline Verlag, ein Imprint der Münchener Verlagsgruppe GmbH.
- Strick, H. K.** (2018): Einführung in die Wahrscheinlichkeitsrechnung: Stochastik kompakt. Leverkusen: Springer Spektrum.
- Taleb, N. N.** (2015): Der Schwarze Schwan: Die Macht höchst unwahrscheinlicher Ereignisse. München: Albert Knuas Verlag.

Thompson, W. C., Schumann, E.L. (1987): Interpretation of statistical evidence in criminal trials: The prosecutor's fallacy and the defense attorney's fallacy, in: Law and Human Behavior, Vol. 11, No. 3, S. 167-187.

Tversky, A., Kahneman, D. (1971): Belief in the Law of Small Numbers, in: Psychological Bulletin, Vol. 76, No. 2, S. 105-110.

Tversky, A., Kahneman, D. (1983): Extensional Versus Intuitive Reasoning: The Conjunction Fallacy in Probability Judgment, in: Psychological Review, Vol. 90, No. 4, S. 293-315.

Villejoubert, G., Mandel, D.R. (2002): The inverse fallacy: An account of deviations from Bayes's theorem and the additivity principle, in: Memory & Cognition, Vol. 30, No. 2, S. 171-178.

Von Nitzsch, R. (2006): Entscheidungslehre, 3. Aufl., Druck und Verlagshaus Mainz GmbH Aachen, Aachen.

Weber, M. (1991): Ambiguitätseffekte in experimentellen Märkten In: Jean-Michel Grandmont (Hrsg.): Rheinisch-Westfälische Akademie der Wissenschaften: Natur-, Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften Vorträge · N 397, Ausgabe 397. Opladen: Westdeutscher Verlag.

Wentura, D., Frings, C. (2013): Kognitive Psychologie, 1. Aufl., Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden.

Woll, A. (2008): Wirtschaftslexikon - Jubiläumsausgabe (10. Ausg.). München: De Gruyter.

World Health Organization (2002): World Health Report 2002 - Reducing Risks, Promoting Healthy Life. Genf: World Health Organization.

Literaturverzeichnis - Internetquellen

Alsmeyer, G (2010): Grundbegriffe der stochastischen Modellierung. Online verfügbar unter: https://www.uni-muenster.de/Stochastik/lehre/SS10/WT_SS10/SkriptStochastik/Stoch01.pdf, abgerufen am 22.07.2020.

Amler, R. (2005): Nutzen von Statistiken aus Sicht eines Unternehmens: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 42/005, S. 53-56. Online verfügbar unter: http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Service/Veroeff/Monatshefte/PDF/Beitrag05_04_13.pdf, abgerufen am 04.06.2020.

Amt für Stadtentwicklung Karlsruhe (2018): Statistikatlas Karlsruhe. Online verfügbar unter: <https://web3.karlsruhe.de/Stadtentwicklung/statistik/atlas/?select=009>, abgerufen am 05.06.2020.

Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften (2000): RICHTLINIE 2000/60/EG zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Online verfügbar unter: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0003.02/DOC_1&format=PDF, abgerufen am 07.06.2020.

Arbeitskreis »Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder« (2019): Einwohner 1991 bis 2018 (WZ 2008). Online verfügbar unter: <https://www.statistik-bw.de/VGRdL/tbls/tab.jsp?rev=RV2014&tbl=tab20&lang=de-DE>, abgerufen am 03.06.2020.

Ariely, D. (2008): The Identifiable Victim Effect in Action. Online verfügbar unter <https://www.psychologytoday.com/us/blog/predictably-irrational/200810/the-identifiable-victim-effect-in-action>, abgerufen am 04.06.2020.

Aschendorff Medien GmbH & Co. KG (2020): „Raser verursacht Unfall in Düsseldorf: Insassen verletzt“. Online verfügbar unter: <https://www.wn.de/NRW/4194901-Unfaelle-Raser-verursacht-Unfall-in-Duesseldorf-Insassen-verletzt>, abgerufen am 09.06.2020.

Askeljung, G.: Online verfügbar unter: <https://www.immediate-effects.com/intuitiv-entscheiden-fuehlen-oder-denken/>, abgerufen am 05.07.2020.

Axel Springer SE (2019): „Zu schnell auf nasser Straße: Vier Verletzte bei Unfall“. Online verfügbar unter: <https://www.welt.de/regionales/baden-wuerttemberg/article201432772/Zu-schnell-auf-nasser-Strasse-Vier-Verletzte-bei-Unfall.html?cid=on-site.onsitesearch>, abgerufen am 09.06.2020.

BBC (2015): Election 2015 - Results. Online verfügbar unter: <https://www.bbc.com/news/election/2015/results>, abgerufen am 03.06.2020.

- BBC** (2017): Election 2017 - Results. Online verfügbar unter: <https://www.bbc.com/news/election/2017/results>, abgerufen am 03.06.2020.
- BBC** (2019): Election 2019 - Results. Online verfügbar unter: <https://www.bbc.com/news/election/2019/results>, abgerufen am 03.06.2020.
- Beilock, S. L.; Carr, T. H.** (2001): On the Fragility of Skills Performance: What Governs Choking Under Pressure? *Journal of Experimental Psychology: General*. Vol 130. No. 4. /01-725. Online verfügbar unter: <https://www.apa.org/pubs/journals/releases/xge-1304701.pdf>, abgerufen am 04.06.2020.
- Berberich, K.**: Online verfügbar unter: <https://swl.htwsaar.de/lehre/ws16/eus/slides/2016-vl-eus-kap2-3-entscheidungstheorie.pdf>, abgerufen am 03.06.2020.
- Bernau, P.** (2011): Atomdebatte. Wie wahrscheinlich ist die Katastrophe? Online verfügbar unter: <https://www.faz.net/aktuell/politik/energiepolitik/atomdebatte-wie-wahrscheinlich-ist-die-katastrophe-1613282.html>, abgerufen am 02.06.2020.
- Bernau, P.** (2011): Online verfügbar unter: <https://www.faz.net/aktuell/politik/energiepolitik/atomdebatte-wie-wahrscheinlich-ist-die-katastrophe-1613282.html>, abgerufen am 28.05.2020.
- Binder, K.; Krauss, S.; Weber, P.** (2018): Online verfügbar unter: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.01833/full>, abgerufen am 28.05.2020.
- Blank, H., Fischer, V.** (2000): «Es musste eigentlich so kommen»: Rückschaufehler bei der Bundestagswahl 1998. In: *Zeitschrift für Sozialpsychologie* 31, S.128-142, Hogrefe AG. Online verfügbar unter <https://econtent.hogrefe.com/doi/abs/10.1024//0044-3514.31.3.128>, abgerufen am 09.06.2020.
- Boost Media GmbH** (2015): Online verfügbar unter: https://www.videoboost.de/visuelle-darstellungen-vorteile?utm_source=facebook&utm_medium=status&utm_campaign=hootsuite#tipp2, abgerufen am 04.06.2020.
- Börse-Anlage.de** (2015): Online verfügbar unter: <https://www.boerse-anlage.de/die-tuecken-der-prozentrechnung-und-rendite/>, abgerufen am 28.05.2020.
- Bundesagentur für Arbeit** (2020): Umfassende Arbeitsmarktstatistik - Arbeitslosigkeit und Unterbeschäftigung. Online verfügbar unter: <https://statistik.arbeitsagentur.de/Statistischer-Content/Unterbeschaeftigung-Schaubild.pdf>, abgerufen am 08.06.2020.
- Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit** (2020): Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland - Ergebnisse der Meldungen gemäß § 64 Pflanzenschutzgesetz für das Jahr 2018. Online verfügbar unter: https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/04_Pflanzenschutzmittel/meld_par_64_2018.pdf?__blob=publicationFile&v=3, abgerufen am 31.05.2020.

Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (2018): Online verfügbar unter: <https://www.leitbegriffe.bzga.de/alphabetisches-verzeichnis/praeventionsparadox/> abgerufen am 22.05.2020.

BWL-Lexikon.de: Online verfügbar unter: <https://www.bwl-lexikon.de/wiki/entscheidung-bei-sicherheit/>, abgerufen am 26.05.2020.

BWL-Lexikon.de: Online verfügbar unter: <https://www.bwl-lexikon.de/wiki/entscheidung-bei-risiko/>, abgerufen am 26.05.2020.

BWL-Lexikon.de: Online verfügbar unter: <https://www.bwl-lexikon.de/wiki/entscheidung-unter-unsicherheit/>, abgerufen am 26.05.2020.

Cambridge Dictionary: Online verfügbar unter: <https://dictionary.cambridge.org/de/worterbuch/englisch/dilemma> abgerufen am 06.06.2020.

Çaylak, E.; Graaf, N. (2020): Obdachlos in Istanbul - Der Kampf um Dach und Job. (Deutschlandfunk, Hrsg.). Online verfügbar unter: https://www.deutschlandfunkkultur.de/obdachlos-in-istanbul-der-kampf-um-dach-und-job.979.de.html?dram:article_id=469488, abgerufen am 27.05.2020.

Cordt, S. (2012): Entwicklung des Wahrscheinlichkeitsbegriffs im Mathematikunterricht der 2. Klasse unter Einbeziehung des Strukturmodells der Prozessbetrachtung. Online verfügbar unter: https://www.mathe-mv.de/storages/uni-rostock/Alle_MNF/Mathe-MV/Publicationen/Primarstufe/Examensarbeit_Cordt.pdf, abgerufen am 06.06.2020.

Cornell University (2019): Online verfügbar unter: <http://blogs.cornell.edu/info2040/2019/09/19/braesss-paradox-in-seoul-south-korea/> abgerufen am 03.06.2020.

Crashkurs Statistik (2015): <https://www.crashkurs-statistik.de/was-ist-eine-wahrscheinlichkeit/>, abgerufen am 19.05.2020.

Dach, R. P. (1997): Veröffentlichung von Wahlprognosen: keine verfassungsrechtlichen Bedenken. In: Zeitschrift für Parlamentsfragen, Mai 1997, Vol. 28, Nummer 2, S.229-235. Online verfügbar unter <https://www.jstor.org/stable/24228281?seq=1>, abgerufen am 09.06.2020.

Delius, W. (2019): Online verfügbar unter: <https://www.apotheken-umschau.de/Koronare-Herzkrankheit> abgerufen am 22.05.2020.

Deutsche Mathematiker Vereinigung: Online verfügbar unter: <https://www.mathematik.de/stochastik>, abgerufen am 28.05.2020.

Dijksterhuis, Ap; Nordgren, L. F. (2006): A Theory of Unconscious Thought in Perspective on Psychological Science Volume 1, Number2, S. 95-109. Online verfügbar unter: https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1111/j.1745-6916.2006.00007.x?casa_token=jYLp8e3timgAAAAA:XdAfa3HU_Y4WkaANc7YLnN-CZHF8X97hh9AQzxHetZmZkwHj0Xqeqxua6zqT0puOCIT2nuuMjB0xC-w, abgerufen am 05.07.2020.

Drosten, C. (2020). Coronavirus-Update #44: Die rote Murmel kontrollieren | NDR Podcast. Online verfügbar unter: <https://www.youtube.com/watch?v=fOHB6PtcoMU>, abgerufen am 01.06.2020.

Duden (2020): Online verfügbar unter: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Kausalitaet>, abgerufen am 04.05.2020

Duden: Online verfügbar unter: <https://www.duden.de/rechtschreibung/paradox#Bedeutung-1> abgerufen am 02.06.2020

Duden: Online verfügbar unter: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Paradoxon> abgerufen am 02.06.2020.

Duden: Online verfügbar unter: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Risiko>, abgerufen am 26.05.2020.

EDQM (2020): Online verfügbar unter: <https://www.edqm.eu/en/european-pharmacopoeia-background-50.html>, abgerufen am 01.06.2020.

Edwards, W. (1968): Conservatism in human information processing. In: Judgement under uncertainty: Heuristics and Biases, S.359-369. Online verfügbar unter: <https://pages.ucsd.edu/~mckenzie/Edwards1968excerpts.pdf>, abgerufen am 09.06.2020.

Egger, M.; Razum, O. (2015): Online verfügbar unter: <https://boris.unibe.ch/66658/1/9783110336061.1-1.pdf> abgerufen am 22.05.2020.

ELSEVIER (2020: What is peer review? Online verfügbar unter: <https://www.elsevier.com/reviewers/what-is-peer-review>, abgerufen am 01.06.2020.

Encyclopedia Britannica (1998): „Conversion“. Online verfügbar unter: <https://www.britannica.com/topic/conversion-logic>, abgerufen am 09.06.2020.

EuroMOMO (2020): Online verfügbar unter: <https://www.euromomo.eu/>, abgerufen am 07.06.2020.

Feld, S. L.; Grofman, B. (1977): Variation in class size, the class size paradox, and some consequences for students. In: Research in higher education, Vol. 6. Online verfügbar unter: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00991287>, abgerufen am 18.07.2020.

Finanzfluss: Online verfügbar unter: <https://www.finanzfluss.de/geldanlage/zinseszins-effekt/>, abgerufen am 28.05.2020.

Fischhoff, B. (2003): Hindsight \neq Foresight: The Effect of Outcome Knowledge on Judgment Under Uncertainty. In: Quality and Safety in Health Care, S.304-311. Online verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/246209200_Hindsight_Foresight_The_Effect_of_Outcome_Knowledge_on_Judgment_Under_Uncertainty/link/567bdcf408ae197583820898/download, abgerufen am 09.06.2020.

Frankfurter Allgemein Zeitung (2004): VIOXX-Skandal - Risiken, Nebenwirkungen. Online verfügbar unter: <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/vioxx-skandal-risiken-nebenwirkungen-1191252.html>, abgerufen am 03.06.2020.

Frankfurter Allgemeine Zeitung GmbH (2012): Online verfügbar unter: <https://www.faz.net/aktuell/finanzen/meine-finanzen/2.2465/denkfehler-die-uns-geldkosten-43-erfolg-macht-leichtsinnig-11987223.html>, abgerufen am 09.06.2020.

Funke Mediengruppe (2005): Online verfügbar unter: <https://www.abendblatt.de/politik/deutschland/article107033762/Schroeder-Nichts-ist-entschieden.html>, abgerufen am 09.06.2020.

Funke, J. (2008): Risikowahrnehmung aus psychologischer Sicht. Psychologisches Institut der Universität Heidelberg. Online verfügbar unter https://www.geow.uni-heidelberg.de/md/chemgeo/geow/forschungsgruppen/kosmogeochem/funke_risikowahrnehmung.pdf, abgerufen am 06.06.2020.

Gabler: Online verfügbar unter: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/unsicherheit-49831/version-273057>, abgerufen am 02.06.2020.

Gabler: Online verfügbar unter: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/wahrscheinlichkeit-50718>, abgerufen am 19.05.2020.

Gigerenzer, G., Krämer, W., Schüller, K., Bauer, T. K.; Schmidt, C. M. (2020): Unstatistik des Monats vom 25.03.2020 - Corona-Pandemie: Statistische Konzepte und ihre Grenzen. Online verfügbar unter: <https://www.rwi-essen.de/unstatistik/101/>, abgerufen am 06.06.2020.

Gigerenzer, G., Krämer, W., Schüller, K.; Bauer, T. K. (2019): Unstatistik des Monats vom 19.12.2019 - Wahlen in Großbritannien: Die Grünen haben ihr Ergebnis um 60 Prozent gesteigert. Online verfügbar unter: <https://www.rwi-essen.de/unstatistik/98/>, abgerufen am 03.06.2020.

Gigerenzer, G., Krämer, W.; Bauer, T. K. (2017): Unstatistik des Monats vom 31.05.2017 - Trend nach Wunsch beim Pflanzengift. Online verfügbar unter: <https://www.rwi-essen.de/unstatistik/67/>, abgerufen am 30.05.2020.

Gigerenzer, G.; Gaissmaier, W. (2012): Intuition und Führung. Wie gute Entscheidungen entstehen. Online verfügbar unter: https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/GP_Intuition_und_Fuehrung.pdf, abgerufen am 05.07.2020.

Gigerenzer, G.; Martignon, L.; Hoffrage, U.; Rieskamp, J.; Czerlinski, J.; Goldstein, D. G. (2008): Online verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574072207001084?via%3Dihub>, abgerufen am 04.06.2020.

Glombitza, O. (2019): Studie: Nirgends mehr Suizide als in Bayern - Zahlen aus der Region. Passauer Neue Nachrichten. Online verfügbar unter: <https://www.pnp.de/nachrichten/bayern/Studie-Nirgends-mehr-Suizide-als-in-Bayern-Zahlen-aus-der-Region-3443132.html>, abgerufen am 03.06.2020.

Guinness World Records (2017): Guinness World Records - Oldest wine. Online verfügbar unter: https://www.guinnessworldrecords.com/world-records/68379-oldest-wine?fb_comment_id=1481415831957307_1483382345093989, abgerufen am 03.06.2020.

Guinness World Records (2018): Guinness World Records - Oldest whisky / whiskey. Online verfügbar unter: <https://www.guinnessworldrecords.de/world-records/oldest-whisky>, abgerufen am 03.06.2020.

Handelsblatt (2007): Online verfügbar unter: <https://www.handelsblatt.com/politik/konjunktur/oekonomie/nachrichten/subprime-krise-die-grosse-unbekannte-seite-3/2853712-3.html>, abgerufen am 01.06.2020.

Handelsblatt Media Group (2011): Online verfügbar unter: <https://www.wiwo.de/erfolg/trends/overconfidence-effekt-warum-wir-uns-so-oft-ueberschaetzen/5302168.html>, abgerufen am: 09.06.2020.

Handelsblatt Media Group (2020): Online verfügbar unter: <https://www.wiwo.de/unternehmen/dienstleister/sportwetten-sportwetten-in-deutschland-eine-rechtliche-grauzone/20585992-2.html>, abgerufen am 09.06.2020.

Harley, E. M., Carlsen, K. A., Loftus, G. R. (2004): The “Saw-It-All-Along” Effect: Demonstrations of Visual Hindsight Bias. In: Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition 2004, Vol. 30, No. 5, 960-968. Online verfügbar unter: <http://faculty.washington.edu/gloftus/Downloads/HarleyCarlsenLoftus.pdf>, abgerufen am 09.06.2020.

Hesse, C. (2017): Podcast: Weg mit der Mathe-Angst - Überwinde dich: Mathe ist wichtig. (D. Nova, Hrsg.). Online verfügbar unter: <https://www.deutschlandfunk-nova.de/beitrag/weg-mit-der-angst-mathematik-ist-wichtig>, abgerufen am 07.06.2020.

Hogrefe: Online verfügbar unter: <https://portal.hogrefe.com/dorsch/einstellungseffekt/>, abgerufen am 02.06.2020.

Hornig, F. (2020): Italian Mayor on the Coronavirus 'Make Good Use of the Time You Still Have'. Spiegel International. Online verfügbar unter: <https://www.spiegel.de/international/europe/italian-mayor-on-the-coronavirus-make-good-use-of-the-time-you-still-have-left-a-ffd1c9b6-8d2c-42c9-baa9-a578d185e90a>, abgerufen am 30.05.2020.

Hutsteiner, R. (2018): Online verfügbar unter: <https://science.orf.at/v2/stories/2941289/>, abgerufen am 26.05.2020.

IMF (2019): USA: Gesamtbevölkerung von 1980 bis 2018 und Prognosen bis 2024. Online verfügbar unter: <https://ezproxy.fh-muenster.de:2120/statistik/daten/studie/19320/umfrage/gesamtbevoelkerung-der-usa/>, abgerufen am 04.06.2020.

Inhoffen, L. (2017): Umfrage: Dem Großteil der Deutschen ist der Klimaschutz wichtig. (YouGov, Hrsg.) Online verfügbar unter: <https://yougov.de/news/2017/04/12/umfrage-dem-grossteil-der-deutschen-ist-der-klimaschutz/>, abgerufen am 26.05.2020.

International Organization for Migration (2020): Online verfügbar unter: <https://missingmigrants.iom.int/region/mediterranean>, abgerufen am 04.06.2020.

Johanning, L.; Trossbach, M. (2012): Online verfügbar unter: <https://www.faz.net/aktuell/finanzen/meine-finanzen/2.2465/denkfehler-die-uns-geld-kosten-12-die-falsche-scheu-vor-dem-unbekannten-11734441.html> abgerufen am 01.06.2020

ka-news (2018): Zahl der Single-Haushalte steigt: Jeder zweite Karlsruher lebt alleine. Online verfügbar unter: <https://www.ka-news.de/wirtschaft/regional/Zahl-der-Single-Haushalte-steigt-Jeder-zweite-Karlsruher-lebt-alleine;art127,2171428>, abgerufen am 05.06.2020.

Kahneman, D.; Tversky, A. (1979): Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk: Econometrica, 47(2), pp. 263-291. Online verfügbar unter: <https://www.uzh.ch/cmsssl/suz/dam/jcr:00000000-64a0-5b1c-0000-00003b7ec704/10.05-kahneman-tversky-79.pdf>.

Kahneman, D.; Tversky, A. (1992): Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty: *Journal of Risk and Uncertainty*, 5:297-323; Kluwer Academic Publisher. Online verfügbar unter http://psych.fullerton.edu/mBIRNBAUM/psych466/articles/Tversky_Kahneman_JRU_92.pdf.

Kaustia, M., Alho, E., Puttonen, V. (2008): How Much Does Expertise Reduce Behavioral Biases? The Case of Anchoring Effects in Stock Return Estimates. In: *Financial Management*, 2008, Vol. 37, issue 3, S. 391-412. Online verfügbar unter: https://econpapers.repec.org/article/blafinmgt/v_3a37_3ay_3a2008_3ai_3a3_3ap_3a391-412.htm, abgerufen am 26.06.2020.

Kiss, A., Simonovits, G. (2013): Identifying the bandwagon effect in two-round elections. Online verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/259635012_Identifying_the_bandwagon_effect_in_two-round_elections/link/5478ac690cf2a961e4877cbf/download, abgerufen am 09.06.2020.

Kolata, G. (1990): Online verfügbar unter: <https://www.nytimes.com/1990/12/25/health/what-if-they-closed-42d-street-and-nobody-noticed.html>, abgerufen am: 03.06.2020.

Kovic, M. (2017): Wie wir Risiken verzerrt wahrnehmen. Online verfügbar unter: <https://medium.com/arscognitionis/wie-wir-risiken-verzerrt-wahrnehmen-c905343e6f22>, abgerufen am 02.06.2020.

Krauss, S.; Weber, P.; Binder, K. et al (2020): Natürliche Häufigkeiten als numerische Darstellungsart von Anteilen und Unsicherheit – Forschungsdesiderate und einige Antworten. *J Math Didakt.* Online verfügbar unter: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13138-019-00156-w>, abgerufen am 22.05.2020.

Kruger, J., Dunning, D. (2000): Unskilled and Unaware of It: How Difficulties in Recognizing One's Own Incompetence Lead to Inflated Self-Assessments. In: *Journal of Personality and Social Psychology*, S.1121-34. Online verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/12688660_Unskilled_and_Unaware_of_It_How_Difficulties_in_Recognizing_One's_Own_Incompetence_Lead_to_Inflated_Self-Assessments/link/55ef043008aedecb68fd8f4e/download, abgerufen am 09.06.2020.

Kuhr, N. (2014): Sagrotan vs. Bakterien - Die sagenhafte 99,99-Prozent-Garantie. *Spiegel Wissenschaft.* Online verfügbar unter: <https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/sagrotan-wie-kann-ein-putzmittel-gegen-alle-bakterien-helfen-a-994873.html>, abgerufen am 03.06.2020.

Langer, E. (1975): The Illusion of Control. In: Journal of Personality and Social Psychology 1975, Vol. 32, Nummer 2, S.311-328. Online verfügbar unter: <https://pdfs.semanticscholar.org/136e/9cf6b5a4d17dbe8400fa5d7f4bf3ad01f6ac.pdf>, abgerufen am 09.06.2020.

Lecturio (2016): Online verfügbar unter: <https://www.lecturio.de/magazin/braess-paradoxon/>, abgerufen am 03.06.2020.

Ludwig-Maximilians-Universität München (2011): Online verfügbar unter: https://www.uni-muenchen.de/informationen_fuer/presse/presseinformationen/2011/f-471-11.html, abgerufen am 27.05.2020.

Maderthaner, R. (2011): Gefahren, Risiko: Wahrnehmung und Bewertung. Fakultät für Psychologie. Universität Wien. Online verfügbar unter: https://homepage.univie.ac.at/Rainer.Maderthaner/Vortraege/Gefahren_Risiko_WahrnehmungundBewertung2011.pdf, abgerufen am 06.06.2020.

Maderthaner, R., Guttman, G., Swaton, E., Otway, H. J. (1978): Effect of distance upon risk perception. Journal of Applied Psychology, 63(3), S. 380–382. Online verfügbar unter: <https://psycnet.apa.org/doiLanding?doi=10.1037%2F0021-9010.63.3.380>, abgerufen am 02.06.2020.

Maraz, G. (2011): Wishful Thinking. University of Oxford. Online verfügbar unter: https://web.stanford.edu/group/SITE/archive/SITE_2011/2011_segment_8/2011_segment_8_papers/mayraz.pdf, abgerufen am 09.06.2020.

Mathews, A. W.; Martinez, B. (2004): E-Mails Suggest Merck Knew Vioxx's Dangers at Early Stage. The Wall Street Journal. Online verfügbar unter: <https://www.wsj.com/articles/SB109926864290160719>, abgerufen am 03.06.2020.

Max-Planck-Gesellschaft (2019): Online verfügbar unter: <https://www.mpg.de/13802220/fuehrungskraefte-entscheiden-defensiv>, abgerufen am 05.07.2020.

McConway, K.; Spiegelhalter, D. (2020): Is SARS-CoV-2 viral load lower in young children than adults? Jones et al provide evidence that it is (in spite of their claims to the contrary). Online verfügbar unter: https://medium.com/@d_spiegel/is-sars-cov-2-viral-load-lower-in-young-children-than-adults-8b4116d28353, abgerufen am 07.06.2020.

MDR (2019): Online verfügbar unter: <https://www.mdr.de/wissen/beeinflussen-uns-wahlprognosen-100.html>, abgerufen am 09.06.2020.

Meeks, E. (2018): What charts do. Online verfügbar unter: <https://medium.com/nightingale/what-charts-do-48ed96f70a74>, abgerufen am 05.07.2020.

Merkel, A. (2020): Bund-Länder-Leitlinien: Das Statement der Kanzlerin im Wortlaut "Dieser Gemeinsinn wird uns durch die schwere Zeit tragen". Online verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/coronavirus/-dieser-gemeinsinn-wird-uns-durch-die-schwere-zeit-tragen--1733288>, abgerufen am 04.06.2020.

Methode.de GmbH: Online verfügbar unter: <https://www.methode.de/dm/mi/dmimi001.htm>, abgerufen am 18.05.2020.

Mineralölwirtschaftsverband e.V. (2020): Verbraucherpreise. Online verfügbar unter: <https://www.mwv.de/statistiken/verbraucherpreise/?loc=1>, abgerufen am 02.06.2020.

Müller-Peters, H.; Gatzert, N. (2020): Todsicher: Die Wahrnehmung und Fehl Wahrnehmung von Alltagsrisiken in der Öffentlichkeit. Online verfügbar unter: https://www.th-koeln.de/mam/downloads/deutsch/hochschule/fakultaeten/wirtschafts_und_rechtswissenschaften/bericht_risiko_40_hmp_ng_02.pdf, abgerufen am 06.06.2020.

Nguyen-Kim, M. T. (2020): Was ist jetzt mit den Schulen und Kitas? Online verfügbar unter: <https://www.youtube.com/watch?v=De5FGogMWzQ>, abgerufen am 01.06.2020.

OECD (2001): Vergleich der Bevölkerungsentwicklung in den USA und der UdSSR in den Jahren von 1950 bis 1990. Online verfügbar unter: <https://ezproxy.fh-muenster.de:2120/statistik/daten/studie/935250/umfrage/bevoelkerungsentwicklung-in-den-usa-und-der-udssr/>, abgerufen am 04.06.2020.

Online Lexikon für Psychologie und Pädagogik: Online verfügbar unter: <https://lexikon.stangl.eu/3502/framing-effekt/>, abgerufen am 06.06.2020.

Plous, S. (1989): Thinking the Unthinkable: The Effects of Anchoring on Likelihood Estimates of Nuclear War. In: Journal of Personality and Social Psychology. Online verfügbar unter: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1559-1816.1989.tb01221.x>, abgerufen am 24.06.2020.

Polhemus, M. (2019): U.S. Food and Beverage Imports Since 1999. (S. 18, Hrsg.) Online verfügbar unter: <https://www.statgraphics.com/blog/usaimportspending>, abgerufen am 04.06.2020.

ProSiebenSat.1 Sports GmbH (2020): Online verfügbar unter: <https://www.ran.de/datenbank/tennis/wimbledon-herren/se10092/2013/ro41239/1-runde/ergebnisse-und-tabelle/>, abgerufen am 09.06.2020.

Reckitt, Benckiser (2020): Sagrotan Hygiene-Spray. Online verfügbar unter: <https://www.sagrotan.de/unsere-produkte/alle-produkte/sagrotan-hygiene-spray/>, abgerufen am 03.06.2020.

Robert-Koch-Institut (2015): Epidemiologisches Bulletin - 19. Januar 2015 / Nr. 3. Online verfügbar unter: https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2015/Ausgaben/03_15.pdf?__blob=publicationFile, abgerufen am 07.06.2020.

Robert-Koch-Institut (2020): SARS-CoV-2 Steckbrief zur Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19). Online verfügbar unter: https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Steckbrief.html#doc13776792bodyText1, abgerufen am 07.06.2020.

Robert-Koch-Institut (2020): SARS-CoV-2 Steckbrief zur Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19) - Stand 29.05.2020. Online verfügbar unter: https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Steckbrief.html#doc13776792bodyText7, abgerufen am 04.06.2020.

Robert-Koch-Institut (2020): Täglicher Lagebericht des RKI zur Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19) – AKTUALISierter STAND FÜR DEUTSCHLAND. Online verfügbar unter: https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/2020-06-04-de.pdf?__blob=publicationFile, abgerufen am 04.06.2020.

RWI Essen: Unstatistik des Monats - Hintergrund. Online verfügbar unter: <https://www.rwi-essen.de/unstatistik/>, abgerufen am 27.06.2020.

Sahm, C.; Sahm, S. (2020): Die Statistikschwächen der Heinsberg-Studie. FAZ. Online verfügbar unter: <https://www.faz.net/aktuell/wissen/corona-die-statistik-schwaechen-der-heinsberg-studie-16758326.html>, abgerufen am 02.06.2020.

Sauer, S. (2017): Über 34.000 Tonnen: Bauern spritzen immer mehr Pflanzengift. Berliner Zeitung. Online verfügbar unter: <https://www.berliner-zeitung.de/wirtschaft-verantwortung/ueber-34000-tonnen-bauern-spritzen-immer-mehr-pflanzengift-li.16829>, abgerufen am 30.06.2020.

Saurugg, H. (2019): Online verfügbar unter: <https://www.saurugg.net/wp-content/uploads/2019/03/Existenzgef%E4hrdende-infrastrukturelle-Abh%E4ngigkeiten.pdf>, abgerufen am 26.05.2020.

Scheibehenne, B., Bröder, A. (2007): Predicting Wimbledon 2005 tennis results by mere player name recognition. In: International Journal of Forecasting 23, S.415-426. Online verfügbar unter http://www.scheibehenne.de/scheibehenne_broeder_2007.pdf, abgerufen am 09.06.2020.

Schmid, C. (2014): Der subjektive Wahrscheinlichkeitsbegriff. Seminararbeit. LMU München. Online verfügbar unter: https://statsoz-neu.userweb.mwn.de/lehre/2013_WiSe/MasterSeminar/Seminararbeiten/Christian_Schmid.pdf, abgerufen am 06.06.2020.

Schneider, A.: Online verfügbar unter: <https://www.mathebibel.de/bedingte-wahrscheinlichkeit>, abgerufen am 02.06.2020.

Schneider, P. (2020): Online verfügbar unter: https://www.focus.de/gesundheit/news/leute-behaupten-wir-haetten-ueberreagiert-praeventions-paradox-drostenschickt-warnung-an-lockdown-kritiker_id_11933151.html, abgerufen am 12.05.2020.

Schneider, R. (2016): Warum einer manchmal mehr zählt als viele. Online verfügbar unter: <https://www.iwkoeln.de/studien/iw-kurzberichte/beitrag/spendenverhalten-warum-einer-manchmal-mehr-zaehlt-als-viele-270001.html>, abgerufen am 04.06.2020.

Schön, K. (2014): Online verfügbar unter: <https://www.urbanist-magazin.de/stau-reisst-die-autobahn-ab/> abgerufen am 03.06.2020.

Schulte von Drach, M. (2020): Online verfügbar unter: <https://www.sueddeutsche.de/politik/coronavirus-corona-krise-einschraenkungen-lockerungen-umfragen-1.4904085>, abgerufen am 01.06.2020.

Schwarz, A. (2015): Stochastik. Pfadregeln, Erwartungswert einer Zufallsvariablen, bedingte Wahrscheinlichkeit. Online verfügbar unter: <https://www.mathe-aufgaben.de>.

Schweizer, M. (2017): Online verfügbar unter: https://www.markschweizer.ch/wp-content/uploads/2017/10/diss_schweiz_overconfidence.pdf, abgerufen am 09.06.2020.

Skeptiker Schweiz: Online verfügbar unter: <https://www.skeptiker.ch/themen/kognitive-verzerrungen/>, abgerufen am: 06.06.2020.

Spektrum: Online verfügbar unter: <https://www.spektrum.de/lexikon/psychologie/optimismus/10929>, abgerufen am 28.06.2020.

Spiegel (2011): Online verfügbar unter: <https://www.spiegel.de/lebenundlernen/schule/problemfach-mathe-vielleicht-vielleicht-auch-nicht-a-772134.html>, abgerufen am 20.05.2020.

Stackpole, B. (2020): The next chapter in analytics: data storytelling. Online verfügbar unter: <https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/next-chapter-analytics-data-storytelling>, abgerufen am 05.07.2020.

Statistisches Bundesamt (2019): „Fehlverhalten der Fahrzeugführer bei Unfällen mit Personenschaden“. Online verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Tabellen/fehlverhalten-fahrzeugfuehrer.html>, abgerufen am 09.06.2020.

Statistisches Bundesamt (2019): Altersstruktur der Bevölkerung in Deutschland 2018. Online verfügbar unter: <https://ezproxy.fh-muenster.de:2120/statistik/daten/studie/1351/umfrage/altersstruktur-der-bevoelkerung-deutschlands/>, abgerufen am 08.06.2020.

Statistisches Bundesamt (2019): Anzahl der Suizide in Deutschland nach Bundesländern in den Jahren 2015 bis 2017. Online verfügbar unter: <https://ezproxy.fh-muenster.de:2120/statistik/daten/studie/218237/umfrage/anzahl-der-suizide-in-deutschland-nach-bundeslaendern/>, abgerufen am 03.06.2020.

Stiftung Rechnen (2013): Studie: Bürgerkompetenz Rechnen. Online verfügbar unter: <https://www.stiftungrechnen.de/portfolio-item/studie-buergerkompetenz-rechnen/>, abgerufen am 07.06.2020.

Stöfen, M.: Online verfügbar unter: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/zufall-48866>, abgerufen am 28.05.2020.

Streeck, H., Schulte, B., Kümmerer, B. M., Richter, E., Höller, T., Fuhrmann, C., Bartok, E., Dolscheid, R., Berger, M., Wessendorf, L.; Eschbach-Bludau, M., Kellings, A., Schwaiger, A., Coenen, M., Hoffmann, P., Stoffel-Wagner, B., Nöthen, M.; Eis-Hübinger, A., Exner, M. Schmithausen, R., Schmidt, M., Hartmann, G. (2020): Infection fatality rate of SARS-CoV-2 infection in a German community with a super-spreading event. Online verfügbar unter: https://www.ukbonn.de/C12582D3002FD21D/vwLookupDownloads/Streeck_et_al_Infection_fatality_rate_of_SARS_CoV_2_infection2.pdf/%24FILE/Streeck_et_al_Infection_fatality_rate_of_SARS_CoV_2_infection2.pdf, abgerufen am 24.05.2020.

The Economist (2020): Tracking covid-19 excess deaths across countries. Online verfügbar unter: <https://www.economist.com/graphic-detail/2020/04/16/tracking-covid-19-excess-deaths-across-countries>, abgerufen am 27.05.2020.

Tomlinson, S.; Quinn, R. (1998): Bedingte Wahrscheinlichkeiten Verstehen. Stochastik in der Schule 18(1998), Nr.3, 27-40. Online verfügbar unter: http://www3.math.uni-paderborn.de/~agbiehler/sis/sisonline/struktur/jahrgang18-98/heft3/1998-3_tomlinson.pdf, abgerufen am 03.06.2020.

Transfermarkt (2020): Die besten Saisonstarts - Stand: 10. Spieltag. Online verfügbar unter: <https://www.transfermarkt.de/1-bundesliga/saisonstarts/wettbewerb/L1/plus/?sortierung=beste&sortField=pkt&saisonIdVon=1963&saisonIdBis=2019&spieltag=10&eingrenzung=aufsteiger>, abgerufen am 03.06.2020.

TÜV NORD GROUP (2009): Online verfügbar unter: <https://www.tuev-nord-group.com/de/newsroom/aktuelle-pressemeldungen/details/article/warum-sich-gerade-schlechte-autofahrer-fuer-die-besten-halten/>, abgerufen am 09.06.2020.

Universität Duisburg-Essen: Online verfügbar unter: <https://www.uni-due.de/data-edu/wie-wirkt-statistik-auf-uns/>, abgerufen am 04.06.2020.

UX Collective: Online verfügbar unter: <https://uxdesign.cc/presenting-data-visualization-to-engage-your-audience-815eb6a43a62>, abgerufen am 05.07.2020.

Verlag Der Tagesspiegel GmbH (2020): Online verfügbar unter: <https://www.tagesspiegel.de/politik/vom-coronavirus-voellig-ueberfordert-trumps-narzissmus-wird-zur-toedlichen-bedrohung-fuer-die-usa/25697546.html>, abgerufen am 09.06.2020.

Vigen, T.: Spurious Correlations. Online verfügbar unter: <https://www.tylervigen.com/spurious-correlations>, abgerufen am 04.06.2020.

WDR (2020): „Überhol-Unfall mit hoher Geschwindigkeit in Dortmund“. Online verfügbar unter: <https://www1.wdr.de/nachrichten/verkehrsunfall-dortmund-102.html>, abgerufen am 09.06.2020.

Welt (2014): Wasserspar-Irrsinn lässt Deutschlands Städte stinken. Online verfügbar unter: <https://www.welt.de/wirtschaft/article128369660/Wasserspar-Irrsinn-laesst-Deutschlands-Staedte-stinken.html>, abgerufen am 30.05.2020.

Wenninger-Muhr, J.: Alles Zufall? Online verfügbar unter: <https://www.feuilletonfrankfurt.de/2009/12/29/alles-zufall/>, abgerufen am 22.07.2020.

ZDF Studio London (2019): Twitter. Online verfügbar unter: <https://twitter.com/ZDF-london/status/1205412886224474113>, abgerufen am 07.06.2020.

Zeit Online (2020): Spahn: Großveranstaltungen mit mehr als 1000 Teilnehmern absagen. Online verfügbar unter: <https://www.zeit.de/news/2020-03/08/spahn-grossveranstaltungen-mit-mehr-als-1000-teilnehmern-absagen>, abgerufen am 04.06.2020.

Stichwortverzeichnis

- arithmetisches Mittel 104
- Bayes
 - Bayes-Theorem 55, 58
 - Satz von Bayes 28
- Bezugsgröße 112, 114
- Biases 54
- Datenerhebung 98
- defensive Optimismus 23
- defensiven Entscheiden 40
- Dilemma 78
- Durchschnitt 104
- Effekt
 - bandwagon-effect 76
 - Certainty Effect 36
 - Dunning-Kruger-Effekt 60
 - Einstellungseffekt 25
 - Framing-Effekt 33
 - Identifiable Victim Effect 41
 - Konservatismuseffekt 68
 - Mitläufereffekt 76
 - Möglichkeitseffekt 69
 - Possibility Effect 35
 - Sicherheitseffekt 68
 - Subcertainty Effekt 35
- Entscheidung 28
 - unter Unsicherheit 21
 - unter Sicherheit 21
 - Entscheidungsgewichte 34
- Extrapolationen 106
- Factfulness 12
- Fehler
 - Basisratenfehler 49,55
 - Konjunktionsfehler 57
 - Konversionsfehler 59
 - Rückschaufehler 63
 - Zielscheibenfehler 75
- fourfold pattern of preferences 36
- funktionaler Optimismus 23
- Häufigkeit
 - absolute Häufigkeit 14
 - natürliche Häufigkeiten 14
 - relative Häufigkeit 14
- Heuristik
 - Rekognitionsheuristik 50
 - Repräsentativitätsheuristik 49
 - Verankerungsheuristik 45
 - Verfügbarkeitsheuristik 52
- Hintergrundvariablen 122
- Illusion
 - Clustering-Illusion 73
 - illusorische Korrelation 52
 - kognitive Illusion 83
 - Kontrollillusion 66
- Inferenzstatistik 98
- Intuition 37
- kausalen Konjunktionen 57
- Kausalität 122
- Konfidenzintervall (KI) 111
- kontrafaktisches Denken 53
- Korrelation 122
- Korrelationskoeffizienten 122
- Lincoln-Kennedy-Mysterium 75
- lineare Funktion 107
- Median 104
- Mengenverhältnisse 117
- Mittelwert 104
- Nachträgliche Rationalisierung 39
- Nichtbeachtung
 - der Regression zum Mittelwert 71
 - der Stichprobengröße 72
- one-reason decision making 39
- optimistische Fehlschluss 23
- Overconfidence 60
- Paradoxon 78
 - Allais-Paradoxon 89
 - Braess-Paradoxon 92
 - Ellsberg-Paradoxon 88
 - Geburtstagsparadoxon 85
 - Präventions-Paradoxon 95
 - Simpson-Paradoxon 81
 - Truthahn-Paradoxon 80
 - Ziegen-Paradoxon 83
- Phänomen
 - Hot-Hand-Phänomen 73
 - Will-Rogers-Phänomen 105
- Piktogrammdarstellung 118
- Problem
 - Linda-Problem 56
 - Monty-Hall-Problem 83
- Prospect Theory 31
- Publikationsbias 120
- Regression zum Mittelwert 71, 109
- Repräsentativität 98
- Reproduzierbarkeit 103

Risiko 14, 21
 objektive Risiken 21
 Risiken 81
 Risikoaffinität 30
 Risikoaversion 30
 Risikoneutralität 30
Schlussfolgerungen 121
Spielerfehlschluss 74
Stage Migration 106
Standardabweichung 110
Stauchung 119
Stochastik 13
Streuung 110
Subjektive Risikoeinschätzungen 21
synthetischen Superlativ 115
systematische Abweichungen 111
Trend 107
Überschätzung 114
Ungewissheit 21

Unsicherheit 21
Unterschätzung 114
Verlustaversion 33
Vertrauensbereich 111
Wahrscheinlichkeit 13
 bedingte Wahrscheinlichkeit 26
 objektive Wahrscheinlichkeit 19
 subjektive Wahrscheinlichkeit 20
 Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktion 33
 Wahrscheinlichkeitsrechnung 13
 Wahrscheinlichkeitstheorie 13
Wishful Thinking 65
Zahlenblindheit 124
Zerrung 119
Zinseszins 16
Zufall 14
Zufallsexperimente 15

Kurzporträt der Autoren

Klaus-Ulrich Remmerbach

Nach seinem Studium der Betriebswirtschaftslehre an der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster promovierte Remmerbach 1987 bei Prof. Meffert zum Dr. rer. pol. Anschließend arbeitete er bei Arthur D. Little International in Wiesbaden. 1990 wechselte er zur Robert Bosch GmbH, war u. a. Vorstandsvorsitzender der Bosch Siemens Hausgeräte AG, Italien und Vertriebsleiter Deutschland des Geschäftsbereichs Elektrowerkzeuge. Ab 1998 war Remmerbach als Vice President Sales and Marketing für die Robert Bosch Telecom GmbH tätig und Mitglied der Produktbereichsleitung „Mobile Endgeräte“. Im Jahre 2001 übernahm er die Professur „Unternehmensführung“ am Institut für Technische Betriebswirtschaft der FH Münster.

Stella Bresler

geboren am 19.06.1997, studiert den Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen mit Fachrichtung Maschinenbau am Institut für Technische Betriebswirtschaft (ITB) der FH Münster. Ihr Bachelorstudium absolvierte sie ebenfalls an der FH Münster. Praktische Erfahrungen sammelte sie bei einem sechsmonatigen Praktikum bei der Voith GmbH & Co. KGaA. Im Rahmen ihrer Bachelorarbeit befasste sie sich bei der Schmitz Cargobull AG mit dem Aufbau eines Risikomanagementsystems. Das Verständnis und der Umgang mit Statistiken und Wahrscheinlichkeiten spielte dabei eine Rolle - neben generellem Interesse am menschlichen Verhalten ein Grund für das Mitwirken an diesem Arbeitsbericht.

Jonas Heumer

geboren am 12.11.1995, studiert den Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen mit Fachrichtung Elektrotechnik am Institut für Technische Betriebswirtschaft (ITB) der FH Münster. Nach ersten praktischen Erfahrungen in der Wirtschaft durch seine Ausbildung zum Mechatroniker bei der Ruthmann GmbH & Co. KG von 2012 bis 2015 absolvierte er von 2016 bis Anfang 2020 sein Bachelorstudium im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen Elektrotechnik an der FH Münster. Im Zuge des anschließenden Masterstudiums entstand der Wunsch, die Kompetenzen in dem Bereich Management und Psychologie durch die Mitwirkung an diesem Arbeitsbericht zu erweitern.

Tobias Meintrup

geboren am 28.02.1996, ist Student des Wirtschaftsingenieurwesens mit Fachrichtung Maschinenbau an der FH Münster. Seinen Bachelor absolvierte er an der Fachhochschule Bielefeld mit dem Schwerpunkt technischer Vertrieb. Nach Tätigkeiten im strategischen Einkauf und in der Produktionsplanung verfasste er seine Bachelorthesis mit dem Thema „Optimierung der Termin- und Kapazitätsplanung von Fertigungsprojekten bei der Becker Sonder-Maschinenbau GmbH“ in Zusammenarbeit mit der Becker Sonder-Maschinenbau GmbH. Neben seinem Masterstudium ist Herr Meintrup als Werkstudent in der Vertriebsleitung der HAVER&BOECKER OHG in Oelde vor allem für das Global Sales Partner Management tätig.

Tim Sewerin

geboren am 16.11.1997, absolvierte sein Bachelorstudium des Wirtschaftsingenieurwesens an der FH Münster mit der Fachrichtung Chemietechnik. Seine Bachelorarbeit schrieb er 2019 im Rahmen des Cross Border Talent Programms bei dem niederländischen Membranhersteller NX Filtration B.V. mit dem Titel „Einflussfaktoren auf die Diffusion einer innovativen Technologie in den deutschen Markt“. Seit 2020 studiert er an der FH Münster am Institut für Technische Betriebswirtschaft (ITB) den Masterstudiengang des Wirtschaftsingenieurwesens mit der Fachrichtung Chemietechnik. Parallel zum Masterstudium arbeitet er bei dem Unternehmen NX Filtration B.V. im Bereich des technischen Vertriebs.

Grit Steude

geboren am 04.11.1989 in Riesa, studiert Chemical Engineering im Masterstudiengang mit Spezialisierung auf Chemical Processing an der FH Münster. Das vorangegangene Bachelorstudium in Chemieingenieurwesen absolvierte sie an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden. Durch Studium, Ausbildung zur Chemielaborantin sowie die mehrjährige Tätigkeit in der Qualitätskontrolle des Arzneimittelherstellers Arevipharma GmbH Radebeul ist Steude auf die Qualität von Daten und deren Verarbeitung sensibilisiert worden. Die damit einhergehende Irritation und Faszination über die teils sehr simplen Möglichkeiten, Menschen mit so etwas Rationalem wie Zahlen zu täuschen, teilt die Autorin in ihrem Kapitel „Manipulation von Statistik“.

Kontakt

Prof. Dr. rer. pol. Klaus-Ulrich Remmerbach
FH Münster
Institut für Technische Betriebswirtschaft (ITB)
Bismarckstraße 11
48565 Steinfurt

Telefon +49 2551 9-62519
E-Mail remmerbach@fh-muenster.de
Internet www.fh-muenster.de/itb/

ITB-Arbeitsberichte

Bisher erschienen sind:

- Band 1: Wirtschaftsingenieurwesen - Gegenstand, Ausbildung und Praxis
- Band 2: The Uber-Driver Digital Transformation- B2B the Next Generation of B2C
- Band 3: Führen am Ort der Wertschöpfung
- Band 4: Enterprise-Wikis als Plattform für ein prozessorientiertes Wissensmanagement
- Band 5: Zur Psychologie des Geldes. Beispielhafte Auswirkungen bei finanziellen Engpässen und der Digitalisierung
- Band 6: The psychology of money. Impacts of financial constraints and the digital economy
- Band 7: Integration von Industrie 4.0 in das Supply Chain Management
- Band 8: Glück, Enttäuschung und Bedauern - Emotionale Einflüsse auf Entscheidungen
- Band 9: Wirksamkeit von Compliance Management Systemen
- Band 10: The effectiveness of compliance management systems
- Band 11: Zum Umgang mit Wahrscheinlichkeit und Statistik