

Anhang

---

# Antifragilität

Anleitung für eine Welt, die wir nicht verstehen

Nassim Nicholas Taleb

---



tausende geschichten, *entdecke deine*

<b>Tabelle 1</b> .....	<b>3</b>
<b>Abbildung 1</b> .....	<b>9</b>
<b>Abbildung 2</b> .....	<b>9</b>
<b>Tabelle 2</b> .....	<b>10</b>
<b>Abbildung 3</b> .....	<b>11</b>
<b>Abbildung 4</b> .....	<b>11</b>
<b>Tabelle 3</b> .....	<b>12</b>
<b>Abbildung 5</b> .....	<b>14</b>
<b>Abbildung 6</b> .....	<b>15</b>
<b>Abbildung 7</b> .....	<b>15</b>
<b>Tabelle 4</b> .....	<b>16</b>
<b>Tabelle 5</b> .....	<b>18</b>
<b>Abbildung 8</b> .....	<b>19</b>
<b>Abbildung 9</b> .....	<b>19</b>
<b>Abbildung 10</b> .....	<b>20</b>
<b>Abbildung 11</b> .....	<b>20</b>
<b>Abbildung 12</b> .....	<b>21</b>
<b>Abbildung 13</b> .....	<b>21</b>
<b>Abbildung 14</b> .....	<b>22</b>
<b>Abbildung 15</b> .....	<b>22</b>
<b>Abbildung 16</b> .....	<b>23</b>
<b>Abbildung 17</b> .....	<b>23</b>
<b>Tabelle 6</b> .....	<b>24</b>
<b>Tabelle 7</b> .....	<b>25</b>
<b>Tabelle 8</b> .....	<b>26</b>
<b>Abbildung 18</b> .....	<b>27</b>
<b>Glossar</b> .....	<b>27</b>
<b>Dank</b> .....	<b>34</b>
<b>Anmerkungen, nachgetragene Ideen, weiterführende Lektüre</b> .....	<b>35</b>

Tabelle 1

<b>Tabelle 1 – Die zentrale Triade: Drei Arten von Belastbarkeit</b>			
	<i>Fragil</i>	<i>Robust</i>	<i>Antifragil</i>
<b>Mythologie (Griechenland)</b>	Schwert des Damokles, Fels des Tantalus	Phönix	Hydra
<b>Mythologie (New York und Brooklyn)</b>	Dr. John	Nero Tulip	Fat Tony, Yevgenia Krasnova*
<b>Schwarzer Schwan</b>	Anfällig für negative Schwarze Schwäne		Offen für positive Schwarze Schwäne
<b>Business</b>	New York: Bankensystem		Silicon Valley: Schnelle Fehlererkennung; »Fail fast, be foolish«
<b>Biologische und ökonomische Systeme</b>	Effizienz, Optimierung	Redundanz	Degeneration (funktionelle Redundanz)
<b>Fehler, Irrtümer</b>	Hasst Fehler	Fehler dienen lediglich der Information	Schätzt Fehler (denn sie sind klein und unbedeutend)
<b>Fehler</b>	Irreversibel, groß (wenn auch selten), explosiv		wiedergutzumachende, kleine Fehler

\* Dr. John, Nero Tulip, Fat Tony und Yevgenia Krasnova sind Figuren, die im *Schwarzen Schwan* auftreten. Nero Tulip ist zudem ein Charakter aus *Narren des Zufalls*.

	<i>Fragil</i>	<i>Robust</i>	<i>Antifragil</i>
<b>Naturwissenschaft / Technik</b>	Zielgerichtete Forschung	Opportunistische Forschung	Stochastisches Tüfteln (antifragiles Tüfteln/ Bricolage)
<b>Dichotomie Anfälligkeit gegenüber Ereignissen</b>	Studium von Ereignissen, Messung ihrer Risiken und ihrer statistischen Eigenschaften	Studium der Anfälligkeit gegenüber Ereignissen und der statistischen Eigenschaften der Anfälligkeit	Anpassung der Anfälligkeit gegenüber Ereignissen
<b>Wissenschaft</b>	Theorie	Phänomenologie	Heuristiken, praktische Tricks
<b>Menschlicher Körper</b>	Verweichlichung, Verkümmern, »Alterung«, Muskelabbau	Mithridatisation, Regeneration	Hormesis, Hypertrophie
<b>Denkstrukturen</b>	Neuzeitlich	Europäisch-mittelalterlich	Alttertümlich-mediterran
<b>Menschliche Beziehungen</b>	Freundschaft	Verwandtschaft	Hingezogensein
<b>Antike Kultur (Nietzsche)</b>	Apollinisch	Dionysisch	Ausgewogene Mischung des Apollinischen mit dem Dionysischen
<b>Moral</b>	Der Schwache	Der Großartige	Der Starke
<b>Moral</b>	Man geht selbst keine Risiken ein	Man setzt auch seine eigene Haut aufs Spiel	Man setzt seine Seele aufs Spiel
<b>Regulierung</b>	Regeln	Prinzipien	Tugenden
<b>Systeme</b>	Konzentrierte Quellen der Zufälligkeit		Gestreute Quellen der Zufälligkeit

	<i>Fragil</i>	<i>Robust</i>	<i>Antifragil</i>
<b>Mathematik (funktional)</b>	Nichtlinear-Konkav oder Konkav-Konvex	Linear oder Konvex-Konkav	Nichtlinear-Konvex
<b>Mathematik (Wahrscheinlichkeit)</b>	Links verzerrt (oder negativ verzerrt)	Geringe Volatilität	Rechts verzerrt (oder positiv verzerrt)
<b>Optionenhandel</b>	Kurze Volatilität, »gamma«, »vega«	Flache Volatilität	Lange Volatilität, »gamma«, »vega«
<b>Wissen</b>	Explizit	Verschwiegen	Verschwiegen in Verbindung mit Konvexität
<b>Epistemologie</b>	Wahr-Falsch		Dummkopf-kein Dummkopf
<b>Leben und Denken</b>	Intellekt und Persönlichkeit eines Touristen		Flaneur mit großer Privatbibliothek
<b>Finanzielle Abhängigkeit</b>	Angestellte, die Klasse der Geknechteten	Zahnarzt, Hautarzt, Nischenarbeiter, Mindestlohnempfänger	Taxifahrer, Handwerker, Prostituierte, »Fuck you«-Money
<b>Lernverhalten</b>	Klassenzimmer	Wirkliches Leben, pathemata mathemata (Lernen durch Leiden)	Wirkliches Leben, Bibliothek
<b>Politisches System</b>	Ein Nationalstaat, zentralisiert		Mehrere Stadtstaaten, dezentralisiert
<b>Soziales System</b>	Ideologie		Mythologie
	Post-agrarisch, moderne Siedlungsformen		Nomadestämme, Jäger und Sammler
<b>Wissen</b>	Akademisches Wissen	Praxiswissen	Belesenheit

	<i>Fragil</i>	<i>Robust</i>	<i>Antifragil</i>
<b>Wissenschaft</b>	Theorie	Phänomenologie	Evidenzbasierte Phänomenologie
<b>Psychologische Verfassung</b>	Posttraumatisches Syndrom		Posttraumatisches Wachstum
<b>Entscheidungsfindung</b>	Modellbasierte, probabilistische Entscheidungsfindung	Heuristikbasierte Entscheidungsfindung	Konvexe Heuristiken
<b>Denker</b>	Platon, Aristoteles, Averroës	Die frühen Stoiker, Menodotos von Nikomedeia, Popper, Burke, Wittgenstein, John Gray	Die römischen Stoiker, Nietzsche, vielleicht Hegel (Aufhebung), Jaspers
<b>Wirtschaftsleben</b>	Ökonophaster-Kult	Anthropologie	Religion
<b>Wirtschaftsleben (Auswirkung auf das ökonomische Leben)</b>	Bürokraten		Unternehmer
<b>Reputation (Beruf)</b>	Akademiker, Geschäftsführer, Papst, Bischof, Politiker	Mitarbeiter bei der Post, Lastwagenfahrer, Schaffner	Künstler, Schriftsteller
<b>Reputation (Klasse)</b>	Mittelklasse	Mindestlohnempfänger	Bohème, Aristokratie, alter Geldadel
<b>Medizin</b>	<i>Via Positiva</i> , additive Behandlung (Verabreichung von Medikamenten)		<i>Via Negativa</i> – subtraktive Behandlung (Verzicht auf beispielsweise Zigaretten, Kohlenhydrate etc.)
<b>Philosophie / Wissenschaft</b>	Rationalismus	Empirismus	Skeptischer, subtraktiver Empirismus

	<i>Fragil</i>	<i>Robust</i>	<i>Antifragil</i>
	Aufspaltbar		Holistisch
<i>Wirtschaftsleben</i>		Inhabergeführt	
<i>Finanzen</i>	Short Option		Long Option
<i>Wissen</i>	Positive Wissenschaft	Negative Wissenschaft	Kunst
<i>Stress</i>	Chronische Stressoren		Akute Stressoren mit ausgedehnten Erholungsphasen
<i>Entscheidungsfindung</i>	Handeln		Unterlassen (»verpasste Gelegenheit«)
<i>Literatur</i>	E-Reader	Buch	Mündliche Erzähltradition
<i>Geschäftsmodell</i>	Industrie	Kleinbetrieb	Handwerker
<i>Ernährung</i>	Lebensmittelketten		Restaurants
<i>Finanzen</i>	Schulden	Eigenkapital	Risikokapital
<i>Finanzen</i>	Staatsschulden	Private Schulden ohne Sicherheit	Wandelanleihen
<i>Generell</i>	Groß	Klein und spezialisiert	Klein und nicht spezialisiert
<i>Generell</i>	Monomodal		Handel
<i>Risikoverhalten</i>	Markowitz	Kelly-Kriterium	Kelly-Kriterium unter Einbeziehung endlicher Wetten
<i>Rechtssystem</i>	Gesetzesrecht, Gesetzbuch		Gewohnheitsrecht, Billigkeit
<i>Regulierung</i>	Kodifizierte Regulierungen		Heuristische Regulierungen

	<i>Fragil</i>	<i>Robust</i>	<i>Antifragil</i>
<b>Finanzen</b>	Banken, von Ökonophastern verwaltete Hedge-Fonds	(einige) Hedge-Fonds	(einige) Hedge-Fonds
<b>Business</b>	Agency Problem, Beauftragter handelt		Auftraggeber handelt selbst
<b>Geräusch – Signal</b>	Nur Signal		Stochastische Resonanz, simuliertes Ausglühen
<b>Modellfehler</b>	Konkav zu Modellfehlern		Konvex zu Modellfehlern
<b>Erziehung</b>	Überfürsorgliche Mutter	Leben auf der Straße	Hantelstrategie: Elterliche Bibliothek, Straßenkämpfe
<b>Körperliches Training</b>	Vereinsport, Geräte im Fitnessstudio		Straßenkämpfe
<b>Städtebau</b>	Robert Moses, Le Corbusier		Jane Jacobs



Abbildung 1



**Abbildung 1** Ein Paket, das geradezu danach verlangt, Stressoren und Unordnung ausgesetzt zu werden. [Copyright: Giotto Enterprise und George Nasr.]

Abbildung 2



**Abbildung 2.** Hier kann man sehen, warum ich es so mit Knochen habe. Man trifft in traditionellen Gesellschaften in Indien, Afrika und in Mittel- und Südamerika auf die Sitte, Wasser oder Getreide auf dem Kopf zu transportieren. Ein levantinisches Liebeslied besingt sogar eine schöne Frau, die eine Amphore auf dem Kopf trägt. Die positiven Auswirkungen auf die Gesundheit könnten die Medikamente zur Aufrechterhaltung der Knochendichte um Längen hinter sich lassen – andererseits hätte eine solche Art der Therapie empfindliche Nebenwirkungen auf die Gewinne der Pharmaindustrie. [Copyright: Creative Commons]

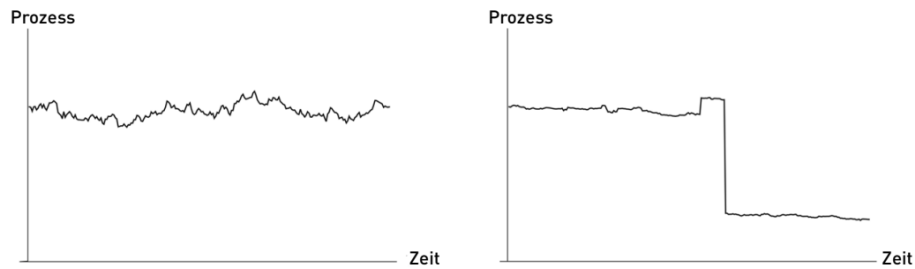
Tabelle 2

**Tabelle 2 – Das Mechanische und das (biologisch oder nicht-biologisch) Organische**

<i>Das Mechanische, Nicht-komplexe</i>	<i>Das Organische, Komplexe</i>
Benötigt ständige Wartung und Reparaturen	Selbstheilung
Hasst Zufälligkeit	Liebt Zufälligkeit (kleine Variationen)
Kein Erholungsbedarf	Braucht zwischen Belastungen Erholungspausen
Keine oder nur geringe Interdependenz	Hochgradig interdependent
Stressoren verursachen Materialermüdung	Abwesenheit von Stressoren verursacht Muskelschwund
Alterung durch Gebrauch (»Wear and tear«)	Alterung aufgrund von Nicht-Gebrauch*
Unterkompensation nach Schocks	Überkompensation nach Schocks
Vergehen der Zeit führt lediglich zu Seneszenz	Vergehen der Zeit führt zu Alterung und Seneszenz

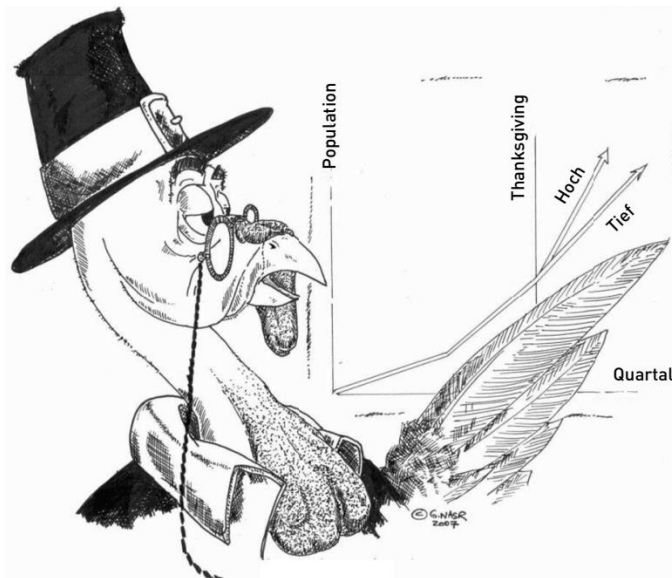
\* Nach der Lektüre dieses Kapitels schrieb mir Frano Barović: »Maschinen: benutzen und verlieren (»Use it and lose it«); Organismen: benutzen *oder* verlieren«. Außerdem: Alles Lebendige braucht Stressoren, aber nicht alle Maschinen müssen in Ruhe gelassen werden – ich komme auf diesen Punkt im Zusammenhang mit dem Ausglühvorgang bei Metallen noch zu sprechen.

### Abbildung 3



**Abbildung 3.** Das Rauschen in einem Gemeinwesen, etwa die breit gestreuten Variationen in den Suks (erster Graph), verglichen mit der Variabilität zentralisierter oder von Menschen gemanagter Systeme (zweiter Graph) – oder auch das Einkommen eines Taxifahrers (erster Graph) und das eines Angestellten (zweiter Graph). Der zweite Graph zeigt eine Bewegung, die sich von Kaskade zu Kaskade, von einem Schwarzen Schwan zum nächsten bewegt. Wenn Menschen zu stark eingreifen, um Prozesse einzuebnen oder zu kontrollieren, bewirkt das das Umspringen vom einen System – Mediokristan – auf das andere – Extremistan. Dieser Effekt tritt in allen Systemen gebändigter Volatilität auf – sei es im Gesundheitswesen, in der Politik oder in der Wirtschaft, sogar in der individuellen Befindlichkeit mit oder ohne Prozac. Oder im Unterschied zwischen dem Privatunternehmergeist in Silicon Valley (erster Graph) und dem Bankensystem (zweiter Graph).

### Abbildung 4



**Abbildung 4.** Ein Truthahn arbeitet mit »Beweisen«; da er nicht weiß, was es heißt, dass Thanksgiving vor der Tür steht, nimmt er, ausgehend von den Daten der Vergangenheit, »schlüssige« Projektionen in die Zukunft vor. [Abbildung: George Nasr.]

Tabelle 3

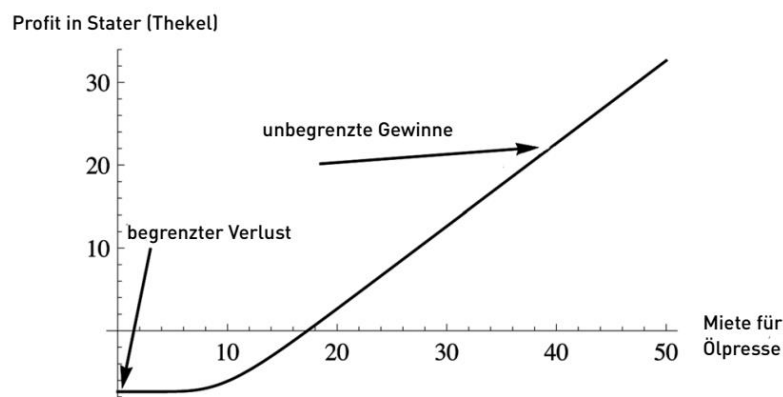
**Tabelle 3 – Fragilisierendes Eingreifen und seine Folgen in verschiedenen Disziplinen**

<i>Feld</i>	<i>Interventions- beispiel</i>	<i>Iatrogenik / Kosten</i>
<b>Medizin, Gesundheit</b>	Überbehandlung  Dem menschlichen Körper wird Zufälligkeit vorenthalten durch regelmäßige Ernährung, gleichbleibende Temperaturen etc.  Pharmazeutisch additiv statt subtraktiv	Fragilität  Behandlungsfehler  Kränkere Menschen (bei gleichzeitiger Verlängerung der Lebensdauer), reichere Pharmaindustrie, Gefahr antibiotikaresistenter Bakterien
<b>Ökologie</b>	Mikromanagement kleiner Waldbrände	Erhöhung des totalen Risikos – verheerendere »große Brände«
<b>Politik</b>	Zentralplanung  Die USA unterstützen korrupte Regimes »um der Stabilität willen«	Opakheit beim Informationsfluss  Chaos nach einer Revolution

<b>Feld</b>	<b>Interventions- beispiel</b>	<b>Iatrogenik / Kosten</b>
<b>Wirtschaft</b>	<p>»Schluss mit Boom and Bust« (raschem Aufschwung und direkt anschließendem Zusammenbruch) (Greenspan (USA), Labour Party (Großbritannien)), Great Moderation (Große Mäßigung) (Bernanke)</p> <p>Staatlicher Interventionismus</p> <p>Optimierung</p> <p>Illusion der Taxierung seltener Ereignisse, Value-at-Risk-Strategien, Illusion von Skaleneffekten, Verkennung von Effekten zweiter Ordnung</p>	<p>Fragilität</p> <p>Die Krisen sind, wenn sie auftreten, schlimmer</p> <p>Unterstützung von alteingesessenen, staatsfreundlichen Unternehmen; Entmutigung von Existenzgründern</p> <p>Verwundbarkeit, Pseudo-Effizienz</p> <p>Gewaltige Zusammenbrüche</p>
<b>Geschäftsleben</b>	Positive Ratschläge (Scharlatane), Konzentration auf den Ertrag, nicht auf das Risiko (das, was zu vermeiden wäre)	Reichere Scharlatane, Konkurse
<b>Urbanismus</b>	Stadtplanung	Verfall der Innenstädte, Depressionen, Kriminalität
<b>Vorhersagen</b>	Vorhersagen im Bereich des Schwarzen Schwans (Vierter Quadrant) trotz der miserablen Erfolgsbilanz früherer Vorhersagen	Versteckte Risiken (Menschen nehmen mehr Risiken auf sich, wenn Vorhersagen vorliegen)
<b>Literatur</b>	Lektoren, die es darauf anlegen, den Text eines Autors zu verändern	Farblose Allerweltsprosa à la <i>New York Times</i>

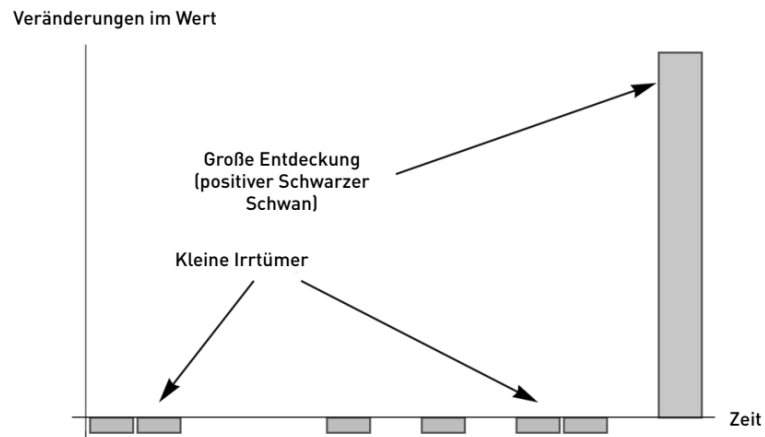
<i>Feld</i>	<i>Interventions- beispiel</i>	<i>Iatrogenik / Kosten</i>
<i>Kindererziehung</i>	Übermutter (oder -vater): Entfernung jeglicher Zufallsmomente aus dem Leben von Kindern	Touristifizierung des kindlichen Denkens
<i>Bildung</i>	Das gesamte Konzept wurzelt im Interventionismus	Ludifizierung / Verformung der Gehirne von Kindern
<i>Technologie</i>	Neomanie	Fragilität, Entfremdung, Nerdifizierung
<i>Medien</i>	Hochfrequente, sterile Informationen	Störung des Filtermechanismus zwischen Geräusch und Signal  Interventionismus

Abbildung 5



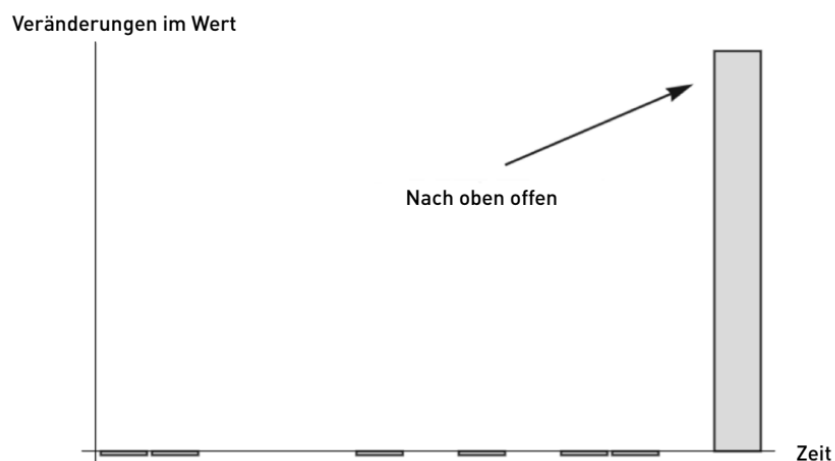
**Abbildung 5.** Die Antifragilität des Thales. Er zahlt wenig und bekommt dafür ein gewaltiges Potential. Die Asymmetrie zwischen Vor- und Nachteilen ist klar erkennbar.

### Abbildung 6



**Abbildung 6.** Der Mechanismus optionalen Versuchs und Irrtums (das Modell »Frühes Scheitern«), alternative Bezeichnung: konvexes Tüfteln. Fehler verursachen geringe Kosten, Verlustmaximum ist bekannt, potentieller Ertrag groß (unbegrenzt). Zentrales Merkmal eines positiven Schwarzen Schwans: Der Gewinn ist (im Unterschied zu einem Lotterielos) unbegrenzt, oder besser gesagt die Obergrenze ist nicht bekannt; die Verluste aus Irrtümern hingegen sind begrenzt und bekannt.

### Abbildung 7



**Abbildung 7.** Dieselbe Situation wie in Abbildung 6, allerdings kann in Extremistan der Ertrag monströs ausfallen.

Tabelle 4

**Tabelle 4 – Der Unterschied zwischen dem Teleologischen und Optionalität**

<i>Narratives Wissen</i>	<i>Antifragil: Optionalitätsgesteuertes Tüfteln, Versuch und Irrtum</i>
Hasst Ungewissheit (fragil gegenüber Veränderungen oder falsches Verständnis der Vergangenheit im Truthahn-Stil)	Domestiziert Ungewissheit (antifragil gegenüber dem Unbekannten)
Schaut nur auf die Vergangenheit, Überanpassung an die Vergangenheit	Schaut in die Zukunft
Epimetheus	Prometheus
Teleologische Handlungsweise	Opportunistische Handlungsweise

<i>Narratives Wissen</i>	<i>Antifragil: Optionalitätsgesteuertes Tüfteln, Versuch und Irrtum</i>
Tourist	Flaneur
Fragile, naive Rationalität	Robuste Rationalität
Psychologisch bequem	Psychologisch unbequem, dafür das prickelnde Gefühl von Freiheit und Abenteuer
Konkav (sichtbare bekannte Gewinne, unbekannte Irrtümer)	Konvex (kleine bekannte Irrtümer, größtmögliche Gewinne)
Opfer des Truthahn-Problems (Verwechslung des Beweises einer Nicht-Existenz mit Nicht-Existenz)	Kann von Dummkopf- und Truthahn-Problemen profitieren



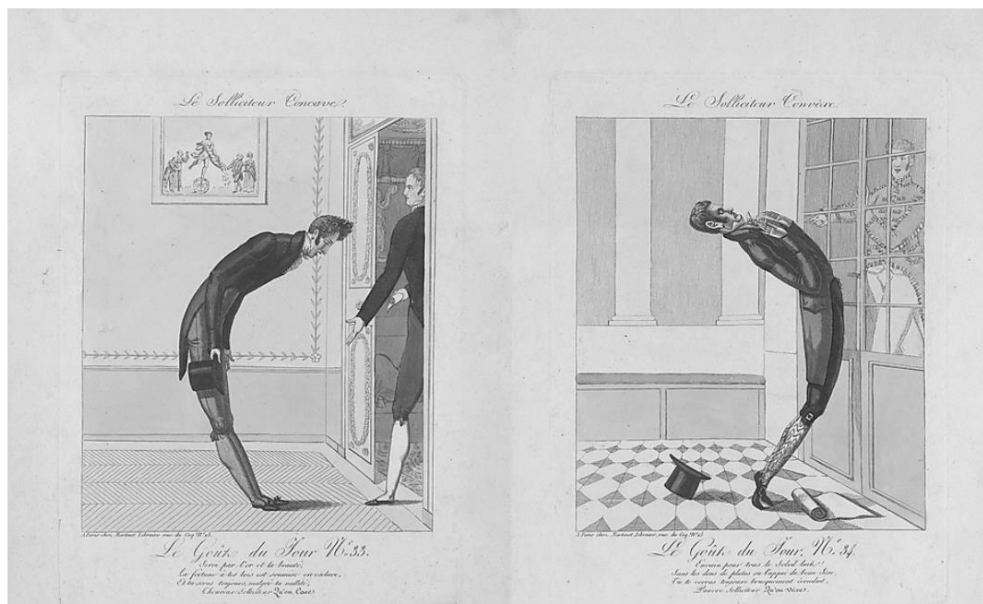
<i>Narratives Wissen</i>	<i>Antifragil: Optionalitätsgesteuertes Tüfteln, Versuch und Irrtum</i>
Opfer von Epiphänomenen, Opfer der Grünholztäuschung	Entkommt der Grünholztäuschung
Einzigster Mechanismus im akademischen Bereich außerhalb von Laboren und der Physik	Wichtigster Mechanismus in der Praxis
Erzählmuster sind erkenntnistheoretisch	Erzählmuster sind Instrumente
In einer Geschichte gefangen	Keine entscheidende Abhängigkeit von einer Geschichte – das Narrativ kann, muss aber nicht als Motivation erhalten
Enger Bereich, abgeschlossener Handlungsspielraum	Breiter Bereich, offener Handlungsspielraum
Muss die Logik der Dinge verstehen	Wenig Verstehen vonnöten, lediglich Rationalität beim Vergleichen zweier Ergebnisse (Gebrauch der besseren Option)
Profitiert nicht vom Stein der Weisen (auch bekannt als Konvexitätsverzerrung, siehe Kapitel 19)	Baut auf den Stein der Weisen

Tabelle 5

**Tabelle 5 – Der Flugunterricht-für-Vögel-Effekt in verschiedenen Bereichen: Beispiele für Fehlzuschreibungen von Ergebnissen in Lehrbüchern**

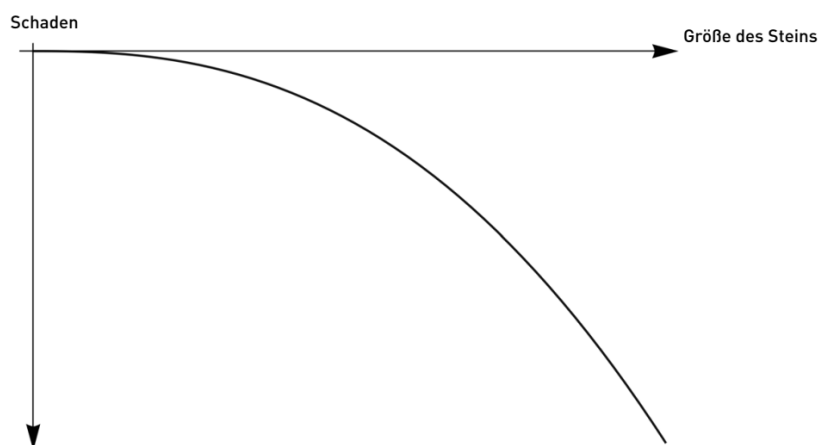
<i>Bereich</i>	<i>Ursprung und Entwicklung gemäß der Darstellung von Vogeldozenten</i>	<i>Wahrer Ursprung, tatsächliche Entwicklung</i>
Düsentriebwerk	Physiker (entlarvt von Scranton)	Ingenieure, die herumtüfteln, ohne zu verstehen, »warum es funktioniert«
Architektur	Euklidische Geometrie, Mathematik (entlarvt von Beaujouan)	Heuristiken, von Gilddenmeistern an Gesellen weitergegebene Geheimrezepte
Kybernetik	Norbert Wiener (entlarvt von Mindell)	Programmierer à la »Wiki«
Derivatformeln	Black, Scholes und der Fragilist Merton (entlarvt von Haug und Taleb)	Trader und Praktiker, Regnauld, Bachelier, Thorp
Medizin	Biologisches Verständnis (entlarvt von mehreren Generationen von Ärzten)	Glück, Versuch und Irrtum, Nebenwirkungen anderer Heilmittel, manchmal Vergiftungen (Senfgas)
Industrielle Revolution	Wissenszuwachs, wissenschaftliche Revolution (entlarvt von Kealey)	Abenteurer, Hobbybastler
Technik	Formale Wissenschaften	Technologie, alltägliches Geschäftsleben

Abbildung 8



**Abbildung 8.** Einlass begehrender Bittsteller in (links) konkaver und (rechts) konvexer Haltung. Der Mann illustriert die beiden Ausprägungen von Nichtlinearität; wäre er »linear«, würde er in gerader Haltung aufrecht stehen. Dieses Kapitel entwickelt Senecas Asymmetrie weiter und zeigt, wie die eine (die konvexe) Haltung Antifragilität in all ihren Formen repräsentiert, die andere (die konkave) Haltung dagegen Fragilität, und wie man auf einfache Weise Fragilität entdecken und sogar messen kann, indem man analysiert, wie breitbrüstig (konvex) oder gebeugt (konkav) der Höfling steht.

Abbildung 9



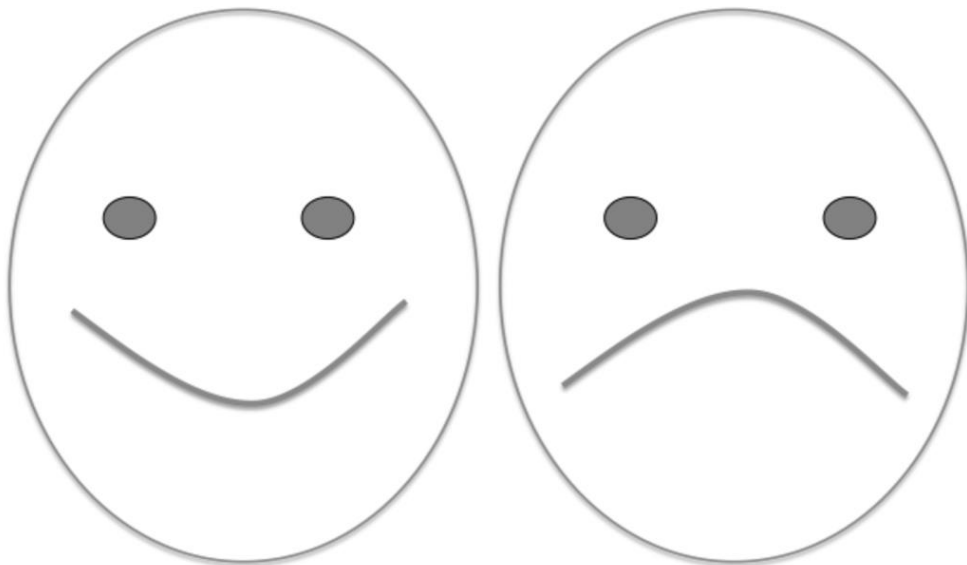
**Abbildung 9.** Der König und sein Sohn. Der durch die Größe des Steins hervorgerufene Schaden als Funktion der Größe des Steins (bis zu einer gewissen Grenze). Bei jeder Zunahme des Gewichts des Steins ist der Schaden größer als beim vorherigen Wert. Deutlich erkennbar ist die Nichtlinearität (die Kurve biegt sich nach innen, die Neigung wird immer steiler).

Abbildung 10



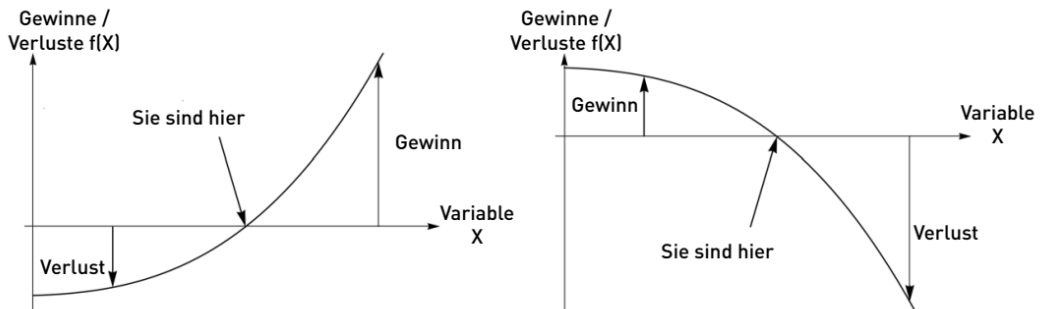
**Abbildung 10.** Die beiden Typen von Nichtlinearität, das Konvexe (links) und das Konkave (rechts). Das Konvexe biegt sich nach außen, das Konkave nach innen.

Abbildung 11



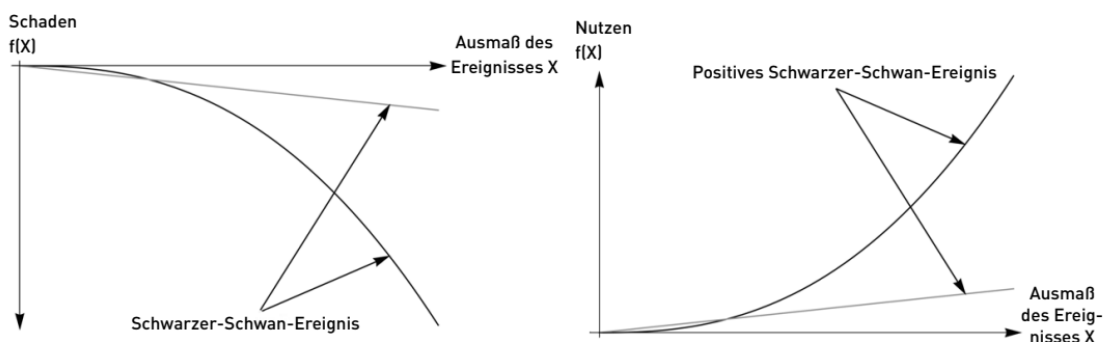
**Abbildung 11.** Smile! Eine einfache Eselsbrücke zur Unterscheidung von konvex und konkav. Was sich nach außen biegt, sieht aus wie ein Lächeln – was nach innen gekrümmt ist, ähnelt einem traurigen Gesicht. Das Konvexe (links) ist antifragil, das Konkave (rechts) ist fragil (hat negative Konvexitätseffekte).

Abbildung 12



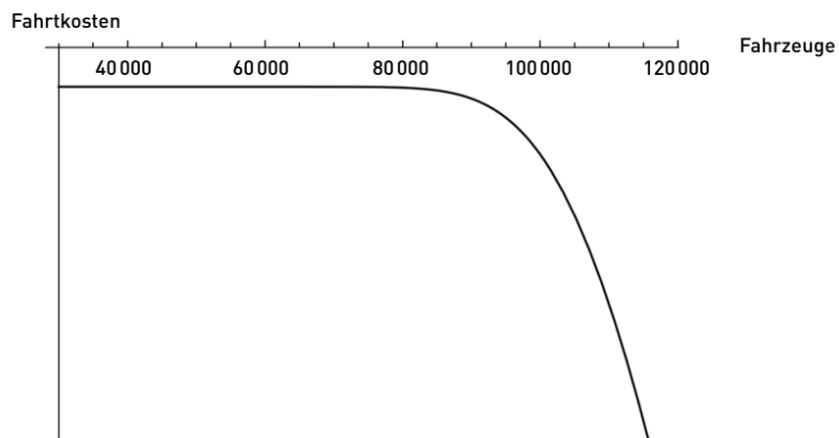
**Abbildung 12.** Mehr Verlust als Gewinn oder mehr Gewinn als Verlust. Angenommen, Sie beginnen beim markierten Ausgangspunkt. Wenn die Variable  $X$  im ersten Fall größer wird, sich also auf der horizontalen Achse nach rechts bewegt, sind die Gewinne (vertikale Achse) größer als die Verluste, die durch eine Bewegung nach links entstehen, also einen entsprechenden Rückgang der Variablen  $X$ . Die Abbildung zeigt, wie positive Asymmetrie (linkes Diagramm) zu einer konvexen (nach außen gebogenen) Kurve führt und negative Asymmetrie (rechtes Diagramm) zu einer konkaven (nach innen gebogenen) Kurve. Noch einmal: Bei einer gegebenen Abweichung einer Variablen in identischem Umfang in beide Richtungen gewinnt das Konvexe mehr, als dass es verliert, und für das Konkave gilt das Gegenteil.

Abbildung 13



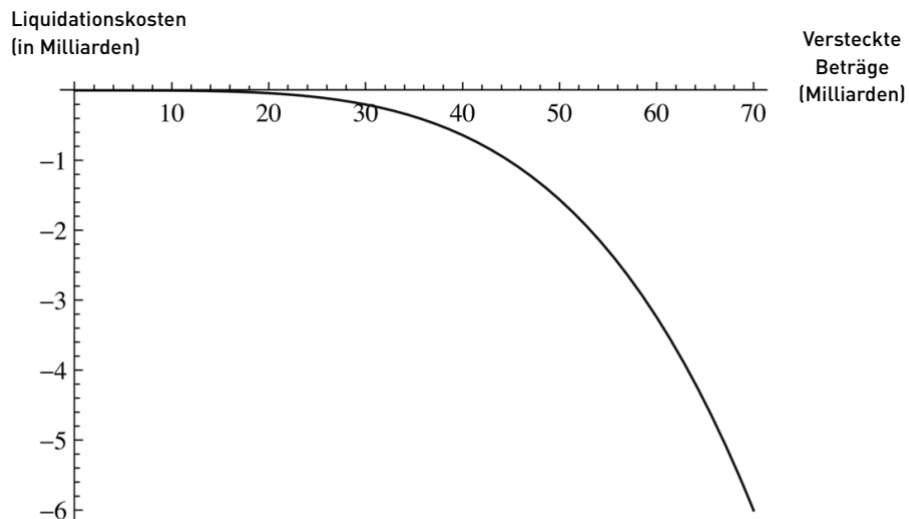
**Abbildung 13.** Zwei Situationen, die eine linear, die andere nichtlinear, mit negativer Konvexität, das heißt Konkavität, im ersten Diagramm und positiver Konvexität im zweiten. Ein unerwartetes Ereignis wirkt sich bei Nichtlinearität unverhältnismäßig viel stärker aus. Je größere Ausmaße das Ereignis hat, desto größer ist der Unterschied.

Abbildung 14



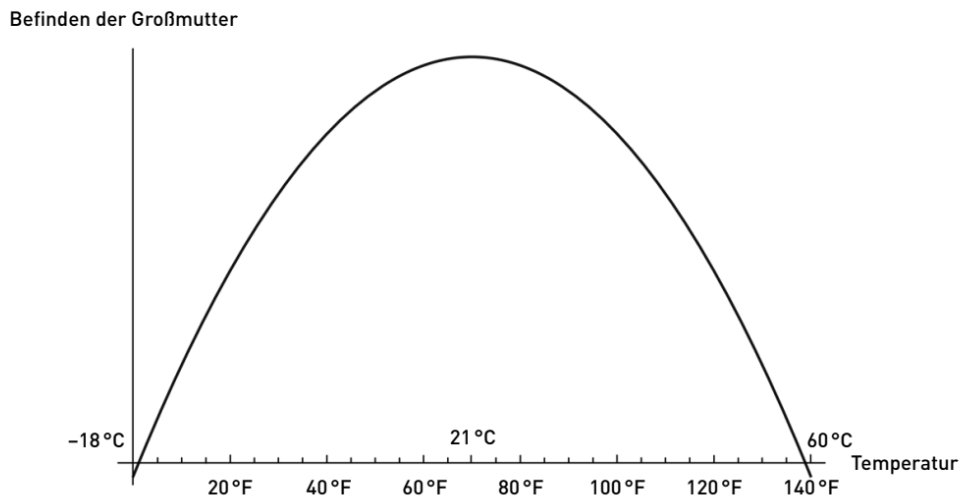
**Abbildung 14.** Die Kurve zeigt, inwieweit die Fahrtzeit (und Fahrtkosten) des Autors zum JFK-Flughafen jenseits eines bestimmten Punkts nichtlinear von der Anzahl der Autos auf der Straße abhängt. Die Fahrtkosten bilden eine nach innen gekrümmte Kurve – konkav, sprich: nicht gut.

Abbildung 15



**Abbildung 15.** Selbst wenn klein hässlich wäre – es ist auf jeden Fall weniger fragil. Das Diagramm zeigt die Transaktionskosten als eine Funktion der Größe des Irrtums: Sie steigen nichtlinear an, und die Mega-Fragilität ist klar erkennbar.

Abbildung 16



**Abbildung 16** Megafragilität. Wohlbefinden als Funktion von Temperatur ergibt eine nach innen gekrümmte Kurve. Eine Kombination aus  $-18^{\circ}\text{C}$  ( $0^{\circ}\text{F}$ ) und  $+60^{\circ}\text{C}$  ( $140^{\circ}\text{F}$ ) ist für Ihre Großmutter schädlicher als  $21^{\circ}\text{C}$  ( $70^{\circ}\text{F}$ ). Nahezu *jede* Kombination, die im Schnitt  $21^{\circ}\text{C}$  ( $70^{\circ}\text{F}$ ) ergibt, ist schlechter als einfach nur  $21^{\circ}\text{C}$ .\* Das Diagramm zeigt Konkavität beziehungsweise negative Konvexität – die Kurve krümmt sich nach innen.

Abbildung 17



**Abbildung 17:** Küchenutensilien aus Pompeji, die sich nur unwesentlich von denen unterscheiden, die man heute in (guten) Küchen antrifft.

Tabelle 6

**Tabelle 6 – Vergleich der Lebenserwartung von »Alt« und »Jung« in verschiedenen Bereichen**

<i>Verhältnis der Lebenserwartung</i>	<i>Bereich</i>	<i>Wahrscheinlichkeitsverteilung</i>
Das Jüngere wird sehr wahrscheinlich länger leben als das Ältere	Vergängliches: Menschen, überhaupt Lebewesen	Gauß-Kurve (oder etwas Ähnliches, aus der gleichen Familie)
Das Junge und das Alte haben dieselbe Lebenserwartung	Unvergänglich-Informationelles: Lebenszeit biologischer Arten	Exponentiell
LINDY-EFFEKT: Das Alte wird sehr wahrscheinlich länger dableiben als das Junge, in Abhängigkeit von ihrem Alter	Unvergänglich-Informationelles: Geistesleben, Lebenszeit von Gattungen	Potenzgesetz



Tabelle 7

**Tabelle 7 – Die grundlegende Asymmetrie im Bereich der Ethik**

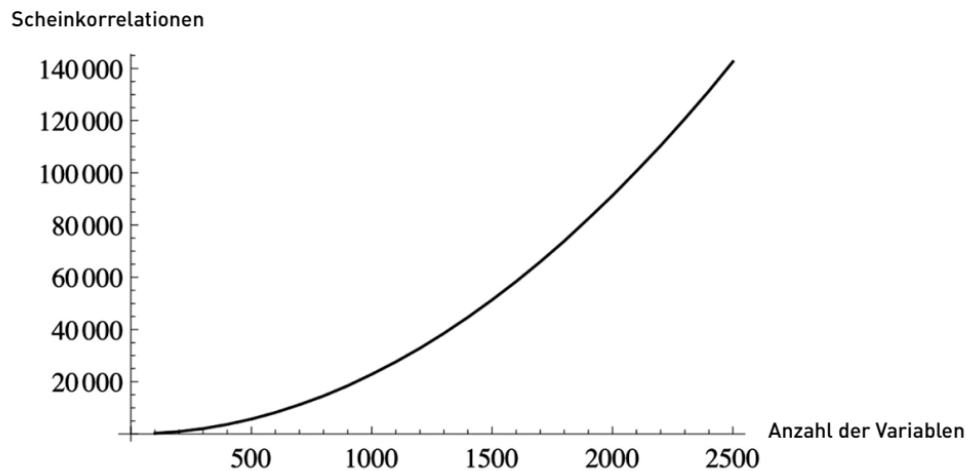
<b>Setzt die eigene Haut nicht aufs Spiel</b>	<b>Setzt die eigene Haut aufs Spiel</b>	<b>Setzt die eigene Haut um anderer willen aufs Spiel – bringt sich mit Leib und Seele ein</b>
<i>(Sichert sich selbst die Vorteile, verlagert die Nachteile auf andere – besitzt eine verborgene Option auf Kosten anderer)</i>	<i>(Behält Nachteile für sich, nimmt seine Risiken auf sich)</i>	<i>(Nimmt die Nachteile der anderen auf sich – universelle Werte)</i>
Bürokraten	Bürger	Heilige, Ritter, Krieger, Soldaten
Phrasendrescherei	Taten, kein Geschwätz	Gehaltvolle Worte
Consultants, Sophisten	Kaufleute, Geschäftsmänner	Propheten, Philosophen (im vormodernen Sinn)
Große Unternehmen	Handwerker	Künstler, einige Handwerker
Manager (Anzugträger)	Kleinunternehmer	Kleinunternehmer, Innovatoren
Theoretiker, Datenknechte, Analysten	Labor- und Feldforscher	Querdenker
Zentralregierungen	Regierungen von Stadtstaaten	Stadtregierungen
Lektoren	Schriftsteller	Große Schriftsteller
Journalisten, die »analysieren« und Prognosen formulieren	Spekulatoren	Journalisten, die Risiken auf sich nehmen und Betrugsfälle (innerhalb von Regierungen oder Wirtschaftsunternehmen) aufdecken
Politiker	Aktivisten	Rebellen, Dissidenten, Revolutionäre
Banker	Trader	(Würden sich nicht auf die vulgäre Ebene des Handels herablassen)

<b>Setzt die eigene Haut nicht aufs Spiel</b>	<b>Setzt die eigene Haut aufs Spiel</b>	<b>Setzt die eigene Haut um anderer willen aufs Spiel – bringt sich mit Leib und Seele ein</b>
Der Fragilist Prof. Dr. Joseph Stiglitz	Fat Tony	Nero Tulip
Risikoverkäufer		Steuerzahler (dass sie Leib und Seele einbringen, geschieht nicht ganz freiwillig – sie sind Opfer)

Tabelle 8

<b>Tabelle 8 – Vergleich von Berufen und Aktivitäten</b>	
<b>Opportunist (Anpassung der Moral an den Beruf)</b>	<b>Geschützt vor dem pseudomoralischen Spiel</b>
Goldgräber	Prostituierte
Networker	Sozial engagierte Menschen
Geht Kompromisse ein	Geht keine Kompromisse ein
Jemand, der »bereit ist zu helfen«	Gelehrter, Dilettant, Amateur
Kaufmann, Mensch mit festem Beruf (Antike)	Landbesitzer (Antike)
Angestellter	Handwerker
Akademiker an einer Forschungsuniversität, Forscher, der von »Zuschüssen« abhängig ist	Brillenglashersteller, Lehrer für Philosophie an einem College oder Lycée Unabhängiger Gelehrter

Abbildung 18



**Abbildung 18.** Das Drama der großen Datenmengen. Je mehr Variablen, desto mehr Korrelationen, die in der Hand eines »geschickten« Forschers bedeutsam werden können. Irrtümer wachsen schneller an als Information; sie sind im Verhältnis zu Daten nichtlinear (konvex).

## Glossar

**Triade:** Die Dreiergruppe Antifragilität – Robustheit – Fragilität.

**Fundamentale Asymmetrie (auch: Senecas Asymmetrie):** Wenn etwas in einer bestimmten Situation *mehr möglichen Gewinn als drohenden Verlust* erwarten lässt, ist es antifragil und profitiert normalerweise von a) Volatilität, b) Zufälligkeit, c) Irrtümern, d) Ungewissheit, e) Stressoren, f) Zeit. Und umgekehrt.

**Prokrustesbett:** Damit seine Besucher jeweils perfekt in das zur Verfügung stehende Bett passten, verkürzte oder verlängerte Prokrustes ihre Gliedmaßen. Übertragbar auf Situationen, in denen Vereinfachungen keine Vereinfachungen sind.

**Fragilist:** Jemand, der Fragilität verursacht, weil er meint, er verstehe, was los ist. Lässt meistens jeglichen Sinn für Humor vermissen. Siehe auch **Iatrogenik**. Fragilisten fragilisieren häufig dadurch, dass sie Systemen, die von Variabilität profitieren, diese Variabilität entziehen, oder Systeme, die Irrtümer mögen, von Irrtümern »befreien«. Sie halten Organismen häufig fälschlicherweise für Maschinen und technische Projekte.

**Flugunterricht-für-Vögel-Effekt:** Umkehrung des Wissenspfeils von Wohlstand - Praxis oder Ausbildung - Akademischer Bildung zu: Akademische Bildung - Praxis oder Ausbildung - Wohlstand. Damit soll der Anschein erweckt werden, die Technik schulde der institutionalisierten Wissenschaft mehr, als es tatsächlich der Fall ist.

**Touristifizierung:** Versuch, Zufälligkeit aus dem Leben zu eliminieren. Tritt auf bei Übermütigen, Beamten in Washington, Strategieplanern, Sozialplanern und so weiter; Gegenteil: der **Rationale Flaneur**.

**Rationaler Flaneur (oder einfach nur Flaneur):** Jemand, der im Unterschied zu einem Touristen opportunistisch bei jedem Schritt seine Vorgehensweise (oder sein Ziel) neu bedenkt, sodass er alles, was ihm begegnet, aufnehmen und unmittelbar mit neuen Informationen verknüpfen kann. In der Forschung und in Unternehmerkreisen ist der Flaneur derjenige, der »nach Optionalität Ausschau hält«. Ein nicht-narrativer Zugang zum Leben.

**Hantelstrategie:** Duale Strategie, Kombination aus zwei Extremen, einem sicheren und einem spekulativen Element, robuster als eine »monomodale« Strategie; häufig eine notwendige Bedingung für Antifragilität. In biologischen Systemen beispielsweise gleichbedeutend einer Ehe mit einem Buchhalter bei gleichzeitiger Affäre mit einem Rockstar; für einen Schriftsteller eine sichere Einnahmequelle und die Möglichkeit, ohne Marktzwänge in der Freizeit schreiben zu können. Selbst Versuch und Irrtum (*trial and error*) ist eine Art Hantel.

**Iatrogenik:** Vom Heiler verursachte Schädigung – wenn beispielsweise eine ärztliche Behandlung mehr schadet als nützt.

**Generalisierte Iatrogenik:** Entsprechend erweiterte Definition, bezieht sich auf die schädlichen Nebenwirkungen von Maßnahmen von Politikern oder Aktivitäten von Wissenschaftlern.

**Tantalisierte Klasse:** Eine ökonomische Lage, in der man mehr als den Mindestlohn verdient *und* sich mehr Reichtum wünscht. Arbeiter, Mönche, Hippies, einige Künstler und englische Aristokraten meiden diesen Zustand. Die Mittelschicht fällt üblicherweise darauf herein; außerdem auch russische Milliardäre, Lobbyisten sowie die meisten Banker und Bürokraten. Die Angehörigen dieser Klasse sind käuflich, wenn man ihnen – meist unter Anwendung von Kasuistiken – die passende Geschichte erzählt.

**Schwarzer-Schwan-Irrtümer**

**Nicht vorhersehbare Herangehensweise:** Dinge so gestalten, dass sie gegen Störungen immun sind – also robust gegenüber Veränderungen von zukünftigen Ergebnissen.

**Thalesianisch versus aristotelisch:** Das Thalesianische konzentriert sich auf das Ausmaß des Engagements und den Ertrag aus Entscheidungen; das Aristotelische fokussiert auf Logik, auf die Unterscheidung wahr-falsch. Für Fat Tony ist es ein Dummkopf-Nicht-Dummkopf-Problem; es geht um Risiken und Verdienste (siehe auch **Nichtlinearitäten, Konvexitätseffekte**).

**Vermengung des Ausmaßes, in dem man einem Ereignis ausgesetzt ist, mit dem Ereignis selbst:** Die Funktion einer Variablen mit der Variable selbst verwechseln.

**Naturalistisches Risikomanagement:** Die Überzeugung, dass im Bereich Risikomanagement Mutter Natur eine sehr, sehr viel eindrucksvollere Erfolgsgeschichte vorzuweisen hat als der rationalistisch vorgehende Mensch. Sie ist nicht vollkommen, aber entschieden besser.

**Beweislast:** Die Beweislast liegt bei denen, die vom Natürlichen abweichen, es aufbrechen, oder denen, die *Via-Positiva*-Methoden vorschlagen.

**Ludische Verzerrung:** Die wohlformulierten mathematischen Probleme und Laborexperimente mit der ökologisch komplexen realen Welt verwechseln. Dazu gehört auch, die Zufälligkeit in Casinos mit der Zufälligkeit im wirklichen Leben zu verwechseln.

**Antifragiles Tüfteln, Bricolage:** Eine bestimmte Klasse von Versuch und Irrtum, bei der kleine Irrtümer »die richtige Art« von Fehlern darstellen. Äquivalent zum **Rationalen Flaneur**.

**Hormesis:** Eine schädliche Substanz oder ein Stressfaktor in der richtigen Dosierung oder mit der richtigen Intensität stimuliert den Organismus und macht ihn besser, stärker, gesünder – und bereit für eine höhere Menge bei der nächsten Runde. (Man denke etwa an Knochen und Karate.)

**Naiver Interventionismus:** Eingreifen ohne Rücksicht auf iatrogene Effekte. Man zieht es vor, ja fühlt sich geradezu verpflichtet, »etwas zu tun«, anstatt nichts zu tun. Dieser Instinkt hat auf Unfallstationen oder in der Umgebung unserer Urahnen durchaus sein Gutes, in anderen Kontexten jedoch, in denen es ein »Expertenproblem« gibt, kann er sich sehr schädlich auswirken.

**Naiver Rationalismus:** Die Annahme, das, was die Welt im Innersten zusammenhält, sei von Universitätsgebäuden aus automatisch zugänglich. Andere Bezeichnung: **Sowjet-Harvard-Illusion**.

**Truthahn, umgekehrter Truthahn:** Der Truthahn wird tausend Tage lang vom Bauern gefüttert, jeden Tag stellt er mit wachsender Zuversicht fest, dass »der Bauer ihm nie einen Schaden zufügen wird« – bis zum Thanksgiving-Day, an dem der Truthahn sich gezwungen sieht, seine Überzeugung aufgrund des Eintreffens von einem Schwarzer-Schwan-Ereignis zu revidieren. Der Irrtum des umgekehrten Truthahns ist dazu spiegelverkehrt, wenn man also Chancen nicht erkennt – indem man beispielsweise behauptet, ganz sicher sein zu können, dass jemand, der nach Gold gräbt oder Heilverfahren ausprobiert, »nie irgendetwas finden« wird.

**Doxastische Verpflichtung, »sich mit Leib und Seele einbringen«:** Nehmen Sie nur solchen Personen ihre Vorhersagen und Meinungen ab, die sich auf eine bestimmte Überzeugung selbst eingelassen und daher etwas zu verlieren haben – in dem Sinn, dass es ihnen schadet, wenn sie sich irren.

**Heuristiken:** Einfache, praktische, leicht anzuwendende Faustregeln, die das Leben erleichtern. Wir brauchen sie (wir haben nicht die geistige Kapazität, um sämtliche Informationen aufzunehmen, und neigen dazu, uns von Details aus dem Konzept bringen zu lassen), aber sie können uns in Schwierigkeiten bringen, da wir uns unter Umständen nicht darüber im Klaren sind, dass wir sie anwenden, wenn wir etwas beurteilen.

**Opake Heuristiken:** Bestimmte Vorgehensweisen, nach denen Gesellschaften handeln, die scheinbar nicht sinnvoll sind, aber seit Langem praktiziert und aus unbekanntem Gründen beibehalten werden.

**Das Dionysische:** Opake, dem Anschein nach irrationale Heuristik, benannt nach Dionysos (dem römischen Bacchus), Gott des Weins und der Ekstase. Sein Gegenstück ist das Apollinische, das für Ordnung steht.

**Agency-Problem:** Situation, in der der Manager eines Unternehmens nicht der eigentliche Besitzer ist, weswegen er eine Strategie verfolgt, die den Anschein erweckt, vernünftig zu sein, doch letztlich nur ihm selbst nützt und ihn antifragil macht, und zwar auf Kosten (Fragilität) der wahren Besitzer oder der Gesellschaft. Wenn seine Strategie aufgeht, genießt er die Vorteile; wenn er sich geirrt hat, zahlen andere die Zeche. Dieses Problem hat typischerweise Fragilität zur Folge, da sich Risiken leicht verbergen lassen. Tritt auch im Bereich der Politik und der Wissenschaft auf. Eine Hauptquelle von Fragilität.

**Risikomanagement nach Hammurapi:** Die Vorstellung, dass ein Baumeister über größere Kenntnisse verfügt als der Bauaufseher und Risiken im Fundament verstecken kann, dort, wo sie am schlechtesten zu sehen sind; Gegenmittel: den finanziellen Anreiz zugunsten des verzögerten Risikos abschaffen.

**Grünholztäuschung:** Die Quelle einer wichtigen, womöglich sogar notwendigen Information – die Grünheit von Holz – irrtümlich für eine andere, von außen weniger

sichtbare, weniger handhabbare Information zu halten. Wie Theoretiker Dingen, die man in einem bestimmten Geschäftsbereich wissen sollte, falsche Bedeutung beimessen, oder – allgemeiner gesprochen – wie zahlreiche Fakten, die wir als »relevante Informationen« bezeichnen, dieses Attribut eher nicht verdienen.

**Die eigene Haut aufs Spiel setzen – Kapitän-/Schiff-Regel:** Wenn ein Schiff untergeht, geht der Kapitän mit unter. Gegenmittel gegen das **Agency-Problem** und fehlende **doxastische Verpflichtung**.

**Der Ziegelstein des Empedokles:** Ein Hund schläft immer auf demselben Ziegelstein, weil es eine natürliche, biologische, erklärbare oder nicht erklärbare Passung zwischen ihm und dem Stein gibt, die dadurch bekräftigt wird, dass der Hund diesen Ort immer wieder aufsucht. Wir werden den Grund dafür vielleicht nie entdecken, aber die Passung existiert. Beispiel: Warum wir Bücher lesen.

**Rosinenpickerei:** Aus vorliegenden Daten nur das heranziehen, was die eigene Argumentation stützt; zuwiderlaufende Elemente ignorieren.

**Ethische Probleme als Asymmetrie-Transfer (Fragilität):** Jemand stiehlt Antifragilität und Optionalität von anderen, er schöpft die Vorteile ab und belastet die anderen mit den Nachteilen. »**Die Haut der anderen aufs Spiel setzen.**«

**Robert-Rubin-Delikt:** Gestohlene Optionalität. Von den Vorteilen einer Strategie profitieren, ohne das Risiko auf sich zu nehmen; der Schaden wird auf die Gesellschaft abgewälzt. Rubin erhielt 120 Millionen Dollar Gehalt von der Citibank; die Steuerzahler bezahlen rückwirkend für seine Fehler.

**Alan-Blinder-Problem:** 1. Die Privilegien des eigenen Jobs rückwirkend zu Lasten der Bürger ausnutzen. 2. Moralische Regeln verletzen, während man gleichzeitig vollständig in Übereinstimmung mit dem Gesetz handelt; Verwechslung des Ethischen mit dem Legalen. 3. Entwicklung komplizierter Regeln durch den Regulator, der dann anschließend seine »Expertise« an Privatkunden verkauft.

**Joseph-Stiglitz-Problem:** Ausbleiben von Strafen für schlechte Empfehlungen. Mentales **Rosinenpicken** führt dazu, dass man zur Ursache für eine Krise beiträgt, aber vom Gegenteil überzeugt ist – und dann noch meint, man hätte die Krise vorhergesagt. Tritt bei Menschen auf, die nicht ihre eigene Haut aufs Spiel setzen.

**Rationale Optionalität:** Nicht in ein vorgegebenes Programm eingezwängt sein. Man ist also in der Lage, unterwegs seine Meinung zu ändern, wenn man Neues sieht oder neue Informationen erhält. Gilt auch für den **Rationalen Flaneur**.

**Ethische Inversion:** Ethisch inversiv handelt, wer die eigene moralische Grundhaltung an sein Handeln (respektive seinen Beruf) anpasst und nicht umgekehrt.

**Narrative Verzerrung:** Unser Bedürfnis, einer Reihe zusammenhängender oder auch nicht zusammenhängender Fakten eine Geschichte oder ein Muster überzustülpen. In der Statistik entspricht dem das Verfahren des Data-Mining.

**Narrative Disziplin:** Der Vergangenheit wird eine überzeugende, gut klingende Geschichte angedichtet. Gegenteil: experimentelle Disziplin. Eine großartige Methode, die Menschen zu narren, besteht darin, Statistiken als Teil der Geschichte heranzuziehen, indem man aus einem Datenbestand »gute Geschichten« herausdestilliert (siehe auch **Rosinenpickerei**). In der Medizin haben häufig epidemiologische Studien eine solche Schlagseite; bei kontrollierten Experimenten tritt das Problem seltener auf. Kontrollierte Experimente sind strenger und weniger anfällig für die Unsitte des Rosinenpickens.

**Nicht-narrative Handlungsweise:** Zur Rechtfertigung einer Handlung wird keine Geschichte gebraucht – die Geschichte dient nur zur Motivierung, zur Unterhaltung oder als Handlungsanstoß (siehe auch **Flaneur**).

**Robuste Narration:** Eine Narration ist robust, wenn unter veränderten Voraussetzungen oder Rahmenbedingungen durch die besagte Narration keine entgegengesetzten Schlussfolgerungen oder Handlungsempfehlungen erzeugt werden. Andernfalls ist die Narration fragil. Entsprechend führt ein robustes Modell oder mathematisches Programm nicht zu einer Veränderung der Vorgehensweisen, wenn bestimmte Teile des Modells verändert werden.

**Subtraktives Wissen:** Sie können mit größerer Sicherheit sagen, was falsch ist als was richtig ist. Anwendungsbereich der *Via Negativa*.

**Via Negativa:** In der Theologie und Philosophie die Fokussierung auf das, was etwas nicht ist; eine indirekte Definition. Auf Handlungen bezogen eine Liste dessen, was zu vermeiden, nicht was zu tun ist – Subtraktion, nicht Addition, beispielsweise in der Medizin.

**Subtraktive Prophezeiung:** Zukunftsprognose, die sich dadurch auszeichnet, das Fragile zu entfernen, anstatt es auf naive Weise hinzuzufügen. Anwendungsbereich der *Via Negativa*.

**Lindy-Effekt:** Die Lebenserwartung einer bestimmten Technologie oder einer prinzipiell unbegrenzt haltbaren Sache erhöht sich mit jedem Tag ihrer Existenz – im Unterschied zu verderblichen Dingen (wie Menschen, Katzen, Hunden und Tomaten). Ein Buch, das einhundert Jahre lang gedruckt wurde, wird wahrscheinlich noch einhundert weitere Jahre lang gedruckt werden.



**Neomanie:** Man liebt die Veränderung um ihrer selbst willen. Eine Form des Philistertums, die den Lindy-Effekt verkennt, ohne Gespür für Fragilität. Bei Zukunftsprognosen wird etwas hinzugefügt, nicht weggenommen.

**Opakheit:** Wenn jemand russisches Roulette spielt, sieht man die Trommel nicht. Allgemeiner gesagt: Es gibt Dinge, die für uns unsichtbar bleiben und lediglich eine Illusion des Verstehens hervorrufen.

**Mediokristan:** Vom Mittelmaß dominierte Zone, wo extreme Erfolge oder Misserfolge selten vorkommen (beispielsweise das Einkommen eines Zahnarztes). Eine Einzelbeobachtung hat auf diesen Bereich keinen nennenswerten Einfluss. Andere Bezeichnung: »Thin-Tailed«; Mitglied der Gauß'schen Verteilungsfamilie.

**Extremistan:** Zone, in der das Ganze von einer Einzelbeobachtung spürbar beeinflusst werden kann (beispielsweise das Einkommen eines Schriftstellers). Andere Bezeichnung: »Fat-Tailed«. Mitglied der fraktalen, nach dem Potenzgesetz funktionierenden Verteilungsfamilie.

**Nichtlinearitäten, Konvexitätseffekte (»lachendes« und »trauriges Gesicht«):** Nichtlinearitäten können konkav, konvex oder auch eine Mischung aus beidem sein. Der Begriff »**Konvexitätseffekt**« ist eine Erweiterung und Generalisierung der fundamentalen Asymmetrie. Die technische Bezeichnung für Fragilität lautet **negative Konvexitätseffekte**, für Antifragilität: **positive Konvexitätseffekte**. Konvex ist gut (lachend, Smiley), konkav ist schlecht (traurig, Frowny).

**Stein der Weisen, auch Konvexitätsverzerrung (Konvexitäts-Bias)** (sehr theoretisch): Das exakte Maß von Vorteilen, die sich aus Nichtlinearität oder Optionalität ergeben (oder, noch theoretischer formuliert, der Unterschied zwischen  $x$  und einer konvexen Funktion von  $x$ ). Beispielsweise kann dieses Bias die für die Gesundheit zuträglichen Auswirkungen der Intensitätsvariation bei Beatmungsgeräten im Vergleich zu Geräten mit konstantem Druck quantifizieren oder die Vorteile unregelmäßiger Nahrungsaufnahme berechnen. Das **Prokrustesbett** der Verkennung von Nichtlinearität (so genannter Vereinfachung) besteht in der Annahme, ein solcher Konvexitäts-Bias existiere nicht.

## Dank

Peter Bevelin, Jazi Zilber, Peter Tanous und Rolf Dobelli haben das gesamte Manuskript mehrere Male in verschiedenen Versionen akribisch gelesen und nicht gespart mit hilfreichen Kommentaren oder Hinweisen auf wichtige Forschungsergebnisse.

Außerordentlich engagierte Kommentare erhielt ich von Will Murphy, Evan Camfield, Alexis Kirshbaum, Cynthia Taleb, Will Goodlad, Stefan McGrath und Asim Samiuddin, die den Entstehungsprozess des Buches begleiteten und entscheidend zu seinem Werden beitrugen.

**Großzügige Kommentare und Unterstützung:** Peter Nielsen, Rory Sutherland, Saifedean Ammous, Max Brockman, John Brockman, Marcos Carreira, Nathan Myhrvold, Aaron Brown, Terry Burnham, Peter Boettke, Russ Roberts, Kevin Horgan, Farid Karkaby, Michael Schrague, Dan Goldstein, Marie-Christine Riachi, Ed Frankel, Mika Kasuga, Eric Weinstein, Emanuel Derman, Alberto Mingardi, Constantine Sandis, Guy Deutscher, Bruno Dupire, George Martin, Joelle Weiss, Rohan Silva, Janan Ganesh, Dan Ariely, Gur Huberman, Cameron Williams, Jacques Merab, Lorenzo Savorelli, Andres Velasco, Eleni Panagiotarakou, Conrad Young, Melik Keylan, Seth Roberts, John McDonald, Yaneer BarYam, David Shaywitz, Nouriel Roubini, Philippe Asseily, Ghassan Bejjani, Alexis Grégoire Saint-Marie, Charles Tapiero, Barry Blecherman, Art De Vany, Guy Riviere, Bernard Oppetit, Brendon Yarkin und Mark Spitznagel; dann meine Online-Helfer Jean-Louis Rheault, Ben Lambert, Marko Costa, Satiyaki Den, Kenneth Lamont, Vergil Den, Karen Brennan, Ban Kanj, Lea McKay, Ricardo Medina, Marco Alves, Pierre Madani, Greg Linster, Oliver Mayor, Satyaki Roy, Daniel Hogendoorn, Phillip Crenshaw, Walter Marsh, John Aziz, Graeme Blake, Greg Linster, Sujit Kapadia, Alvaro De La Paz, Apoorv Bajpai, Louis Shickle, Ben Brady, Alfonso Payno de las Cuevas, der »Guru Anaerobic« Alexander Boland, David Boxenhorn, Dru Stevenson und Michal Kolano. Sicher habe ich viele weitere vergessen.

## Anmerkungen, nachgetragene Ideen, weiterführende Lektüre

Es folgen Hinweise zu weiterführender Lektüre sowie Einfälle aus der Zeit nach der Fertigstellung des Buchs, etwa die Frage, ob Gott von den Theologen als robust oder antifrägil verstanden wird; oder die Geschichte der Messverfahren als einem Dummkopf-Problem im Wahrscheinlichkeitsbereich. Was die weiterführende Lektüre angeht, sehe ich davon ab, Texte, die ich in früheren Büchern angeführt habe, hier nochmals zu zitieren; das gilt vor allem für diejenigen zum philosophischen Problem der Induktion, zu Schwarzer-Schwan-Problemen und zur Psychologie der Ungewissheit. Es ist mir gelungen, ein bestimmtes Maß an mathematischem Material in den Text zu schmuggeln, ohne dass Alexis K., mein Londoner Lektor, mich erwischt hätte (vor allem bei meiner Definition von Fragilität in den Anmerkungen zu Buch V und meiner kurz gefassten Ableitung des Satzes »Small is beautiful«). Hingewiesen sei noch auf die komplexeren theoretischen Erörterungen, die auf meiner Homepage <http://www.fooledbyrandomness.com> zugänglich sind.

**Abgeschiedenheit:** Seit Fertigstellung des *Schwarzen Schwans* habe ich 1150 Tage im wohltuenden Zustand physischer Abgeschiedenheit verbracht, also über dreihundert Tage pro Jahr mit minimalem Kontakt zur Außenwelt – dazu kommen zwanzig Jahre, in denen ich über das Problem von Nichtlinearitäten und nichtlineare Belastungen nachgedacht habe. Das hatte zur Folge, dass ich keine Geduld mehr aufbringe für institutionelles, kosmetisches Wissen. Wissenschaft und Wissen bestehen darin, ein überzeugendes, in die Tiefe gehendes, schlüssiges Argument bis zum Ende durchzudenken, nicht aber in naivem (*Via Positiva*-) Empirismus oder inhaltsleerem Gerede, weshalb ich die journalistische, stark überstrapazierte Allerweltsidee von »Literaturangaben« ablehne – ich spreche stattdessen von »weiterführender Lektüre«. Meine Befunde sollten nicht von einem einzelnen Aufsatz oder Forschungsbeitrag abhängen und tun das auch nicht, abgesehen lediglich von den entlarvenden Erkenntnissen nach der *Via Negativa*-Methode – diese dienen der Veranschaulichung.

**Scharlatane:** In dem Aufsatz über den »Vierten Quadranten«, der im *International Journal of Forecasting* veröffentlicht wurde (er war auch Teil der auf meiner Homepage veröffentlichten Hintergrunddokumente für den *Schwarzen Schwan*), habe ich unter Hinzuziehung sämtlicher zugänglicher ökonomischer

mischer Daten *empirisch* nachgewiesen, dass Fat Tails schwerwiegend sind, gleichzeitig aber nicht beseitigt werden können – daher funktioniert auch keine der Quadrierungsmethoden mit sozio-ökonomischen Variablen: Regression, Standardabweichung, Korrelation und so weiter (theoretisch können 80 Prozent der Kurtosis [Wölbung] bei 10 000 Daten aus *einer einzigen* Beobachtung stammen, was bedeutet, dass sämtliche Fat-Tail-Maße lediglich Stichprobenfehler sind). Das ist im Sinne der *Via Negativa* eine wichtige Feststellung, bedeutet es doch, dass wir keine Kovarianzmatrizen benutzen können – sie sind unzuverlässig und nicht informativ. Eigentlich hätte uns schon die Anerkennung der Fat Tails als solche zu dieser Einsicht gelangen lassen können, Empirismus ist hier gar nicht nötig; ich habe die Daten trotzdem aufgearbeitet. Jeder Vertreter einer redlichen Wissenschaftsrichtung würde nun fragen: »Was ist aufgrund dieser Beweislage zu tun?« – die Volkswirtschaftler und Finanzwissenschaftler aber ignorierten sie schlicht. Unter welchen wissenschaftlichen Normen und moralischen Maßstäben man die Sache auch immer betrachtet – man hat es hier einfach mit einer Bande von Scharlatanen zu tun. Die Werke vieler Nobelpreisträger (Engle, Merton, Scholes, Markowitz, Miller, Samuelson, Sharpe und noch einiger mehr) gründen auf solchen Annahmen, und wenn diese Annahmen falsch wären, dann würde sich deren gesamte Arbeit schlicht in Luft auflösen. Scharlatane finden in Institutionen ihr gutes Auskommen. Es ist eine Frage von Ethik und Moral; siehe die Anmerkungen zu Buch VII.

Hier ignoriere ich jeden ökonomischen Text, der mit Regression in Fat-Tail-Bereichen arbeitet – das ist alles nur heiße Luft, sieht man von wenigen Fällen wie Pritchett (2001) ab, bei dem das Ergebnis nicht von Fat Tails betroffen ist.

## **Prolog und Buch I:** Das Antifragile: Eine Einführung.

***Antifragilität und Komplexität:*** Bar-Yam und Epstein (2004) definieren Sensibilität als die Neigung, heftig auf geringe Reize zu reagieren, und Robustheit als die Neigung, geringfügig auf heftige Reize zu reagieren. Faktisch ähnelt hier Sensibilität der Antifragilität, wenn die Reaktion positiv ist.

***Private Korrespondenz mit Bar-Yam:*** Yaneer Bar-Yam, ganz der großzügige Kommentator, meint dazu: »Wenn wir einen Schritt zurück gehen und ganz generell das Thema partitionierter Systeme im Unterschied zu verknüpften Systemen bedenken, sind partitionierte Systeme stabiler und verknüpfte Systeme einerseits verwundbarer, andererseits offener für kollektives Handeln. Verwundbarkeit (Fragilität) ist Verknüpftheit ohne Reagibilität. Reagibilität versetzt Verknüpftheit in die Lage, offen zu sein für Möglichkeiten. Wenn kollektives Handeln dafür eingesetzt werden kann, Bedrohungen zu begegnen oder Vorteile aus sich bietenden Möglichkeiten zu ziehen, kann die Verwundbarkeit durch die Vorteile abgemildert und aufgewogen werden. Das ist die grundlegende Beziehung zwischen der Idee der Sensibilität, wie wir sie

beschrieben haben, und Ihrem Konzept der Antifragilität.« (Abdruck mit Genehmigung)

**Damokles und Komplexität:** Tainter (1988) argumentiert, Intellektualisierung habe Fragilität zur Folge, allerdings beschreitet er einen deutlich anderen Argumentationsweg.

**Posttraumatisches Wachstum:** Bonanno (2004), Tedeschi und Calhoun (1996), Calhoun und Tedeschi (2006), Alter et al. (2007), Shah et al. (2007), Pat-Horenzky und Brom (2007).

**Piloten delegieren die Verantwortung an das System:** FAA-Bericht: John Lowy, AP, 29. August 2011.

**Lukrez-Effekt:** Diskussion des Vierten Quadranten in der Nachschrift (*Konsequenzen aus der Krise*) zum *Schwarzen Schwan* und empirische Belege in entsprechenden Veröffentlichungen.

**Hochwassermarken:** Kahneman (2012) stützt sich auf die Werke des klugen Howard Kunreuther, dass »Schutzmaßnahmen, ob sie nun von Individuen oder Regierungen ausgehen, normalerweise darauf zielen, der schlimmsten Katastrophe gewachsen zu sein, die bislang vorgekommen ist... Bilder von einer noch schlimmeren Katastrophe sind schwer vorstellbar.«

**Psychologen und »Resilienz«:** Seery (2011), Hinweis von Peter Bevelin. »Allerdings gibt es gewisse Theorien und Erfahrungen, die belegen, dass sich die Erfahrung, mit Schwierigkeiten konfrontiert zu sein, auch positiv auswirken kann in dem Sinn, dass sie den Hang zur Resilienz in späteren belastenden Situationen verstärkt.« Sie verwenden den Begriff »Resilienz«! Um es noch einmal zu sagen: *EsistnichtResilienz*.

**Danchins Aufsatz:** Danchin et al. (2011).

**Irrtümer in der Geschichte des Ingenieurwesens und ihre späteren Auswirkungen auf die Sicherheit:** Petroski (2006).

**Geräusch und Anstrengung:** Mehta et al. (2012).

**Anstrengung und Geläufigkeit:** Shah und Oppenheimer (2007), Alter et al. (2007).

**Barrikaden:** Den Gedanken teilte mir Saifedean Ammous mit.

**Buzzati:** Eine schöne Zusammenfassung dieser letzten Episode in Buzzatis Leben findet sich in dem Buch von Lucia Bellaspiga, 2006, *Dio che non esisti, ti prego. Dino Buzzati, la fatica di credere*. Trient.

**Selbsterkenntnis:** Daniel Wegners Illusion des bewussten Willens, in *Narren des Zufalls*.

**Buchverkäufe und schlechte Kritiken:** Zu Ayn Rand: Michael Shermer, 1993, »The Unlikeliest Cult in History.« *Skeptic* Bd. 2, Nr. 2: 74–81. Es handelt sich hier um ein Beispiel; bitte halten Sie den Verfasser nicht für einen Fan von Ayn Rand.

**Hetzkampagnen:** Der deutsche Philosoph Franz Brentano formulierte eine anonyme Kritik zu Marx. Ursprünglich war es die Beschuldigung, einige untergeordnete Fakten unterschlagen zu haben, die für *Das Kapital* und seine zentralen Aussagen vollkommen irrelevant waren; Brentano lenkte die Diskussion,

die sogar nach dem Tod von Marx noch weiterging, komplett vom eigentlichen Thema ab, Engels aber setzte seinerseits in seinem Vorwort zum dritten Band die Debatte vehement fort.

**Wie man von Ludwig XIV. bis Napoleon eine Hetzkampagne veranstaltet:** Darnton (2010).

**Das Wolff'sche Gesetz und Knochen, Training, Knochendichte bei Schwimmern:** Wolff (1892), Carbuhn (2010), Guadalupe-Grau (2009), Hallström et al. (2010), Mudd (2007), Velez (2008).

**Ästhetik der Unordnung:** Arnheim (1979).

**Nanowerkstoffe:** Carey et al. (2011).

**Karsenty und Knochen:** Ich danke Jacques Merab, dass er mich mit Karsenty bekannt gemacht hat; Karsenty (2003, 2012a), Fukumoto und Martin (2009); zum Zusammenhang zwischen Knochen und der Zeugungsfähigkeit bei Männern siehe Karsenty (2011, 2012b).

**Die Wirtschaft fälschlicherweise für eine Uhr halten:** Ein typischer, empörender Irrtum bei Grant (2011): »Die Gesellschaft wird als riesiges, kompliziertes Uhrwerk gesehen, das, einmal in Gang gesetzt, automatisch und vorhersehbar abläuft. Das gesamte System ist beherrscht von mechanischen Gesetzen, die die Beziehung der Einzelteile zueinander organisieren. Genau wie Newton die Gesetze der Schwerkraft entdeckt hatte, die die Bewegung in der Welt der Natur bestimmen, entdeckte Adam Smith die Gesetze von Angebot und Nachfrage, die die Bewegung in der Wirtschaft bestimmen. Smith benutzte zur Beschreibung sozialer Systeme die Metaphern von der Uhr und der Maschine.«

**Egoistisches Gen:** Die Idee des »egoistischen Gens« stammt (mit Sicherheit) von Robert Trivers, obwohl sie meistens Richard Dawkins zugeschrieben wird – das weiß ich aus meiner privaten Kommunikation mit Robert Trivers. Eine traurige Geschichte.

**Danchins systemische Antifragilität und Neudefinition von Hormesis:** Danchin und ich verfassten unsere Texte im Feedback-Modus. Danchin et al. (2011): »Die zugrunde liegende Idee ist folgende: Im Schicksal einer Gesamtheit von Einheiten, die großen Herausforderungen ausgesetzt ist, kann es vorkommen, dass letztendlich alles zu einem positiven Ergebnis führt. Innerhalb der Gesamtheit würde eine der Einheiten extrem gut abschneiden und den Zusammenbruch aller anderen aufwiegen, möglicherweise damit sogar viel besser abschneiden, als wenn die Gesamtheit nicht unter Druck geraten wäre. Nach dieser Interpretation ist Hormesis lediglich eine holistische Beschreibung von Szenarien, die sich auf einer tiefer liegenden Ebene abspielen, auf einer Ebene von Prozessen, Strukturen oder Molekülen, und Hormesis registriert ausschließlich den positiven Ertrag für die Gesamtheit. Für Lebewesen könnte sich das auf die Ebene der Population von Organismen, der Population von Zellen oder der Population von intrazellulären Molekülen beziehen. Was wir hier erforschen, ist die Frage, wie sich Antifragilität auf dieser letzteren Ebene auswirkt, und wir stellen fest, dass die Anwendung des Konzepts der Antifragilität Merkmale sichtbar macht, die stark an das erinnern, was wir als natür-

liche Selektion bezeichnen. Vor allem aber: Wenn Antifragilität ein integrierter Prozess ist, der es einzelnen Einheiten ermöglicht, sich in einer Belastungssituation von der Masse abzuheben, und der dadurch das Los der Gesamtheit verbessert, dann würde das die Existenz eines Prozesses belegen, der Information sammelt und auswertet.«

**Steve Jobs:** »Der Tod ist die wundervollste Erfindung des Lebens. Er reinigt das System von alten Modellen, die überflüssig geworden sind.« Beahm (2011).

**Die Schweiz und die Kuckucksuhr:** Orson Welles, *Der dritte Mann*.

**Bruno Leoni:** Ich danke Alberto Mingardi, der mich auf die Idee eines robusten Rechtssystems brachte – und der es mir ermöglichte, im Jahr 2009 in Mailand den Vortrag zu Ehren von Leoni zu halten. Leoni (1957, 1991).

**Great Moderation:** Typisches Truthahn-Problem. Vor dem Chaos, das im Jahr 2008 ausbrach, bezeichnete ein Gentleman namens Benjamin Bernanke, damals Professor in Princeton, später Chef der amerikanischen Notenbank und mächtigster Mann in der Welt der Wirtschaft und Finanzen, die Periode, in der wir uns befanden, als eine Phase der »great moderation« – was es mir nicht gerade erleichterte, mein Argument von der ständig zunehmenden Fragilität vorzubringen. Man könnte genauso gut jemandem, der gerade ein Jahrzehnt in einem keimfreien Raum zugebracht hat, also ausgerechnet in dem Moment, da er am verwundbarsten ist, »exzellente Gesundheit« bescheinigen.

Man beachte, dass das Truthahn-Problem die Weiterentwicklung eines ursprünglichen (Russell'schen) *Huhns* ist (*Der Schwarze Schwan*).

**Rousseau:** *Contrat Social*. Siehe auch Joseph de Maistre, 2007, *Oeuvres*, Paris.

## **Buch II:** Die Moderne und die Verleugnung von Antifragilität

**Stadtstaaten:** Großartige Argumente für eine Entwicklung hin zu halbautonomen Städten: Benjamin Barber, Long Now Foundation-Lecture von 2012; Khanna (2010), Glaeser (2011). Bürgermeister sind besser als Präsidenten, wenn es um Müllbeseitigung geht – und es besteht eine geringere Wahrscheinlichkeit, dass sie uns in einen Krieg manövrieren. Siehe auch Mansel (2012) zur Levante.

**Österreich-Ungarn:** Fejtö (1991). Kontrafaktische Geschichte: Fejtö ist der Meinung, der Erste Weltkrieg hätte vermieden werden können.

**Zufallsgestützte Suchmethoden beim Aufspüren von Ölfeldern:** Menard und Sharman (1976), kontrovers White et al. (1976), Singer et al. (1981).

**Zufallsprinzip bei der Bestimmung von Politikern:** Pluchino et al. (2011).

**Schweiz:** Fossedal und Berkeley (2005).

**Moderner Staat:** Eine Kritik des hypermodernen Staats bei Scott (1998).

**Levantinische Wirtschaftsverhältnisse:** Mansel (2012) über Stadtstaaten. Wirtschaftsgeschichte: Pamuk (2006), Issawi (1966, 1988), von Heyd (1886). Wichtige Erkenntnisse bei Edmond About (About, 1855).

**Stadtstaaten in der Geschichte:** Stasavage (2012) sieht die Idee des oligarchi-

schen Stadtstaats als eines langfristigen Wachstumsmotors (trotz anfänglich hoher Wachstumsrate) kritisch. Der Aufsatz kann allerdings ökonomisch nicht überzeugen, da Fat Tails darin keine Rolle spielen. Hier geht es um Fragilität und Risikomanagement, nicht um kosmetisches Wachstum. Außer Weber und Pirenne sprechen sich De Long und Schleifer (1993) für das Modell aus. Siehe auch Ogilvie (2011).

**Mandeloperationen:** Bakwin (1945), Diskussion bei Freidson (1979); wieder aufgenommen bei Ayanian und Berwick (1991).

**Orlov:** Orlov (2011).

**Naiver Interventionismus in der Entwicklung:** Easterly (2006) spricht ein Grünholzproblem an: »Der Irrtum ist folgender: Weil man in einer Gesellschaft studiert und gelebt hat, die es irgendwie zu Wohlstand und Frieden gebracht hat, hält man sich für klug genug, für andere Gesellschaften Pläne zur Erlangung von Wohlstand und Frieden zu erstellen. Meine Freundin April meinte einmal, das wäre so ähnlich, als würde man annehmen, Rennpferde könnten mit dem Bau von Rennbahnen betraut werden.«

Zur Rolle des Glücks in der Entwicklung: Easterly et al. (1993), Easterly (2001).

**Hungersnot in China:** Meng et al. (2010).

**Tod Washingtons:** Morens (1999); Wallenborn (1997).

**Iatrogenik im Koran:**

وإذا قيل لهم لا تفسدوا في الأرض قالوا إنما نحن مصلحون. إلا أنهم هم المفسدون ولكن لا يعلمون  
وإذا قيل لهم امنوا كما امن الناس قالوا أنؤمن كما امن السفهاء إلا إنهم هم السفهاء ولكن لا يعلمون

**Semmelweis:** Eine der sonderbarsten Bezugnahmen auf den Fall in der Doktorarbeit von Louis-Ferdinand Céline, Nachdruck bei Gallimard (1999); für den Hinweis danke ich Gloria Origi.

**Trügerische Stabilität:** Einige Argumente im siebten Kapitel habe ich zusammen mit Mark Blyth in *Foreign Affairs* entwickelt, Taleb und Blyth (2011).

**Schweden:** »Ökonomische Eliten hatten eine größere Autonomie als in jeder anderen erfolgreichen Demokratie«, Steinmo (2012).

**Straßenverkehr und Abschaffung von Verkehrsschildern:** Vanderbilt (2008).

**Geschichte Chinas:** Eberhard 1980 (Nachdruck 2006).

**Stupser:** Man nennt das den *Status-quo-Bias* (Voreingenommenheit für den Status quo), und es gibt Personen, die dafür votieren, die Regierung solle die Menschen dergestalt manipulieren, dass sie sich daraus befreien. Gar keine schlechte Idee, es sei denn, der »Experte«, der uns einen Schubs gibt, ist kein Experte.

**Prokrastination und Prioritäts-Heuristik:** Brandstätter und Gigerenzer (2006).

**Die Vielschichtigkeit Frankreichs:** Robb (2007). Zur Revolte als französischem Nationalsport siehe Nicolas (2008). Der Nationalstaat in Frankreich zwischen 1680 und 1800: Bell (2001).

**Komplexität:** Mir geht es hier mehr um die Auswirkungen auf Fat Tails als um



andere Merkmale. Siehe Kaufman (1995), Bar-Yam (2001), Miller und Page (2007), Sornette (2004).

**Komplexität und Fat Tails:** Es ist nicht nötig, hier schwere mathematische Geschütze aufzufahren (das verschiebe ich auf den fachwissenschaftlichen Beleitext); einfache, stringente Argumente können mit wenigen Worten belegen, dass Fat Tails durch bestimmte Eigenschaften komplexer Systeme entstehen. Der entscheidende mathematische Effekt rührt daher, dass zufällige Variablen nicht unabhängig sind, wodurch eine Konvergenz mit der Gauß'schen Verteilung verhindert wird.

Schauen wir uns den Effekt aus dynamischem Hedging (Absicherungsgeschäft) und Portfoliorevisionen an.

A – Warum Fat Tails aus Leverage-Effekten und Feedback-Schleifen entstehen, einzelner Akteur, vereinfachter Fall.

A1 (Leverage-Effekt) – Wenn ein Akteur mit einem bestimmten Leverage  $L$  Wertpapiere als Reaktion auf eine Zunahme seines Vermögens kauft (aus der Zunahme des Werts dieser Wertpapiere), und sie als Reaktion auf einen Wertrückgang verkauft, wobei er versucht, eine bestimmte Höhe von Leverage  $L$  beizubehalten (er ist im Hinblick auf die Belastung konkav), und

A2 (Feedback-Effekte) – wenn Wertpapiere im Wert nichtlinear ansteigen als Reaktion auf Ankäufe und als Reaktion auf Verkäufe im Wert fallen, dann ist aufgrund der Verletzung der Unabhängigkeit zwischen den Variationen der Wertpapiere der zentrale Grenzwertsatz nicht länger gültig (keine Konvergenz zur Gauß'schen Verteilung). Fat Tails sind also ein direktes Resultat von Feedback und Leverage, verschärft durch die Konkavität der Leverage  $L$ .

A3 – Wenn Feedback-Effekte konkav zur Größe sind (zehn Einheiten zu verkaufen kostet pro Einheit mehr als der Verkauf von einer Einheit), dann tritt eine negative Schiefe des Wertpapiers und des Vermögensprozesses auf. (Wie beim »Negativen Gamma« der Portfolioversicherung hat der Akteur zwar eine Option zu kaufen, aber nicht zu verkaufen, daher die negative Schiefe. Der erzwungene Verkauf entspricht genau der Kurzsicherung durch einen Leerverkauf.)

*Man beachte die Pfadabhängigkeit, die die Schiefe verstärkt:* Genauer gesagt, wenn sich zuerst das Vermögen vermehrt, verursacht das ein höheres Risiko und eine stärkere Schiefe. Anschließender Druck und erzwungene Verkäufe auf dem Weg nach unten: Der Markt gibt stärker nach (aber weniger häufig), als er auf dem Weg nach oben zugenommen hat.

B – Mehrere Akteure: Wenn mehr als ein Akteur involviert ist, verstärkt sich der Effekt durch dynamische Anpassung (Hedging) von einem Akteur, was die Anpassung eines anderen nach sich zieht, ein Phänomen, das im Allgemeinen als »Contagion« (Dominoeffekt) bezeichnet wird.

C – Man kann den Prozess beliebig verallgemeinern: Auf die Eigenheim-

preise, die infolge von Eigenheimkäufen aufgrund von Überschussliquidität steigen, und so weiter.

Diese allgemeine Idee einer erzwungenen Abwicklung plus der Konkavität der Kosten hat die Überlegenheit derjenigen Systeme zur Folge, die mit verteilter Zufälligkeit arbeiten.

**Die Risikobereitschaft steigt, wenn Zahlen und Formeln zur Verfügung gestellt werden:** Siehe die Literatur zum Thema Verankerung (Übersicht in *Der Schwarze Schwan*). Außerdem Mary Kate Stimmlers Doktorarbeit in Berkeley (2012), freundlicherweise zur Verfügung gestellt von Phil Tetlock. Stimmlers Experiment sieht aus wie folgt. Für den einfachen Fall wurde den Probanden mitgeteilt:

Sie erhalten als Anhaltspunkt folgende Formel, mit der Sie den Gesamtbetrag ( $T$ ) berechnen können, den die Anlage drei Monate nach der Anfangsauszahlung ( $I$ ) bei gegebener Rendite ( $R$ ) erwirtschaftet:

$$T=I \cdot R.$$

Für den komplexen Fall wurde den Probanden mitgeteilt:

Sie erhalten als Anhaltspunkt die folgende Formel, mit der Sie den Gesamtbetrag  $A_n$  berechnen können, den die Anlage drei Monate nach der Anfangsauszahlung  $A_{n-1}$  bei gegebener Rendite  $r$  erwirtschaftet.

$$A_n = A_{n-1} + (n+1) \sum_{j=1}^{n-1} [A_j r_j \frac{j}{n^2 - n + j} - j A_{j-1} r_{j-1} \frac{1}{j + (n-1)^2 + n - 2} + A_j r_{j-1} \frac{1}{j + (n-1)^2 + n - 2}]$$

Unnötig zu sagen, dass die einfache vorgegebene Formel zum selben Ergebnis führt wie die komplexe. Allerdings ließen sich die Probanden mit der komplexen Formel auf größere Risiken ein.

**Der illusionäre Charakter von Wahrscheinlichkeitsberechnungen:** Taxifahrern und Großmüttern leuchtet dieser illusionäre Charakter sofort ein, in den hehren Hallen der Universitäten hingegen verpufft er offenbar. In seinem Buch *The Measure of Reality* (Crosby, 1997) formulierte der Historiker Alfred Crosby die These, was Westeuropa vom Rest der Welt unterscheidet, sei die Besessenheit von Berechnungen und Vermessungen, die Verwandlung des Qualitativen in das Quantitative. (Was nicht ganz stimmt – die Menschen in der Antike waren ebenfalls versessen auf Berechnungen und Messungen, allerdings standen ihnen nicht die arabischen Zahlen zur Verfügung, mit denen kompliziertere Berechnungen angestellt werden konnten.) Crosby zufolge lernten wir, präzise Angaben über die Realität zu machen – und dieser Umstand war der Vorläufer der wissenschaftlichen Revolution. Crosby verweist auf die erste mechanische Uhr (und die damit verbundene Quantifizierung der Zeit), auf Seekarten und auf die Perspektivmalerei (die Quantifizierung

des Raums) sowie auf die doppelte Buchführung (die den Zahlungsverkehr quantifizierte). Die Fixierung auf die Möglichkeiten des Berechnens und Messens setzte an den richtigen Orten ein, drang aber zunehmend in die falschen vor.

Unser Problem ist, dass dieses Messen auch auf Gegenstände mit hohen – teilweise unendlich hohen – Messfehlern übertragen wurde. (Man denke nur an Fukushima.) Irrtümer in Mediokristan sind unwesentlich, diejenigen in Extremistan dagegen folgenschwer. Wenn Berechnungsfehler ungeheuer groß sind, sollten wir nicht mehr von »Berechnung« oder »Messung« sprechen. Natürlich kann ich den Tisch »vermessen«, auf dem ich diesen Text verfasste. Ich kann die Temperatur »messen«. Aber ich kann nicht zukünftige Risiken »messen«. Und ich kann auch keine Wahrscheinlichkeit »messen« – im Unterschied zu diesem Tisch bietet sie sich meiner Prüfung nicht an. Bestenfalls wird man zu einer spekulativen Schätzung dessen kommen, was geschehen *kann*.

Bemerkenswerterweise zieht Hacking (2006) Fat Tails nicht einmal in Erwägung! Dasselbe gilt für Hald (1998, 2003), von Plato (1994), Salsburg (2001) sowie für Stigler (1990), der es eigentlich besser wissen müsste. Ein Buch, das schlechte Risikomodelle propagiert: Bernstein (1996). Daston (1988) stellt eine Beziehung zwischen Wahrscheinlichkeitsberechnung und Aufklärung her.

Die Idee von der Wahrscheinlichkeit als quantitativer, nicht als qualitativer Größe macht uns in der Tat schwer zu schaffen. Und die Vorstellung, Wissenschaft *sei gleichbedeutend* mit fehlerfreiem Messen – was sie zu großen Teilen ja auch ist, aber eben nicht in allem –, verführt uns zu den unterschiedlichsten Fiktionen, Illusionen und Träumen. Eine vortreffliche Darstellung der Beziehung zwischen Wahrscheinlichkeit und Skeptizismus: Franklin (2001). Wenige andere Philosophen gehen zurück auf das eigentliche Problem der Wahrscheinlichkeit.

**Vierter Quadrant:** Siehe die Darstellung im *Schwarzen Schwan* oder den Aufsatz Taleb (1999, auf der Homepage des Verfassers).

**Neues Risikomanagement auf dem Nuklearsektor:** Privates Gespräch, Atlanta, INPO, November 2011.

**Anekdotisches Wissen, Macht des Beweises:** Karl Schluzer teilte mir in einem Leserbrief mit: »Ein alter Lehrer und Kollege empfahl mir (bei einem Glas Bourbon): ›Wenn Sie einem Hund den Kopf abschlagen und er bellt, dann müssen Sie das Experiment nicht wiederholen.« Beispiele dafür lassen sich leicht finden: Kein Anwalt würde ein »N=1«-Argument zur Verteidigung einer Person einsetzen, indem er vorbringt, »er hat nur einmal jemanden umgebracht«; niemand würde einen Flugzeugabsturz als »anekdotisch« bezeichnen.

Ich würde weitergehen und Falsifikation als genau den Fall bezeichnen, in dem N=1 hinreichend ist.

Es gibt Forscher, die empörenderweise ein Ereignis als »anekdotisch« bezeichnen, das eigentlich das genaue Gegenteil ist. Steven Pinker nannte John Grays Hinweis darauf, die beiden Weltkriege seien ein Beweis gegen Pinkers

These vom Rückgang der Gewalt, »anekdotisch«. Ich habe die Erfahrung gemacht, dass Sozialwissenschaftler nur selten wissen, wovon sie reden, wenn sie das Wort »Evidenz« in den Mund nehmen.

### **Buch III: Eine prognosefreie Sicht der Welt**

*Entscheidungstheoretiker, die Praktiker aufklären:* Um das Maß der Kränkungen vollzumachen, arbeiten Entscheidungstheoretiker mit der Vorstellung des »Praktischen«, ein Begriff, der genau das Gegenteil dessen bezeichnet, was er zu bezeichnen vorgibt. Siehe Hammond, Keeney und Raiffa (2001), die uns zu vermitteln versuchen, wie wir Entscheidungen zu treffen haben. Ein Buch, in dem präzise beschrieben wird, wie Praktiker nicht vorgehen, wie allerdings Akademiker glauben, dass sie vorgehen: Schon (1983).

*Die Asymmetrie zwischen gut und schlecht:* *Segnius homines bona quam mala sentiunt* in Livius *Annalen* (XXX, 21).

*Stellenwert der Gefühle bei den Stoikern:* Graver (2007) widerspricht der verbreiteten Annahme, Stoizismus habe etwas damit zu tun, von Gefühlen unbehelligt dahinvegetierendes Gemüse zu werden.

*Kaum nennenswertes Wirtschaftswachstum:* Crafts (1985), Crafts und Harley (1992).

*Ein Techtelmechtel mit dem Rockstar:* Arnqvist und Kirkpatrick (2005), Griffith et al. (2002), Townsend et al. (2010).

*Simenon:* Nicole de Jassy, 1958, »Georges Simenon, profession: rentier.« *Le Soir illustré* Nr. 1333 (9. Januar 1958): 8–9, 12.

*Dalio:* Bridgewater-Associates-Ray-Dalio-Prinzipien.

### **BUCH IV: Optionalität, Technik und die Intelligenz von Antifragilität**

#### **Das Teleologische**

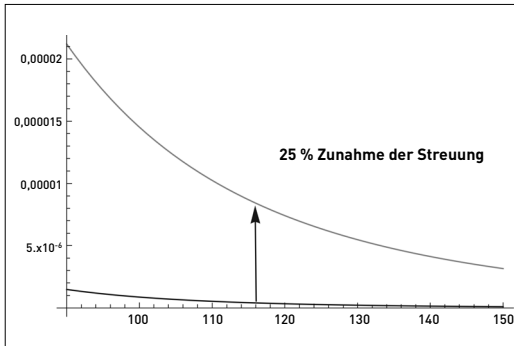
*Aristoteles und sein Einfluss:* Rashed (2007), seines Zeichens sowohl Arabist wie Hellenist.

*Der Adel des Scheiterns:* Morris (1999).

#### **Optionalität**

*Bricolage:* Jacob (1977a, 1977b), Esnault (2001).

*Die Reichen werden reicher:* Das Gesamtvermögen der HNWI (der High Net Worth Individuals – Personen mit hohem Reinvermögen) nimmt zu, siehe dazu die Merrill-Lynch-Daten in dem Artikel »World's wealthiest people now richer than before the credit crunch« (Die reichsten Menschen der Welt sind jetzt noch reicher als vor der Kreditkrise) von Jill Treanor in *The Guardian* im Juni 2012. Folgendes Diagramm zeigt, warum das nichts mit Wirtschaftswachstum und Vermögensbildung zu tun hat.



**Abbildung 39.** Luxusgüter und Optionalität. Auf der Vertikale die Wahrscheinlichkeit, auf der Horizontale das Integral des Wohlstands. Hier herrscht Antifragilität in Reinkultur: Die Auswirkung einer Veränderung bei der sozialen Ungleichheit auf die Superreichen steigt in den Tails nichtlinear an: Das Geld der Superreichen

reagiert stärker auf Ungleichheit als auf das weltweite Gesamtvermögen. Ihr Anteil am Vermögen multipliziert sich nahezu um den Faktor 50 in Reaktion auf eine 25-prozentige Steigerung bei der Streuung des Reichtums. Eine kleine Veränderung von 0,01 beim GINI-Koeffizienten (0 = perfekte Gleichverteilung, 1 = eine Person besitzt alles) ist gleichbedeutend mit einer Erhöhung von 8 Prozent beim Bruttoinlandprodukt – der Effekt hat praktisch keinen Bezug zur Wahrscheinlichkeitsverteilung.

**Kamel in Arabien:** Lindsay (2005).

**Umweg:** Kay (2011).

**Literatur zu Real Options:** Trigeorgis (1993, 1996), Rezension in Dixit und Pindyck (1994), Luehrman (1998), McGrath (1999) – im Mittelpunkt stehen reversible und irreversible Investitionen.

**Translatinaler Abstand:** Wootton (2006); Arikha (2008b); für die Moderne Contopoulos-Ioannidis et al. (2003, 2008), kommentiert bei Brosco und Watts (2007).

**Kritik an Wootton:** Brosco und Watts (2007).

**Epiphänomene und Granger-Kausalität:** Siehe die Zusammenfassung bei Granger (1999).

**Flugunterricht für Vögel:** Ein Vorläufer findet sich bei Erasmus: »Schwimmunterricht für Fische«, *Adages* (2519, III, VI, 19). »*Piscem nature doces* ἰχθὺν νήχεσθαι διδάσκεις, *id est piscem nature doces. Perinde est ac si dicas : Doctum doces. Confine illi, quod alibi retulimus* : Δελφίνα νήχεσθαι διδάσκεις, *id est Delphinum natate doces.*« Der Ausdruck wurde erstmals von Haug und Taleb (2010) geprägt, verfasst im Jahr 2006; darauf greift Triana (2009) zurück. Die Stelle bei Erasmus war uns nicht bekannt, sonst hätten wir sie herangezogen und statt der Vögel Fische als Beispiel genommen.

**Zum Stellenwert von Bildung und ihrer Auswirkung auf Wachstum und Wohlstand:** Pritchett (2001), Wolf (2002), Chang (2012).

**Schumpeters Thesen zur Zerstörung als Mittel des Fortschritts:** Schumpeter (1993 (1942)). Kritik von Wirtschaftswissenschaftlern aus Harvard wegen fehlender theoretischer Unterfütterung bei McCraw (2008).

- Amateure:** Bryson (2011), Kealey (1996).
- Werke von Bachelier, Thorpe und anderen von der Wissenschaft ignoriert:** Haug und Taleb (2010). Diskussion bei Triana (2009, 2011).
- Düsentriebwerk:** Scranton (2006, 2007, 2009), Gibbert und Scranton (2009).
- Aufdeckung der wahren Entstehungsgeschichte der Kybernetik:** Mindell (2002).  
Ich danke David Edgerton für den Hinweis auf Mindells Arbeiten.
- Kathedralen, theoretische und axiomatische Geometrie:** Beaujouan (1973, 1991), Portet (2002). Ball (2008) zur Geschichte des Baus der Kathedrale von Chartres.
- Epistemische Grundlage und Vermengung:** Die epistemische Grundlage ist gewissermaßen das  $x$ , nicht  $f(x)$ . Sehr hilfreich für das Verständnis des Unterschieds zwischen  $x$  und  $f(x)$  ist die Bemerkung von Michael Polanyi:  $f(x)$  – eine Technik – kann man patentieren lassen, aber nicht  $x$  – eine wissenschaftliche Erkenntnis. In Mokyr (2005).
- Epistemische Grundlage:** Mokyr (1990, 2002, 2005, 2009). Das größte Problem bei Mokyr: Er versteht  $\omega_C$  nicht. Außerdem die Vorstellung, der Osten habe kein Verständnis von Versuch und Irrtum (ähnlich das Argument zu China): siehe Tetlock in Tetlock et al. (2009). Mokyr und Meisenzahl setzen einen anderen Akzent: Mikroerfindungen, die in Makroerfindungen münden. Trotzdem intellektuell schwach.
- Techne-Episteme in den Wirtschaftswissenschaften:** Marglin (1996), allerdings reichte die Tradition nicht sehr weit.
- Needhams Arbeiten über China:** Winchester (2008).
- Festanstellung:** »Adam Smith schrieb den Niedergang englischer (im Unterschied zu schottischen) Professoren ihren garantierten Löhnen und unkündbaren Lehrstühlen zu.«
- Fideismus:** Popkin (2003).
- Lineares Modell:** Edgerton (1996a, 1996b, 2004). Edgerton zeigte, dass es sich dabei um eine rückwärts, also an die Vergangenheit angepasste Idee handelte. Edgerton schreibt weiter: »Dieses extrem an universitärer Forschung ausgerichtete Modell der Wissenschaft im 20. Jahrhundert ist umso überraschender im Hinblick auf die lange Tradition, die außer-universitären Ursprünge der modernen Wissenschaft zu unterstreichen [Hervorhebung von mir], vor allem die handwerklichen Traditionen, und das Beharren vieler gerade in den letzten zwanzig Jahren verstärkt auftretenden Ansätze der Wissenschaftsgeschichte auf der Bedeutung industrieller Kontexte für die Entwicklung der Wissenschaft, vom Färben über das Brauen bis zur Maschinenherstellung.«
- Konvexitäts-Bias:** Für Waren- und Finanztermingeschäfte wurde er schon früh entdeckt; Burghardt und Hoskins (1994), Burghardt und Panos (2001), Kirikos und Novak (1997), Piterbarg und Renedo (2004). Viele scheiterten, weil sie den Effekt nicht verstanden.
- Beispiel für Aufdeckung und Abbildung des Konvexitäts-Bias ( $\omega_A$ ) aus meiner Doktorarbeit:** Die Methode besteht darin herauszufinden, inwieweit dynamisches Hedging und dynamische Anpassungen erforderlich sind. Unter de-

nen, die zur Klasse von Wertpapieren gehören, die in Frage kommen und nicht als Optionen im strengen Sinn angesehen werden, andererseits eines dynamischen Hedgings bedürfen, kann eine breite Klasse konvexer Wertpapiere angeführt werden: 1. Langfristige Anleihe mit niedrigem Zins. Man gehe von einem Beispiel diskreter Zeit aus. Man nehme  $B(r, T, C)$ , die Periode, zu der die Schuldverschreibung fällig wird,  $T$ , die einen Zins  $C$  abwirft, wobei  $rt = \int r_s ds$ . Wir haben die Konvexität  $\delta^2 B / \delta r^2$ , die mit  $T$  zu- und mit  $C$  abnimmt. 2. Kontrakte, bei denen die Finanzierung extrem eng mit dem Preis Future korreliert. 3. Derivate mit einem geometrischen Merkmal in der Berechnung. 4. Eine weitgehend vernachlässigte Klasse von Anlagen sind die »quanto-definierten« Kontrakte (bei denen die Auszahlung nicht in der einheimischen Währung des Vertrags erfolgt), wie etwa der japanische NIKKEI Future, bei dem die Auszahlung in US-Währung erfolgt. Kurzum: Während ein in japanischen Yen ausgewiesener NIKKEI-Vertrag linear ist, ist ein Vertrag in US-Dollar nichtlinear und angewiesen auf dynamisches Hedging.

Man nehme zu einem Anfangszeitpunkt  $t_0$  den Endzustand  $V(S, T) = S_T$ , wobei  $T$  der Fälligkeitstermin ist. Eine einfache Sache: Das hier beschriebene Wertpapier ist wahrscheinlich linear, also nichts Ungewöhnliches. Bis hierher taucht scheinbar kein Itô-Term auf. Wenn allerdings eine Zwischenauszahlung erfolgen würde, sodass bei einer Abrechnungsperiode  $i/T$  die Nachschusszahlung als Kassenauszahlung erfolgt, wird es etwas komplizierter. Angenommen,  $\Delta(t_i)$  sind die Veränderungen im Wert des Portfolios über die Periode  $(t_i, t_{i-1})$ ,  $\Delta(t_i) = (V(S, t_i) - V(S, t_{i-1}))$ . Wenn die Variation zum Zeitpunkt  $t_i$  ausgezahlt werden soll, dann müsste der Makler einen Kredit aufnehmen zum Terminkurs zwischen den Zeiträumen  $t_i$  und  $T$ , hier  $r(t_i, T)$ . Diese Finanzierung ist nötig, um  $V(S, T)$  und  $S_T$  im Gegenwartswert vergleichbar zu machen. In der Erwartung müssen wir die Variation abzinsen, wobei wir für die Abrechnungsperiode zwischen  $t_{i-1}$  und  $t_i$  mit der »Forward Cash Flow«-Methode arbeiten. Von Periode  $T$  aus gesehen wird der Wert der Variation  $E_t [\exp[-r(t_i, T)(T-t_i)] \Delta(t_i)]$ , wobei  $E_t$  der Erwartungs-Operator zum Zeitpunkt  $t$  ist (wir gehen von einem risikoneutralen Wahrscheinlichkeitsmaß aus). Daher ergibt sich zur Periode  $T$  aus Periode  $t_0$  gesehen, der erwartete Wert des Stroms zukünftiger Variation als  $E_{t_0} [\sum \exp[-r(t_i, T)(T-t_i)] \Delta(t_i)]$ . Allerdings müssen wir für den gegenwärtigen Zeitpunkt den Zinssatz  $r(T)$  diskontieren. Die vorige Gleichung verändert sich zu  $V(S, T)_{t=t_0} = V[S, t_0] + \exp[r(T)] E_{t_0} [\sum \exp[-r(t_i, T)(T-t_i)] \Delta(t_i)]$ , das sich von  $S_T$  unterscheidet, wenn irgendeiner der Zinssatz-Forwards stochastisch ist. **Resultat** (um den grobschlächtigen Terminus »Theorem« zu vermeiden): *Wenn die Abweichungen der Forward-Diskontsätze  $r(t_i, T)$  und die zugrunde liegende Sicherheit  $S_T$  strikt positiv sind und die Korrelation zwischen den beiden kleiner als 1 ist, dann gilt  $V(S, T)_{t=t_0} \neq S_T$ .* Beweis: Kontrolle der Eigenschaften des Erwartungs-Operators. Daraus folgt:  $F(S, t_0) = F(S, t_0 + \Delta t)$ , während ein nichtlineares Wertpapier lediglich  $E[V(S, t_0)] = E[V(S, t_0 + \Delta t)]$  erfüllt.

**Kritik an Kealey:** Posner (1996).

**Allgemeine Technikgeschichte:** unter Verkenning des Konvexitäts-Bias Basalla (1988), Stokes (1997), Geison (1995).

**Innovationsideen:** Berkun (2007), Latour und Woolgar (1996), Khosla (2009), Johnson (2010).

**Entdeckungen in der Medizin und das Fehlen kausalen Wissens:** Meyers (2007), Li (2006), Le Fanu (2002), Bohuon und Monneret (2009). Le Fanu (2002): »Vielleicht liegt es in der Logik der Sache, dass Ärzte und Wissenschaftler den Verdienst für den Aufstieg der modernen Medizin sich selbst zuschrieben, ohne die Geheimnisse der Medizin anzuerkennen oder überhaupt nur zu bemerken, dass sie eine so wichtige Rolle dabei spielten. Wie kaum anders zu erwarten, entstand bei ihnen der Eindruck, ihr intellektueller Beitrag sei größer, als er es in Wirklichkeit war, und sie verstünden entsprechend mehr, als es tatsächlich der Fall war. Sie gestanden sich die überwältigend erfahrungsbasierte Natur der Innovationen im technischen und Arzneimittelbereich nicht ein, welche spektakuläre Durchbrüche in der Behandlung von Krankheiten ermöglichte, ohne dass ein tieferes Verständnis von Gründen oder naturkundlichen Zusammenhängen nötig gewesen wäre.«

**Konvexität des Handels:** Ausführungen zu den Phöniziern bei Ridley (2011); Aubet (2001).

**Insider aus der Pharmaindustrie:** LaMattina (2009).

**Sich multiplizierende Nebenwirkungen:** Zur Unterschätzung der Wechselwirkungen siehe Tatonetti et al. (2012): Sie untersuchten einfach die Nebenwirkungen bei Personen, die mehrere Medikamente gleichzeitig nehmen, was eine eindeutige Vermehrung der Nebenwirkungen zur Folge hat (Tatonetti und seine Kollegen zeigen, dass der Multiplikationsfaktor bei ungefähr 4 liegt).

**Strategische Planung:** Starbuck et al. (1992, 2008), Abrahamson und Freedman (2007). Letzteres ist eine herrliche Ode auf Unordnung und Durcheinander.

**Unternehmertum:** Elkington und Hartigan (2008).

**Pathologisches Unverständnis für geringe Wahrscheinlichkeiten bei Professoren an der Harvard Business School:** Das ist jetzt keine empirische Feststellung, nur eine Nebenbemerkung zum Amüsement: Wenn Sie nach erläuternden Beispielen suchen für einen Dummkopf, der  $\omega_B$  und  $\omega_C$  übersieht, fangen Sie mit Ihrer Suche grundsätzlich in Harvard an. Froot (2001), Pisano (2006a, 2006b). Froot: »Weil die Manager von Versicherungsgesellschaften Rückversicherungen zu einem Preis einkaufen, der weit über dem angemessenen Preis liegt, müssen sie glauben, dass Risikomanagement den Wert beträchtlich erhöht.« Er glaubt, er wisse, wie hoch der angemessene Preis ist.

**Le Goff:** Le Goff (1991): »*L'un est un professeur, saisi dans son enseignement, entouré d'élèves, assiégé par les bans, où se presse l'auditoire. L'autre est un savant solitaire, dans son cabinet tranquille, à l'aise au milieu de la pièce où se meuvent librement ses pensées. Ici c'est le tumulte des écoles, la poussière des salles, l'indifférence au décor du labeur collectif... Là tout n'est qu'ordre et beauté / Luxe, calme, et volupté.*«

**Martignon:** Geschlechtsspezifische Unterschiede im Gehirn und mögliche Aus-



*wirkungen auf den Mathematikunterricht.* Wissenschaftliche Hausarbeit zur Ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Realschulen nach der RPO I v. 16.12.1999. Vorgelegt von Birgit Ulmer. Erste Staatsprüfung im Anschluss an das Wintersemester 2004/05, Pädagogische Hochschule Ludwigsburg. Studienfach: Mathematik. Dozenten: Prof. Dr. Laura Martignon, Prof. Dr. Otto Ungerer.

**Renan:** Renan, Ernest, 1852, *Averroes Et L'Averroisme: Essai Historique.* Whitefish, 323.

**Sokrates:** Konversation mit Mark Vernon (Vernon, 2009), der die Auffassung vertritt, Sokrates habe mit Fat Tony sehr viel gemein. Einen wichtigen Kontext bietet Waterfield (2009). Calder et al. (2002) liefert mehr oder weniger hagiographische Porträts.

**Sokratische Täuschung:** Geach (1966).

**Episteme – Techne:** Alexander von Aphrodisias, *Über die Metaphysik des Aristoteles, Über die Analytica Priora des Aristoteles* 1.1–7, *Über die Topik des Aristoteles* 1, *Quaestiones* 2.16–3.15.

**Stillschweigendes (Implizites) vs. Explizites Wissen:** Collins (2010), Polanyi (1958), Mitchell (2006).

**Tabelle 13 – Praktisches Wissen (Know-how) im Unterschied zu theoretischem Wissen (Know-what) und ihre Geschwister**

TYP 1	TYP 2
Know-what	Know-how
Explizit	Implizit, stillschweigend
Demonstratives Wissen	Nichtdemonstratives Wissen
Episteme	Techne
Erkenntnisgestütztes Wissen	Erfahrungsbezogenes Wissen
Propositionales Wissen	Heuristik
Literal	Figurativ
Zielorientiertes Handeln	Bricolage, Tüfteln
Rationalismus	Empirismus
Gelehrsamkeit	Praxis
Mathematik	Ingenieurwissenschaften
Induktives Wissen, Anwendung der aristotelischen teleologischen Prinzipien	Epilogismus (Menodotos von Nikomedeia und die Schule der empirischen Medizin)

TYP 1	TYP 2
Ursachenorientierte Geschichtsschreibung	<i>Historia a sensate cognitio</i>
Diagnostisch	<i>Autopsia</i>
Buchstabe des Gesetzes	Geist des Gesetzes
Ideen	Sitten und Gebräuche
Ludische Wahrscheinlichkeit, Statistik-Lehrbücher	Ökologische Ungewissheit, nicht in Lehrbüchern abhandelbar
Logos	Mythos
Kerygma (der auslegbare, lehrbare Teil der Religion)	Dogma (im religiösen Sinn: das Unerklärbare)
Exoterische Theologie (Averroës und Spinoza)	Esoterische Theologie (Averroës und Spinoza)

Sämtliche Begriffe in der linken Spalte hängen offenbar zusammen. Man kann leicht erkennen, wie *Rationalismus*, *explizit* und *literal* zueinanderpassen. Die Begriffe rechts hingegen scheinen logisch nicht verbunden zu sein. Was haben *Sitten und Gebräuche*, *Bricolage*, *Mythen*, *Know-how* und *figurativ* miteinander zu tun? Wie sieht die Beziehung zwischen religiösem Dogma und Tüfteln aus? Es gibt *etwas*, aber ich kann es nicht in komprimierter Form zum Ausdruck bringen – es handelt sich um eine Familienähnlichkeit im Sinne Wittgensteins.

**Lévi-Strauss:** Lévi-Strauss (2012 (1962)) zu anderen Formen der Intelligenz. Allerdings scheint er in Gesprächen, die in den 1980er Jahren aufgezeichnet wurden (Charbonnier, 2010), die Meinung zu vertreten, dass uns die Wissenschaft eines Tages erlauben wird, mit hinreichender Präzision Vorhersagen zu treffen, »wenn uns nur erst die Theorie der Dinge zur Verfügung steht«. Wilcken (2010) zur Biographie. Siehe außerdem zu einem ähnlichen Problem aus soziologischer Perspektive Bourdieu (2009 (1972)).

**Evolutionäre Heuristiken:** So zentral das Thema auch ist – ich muss es trotzdem hier verstecken. Eine Zusammenfassung dessen, was sich in der Literatur dazu findet, und den Ideen dieses Buches: Eine evolutionäre Heuristik bei einer bestimmten Tätigkeit weist folgende Eigenschaften auf: a) Man wendet sie nicht bewusst an; b) sie wurde seit sehr langer Zeit in genau derselben oder einer sehr ähnlichen Umgebung angewandt, von Generationen von Praktikern, und zeugt von einer gewissen evolutionären, kollektiven Weisheit; c) sie bleibt vom Agency-Problem unberührt; diejenigen, die damit arbeiten, haben überlebt (davon ausgeschlossen: ärztliche Heuristiken; der Patient hat möglicherweise nicht überlebt, profitiert haben die kollektiven – von der Gesellschaft verwen-

deten – Heuristiken); d) sie ersetzt komplexe Probleme, die nur mathematisch gelöst werden können; e) man kann sie sich nur durch Üben und Nachahmen aneignen; f) mit einem Computer geht immer alles besser, da man besser am Computer zurechtkommt als im wirklichen Leben. Aber aus irgendeinem Grund geht es mit diesen Heuristiken, die nur das zweitbeste Instrument sind, dann doch besser als mit dem, das am besten zu sein scheint; g) der Bereich, für den eine solche Heuristik entwickelt wurde, liefert umgehendes Feedback in dem Sinn, dass diejenigen, die Fehler machen, bestraft werden und keine lange Verweildauer haben. Schließlich können diese Heuristiken, wie die Psychologen Kahneman und Tversky gezeigt haben, außerhalb ihrer Entstehungsbereiche entsetzlich schiefgehen.

**Argumentation und das Grünholzproblem:** In Mercier und Sperber (2011). Die postsokratische Vorstellung des logischen Denkens als einem Instrument bei der Wahrheitsuche wurde in jüngerer Zeit noch weiter demontiert – zwar hat es den Anschein, als sei die sokratische Diskussionsmethode nützlich, doch sie ist es nur in dialogischer Form. Mercier und Sperber haben die Vorstellung widerlegt, dass wir logisches Denken zur Wahrheitsfindung einsetzen. In einer bemerkenswerten Studie wiesen sie nach, dass der Zweck von Argumenten nicht darin besteht, Entscheidungen zu fällen, sondern andere zu überzeugen – Entscheidungen, auf die wir durch logisches Denken kommen, sind mit großen Verzerrungen belastet. Mercier und Sperber belegten ihre These experimentell, sie lieferten Beweise dafür, dass es Individuen in einem sozialen Kontext besser gelingt, Argumente zu formulieren, als wenn sie allein auf sich gestellt sind.

**Aufklärungskritik:** Siehe die Überblicke bei Sternhell (2010), McMahon (2001), Delon (1997). Horkheimer und Adorno liefern eine bestechende Kritik der Verschleierungstaktiken und Dummkopf-Fallen in den zentralen Ideen der Moderne. Und nicht zu vergessen die Arbeiten von John Gray, vor allem Gray (1998 und *Von Menschen und anderen Tieren* (2010)).

**Wittgenstein und stillschweigendes Wissen:** Pears (2006).

**Zu Joseph de Maistre:** Compagnon (2005).

**Ökologische, Übermutti-inkompatible Wirtschaftswissenschaften:** Smith (2008), außerdem die zusammen mit Kahneman gehaltene Rede aus Anlass der Verleihung des Nobelpreises. Auf Gigerenzer komme ich später zu sprechen.

**Weisheit der Jahrhunderte:** Oakeshott (1966, 1975, 1991). Oakeshotts Konservatismus vertrug sich wohlgemerkt durchaus mit der Anerkennung der Notwendigkeit eines gewissen Wandels. Meiner Meinung nach stellte er sich einen organischen, keinen rationalistischen Wandel vor.

## **BUCH V:** Das Nichtlineare und das Nichtlineare

Formaler ausgedrückt, und um die graphische Darstellung zu vervollständigen (aus Taleb und Douady, 2012): Die **lokale Fragilität** einer Zufallsvariablen, die von einem Parameter  $\lambda$  abhängt, bei einem Stresslevel  $K$  und einem Semi-Ab-

weichungs-Level  $s^-(\lambda)$  mit Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion (WDF)  $f_\lambda$  ist ihre **K-links-tailed, semi-vega Sensitivität**. («vega» bedeutet: sensitiv in Bezug auf ein bestimmtes Ausmaß an Volatilität),  $V(X, f_\lambda, K, s^-)$  auf  $s^-$ , die mittlere absolute Semi-Abweichung bis  $\Omega$ , hier  $s^-(\lambda) = \int_{-\infty}^{\Omega} (\Omega - x) f_\lambda(x) dx$ ,  $\xi(K, s^-) = \int_{-\infty}^K (\Omega - x) f_{\lambda(s^-)}(x) dx$ ,  $V(X, f_\lambda, K, s^-) = \frac{\partial \xi}{\partial s^-}(K, s^-)$ . Die **übernommene Fragilität** von  $Y$  hinsichtlich  $X$  bei einem Stresslevel  $L = \varphi(K)$  und Links-Semi-Abweichungs-Level  $X$ ,  $s^-(\lambda)$  von  $X$  ist die partielle Ableitung  $V_{\lambda(Y, g_\lambda, L, s^-(\lambda))} = \frac{\partial \xi}{\partial \lambda}(L, u^-(\lambda))$ . Man beachte: Stresslevel und WDF sind für die Variable  $Y$  definiert, doch der Parameter, der für die Differenzialrechnung benutzt wird, ist die links-semi-absolute Abweichung von  $X$ ; für Antifragilität der Flip oberhalb von  $\Omega$ , zuzüglich zur Robustheit unterhalb desselben Stresslevels  $K$ . Die **Transfer-Theoreme** beziehen die Fragilität von  $Y$  auf die partielle Ableitung  $\varphi(K)$  und zeigen die Auswirkung konvexer (konkaver oder gemischt nichtlinearer) Transformationen auf die Tails anhand der **Transfer-Funktion**  $H^K$ . Für das Antifragile setze man  $s^+$  ein, das Integral oberhalb von  $K$ .

**Fragilität hat nichts mit Psychologie zu tun:** Wir gehen aus von der Definition von Fragilität als Tail-Vega-Anfälligkeit und landen bei Nichtlinearität als notwendiger Eigenschaft der Quelle solcher Fragilität im ererbten Fall – ein Auslöser der Krankheit, nicht die Krankheit selbst. Trotzdem gibt es eine lange Liste mit von Wirtschaftswissenschaftlern und Entscheidungstheoretikern verfassten Titeln, die das Phänomen Risiko psychologischen Präferenzen zuordnen – historisch wurde Risiko in Abhängigkeit von der Risikoverision beschrieben, als Resultat der Struktur von Entscheidungen unter ungewissen Bedingungen mit einer Konkavität hinsichtlich des wirren Konzepts des »Nutzens« des Ergebnisses; siehe Pratt (1964), Arrow (1965), Rothschild und Stiglitz (1970, 1971). Aber dieser ganze »Nutzen«-Kontext hatte noch nie etwas anderes zur Folge als einen Zirkelschluss, den Machina und Rothschild (2008) in die Worte fassten: »Risiko ist etwas, das Menschen mit Risikoaversion nicht mögen.« Risiko auf eine Aversion gegen die Konkavität von Entscheidungen zu reduzieren, ist in der Tat ein recht mageres Resultat.

**Die Porzellantasse und ihre Konkavität:** Eine Kaffeetasse, ein Haus, eine Brücke haben selbstverständlich keine psychologischen Präferenzen, stellen keine subjektiven Nützlichkeitsabwägungen an und so weiter. Dennoch sind sie alle konkav hinsichtlich ihrer Reaktion auf Schädigungen: Geht man von  $z$  als einem bestimmten Stresslevel aus und nimmt  $\Pi(z)$  als Schadensfunktion, dann muss man lediglich nachvollziehen, dass für  $n > 1$  gilt:  $\Pi(nz) < n \Pi(z)$  für sämtliche  $0 < n z < Z^*$ , wobei  $Z^*$  das (nicht notwendigerweise spezifizierte) Level darstellt, bei dem der Gegenstand zu Bruch geht. Eine derartige Ungleichung hat zur Folge, dass die zweite Ableitung von  $\Pi(z)$  am Anfangswert  $z$  negativ ist. Wenn also eine Kaffeetasse weniger dadurch beschädigt wird, dass sie  $n$ -mal einem Stressor der Intensität  $Z$ , als einmal einem Stressor der Intensität  $nZ$ , ausgesetzt ist, dann muss die Schädigung (als eine negative Funktion) konkav im Verhältnis zu Stressoren sein, und zwar bis zum Bruchpunkt; eine solche Einschränkung ist durch die Struktur von Überle-

benswahrscheinlichkeiten und die Verteilung schädlicher Ereignisse vorgegeben, sie hat nichts mit subjektivem Nutzen oder anderen Hirngespinnsten zu tun.

**Positive Skalierung, Konvexität von Städten:** Bettencourt und West (2010, 2011), West (2011). Städte sind, ebenso wie Tiere, dreidimensional, und diese vorteilhaften Nichtlinearitäten entsprechen Effektivitäten. Man verliere allerdings nie den Straßenverkehr aus den Augen!

»*Mehr ist anders*«: Anderson (1972).

**Unterschiedliche Fragilität von Tieren:** Diamond (1988).

**Flyvbjerg und Kollegen zum Thema Terminverschiebungen:** Flyvbjerg (2009), Flyvbjerg und Buzier (2011).

**Small is beautiful, die romantischen Sichtweisen:** Dahl und Tufte (1973); Schumacher (2001 (1973)), der die Wendung prägte. Kohr (2002 (1957)) mit der ersten Streitschrift gegen die Größe von Regierungen.

**Größe der Regierung:** Ich habe zu diesem Thema keine Veröffentlichungen gefunden, die Konvexitätseffekte mit berücksichtigen, nicht einmal bei Libertären – man nehme nur Kahn (2011).

**Kleinstaaten funktionieren besser:** Die Forschungstradition zur Regierungsform von Stadtstaaten ist lang. Es hat ganz den Anschein, als lasse sich das, was wir als politische Systeme interpretieren, von der Größe ableiten. Belege bei Easterly und Kraay (2000).

**Das Zeitalter zunehmender Fragilität:** Zajdenwebber, siehe auch die Diskussion im *Schwarzen Schwan*. Kürzlich überarbeitete Zahlen in *The Economist*, »Counting the Cost of Calamities«, 14. Januar 2012.

**Konvexitätseffekt auf den Mittelwert:** Jensen (1906), Van Zwet (1964). Jensen behandelt monotone Funktionen, Van Zwet konkav-konvexe und andere Mischformen – aber es bleibt bei einfachen Nichtlinearitäten. Eine Anwendung auf alle Formen lokaler Nichtlinearitäten bei Taleb und Douady (2012).

**Empirischer Befund bei Vergrößerungen:** Zu Fusionen und zur Hybrishypothese: Roll (1986); später Cartwright und Schoenberg (2006).

**Schulden in der Antike:** Babylonische Ablassjahre: Hudson et al. (2002). Athens, Harrison (1998), Finley (1953). Geschichte der Schulden: Barty-King (1997), Muldrew (1993), Graeber (2012). Letzterer mit dem Blick des Anarchisten: Er geht davon aus, dass es Schulden schon vor der Existenz des Tauschhandels gegeben hat.

**Lebensmittel-Netzwerke:** Dunne et al. (2002), Petchey und Dunne (2012), Valdivinos und Ramos-Jiliberto (2010). Fragilität und Ressourcen, Nasr (2008, 2009).

**Fannie Mae:** Sie waren quer durch alle denkbaren Variablen hindurch konkav. Jemand aus der Obama-Kommission, der die Ursache der Krise analysieren sollte und für den Wahrscheinlichkeit und Nichtlinearität offensichtlich eine größere intellektuelle Herausforderung darstellten, verbreitete das Gerücht, ich hätte lediglich das Zinsrisiko bei Fannie Mae entdeckt: Das ist nicht korrekt.

**Ausführungskosten:** »Preisauswirkungen«, das heißt Ausführungskosten steigen mit der Größe an; sie folgen tendenziell der Quadratwurzel – der Gesamtpreis ist also konvex und nimmt mit einem Exponenten von 3/2 zu (die Kosten sind demzufolge konkav). Das Problem ist allerdings, dass bei großen Abweichungen wie im Fall der Société Générale die Dinge sehr viel schlechter aussehen; Transaktionskosten beschleunigen sich in einer immer unpräziseren Art und Weise – all diese Aufsätze zum Thema Preisauswirkung aus der neueren Forschungstradition helfen einem nicht weiter. Bemerkenswerterweise stieß Bent Flyvbjerg auf einen ähnlichen Effekt, der allerdings insgesamt etwas weniger konkav war, beim Brücken- und Tunnelbau mit einem proportionalen Kostenzuwachs in der Größenordnung von  $10 \log[x]$ .

**Theoretische Unterfütterung der These »Small is beautiful«:** Um zu erklären, inwiefern Stadtstaaten, kleine Unternehmen und Ähnliches robuster auf schädigende Ereignisse reagieren, nehme man  $X$ , eine Zufallsvariable für eine »nicht vorhergesehene Belastung«, die Quelle der Ungewissheit (für die Société Générale war es die übersehene Wertpapierposition, für ein Unternehmen könnte es ein akuter Engpass bei einem bestimmten Lagerbestand sein und so weiter). Angenommen, die Größe dieses nicht vorhergesehenen Schadens ist proportional zur Größe der Einheit – denn kleinere Unternehmen tätigen kleinere Transaktionen als größere. Wir verwenden als Wahrscheinlichkeitsverteilung die Variable aller nicht vorhergesehenen Belastungen  $\sum X_i$ , wobei  $X_i$  unabhängige Zufallsvariablen sind, schlicht skaliert als  $X_i = X/N$ . Mit  $k$  als Tail-Amplitude und  $\alpha$  als Tail-Exponent ergibt sich:  $\pi(k, \alpha, X) = \alpha k^\alpha x^{-1-\alpha}$ . Die  $N$ -fach gefaltete Pareto-Verteilung für die nicht vorhergesehene Gesamt-Position  $N \sum X_i$ :  $\pi(k/N, \alpha, X)_N$ , wobei  $N$  die Anzahl der Faltungen für die Verteilung ist. Der Mittelwert der Verteilung, unabhängig von  $N$ , ist  $\alpha(k/\alpha - 1)$ .

**Verluste aus Engpässen und Überläufen:** Für die Verlustfunktion verwende man  $C[X] = -b X^\beta$ , wobei die Schadenskosten eine konkave Funktion von  $X$  sind. Man beachte, dass für kleine Abweichungen  $\beta = 3/2$  in der Mikrostruktur und der Durchführungsliteratur gilt.

**Hierdurch entstandene Wahrscheinlichkeitsverteilung der Schädigung:** Da wir an der Verteilung von  $y$  interessiert sind, nehmen wir eine Transformation der stochastischen Variable vor. Die Schädigung  $y = C[X]$  hat als Verteilung:  $\pi[C^{-1}[x]]/C'[C^{-1}[x]]$ . Man beachte, dass daraus eine Pareto-Verteilung folgt mit einer Tail-Amplitude  $k^\beta$  und einem Tail-Exponenten  $\alpha/\beta$ ,  $L_1(y) = \frac{\alpha}{\beta} K^{\alpha} y^{-1-\alpha/\beta}$ , mit einem Mittelwert  $\frac{k^\beta \alpha}{\alpha - \beta}$ . Und nun die Summe: Für die Faltung von  $N$  Einheiten wird die asymptotische Verteilung  $L_N(y) = N \left( \frac{K}{\beta} \right)^{\alpha} y^{-1-\alpha/\beta}$  mit dem Mittelwert (aufgrund von Additivität) als Funktion von Variablen, in denen  $N$  vorkommt:  $M(\alpha, \beta, k, N) = \frac{N \binom{k}{\alpha} \alpha}{\alpha - \beta}$ . Wenn wir das Verhältnis erwarteter Verluste in den Tails für  $N=1$  bis  $N=10$  mit unterschiedlichen Werten des Verhältnisses von  $\beta$  über  $\alpha$  analysieren, zeigt das Verhältnis des Erwartungswertes bei einer Einheit im Vergleich zum Erwartungswert bei zehn Einheiten  $\frac{M(\alpha = 3, \beta / \alpha, k, N = 1)}{M(\alpha = 3, \beta / \alpha, k, N = 10)}$  den »Small is beautiful«-Effekt durch sämtliche Ebenen der Konkavität hindurch.

## **Buch VI: Via Negativa**

### **Subtraktives Wissen**

**Landkarten:** Einer meiner Leser, Jean Louis, seines Zeichens Hersteller von Landkarten, schreibt mir: »Als Kartenzeichner lernte ich vor langer Zeit, dass der Schlüssel zum Erstellen guter Karten genau darin besteht, Informationen wegzulassen. Viele Kunden habe ich darauf hingewiesen, dass eine Karte eher verwirrt, wenn sie zu genau ist.«

**Imam Ali:** Nahj-el-Balagha, Brief 31.

**Der mosaische Gott ist nicht antifragil:** Denn Gott – der abrahamitisch-mosaische Gott (der Juden, Christen und Muslime) – ist der Inbegriff absoluter Robustheit und Unfehlbarkeit. Es ist wichtig zu sehen, dass entgegen einer ersten spontanen Annahme die Quintessenz der Vollkommenheit Robustheit ist und nicht Antifragilität. Mir wurde immer wieder gesagt, der (levantinische) Gott müsse in die Kategorie »Antifragil« eingeordnet werden. Das aber wäre nicht im Sinne der im östlichen Mittelmeerraum entstandenen Religionen. Antifragilität als Eigenschaft einer Gottheit lässt sich möglicherweise auf Götter der babylonischen, griechischen, syrischen und ägyptischen Mythologie übertragen. Die levantinische monotheistische Theologie jedoch, angefangen beim alten semitischen El (oder Al) bis hin zum modernen Allah oder in geringerem Maß dem, was Menschen im Bibelgürtel »the Lord« nennen, von der Genesis bis zum Koran, entwickelte die Definition eines immer abstrakter werdenden Gottes – was die größte Nähe zur Definition von Robustheit hat. Der monotheistische Gott ist selbstverständlich keineswegs fragil, aber antifragil ist er auch nicht. Per definitionem, aufgrund seiner äußersten Abstraktheit, ist er das, was nicht besser werden kann – schließlich macht genau das Perfektion aus –; lediglich die unvollkommenen Sterblichen können sich vervollkommen und brauchen allein schon aus diesem Grund Antifragilität. Im Koran ist eine der Eigenschaften Gottes *Smd*, ein Wort, das nicht einmal im Arabischen eine Entsprechung hat und nicht übersetzbar ist; seine Bedeutung kann lediglich durch Wiederholung partieller Beschreibungen vermittelt werden. *Smd* ist etwas, das einen solchen Grad an Vollständigkeit erreicht hat, dass es nicht von äußeren Umständen, von irgendjemandem oder irgendetwas, abhängig ist; ein Bollwerk gegen jeden möglichen Angriff; Er transzendiert sogar noch die Idee der Zeit. Auch in anderen levantinischen Denksystemen findet sich diese Vorstellung. Die orthodoxe Theologie sucht mittels der *theosis* die Vereinigung mit Gott, sie strebt einen Zustand der Vollständigkeit, das heißt absoluter Unabhängigkeit, an.

**Religiöse Verbote:** Fourest und Venner (2010) haben eine Liste quer durch alle religiösen Überzeugungen hindurch zusammengestellt.

**Steve Jobs:** Beahm (2011).

**Gladwell:** »Wenn Sie sämtliche Krankenhausrechnungen für die zehn Jahre zusammenzählen, die er auf der Straße verbracht hat, die Behandlungen seiner Drogensucht, die Arztkosten und andere Ausgaben, beläuft sich Murray Barrs

Rechnung für ärztliche Behandlungen wohl auf einen Betrag, an den niemand sonst im Staat Nevada herankommt. ›Es hat uns eine Million Dollar gekostet, wegen Murray nichts zu unternehmen‹, sagte O'Bryan.« Gladwell (2010).

**Falsifikation und Induktionsprobleme:** Siehe die Hinweise im *Schwarzen Schwan Rauchen, Auswirkung auf Gesamtverfassung:* Burch (2009).

**Fraktalität:** Mandelbrot (1991).

**Edgerton zur Macht des Bewährten:** Edgerton (2007).

### **Weniger ist mehr in der Entscheidungstheorie**

**Einfachheit und Steve Jobs:** »Das war eines meiner Mantras: Fokussierung und Einfachheit. Das Einfache ist unter Umständen schwerer als das Komplexe: Man muss hart arbeiten, um das Denken so zu reinigen, dass es einfach wird. Aber letzten Endes ist es das wert, denn ist man erst dort angelangt, kann man Berge versetzen.« *BusinessWeek*, 25. Mai 1998.

**Heuristiken als mächtige – und notwendige – Abkürzungen:** Gigerenzer und Brighton (2009) widerlegen folgenden Mythos, der im *Egoistischen Gen* von Richard Dawkins ausformuliert ist; dort liest man Folgendes über das Vorgehen eines Feldspielers, wenn er einen Ball fängt: »Er geht vor, als hätte er eine Reihe von Differentialgleichungen gelöst, um die Flugbahn des Balls vorherzusagen. [...] Auf einer unbewussten Ebene läuft etwas funktional Ähnliches wie in den mathematischen Berechnungen ab.«

Das stimmt nicht ganz, Professor Dawkins. Gerd Gigerenzer et al. widersprechen: Der Prozess sieht ganz anders aus. Sie schreiben:

Experimente haben gezeigt, dass Spieler mit mehreren Heuristiken arbeiten. Die Blick-Heuristik ist die einfachste und setzt ein, wenn der Ball sich bereits hoch in der Luft befindet: Man fixiere den Ball mit den Augen, fange an zu laufen und passe die Laufgeschwindigkeit so an, dass der Blickwinkel konstant bleibt. Ein Spieler, der mit der Blick-Heuristik arbeitet, kann sämtliche kausalen Variablen, die nötig sind, um die Flugbahn des Balls zu berechnen, außer Acht lassen – Distanz zu Beginn, Geschwindigkeit, Winkel, Luftwiderstand, Gegenwindgeschwindigkeit, Richtung, aus der der Wind kommt, Ball-Spin und andere. Indem er sich nur auf eine Variable konzentriert, wird der Spieler genau dort ankommen, wo auch der Ball landen wird, ohne dass er den genauen Punkt berechnet.

Dieselbe Heuristik verwenden Tiere, wenn sie Beute fangen und potentielle Partner auswählen. Beim Verfolgen und Fangen von Beutetieren behalten Fledermäuse, Vögel und Libellen einen konstanten Gesichtswinkel zwischen sich selbst und ihrer Beute bei, genau wie Hunde, wenn sie nach einem Frisbee jagen.

### **Weitere Beispiele:**

Bei der Partnersuche verwendet die Pfauenhenne eine Heuristik: Anstatt sämtliche balzenden Pfaue in Augenschein zu nehmen, die sich um ihre Aufmerk-



samkeit bemühen, oder sämtliche männlichen Eigenschaften zu gewichten und zu addieren, um zu berechnen, welches der Männchen das nützlichste ist, schaut sie sich lediglich drei oder vier näher an und entscheidet sich für dasjenige mit der größten Augenzahl.

Genau wie bei den Menschen.

Um die Dimension einer Nesthöhlung zu ermitteln, etwa eine enge Felsspalte, hat eine Ameise keinen Zollstock, sondern eine Faustregel: Man bewege sich in der Höhlung eine bestimmte Zeit lang auf einem Weg, hinterlasse eine Pheromonspur und entferne sich anschließend. Man kehre zurück, bewege sich auf einem anderen Weg und schätze die Größe der Spalte aufgrund der Häufigkeit ab, wie oft man auf die alte Spur trifft. Diese Heuristik ist bemerkenswert präzise.

**Weitere Beispiele:** Czerlinski et al. (1999), Goldstein und Gigerenzer (1999), Gigerenzer (2008).

**Makridakis, Prognosen, weniger ist mehr:** Makridakis et al. (1982, 1993), Makridakis und Hibon (2000), Makridakis und Taleb (2009).

**Heuristik zur Risikomessung:** Taleb et al. (2012) – mit IWF-Mitarbeitern.

### ***Lindy-Effekt und verwandte Themen***

Der Lindy-Effekt wurde in Mandelbrot (1997) dargestellt. Ursprünglich wendete Mandelbrot ihn auf das Schaffen eines Künstlers an, wobei der Effekt natürlich durch die Lebenszeit des Künstlers begrenzt wird. In unseren Gesprächen gegen Ende seines Lebens schlug ich Mandelbrot die Grenze vergänglich/unvergänglich vor, und er stimmte zu, dass das Unvergängliche nach dem Potenzgesetz verteilt ist, während für das Vergängliche (Lindys ursprüngliches Beispiel) gelte, dass es lediglich eine Metapher darstelle. Abhängig davon, ob wir für Wissen den Anfangszeitpunkt bestimmen, bleibt die restliche Lebenszeit für den Exponenten konstant, unabhängig vom zukünftigen Zustand, denn das Potenzgesetz nimmt mit der Zeit seit dem Anfangszeitpunkt mit einem Faktor von  $(\alpha/1-\alpha)$  zu, wobei  $\alpha$  der Tail-Exponent ist; bei Gauß'scher oder halb-Gauß'scher Verteilung nimmt es ab.

**Gott:** Gott (1993, 1994) formulierte die kopernikanische Idee, arbeitete allerdings die Wahrscheinlichkeit nicht sorgfältig heraus; später ergänzt durch Cavas (2000). Siehe die Diskussion in Rees (2003), eine Analyse der Paradoxie in Bostrom (2002).

**Beiträge zu Lebenszeit und Verteilungseigenschaften:** Häufig werden Potenzgesetze aufgrund des Fehlens von Daten in den Tails mit exponentiellen Verteilungen verwechselt. Ich gehe a priori davon aus, dass eine exponentielle Funktion sehr wahrscheinlich eine Potenzfunktion ist, allerdings nicht umgekehrt, denn der Irrtum in der Gegenrichtung ist sehr viel unwahrscheinlicher. Pigoletti et al. (2005). Im Zusammenhang mit Imperien siehe Arbesman (2011),

Khmaladze et al. (2007, 2010), Taagepera (1978). Zur Entwicklung von Unternehmen: Fujiwara (2004). Außerdem Turchin (2003, 2009).

**Bedingt erwartete Lebenszeit:** Sornette und Knopoff (1997). Sie zeigen, dass es paradoxerweise umso länger dauern kann, bis ein Erdbeben eintritt, je länger man darauf wartet.

### **Weitere Neomaniephänomene**

**Le Corbusier:** Christopher Caldwell, »Revolting High Rises«, *New York Times*, 27. November 2005.

**Cairns und die alten Maßeinheiten:** Cairns (2007). Yoav Brand machte mich mit dem Werk von Cairns bekannt und schenkte mir nach einer Lesung freundlicherweise sein Buch.

**Nichtteleologisches Design:** Wie Gebäude mutieren und sich verändern: Brand (1995).

**Der Hund:** *Moral*, ii. 11; 1208 b 11. »Man erzählt auch, ein Hund habe immer auf demselben Ziegelstein geschlafen, und als man den Empedokles fragte, warum denn der Hund auf demselben Ziegelstein schlafe, habe dieser geantwortet: Weil der Hund etwas hat, was dem Ziegelstein gleich ist – wobei er annahm, dass der Hund auf Grund einer Gleichheit (zu dem Stein) hinging.«

### **Allgemeine und philosophische Erörterungen zum Thema Medizin**

**Medicina soror philosophiae:** Fundierte Darstellungen der Geschichte der Medizin: Mudry (2006), Pigeaud (2006); Canguilhem (1974) mit einer Diskussion iatrogener Effekte. Zum Geist der Zunft: Payer (1994), Bates (1995).

**Islamische Heilkunst:** Pormann und Savage-Smith (2007), Djebbar (2001).

**De motu animali und Versuche, die Medizin zu mathematisieren:** In Wear (1995). Es sei noch einmal unterstrichen: Mathematik ist gut, falsche Mathematik ist nicht gut.

**Heilkunst in der Antike:** Edelstein (1987), Longrigg (1998). Vivian Nuttons *Ancient Medicine* ist informativ, bietet jedoch fast nichts zu den Empiristen und abgesehen von einigen wenigen Standardpraktiken kaum etwas über die damaligen Behandlungsmethoden; Nutton (2004). Mehr dazu (zu den Skeptikern und Methodikern) in dem monumentalen Werk von Zeller (1883) oder, noch besser, in dem überragenden *Les Sceptiques Grecs* von Brochard (1887).

**Orangen:** Im heutigen Griechisch heißen sie *portokali*, eine verderbte Form von »Portugiesisch« – noch weiter verderbt im levantinischen Arabisch zu *burduqan*, unter dieser Bezeichnung tauchen sie auch in sizilianischen Dialekten auf.

**Medizinische Heuristiken:** Palmieri (2003).

**Mittelalter und Renaissance:** French (2003).

**Allgemeine Geschichte:** Conrad et al. (1995), Porter (2003, 2006), Meslin et al. (2006), Kennedy (2004).

**Iatrogenik:** Sharpe und Faden (1998), die umfassendste Darstellung; Illich (1987) gab den ersten Anstoß; Hadler (2009) zum Thema Rücken, Duffin (1999), Welch et al. (2011) zum Phänomen der Überdiagnosen (allerdings nichts zu Geräusch/Signal und Filterungsmechanismen), Lebrun (1995).

**Agency und Iatrogenik:** Nur ein zufällig herausgepicktes Beispiel: »Surgeons do more operations if they're on the board of surgery centers« (Chirurgen operieren häufiger, wenn sie zur Belegschaft eines unfallchirurgischen Zentrums gehören), »The Daily Stat« *Harvard Business Review* (22. Juni 2012).

**Eher amüsanter historischer Blick auf Iatrogenik:** Gustave Jules A. Witkowski, 1889, *Le mal qu'on a dit des médecins*.

**Rationalismus/Galenismus:** García-Ballester (1995).

**Montaigne:** »*Mais ils ont cet heur, selon Nicocles, que le soleil esclaire leur succez, et la terre cache leur faute; et, outre-cela, ils ont une façon bien avantageuse se servir de toutes sortes d'evenemens, car ce que la fortune, ce que la nature, ou quelque autre cause estrangere (desquelles le nombre est infini) produit en nous de bon et de salutaire, c'est le privilege de la medecine de se l'attribuer. Tous les heureux succez qui arrivent au patient qui est sous son regime, c'est d'elle qu'il les tient. Les occasions qui m'ont guery moy, et qui guerissent mille autres qui n'appellent point les medecins à leurs secours, ils les usurpent en leurs subjects; et quant aux mauvais accidents, ou ils les desavoient tout à fait, en attribuant la coulpe au patient par des raisons si vaines qu'ils n'ont garde de faillir d'en trouver tousjours assez bon nombre de telles...*« [Man beachte, wie klar hier das Zuschreibungsproblem erkannt ist.]  
*On demandoit à un Lacedemonien qui l'avoit fait vivre sain si long temps: L'ignorance de la medecine, respondit il.*

*Et Adrian l'Empereur crioit sans cesse, en mourant, que la presse des medecins l'avoit tué.*

**Moderne Alternativmedizin:** Singh und Edzard (2009) – sie haben etwas riskiert; immerhin wurden sie dafür verklagt.

**Homöopathie und empirische Evidenz:** Goldacre (2007). Siehe außerdem das auch stilistisch brillante Buch *Die Wissenschaftslüge*, Goldacre (2010).

**Moderne evidenzbasierte Medizin:** Anleitung in Sackett et al. (1999). Die Schwächen rationalistischer Vorgehensweisen: Silverman (1999), Gauch (2009), Sestini und Irving (2009).

**Behandlung mit Eis:** Collins (2008): »Es gibt nicht genügend Hinweise darauf, dass Kryotherapie das klinische Ergebnis bei der Behandlung von Weichteilverletzungen verbessert.« Ich habe keine Abhandlung gefunden, die das Gegenteil sagt. Der Nutzen ist offenbar so marginal, dass man ihn schlicht vergessen kann.

**Konvexität des Blutdrucks:** Werte aus Welch et al. (2011).

**Jensen'sche Ungleichung und Beatmungsgeräte:** Brewster et al. (2005), Graham et al. (2005), Mutch et al. (2007).

**Paracelsus:** Faszinierend rebellische Persönlichkeit; leider wurde er von Vertretern der Homöopathie wie Coulter (2000) in Beschlag genommen. Biographien in Ball (2006), Bechtel (1970), Allendy (1937).

**Unsterblichkeit:** Gray (2012).

**Stendhal:** *Le Rouge et le Noir:* »*La besogne de cette journée sera longue et rude, fortifions-nous par un premier déjeuner; le second viendra à dix heures pendant la grand'messe.*« Kapitel XXVIII.

### **Spezialfälle aus dem Bereich der Medizin**

Vorbemerkung: Mir geht es nicht um Beweise, sondern um deren Abwesenheit sowie die Frage, wie Forscher mit dieser Abwesenheit umgehen. Der Schwerpunkt liegt auf übersehenen Konvexitäten.

**Wirksamkeit kalorienarmer Süßstoffe:** Studien von Autoren, die aus eigennützigen Motiven dafür plädieren, sind äußerst aufschlussreich. De la Hunty et al. (2006) belegt mit einer Metaanalyse die »Vorteile« von Aspartam, konzentriert sich dabei allerdings auf die Methode der Aufrechnung von Kalorienzufuhr gegen Kalorienverbrauch, nicht auf Gewichtszunahmen. Schaut man genauer hin, entdeckt man jedoch, dass das Kernstück fehlt: »Die ausgetauschte Energie wird in einem gewissen Ausmaß kompensiert, aber es handelt sich dabei lediglich um ungefähr ein Drittel der ersetzten Energie, und ist *wahrscheinlich* [meine Hervorhebung] weniger, als wenn man Soft Drinks zu sich nimmt, die mit Aspartam gesüßt wurden. Allerdings stammen diese Kompensationswerte aus Kurzzeitstudien.« Die Untersuchung wurde offenkundig von einem Aspartam-Hersteller finanziert. Anderson et al. (2012) ist eine bessere Studie, allerdings auch nicht frei von Interessenkonflikten (Unterstützung des Autors durch Lebensmittelfirmen); sie kommt zu dem Schluss: »... es gibt keine Beweise für die These, Süßstoffe seien der Grund für Gewichtszunahme bei Erwachsenen. Auch liegen keine Beweise dafür vor, dass sie eine Rolle bei der Gewichtskontrolle spielen würden.« Der letzte Satz ist der einzige, der für mich von Interesse ist, da es hier um einen Beweis »gegen das eigene Interesse« geht. *Wenn* es positive Auswirkungen im Sinne dieses Satzes gäbe, dann wären sie dem Leser mitgeteilt worden. Mit anderen Worten: Wir setzen uns im Jahr 2012 den Nebenwirkungen dieser kalorienfreien Süßstoffe aus ohne jeglichen Beweis dafür, dass sie überhaupt im versprochenen Sinn wirksam sind!

**Mithridatisation und Hormesis:** Bei Plinius: Kaiser (2003), Rattan (2008), Calabrese und Baldwin (2002, 2003a, 2003b). Allerdings lassen sie das Konvexitätsargument aus beziehungsweise sehen die Normabweichung nicht – Hormesis könnte einfach die Wiederherstellung der Normalität sein.

**Fasten und Hormesis:** Martin et al. (2006). Krebstherapie und Fasten: Longo et al. (2008), Safdie et al. (2009), Raffaghello et al. (2010); über Hefe und Langlebigkeit unter Einschränkung Fabrizio et al. (2001); über SIRT1, Longo und Kennedy (2006), Michán et al. (2010); Übersicht über die Arbeiten bei Blagosklonny et al. (2010).

**Definition von Hormesis:** Mattson (2008) mit einer lokalen Definition, Danchin et al. (2011) mit komplexerem, systembezogenem Ansatz.

**Altern, Langlebigkeit und Hormesis:** Sehr umfangreiche Forschungsliteratur: Radak et al. (2005), Rattan (2008), Cypser und Johnson (2002) zum C-elegans; Gems und Partridge (2008), Hayflick (2001), Masoro (1998), Parsons (2000); zu Entzündung und Alzheimer Finch et al. (2001).

**Knochendichte und Belastung:** Dook et al. (1997) für Frauen, Andreoli et al. (2001) generell für Athleten; Scott et al. (2008) allgemein zu körperlichem Training. Alterungsprozess bei Frauen: Solomon (1979), Rautava et al. (2007); Conroy et al. (1993) für junge Frauen.

**Knochendichte und Radfahren:** Nichols et al. (2003), Barry et al. (2008).

**Knochendichte und Gewichtheben im Stil der olympischen Disziplin:** Einige Untersuchungen zum Thema »Gewichtheben« verwechseln das Widerstandstraining an Fitnessmaschinen mit naturalistischem Gewichtheben, bei dem das Knochengestütz beansprucht wird. Conroy et al. (1993) ist eine ökologisch robustere Studie, da hier das Gewicht im Mittelpunkt steht.

**Schilddrüse:** Earle (1975).

**Cholesterin:** Nicht naiver Blick: Scanu und Edelstein (2008).

**Lewontin und Lebenserwartung:** Lewontin (1993). Mir kam der Gedanke, Lewontins Schätzung könne möglicherweise ungenau sein, und ich wurde auf die CDC-Daten in irgendeinem Artikel im Web hingewiesen, an den ich mich allerdings nicht mehr erinnern kann.

**Im Freien, ohne sportliche Aktivität:** Rose et al. (2008). Ein größerer Anteil an im Freien verbrachter Zeit – nicht sportliche Aktivität als solche – wurde in Verbindung gebracht mit zurückgehender Kurzsichtigkeit und einer eher weit-sichtigen durchschnittlichen Refraktion, nach der Anpassung an durch Naharbeit induzierte, parentale Myopie und Ethnizität.

**»Neurogeschwafel«, »Hirnporno«-Studien:** Weisberg (2008), McCabe (2008), außerdem der Bericht von der U.K. Royal Society »Neuroscience and the Law« (Die Neurowissenschaften und das Gesetz). Der Schriftsteller Jonah Lehrer arbeitete recht wirkungsvoll mit Hirnpornos, er fabulierte unter Zuhilfenahme einiger lose verknüpfter Gehirngeschichten eine Erzählung zusammen und reizte die narrative Verzerrung so lange bis an die Grenze des Möglichen aus, bis ihm nachgewiesen wurde, dass sowohl sein Konstrukt als auch seine Belegdaten freie Erfindung waren.

**Der Druck auf Zahnärzte, Erlöse zu erwirtschaften:** Sydney P. Freedberg, 2012, »Dental Abuse Seen Driven by Private Equity Investments« (Zahnmedizinische Überbehandlung offenbar durch Private-Equity-Investments motiviert) *Bloomberg News* (17. Mai 2012).

**Signifikanz:** Leute aus den Sozialwissenschaften sollten einfach so wenig mit Statistiken hantieren dürfen wie ein Buchhalter mit einem Skalpell. Das Problem mit der falsch verstandenen Signifikanz steckt auch die Profis an. Siehe McCloskey und Ziliak (1996), Ziliak und McCloskey (2008), Kahneman und Tversky (1979), Taleb und Goldstein (2012).

**Praktiker und Theoretiker im Bereich Finanzmathematik verstehen trotz des ganzen Wirbels, der darum gemacht wird, einen elementaren Statistikbegriff nicht:** Belege in Goldstein und Taleb (2007).

**Übersehene Nichtlinearitäten bei dosisabhängiger Reaktion:** Das Argument mit der Strahlung ist vergleichsweise überzeugend, Neumaier et al. (2012). »Das momentan gebräuchliche Standardmodell arbeitet mit einer linearen Skala, es leitet das Krebsrisiko aufgrund niedriger Dosen von hohen Dosen ionisierender Strahlung ab. Allerdings lässt unsere Entdeckung der Häufung von Doppelstrangbrüchen über so große Distanzen erhebliche Zweifel an der generellen Annahme entstehen, dass das Risiko ionisierender Strahlung in direktem Verhältnis zur Dosis steht und dass nicht vielmehr ein Mechanismus vermutet werden muss, der eher als Risikodosis-Abhängigkeit von ionisierender Strahlung bezeichnet werden müsste.« Strahlungshormesis ist die Vorstellung, dass geringe Strahlung eine hormetische Überreaktion mit schützendem Effekt verursacht. Siehe auch Aurengo (2005).

**Statine und Konvexität:** Beispielsweise ist bei statinhaltigen Medikamenten, die routinemäßig zur Senkung der Blutfette verschrieben werden, das Resultat für eine bestimmte Gruppe von Menschen zwar statistisch bedeutsam, die Auswirkung insgesamt jedoch unbedeutend. »Hochrisikopatienten im Alter zwischen 30 und 69 Jahren sollten darauf hingewiesen werden, dass ungefähr 50 Patienten 5 Jahre lang behandelt werden müssen, damit einem [kardiovaskulären] Zwischenfall vorgebeugt wird.« Abramson und Wright, (2007)

**Nebenwirkungen von Statinen und ihre (mehr oder weniger) versteckten Risiken:** Muskuloskeletale Schädigung oder einfach Schmerzen: Hoffmeister (2012). Allgemeine Einschätzung bei Hilton-Jones (2009), Hu et al. (2012). Roberts (2012) weist auf einen weiteren Aspekt der Konvexität von Vorteilen, also Schädigungen in einigen wenigen Fällen hin. Fernandez et al. (2011) zeigt, wo klinische Studien das Risiko von Muskelerkrankungen außer Acht lassen. Blaha et al. (2012) weist auf »erhöhte Risiken für gesunde Patienten« hin. Außerdem Reedberg und Katz (2012); Hamazaki et al. (2012): »Der absolute Effekt von Statinen auf die Gesamtmortalität ist, wenn er überhaupt existiert, bestenfalls gering.«

Harlan Krumholz, *Forbes* (29. April 2011):

Das Problem besteht darin, dass Medikamente, die die Ergebnisse von Blutuntersuchungen verbessern, das eigentliche Risiko möglicherweise gar nicht verringern. Beispielsweise verringern zahlreiche Medikamente, die LDL reduzieren oder HDL aufstocken oder den Blutzucker oder den Blutdruck senken, entgegen aller Erwartungen nicht das Risiko – in einigen Fällen vergrößern sie es sogar.

Das gilt vor allem für Behandlungsoptionen, mit denen einem zukünftigen Ereignis wie etwa einem Herzinfarkt vorgebeugt werden soll. Fatalerweise werden für viele Medikamente, die auf Risikofaktoren zielen, Studien, die untersuchen, ob die Patienten davon profitieren, entweder gar nicht durchge-

führt oder nur mit starker Verzögerung. Ein solcher Fall ist etwa Ezetimib, ein Arzneistoff der Firma Merck, der zur Reduktion von LDL eingesetzt wird. Da die Studie, die über die Patientenergebnisse Aufschluss gibt, erst abgeschlossen sein wird, wenn Ezetimib patentfrei ist, werden wir noch einige weitere Jahre nicht wissen, wie es sich auf die Risiken auswirkt. Die Zulassung und die Verkäufe dieses Milliarden Dollar schweren Medikaments basieren lediglich auf seiner Auswirkung auf eine Blutuntersuchung.

Was die Fibrate betrifft, ist die Situation allerdings besser. Es gibt bereits Studien zu Behandlungsergebnissen, und Fenofibrat, hergestellt von den Abbott Laboratories, wurde in umfangreichen Studien zweimal getestet. Beide Male gelang es dem Medikament nicht, das Risiko der Patienten zu senken, obwohl es höchst effektiv ihre Triglyceridwerte reduzierte. Kürzlich konnte in einer 300 Millionen Dollar teuren Untersuchung des National Institutes of Health kein Nutzen für das Abbott-Medikament belegt werden, wenn es mit einem Statin kombiniert wurde – erschwerend kam hinzu, dass es sich mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auf Frauen schädlich auswirkt. Die Bedenken sind immerhin so groß, dass sie die Food and Drug Administration veranlassen, einen Beratungsausschuss einzuberufen, um die Befunde zu analysieren.

**Rücken:** McGill (2007); Nebenwirkungen bei chirurgischen oder epiduralen Eingriffen, Hadler (2009).

**Ärztestreiks:** Es gab einige wenige Fälle von Streiks in Krankenhäusern, was zum Aufschub elektiver Eingriffe führte (nur die Notfälle wurden behandelt). Die Daten sind nicht sehr umfangreich, allerdings durchaus geeignet, die *Via-Negativa*-Methode zu bestätigen. Eine Zusammenfassung der Auswirkung elektiver Chirurgie bei Cunningham et al. (2008).

**Diabetes und pharmakologische Behandlungen (ACCORD-Studie):** Die ACCORD-Studie (Action to Control Cardiovascular Risk in Diabetes) konnte keine positive Auswirkung auf die Senkung des Blutzuckerspiegels oder andere Werte feststellen – der Zusammenhang ist möglicherweise komplexer, und es handelt sich nicht lediglich um ein simples Zuckerproblem, das durch medikamentöse Behandlung zu beheben ist. Eine Zusammenfassung bei Skyler et al. (2009), ältere Methoden bei Westman und Vernon (2008).

**Zum Thema Diabetes und Diät:** Taylor (2008), Widerlegung in Lim et al. (2011), Boucher et al. (2004); frühe Einsichten zur Diabetesbehandlung ausschließlich durch Diät bei Wilson et al. (1980). Couzin (2008), »Deaths in Diabetes Trial Challenge a Long-Held Theory«, *Science* 15 (Februar 2008): 884–885. Diabetesheilung und bariatrische (oder andere) chirurgische Eingriffe: Pories et al. (1995), Guidone et al. (2006), Rubino et al. (2006).

**Autophagie bei Krebs:** Kondo et al. (2005).

**Autophagie (allgemein):** Danchin et al. (2011), Congcong et al. (2012).

**Jensen'sche Ungleichung in der Medizin und beim Training:** Viele Fachleute wie beispielsweise Schnohr und Marott (2011) zeigten für den Umstand, dass

Extremsprints in Kombination mit Nichtstun (im Sinne einer Hantel) effektiver ist als regelmäßige Aktivität, durchaus Verständnis, allerdings kamen sie nicht auf den Konvexitäts-Bias.

**Art De Vany und die Jensen'sche Ungleichung:** Art De Vany, private Korrespondenz: »Gewebezuwachs steigt mit Nahrungsaufnahme konvex an (die Kurve steigt, die Zuwächse nehmen aber stetig ab). Das muss der Fall sein für den Ausgangspunkt für eine Steady-state-Lösung. Das bedeutet, dass die Gewichtszunahme – inklusive Fett – höher ist bei einer mittleren Aufnahme als bei variierender Aufnahme derselben Menge an Kalorien und Nährstoffen. Muskeln und Fett konkurrieren um das Substrat, eine fettere Person wird also die Nährstoffaufteilung eher in Richtung Muskeln verschieben, weil Körperfett zu Insulinresistenz im Muskel führt. Insulin wird in gewissen Abständen freigesetzt und ist sehr viel wirksamer mit diesem Muster als mit der chronischen Erhöhung, die durch sechs Mahlzeiten pro Tag bewirkt wird. Andererseits, wenn Fett und Muskeln abgebaut werden, ist die Kurve negativ geneigt, senkt sich aber mit abnehmender Rate ab (konkav). Das heißt, man verliert mehr Fett, wenn man unregelmäßig isst, als bei kontinuierlicher Nahrungsaufnahme. Der Verlust bei der durchschnittlichen Nahrungsaufnahme (sechs Mahlzeiten pro Tag hält die Variationsbreite des Durchschnitts klein) ist geringer als der Verlust bei der gleichen aufgenommenen Menge, die aber zwischen einer kleinen Portion und einer großen stärker schwankt. Ein noch subtilerer Aspekt: Man verliert mehr Gewicht, wenn man regelmäßig isst, aber das ist nur darauf zurückzuführen, dass man aufgrund chronischen Mangels mehr Muskeln verliert, als es der Fall wäre, wenn der Mangel unregelmäßig aufträte. Unregelmäßiges Essen führt zu einer besseren körperlichen Gesamtverfassung.«

**Hungern, periodisches Fasten, Altern:** Zur neuronalen Resistenz und zum Altern des Gehirns Anson et al. (2003), Mattson et al. (2005), Martin et al. (2006), Halagappa et al. (2007), Stranahan und Mattson (2012).

**Kalorienreduktion:** Harrison et al. (1984), Weindruch (1996), Pischon (2008).

**Intensives Training:** Zusammenfassung der Literatur zur Wirkung episodischen Energieungleichgewichts in De Vany (2012), der außerdem als Bonus Potenzgesetzeffekte untersucht.

**Dass Pillen spekulativer sind, wird nicht verstanden:** Stipp (2010) betreibt einigen Aufwand mit *Via-Positiva*-Methoden, die das Leben mit komplizierten pharmazeutischen Hilfestellungen verlängern sollen.

**Glukose und Willenskraft:** Dass Glukose wach macht und die Willenskraft stärkt, wie die Experimente von Baumeister zeigen, gilt möglicherweise, wie Kahneman (2012) ausführt, lediglich für Menschen mit Stoffwechselstörungen. Siehe Kurzban (2010) mit einem Blick auf die statistischen Instrumente.

**Die Gruppe von Krankheiten, die auf fehlende Zufälligkeit zurückzuführen sind, siehe auch Prolog:** Yaffe und Blackwell (2004), Razay und Wilcock (1994); Alzheimer und Hyperinsulinämie: Luchsinger et al. (2004), Janson et al. (2004).

**Hunger und Gehirn:** Stranahan und Mattson (2012). Die lange geltende Über-



zeugung, das Gehirn brauche Glukose, nicht Keton, und Autophagie finde im Gehirn nicht statt, wird nach und nach korrigiert.

**Ramadan und die Auswirkung des Fastens:** Ramadan ist in diesem Zusammenhang uninteressant, da die Menschen lediglich zwölf Stunden fasten, abhängig von der Jahreszeit (wenn jemand vom Abendessen bis zum Mittagessen fastet, nimmt er 17 Stunden lang nichts zu sich – eine vom Autor praktizierte Methode). Außerdem schlagen sie sich nach Sonnenuntergang den Bauch voll und verzehren jede Menge Kohlehydrate in Form von – wie ich es selbst miterlebt habe – Süßigkeiten aus Tripolis (Libanon). Trotzdem ist noch ein gewisser Effekt spürbar. Trabelsi et al. (2012), Akanji et al. (2000).

**Positive Auswirkungen von Stress:** Zu den unterschiedlichen Wirkungen der beiden Typen von Stressfaktoren – kurzfristiger und chronischer Stressoren – siehe Dhabhar (2009); zu den positiven Auswirkungen von Stress auf Immunität und Krebsresistenz, Dhabhar et al. (2010), Dhabhar et al. (2012).

**Schädliche Nebenwirkungen von Hygiene und systematischer Ausrottung von Keimen:** Rook (2011), Guarner et al. (2006); Mégraud und Lamouliatte (1992) zu *Helicobacter*.

**Die Paleo-Gruppe, De Varny, Gary Taubes und Freunde:** Taubes (2008, 2011), De Vany (2012); evolutionäre Anthropologie: Carrera-Bastos et al. (2011), Kaplan et al. (2000).

## **Buch VII: Die Ethik von Fragilität und Antifragilität**

**Aktuelle philosophische Diskussionen zum Thema Kapitalismus:** Offenbar besteht kein Interesse an einer so simplen Heuristik wie der Bereitschaft, seine Haut aufs Spiel zu setzen, nicht einmal in so erhellenden Abhandlungen wie Cuillerai (2009).

**Tapferkeit in der Geschichte:** Berns et al. (2010).

**Gladiatoren:** Veyne (1999).

**Tretmühleneffekt:** Lukrez, *Nimirum quia non bene norat quæ esset habendi / Finis, et omnino quoad crescat vera voluptas*.

**Gruppe und Kollektiv:** Haidt (2012).

**Adam Smith über den Kapitalismus:** »Ein Wort, das er nie benutzte«: Simon Schama, persönliches Gespräch.

**Gefährlicher Bericht von Stiglitz et al.:** Joseph E. Stiglitz, Jonathan M. Orszag und Peter R. Orszag (2002), »Implications of the New Fannie Mae and Freddie Mac Risk-based Capital Standard«, *Fannie Mae Papers*, Bd. I, Frage 2 (März 2002).

**Meyer Lansky:** Ralph Salerno zugeschrieben, einem ehemaligen Ermittler gegen die Mafia beim New York Police Department, in Ferrante (2011).

**Empörende Aktivitäten der Pharmaindustrie, die weniger Heilverfahren als vielmehr Patienten sucht:** Berichte von direkter und indirekter Korruption, teilweise auch im Bereich der Psychiatrie. Ein Psychiatrie-Professor an der Harvard Medical School bekam von der Pharmaindustrie 1,6 Millionen Dollar.

»Ihm ist es zu verdanken, dass bei Zweijährigen jetzt die Diagnose »bipolare Störung« gestellt werden kann...« Marcia Angell, *The New York Review of Books*. Angell war früher Herausgeberin des *New England Journal of Medicine* und misstraut sehr vielen klinischen Studien. Außerdem Light und Lexchin (2012) zu dem Umstand, dass Gelder nicht in spekulative Forschung, sondern in »sichere« Wetten mit gewöhnlichen Medikamenten gesteckt werden.

**Widersprechende Studien:** Kahneman machte mich auf Untersuchungen wie Malmendier und Tate (2008, 2009) aufmerksam, die darauf verweisen, dass Manager mehr als nötig in ihre Firmen investieren, dass sie also infolge von übersteigertem Selbstvertrauen ihre eigene Haut zu sehr aufs Spiel setzen. Myron Scholes und Robert Merton investierten bei LTCM (Long Term Capital Management). Das stimmt – aber überall dominiert die freie Option (man vergleiche nur die Gesamtvergütungen an Manager im Verhältnis zu den Gewinnen von Aktionären). Es gibt »Narren des Zufalls« und »Schurken des Zufalls«, häufig treten auch Kombinationen auf. (Nicolas Tabardel danke ich für den Hinweis.)

**Asymmetrien und Extrakte:** Acemoglu und Robinson (2012) behandeln eine Asymmetrie mit ihrer Darstellung von einem Umfeld samt ökonomischer Institutionen, in denen eine Person sich auf Kosten einer anderen bereichert, dem Gegenteil eines konvexen, auf Zusammenarbeit gegründeten Gesellschaftsrahmens, in dem der eigene Wohlstand auch anderen zugute kommt. North (1992) zur Rolle der Institutionen.

**Kaviar-Sozialismus und Burnyeats Problem:** Riffard (2004), Burnyeat (1984), Wai-Hung (2002).

**Kollektive Blindheit, Streuung der Verantwortung:** Im Tierreich (Ameisen), Deaneubourg et al. (1983, 1989).

**Leben und Sozialisierung in Rom:** Veyne (2001).

**Elefant im Zimmer:** Dinge, die jedem bewusst sind, über die aber nicht gesprochen wird. Zerubavel (2006).

**Moral großer Unternehmen:** Höher als erwartet: Greenwood und Suddaby (2006), kommentiert von Stubbart und Knight (2006). Der beste Test besteht darin, den S&P 100 oder S&P 500 heranzuziehen und deren Zusammensetzung im Lauf der Zeit nachzuverfolgen. Oder aber die Literatur zu Fusionen zu studieren.

**Informationskaskaden:** Der Mechanismus, aufgrund dessen die Öffentlichkeit Irrtümer, Illusionen und Gerüchte übertreibt; Zusammenfassung bei Sunstein (2009).

**Alan-Blinder-Problem:** Artikel im *Wall Street Journal* mit unverhohlenem Interessenkonflikt: »Blanket Deposit Insurance Is a Bad Idea« (Einlagenversicherung ist keine gute Idee), 15. Oktober 2008, verfasst zusammen mit R. Glenn Hubbard, dem Dekan der Columbia University Business School.

**Leistungsvergleich bei Familienunternehmen:** McConaughy D., C. Matthews und A. Fialko (2001), Le Breton-Miller et al. (2006), Mackie (2001).

**Die eigene Haut aufs Spiel setzen:** Taleb und Martin (2012a).

## **Data-Mining, Big Data, die Option der Forscher und so weiter**

**Unverständnis in der sozialwissenschaftlichen Literatur:** Ein typischer Fehler, man denke nur an die Ahnungslosigkeit gegenüber dem Problem bei hyperaktiven Befürwortern der Idee wie etwa Ayres (2007): »Sie wollen einen umfangreichen Ankauf von Euros absichern? Wie sich gezeigt hat, sollten Sie ein sorgfältig ausgewogenes Portfolio aus sechsundzwanzig anderen Aktien und Gütern verkaufen, darunter möglichst auch Wal-Mart-Aktien«, S. 11.

**Stan Youngs Kreuzzug:** Young und Carr (2011). Außerdem Ioannidis (2005, 2007).

**Doxastische Verpflichtung:** Levi (1980).

**Salz:** Sehr überzeugend Freedman und Petitti (2001), sie stützen sich auf die Visualisierung von Daten und weniger auf Metriken. Bemerkenswert: »Keiner der beiden Autoren ist als Berater für die Salzindustrie tätig« – solche Dinge nehme ich immer *als Erstes* wahr.

**Diagramm zum Big-Data-Komplex:** Anhand einer Monte-Carlo-Simulation; verwendet wird  $>0,1$  beziehungsweise größer als die Korrelationen, die von der Sozialwissenschaft bevorzugt werden (es ist kaum möglich, die Analyse analytisch durchzuführen, da die großen Matrizen positiv-definit bleiben müssen). Die Konvexität ist invariant zur Korrelationsschwelle.

**Eine Lösung für die forscherspezifischen Verzerrungen bei klinischen Versuchen:** Goldacre (2010) schlägt die Einrichtung einer Versuchsdatenbank vor, bei der Forscher gezwungen wären, auch ihre Misserfolge einzugeben. Alles wäre besser als der jetzige Zustand.

**Fragilität und das Kollektiv:** Die Macht des Kollektivs beruht auf den Vorteilen der Effizienz, also Fragilität: Die Leute gewöhnen sich an, das individuelle Urteil durch das kollektive Urteil zu ersetzen. Diese Vorgehensweise funktioniert ganz gut – es ist schneller und billiger (also *effizienter*), als das Rad je einzeln neu zu erfinden. Aber wie alle Abkürzungen wird sie uns letztendlich um die Ohren fliegen. In der Welt, in der wir leben, wird der Effekt noch zusätzlich vergrößert – die Größenordnungen wachsen immer weiter; das Kollektiv ist weltumspannend.

**Jobs und Handwerkerethik:** »Playboy: »Sie glauben also, dass die Leute, die den PCjr gebaut haben, keinen vergleichbaren Stolz für ihre Produkte empfinden?« Jobs: »Wenn es so wäre, dann hätten sie den PCjr nicht gebaut.« Playboy [sic!], 1. Februar 1985.

**Widerlegung der Hypothese überzogener Diskontierung:** Read et al. (2012).

**Weitere Erörterungen zu Big Data und Forschern, die das System ausnutzen:** Baumeister et al. (2007) zu Selbstauskünften in der Psychologie. Kerr (1998) zu Hypothesen, die zeitlich nach den Resultaten formuliert wurden, und post hoc bei Yauan und Maxwell; Yarkoni für das Problem großer  $M$  (Dimension) und geringer  $N$  (Daten).