

Goecke, Oskar (Ed.)

## Proceedings

# Modell und Wirklichkeit. Proceedings zum 5. FaRis & DAV Symposium am 6. Dezember 2013 in Köln

Forschung am iwWKöln, No. 5/2014

## Provided in Cooperation with:

Technische Hochschule Köln – University of Applied Sciences, Institute for Insurance Studies

*Suggested Citation:* Goecke, Oskar (Ed.) (2014) : Modell und Wirklichkeit. Proceedings zum 5. FaRis & DAV Symposium am 6. Dezember 2013 in Köln, Forschung am iwWKöln, No. 5/2014, Technische Hochschule Köln, Institut für Versicherungswesen (iwWKöln), Köln, <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hbz:832-cos-650>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/226563>

### Standard-Nutzungsbedingungen:

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

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

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

### Terms of use:

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

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

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



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>

**Forschung am IVW Köln, 5/2014**

Institut für Versicherungswesen

# **Modell und Wirklichkeit**

**Proceedings zum 5. FaRis & DAV Symposium am 6. Dezember  
2013 in Köln**

**Oskar Goecke (Hrsg.)**

**Oskar Goecke (Hrsg.)**

**Forschungsstelle Forschungsstelle actuarielle Modelle & Methoden im Risikomanagement**

## **Modell und Wirklichkeit. Proceedings zum 5. FaRis & DAV Symposium am 6. Dezember 2013 in Köln**

---

### **Zusammenfassung**

Das 5. FaRis & DAV Symposium stand unter dem Leitthema „Modell und Wirklichkeit“. Modelle sind zweckorientierte Verdichtungen der Wirklichkeit. Aktuare können nicht die Zukunft vorausberechnen, sie versuchen aber mit Hilfe von Modellen abzuschätzen, was alles in der Zukunft passieren kann. Sie sind darin scheinbar sehr erfolgreich, denn die Versicherungsgesellschaften haben bisher „den Stürmen der Zeit“ erfolgreich widerstanden und haben den Menschen Versicherungsschutz gewährt. Schaut man allerdings auf die Finanzmärkte – sie sind Teil der ökonomischen Wirklichkeit – so lehrt die jüngere Vergangenheit, dass die Realität sich nicht an die Modelle gehalten hat. Da die Finanzmärkte die Versicherungswirtschaft immer stärker durchdringen, können künftig unvollständige oder falsche Modelle die Stabilität der Versicherungswirtschaft gefährden. Modelle prägen jedoch auch die Wahrnehmung der Wirklichkeit und beeinflussen daher die Wirklichkeit. So hat die Modellwelt des Solvency II-Systems massiven Einfluss auf das Produktangebot der Versicherungsunternehmen, nicht immer zum Vorteil der Versicherungsnehmer. Das Symposium sollte kritisch hinterfragen, (1) inwieweit unsere actuariellen „Modellwelten“ noch ihren Zweck erfüllen, (2) wo die grundsätzlichen Grenzen der Modellbildung liegen, (3) in welche Richtung wir unsere Modelle überdenken müssen und (4) welche alternativen Ansätze zur Verfügung stehen.

### **Abstract**

The 5th FaRis & DAV symposium took place under the heading “Model and Reality”. A model is a condensed mapping of the reality and it is designed to meet a dedicated purpose. Actuaries cannot predict the future, however they use mathematical models to estimate what might happen in future. Apparently they are quite successful in what they do, since the insurers have so far resisted „the storms of time” and have offered stable insurance protection. However, when looking at the capital markets (they are part of our economic reality) we recognize that reality does not obediently follow our models. Since the capital markets more and more influence the insurance market, in future wrong or incomplete capital market models may endanger the stability of the insurance industry. Furthermore, models shape and influence our view on the reality and thus models influence reality. E.g. the Solvency II model has massively influenced the design of insurance products - not always to the benefit of policy holders. The symposium gave the opportunity to discuss (1) whether our current actuarial models still serve their purposes, (2) the principal limitations of actuarial models, (3) in which direction the models have to be reconsidered and finally (4) which alternative methods are available.

### **Schlagwörter:**

Finanzmathematik, Modelle, Versicherungswirtschaft

## Autorenverzeichnis

1. Modelle – Wahrnehmung – Wirklichkeit Prof. Dr. Oskar Goecke
  
2. Mathematische Modelle – Glaube, Hoffnung, Realität Roland Weber
  
3. Zwischen Blindflug und Boninis Paradox – Modelle in der Finanzmathematik. Vortrag von Dr. habil. Stefan-M. Heinemann.  
(Zusammenfassende Darstellung; Verfasser: Prof. Dr. Oskar Goecke)
  
4. 35 Jahre (aktuarielle) Modellierung und kein bisschen weiser? Ein Beispiel aus der Krankenversicherung Sabine Mohsler, Dr. Michael Renz

# Inhaltsverzeichnis

<b>AUTORENVERZEICHNIS</b> .....	<b>III</b>
<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>IV</b>
<b>ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>V</b>
<b>1 MODELLE – WAHRNEHMUNG – WIRKLICHKEIT</b> .....	<b>1</b>
1.1 WAS IST EIN MODELL? .....	1
1.2 SEHEN WIR DIE WIRKLICHKEIT? .....	3
1.3 WIE WIRKLICH IST DIE WIRKLICHKEIT? .....	4
1.4 WIE BEEINFLUSSEN DIE MODELLE UNSERE WAHRNEHMUNG DER WIRKLICHKEIT? .....	5
1.5 WIE BEEINFLUSSEN DIE MODELLE DIE WIRKLICHKEIT? .....	6
<b>2 MATHEMATISCHE MODELLE – GLAUBE, HOFFNUNG, REALITÄT</b> .....	<b>8</b>
2.1 EINFÜHRUNG .....	8
2.2 MATHEMATISCHE MODELLE ALS ANNÄHERUNG AN DIE WIRKLICHKEIT .....	10
2.3 EIN PAAR KRITISCHE THESEN ZU MATHEMATISCHEN MODELLEN IN DER ÖKONOMIE.....	11
2.4 AUCH NOBELPREISTRÄGER KÖNNEN IRREN – MANCHE SOGAR LAUFEN .....	12
2.5 DAS PRINZIP DER MODELLBILDUNG .....	13
2.6 AUF DEM WEG VON SOLVENCY I ZU SOLVENCY II.....	14
2.7 WAS IST DER MARKTWERT WERT, WENN DER MARKT VERRÜCKTSPIELT? .....	16
2.8 WER STOPPT DIE ZAUBERLEHRLINGE DER NEOKLASSISCHEN FINANZTHEORIE? .....	18
<b>3 KURZBERICHT ÜBER DEN VORTRAG „ZWISCHEN BLINDFLUG UND BONINIS PARADOX – MODELLE IN DER FINANZMATHEMATIK“ VON STEFAN HEINEMANN</b> .....	<b>20</b>
3.1 ALLGEMEINE HINWEISE ZUM MODELLBEGRIFF .....	20
3.2 BONINIS PARADOX.....	20
3.3 MODELLE UND ANNAHMEN IN DER FINANZMATHEMATIK .....	21
3.4 SOLVENCY II UND MONTE CARLO .....	23
3.5 PRAGMATISCHE ANSATZ/ AUSBLICK.....	23
<b>4 35 JAHRE (AKTUARIELLE) MODELLIERUNG UND KEIN BISSCHEN WEISER? EIN BEISPIEL AUS DER KRANKENVERSICHERUNG</b> .....	<b>24</b>
4.1 HISTORISCHER ÜBERBLICK ÜBER DIE MODELLIERUNG IN DER LEBENSVERSICHERUNG.....	24
4.2 PRAXISBEISPIEL AUS DER AKTUARIELLEN MODELLIERUNG IN DER KRANKENVERSICHERUNG.....	26
4.2.1 Funktionsweise eines aktuariellen Modells .....	26
4.2.2 Struktur des Beispielunternehmens und Ausgangssituation .....	26
4.2.3 Ergebnisse im Basisszenario .....	28
4.2.4 Szenarioanalyse – Welche Auswirkungen hat eine überdurchschnittliche Beitragsanpassung im Jahr 2014 auf die Ergebnisse? .....	29
4.2.5 Fazit – Welche Schlüsse kann man aus den Modellrechnungen ziehen? .....	34
<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>35</b>

## **Abbildungs- und Tabellenverzeichnis**

Abbildung 1-1: Modell als zweckorientierte Abbildung der Wirklichkeit.....	2
Abbildung 1-2: Manipulierte Lungentomografie; im Rahmen dargestellt das eingebettete Bild eines Gorillas. ....	3
Abbildung 1-3: Rendite-Risiko-Profil.....	6
Abbildung 2-1: Algorithmen beherrschen die Welt .....	9
Abbildung 2-2: Modell und Wirklichkeit.....	14
Abbildung 2-3: Die Zinsstrukturkurven zu verschiedenen QIS-Studien (unkorrigiert).....	17
Abbildung 2-4: Vergleich der im LTGA verwendeten Zinskurven per 31.12.2011 .....	18
Abbildung 4-1: Aufteilung der Beiträge.....	27
Abbildung 4-2: Start-Buchwertbilanz. ....	27
Abbildung 4-3: Entwicklung des Unternehmens. ....	28
Abbildung 4-4: Niedrigere Jahresüberschüsse als im Basisszenario. ....	29
Abbildung 4-5: Im Vergleich zum Basisszenario: Deutlicher Beitragsanstieg.....	30
Abbildung 4-6: Jahresüberschuss 2014. ....	31
Abbildung 4-7: Langfristige Beitragsstabilität.....	31
Abbildung 4-8: Mittelfristig niedriges Niveau der Beiträge.....	32
Abbildung 4-9: Jahresüberschuss. ....	33
Abbildung 4-10: Einsatz der RfB-Mittel. ....	33

# 1 Modelle – Wahrnehmung – Wirklichkeit<sup>1</sup>

(Oskar Goecke)

Das 5. FaRis & DAV- Symposium steht unter der Überschrift „Modell und Wirklichkeit“. Unsere Forschungsstelle für aktuarielle Modelle und Methoden im Risikomanagement (FaRis) hat sich zum Ziel gesetzt, Wissenschaft und Praxis zusammen zu bringen; wir wollen dabei helfen, für praktische Probleme die richtigen Modelle zu finden. Das heutige Symposium wird hierzu jedoch keinen Beitrag leisten, vielmehr erklimmen wir mit dem Thema „Modell und Wirklichkeit“ die Metaebene: Hier werden keine Modelle entwickelt oder erörtert, sondern hier reden wir über die Wirklichkeit *an sich* und über Modelle *an sich* und darüber, wie beides verbunden ist oder verbunden sein sollte.

Mit dem Übergang auf die Metaebene begeben mich auf fremdes Terrain. „Modell und Wirklichkeit“ ist ein Thema für die Wissenschafts- oder Erkenntnistheoretiker,<sup>2</sup> aber nicht für Aktuar. Oder vielleicht doch? Mit meiner einführenden Bemerkung möchte ich belegen, dass „Modell und Wirklichkeit“ tatsächlich auch ein Thema für Aktuar ist; ich will zeigen, dass es sich lohnt, über das Thema nachzudenken und dass das Nachdenken auf der Metaebene fruchtbar ist für die Arbeit in der Ebene.

## 1.1 Was ist ein Modell?

Mit einer solchen *Was-ist-Frage* begeben mich erkenntnistheoretisch bereits auf Glatteis. Was-ist-Fragen sind jedenfalls vertrackt, denn was immer hierauf geantwortet wird, bedarf weiterer Erläuterungen bzw. kann vom kritischen Geist immer weiter hinterfragt werden.<sup>3</sup> Dennoch will ich auf die Frage „Was ist ein Modell“ folgende Antwort geben:<sup>4</sup> Ein Modell ist eine zweckorientierte Abbildung der Wirklichkeit.

Dies ist eine ganz brauchbare „Definition“, weil sie die beiden Schlüsselbegriffe *Modell* und *Wirklichkeit* zusammenführt, und darüber hinaus taucht als vermittelndes Substantiv das Wort *Abbildung* auf, was besonders für Mathematiker recht angenehm ist, denn mit Abbildungen kennt er oder sie sich aus. Dass Modelle irgendeinen Zweck erfüllen sollen, ist im Übrigen auch konsensfähig. Dass eine solche Abbildung der Wirklichkeit hochgradig nicht-injektiv ist, soll Abbildung 1-1 verdeutlichen.

---

<sup>1</sup> Ausarbeitung des einführenden Vortrags zum 5. FaRis & DAV-Symposiums.

<sup>2</sup> Ich schließe hiermit selbstverständlich auch Wissenschaftstheoretikerinnen, Erkenntnistheoretikerinnen ein; ebenso spreche ich mit „Aktuar“ auch meine Aktuars-Kolleginnen an.

<sup>3</sup> Vgl. Albert Keller: Allgemeine Erkenntnistheorie, 2. Auflage, Stuttgart 1990, S. 21.

<sup>4</sup> Ähnliche Formulierungen findet man an vielen Stellen; ob diese Definition wortwörtlich an anderer Stelle bereits gegeben wurde, kann ich nicht beurteilen. Inhaltlich ist dieser Satz nichts Neues

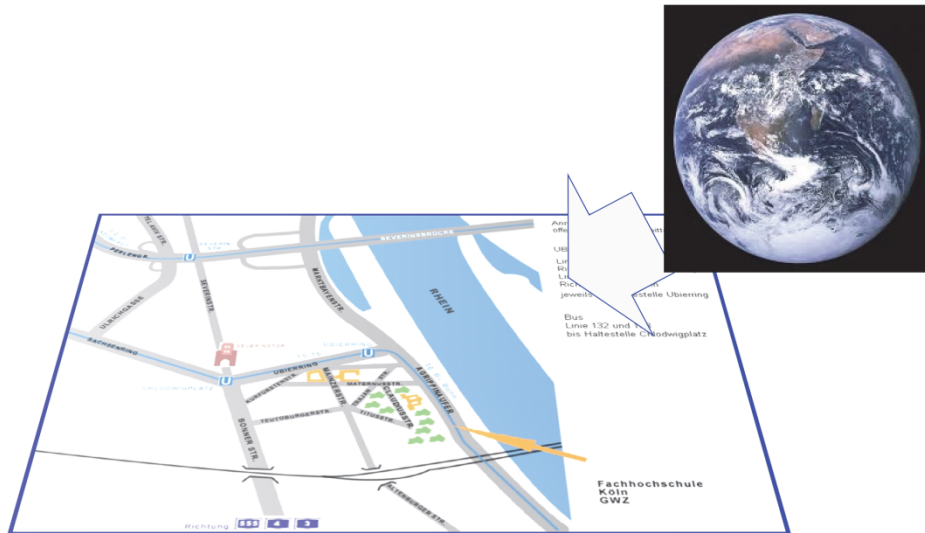


Abbildung 1-1: Modell als zweckorientierte Abbildung der Wirklichkeit<sup>5</sup>

Das Modell ist hier die stilisierte Landkarte der Umgebung einiger Gebäude der Fachhochschule Köln. Das ist natürlich nur ein winzig kleiner Ausschnitt unseres Planeten Erde. Der Zweck der Landkarte ist offensichtlich. Das Erstellen eines Modells (hier das Zeichnen der Landkarte) beinhaltet einen *Reduktionsprozess* (klar!) aber auch einen *Konstruktionsprozess*. Beim Konstruktionsprozess bilden wir Konstrukte (blaue breite Linien sollen Straßen darstellen, das weiße **U** auf blauem Grund soll eine U-Bahn-Haltestelle repräsentieren), die nur deshalb von uns richtig interpretiert werden können, weil wir den Umgang mit diesen Konstrukten gelernt haben. An dieser Stelle wird deutlich, dass die obige „Definition“ unvollständig ist, denn die Rolle des „Empfängers“ des Modells wird nicht deutlich. Ein Modell (eine Landkarte) setzt voraus, dass es eine Kommunikationsebene mit dem Empfänger gibt. Wollte man für einen Blinden eine Landkarte entwerfen, so wird man zu völlig anderen Konstruktionen greifen müssen.

Die Fotografie des Globus<sup>6</sup> in Abbildung 1-1 wurde übrigens von der Besatzung der Apollo 17 auf der Reise zum Mond am 7.12.1972 aufgenommen, also fast auf den Tag genau vor 41 Jahren. Das soll uns daran erinnern, wie erfolgreich die Modelle der Naturwissenschaften insbesondere der Physik sind. Anders als Kolumbus konnte man die Reise zum Mond nicht als mutigen Aufbruch in eine unbekannte Welt starten. Die Reise zum Mond war zunächst nur möglich, weil die Physik mit mathematischen Methoden ein so genaues Modell der Reise erstellen konnte. Der Erfolg der Apollo-Mission ist ein Triumph der Modellierung: Die Modelle haben den Wirklichkeitstest überzeugend bestanden und das vor den Augen der Weltöffentlichkeit.

<sup>5</sup> Vgl. Hierzu die Abb. 10 (S. 123) in: *Gerhard Vollmer: Evolutionäre Erkenntnistheorie, 7. Auflage, Stuttgart-Leipzig 1998.*

<sup>6</sup> Earth Science and Remote Sensing Unit, NASA-Johnson Space Center. "The Gateway to Astronaut Photography of Earth." <http://eol.jsc.nasa.gov/scripts/sseop/photo.pl?mission=AS17&roll=148&frame=22727> (abgerufen am 23.07.2014)



## 1.2 Sehen wir die Wirklichkeit?

Die Vorstellung, dass Modelle Abbilder der Wirklichkeit sind, enttarnt uns als *naive Realisten*.<sup>7</sup> Der naive Realist sagt: „Die Wirklichkeit ist das, was wir sehen, fühlen, schmecken, riechen!“ Jedem von uns ist aber klar, dass die Wirklichkeit auch Dinge umfasst, die wir nicht sehen, fühlen, schmecken, riechen können. Dass wir gelegentlich jedoch Dinge nicht sehen, obwohl sie sichtbar sind, irritiert uns dann doch. Ein sehr anschauliches Beispiel von unbeabsichtigter Blindheit (*unintentional blindness*) zeigt eine aktuelle Untersuchung, veröffentlicht in einer der führenden Fachzeitschriften für Psychologie.<sup>8</sup> Die Autoren haben in einem Experiment 24 Radiologen jeweils 5 *stacks* von Schichtaufnahmen der menschlichen Lungen verschiedener Patienten vorgelegt.<sup>9</sup> Ihre Aufgabe war es, Lungenknoten zu entdecken. Die Radiologen hatten für jeden *stack* drei Minuten Zeit.

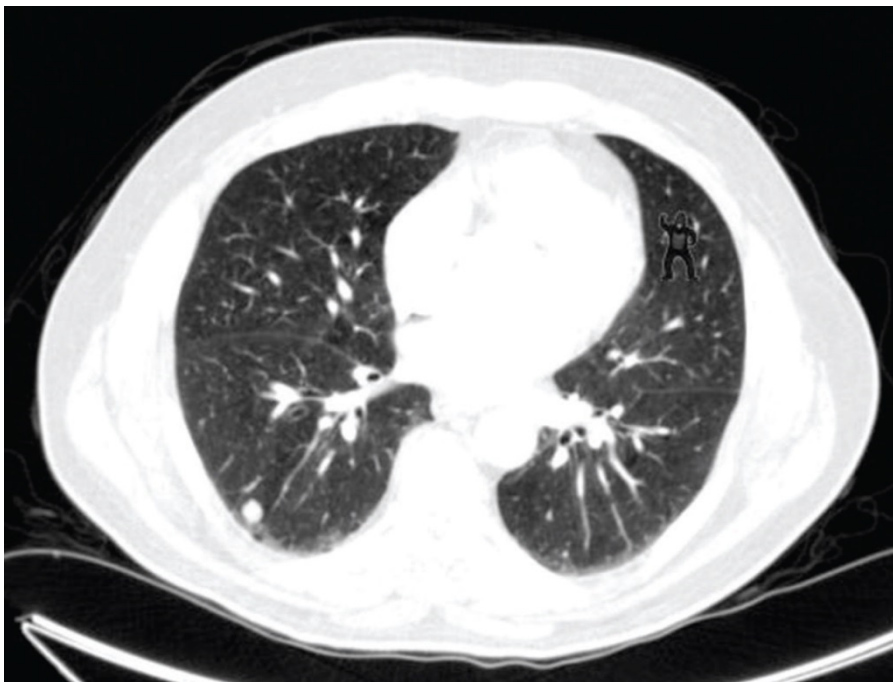


Abbildung 1-2: Manipulierte Lungentomografie; im Rahmen dargestellt das eingebettete Bild eines Gorillas.

Der letzte *stack* von Schichtaufnahmen war in der Weise manipuliert, dass ein Bild eines Gorillas eingebettet war.<sup>10</sup> Das eingeschmuggelte Bild des Gorillas hatte etwa die Größe einer Streichholzschachtel (29x50mm) und war damit rund 48mal größer als ein durchschnittlicher Lungenknoten.

<sup>7</sup> Gerhard Vollmer: Evolutionäre Erkenntnistheorie, 7. Auflage, Stuttgart-Leipzig 1998, S. 34f.

<sup>8</sup> Trafton Drew, Melissa L.-H. Võ, Jeremy M. Wolfe: The Invisible Gorilla Strikes Again: Sustained Inattention Blindness in Expert Observers, in Psychological Science, Sept. 2013, Vol 24, S. 1848-1853.

<sup>9</sup> Beim CT-Lungenkrebs-Screening werden die aufgenommenen Rohdaten in horizontale Schichtbilder umgerechnet. Die so erstellten Schichtbilder bilden zusammen einen *stack*, der 100-500 Schichtbilder umfasst. Bei dem Experiment umfasste jeder der 5 *stacks* 239 Schichtbilder. Einen solchen *stack* von Schichtaufnahmen einer Lunge kann dann der Radiologe am Computer beliebig durchlaufen, um so einen räumlichen Eindruck der Lunge bzw. der Lungenknoten zu bekommen.

<sup>10</sup> Die Autoren wählten das Bild eines Gorillas, da dieses Tier eine gewisse Prominenz beim Thema „Unintentional Blindness“ erlangt hat - vgl. hierzu das video: [www.theinvisiblegorilla.com/videos.html](http://www.theinvisiblegorilla.com/videos.html)

Das erstaunliche Ergebnis des Experiments war: 20 von 24 Radiologen haben das Bild des Gorillas nicht bemerkt. Durch Aufzeichnung der Augenbewegungen (*eye tracker*) konnte zudem festgestellt werden, dass von den 20 „blinden“ Radiologen 12 definitiv auf das Gorilla-Bild geschaut haben.

Für Psychologen ist diese unbeabsichtigte Blindheit nicht so überraschend; das bemerkenswerte an der Studie aus dem Jahre 2013 war der Umstand, dass auch Experten, die auf derartige Bilder spezialisiert sind, „blind“ sein können. Es wäre vermessen zu behaupten, dass nicht auch wir Aktuare „betriebsblind“ sein können.

Als naive Realisten sind wir nun schon etwas verunsichert, denn wir wissen nun, dass zum einen unser Wahrnehmungsapparat nicht alle Facetten der Wirklichkeit wahrnehmen kann und dass wir zum anderen, selbst wenn wir die Wirklichkeit wahrnehmen könnten, gelegentlich blind sind.

### 1.3 Wie wirklich ist die Wirklichkeit?

Wirklichkeit zielt gewissermaßen ins Herz eines Realisten, der ja seinen Wahrnehmungen einen gewissen Grad an Realität zuspricht. „Wie wirklich ist die Wirklichkeit?“ ist der Titel eines populärwissenschaftlichen Werkes von Paul Watzlawick.<sup>11</sup> Er ist auch Herausgeber einer Aufsatzsammlung zum Thema „Die erfundene Wirklichkeit: Wie wissen wir, was wir zu wissen glauben? -Beiträge zum Konstruktivismus“<sup>12</sup>. Watzlawick gehört zu den Konstruktivisten.

*„Der Konstruktivismus besagt, dass wir natürlich nicht wissen können, wie der Gegenstand beschaffen ist, aber was wir als Ersatz dafür dringend brauchen sei die "Konstruktion" eines solchen Gegenstandes. Wir tun so, als ob der Gegenstand eine bestimmte Beschaffenheit hätte.“<sup>13</sup>*

Aus Sicht eines Konstruktivisten setzen wir uns die Wirklichkeit selbst so zusammen, so dass es irgendwie passt. Sie leugnen also die Existenz einer vom Menschen unabhängigen Realität. Angeregt durch eine kleine Geschichte von Paul Watzlawick (siehe unten) möchte ich eine eigene kleine Geschichte vorstellen:

*Der neue Vorstand eines Versicherungsunternehmens möchte die Abteilungen kennen lernen. Schließlich kommt er zur Abteilung „Risikomanagement“ in einem Großraumbüro mit Duzenden von Mitarbeitern. „Was machen Sie eigentlich?“ fragt der Vorstand. „Wir managen die Risiken, so dass unser Unternehmen niemals in Schwierigkeiten kommt.“ - „Aber“, so der Vorstand „unser Unternehmen hat doch noch nie irgendwelche Schwierigkeiten gehabt!“ - Darauf der Abteilungsleiter „Sehen Sie!“*

---

<sup>11</sup> Paul Watzlawick: *Wie Wirklich ist die Wirklichkeit?*, 12. Auflage, München-Zürich, 2013.

<sup>12</sup> Paul Watzlawick (Hrsg.): *Die erfundene Wirklichkeit: Wie wissen wir, was wir zu wissen glauben? -Beiträge zum Konstruktivismus*, 5. Auflage, München-Zürich, 2010.

<sup>13</sup> Zitiert nach: Bodo Wenzlaff, Manfred Feder: *Die Wirklichkeit des Geistes. Eine philosophisch-naturwissenschaftliche Theorie des Geistes und der Information*, Hamburg 1998, S. 10.

Jetzt das Original von Paul Watzlawick:<sup>14</sup>

*Ein Mann klatscht alle 10 Sekunden in die Hände. Nach dem Grund für dieses merkwürdige Verhalten befragt erklärt er: "Um die Elefanten zu verscheuchen." "Elefanten? Aber es sind doch hier gar keine Elefanten?" Darauf er: "Na also! Sehen Sie?"*

Man muss nicht gleich der konstruktivistischen Sichtweise folgen, aber die Gefahr, dass wir uns unsere Wirklichkeit gelegentlich selbst zusammensetzen – ob aus menschlicher Schwäche oder weil es nicht anders geht, sei dahin gestellt – ist wohl nicht zu leugnen. Gelegentlich fasst man dies mit dem Spruch zusammen: „Weil nicht sein kann, was nicht sein darf!“<sup>15</sup> Nach meiner Meinung passiert dies derzeit bei der Festlegung der Zinsstrukturkurve zur Bewertung der versicherungstechnischen Verpflichtungen für langlaufende Lebensversicherungsverträge.<sup>16</sup>

#### **1.4 Wie beeinflussen die Modelle unsere Wahrnehmung der Wirklichkeit?**

Die evolutionäre Erkenntnistheorie betont<sup>17</sup> den Umstand, dass unser Erkenntnisapparat („Weltbildapparat“ in der Wortbildung von K. Lorenz) Ergebnis eines sehr langen Anpassungsprozesses ist. Unserer Erkenntnisapparat ist in gewisser Hinsicht optimal auf unsere Umwelt angepasst und somit auch ein Spiegelbild derselben. Unsere Anschauung/ Wahrnehmung der Wirklichkeit erfolgt nicht voraussetzungslos, sondern stets aus einer gewissen Vorprägung heraus. Möchten wir eine Straße überqueren und beobachten ein sich näherndes Auto, so können wir ziemlich gut einschätzen, ob wir die Straße überqueren können oder ob wir besser erst das Auto passieren lassen sollten. Unbewusst greifen wir auf ein Modell zurück, das es uns erlaubt, eine zuverlässige Prognose über den Standort des Autos in den nächsten Sekunden zu machen.<sup>18</sup>

Modelle beeinflussen unsere Wahrnehmung der Wirklichkeit. Beispielhaft möchte ich auf die moderne Kapitalmarkttheorie bzw. auf die hierauf abgeleiteten Kapitalmarktmodelle hinweisen. Kern der Modelle ist ein funktionaler Zusammenhang von *Rendite* und *Risiko*. Im Lichte dieser Modelle „beobachten“ wir dann z.B. Folgendes – vgl. Abbildung 1-3.

---

<sup>14</sup> Paul Watzlawick: Anleitung zum Unglücklichsein, 19. Auflage, München-Zürich, 2011, S. 53.

<sup>15</sup> Aus dem Gedicht „Die unmögliche Tatsache“ von Christian Morgenstern, nachzulesen unter: <http://gutenberg.spiegel.de/buch/325/32>.

<sup>16</sup> European Insurance and Occupational Pension Authority (EIOPA): Technical Specifications part II on the Long-Term Guarantee Assessment - final version, 25.01.2013, [https://eiopa.europa.eu/fileadmin/tx\\_dam/files/consultations/QIS/Preparatory\\_forthcoming\\_assessments/final/A/20130125\\_EIOPA\\_LTGA\\_Technical\\_Specifications\\_Part\\_II\\_final.pdf](https://eiopa.europa.eu/fileadmin/tx_dam/files/consultations/QIS/Preparatory_forthcoming_assessments/final/A/20130125_EIOPA_LTGA_Technical_Specifications_Part_II_final.pdf)

<sup>17</sup> Gerhard Vollmer a.a.O., Konrad Lorenz: Die Rückseite des Spiegels, Versuch einer Naturgeschichte menschlichen Erkennens, 8. Auflage, München 1985

<sup>18</sup> Kinder sind im Straßenverkehr auch deshalb sehr gefährdet, weil ihre „Modelle“ noch nicht so gut sind.



Abbildung 1-3: Rendite-Risiko-Profil<sup>19</sup>

Derartige Darstellungen sind sehr oft anzutreffen und sicherlich auch informativ. Man muss allerdings beachten, dass hier keine „Wirklichkeit“ abgebildet wird, sondern nur eine Illustration dessen, was wir als „wirklichen“ Zusammenhang von Rendite und Risiko vermuten. Während man noch Eignigkeit darüber erzielen kann, wie man die Rendite einer Kapitalanlage misst, ist das, was wir als Risiko messen oder darstellen wollen, vom gewählten Risikomodell abhängig.

## 1.5 Wie beeinflussen die Modelle die Wirklichkeit?

In den Naturwissenschaften, insbesondere der Physik, haben wir die Vorstellung des beobachtenden Menschen, der mit immer neueren und besseren Theorien (und daraus abgeleiteten Modellen) die Wirklichkeit immer genauer und besser erkennen kann. Die Forschungen des Physikers haben keinen Einfluss auf die physikalischen Gesetze, Objekt und Subjekt sind getrennt. In den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften ist der Mensch beobachtendes Subjekt und beobachtetes Objekt zugleich: der Mensch beobachtet sich also selbst. Man stelle sich vor, dass Arbeitgeber und Gewerkschaften analysieren, mit welchen Verhandlungsstrategien sie am erfolgreichsten bei der Durchsetzung ihrer Interessen sind. Gesetz den Fall, dass sich bei der Analyse ein erfolgsversprechendes Muster abzeichnet, so werden beide Parteien ihre Verhandlungsstrategien anpassen. Dies bedeutet, dass

<sup>19</sup> Aus einer Präsentation von Herwig Kinzler, Vortrag gehalten am 7.11.2013 in Köln beim Treffen des Fachkreises Kapitalanlagen des Vereins der Versicherungsbetriebswirte (VVB).

im Augenblick der Erkenntnis die beobachteten Muster schon wieder bedeutungslos geworden sind.

Wir können dieses Beispiel auf das Problem der Solvenzaufsicht von Versicherungsunternehmen übertragen. Das Solvency II – Modell basiert auf Beobachtungen von Gefährdungslagen von Versicherungsunternehmen aus der Zeit vor Einführung des Solvency II Regelwerks. Das Aufsichtsmodell, das ab 2016 den Unternehmen übergestülpt wird, wird definitiv das Verhalten der Unternehmen verändern. Das geänderte Verhalten kann jedoch Gefährdungsmuster erzeugen, die in der Solvency I – Ära nicht beobachtet werden konnten.

Zum Abschluss möchte ich noch ein Beispiel darstellen, dass die Problematik von Modell und Wirklichkeit gut verdeutlicht. Wir alle wissen mittlerweile Navigationsgeräte in unseren Autos zu schätzen. Wir folgen dem Richtungspfeil auf dem kleinen Bildschirm bzw. hören auf die synthetische Stimme, die uns auffordert mal rechts, mal links mal geradeaus zu fahren. Aber: Wenn wir nicht Modell und Wirklichkeit sorgfältig auseinander halten, so kann das fatale Folgen haben.<sup>20</sup>

Ich schließe mit dem Hinweis: Modelle sind zweckorientierte Verdichtungen der Wirklichkeit – Zu Risiken und Nebenwirkungen der Modelle beachten Sie bitte die versteckten Voraussetzungen, fragen Sie Ihren Aktuar und nutzen Sie Ihren vernünftigen Menschenverstand.

---

<sup>20</sup> Vgl. z. B. Tödlicher Unfall - Navi steuert Lkw-Fahrer in den Rhein. In: WAZ vom 4.11.2011: [www.derwesten.de/region/navi-steuert-lkw-fahrer-in-den-rhein-id6047642.html](http://www.derwesten.de/region/navi-steuert-lkw-fahrer-in-den-rhein-id6047642.html) (abgerufen am 23.07.2014)

## 2 Mathematische Modelle – Glaube, Hoffnung, Realität

(Roland Weber)

### 2.1 Einführung

Ich habe in meinem Berufsleben mathematische Modelle immer benutzt. Sie waren für mich stets Hilfsmittel, um zu einer persönlichen, sachlich fundierten Einschätzung bestimmter Entwicklungen oder der Auswirkungen bestimmter Maßnahmen zu kommen. Zu einer Einschätzung, die ich nicht-mathematischen Kollegen oder Vorgesetzten dann vermittelte.

Ich habe bis vor etwa 10 Jahren nie das Ergebnis einer mathematischen Modellrechnung 1:1 weitergegeben, nie eine bloße Zahl. Ich habe immer eine Einschätzung mit relativierenden Pro- und Contra-Argumenten gegeben. Aber seit etwa 10 Jahren wird von mir verlangt, dass ich finanzmathematische Modelle verwende, die selbst die meisten Mathematiker nicht verstehen und deren Ergebnis auf einem Excel-Sheet eine einzige magische Zahl ist, die ich weitergebe. Ich weiß, dass diese Zahl nicht stimmt, nicht stimmen kann. Aber ich erlebe, dass viele von denen, die diese Zahl sehen, die Zahl glauben. Denn Zahlen lügen nicht.

„Algorithmen beherrschen die Welt, die Gesellschaft, unser Leben, online wie offline.“<sup>21</sup> Hedgefonds entscheiden über Wohl und Wehe von Märkten, Firmen und ganzen Volkswirtschaften anhand der Berechnungen, mit denen die Algorithmen der Finanzmathematik die Welt erklären. Die selbständigen Transaktionen der automatisierten Börsensoftware lösen Auf- und Abwärtsbewegungen der Aktienindizes, ja ihren plötzlichen Absturz aus. Scoring-Algorithmen bestimmen anhand persönlicher Zahlungsmoral, individuellen Umfelds, Wohn- und Arbeitssituation die Kreditwürdigkeit eines Bürgers. Empfehlungsalgorithmen sagen uns, welche Musik wir hören wollen, welches Buch wir lesen möchten, welche Menschen wir treffen sollen. Die Maschinen, die Algorithmen berechnen unser Leben und unsere Zukunft: So ist es, so wird es sein.“

Im Prinzip existiert für jede Frage und für jedes Problem, das nur eine endliche Anzahl von Argumenten oder Werten hat, immer ein Algorithmus. Aber was in unserer komplexen Welt hat nur eine endliche Anzahl von Werten, die es bestimmen? Kurt Gödel hat 1931 seinen berühmten Unvollständigkeitssatz veröffentlicht: „Jedes hinreichend mächtige formale System ist entweder widersprüchlich oder unvollständig.“<sup>22</sup>

---

<sup>21</sup> Kuri, Jürgen in Frankfurter Allgemeine Zeitung (05.06.2010): <http://www.faz.net/-ggz-16shx> (abgerufen am 23.07.2014)

<sup>22</sup> Kurt Gödel: Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I. In: Monatshefte für Mathematik und Physik, 38, 1931, S. 173–198

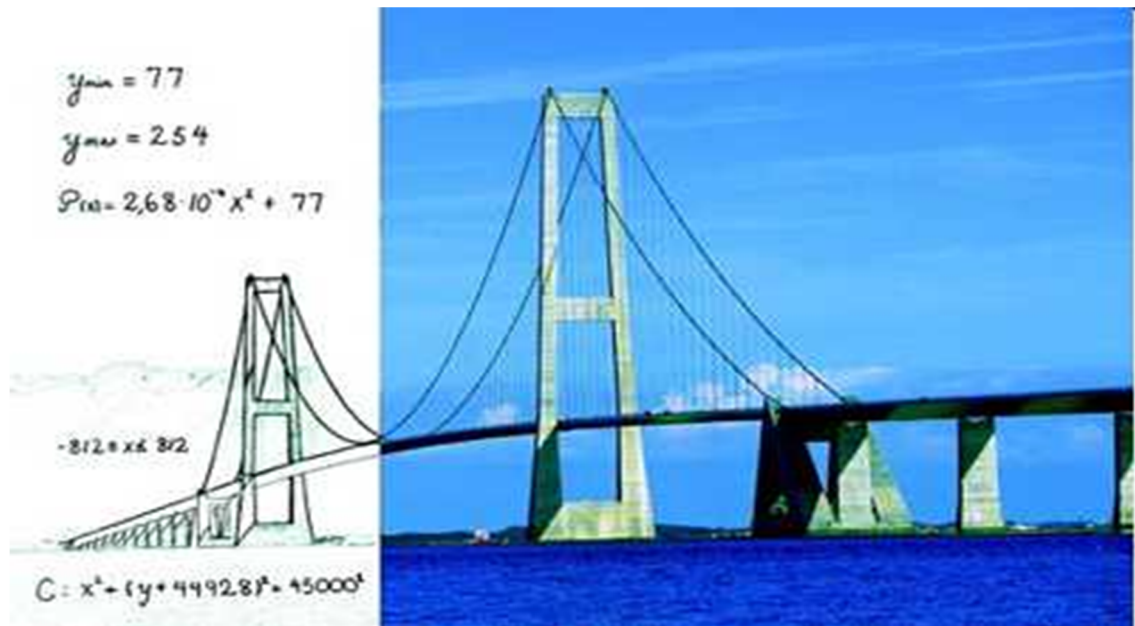


Abbildung 2-1: Algorithmen beherrschen die Welt

Abbildung 2-1 stellt die Storebaelt-Brücke dar, die Ost- und Westdänemark miteinander verbindet. Ihr mathematisches Modell ist links kurz skizziert:  $y_{\min} = 77$  bedeutet, dass der tiefste Punkt des Tragseils 77 Meter über dem Meeresspiegel liegt, analog liegt der sein höchster Punkt bei 254 m.  $P(x) = 2,68 X \dots$  ist die Gleichung einer Parabel, die den Verlauf der Tragseile zwischen den beiden Punkten beschreibt.  $C: x^2 + (y \dots)$  ist die Gleichung eines Kreises mit einem Durchmesser von 45 km. Ein kleiner Ausschnitt davon beschreibt den Verlauf der Fahrbahn zwischen den Pylonen.

Mit Hilfe der Mathematik kann man den Verlauf von Tragseil und Fahrbahn aber nicht nur beschreiben, man kann mit ihrer Hilfe sogar nachweisen, dass das Seil den angegebenen Verlauf auch tatsächlich haben muss – schließlich könnte es ja sein, dass das Tragseil einer Hängebrücke in Wirklichkeit gar nicht parabelförmig verläuft, was für ihre Statik verheerende Wirkungen haben könnte. Tatsächlich glaubte man bis ins 17. Jahrhundert, dass jedes Seil, das zwischen zwei Punkten aufgehängt wird, parabelförmig verläuft. Das stimmt aber nicht: Das Tragseil einer Brücke folgt erst dann einer Parabel, wenn man die Fahrbahn angehängt hat, vorher hängt es in Form der sogenannten Kettenlinie. Der Unterschied ist auf dem Papier äußerst gering, bei einer großen Hängebrücke aber beträchtlich.

## 2.2 Mathematische Modelle als Annäherung an die Wirklichkeit

Mathematische Modelle sind immer nur eine Annäherung an die Wirklichkeit, nie die Wirklichkeit selbst. Auch der Konstruktion der Tacoma Narrows Bridge im US-Bundesstaat Washington, die am 1. Juli 1940 eröffnet wurde, lag ein mathematisches Modell zu Grunde. Mit einer Spannweite von 853 m war sie die drittgrößte Hängebrücke ihrer Zeit. Mit einer Tragwerkshöhe von nur 2,40 m bei einer Breite von 11,90 m wirkte sie sehr elegant, äußerst schlank und grazil – ein architektonisches Meisterwerk. Aber gerade ihre Schönheit wurde ihr zum Verhängnis. Bereits kurz nach der Eröffnung konnte man schon bei leichtem Wind ein Vibrieren des Brückenkörpers beobachten. Am 7. November 1940 begann der Mittelteil der Brücke bei nicht allzu starkem Wind zu schwingen. Bei einer Windgeschwindigkeit von 60 km/h führte der Mittelteil Auf- und Abschwüngen mit einer Schwingungsweite von 0,5 Meter aus. Dann setzte eine Drehschwüngen ein, durch die der linke Gehweg zeitweise 8 Meter höher war als der rechte und umgekehrt. Der Wind hatte die Brücke zu Schwingungen in ihrer Eigenfrequenz angeregt. Er verursachte immer stärkere Schwingungen und bewirkte schließlich den Einsturz der Brücke.

Wer hatte etwas falsch gemacht? Die Architekten und Statiker hatten sich auf ein mathematisches Modell für die Statik von Hängebrücken verlassen, das bis dahin immer funktioniert hatte. Aber sie hatten vielleicht übersehen, dass ein mathematisches Modell immer nur eine Annäherung an die Wirklichkeit ist, nie die Wirklichkeit selbst. Man darf nie der Illusion verfallen, es sei die Wirklichkeit. Es ist eine vereinfachte Abbildung der Wirklichkeit, gültig nur unter bestimmten Annahmen und Rahmenbedingungen. Einige dieser Annahmen hatten im vorliegenden Fall nicht zugetroffen. Selten sieht man die Auswirkungen der fehlerhaften Anwendung mathematischer Modelle so greifbar wie bei den Bildern vom Zusammenbruch der Tacoma-Brücke, heute in Sekundenschnelle weltweit über YouTube abrufbar. Aber mathematische Modelle durchdringen immer mehr Bereiche unserer Gesellschaft, unseres Lebens.

Im April 2010 brach der Vulkan Eyjafjallajökull aus und stieß eine erhebliche Menge Vulkanasche in die Atmosphäre. Mittels eines mathematischen Modells wurde die Ausbreitung der Vulkanasche prognostiziert und als Konsequenz der Flugverkehr in Europa weitgehend lahm gelegt. Ein Messflug der Lufthansa mit wissenschaftlicher Begleitung des Max-Planck-Institutes für Chemie an der Universität Mainz stellte dann fest, dass die Vulkanasche tatsächlich in anderen Höhen und in viel niedrigerer Konzentration als erwartet vorhanden war. Ein mathematisches Modell ist nie die Wirklichkeit, immer nur eine Annäherung an die Wirklichkeit.

Der Zusammenbruch einer Brücke oder ein mehrtägiges Flugverbot in Europa sind jedoch Kleinigkeiten gegenüber dem, was mathematische Modelle, unkritisch eingesetzt, in der Finanzwelt bewirken können.



### 2.3 Ein paar kritische Thesen zu mathematischen Modellen in der Ökonomie

Vor allem Nichtmathematiker bringen mathematischen Modellen größte Hochachtung entgegen, und je ausgeklügelter und komplexer ein Modell ist, desto größer der ihm entgegengebrachte Respekt. Besonders problematisch sind finanzmathematische Modelle. Die Ökonomie, so sagen viele, ist gar keine Wissenschaft. Mit Hilfe der Mathematik versuche sie, eine Exaktheit vorzuspiegeln, die überhaupt nicht vorhanden ist. Diese Ansicht ist übrigens nicht neu, wie ein Blick in eine Zeitschrift von vor 190 Jahren zeigt:

„Es gibt wohl keine menschliche Erkenntnis, worüber mehr Unsinn zusammen geschrieben wäre, als über die Finanzwissenschaft. Sie hat sich ein Labyrinth von Theorien aufgebaut, die fast alle, praktisch ausgeübt, den Europäischen Staaten ein Verderben geworden sind. [...] die sogenannte Finanzwissenschaft ist keine Wissenschaft“<sup>23</sup>

„Ökonomie ist eigentliche keine Wissenschaft“, sagt auch der Hamburger Mathematiker Claus Peter Ortlieb und beklagte am 8. Mai 2010 in der FAZ die unreflektierte Anwendung der Mathematik in der Ökonomie: „In den mathematischen Naturwissenschaften liegt die Verbindung zwischen Mathematik und Realität im Experiment, in dem die mathematischen Idealbedingungen im Labor erst hergestellt werden. Nur dort tritt ein mathematisches Naturgesetz in seiner vollen Pracht und Herrlichkeit überhaupt in Erscheinung. Oder eben auch nicht, was dann zur Revision der zugrunde liegenden Theorie führt. Was macht nun aber ein Fach wie die Ökonomie, in dem Experimente nicht möglich sind, sondern allenfalls Beobachtungen? Hier fällt das mit der mathematisch-naturwissenschaftlichen Methode verbundene Wahrheitskriterium weg - doch was tritt dann an seine Stelle? Daraus ergeben sich schwierige methodische Fragen. Was ich den mathematischen Ökonomen zum Vorwurf mache und mich an ihrem Vorgehen wirklich stört, das ist, dass sie sich mit diesem Problem gar nicht erst auseinandersetzen...“<sup>24</sup>

In seinem Anfang 2013 erschienenen Buch „Ego – Das Spiel des Lebens“ beschreibt FAZ-Mitherausgeber Frank Schirmacher, wie die mathematischen Modelle der Spieltheorie nach dem Ende des Kalten Krieges vom militärischen in den ökonomischen Bereich übernommen wurden. „Erst übernahm der Computer strategische Entscheidungen beim Militär, dann ökonomische Entscheidungen in Märkten und schließlich immer häufiger soziale Entscheidungen im menschlichen Leben. Er muss nicht intelligent oder intuitiv sein, er muss nur nach den Regeln der Spieltheorie rechnen können.“<sup>25</sup>

Was stört bei der Berechnung der Zukunft mehr als der Mensch? Er ist ein wandelndes Risiko. Er schläft nicht nur manchmal bei der Arbeit ein, er ist widerspenstig und widersprüchlich, er lässt sich

---

<sup>23</sup> Hesperus. Encyclopaedische Zeitschrift für gebildete Leser, November 1824.

<sup>24</sup> <http://www.faz.net/-gum-6sgk9> (abgerufen: 23.07.2014)

<sup>25</sup> Schirmacher: Ego: Das Spiel des Lebens; Karl Blessing Verlag (2013)

nicht in die Karten schauen und hat auch sonst noch so viele unnütze Dinge im Kopf, dass jede Kalkulation versagt.

Seit Jahrhunderten hatten Leute herausfinden wollen, wie der Mensch tickt, und sie alle, ob Wahrsager, Philosophen, Psychologen, waren letztlich gescheitert. Wie sollten ausgerechnet Ökonomen die menschliche Unberechenbarkeit auf eine Formel bringen können? Ihre zündende Idee: Sie fragten nicht mehr, wie der Mensch tickt. Sie fragten, wie der Mensch ticken müsste, damit ihre Formeln funktionieren. Und die Antwort lag auf der Hand: Alle Probleme mit dem Unsicherheitsfaktor Mensch lösen sich in Wohlgefallen auf, wenn man zwingend annimmt, dass er bei dem, was er denkt und tut, immer nur an seinen eigenen Vorteil denkt.“

SPIEGEL online fasste am 11.02.2013 zusammen: „Im Kalten Krieg haben amerikanische Militärs und Physiker die Sowjets mit den Instrumenten der Spieltheorie in die Knie gezwungen. Als es keine Sowjets mehr gab, sind die Physiker an die Wall Street gegangen und zwingen seitdem mit ihrer Theorie die Welt in die Knie. Wir alle sind Opfer einer Ideologie des Egoismus ... Eine Ideologie von Psychopathen für Psychopathen.“

Und Andreas Zielcke meinte in der SZ vom 16.02.2013: „Der Clou seines Buches ist nun, dass er veranschaulicht, wie dieses Modell des ‚rationalen Egoismus‘, das zunächst nur eine Fiktion, eine schlichte Vereinfachung für formalisierbare Theoriebildung darstellte, nach und nach die ökonomische Praxis beeinflusst und schließlich so tief darin eindringt, dass es sie nach seinem Bilde formt. Das Modell macht sich die Realität untertan, das künstliche Geschöpf, Frankenstein, wird Vorbild, Eminenz und Herrscher über seinen Schöpfer. Der Modellplatonismus entpuppt sich als Realtyrannei.“

## **2.4 Auch Nobelpreisträger können irren – manche sogar laufen**

Eine der grundlegenden Arbeiten in der Finanzmathematik ist das von Fischer Black, Robert C. Merton und Myron Samuel Scholes veröffentlichte „Black-Scholes-Modell“ zur Bewertung von Finanzoptionen. Scholes und Merton erhielten hierfür 1997 den Nobelpreis für Wirtschaftswissenschaften (Black war bereits 1995 verstorben). Auf den Arbeiten der drei baut praktisch die gesamte moderne Finanzwissenschaft auf, alle Modelle, mit denen Banken und Pensionsfonds, Versicherungen und Hedgefonds Wertpapier- und Aktienkursentwicklungen für die Zukunft modellieren oder Finanzoptionen bewerten. Sie tragen Wissenschaftlichkeit suggerierende Namen wie „Black-Karasinski-Modell“ oder „Cox-Ingersoll-Ross-Modell“, sie werden an den modernen Business-Schools tausenden von Studenten als das Nonplusultra vermittelt, und über allem leuchtet der Nobelpreis für Wirtschaftswissenschaften.

Scholes und Merton waren Mitte der 1990er-Jahre Direktoren des Hedgefonds Long Term Capital Management (LTCM) geworden, der mit der Gewissheit, zwei geniale und mit dem Nobelpreis ausgezeichnete Wissenschaftler in der Geschäftsführung zu haben, in kurzer Zeit mehrere Milliarden US-Dollar Kapital einsammelte, mit denen Optionsgeschäfte im Volumen von mehreren hundert Milliarden Dollar getätigt wurden.

LTCM investierte vor allem in Wetten, dass sich die Spreads bei Futures wieder ihren historischen Durchschnittswerten annähern würden. Zunächst funktionierte das Modell, der Fonds machte pro Jahr etwa 40 % Plus. Im Jahr 1998 trat eine Marktentwicklung ein, die nach dem mathematischen Modell von Scholes und Merton nicht in einer Milliarde Jahren hätte eintreten dürfen. Die Nobelpreisträger hatten geirrt, LTCM hatte sich verspekuliert und das Eigenkapital schmolz dahin. Es drohte der Zusammenbruch des US-amerikanischen und internationalen Finanzsystems, und nur mit einer gemeinsamen Rettungsaktion der weltgrößten Banken zusammen mit der US-Notenbank und der New Yorker Fed konnte das Schlimmste verhindert werden.

Der Gründer von LTCM, John Meriwether, leitete nach der Auflösung einen neuen Hedgefonds, der nach der gleichen Methode wie damals LTCM mit Hilfe von hohen Krediten auf den Rückgang anormaler Preisdifferenzen auf den Finanzmärkten spekulierte. Der Fonds wurde im Juli 2009 nach massiven Verlusten geschlossen.

Dem oft unreflektierten Einsatz mathematischer Modelle in der Finanzwelt hat all dies keinen Abbruch getan.

## **2.5 Das Prinzip der Modellbildung**

Modellierung heißt nicht Gestaltung, Modellierung heißt Vereinfachung. Das mathematische Modell ist eine vereinfachte, oft dramatisch vereinfachte Darstellung eines realen Problems. Durch diese notwendige Vereinfachung wird oft der Zusammenhang zwischen Modell und Wirklichkeit zerrissen. In der Naturwissenschaft kann die Korrektheit der Modellierung und der Lösung durch ein Experiment überprüft werden, in der Volkswirtschaft nicht. Daher darf die mathematische Lösung des Modells auch nicht als Lösung des realen Problems gesehen werden, sie bedarf vielmehr der Interpretation.

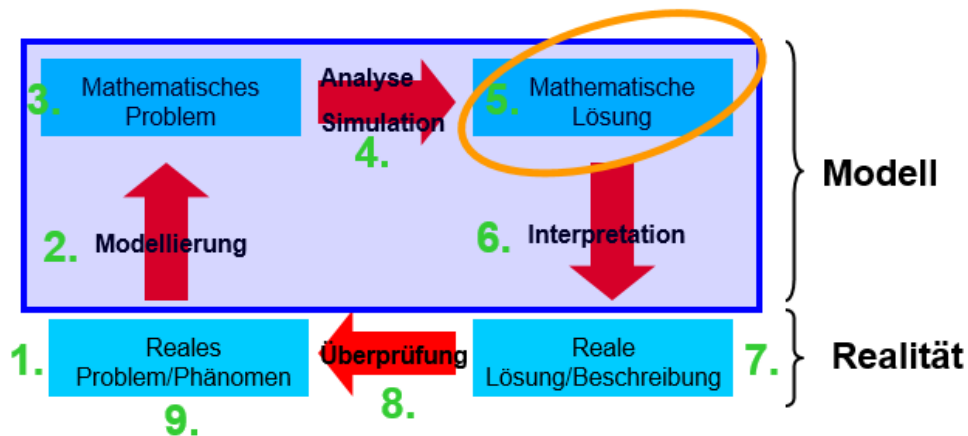


Abbildung 2-2: Modell und Wirklichkeit

Und gerade das wird oft von Nicht-Mathematikern übersehen. Kollegen von schweizerischen Versicherungen berichten, dass den Chief Risk Officer beim Swiss Solvency Test trotz aller Fragwürdigkeit des Modells oft nur eine Zahl interessiert: Die mathematische Lösung. Liegen wir über 100 %, und wenn ja, wie viel?

Wenn man aber die mathematische Lösung nicht als das Nonplusultra hinnimmt, sondern vernünftig interpretiert, dann kann man bisweilen zu ganz erstaunlichen realen Problemlösungen kommen. Am 14. November 2013 kam folgende Pressemeldung über den Ticker:

„EasyJet, Airbus und Nicarnica Aviation bestätigen: Aschedetektor-Technologie AVOID besteht den finalen Praxistest. EasyJet, Airbus und Nicarnica Aviation haben die letzte Testphase der Aschedetektor-Technologie AVOID (Airborne Volcanic Object Imaging Detector) erfolgreich abgeschlossen. Flugzeuge, die zukünftig mit dem System ausgestattet werden, können Aschewolken frühzeitig identifizieren und diese umfliegen. Eine Airbus-Testmaschine verteilte in einer Höhe von 9.000 bis 11.000 Fuß (2.700 bis 3.300 Meter) eine Tonne isländischer Vulkanasche des 2010 ausgebrochenen Eyjafjallajökull in der Atmosphäre.“

## 2.6 Auf dem Weg von Solvency I zu Solvency II

Ich bin kein glühender Anhänger von Solvency I. Aber niemand kann bestreiten, dass es uns unter Solvency I gelungen ist, in Verbindung mit dem Aktuarbericht, diversen Stresstests, Niedrigzinsszenariorechnungen, dem Angemessenheitsbericht des Verantwortlichen Aktuars u. v. m. die entscheidenden Risiken einer Lebensversicherung zu beurteilen und sie zu steuern. Die Einführung der Zinszusatzreserve zur Absicherung der in der Vergangenheit eingegangenen Verpflichtungen ist ein Beispiel dafür, wie man aufgrund von Fachkenntnis und Berufserfahrung ganz ohne stochastische mathematische Modellierung durch die Finanzmarktkrise steuert.

Die heutigen Solvabilitätsvorschriften nach Solvency I sind viel zu einfach: Der geforderte Mindestbetrag an „freien unbelasteten Eigenmitteln“ beträgt bei deutschen Lebensversicherern:

4,0 %	der Deckungsrückstellung der Hauptversicherungen
+ 0,3 %	des riskierten Kapitals der Hauptversicherungen
+ 16,0 %	der Beiträge aus Zusatzversicherungen
+ 10,0 Mio. €	fixer Betrag

Dieses einfache Modell passt im Zweifelsfall auch einen Bierdeckel, bringt allerdings auch keine Heerscharen von Unternehmensberatern in Lohn und Brot.

Dem neuen Aufsichtsregime für Versicherungen, Solvency II, liegen finanzmathematische Modelle zugrunde. Mittels Risikomanagementmodellen sollen Unternehmen gesteuert werden, „stochastische“ Zinssimulationen sollen ermitteln, ob ein Lebensversicherer noch genügend Eigenkapital hat, um seine Leistungsversprechen zu erfüllen.

Nun muss man der EU-Kommission als Initiatorin von Solvency II zugutehalten, dass sie vor fast anderthalb Jahrzehnten – mitten im Boom der Kapitalmärkte - im guten Glauben das Prinzip formuliert hatte, Solvency II solle die Eigenmittelanforderungen der Versicherungsunternehmen zu „Marktwerten“ definieren. Die Verfechter der Marktwertbilanzierung gehen gemäß der neoklassischen Theorie davon aus, dass in den jeweils aktuellen Kursen stets alle Informationen des Marktes, alle Entwicklungen der Vergangenheit und alle Erwartungen für die Zukunft, exakt zusammengefasst sind. Eine Bilanzierung zu Marktwerten am 31.12. eines Jahres ist daher immer richtig, auch wenn das ganze Jahr über die Kurse völlig anders waren und am 2. Januar wieder anders sind.

In der Tat, wenn man sich die Mindestanforderungen an das Risikomanagement bei Banken und Versicherungen, Basel II oder Solvency II, dieses umfassende tausende von Seiten dicke Regelwerk, anschaut, so hat man den Eindruck, die Verfasser meinten, ein Unternehmen erfolgreich zu führen sei nicht im Wesentlichen eine Sache von Ausbildung, Berufserfahrung, Marktverständnis, Menschenkenntnis und Menschenführung, Umsichtigkeit und kreativen Ideen, sondern ein Unternehmen könne man steuern mit Hilfe von Checklisten und Computerprogrammen. Aber ein Computerprogramm ist nie lernfähig, nie kreativ.

## 2.7 Was ist der Marktwert wert, wenn der Markt verrücktspielt?

Die Ursprungsidee von Solvency II entstand in der Zeit des unbedingten Glaubens an die Marktwert-Ideologie, die sich in den MCEV-Prinzipien des CFO-Forums widerspiegelt. Deren Ziel ist es, eine Aussage über den ökonomischen Wert eines Versicherungsunternehmens aus Aktionärsicht zu erhalten. Die Interessen der Versicherten spielen bei dieser Betrachtung keine Rolle, es geht eher darum zu sehen, wie rentabel ein Investment als Aktionär in ein Unternehmen der Finanzwirtschaft ist.

Die MCEV-Gläubigkeit hat allerdings in der Finanzmarktkrise Schaden gelitten. Der britische Versicherer Aviva verschickte am 19.12.2008 eine ad-hoc-Meldung: „The CFO Forum MCEV Principles were designed during a period of relatively stable market conditions.“ Und die gab es plötzlich nicht mehr. Der MCEV erwies sich bei instabilen Märkten als ziemlich instabil – oh Wunder! Die Wirtschaftsprüfungsgesellschaft PwC notierte in ihrem Actuarial Newsletter vom Juli 2009: „Weiterhin zeigt unsere Analyse, dass konzeptionelle Probleme in den MCEV Standards existieren. Eine strikte Anwendung der MCEV Prinzipien ‚in turbulent markets‘ kann zu irreführenden Ergebnissen führen.“

Dabei hatte die EU-Kommission eigentlich alles richtig gemacht. Über viele Jahre hinweg konnten sich die Versicherer mit diversen quantitativen Auswirkungsstudien an die Solvency-Berechnungen herantasten. Das Dumme nur: Es war eine Annäherung an ein „moving target“. Zeigten die ersten Ergebnisse noch üppige Bedeckungen der Solvabilität, so rechneten die Lebensversicherer im Laufe der Zeit gegen stetig sinkende Marktzinsen und ein immer komplexer werdendes Modell an.

Erschwerend kam hinzu, dass insbesondere die offiziellen Studien bis hin zu QIS 3 und QIS 4 zu Bilanzstichtagen erfolgten, die jeweils eine recht gutmütige Zinsstrukturkurve aufwiesen. So fühlten sich die EU-Kommission und die europäischen Aufseher in trügerischer Sicherheit. Hätte man QIS 4 nur ein Jahr später gerechnet, die Ergebnisse wären dramatisch eingebrochen. Ähnliches gilt für QIS 5. Die Ergebnisse der verschiedenen Auswirkungsstudien und ihre Übertragung auf andere Bilanzstichtage zeigen, dass die Solvabilitätsbilanz zu Marktwerten nicht die Maßzahl für die Stabilität eines Versicherungsunternehmens liefert. Kurz gefragt: Was ist der Marktwert wert, wenn der Markt verrücktspielt?

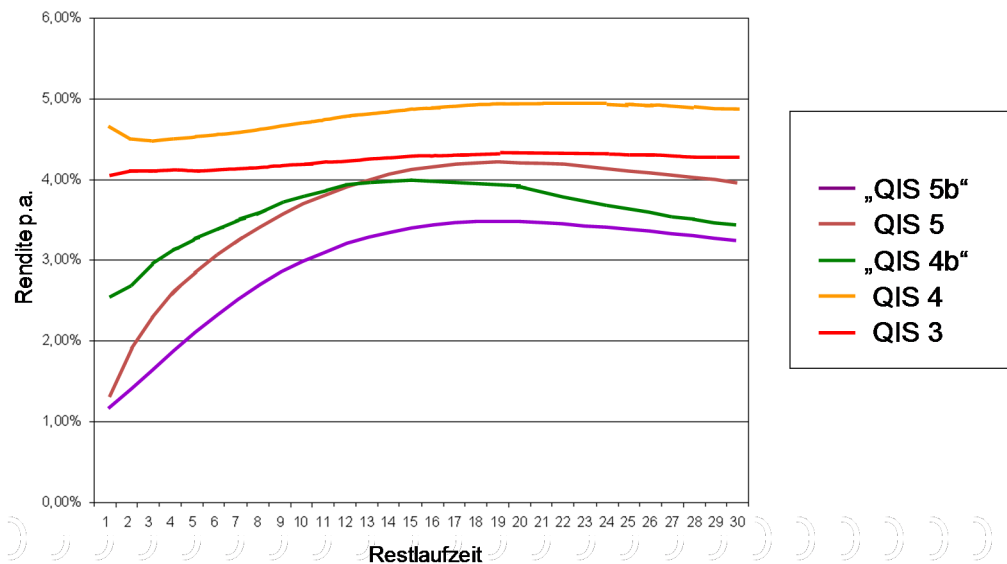


Abbildung 2-3: Die Zinsstrukturkurven zu verschiedenen QIS-Studien (unkorrigiert)

Weil man nun kurz vor Einführung von Solvency II merkt, dass die Marktwertorientierung nicht funktioniert, bastelt man sich den Marktwert zurecht. Mit UFR, CCP, MA usw. Der Ausschuss Risikomanagement des GDV fasste die Gründe für das im Sommer 2013 europaweit unter dem Namen „Long Term Guarantees Assessment“ (LTGA) durchgeführte Experiment zusammen:

„Im Verlauf der aktuellen Finanzmarkt- und Staatsschuldenkrise hat sich herausgestellt, dass die ursprüngliche Solvency II-Richtlinie keine adäquaten Instrumente für derartige Krisensituationen bereithält. Die Trilog-Parteien haben daher EIOPA beauftragt, mit einer Auswirkungsstudie zu langfristigen Garantien verschiedene Vorschläge für Mechanismen zur Lösung der krisenbedingten Probleme bei der Bewertung von Rückstellungen zu testen. In 13 verschiedenen Szenarien wurden Maßnahmen in unterschiedlichen Kombinationen getestet: Extrapolation: verschiedene Startpunkte und Zeitspannen der Annäherung an die UFR, Antizyklische Prämie; Matching Adjustment; Übergangsregelungen...“

Die untenstehende Grafik zeigt einige der für die Diskontierung der versicherungstechnischen Verpflichtungen zum Bewertungsstichtag 31.12.2011 im LTGA verwendeten Zinskurven; die „transitional curve“ ist spezifisch für den Bestand eines bestimmten Lebensversicherers. Zusätzlich wurden unterschiedliche CCP-Ansätze gewählt, von 0 über 50 und 100 bis zu 250 Basispunkten Aufschlag. Für längere Laufzeiten erfolgte im LTGA eine Smith-Wilson-Extrapolation der um die CCP erhöhten Zinskurven.

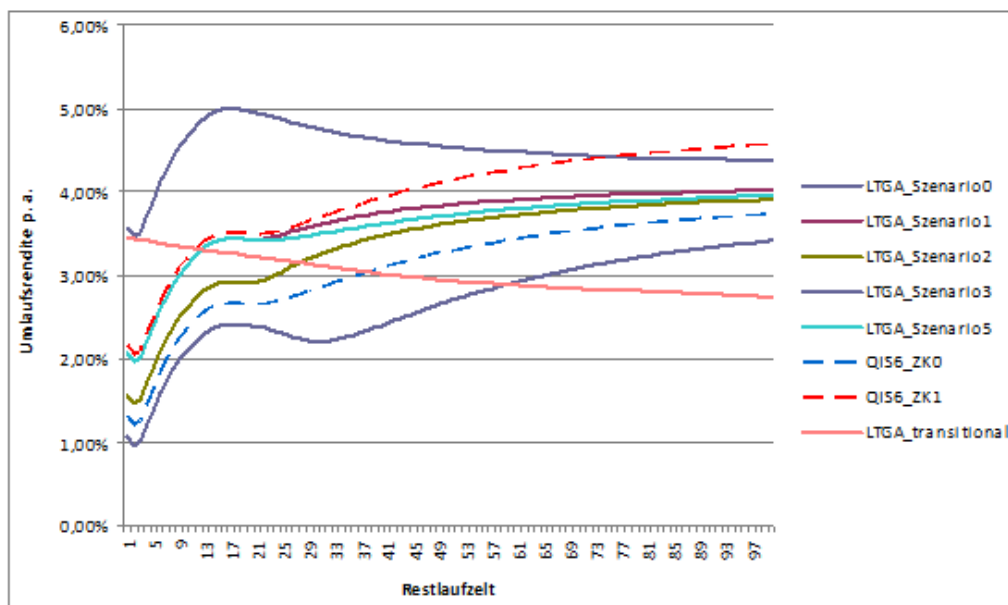


Abbildung 2-4: Vergleich der im LTGA verwendeten Zinskurven per 31.12.2011

Und nun sucht sich die EU eine dieser Kurven heraus und glaubt ganz fest daran.

Es ist dieser Glaube an das mathematische Modell und das Ergebnis der Modellrechnung, der so verheerend ist, nicht das Modell selbst. Das Modell kann ja nichts dafür, dass es angeboten wird wie ein Götze. Bei finanzmathematischen Modellen verhält es sich wie bei Ratingagenturen: Sie sind notwendig, aber ihre Ergebnisse sind fehlerhaft.

## 2.8 Wer stoppt die Zauberlehrlinge der neoklassischen Finanztheorie?

Ein früher Kritiker von Solvency II, der spanische Ökonom und Jurist Jesus Huerta de Soto, schrieb schon 2007 in der „Versicherungswirtschaft“:

„So betrachtet, erstaunt es, wie während der letzten 200 Jahre die Versicherungsunternehmen trotz der Tatsache, weder über all die modernen Werkzeuge der neoklassischen Finanztheorie, noch über die Value-at-risk-Analyse oder die Simulation verschiedener Wahrscheinlichkeitsverteilungen (d.h. den Fundamenten, auf denen Solvency II beruht) verfügt zu haben, und trotz Kriegen, Wirtschaftskrisen und externen Schocks es geschafft haben, solvent zu bleiben und ihren Verpflichtungen nachzukommen.

Dieses ‚Überleben‘ der Versicherungsgesellschaften war möglich, weil sie evolutorisch eine Reihe regelgebundenen Verhaltens erlernten und annahmen. Als Beispiele seien die Buchführung zu Anschaffungskosten, eine konservative und passive Anlagepolitik insbesondere in festverzinsliche Wertpapiere und Immobilien, die Vermeidung des moral hazard und die Verwendung technischer Zinssätze ohne Inflationsausgleich in Lebensversicherungsverträgen genannt. Diese erlaubten es



ihnen, erfolgreich der ständigen, aus der Geschäftsführung resultierenden Ungewissheit (die kein Risiko ist) zu begegnen.“

Stanley Kubrick drehte 1968 den Film „2001 – A Space Odyssey“. Ein Raumschiff ist auf dem Weg zum Jupiter, die Astronauten befinden sich im Tiefschlaf. Über alles wacht der Computer HAL 9000. Er gilt als absolut perfekt – unfähig, den geringsten Fehler zu machen. Doch die Astronauten merken, dass er Fehler macht. Daraufhin tötet der Computer alle Astronauten bis auf einen, dem es unter größten Schwierigkeiten gelingt, HAL manuell abzuschalten. Dabei versucht HAL mit immer neuen Beschwichtigungen und Argumenten, zum Beispiel über die Wichtigkeit der Mission, den Astronauten von seinem Entschluss abzubringen.

Das American Film Institute wählte „2001 – A Space Odyssey“ zum besten Science-Fiction-Film aller Zeiten. HAL-9000 erreichte Platz 13 der Top 50 Schurken aller Zeiten.

Der Internet-Pionier David Gelernter, Professor für Computerwissenschaften an der Yale University, warnt: „Wenn wir uns auf Computersimulationen verlassen, verlieren wir den Verstand.“

Wer rettet uns den Verstand? Wer befreit uns von der Modellgläubigkeit? Wer bewahrt uns vor den Zauberlehrlingen?

*„Die ich rief, die Geister,  
Werd' ich nun nicht los“ –  
„In die Ecke,  
Besen! Besen!  
Seid's gewesen.  
Denn als Geister  
Ruft euch nur, zu seinem Zwecke,  
Erst hervor der alte Meister.“*

Johann Wolfgang von Goethe, Der Zauberlehrling.

### 3 Kurzbericht über den Vortrag „Zwischen Blindflug und Boninis Paradox – Modelle in der Finanzmathematik“ von Stefan Heinemann

(Zusammenfassende Darstellung; Verfasser: Oskar Goecke)

#### 3.1 Allgemeine Hinweise zum Modellbegriff

Dr. Heinemann beginnt seinen Vortrag mit einigen allgemeinen Hinweisen zum Modellbegriff. Er weist zunächst darauf hin, dass ein Modell stets *beschränktes* Abbild der Wirklichkeit ist und stets die folgenden Merkmale aufweist:

- Ein Modell ist eine *Abbildung* der Realität: Ein Modell ist stets ein Modell von etwas, nämlich Repräsentation eines natürlichen oder eines künstlichen Originals, das selbst wieder Modell sein kann.
- Ein Modell ist eine *Verkürzung*: Ein Modell erfasst im Allgemeinen nicht alle Attribute des Originals, sondern nur diejenigen, die dem Schöpfer des Modells bzw. Modellnutzer relevant erscheinen.
- Ein Modell zeichnet sich stets durch einen *Pragmatismus* aus: Modelle erfüllen eine Ersetzungsfunktion
  - a) für bestimmte Subjekte (*Für Wen?*),
  - b) innerhalb bestimmter Zeitintervalle (*Wann?*) und
  - c) unter Einschränkung auf bestimmte Operationen (*Wozu?*).

Um zu verdeutlichen, warum Modelle nötig und hilfreich sind, verweist Herr Dr. Heinemann auf die sogenannten *Dummies*, die in Automodulindustrie bzw. in der Unfallforschung als Modelle des menschlichen Körpers verwendet werden. Unfallforschung könne man eben nicht am realen Objekt betreiben, selbst Dummies seien auf Dauer zu teuer und müssten durch komplexere mathematische Modelle ersetzt werden.

#### 3.2 Boninis Paradox

Das Bonini Paradox bezeichnet das grundsätzliche Dilemma der Modellbildung: Ein einfaches Modell bildet die Realität nicht genau genug ab, während ein sehr realitätsnahes Modell so komplex sein wird, dass man es kaum verstehen kann. Dr. Heinemann zitiert in diesem Zusammenhang die Autoren John M. Dutton und William H. Starbuck, die 1971 ausführten:

*„Werden Modelle komplexer Systeme vollständiger, so werden sie auch weniger verständlich. Anders ausgedrückt: Während ein Modell realistischer wird, wird es ebenso schwierig zu verstehen, wie der reale Prozess, den das Modell repräsentiert.“*

Die Idee einer „Landkarte im Maßstab 1:1“ findet in der Literatur eine breite Rezeption; Herr Dr. Heinemann gibt den Zuhörern hierzu folgende literarischen Quellen als Leseempfehlung:

- Lewis Carroll: „Sylvie and Bruno“ (1893)
- Jorge Luis Borges: „Del rigor en la ciencia“ (1960)
- Umberto Eco: „Diario minimo“ (1963)

### **3.3 Modelle und Annahmen in der Finanzmathematik**

Im Hauptteil seines Vortrags untersucht Dr. Heinemann eine Reihe von Annahmen, deren Gültigkeit in den Modellen der Finanzmathematik vorausgesetzt wird:

- A1. *Rationalität der Marktteilnehmer*, was u.a. bedeutet, dass bei sonst gleichen Bedingungen die Marktteilnehmer die Entscheidungsvariante wählen, die die maximale Rendite bringt.
- A2. *Arbitrage-Freiheit*: Es ist nicht möglich auf dem Kapitalmarkt ohne Einsatz von Kapital und Risiko einen Gewinn zu erwirtschaften.
- A3. *Unendliche Liquidität*: Es wird unterstellt, dass die Marktteilnehmer sich jederzeit in beliebigem Umfang liquide Mittel verschaffen können.
- A4. *Kein Kontrahenten-Risiko*: In vielen Modellen wird das Kontrahenten-Risiko ausgeblendet
- A5. *Keine Reibungsverluste*: Transaktionskosten werden vernachlässigt
- A6. *Kontinuierlicher Handel*: Es wird unterstellt, dass zu jedem Zeitpunkt und in beliebiger Höhe Wertpapiere am Kapitalmarkt gehandelt werden können.
- A7. *Random Walk Hypothese*: Relative Preisänderungen sind „gedächtnislos“ und sind lognormal-verteilt.
- A8. *Zinsen sind deterministisch*
- A9. *Konstante Zinsstruktur*
- A10. *Volatilitäten sind nicht stochastisch*
- A11. *Volatilitäten sind konstant*
- A12. *Dividendenrenditen sind konstant*
- A13. *Korrelationen sind nicht stochastisch*

Die oben genannten Annahmen ordnet Herr Dr. Heinemann einer Reihe klassischer Modellansätze zu:

<b>Traditionelle Barwertmethoden:</b> relevant für die Modellierung von: Present Value (PV), Yield to Maturity (YtM), Internal Rate of Return (IRR), Stückzinsen, Duration, Konvexität	A 1, A 2, A3, A 4, A 5
<b>(No)Arbitrage-Methoden:</b> relevant für die Modellierung von: Terminkurse, Forwards, Futures	A 1, A 2, A3, A 4, A 5
<b>Black-Scholes-Welt:</b> relevant für die Modellierung von: Optionspreise	A 1, A 2, A3, A 4, A 5, A 6
<b>(einfache) Monte Carlo-Methoden:</b> relevant für die Modellierung von: allgemeine Bewertung von Assets&Liabilities	A 1, A 2, A3, A 4, A 5, A 7, A10, A 11
<b>(allgemeine) Monte Carlo-Methoden:</b> relevant für die Modellierung von: allgemeine Bewertung von Assets&Liabilities inkl. z. B. Stochastiv Volatility („Double Random Walk“)	A 1, A 2, A3, A 4, A 5

Anhand einer Reihe von Marktbeobachtung aus der jüngeren Vergangenheit illustrierte Herr Dr. Heinemann die Zweifelhaftigkeit der Annahmen A1- A13.

- Die extremen Schwankungen des EUROSTOXX-Index seit 1998 lassen bezweifeln, dass die Marktteilnehmer rational handeln.
- Die teilweise hohen Spreads zwischen den Renditen von Pfandbriefen und von Staatsanleihen deuten darauf hin, dass Arbitrage-Möglichkeiten doch existieren.
- Die Preise für Credit Default Swaps der Vergangenheit (gezeigt am Beispiel Islands) zeigen, dass auch bei Staatsanleihen ein echtes Kontrahenten- Risiko besteht.
- Der temporäre dramatische Anstieg des Bid/Ask-Spreads bei VW-Aktien (Ende 2008) beweist, dass man Reibungsverluste bei Wertpapierhandel *nicht* vernachlässigen kann.
- Die impliziten Volatilitäten von Optionspreisen (gezeigt am Beispiel von Swaptions) lassen die Annahme nicht-stochastischen Volatilitäten als äußerst zweifelhaft erscheinen.

Aus diesen Betrachtungen zieht Herr Dr. Heinemann folgendes Fazit: Viele der „technischen Vereinfachungen“ seien immer als „leicht bedenklich“ angesehen, im Rahmen der jüngsten Entwicklungen sind sie seiner Meinung nach noch fragwürdiger geworden.

### 3.4 Solvency II und Monte Carlo

Dr. Heinemann geht auch kurz auf das Problem ein, wie ein Versicherer überhaupt „beweisen“ kann, dass das vom Solvency-II geforderte Sicherheitsniveau von 99,5% eingehalten wird. Selbst unter der Normalverteilungsannahme sei es kaum möglich, ein 99,5%-Quantil sicher zu belegen.

### 3.5 Pragmatische Ansatz/ Ausblick

Herr Dr. Heinemann schließt seinen mit drei Thesen:

**These I:** Ohne Modelleinsatz lässt sich heutzutage keine umfangreiche Kapitalanlage mehr steuern.

**These II:** Adäquate Nutzung ist wichtig (Wissen um die Schwächen des Modells, wenn möglich sogar quantitative Abschätzungen der „Fehler“)

**These III:** Aufgrund der zunehmenden Komplexität (einerseits regulatorisch, Accounting-technisch, andererseits auf Seiten der Anlage-Instrumente) wird die „Technisierung“ des Anlage-Prozesse weiter zunehmen.

## 4 35 Jahre (aktuarielle) Modellierung und kein bisschen weiser? Ein Beispiel aus der Krankenversicherung

(Sabine Mohsler, Michael Renz)

Die actuarielle Modellierung hat in den vergangenen 35 Jahren große Entwicklungssprünge gemacht. Im folgenden Artikel skizzieren wir zunächst die wichtigsten historischen Entwicklungen bei der Modellierung in der Lebensversicherung. Im anschließenden Praxisbeispiel aus der privaten Krankenversicherung wird aufgezeigt, wie Modelle mittlerweile auch hier Anwendung finden.

### 4.1 Historischer Überblick über die Modellierung in der Lebensversicherung

In der Lebensversicherung haben sich in den letzten 35 Jahren im Hinblick auf die Unternehmensmodellierung einige wichtige Entwicklungen ergeben, wobei die aus unserer Sicht Wichtigsten nachfolgend aufgelistet sind.

1978	Allianz	Finanzierung der Überschussbeteiligung (Sollzins-Istzins-Verfahren)
1994	UK	Resilience Reserve / Resilience Testing
1997	Der Aktuar, Heft 4/97	Verfahren zur Bestimmung des Höchstrechnungszinses
1998	GenRe	Adlon-Lebensversicherung (Asset-Liability-Management)
2002	DAV Ausschuss Finanzmathematik	Investmentmodelle für das Asset-Liability-Modelling von Versicherungsunternehmen
2003	Schweiz	Start des Swiss Solvency Test Projektes
2005	DAV-AG	Stochastischer Embedded Value
2005	GDV	Solvency II- Modellierung (Discussion Paper for a Solvency II Compatible Standard Approach (Pillar I))
2010	IAA	Stochastic Modelling – Theory and reality from an actuarial perspective
2013	IAIS	IAIS Commits to Develop by 2016 a Global Insurance Capital Standard (risk based)
2013	EU	Start von Solvency II ab 2016

Die ersten Überlegungen zur Beurteilung der nachhaltigen Finanzierung der Überschussbeteiligung durch eine Analyse der zukünftigen Cash-Flows der Passivseite Ende der 70er Jahre haben unter den deutschen Aktuaren eine heftige Methodendiskussion angestoßen. Ermöglicht wurden diese Ansätze zum einen durch die Verfügbarkeit von Rechnerleistungen für die individuelle Datenverarbeitung zum anderen durch die Anwendung von Methoden der betriebswirtschaftlichen Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung auf actuarielle Problemstellungen.

In den 90er Jahren wurden dann verstärkt die Cash-Flows der Aktivseite in Modellen betrachtet. Die Arbeitsgruppe Höchstrechnungszins der Deutschen Aktuarvereinigung DAV hat 1997 ein Verfahren zur Bestimmung des Höchstrechnungszinses, das auf Szenariotechniken basiert, entwickelt. Die Aktualität und Justierung der Szenarien wird inzwischen regelmäßig mit stochastischen Simulationen von Zinsmodellen überprüft.

Die integrierte Modellierung von Aktiv- und Passivseite wurde ab 1998 im Rahmen der Asset-Liability-Modelle der GenRe, damals noch Kölnische Rückversicherung, (Arbeitstitel „Adlon-Lebensversicherung“) in der deutschen Lebensversicherungswirtschaft intensiv diskutiert. Die Analyse von Niedrigzinsszenarien und Volatilität von Aktienmärkten sowie deren Auswirkung auf die Risikopuffer von Lebensversicherungsunternehmen stellte sich im Nachhinein als alles andere als pessimistisch heraus. Niedrige Zinsen bei hohen Garantien und relativ hohe Engagements in Aktieninvestments brachten nach dem Platzen der Technologieblase einige deutsche Lebensversicherungsunternehmen in ernsthafte Schwierigkeiten.

Als Konsequenz aus diesen Erfahrungen wurde die gesamthafte Betrachtung von Aktiv- und Passivseite mit Hilfe von Szenarioanalysen und stochastischen Simulationen stark vorangetrieben. Die Schweiz begann ab 2003 mit der Entwicklung des Swiss Solvency Tests, der von Beginn an auf stochastischen Simulationen künftiger Kapitalmarktentwicklungen aufbaute. Etwas später wurde auf europäischer Ebene mit der Entwicklung des Solvency II-Modells begonnen. Ab 2016 werden die Verfahren von Solvency II in den Mitgliedsstaaten der europäischen Union eingeführt werden. Für die deutschen Lebensversicherungsunternehmen entwickelt der Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft GDV ein (Branchen-) Simulationsmodell, das in den Standardsituationen den Unternehmen die Analyse der Solvenzsituation unter Solvency II ermöglichen soll.

Betrachtet man die Entwicklung der letzten 30 Jahre, stellt man fest, dass es einen deutlichen Trend zu immer komplexeren Modellen zur Analyse der wirtschaftlichen Situation von Versicherungsunternehmen und speziell Lebensversicherungsunternehmen gibt. Die Modelle nehmen nicht in Anspruch, die Entwicklung von Versicherungsunternehmen zu prognostizieren, helfen aber, die Entwicklung wirtschaftlicher Kennzahlen in den unterschiedlichsten Szenarien für Aktiv- und Passivseite wesentlich besser verstehen und beurteilen zu können. Dadurch tragen sie zu einer deutlichen Verbesserung der Unternehmenssteuerung bei. Dies ist speziell für die deutsche Lebensversicherung mit ihren extrem langlaufenden Verträgen, den langdauernden und relativ hohen Garantien sowie den eingebetteten Optionen wichtig. Die über Jahrzehnte sinkenden Kapitalmarkt-zinsen haben darüber hinaus die Margen der Kapitalanlagen (Verzinsung des Kapitalanlage-portfolios versus Garantiezins des Bestandes) deutlich reduziert, eine präzisere und wertorientierte Unternehmenssteuerung ist unerlässlich geworden.

## **4.2 Praxisbeispiel aus der aktuariellen Modellierung in der Krankenversicherung**

Die private Krankenversicherung weist in Bezug auf die Art des Versicherungsgeschäfts als auch hinsichtlich der Risiken durchaus Parallelen zur Lebensversicherung auf. Auch bei der Unternehmensmodellierung gab es hier in den letzten Jahren deutliche Weiterentwicklungen. Hierzu stellen wir in diesem Abschnitt ein Praxisbeispiel vor, wie man ein aktuarielles Modell in der Steuerung einsetzen kann.

### **4.2.1 Funktionsweise eines aktuariellen Modells**

Analog zur Lebensversicherung wird auch bei Anwendungen von Krankenversicherungsmodellen typischerweise die vollständige Bilanz und GuV über mehrere Jahre in die Zukunft projiziert. Hierfür ist es notwendig, den gesamten Bestand an Versicherungstarifen und Kapitalanlagen des Unternehmens mit Hilfe einer Projektionssoftware abzubilden. Um Interaktion zwischen Aktiv- und Passivseite der Bilanz zu simulieren, werden Annahmen zu „Managementregeln“ und zum „Versicherungsnehmerverhalten“ getroffen, welche die Entscheidungen des Managements sowie die Reaktionen Versicherungsnehmer auf die verschiedenen ökonomischen Situationen im Projektionsverlauf abbilden sollen.

Im folgenden Beispiel wird ein solches vollständiges Unternehmensmodell zur Messung der Auswirkungen einer hohen Beitragsanpassung auf die Unternehmensergebnisse verwendet. Dabei wird die Wirkungsweise möglicher Managementmaßnahmen zur Dämpfung der negativen Auswirkungen bewertet.

### **4.2.2 Struktur des Beispielunternehmens und Ausgangssituation**

Für die Untersuchungen wurde ein fiktives, mittleres PKV-Unternehmen modelliert. Zu Hochrechnungsbeginn stehen Brutto-Beitragseinnahmen in Höhe von 1 Mrd. € zu Buche, welche sich gemäß der nachfolgenden Abbildung auf die einzelnen Tarifarten verteilen.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> Pflegepflichtversicherung soll dabei außer Betracht bleiben.



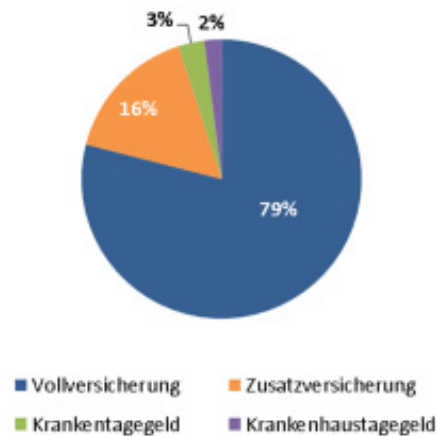


Abbildung 4-1: Aufteilung der Beiträge.

Die Start-Buchwertbilanz zu Hochrechnungsbeginn gliedert sich folgendermaßen:

Aktiva (in Mio. €)		Passiva (in Mio. €)	
Bonds	5.195	Eigenkapital	145
Aktien & Beteiligungen	100	Math. Reserve	5.000
Immobilien	150	RfB	350
Kasse	50		
<b>Aktiva Gesamt</b>	<b>5.495</b>	<b>Passiva Gesamt</b>	<b>5.495</b>

Abbildung 4-2: Start-Buchwertbilanz.

Im Rahmen der Analyse werden diese Bestände zuzüglich zukünftigen Neugeschäfts über einen Hochrechnungszeitraum von 12 Jahren in die Zukunft projiziert.

Für die Modellberechnungen sind unter anderem Annahmen hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung der Kapitalmarktinzinsen, der Verwaltungs-, Abschluss- und Regulierungskosten sowie der erwarteten Kosteninflation zu treffen. Eine wichtige, weil stark werttreibende Annahme ist die der zukünftigen medizinischen Inflation. Die medizinische Inflation spiegelt die erwartete Entwicklung der Leistungsausgaben wieder. In den Szenariorechnungen wird angenommen, dass sie im Mittel für alle Tarife 4,5% beträgt.

Rückversicherung wird in dem Beispiel nicht angesetzt, d. h. es handelt sich ausschließlich um Bruttoberechnungen.

## **Managementregeln:**

Neben obigen Annahmen zu den Modellparametern werden die nachfolgenden Managementregeln für die zukünftigen Projektionen verwendet:

- Die Überschussverwendungsquote beträgt 88%.
- Es erfolgt eine jährliche Beitragsanpassung
- Die Entnahme aus der RfB wird so gewählt, dass jeweils die letzten drei Zuführungen in der RfB verbleiben.
- Der Anteil der Beitragsrückerstattung für leistungsfreie Verträge an der Entnahme aus der RfB beträgt 30%, der Rest wird zur Limitierung von Beitragsanpassungen verwendet.
- Die Neuanlage der Kapitalanlagen wird so gesteuert, dass die Ausgangsquoten der Assetklassen stabil gehalten werden. Die Neuanlage der Bonds erfolgt zu 100% in Staatsanleihen.
- Es erfolgt eine Auflösung stiller Reserven, um eine Zielnettoverzinsung mit einer Marge oberhalb des Bestands-Rechnungszinses zu erreichen.

### **4.2.3 Ergebnisse im Basisszenario**

Das Basisszenario zeigt eine gesunde Entwicklung des Unternehmens im Projektionsverlauf. Die Beitragseinnahmen entwickeln sich stabil, die Nettoverzinsung kann in den nächsten Jahren noch auf einem soliden Niveau gehalten werden, siehe dazu auch die nachfolgenden Abbildungen mit den Entwicklungen der Beitragseinnahmen, der Nettoverzinsung, des Jahresüberschusses und der RfB.

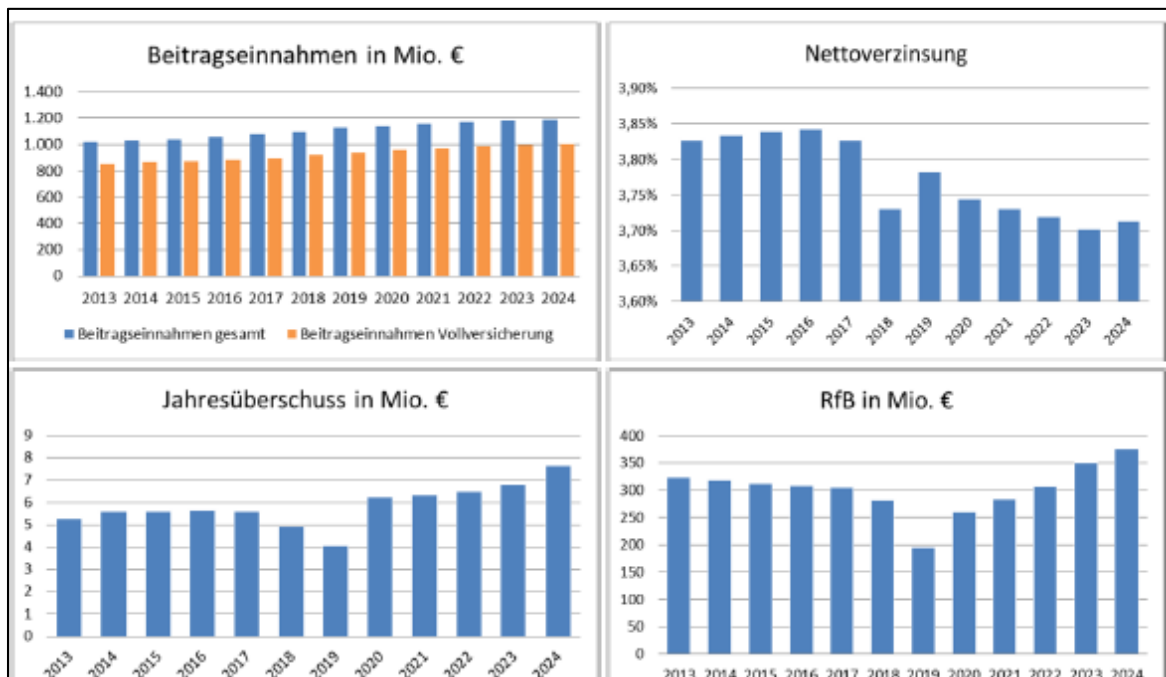


Abbildung 4-3: Entwicklung des Unternehmens.

#### 4.2.4 Szenarioanalyse – Welche Auswirkungen hat eine überdurchschnittliche Beitragsanpassung im Jahr 2014 auf die Ergebnisse?

Man nehme an, dass sich in unserem Beispielunternehmen nun neue Erkenntnisse ergeben haben, dass aufgrund eines extremen Anstiegs der Krankheitskosten die Beitragsanpassung im Jahr 2014 deutlich höher ausfallen wird, als bisher in den Projektionsrechnungen angenommen. In Realität haben hohe Beitragsanpassungen Reaktionen der Versicherungsnehmer zur Folge: Ein überdurchschnittliches Storno bzw. ein Wechsel in günstigere Tarife ist zu erwarten und dementsprechend auch in den Berechnungen zu berücksichtigen. Die Berechnungen werden also aktualisiert, um die Fragestellungen zu beantworten, welche Auswirkungen diese hohe Beitragsanpassung auf meinen Bestand und meine Jahresergebnisse hat, ob Managementmaßnahmen diese Effekte abfedern können und in welchem Maße dies möglich ist?

Betrachten wir aber zunächst die Veränderung der Ergebnisse aufgrund der erhöhten Beitragsanpassung und der darauffolgenden Versicherungsnehmerreaktionen. Untersuchungen des Verhaltens unserer (fiktiven) Versicherungsnehmer in der Vergangenheit haben zu der Annahme geführt, dass 10% des Bestandes entweder durch Storno oder Herabstufen in günstigere Tarife auf eine starke Beitragsanpassung reagieren. In unserem Beispielunternehmen gehen wir davon aus, dass tendenziell junge, gesunde Versicherungsnehmer wechseln.

Eine erhöhte Beitragsanpassung führt insbesondere zu einem Stornoanstieg. In der Folge ergeben sich aus diesem Bestandsrückgang in der Zukunft niedrigere Jahresüberschüsse sowie geringere Zuführungen zur RfB. Dadurch werden die Limitierungsmittel für zukünftige Beitragsanpassungen geringer, die Beiträge steigen also stärker als im Basisszenario und es kommt zu sogenannten „Antiselektionseffekten“, da tendenziell weitere junge, gesunde Versicherungsnehmer die betroffenen Tarife durch Storno oder Tarifwechsel verlassen.

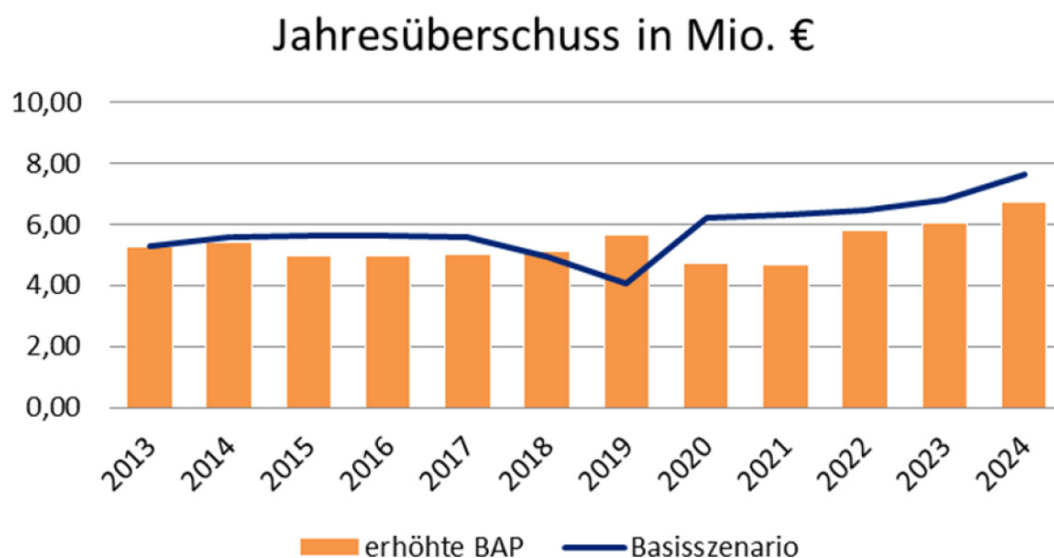


Abbildung 4-4: Niedrigere Jahresüberschüsse als im Basisszenario.

## Beiträge Vollversicherte in Mio. €

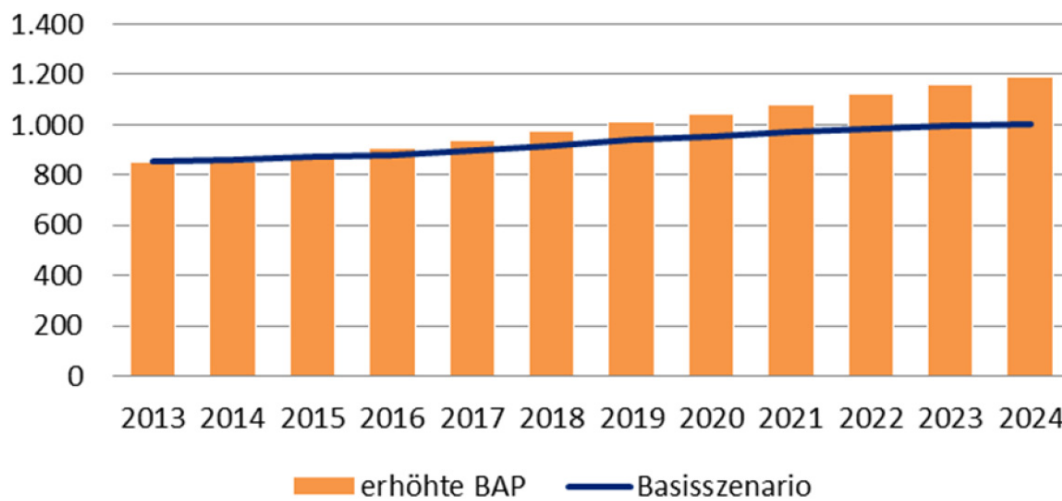


Abbildung 4-5: Im Vergleich zum Basisszenario: Deutlicher Beitragsanstieg.

Es stellt sich also die Frage, ob es Möglichkeiten zur Dämpfung der Effekte der späteren Jahre gibt. Denkbar ist eine Vielzahl an Managementmaßnahmen, die folgenden beiden werden in diesem Beispiel betrachtet:

1. Welche Auswirkungen hat eine gezielte Ansprache bestimmter wechselwilliger Bestandsgruppen durch den Vertrieb, im Folgenden als „Bestandsmanagement“ bezeichnet?
2. Was bewirkt ein höherer Einsatz von Limitierungsmitteln im Jahr 2014 – also eine Gegenfinanzierung der erhöhten Beitragsanpassung durch den Einsatz von RfB-Mitteln?

### **Maßnahme 1: Bestandsmanagement kann zu einer Dämpfung der Folgeeffekte führen**

Die Vertriebsmaßnahmen, sodass in der Folge weniger Versicherungsnehmer das Unternehmen verlassen bzw. in günstigere Tarife wechseln, führen zu einem Sonderaufwand aus höheren Kosten im Jahr 2014 – der Jahresüberschuss gegenüber der Situation ohne Maßnahmen sinkt in diesem Jahr. In den Folgejahren lässt sich dieser Aufwand jedoch durch das „Halten der Versicherungsnehmer“ kompensieren und über die Projektionsdauer betrachtet ist der Jahresüberschuss deutlich höher, siehe dazu die nachfolgende Abbildung.

## Jahresüberschuss in Mio. €

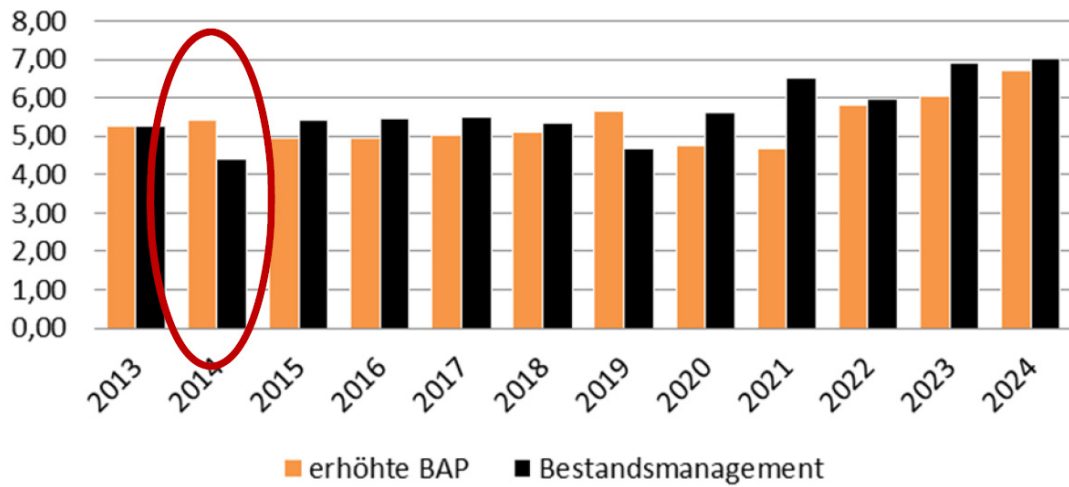


Abbildung 4-6: Jahresüberschuss 2014.

Auf die Beitragsentwicklung hat die Maßnahme ebenfalls eine positive Auswirkung, die zukünftigen Beitragsanstiege werden deutlich gemildert. Langfristig gesehen bringen niedrigere Beitragsanpassungen eine deutliche Milderung der Antiselektionseffekte mit sich. Ein gezieltes Bestandsmanagement führt aufgrund der Reduktion des Sonderstornos langfristig zur Verbesserung der Beitragsstabilität.

## Beiträge Vollversicherte in Mio. €

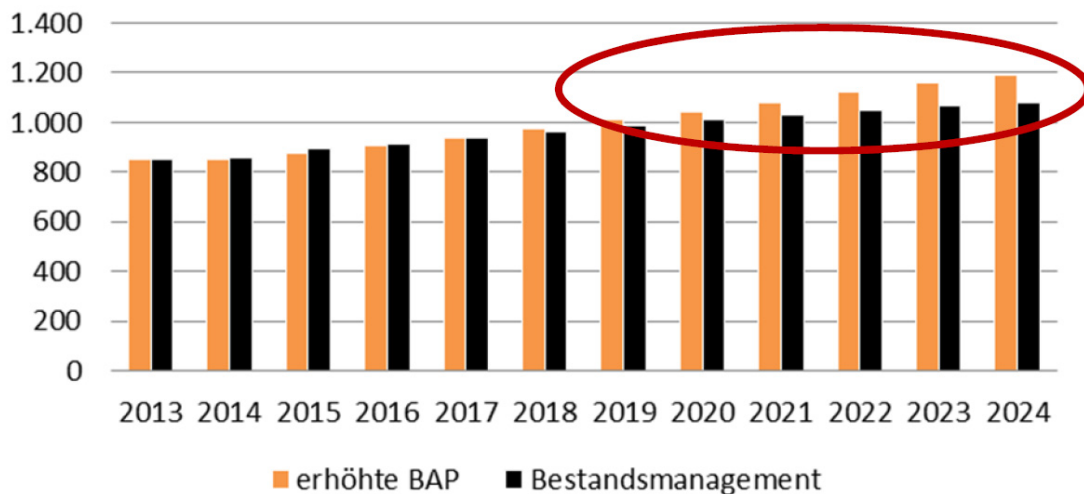


Abbildung 4-7: Langfristige Beitragsstabilität.

## Maßnahme 2: Einsatz von Limitierungsmitteln

Das Unternehmen verfügt über eine gut gefüllte RfB. Daher soll geprüft werden, welche Auswirkung es auf die Ergebnisse hat, wenn man den zusätzlichen Beitragsanstieg durch eine erhöhte Entnahme aus der RfB ausfinanziert, die Versicherungsnehmer also keine höheren Beiträge als im Basisszenario zahlen müssen. Die Auswirkung dieser Maßnahme auf die Beiträge ist in den ersten Jahren nicht erstaunlich: Die Beitragseinnahmen sind zunächst auf einem niedrigeren Niveau und ein Sondertorno der Versicherten kann vermieden werden. Durch die hohe Beitragsanpassung in 2014 werden die Rückstellungen erhöht und zukünftige Beitragsanpassungen wirken sich stärker aus. Zudem fehlen die in 2014 verwendeten Limitierungsmittel in der Zukunft. Insgesamt kommt es daher nach wenigen weiteren Jahren zu einem deutlichen Beitragsanstieg (insb. ab dem Jahr 2021, siehe Grafik).

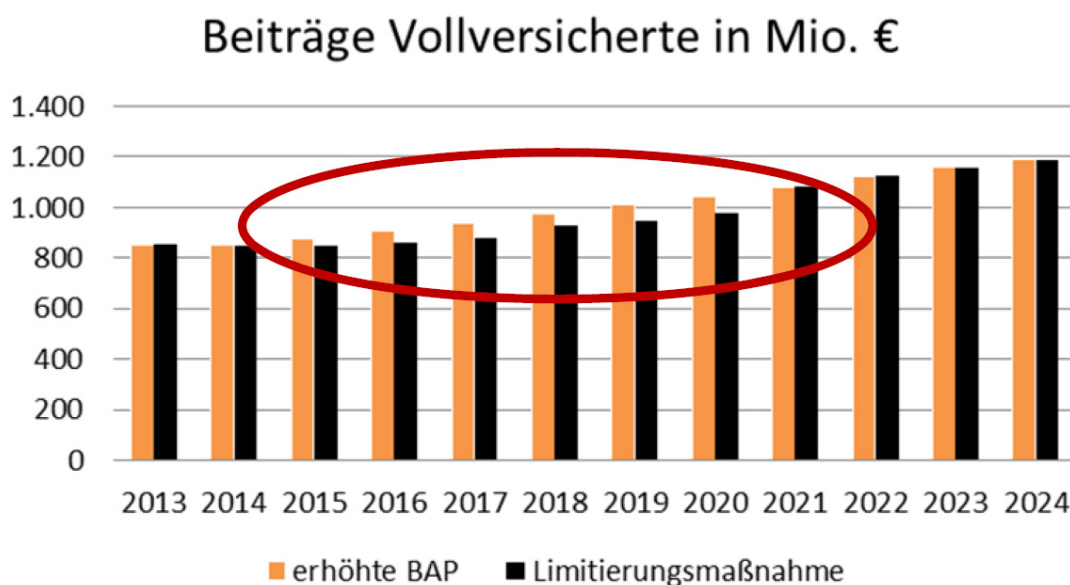


Abbildung 4-8: Mittelfristig niedriges Niveau der Beiträge.

Die Auswirkungen auf den Jahresüberschuss und die Entwicklung der RfB zeigen starke Rückgänge in Folge des Jahres 2014. Die Gründe dafür sind vielschichtig – zum einen führt ein geringerer Stand der RfB zu einem veränderten Einsatz der zukünftigen Limitierungsmitteln, zum anderen haben geringere Beitragseinnahmen auch ein geringeres Neuanlagevolumen bei den Kapitalanlagen zur Folge, woraus geringere Kapitalerträge folgen.

## Jahresüberschuss in Mio. €

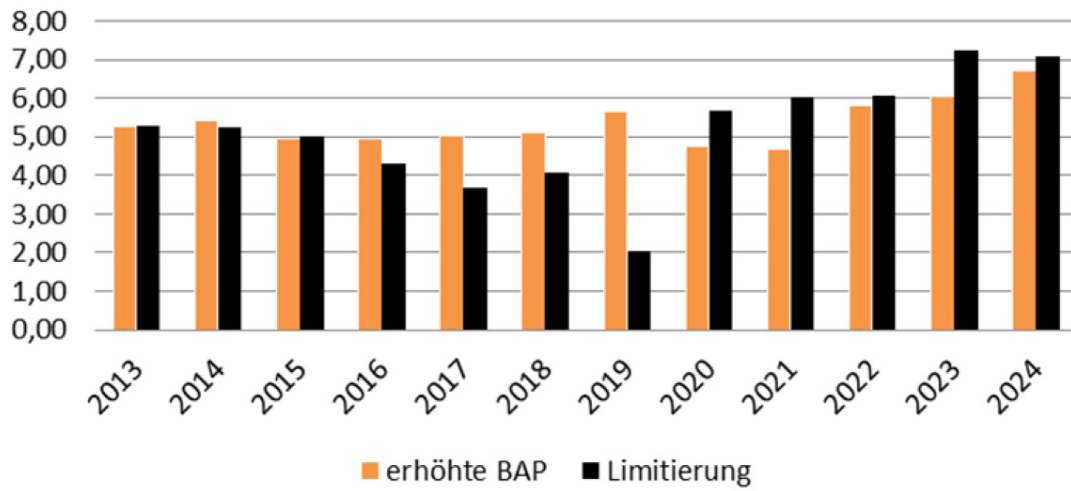


Abbildung 4-9: Jahresüberschuss.

## RfB in Mio. €

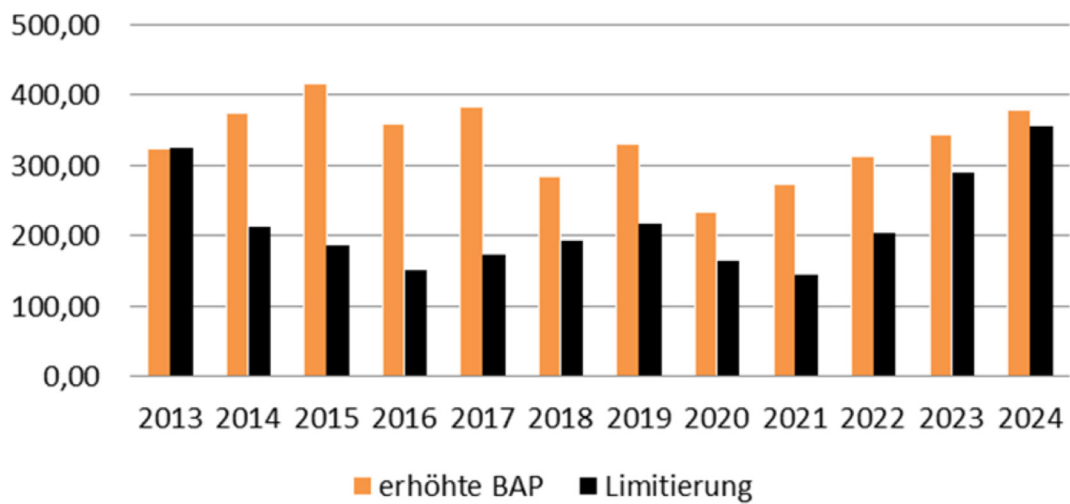


Abbildung 4-10: Einsatz der RfB-Mittel.

#### 4.2.5 Fazit – Welche Schlüsse kann man aus den Modellrechnungen ziehen?

Wir haben viele Zahlen produziert, jedoch: Wie helfen diese uns in der konkreten Steuerung? Fakt ist, eine hohe Beitragsanpassung kann merkliche Auswirkungen auf die Bestandsstruktur haben („Antiselektion“) und damit auch deutliche Auswirkungen auf die späteren Jahresüberschüsse. Bei der Wahl der Maßnahme, mit der man auf unerwünschte Antiselektionseffekte reagiert, lässt sich keine eindeutige Antwort finden:

1. Maßnahmen zur Kundenbindung („Bestandsmanagement“) können helfen, die Effekte aus der Antiselektion zu mildern. Jedoch ist es fraglich, ob diese Maßnahmen in der Realität in der gewünschten Form umsetzbar sind? Gelingt es dem Unternehmen, genau die wechselwilligen Versicherungsnehmer ex ante zu identifizieren und falls dem so ist, schafft man es, sie in den Tarifen zu halten? Dies ist in der Modellrechnung einfach umsetzbar, allerdings in der Realität um ein Vielfaches komplizierter.
2. Der Einsatz von Limitierungsmitteln hilft möglicherweise, in einem Jahr extreme Beitragsanpassungen zu vermeiden. Jedoch lassen sich solche großen Limitierungsmaßnahmen nur einmalig durchführen. Es ist zu prüfen, ob die kurzfristigen positiven Effekte von langfristigen, negativen Folgeeffekten überschattet werden.

Eine endgültige Entscheidungsfindung sollte nicht alleine auf Basis solcher, oben dargestellter, einfacher Hochrechnungen erfolgen. Zur Herleitung der Annahmen sind Diskussionen und Abstimmungen mit den betroffenen Geschäftsbereichen wie Vertrieb, Leistungsmanagement oder Strategie wichtig. Aktuarielle Hochrechnungen können hinsichtlich der Quantifizierung von Maßnahmen Hilfestellungen bieten, jedoch sind weitere Aspekte zur Strategiefindung zu berücksichtigen, welche nicht alleine durch Hochrechnungen erfasst werden können.



## Literaturverzeichnis

Arbeitsgruppe Höchstrechnungszins der DAV: Verfahren zur Bestimmung des Höchstrechnungszinses (Ergebnisbericht). In: Der Aktuar, Heft 4. Karlsruhe: Verlag Versicherungswirtschaft e.V., 1997.

Fachausschuss Finanzmathematik (Hrsg.): Investmentmodelle für das Asset Liability Modelling von Versicherungsunternehmen - Abschlussbericht der Themenfeldgruppe Investmentmodelle. . Hrsg. Deutsche Gesellschaft für Versicherungsmathematik. Schriftenreihe Angewandte Versicherungsmathematik. Karlsruhe: Verlag Versicherungswirtschaft e.V., 2002.

Gessner, Peter: Finanzierung der Gewinnbeteiligung in der Lebensversicherung. In: Versicherungswirtschaft, Heft 8, S. 479-480. Karlsruhe: Verlag Versicherungswirtschaft e.V., 1978.

Gessner, Peter , Gose, Günther , Münzmay, Eberhard: Modell zur Analyse der versicherungs-technischen Rückstellungen eines Lebensversicherungsbestandes. Hrsg. Deutsche Gesellschaft für Versicherungsmathematik. Blätter, Band 13, Heft 4, S. 317-322. Würzburg: Konrad Triltsch Verlag, 1978.

International Actuarial Association (Hrsg.): Stochastic Modeling - Theory and reality from an actuarial perspective. Ottawa 2010.

Stoll, Thomas: In zehn Jahren pleite? In: Capital, Juli 1999.

# Impressum

Diese Veröffentlichung erscheint im Rahmen der Online-Publikationsreihe „Forschung am IVW Köln“. Alle Veröffentlichungen dieser Reihe können unter [www.ivw-koeln.de](http://www.ivw-koeln.de) oder [hier](#) abgerufen werden.

## **Forschung am IVW Köln, 5/2014**

**Oskar Goecke (Hrsg.): Modell und Wirklichkeit. Proceedings zum 5. FaRis & DAV Symposium am 6. Dezember 2013 in Köln**

**Köln, Juli 2014**

**ISSN (online) 2192-8479**

Herausgeber der Schriftenreihe / Series Editorship:

Prof. Dr. Lutz Reimers-Rawcliffe  
Prof. Dr. Peter Schimikowski  
Prof. Dr. Jürgen Strobel

Institut für Versicherungswesen /  
Institute for Insurance Studies

Fakultät für Wirtschafts- und Rechtswissenschaften /  
Faculty of Business, Economics and Law

Fachhochschule Köln / Cologne University of Applied Sciences

Web [www.ivw-koeln.de](http://www.ivw-koeln.de)

Schriftleitung / Contact editor's office:

Prof. Dr. Jürgen Strobel

Tel. +49 221 8275-3270  
Fax +49 221 8275-3277

Mail [juergen.strobel@fh-koeln.de](mailto:juergen.strobel@fh-koeln.de)

Institut für Versicherungswesen /  
Institute for Insurance Studies

Fakultät für Wirtschafts- und Rechtswissenschaften /  
Faculty of Business, Economics and Law

Fachhochschule Köln / Cologne University of Applied Sciences  
Gustav Heinemann-Ufer 54  
50968 Köln

Kontakt Autor / Contact author:

Prof. Dr. Oskar Goecke  
Institut für Versicherungswesen /  
Institute for Insurance Studies

Fakultät für Wirtschafts- und Rechtswissenschaften /  
Faculty of Business, Economics and Law

Fachhochschule Köln / Cologne University of Applied Sciences  
Gustav Heinemann-Ufer 54  
50968 Köln

Tel. +49 221 8275-3278  
Fax +49 221 8275-3277

Mail [oskar.goecke@fh-koeln.de](mailto:oskar.goecke@fh-koeln.de)