

Der digitale Versicherungsnehmer und die risikogerechte Prämie

Inauguraldissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

der

Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät

der

Universität zu Köln

2021

vorgelegt

von

Dipl. Math. Beate Edith Breidbach

aus

Bad Königsdorff-Jastrzemb

Referent: Professor Dr. H. R. Schradin

Korreferent: Professor Dr. T. Hartmann-Wendels

Tag der Promotion: 1. Dezember 2021

Danksagung

Die vorliegende Arbeit wurde im September 2021 von der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln als Dissertation angenommen. An dieser Stelle möchte ich den Personen danken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Zunächst bedanke ich mich ganz herzlich bei meinem Doktorvater, Herrn Professor Dr. Heinrich R. Schradin, der mich während meiner Promotionszeit stets unterstützt und gefördert hat. Besonders die kritischen wie inspirierenden Fachdiskussionen haben wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen. Mein Dank gilt auch Herrn Professor Dr. Thomas Hartmann-Wendels für die Erstellung des Zweitgutachtens und dem Vorsitzenden der Prüfungskommission Professor Dr. Dieter Hess für das angenehme Prüfungsgespräch.

Ein besonderer Dank gilt meinen ehemaligen wissenschaftlichen Kolleginnen und Kollegen am Seminar für ABWL, Risikomanagement und Versicherungslehre: Soma Argawani, Christopher Friderichs, Stefanie Gerards, Janosch Jakubsche, Andrea Kierst, Dr. Annkatrin Lukner, Dr. Jeffrey Salaris, Frederick Schuh und Tobias Teegelbekkers-Schmitz. Euch danke ich für die vielen wertvollen Gespräche, Denkanstöße und Diskussionen sowie die Übernahme von Aufgaben in der Elternzeit. Neben dem fachlichen Austausch danke ich euch besonders für die schöne gemeinsame Zeit am Lehrstuhl. Aus diesem Kreis möchte ich Stefanie Gerards, Dr. Annkatrin Lukner und Soma Argawani für den freundschaftlichen Rückhalt und den permanenten, aufbauenden Zuspruch danken. Des Weiteren danke ich den nicht-wissenschaftlichen

Mitarbeitern sowie den studentischen Hilfskräften für die Unterstützung bei diversen Tätigkeiten im Zusammenhang mit dieser Arbeit.

Zu guter Letzt danke ich meiner Familie und meinen Freunden für den großen Rückhalt und den Ansporn, mein Ziel konsequent weiterzuverfolgen. Ganz besonders danke ich meinen Eltern sowie meinem Bruder Sebastian. Von ganzem Herzen danke ich meinem Mann Oliver, der immer an mich geglaubt, und mich uneingeschränkt ermutigt und unterstützt hat. In die Promotionszeit fielen die Geburten unserer beiden Söhne Felix und Maxim – euch danke ich für den täglichen Ausgleich und die motivierende Fröhlichkeit.

Köln, im Februar 2022

Beate Edith Breidbach

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VIII
Abkürzungsverzeichnis	X
1. Einleitung	1
1.1. Motivation des Themas und Problemstellung	1
1.2. Überblick über aktuellen Forschungsstand	4
1.3. Zielsetzung und Forschungsfrage	8
1.4. Aufbau der Arbeit	10
2. Klassische Prämiendifferenzierung	12
2.1. Risikotransfer	12
2.2. Äquivalenzprinzip und Versicherungsprämie	17
2.3. Informationsasymmetrien zu Lasten des Versicherers	23
2.4. Tarifierung und risikogerechte Prämie	26
2.4.1. Primäre Prämiendifferenzierung	27
2.4.2. Sekundäre Prämiendifferenzierung	30
2.4.3. Arten und Eigenschaften von Risikomerkmalen	32
3. Individuelle Tarifierung im digitalen Zeitalter	37
3.1. Datafizierung des Individuums im digitalen Alltag	37
3.1.1. Gesundheitsdaten	39
3.1.2. Automobildaten	45

3.1.3.	Wohnumgebungsdaten	49
3.1.4.	Webtrackingdaten	52
3.2.	Paradigmenwechsel in der Tarifierung: Von Prämien- differenzierung zu Prämienindividualisierung	55
3.2.1.	Neue risikorelevante Datenquellen und Datentypen	57
3.2.2.	Zusammenführung von internen und externen Kundendaten	59
3.2.3.	Datenauswertung mit Big Data Analyseverfahren	61
3.3.	Ansätze individueller, datenbasierter Tarifierung	64
3.3.1.	Vereinfachte Risikoprüfung bei Vertragsbeginn	66
3.3.2.	Dynamisches Risikoprofil: Subjektive Risikomerkmale	69
3.3.3.	Versicherbarkeit mittels individueller Risikosteuerung	73
3.3.4.	Reduktion statistischer Benachteiligung	75
4.	Exkurs: Kfz-Telematiktarife auf dem deutschen Versicherungsmarkt	79
4.1.	Chronologischer Marktüberblick	79
4.2.	Scoring: Telematische Tarifmerkmale	89
5.	Modelltheoretische Analyse ausgewählter Fragestellungen	94
5.1.	Das Entscheidungsproblem	94
5.1.1.	Grundannahmen der Entscheidungssituation	94
5.1.2.	Überblick: Fragestellungen und Methodik	96
5.2.	Erwartungsnutzentheorie: Risikooffenbarung und Selektionseffekte im Kollektiv	100
5.2.1.	Modellannahmen	100
5.2.2.	Optimaler Grad an Information	103
5.2.3.	Selektionseffekte innerhalb einer Risikogruppe	107
5.2.4.	Modifizierte Nutzenfunktion: Nicht-monetärer Nutzen	110
5.2.5.	Modifizierte Nutzenfunktion: Privatheitsbedenken	113

5.3. Erwartungsnutzen- und Spieltheorie: Schlechte Risiken unter digitaler Kontrolle	115
5.3.1. Versicherbarkeit durch gezielte Schadenprävention	115
5.3.2. Optimale Verhaltens- bzw. Kontrollstrategie	118
5.4. Stochastische Simulation: Verhaltensabhängige Schadenwahrscheinlichkeit	124
5.4.1. Theoretische Vorüberlegungen	124
5.4.2. Simulation verhaltensabhängiger Schadenwahrscheinlichkeiten	131
5.4.3. Ergebnisse der Simulation	138
5.4.4. Erste Modifikation: Einseitige Belohnung für gutes Verhalten .	142
5.4.5. Zweite Modifikation: Bewusste Verhaltensänderung	146
5.5. Prospect Theory: Präferenz für die kollektive Tarifprämie	153
5.5.1. Charakteristika der Prospect Theory nach KAHNEMAN und TVERSKY	153
5.5.2. Editierungsphase: Entscheidungssituation als Prospect (Lotterie gegen das Kollektiv)	158
5.5.3. Evaluationsphase: Entscheidungspräferenzen	163
6. Zusammenfassung der Ergebnisse	171
A. Anhang	174
A.1. Simulationsexperiment: Stichprobenumfang N	174
A.2. Markov-Kette: Stationäre Verteilung im Zweizustandsmodell	177
Literaturverzeichnis	181

Abbildungsverzeichnis

1.1. Entscheidungssituation des Individuums zu Vertragsbeginn	9
2.1. Die vier Stufen des Tarifierungsprozesses	28
2.2. Anforderung an die Auswahl von Tarifmerkmalen	34
3.1. Smart Home Anwendungsbeispiele	51
3.2. Überblick typischer Web-Metriken	54
3.3. Von der Einheitsprämie zur Prämienindividualisierung	57
3.4. Charakteristische Daten im digitalen Alltag	58
3.5. Datenkombination von internen und externen Daten als Grundlage individueller Risikoprofile	59
3.6. Datentransfer während der Vertragslaufzeit	65
3.7. Potenzial der Digitalen Historie für die Risikoprüfung	67
3.8. Dynamisches Risikoprofil	71
3.9. Prozess der Digitalen Kontrolle	75
3.10. Kollektive und individuelle Daten als Grundlage zukünftiger Tarif- merkmale	77
5.1. Aktionsraum der Entscheidungssituation	97
5.2. Illustration: Streuung der Schadenwahrscheinlichkeiten einer Risiko- gruppe in Abhängigkeit von zusätzlichen Informationen	102
5.3. Optimales Informationsniveau guter Risiken	106
5.4. Wirkung des nicht-monetären Nutzens $\gamma(i)$	112
5.5. Wirkung des nicht-monetären Nutzenverlusts $\delta(i)$	114

5.6. Zweischrüttiger Algorithmus zur Simulation von verhaltensabhängigen Schadenwahrscheinlichkeiten	128
5.7. Fortsetzung Beispiel: Graphische Darstellung der verhaltensabhängigen Schadenwahrscheinlichkeiten	131
5.8. Hyperbel-förmiger Verlauf der Funktion $f(q) = \frac{1-q}{q}$	140
5.9. Kappung verhaltensabhängiger Schadenwahrscheinlichkeiten	144
5.10. Übergangswahrscheinlichkeiten des Verhaltens	148
5.11. Modifizierter Algorithmus zur Simulation von verhaltensabhängigen Schadenwahrscheinlichkeiten mit Hilfe von Wechselwahrscheinlichkeiten	150
5.12. S-förmige Wertefunktion nach KAHNEMAN/TVERSKY	155
5.13. Graphische Darstellung der Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktionen nach TVERSKY/KAHNEMAN	158
5.14. Illustration der Versicherungsalternativen als Wahrscheinlichkeitsbäume	160
5.15. Kodierung der datengetriebenen Versicherungsalternativen: Festlegung des Gewinn- bzw. Verlustbereichs	160
5.16. Anwendung der Vereinfachungs- und Kombinationsregel auf die datengetriebene Versicherungsalternative	162
5.17. Ergebnis der Editierungsphase: Lotterie gegen das Kollektiv	162
5.18. (Gespiegelte) S-förmige Wertefunktion für die zu untersuchende Entscheidungssituation	164
5.19. Verlustaversion: Unterschiedliche Sensitivität bzgl. Prämienerrhöhung und Prämienersparnis	165
5.20. Theoretischer Funktionsverlauf des Wahrscheinlichkeitsgewichtigungsquotienten $\frac{\pi(p^+)}{\pi(p^-)}$	169

Tabellenverzeichnis

2.1. Rechtlich unzulässige und eingeschränkt zulässige Tarifmerkmale . . .	36
4.1. Tarifmerkmale der Kfz-Versicherung zur Beitragsberechnung in An- lehnung an die GDV-Musterbedingungen	80
4.2. Chronologie der Kfz-Telematiktarife auf dem deutschen Versicherungs- markt	82
4.2. Chronologie der Kfz-Telematiktarife auf dem deutschen Versicherungs- markt	83
4.2. Chronologie der Kfz-Telematiktarife auf dem deutschen Versicherungs- markt	84
4.2. Chronologie der Kfz-Telematiktarife auf dem deutschen Versicherungs- markt	85
4.3. Scoring-Parameter aktueller Kfz-Telematiktarife	92
4.3. Scoring-Parameter aktueller Kfz-Telematiktarife	93
5.1. Ziel und Methodik - 1. Fragestellung	97
5.2. Ziel und Methodik - 2. Fragestellung	98
5.3. Ziel und Methodik - 3. Fragestellung	99
5.4. Ziel und Methodik - 4. Fragestellung	99
5.5. Modellannahmen	103
5.6. Bimatrix der erwarteten Endvermögen	121
5.7. Beispiel: Verhaltensabhängige Schadenwahrscheinlichkeit mit $\hat{p}_0 =$ $0,2, q = 0,7, b = 0,4, m = 0,2$ und $N = 12$	130
5.8. Simulationsparameter und Ausprägungen	133

5.9. Simulationsergebnis für $q = 10\%$	135
5.10. Simulationsergebnis für $q = 20\%$	135
5.11. Simulationsergebnis für $q = 30\%$	136
5.12. Simulationsergebnis für $q = 40\%$	136
5.13. Simulationsergebnis für $q = 50\%$	136
5.14. Simulationsergebnis für $q = 60\%$	137
5.15. Simulationsergebnis für $q = 70\%$	137
5.16. Simulationsergebnis für $q = 80\%$	137
5.17. Simulationsergebnis für $q = 90\%$	138
5.18. Beispiel: Prozentuale Veränderung bei risikominderndem Verhalten	141
5.19. Beispiel: (Gekappte) Verhaltensabhängige Schadenwahrscheinlichkeit mit $\hat{p}_0 = 0,2$, $q = 0,7$, $b = 0,4$, $m = 0,2$, $N = 12$ und $B = 0,3$.	145
5.20. Stationäre Wahrscheinlichkeiten für gutes Verhalten ($\pi_1 = \frac{\alpha}{\alpha+\beta}$)	151

Abkürzungsverzeichnis

AGG	Allgemeines Gleichbehandlungsgesetz
BaFin	Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht
BDSG	Bundesdatenschutzgesetz
BMI	Body-Mass-Index
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
DAV	Deutsche Aktuarvereinigung e.V.
d. h.	das heißt
DS-GVO	Datenschutz-Grundverordnung
DTC	Direct-To-Consumer
eGA	elektronische Gesundheitsakte
EIOPA	European Insurance and Occupational Pensions Authority
ePA	elektronische Patientenakte
gematik	Gesellschaft für Telematikanwendungen der Gesundheitskarte mbH
GenDG	Gendiagnostikgesetz
inkl.	inklusive

IoT	Internet of Things
KVAV	Krankenversicherungsaufsichtsverordnung
lit.	littera
MPG	Medizinproduktegesetz
SGB	Sozialgesetzbuch
TSVG	Terminservice- und Versorgungsgesetz
u.a.	unter anderem
VAG	Versicherungsaufsichtsgesetz
Vgl.	Vergleiche
VVG	Versicherungsvertragsgesetz
z.B.	zum Beispiel

1. Einleitung

1.1. Motivation des Themas und Problemstellung

Digitalisierung und technologischer Fortschritt haben in der Vergangenheit eine Reihe von Branchen massiv verändert. Zweifellos gewinnt die Digitalisierung auch für die Assekuranz eine existenzielle Bedeutung und wird die gesamte Wertschöpfungskette in den kommenden Jahren stark beeinflussen. Davon betroffen sind auch die Produktentwicklung und der Risikoprüfungs- und Tarifierungsprozess (Underwriting). Neue Datenquellen, Speicherplattformen und die Verbreitung internetfähiger elektronischer Geräte¹ eröffnen eine allgegenwärtige Konnektivität bzw. Interaktion zwischen Versicherer und Kunden, wodurch sich zum Beispiel das Fahrverhalten oder der Gesundheitszustand des Kunden permanent beobachten lassen. Dies ermöglicht eine Verkürzung (bis hin zur Automatisierung) der Risikoprüfung, Verbesserung der Risikoselektion und Kalkulation der Risiken und bietet somit Chancen für eine differenziertere Kundensegmentierung und verstärkte Prämiendifferenzierung. Versicherungstarife könnten in Zukunft somit immer individueller und verhaltensabhängiger kalkuliert werden.

Grundsätzlich ist in einem preisgetriebenen Marktumfeld der Trend zur Prämiendifferenzierung nichts Neues, denn seit der Deregulierung² Mitte der 1990er Jahre

¹Dazu zählen Smartphones, Tablets, Computer, Kameras und andere Geräte mit eingebauten Sensoren. In der Versicherungsbranche finden diese Geräte bereits Anwendung unter anderem im Rahmen von a) Health-Apps und am Körper getragene Wearables im Bereich der Gesundheit, b) Telematik-Apps und im Auto fest eingebaute Telematik-Boxen und c) Smart-Home-Systeme im Bereich des Wohnens.

²Deregulierung im Jahr 1994: Der Wegfall der aufsichtsbehördlichen Vorabkontrolle der Versicherungsbedingungen und Berechnungsgrundlagen für die Prämien führte zu größerer Produktvielfalt und einem intensiveren Wettbewerb auf dem Versicherungsmarkt.

sind zunehmend neue Tarifmerkmale eingeführt³, bestehende Tarifmerkmale immer weiter verfeinert⁴ und Versicherungsprodukte für bestimmte Zielgruppen entwickelt⁵ worden. Basierend auf historischen Bestands- und Schadendaten verschiedener Datenquellen⁶ wurden im Rahmen einer umfassenden Risikoanalyse Risikomerkmale zur Beschreibung des originären Risikos extrahiert, die einen signifikanten Einfluss auf den Schadenverlauf besitzen. Aufgrund des fehlenden Imitations-/Kopierschutzes von Versicherungsprodukten verwenden die meisten Versicherungsunternehmen in etwa die gleichen Tarifmerkmale. Dies hat zur Folge, dass Prämienunterschiede gering sind und sich langfristig keine Wettbewerbsvorteile erzielen lassen.⁷

Bei der Risikoanalyse sind zum einen die Datenanforderungen sehr hoch und zum anderen kommen eine Vielfalt von multivariater, statistischer Analyseverfahren zum Einsatz, um Risikomerkmale und deren Abhängigkeitsstruktur zueinander zu identifizieren. Durch neue Datenquellen und Datentypen bekommt diese Thematik aktuell eine neue Dimension. Ein Großteil der digitalen (Sensor-)Daten wird automatisch generiert, in Echtzeit erfasst, regelmäßig aktualisiert und sie sind so komplex, dass sie mit konventionellen Methoden nicht effektiv analysiert und interpretiert werden können. In diesem Zusammenhang wird von Big Data⁸ gesprochen. In der Versicherungsbranche ist die Umstellung von der retrospektiven Schadendatenanalyse hin zur Echtzeitanalyse individueller Kundendaten bereits sichtbar. Fest eingebaute Sensoren in Fahrzeugen oder in Smartphones integrierte Bewegungssensoren erfassen permanent Aktivitäten des Kunden, wie zum Beispiel das Fahrverhalten. Für die Prämienkalkulation bieten diese individuellen Daten zusätzliche, bisher unzu-

³Zum Beispiel in der KfZ-Versicherung.

⁴Zum Beispiel Berufsgruppen in der Berufsunfähigkeitsversicherung.

⁵Zum Beispiel für Berufseinsteiger, Studenten oder Senioren.

⁶Kundenbezogene Daten, unternehmensspezifische Daten, Konkurrenzdaten, rechtliche Daten und marktbezogene Daten. Vgl. dazu Farny, 2011, S. 713 f.

⁷Vgl. Hartmann und Nützennadel, 2015, S. 3.

⁸Big Data bezieht sich im Allgemeinen auf Datensätze und wird vorwiegend durch die sogenannten vier V's *Volume* (Datenmenge), *Variety* (Vielfalt der Daten), *Velocity* (Geschwindigkeit) und *Veracity* (Datenqualität) charakterisiert. Eine einheitliche Definition von Big Data gibt es nicht. Einen Überblick über die Definitionen und Herausforderungen bieten zum Beispiel Anagnostopoulos, Zeadally und Exposito, 2016.

gängliche Informationen zur aktuariellen Risikobewertung und ermöglichen das individuelle Risiko präziser abzubilden. Zudem können gezielt Kundengruppen angesprochen, die Kundenbindung verbessert und im Allgemeinen Informationsasymmetrien verringert werden. Als Konsequenz bringen immer mehr deutsche Versicherer Big Data-basierte Versicherungsprodukte auf den Markt. Bedingt durch rechtliche Rahmenbedingungen befinden sich die Anwendungsmöglichkeiten jedoch in unterschiedlichen Entwicklungsstadien. In der Kfz-Versicherung ist die Nutzung von individuellen Fahrdaten in Form von Telematik-Tarifen bereits auf dem deutschen Markt angekommen. In der Lebens- und Krankenversicherung können gesundheitsbezogene Daten zwar mit Hilfe von Health-Apps oder Fitness-Trackern erfasst werden, bisher haben sich jedoch nur einzelne Versicherer⁹ in diesen Versicherungszweigen auf dem deutschen Markt positioniert.

Die Gewinnung von zusätzlichen/genaueren Risikomerkmale und individuellen Risikoprofilen aus großen Mengen strukturierter und unstrukturierter Daten bedarf jedoch geeigneter Auswertungsmethoden, den sogenannten Big Data Analysemethoden¹⁰. Die neuen Technologien und Entwicklungen in der Prämienkalkulation bieten zwar viel Potenzial, stellen die Versicherungsunternehmen aber auch vor neue Herausforderungen und werden sowohl in der Versicherungspraxis als auch in der Wissenschaft kontrovers diskutiert. Zum einen wird befürchtet, dass sich die Produktwelt in den nächsten Jahren verändern und die individuelle Lebensführung des Versicherungsnehmers (zum Beispiel Fahrverhalten, Gesundheitszustand, Umgang mit Daten, usw.) zunehmend eingeschränkt wird.¹¹ Zum anderen wird verstärkt der Vorwurf erhoben, die Prämienindividualisierung würde nicht dem Versicherungsprinzip – Risikoausgleich im Kollektiv und in der Zeit – entsprechen, sondern aufgrund

⁹Zum Beispiel: Generali startete am 1. Juli 2016 mit dem Programm *Generali Vitality* im Bereich der Risikoleben- und Berufsunfähigkeitsversicherung, das einen gesunden und aktiven Lebensstil je nach Vitality Status belohnt. AXA hat im Mai 2019 den Tarif *ActiveMe* im Bereich der privaten Krankenvollversicherung auf den Markt gebracht und honoriert ebenfalls eine gesunde Lebensweise.

¹⁰In diesem Zusammenhang wird in der Versicherungspraxis auch von *predictive analytics*, *predictive modelling* oder allgemein von *Data Science Methoden* gesprochen.

¹¹Vgl. Rudkowski, 2020, S. 1019 f.

von Selektionseffekten im Kollektiv zu einer Entsolidarisierung der Versicherungswirtschaft führen.¹²

Es stellt sich daher die Frage, ob eine immer feinere Differenzierung zu einer risikogerechteren Prämie führt und welche Arten von Risikofaktoren in Zukunft in das individuelle Risikoprofil einfließen und somit die Prämienhöhe bestimmen. Insbesondere sind individuelle Risikomerkmale, die zum Beispiel verhaltens- oder genetischbedingt sind, aus verfassungs- und datenschutzrechtlicher Sicht potenziell problematisch, da sie einen besonders engen Bezug zum allgemeinen Persönlichkeitsrecht aufweisen.¹³ Zudem sind aus versicherungsmathematischer Perspektive zur Identifizierung neuer Risikotreiber, aufgrund des Umfangs und der Komplexität der Daten, umfassende Analyse- und Bewertungsmethoden erforderlich. Hierbei ist zu untersuchen, inwiefern sich die neuen Risikomerkmale von den ursprünglichen unterscheiden und wie viel zusätzliche Risikoinformation tatsächlich enthalten ist. Aus ökonomischer Sicht ist zwar eine gewisse Individualisierung notwendig, um das Problem der Antiselektion zu vermeiden, jedoch hat dies Auswirkungen auf die Versicherungsnachfrage: Eine starke Prämiendifferenzierung kann dazu führen, dass die Prämie für „schlechte“ Risiken zwar aktuariell angemessen ist, der Kunde sie sich aber nicht leisten kann oder will.¹⁴

1.2. Überblick über aktuellen Forschungsstand

In jüngster Vergangenheit sind verhaltens- und nutzungsabhängige Versicherungstarife im Big Data Kontext vermehrt in den öffentlichen Fokus geraten. Besondere Aufmerksamkeit hat das Thema durch die intensiv geführten Diskussionen erhalten, Big Data würde infolge einer immer feineren Risikodifferenzierung die Versicherten-

¹²Vgl. zum Beispiel Scheuner und Zeier Röschmann, 2018; Erdmann und Schwarzbach, 2017; oder Bitter und Uphues, 2017.

¹³Vgl. Rudkowski, 2017, S. 468 ff.

¹⁴Vgl. Beer et al., 2017, S. 88.

gemeinschaft entsolidarisieren und den Ausgleich im Kollektiv bedrohen.¹⁵ KARTEN, ein Verfechter der risikogerechten Prämie im Sinne des individuellen Äquivalenzprinzips, hat bereits 1977 darauf hingewiesen, dass das Solidaritätsprinzip ein Charakteristikum der Sozialversicherung ist und nicht der Privatversicherung.¹⁶ ALBRECHT konstatiert, dass die Tarifierung von Einzelrisiken in der Privatversicherung stets einen *kollektiven Charakter* besitzt und der Ausgleich im Kollektiv von der *Größe des Tarifierungskollektivs* abhängt und nicht von der Größe einzelner Tarifklassen.¹⁷ Nichtsdestotrotz bleiben in der Bevölkerung die Bedenken im Hinblick auf Beitragsgerechtigkeit, -bezahlbarkeit und -diskriminierung weiterhin bestehen. Dies zeigt sich besonders in den Ergebnissen der empirischen Studie „Geschäft oder Gewissen? Vom Auszug der Versicherung aus der Solidargemeinschaft“ von MÜLLER-PETERS und WAGNER aus dem Jahr 2017.¹⁸

In der klassischen versicherungsökonomischen Forschung werden insbesondere die Auswirkungen individueller Versicherungstarife auf die Informationsasymmetrie (Adverse Selection und Moral Hazard) analysiert. Es existieren modelltheoretische Untersuchungen, bei der der Zusammenhang zwischen Akzeptanz von Überwachungstechnologien seitens des Versicherten und der daraus resultierenden Einschränkung bis hin zum Verlust der Privatsphäre im Mittelpunkt stehen.¹⁹ Digitales Monitoring während der Vertragslaufzeit besitzt das Potenzial das Verhalten des Versicherungsnehmers positiv (risikomindernd) zu beeinflussen. Dennoch wird befürchtet, dass dieser Trend zur Selbstvermessung nicht von langer Dauer sein wird.²⁰ Ferner wird die Attraktivität und Akzeptanz dieser Produkte anhand der bisher niedrigen Marktdurchdringung auf dem deutschen Markt kritisch beurteilt. Es wird jedoch erwartet, dass in naher Zukunft eine Marktdynamik ausgelöst wird, sobald weitere Unternehmen datengetriebene Versicherungslösungen anbieten. Des Weiteren wird vermutet,

¹⁵Vgl. beispielsweise Nationaler Ethikrat, 2015, S. 4, oder die Kleine Anfrage der Fraktion DIE LINKE und einzelner Abgeordneter (Weinberg et al., 2014).

¹⁶Vgl. Karten, 1977.

¹⁷Vgl. P. Albrecht, 2018, S. 462.

¹⁸Vgl. Müller-Peters und F. Wagner, 2017.

¹⁹Vgl. zum Beispiel Gemmo, Browne und Gründl, 2017, oder Filipova-Neumann, 2008.

²⁰Vgl. Döring, 2016, S. 672.

dass in ferner Zukunft ein erheblicher Teil der Versicherungsnehmer der technikaffinen Generation *Digital Natives* bzw. *Generation Z* entstammt, die entsprechende Anforderungen an ihre Versicherungsprodukte stellen und somit die Nachfrage erhöhen.²¹

Der Fokus der versicherungsmathematischen Forschung liegt vor allem auf neuen Tarifierungs- und Preismodellen. Im Zentrum stehen dabei die Berücksichtigung verhaltens- und kontextsensitiver Daten in der privaten Lebens-/Krankenversicherung und Kfz-Versicherung. Exemplarisch seien an dieser Stelle die Arbeiten von McCrea und Farrell (2018) und W. Weidner, F. W. G. Transchel und R. Weidner (2016) erwähnt. Gegenwärtig besteht die größte Herausforderung darin, aus den riesigen, unstrukturierten Datenmengen aussagekräftige Informationen zu extrahieren. Aufgrund der neuen Aufgaben und Anforderungen hat sich der Werkzeugkoffer der Aktuarer stetig vergrößert und liefert verschiedene algorithmenbasierte Kalkulationen. Dabei ist die Auswahl der komplexen Methoden und die Bewertung der Modellannahmen stets zu hinterfragen, da ansonsten die Tarifierung immer mehr zur Blackbox wird und die Nachvollziehbarkeit und Aussagekraft von Entscheidungen nicht mehr gegeben ist.²²

In rechtswissenschaftlichen Publikationen wird zum einen die Sicherstellung und Einhaltung der nationalen sowie europäischen Datenschutzanforderungen im Umgang mit personenbezogenen Daten gemäß Bundesdatenschutzgesetz (BDSG) und der im Jahr 2018 in Kraft getretenen Datenschutz-Grundverordnung (DS-GVO) gefordert.²³ Die strengen Datenschutzregelungen werden als große Hürde in der Entwicklung individueller Versicherungsprodukte gesehen, denn die Kombination und Auswertung der persönlichen Daten aus verschiedenen Lebensbereichen ist streng geregelt.²⁴ Zum anderen steht die Vertragsgestaltung mit besonderem Blick auf Ge-

²¹Der Begriff Generation Z bezeichnet die Geburtsjahrgänge nach 1995, da das Internet erst seit 1995 öffentliche Verbreitung gefunden hat. Vgl. dazu zum Beispiel Wiedmer, 2015, S. 55.

²²Vgl. Ausschuss Schadenversicherung der Deutschen Aktuarvereinigung e.V., 2019, S. 65.

²³Vgl. zum Beispiel Waldkirch, 2020.

²⁴Vgl. Lüttringhaus, 2018, S. 69 ff.

fahrerhöhung, Obliegenheiten und Gleichbehandlung im Fokus der aktuellen vertrags- und aufsichtsrechtlichen Rahmenbedingungen. Diese Problematik wird in der Dissertation von GREIS und in der Schriftenreihe der Zeitschrift Versicherungsrecht (Band 63) mit dem Titel „Telematiktarife & Co.: Versichertendaten als Prämienersatz“ in verschiedenen Aufsätzen ausführlich untersucht.²⁵

Aus praxisnaher Perspektive gibt es zahlreiche Studien, die sowohl Trends und Potenziale als auch Risiken und Herausforderungen der digitalen Transformation auf dem Versicherungsmarkt untersuchen. Besonders interessant im Hinblick auf den Risikoprüfungs- und Tarifierungsprozess sind die Ergebnisse der folgenden drei Studien. Laut der europaweiten empirischen Studie „Big Data Analytics in motor and health insurance: a thematic review“ der *European Insurance and Occupational Pensions Authority (EIOPA)*²⁶ über Big-Data-Analytics in der Kranken- und Kfz-Versicherung gaben 31 Prozent der befragten Unternehmen an, Big-Data-Analytics bereits zu verwenden. Dabei werden traditionelle Datenquellen mit neuen Datenquellen kombiniert (nicht ersetzt). Insgesamt zeigt sich ein starker Trend zu datengetriebenen Versicherungsprodukten.²⁷ Ferner hat der Züricher Rückversicherungskonzern *Swiss Re* in den Studien „Lebensversicherung im digitalen Zeitalter: Ein grundlegender Wandel steht bevor“²⁸ von 2015 und „Advanced Analytics: Neue Einsatzmöglichkeiten in der Nichtlebenversicherung“²⁹ aus dem Jahr 2019 herausgearbeitet, dass Digitalisierung und fortschrittliche Technologien sowohl Lebensversicherern als auch Nicht-Lebensversicherern neue Möglichkeiten entlang der Wertschöpfungskette eröffnen.

²⁵Vgl. Greis, 2020, sowie Schmidt-Kessel und Grimm, 2018.

²⁶Deutsch: Europäische Aufsichtsbehörde für das Versicherungswesen und die betriebliche Altersversorgung.

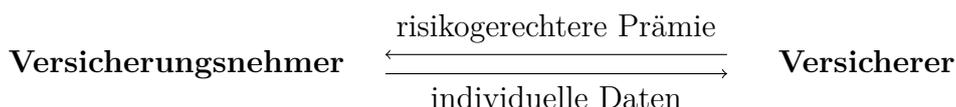
²⁷Vgl. EIOPA, 2019.

²⁸Vgl. Anchen, Frey und Kirova, 2015.

²⁹Vgl. Anchen und Dave, 2019.

1.3. Zielsetzung und Forschungsfrage

Ausgehend von diesem Forschungsstand besteht das Ziel der vorliegenden Arbeit darin, die fortschreitende Prämiendifferenzierung - hin zur Prämienindividualisierung - als *Entscheidungssituation* des Individuums zu analysieren. Seine persönlichen digitalen Daten dienen dabei als eine Art *immaterielles Gut*, das zum Tausch gegen eine individuellere, risikogerechtere Prämie dient und die Informationsasymmetrie zwischen ihm und dem Versicherer reduziert. Es wird die Risikogerechtigkeit in ihrer ursprünglichen Form und Konsequenz angenommen, d. h. die Versicherungsprämie kann sich aufgrund zusätzlicher risikorelevanter Informationen nicht nur reduzieren sondern auch erhöhen.



Dieser Aspekt der freiwilligen Datenübermittlung bzw. der Akzeptanz von Überwachungstechnologien zur Offenlegung seiner wahren Risikoexposition, stellt einen zentralen Unterschied zu den traditionellen Versicherungslösungen dar. Es werden daher sowohl verschiedene Ansätze datengetriebener Tarifierung identifiziert als auch spezielle Fragestellungen modelltheoretisch untersucht.

Im Mittelpunkt der Arbeit steht stets das Versicherungsverhältnis zwischen einem Versicherungsnehmer und einem Versicherer. Es wird ausschließlich eigennütziges Verhalten des Versicherungsnehmers angenommen, d. h. die Maximierung seines eigenen Nutzens. Zeitgleich stellt jedes Individuum einen gewissen Risikotyp dar, so dass unterschiedliche Anreize bestehen, den wahren Risikotyp dem Versicherer zu offenbaren.

Ausgangssituation der modelltheoretischen Analyse ist die Entscheidungssituation des Individuums bei Vertragsabschluss zwischen den beiden Vertragsalternativen (siehe Abbildung 1.1).

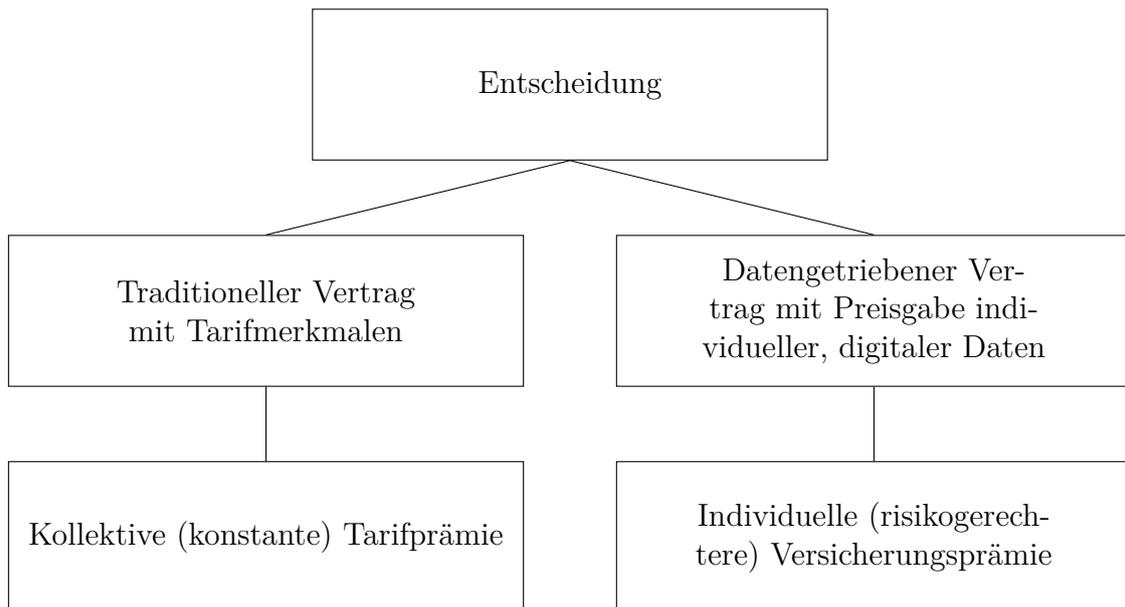


Abbildung 1.1.: Entscheidungssituation des Individuums zu Vertragsbeginn

Wie sich in der modelltheoretischen Analyse zeigen wird, hängt die Entscheidung für oder gegen einen datengetriebenen Tarif von verschiedenen Ausgangskriterien ab:

- Individuelle Referenzsituation: Wie gut bildet die klassische Prämien differenzierung das individuelle Risiko ab?
- Übertragungshäufigkeit der Daten an den Versicherer: Einmalig, permanent oder punktuell?
- Konkrete Vertragsgestaltung: Art und Menge der Daten?
- Beeinflussbarkeit des individuellen Schadenrisikos: Ist das Schadenrisiko durch das Verhalten des Versicherungsnehmer beeinflussbar oder stellt es eine exogene Größe dar, die durch die Datenübermittlung offengelegt wird?
- Subjektive Wahrnehmung der Entscheidungsgrößen: Entscheidet das Individuum rational?

Primäres Ziel ist es daher, die alternativen Versicherungsverträge gegenüberzustellen und die Bedingungen zu ermitteln, unter denen der eine oder der andere vorzuziehen ist. Zu diesem Zweck ergibt sich die zentrale Forschungsfrage:

Unter welchen individuellen Voraussetzungen präferieren Individuen risikogerechtere Tarifierungsansätze?

1.4. Aufbau der Arbeit

Nach der Einleitung in Kapitel 1 werden in Kapitel 2 zunächst die Grundlagen für die weitere Arbeit dargelegt. Dazu werden zentrale Begriffe der Versicherungstechnik und Methoden der Prämienkalkulation in der Privatversicherung erläutert. Im Fokus steht das Einzelrisiko und die dazugehörige risikogerechte Versicherungsprämie. Eine Diskussion der Risikogerechtigkeit ist jedoch erst dann sinnvoll möglich, wenn zunächst der Risikobegriff charakterisiert wird und grundlegende versicherungstechnische Zusammenhänge dargelegt werden. Da der Risikotransfer auf einer asymmetrischen Informationsbeziehung zwischen Versicherungsnehmer und Versicherungsunternehmen fußt, bedarf es informationsökonomischer Grundlagen. Dazu gehören insbesondere Adverse Selektion und Moral Hazard. Zur Bestimmung der risikogerechten Prämie wird abschließend das Konzept der (primären und sekundären) Prämiendifferenzierung vertieft. Dies wird in der späteren modelltheoretischen Untersuchung als *Referenzsituation* definiert.

In Kapitel 3 wird das Konzept der Prämiendifferenzierung erweitert und Ansätze für individuelle Tarifierung eingeführt. Wesentlicher Treiber für die Prämienindividualisierung ist die fortschreitende Digitalisierung: Quer durch alle Lebensbereiche führt die Digitalisierung zu tiefgreifenden und nachhaltigen Veränderungen. Das Volumen an Daten einzelner Individuen ist aufgrund von digitalen Nutzungs- und Verwaltungsmöglichkeiten immens gestiegen und stellt einen hohen wirtschaftlichen Wert

dar.³⁰ Diese in der klassischen Tarifierung unzugängige risikorelevante Information kann genutzt werden, um die Prämie individueller und risikogerechter zu kalkulieren. In diesem Zusammenhang werden die Begriffe *Digitale Historie*, *Digitale Kontrolle* und *Digitale Überwachung* definiert und darauf aufbauend, datengetriebene Versicherungsansätze präsentiert.

Die Relevanz von Prämienindividualisierung in der Assekuranz wird in Kapitel 4 anhand von auf dem Versicherungsmarkt verfügbaren Kfz-Telematiktarifen verdeutlicht. Neben dem chronologischen Marktüberblick, der die Entwicklung der Telematiktarife veranschaulicht, ist die Bewertung der individuellen Fahrweise von zentraler Bedeutung.

Die modelltheoretische Analyse ist zentraler Gegenstand des fünften Kapitels. Die Entscheidungssituation für oder gegen den datengetriebenen Tarif wird im Kontext zu der Referenzsituation gesehen. Das Individuum ist gemäß klassischer Prämienindividualisierung einer Risikogruppe zugeordnet und kann durch zusätzliche individuelle Daten die wahre Risikoexposition offenbaren. Es werden zweckmäßige und anwendungsorientierte Modelle gewählt, um konkrete Entscheidungsempfehlungen abzuleiten. Neben der Theorie der Erwartungsnutzenmaximierung werden sowohl spieltheoretische Überlegungen angestellt als auch eine stochastische Simulation durchgeführt. Das Kapitel schließt mit verhaltensökonomischen Überlegungen gemäß Prospect Theory, die eine interessante Ergänzung darstellt, da sie auf tatsächlich beobachtetem Entscheidungsverhalten basiert.

Kapitel 6 fasst die wesentlichen Ergebnisse der vorangegangenen Kapitel zusammen und schließt mit einem Ausblick für weiteren Forschungsbedarf.

³⁰Vgl. zum Beispiel KPMG und Bitkom Research, 2017.

2. Klassische Prämiendifferenzierung

2.1. Risikotransfer

Der Teilbereich der angewandten Stochastik, der die mathematischen Grundlagen für die Versicherungstechnik bildet, wird als *Risikotheorie* bezeichnet.³¹ Gegenstand und Kern des Versicherungsgeschäfts ist das *Risikogeschäft*.³² Der Begriff *Risiko* wird sowohl in der Umgangssprache als auch im Sprachgebrauch der Versicherungswirtschaft und versicherungswissenschaftlichen Literatur unterschiedlich belegt. Umgangssprachlich beschreibt Risiko die Gefahren, die negative Ereignisse auslösen können, sowie Wagnisse, aus denen negative Ereignisse resultieren können. Grundlegend ist dabei ein Informationsdefizit bzgl. Zeitpunkt, Ort, Art und Ausmaß zukünftiger negativer Ereignisse.³³ Im Sprachgebrauch der Versicherungswirtschaft wird häufig der Versicherungsnehmer, das versicherte Objekt, die versicherte Gefahr oder auch das versicherte Interesse als Risiko bezeichnet.³⁴ Der *Risikotransfer* erfolgt durch den Abschluss eines Versicherungsvertrages und beschreibt die teilweise oder vollständige Übertragung von Risiken von dem Versicherungsnehmer auf das Versicherungsunternehmen.³⁵ Der Umfang des Versicherungsschutzes und der Leistung sind an ein zufälliges Ereignis (Eintritt eines Versicherungsfalles) gebunden und im Versicherungsvertrag zwischen Versicherungsnehmer und Versicherungsunternehmen genau definiert.

³¹Vgl. Walz, 2017, S. 429.

³²Vgl. Farny, 2011, S. 22. Weitere Bestandteile der Versicherungsgeschäfts sind die mit dem Risikogeschäft verbundenen *Spar- und Entspargeschäfte* sowie eine Vielzahl von *Dienstleistungsgeschäften*.

³³Vgl. Helten, 1994, S. 1, 2.

³⁴Vgl. ebd., S. 1, 9.

³⁵Vgl. P. Albrecht, 1992, S. 3.

Dem Versicherungsfall liegt ein *Schadenereignis* zugrunde, das den Versicherten in seiner wirtschaftlichen Situation bedroht bzw. seine wirtschaftliche Ausgangslage verschlechtert.³⁶ Da die Versicherungsleistungen dem Zufall unterliegen, d. h. deren Fälligkeit im voraus unbestimmt ist, bezeichnet KARTEN aus der Sicht des Versicherers als *Einzelrisiko* „die Ungewissheit der nach Eintritt und Höhe zufälligen (vertraglichen) Leistungen“.³⁷ Die zufälligen Schäden können somit als Realisationen einer nicht-negativen Zufallsvariable interpretiert werden. Das Einzelrisiko lässt sich vollständig durch die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Versicherungsleistungen beschreiben und anhand von statistischen Messgrößen konkretisieren.³⁸ Wichtige Kenngrößen einer Wahrscheinlichkeitsverteilung sind der Erwartungswert³⁹ und die Standardabweichung bzw. Varianz⁴⁰.

Grundlegende Voraussetzung für das Zustandekommen des Risikotransfers ist der Informationsaustausch vom Versicherungsnehmer zum Versicherer, um das Einzelrisiko anhand von Risikomerkmale⁴¹ bewerten und quantifizieren zu können.⁴² Da die Information über das Einzelrisiko stets unvollständig ist, kann die wahre Wahrscheinlichkeitsverteilung basierend auf den Informationen des Versicherungsnehmers zu Vertragsbeginn und Schadenstatistiken der Vergangenheit nur geschätzt werden.⁴³ Diese Problematik wird im Laufe der vorliegenden Arbeit näher untersucht. Zudem können in einem Versicherungsvertrag mehrere Risiken versichert sein, wie zum Beispiel die Mitversicherung von Familienmitgliedern. Zu diesem Zweck schlägt HELTEN den Begriff *Versicherungstechnische Einheit*⁴⁴ für die statistische Erfassung von Einzelrisiken vor.⁴⁵

³⁶Vgl. Karten, 1993, S. 2.

³⁷Vgl. ebd., S. 2.

³⁸Vgl. ebd., S. 3.

³⁹Die Bedeutung des erwarteten Schadens wird im Folgenden bei der *Nettorisikoprämie* deutlich.

⁴⁰Die Standardabweichung und die Varianz sind Maße für die Streuung der Zufallsvariable um den Erwartungswert.

⁴¹Risikomerkmale werden in Abschnitt 2.4.3 näher erläutert.

⁴²Vgl. P. Albrecht, 1992, S. 4.

⁴³Vgl. Karten, 1993, S. 3.

⁴⁴Vgl. Helten, 1994, S. 5.

⁴⁵Ob ein Risiko oder mehrere Risiken versichert werden, ist Frage der Produktgestaltung und soll hier nicht weiter betrachtet werden.

Im Rahmen der Geschäftstätigkeit übernimmt das Versicherungsunternehmen eine Vielzahl von Einzelrisiken. Durch die Aggregation von Einzelrisiken zu einem *Kollektiv*, ergibt sich die Gesamtschadenverteilung des Kollektivs als Summe der einzelnen Zufallsvariablen und ist somit wieder eine Zufallsvariable. KARTEN spricht hierbei vom *Bestandsrisiko*⁴⁶ des Versicherungsunternehmens, während ALBRECHT den kollektiven Jahresgesamtschaden als *Schadenrisiko*⁴⁷ bezeichnet. Insbesondere die Gesamtschadenverteilung des Kollektivs bzw. einzelner Teilkollektive und die Schadenverteilung einzelner Versicherungsverträge sind Gegenstand der Versicherungstechnik und Risikotheorie.

In diesem Zusammenhang ist der *Ausgleich im Kollektiv* ein wichtiges versicherungstechnisches Grundprinzip. Dementsprechend findet sich der Risikoausgleich im Kollektiv als Element in der von FARNY nach der *Bedarfstheorie* formulierten Versicherungsdefinition: *Versicherung* ist die

„Deckung eines im einzelnen ungewissen, insgesamt geschätzten Mittelbedarfs auf der Grundlage des Risikoausgleichs im Kollektiv und in der Zeit.“⁴⁸

Ferner formuliert ALBRECHT:

„Der Ausgleich-im-Kollektiv-Effekt ist das wichtigste Instrument zur *Risikotransformation*.“⁴⁹

Beim Ausgleich im Kollektiv handelt es sich um einen inhaltlich nicht exakt definierten Begriff, so dass in der Literatur unterschiedliche Ansätze zu finden sind. Im Allgemeinen wird mit dem Begriff ein *(Risiko-)Ausgleichseffekt* im Kollektiv verbunden, der mit zunehmender Anzahl versicherter Einzelrisiken eintritt. Dieser

⁴⁶Vgl. Karten, 1983, S. 218.

⁴⁷Vgl. P. Albrecht, 1992, S. 5.

⁴⁸Vgl. Farny, 2011, S. 8–9.

⁴⁹ALBRECHT bezeichnet die Risikotransformation als *Versicherungseffekt 2. Ordnung*. Dieser besteht darin, dass bei wachsender Bestandsgröße „der versicherte Gesamtschaden bei gleichem Risikoniveau günstiger getragen werden kann.“ Vgl. P. Albrecht, 1992, S. 21.

Ausgleichseffekt wurde unter anderem von GÜRTLER⁵⁰, BRAESS⁵¹ und ALBRECHT⁵² untersucht. Trotz der zeitlichen Differenz der Veröffentlichungen, unterschiedlichen Ansätzen und Verwendung von Risikomaßen, kommen die drei Autoren zu einem einheitlichen Schluss: Bestandsvergrößerungen fördern unter bestimmten Bedingungen den Ausgleichseffekt im Kollektiv und sind damit vorteilhaft für das Versicherungsunternehmen. Entscheidend ist, wie das Risiko genau gemessen und welches Risikomaß verwendet wird.

Als Gegenleistung für die Übernahme des Risikos zahlt der Versicherungsnehmer (im Allgemeinen) im Voraus, d. h. zu Beginn der Versicherungsperiode, eine feste Prämie an das Versicherungsunternehmen. Die Diskrepanz zwischen der Zufälligkeit der Schäden und Prämienvorauszahlungen bedingt die Existenz des versicherungstechnischen Risikos.⁵³ ALBRECHT/SCHWAKE definieren das *versicherungstechnische Risiko* wie folgt:

„Das versicherungstechnische Risiko ist die Gefahr, daß für einen bestimmten Zeitraum der Gesamtschaden des versicherten Bestandes die Summe der für die reine Risikoübernahme zur Verfügung stehenden Gesamtprämie und des vorhandenen Sicherheitskapitals übersteigt.“⁵⁴

Bezogen auf den gesamten versicherten Bestand spricht GÜRTLER von dem versicherungstechnischen *Gesamtrisiko*, das die Existenz des Versicherungsunternehmens bedroht.⁵⁵ Analog zur Definition auf kollektiver Ebene kann das versicherungstechnische Risiko unter Vernachlässigung des Sicherheitskapitals auch auf Teilkollektive, wie zum Beispiel Versicherungszweige, oder sogar einzelne Versicherungsverträge übertragen werden.⁵⁶

⁵⁰Gürtler, 1929a und Gürtler, 1929b.

⁵¹Braeß, 1960.

⁵²P. Albrecht, 1982.

⁵³Vgl. P. Albrecht, 1992, S. 5.

⁵⁴Vgl. P. Albrecht und Schwake, 1988, S. 652.

⁵⁵Vgl. Gürtler, 1976, S. 36.

⁵⁶Vgl. P. Albrecht, 1992, S. 7.

Die Abweichung des tatsächlichen Gesamtschadens von dem geschätzten Erwartungswert kann verschiedene Ursachen haben. In der wissenschaftlichen Literatur werden häufig die folgenden Komponenten des versicherungstechnischen Risikos unterschieden:⁵⁷

- *Zufallsrisiko*: Das Zufallsrisiko resultiert aus der Zufälligkeit der Einzelschäden und damit aus der Stochastizität des Gesamtschadens. Selbst bei vollständiger Kenntnis der wahren Schadengesetzmäßigkeit verbleibt immer ein positives Restrisiko dafür, dass die tatsächlichen Versicherungsleistungen die vorhandenen Vermögenswerte (Summe aus Prämie und Sicherheitskapital) übersteigen.
- *Irrtumsrisiko*: Das Irrtumsrisiko resultiert aus der Unvollständigkeit der Information über die wahre Schadengesetzmäßigkeit und zerfällt in die Komponenten Diagnose- und Prognoserisiko. Das *Diagnoserisiko* beschreibt die Gefahr, dass bei der statistischen Analyse (statistische Inferenz) der Schadengesetzmäßigkeit vergangener Perioden Fehler begangen werden können. Mögliche Ursachen liegen hierfür in einer unvollständigen bzw. verzerrten Datengrundlage sowie in einer fehlerhaften Anwendung statistischer Verfahren. Das *Prognoserisiko* beschreibt die Unsicherheit, ob die für die Vergangenheit festgestellte Schadengesetzmäßigkeit auch in der Zukunft Gültigkeit besitzt, selbst bei angenommener fehlerfreier Diagnose.

Korollar (im Hinblick auf datengetriebene Tarifierungsansätze):

Zusätzliche risikorelevante Daten über das Einzelrisiko reduzieren das Irrtumsrisiko, jedoch nicht das Zufallsrisiko!

⁵⁷Vgl. P. Albrecht und Schwake, 1988, S. 652 f., wobei die Termini Zufallsrisiko auf GÜRTLER, Irrtumsrisiko auf FARNY und Diagnose- und Prognoserisiko auf HELTEN zurückgehen.

2.2. Äquivalenzprinzip und Versicherungsprämie

Neben der Risikomodellierung ist die Prämienkalkulation ein zentraler Gegenstand der Versicherungstechnik, denn nur ausreichende Prämien gewährleisten die Solvenz des Versicherungsunternehmens. Aufgrund der finanzmathematischen und biometrischen Besonderheiten in der Personenversicherung, beziehen sich die folgenden Ausführungen im Wesentlichen auf die Schadenversicherung. Die grundsätzlichen Überlegungen sind jedoch auf die Personenversicherung anwendbar⁵⁸.

Die (*Versicherungs-*)*Prämie*⁵⁹ stellt den aktuariell angemessenen Preis für das Wirtschaftsgut Versicherung dar und entspricht dem Preis den der Versicherungsnehmer als Gegenleistung für die Risikoübernahme durch den Versicherer zu zahlen hat.⁶⁰ Mit anderen Worten: Der Versicherer übernimmt zufällige Zahlungen gegen eine feste, im Voraus fällige Prämie. Gleichzeitig unterliegt die Prämie als Preis eines Dienstleistungsproduktes dem Wettbewerb am Markt. Der interne Produktionsprozess der Prämienkalkulation unterliegt in seiner konkreten Ausgestaltung privatrechtlich nur geringen, spartenspezifischen Kalkulationsvorschriften.⁶¹ Im Wesentlichen wird die Prämienkalkulation nach (*anerkannten*) *versicherungsmathematischen Grundsätzen* gefordert, deren Konkretisierung beim Versicherungsunternehmen verbleibt.⁶²

Ein in der Versicherungsbetriebslehre weitverbreitetes Kalkulationsschema für die Prämie ist das folgende:⁶³

⁵⁸Insbesondere bei Versicherungen mit langer Vertragslaufzeit, wie bei Lebens- und Krankenversicherungen, sind Zinseffekte durch Barwertmodelle zu berücksichtigen. Vgl. dazu Farny, 2011, S. 64 ff.

⁵⁹Oft auch (Versicherungs-)Beitrag genannt.

⁶⁰Vgl. P. Albrecht und Lippe, 1988, S. 525.

⁶¹Für die Lebensversicherung gilt § 138 Abs. 1 S. 1 Versicherungsaufsichtsgesetz (VAG), ebenso für die Unfallversicherung mit Prämienrückgewähr laut § 161 Abs. 1 VAG. Für die private Krankenversicherung gilt § 146 Abs. 1 Nr. 1 VAG sowie § 10 Krankenversicherungsaufsichtsverordnung (KVAV). Für die Kfz-Haftpflichtversicherung gilt § 5 Abs. 3 Pflichtversicherungsgesetz (PflVG).

⁶²Vgl. Zwiesler, 1995, S. 159.

⁶³Vgl. zum modelltheoretischen Aufbau der Versicherungsprämie Lippe, 1984, S. 134. Zudem Ergänzung des *Kapitalkostensatzes* aus der wert- und risikoorientierte Unternehmenssteuerung.

Nettorisikoprämie

= Erwartungswert der Schadenaufwendungen

Bruttorisikoprämie (Risikoprämie, Nettoprämie)

= Nettorisikoprämie + Sicherheitszuschlag/Kapitalkostensatz

Bruttoprämie

= Bruttorisikoprämie + Kostenzuschläge

Die versicherungsspezifische Problematik der Prämienkalkulation spiegelt sich in der Bestimmung der Bruttorisikoprämie wider, die sich aus der Nettorisikoprämie und einem Sicherheitszuschlag zusammensetzt. Eine zweckmäßige Berechnungsmethode der reinen *Nettorisikoprämie* beruht auf dem *versicherungstechnischen Äquivalenzprinzip* und besagt, dass die Nettorisikoprämie dem Erwartungswert der Schadenaufwendungen entsprechen soll. Das versicherungstechnische Äquivalenzprinzip kann sowohl auf das gesamte Kollektiv (Versicherungsbestände) als auch auf das Einzelrisiko bezogen werden.⁶⁴

- Das *kollektive Äquivalenzprinzip*⁶⁵ fordert, dass die gesamte Nettorisikoprämie für den Versicherungsbestand dem kollektiven Schadenerwartungswert entspricht. Die Zweckmäßigkeit ergibt sich aus der Überlebensbedingung des Versicherers, denn aus Sicht des Versicherungsunternehmens ist es notwendig den Betrag an Prämien einzunehmen, den es im Mittel an Versicherungsleistungen zu zahlen hat. Ist dies nicht der Fall, würde das versicherungstechnische Geschäft systematisch in den Ruin führen.

⁶⁴Vgl. hierzu Innami, 1966, Karten, 1993, S. 41–43, und Farny, 2011, S. 67–69.

⁶⁵INNAMI spricht vom *Prinzip der Gruppenäquivalenz*.

- Das *individuelle Äquivalenzprinzip* folgt dem *Verursachungsprinzip* und ordnet jedem einzelnen Risiko im Bestand eine Nettorisikoprämie in Höhe seines individuellen Schadenerwartungswerts zu. Demzufolge ist die Nettorisikoprämie eines Versicherungsnehmers umso höher, je größer sein Schadenerwartungswert ist. In der versicherungsmathematischen Literatur wird dabei von einer „risikogerechten“ bzw. „fairen“ Prämie gesprochen.

Korollar (im Hinblick auf datengetriebene Tarifierungsansätze):
Zusätzliche risikorelevante Daten über das Einzelrisiko erhöhen die individuelle Risikoäquivalenz!

Für die Personenversicherung (Lebens- und Krankenversicherung) sei an dieser Stelle anzumerken, dass aufgrund von langen Vertragslaufzeit das Äquivalenzprinzip um die Zeitraumbezogenheit zu verfeinern ist. Daher verlangt das Äquivalenzprinzip zum Kalkulationszeitpunkt, dass der erwartete Prämienbarwert gleich dem erwarteten Leistungsbarwert ist - unter Berücksichtigung des Rechnungszinses als zentrale Rechnungsgrundlage.⁶⁶

Folgender wichtiger Zusammenhang zwischen dem kollektiven und dem individuellen Äquivalenzprinzip ist hervorzuheben: Aus dem individuellen Äquivalenzprinzip folgt das kollektive Äquivalenzprinzip, denn wenn die Prämienäquivalenz für jedes Einzelrisiko erfüllt ist, so ist das Prinzip auch für das gesamte Kollektiv (Summe der Einzelrisiken) erfüllt - unabhängig von Bestandsveränderungen im Laufe der Zeit.⁶⁷ In diesem Zusammenhang wird von „struktureller Neutralität“ gesprochen, denn die risikoadäquate Prämie ist unabhängig von der Bestandszusammensetzung.⁶⁸ Jedes Risiko trägt somit zur Deckung des kollektiven Schadenerwartungswerts gemäß seines individuellen Schadenerwartungswerts bei. Umgekehrt schließt das kollektive

⁶⁶Vgl. Karten, 1993, S. 43. Im Allgemeinen werden neben dem Rechnungszins die Rechnungsgrundlagen Sterblichkeit und Kosten bei der Prämienkalkulation berücksichtigt.

⁶⁷Mathematisch lässt sich dies mit der Additivität der Erwartungswerte begründen: Der Erwartungswert einer Summe von Zufallsvariablen entspricht der Summe der Erwartungswerte der einzelnen Summanden.

⁶⁸Vgl. Karten et al., 2018, S. 167.

Äquivalenzprinzip nicht das individuelle Äquivalenzprinzip ein, da die Aufteilungs-möglichkeiten der kollektiven Nettorisikoprämie auf die Einzelrisiken vielfältig sind und die daraus resultierenden Prämien nicht zwangsläufig den individuellen Schadenerwartungswerten entsprechen.⁶⁹

Während die Gültigkeit des kollektiven Äquivalenzprinzips mit der Überlebensbedingung des Versicherers begründet ist, kann das individuelle Äquivalenzprinzip als wesentliches Merkmal der Privatversicherung angesehen werden und stellt somit einen entscheidenden Unterschied zur Sozialversicherung (mit ihrem Solidar- und Umlageprinzip) dar.⁷⁰ Jegliche Abweichung vom individuellen Äquivalenzprinzip bedeutet eine Subventionierung von Risiken mit überdurchschnittlichem Schadenerwartungswert durch diejenigen mit unterdurchschnittlichem Schadenerwartungswert.⁷¹

Die mit der Kalkulation der Nettorisikoprämie verbundenen Schwierigkeiten beruhen auf der Diskrepanz der Prämienvorauszahlung und der Zufälligkeit der Schäden, d. h. die tatsächlich anfallenden Versicherungsleistungen sind zum Kalkulationszeitpunkt indeterministisch.⁷² Da die wahre Schadengesetzmäßigkeit und somit auch der Erwartungswert a priori unbekannt sind, müssen diese geschätzt werden.⁷³

Die Notwendigkeit des *Sicherheitszuschlags* begründet sich in der Risikosituation des Versicherungsunternehmens und soll das versicherungstechnische Risiko reduzieren.⁷⁴ Wird gemäß dem Äquivalenzprinzip als Minimalprämie nur die Nettorisikoprämie vereinnahmt, so lässt sich mit Hilfe des zentralen Grenzwertsatzes im individuellen Modell mit homogenen Risiken zeigen, dass die einperiodige Ruinwahrscheinlichkeit bei wachsendem Versicherungsbestand und bei angenommener Kenntnis der wahren Schadengesetzmäßigkeit gegen $\frac{1}{2}$ konvergiert.⁷⁵ Dieses Ergebnis

⁶⁹Vgl. Farny, 2011, S. 68.

⁷⁰Vgl. Helten, 1975, S. 88.

⁷¹Vgl. Farny, 2011, S. 69.

⁷²Vgl. P. Albrecht und Lippe, 1988, S. 526.

⁷³Vgl. ebd., S. 526.

⁷⁴Vgl. ebd., S. 526.

⁷⁵Vgl. P. Albrecht, 1982, S. 528.

ist sogar unabhängig vom vorhandenen Sicherheitskapital. Die Höhe des Sicherheitskapitals beeinflusst lediglich die Konvergenzgeschwindigkeit. Mit anderen Worten: Zahlt jeder Versicherungsnehmer eines homogenen Kollektivs nur die Nettorisikoprämie ohne Sicherheitszuschlag, so sind Ruin und Überleben des Versicherungsunternehmens gleichwahrscheinlich, unabhängig vom Sicherheitskapital.⁷⁶ Es ergibt sich somit die Notwendigkeit die Nettorisikoprämie um einen Sicherheitszuschlag zu erhöhen, um zufällige Schwankungen der Risiken im Schadenverlauf aufzufangen. Da die Höhe des Sicherheitszuschlags jedoch von der Größe des Bestandes und der Korrelationen von Einzelrisiken innerhalb des Bestandes abhängig ist, lässt sich der Sicherheitszuschlag für ein Einzelrisiko nicht unabhängig vom Kollektiv bestimmen.⁷⁷

Rein betriebswirtschaftlich ist zusätzlich ein *Gewinnzuschlag* als Bestandteil der Prämie vorgesehen.⁷⁸ In der Literatur ist umstritten, inwiefern der Gewinnzuschlag vom Sicherheitszuschlag abzugrenzen ist, da der Übergang fließend ist und ein über den Sicherheitszuschlag hinausgehender Gewinnzuschlag auf strategischen Unternehmensentscheidungen beruht.⁷⁹ Sofern im Unternehmen eine wert- und risikoorientierte Unternehmenssteuerung⁸⁰ verfolgt wird, kann der Sicherheitszuschlag als *Kapitalkostensatz* interpretiert werden. Dieser dient im Wesentlichen den Interessen der Risikokapitalgeber⁸¹ und sorgt dafür, dass diese für das eingesetzte Kapital und die damit eingegangenen Risiken eine angemessene Verzinsung erhalten.⁸²

⁷⁶Vgl. Lippe, 1984, S. 137.

⁷⁷Vgl. Karten et al., 2018, S. 154.

⁷⁸Laut KARTEN ist der Begriff *Gewinnzuschlag* jedoch missverständlich, denn es handelt sich nicht um einen expliziten Zuschlag, der dann den Gewinn darstellt, sondern kann als Residualgröße verstanden werden. Vgl. ebd., S. 151 ff.

⁷⁹Vgl. Karten, 1993, S. 39.

⁸⁰Insbesondere die im Rahmen von Solvency II geforderte umfassende (quantitative und qualitative) Analyse aller Risiken und der dazugehörigen Kapitalanforderungen, sind Treiber für eine wert- und risikoorientierte Unternehmenssteuerung. Vgl. dazu Junglas, Schradin und Wiegard, 2021, S. 329 f.; Romeike und Müller-Reichart, 2020, S. 111 ff., 254 ff.; Möbius und Pallenberg, 2016, S. 189 ff.; sowie Dreher, 2012.

⁸¹Beispielsweise bei Versicherungsaktiengesellschaften den Aktionären.

⁸²Eine bekanntes Performance-Maß in der risiko- und wertorientierten Unternehmenssteuerung ist der *ökonomische Mehrwert* einer Periode, genannt *Economic Value Added* (kurz: EVA). Dieser Begriff geht zurück auf das Consulting-Unternehmen Stern Stewart & Co. Einfach ausgedrückt, ist der ökonomische Mehrwert definiert als die Differenz aus dem Geschäftsergebnis und den

Im Unterschied zur Brutto-Risikoprämie deckt die vom Versicherungsnehmer zu zahlende *Bruttoprämie* nicht nur die erwarteten Schadenkosten und zufälligen Schwankungen ab, sondern enthält zudem schadenunabhängige Zuschläge. Der *Kostenzuschlag* beinhaltet im engeren Sinne einen *Betriebskostenzuschlag* und im weiteren Sinne einen Zuschlag für *Rückversicherungskosten*.⁸³

Darüber hinaus existieren spartenspezifische Prämienzuschläge⁸⁴, wie zum Beispiel die *Versicherungssteuer* in der Schadenversicherung.⁸⁵ Hervorzuheben sind vor allem *Risikozuschläge* in der Kapitallebens- und Risikolebensversicherung, der Berufsunfähigkeitsversicherung und der privaten Krankenversicherung. Die Kapitallebens- und Risikolebensversicherungen decken das Todesfallrisiko ab, daher ist bei Vertragsabschluss eine *Risikoprüfung* obligatorisch. Der Versicherungsnehmer muss Fragen zu seinem Gesundheitszustand und Lebensstil beantworten. Bei besonders hohen Versicherungssummen oder bestimmten Vorerkrankungen ist zusätzlich eine medizinische Untersuchung erforderlich. Ziel der Risikoprüfung ist es, das individuelle Todesfallrisiko einzuschätzen und im Risikozuschlag zu berücksichtigen.⁸⁶ Ähnlich zu der Kapitallebens- und Risikolebensversicherung wird auch bei der Berufsunfähigkeitsversicherung⁸⁷ und der privaten Krankenversicherung⁸⁸ eine Risikoprüfung vor Vertragsbeginn durchgeführt und ein Risikozuschlag bei erhöhtem Invaliditätsrisiko bzw. Krankheitsrisiko einkalkuliert. Alternativ werden Leistungen ausgeschlossen und in letzter Konsequenz eine Übernahme des Risikos abgelehnt.

Kapitalkosten (= Produkt des benötigten (Solvenz-)Kapitals und dem unternehmenseigenem Kapitalkostensatz). Das heißt, erst wenn die Kapitalkosten erwirtschaftet werden, entsteht für das Unternehmen eine ökonomische Wertsteigerung. Vgl. zum Beispiel Junglas und Wiegard, 2021, S. 302 f.; Heep-Altiner et al., 2014, S. 21 ff.; oder Schradin und Zons, 2005, S. 166.

⁸³ *Betriebskosten* sind im Allgemeinen diejenigen Kosten, die für den Versicherungsbetrieb (z.B. Personalkosten, Dienstleistungen oder sachliche Betriebsmittel) benötigt werden. Die *Rückversicherungskosten* resultieren aus dem Preis für den rückversicherten Teil des Einzelrisikos. Vgl. dazu Karten, 1993, S. 39 ff.; oder Farny, 2011, S. 60 ff.

⁸⁴ Auf eine detaillierte Darstellung sämtlicher Prämienzuschläge soll an dieser Stelle verzichtet werden, da es über die einzelrisikobezogene Betrachtungsweise und Zuordnung einer risikogerechten Prämie hinausgeht.

⁸⁵ Vgl. Farny, 2011, S. 61.

⁸⁶ Vgl. Kahlenberg, 2018, S. 181.

⁸⁷ Vgl. ebd., S. 392.

⁸⁸ Vgl. Becker, 2017, S. 31.

Korollar (im Hinblick auf datengetriebene Tarifierungsansätze):

Zusätzliche risikorelevante Daten über das Einzelrisiko verbessern die individuelle Risikoprüfung!

2.3. Informationsasymmetrien zu Lasten des Versicherers

Im Rahmen der Prämienkalkulation stellt die asymmetrische Informationsverteilung⁸⁹ zwischen Versicherer und Versicherungsnehmer ein zentrales Problem dar und führt zu Ineffizienzen in der Prämienkalkulation. Im Allgemeinen kann sich die unvollständige bzw. ungleich verteilte Information über das versicherte Risiko sowohl vor als auch nach Vertragsabschluss einstellen. Vorvertraglich genießt der Versicherungsnehmer einen Informationsvorsprung bezüglich seines eigenen Risikos. Konkret kann angenommen werden, dass der Versicherungsnehmer seine gefahrerhöhenden Umstände besser kennt als der Versicherer. Die Situation nach Versicherungsabschluss weist ebenfalls einen Informationsvorsprung zu Lasten des Versicherers auf, da eine versicherungsinduzierte Verhaltensänderung seitens des Versicherungsnehmers die Schadenverteilung negativ beeinflussen kann.⁹⁰ Im ersten Fall wird von *Adverse Selection* im zweiten Fall von *Moral Hazard* gesprochen. In einem engen versicherungswirtschaftlichen Kontext werden die beiden Begriffe im Folgenden skizziert.

Moral Hazard (im deutschen auch *moralisches Risiko* genannt) bezeichnet die mögliche Verhaltensänderung von Versicherungsnehmern nach Abschluss eines Versiche-

⁸⁹Asymmetrische Informationsverteilung tritt auf, wenn eine Vertragspartei einen Informationsvorsprung gegenüber der anderen Vertragspartei besitzt. Wesentliche Erkenntnisse über die Bedeutung von Informationsasymmetrie für Existenz und Gestalt von Gleichgewichten auf Versicherungsmärkten gehen vor allem auf Rothschild und Stiglitz (1976) zurück.

⁹⁰Im Versicherungsverhältnis kann nicht nur der Versicherer, sondern auch der Versicherungsnehmer asymmetrischer Information ausgesetzt sein. Der Gesetzgeber wirkt dem Informationsdefizit auf Seiten des Versicherungsnehmers beispielsweise durch Informations-/Beratungspflichten sowie Widerrufsrechte (§§ 6, 7, 8 Versicherungsvertragsgesetz (VVG)), und allgemeine Transparenzvorschriften (§ 307 Abs. 1 Satz 2 BGB) entgegen. Da der Fokus auf der Informationsasymmetrie zu Lasten des Versicherers liegt, wird diese Thematik nicht weiter ausgeführt.

rungsvertrages, die vom Versicherer nicht zu beobachten ist und zu erhöhten Versicherungsleistungen führt. Neben sämtlicher Verhaltensänderungen werden ebenso nicht durchgeführte oder unterlassene Schadenverhütungsmaßnahmen betrachtet. Genießt der Versicherungsnehmer vollen Versicherungsschutz, sinkt sein Anreiz an vorsichtigem bzw. schadenminderndem Verhalten, da er die wirtschaftlichen Folgen nicht selber tragen muss oder sogar sich nach einem Schadenereignis besser stellt.⁹¹ Die höheren Versicherungsleistungen resultieren aus dem höheren Schadenausmaß (*mengenerhöhendes Moral Hazard*) bzw. der höheren Schadenwahrscheinlichkeit (*risikoerhöhendes Moral Hazard*) aufgrund der Verhaltensänderung.⁹² Generell werden in der Literatur mehrere Formen des moralischen Risikos unterschieden.⁹³

Eine gängige Differenzierung ist das *ex ante Moral Hazard* und das *ex post Moral Hazard* und setzt am zeitlichen Auftreten der Verhaltensänderung des Versicherungsnehmers an. Vollzieht sich die Verhaltensänderung vor Schadeneintritt, spricht man von *ex ante Moral Hazard*. Wirkt sich die Änderung erst nach dem Schadenfall, handelt es sich um *ex post Moral Hazard*.⁹⁴ Darüber hinaus kann *Moral Hazard* nach der Schwere des Verhaltens systematisiert werden. ESZLER differenziert *Moral Hazard* in *moralisches Risiko 1., 2., 3. und 4. Grades*. Dabei wird zwischen unbewusstem und bewusstem Verhalten unterschieden, wobei letzteres feiner differenziert wird, ob es sich um bewusstes, (absichtliches) aktives oder nicht-aktives Verhalten handelt.⁹⁵

Es wird deutlich, dass das moralische Risiko die erwartete Schadenverteilung negativ beeinflusst und dadurch die vereinnahmte Prämie für die Schadendeckung nicht ausreichend ist.⁹⁶ Um der unerwünschten Verhaltensänderung entgegenzuwirken, eignen

⁹¹Vgl. zum Beispiel Rothschild und Stiglitz, 1976, S. 642.

⁹²Vgl. zum Beispiel die mikroökonomischen Analysen von Nell, 1993; sowie die Ausführungen von Pauly, 1970.

⁹³Einen Überblick über die unterschiedlichen Dimensionen und Differenzierungen des moralischen Risikos im Versicherungswesen gibt: Eszler, 2019.

⁹⁴Vgl. Nell, 1993, S. 108 ff.

⁹⁵Vgl. Eszler, 2019.

⁹⁶Vgl. zum Beispiel Nell, 1998, S. 7 und Zweifel und Eisen, 2003, S. 297 ff. Ferner wird auf folgende wissenschaftliche Literatur verwiesen: Drei aufeinander bezogene Beiträge von Mahr, Forster und Steinmüller, 1977; Shavell, 1979; Helten und Hartung, 2001; Koch et al., 2009.

sich im Rahmen der Vertragsgestaltung beispielsweise die Einschränkung von Versicherungsleistungen oder Selbstbehalte. Dies zielt darauf ab, den Versicherungsnehmer am Risiko zu beteiligen, so dass der Anreiz geschaffen wird, das mögliche Schadenausmaß zu begrenzen.⁹⁷

Bei *Adverse Selection* (im deutschen auch *Adverse Selektion*, *Antiselektion* oder *Negativauslese* genannt) tritt die Informationsasymmetrie im Zeitpunkt des Vertragsabschlusses auf und beschreibt die Anhäufung von „schlechten“ Risiken im Versicherungsbestand.⁹⁸ Hintergrund ist das Informationsdefizit seitens des Versicherers und folglich die Unkenntnis des wahren Risikotyps der Versicherungsnehmer, so dass der Versicherer gezwungen ist Einheitsprämien anzubieten. Dies führt dazu, dass die Prämie für „gute“ Risiken zu hoch und für „schlechte“ Risiken zu niedrig ist. Versicherungsschutz wird dann besonders von „schlechten“ Risiken nachgefragt, während „gute“ Risiken auf Versicherungsschutz verzichten oder sich bei einem anderen Versicherer versichern. Dies kann zu einer existenziellen Bedrohung für das Versicherungsunternehmen führen.⁹⁹

Korollar (im Hinblick auf datengetriebene Tarifierungsansätze):

Zusätzliche risikorelevante Informationen über das Einzelrisiko (vor und während der Vertragslaufzeit) reduzieren die asymmetrische Informationsverteilung!

An dieser Stelle sei festgehalten, dass es aufgrund der Informationsbezogenheit des Vertragsgegenstandes Risiko für den Versicherer essentiell ist, die Informationsasymmetrien abzubauen oder gar zu verhindern, damit notwendige risikorelevante Informationen vorhanden sind und das Prinzip der Risikoäquivalenz gewahrt wer-

⁹⁷Vgl. zum Beispiel Lanz, 2014, S. 139 ff.

⁹⁸Im berühmten Aufsatz von Rothschild und Stiglitz, 1976, werden zwei Risikogruppen unterschieden, „gute“ Risiken mit geringer Schadenwahrscheinlichkeit und „schlechte“ Risiken mit höherer Schadenwahrscheinlichkeit.

⁹⁹Vgl. zum Beispiel Zweifel und Eisen, 2003, S. 320 ff.; A. Richter, 2005; Lanz, 2014.

den kann. In der versicherungsökonomischen Literatur gilt Prämiendifferenzierung als ein zentrales Instrument zur Reduktion von Adverser Selektion.¹⁰⁰

2.4. Tarifierung und risikogerechte Prämie

Als *Prämiendifferenzierung* wird die Abstufung der Prämie entsprechend dem Schadenerwartungswert des zu versichernden Einzelrisikos bezeichnet.¹⁰¹ Das bedeutet, dass jeder Versicherungsnehmer eine Prämie zahlt, die dem Risiko der Versicherung entspricht. Die nach der Versicherungsgefahr abgestuften Prämien werden *spezielle, individuelle, wagnistreue, differenzierte* oder *risikogerechte* Prämien genannt.¹⁰² An dieser Stelle sei betont, dass unter Prämiengerechtigkeit die *versicherungstechnische Gerechtigkeit* verstanden wird, die aus dem versicherungstechnischen Äquivalenzprinzip¹⁰³ - Gleichheit von erwarteter Leistung und erwarteter Gegenleistung - resultiert.¹⁰⁴

Die Notwendigkeit zur Prämiendifferenzierung ist jedoch nicht allein mit der Umsetzung des individuellen Äquivalenzprinzips zu begründen, sondern ergibt sich vor allem aus den Gegebenheiten des Versicherungsmarktes. Bei Versicherungsunternehmen die keine Prämiendifferenzierung durchführen, d. h. trotz erkennbarer Unterschiede im Schadenerwartungswert der zu versichernden Einzelrisiken wird eine *generelle, undifferenzierte (Durchschnitts- bzw. Einheits-)Prämie*¹⁰⁵ erhoben, kommt es automatisch zu Adverse Selection¹⁰⁶.¹⁰⁷ Bietet mindestens ein anderes Unternehmen risikogerechte Prämien an, so führt dies zur Abwanderung der guten Risiken (unterdurchschnittlicher Schadenerwartungswert) zum Konkurrenzunternehmen bzw. Zu-

¹⁰⁰Vgl. Karten, 1993, S. 62.

¹⁰¹Vgl. Mahr, 1964, S. 188.

¹⁰²Vgl. zum Beispiel Braeß, 1958, S. 257, oder Gürtler, 1976, S. 838.

¹⁰³Vergleiche dazu die Ausführungen in Abschnitt 2.2.

¹⁰⁴Vgl. Gürtler, 1976, S. 839.

¹⁰⁵Der Begriff *generelle Prämie* geht auf MAHR zurück. Vgl. dazu Mahr, 1964, S. 185.

¹⁰⁶Siehe dazu die Ausführungen in Abschnitt 2.3

¹⁰⁷Vgl. Karten, 1993, S. 62.

strom der schlechten Risiken (überdurchschnittlicher Schadenerwartungswert) vom Konkurrenzunternehmen in den eigenen Versicherungsbestand.¹⁰⁸

Grundsätzlich kann zwischen primärer und sekundärer Prämiendifferenzierung unterschieden werden. Bei der primären Prämiendifferenzierung erfolgt die Abstufung der Prämie direkt bei Abschluss des Versicherungsvertrages anhand von ex ante beobachtbaren und quantifizierbaren Risikomerkmale, während die sekundäre Prämiendifferenzierung zusätzlich die ex post beobachtbare individuelle Schadenhistorie nach Vertragsbeginn berücksichtigt.¹⁰⁹

2.4.1. Primäre Prämiendifferenzierung

Aus dem individuellen Äquivalenzprinzip¹¹⁰ der Prämienkalkulation leitet sich unmittelbar die Forderung nach Prämiendifferenzierung ab. Das individuelle Äquivalenzprinzip besagt, dass die reine Nettorisikoprämie dem individuellen Schadenerwartungswert entsprechen soll und führt somit zu einer maximal risikogerechten Prämie. Da die individuelle Schadengesetzmäßigkeit a priori nicht bekannt ist, muss sie unter Einsatz von mathematisch-statistischen Verfahren aus den Schadendaten geschätzt werden. Es ist jedoch nicht sinnvoll die Schätzung nur auf Grundlage der Schadendaten eines einzelnen Versicherungsnehmers durchzuführen: Zum einen liegen zu Vertragsbeginn im Allgemeinen keine individuellen Schadendaten vor und zum anderen treten einzelvertragliche Schadenereignisse nur sehr unregelmäßig auf. Daher besteht die Notwendigkeit einer *kollektiven* Auswertung von Schadendaten innerhalb homogener Risikogruppen¹¹¹. HELTEN spricht auch von sogenannten *Risikokollektiven*, in denen eine statistische Gesetzmäßigkeit (Zufallsgesetzmäßigkeit) von Schadenereignissen bei einer bestimmten Menge von Einzelrisiken auftritt und damit den Ausgleich im Kollektiv fördert.¹¹² Wie diese homogenen Risikogruppen

¹⁰⁸Vgl. Braeß, 1958, S. 261.

¹⁰⁹Vgl. P. Albrecht und Lippe, 1988, S. 530.

¹¹⁰Vergleiche dazu die Ausführungen in Abschnitt 2.2.

¹¹¹Vgl. P. Albrecht, 1992, S. 51.

¹¹²Vgl. Helten, 1994, S. 5.

konkret gebildet werden, wird im folgenden im Rahmen der Tarifierung in Grundzügen erläutert.

Der *Tarifierungsprozess* setzt sich im Wesentlichen aus vier Stufen zusammen (siehe Abbildung 2.1).

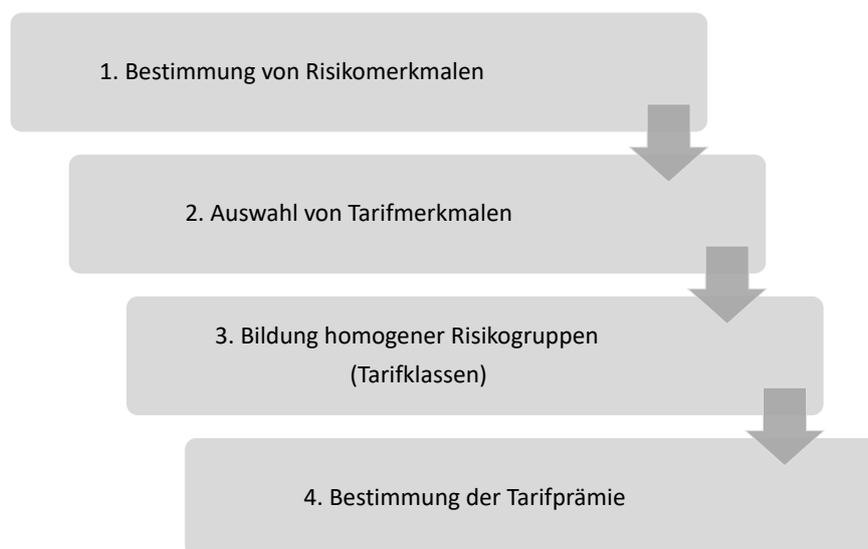


Abbildung 2.1.: Die vier Stufen des Tarifierungsprozesses

Das vorrangige Ziel ist es, für alle Risiken eines Versicherungsbestandes eine risikogerechte Prämie zu bestimmen. Dazu ist es erforderlich den Versicherungsbestand, der in der Regel aus sehr heterogenen Risiken besteht, in möglichst homogene (bzgl. des Schadenerwartungswertes) Risikogruppen zu unterteilen. Für eine solche Zuordnung ist es erforderlich wesentliche *primäre Risikomerkmale*¹¹³ zu identifizieren, die einen statistisch signifikanten Einfluss auf den Schadenverlauf¹¹⁴ haben.¹¹⁵ Aus der Menge der möglichen primären Risikomerkmale müssen für die Tarifierung geeignete Risikomerkmale und deren Ausprägungsklassen mit Hilfe von mathematischen Verfahren¹¹⁶ ausgewählt werden, die bei der Bestimmung der Prämie zugrunde gelegt

¹¹³Im Schadenursachenmodell von HELTEN werden Risikomerkmale auch *Schadenursachen*, *Gefahren* oder *Risikofaktoren* genannt. Vgl. Helten, 1994, S. 9.

¹¹⁴Die zu erklärende Risikogröße kann dabei der Gesamtschaden, die Schadenanzahl, die Schadenhöhe, etc. sein.

¹¹⁵Vgl. Karten, 1993, S. 52 ff.

¹¹⁶Die Auswahl von Merkmalen ist ein klassisches Problem der multivariaten Statistik, dazu gehören Methoden wie die Regressions- und Diskriminanzanalyse. Für die Bildung geeigneter

werden. Diese Merkmale werden *Tarifmerkmale* bezeichnet. Dabei sind besonders Abhängigkeiten zwischen den Tarifmerkmalen problematisch und müssen mit geeigneten Verfahren¹¹⁷ untersucht werden, da sie zu Verzerrungen bei statistischen Schätz- und Testverfahren führen. An dieser Stelle ist zu konstatieren, dass die Auswahl und Anzahl der prämienwirksamen Tarifmerkmale zur internen Tarifpolitik des Versicherers gehört und somit die Tarifstruktur von der jeweiligen Unternehmens- bzw. Produktstrategie abhängt. Es gibt keine Tarifmerkmale, die der Versicherer zwingend in der Prämienkalkulation berücksichtigen muss.¹¹⁸ Allein in der Privaten Krankenversicherung wird laut § 10 Abs. 1 KVVAV eine *altersabhängige* Prämie gefordert. Jenseits dieser Kalkulationsfreiheit sind jedoch bestimmte - gesetzliche als auch wirtschaftliche - Eigenschaften und Restriktionen an Risikomerkmale zu stellen, so dass nicht alle Risikomerkmale prämienwirksam in die Tarifierung herangezogen werden können.¹¹⁹ Nach Festlegung der Tarifmerkmale können im dritten Schritt all diejenigen Risiken mit identischen Ausprägungen hinsichtlich aller ausgewählter Tarifmerkmale in die gleiche *Risikogruppe*, auch *Tarifklasse* genannt, zusammengefasst werden. Die Risiken innerhalb einer Risikogruppe werden als identisch verteilt angenommen, so dass *homogene Risikogruppen* generiert werden, d. h. Im letzten Schritt wird jedem Risiko einer Risikogruppe dieselbe (*Tarif-*)*Prämie* zugeordnet. Dabei werden zum einen Sicherheitszuschläge aufgrund von Zufallsschwankungen innerhalb der Tarifklasse berücksichtigt und zum anderen Ausgleichsverfahren benachbarter Tarifklassen zur Stabilisierung der Tarifklassen angewandt.¹²⁰ Hintergrund ist hierbei die oft sehr große Anzahl von Tarifklassen und folglich die Problematik der schwach besetzten Tarifklassen. Zudem können neben risikotheorietischen Aspekten sowohl strategische und vertriebliche Aspekte als auch preispolitische Überlegungen

Ausprägungsklassen pro Risikomerkmale kommen Cluster- und Faktoranalysen zum Einsatz. Vgl. dazu zum Beispiel P. Albrecht und Telschow, 1996, S. 20 ff., oder Mack, 2002, S. 122 ff., 143 ff.

¹¹⁷Zum Beispiel mit Hilfe von Korrelationsanalysen und Copulas.

¹¹⁸Teilweise gibt der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) Empfehlungen für die Gestaltung der Musterbedingungen. Diese sind jedoch für die Versicherer unverbindlich.

¹¹⁹Siehe dazu die Ausführungen in Abschnitt 2.4.3.

¹²⁰Vgl. P. Albrecht, 1992, S. 52, sowie Mack, 2002, S. 161 ff.

einfließen, um die Wettbewerbsfähigkeit der Prämie auf dem Markt zu gewährleisten.

Abschließend ist festzuhalten, dass die Hypothese der Homogenität innerhalb der Risikogruppe in der Realität nicht gegeben ist, da die ausgewählten Tarifmerkmale das Risiko nicht vollständig abbilden. Denn auch wenn bei zwei Risiken die Ausprägungen sämtlicher Tarifmerkmale identisch sind, existieren zumeist noch weitere Risikomerkmale, die nicht in die Tarifierung aufgenommen werden können, und deren Ausprägungen nicht gleich sind. Zweckmäßig und näherungsweise richtig bleibt die genannte Hypothese dennoch.¹²¹ Die vorliegende Restheterogenität innerhalb der Risikogruppen kann jedoch mit Hilfe von sekundärer Prämiendifferenzierung reduziert werden. Würde diese bestehende Heterogenität unberücksichtigt bleiben, bestünde wiederum die Gefahr von Adverse Selection zu Ungunsten des Versicherungsunternehmens.

2.4.2. Sekundäre Prämiendifferenzierung

Im Ergebnis führt die primäre Prämiendifferenzierung dazu, dass sich alle Risiken mit Hilfe von *primären Risikofaktoren* eindeutig in homogene Risikogruppen einordnen lassen und jedem Risiko eine Tarifprämie ex ante zugewiesen werden kann. In der Praxis ist jedoch eine gewisse Restheterogenität innerhalb der Tarifklassen erkennbar, d. h. die Risiken einer Tarifklasse sind zwar ähnlich, aber nicht völlig identisch. In diesem Fall sind systematische, nicht zufallsbedingte Unterschiede im Schadenverlauf sichtbar und statistisch nachweisbar. Im Gegensatz zur primären Prämiendifferenzierung berücksichtigt die *sekundäre Prämiendifferenzierung* (auch *Erfahrungstarifizierung* genannt) zusätzlich die individuelle Schadenhistorie des Einzelrisikos. Die von den primären Risikomerkmale nicht erfassten Risikounterschiede werden von *sekundären Risikomerkmale* (zum Beispiel Anzahl schadenfreier Jahre,

¹²¹Vgl. Goelden et al., 2016, S. 118 f.

Schadenanzahl oder Schadenhöhe) implizit berücksichtigt. Die daraus resultierenden Prämiensteigerungen oder -senkungen gelten nicht für abgelaufene Versicherungsperioden; vielmehr wird der individuelle Schadenverlauf zur Bestimmung einer risikogerechten Prämie *zukünftiger* Versicherungsperioden verwendet.¹²² Der vergangenheitsbezogene Schadenverlauf fungiert demnach als Indikator für die Zukunft.

In der Versicherungswirtschaft findet die sekundäre Prämiendifferenzierung im wesentlichen durch sogenannte Bonus-Malus-Systeme oder Credibility-Prämien Anwendung:

- *Bonus-Malus-Systeme*¹²³: Charakteristisch für Bonus-Malus-Systeme sind zum einen eine endliche Anzahl an Bonus/Malus-Klassen und zum anderen eine vom Schadenverlauf abhängige Übergangsregel und zugehörige Prämienregel. Die Versicherungsprämie wird somit jährlich in Abhängigkeit der individuellen Schadenerfahrung durch einen Bonus oder Malus reduziert bzw. erhöht:
 - Nach einem schadenfreien Jahr wird der Versicherungsnehmer hochgestuft und ein Abschlag (Bonus) auf die Versicherungsprämie gewährt.
 - Werden Schäden im Versicherungsjahr gemeldet, erfolgt eine Rückstufung in eine niedrigere Bonus/Malus-Klasse und eine Erhöhung der Versicherungsprämie durch einen Zuschlag (Malus).

Die in der Praxis verwendeten Bonus–Malus-Systeme berücksichtigen in der Regel nur die jährliche Schadenanzahl und vernachlässigen die Schadenhöhen. Ein bekanntes Beispiel ist das *Schadenfreiheitsrabatt-System* in der Kfz-Haftpflichtversicherung und Vollkaskoversicherung.¹²⁴ Das in der Beitragskalkulation verwendete Tarifmerkmal *Schadenfreiheitsklasse* hat großen Einfluss

¹²²Vgl. Karten, 1993, S. 69.

¹²³Vgl. zum Beispiel Goelden et al., 2016, S. 191 ff.

¹²⁴Die Teilkaskoversicherung ist vom Schadenfreiheitsrabatt-System ausgeschlossen, da die versicherten Schäden (u.a. Autodiebstahl, Wildunfälle und Schäden durch Naturereignisse) vom Versicherungsnehmer kaum beeinflussbar sind.

auf die Beitragshöhe, wobei die Anzahl der schadenfreien Jahre beim Wechsel des Versicherungsunternehmens mitgenommen werden können.

- *Credibility-Prämien*: Die Stärke der Credibility-Theorie¹²⁵ beruht auf der Idee, die individuelle und kollektive Information zu kombinieren. Auf der einen Seite ist jedes Einzelrisiko Teil eines Kollektivs ähnlicher Risiken. Der kollektive Schadenverlauf bietet zuverlässige statistische Informationen und ist Grundlage für die *kollektive Prämie*. Auf der anderen Seite ist davon auszugehen, dass das Kollektiv bezüglich der Risikoexponiertheit nicht vollständig homogen ist. Daher ist es sinnvoll die individuelle Information, d. h. die individuelle Schadenerfahrung aus der Vertragshistorie, in einer *individuellen Prämie* abzubilden. Wegen der beschränkten Anzahl von Beobachtungen ist diese jedoch keine zuverlässige statistische Größe für aussagekräftige Ergebnisse und würde zu einer schwankenden Prämie führen. Vor diesem Hintergrund wird die *Credibility-Prämie* je nach Modellvoraussetzungen als gewichtetes Mittel aus individueller und kollektiver Prämie definiert, wobei die *Glaubwürdigkeit (credibility)*, gemessen am sogenannten *Credibility-Gewicht* bzw. *Credibility-Faktor*, der individuellen Schadenerwartung mit der Zeit steigt.¹²⁶

2.4.3. Arten und Eigenschaften von Risikomerkmalen

Wie bereits im Tarifierungsprozess deutlich wurde, impliziert die Bestimmung der risikogerechten Prämie gemäß dem Äquivalenzprinzip, dass zunächst alle relevanten, schadenbeeinflussenden Risikomerkmale identifiziert werden. Im Wesentlichen wird zwischen objektiven und subjektiven Risikomerkmalen unterschieden.¹²⁷ *Objektive Risikomerkmale* sind Risikomerkmale, die a priori messbar bzw. nachprüfbar

¹²⁵Maßgebend für die Entwicklung der Credibility-Theorie waren die Beiträge von dem schweizer Aktuar BÜHLMANN in den 70er Jahren. Das von BÜHLMANN und STRAUB im Jahr 1970 entwickelte Credibility-Modell ist das bekannteste und in der Praxis weit verbreitet.

¹²⁶Vgl. die Ausführungen von Bühlmann: Bühlmann, 1967, Bühlmann, 1969, Bühlmann und Straub, 1970, sowie Bühlmann und Gisler, 2005.

¹²⁷In der Sachversicherung wird von *harten* und *weichen* Risikofaktoren gesprochen.

sind und von dem Versicherungsnehmer nicht beeinflusst werden können. Dazu gehören Eigenschaften von Sachen (z. B. technische Daten des versicherten Objekts) sowie Personen (z. B. Geschlecht, Alter, Beruf).¹²⁸ *Subjektive Risikomerkmale* sind hingegen Risikomerkmale, die durch das Verhalten und die Fähigkeiten des Versicherungsnehmers gesteuert werden und auf diese Weise einen Einfluss auf den Risikoverlauf haben können.¹²⁹ In ihrer Ausprägung sind subjektive Risikomerkmale vielfältig, wie etwa gewisse Charaktereigenschaften oder das Risikoverhalten im Straßenverkehr.¹³⁰ Der Versicherer ist in diesem Fall auf die Richtigkeit der Angaben des Versicherungsnehmers zu Vertragsbeginn angewiesen. Ferner kategorisiert HELTEN in seinem *allgemeinen Schadenursachensystem* Risikofaktoren nach sachbezogenen Ursachen, personenbezogenen Ursachen, soziale und ökonomische Ursachen sowie Naturgefahren.¹³¹ In ihrer Ausprägung können sie sowohl von qualitativer als auch quantitativer Art sein, dies muss insbesondere bei dem statistischen Analyseverfahren berücksichtigt werden.¹³²

Korollar (im Hinblick auf datengetriebene Tarifierungsansätze):

Zusätzliche risikorelevante Daten über das Einzelrisiko während der Vertragslaufzeit bilden die Grundlage für *verhaltensabhängige* Tarifmerkmale!

Damit sich ein Risikomerkmale als Tarifmerkmal eignet, sind bestimmte Eigenschaften anzustreben, diese Anforderungen werden in Abbildung 2.2 zusammengefasst und im Folgenden erläutert.

Grundsätzlich werden im Rahmen der Risikoanalyse diejenigen Risikomerkmale identifiziert, die mit der Schadenerwartung¹³³ korrelieren, d. h. eine hohe *statistische Signifikanz* aufweisen.¹³⁴ Ein Kausalzusammenhang im klassischen Sinne, d. h. es

¹²⁸Vgl. Farny, 2011, S. 31.

¹²⁹Vgl. zum Beispiel Helten, 1994, S. 6.

¹³⁰Vgl. Farny, 2011, S. 32.

¹³¹Vgl. Helten, 1994, S. 10.

¹³²Vgl. Karten, 1993, S. 52.

¹³³Abhängige Variablen: Schadenhöhe und Schadenzahl im Schadenursachenmodell nach HELTEN.

¹³⁴Vgl. zum Beispiel Helten, 1994, S. 11.



Abbildung 2.2.: Anforderung an die Auswahl von Tarifmerkmalen

besteht ein eindeutiger und zwingender Ursache-Wirkungs-Zusammenhang, ist zwischen Risikomerkmale und der Schadenhöhe- bzw. Schadeneintrittswahrscheinlichkeit des Risikos nicht erforderlich.¹³⁵ Nichtsdestotrotz ist bei der Auswahl der Risikomerkmale auf etwaige Scheinkorrelationen zu achten und zumindest ein gewisser Grad an *Plausibilität* sicherzustellen.¹³⁶ Mit Blick auf die Risikoklassifikation ist insbesondere die *Stabilität* in der *Zeit* von großer Bedeutung, da einmal ausgewählte Risikomerkmale über längeren Zeitraum Bestand haben und möglichst keinen unvorhersehbaren Änderungen unterliegen sollten. Dennoch sind die Auswahl der potenziellen Risikomerkmale und die Tarifklassenzusammensetzungen regelmäßig zu überprüfen und basierend auf neuen Erkenntnissen der Risikoanalyse anzupassen.

Zur konkreten Anwendung ist insbesondere die *Messbarkeit* der Risikomerkmale erforderlich, so dass eine objektive Überprüfbarkeit und Beobachtbarkeit vorliegt.¹³⁷ Lassen sich Risikomerkmale nicht direkt messen bzw. verwenden, bedienen sich Versicherer häufig korrelierender Merkmale, sogenannter *Proxy*¹³⁸-Variablen.¹³⁹ Daneben sollten die Eigenschaften *Wirtschaftlichkeit* und *Verwaltbarkeit* berücksichtigt werden. Ein Risikomerkmale kann zwar messbar sein, aber die Messung ist nur mit

¹³⁵Vgl. zum Beispiel Karten, 1993, S. 52, oder Actuarial Standards Board: Actuarial Standard of Practice No. 12, 2005, S. 4.

¹³⁶Vgl. zum Beispiel Braeß, 1958, S. 259, sowie Neusius, 2016, S. 65.

¹³⁷Vgl. Karten, 1993, S. 55.

¹³⁸Synonym wird auch von Stellvertreter- oder Hilfsvariablen gesprochen.

¹³⁹Vgl. Karten et al., 2018, S. 163.

großem Aufwand und nicht vertretbaren Kosten verbunden. Zudem ist es nicht sinnvoll zu viele Merkmale festzulegen. Die Anzahl sollte möglichst überschaubar bleiben, denn insbesondere Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Risikomerkmale, die hohe Anzahl an Risikoklassen und der geringe zusätzliche Erkenntnisgewinn sind problematisch.¹⁴⁰ Ferner sollte die *Akzeptanz* der Risikomerkmale seitens der Versicherungsnehmer berücksichtigt werden. Dazu gehört, dass die Tarifierung verständlich und nachvollziehbar gestaltet wird, anderenfalls ist es am Absatzmarkt schwer vermittelbar.¹⁴¹ Neben der Akzeptanz ist die *rechtliche Zulässigkeit* von Risikomerkmale ein wichtiges Kriterium, denn sie beeinflusst die Struktur des Versichertenkollektivs und führt zu tariflich unvermeidlichen Selektionseffekten. Gesetzliche Restriktionen, bis hin zu Differenzierungsverboten¹⁴², schützen die Versicherungsnehmer vor Diskriminierung, stellen eine gewisse Gleichbehandlung und das Recht auf informelle Selbstbestimmung sicher.¹⁴³

In diesem Zusammenhang sind zwei kontrovers diskutierte Risikomerkmale erwähnenswert, das *Geschlecht* und das *Alter*:

- Seit dem 21. Dezember 2012 dürfen Versicherer bei der Prämienkalkulation nicht zwischen Männern und Frauen unterscheiden, was bis dato mit „relevanten und genauen versicherungsmathematischen und statistischen Daten“ gerechtfertigt worden ist.¹⁴⁴ Grundlage für diese *geschlechtsneutrale* Tarifierung - die sogenannte *Unisex*-Kalkulation - ist ein Urteil des Europäischen Gerichtshofes vom 1. März 2011, das die geschlechtsabhängige Tarifierung als

¹⁴⁰Vgl. Karten, 1993, S. 54.

¹⁴¹Vgl. Karten et al., 2018, S. 163.

¹⁴²Beispielsweise durch Diskriminierungsverbote (§ 19 Abs. 1 Nr. 2 Allgemeines Gleichbehandlungsgesetz (AGG)), sowie Vorgaben bei genetischen Untersuchungen und Analysen im Zusammenhang mit dem Abschluss eines Versicherungsvertrages (§ 18 Gendiagnostikgesetz (GenDG)). Ferner müssen bei der Erhebung, Verarbeitung und Übermittlung von Risikomerkmale europäische und nationale Datenschutzbestimmungen eingehalten werden (§§ 3a, 4, 4a BDSG, sowie Art. 5 und 6 DS-GVO).

¹⁴³Vgl. Rapp, 2019, S. 175 ff.

¹⁴⁴Ausnahmeregelung gemäß Artikel 5 Absatz 2 der RICHTLINIE 2004/113/EG DES RATES vom 13. Dezember 2004 zur Verwirklichung des Grundsatzes der Gleichbehandlung von Männern und Frauen beim Zugang zu und bei der Versorgung mit Gütern und Dienstleistungen.

2. Klassische Prämiendifferenzierung

Verstoß gegen das Gleichbehandlungsprinzip angesehen und als unzulässig erachtet hat.¹⁴⁵

- Eine kürzlich durchgeführte Untersuchung der Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (BaFin) hat geprüft, ob die altersabhängige Tarifierung in der Kfz-Versicherung eine unzulässige Diskriminierung älterer Fahrer darstellt. Die BaFin ist zu dem Ergebnis gekommen, dass die marktübliche Praxis der Altersdifferenzierung auf anerkannten Prinzipien risikoadäquater Kalkulation beruht. Es gibt keine Anhaltspunkte für Verstöße gegen die Vorschrift des § 20 Absatz 2 Satz 2 AGG, somit bleibt das Tarifmerkmal *Alter* weiterhin gesetzeskonform.¹⁴⁶

Dies zeigt, dass Tarifmerkmale stets den gesellschaftlichen und rechtlichen Wertvorstellungen unterliegen und einer permanenten Überprüfung bedürfen. Tabelle 2.1 gibt einen Überblick über die aktuell geltenden rechtlichen Restriktionen.

Tabelle 2.1.: Rechtlich unzulässige und eingeschränkt zulässige Tarifmerkmale

	Unzulässig	Eingeschränkt zulässig
§ 19, 20 AGG	Rasse Ethnische Herkunft Geschlecht	Sexuelle Identität Alter Behinderung Religion <i>Begründung: Nur zulässig, wenn diese auf anerkannten Prinzipien risikoadäquater Kalkulation beruhen, insbesondere auf einer versicherungsmathematisch ermittelten Risikobewertung unter Heranziehung statistischer Erhebungen.</i>
§ 18 GenDG	Genetische Information	Für die Lebens-, die Berufsunfähigkeits-, die Erwerbsunfähigkeits- und die Pflegerentenversicherung gilt das Verbot der Mitteilung bereits durchgeführter genetischer Tests nicht, wenn eine Leistung von mehr als 300.000€ oder mehr als 30.000€ Jahresrente vereinbart wird.

¹⁴⁵Vgl. zum Beispiel Kokott, 2010; Mönnich, 2011; oder Schmeiser, Störmer und J. Wagner, 2014.

¹⁴⁶Vgl. Platt und Witke, 2021, S. 25.

3. Individuelle Tarifierung im digitalen Zeitalter

3.1. Datafizierung des Individuums im digitalen Alltag

Der Umbruch von analoger zur digitalen Informationstechnologie und die Vernetzung von internetfähigen Geräten verändert nicht nur bestehende Wirtschaftsstrukturen, sondern ist in allen Lebensbereichen allgegenwärtig.¹⁴⁷ Die Nutzung von *smarten Gegenständen*¹⁴⁸, Software in Form von mobilen Anwendungen¹⁴⁹ sowie von Messaging-Diensten und sozialen Netzwerken sind Ausdruck dieser Veränderung und aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken.¹⁵⁰ In diesem Kontext wird von *Internet of Things (IoT)*¹⁵¹ gesprochen. Die europäische Kommission beschreibt diesen Terminus als „die nahtlose gegenseitige Zusammenschaltung von Geräten, Sensoren, Gegenständen, Räumen, Maschinen, Fahrzeugen usw. mit Hilfe fester und drahtloser Netze.“¹⁵² Bereits 1991 hatte WEISER die Vision, dass im 21. Jahrhundert die Informationstechnologie in den menschlichen Alltag vollständig integriert ist, d. h. der Computer als sichtbares Gerät verschwindet, aber gleichzeitig unaufdringlich und allgegenwärtig ist.¹⁵³ WEISER selbst nannte dies *ubiquitous computing*. Ein Paradebeispiel für die Digitalisierung des Lebens ist das Smartphone. Laut dem Branchenverband Bitkom nutzen 81 Prozent der Deutschen im Alter ab 14 Jahren

¹⁴⁷Vgl. zum Beispiel Kolb und Robers, 2021, S. 405 ff.; Swan, 2012, S. 218, oder Mattern und Flörkemeier, 2010, S. 107.

¹⁴⁸Vgl. Mattern, 2001. Gegenstände die mit Informations- und Kommunikationstechnik ausgestattet sind, wie zum Beispiel Smartphones, Tablets oder Smart-TVs.

¹⁴⁹Mobile Applikationen, kurz: Apps.

¹⁵⁰Vgl. zum Beispiel Kolb und Robers, 2021, S. 405.

¹⁵¹Deutsch: Internet der Dinge.

¹⁵²Vgl. Kommission der europäischen Gemeinschaft, 2008, S. 5.

¹⁵³Vgl. Weiser, 1991, S. 94.

ein Smartphone, das entspricht 57 Millionen Smartphone-Nutzern.¹⁵⁴ Ausgestattet mit verschiedensten Sensoren und Anwendungen können Smartphones mit anderen Alltagsgegenständen vernetzt werden, etwa mit dem Fahrzeug oder smarten Textilien und Haushaltsgeräten. Die Verlagerung des privaten und beruflichen Lebens in den digitalen Bereich sorgt dafür, dass in einer technikgeprägten Umgebung Datenmengen und -quellen, aus denen *personenbezogene Daten*¹⁵⁵ erhoben werden können, permanent und dynamisch zunehmen.¹⁵⁶ Das Spektrum reicht dabei von gesundheitsbezogenen, medizinischen Daten bis hin zur Erfassung objektbezogener Aktivitäten, wie die Nutzung des eigenen Fahrzeugs. Körper, Verhalten und das direkte Umfeld werden somit stetig datafiziert. Auf diese Weise erhobene, scheinbar unzusammenhängende und im Einzelnen hochsensible Daten können, wenn sie zusammengeführt werden, Rückschlüsse auf Verhalten, Gewohnheiten, Bedürfnisse sowie Gesundheitszustand zulassen und ebnen den Weg zu einem detaillierten Persönlichkeitsprofil.¹⁵⁷

Ausgangspunkt der nachstehenden individuellen Tarifierungsansätze ist die folgende Darstellung der bereits vollzogenen Integration der Informations- und Kommunikationstechnik in den menschlichen Alltag, durch deren Nutzung erhebliche Mengen persönlicher Daten generiert werden.

¹⁵⁴Bitkom, 2019.

¹⁵⁵Der Begriff der personenbezogenen Daten wird in § 46 Abs. 1 BDSG definiert. Danach sind dies „alle Informationen, die sich auf eine identifizierte oder identifizierbare natürliche Person (betroffene Person) beziehen; als identifizierbar wird eine natürliche Person angesehen, die direkt oder indirekt, insbesondere mittels Zuordnung zu einer Kennung wie einem Namen, zu einer Kennnummer, zu Standortdaten, zu einer Online-Kennung oder zu einem oder mehreren besonderen Merkmalen, die Ausdruck der physischen, physiologischen, genetischen, psychischen, wirtschaftlichen, kulturellen oder sozialen Identität dieser Person sind, identifiziert werden kann.“

¹⁵⁶Vgl. Roßnagel, 2007, S. 21 f.

¹⁵⁷Vgl. zum Beispiel ebd., S. 22 f. oder International Working Group on Data Protection in Telecommunications, 2015, S. 5–6.

Die Kategorisierung kann nach verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen, eine Unterscheidung nach dem Kontextbezug legt die folgende repräsentative Gruppierung nahe¹⁵⁸:

1. Gesundheitsdaten,
2. Automobildaten,
3. Wohnumgebungsdaten,
4. Webtrackingdaten.

Die Bereiche Gesundheit, Mobilität, Wohnen und Internet haben für gewöhnlich eine hohe Relevanz für die meisten Menschen, da sie damit permanent konfrontiert sind. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit - aufgrund der rasanten Geschwindigkeit von technischen Neuerungen und Weiterentwicklungen - werden im folgenden die wesentlichen Daten innerhalb dieser Bereiche dargestellt.

3.1.1. Gesundheitsdaten

Im Gesundheitswesen ist die Digitalisierung längst angekommen: In kaum einem anderen Bereich werden bereits so viele Daten digitalisiert oder digital erfasst.¹⁵⁹ Daten über den individuellen Gesundheitszustand gehören laut § 46 BDSG zu einer „besonderen Kategorie personenbezogener Daten“ und werden wie folgt definiert:

„personenbezogene Daten, die sich auf die körperliche oder geistige Gesundheit einer natürlichen Person, einschließlich der Erbringung von Gesundheitsdienstleistungen, beziehen und aus denen Informationen über deren Gesundheitszustand hervorgehen.“

Primär entstehen medizinische Datensätze in der ärztlichen Versorgung und werden in den Patientenunterlagen gespeichert. Zudem generieren mobile, am Körper

¹⁵⁸Weitere Felder sind zum Beispiel Arbeit, Familie, Freizeit, etc. Ferner ist eine Kategorisierung nach Sensibilität oder Komplexität der Daten möglich.

¹⁵⁹Vgl. zum Beispiel Thun, 2015, S. 22, oder Landrock und Gadatsch, 2018, S. 6.

getragene elektronische Geräte zunehmend Informationen über den Gesundheitszustand des Nutzers.¹⁶⁰ Innerhalb der Gesundheitsdaten lassen sich des Weiteren besonders sensible Datengruppen unterscheiden, etwa biometrische und genetische Daten. Aufgrund der großen Menge an krankheitsspezifischen und gesundheitsrelevanten Daten werden diese im Folgenden - anhand der Datenentstehung - in drei Kategorien unterschieden:

1. Digitales Gesundheitsmonitoring,
2. Digitale Patientenverwaltung,
3. Genetische Daten.

Das wesentliche Charakteristikum des *digitalen Gesundheitsmonitoring* ist die permanente, (größtenteils) automatisierte Messung, Speicherung und Auswertung von Vital- bzw. Körperdaten. Dazu gehören zum Beispiel Herz-Kreislauf-Daten, Körpertemperatur, Atemfrequenz, Schlafrythmus, Schrittzahl und Blutzuckerspiegel.¹⁶¹ Möglich wurde dies durch sogenannte *Wearables*: Kleinstcomputer, die direkt oder nah am Körper getragen werden, mit immer leistungsfähigeren Sensoren ausgestattet sind und mit anderen Geräten in der Umgebung des Nutzers interagieren können.¹⁶² Gekoppelt mit einer Vielzahl von Gesundheits-Apps¹⁶³ ergeben sich die Anwendungsfelder Fitness/ Lifestyle sowie Medizin:¹⁶⁴

- Fitness/ Lifestyle: In der letzten Dekade hat das Bewusstsein für Gesundheit und Wohlbefinden in der Bevölkerung stark zugenommen. *Self-Tracking*, *Lifelogging* oder *Quantified Self* sind Schlagworte, die den Trend zur digitalen Selbstvermessung und -protokollierung sowie zur Optimierung des eigenen Körpers prägen.¹⁶⁵ Im Sport- und Fitnessbereich sind Wearables, wie zum

¹⁶⁰Vgl. Andelfinger und Hänisch, 2016, S. 41 ff.

¹⁶¹Vgl. Budzinski und S. Schneider, 2017, S. 96 f.

¹⁶²Vgl. zum Beispiel Spender et al., 2019, S. 2 f., Anchen, Frey und Kirova, 2015, S. 12, oder Swan, 2012, S. 220.

¹⁶³Vgl. zum Beispiel Müller-Mielitz, 2019, S. 47. Eine Bestandsaufnahme der aktuellen Rahmenbedingungen für den Einsatz von Gesundheits-Apps gibt U.-V. Albrecht, 2016.

¹⁶⁴Vgl. Scheermesser et al., 2018, S. 58 oder U.-V. Albrecht, 2016, S. 30.

¹⁶⁵Vgl. Andelfinger und Hänisch, 2016, S. 39 ff.

Beispiel Smartphones, Smartwatches oder Activity-Tracker, sehr verbreitet.¹⁶⁶ Mit eingebauten Bio-, Bewegungs- und Standortensoren werden Vitalparameter erfasst, Bewegungs- und Schlafaktivitäten protokolliert und mit Hilfe von geeigneten Fitness-Apps ausgewertet.¹⁶⁷ Durch Vernetzung mit anderen Alltagsgegenständen, wie etwa einer digitalen Körperwaage, können weitere gesundheitsrelevante Daten integriert werden. Neben der automatisierten Messung lassen sich zudem Informationen zum persönlichen Verhalten (u.a. Ernährung, Konsum von Kaffee und Alkohol) manuell erfassen.¹⁶⁸

- Medizin: In allen Phasen der medizinischen Versorgung entstehen zunehmend datenbasierte Lösungen für die Behandlung von Patienten. Medizin-Apps und Wearables¹⁶⁹ werden bereits in den Bereichen Diagnostik, (Langzeit-) Monitoring und Medikation eingesetzt. Zu den innovativen Wearable-Entwicklungen der letzten Jahre zählen intelligente Pflaster, beispielsweise zur Messung des Blutzuckerspiegels oder grundlegender physiologischer Daten wie der Herzfrequenz.¹⁷⁰

Der Fokus der zweiten Kategorie *Digitale Patientenverwaltung* liegt auf der selbstbestimmten Zusammenführung und Verwaltung von Gesundheitsdaten, die im medizinischen Versorgungssystem entstehen. Dafür müssen Patientendaten zusammengeführt werden, die bisher in fragmentierten Praxisverwaltungssystemen gespeichert sind. Sowohl die Gesundheitspolitik als auch aktuelle Gesetzgebungsverfahren¹⁷¹ ha-

¹⁶⁶Vgl. Passos et al., 2021; Gentner und Elbel, 2014, S. 11

¹⁶⁷Vgl. Swan, 2012, S. 231.

¹⁶⁸Vgl. Andelfinger und Hänisch, 2016, S. 42.

¹⁶⁹Im engeren Sinne sind Medizin-Apps und Wearables mit medizinischer Zweckbestimmung Medizinprodukte und unterliegen dem Medizinproduktegesetz (MPG). Die Hersteller müssen nachweisen, dass die Anforderungen gemäß Richtlinie 93/42/EWG erfüllt sind.

¹⁷⁰Vgl. zum Beispiel Anchen, Frey und Kirova, 2015, S. 13, oder Swan, 2012, S. 222.

¹⁷¹Der Begriff der elektronische Patientenakte (ePA) taucht erstmals im Gesetz zur Modernisierung der gesetzlichen Krankenversicherung von 2003 auf. Mit dem am 21.12.2015 verabschiedeten E-Health-Gesetz (Gesetz für sichere digitale Kommunikation und Anwendungen im Gesundheitswesen) wurde die Einführung einer ePA auch formal als wesentlicher Teil der Telematikinfrastruktur verankert. Der Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD vom 14.03.2018 hat konkrete Maßnahmen zur Einführung einer ePA vorgesehen. Gemäß dem Terminservice- und Versorgungsgesetz (TSVG) vom 14.03.2019 muss die ePA ab 2021 flächendeckend für alle Versicherten zur Verfügung stehen. Darüber hinaus traten in der 19. Legislaturperiode

ben in den letzten Jahren die Einführung einer *elektronischen Patientenakte (ePA)* vorangetrieben.¹⁷² Gesetzlich Krankenversicherte haben seit dem 1. Januar 2021 ein Anrecht auf die Nutzung der ePA und gemäß § 341 Sozialgesetzbuch (SGB) V sollen dort unter anderem „Daten zu Befunden, Diagnosen, durchgeführten und geplanten Therapiemaßnahmen, Früherkennungsuntersuchungen, Behandlungsberichten und sonstige untersuchungs- und behandlungsbezogene medizinische Informationen“ gespeichert werden. Darüber hinaus sollen ab dem Jahr 2022 der Impfausweis, der Mutterpass, das Untersuchungsheft für Kinder sowie das Zahn-Bonusheft digital abrufbar sein.¹⁷³ Für die Umsetzung wurde die Gesellschaft für Telematikanwendungen der Gesundheitskarte mbH (gematik) beauftragt, die für die Verbindung der unterschiedlichsten IT-Systeme medizinischer Einrichtungen und der dafür notwendigen Telematikinfrastruktur verantwortlich ist.¹⁷⁴ Ziel ist es, die eigenen gesundheitsbezogenen Dokumente lebenslang sicher zu verwalten und - nach persönlicher Freigabe - mit behandelnden Ärzten, Krankenhäusern und weiteren Leistungserbringern zu teilen.¹⁷⁵ Ferner schafft eine übersichtliche Behandlungschronologie mehr Transparenz und unnötige Doppelbehandlungen können vermieden werden.¹⁷⁶

Während die ePA nach drei Umsetzungsstufen gemäß Patientendaten-Schutz-Gesetz erst im Jahr 2023 vollumfänglich zur Verfügung stehen soll,¹⁷⁷ gibt es bereits verschiedene kassenindividuelle Angebote, die dem Versicherten Zugriff auf seine patientenbezogenen Daten und Dokumente ermöglichen und teilweise gematik-kompatibel sind.¹⁷⁸ Diese werden *elektronische Gesundheitsakte (eGA)* genannt und laut der Regelung in § 68 SGB V sollen sie den Krankenkassen die Möglichkeit geben, noch vor Einführung der ePA, von externen Anbietern entwickelte eGA zu finanzieren

das *Digitale-Versorgungs-Gesetz (DVG)* im Dezember 2019, das *Patientendaten-Schutz-Gesetz (PDSG)* sowie das *Krankenhauszukunftsgesetz (KHZG)* im Oktober 2020 in Kraft.

¹⁷²Vgl. Ex und Amelung, 2018.

¹⁷³Vgl. Patientendaten-Schutz-Gesetz, 2020, S. 2138, sowie Hillebrandt, 2020, S. 23.

¹⁷⁴Vgl. Voßhoff, Raum und Ernestus, 2015, S. 1097.

¹⁷⁵Vgl. Müller-Mielitz, 2019, S. 259.

¹⁷⁶Vgl. Gesellschaft für Telematikanwendungen der Gesundheitskarte mbH (gematik), 2018.

¹⁷⁷Vgl. Patientendaten-Schutz-Gesetz, 2020, S. 2139.

¹⁷⁸Vgl. Beerheide, 2018, S. 1158 ff.

3. Individuelle Tarifierung im digitalen Zeitalter

und damit erste Erfahrungen im Umgang mit entsprechenden Akten zu sammeln.¹⁷⁹ Die drei bekanntesten Netzwerk- und App-gestützten Lösungen sind die *TK-Safe* der Techniker Krankenkasse, das *Digitale Gesundheitsnetzwerk* der AOK Nordost, sowie die *Vivy*-App eines Zusammenschlusses von zahlreichen gesetzlichen Krankenkassen¹⁸⁰ und vier privaten Krankenversicherungen¹⁸¹. Für privat Versicherte bieten verschiedene private Krankenversicherungen das ePortal *MEINE GESUNDEHEIT* an, das ebenso die Gesundheitschronik als zentralen Service hat.¹⁸² Analog zur ePA ermöglichen eGA die digitale Kommunikation zwischen behandelnden Ärzten und Patienten und vereinfachen den Austausch von Daten und Dokumenten. Die Versicherten sollen dabei selbst entscheiden können, welche Daten auf der Akte gespeichert werden und wer darauf Zugriff hat. Zudem verfügen eGA über weitere Schnittstellen, so dass neben medizinischen auch gesundheitsbezogene Daten, beispielsweise aus Fitnesstrackern, gespeichert werden können.¹⁸³

Während in den beiden bisherigen Kategorien Gesundheitsdaten im zeitlichen Verlauf und bis in die Vergangenheit hinein im Fokus standen, werden *genetische Daten* einmalig ermittelt und haben in der Regel lebenslang Gültigkeit. Da sie eine sichere Identifizierung von Personen ermöglichen, sind sie laut § 46 BDSG höchst sensitiv und besonders schützenswert. Die Entschlüsselung des menschlichen Genoms dank neuartiger DNA-Sequenzieretechnologien, wie etwa *Next-Generation Sequencing*, haben die genetische Diagnostik revolutioniert und den Grundstein für die Individualisierung und Personalisierung der Präzisionsmedizin gelegt.¹⁸⁴ Da die

¹⁷⁹Vgl. Deutscher Bundestag (19. Wahlperiode), 2018, S. 3.

¹⁸⁰Vgl. www.vivy.com/versicherungspartner: Audi BKK, BAHN-BKK, BKK VBU, energie-BKK, BKK Gildemeister Seidensticker, BKK Miele, Wieland BKK, BKK Stadt Augsburg, BKK Pfalz, BKK Voralb, BKK Melitta Plus, Bertelsmann BKK, BKK Diakonie, BKK Dürkopp Adler, BKK Freudenberg, BKK Herford Minden Ravensberg, BKK VDN, BKK WIRTSCHAFT & FINANZEN, DAK Gesundheit, Heimat Krankenkasse, IKK classic, IKK Nord, IKK Südwest, mhplus BKK, pronova BKK, SBK - Siemens Betriebskrankenkasse, SKB BKK.

¹⁸¹Vgl. www.vivy.com/versicherungspartner: Allianz, Gothaer, Barmenia, SDK.

¹⁸²Vgl. www.mgs-eportal.de: Zu den privaten Krankenversicherern gehören u.a. die AXA Krankenversicherung AG, Debeka Krankenversicherungsverein a. G., HUK-COBURG-Krankenversicherung AG und UKV - Union Krankenversicherung AG.

¹⁸³Vgl. Krüger-Brand, 2018, S. 1683.

¹⁸⁴Vgl. Eggermann et al., 2018, S. 1.

Sequenzierungskosten in den letzten Jahren drastisch gesunken sind, haben Gentests zunehmend Einzug in die medizinische Praxis gefunden und liefern Aussagen beispielsweise zu genetischen Dispositionen für Erbkrankheiten, krankheitsauslösenden Gen-Mutationen oder genetisch bedingter Medikamentenunverträglichkeiten.¹⁸⁵ Voraussetzungen zur Durchführung genetischer Untersuchungen zu medizinischen Zwecken, zur Klärung der Abstammung sowie im Versicherungsbereich und im Arbeitsleben regelt das Gesetz über genetische Untersuchungen bei Menschen (GenDG). Daneben hat sich ein paralleler Markt entwickelt, sogenannte *Direct-To-Consumer (DTC) Gentests* oder *Lifestyle-Gentests*, die im Internet frei käuflich sind und eine breit gefächerte Produktpalette genetischer Analysen anbieten.¹⁸⁶ Bekanntes Beispiel ist das amerikanische Unternehmen *23andMe*.¹⁸⁷ Zielgruppe von DTC- und Lifestyle-Gentests sind Individuen (unter anderem Leistungssportler), die Informationen über individuelle Krankheitsrisiken und Ausdauerbereitschaft, aber auch Lebenserwartung, Sozialverhalten oder charakterliche Eigenschaften anfordern.¹⁸⁸ Zumeist basieren diese Tests auf einer Mundschleimhautprobe, die von der Person selbst an das gewerbliche Labor geschickt wird.¹⁸⁹ Es findet üblicherweise weder eine ärztliche Aufklärung vor einer Genanalyse noch eine fachkundige Beratung und Interpretation der Testergebnisse statt.¹⁹⁰ Zudem bezweifeln Experten die klinische Aussagekraft und Nützlichkeit dieser Tests, da im Bezug auf Lifestyle-Fragen die wissenschaftliche Validierung fehlt und DTC-Tests aufgrund fehlender gesetzlicher Vorgaben nicht qualitätsgesichert durchgeführt werden.¹⁹¹

¹⁸⁵Vgl. August und Grimbacher, 2017, S. 37 ff.

¹⁸⁶Lehmann, 2020; Deutsche Gesellschaft für Humangenetik e.V. (GfH), 2011

¹⁸⁷23andMe bietet Gentests schon ab 99 US-Dollar an (<https://www.23andme.com/dna-ancestry/>).

¹⁸⁸Vgl. Gendiagnostik-Kommission, 2019, S. 36–44.

¹⁸⁹Vgl. Brendel, Spies und Dierks, 2015, S. 391.

¹⁹⁰Vgl. Orth und Luppä, 2015, S. 176.

¹⁹¹Vgl. Heidemann, Gal und Schillhorn, 2014, S. 101.

3.1.2. Automobildaten

Der Einfluss der Digitalisierung und technischer Innovation forciert in der Automobilindustrie eine digitale Transformation von Geschäftsprozessen bzw. Geschäftsmodellen. Getrieben durch die aktuellen Trends, wie etwa vernetzte Mobilität, Connected Services, autonomes Fahren oder Elektromobilität, kooperieren Automobilhersteller zunehmend mit Unternehmen aus der Energiebranche, der Softwareentwicklung und der Unterhaltungselektronik.¹⁹² Das Fahrzeug entwickelt sich dabei vom reinen Transport- und Fortbewegungsmittel zu einem „fahrenden Computer“ und integriert sich zunehmend in das digitale Ökosystem des Nutzers.¹⁹³ Personalisierte Fahrzeuge mit Internetzugang, Funktionsvielfalt, intuitiver Bedienung und Zugriff auf eigene Daten und Medien verändern das Fahrerlebnis grundlegend. Die Sensortechnik gilt als eine Schlüsseltechnologie und als wesentliche Quelle der Informationsbeschaffung. In modernen Kraftfahrzeugen sind zahlreiche hochauflösende Sensoren verbaut.¹⁹⁴ Diese Sensordaten werden über fahrzeuginterne kabelgebundene Bus-Systeme, als Standard haben sich CAN¹⁹⁵, FlexRay, LIN¹⁹⁶ und MOST¹⁹⁷ etabliert, zentral zur Verfügung gestellt und für die jeweiligen Anwendungen von Steuergeräten in Echtzeit ausgewertet.¹⁹⁸ Dadurch wird nicht nur die Funktionsfähigkeit gewährleistet, sondern der Fahrkomfort und die Fahrsicherheit gesteigert.¹⁹⁹

Neben der internen Kommunikation kann das Fahrzeug mit der direkten Umgebung vernetzt werden. Dies wird als *Car-to-X (C2X)²⁰⁰ Kommunikation* bezeichnet. Je nach Charakteristik (X) lassen sich die Anwendungsbereiche *Car-to-Car* (C2C, Fahrzeug zu Fahrzeug), *Car-to-Infrastructure* (C2I, Fahrzeug zu Verkehrsinfrastruktur

¹⁹²Vgl. Gärtner, 2018, S. 25 f.

¹⁹³Vgl. zum Beispiel Westerhoff, 2017.

¹⁹⁴Zum technischen Hintergrund und Auflistung verschiedener Sensoriksysteme in Fahrzeugen: Vgl. zum Beispiel Reif, 2016 oder Wolf, 2018.

¹⁹⁵Controller Area Network

¹⁹⁶Local Interconnect Network

¹⁹⁷Media Oriented Systems Transport

¹⁹⁸Vgl. Wolf, 2018, S. 10 ff.

¹⁹⁹Vgl. Reif, 2016, S. 2.

²⁰⁰Diese Kurzform ist hauptsächlich in Deutschland gebräuchlich. International hat sich der Begriff Vehicle-to-X (V2X) etabliert.

tur), *Car-to-Bike* (C2C, Fahrzeug zu Motorrad), *Car-to-Pedestrian* (C2P, Fahrzeug zu Fußgänger) sowie *Car-to-Network* (C2N, Fahrzeug zu Netzwerk) unterscheiden.²⁰¹ Die externe Kommunikation ist wesentlich komplexer, da die Echtzeitkommunikation der Verkehrsteilnehmer untereinander hohe Anforderungen an die IT-Architektur des Fahrzeugs und an drahtlose Datenübertragungstechnologien stellt.²⁰²

Durch diese Kommunikationsbandbreite werden verschiedene Datentypen generiert:

- Fahrzeugdaten: Zu den technischen Fahrzeugdaten gehören zum einen die *Grunddaten* gemäß Fahrzeugschein (offiziell Zulassungsbescheinigung Teil 1). Der Fahrzeugschein beinhaltet Informationen über den eingetragenen Fahrzeughalter und die wichtigsten technischen Daten, u.a. der Fahrzeugtyp, die Fahrzeug-Identifikationsnummer (FIN), die Kraftstoffart und die Höchstgeschwindigkeit.²⁰³ Zum anderen fallen während der Fahrzeugnutzung *Betriebsdaten* an, wie etwa Positionsdaten (GPS), Geschwindigkeit, Beschleunigung, Reifendruck, Ölstand, Kraftstoffverbrauchs- und Emissionsdaten, Abstandskontrolle, etc. Viele Informationen werden während der Fahrt benötigt, um technische Systeme zu steuern und die Funktionstüchtigkeit des Fahrzeugs zu gewährleisten. In der Regel sind diese Daten temporär und werden nicht über die Betriebszeit hinaus gespeichert. Um Informationen dauerhaft zu dokumentieren, enthalten Steuergeräte einen Datenspeicher.²⁰⁴ Dieser wird für die Speicherung von *Zustandsdaten* eingesetzt. Zustandsdaten liefern Angaben zum Ist-Zustand des Fahrzeugs und spielen eine wesentliche Rolle bei der Bewertung des Fahrzeugs. Es handelt sich dabei um kumulierte Messwerte über eine definierte Zeitspanne bzw. über die gesamte Lebensdauer, wie etwa der Kilometerstand, aber auch Reparatur- und Wartungsinformationen. Im Rahmen von Wartungs- und Reparaturprozessen bzw. weiteren Dienstleistungen des Herstellers werden für den Fahrzeugservice relevante technische

²⁰¹Vgl. Schmitz und Weinen, 2020, S. 48 f.

²⁰²Vgl. ebd., S. 49; Götting, 2019, S. 54 ff. und Stahlhofer und Borodulkin, 2018, S. 27.

²⁰³Vgl. Anlage 5 zu § 11 FZV.

²⁰⁴Vgl. Wolf, 2018, S. 38.

Fahrzeugdaten mit speziellen Diagnosegeräten aus den verbauten elektronischen Steuergeräten ausgelesen. Der Zugriff erfolgt im Allgemeinen über die gesetzlich vorgeschriebene On-Board-Diagnose Schnittstelle (OBD-II).²⁰⁵ Diese Daten werden zur Diagnose und Behebung etwaiger Funktionsstörungen verarbeitet und genutzt. Anschließend kann der Fehlerspeicher zurückgesetzt werden.

- Fahrerbezogene Daten: Der Fahrer selbst kann Daten in das Fahrzeug einbringen. Dazu gehören zum Beispiel *persönliche Konfigurationen* im Innenraum des Fahrzeugs, wie Sitz- und Spiegeleinstellungen, Temperatur, Adress- und Telefondaten, Kalendereinträge, Navigationsziele, Radiosender, etc. Um datengetriebene Dienstleistungen *Smart Services*²⁰⁶ der Hersteller oder anderer Provider im vernetzten Fahrzeug nutzen zu können, ist üblicherweise eine Registrierung des Fahrzeughalters notwendig. Dabei fallen sowohl *Verbindungsdaten* als auch *Nutzerdaten* an, falls mehrere Fahrer das Fahrzeug nutzen.²⁰⁷ In diesem Zusammenhang ist auch die Anbindung des fahrereigenen Smartphones an das Fahrzeug zu sehen, um etwa auf persönliche Kontakteinträge oder Musikinhalte während der Fahrt zuzugreifen.²⁰⁸ Einige Hersteller verwenden *biometrische Erkennungssysteme* (Gesichtserkennung, Fingerabdruck oder Stimme) zur Fahrererkennung.²⁰⁹ Ferner kann die körperlich-geistige Verfassung des Fahrers mithilfe von Driver-Monitoring-Systemen erfasst werden, die Rückschlüsse auf Müdigkeit oder Alkohol- und Drogenkonsum zulassen.²¹⁰

²⁰⁵Gemäß Art. 4 der Verordnung (EG) 692/2008 muss der Hersteller gewährleisten, dass alle Fahrzeuge mit einem On-Board-Diagnosesystem (OBD-System) ausgestattet sind.

²⁰⁶Zahlreiche Fahrzeughersteller offerieren Connected-Car-Services, wie etwa Echtzeit-Verkehrsdaten, das Fahrzeug per Smartphone ver- und entriegeln oder eine Ortungsfunktion, etc. Beispielsweise seien Audi connect, BMW ConnectedDrive, Mercedes me connect, Opel OnStar, Porsche Connect, Volkswagen Car-Net sowie Volvo Sensus angeführt.

²⁰⁷Vgl. Roßnagel und Hornung, 2019, S. 275 ff.

²⁰⁸Vgl. Bosler, Jud und Herzwurm, 2017, S. 1013 f.

²⁰⁹Der Technologiekonzern und Autozulieferer Continental hat auf der Consumer Electronics Show 2017 in Las Vegas erstmals gezeigt, wie sich biometrische Merkmale für die Personalisierung und Authentifizierung im Fahrzeug nutzen lassen.

²¹⁰Beispiele für Aufmerksamkeits-Assistenten bzw. Müdigkeitswarner sind Ford Driver Alert und Mercedes ATTENTION ASSIST. Audi bietet mit Audi Fit Driver ein System an, das eine hohe Belastung des Fahrers feststellen kann. Ferner sind weitere Driver-Monitoring-Systeme in

- Umgebungsdaten: Nicht nur fahrzeuginterne Informationen werden permanent erhoben, sondern auch *Kontextdaten* wie der Standort, die Umgebungstemperatur, die Lautstärke, die Witterungsverhältnisse, die Straßenverhältnisse sowie sonstige Umgebungsmerkmale. Die Charakterisierung der direkten Umgebung basiert meist auf optischen Sensoren wie Kamera, Radar, Ultraschall oder Lidar (Lichtwellen-Radar).²¹¹ Dienste auf Basis der Car-to-X Kommunikation repräsentieren zudem den Datenaustausch von *Geoinformationen* in Echtzeit, um Verkehrsteilnehmer beispielsweise vor Gefahrenquellen, Staus oder Glatteis zu warnen.²¹² Die präzise Umgebungserfassung ist für die fortschreitende Automatisierung des Fahrens bis hin zum vollständigen autonomen Fahrzeug essentiell.
- Notrufdaten: Notrufdaten bzw. Unfalldaten werden vom sogenannten *eCall-System*²¹³ übertragen, das für ein seit dem 31. März 2018 europaweites verpflichtendes, bordeigenes, satellitengestütztes Notrufsystem für neue Fahrzeugmodelle²¹⁴ steht. Im Falle eines Verkehrsunfalls oder eines sonstigen Notfalls wird (entweder automatisch von eingebauten Fahrzeugsensoren oder manuell ausgelöst) über das Mobilfunknetz der sogenannte *Mindestdatensatz*²¹⁵ übermittelt und eine - auf die einheitliche europäische Notrufnummer 112 gestützte - Tonverbindung vom Fahrzeug zur eCall-Notrufabfragestelle hergestellt.²¹⁶ Laut dem europäischen Standard DIN EN 15722 (Anhang D) beinhaltet der Mindestdatensatz die Fahrzeugidentifikationsnummer, die Fahrzeugenergiespeicherart, den Zeitstempel, die Fahrzeugposition, die Fahrtrichtung, die

Entwicklung, wie das Pupil-Based-Driver-Monitoring-System, das eine kognitive Belastung des Fahrers anhand der Pupillenveränderung erkennen soll. Vgl. dazu Marti, 2016.

²¹¹Vgl. Götting, 2019, S. 57.

²¹²Vgl. Bosler, Jud und Herzwurm, 2017, S. 1011.

²¹³Kurz: eCall oder E-Call; Abkürzung von *emergency call* (112-Notruf).

²¹⁴Gilt für neue Typen von Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge.

²¹⁵en: Minimum Set of Data.

²¹⁶Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union, 2015.

letzte Fahrzeugposition, die Anzahl der Fahrzeuginsassen und weitere optionale Daten.²¹⁷

Intuitiv lassen sich aus den *fahrerbezogenen Daten* Informationen zum Fahrverhalten und zu Fahrgewohnheiten ableiten. Jedoch bergen auch rein technische Fahrzeug- und Umgebungsdaten das Potenzial den Fahrzeugfahrer zu identifizieren. Aus einer Folge von Zeit-, Positions-, und Geschwindigkeitsmessungen lässt sich beispielsweise die Fahrweise bewerten und ein *individuelles Fahrprofil* erstellen.²¹⁸ Selbst wenn nicht die genauen GPS-Daten gesammelt werden, ist bei Kenntnis des Standorts und der Geschwindigkeit ein *individuelles Bewegungsprofil* möglich.²¹⁹ Ferner zeigen JENSEN, GRUSCHKA UND LÜSSEM (2016), dass anhand eines einzelnen Sensors, dem Reifendrucksensor, zahlreiche zusätzliche Informationen abgeleitet werden können: Ein- und Aussteigen von Personen, Sitzplatzverteilung der Insassen oder Gewichtsveränderungen der Insassen.²²⁰

3.1.3. Wohnumgebungsdaten

Neben den bereits genannten Lebensbereichen hat die Digitalisierung auch die private Wohnumgebung erreicht. Das *vernetzte Zuhause*, das sogenannte *Smart Home*²²¹, ist charakterisiert durch die physische Einbettung von Informations- und Kommunikationstechnik in Gebäudeelemente, Haushaltsgegenstände und -systeme.²²² Dies kommt der Verwirklichung der Vision des ubiquitous computing von WEISER sehr nah. Der Smart Home Bereich gilt aktuell als starker Wachstumsmarkt, was sich an

²¹⁷Vgl. dazu Normentwurf mit Erscheinungsdatum 2019-02-01: Intelligente Transportsysteme - ESicherheit - Minimaler Datensatz für den elektronischen Notruf eCall; Deutsche und Englische Fassung prEN 15722:2019.

²¹⁸Vgl. Wiltrud Weidner und Robert Weidner, 2014, S. 175 ff.

²¹⁹Vgl. X. Gao et al., 2014.

²²⁰Vgl. Jensen, Gruschka und Lüssem, 2016, S. 444 ff.

²²¹Eine einheitliche Definition gibt es nicht. Synonym wird auch von eHome, Smart Living, Connected Home, Elektronisches Haus, Intelligentes Wohnen, Smart House oder Smart Environment gesprochen.

²²²Vgl. Strese et al., 2010, S. 8 ff.

den stetig steigenden Nutzerzahlen zeigt. Laut einer Studie von Bitkom e.V. nutzen im Jahr 2020 bereits 37 % der Verbraucher Smart Home Anwendungen, waren es in 2018 erst 26 %.²²³ Im Wesentlichen sind Smart-Home-Komponenten untereinander vernetzt, können miteinander kommunizieren und lassen sich aus der Ferne ansteuern und überwachen. Es genügen oft nur wenige technische Umrüstungen, um aus einem gewöhnlichen Haushalt ein intelligentes Zuhause zu machen, beispielsweise durch smarte Leuchtmittel, Schalt- und Messsteckdosen, Heizungsthermostate, Türschlösser, Außenkameras oder Bewegungsmelder. Diese lassen sich per zentraler Steuerungseinheit, mobilem Endgerät oder digitalem Sprachassistenten²²⁴, sogenannte *Smart Speaker*, steuern und bieten hohen Wohnkomfort.²²⁵ Zusätzlich zur aktiven Steuerung gibt es die Möglichkeit der Automatisierung von regelmäßigen Abläufen und Prozessen.²²⁶ Insgesamt kann der Begriff des Smart Homes verschiedene Anwendungsgebiete umfassen. Die vier wesentlichen Anwendungsgebiete sind Sicherheit, Energie, Komfort und Gesundheit.²²⁷ Dies spiegelt die Hauptgründe für die Nutzung von Smart-Home-Anwendungen in der Bevölkerung wider: Komfort und Lebensqualität (72 %), mehr Sicherheit (65 %) sowie Energieeffizienz (52 %).²²⁸

Die Analyse der auf dem Markt verfügbaren Smart-Home-Lösungen zeigt, dass die Hersteller²²⁹ jeweils vielfältige Funktionalitäten anbieten (siehe Abbildung 3.1).

Daraus lässt sich schließen, dass das Smart Home Konzept zunehmend in die Wohnästhetik eingreift und gleichzeitig vertraute Wohnpraktiken und -gewohnheiten verändert.

²²³Bitkom, 2020.

²²⁴Beispiele für Sprachassistenten: Alexa von Amazon, Siri von Apple, Cortana von Microsoft und Hello von Google.

²²⁵Vgl. zum Beispiel Gentemann, Böhm und Esser, 2018, S. 10 f., oder Köster, Matt und Hess, 2018, S. 1063 f.

²²⁶Vgl. zum Beispiel Wisser, 2018, oder Aschendorf, 2014.

²²⁷Vgl. zum Beispiel Pohlmann, 2021; Jaouhari et al., 2019; oder Strese et al., 2010

²²⁸Vgl. Bitkom, 2020, S. 9.

²²⁹Bekannte Smart-Home-Systeme: AVM Fritz!, Bosch Smart Home, Gigaset Smart Home, home-matic IP, devolo Home Control, homee, innogy SmartHome, Magenta SmartHome, mydlink.

3. Individuelle Tarifierung im digitalen Zeitalter

Sicherheit	Energie	Komfort	Gesundheit
<ul style="list-style-type: none">• Brandschutz• Bewegungs- und Geräuscherkennung• Frühwarnsystem bei Wasser- und Gas-Lecks• Anwesenheitssteuerung bei längere Abwesenheiten• Erkennung von Tür-/ Fensterkontakt• Cloud-Aufzeichnung per Indoor- und Outdoor-Kamera• Alarmbenachrichtigung• Zutrittskontrolle	<ul style="list-style-type: none">• Regulierung von Beleuchtung und Raumklima• Automatisierung der Heizungssteuerung• Messung des Energieverbrauchs (Smart Metering)• Kontrolle des Stromverbrauchs einzelner Geräte	<ul style="list-style-type: none">• Steuerung der Unterhaltungselektronik• Automatisierte Ein- bzw. Ausschaltfunktion von Geräten• Zeit- und wettergesteuerte Verschattung der Räume durch Rollladensteuerung• Beleuchtungssteuerung• Automatisierte Grünflächenbewirtschaftung	<ul style="list-style-type: none">• Senioren-Assistenzsysteme (Ambient Assisted Living)• Notfall-Alarmfunktion• Erkennen von Unregelmäßigkeiten im Tagesablauf• Erinnerung an Medikamenteneinnahme• Regelmäßige Statusmeldungen an Angehörige und Pflegepersonal

Abbildung 3.1.: Smart Home Anwendungsbeispiele

In dieser technikgeprägten Umgebung werden permanent Unmengen an Daten generiert, da Smart Home Geräte und sensorbestückte Komponenten ständig aktiv sind.²³⁰ Diverse Sensoren erfassen in Echtzeit das Wohnumfeld und das Verhalten der Bewohner, wie etwa Temperatur-, Druck-, Luftfeuchtigkeits-, Bewegungs-, Wasserdurchfluss-, Helligkeits-, Video- und Audiosensoren.²³¹

Diese *Sensordaten* liefern zum einen Aussagen zum aktuellen *Zustand des Wohnobjekts*²³², wie etwa

- Raumtemperatur,
- Fenster und Türen sind geöffnet/ geschlossen,
- Haushaltsgeräte sind an/ aus,
- Informationen zu Störungen innerhalb des Systems.

Zum anderen ergeben sich individuelle *Nutzungs- und Verbrauchsdaten*, wie:²³³

²³⁰Vgl. Roßnagel, 2007, S. 90.

²³¹Vgl. Wisser, 2018, S. 12 ff.

²³²Vgl. zum Beispiel ebd., S. 12.

²³³Vgl. zum Beispiel Pohlmann, 2021, S. 100; Osterhage, 2018, S. 147 f.; Jaritz und Lo Iacono, 2016, S. 512; sowie Aschendorf, 2014, S. 985 ff.

- An- und Abwesenheitszeiten,
- Nutzungszeiten von Geräten (Fernsehverhalten etc.),
- Heizverhalten und Energieverbrauch in einem gewissen Zeitintervall.

Sowohl Zustandsdaten als auch Nutzungs- und Verbrauchsdaten sind dynamisch und ändern sich laufend. Sie haben hohe Relevanz für die Überwachung sowie das Energiemanagement der Wohneinheit.

Ferner lassen sich sensible Informationen über die Bewohner und deren *Aktivitäten des täglichen Lebens* ableiten. Die Erkennung von Aktivitäten und Bewegungen im Wohnumfeld ist ein Gebiet intensiver Forschung.²³⁴ Durch Lokalisierungstechnologien können sowohl im Innen- als auch Außenbereich Positionsbestimmungen vorgenommen und *Bewegungsprofile* erstellt werden. Daraus lassen sich persönliche Bewegungs- und Verhaltensmuster, wie etwa Schlafzeiten oder Freizeitverhalten, ableiten.²³⁵

3.1.4. Webtrackingdaten

Sowohl das mobile als auch das festnetzbasierende Datenvolumen haben in Deutschland laut Bundesnetzagentur in den letzten Jahren ein exponentielles Wachstum erlebt. Waren es in 2016 noch knapp 1 Mrd. Gigabyte, lag das mobile Datenvolumen Ende 2020 bei 3,972 Mrd. Gigabyte (2019: 2,757 Mrd. Gigabyte), was einer Zuwachsrate von 44 Prozent zum Vorjahr entspricht. Bedingt durch die Covid-19-Pandemie und der Verlagerung der beruflichen und privaten Aktivitäten ins eigene Zuhause stieg zudem das festnetzbasierende Datenvolumen im Jahr 2020 deutlich auf etwa 76 Mrd. Gigabyte (2019: 60 Mrd. Gigabyte).²³⁶

²³⁴nevisQ GmbH hat ein intelligentes Infrarot Sensorsystem entwickelt, was in Verbindung mit Machine-Learning Algorithmen Personen und Objekte detektiert und deren Aktivitäten interpretiert. Vgl. dazu www.nevisq.com. Vgl. außerdem König et al., 2017, Liouane et al., 2018, und Liciotti et al., 2020.

²³⁵Vgl. Skistims, 2016, S. 51 f., 129 f.

²³⁶Vgl. Bundesnetzagentur, 2021, S. 58 f., 64 f.

Die Generierung dieser enormen Datenmengen ist die Folge der allgegenwärtigen Nutzung des Internets in allen Lebenslagen. Laut der Studie *Digitale Nutzung in Deutschland 2018*, die der Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V. gemeinsam mit der Forschungsagentur DCORE durchgeführt hat, bleibt der Laptop bzw. Desktopcomputer der zentrale Zugang zum Internet, gefolgt von Smartphone, Tablet und Smart-TV. Ferner sind die beliebtesten Online-Aktivitäten die Verwaltung von E-Mails, die Verwendung von Suchmaschinen, das Online-Shopping und die Nutzung von Apps.²³⁷ Jeder Nutzer erzeugt dabei permanent digitale Datenspuren, die durch Webtracking-Technologien²³⁸ erhoben und ausgewertet werden können. Das *Webtracking* umfasst im Allgemeinen die Erhebung, Speicherung, Auswertung und Übermittlung des individuellen Online-Verhaltens.²³⁹

Unter diesem weit gefassten Begriff fallen sämtliche Daten, die sich mittels spezieller Web-Metriken messen lassen. Die drei wesentlichen Kategorien und zugehörige Messgrößen sind Nutzungseigenschaften, Nutzerverhalten und Zugriffsart (siehe Abbildung 3.2).²⁴⁰

Technologische Fortschritte begünstigen die Nachverfolgung von Individuen und ermöglichen eine immer genauere und differenziertere Analyse der Daten.²⁴¹ Durch gezieltes Tracking, insbesondere wenn Informationen über mehrere Webseiten hinweg gesammelt und kombiniert werden²⁴², werden persönliche Interessen, Bedürfnisse und Präferenzen des Nutzers ersichtlich.²⁴³ Ferner lassen sich aus den Daten Rückschlüsse auf die psychische Verfassung ziehen. Beispielsweise identifizierten Wissenschaftler aus Harvard und der University of Vermont in einer Studie Depressionsmarker bei Instagram-Nutzern, indem sie die veröffentlichten Fotos nach

²³⁷Vgl. Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V., 2018.

²³⁸Der Begriff *Tracking* heißt übersetzt *verfolgen*. Zu den verbreitetsten Trackingmethoden gehören: Cookie-IDs, Fingerprinting, Advertising-IDs, IP-Adressen, ETag, Common-IDs etc. Vgl. dazu Wenhold, 2018, Wöhner und Georgi, 2016, Herrmann und Federrath, 2016, Bauer et al., 2015, und M. Schneider, Enzmann und Stopczynski, 2014.

²³⁹Vgl. International Working Group on Data Protection in Telecommunications, 2013, S. 7.

²⁴⁰Vgl. zum Beispiel Hassler, 2019, und Zumstein, 2012.

²⁴¹Vgl. M. Schneider, Enzmann und Stopczynski, 2014, S. 9.

²⁴²Dies wird als *Cross-Domain-Tracking* bezeichnet.

²⁴³Vgl. M. Schneider, Enzmann und Stopczynski, 2014, S. 18.

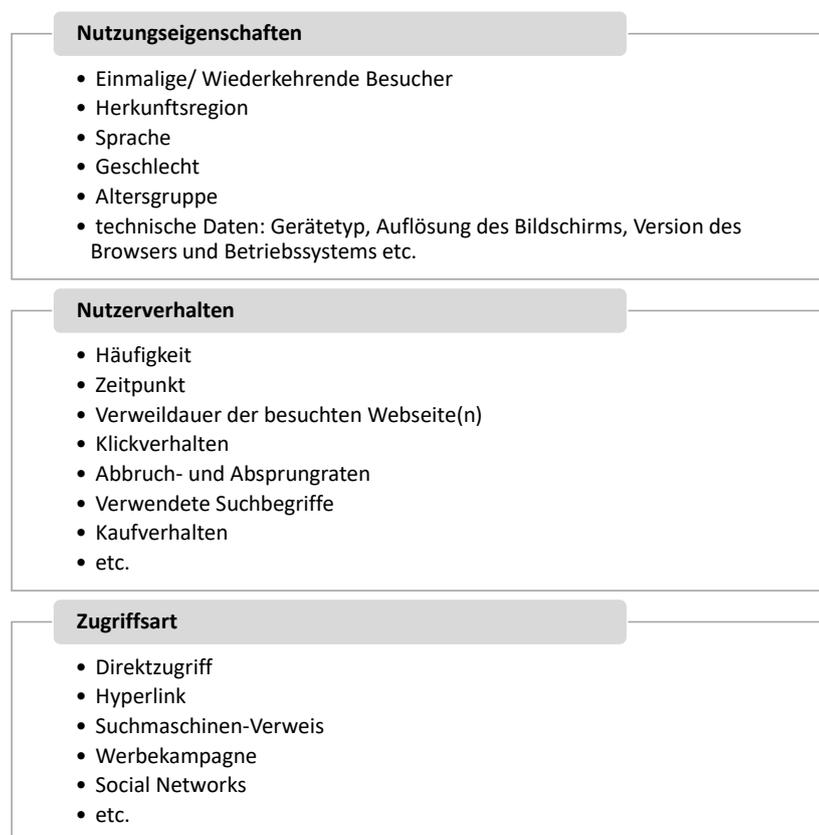


Abbildung 3.2.: Überblick typischer Web-Metriken

Aspekten wie Farbton, Helligkeit und Sättigungsgrad analysierten.²⁴⁴ Basierend auf dem Online-Verhalten lassen sich somit detaillierte *Nutzerprofile* erstellen.²⁴⁵

Die sogenannten *Tracker* - das können sowohl die Webseiten-Betreiber selbst als auch spezielle Tracking-Dienstleister²⁴⁶ sein - nutzen dieses Nutzerprofil beispielsweise zum Zweck von personalisierter Werbung und personalisierter Preisgestaltung sowie zur Einschätzung der Kreditwürdigkeit.²⁴⁷ Zusätzlich zum reinen Web-Tracking interessieren sich Tracker auch für andere Datenquellen, wie etwa aus Smart-TVs und

²⁴⁴Reece und Danforth, 2017, Vgl.

²⁴⁵Vgl. zum Beispiel Wenhold, 2018, S. 41 ff., Herrmann und Federrath, 2016, S. 133 f. International Working Group on Data Protection in Telecommunications, 2013, S. 8.

²⁴⁶Zu den bekanntesten Tracking-Tools gehören Google Analytics und etracker.

²⁴⁷Vgl. zum Beispiel Wenhold, 2018, S. 79 ff., Tillmann und Vogt, 2018, S. 4 f. Wöhner und Georgi, 2016, S. 674, M. Schneider, Enzmann und Stopczynski, 2014, S. 7 f. und Freter und Säger, 1998, S. 168.

Smartphone-Apps, um ein umfassendes, geräteübergreifendes Profil des Nutzers zu generieren.²⁴⁸

3.2. Paradigmenwechsel in der Tarifierung: Von Prämiendifferenzierung zu Prämienindividualisierung

Dass Daten einen wirtschaftlichen Wert haben und die Grundlage zahlreicher innovativer Geschäftsmodelle und Dienstleistungen sind, zeigt sich zunehmend auch in der Versicherungswirtschaft. Im Zuge der Digitalisierung²⁴⁹ und dem stetigen technischen Fortschritt besteht das Potenzial Risiken (noch) besser zu verstehen und individueller zu kalkulieren. Beflügelt wird dies durch die rasant wachsende Menge an digitalen Daten, Speicherplattformen und internetfähigen elektronischen Geräten. Die noch in den 60er Jahren zeitgemäße Aussage von BRAESS, dass der Grundsatz der Prämiengerechtigkeit nur eine *idealtypische Maxime* darstellt,²⁵⁰ ist aus technischer Sicht heute überholt. Rainer Fürhaupter, Vorstandsmitglied der Deutsche Aktuarvereinigung e.V. (DAV), betonte beim Weltkongress der Aktuarer im Jahr 2018:

Dank der Digitalisierung können Menschen und Sachen noch gerechter versichert werden, ohne dass der Kollektivgedanke aufgegeben wird.²⁵¹

Traditionell basiert die klassische Tarifierung auf sehr umfangreichen historischen Daten, die mittels multivariater, statistischer Methoden ausgewertet werden. Folglich sind Versicherungsunternehmen seit jeher im Besitz großer, zumeist strukturierter Datenbestände, die sie verwalten und für die Risikobewertung nutzen. Die Welt

²⁴⁸Vgl. zum Beispiel Konferenz der unabhängigen Datenschutzaufsichtsbehörden des Bundes und der Länder, 2019, S. 19, Ertel und Venzke-Caprarese, 2014, S. 183, und M. Schneider, Enzmann und Stopczynski, 2014, S. 9 f.

²⁴⁹Die Digitalisierung hat eine Reihe von Branchen in den letzten Jahren massiv verändert und ist auch in der Versicherungswirtschaft angekommen. Einen Überblick über die unterschiedlichen Stadien der Digitalisierungsinitiativen gibt Hartung, 2018.

²⁵⁰Vgl. Braeß, 1958, S. 268.

²⁵¹Deutsche Aktuarvereinigung e.V., 2018.

der Daten hat sich im letzten Jahrzehnt jedoch stark verändert und wurde durch den Begriff *Big Data* geprägt.²⁵² Im Zeitalter von Big Data und der allgegenwärtigen Kommunikations- und Informationstechnologie stehen für eine umfassende Risikoanalyse viele neue Datenquellen zur Verfügung. Es stellt sich die Frage: Wie können diese individuellen, nutzergenerierten Daten für die Tarifierung genutzt werden?

Dabei geht es nicht allein um das rasante Wachstum an Datenmengen aus unterschiedlichsten Quellen, sondern um die *Information*, die in ihnen steckt. Um valide Erkenntnisse aus dieser unendlichen, komplexen Datenflut zu gewinnen bedarf es geeigneter Big Data Analyseverfahren. Genau darin liegt das Potenzial und zugleich die Herausforderung für eine differenziertere Tarifierung. Mit neuen Analysemethoden können exogene Risikounterschiede innerhalb eines Kollektivs identifiziert, das Einzelrisiko präziser geschätzt und eine auf den Kunden zugeschnittene, risikogerechtere Prämie angeboten werden. Dies ist das Ziel der *Prämienindividualisierung* und führt zu einem Wandel von der traditionellen, erfahrungsbasierten Tarifierung²⁵³ hin zu einer individuellen, datengetriebenen (Echtzeit-)Tarifierung.

Abbildung 3.3 stellt diese Entwicklung schematisch dar und zeigt, dass je größer die individuelle Datengrundlage (Kreise) und damit je individueller die Versicherungslösungen sind (x -Achse), desto stärker ist die individuelle Risikoäquivalenz (y -Achse). Die primäre und sekundäre Prämiendifferenzierung haben bereits durch die Kollektivierung des Versicherungsbestands einen großen Effekt auf die Risikogerechtigkeit.²⁵⁴ Die verbleibende Restheterogenität innerhalb der Kollektive kann durch zusätzliche individuelle Daten offengelegt werden. Versicherungstechnisch bedeutet dies die Reduktion des Irrtumsrisikos²⁵⁵, da mehr Informationen über die wahre Schadensgesetzmäßigkeit des Einzelrisikos vorliegen. Dies erklärt den konkaven Ver-

²⁵²Es gibt keine einheitliche Definition von Big Data, die gängigsten Definitionen basieren auf den sogenannten "4Vs": Volume (Datenmenge), Velocity (Geschwindigkeit), Variety (Datenvielfalt) und Veracity (Aussagekraft). Vgl. zum Beispiel Dorschel, 2015, S. 6.

²⁵³Vgl. Ausführungen in Kapitel 2.

²⁵⁴Basierend auf dem individuellen Äquivalenzprinzip. Vgl. Ausführungen in Kapitel 2.2.

²⁵⁵Vgl. die Ausführungen in Kapitel 2.1.

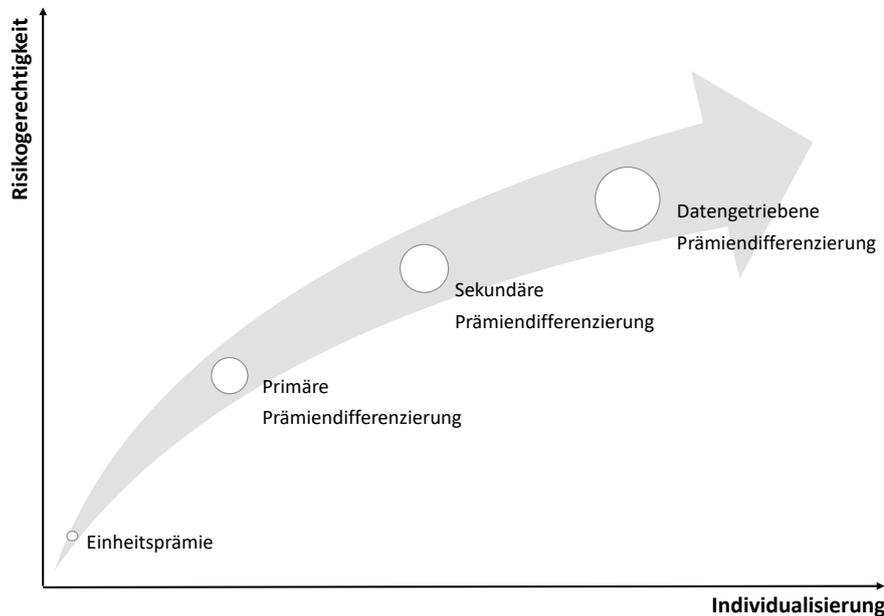


Abbildung 3.3.: Von der Einheitsprämie zur Prämienindividualisierung

lauf der Kurve. Die zentralen Unterschiede zur traditionellen Tarifierung werden im folgenden erläutert.

3.2.1. Neue risikorelevante Datenquellen und Datentypen

Die Verfügbarkeit neuartiger, risikorelevanter Daten ist dank modernster Technik möglich geworden. In Abschnitt 3.1 wurden repräsentativ individuelle Daten aus den Lebensbereichen *Gesundheit*, *Automobil*, *Wohnen* und *Internetnutzung* vorgestellt, die an dieser Stelle in Abbildung 3.4 zusammengefasst sind. Neu ist, dass diese Daten vom Risiko selbst, das heißt von dem Versicherungsnehmer oder dem versicherten Objekt, generiert und mit Dritten geteilt werden können.²⁵⁶

²⁵⁶Eine gesonderte Stelle nehmen dabei die Daten aus dem Browserverlauf ein, da diese von Unternehmen direkt erhoben werden. Bewegt sich eine Person auf der Internetseite des Versicherungsunternehmens, kann das Nutzerverhalten dank Webtracking kontinuierlich beobachtet werden. Die Digitalagentur mediaworx berlin AG hat Anfang 2018 87 Webseiten deutscher Versicherer untersucht und die Nutzung von Web-Analytics-Tools erfasst. Das Ergebnis der Studie zeigt, dass Google Analytics am häufigsten eingesetzt wird. Vgl. Mediaworx, 2018.

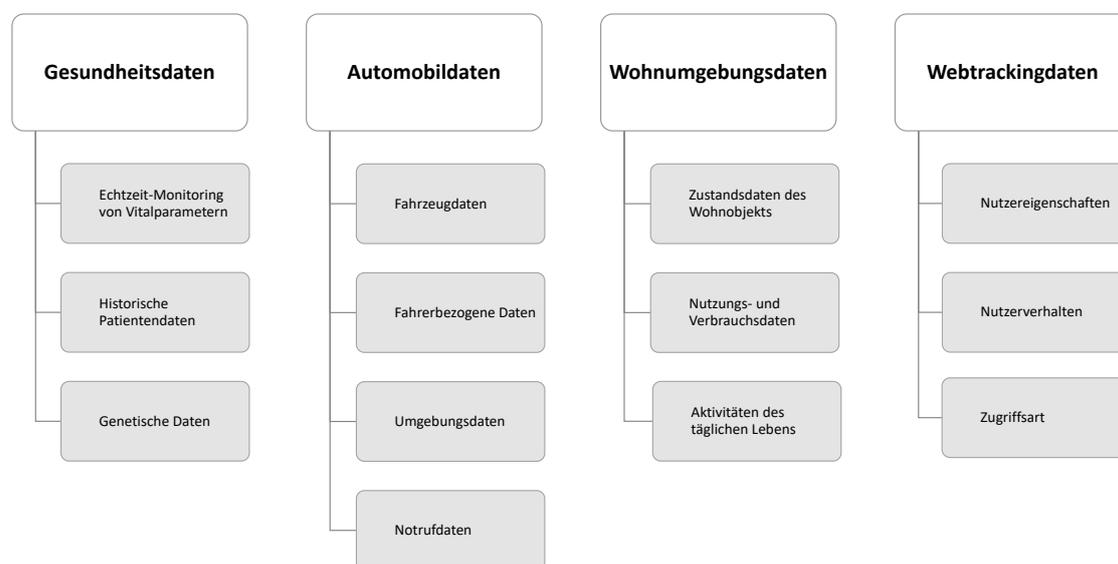


Abbildung 3.4.: Charakteristische Daten im digitalen Alltag

Alle vier Datenquellen haben gemein, dass sie gewisse Datentypen erzeugen:

- Nutzungsdaten,
- Verhaltensdaten,
- Kontextdaten,
- Objektdaten.

Ferner liegen diese riesigen, noch auszuwertenden Datenbestände zum großen Teil in unstrukturierter Form vor. Bislang waren Daten vor allem in sorgfältig strukturierten Datenbanken gespeichert, wie zum Beispiel in Tabellen und Verzeichnissen. *Unstrukturierte Daten* sind Daten, die keine formalisierte Struktur besitzen, wie etwa Text-, Audio-, Bild- oder Videodateien. Diese lassen sich nicht wie strukturierte Daten in einem klassischen Datenbanksystem speichern und müssen daher vor ihrer Auswertung zunächst aufbereitet bzw. strukturiert werden.²⁵⁷ Dazu gehören auch *semi-strukturierte Daten*, die weder vollständig strukturiert noch vollständig

²⁵⁷Vgl. zum Beispiel Heuberger-Götsch, 2016, S. 87, oder Dorschel, 2015, S. 8.

unstrukturiert sind, sondern einen Teil der Strukturinformation in sich tragen, wie zum Beispiel Daten aus PDF-Dateien oder E-Mails.²⁵⁸

3.2.2. Zusammenführung von internen und externen Kundendaten

Die Zusammenführung bzw. Verknüpfung unternehmensinterner Kundendaten mit den neuen Datenquellen ist grundlegend für ein umfassendes, individuelles Risikoprofil und für eine ganzheitliche Bewertung des Versicherungsnehmers (siehe Abbildung 3.5).

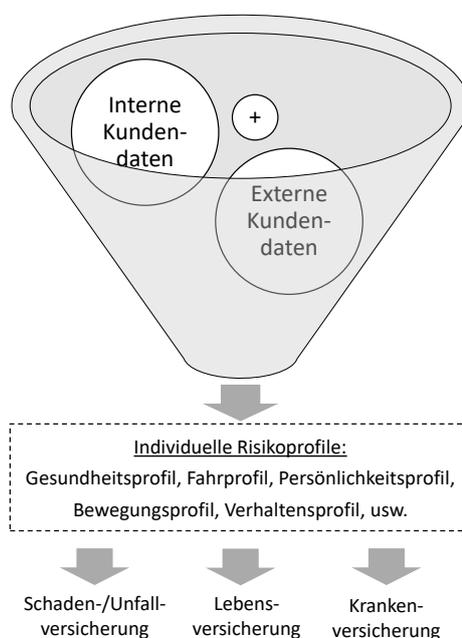


Abbildung 3.5.: Datenkombination von internen und externen Daten als Grundlage individueller Risikoprofile

Interne Kundendaten sind Daten des operativen Versicherungsgeschäfts, wie etwa aus dem Bestands- und Schadenmanagement (Vertragsdaten, Daten aus Risikofragebögen, Schadendaten etc.). Die bisher typischen Kontaktpunkte zwischen Versicherungsnehmer und -unternehmen betreffen die Prozesse Vertragsabschluss, Prämienzahlung, Vertragsänderung, Schadenregulierung, Storno und Beschwerde, wobei

²⁵⁸Vgl. Dorschel, 2015, S. 310.

die Risikoeinstufung und Prämienkalkulation zu *Vertragsbeginn* vorgenommen werden.²⁵⁹ Die vom Risiko selbst generierten Daten *während der Vertragslaufzeit* bleiben im traditionellen Modell unberücksichtigt. Dabei schafft die Übermittlung zusätzlicher Daten einen Informationsgewinn für das Versicherungsunternehmen.²⁶⁰

Die daraus resultierende Datenkonzentration und Datentiefe kann unterschiedliche Niveaus erreichen. Ausgangspunkt ist die getrennte und nur für das versicherte Einzelrisiko relevante Erhebung und Auswertung von Daten. Werden zusätzlich Daten aus anderen Lebensbereichen bzw. Versicherungszweigen ergänzt, führt dies im Extrem zu einem spartenübergreifenden Datenpool, das ein detailliertes Gesamtbild über den Versicherungsnehmer liefert. In welchem Umfang Kundendaten zusammengeführt werden, sollte stets vor dem Hintergrund der Fragestellung und der Modellauswahl beantwortet werden.²⁶¹ Grundsätzlich ist in der Risikoanalyse jede Information relevant, die das Einzelrisiko charakterisiert und die Schadenprognose verbessert.

In der Praxis birgt der Aufbau einer solchen detaillierten Datengrundlage hohe Anforderungen an die IT-Infrastruktur, so dass auch bei steigendem Datenvolumen genügend Speicherkapazität, ausreichend Rechenleistung sowie eine hohe Geschwindigkeit bei Datenzugriffen und Datenverarbeitung dauerhaft gewährleistet sind.²⁶²

²⁵⁹Vgl. dazu die Ausführungen zu Erst-, Folge- und Schlussbearbeitung sowie die Schadenbearbeitung im Rahmen der Leistungserstellungsprozesse in Farny, 2011, S. 673 ff.

²⁶⁰Vgl. zum Beispiel Gustedt und Engelage, 2016, S. 11 f., oder Reichel und Schmeiser, 2016, S. 3.

²⁶¹Darüber hinaus muss der Versicherer die gesetzlichen Regelungen zum Datenschutz beachten. Gemäß § 51 BDSG ist die explizite, freiwillige *Einwilligung* des Versicherungsnehmers erforderlich. Ferner müssen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten gemäß Artikel 5 (1) DS-GVO folgende Prinzipien beachtet werden: Rechtmäßigkeit, Verarbeitung nach Treu und Glauben, Transparenz (lit. a); Zweckbindung (lit. b); Datenminimierung (lit. c); Richtigkeit (lit. d); Speicherbegrenzung (lit. e); Integrität und Vertraulichkeit (lit. f). Zur rechtswissenschaftlichen Diskussion der Datenschutzbestimmungen im Versicherungskontext vgl. beispielsweise Waldkirch, 2020, Greis, 2020; Schmidt-Kessel und Grimm, 2018; Lüttringhaus, 2018; Rudkowski, 2017; sowie Schwichtenberg, 2015.

²⁶²Vgl. Dorschel, 2015, S. 278 ff.

3.2.3. Datenauswertung mit Big Data Analyseverfahren

Digitale Daten gehen aufgrund Menge, Differenziertheit und Komplexität über die Möglichkeiten klassischer statistischer Analysemethoden hinaus.²⁶³ Die Auswertung dieser großen, heterogenen Datenbestände bedarf daher neuer Analysetechnologien, um beispielsweise Muster und Regelmäßigkeiten in Datensätzen zu erkennen, Entwicklungen und Verhaltensweisen zu prognostizieren oder Text-, Bild- und Videodateien zu interpretieren. Im Big Data Kontext wird von *Big Data Analytics* gesprochen. Dieser Terminus beschreibt den Einsatz von fortschrittlichen Analysemethoden (im englischen *Advanced Analytics*) auf Datenbestände, die *Big Data*-Charakteristika²⁶⁴ aufweisen.²⁶⁵

Big Data Analytics = Big Data + Advanced Analytics.

Insbesondere vor dem Hintergrund des speziellen Versicherungsumfelds und aktuariellen Problematik der Prämienindividualisierung bedarf es jedoch der Erweiterung um das *versicherungsspezifische Fachwissen*. Die Aktuarer sprechen insgesamt von *Actuarial Data Science* und charakterisieren diese spezielle Form der Datenwissenschaft als

„Erhebung, Erfassung, Verarbeitung und Auswertung versicherungsspezifischer Daten unter einer aktuariellen Fragestellung.“²⁶⁶

Unter *Advanced Analytics* werden analytische Methoden, wie etwa klassische Methoden und Modelle der Statistik, Stochastik und Numerik, sowie Methoden des

²⁶³Vgl. Kadarkarai und Khanaa, 2015, S. 119 f.

²⁶⁴Die im Big Data Kontext gemeinhin als *V*'s bezeichneten Eigenschaften bestanden anfänglich aus den 3V's Volume (Menge der Daten), Velocity (Geschwindigkeit der Generierung, Verarbeitung und Speicherung von Daten) und Variety (Heterogenität der Datenquelle und Datenformate (Datenvielfalt)) nach LANEY. Seitdem sind weitere hinzugefügt worden, wie etwa: Validity (Sicherstellung der Datenqualität), Variability (Konsistenz und Veränderbarkeit der Daten), Veracity (Glaubwürdigkeit und Richtigkeit der Daten), Vulnerability (Sicherheit der Daten) oder Value (Wirtschaftlicher Wert/ Nutzen der Daten). Für eine genauere Erläuterung dieser Eigenschaften vgl. zum Beispiel Laney, 2001; Kadarkarai und Khanaa, 2015, S. 122; Rodríguez-Mazahua et al., 2016, S. 3074 f.; Almeida, 2018, S. 1 ff.

²⁶⁵Vgl. Russom, 2011, S. 8 f.

²⁶⁶Vgl. Seehafer et al., 2021, S. 5.

Maschinellen Lernens²⁶⁷ oder allgemeiner der *Künstlichen Intelligenz*²⁶⁸ zusammengefasst.²⁶⁹

- Der Begriff *Künstliche Intelligenz* wurde durch John McCarthy geprägt, der im Jahr 1956 zu der Konferenz mit dem Titel „Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence“ einlud und damit die Forschung vorantrieb. Im Allgemeinen gibt es keine einheitliche Definition. Grundsätzlich geht es um den Versuch, menschliche Denkprozesse mit Computern zu simulieren. Gemäß SEARLE wird zwischen *starker Künstlicher Intelligenz*, wenn die menschenähnliche Intelligenz gemeint ist, und *schwacher Künstlicher Intelligenz*, wenn nur einzelne, abgegrenzte Aspekte von Intelligenz betrachtet werden, unterschieden.²⁷⁰ Die Kernfähigkeiten der Künstlichen Intelligenz spiegeln im Wesentlichen die Grundfähigkeiten des Menschen wider: Wahrnehmen, Verstehen, Handeln und Lernen.²⁷¹
- Maschinelles Lernen: Laut MITCHELL ist die besondere Eigenschaft des Maschinellen Lernens die Lernfähigkeit, d. h. die automatische, auf Erfahrungen basierte Verbesserung des technischen Systems. Im Wesentlichen lassen sich drei Arten des Maschinellen Lernens unterscheiden: *Supervised Learning* (überwachtes Lernen), *Unsupervised Learning* (unüberwachtes Lernen) und *Reinforcement Learning* (bestärkendes Lernen) unterscheiden. Maschinelles Lernen ist ein Teilgebiet der *schwachen Künstlichen Intelligenz* und ermöglicht das Trainieren von Künstlichen Intelligenz-Systemen. Häufig eingesetzte Methoden des Maschinellen Lernens sind etwa Künstliche Neuronale Netze, Entscheidungsbäume oder Bayes-Netze.²⁷²

²⁶⁷Vgl. Tom M. Mitchell, 1997. Im englischen: *Machine Learning*.

²⁶⁸Im englischen: *Artificial Intelligence*.

²⁶⁹Vgl. Russom, 2011, S. 34.

²⁷⁰Vgl. Searle, 1980, Buxmann und Schmidt, 2019 oder Dörn, 2018.

²⁷¹Bitkom und DFKI, 2017.

²⁷²Vgl. dazu zum Beispiel S. Richter, 2019, Dörn, 2018, Suthaharan, 2016 oder Jordan und T. M. Mitchell, 2015.

Treibende Kraft sind sogenannte *intelligente Algorithmen*, das heißt trainierbare bzw. selbstlernende Algorithmen/Modelle, die in der Lage sind, in den Daten nach statistischen Zusammenhängen (genauer gesagt nach Korrelationen) zu suchen, selbstständig Vorhersagen oder Entscheidungen zu treffen und neue Lösungswege zu erarbeiten.²⁷³ Viele Algorithmen sind bereits vor einigen Jahrzehnten entwickelt worden, doch erst moderne, leistungsfähigere Computersysteme und die exponentiell wachsende Menge an (Trainings-)Daten haben sowohl die Anwendbarkeit dieser rechenintensiven Verfahren als auch deren Zuverlässigkeit²⁷⁴ wesentlich gesteigert.²⁷⁵ Im Vergleich zu rein regelbasierten Algorithmen, die beispielsweise stetig wiederkehrende, standardisierte Aufgaben übernehmen, sind lernende Systeme deutlich flexibler und auch auf komplexe Problemstellungen anwendbar. Aus technologischer Sicht sind dafür die Verteilung und Parallelisierung von Berechnungsaufgaben auf mehreren Einzelrechnern und die Skalierbarkeit der Anwendung notwendig.²⁷⁶ In dieser Arbeit liegt der Fokus jedoch nicht auf dem Studium einzelner Methoden und Technologien, sondern in der praktischen Herangehensweise im versicherungsmathematischen Tätigkeitsfeld, denn die Wahl des Analyseverfahrens ist abhängig von dem Analyseziel.

Der Einsatz von Big Data Analytics ist in der Versicherungswirtschaft bereits spürbar und eröffnet ein weites Feld an Anwendungsgebieten. Erfolgreich eingesetzt wird es beispielsweise in der Kundeninteraktion, Betrugserkennung, Bestandsoptimierung und im Schadenmanagement.²⁷⁷ Auch innerhalb des Risikoprüfungs- und Tarifierungsprozesses bestehen verschiedene Ansatzpunkte. Das oberste Ziel ist eine feinere Risikodifferenzierung aufgrund einer verbesserten Risikoidentifikation und damit die präzisere Schätzung des individuellen Schadenerwartungswertes und der Berech-

²⁷³Vgl. zum Beispiel Seehafer et al., 2021, S. 6 ff. oder Dörn, 2018, S. 2 ff.

²⁷⁴Gemessen beispielsweise an sinkenden Fehlerraten oder erhöhter Prognosegüte. Vgl. zum Beispiel Ausschuss Schadenversicherung der Deutschen Aktuarvereinigung e.V., 2019, S. 73 ff., 84 ff.

²⁷⁵Vgl. Buxmann und Schmidt, 2019, S. 3 ff.

²⁷⁶Vgl. Dorschel, 2015, S. 279 ff.

²⁷⁷Vgl. zum Beispiel Seehafer et al., 2021, Ausschuss Actuarial Data Science der Deutschen Aktuarvereinigung e.V., 2020, EIOPA, 2019, Reich und Zerres, 2019, S. 247 ff., Ahmadi und Nahrgang, 2017, S. 63 ff., Anchen, Frey und Kirova, 2015, S. 7, Anchen und Dave, 2019, S. 29

nung der risikogerechten Prämie.²⁷⁸ Ein wesentlicher Unterschied zur traditionellen Tarifierung, bei der möglichst viele Erkenntnisse aus den vorhandenen, gut strukturierten Daten gewonnen werden, ist die Gewinnung von Informationen aus großen (meist nutzlosen), digital erfassten Datenbeständen. In Bezug auf die Methoden-/Modellauswahl sollten dabei stets versicherungsmathematische Standards²⁷⁹ eingehalten sowie rechtliche und gesellschaftliche Anforderungen erfüllt werden.²⁸⁰

3.3. Ansätze individueller, datenbasierter Tarifierung

Bei der versicherungstechnischen Prämienkalkulation ist die Ermittlung der risikogerechten Prämie im Sinne des individuellen Äquivalenzprinzips eine komplexe Aufgabe. In Kapitel 2 wurden die Konzepte der primären und sekundären Prämienendifferenzierung anhand von Risikomerkmale und individuellem Schadenverlauf vorgestellt. Dabei wird im Allgemeinen zu Vertragsabschluss das Risiko *einmalig* anhand von Antragsformular inkl. Risikofragebögen bewertet und einer Risikoklasse zugeordnet. Die folgenden individuellen Tarifierungsansätze sind dadurch charakterisiert, dass

- *bestehende* digitale Daten und/oder *während der Vertragslaufzeit* erhobene Daten über das versicherte Risiko in die Tarifierung einfließen,
- Schwächen der traditionellen Prämienendifferenzierung mitigiert werden,
- Big Data Analyseverfahren zum Einsatz kommen
- und zu einer risikoadäquateren Tarifierung beitragen.

²⁷⁸Vgl. die Ausführungen in Abschnitt 2.2.

²⁷⁹Auf internationaler Ebene wird der Berufsstand der Aktuarer von der *International Actuarial Association* vertreten, die internationale Standards für aktuarielle Tätigkeiten aufgestellt hat. Diese stellen Empfehlungen dar und können an nationale Besonderheiten angepasst werden. Beispielsweise sollten bei der Auswahl der Annahmen und Methodik die Eignung, die Plausibilität und die Konsistenz beachtet werden. Vgl. International Actuarial Association/ Association Actuarial Internationale, 2018.

²⁸⁰Vgl. Seehafer et al., 2021, S. 333 ff.; Ausschuss Actuarial Data Science der Deutschen Aktuarvereinigung e.V., 2020, S. 18 ff.

3. Individuelle Tarifierung im digitalen Zeitalter

Im Weiteren werden die Begrifflichkeiten *Digitale Historie*, *Digitale Überwachung* und *Digitale Kontrolle* verwendet, die wie folgt definiert sind.

Digitale Historie

Digital verfügbare Vorgeschichte des Neukunden, wobei die existierenden Daten direkt vom Individuum oder - mit Zustimmung - bei Dritten eingeholt werden.

Digitale Überwachung

Fortlaufende und systematische Erfassung von Daten des Versicherungsnehmers bzw. des versicherten Objekts mittels technischer Hilfsmittel.

Digitale Kontrolle

Regelmäßiger bzw. punktueller Zugriff auf bestimmte Daten, zur Kontrolle und Steuerung vertraglich festgelegter Vereinbarungen.

Bezogen auf die Vertragslaufzeit bedeutet dies, dass die individuellen, digitalen Daten des Versicherungsnehmers einmalig, punktuell und/oder permanent dem Versicherer zur Verfügung stehen und im Rahmen der Prämienkalkulation ausgewertet werden können. Abbildung 3.6 stellt dies schematisch dar.

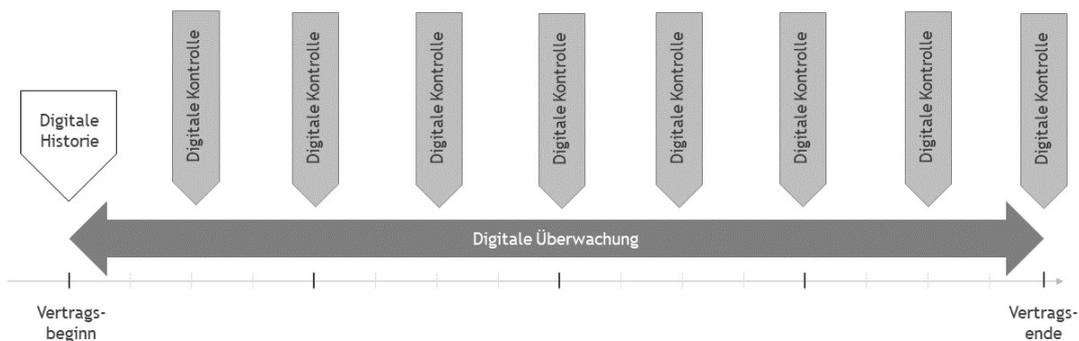


Abbildung 3.6.: Datentransfer während der Vertragslaufzeit

3.3.1. Vereinfachte Risikoprüfung bei Vertragsbeginn

In der Privatversicherung ist die Risikoprüfung elementar für die Entscheidung, ob und zu welchen Bedingungen ein Versicherungsvertrag abgeschlossen wird. Für die Risikoprüfung sind zumeist detaillierte Informationen nötig, welche bisher mit umfangreichen Fragebögen ermittelt wurden. Der Umfang der Risikoprüfung hängt dabei im Wesentlichen von der Komplexität des zu versichernden Risikos ab. Insbesondere in der Lebens- und Krankenversicherung müssen sich potentielle Neukunden einer aufwendigen Gesundheitsprüfung unterziehen, dazu gehört beispielsweise die Offenlegung zurückliegender Arztkontakte, Diagnosen, Behandlungen oder Medikamenteneinnahmen. Grundsätzlich sind die konventionellen Methoden zur Risikobewertung wirksam, jedoch ist dies mit hohen Kosten verbunden und es vergeht in der Regel viel Zeit zwischen der Antragsstellung, dem Ergebnis der Risikoprüfung und dem finalen Vertragsabschluss.²⁸¹ Insbesondere fehlende oder unvollständige Angaben sind ein Problem bei der Risikoeinschätzung. Zudem ist jede Zurückhaltung vorliegender risikorelevanter Informationen problematisch, denn es führt zu einem Wissensvorsprung seitens des Versicherungsnehmers und verstärkt die asymmetrische Informationsverteilung. Die Folgen dieser asymmetrischen Informationsverteilung und die damit verbundene Gefahr der Adversen Selektion gefährdet das Versicherungsprinzip, da der Risikobegriff die *Zufälligkeit* des Versicherungsfalls für beide Vertragsparteien voraussetzt.²⁸²

Die *Digitale Historie* bietet die Chance, bereits vorliegende risikorelevante Informationen direkt auszuwerten und damit den Risikoprüfungsprozess zu verkürzen (siehe Abbildung 3.7). Gibt der Antragsteller seine Gesundheits-/Patientendaten - in Form von ePA bzw. eGA - von vornherein frei, kann anhand dieser Daten der Fragenkatalog reduziert bzw. vom Risikoprüfer vollständig abgearbeitet werden. Bei der Interpretation von Informationen aus Bild- und Textformaten können beispielsweise Verfahren des Maschinellen Lernens den Risikoprüfer unterstützen. Dies

²⁸¹Vgl. Anchen, Frey und Kirova, 2015, S. 14.

²⁸²Vgl. Karten, 1993, S. 10 f.

beschleunigt den Antragsprozess, da unnötiger Schriftwechsel und Verwaltungsaufwand entfällt.

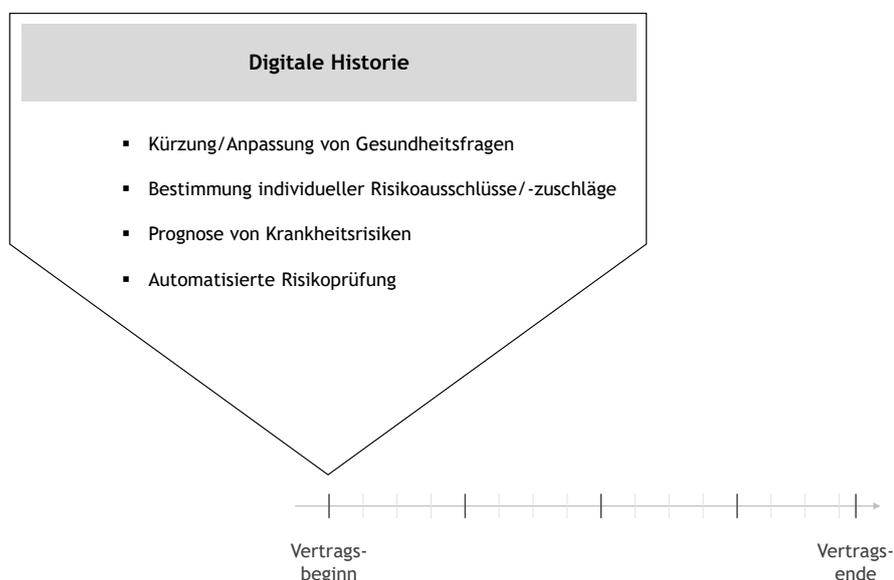


Abbildung 3.7.: Potenzial der Digitalen Historie für die Risikoprüfung

Im Zusammenhang der digitalen Historie spielt die genetische Disposition des Versicherungsnehmers bei Abschluss eines Lebens- bzw. Krankenversicherungsvertrags eine große Rolle, um das Erkrankungsrisiko richtig einschätzen zu können. Die Preisgabe genetischer Informationen und deren Berücksichtigung in der Risikoprüfung bedeutet nicht zwangsläufig, dass es negative Auswirkungen für den Versicherungsnehmer haben muss.²⁸³ Zum einen könnten bestimmte frühzeitig erkannte Krankheiten individuell behandelt werden und zum anderen könnte ein unauffälliger Befund zu einer günstigeren Prämie führen.²⁸⁴ Die aktuell strenge Rechtsprechung erlaubt die Mitteilung von Ergebnissen genetischer Untersuchungen gemäß § 18 Abs. 1 S. 2 GenDG jedoch nur für die Lebens-, Berufsunfähigkeits-, Erwerbsunfähigkeits- und Pflegerentenversicherung, sofern eine Leistung von mehr als 300 000 Euro oder mehr als 30 000 Euro Jahresrente vereinbart wird.

²⁸³Vgl. Rundshagen, 2015, S. 562.

²⁸⁴Vgl. Anchen, Frey und Kirova, 2015, S. 17.

Einen Schritt weiter gehen *automatisierte Risikoprüfungssysteme*, die direkt am Point-of-Sale eingesetzt und eine sofortige Entscheidungsfindung und Risikoselektion ermöglichen.²⁸⁵ Dahinter stecken Klassifikationsverfahren²⁸⁶, die anhand von Algorithmen des Maschinellen Lernens das Risiko analysieren und klassifizieren. Im Rahmen der Risikoprüfung besteht die Klassifikationsaufgabe darin, den Antragssteller anhand seines Datensatzes einer Risikokategorie zuzuordnen. Im einfachsten Fall werden nur die zwei Klassen *Annahme* und *Ablehnung* betrachtet. Komplexer wird es, wenn die Klasse *Annahme* feiner unterteilt wird in *Risikoausschlüsse* oder *Risikozuschläge*.²⁸⁷ Ein Beispiel für ein einfaches und verständliches Verfahren zur Modellierung der Annahmeentscheidung ist die hierarchische Klassifikationsmethode *Entscheidungsbaum* (engl. *Decision Tree*).²⁸⁸ Entscheidungsbäume basieren stets auf einer Menge von (unternehmenseigenen) Entscheidungsregeln, anhand derer einzelne Datensätze sukzessiv in Klassen eingeteilt werden. Durch die Logik eines mehrstufigen Entscheidungsbaums wird aus dem ursprünglichen Fragenkatalog eine *interaktive Fragestruktur* generiert, die sich den Antworten des Antragsstellers anpasst und einen nachvollziehbaren Entscheidungspfad erzeugt. Dabei werden alle Daten direkt plausibilisiert und validiert, so dass das Ergebnis der digitalen Risikoprüfung sofort erfolgt.²⁸⁹

Ferner können im Vorfeld Verfahren des Maschinellen Lernens genutzt werden, um Fragen mit geringem Einfluss auf die Annahmeentscheidung zu identifizieren und damit den Fragenkatalog zu verkürzen.²⁹⁰ Die größte Herausforderung bei der Ent-

²⁸⁵Auf dem Markt verfügbare Risikoprüfungstools sind beispielsweise *EQuot®* von MORGEN & MORGEN und *vers.diagnose* als Gemeinschaftsprojekt von Franke und Bornberg und Munich Re.

²⁸⁶Bekanntere Klassifikationsverfahren sind zum Beispiel Entscheidungsbäume, Support Vector Machines oder Feed-forward Neuronale Netze. Für Einzelheiten wird an dieser Stelle auf die Fachliteratur verwiesen.

²⁸⁷Vgl. Ausschuss Lebensversicherung der Deutschen Aktuarvereinigung e.V., 2019, S. 29.

²⁸⁸Um die Prognosekraft zu erhöhen und damit die Varianz zu reduzieren, wurden ferner Verfahren entwickelt, die nicht nur einen einzelnen Entscheidungsbaum, sondern mehrere unkorrelierte Entscheidungsbäume aus den Daten erstellen. Das bekannteste dieser Verfahren ist *Random Forest*. Diejenige Klasse, die am häufigsten gewählt wird, ist das Ergebnis des Random Forest. Vgl. zum Beispiel Seehafer et al., 2021, S. 223 ff., 230 ff.

²⁸⁹Vgl. zum Beispiel Anchen, Frey und Kirova, 2015, S. 14 f.

²⁹⁰Vgl. Ausschuss Lebensversicherung der Deutschen Aktuarvereinigung e.V., 2019, S. 27 ff.

wicklung geeigneter Entscheidungsregeln ist die überschaubare, nicht repräsentative Anzahl verfügbarer Trainingsdaten aus der realen Risikoprüfung, d. h. bereits ausgefüllte Gesundheitsfragebögen mitsamt zugehöriger Annahmeentscheidung des Risikoprüfers. Bei komplexeren Fällen, in denen weitere Dokumente zur abschließenden Risikoprüfung notwendig sind, ist daher weiterhin eine manuelle Risikoprüfung erforderlich.²⁹¹

3.3.2. Dynamisches Risikoprofil: Subjektive Risikomerkmale

Wie bereits in Abschnitt 2.4.3 erläutert, bevorzugen Versicherer *objektive Risikomerkmale* sowie *Proxy*-Variablen, anstelle schwer zu erfassender bzw. statistisch nicht abbildbarer Risikomerkmale. Insbesondere *subjektive* Risikomerkmale, wie Persönlichkeitsmerkmale und die daraus resultierenden individuellen Verhaltens- und Nutzungsmuster, sind bislang als Tarifmerkmale kaum direkt in die Tarifierung eingeflossen, da sie bei Vertragsabschluss schlecht überprüfbar und in der Regel nicht zeitlich stabil sind.²⁹² Stattdessen behelfen sich Versicherer beispielsweise mit beobachtbaren Merkmalen, wie dem Raucherstatus, dem Body-Mass-Index (BMI), dem Beruf, praktizierten Sportarten oder dem Familienstand, die mit bestimmten Persönlichkeitsmerkmalen korrelieren und sich somit als messbare Einflussgrößen eignen. Eine umfangreiche Erfassung schadenbeeinflussender Charakter- und Verhaltensweisen des Versicherungsnehmers ist dagegen in der Praxis im Voraus nicht möglich und bedarf der *Digitalen Überwachung* während der Vertragslaufzeit.²⁹³ Die daraus resultierenden Datenmengen können zur Risikoanalyse verwendet werden, um tarifrelevante Merkmale zu identifizieren und zu quantifizieren. Diese Form der Risikomessung, d. h. die (Echtzeit-)Messung subjektiver Risikomerkmale, offenbart bisher unerreichbare individuelle Risikomerkmale und macht den Risikoeinfluss des Versicherungsnehmers transparent. Diese freigelegte Heterogenität kann im Ergebnis für

²⁹¹Vgl. Anchen, Frey und Kirova, 2015, S. 15.

²⁹²Vgl. Karten et al., 2018, S. 163.

²⁹³Zum Beispiel Sensortechnik wie Fitness-Armbänder, Smart Watches, Telematik-Box im Auto, Verkehrs- und Gesundheits-Apps, usw.

eine differenziertere Tarifierung genutzt werden. Neben der eindeutigen Korrelation zum Schadenrisiko sind dabei stets die gewünschten Eigenschaften an Risikomerkmale anzustreben.²⁹⁴ Insbesondere Akzeptanz bzw. Transparenz sind bei subjektiven Risikomerkmale wichtig, um die Risikobewertung für den Versicherungsnehmer verständlich und nachvollziehbar zu gestalten.

Durch die technologischen Möglichkeiten die private Lebensführung permanent zu erfassen und auszuwerten, lassen sich Persönlichkeitsmerkmale quantifizieren und *dynamische Risikoprofile* gewinnen, die das Verhalten, die Interessen und Eigenschaften des Individuums abbilden. Die dabei verwendeten Big Data Analyseverfahren - speziell aus dem Bereich *Predictive Analytics* - zielen darauf ab, künftige Verhaltensmuster einer Person (oder einer Personengruppe) vorherzusagen, d. h. Wahrscheinlichkeiten für zukünftiges Verhalten zu berechnen. Dahinter steckt die Prämisse, dass sich das zukünftige Verhalten jedes Einzelnen aus Verhaltensmustern der Vergangenheit ableiten lässt. Typische *Predictive Analytics*-Verfahren sind zum einen die *Klassifikation* und zum anderen die *numerische Vorhersage (Regression, Scoring)*. Der Unterschied liegt im Wertebereich der Zielgröße: Ist die Zielgröße nominal, handelt es sich um eine Klassifikation, bei metrischer Zielgröße liegt eine numerische Vorhersage vor. Anhand beobachtbarer Merkmale findet somit entweder eine Zuordnung zu einer Klasse oder die Berechnung von Wahrscheinlichkeitswerten (oder allgemeiner *Score-Werten*) statt.²⁹⁵ Numerische Werte haben den Vorteil, dass sie als vergleichbare Messgröße fungieren können.

Anhand dieser Vorhersageanalytik kann das bisher statische bzw. schadenabhängige Risikoprofil verfeinert und für die Risikobewertung eingesetzt werden, um zwischen Versicherungsnehmern mit niedrigerer und höherer Risikoexposition zu unterscheiden. Abbildung 3.8 stellt dies schematisch dar.

Das originäre Risikokollektiv wird dadurch nicht aufgelöst, sondern feiner differenziert. Diese Risikodifferenzierung ist umso aussagekräftiger, je mehr Daten über

²⁹⁴Vgl. die Ausführungen in Abschnitt 2.4.3.

²⁹⁵Vgl. Dorschel, 2015, S. 64 f.

3. Individuelle Tarifierung im digitalen Zeitalter

den Einzelnen vorliegen. Im Ergebnis hat dies eine *verhaltensabhängige Prämie* zur Folge, wobei dem Versicherungsnehmer der Anreiz geschaffen wird, das individuelle Risikoprofil stets zu verbessern und eine Prämienreduktion zu erreichen. Gleichzeitig kann risikoerhöhendes Verhalten sanktioniert werden.²⁹⁶

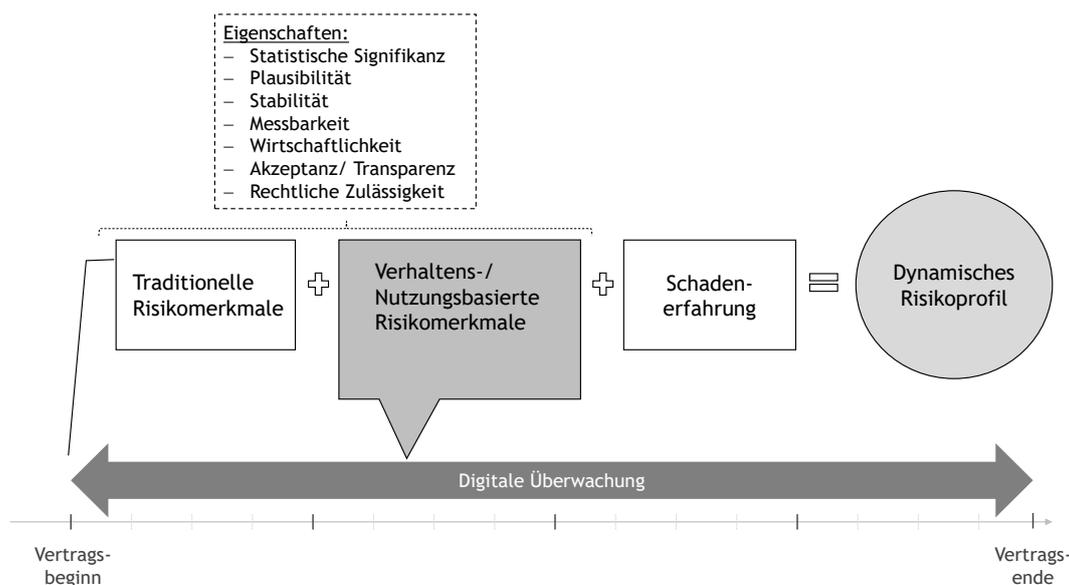


Abbildung 3.8.: Dynamisches Risikoprofil

Je nach Kontext und Datengrundlage existieren bereits risikorelevante Erkenntnisse, wie etwa für Fahrzeug- und Gesundheitsdaten:

- Die jüngsten wissenschaftlichen Auswertungen von Fahrzeugdaten haben gezeigt, dass sowohl die *Fahrgewohnheiten* (*pay-as-you-drive*) als auch die *Fahrweise* (*pay-how-you-drive*) signifikante Indikatoren für die erwartete Schadenhäufigkeiten in der Kfz-Versicherung sind. Die *Fahrgewohnheiten* umfassen beispielsweise die Fahrtstrecke, die Tageszeit, den Straßentyp, die Fahrtdauer oder die jährliche Kilometerzahl. Wohingegen die *Fahrweise* charakterisiert wird unter anderem durch die Geschwindigkeit, die Intensität der Brems- und Be-

²⁹⁶Vgl. Arisov et al., 2019, S. 11.

schleunigungsvorgänge oder das Kurvenverhalten.²⁹⁷ Es konnte nachgewiesen werden, dass

- Geschwindigkeitsüberschreitungen,
- Nachtfahrten,
- Landstraßennutzung,
- lange Fahrtdauer,
- Smartphone-Nutzung während der Fahrt,

zu einem höheren Schadenrisiko führen.²⁹⁸ Ferner lassen sich aus der Fahrweise gemäß Datenkombinationen Fahrprofile mit spezifischen Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverhalten erstellen.²⁹⁹ Aus der Analyse von Fahrmanövern lassen sich Rückschlüsse auf defensives oder riskantes Fahrverhalten schließen.³⁰⁰ Interessanterweise lassen sich geschlechtsspezifische Fahrweisen identifizieren, die sich insbesondere mit der Fahrpraxis und dem Fahrzeugtyp begründen lassen.³⁰¹

- Individuelle Gesundheitsdaten aus Wearables sind Grundlage für zahlreiche Forschungsarbeiten, die die Auswirkungen des Lebensstils auf das *Erkrankungs-* und *Sterblichkeitsrisiko* untersuchen. Neben Rauchen, Alkoholkonsum und BMI haben insbesondere körperliche Aktivitäten, Schlafdauer, Blutdruck, Ruhepuls und Gehzeit großen Einfluss auf den Gesundheitszustand.³⁰² Allein eine hohe durchschnittliche Anzahl von Schritten pro Tag, unter Berücksichtigung anderer Faktoren wie Alter, Geschlecht und Raucherstatus, hat einen positiven

²⁹⁷Vgl. Verbelen, Antonio und Claeskens, 2018, S. 1276.

²⁹⁸Vgl. A. M. Pérez-Marín et al., 2019; Guillen et al., 2019; Verbelen, Antonio und Claeskens, 2018; G. Gao und Wüthrich, 2019; G. Gao, Meng und Wüthrich, 2019; Ayuso, Guillen und Nielsen, 2019; Ayuso, Guillén und Pérez Marín, 2016; Ayuso, Guillen und A. Pérez-Marín, 2016; Paefgen, Staake und Fleisch, 2014.

²⁹⁹Vgl. Wiltrud Weidner, Robert Weidner und Fabian W. G. Transchel, 2015, S. 101 f., sowie Wiltrud Weidner und Robert Weidner, 2014, S. 184 ff.

³⁰⁰Vgl. Carfora et al., 2019, S. 2865 ff., Paik, Uhlenberg und Schmid, 2017, S. 77, sowie Wiltrud Weidner und Fabian W. G. Transchel, 2015, S. 610.

³⁰¹Vgl. zum Beispiel Guillen et al., 2019; Ayuso, Guillén und Pérez Marín, 2016; oder Ayuso, Guillen und A. Pérez-Marín, 2016.

³⁰²Vgl. zum Beispiel McCrea und Farrell, 2018, S. 393 ff., oder Ding et al., 2015, S. 5.

Effekt auf die Sterblichkeit.³⁰³ Auf der anderen Seite zeigen Studien, dass ein erhöhter Ruhepuls, langes Sitzen, Alkoholkonsum und schlechtes Schlafverhalten Prädiktoren für Herz-Kreislauf-Erkrankungen sind.³⁰⁴ Diese gehen einher mit einem erhöhten Sterblichkeitsrisiko und stellen aufgrund langwieriger Behandlungen große wirtschaftliche Herausforderungen an das Gesundheitssystem dar.³⁰⁵

3.3.3. Versicherbarkeit mittels individueller Risikosteuerung

Digitale Kontrolle ermöglicht die Informationsasymmetrie zwischen Versicherer und Versicherungsnehmer abzubauen und insbesondere Moral Hazard in Grenzen zu halten. An dieser Stelle sei daran erinnert, dass das Einzelrisiko im engeren versicherungstechnischen Sinne durch eine *Wahrscheinlichkeitsverteilung von Schäden* charakterisiert wird.³⁰⁶ Verändert der Versicherungsnehmer nach Vertragsabschluss sein Verhalten derart, dass seine Schadenwahrscheinlichkeit bzw. Schadenhöhe steigt, zum Beispiel durch nicht durchgeführte oder unterlassene Schadenverhütungsmaßnahmen, führt dies im Ergebnis zu höheren Versicherungsleistungen, was die Prämie in die Höhe treibt. Der Versicherer kann dieses risikoerhöhende Verhalten nicht beobachten und steuert diesem mit geeigneten Versicherungsvereinbarungen bzw. -bedingungen entgegen, wie etwa Selbstbeteiligungen, Deckungsgrenzen, Risikoausschlüssen, sowie der Festlegung von Obliegenheiten des Versicherungsnehmers, bei deren Verletzung eine Leistungskürzung bis hin zur Leistungsfreiheit erfolgen kann.³⁰⁷ Die Grenzen der Versicherbarkeit werden erreicht, wenn es auch bei einer entsprechenden Ausgestaltung des Versicherungsvertrages nicht möglich ist, Moral Hazard so weit zu reduzieren, so dass die Risikoübernahme durch den Versicherer wirtschaftlich ist.

³⁰³Vgl. Chefitz, Quah und Haque, 2018, S. 3.

³⁰⁴Vgl. zum Beispiel Powell et al., 2020, Stamatakis et al., 2019, Li et al., 2017, Ding et al., 2015, und Cappuccio et al., 2011.

³⁰⁵Vgl. Deutsche Herzstiftung, 2019.

³⁰⁶Vgl. die Ausführungen in Unterkapitel 2.1.

³⁰⁷Vgl. Karten, 1993, S. 11 f.

Durch die Nutzung digitaler Überwachungssysteme und Kontrollmechanismen können besonders exponierte Risiken, die bislang als schwer versicherbar oder gar als unversicherbar galten, kontrolliert bzw. gesteuert werden. Zwecks Risikosteuerung werden risikospezifische Grenzwerte bzw. Vorgaben definiert, die von dem Versicherungsnehmer während der Vertragslaufzeit eingehalten werden müssen, um den vollen Versicherungsschutz aufrecht zu erhalten. Dies bedarf smarterer Informations- und Kommunikationstechnik, wie zum Beispiel medizinischer Wearables, die die gemessenen Daten zur Auswertung an ein Zielsystem übermitteln. Dort wird geprüft, ob der Wert im vorgesehenen Toleranzbereich liegt oder Abweichungen vorliegen. Ferner können intelligente Algorithmen genutzt werden, um Unregelmäßigkeiten oder Auffälligkeiten in den Messwerten zu identifizieren und wenn nötig Gegenmaßnahmen einzuleiten. Dieser Prozess³⁰⁸ ermöglicht dem Versicherer individuell auf den Versicherungsnehmer einzugehen, da sich die Kontrollaktivitäten dem Risiko anpassen lassen. In Abbildung 3.9 ist der Prozess schematisch dargestellt.

Mögliche Anwendungsfelder sind zum Beispiel:

- Kontrolle von Vorerkrankungen mithilfe regelmäßiger Überprüfung gewisser Vitalparameter (zum Beispiel Blutzuckerwerte bei Diabetes) in der privaten Krankenversicherung,
- Kontrolle veralteter Leitungsrohre (Gebäudealter älter als 30 Jahre) mittels Temperatur- oder Wassersensoren in der Wohngebäudeversicherung.

Diese gezielten Anreize zu präventivem Verhalten und die strikte Einhaltung der festgelegten Vorgaben können die Kalkulierbarkeit verbessern und die Schadenerwartung senken, was zu geringeren Risikozuschlägen, weniger Risikoausschlüssen und letztendlich zur Versicherbarkeit führt.

³⁰⁸Dieser Prozess ist angelehnt an den allgemeinen Risikomanagementprozess in Versicherungsunternehmen, der sich aus den Schritten Risikoidentifizierung, Risikobewertung, Risikosteuerung, Risikoüberwachung und Risikoreporting zusammensetzt. *Risikosteuerung* umfasst dabei alle Maßnahmen, die die Schadenhöhe und/oder Schadeneintrittswahrscheinlichkeit reduzieren (beispielsweise durch Risikovermeidung, Risikoverminderung, Risikotransfer oder Risikotragung). Vgl. dazu Romeike und Müller-Reichart, 2020, S. 77 ff.

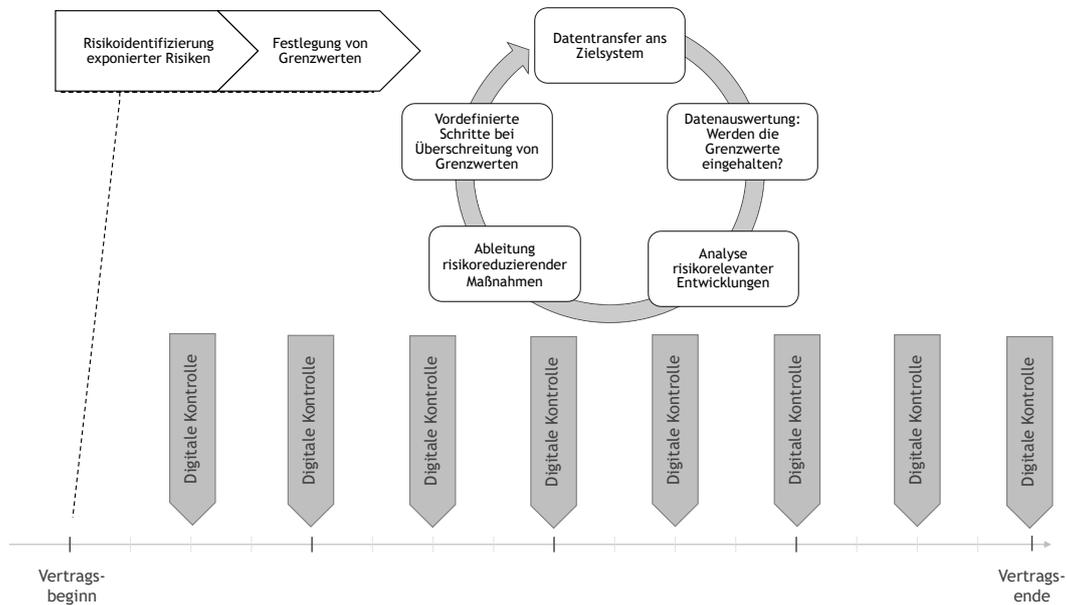


Abbildung 3.9.: Prozess der Digitalen Kontrolle

3.3.4. Reduktion statistischer Benachteiligung

Ein weiterer Grund für das Nichtzustandekommen eines Versicherungsvertrags ist die Zuordnung eines Versicherungsnehmers anhand statistisch signifikanter Risikomerkmale einer bestimmten Risikogruppe, obwohl er die relevanten Risikoeigenschaften der Risikoklasse nicht teilt. Mit anderen Worten: Ein Risiko wird aufgrund der verwendeten Tarifmerkmale einer schlechteren Risikoklasse zugeordnet.³⁰⁹ Hintergrund ist, dass im Rahmen der primären Prämien differenzierung die ausgewählten Risikomerkmale das tatsächliche Risiko, d. h. der individuelle Schadenerwartungswert, nicht vollständig abbilden können.

Im Allgemeinen unterliegt die Versicherbarkeit den wirtschaftlichen Entscheidungen des Versicherungsnehmers sowie des Versicherungsunternehmens: Zum einen muss das Versicherungsunternehmen die Risikoübernahme unter betriebswirtschaftlichen Aspekten akzeptieren und zum anderen muss der Versicherungsnehmer bereit und wirtschaftlich in der Lage sein, die Versicherungsprämie zu bezahlen. Dies führt da-

³⁰⁹Vgl. Buzzacchi und Valletti, 2005.

zu, dass das Risiko zwar theoretisch versicherbar ist, der Versicherungsnehmer aber aufgrund der hohen Prämie bzw. des geringen Nutzens freiwillig auf Versicherungsschutz verzichtet.³¹⁰

Beispielsweise wird die Einstufung in der Berufsunfähigkeitsversicherung anhand von Berufsgruppen vorgenommen, die tatsächliche berufliche Tätigkeit wird nicht berücksichtigt. Ein Dachdeckermeister, der hauptsächlich im Büro arbeitet, wird aufgrund des hohen statistischen Unfall- und Erkrankungsrisikos seines Berufsbildes in eine schlechtere Risikoklasse eingestuft. Ferner ist ein hoher BMI³¹¹ statistisch gesehen ein Indikator für Übergewicht und damit verbundener Krankheitsrisiken, was in der Berufsunfähigkeits- und Risikolebensversicherung zu Risikozuschlägen führt. Die tatsächliche körperliche Zusammensetzung, wie etwa der Muskel/Fett-Anteil oder die Art und Verteilung des Körperfetts, werden nicht betrachtet. Diese Beispiele zeigen, dass ungleiche Risiken gleich behandelt werden, was dem Prinzip der risikogerechten Prämie widerspricht.

Um das Risiko in den Versicherbarkeitsbereich zu überführen, muss die statistische Benachteiligung - Abweichungen vom statistischen Mittel - offengelegt und in der Tarifierung berücksichtigt werden. Dafür eignen sich sowohl komplementäre (ergänzende) als auch substituierende (ersetzende) Tarifmerkmale. Das Prinzip der Prämienkalkulation anhand kollektiver statistischer Erfahrungswerte soll dabei nicht in Frage gestellt werden, es zielt allein auf die Kalkulationsfreiheit und die unternehmensinterne Auswahl der prämienwirksamen Risikomerkmale ab.³¹²

Insbesondere Proxy-Variablen, die als Stellvertretergröße eines risikorelevanten Merkmals in die Tarifierung einfließen, da sie vergleichsweise kostengünstiger bzw. mit

³¹⁰Vgl. Berliner, 1982, S. 82, oder Karten, 1993, S. 9.

³¹¹BMI steht für Body-Mass-Index. Dieser wird berechnet, indem das Gewicht durch die Körpergröße zum Quadrat geteilt wird und ist ein grober Richtwert: unter 20 für Untergewicht, von 20 bis 25 für Normalgewicht, von 25 bis 30 für Übergewicht und ab 30 für massives Übergewicht. Maßgeblich sind das Gewicht und die Körpergröße bei Antragsstellung. Um eine bessere Einschätzung zu bekommen, wird zusätzlich auch das Alter berücksichtigt werden, da sich das Normalgewicht mit dem Alter verschiebt.

³¹²Vgl. die Ausführungen in Abschnitt 2.4.1.

3. Individuelle Tarifierung im digitalen Zeitalter

geringerem Aufwand zu beschaffen sind, bedürfen einer genauen Prüfung.³¹³ *Bequemlichkeitsgründe*, die zur Ungleichbehandlung von Versicherungsnehmern führen, wurden bereits von der Generalanwältin KOKOTT in ihren Schlussanträgen in der Rechtssache *Test Achats* kritisiert:

„Die korrekte Erfassung und Bewertung wirtschaftlicher und sozialer Gegebenheiten sowie der Lebensgewohnheiten von Versicherten ist ungleich komplizierter und lässt sich auch schwerer nachprüfen, zumal diese Faktoren im Lauf der Zeit Änderungen unterliegen können. Praktische Schwierigkeiten allein rechtfertigen jedoch nicht, gewissermaßen aus Bequemlichkeitsgründen auf das Geschlecht der Versicherten als Unterscheidungskriterium zurückzugreifen.“³¹⁴

Durch die Auswertung neuer Datenquellen und die stets wachsenden technischen Möglichkeiten der *Digitalen Überwachung* ist es möglich weitere bzw. neue objektive und subjektive Risikomerkmale zu identifizieren, die das Risiko besser abbilden.

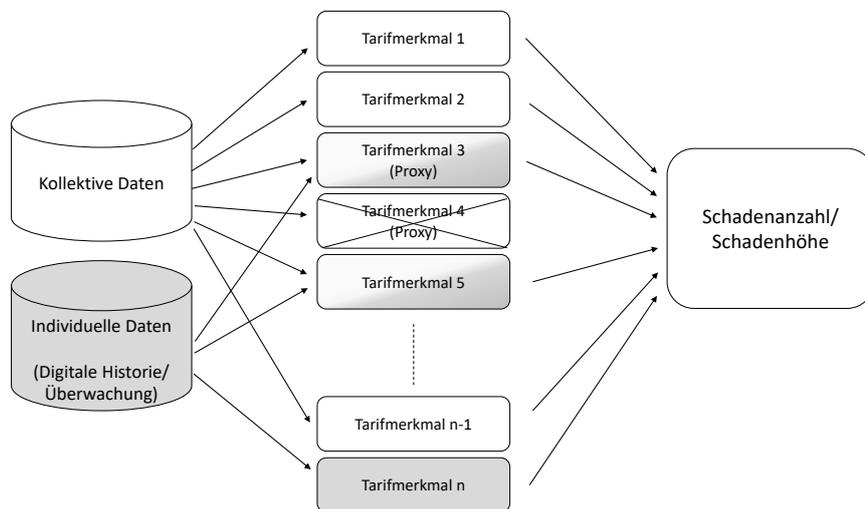


Abbildung 3.10.: Kollektive und individuelle Daten als Grundlage zukünftiger Tarifmerkmale

³¹³Wenn als Proxy-Variablen rechtlich geschützte Merkmale herangezogen werden oder Merkmale Korrelation zu geschützten Merkmalen aufweisen, wird von *statistischer Diskriminierung* gesprochen. Vgl. dazu zum Beispiel Orwat, 2019, S. 29 f.

³¹⁴Vgl. Kokott, 2010, S. 793.

3. Individuelle Tarifierung im digitalen Zeitalter

Dies wird in Abbildung 3.10 schematisch dargestellt.

Folglich könnte eine Versicherungsprämie berechnet werden, die sich dem individuellen Äquivalenzprinzip des Einzelrisikos stärker annähert. Nichtsdestotrotz ist diese Annäherung für das Versicherungsunternehmen nur wirtschaftlich, wenn die Vorteile der Differenzierung deren Kosten übersteigen.³¹⁵

³¹⁵Vgl. Morawetz, 2016, S. 2 ff.

4. Exkurs: Kfz-Telematiktarife auf dem deutschen Versicherungsmarkt

4.1. Chronologischer Marktüberblick

Ein detaillierter Blick in die derzeitige Tariflandschaft deutscher Versicherer zeigt, dass sich die Tarifgestaltung und damit die Produktvielfalt seit der Deregulierung 1994 erheblich vergrößert hat. Besonders in der deutschen Kraftfahrtversicherung hängt die Versicherungsprämie von so vielen Tarifmerkmalen ab, wie in keiner anderen Sparte der Schaden- und Unfallversicherung. Wurden in der regulierten Tarifwelt bis Mitte der 90er-Jahre einheitlich fünf Tarifmerkmale verwendet, so werden inzwischen zum Teil über 40 Kunden- und Fahrzeugparameter für die Bestimmung des individuellen Risikos genutzt. Grundsätzlich lässt sich eine ähnliche Tarifierungsmethodik gemäß der jährlichen GDV-Tarifempfehlung (siehe Tabelle 4.1) auf dem Markt erkennen. Es steht jedoch den Unternehmen frei, zusätzliche oder davon abweichende Tarifmerkmale anzuwenden, wie etwa Führerscheinentzug, Teilnahme am begleiteten Fahren, Anzahl Kinder oder Zahlungsverhalten/Bonitätsinformationen.³¹⁶ Die steigende Anzahl sowie die sukzessive Verfeinerung der Tarifmerkmale, als Kalkulationsgrundlage der risikogerechten Prämie, hat eine sehr ausdifferenzierte Tariflandschaft zur Folge.³¹⁷ Zurückzuführen ist dieser Sachverhalt auf den enormen Kostendruck und intensiven Wettbewerb unter den Kfz-Versicherern, der sich vor allem über den Preis definiert.³¹⁸ Besonders deutlich wird die angespannte Situa-

³¹⁶Vgl. Hartmann, Laas et al., 2014, S. 58.

³¹⁷Vgl. Morawetz, 2016, S. 2.

³¹⁸Vgl. Hartmann, Laas et al., 2014, S. 43.

4. Exkurs: Kfz-Telematiktarife auf dem deutschen Versicherungsmarkt

Tabelle 4.1.: Tarifmerkmale der Kfz-Versicherung zur Beitragsberechnung in Anlehnung an die GDV-Musterbedingungen

Individuelle Merkmale	Abstellort Jährliche Fahrleistung Selbstgenutztes Wohneigentum Nutzerkreis Nutzeralter Fahrzeugalter bei Erwerb etc.
Typklasse	Automarke Modell Baujahr Kraftstoff Leistung in kW und PS Hubraum (in ccm) Segment Karosserie
Regionalklasse (über 400 Zulassungsbezirke)	Wohnsitz des Halters
Tarifgruppe	Berufsgruppe A/ B/ C/ D
Schadenfreiheitsklassen	Einstufung gemäß Schadenverlauf

tion auf dem Kfz-Markt anhand der Schaden-Kosten-Quote (Combined-Ratio)³¹⁹, die sich nah an der 100-Prozent-Grenze bewegt und dabei zyklische Schwankungen zeigt. Laut dem GDV liegt sie in der *Kraftfahrtversicherung insgesamt* seit 2014 knapp unterhalb von 100 % und aktuell bei 98,4 %.³²⁰

Eine Lösung für den Kosten-/ Profitabilitätsdruck und um sich von Wettbewerbern abzugrenzen ist die Einführung von sogenannten *Telematik*-Tarifen. Der Begriff *Telematik* ist ein Kunstwort und setzt sich aus den beiden Begriffen *Telekommunikation*

³¹⁹Die Schaden-Kosten-Quote stellt ein Verhältnis zwischen den Ausgaben und den Einnahmen eines Versicherungsunternehmens in einer gewissen Periode (typischerweise dem Geschäftsjahr) her. Dazu werden die Aufwendungen für Versicherungsfälle sowie die Aufwendungen für den Versicherungsbetrieb den verdienten Prämien gegenübergestellt und meist als Prozentwert angegeben.

³²⁰Vgl. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., 2020, S. 66.

und *Informatik* zusammen.³²¹ Die Besonderheit dieser Tarife besteht darin, dass das individuelle Fahrverhalten berücksichtigt wird. Dies wird durch die technischen Möglichkeiten der Sensortechnik erzielt, wobei die technischen Ausgestaltungen der Datenaufzeichnung (fest eingebaute Telematik-Boxen, App-basierte Systeme, etc.) vielfältig sind.³²²

Der erste Telematik-Tarif in der Kfz-Versicherung wurde im Jahr 2014 von der Sparkassen Direktversicherung auf den deutschen Versicherungsmarkt gebracht. Seitdem gab es zahlreiche weitere Produkteinführungen in diesem Segment. Es handelt sich dabei um einen Tarifbaustein, der zusätzlich zu den klassischen allgemeinen Versicherungsbedingungen vereinbart wird und je nach Fahrweise zu einem Rabatt auf die reguläre Versicherungsprämie führt. Typische Rabattsysteme sind beispielsweise eine Prämienrückerstattung am Jahresende oder ein Bonus auf die Versicherungsprämie des Folgejahres.³²³ Bisher bilden diese Verträge mit Telematikbaustein kein eigenständiges Versicherungskollektiv.

Die folgende Tabelle 4.2 zeigt die Marktentwicklung von Telematik-Tarifen in Deutschland. Die Tabelleneinträge basieren auf eigener Recherche öffentlicher Informationen der Anbieter (Homepage, Pressemitteilungen, Geschäftsberichte, etc.) sowie versicherungsspezifischen Fachmagazinen.³²⁴

³²¹Ursprünglich wurde dieser Begriff zum ersten Mal im Jahr 1978 von den beiden Franzosen Simon Nora und Alain Minc im Rahmen einer Studie über die Informatisierung der Gesellschaft (*L'informatisation de la société*) verwendet. Vgl. Nora und Minc, 1978, S. 11

³²²An dieser Stelle sei an die technische Fachliteratur im Bereich der Informatik verwiesen. Vgl. zum Beispiel Merzinger und Ulbrich, 2017, S. 86 ff.

³²³Vgl. zum Beispiel ASSEKURATA, 2020, S. 5. Die LVM AG bietet neben einem fixen prozentualen Rabatt auch Prämien Gutscheine an.

³²⁴Zum Beispiel: *Versicherungswirtschaft*, *Versicherungsmagazin*, *Die Versicherungspraxis* oder *AssCompact*. Da die Informationen aus öffentlich zugänglichen Quellen stammen, kann keine Gewähr hinsichtlich Richtigkeit und Vollständigkeit übernommen werden.

4. Exkurs: Kfz-Telematiktarife auf dem deutschen Versicherungsmarkt

Tabelle 4.2.: Chronologie der Kfz-Telematiktarife auf dem deutschen Versicherungsmarkt

Beginn	Versicherer	Tarif	Status
	R+V Versicherung AG		Telematik-Studie: Internes Pilotprojekt, 12 Monate (04.2013 - 03.2014), 1.500 Autos, 25 Millionen Kilometer
01.2014	Sparkassen Direktversicherung AG	Telematik-Sicherheits-Service (S-Drive)	Pilotprojekt (auf 1.000 Telematik-Verträge limitiert), Vertrieb 12.2015 eingestellt
10.2014	SIGNAL IDUNA Allgemeine Versicherung AG (Vertrieb über sijox)	AppDrive	Überarbeiteter Tarifbaustein zum 01.10.2020
11.2015	Itzehoe Versicherung/Brandgilde von 1691 VVaG	SECURE DRIVE	(Vorab internes Pilotprojekt 11.2014 gestartet, 300 Testpiloten, Zeitraum mind. 6 Monate), Vertrieb Mitte 2018 eingestellt
11.2015	AdmiralDirekt	Telematik Spar-Option	Vertrieb Mitte 2018 eingestellt
12.2015	AXA Versicherung AG	AXA DriveCheck	Vertrieb Mitte 2019 eingestellt
01.2016	VHV Allgemeine Versicherung AG	VHV TELEMATIK GARANT	aktiv
04.2016	Allianz Versicherung AG	BonusDrive	aktiv
07.2016	Generali Versicherung AG	Generali Mobility	Nach Umfirmierung im Oktober 2019 Vertrieb durch: Generali Deutschland Versicherung AG
07.2016	AachenMünchener Versicherung AG	Telematik	Nach Umfirmierung im Oktober 2019 Vertrieb durch: Generali Deutschland Versicherung AG

Fortsetzung

4. Exkurs: Kfz-Telematiktarife auf dem deutschen Versicherungsmarkt

Tabelle 4.2.: Chronologie der Kfz-Telematiktarife auf dem deutschen Versicherungsmarkt

Beginn	Versicherer	Tarif	Status
07.2016	Dialog Versicherung AG	Dialog Mobility	Vertrieb Anfang 2020 eingestellt
10.2016	CosmosDirekt	BetterDrive	Vertrieb Anfang 2020 eingestellt
10.2016	HDI Versicherung AG (in Kooperation mit ThinxNet GmbH)	ryd (ehemals TankTaler)	Vertrieb eingestellt
11.2016	AllSecur (10.2019 Umfirmierung zu Allianz Direct Versicherungs-AG)	BonusDrive	Testfeld abgeschlossen, Vertrieb eingestellt
01.2017	HUK-COBURG Allgemeine Versicherung AG	Smart Driver	Testphase im Rhein-Main-Gebiet mit 2000 Kunden (10.2016 - 01.2017), Vertrieb 10.2018 eingestellt
01.2017	HUK24 AG	Smart Driver	Vertrieb 10.2018 eingestellt
07.2017	Württembergische Versicherung	Telematik App	aktiv (nur in Verbindung mit zwei Privatkundenverträgen)
08.2017	FRIDAY	Zahl-pro-Kilometer	aktiv
09.2017	BavariaDirekt	Drive+	Einjährige Testphase, Vertrieb 09.2018 eingestellt
09.2017	Mercedes-Benz Bank (in Kooperation mit HDI Versicherung AG)	InScore	aktiv

Fortsetzung

4. Exkurs: Kfz-Telematiktarife auf dem deutschen Versicherungsmarkt

Tabelle 4.2.: Chronologie der Kfz-Telematiktarife auf dem deutschen Versicherungsmarkt

Beginn	Versicherer	Tarif	Status
09.2017	Opel-Bank (in Kooperation mit Allianz Versicherungs-AG)	Opel Autoversicherung Plus	Vertrieb eingestellt
04.2018	BGV Badische Versicherungen	BGVFLEXImobil	aktiv
06.2018	Toyota Versicherungsdienst (Risikoträger: Aioi Nissay Dowa Insurance Company of Europe)	Toyota Aygo	aktiv
09.2018	HDI Versicherung AG	DiamondDrive	Vertrieb 12.2019 eingestellt
10.2018	Gothaer Allgemeine Versicherung AG (in Kooperation mit EMIL Deutschland AG)	Zahle pro gefahrenem Kilometer	EMIL beendet Kooperation im März 2020, EMIL-Kunden erhalten Umstellungsangebot von der Gothaer, Umstellung greift zum 1. Oktober 2020
04.2019	HUK-COBURG Allgemeine Versicherung AG	Telematik Plus	April 2021 um das Feature Eco Drive erweitert.
09.2019	HUK24 AG	Telematik Plus	aktiv
10.2019	Generali Deutschland Versicherung AG	TELEMATIK	aktiv
01.2020	ERGO Versicherung AG	Safe Drive	aktiv
01.2020	Toyota Versicherungsdienst (Risikoträger: Aioi Nissay Dowa Insurance Company of Europe)	Toyota C-HR	aktiv

Fortsetzung

4. Exkurs: Kfz-Telematiktarife auf dem deutschen Versicherungsmarkt

Tabelle 4.2.: Chronologie der Kfz-Telematiktarife auf dem deutschen Versicherungsmarkt

Beginn	Versicherer	Tarif	Status
07.2020	ADAC Autoversicherung AG	Fahr + Spar	aktiv
09.2020	Versicherungskammer Bayern	Kfz Vario FahrStil	aktiv
09.2020	Feuersozietät Berlin Brandenburg Versicherung AG	Kfz Vario FahrStil	aktiv
09.2020	SAARLAND Feuerversicherung AG	Kfz Vario FahrStil	aktiv
10.2020	SIGNAL IDUNA Allgemeine Versicherung AG (Vertrieb über sijox)	AppDriveX	aktiv
01.2021	DEVK Deutsche Eisenbahn Versicherung Sach- und HUK-Versicherungsverein a.G.	Fahr clever!	aktiv
02.2021	LVM AG	LVM-Go4Smile	aktiv
04.2021	HUK-COBURG Allgemeine Versicherung AG	Telematik Plus (inkl. Eco Drive)	aktiv

Die chronologische Produktanalyse zeigt:

- (i) Viele Anbieter sind zunächst mit einer planmäßig befristeten Pilot/Test-Phase³²⁵ in den Telematik-Markt gestartet, um aus den gewonnenen Telematik-Daten erste Erkenntnisse bzgl. Fahrverhalten, Schadenverlauf, Kosten und Kundennachfrage zu gewinnen. Dies erklärt die schwankende Anzahl der Versicherer mit einem aktiven Telematik-Tarif auf dem Markt.
- (ii) Die zwei größten Kfz-Versicherer Allianz Versicherung AG und HUK-COBURG Allgemeine Versicherung AG/ HUK24 AG sind erst in den Jahren 2016 bzw. 2017 in den Markt eingestiegen und dominieren seitdem den Telematikmarkt. Laut einer gemeinsamen Studie des Rückversicherers SCOR mit dem aktuariellen Beratungsunternehmen Meyerthole Siems Kohlruss (kurz MSK) liegen über 90 % der mittlerweile über 500.000 existierenden Telematikverträge bei den beiden Versicherern.³²⁶ Dies zeigt, dass die ersten Telematikanbieter keinen Wettbewerbsvorsprung erzielen konnten.
- (iii) Die primäre Zielgruppe der meisten Telematik-Tarife sind vor allem junge Fahrer, die - aufgrund von wenig bis gar keiner Fahrpraxis - in der klassischen Kfz-Tarifierung in eine hohe Schadenfreiheitsklasse eingestuft werden und somit einen hohen Versicherungsbeitrag zahlen müssen. Daneben gibt es Tarife, die an bestimmte Fahrzeugmodelle gewisser Hersteller, wie etwa Opel, Mercedes-Benz oder Toyota, gebunden sind.
- (iv) Neben den traditionellen Kfz-Versicherern haben sich zudem Start-Ups³²⁷ auf dem Markt positioniert, die vor allem Wenigfahrer ansprechen und ein pay-as-you-drive-Produkt mit kilometergenauer Abrechnung anbieten.

³²⁵Beschränkt auf Zeitraum, Anzahl der Fahrer und/oder Region.

³²⁶Vgl. Pressemitteilung: *So sieht die Zukunft in K aus - Umfrage bei 80 Kfz-Versicherern*. Veröffentlicht: 14. September 2020. Link: <https://aktuare.de/index.php/de/presse/pressemitteilungen/2003-pm-umfrage-kfz-versicherer.html>

³²⁷Zum Beispiel: FRIDAY, EMIL Deutschland AG.

- (v) Am Beispiel von *Zahle pro gefahrenem Kilometer* der Gothaer Allgemeine Versicherung AG wird die Abhängigkeit von Kooperationspartnern deutlich. Die einseitige Beendigung der Kooperation durch EMIL Deutschland AG führte in 2020 dazu, dass der Tarif vom Markt genommen werden musste.
- (vi) Bei der Württembergischen Versicherung kann der Telematik-Tarif nur in Kombination mit 2 weiteren (bestehenden bzw. vereinbarten) Privatkundenverträgen erworben werden. Hier zeigt sich das Cross-Selling Potenzial von Telematik-Tarifen als Türöffner für weitere Produkte.
- (vii) Nachdem Anfang 2020 die ERGO Versicherung AG ihren Telematik-Tarif auf den Markt gebracht hat, war die erste Jahreshälfte pandemiebedingt ruhig. Das im Januar von der Versicherungsgruppe die Bayerische für das erste Halbjahr angekündigte Produkt wurde nicht umgesetzt. Hervorzuheben ist jedoch der Konzern Versicherungskammer. Der Tarif *Kfz Vario Fahrstil* wird bei den Regionalmarken Versicherungskammer Bayern, Feuerversicherung Berlin Brandenburg Versicherung AG und SAARLAND Feuerversicherung AG seit Herbst 2020 vertrieben. Laut eigenen Angaben wird die Markteinführung mit Zugang zu Fahrerdaten, Informationsgewinnung, langfristige Wettbewerbsfähigkeit, Senkung des Durchschnittsalters der Fahrer, Kundenbindung und Cross-Selling-Chancen begründet.³²⁸
- (viii) Das Thema *Nachhaltigkeit* hat auch die Versicherungsprodukte erreicht. Neben der Rückmeldung zur *sicheren* Fahrweise hat kürzlich die HUK-COBURG Allgemeine Versicherung AG ihren Telematiktarif erweitert und einen weiteren Aspekt in der Telematik-App integriert, die *umweltbewusste* Fahrweise. Begründet wird dies damit, dass Fahrer mit schlechteren Fahrwerten mehr Sprit verbrauchen. Der Zusatz *Eco Drive* bewertet das nachhaltige Fahrverhalten anhand der Kriterien Geschwindigkeit, Beschleunigung und Streckeneigenschaften und vergleicht den tatsächlichen mit dem optimalen umweltbewussten

³²⁸Vgl. Geschäftsbericht Konzern Versicherungskammer 2020, S. 42, 62.

Kraftstoffverbrauch. Neu ist zudem, dass durch das umweltbewusste Fahrverhalten ausgewählte gemeinnützige Organisationen unterstützt werden.³²⁹

Zu berücksichtigen ist, dass Telematik-Tarife bei kurz- bis mittelfristiger Betrachtung noch nicht auf dem Markt etabliert sind und sich nur langsam aus dem Nischendasein lösen.³³⁰ Viele Versicherer halten sich mit konkreten Angaben zur Anzahl von Telematik-Verträgen zurück. Die HUK-Coburg hatte Mitte 2020 bekannt gegeben, dass ca. 80.000 Verträge auf den Tarifbaustein *Smart Driver* und ca. 240.000 Verträge auf den aktuellen Tarifbaustein *Telematik Plus* entfallen.³³¹ Als größter Autoversicherer³³² mit mehr als 12 Millionen Fahrzeugen bei der HUK-COBURG Versicherungsgruppe ist dies nur ein sehr geringer Anteil. Daraus lässt sich ableiten, dass Kfz-Telematiktarife noch keinen signifikanten Marktanteil auf dem Kfz-Markt besitzen.

Die anfänglichen Herausforderungen bzw. Gründe gegen einen Telematik-Tarif, wie etwa

- die ungenügende Datenbasis,
- die zu geringe Kundenakzeptanz,
- fehlende Bewertungsgrundlagen und Schadenerfahrungen,
- und die hohen Betriebskosten,³³³

haben aufgrund von neuen technischen Lösungen, ersten Erfahrungen und Erkenntnissen und einem gewissen Gewöhnungseffekt in der Bevölkerung allmählich an Bedeutung verloren. Insbesondere die Öffnung der Tarife für alle Altersgruppen bringt neue Impulse auf dem Telematikmarkt.

³²⁹Vgl. <https://www.huk.de/fahrzeuge/kfz-versicherung/telematik-plus.html>

³³⁰Vgl. Surminski, 2020, S. 552.

³³¹Vgl. Vortragsfolien von Vogler, 2020, S. 7, 9.

³³²Gemessen am Bestand.

³³³Vgl. zum Beispiel die Pressemitteilungen von R+V Versicherung AG im Jahr 2014 (<https://www.ruv.de/presse/pressemitteilungen/20141001-telematik>) und Sparkassen Direkt-Versicherung AG (<https://www.sparkassen-direkt.de/auto-mobilitaet/telematik/>)

Dennoch bleibt zu konstatieren, dass das Geschäftsmodell in naher Zukunft nicht das herkömmliche Geschäftsmodell ersetzen wird. Insbesondere

- das geringe Prämien-Einsparpotenzial³³⁴,
- die Datenschutzbedenken und
- die fehlende Transparenz in der Produktgestaltung

sind drei wesentliche Gründe gegen einen Telematik-Tarif.³³⁵

Bei einem Punkt sind sich jedoch alle einig, nur eine steigende Kundenakzeptanz und Bereitschaft der Kunden, ihre Daten mit dem Versicherer zu teilen, können langfristig zum Erfolg von Telematiktarifen führen.³³⁶ Hierfür müssen allerdings datenbasierte Tarife - über die risikogerechte Versicherungsprämie hinaus - *Mehrwerte* für den Versicherungsnehmer schaffen, wie etwa ein effizientes Schadenmanagement oder auf den Kunden zugeschnittene Hinweise zur Schadenprävention, sowie weitere Serviceleistungen aufgrund einer engeren Kundenbeziehung.³³⁷

4.2. Scoring: Telematische Tarifmerkmale

Die verschiedenen Telematiklösungen lassen sich hinsichtlich zahlreicher Produktmerkmale und zugehöriger Ausprägungen voneinander unterscheiden.³³⁸ Der Fokus

³³⁴In anderen Ländern wie beispielsweise in den USA, in Italien und in Großbritannien ist das Prämieniveau in der Kfz-Versicherung höher, so dass höhere Rabatte gewährt werden können. Wohingegen in Deutschland, aufgrund der bereits sehr feinen Risikodifferenzierung, das Prämieniveau niedriger ist und die Rabatte damit verhältnismäßig gering sind. Vgl. dazu Schoenauer, 2017, S. 84; oder Kraft und Hering, 2017, S. 507.

³³⁵Vgl. Paik und Schmid, 2021, S. 66; oder Ergebnisbericht der Ausschüsse Schadenversicherung und Actuarial Data Science, 2021, S. 16.

³³⁶Vgl. zum Beispiel Ausschuss Actuarial Data Science der Deutschen Aktuarvereinigung e.V., 2020, S. 16 ff.; Knorre, Müller-Peters und F. Wagner, 2019, S. 190; Fleischer, Schick und Robers, 2018, S. 608; Paik, Uhlenberg und Schmid, 2017, S. 80.

³³⁷Vgl. Dröge und Auer, 2021, S. 73 f.; Schoenauer, 2017, S. 85; Kraft und Hering, 2017, S. 507 f.; sowie Hering und Kraft, 2015, S. 453.

³³⁸Die Rating-Agentur *Assekurata* hat erstmals 2020 Kfz-Telematik-Tarife auf dem deutschen Markt im Hinblick auf die Leistungsstärke, die Fairness und den Kundenbedarf untersucht. Von den sieben analysierten Tarifen konnten nur HUK und Allianz mit ihren Tarifen Telematik Plus bzw. BonusDrive überzeugen. Vgl. ASSEKURATA, 2020.

der folgenden überblicksartigen Darstellung liegt auf den *telematischen Tarifmerkmalen*, die zur Erfassung und Bewertung des individuellen (Unfall-)Risikos herangezogen werden. Die vom Versicherungsnehmer generierten Fahrzeugdaten³³⁹ bilden dabei die Grundlage für die Quantifizierung telematischer Tarifmerkmale, die zum einen als Ergänzung zu den bestehenden Tarifmerkmalen dienen sowie zur Verifizierung einzelner Tarifmerkmale, wie etwa der jährlichen Fahrleistung.³⁴⁰ Wichtig ist, dass alle Merkmale eindeutig mit dem Unfallrisiko korrelieren.³⁴¹

Ein direkter Vergleich der aktuell auf dem deutschen Versicherungsmarkt verfügbaren Telematik-Tarife³⁴² (siehe Tabelle 4.3 in alphabetischer Reihenfolge) zeigt, dass das *individuelle Fahrprofil* anhand der Parameter

- Geschwindigkeit
- Einhaltung Tempolimit
- Bremsverhalten
- Lenk-/Kurvenverhalten
- Beschleunigung
- Tag-/Nachtfahrten
- Land-/Stadtstraßen, Autobahn
- Fahrtdauer
- Kilometer (pro Strecke)
- Smartphone Nutzung
- Gefahrenstelle

³³⁹Vgl. Ausführungen in Kapitel 3.1.

³⁴⁰Vgl. Ergebnisbericht der Ausschüsse Schadenversicherung und Actuarial Data Science, 2021, S. 5, 21 ff.

³⁴¹Vgl. Körzdörfer, 2020, S. 58.

³⁴²Dabei ausgenommen sind die Tarife, die ausschließlich die gefahrene Kilometerleistung berücksichtigen sowie die Tarife, die an bestimmte Automodelle gebunden sind.

bestimmt und zu einem Score-Wert³⁴³ oder in Form von Medaillen³⁴⁴ zusammengefasst wird.

Da die Auswahl der einzelnen Parameter unterschiedlich und deren Gewichtung oftmals nicht bekannt ist, gibt es branchenweit keinen einheitlichen Bewertungsstandard für gutes bzw. schlechtes Fahrverhalten, stattdessen legt jeder Versicherer seine eigenen Maßstäbe fest. Nichtsdestotrotz decken sich die auf dem Markt verwendeten Parameter mit den wissenschaftlichen Erkenntnissen.³⁴⁵

Ferner fällt auf, dass es keine echten pay-how-you-drive Tarife sind, da ein schlechter Fahrwert keinen negativen Einfluss auf die Prämienhöhe hat, d. h. es werden keine über die klassische Kfz-Prämie hinausgehenden Zuschläge erhoben. Stattdessen wird umsichtiges Fahren durch einen Bonus (Beitragsrückzahlung oder vergünstigte Folgeprämie) auf die reguläre Versicherungsprämie belohnt.³⁴⁶ Je besser der Score-Wert, desto höher der Bonus. Einige Anbieter bieten einen einmaligen Startbonus für das erste Versicherungsjahr bereits für die Teilnahme am Telematiktarif an. Die LVM AG gewährt bei ihrem *Go4Smile* Tarif sogar einen dauerhaften Nachlass von 10% und zusätzliche Prämiegutscheine bei guter Fahrweise.

Die Erfahrungen im laufenden Betrieb sind unterschiedlich: Die Versicherungskammer/BavariaDirekt konnte in einer internen Studie im Jahr 2018 keine Verhaltensänderungen durch Telematik feststellen. Zudem zeigte der Schadenaufwand in der Testgruppe keine signifikante Veränderung (+/-5 %).³⁴⁷ Dagegen präsentierte die HUK-Coburg im Jahr 2020, dass der Score-Wert risikoreiche von risikoarmen Fahrern statistisch signifikant trennt und sich das Fahrverhalten im Allgemeinen ver-

³⁴³Zum Beispiel: DEVK Versicherungen, ERGO Versicherung AG, Generali Deutschland Versicherung AG, HUK-COBURG/ HUK24 AG, VHV Allgemeine Versicherung AG, Württembergische Versicherung.

³⁴⁴Zum Beispiel: ADAC Autoversicherung AG, Allianz Versicherung AG.

³⁴⁵Vgl. die Ausführungen in Kapitel 3.3.2.

³⁴⁶Einen anderen Ansatz verfolgte HDI mit *TankTaler*. Statt Nachlässe auf die Versicherungsprämie wird umsichtiges Fahren mit Gutscheinen belohnt.

³⁴⁷Vgl. Fleischer, Schick und Robers, 2018, S. 607 f.

4. Exkurs: Kfz-Telematiktarife auf dem deutschen Versicherungsmarkt

bessert (Schadenhäufigkeit sinkt um ca. 20 %).³⁴⁸ Im Hinblick auf die angestrebte Senkung der Schadenquote sind die jüngsten Ergebnisse ein wichtiger Schritt.

Tabelle 4.3.: Scoring-Parameter aktueller Kfz-Telematiktarife

Versicherer	Geschwindigkeit	Einhaltung Tempolimit	Bremsverhalten	Lenk-/Kurvenverhalten	Beschleunigung	Tag-/Nachtfahrten	Land-/Stadtstraßen, Autobahn	Fahrtdauer	Kilometer (pro Strecke)	Smartphone Nutzung	Gefahrenstelle	Bonus bis zu (Startbonus)
ADAC Autoversicherung AG ¹		10%	30%	20%	20%	20%						30% (10%)
Allianz Versicherung AG ²		10%	30%	20%	20%	20%						30% (10%)
DEVK Versicherungen ³	X	X	X	X	X			X	X	X	X	30% (15%)
ERGO Versicherung AG ⁴	X		X		X	X		X		X		30% (10%)
Feuersozietät Berlin Brandenburg Versicherung AG ⁵	X	X	X	X	X	X	X					15-45% (30%)
Generali Deutschland Versicherung AG ⁶	X	X	X	X	X		X					30%
HUK-COBURG/HUK24 AG ⁷	X	X	X	X	X	X	X	X		X		30% (10%)
LVM AG ⁸		X	X		X					X		10% fix, Gutscheine

Fortsetzung

³⁴⁸Vgl. Vogler, 2020 bzw. Körzdörfer, 2020.

4. Exkurs: Kfz-Telematiktarife auf dem deutschen Versicherungsmarkt

Tabelle 4.3.: Scoring-Parameter aktueller Kfz-Telematiktarife

Versicherer	Geschwindigkeit	Einhaltung Tempolimit	Bremsverhalten	Lenk-/Kurvenverhalten	Beschleunigung	Tag-/Nachtfahrten	Land-/Stadtstraßen, Autobahn	Fahrdauer	Kilometer (pro Strecke)	Smartphone Nutzung	Gefahrenstelle	Bonus bis zu (Startbonus)
SAARLAND Feuerversicherung AG ⁹	X	X	X	X	X	X	X					15-45% (30%)
Versicherungskammer Bayern ¹⁰	X	X	X	X	X	X	X					15-45% (30%)
VHV Allgemeine Versicherung AG ¹¹	X	X	X	X	X	X	X					30%
Württembergische Versicherung ¹²		X	X	X	X					X		Erstinstufung mit Beitragsatz von 60%

¹ <https://www.adac.de/produkte/versicherungen/autoversicherung/fahr-und-spar/>

² <https://www.allianz.de/auto/kfz-versicherung/telematik-versicherung/>

³ <https://www.devk.de/produkte/kfz/fahr clever/index.jsp>

⁴ <https://www.ergo.de/bin/ergo/public/dam.download.inline.2020-03-18T10-09-00-702/content/dam/ergo/pdf/sach/kfz/sonderbedingungen-safe-drive.pdf>

⁵ <https://www.feuersozietat.de/content/versicherungen/kfz-versicherung/auto/telematik/>

⁶ <https://www.generali.de/telematik/>

⁷ <https://www.huk.de/content/dam/hukde/dokumente/produkte/vereinbarung-telematik-plus.pdf>

⁸ <https://www.lvm.de/privatkunden/produkte/versicherungen/kfz-versicherung/lvm-go4smile-tab1>

⁹ <https://www.saarland-versicherungen.de/content/versicherungen/kfz-versicherung/auto/telematik/>

¹⁰ <https://www.vkb.de/content/versicherungen/kfz-versicherung/auto/telematik/>

¹¹ <https://www.vhv.de/versicherungen/kfz-versicherung/pkw-telematik>

¹² https://www.wuerttembergische.de/de/produkte_privatkunden/autoundmobilitaet/telematik.html

5. Modelltheoretische Analyse ausgewählter Fragestellungen

5.1. Das Entscheidungsproblem

5.1.1. Grundannahmen der Entscheidungssituation

Modellen kommt sowohl in der Wissenschaft als auch Praxis eine wichtige Funktion zu, denn sie helfen, komplexe Wirkungszusammenhänge aufzuzeigen und Rückschlüsse auf die Wirklichkeit zuzulassen. Dies wird insbesondere in der Modelldefinition von BAMBERG, COENENBERG UND KRAPP deutlich: „Ein *Modell* ist eine zweckorientierte relationseindeutige Abbildung der Realität.“³⁴⁹ Sowohl der Abstraktionsgrad als auch die konkrete Auswahl der Einflussgrößen hängen bei der Modellierung maßgeblich von der betrachteten Fragestellung ab. In der Versicherungsökonomie ist die modelltheoretische Analyse der *Versicherungsnachfrage* von großer Bedeutung und geht zurück auf Daniel BERNOULLI, dessen Theorie zur Maximierung des Erwartungsnutzens zur Lösung von Entscheidungsproblemen unter Unsicherheit die Grundlage für die Modellierung optimaler Versicherungsnachfrage und Gleichgewichte auf Versicherungsmärkten bereitet hat.³⁵⁰ Dazu gehören die bekannten Gleichgewichtsmodelle von ROTHSCILD UND STIGLITZ, die Modellierung

³⁴⁹Vgl. Bamberg, Coenenberg und Krapp, 2019, S. 14.

³⁵⁰Vgl. Bernoulli, 1896; aus dem Lateinischen übersetzt und mit Erläuterungen versehen von Alfred Pringsheim sowie einer Einleitung von Ludwig Fick.

von Moral Hazard und Adverse Selection von PAULY sowie die auf ARROW und PRATT zurückgehende Theorie der Versicherungsnachfrage.³⁵¹

Während es in der allgemeinen Theorie der Versicherungsnachfrage primär um die Entscheidung geht, ob und in welchem Umfang sich ein Individuum versichern sollte, wird an dieser Stelle ein konkretes Entscheidungsproblem untersucht.

Ausgangspunkt ist die Entscheidungssituation eines Individuums zwischen zwei Versicherungsverträgen - klassisch oder datengetrieben - vor dem Hintergrund seines individuellen Schadenrisikos. Im Rahmen der klassischen Tarifierung wird das Individuum einem *quasi-homogenen* Kollektiv zugeordnet, d. h. identische Ausprägung aller beobachtbaren Tarifmerkmale mit derselben (kollektiven) Nettorisikoprämie. Das Individuum trifft seine Entscheidung jedoch nicht nur auf Grundlage der vom Versicherer zu Vertragsbeginn festgelegten Tarifmerkmale, sondern auch auf der Grundlage der Information, der dem Versicherer unzugänglich ist. Man spricht im Allgemeinen von *asymmetrischer Informationsverteilung* zwischen Versicherungsnehmer und Versicherer.³⁵²

Es werden grundsätzliche Annahmen getroffen:

- Es existieren nur zwei mögliche Umweltzustände: Schaden oder Nicht-Schaden.
- Die Individuen unterscheiden sich allein in ihrer *Schadenwahrscheinlichkeit*.³⁵³ Das Anfangsvermögen und die Präferenzen sind gleich.
- Die Schadenwahrscheinlichkeiten aller Individuen sind voneinander unabhängig, es liegt kein Ansteckungs- oder Kumulrisiko vor.

³⁵¹Vgl. dazu Rothschild und Stiglitz, 1976; Pauly, 1974; Pauly, 1968; Pratt, 1964; Arrow, 1963. Vgl. ferner Schulenberg, 1989; und Zweifel und Eisen, 2003.

³⁵²Vgl. die Ausführungen in Kapitel 2.3.

³⁵³Die Vernachlässigung der Schadenhöhe ist unkritisch, da in der Praxis der Versicherungsnehmer primär Einfluss auf die Schadenhäufigkeit nimmt und weniger auf die Schadenhöhe. Vgl. dazu Lemaire, 1998, S. 33.

- Der Versicherer bietet neben dem konventionellen Vertrag einen datengetriebenen Vertrag an und lässt das Individuum selbst entscheiden, welchen es präferiert.
- Es wird angenommen, dass alle zusätzlichen individuellen Daten risikorelevante Information enthalten.
- Jedes Individuum handelt eigennützig³⁵⁴ und entscheidet sich für den Vertrag, der seine individuelle Zielfunktion³⁵⁵ maximiert.

Gemäß dieser grundsätzlichen Überlegungen und Annahmen werden im folgenden ökonomische Modelle eingeführt, die zwar in vielerlei Hinsicht eine starke Vereinfachung und Abstraktion darstellen, dennoch konkrete Schlussfolgerungen und Entscheidungsempfehlungen erlauben.

5.1.2. Überblick: Fragestellungen und Methodik

Im Folgenden werden vier spezielle Fragestellungen modelltheoretisch untersucht, an denen die Komplexität der Entscheidungssituation deutlich wird. Insbesondere spielt die Frage eine Rolle, welchen Nachfrageeffekt die verschiedenen Formen datengetriebener Versicherungslösungen - basierend auf *Digitaler Historie*, *Digitaler Überwachung* und *Digitaler Kontrolle* - haben.

Bei allen Modellen wird die klassische Tarifierung, mit der daraus resultierenden Kollektivprämie, als *Referenzsituation* festgelegt und dem datengetriebenen Vertrag gegenübergestellt. Gemäß dem Grundmodell der Entscheidungstheorie definieren diese Entscheidungsalternativen den *Aktionsraum* des Entscheidungsträgers (vgl. Abbildung 5.1).³⁵⁶

³⁵⁴Das Individuum repräsentiert nicht das Kollektiv.

³⁵⁵Zum Beispiel: Maximierung des Endvermögens oder des Erwartungsnutzens.

³⁵⁶Vgl. Bamberg, Coenenberg und Krapp, 2019, S. 13 f.

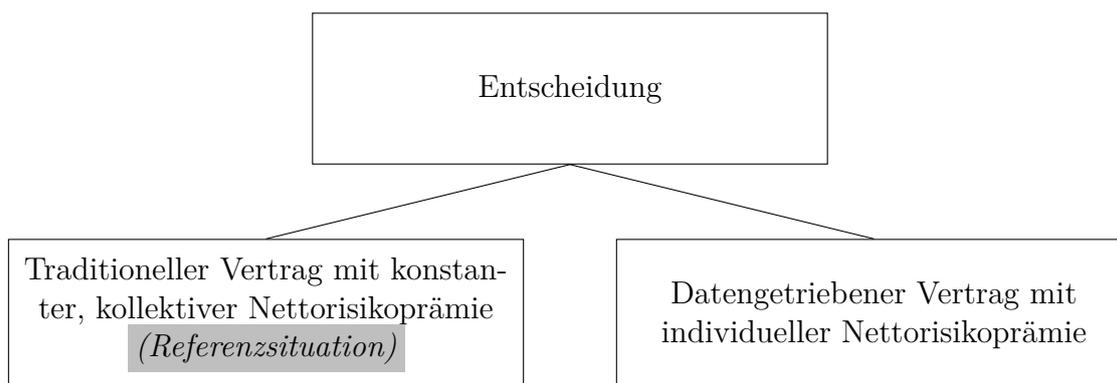


Abbildung 5.1.: Aktionsraum der Entscheidungssituation

Am Anfang jeder Modellierung steht die zu untersuchende *Fragestellung*, die mithilfe spezifischer *Annahmen* geeignet vereinfacht bzw. eingeschränkt wird. Die Tabellen 5.1 bis 5.4 fassen jeweils die unterschiedlichen Modellspezifikationen zusammen.

Die erste Analyse im Unterkapitel 5.2 beschäftigt sich mit der freiwilligen Übermittlung zusätzlicher risikorelevanter Daten bei exogener, d. h. vom Individuum nicht beeinflussbarer, Schadenwahrscheinlichkeit. Des weiteren wird davon ausgegangen, dass die Auswertung dieser Daten mit Kosten verbunden ist und zu einem Prämienzuschlag führt. Bei dieser Entscheidung, ob und wie viele individuelle Daten das Individuum offenbaren soll, wird die Erwartungsnutzentheorie verwendet.

Tabelle 5.1.: Ziel und Methodik - 1. Fragestellung

Fragestellung	Führt die freiwillige Datenübermittlung zusätzlicher risikorelevanter Daten zu einem Nutzengewinn aller Versicherungsnehmer einer Risikogruppe?
Annahmen	Exogene Schadenwahrscheinlichkeiten. Prämienzuschlag aufgrund Daten-Auswertungskosten.
zusätzliche Daten	Digitale Historie. Digitale Überwachung.
Methodik	Erwartungsnutzentheorie.

Da die stark restriktive Annahme einer exogenen Schadenwahrscheinlichkeit nicht der Realität entspricht,³⁵⁷ wird in den folgenden Modellen davon ausgegangen, dass der Versicherungsnehmer die Schadenwahrscheinlichkeit beeinflussen kann.

In der zweiten modelltheoretischen Analyse (Unterkapitel 5.3) stehen die risikoexponierten Versicherungsnehmer im Mittelpunkt, die wegen der hohen kollektiven Nettorisikoprämie auf Versicherungsschutz verzichten. Es stellt sich die Frage, ob sie *Digitaler Kontrolle* zustimmen und sich an vertraglich vereinbarte Schadenpräventionsmaßnahmen halten sollten, um die Schadenwahrscheinlichkeit und damit die Versicherungsprämie zu reduzieren. Für beide Vertragsparteien ist dies mit gewissen Kosten verbunden. Ferner ist diese Entscheidungssituation abhängig sowohl von der Kontrollfrequenz des Versicherers als auch von der Durchführung der Schadenpräventionsmaßnahmen seitens des Versicherungsnehmers. Daher wird neben der Erwartungsnutzentheorie ein spieltheoretischer Ansatz gewählt.

Tabelle 5.2.: Ziel und Methodik - 2. Fragestellung

Fragestellung	Sind risikoexponierte Versicherungsnehmer durch digitale Kontrolle versicherbar?
Annahmen	Schadenwahrscheinlichkeit ist beeinflussbar. Vertraglich festgelegte Schadenpräventionsmaßnahmen. Überwachungskosten (Versicherer). Datentransfer- und Präventionskosten (Versicherungsnehmer).
zusätzliche Daten	Digitale Kontrolle.
Methodik	Erwartungsnutzentheorie. Spieltheorie.

Die dritte modelltheoretische Analyse im Unterkapitel 5.4 widmet sich der individuellen, verhaltensabhängigen Schadenwahrscheinlichkeit aufgrund *Digitaler Überwachung*. Während bei der klassischen Tarifierung die kollektive Schadenwahrschein-

³⁵⁷Vgl. zum Beispiel Nell, 1993, S. 50.

lichkeit zu Vertragsbeginn geschätzt und konstant bleibt, schwankt die tatsächliche Schadenwahrscheinlichkeit je nach Verhalten des Versicherungsnehmers im Vertragsverlauf. Mithilfe eines stochastischen Simulationsansatzes soll die verhaltensabhängige Schadenwahrscheinlichkeit simuliert werden und die Frage beantwortet werden, unter welchen individuellen Voraussetzungen ein verhaltensabhängiger Versicherungsvertrag sinnvoll ist.

Tabelle 5.3.: Ziel und Methodik - 3. Fragestellung

Fragestellung	Welche individuellen Voraussetzungen führen zu einer verhaltensabhängigen Schadenwahrscheinlichkeit, die unterhalb der kollektiven Schadenwahrscheinlichkeit liegt?
Annahmen	Verhaltensabhängige Schadenwahrscheinlichkeiten.
zusätzliche Daten	Digitale Überwachung.
Methodik	Stochastische Simulation (Kompositionsmethode).

Im letzten Unterkapitel 5.5 wird die verhaltensökonomische Perspektive angenommen und die Entscheidungssituation gemäß der (auf tatsächlich beobachteten Entscheidungsverhalten basierenden) Prospect Theory untersucht.

Tabelle 5.4.: Ziel und Methodik - 4. Fragestellung

Fragestellung	Welchen Einfluss haben die Referenzpunktbezogenheit und die subjektive Transformation von Entscheidungsgrößen auf das Entscheidungsverhalten?
Annahmen	Individuelle Versicherungsprämie.
zusätzliche Daten	Digitale Überwachung.
Methodik	Prospect Theory.

Insbesondere die Referenzpunktbezogenheit und die subjektive Transformation von Entscheidungsgrößen sind zwei wesentliche und interessante Charakteristika der Prospect Theory, die Einfluss auf das Entscheidungsverhalten haben.

5.2. Erwartungsnutzentheorie: Risikooffenbarung und Selektionseffekte im Kollektiv

5.2.1. Modellannahmen

Es werden n Individuen betrachtet, die nach klassischer Tarifierung derselben Risikogruppe zugeordnet werden. Es wird angenommen, dass jedem Individuum innerhalb dieser Risikogruppe mit konventionellem Vertrag (Vertrag 1) ein datengetriebener Vertrag (Vertrag 2) angeboten wird.

Bei Vertrag 2 wird unterstellt, dass die Individuen selbst entscheiden können, welche Daten sie zu Vertragsbeginn aus ihrer *Digitalen Historie* dem Versicherer zusätzlich offenbaren möchten und wie viel *Digitale Überwachung* sie während der Vertragslaufzeit akzeptieren. Die enthaltene Information wird mit $i \in [0, \infty)$ bezeichnet. Werden keine zusätzlichen Daten geteilt ($i = 0$), wird die Prämie nach konventioneller Art berechnet (Vertrag 1). Gibt das Individuum alle risikorelevanten Daten frei ($i \rightarrow \infty$), so dass vollständige Information (symmetrische Information) über den Risikotyp besteht, wird die Nettorisikoprämie³⁵⁸ verlangt. Zwischen diesen beiden Extremen werden dem Versicherer Informationen vorenthalten, so dass die faire Prämie auf Grundlage der reduzierten Informationsbasis nicht berechnet werden kann. Dennoch ist jede zusätzliche Information ($i > 0$) ein Informationsgewinn für den Versicherer, um sich der fairen Prämie anzunähern und damit den Übergang von asymmetrischer zu symmetrischer Informationsverteilung zu schaffen.

³⁵⁸Vgl. die Ausführungen in Kapitel 2.1.

Vor diesem Hintergrund unterscheiden sich die Individuen allein in ihrer *Schadenwahrscheinlichkeit*. Die Eintrittswahrscheinlichkeit des Schadens stellt für jedes Individuum $j \in \{1, \dots, n\}$ eine geschätzte Größe $\hat{p}_j(i)$ dar und hängt von den zusätzlichen Daten ab. Je mehr Information über das Individuum vorhanden ist, desto besser kann die individuelle, *wahre Schadenwahrscheinlichkeit* p_j geschätzt werden. Es wird angenommen, dass die Funktion $\hat{p}_j(i)$ für jedes Individuum stetig und streng monoton ist, mit

$$\lim_{i \rightarrow \infty} \hat{p}_j(i) = p_j.$$

Liegt keine Information vor ($i = 0$), wird die Schadenwahrscheinlichkeit nach traditioneller Tarifierung anhand von Risikomerkmale bestimmt. Alle Versicherungsnehmer, die keine zusätzlichen Daten preisgeben, erhalten die für die Risikogruppe geschätzte Schadenwahrscheinlichkeit $\hat{p}(0) = \hat{p}$.³⁵⁹ Es besteht insofern asymmetrische Information, da die Individuen vollständig über ihre wahre Schadenwahrscheinlichkeit informiert sind und der Versicherer nur die Information \hat{p} hat. Abbildung 5.2 zeigt einen exemplarischen Verlauf der Schadenwahrscheinlichkeiten der Versicherungsnehmer einer Risikogruppe.

Das *Anfangsvermögen* der Individuen sei gegeben durch W . Ferner wird ein Zwei-Zustandsmodell unterstellt mit fixer *Schadenhöhe* L : Entweder das Individuum bleibt schadenfrei ($w_1 = W$) oder es tritt ein Schaden ein ($w_2 = W - L$).

Alle Individuen verfügen über die identische von-Neumann-Morgenstern *Nutzenfunktion* $U(w)$, bei der die Risikoverversion des Individuums durch die strenge Konkavität zum Ausdruck kommt, d. h. $U(w)$ ist stetig, zweifach differenzierbar und es gelte $U'(w) > 0$ sowie $U''(w) < 0$. Die Individuen verhalten sich als Nutzenmaximierer.

Die Entwicklungskosten und laufenden Betriebskosten datengetriebener Versicherungspolice sind höher als bei klassischen Produkten. Daher wird der Versicherer

³⁵⁹Aufgrund der Kalkulationsfreiheit und der unternehmensinternen Auswahl der prämienswirksamen Risikomerkmale, wird jedes Versicherungsunternehmen ein anderes \hat{p} berechnen.

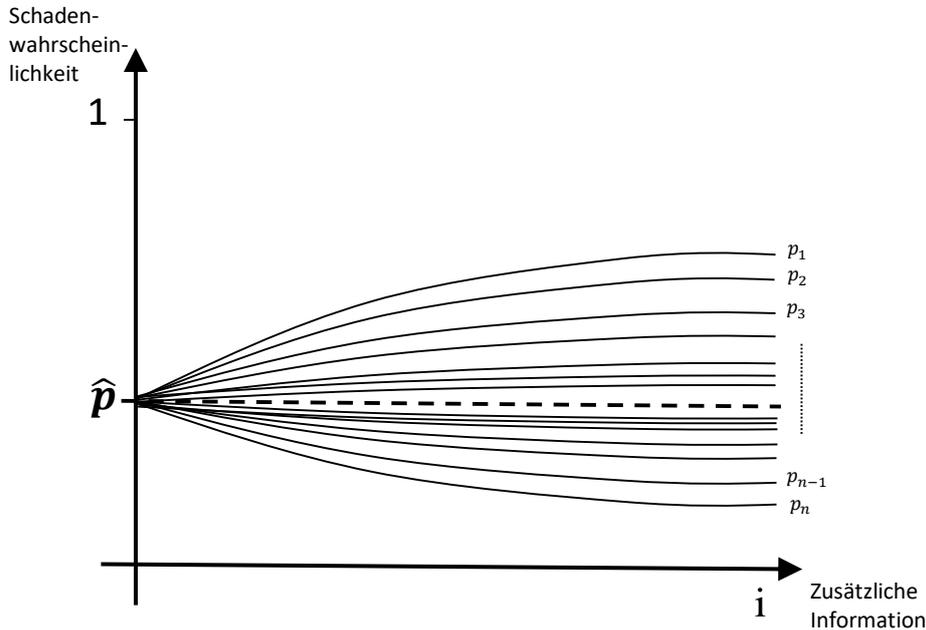


Abbildung 5.2.: Illustration: Streuung der Schadenwahrscheinlichkeiten einer Risikogruppe in Abhängigkeit von zusätzlichen Informationen

die mit der Datenauswertung einhergehenden Kosten auf die Versicherungsnehmer in Höhe eines *Kostenzuschlags* $K(i)$ übertragen.³⁶⁰ Die Kosten sind umso höher, je mehr und je vielfältiger die Daten sind.³⁶¹ Aufgrund des überproportionalen Informationsgehalts von kombinierten Daten aus allen Lebenslagen steigen auch die Kosten überproportional an, d. h. es gilt $K(0) = 0$, $K'(i) > 0$ und $K''(i) > 0$. Trotz der Konvexität der Auswertungskosten wird angenommen, dass für $i \rightarrow \infty$ die marginalen Kosten endlich sind, es gilt: $K'(\infty) < c$, mit $c > 0$.

Versicherer bieten ausschließlich Einjahresverträge mit Vollversicherung (Deckungsgrad $\alpha = 1$) an. Die Prämienfunktion hat die Form

$$P_j(i) = \hat{p}_j(i)L + K(i), \quad j \in 1, \dots, n,$$

³⁶⁰Weitere Transaktionskosten, wie etwa Abschluss- oder Verwaltungskosten, werden nicht berücksichtigt.

³⁶¹Hintergrund sind die benötigte Daten-Expertise, der enorme Speicherplatz, die Einhaltung von Datensicherheit, etc.

d. h. die Prämie hängt im Wesentlichen von dem Informationsgewinn der Daten ab und weicht von der Risikoprämie $P(0) = P = \hat{p}L$ der betrachteten Risikogruppe ab.

Tabelle 5.5.: Modellannahmen

	Vertrag 1 (konventionell)	Vertrag 2 (datengetrieben)
Information/Daten	$i = 0$	$i \in (0, \infty)$
Anfangsvermögen	W	W
Schadenhöhe	L	L
Deckungsgrad	1	1
Schadenwahrscheinlichkeit	$\hat{p}(0) = \hat{p}$	$\hat{p}_j(i)$
Kosten	$K(0) = 0$	$K(i)$
Prämienfunktion	$P = \hat{p}L$	$P_j(i) = \hat{p}_j(i)L + K(i)$
Nutzenfunktion	$U(w)$	$U(w)$

Tabelle 5.5 fasst die Modellspezifikationen zusammen.

5.2.2. Optimaler Grad an Information

Wie bereits in den Modellannahmen deutlich wurde, besteht innerhalb der betrachteten Risikogruppe eine gewisse Heterogenität bzgl. der Schadenwahrscheinlichkeiten. Der Vergleich zeigt, dass es Versicherungsnehmer gibt, die durch die Preisgabe vollständiger Information eine geringere bzw. höhere Schadenwahrscheinlichkeit haben, als die für die Risikogruppe angenommene Schadenwahrscheinlichkeit \hat{p} :

$$\underbrace{p_n \leq p_{n-1} \leq \dots \leq \hat{p}}_{\text{geringere Schadenwahrscheinlichkeit}} \leq \underbrace{\dots \leq p_3 \leq p_2 \leq p_1}_{\text{höhere Schadenwahrscheinlichkeit}}$$

Bei der klassischen Tarifierung (Vertrag 1) profitieren somit Versicherungsnehmer mit höherer Schadenwahrscheinlichkeit (*schlechte Risiken*) von einer Quersubventionierung durch Versicherungsnehmer mit niedrigerer Schadenwahrscheinlichkeit (*gute Risiken*).

Aufgrund der Annahme der strengen Monotonie der Schadenwahrscheinlichkeitsfunktion $\hat{p}_j(i)$ gilt:

- $\hat{p}'_j(i) < 0$ und $\hat{p}''_j(i) > 0$ für gute Risiken,
- $\hat{p}'_j(i) > 0$ und $\hat{p}''_j(i) < 0$ für schlechte Risiken.

Intuitiv sind es die guten Risiken, die durch den datengetriebenen Vertrag 2 profitieren können, vorausgesetzt die damit verbundenen Vorteile der risikogerechten Tarifierung überwiegen den Nutzenverlust des Kostenzuschlags und führen zu einer geringeren Prämie, d. h. es muss gelten:

$$\hat{p}L \stackrel{!}{>} \left(\hat{p}_j(i)L + K(i) \right).$$

Es stellt sich daher die Frage, ob es für jedes Individuum einen *optimalen Grad an Information* gibt, d. h. einen Wert $i^* \in (0, \infty)$, der den Erwartungsnutzen aus dem Endvermögen maximiert.

Das Entscheidungsproblem lautet:

$$\max_i EU_j = (1 - \hat{p}_j(i))U(w_1) + \hat{p}_j(i)U(w_2), \quad \forall j \in \{1, \dots, n\}. \quad (5.1)$$

Da Vollversicherung angenommen wird, ist das Endvermögen sowohl im Schaden- als auch Nichtschadenfall identisch, das heißt:

$$w := w_1 = w_2 = W - P(i) = W - \hat{p}_j(i)L - K(i),$$

so dass sich das Maximierungsproblem wie folgt darstellt:

$$\max_i EU_j = U(W - \hat{p}_j(i)L - K(i)). \quad (5.2)$$

Für die Bedingung erster Ordnung für ein Maximum hinsichtlich i ergibt sich:

$$\frac{\partial EU_j}{\partial i} = [-\hat{p}'_j(i)L - K'(i)] \cdot U'(w) \stackrel{!}{=} 0.$$

Aufgrund der Annahme einer streng konkaven Nutzenfunktion mit $U'(w) > 0$ muss gelten: $[-\hat{p}'_j(i)L - K'(i)] = 0$. Das heißt im Optimum gilt:

$$-\hat{p}'_j(i)L = K'(i) \quad \Leftrightarrow \quad \hat{p}'_j(i) = -\frac{K'(i)}{L}. \quad (5.3)$$

Daraus lassen sich die folgenden Aussagen treffen:

- Aufgrund der Annahmen, dass die Kostenfunktion konvex ist mit positiven Grenzkosten ($K'(i) > 0$) und positiver Schadenhöhe ($L > 0$), folgt, dass die Schadenwahrscheinlichkeitsfunktion eine fallende Funktion darstellen muss mit $\hat{p}'_j(i) < 0$. Abbildung 5.3 zeigt diesen Zusammenhang. Dies gilt ausschließlich für gute Risiken. Für schlechte Risiken gilt daher $i^* = 0$.
- Aufgrund der inversen Beziehung zwischen sinkender Schadenwahrscheinlichkeit und steigenden Kosten existiert genau ein Optimum $i_j^* \in (0, \infty)$. Im Optimum entspricht die marginale (Netto-)Prämiensparnis den marginalen Auswertungskosten. Dass es sich tatsächlich um ein Maximum handelt, zeigt die Bedingung zweiter Ordnung:

$$\frac{\partial^2 EU_j}{\partial i^2} = \underbrace{[-\hat{p}''_j(i)L - K''(i)] \cdot U'(w)}_{<0} + \underbrace{[-\hat{p}'_j(i)L - K'(i)]}_{=0, \text{ für } i_j^*} \cdot \underbrace{U''(w)}_{<0} < 0,$$

da $\hat{p}''_j(i) > 0$, $K''(i) > 0$ und $U''(w) > 0$.

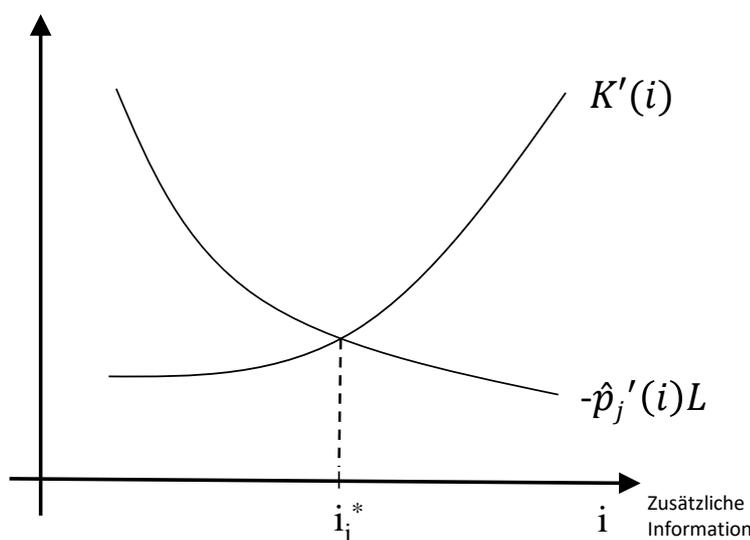


Abbildung 5.3.: Optimales Informationsniveau guter Risiken

- Grundsätzlich ist eine große (unendliche) Informationsmenge von Vorteil, um sich der wahren Schadenwahrscheinlichkeit anzunähern und sich damit von den schlechten Risiken abzuheben. Der Kostenzuschlag führt jedoch dazu, dass für jedes gute Risiko j genau ein $i_j^* < \infty$ existiert, welches die obige Gleichung erfüllt und den Trade-off zwischen der prämiensenkenden Wirkung der Informationsoffenbarung (Reduktion von Informationsasymmetrien) und der prämienerhöhenden Wirkung der Kosten löst.
- Da im Nutzenoptimum $\hat{p}(i_j^*) \neq p_j$ gilt, verbleibt für jedes gute Risiko j mit Vertrag 2 eine gewisse Restwahrscheinlichkeit des Schadenrisikos $(\hat{p}(i_j^*) - p_j)$ als Gewinnbeitrag für das Versicherungsunternehmen.
- Die Informationsmenge wird zudem von der Schadenhöhe beeinflusst: Je größer die zu deckende Schadenhöhe L , desto kleiner wird die rechte Seite in Gleichung (5.3) und desto mehr Informationen müssen im Optimum übermittelt werden. Mathematisch bedeutet dies eine Streckung der Kurve $-\hat{p}_j'(i)L$ nach außen, so dass der neue Schnittpunkt i_j^* in Abbildung 5.3 weiter rechts liegt.

5.2.3. Selektionseffekte innerhalb einer Risikogruppe

Um die resultierenden Wohlfahrtsänderungen zu analysieren, werden die Situationen ohne und mit zusätzlicher Datenübermittlung verglichen. Versicherungsnehmer werden genau dann Vertrag 2 wählen, wenn sie sich dadurch besser stellen, als in der Referenzsituation (Vertrag 1).

Für schlechte Risiken, die keine Informationen offenbaren, ändert sich nichts, denn sie bleiben bei Vertrag 1 aus der Referenzsituation. Zudem verbleibt ein Teil der guten Risiken bei Vertrag 1, die aufgrund einer nur geringen Verbesserung der Schadenwahrscheinlichkeit ($\hat{p}(i_j^*) \approx p_j \approx \hat{p}$) und des Kostenzuschlags eine höhere Prämie zahlen müssten, d. h. $\hat{p}L < \hat{p}_j(i_j^*)L + K(i_j^*)$. Für diese beiden Gruppen ist es optimal keine Informationen zu offenbaren ($i^* = 0$) und bei Vertrag 1 zu bleiben.

Nur gute Risiken j werden zu Vertrag 2 wechseln und die Informationsmenge i_j^* offenlegen, die das Maximum ihrer Nutzenfunktion erreichen und sich dadurch besser stellen:

$$\Delta EU_j = U(W - \hat{p}_j(i_j^*)L - K(i_j^*)) - U(W - \hat{p}L) > 0.$$

Damit ergibt sich insgesamt eine Pareto-Verbesserung der Wohlfahrt für die Versicherungsnehmer der betrachteten Risikogruppe.

Aus der Perspektive des Versicherers hängt der erwartete Gewinn $E(G)$ der beiden Verträge im Wesentlichen ab von

- der Schätzung der Schadenwahrscheinlichkeit der Risikogruppe \hat{p} mittels traditioneller Risikomerkmale und
- der Streuung der wahren Schadenwahrscheinlichkeiten der Individuen um \hat{p} .

Dies zeigt sich bereits für die Referenzsituation (alle erhalten Vertrag 1, $i = 0$). Tritt kein Schaden ein, hat der Versicherer von jedem Versicherungsnehmer die Prämie P eingenommen, im Schadenfall muss der Versicherer jedoch den Schaden voll begleichen.

Daraus ergibt sich:

$$\begin{aligned}
 E(G) &= \sum_{j=1}^n \left[(1 - p_j) \cdot P + p_j \cdot (P - L) \right] \\
 &= \sum_{j=1}^n \left[(1 - p_j) \cdot \hat{p}L + p_j \cdot (\hat{p}L - L) \right] \\
 &= \sum_{j=1}^n \left[\hat{p}L - p_j L \right] \\
 &= L \cdot \left(n\hat{p} - \sum_{j=1}^n p_j \right) \\
 &\begin{cases} < 0, & \hat{p} < \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n p_j \\ = 0, & \hat{p} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n p_j \\ > 0, & \hat{p} > \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n p_j \end{cases}
 \end{aligned}$$

Der erwartete Gewinn der gesamten Risikogruppe ist davon abhängig, ob die verwendeten Risikomerkmale die Risikogruppe im Mittel abbilden. Entspricht die geschätzte Schadenwahrscheinlichkeit \hat{p} dem arithmetischen Mittel der wahren Schadenwahrscheinlichkeiten $\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n p_j$, ist der erwartete Gewinn Null. Mit anderen Worten: Die mit Hilfe von Risikomerkmalen berechnete Prämie ist identisch mit der Durchschnittsprämie der Risikogruppe. Wird die Schadenwahrscheinlichkeit unterschätzt, d. h. die berechnete Schadenwahrscheinlichkeit für die Risikogruppe liegt unterhalb der durchschnittlichen Schadenwahrscheinlichkeit, führt dies zu einem erwarteten Verlust. Hintergrund ist die für die betrachtete Risikogruppe zu niedrige Prämie. Liegt die berechnete Schadenwahrscheinlichkeit hingegen oberhalb der durchschnittlichen Schadenwahrscheinlichkeit, d. h. die Versicherungsnehmer zahlen eine höhere Prämie als für ihre Risikogruppe vorgesehen, resultiert für das Versicherungsunternehmen ein erwarteter Gewinn.

Im Folgenden wird als Referenzsituation der Fall $E(G) = 0$ gewählt.

Wird Vertrag 2 angeboten, wurde bereits gezeigt, dass insbesondere die schlechten Risiken bei Vertrag 1 bleiben sowie die guten, deren Prämie durch den Wechsel höher wird:

$$\underbrace{p_n \leq p_{n-1} \leq \dots \leq \hat{p}}_{\text{Vertrag 2}} \leq \underbrace{\hat{p} \leq \dots \leq p_3 \leq p_2 \leq p_1}_{\text{Vertrag 1}}.$$

Somit beträgt der erwartete Gewinn für die gesamte Risikogruppe:

$$\begin{aligned} E(G) &= \sum_{j=1}^n \left[(1 - p_j) \cdot \min(P, P_j(i^*)) + p_j \cdot (\min(P, P_j(i^*)) - L) \right] \\ &= \sum_{j=1}^n \left[\min(P, P_j(i^*)) - p_j L \right] \\ &= \sum_{j=1}^n \min(P, P_j(i^*)) - \sum_{j=1}^n p_j L \\ &= \sum_{j=1}^n \min(P, P_j(i^*)) - n\hat{p}L \\ &< \sum_{j=1}^n P - n\hat{p}L \\ &= n\hat{p}L - n\hat{p}L \\ &= 0. \end{aligned}$$

Der erwartete Gewinn der betrachteten Risikogruppe, Vertrag 1 und 2 gemeinsam betrachtet, ist somit negativ. Dies ist nicht überraschend, denn

- die schlechten Risiken zahlen weiterhin die ursprüngliche, für sie zu niedrigere Prämie;
- die guten Risiken mit Vertrag 2 nähern sich ihrer risikogerechten Prämie an, so dass sie weniger Prämie zahlen müssen;
- insgesamt gibt es weniger Quersubventionierung innerhalb der Risikogruppe.

Eine separate und langfristige Betrachtung von Vertrag 1 lässt den Schluss zu, dass das Unternehmen die Schadenwahrscheinlichkeit für Vertrag 1 anpassen muss, da das

durchschnittliche Schadenrisiko der Versicherungsnehmer über \hat{p} liegt. Gemäß versicherungsökonomischer Literatur wird in diesem Fall von einer Anhäufung schlechter Risiken (Adverse Selektion) gesprochen.³⁶² Wohingegen mit Vertrag 2 (risikogerechtere Prämien und kaum Quersubventionierung von guten zu schlechten Risiken) ein ökonomischer Vorteil für das Unternehmen entsteht, da die guten Risiken aus der quersubventionierten Risikogruppe gelockt werden.

In der Folge ist der Versicherer gezwungen die Prämie für die im Vertrag 1 verbliebenen Versicherungsnehmer zu erhöhen, was wiederum dazu führt, dass die weniger schlechten Risiken zu dem datengetriebenen Vertrag 2 wechseln. Der Prozess wiederholt sich bis alle Versicherungsnehmer Vertrag 2 wählen, was für die schlechten Risiken mit einer Wohlfahrtsverschlechterung einhergeht, da sie eine höhere Prämie als in der Referenzsituation zahlen müssen. Im Wettbewerb könnten die schlechten Risiken zu einem anderen Versicherungsunternehmen wechseln, der ihre Risikoexposition nicht kennt und eine Durchschnittsprämie verlangt.

Die Geschwindigkeit dieser Entmischung ist abhängig von der Streuung der individuellen Schadenwahrscheinlichkeiten p_j um die geschätzte Schadenwahrscheinlichkeit \hat{p} . Durch diesen Prozess wäre eine schrittweise Unterteilung der Risikogruppe in mehrere kleine Risikogruppen denkbar.

5.2.4. Modifizierte Nutzenfunktion: Nicht-monetärer Nutzen

In den bisherigen Ergebnissen wurde deutlich, dass ein Versicherungsnehmer j mit höherer Schadenwahrscheinlichkeit ($p_j > \hat{p}$) keinen Anreiz hat seine Daten mit dem Versicherer freiwillig zu teilen.

³⁶²Vgl. die Ausführungen in Abschnitt 2.3.

Die Nutzenfunktion der Individuen wird daher insofern modifiziert, dass sie sich zusammensetzt aus dem Nutzen des Vermögens $U(w)$ und dem *persönlichen (nicht-monetären) Nutzensgewinn* $\gamma_j(i) > 0$ der Preisgabe zusätzlicher Informationen:

$$\tilde{U}_j(w, i) = U(w) + \gamma_j(i).$$

Die Idee ist, den erlittenen Nutzenverlust durch Offenlegung der wahren Risikoexposition (Transparenz) und damit der Prämienerrhöhung auszugleichen.

Der *persönliche Nutzensgewinn* wird charakterisiert durch die *nicht-monetären Vorteile* des datengetriebenen Tarifes. Dazu gehören zum Beispiel:

- eine stärkere Kundenbindung,
- Bereitstellung von technischen Geräten,
- gewisse technische Dienstleistungen oder
- Gamification-Elemente, welche dem Nutzer einen spielerischen Umgang mit den eigenen Daten erlaubt.

Grundsätzlich entscheidet sich ein Individuum für den datengetriebenen Vertrag, falls der erwartete Nutzen höher ist als mit der kollektiven Durchschnittsprämie:

$$U(W - \hat{p}_j(i)L - K(i)) + \gamma_j(i) > U(W - \hat{p}L).$$

Die guten Risiken profitieren somit doppelt, zum einen durch die niedrigere Prämie und zum anderen durch den nicht-monetären Nutzensgewinn.

Die schlechten Risiken wählen den datengetriebenen Vertrag nur dann, wenn der nicht-monetäre Nutzensgewinn die höhere Prämie kompensiert:

$$\gamma_j(i) > U(W - \hat{p}L) - U(W - \hat{p}_j(i)L - K(i)).$$

Durch Umformung ergibt sich:

$$\begin{aligned}
 \gamma_j(i) &> U(W - \hat{p}L) - U(W - \hat{p}_j(i)L - K(i)) \\
 &= U(W - \hat{p}L) - U(W \underbrace{-\hat{p}L + \hat{p}L}_{\text{Erweiterung durch 0}} - \hat{p}_j(i)L - K(i)) \\
 &= U(W - \hat{p}L) - U(W - \hat{p}L - \underbrace{(\hat{p}_j(i) - \hat{p})L}_{\text{Prämienerrhöhung}} - K(i))
 \end{aligned}$$

Die Wirkung des nicht-monetären Nutzens wird in Abbildung 5.4 mit Hilfe einer konkaven Nutzenfunktion illustriert, die sich um den Wert $\gamma(i)$ nach oben verschiebt.

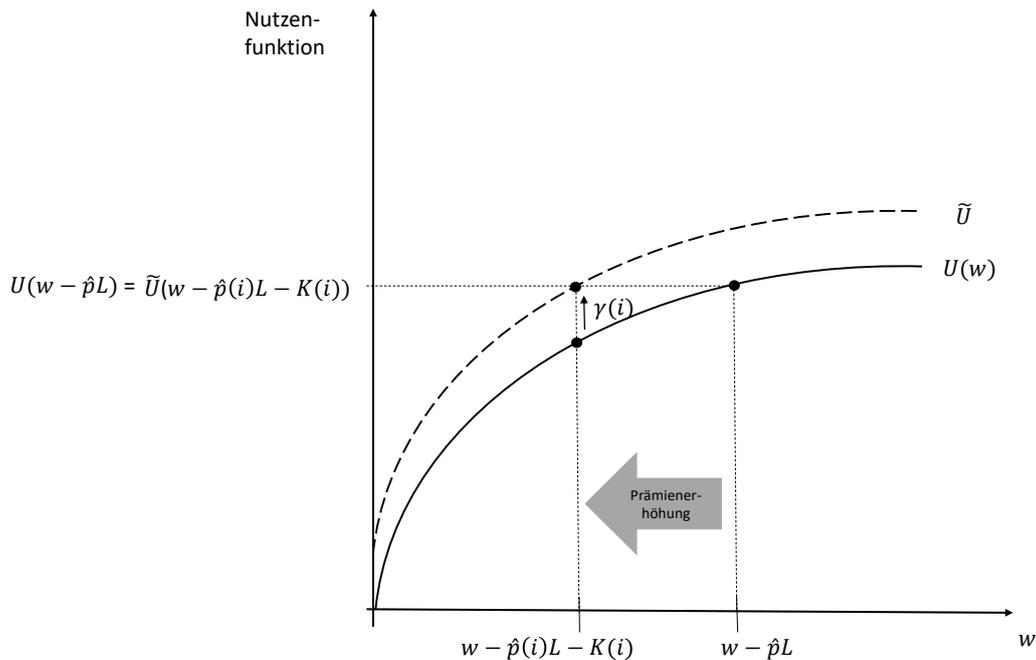


Abbildung 5.4.: Wirkung des nicht-monetären Nutzens $\gamma(i)$

Die Abbildung 5.4 macht deutlich, dass je größer der Nutzenverlust durch die Prämienerrhöhung ist, desto größer muss der nicht-monetäre Nutzen sein, damit das Individuum sich im Vergleich zum konventionellen Vertrag nicht schlechter stellt. Die inverse Beziehung zwischen dem nicht-monetären Nutzen $\gamma_j(i)$ und der Prämienerrhöhung ist somit abhängig von

- der Krümmung der Nutzenfunktion U (Risikoaversion des Individuums),
- dem konkreten Verlauf der Funktion $\gamma_j(i)$ und
- der Prämienerrhöhung $(\hat{p}_j(i) - \hat{p})L + K(i)$.

5.2.5. Modifizierte Nutzenfunktion: Privatheitsbedenken

Neben den nicht-monetären Vorteilen kann die freiwillige Offenbarung der eigenen Risikoexposition negative Effekte haben. Insbesondere

- die technologische Abhängigkeit, beispielsweise Speichertechnologien,
- die Offenlegung sensibler Daten (Eingriff in die Privatsphäre) oder
- die Unsicherheit bzgl. des Nutzerkreises und Verwendungszwecks der Informationen

führt dazu, dass die Offenbarung zusätzlicher Information bei den Individuen Unbehagen stiftet und dadurch ein *nicht-monetärer Nutzenverlust* eintritt.

Die Nutzenfunktion der Individuen wird daher insofern modifiziert, dass sie sich zusammensetzt aus dem Nutzen des Vermögens $U(w)$ und dem *persönlichen (nicht-monetären) Nutzenverlust* $\delta_j(i) > 0$ der Preisgabe zusätzlicher Informationen:

$$\tilde{U}_j(w, i) = U(w) - \delta_j(i).$$

Analog zur ersten Modifikation entscheidet sich ein Individuum für den datengetriebenen Vertrag, falls der erwartete Nutzen höher ist als mit der kollektiven Durchschnittsprämie:

$$U(W - \hat{p}_j(i)L - K(i)) - \delta_j(i) > U(W - \hat{p}L), \quad \text{für } i < i_j^*.$$

An dieser Stelle ist die Beschränkung der Informationsmenge ($i < i_j^*$) notwendig, da ansonsten der Kostenzuschlag zu einer höheren Prämie führt und die risikosenkende Wirkung aushebelt.

Die obige Gleichung ist äquivalent zu:

$$\begin{aligned}
 \delta_j(i) &< U(W - \hat{p}_j(i)L - K(i)) - U(W - \hat{p}L) \\
 &= U(W - \underbrace{-\hat{p}L + \hat{p}L}_{\text{Erweiterung durch 0}} - \hat{p}_j(i)L - K(i)) - U(W - \hat{p}L) \\
 &= U(W - \hat{p}L + \underbrace{(\hat{p}L - \hat{p}_j(i)L - K(i))}_{\text{Prämiensenkung}}) - U(W - \hat{p}L).
 \end{aligned}$$

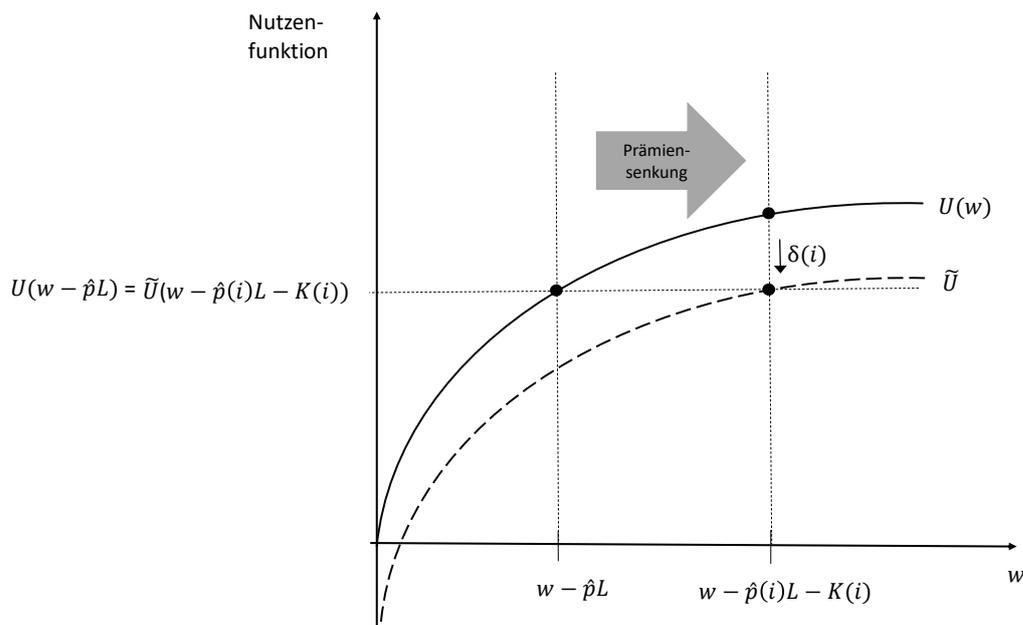


Abbildung 5.5.: Wirkung des nicht-monetären Nutzenverlusts $\delta(i)$

Der Effekt des nicht-monetären Nutzenverlusts wird in Abbildung 5.5 mit Hilfe einer konkaven Nutzenfunktion illustriert, die sich um den Wert $\delta(i)$ nach unten verschiebt.

Die Abbildung 5.5 macht deutlich, dass die Nutzensteigerung der Prämienenkung als obere Schranke für den Nutzenverlust $\delta(i)$ dient, damit das Individuum sich im Vergleich zum konventionellen Vertrag nicht schlechter stellt. Der nicht-monetäre Nutzenverlust $\delta_j(i)$ ist somit abhängig von

- der Krümmung der Nutzenfunktion U (Risikoaversion des Individuums),
- dem konkreten Verlauf der Funktion $\delta_j(i)$ und
- der Prämienenkung $(\hat{p}L - \hat{p}_j(i)L - K(i))$.

5.3. Erwartungsnutzen- und Spieltheorie: Schlechte Risiken unter digitaler Kontrolle

5.3.1. Versicherbarkeit durch gezielte Schadenprävention

Während im vorherigen Unterkapitel primär die freiwillige Datenübermittlung und die Offenbarung der wahren Risikoexposition im Vordergrund stand, wird nun der Fokus auf die schlechten Risiken gelegt. Bisher wurde davon ausgegangen, dass jeder Versicherungsnehmer eine individuelle Schadenwahrscheinlichkeit $p_j, j \in \{1, \dots, n\}$ besitzt, die er nicht beeinflussen kann. Für schlechte Risiken bedeutete dies, dass sie durch die Übermittlung zusätzlicher Daten als schlechte Risiken identifiziert werden können und daher eine höhere Prämie zahlen müssen. Dies geht einher mit einem Nutzenverlust bis hin zum Verzicht von Versicherungsschutz.

Die Modellannahmen werden in dem Sinne modifiziert, dass die Versicherungsnehmer die Schadenwahrscheinlichkeit mit ihrem Verhalten beeinflussen können.

Ausgangspunkt ist *ein* repräsentatives Individuum mit hohem Schadenrisiko p , so dass er wegen der hohen Prämie indifferent zwischen vollem und keinem Versicherungsschutz ist. Der erwartete Nutzen liegt somit bei:

$$EU_{\alpha=1} = U(W - pL) = (1 - p)U(W) + pU(W - L) = EU_{\alpha=0}.$$

Aufgrund der technischen Möglichkeiten der *Digitalen Kontrolle* ist der Versicherer in der Lage das Verhalten des Individuums gezielt zu beobachten und in der Prämiegestaltung zu honorieren. Dem Individuum wird damit ein Anreiz zur Schadenprävention geschaffen. Konkret wird unterstellt, dass die individuelle Schadenwahrscheinlichkeit durch *Digitale Kontrolle* verbessert werden kann:

$$0 < p - p(e) =: \tilde{p}(e),$$

wobei e das Ausmaß der Schadenprävention bezeichnet. Ferner gilt:

$$0 < p(e) < 1, \quad p'(e) > 0, \quad p''(e) < 0, \quad p(0) = 0, \quad p(\infty) < 1, \quad e \geq 0,$$

d. h. die Schadenwahrscheinlichkeit \tilde{p} sinkt durch zunehmende Schadenpräventionsmaßnahmen, erreicht jedoch nie Null.

Es stellt sich folgende Frage: Inwiefern unterstützt die *Digitale Kontrolle* die Versicherungsnachfrage risikoexponierter Risiken? Gemäß Versicherungsnachfragetheorie lässt sich die *optimale Versicherungsnachfrage* aus der Erwartungsnutzentheorie ableiten.³⁶³ Das Individuum maximiert seinen Erwartungsnutzen über die Wahl der Versicherungsdeckung (d. h. dem Deckungsgrad α)³⁶⁴ und dem Umfang der Schadenpräventionsmaßnahmen e .³⁶⁵

Aufgrund der Annahme, dass der Versicherer die Schadenpräventionsmaßnahmen e beobachten und in der Prämie berücksichtigen kann, bestimmt sich die faire Prämie in Abhängigkeit von der Schadenprävention e und dem Deckungsgrad α :

$$P(e, \alpha) = \alpha \tilde{p}(e)L.$$

³⁶³Vgl. zum Beispiel Karten et al., 2018, S. 48 ff.; Zweifel und Eisen, 2003, S. 60 ff.; Schulenberg, 1989, S. 323; Wieland, 1981, S. 580 ff.; sowie Arrow, 1974, S. 2.

³⁶⁴Der *Deckungsgrad* α entspricht demjenigen Anteil des Schadens, der von der Versicherung gedeckt wird. Umgekehrt definiert der übrige Anteil $(1 - \alpha)$ den Schadenteil, der von dem Versicherungsnehmer selbst getragen werden muss. In diesem Fall wird von *Selbstbeteiligung* gesprochen. Vgl. dazu beispielsweise Wieland, 1981, S. 585.

³⁶⁵Vgl. zum Beispiel Nell, 1993, S. 54 ff.; Wieland, 1981, S. 592 ff.

Es werden wiederum zwei mögliche Zustände unterschieden:

$$w_1 = W - P(e, \alpha) - e - K_{Dt}, \quad (\text{Nichtschadenfall})$$

$$w_2 = W - P(e, \alpha) - L + \alpha L - e - K_{Dt} \quad (\text{Schadenfall}).$$

Für den reibungslosen Datenaustausch entstehen dem Versicherungsnehmer gewisse *Datentransfer-Kosten* K_{Dt} , wie etwa für die Internetverbindung oder die benötigte Software, die neben der Schadenprävention e das Vermögen schmälern.

Das Ziel des Individuums ist es, durch geeignete Wahl von e und α seinen erwarteten Nutzen zu maximieren:

$$\begin{aligned} \max_{e, \alpha} EU &= (1 - \tilde{p}(e)) \cdot U(w_1) + \tilde{p}(e) \cdot U(w_2) \\ &= (1 - \tilde{p}(e)) \cdot U(W - P(e, \alpha) - e - K_{Dt}) \\ &\quad + \tilde{p}(e) \cdot U(W - P(e, \alpha) - L + \alpha L - e - K_{Dt}) \\ &= (1 - \tilde{p}(e)) \cdot U(W - \alpha \tilde{p}(e)L - e - K_{Dt}) \\ &\quad + \tilde{p}(e) \cdot U(W - \alpha \tilde{p}(e)L - L + \alpha L - e - K_{Dt}). \end{aligned}$$

Wird zunächst die beobachtbare Schadenprävention e festgehalten, folgt:

$$\frac{\partial EU}{\partial \alpha} = (1 - \tilde{p}(e))(-\tilde{p}(e)L) \cdot U'(w_1) + \tilde{p}(e)(-\tilde{p}(e)L + L) \cdot U'(w_2) \stackrel{!}{=} 0.$$

Dies ist äquivalent zu:

$$-(1 - \tilde{p}(e))\tilde{p}(e)L \cdot U'(w_1) + \tilde{p}(e)(1 - \tilde{p}(e))L \cdot U'(w_2) = 0.$$

Daraus folgt:

$$U'(w_1) = U'(w_2) \quad \Leftrightarrow \quad w_1 = w_2.$$

Da der Grenznutzen nur dann gleich ist, wenn auch die Vermögen gleich sind, folgt für streng konkave Risikonutzenfunktionen unmittelbar volle Versicherungsdeckung ($\alpha = 1$). Das heißt: Kann der Versicherer mit Hilfe der *Digitalen Kontrolle* das risikomindernde Verhalten beobachten, ist voller Versicherungsschutz optimal.³⁶⁶

Es bleibt die Frage, wie viel Schadenprävention betrieben werden muss, um einen Nutzenzuwachs zu erreichen und Versicherungsschutz zu wählen. Grundsätzlich reduzieren die Maßnahmen zur Schadenprävention das verfügbare Einkommen, so dass der Nutzensgewinn durch die geringere Prämie höher sein muss, damit das erwartete Vermögen in beiden Zuständen zunimmt.

Es muss gelten:

$$\begin{aligned} EU_{\alpha=1,e>0} &= U(W - \tilde{p}(e)L - e - K_{Dt}) > U(W - pL) = EU_{\alpha=1,e=0} \\ \Rightarrow \quad & W - \tilde{p}(e)L - e - K_{Dt} > W - pL \\ & W - (p - p(e))L - e - K_{Dt} > W - pL \\ & e + K_{Dt} < p(e)L. \end{aligned}$$

Ein Versicherungsvertrag mit *Digitaler Kontrolle* ist für das Individuum genau dann optimal, wenn die Prämieinsparung $p(e)L$ größer ist als die Summe der Aufwände (Schadenprävention e und der Datentransfer-Kosten K_{Dt}).

5.3.2. Optimale Verhaltens- bzw. Kontrollstrategie

Im vorangegangenen Abschnitt wurde vorausgesetzt, dass die Digitale Kontrolle nahezu permanent besteht. Diese Voraussetzung wird insofern abgeschwächt, dass bei Vertragsabschluss eine gewisse Kontrollfrequenz zwischen Versicherungsnehmer und Versicherer vereinbart werden soll. Ferner wird vertraglich festgehalten, dass ein ex

³⁶⁶Dieses Ergebnis entspricht der Theorie der Versicherungsnachfrage für den Fall der Beobachtbarkeit der Schadenpräventionsmaßnahmen im Kontext des ex ante Moral Hazards. Vgl. dazu zum Beispiel Karten et al., 2018, S. 59 f.; oder Pauly, 1974, S. 47.

ante vereinbarter, risikospezifischer *Grenzwert zur Schadenprävention* e^{GW} vom Versicherungsnehmer eingehalten werden muss,³⁶⁷ so dass ein Versicherungsvertrag mit vollem Versicherungsschutz und einer Prämie in Höhe von

$$P(e^{GW}) = \tilde{p}(e^{GW})L = (p - p(e^{GW}))L$$

zustande kommt.

Aufgrund persönlicher Interessen können allerdings Anreize für den Versicherungsnehmer bestehen, von diesen vereinbarten Bedingungen abzuweichen und weniger Schadenprävention zu betreiben. Solange dieser Verstoß nicht auffällt, verschafft es ihm einen Vorteil, da er weniger Aufwand für Schadenprävention betreibt und die vereinbarte Prämie zu gering ist. Seinerseits hat der Versicherer die Möglichkeit durch eine hohe Kontrollhäufigkeit festzustellen, ob der vereinbarte Grenzwert eingehalten wird oder ob ein Leistungsausschluss³⁶⁸ verhängt werden muss. Bei einer niedrigen Kontrollhäufigkeit (im Extremfall keine Kontrollen) besteht die Gefahr, dass das Fehlverhalten des Versicherungsnehmers unentdeckt bleibt. Die hohen Kontrollmaßnahmen verursachen jedoch Kosten in Höhe von K_{Ko} . Ziel dieser Konfliktsituation ist es, eine optimale Verhaltens- bzw. Kontrollstrategie zu finden.

Aus spieltheoretischer Sicht kann eine solche Situation als *Inspektionsspiel* modelliert werden.³⁶⁹ Das Spiel zwischen Versicherungsnehmer und Versicherer ist dadurch charakterisiert, dass beide die Wahl zwischen zwei Alternativen (*reine Strategien*) haben.

³⁶⁷An dieser Stelle soll zum besseren Verständnis das Beispiel aus Kapitel 3.3.3 aufgegriffen werden: Diabetiker könnten beim Abschluss einer privaten Lebens-, Kranken-, Berufsunfähigkeits-, Erwerbsunfähigkeits- oder Pflegeversicherung einen bestimmten Blutzuckerwert vereinbaren, der nicht überschritten werden darf.

³⁶⁸Bei Verstoß gegen die vertraglich festgelegten Vereinbarungen muss der Versicherungsnehmer den Schaden selbst begleichen.

³⁶⁹Die Grundlagen der Spieltheorie wurden von NEUMANN/MORGENSTERN konzipiert und im Buch *The Theory of Games and Economic Behaviour* 1947 veröffentlicht. Spieltheoretische Modelle und ihre Anwendungsmöglichkeiten im Versicherungskontext vgl. zum Beispiel Borch, Aase und Sandmo, 1990, S. 346 ff. oder Lemaire, 1991.

Der Versicherungsnehmer hat die Möglichkeit

- die vereinbarte Schadenprävention zu betreiben ($e = e^{GW}$) oder
- die Schadenprävention zu reduzieren ($0 \leq e < e^{GW}$).

Der Versicherer hat die Möglichkeit

- den Versicherungsnehmer zu kontrollieren oder
- keine Kontrollen durchzuführen.

Da die Entscheidung für eine reine Strategie nicht unabhängig von dem anderen Spieler getroffen werden kann, werden im folgenden *gemischte Strategien* untersucht. Generell wird von *gemischten Strategien* gesprochen, wenn eine Wahrscheinlichkeitsverteilung über die Strategiemenge gelegt wird, d. h. ein Spieler spielt seine reinen Strategien nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit. Bezogen auf die vorliegende Konfliktsituation bedeutet dies, dass der Versicherungsnehmer mit einer Wahrscheinlichkeit ϵ die vereinbarte Schadenprävention betreibt und mit der Wahrscheinlichkeit $1 - \epsilon$ diese reduziert. Der Versicherer wird mit einer Wahrscheinlichkeit κ Kontrollen durchführen und mit der Wahrscheinlichkeit $1 - \kappa$ nicht kontrollieren. Wird das Spiel über mehrere Perioden wiederholt gespielt, lassen sich die Wahrscheinlichkeiten als Häufigkeiten interpretieren. Je höher die Kontrollwahrscheinlichkeit κ , desto häufiger führt der Versicherer Kontrollen durch.

Zur Vereinfachung wird implizit angenommen, dass beide Spieler *risikoneutral*³⁷⁰ sind und ihren Erwartungswert optimieren.

Tabelle 5.6 fasst die erwarteten Endvermögen für den Versicherungsnehmer und den Versicherer in einer Bimatrix zusammen, wobei die bekannten Modellparameter eingehen:

³⁷⁰Ein risikoneutraler Spieler bewertet seine Alternativen allein aufgrund des Erwartungswerts der monetären Auszahlung, d. h. für die Nutzenfunktion gilt: $U(w) = w$.

- W - Anfangsvermögen Versicherungsnehmer,
- L - Schadenhöhe,
- $\alpha = 1$ - Deckungsgrad,
- $\tilde{p}(e)$ - Schadenwahrscheinlichkeit,
- K_{Dt} - Datentransfer-Kosten Versicherungsnehmer,
- K_{Ko} - Kontroll-Kosten Versicherer,
- e^{GW} - vereinbarte Schadenprävention,
- $P(e^{GW})$ - vereinbarte Prämie.

Tabelle 5.6.: Bimatrix der erwarteten Endvermögen

		Versicherungsunternehmen	
		Keine Kontrolle	Kontrolle
		$1 - \kappa$	κ
Versicherungsnehmer	Vereinbarte Schadenprävention ($e = e^{GW}$) ϵ	$W - P(e^{GW}) - e^{GW},$ $P(e^{GW}) - \tilde{p}(e^{GW})L$	$W - P(e^{GW}) - e^{GW} - K_{Dt},$ $P(e^{GW}) - \tilde{p}(e^{GW})L - K_{Ko}$
	Weniger Schadenprävention ($0 \leq e < e^{GW}$) $1 - \epsilon$	$W - P(e^{GW}) - e,$ $P(e^{GW}) - \tilde{p}(e)L$	$W - P(e^{GW}) - e - \tilde{p}(e)L - K_{Dt},$ $P(e^{GW}) - K_{Ko}$

In jeder Zelle der Bimatrix befinden sich zwei Einträge, wobei sich der erste Eintrag auf den Versicherungsnehmer und der zweite Eintrag auf das Versicherungsunternehmen bezieht. Grundsätzlich zahlt der Versicherungsnehmer die vereinbarte Prämie $P(e^{GW})$ an das Versicherungsunternehmen. Verhält sich der Versicherungsnehmer vertragskonform reduzieren die Aufwände der Schadenprävention in Höhe von e^{GW} sein Vermögen unabhängig davon, ob eine Kontrolle stattfindet oder nicht. Bei einer Kontrolle fallen Datentransfer-Kosten K_{Dt} an. Weicht der Versicherungsnehmer von

den vereinbarten Bedingungen ab und reduziert seine Schadenprävention ($e < e^{GW}$), steigt der erwartete Schaden ($\tilde{p}(e)L > P(e^{GW})$). Ohne Kontrolle stellt er sich zunächst besser. Wird er kontrolliert und der Vertragsbruch aufgedeckt, muss er allerdings neben den Datentransfer-Kosten den erwarteten Schaden selbst zahlen!

Aus Sicht des Versicherers fallen bei einer Kontrolle Kosten in Höhe von K_{Ko} an. Reduziert der Versicherungsnehmer die Schadenpräventionsmaßnahmen erhöht sich der erwartete Schaden und damit die Versicherungsleistung, da voller Versicherungsschutz besteht. Kann er den Vertragsbruch per Kontrolle feststellen, ist er von der Leistungspflicht befreit und es fallen nur die Kontroll-Kosten K_{Ko} an.

Der Erwartungswert der Endvermögen des Versicherungsnehmers ist gegeben durch:

$$\begin{aligned} EW^{VN} &= \epsilon(1 - \kappa) (W - P(e^{GW}) - e^{GW}) \\ &\quad + \epsilon\kappa (W - P(e^{GW}) - e^{GW} - K_{Dt}) \\ &\quad + (1 - \epsilon)(1 - \kappa) (W - P(e^{GW}) - e) \\ &\quad + (1 - \epsilon)\kappa (W - P(e^{GW}) - e - \tilde{p}(e)L - K_{Dt}). \end{aligned}$$

Analog gilt für den Versicherer:

$$\begin{aligned} EW^{VU} &= \epsilon(1 - \kappa) (P(e^{GW}) - \tilde{p}(e^{GW})L) \\ &\quad + \epsilon\kappa (P(e^{GW}) - \tilde{p}(e^{GW})L - K_{Ko}) \\ &\quad + (1 - \epsilon)(1 - \kappa) (P(e^{GW}) - \tilde{p}(e)L) \\ &\quad + (1 - \epsilon)\kappa (P(e^{GW}) - K_{Ko}). \end{aligned}$$

Beim Optimierungsansatz wird der Erwartungswert nach der jeweiligen strategischen Variable (ϵ beim Versicherungsnehmer bzw. κ beim Versicherer) partiell differenziert und gleich Null gesetzt.

Die notwendige Bedingung für ein Optimum des Versicherungsnehmers lautet:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial EW^{VN}}{\partial \epsilon} &= (1 - \kappa) (W - P(e^{GW}) - e^{GW}) \\
 &\quad + \kappa (W - P(e^{GW}) - e^{GW} - K_{Dt}) \\
 &\quad - (1 - \kappa) (W - P(e^{GW}) - e) \\
 &\quad - \kappa (W - P(e^{GW}) - e - \tilde{p}(e)L - K_{Dt}) \\
 &= -e^{GW} + e - \kappa \tilde{p}(e)L \\
 &= 0.
 \end{aligned}$$

Daraus folgt:

$$\kappa^* = \frac{e^{GW} - e}{\tilde{p}(e)L}. \tag{5.4}$$

Die notwendige Bedingung für ein Optimum des Versicherers lautet:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial EW^{VU}}{\partial \epsilon} &= -\epsilon (P(e^{GW}) - \tilde{p}(e^{GW})L) \\
 &\quad + \epsilon (P(e^{GW}) - \tilde{p}(e^{GW})L - K_{Ko}) \\
 &\quad - (1 - \epsilon) (P(e^{GW}) - \tilde{p}(e)L) \\
 &\quad + (1 - \epsilon) (P(e^{GW}) - K_{Ko}) \\
 &= \tilde{p}(e)L - K_{Ko} - \epsilon \tilde{p}(e)L \\
 &= 0.
 \end{aligned}$$

Aufgelöst nach ϵ lautet die Lösung:

$$\epsilon^* = 1 - \frac{K_{Ko}}{\tilde{p}(e)L}. \tag{5.5}$$

Die optimalen Wahrscheinlichkeiten

$$\kappa^* = \frac{e^{GW} - e}{\tilde{p}(e)L} \quad \text{und} \quad \epsilon^* = 1 - \frac{K_{Ko}}{\tilde{p}(e)L} \quad \text{bzw.} \quad 1 - \epsilon^* = \frac{K_{Ko}}{\tilde{p}(e)L}$$

lassen sich wie folgt interpretieren.

Der Versicherer sollte die *Kontrollen erhöhen*, wenn

- die vereinbarte Schadenprävention e^{GW} hoch ist, d. h. es großen Aufwand für den Versicherungsnehmer bedeutet und damit ein Anreiz zur Reduktion der Maßnahmen (unterlassenen Schadenpräventionsmaßnahmen ($e^{GW} - e$)) besteht,
- der erwartete Schaden $\tilde{p}(e)L$, den der Versicherungsnehmer bei Vertragsbruch selbst tragen müsste, klein ist.

Die Wahrscheinlichkeit $(1 - \epsilon^*)$, dass der Versicherungsnehmer seine *Schadenpräventionsmaßnahmen reduzieren* wird, ist umso höher, wenn

- die Kontroll-Kosten K_{Ko} für den Versicherer hoch sind,
- der erwartete Schaden $\tilde{p}(e)L$ klein ist.

5.4. Stochastische Simulation: Verhaltensabhängige Schadenwahrscheinlichkeit

5.4.1. Theoretische Vorüberlegungen

Wie bereits deutlich wurde, unterscheiden sich die Versicherungsnehmer eines Kollektivs in ihrer Risikostruktur, da bei der klassischen Tarifierung nicht alle risikorelevanten Tarifmerkmale berücksichtigt werden können. Jedoch ändert sich die

Schadencharakteristik eines Versicherungsnehmers im Laufe der Zeit. Durch die technischen Möglichkeiten der *Digitalen Überwachung* lassen sich *subjektive Risikomerkmale*, die vom Verhalten des Versicherungsnehmers abhängig sind, quantifizieren und in der Tarifierung verwenden. Im Ergebnis hat dies eine *dynamische* Versicherungsprämie für jeden einzelnen Versicherungsnehmer zur Folge.

Grundsätzlich gilt:

- Risikominimierendes Verhalten (“gutes Verhalten”) *reduziert* die Schadenwahrscheinlichkeit, so dass die Prämie sinkt.
- Risikoerhöhendes Verhalten (“schlechtes Verhalten”) *erhöht* die Schadenwahrscheinlichkeit, so dass die Prämie steigt.

Modelltheoretisch kann die Versicherungsprämie bei Vollversicherung wie folgt präzisiert werden:

$$P_t = p_t(\underbrace{x_1, \dots, x_k}_{\substack{\text{Traditionelle} \\ \text{Risikomerkmale} \\ \text{(zeitunabhängig)}}}, \underbrace{X_{k+1,t}, \dots, X_{m,t}}_{\substack{\text{Verhaltensabhängige} \\ \text{Risikomerkmale} \\ \text{(zeitabhängig)}}}) \cdot L \in \mathbb{R}^+, \quad t = 0, 1, 2, \dots, n,$$

das heißt, die Prämie

- ist ein *stochastischer Prozess* in diskreter Zeit mit endlichem Zeithorizont n ,
- entspricht dem erwarteten Schaden, wobei
 - L die *Schadenhöhe* ist und
 - die *Schadenwahrscheinlichkeit* $p_t(x_1, \dots, x_k, X_{k+1,t}, \dots, X_{m,t}) \in (0, 1)$ von k traditionellen Risikomerkmale, die im Zeitverlauf konstant sind, und $(m-k)$ subjektiven bzw. verhaltensabhängigen Risikomerkmale, die sich als Realisation von Zufallsvariablen in Periode t interpretieren lassen, abhängt,

- entspricht zu Vertragsbeginn

$$P_0 = \underbrace{p_0(x_1, \dots, x_k, X_{k+1,t} = 0, \dots, X_{m,t} = 0)}_{=: \hat{p}_0} \cdot L,$$

d. h. das Individuum wird in $t = 0$ einem Risikokollektiv anhand der traditionellen Risikomerkmale zugeordnet, da keine Beobachtung bezüglich des Verhaltens vorliegt.

- ist volatiler je mehr subjektive Risikomerkmale in die Prämie einfließen, d. h. je größer der Anteil $\frac{m-k}{m}$ desto verhaltensabhängiger ist die Prämie.

Dies hat zur Folge, dass jeder Versicherungsnehmer im betrachteten Kollektiv einen *individuellen Prämien-Pfad* (ausgehend von P_0) erzeugt. Es wird angenommen, dass alle Prämien $(P_t)_{t=0,1,\dots,n}$ für den Versicherungsnehmer bezahlbar sind.

Bei Kenntnis der gemeinsamen Verteilung der Zufallsgrößen $X_{k+1,t}, \dots, X_{m,t}$ lassen sich typische Eigenschaften von Zufallsvariablen wie der Erwartungswert $E(P_t)$, die Varianz $Var(P_t)$, etc. zu einem beliebigen Zeitpunkt t berechnen. Dies setzt jedoch voraus, dass die individuellen Verteilungen für $(X_i)_{i=k+1,\dots,m}$ für jeden Versicherungsnehmer bekannt und die gemeinsame Verteilung explizit berechenbar sind. Da diese meist unbekannt oder in komplizierter Form vorliegen, wird an dieser Stelle ein Simulationsansatz gewählt.

Ziel ist es, eine *verhaltensabhängige Schadenwahrscheinlichkeit* für ein Versicherungsjahr zu simulieren.

Ein stochastisches Verfahren, mit dem Verteilungen simuliert werden können, die sich als Mischung von (einfach zu simulierenden) Verteilungen darstellen lassen, ist die *Kompositionsmethode*.³⁷¹ Als praktische Anwendung wird im folgenden ein zweistufiger (Simulations-)Algorithmus entwickelt, der Zufallszahlen, die das Verhalten

³⁷¹Im Allgemeinen gilt: Sei F eine Linearkombination von mehreren Verteilungsfunktionen F_i mit $F = \sum_{i=1}^n a_i F_i$, wobei $\sum_{i=1}^n a_i = 1$. Dann ist F ebenso eine Verteilungsfunktion. Vgl. Kolonko, 2008, S. 107 ff.

und die Schadenwahrscheinlichkeit des Versicherungsnehmers simulieren (bei vorgegebener Wahrscheinlichkeitsverteilung), liefert.

1. Im ersten Schritt wird das *Verhalten* des Versicherungsnehmers als Folge von unabhängigen und identisch verteilten Bernoulli-Zufallsvariablen V_k erzeugt, d. h.

$$V_k \sim \mathcal{B}(q), \quad \text{mit } q \in (0, 1), \quad k = 1, \dots, N,$$

N charakterisiert die Anzahl der Beobachtungen im Jahr ($\hat{=}$ Anzahl der Replikationen der Simulation).³⁷²

Die Realisation der Zufallsvariable lässt sich wie folgt interpretieren:

$V_k = 1$: *gutes* Verhalten mit Wahrscheinlichkeit q ,

$V_k = 0$: *schlechtes* Verhalten mit Wahrscheinlichkeit $1 - q$.

2. Im zweiten Schritt wird die (*bedingte*) *Schadenwahrscheinlichkeit* p_k , gegeben das Verhalten V_k , mithilfe der Gleichverteilungen \mathcal{U}_{gut} und $\mathcal{U}_{\text{schlecht}}$ simuliert:

$$p_k \begin{cases} \sim \mathcal{U}_{\text{gut}} := \mathcal{U}[\hat{p}_0(1 - b); \hat{p}_0], & V_k = 1, \\ \sim \mathcal{U}_{\text{schlecht}} := \mathcal{U}[\hat{p}_0; \hat{p}_0(1 + m)], & V_k = 0. \end{cases}$$

wobei $b \in (0, 1)$ der maximale prozentuale Abschlag bei gutem Verhalten und $m \in (0, 1)$ der maximale prozentuale Zuschlag bei schlechtem Verhalten auf die kollektive Schadenwahrscheinlichkeit darstellen.

Der Algorithmus ist in Abbildung 5.6 schematisch dargestellt.

³⁷²Im Kontext der Kfz-Telematik könnten dies beispielsweise die einzelnen Fahrten sein.

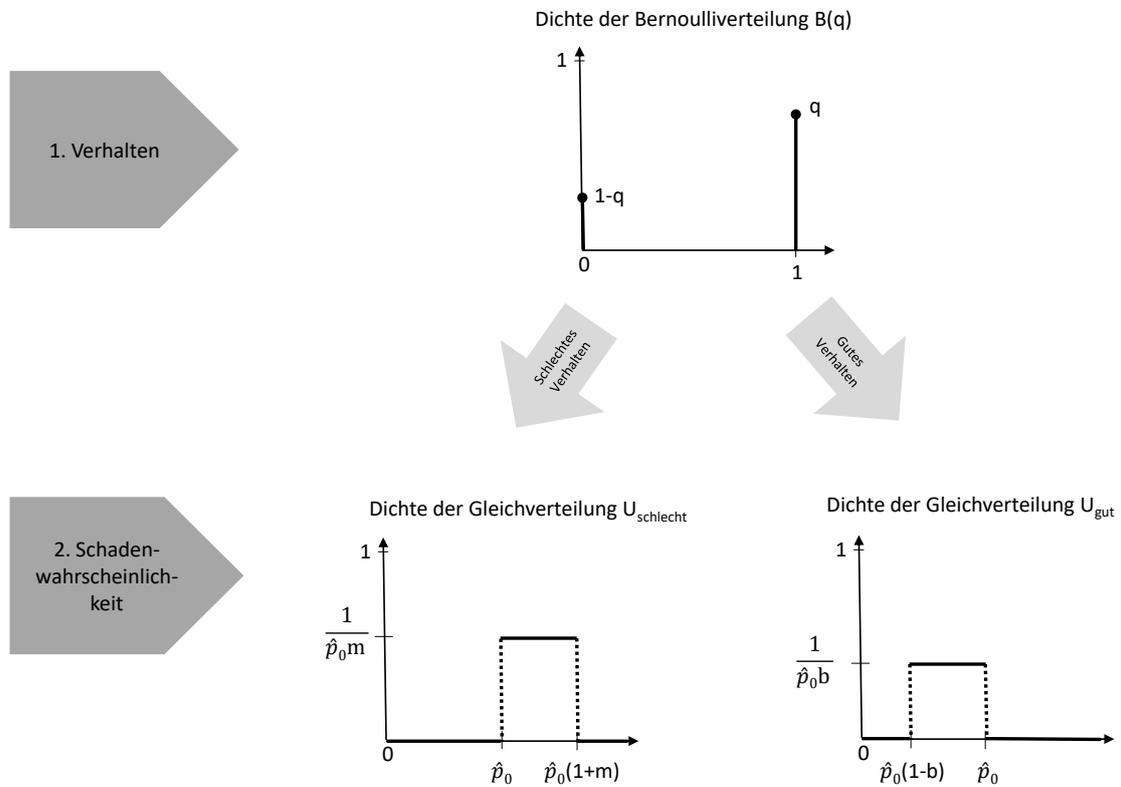


Abbildung 5.6.: Zweisrittiger Algorithmus zur Simulation von verhaltensabhängigen Schadenwahrscheinlichkeiten

Dieser Algorithmus erzeugt eine Wahrscheinlichkeitsverteilung U der Form:

$$\mathcal{U} := q \cdot \mathcal{U}_{\text{gut}} + (1 - q) \cdot \mathcal{U}_{\text{schlecht}}, \quad (5.6)$$

das heißt eine (endliche) *Mischung* der Verteilungsfunktionen U_{gut} und U_{schlecht} mit $q + (1 - q) = 1$. Dies entspricht der Idee der Kompositionsmethode.

Zum besseren Verständnis der dargelegten Modellannahmen sei an dieser Stelle zusammengefasst:

- Die verhaltensabhängige Schadenwahrscheinlichkeit des betrachteten Versicherungsnehmers schwankt im laufenden Jahr je nach Verhalten um die kollektive Schadenwahrscheinlichkeit \hat{p}_0 .
- Bei gutem Verhalten liegt die Schadenwahrscheinlichkeit unterhalb, bei schlechtem Verhalten oberhalb von \hat{p}_0 .
- Jeder Versicherungsnehmer ist charakterisiert durch die drei Parameter q , b und m :

q : Wahrscheinlichkeit für gutes Verhalten.

b : Maximale (prozentuale) Reduktion der Schadenwahrscheinlichkeit, d. h. der Versicherungsnehmer erreicht mit gutem Verhalten minimal die Schadenwahrscheinlichkeit $\hat{p}_0(1 - b)$.

m : Maximale (prozentuale) Erhöhung der Schadenwahrscheinlichkeit, d. h. der Versicherungsnehmer erreicht mit schlechtem Verhalten maximal die Schadenwahrscheinlichkeit $\hat{p}_0(1 + m)$.

- Das Trägerintervall der simulierten Wahrscheinlichkeitsverteilung U

$$[\hat{p}_0(1 - b); \hat{p}_0(1 + m)]$$

definiert das *Spektrum der Schadenwahrscheinlichkeiten* jedes einzelnen Versicherungsnehmers.

- Aufgrund der Gleichverteilungsannahme wird gewährleistet, dass alle Schadenwahrscheinlichkeiten in den Intervallen $[\hat{p}_0(1 - b), \hat{p}_0]$ bzw. $[\hat{p}_0; \hat{p}_0(1 + m)]$ gleichwahrscheinlich sind, das heißt es gibt keine Präferenz.

Am Ende des Jahres ergibt sich die *verhaltensabhängige Schadenwahrscheinlichkeit* als arithmetisches Mittel der Beobachtungen:

$$\hat{p} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N p_k.$$

Tabelle 5.7 zeigt einen beispielhaften (simulierten) Verlauf der Schadenwahrscheinlichkeiten, wobei eine kollektive Schadenwahrscheinlichkeit $\hat{p}_0 = 0,2$ und Wahrscheinlichkeit für gutes Verhalten $q = 0,7$ angenommen wird. Ferner sei $b = 0,4$, $m = 0,2$ und $N = 12$.

Tabelle 5.7.: Beispiel: Verhaltensabhängige Schadenwahrscheinlichkeit mit $\hat{p}_0 = 0,2$, $q = 0,7$, $b = 0,4$, $m = 0,2$ und $N = 12$.

Beobachtung k	Verhalten V_k	Schadenwahrscheinlichkeit p_k
1	0	0,2362124
2	0	0,235233946
3	1	0,199506924
4	1	0,191676507
5	1	0,190291468
6	1	0,13580846
7	1	0,146799488
8	1	0,182176505
9	0	0,206383742
10	1	0,12645162
11	0	0,205306014
12	1	0,133752432
		$\hat{p} = 0,1824666$

Das dazugehörige Spektrum der Schadenwahrscheinlichkeiten ist das Intervall

$$[\hat{p}_0(1 - b); \hat{p}_0(1 + m)] = [0,12; 0,24].$$

Der graphische Verlauf der Schadenwahrscheinlichkeiten im Beobachtungszeitraum verdeutlicht die Volatilität der individuellen Schadenwahrscheinlichkeit (siehe Abbildung 5.7).

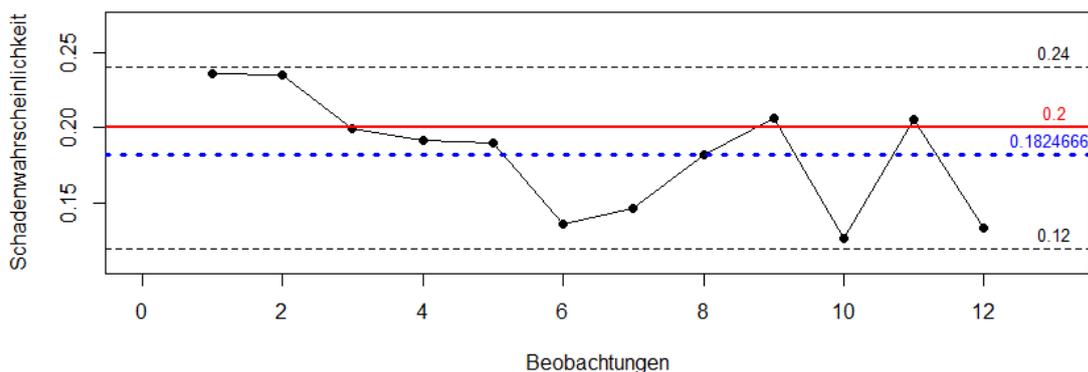


Abbildung 5.7.: Fortsetzung Beispiel: Graphische Darstellung der verhaltensabhängigen Schadenwahrscheinlichkeiten

Da $\hat{p} = 0,1824666 < 0,2 = \hat{p}_0$ resultiert in diesem Beispiel eine verhaltensabhängige Nettorisikoprämie ($\hat{p} \cdot L$), die geringer als die kollektive Nettorisikoprämie ($\hat{p}_0 \cdot L$) ist.

Es stellt sich die Frage, für welche Versicherungsnehmer ein verhaltensabhängiger Vertrag sinnvoll ist. Konkret: Welche Parameterkonstellationen (q, m, b) führen im Allgemeinen zu einer verhaltensabhängigen Schadenwahrscheinlichkeit, die unterhalb der kollektiven Schadenwahrscheinlichkeit liegt?

5.4.2. Simulation verhaltensabhängiger Schadenwahrscheinlichkeiten

Um die obige Fragestellung zu beantworten, wird der Spezialfall $N \rightarrow \infty$ betrachtet, das heißt eine unendliche Folge von Beobachtungen der verhaltensabhängigen

Schadenwahrscheinlichkeiten.³⁷³ Dies entspricht der Vorstellung einer permanenten *Digitalen Überwachung* im betrachteten Versicherungsjahr.

Aufgrund der Annahme der unabhängigen und identische verteilten Schadenwahrscheinlichkeiten gilt für das arithmetische Mittel der Simulationsergebnisse (Stichprobenmittel) mit dem starken Gesetz der großen Zahlen:³⁷⁴

$$\hat{p} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N p_k \xrightarrow{N \rightarrow \infty} E(p_k) \quad f.s.$$

Der Erwartungswert der verhaltensabhängigen Schadenwahrscheinlichkeit mit Wahrscheinlichkeitsverteilung (5.6) lässt sich mit den Eigenschaften der Gleichverteilung³⁷⁵ wie folgt berechnen:

$$\begin{aligned} E(p_k) &= q \cdot \frac{\hat{p}_0(1-b) + \hat{p}_0}{2} + (1-q) \cdot \frac{\hat{p}_0 + \hat{p}_0(1+m)}{2} \\ &= \hat{p}_0 \cdot \left[1 + \frac{(1-q)m - qb}{2} \right] \end{aligned} \quad (5.7)$$

und hängt von den Parametern \hat{p}_0 , q , b und m ab.

An dieser Stelle wird bereits deutlich, dass der Erwartungswert $E(p_k)$ kleiner als die kollektive Wahrscheinlichkeit \hat{p}_0 nur dann ist, wenn

$$\frac{(1-q)m - qb}{2} < 0 \quad \Leftrightarrow \quad (1-q)m < qb \quad \Leftrightarrow \quad \frac{1-q}{q} < \frac{b}{m} \quad (5.8)$$

gilt (unabhängig von \hat{p}_0).

Methodisch könnten alle Kombinationen der Parameter q , b und m direkt in Gleichung (5.7) durchlaufen werden, um die Menge der theoretischen Erwartungswerte

³⁷³Mathematisch: Erzeugung einer Stichprobe (p_1, p_2, \dots, p_N) durch wiederholte Durchführung eines Simulationsexperiments.

³⁷⁴In diesem Zusammenhang wird von einem *konistenten* Schätzer gesprochen, denn mit wachsendem Stichprobenumfang strebt der Schätzwert gegen den wahren Wert.

³⁷⁵Der Erwartungswert einer gleichverteilten Zufallsvariable $X \sim U[a; b]$ entspricht $E(X) = \frac{a+b}{2}$.

$E(p_k)$ zu bestimmen. Nichtsdestotrotz wird an dieser Stelle der Simulationsansatz weiter verfolgt, um Modifikationen an dem Algorithmus zu analysieren.

Damit das arithmetische Mittel der Simulationsergebnisse mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit dem theoretischen Erwartungswert entspricht, konkret:

$$P\left(\left|\frac{1}{N}\sum_{k=1}^N p_k - E(p_k)\right| \leq 0,01\right) \geq 99\%,$$

wird ein Simulationsumfang von $N = 10.000$ gesetzt (Erläuterung im Anhang A.1).

Tabelle 5.8 fasst alle Parameter und möglichen Ausprägungen für das Simulationsexperiment zusammen.

Tabelle 5.8.: Simulationsparameter und Ausprägungen

Parameter	Ausprägungen
N	10.000
\hat{p}_0	0, 1
q	10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%
b	0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%
m	0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%

Im folgenden wird die *Statistiksoftware R* genutzt, um den obigen Algorithmus und die dazugehörigen Zufallszahlen aus vorgegebenen Wahrscheinlichkeitsverteilungen zu simulieren. Es werden drei For-Schleifen durchlaufen, um alle Kombinationen von q, b und m zu erhalten. Für jede einzelne Kombination werden $N = 10.000$ Schadenwahrscheinlichkeiten erzeugt und anschließend das arithmetische Mittel gebildet. Der folgende *R-Code* zeigt den Kern der Programmierung des Algorithmus in R.

5. Modelltheoretische Analyse ausgewählter Fragestellungen

```
N<- 10000 # Anzahl Beobachtungen
p0<- 0.1 # Schadenwahrscheinlichkeit Kollektiv (konstant)

# For-Schleife über Wahrscheinlichkeiten q für gutes Verhalten
for(q in seq(.1,.9,.1)){

# For-Schleife über alle möglichen Abschläge b (maximal 50%)
for(b in seq(0,.5,.1)){

# For-Schleife über alle möglichen Zuschläge m (maximal 50%)
for(m in seq(0,.5,.1)){

# 1. Simulation: Verhalten als Bernoulli Zufallsvariable
# V = 1: gutes Verhalten, V = 0: schlechtes Verhalten
V<-rbinom(N,1,q)

# 2. Simulation: Schadenwahrscheinlichkeit
for (i in 1:N){
  ifelse (V[i]==1, p[i]<-runif(1, (1-b)*p0,p0),
        p[i]<-runif(1, p0,p0*(1+m)))
}

p # Vektor der Schadenwahrscheinlichkeiten (Länge N)

mean(p) # Output: arithmetisches Mittel von p

} #Ende for-Schleife b
} #Ende for-Schleife m
} #Ende for-Schleife q

# Output: Tabelle
Daten=data.frame(p, b, m, mean(p))
```

5. Modelltheoretische Analyse ausgewählter Fragestellungen

Output der Simulation ist eine Tabelle *Daten* mit $|q| \cdot |b| \cdot |m| = 9 \cdot 6 \cdot 6 = 324$ Zeilen und 4 Spalten.

Die folgenden Tabellen 5.9 bis 5.17 fassen die Simulationsergebnisse für jede Wahrscheinlichkeit für gutes Verhalten q zusammen. Verhaltensabhängige Schadenwahrscheinlichkeiten unterhalb der kollektiven Schadenwahrscheinlichkeit ($\hat{p} < \hat{p}_0 = 0,1$) sind zur besseren Sichtbarkeit grau unterlegt.

Tabelle 5.9.: Simulationsergebnis für $q = 10\%$

b	m					
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0,1	0,10455414	0,109041259	0,113569471	0,11802061	0,122337161
0,1	0,099526424	0,104000815	0,108518647	0,112824688	0,117511981	0,122137089
0,2	0,099010705	0,103523228	0,107831094	0,112477006	0,116978329	0,121680064
0,3	0,098537648	0,102930967	0,107439123	0,11185934	0,116665491	0,121063483
0,4	0,097972606	0,102570955	0,106843293	0,111447143	0,115797351	0,120566917
0,5	0,097613221	0,102198839	0,106474588	0,111090182	0,115551907	0,120353767

Tabelle 5.10.: Simulationsergebnis für $q = 20\%$

b	m					
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0,1	0,104013718	0,108050864	0,111880018	0,115993207	0,120125583
0,1	0,099000215	0,102968286	0,106989627	0,111102747	0,114758507	0,118942377
0,2	0,098000836	0,101946218	0,105878825	0,109965771	0,114000806	0,11819511
0,3	0,096903864	0,100846222	0,105076912	0,109138566	0,113206155	0,116863357
0,4	0,096071231	0,100183225	0,10396037	0,10775764	0,112247383	0,115855697
0,5	0,094940307	0,098918992	0,1029478	0,106922744	0,110512905	0,115091219

5. Modelltheoretische Analyse ausgewählter Fragestellungen

Tabelle 5.11.: Simulationsergebnis für $q = 30\%$

b	m					
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0,1	0,103546592	0,106967719	0,110443088	0,114001346	0,117431652
0,1	0,098571106	0,101965686	0,105407318	0,10881356	0,112678136	0,115854035
0,2	0,096926025	0,100505929	0,104028909	0,107638499	0,110767501	0,114681366
0,3	0,0956038	0,099165301	0,10251738	0,106287137	0,109193162	0,112811844
0,4	0,094050305	0,097583507	0,10084845	0,104446464	0,107750832	0,11151551
0,5	0,092331381	0,09606626	0,099179301	0,103122867	0,106797091	0,11004945

Tabelle 5.12.: Simulationsergebnis für $q = 40\%$

b	m					
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0,1	0,102986061	0,106072251	0,108852069	0,111988112	0,115251022
0,1	0,098046853	0,100958946	0,104042141	0,106896521	0,109853044	0,112858138
0,2	0,095965441	0,098957677	0,101940795	0,104950063	0,107782339	0,110774452
0,3	0,094060882	0,097007976	0,099857792	0,103164486	0,106011776	0,108685943
0,4	0,092028424	0,094873707	0,09780066	0,100956402	0,103969967	0,106779648
0,5	0,090059424	0,0931442	0,095951795	0,098744683	0,102099997	0,105007594

Tabelle 5.13.: Simulationsergebnis für $q = 50\%$

b	m					
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0,1	0,102556094	0,105038861	0,107681365	0,110122037	0,112610492
0,1	0,097547783	0,100016681	0,102554391	0,10495751	0,107652974	0,109977311
0,2	0,094902724	0,09745709	0,100038004	0,102381201	0,104927395	0,107574176
0,3	0,092484353	0,094927561	0,097594924	0,099898116	0,102593199	0,10505567
0,4	0,090148878	0,092455995	0,095100562	0,097767236	0,099790775	0,102697425
0,5	0,087499051	0,090244215	0,092170425	0,094640306	0,097730386	0,100118038

5. Modelltheoretische Analyse ausgewählter Fragestellungen

Tabelle 5.14.: Simulationsergebnis für $q = 60\%$

b	m					
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0,1	0,102003933	0,104053127	0,105971482	0,108187929	0,110074039
0,1	0,097022633	0,098998239	0,100992355	0,102914265	0,105066086	0,107263822
0,2	0,093983601	0,095906605	0,097989347	0,099991808	0,101901464	0,103829246
0,3	0,091050507	0,092872628	0,095026329	0,096778858	0,099084363	0,101360891
0,4	0,087851961	0,089927178	0,091649661	0,094290294	0,095615743	0,097505572
0,5	0,084957626	0,087247751	0,089015014	0,090701433	0,092684821	0,095127079

Tabelle 5.15.: Simulationsergebnis für $q = 70\%$

b	m					
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0,1	0,101484124	0,103117038	0,104500798	0,105894587	0,10734521
0,1	0,096540138	0,097847128	0,099463446	0,1010833	0,102340758	0,103936088
0,2	0,093122667	0,094485898	0,096109554	0,097555483	0,099175628	0,100212712
0,3	0,089545378	0,091055221	0,092506195	0,093971629	0,095403062	0,09684784
0,4	0,085882288	0,087484161	0,088967298	0,090562008	0,092232898	0,09365029
0,5	0,082499205	0,083859312	0,085485874	0,087164213	0,088095684	0,090692754

Tabelle 5.16.: Simulationsergebnis für $q = 80\%$

b	m					
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0,1	0,101001274	0,102013557	0,103063585	0,103996692	0,104974006
0,1	0,095995036	0,097011033	0,097969739	0,099054589	0,099949921	0,100949573
0,2	0,091908991	0,093107054	0,093943327	0,095042369	0,095807565	0,097373356
0,3	0,087941808	0,08899392	0,090030943	0,091210082	0,091919278	0,093098121
0,4	0,083712293	0,085176482	0,086239413	0,087050087	0,088035769	0,089070536
0,5	0,080086837	0,081142206	0,082124479	0,082999652	0,083913536	0,084972212

Tabelle 5.17.: Simulationsergebnis für $q = 90\%$

b	m					
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0,1	0,100487905	0,101006862	0,101642638	0,101989592	0,102745872
0,1	0,095537712	0,09600042	0,096471874	0,097056896	0,097473876	0,098028783
0,2	0,090972846	0,091493997	0,091897637	0,092173902	0,093092905	0,09328129
0,3	0,086659709	0,086885421	0,087632885	0,087913464	0,08867072	0,088894348
0,4	0,08198374	0,08275869	0,082819933	0,083499704	0,084167082	0,084639275
0,5	0,077312143	0,077998519	0,07869068	0,079178	0,079368809	0,079972534

5.4.3. Ergebnisse der Simulation

Offensichtlich ist, dass im unteren Dreieck ($m < b$) der Tabellen 5.9 bis 5.17 die verhaltensabhängigen Schadenwahrscheinlichkeiten kleiner sind, als im oberen Dreieck ($m > b$). Dies ist intuitiv klar, denn je größer die obere Grenze des Spektrums ($\hat{p}_0(1 + m)$) ist, desto größer können die Realisationen der Schadenwahrscheinlichkeiten bzw. die Abweichungen zur kollektiven Schadenwahrscheinlichkeit werden.

Die zweite offensichtliche Erkenntnis ist, dass je größer die Wahrscheinlichkeit q wird, desto kleiner werden die verhaltensabhängigen Schadenwahrscheinlichkeiten in den Tabellen. Auch dies ist intuitiv klar, denn je risikoärmer das Verhalten des Versicherungsnehmers ist, desto mehr Schadenwahrscheinlichkeiten liegen unterhalb der kollektiven Schadenwahrscheinlichkeit \hat{p}_0 .

Die dritte direkte Erkenntnis sind die maximale und minimale Schadenwahrscheinlichkeit:

- $\min(\hat{p})_{m,b,q} = 0,077312143$, bei $m = 0, b = 0,5$ und $q = 90\%$. Die Schadenwahrscheinlichkeiten liegen mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit ($q = 90\%$) unterhalb von \hat{p}_0 , ansonsten sind sie gleich \hat{p}_0 .

- $\max(\hat{p})_{m,b,q} = 0,122337161$, bei $m = 0,5, b = 0$ und $q = 10\%$. Die Schadenwahrscheinlichkeiten liegen mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit ($1 - q = 90\%$) oberhalb von \hat{p}_0 , ansonsten sind sie gleich \hat{p}_0 .

Im Ergebnis hat dies eine 22,69 % niedrigere bzw. 22,34 % höhere Prämie zur Folge. Alle übrigen Werte liegen demnach dazwischen.

Die Auswertung der Simulationsergebnisse mithilfe der anfangs beschriebenen Theorie liefert weitere Aussagen.

- Diagonaleinträge ($m = b$):

Versicherungsnehmer mit symmetrischem Spektrum müssen eine Wahrscheinlichkeit für gutes Verhalten von echt größer als 50% haben. Formal folgt dies aus Gleichung (5.15), denn

$$\frac{1-q}{q} < \frac{b}{m} = 1 \quad \Leftrightarrow \quad q > \frac{1}{2}.$$

In Worten: Für Versicherungsnehmer, deren Schadenwahrscheinlichkeit in gleichem Maße nach oben als auch unten ausschlagen kann, ist es notwendig, sich mehr als die Hälfte der Fälle risikomindernd zu verhalten.

- Verhältnis von b zu m (in Abhängigkeit von q):

Aus dem hyperbel-förmigen Verlauf des Faktors $\frac{1-q}{q}$ (graphisch dargestellt in Abbildung 5.8) in Gleichung (5.15) lässt sich ableiten, welche Breite bzw. Lage das Spektrum der Wahrscheinlichkeiten haben sollte.

- Extremfall $q = 10\%$ ($\Rightarrow 9m < b$):

Versicherungsnehmer, die sich nur in 10% der Fälle gut Verhalten, erreichen eine verhaltensabhängige Schadenwahrscheinlichkeit unterhalb der kollektiven \hat{p}_0 nur dann, wenn der Abschlag b mehr als neun-mal so groß ist wie der Zuschlag m .

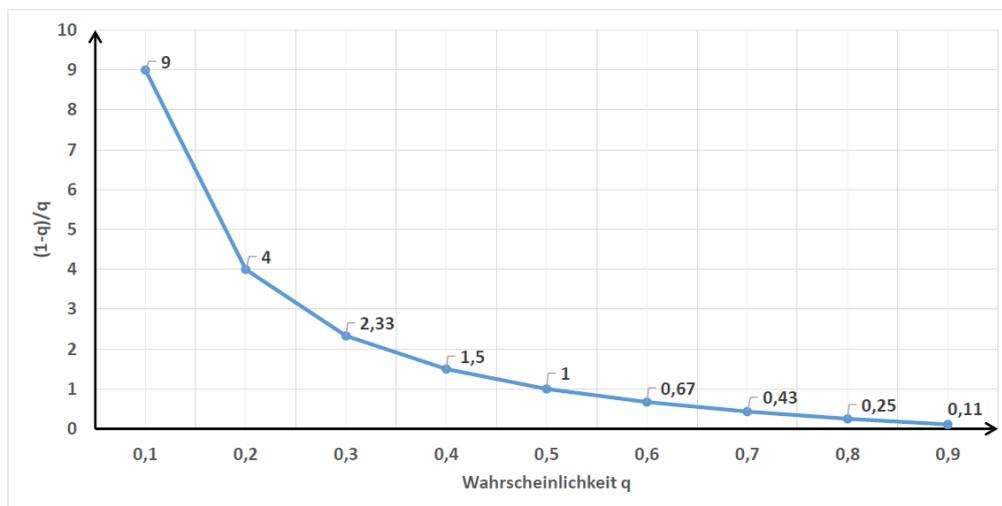


Abbildung 5.8.: Hyperbel-förmiger Verlauf der Funktion $f(q) = \frac{1-q}{q}$

- Extremfall $q = 90\%$ ($\Rightarrow 0, \bar{1}m < b$):

Versicherungsnehmern, die sich in 90% der Fälle gut verhalten, reicht ein Zuschlag b , der nur größer als ein-neuntel von m sein muss.

Die Abbildung 5.8 zeigt, je größer die Wahrscheinlichkeit q desto flacher die Kurve und damit auch der Faktor. Ab einer Wahrscheinlichkeit von $q = 50\%$ liegen die Werte unterhalb von Eins. Die Intervallbreite des Spektrums der Schadenwahrscheinlichkeiten wird somit immer kleiner.

Neben den Überlegungen, unter welchen Umständen die verhaltensabhängige Schadenwahrscheinlichkeit unterhalb der kollektiven liegt, ist ein weiterer Aspekt interessant, nämlich die prozentuale Veränderung von \hat{p} . Bei festen m und b stellt sich die Frage, um wie viel Prozent sich die verhaltensabhängige Schadenwahrscheinlichkeit verändert, wenn sich die Wahrscheinlichkeit für gutes Verhalten q um Δ -Prozentpunkte verändert.

Sei (mit Gleichung 5.7):

$$E(p)_{alt} := \hat{p}_0 \cdot \left[1 + \frac{(1-q)m - qb}{2} \right]$$

$$E(p)_{neu} := \hat{p}_0 \cdot \left[1 + \frac{(1-(q+\Delta))m - (q+\Delta)b}{2} \right], \quad 0 < q + \Delta < 1.$$

Daraus folgt:

$$\frac{E(p)_{neu} - E(p)_{alt}}{E(p)_{alt}} = -\frac{1}{1 + \frac{(1-q)m - qb}{2}} \cdot \Delta \cdot \frac{m+b}{2}$$

$$= -\frac{\hat{p}_0}{E(p)_{alt}} \cdot \Delta \cdot \frac{m+b}{2}$$

Am negativen Vorzeichen wird direkt deutlich, dass eine Verbesserung des Verhaltens ($\Delta > 0$) zu einer Reduktion der Schadenwahrscheinlichkeit und damit zu einer niedrigeren Nettorisikoprämie führt.

Ferner hängt die prozentuale Veränderung ab von dem Verhältnis der kollektiven Schadenwahrscheinlichkeit \hat{p}_0 zur ursprünglichen verhaltensabhängigen Schadenwahrscheinlichkeit $E(p)_{alt}$ sowie der Intervallbreite des Spektrums:

- Ist $E(p)_{alt} < \hat{p}_0$, dann ist der Faktor $\frac{\hat{p}_0}{E(p)_{alt}} > 1$. Die prozentuale Veränderung bekommt dadurch mehr Gewicht. Das Zahlenbeispiel in Tabelle 5.18 mit $m = 0,2$, $b = 0,3$ und $\Delta = 30\%$ soll dies veranschaulichen.

Tabelle 5.18.: Beispiel: Prozentuale Veränderung bei risikominderndem Verhalten

alt	$E(p)_{alt}$	neu (+ Δ)	$E(p)_{neu}$	Veränderung $E(p)$
$q = 20\%$	$0,1050 > \hat{p}_0$	$q = 50\%$	0,0975	-7,14%
$q = 60\%$	$0,0950 < \hat{p}_0$	$q = 90\%$	0,0875	-7,89%

Dies ist der Tatsache geschuldet, dass trotz der Verbesserung von $q = 20\%$ auf $q + \Delta = 50\%$, die Schadenwahrscheinlichkeiten nur zu 50% unterhalb von \hat{p}_0 liegen.

- Je breiter das Intervall, desto größer ist der Faktor $\frac{m+b}{2}$ und damit die prozentuale Veränderung. Dies ist klar, denn je kleiner die Schadenwahrscheinlichkeiten werden können und je größer die Wahrscheinlichkeit für gutes Verhalten wird, desto kleiner die individuelle Schadenwahrscheinlichkeit (immer weniger Ausreißer nach oben).

Die prozentuale Veränderung muss jedoch kritisch beurteilt werden, da bisher angenommen wurde, dass die Verbesserung des Verhaltens keine Aufwände verursacht. Geht man davon aus, dass es schwieriger ist sich von einem hohen Niveau ($q > 50\%$) aus zu verbessern, als von einem niedrigeren ($q < 50\%$), kann der Aufwand einen negativen Effekt (Nutzenverlust) haben.

5.4.4. Erste Modifikation: Einseitige Belohnung für gutes Verhalten

In Anlehnung an den Kfz-Telematik Exkurs (siehe Kapitel 4) sollen an dieser Stelle die Auswirkungen der einseitigen Belohnung für ausschließlich gutes Verhalten analysiert werden. Konkret bedeutet dies, dass auch wenn risikoe erhöhendes Verhalten festgestellt wird, dies nicht berücksichtigt wird. Stattdessen wird die höhere Schadenwahrscheinlichkeit auf die kollektive Schadenwahrscheinlichkeit \hat{p}_0 beschränkt. Mit der oben eingeführten Notation bedeutet dies für das Spektrum der Schadenwahrscheinlichkeiten jedes einzelnen Versicherungsnehmers:

$$[\hat{p}_0(1 - b); \min(\hat{p}_0, \hat{p}_0(1 + m))] = [\hat{p}_0(1 - b); \hat{p}_0].$$

Klar ist, diese Modifikation stellt jeden Versicherungsnehmer besser, da schlechtes Verhalten nicht mit einer höheren (risikogerechteren!) Nettorisikoprämie sanktioniert wird. Im Ergebnis ist diese *nach oben gekappte* erwartete Schadenwahrschein-

lichkeit niedriger als die kollektive und lässt sich mithilfe der Gleichung (5.7) wie folgt darstellen:

$$E(p_k)_{m=0} = \hat{p}_0 \cdot \left[1 - \frac{qb}{2} \right]. \quad (5.9)$$

Die Differenz

$$E(p_k) - E(p_k)_{m=0} = \hat{p}_0 \cdot \frac{(1-q)m}{2} \quad (5.10)$$

ist der Teil der verhaltensabhängigen Schadenwahrscheinlichkeit, der im Endeffekt von dem Versicherungsunternehmen getragen werden muss. Je größer die Wahrscheinlichkeit für schlechtes Verhalten $(1 - q)$ und je größer die Ausschläge der Schadenwahrscheinlichkeit des Versicherungsnehmers nach oben (hoher prozentualer Zuschlag m) sein können, desto höher der Wert.

Auf der anderen Seite kann der Versicherer den Bonus beschränken und eine maximale *untere Schranke* B für die Schadenwahrscheinlichkeit festlegen. Das nach oben und unten gekappte Spektrum der Schadenwahrscheinlichkeiten hat die Form:

$$[\hat{p}_0(1 - \min(B; b)); \hat{p}_0] \begin{cases} = [\hat{p}_0(1 - B); \hat{p}_0], & b \geq B, \\ = [\hat{p}_0(1 - b); \hat{p}_0], & b < B. \end{cases}$$

Für den Fall, dass die Wahrscheinlichkeiten sowohl nach unten als auch oben gekappt werden ($m > 0$ und $b \geq B$), zeigt die Abbildung 5.9 anschaulich die Aufteilung der Schadenwahrscheinlichkeiten in drei Bereiche:

- (1) Schadenwahrscheinlichkeiten oberhalb von \hat{p}_0 werden zu Lasten des Versicherers (zu Gunsten des Versicherungsnehmers) auf \hat{p}_0 beschränkt.
- (2) Schadenwahrscheinlichkeiten unterhalb von $\hat{p}_0(1 - B)$ werden zu Gunsten des Versicherers (zu Lasten des Versicherungsnehmers) auf $\hat{p}_0(1 - B)$ beschränkt.

- (3) Nur die (gekappten) Schadenwahrscheinlichkeiten im Intervall $[\hat{p}_0(1 - B); \hat{p}_0]$ fließen in die Nettorisikoprämie ein.

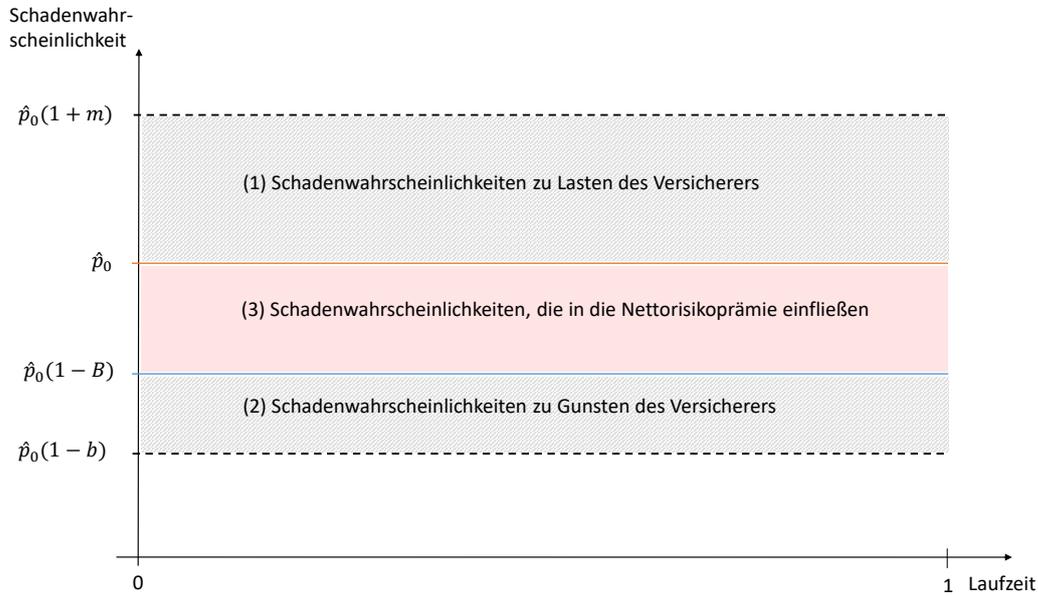


Abbildung 5.9.: Kappung verhaltensabhängiger Schadenwahrscheinlichkeiten

Daraus resultiert die erwartete (gekappede) Schadenwahrscheinlichkeit:

$$E(p_k)_{m=0, B>0} \begin{cases} = \hat{p}_0 \cdot \left[1 - \frac{qB}{2}\right], & b \geq B, \\ = \hat{p}_0 \cdot \left[1 - \frac{qb}{2}\right], & b < B \end{cases}$$

Im Endeffekt hat sich die erwartete Schadenwahrscheinlichkeit im Vergleich zur ursprünglichen (risikogerechteren) Schadenwahrscheinlichkeit um

$$\hat{p}_0 \cdot \left[-\frac{(1-q)m}{2} \right], \quad b < B, \quad (5.11)$$

$$\hat{p}_0 \cdot \left[-\frac{(1-q)m}{2} + \frac{q(b-B)}{2} \right], \quad b \geq B \quad (5.12)$$

verändert. Wird das Vorzeichen umgedreht, ist es genau der Teil der Schadenwahrscheinlichkeit, der beim Versicherer verbleibt! Der erste Summand innerhalb der Klammer im Fall $b \geq B$ spiegelt die einseitige Kappung nach oben wider (Redukti-

on der Schadenwahrscheinlichkeit), während der zweite Summand die Erhöhung der Schadenwahrscheinlichkeit darstellt aufgrund der Kappung nach unten. Im Extremfall kann es bei besonders guten Versicherungsnehmern zu einer höheren Nettorisikoprämie im Vergleich zur risikogerechten Nettorisikoprämie kommen, genau dann wenn

$$\frac{(1-q)m}{2} < \frac{q(b-B)}{2} \Leftrightarrow (1-q)m < q(b-B).$$

Um den Effekt der Kappung zu veranschaulichen wird an dieser Stelle das obige Simulationbeispiel (siehe Tabelle 5.7) aufgegriffen und die Kappung der Zufallszahlen implementiert, wobei $B = 0,3 < 0,4 = b$ angenommen wird.

Tabelle 5.19.: Beispiel: (Gekappte) Verhaltensabhängige Schadenwahrscheinlichkeit mit $\hat{p}_0 = 0,2$, $q = 0,7$, $b = 0,4$, $m = 0,2$, $N = 12$ und $B = 0,3$.

Beobachtung k	Verhalten V_k	Schadenwahrscheinlichkeit p_k	Kappung
1	0	0,2362124	0,2
2	0	0,235233946	0,2
3	1	0,199506924	0,199506924
4	1	0,191676507	0,191676507
5	1	0,190291468	0,190291468
6	1	0,13580846	0,14
7	1	0,146799488	0,146799488
8	1	0,182176505	0,182176505
9	0	0,206383742	0,2
10	1	0,12645162	0,14
11	0	0,205306014	0,2
12	1	0,133752432	0,14
		$\hat{p} = 0,1824666$	0,1775376

Die hell bzw. dunkel grau unterlegten Tabelleneinträge zeigen, welche Schadenwahrscheinlichkeiten nach oben (auf $\hat{p}_0 = 0,2$) bzw. unten (auf $\hat{p}_0(1 - 0,3) = 0,14$) gekappt werden. Im Ergebnis hat es eine niedrigere erwartete Schadenwahrscheinlichkeit zur Folge ($0,1775376 < 0,1824666$), da insbesondere die anfänglich großen

Schadenwahrscheinlichkeiten (p_1 und p_2) auf die kollektive Schadenwahrscheinlichkeit beschränkt werden.

Es stellt sich die Frage, welchen Einfluss diese Modifikation auf die Versicherungsnachfrage hat und wer letztendlich Gewinner bzw. Verlierer ist. An dieser Stelle ist zu konstatieren, dass diese einseitige Belohnung keiner risikoadäquaten Prämienendifferenzierung entspricht. Aufgrund der Kappung nach oben sind die erwarteten Schadenwahrscheinlichkeiten *aller* Versicherungsnehmer kleiner oder gleich der kollektiven Schadenwahrscheinlichkeit. Das heißt: Alle Versicherungsnehmer stellen sich mit dem datengetriebenen besser als mit dem klassischen Vertrag.

Zweifellos sind es die schlechteren Versicherungsnehmer (mit hoher Wahrscheinlichkeit große Ausschläge nach oben), die primär von der einseitigen Belohnung profitieren und sich von ihrer höheren risikogerechteren Versicherungsprämie zu ihrem Vorteil entfernen (ohne dass sie ihr Verhalten verändert/verbessert haben!). Im Kontrast dazu hat die Kappung niedriger Schadenwahrscheinlichkeiten für gute Versicherungsnehmer einen negativen Effekt, da ihr gutes Verhalten nicht vollständig belohnt wird und somit kein Anreiz besteht noch mehr schadenpräventives Verhalten zu betreiben.

5.4.5. Zweite Modifikation: Bewusste Verhaltensänderung

Bisher wurde angenommen, dass das Verhalten

$$V_k \sim \mathcal{B}(q), \quad \text{mit } q \in (0, 1), \quad k = 1, \dots, N,$$

des Versicherungsnehmers eine Folge von unabhängigen und identisch verteilten Realisationen einer Bernoulli-verteilten Zufallsvariable mit demselben Parameter q ist. Dies entspricht einer zeitlich diskreten stochastischen (Bernoulli-)Kette der Länge N , wobei zu jedem Zeitpunkt nur relevant ist, ob das Ereignis (gutes Verhalten) mit Wahrscheinlichkeit q eintritt oder nicht. Das heißt: Das zukünftige Verhalten

des Versicherungsnehmers hängt nicht von dem Verhalten in der Vergangenheit ab! Das Verhalten des Versicherungsnehmers ist einzig durch die Wahrscheinlichkeit q für gutes Verhalten bestimmt, der Verhaltenswechsel von gut nach schlecht (bzw. schlecht nach gut) bleibt unberücksichtigt.

Der erste Schritt im Simulationsalgorithmus soll daher modifiziert werden und das Verhalten als binäre Folge einer Markov-Kette modelliert werden. Ein einfaches Modell, um diese Verhaltensübergänge abzubilden, ist eine *zeitinhomogene Markov-Kette* mit Zustandsraum $S = \{0, 1\}$, Anfangsverteilung $\mu^{(0)}$, stochastischer Übergangsmatrix M mit festen Übergangswahrscheinlichkeiten $(m_{rs})_{r,s \in \{0,1\}} \in (0, 1)$:

$$M = \begin{pmatrix} 1 - \alpha & \alpha \\ \beta & 1 - \beta \end{pmatrix}$$

Die einzelnen Übergangswahrscheinlichkeiten m_{kl} sind bedingte Wahrscheinlichkeiten der Form:

$$m_{rs} = P(V_{k+1} = r | V_k = s),$$

konkret:

$$m_{00} = P(V_{k+1} = 0 | V_k = 0) = 1 - \alpha, \quad (\text{von schlecht nach schlecht}),$$

$$m_{10} = P(V_{k+1} = 0 | V_k = 1) = \alpha, \quad (\text{von schlecht nach gut}),$$

$$m_{01} = P(V_{k+1} = 1 | V_k = 0) = \beta, \quad (\text{von gut nach schlecht}),$$

$$m_{11} = P(V_{k+1} = 1 | V_k = 1) = 1 - \beta, \quad (\text{von gut nach gut}),$$

mit der Normierungseigenschaft, dass die Zeileneinträge sich zu eins summieren.

Die Struktur dieser Markov-Kette kann als Graph dargestellt werden, wobei die *Knoten* den Zuständen und die *Kanten* den Übergangswahrscheinlichkeiten entsprechen (vgl. Abbildung 5.10).

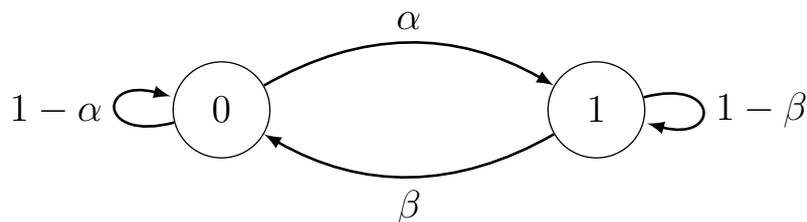


Abbildung 5.10.: Übergangswahrscheinlichkeiten des Verhaltens

Die *Markov-Eigenschaft* besagt, dass das zukünftige Verhalten von der Vergangenheit nur über die Gegenwart abhängt, d. h. nur vom aktuellen Zustand:³⁷⁶

$$P(V_{t+1} = v_{t+1} | V_t = v_t) = P(V_{t+1} = v_{t+1} | V_1 = v_1, V_2 = v_2, \dots, V_t = v_t), \quad \forall t \in \mathbb{N}.$$

In Worten:

- Das Verhalten des Versicherungsnehmers wird durch die Wahrscheinlichkeiten α und β bestimmt.
- Der Versicherungsnehmer kann entweder in seinem Zustand verbleiben oder sein Verhalten und damit den Zustand ändern.
- Das zukünftige Verhalten hängt zu jedem Zeitpunkt von der Gegenwart ab. Der Versicherungsnehmer weiß heute, ob er sich im Vergleich zum Kollektiv besser bzw. schlechter verhalten hat und entscheidet sich gemäß der jeweiligen Übergangswahrscheinlichkeiten für das Verhalten von morgen.
- Es gilt:
 - Je größer α desto wahrscheinlicher ist es, dass der Versicherungsnehmer zu gutem Verhalten wechselt.
 - Je größer $1 - \beta$ bzw. $1 - \alpha$ desto wahrscheinlicher ist es, dass der Versicherungsnehmer sich auch weiterhin gut bzw. schlecht verhält.

³⁷⁶In diesem Zusammenhang wird von *Gedächtnislosigkeit* gesprochen.

- Je größer β desto wahrscheinlicher ist nachlässiges (risikoerhöhendes) Verhalten des Versicherungsnehmers nach gutem Verhalten.

Ziel dieser Modellierung ist es, das Augenmerk auf das *Langzeitverhalten* des Versicherungsnehmers zu legen und die zukünftige Wahrscheinlichkeitsverteilung der beiden Zustände zu prognostizieren. Es ist zu konstatieren, dass die Markovkette selbst nicht konvergiert, da die Kettenglieder fortwährend zwischen den beiden Zuständen hin und her wechseln. Allerdings bleibt zu untersuchen, ob sich Konvergenzaussagen bzgl. der Wahrscheinlichkeitsverteilung beider Zustände herleiten lassen. Im Idealfall existiert eine sogenannte *stationäre Wahrscheinlichkeitsverteilung*. Die stationäre Verteilung ist die Lösung des linearen Gleichungssystems

$$M^{tr} \pi = \pi. \tag{5.13}$$

In dem hier betrachteten Spezialfall einer zeithomogenen Markovkette mit zwei Zuständen lässt sich durch Vektoriteration zeigen, dass jede Folge von Verteilungen $(\mu^{(n)})_{n \in \mathbb{N}}$ mit beliebigem Startwert $\mu^{(0)}$ gegen diese stationäre Verteilung konvergiert. Es gilt dann $\mu^{(n)} \rightarrow \pi$ für $n \rightarrow \infty$, wobei $\mu^{(n)}$ definiert ist, als die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Markovkette zum Zeitpunkt n .

Die analytische Lösung des obigen Gleichungssystems (5.13) lautet:³⁷⁷

$$\pi = \begin{pmatrix} \pi_0 \\ \pi_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\beta}{\alpha + \beta} \\ \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \end{pmatrix}.$$

In Worten: Unabhängig davon, ob der Versicherungsnehmer mit gutem Verhalten $\mu^{(0)} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ oder schlechtem Verhalten $\mu^{(0)} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ startet, nähert sich die Wahrscheinlichkeitsverteilung der beiden Zustände auf lange Sicht (für $n \rightarrow \infty$) der sta-

³⁷⁷Vgl. die Ausführungen im Anhang A.2.

tionären Verteilung π an. Das heißt, die Wahrscheinlichkeit für schlechtes bzw. gutes Verhalten beträgt $\frac{\beta}{\alpha+\beta}$ bzw. $\frac{\alpha}{\alpha+\beta}$.³⁷⁸

Der modifizierte Algorithmus ist in Abbildung 5.11 schematisch dargestellt.

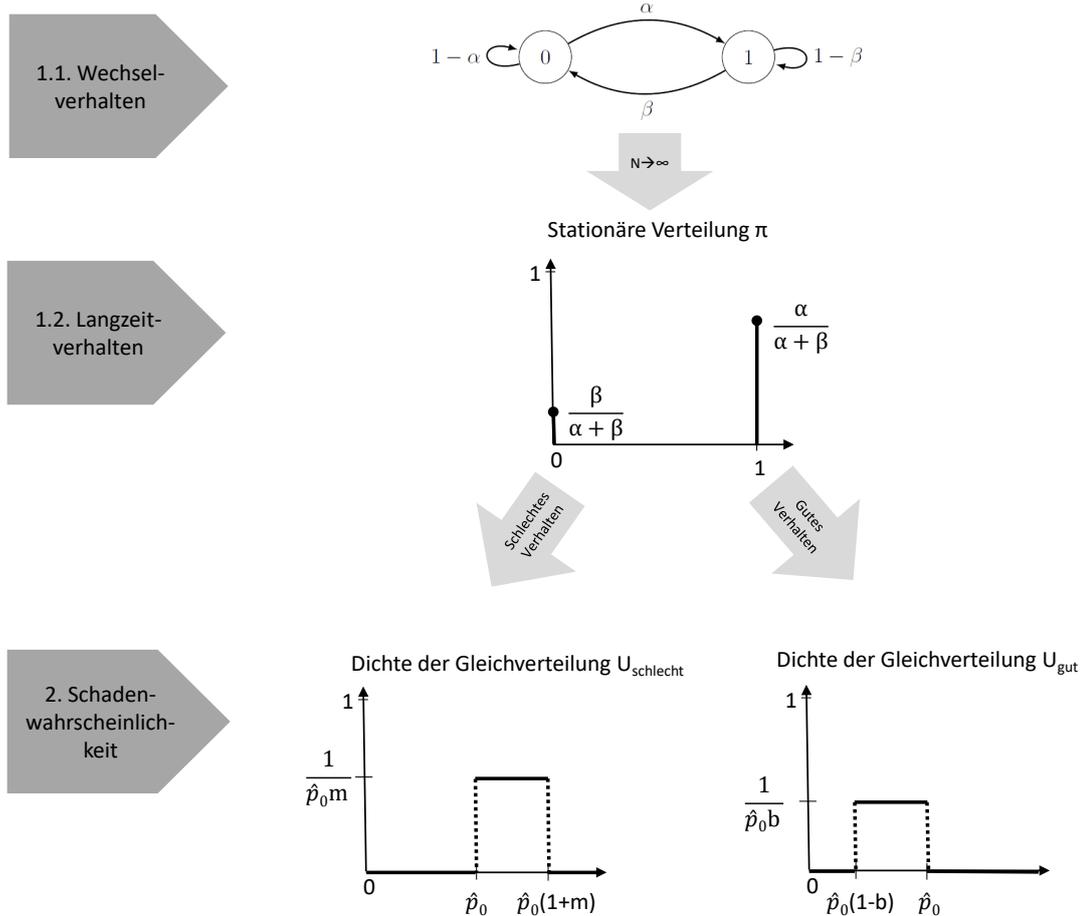


Abbildung 5.11.: Modifizierter Algorithmus zur Simulation von verhaltensabhängigen Schadenwahrscheinlichkeiten mit Hilfe von Wechselwahrscheinlichkeiten

Tabelle 5.20 stellt die stationären Wahrscheinlichkeiten für gutes Verhalten in Abhängigkeit der Übergangswahrscheinlichkeiten α und β exemplarisch dar.

³⁷⁸Vgl. die Ausführungen im Anhang (Unterkapitel A.2).

5. Modelltheoretische Analyse ausgewählter Fragestellungen

Tabelle 5.20.: Stationäre Wahrscheinlichkeiten für gutes Verhalten ($\pi_1 = \frac{\alpha}{\alpha+\beta}$)

$\alpha \backslash \beta$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,1	50,00%	33,33%	25,00%	20,00%	16,67%	14,29%	12,50%	11,11%	10,00%
0,2	66,67%	50,00%	40,00%	33,33%	28,57%	25,00%	22,22%	20,00%	18,18%
0,3	75,00%	60,00%	50,00%	42,86%	37,50%	33,33%	30,00%	27,27%	25,00%
0,4	80,00%	66,67%	57,14%	50,00%	44,44%	40,00%	36,36%	33,33%	30,77%
0,5	83,33%	71,43%	62,50%	55,56%	50,00%	45,45%	41,67%	38,46%	35,71%
0,6	85,71%	75,00%	66,67%	60,00%	54,55%	50,00%	46,15%	42,86%	40,00%
0,7	87,50%	77,78%	70,00%	63,64%	58,33%	53,85%	50,00%	46,67%	43,75%
0,8	88,89%	80,00%	72,73%	66,67%	61,54%	57,14%	53,33%	50,00%	47,06%
0,9	90,00%	81,82%	75,00%	69,23%	64,29%	60,00%	56,25%	52,94%	50,00%

Zusammen mit dem 2. Algorithmus-Schritt ergibt sich die (asymptotisch) erwartete Schadenwahrscheinlichkeit wie folgt (vgl. Gleichung 5.7):

$$\begin{aligned}
 \lim_{N \rightarrow \infty} E \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N p_k \right) &:= E(p_k) & (5.14) \\
 &= \pi_1 \cdot \frac{\hat{p}_0(1-b) + \hat{p}_0}{2} + \pi_0 \cdot \frac{\hat{p}_0 + \hat{p}_0(1+m)}{2} \\
 &= \frac{\alpha}{\alpha+\beta} \cdot \frac{\hat{p}_0(1-b) + \hat{p}_0}{2} + \frac{\beta}{\alpha+\beta} \cdot \frac{\hat{p}_0 + \hat{p}_0(1+m)}{2} \\
 &= \frac{\alpha}{\alpha+\beta} \cdot \frac{\hat{p}_0(1-b) + \hat{p}_0}{2} + \left(1 - \frac{\alpha}{\alpha+\beta} \right) \cdot \frac{\hat{p}_0 + \hat{p}_0(1+m)}{2} \\
 &= \hat{p}_0 \cdot \left[1 + \frac{\frac{\beta}{\alpha+\beta}m - \frac{\alpha}{\alpha+\beta}b}{2} \right]
 \end{aligned}$$

und hängt von den Parametern $\hat{p}_0, \alpha, \beta, b$ und m ab.

Es wird deutlich, dass der Erwartungswert $E(p_k)$ kleiner als die kollektive Wahrscheinlichkeit \hat{p}_0 nur dann ist, wenn

$$\frac{\frac{\beta}{\alpha+\beta}m - \frac{\alpha}{\alpha+\beta}b}{2} < 0 \quad \Leftrightarrow \quad \frac{\beta}{\alpha} < \frac{b}{m} \quad (5.15)$$

gilt (unabhängig von \hat{p}_0).

Für den Spezialfall $b = m$ (symmetrisches Spektrum) folgt intuitiv $\beta < \alpha$, d. h. wenn die Ausschläge der Schadenwahrscheinlichkeit in gleichem Maße nach oben und unten erfolgen können, muss die Wechsel-Wahrscheinlichkeit von schlechtem zu gutem Verhalten größer sein als umgekehrt.

Ist die Wechselbereitschaft identisch ($\alpha = \beta$), muss $b > m$ gelten. Dies ist auch intuitiv klar, da die stationäre Verteilung

$$\pi = \begin{pmatrix} \frac{\beta}{\alpha+\beta} \\ \frac{\alpha}{\alpha+\beta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,5 \\ 0,5 \end{pmatrix}$$

entspricht und somit der Versicherungsnehmer mit 50% geringere/ höhere Schadenwahrscheinlichkeiten als \hat{p}_0 erreicht. In diesem Fall müssen niedrigere Schadenwahrscheinlichkeiten erreichbar sein als die schlechteren Schadenwahrscheinlichkeiten, um im Mittel unterhalb der kollektiven Schadenwahrscheinlichkeit zu liegen.

Obgleich sich die erwartete verhaltensabhängige Schadenwahrscheinlichkeit aus der ursprünglichen Simulation und dieser modifizierten Simulation (vgl. Gleichungen (5.7) und (5.14)) in analoger Weise interpretieren lassen, muss ein großer Unterschied hervorgehoben werden: Die Simulation des Verhaltens als Markovkette hat den Vorteil, dass die Versicherungsnehmer ihre Entscheidung auf Grundlage der aktuellen Information treffen und damit die Wechselbereitschaft des Verhaltens berücksichtigt wird. In der Kfz-Versicherung mit Telematik-Option entspricht dies beispielsweise einem Scorewert pro Fahrt oder Tag, auf den die Versicherungsnehmer mit einer Verhaltensänderung reagieren können.

5.5. Prospect Theory: Präferenz für die kollektive Tarifprämie

5.5.1. Charakteristika der Prospect Theory nach Kahneman und Tversky

Die Integration der Prospect Theory in die zu untersuchende Entscheidungssituation, d. h. die Wahl zwischen einem klassischen und einem datengetriebenen Versicherungsvertrag mit *Digitaler Überwachung*, ist eine interessante Ergänzung, um verhaltensökonomische Aspekte abzubilden. Es wird sich zeigen, dass insbesondere der psychologische Effekt einer möglichen Prämienerrhöhung entscheidungsrelevant ist.

Bisher ist davon ausgegangen, dass das Individuum seine Entscheidung *rational* im Sinne der Erwartungsnutzenmaximierung trifft. Die empirische Forschung konnte jedoch nachweisen, dass das menschliche Verhalten dieser Annahme nicht entspricht. Real beobachtbares Entscheidungsverhalten zeichnet sich durch eine Vielzahl von Anomalien und Abweichungen aus, die auf einer verzerrten Einschätzung von Ergebnissen und Wahrscheinlichkeiten zurückzuführen sind. Die Prospect Theory hat diese Effekte integriert und stellt daher eine der bekanntesten *deskriptiven Entscheidungstheorien* dar, die auf der Erwartungsnutzentheorie aufbaut und das reale menschliche Verhalten theoretisch abbildet und erklärt.³⁷⁹

Der Kern, der von Daniel KAHNEMAN und Amos TVERSKY Ende der 70er Jahre ursprünglich entwickelten *Prospect Theory* sowie in den 90er Jahren erweiterten *Cumulative Prospect Theory*, beschreibt, wie Individuen erwartete Gewinne bzw. Verluste bewerten. Den Untersuchungen liegen sogenannte *Prospects* zugrunde, wobei unter einem *zweiwertigen Prospect* eine Lotterie in der Form einer einfachen Wahlsituation $(x, p; y, q)$ verstanden wird, bei der das Individuum den Betrag x mit Wahrscheinlichkeit p und den Betrag y mit der Wahrscheinlichkeit q erhält.³⁸⁰

³⁷⁹Vgl. zum Beispiel Eisenführ, Weber und Langer, 2010, S. 393 ff.; oder im Versicherungskontext Theil, 2002, S. 119 ff., sowie A. Richter, Ruß und Schelling, 2018.

³⁸⁰In der Erstpublikation der Prospect Theory werden nur zwei- bzw. dreiwertige prospects mit maximal zwei von Null verschiedenen Ergebnissen betrachtet. Vgl. dazu Kahneman und Tversky, 1979.

Die Prospect Theory geht davon aus, dass der Entscheidungsprozess in zwei Phasen durchlaufen wird: erstens die *Editierungsphase* und zweitens die *Evaluationsphase*.

Die *Editierungsphase* (*editing phase*) ist für die Entscheidung von wesentlicher Bedeutung, da die Entscheidungssituation erstmals vom Individuum bearbeitet und erst in der zweiten Phase bewertet wird. Dabei bedienen sich die Individuen verschiedener *Editierungsregeln*, um Alternativen vorab zu vereinfachen:³⁸¹

1. *Kodierung* (*coding*): Anstatt Endvermögenspositionen werden Alternativen mit Bezug zu einem *Referenzpunkt* bewertet, d. h. negative Abweichungen vom Referenzpunkt werden als *Verlust*, wohingegen positive Abweichungen als *Gewinn* wahrgenommen.³⁸² Der Referenzpunkt ist im Allgemeinen vom Individuum frei wählbar und kann beispielsweise die aktuelle Vermögensposition sein.
2. *Trennung* (*segregation*): Ergebnisse, die sicher eintreten werden, werden aus den risikobehafteten Alternativen abgetrennt.
3. *Kombination* (*combination*): Wahrscheinlichkeiten von Alternativen mit gleichem Ergebnis werden zusammengefasst (addiert).
4. *Vereinfachung* (*simplification*): Wahrscheinlichkeiten und Ergebnisse werden durch Auf- bzw. Abrunden vereinfacht. Zudem werden extrem unwahrscheinliche Ergebnisse vernachlässigt.
5. *Streichung* (*cancellation*): Gleiche Bestandteile in allen Alternativen werden ausgeklammert und finden in der Entscheidungsfindung keine Beachtung.
6. *Dominanz* (*detection of dominance*): Wird eine Alternative von den anderen Alternativen dominiert, so wird diese Alternative vernachlässigt und geht nicht in die Evaluationsphase ein.

³⁸¹Vgl. Kahneman und Tversky, 1979, S. 274 ff.

³⁸²Den Nutzen als Gewinn bzw. Verlust auszudrücken, geht zurück auf MARKOWITZ. Vgl. dazu Markowitz, 1952, S. 154.

Die ersten drei Regeln *Kodierung*, *Trennung* und *Kombination* werden auf jeden Prospect einzeln angewandt, während sich die darauf folgenden Regeln *Vereinfachung*, *Streichung* und *Dominanz* auf alle zur Auswahl stehenden Prospects beziehen. Darüber hinaus ist anzumerken, dass das Ergebnis der Editierungsphase aufgrund der individuellen Festlegung des Referenzpunktes und der variablen Reihenfolge der Editierungsregeln unterschiedlich ausfallen kann.³⁸³

Der Editierungsphase folgt die Evaluationsphase, in der die verbliebenen Alternativen bewertet werden. Die *Evaluationsphase* (*evaluation phase*) ist durch drei wesentliche Unterschiede zur Erwartungsnutzentheorie charakterisiert:

1. *Wertefunktion*: Der Grundgedanke der Prospect Theory ist die Nutzenfunktion durch eine Wertefunktion zu ersetzen, die die einzelnen Ergebnisse x in subjektive Werte $v(x)$ transformiert. Im Bereich der Gewinne verläuft die Wertefunktion *konkav*, im Bereich der Verluste hingegen *konvex*, so dass von Risikoaversion bei Gewinnen bzw. Risikofreude bei Verlusten gesprochen wird. Dieses Konvex-Konkave-Krümmungsverhalten wird typischerweise in einer S-förmigen Wertefunktion ausgedrückt, mit abnehmender Sensitivität je weiter man sich vom Referenzpunkt entfernt (siehe Abbildung 5.12).³⁸⁴

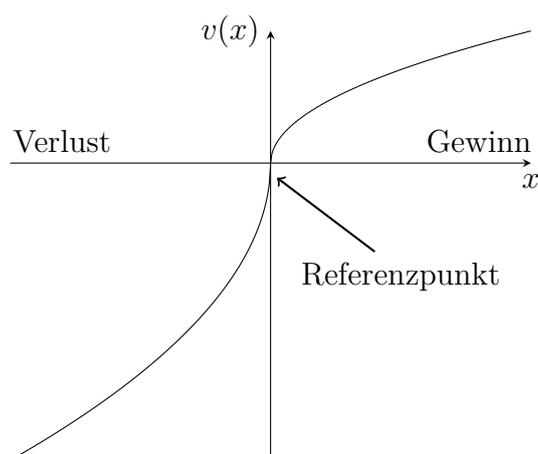


Abbildung 5.12.: S-förmige Wertefunktion nach KAHNEMAN/TVERSKY

³⁸³Vgl. Kahneman und Tversky, 1979, S. 274 f.

³⁸⁴Vgl. ebd., S. 277 ff.

Die ursprünglich von KAHNEMAN/TVERSKY betrachtete *Power-Wertefunktion* lautet:³⁸⁵

$$v(x) = \begin{cases} x^\alpha, & x \geq 0 \\ -\lambda(-x)^\beta, & x < 0 \end{cases} \quad (5.16)$$

wobei im Referenzpunkt $v(0) = 0$ gilt, sowie im Allgemeinen $0 < \alpha, \beta < 1$ und $\lambda > 1$.³⁸⁶ TVERSKY/KAHNEMAN schätzten in ihrer Originalarbeit auf Basis experimenteller Studien die Parameter $\alpha = \beta = 0,88$ und $\lambda = 2,25$.³⁸⁷

2. *Verlustaversion*: Die Wertefunktion verläuft im Verlustbereich steiler als im Gewinnbereich, was formal bedeutet, dass ein beliebiger Verlust stärker wahrgenommen wird als ein im Ausmaß gleich hoher Gewinn:

$$v(x) < |v(-x)| \quad \text{und} \quad v'(x) < v'(-x).$$

Diese unterschiedliche Sensitivität im Bezug auf Gewinne und Verluste drückt der *Verlustaversionsparameter* λ aus. Der empirisch nachgewiesene Wert $\lambda = 2,25$ bedeutet demnach, dass die Sensitivität gegenüber Verlusten mehr als doppelt so hoch ist als gegenüber Gewinnen.

3. *Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktion*: Die aus der Wertefunktion resultierenden Ergebnisse $v(x)$ werden nicht mit den Eintrittswahrscheinlichkeiten $p \in [0, 1]$ multipliziert, sondern mit den nicht-linearen *Entscheidungsgewichten* $\pi(p)$. Grundsätzlich ist die Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktion $v : [0, 1] \rightarrow [0, 1]$ monoton steigend in p , mit $\pi(0) = 0$ und $\pi(1) = 1$ an den Rändern. Empirische Untersuchungen haben gezeigt, dass Wahrscheinlichkeiten nicht linear bewertet werden, sondern eine Überschätzung kleiner Wahrscheinlichkeiten ($\pi(p) > p$) und Unterschätzung mittlerer und großer Wahr-

³⁸⁵Vgl. Tversky und Kahneman, 1992, S. 309.

³⁸⁶Vgl. Eisenführ, Weber und Langer, 2010, S. 433.

³⁸⁷Vgl. Tversky und Kahneman, 1992, S. 311.

scheinlichkeiten ($\pi(p) < p$) stattfindet.³⁸⁸ Zwei komplementäre Ereignisse haben demnach weniger Gewicht als ein sicheres Ereignis, d. h. $\pi(p) + \pi(1-p) < 1$ mit $p \in (0, 1)$. Diese Eigenschaft wird *Subcertainty* genannt.³⁸⁹

Abbildung 5.13 zeigt die graphische Darstellung der Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktion in Anlehnung an TVERSKY/KAHNEMAN aus der Originalarbeit zur kumulativen Prospect Theory als Funktion der Form:³⁹⁰

$$\pi(p) = \frac{p^\gamma}{(p^\gamma + (1-p)^\gamma)^{\frac{1}{\gamma}}}, \quad (5.17)$$

wobei unterschiedliche Koeffizienten γ im Gewinn- bzw. Verlustbereich geschätzt wurden: $\gamma = 0,61$ für Gewinne und $\gamma = 0,69$ für Verluste.³⁹¹ Dies bedeutet, dass die Risikoaversion gegenüber Gewinnen leicht ausgeprägter ist als die Risikofreude bei Verlusten. Grundsätzlich gilt für $\gamma = 1$ der lineare Zusammenhang $\pi(p) = p$ und je kleiner $\gamma \in (0, 27; 1)$ desto kurviger der Funktionsverlauf.³⁹²

Analog zur Erwartungsnutzentheorie ist das Ziel, die Alternative mit dem höchsten Wert zu wählen. Der Wert V einer einfachen Lotterie der Form $(x, p; y, 1-p)$, d. h. das Individuum erhält den Betrag x mit Wahrscheinlichkeit p und mit der Gegenwahrscheinlichkeit $1-p$ den Betrag y , ergibt sich als

$$V(x, p; y, 1-p) = \pi(p) \cdot v(x) + \pi(1-p) \cdot v(y),$$

wobei $x \leq 0 \leq y$ oder $y \leq 0 \leq x$ oder $p + q < 1$ gilt.³⁹³

³⁸⁸Vgl. Kahneman und Tversky, 1979, S. 283.

³⁸⁹Vgl. ebd., S. 281 f.

³⁹⁰Vgl. Tversky und Kahneman, 1992, S. 309 ff.

³⁹¹Vgl. ebd., S. 312. Anstatt $\gamma = 0,61$ schätzten beispielsweise WU/GONZALEZ den Parameter für Gewinne auf 0,71 und CAMERER/HO ermittelten einen Wert von $\gamma = 0,56$. Vgl. dazu Wu und Gonzalez, 1996, S. 1686, sowie Camerer und Ho, 1994, S. 188 f.

³⁹²Vgl. Bleichrodt, Pinto und Wakker, 2001, S. 1502.

³⁹³Ein Prospect mit diesen Eigenschaften wird als *regulärer* Prospect bezeichnet. Für ausschließlich *positive* bzw. *negative* Prospects gilt eine leicht abgewandelte Formel, die für die zu untersuchende Entscheidungssituation jedoch nicht relevant ist. Vgl. dazu Kahneman und Tversky, 1979, S. 276.

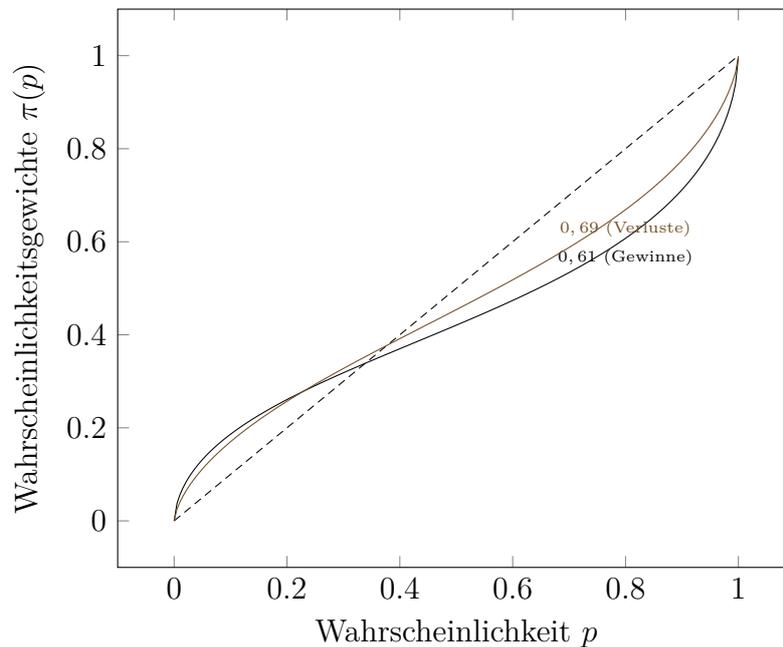


Abbildung 5.13.: Graphische Darstellung der Wahrscheinlichkeitsgewichtungen nach TVERSKY/KAHNEMAN

5.5.2. Editierungsphase: Entscheidungssituation als Prospect (Lotterie gegen das Kollektiv)

Wie bereits ausgeführt, ist das Ziel der Editierungsphase, die gegebenen Entscheidungsalternativen zu vereinfachen. Die im vorangegangenen Abschnitt vorgestellten Editierungsregeln sollen nun auf eine konkrete Versicherungsentscheidung übertragen werden. Ausgangspunkt der zu untersuchenden Entscheidung ist die Wahl zwischen zwei Versicherungsalternativen:

1. Traditioneller Tarif, mit kollektiver Versicherungsprämie \hat{P}_{Koll} ,

oder

2. Datengetriebener Tarif, mit *Digitaler Überwachung* und individueller, verhaltensabhängiger Versicherungsprämie \hat{P}_{ind} .

Für beide Situationen wird ein identisches Anfangsvermögen und Vollversicherung unterstellt. Mit anderen Worten: Die Versicherungsbedingungen sind bei beiden identisch, allein die zusätzlichen, verhaltensabhängigen Daten bewirken einen Prämienunterschied und führen zu einer risikogerechteren Prämie.

Während beim traditionellen Vertrag die Versicherungsprämie \hat{P}_{Koll} auf Basis der verwendeten Tarifmerkmale von vornherein feststeht und diese Alternative damit keiner weiteren Vereinfachung bedarf, liegt der Fokus der Editierungsphase auf dem datengetriebenen Vertrag. Die zum Vertragsbeginn ungewisse und vom Verhalten abhängige Höhe der Versicherungsprämie hat zur Folge, dass unterschiedliche Ergebnisse mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten möglich sind. Im Kontext der Prospect Theory kann dies als n -wertiger prospect (oder einfach diskrete Verteilung) verstanden werden:

$$(\hat{P}_{ind,1}, p_1; \hat{P}_{ind,2}, p_2; \dots; \hat{P}_{ind,n}, p_n)$$

wobei absteigend geordnete erwartete Prämien $\hat{P}_{ind,1} > \hat{P}_{ind,2} > \dots > \hat{P}_{ind,n}$ und normierte Eintrittswahrscheinlichkeiten $\sum_{i=1}^n p_i = 1$ angenommen werden. Abbildung 5.14 zeigt die Wahlsituation exemplarisch in Form von Wahrscheinlichkeitsbäumen.

Die *Kodierung* führt dazu, dass die erwarteten individuellen Prämien bezogen auf einen *Referenzpunkt* wahrgenommen werden. Der Referenzpunkt kann vom Individuum frei gewählt werden. Es wird davon ausgegangen, dass die kollektive Prämie als Referenzpunkt festgelegt wird, da sie von vornherein feststeht und als sichere Alternative fungiert.³⁹⁴ *Gewinne* und *Verluste* lassen sich somit wie folgt definieren:

Gewinn = Prämienersparnis

(die individuelle Prämie ist geringer als die kollektive Prämie).

Verlust = Prämienerrhöhung

(die individuelle Prämie ist höher als die kollektive Prämie).

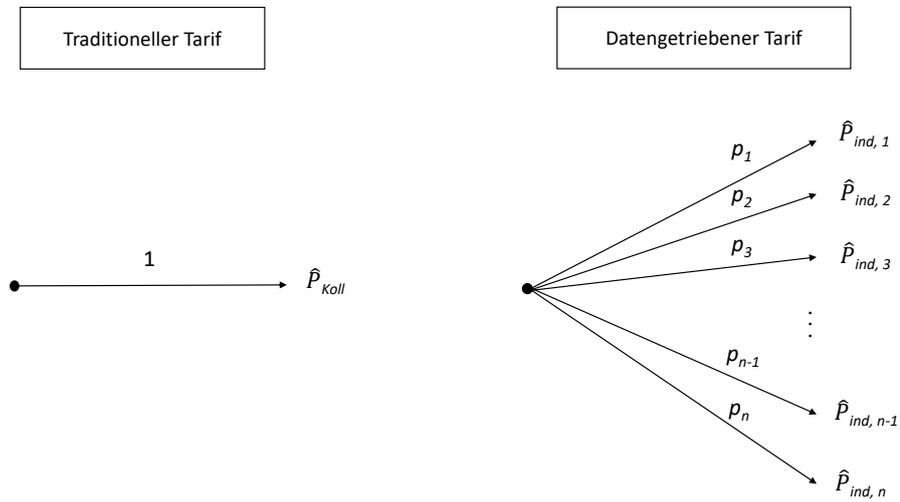


Abbildung 5.14.: Illustration der Versicherungsalternativen als Wahrscheinlichkeitsbäume

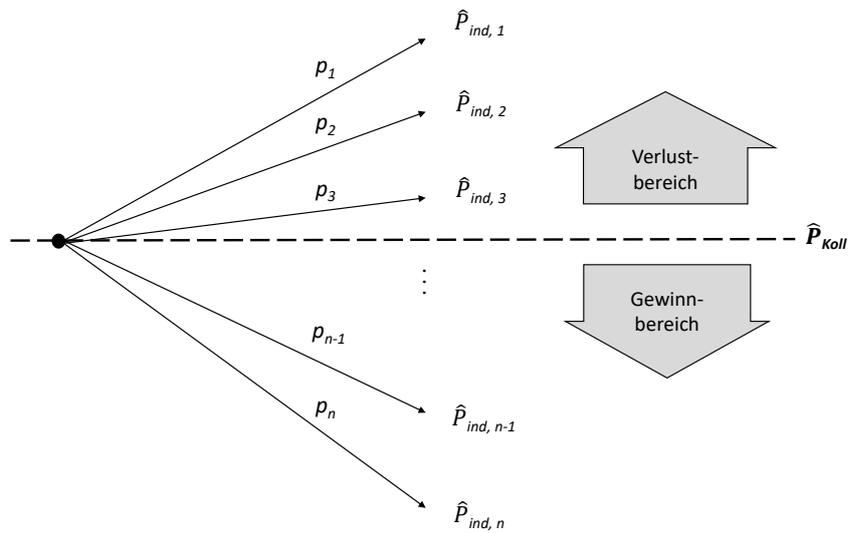


Abbildung 5.15.: Kodierung der datengetriebenen Versicherungsalternativen: Festlegung des Gewinn- bzw. Verlustbereichs

Insbesondere aufgrund der *Vereinfachung* und der *Kombination* ist zu erwarten, dass das Individuum nicht alle möglichen Verhaltensausprägungen und dazugehörigen Eintrittswahrscheinlichkeiten sowie Versicherungsprämien in die Entscheidung einbezieht. Zum einen werden extrem unwahrscheinliche Ergebnisse (sehr hohe bzw. niedrigere Prämien) weggelassen, zum anderen ähnliche Ergebnisse sowie Wahrscheinlichkeiten zusammengefasst. An dieser Stelle wird angenommen, dass das Individuum sein Verhalten in ein - im Vergleich zum Kollektiv - besseres bzw. schlechteres Verhalten unterteilt und jeweils verdichtet. Im Ergebnis führen diese Annahmen dazu, dass nur zwei Positionen übrigbleiben:

- \hat{P}_{ind}^+ : Prämie bei *besserem* Verhalten mit Eintrittswahrscheinlichkeit p^+ ,
- \hat{P}_{ind}^- : Prämie bei *schlechterem* Verhalten mit Eintrittswahrscheinlichkeit p^- .

wobei risikoentsprechend $\hat{P}_{ind}^+ < \hat{P}_{ind}^-$ gilt, sowie $p^+ + p^- = 1$. Begründet wird diese radikale Vereinfachung der möglichen verhaltensabhängigen Versicherungsprämien damit, dass laut TVERSKY/KAHNEMAN Individuen grundsätzlich vereinfachte Vergleiche anstellen und Entscheidungsgrößen reduzieren, um den kognitiven Aufwand zu verringern.³⁹⁵ Ferner ist anzunehmen, dass beide Versicherungsprämien gemäß *Rundung* als natürliche Zahlen, d. h. ohne Nachkommastellen, in die Entscheidung eingehen.

Die *Streichung* der sicheren Elemente, d. h. die kollektive Versicherungsprämie, aus den beiden Alternativen führt dazu, dass *ein* risikobehafteter Prospect übrig bleibt (siehe Abbildung 5.17).

Dominanz tritt in dieser Entscheidungssituation dann auf, wenn $p^+ = 0$ oder $p^+ = 1$. Das heißt, die individuelle Versicherungsprämie wird mit Sicherheit über oder unter der kollektiven Prämie erwartet. Im ersten Fall ($p^+ = 0$ bzw. $p^- = 1$) dominiert die kollektive Versicherungslösung, während im zweiten Fall ($p^+ = 1$ bzw. $p^- = 0$)

³⁹⁴Als Referenzpunkt wäre auch das Anfangsvermögen denkbar. Dies bedeutet allerdings, dass jede Versicherungsprämie als Verlust wahrgenommen wird, da sie das Vermögen schmälert.

³⁹⁵Vgl. Tversky und Kahneman, 1981, S. 457.

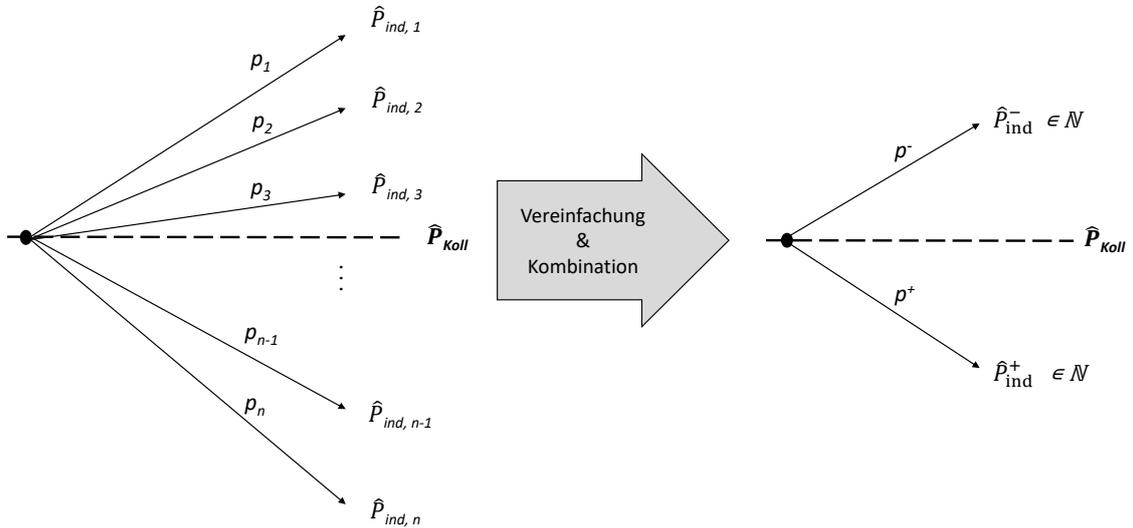


Abbildung 5.16.: Anwendung der Vereinfachungs- und Kombinationsregel auf die datengetriebene Versicherungsalternative

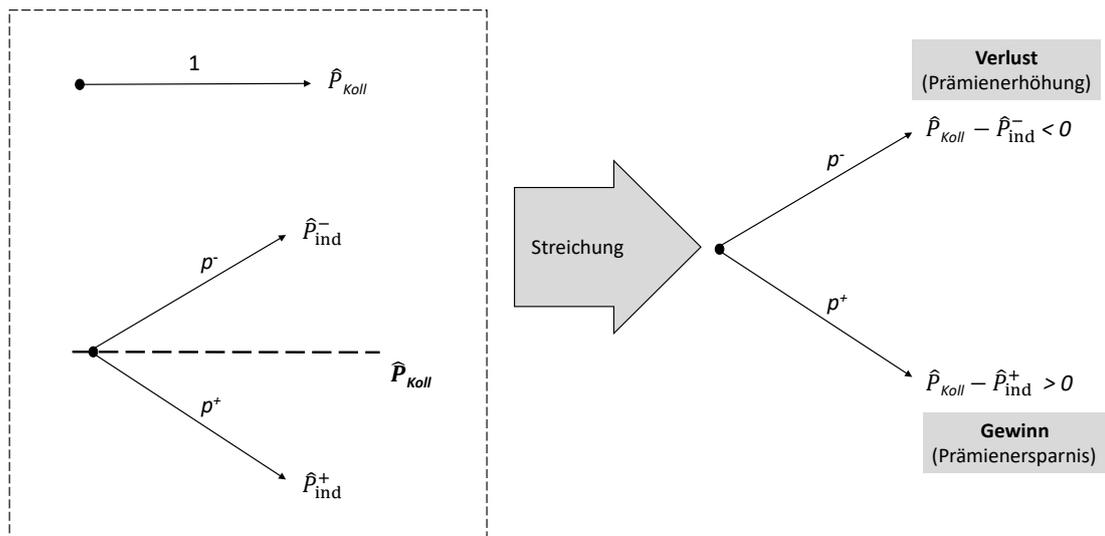


Abbildung 5.17.: Ergebnis der Editierungsphase: Lotterie gegen das Kollektiv

die datengetriebene Versicherungslösung dominiert. Daher wird davon ausgegangen, dass $p^+, p^- \in (0, 1)$ gilt.

Zusammenfassend ergibt sich aus der Editierungsphase für jedes Individuum ein zweiwertiger Prospect der Form:

$$\left(\underbrace{\hat{P}_{Koll} - \hat{P}_{ind}^+}_{\text{Gewinn}}, p^+; \underbrace{\hat{P}_{Koll} - \hat{P}_{ind}^-}_{\text{Verlust}}, p^- \right),$$

mit $\hat{P}_{ind}^+ < \hat{P}_{Koll} < \hat{P}_{ind}^-$ und $p^+ + p^- = 1$.

5.5.3. Evaluationsphase: Entscheidungspräferenzen

Aus der Editierungsphase resultieren zwei mögliche Zustände: Die erwartete verhaltensabhängige Versicherungsprämie liegt entweder *unterhalb* oder *oberhalb* der kollektiven Prämie, mit zugehöriger Wahrscheinlichkeit bzw. Gegenwahrscheinlichkeit. Die Reduktion des Entscheidungsproblems auf diese geringe Anzahl von Entscheidungsgrößen spricht für die Anwendung der Prospect Theory in ihrer ursprünglichen Form.

Die *Wertefunktion* hat für diese Entscheidungssituation die folgende formale Gestalt:

$$v(\hat{P}_{ind}) = \begin{cases} (\hat{P}_{Koll} - \hat{P}_{ind})^\alpha, & \hat{P}_{ind} \leq \hat{P}_{Koll}, \\ -\lambda(-(\hat{P}_{Koll} - \hat{P}_{ind}))^\beta, & \hat{P}_{ind} > \hat{P}_{Koll}. \end{cases} \quad (5.18)$$

wobei typischerweise $0 < \alpha, \beta < 1$ und für den Verlustaversionsparameter $\lambda > 1$ gilt. Die Funktion macht deutlich, dass das Individuum die Ergebnisse nicht in der Form finaler Vermögenspositionen (in Abhängigkeit des Anfangsvermögens), sondern als Gewinne und Verluste relativ zum Referenzpunkt auffasst.

Die Abbildung 5.18 zeigt den exemplarischen Verlauf der Wertefunktion.

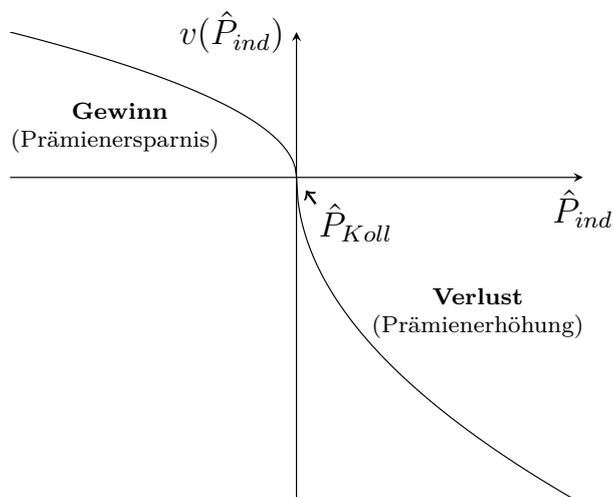


Abbildung 5.18.: (Gespiegelte) S-förmige Wertefunktion für die zu untersuchende Entscheidungssituation

Für dieses konkrete Entscheidungsproblem ist die typische Wertefunktion der Prospect Theory (siehe Abbildung 5.12) an der y-Achse gespiegelt, da Versicherungsprämien gemäß *Kodierung* unterhalb der kollektiven Prämie als Gewinn und oberhalb als Verlust definiert sind.

Aufgrund der *Verlustaversion* wird eine Prämienerhöhung stärker wahrgenommen als eine gleich hohe Prämienersparnis. Dies wird in Abbildung 5.19 graphisch veranschaulicht.

Je größer der Verlustaversionsparameter des Individuums, desto steiler ist die Wertefunktion im Verlustbereich und umso stärker der Effekt. Dies ist eine wichtige Erkenntnis und kann die Entscheidung wesentlich beeinflussen. Ferner zeigt die Abbildung, dass nah am Referenzpunkt die Funktionsverläufe am steilsten sind und selbst betragsmäßig kleine erwartete Prämienerhöhungen dazu führen können, dass das Individuum sich für den kollektiven Vertrag entscheidet.

Aus dem dritten Charakteristikum der Evaluationsphase, der *Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktion*, lassen sich ebenfalls entscheidungsrelevante Effekte ableiten. Gemäß des hypothetischen Funktionsverlaufs $\pi(p)$ (siehe Abbildung 5.13) werden

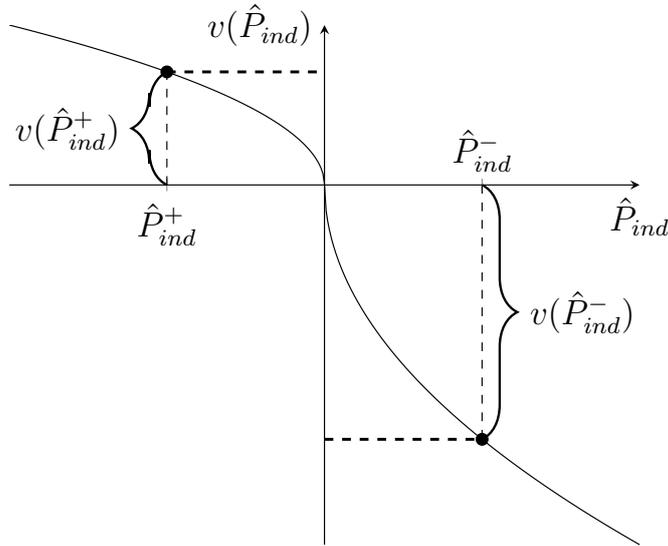


Abbildung 5.19.: Verlustaversion: Unterschiedliche Sensitivität bzgl. Prämienerrhöhung und Prämienersparnis

kleine Wahrscheinlichkeiten stärker und große Wahrscheinlichkeiten schwächer gewichtet.

Konkret bedeutet dies, dass Individuen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit p^+ eine Prämienersparnis erwarten, diese Wahrscheinlichkeit unterschätzen ($\pi(p^+) < p^+$) und andererseits die niedrige Wahrscheinlichkeit einer Prämienerrhöhung p^- überschätzen ($\pi(p^-) > p^-$). Umgekehrt überschätzen Individuen mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit p^+ eine mögliche Prämienersparnis, während die höhere Wahrscheinlichkeit einer Prämienerrhöhung p^- unterschätzt wird.

Da kleine Wahrscheinlichkeiten überschätzt, große jedoch unterschätzt werden, werden die Übergänge dazwischen verzerrt wahrgenommen. Wird beispielsweise die Wahrscheinlichkeit für eine Prämienerrhöhung in Höhe von $p^- = 0,1$ mit $\pi(p^-) = 0,17$ gewichtet und der Wahrscheinlichkeit einer Prämienersparnis in Höhe von $p^+ = 0,9$ ein Gewicht von nur $\pi(p^+) = 0,71$ zugewiesen, entspricht die Steigerung der gewichteten Wahrscheinlichkeiten nur 54 Prozentpunkte ($0,71 - 0,17$). Tatsächlich wären

es jedoch 80 Prozentpunkte ($= 0,9 - 0,1$).³⁹⁶ Dieser Effekt ist bedeutsam, da er dazu führt, dass der Nutzen zusätzlicher Anstrengungen um besser als das Kollektiv zu sein, d. h. die Erhöhung der Wahrscheinlichkeit p^+ , geschmälert wird.

Die subjektive Transformation der Entscheidungsgrößen, die durch die individuelle Ausgestaltung der Wertefunktion und der Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktion zum Ausdruck kommt, führt dazu, dass selbst gute Versicherungsnehmer mit erwarteter individueller Prämie unterhalb der kollektiven Prämie

$$p^+ \hat{P}_{ind}^+ + p^- \hat{P}_{ind}^- < \hat{P}_{Koll}$$

die sichere, kollektive Versicherungsalternative präferieren. Dies soll anhand des Gesamtwertes des zweiwertigen Prospects verdeutlicht werden.

Das Individuum wird sich für den datengetriebenen Vertrag nur dann entscheiden, wenn der Wert V dieser Alternative positiv ist, das heißt

$$V = \pi(p^+) \cdot v(\hat{P}_{Koll} - \hat{P}_{ind}^+) + \pi(p^-) \cdot v(\hat{P}_{Koll} - \hat{P}_{ind}^-) > 0.$$

³⁹⁶Die Werte resultieren aus obiger Gleichung (5.17) für die Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktion gemäß TVERSKY/KAHNEMAN für Gewinne bzw. Verluste:

$$\pi(p^+) = \pi(0,9) = \frac{0,9^{0,61}}{(0,9^{0,61} + (1-0,9)^{0,61})^{\frac{1}{0,61}}} = 0,711716063884206,$$

$$\pi(p^-) = \pi(0,1) = \frac{0,1^{0,69}}{(0,1^{0,69} + (1-0,1)^{0,69})^{\frac{1}{0,69}}} = 0,170145428077176.$$

Durch einfache Umformungen und Einsetzen der Wertefunktion ergibt sich:

$$\begin{aligned}
 \pi(p^+) \cdot v(\hat{P}_{Koll} - \hat{P}_{ind}^+) &> -\pi(p^-) \cdot v(\hat{P}_{Koll} - \hat{P}_{ind}^-) \\
 \Leftrightarrow \frac{\pi(p^+)}{\pi(p^-)} &> -\frac{v(\hat{P}_{Koll} - \hat{P}_{ind}^-)}{v(\hat{P}_{Koll} - \hat{P}_{ind}^+)} \\
 &= -\frac{-\lambda(-(\hat{P}_{Koll}^- - \hat{P}_{ind}^-))^\beta}{(\hat{P}_{Koll} - \hat{P}_{ind}^+)^\alpha} \\
 &= \lambda \frac{(\hat{P}_{ind}^- - \hat{P}_{Koll})^\beta}{(\hat{P}_{Koll} - \hat{P}_{ind}^+)^\alpha}
 \end{aligned}$$

Das heißt, es existiert eine untere Schranke für das Verhältnis der Wahrscheinlichkeitsgewichte in Abhängigkeit von der Parametrisierung der Wertefunktion, d. h. des Verlustaversionparameters λ und dem durch α und β modifizierten Verhältnis aus Prämienersparnis und Prämienersparnis.

Intuitiv ist klar, dass je größer die Verlustaversion und je höher die erwartete Prämienersparnis, desto größer muss der Wahrscheinlichkeitsgewichtsquotient sein. Umgekehrt je kleiner die Verlustaversion und je größer die erwartete Prämienersparnis sind, desto kleiner ist das Verhältnis der Wahrscheinlichkeitsgewichte. Was dies genau für die tatsächliche Wahrscheinlichkeit p^+ bedeutet, soll am folgenden Spezialfall erläutert werden.

Für $\alpha = \beta^{397}$ und betragsmäßige gleich hohe erwartete Prämienänderung ($\hat{P}_{ind}^- - \hat{P}_{Koll} = \hat{P}_{Koll} - \hat{P}_{ind}^+$) folgt

$$\frac{\pi(p^+)}{\pi(p^-)} = \frac{\pi(p^+)}{\pi(1 - p^+)} > \lambda.$$

In Worten: Wird der Unterschied zwischen Gewinn- und Verlustwerten lediglich durch den Verlustaversionparameter λ beschrieben, bildet dieser bei gleich hoher erwarteter Prämienersparnis bzw. Prämienersparnis die untere Schranke.

³⁹⁷Diese Gleichheit wurde bereits aufgrund experimenteller Ergebnisse für die Power Wertefunktion von TVERSKY/KAHNEMANN angenommen ($\alpha = \beta = 0,88$). Vgl. dazu Tversky und Kahneman, 1992, S. 311

Aus der Theorie ist bekannt, dass die Sensitivität gegenüber Verlusten mehr als doppelt so hoch ist als gegenüber Gewinnen, so dass theoretisch beispielsweise

$$\frac{\pi(p^+)}{\pi(p^-)} > 2,25$$

gelten müsste, damit das Individuum sich für den datengetriebenen Vertrag entscheidet. Aufgrund der Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktion und der Eigenschaften der Über- bzw. Unterschätzung von Wahrscheinlichkeiten ist die Bedingung nur für hohe Wahrscheinlichkeiten p^+ erfüllt.

Mit den von TVERSKY/KAHNEMAN geschätzten Parametern $\gamma = 0,61$ für Gewinne und $\gamma = 0,69$ für Verluste lässt sich der Wahrscheinlichkeitsgewichtungsquotient wie folgt schreiben:

$$\frac{\pi(p^+)}{\pi(p^-)} = \frac{\frac{(p^+)^{0,61}}{((p^+)^{0,61} + (1-p^+)^{0,61})^{\frac{1}{0,61}}}}{\frac{(p^-)^{0,69}}{((p^-)^{0,69} + (1-p^-)^{0,69})^{\frac{1}{0,69}}}} = \frac{\frac{(p^+)^{0,61}}{((p^+)^{0,61} + (1-p^+)^{0,61})^{\frac{1}{0,61}}}}{\frac{(1-p^+)^{0,69}}{((1-p^+)^{0,69} + (p^+)^{0,69})^{\frac{1}{0,69}}}}.$$

Abbildung 5.20 zeigt den Verlauf dieser Funktion in Abhängigkeit der tatsächlichen Wahrscheinlichkeit p^+ und demonstriert einen exponentiellen Verlauf. Bei einer Verlustaversion von $\lambda = 2,25$ muss die Wahrscheinlichkeit p^+ fast 80 Prozent betragen, d. h. fast viermal so hoch sein als die Wahrscheinlichkeit $p^- = 1 - p^+$. Der genaue Wert ist in diesem Fall analytisch nicht berechenbar und liegt approximiert bei $p^+ = 0,78847$ (siehe gepunktete, vertikale Linie).

Einfacher wird es, wenn zusätzlich der Parameter γ sowohl für Verluste als auch Gewinne identisch angenommen wird.³⁹⁸ Dadurch lässt sich die Bedingung wie folgt darstellen:

$$\frac{\pi(p^+)}{\pi(p^-)} = \frac{\frac{(p^+)^{\gamma}}{((p^+)^{\gamma} + (1-p^+)^{\gamma})^{\frac{1}{\gamma}}}}{\frac{(p^-)^{\gamma}}{((p^-)^{\gamma} + (1-p^-)^{\gamma})^{\frac{1}{\gamma}}}} = \frac{(p^+)^{\gamma}}{(p^-)^{\gamma}} = \left(\frac{p^+}{1-p^+} \right)^{\gamma} > \lambda.$$

³⁹⁸Dies wird vielfach in empirischen Untersuchungen angenommen, um beispielsweise die Parameteranzahl gering zu halten, angenommen.

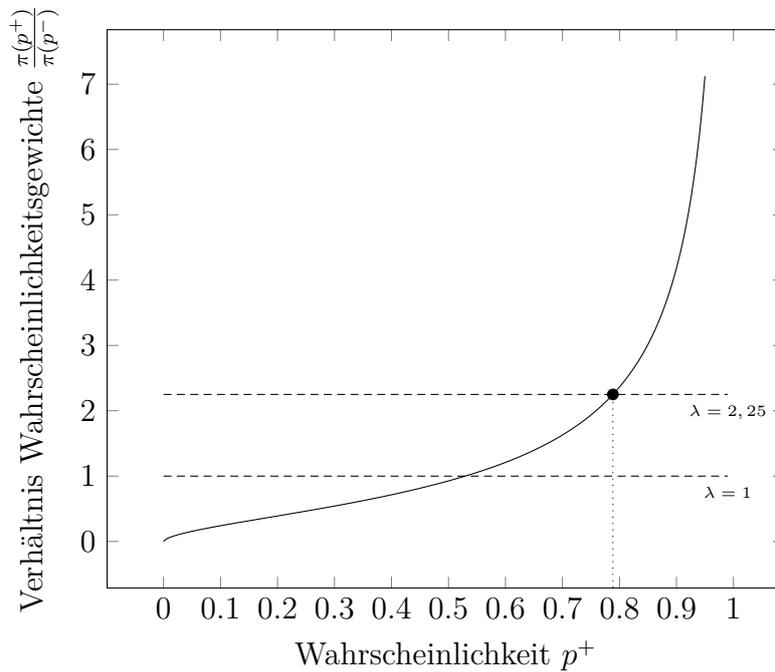


Abbildung 5.20.: Theoretischer Funktionsverlauf des Wahrscheinlichkeitsgewichtungsquotienten $\frac{\pi(p^+)}{\pi(p^-)}$

Daraus folgt für die Wahrscheinlichkeit p^+ :

$$p^+ > \frac{\lambda^{\frac{1}{\gamma}}}{1 + \lambda^{\frac{1}{\gamma}}}.$$

Mit den theoretischen Werten $\lambda = 2,25$ und $\gamma = 0,61$ ergibt sich eine untere Schranke in Höhe von 0,79074 respektive für $\lambda = 2,25$ und $\gamma = 0,69$ ein Wert von 0,76409.

Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass die Erkenntnisse der Prospect Theory auf das Entscheidungsverhalten im Hinblick auf eine risikogerechte Tarifierung ein wichtiger Erklärungsansatz sein können, um eine stärkere Präferenz für die kollektive Versicherungsprämie zu begründen. Diese ist umso größer

- je größer die Überschätzung einer möglichen Prämienerrhöhung (ausgeprägte Verlustaversion),

- je näher die erwartete risikogerechte Prämie an der kollektiven Prämie ist (geringe Prämienunterschiede), und
- je höher eine Verhaltensverbesserung unterschätzt wird (subjektive Wahrscheinlichkeitstransformation).

Vor diesem Hintergrund lässt sich die noch geringe Anzahl an Telematikverträgen³⁹⁹ auf dem deutschen Kfz-Markt theoretisch begründen und ist ein interessantes Resultat für Versicherungsunternehmen. Sollte in Zukunft nicht nur gutes Fahrverhalten belohnt werden, sondern auch eine schlechte Fahrweise zu einer Prämienhöhung führen, würde dies die Kollektivpräferenz zusätzlich verstärken.

³⁹⁹Vgl. Telematik-Exkurs in Kapitel 4.

6. Zusammenfassung der Ergebnisse

Zentraler Gegenstand der vorliegenden Arbeit war es zu untersuchen, inwiefern sich zusätzliche individuelle Daten des Individuums auf die Versicherungsentscheidung auswirken. Die zunehmende Digitalisierung des Alltags liefert Unmengen an digitalen Daten, die dazu genutzt werden können, um die wahre Risikoexposition des Versicherungsnehmers präziser abzubilden und risikogerechter zu tarifieren. Risikogerechter bedeutet in letzter Konsequenz, dass die resultierende Versicherungsprämie nicht nur niedriger sondern auch höher als die konventionelle Prämie sein kann. Die datengetriebenen Versicherungslösungen werden daher im Verhältnis zu einer Referenzsituation betrachtet. Für die hier durchgeführte modelltheoretische Analyse entspricht die Referenzsituation dem klassischen Versicherungsmarkt, in dem die Versicherungsnehmer gemäß ausgewählter Risikomerkmale in quasi-homogene Risikogruppen zusammengefasst werden und eine durchschnittliche (kollektive) Prämie zahlen. Der datengetriebene Vertrag kann - neben dem klassischen Tarif - als Option gesehen werden und bewirkt damit eine Entscheidungssituation des Individuums.

Die durchgeführte modelltheoretische Analyse erlaubt die folgenden Aussagen zu treffen:

1. Versicherungsnehmer mit einem unterdurchschnittlichen Schadenerwartungswert, sollten sich für den datengetriebenen Tarif entscheiden und sowohl ihre *Digitale Historie* offenlegen als auch *Digitale Überwachung* akzeptieren.
2. Die Entscheidung hängt sowohl von der Höhe der Prämienersparnis, d. h. im weiteren Sinne von der Referenzsituation, als auch von nicht-monetären Effekten ab.

3. Versicherungsnehmer mit einem überdurchschnittlichen Schadenerwartungswert sollten nicht ihre vollständige Information offenbaren, stattdessen gezielt *Digitale Kontrolle* vereinbaren.
4. Bei Risiken, die stark vom individuellen Verhalten abhängig sind, ist die *Digitale Überwachung* sinnvoll. Die Entscheidung für diese Art von Versicherung ist jedoch von der konkreten Vertragsgestaltung abhängig. Wird nur gutes Verhalten belohnt und schlechtes Verhalten nicht bestraft, ist dieser Tarif sowohl für gute als auch schlechte Versicherungsnehmer von Vorteil. Für den Versicherer besteht jedoch die Gefahr, dass die sinkenden Prämieinnahmen zu einer Verschlechterung der Schadenquote im Kollektiv führen, wenn sich die Schadenaufwände nicht im selben Maße reduzieren.
5. Bei Risiken, die schwer zu versichern sind und im Allgemeinen zu Risikoabschlüssen führen, ermöglichen *Digitale Kontrolle* bzw. *Digitale Überwachung* dem Versicherer individuelle Versicherungslösungen zu entwickeln und risikorexponierten Individuen anzubieten.
6. Das Simulationsexperiment hat gezeigt, dass es bei einer symmetrischen Verteilung der individuellen Schadenwahrscheinlichkeiten um die kollektive Schadenwahrscheinlichkeit nicht notwendig ist, sich permanent besser zu verhalten als das Kollektiv (nur mindestens 50 Prozent). Einzelne schlechte Scorewerte können über das gesamte Versicherungsjahr im Jahres-Scorewert ausgeglichen werden. Dies kann ein wichtiger psychologischer Effekt sein, denn dadurch wird Druck abgebaut und die Motivation für schadenpräventives Verhalten aufrecht erhalten.
7. Im Allgemeinen ist die Feedback-Funktion zum Risikoverhalten (beispielsweise täglicher Score-Wert) ein wichtiger Baustein datengetriebener Tarife und ermöglicht dem Versicherungsnehmer prämienswirksame Zusammenhänge zu verstehen und unmittelbar Einfluss auf das individuelle Risiko zu nehmen.

8. Die verhaltensökonomische Analyse gemäß der Prospect Theory hat aufgezeigt, dass die subjektive Transformation von Entscheidungsgrößen einen erheblichen Effekt auf das Entscheidungsverhalten hat. Insbesondere die Über- bzw. Unterschätzung von Wahrscheinlichkeiten und die stärkere Wahrnehmung von Verlusten (eine mögliche Prämienerrhöhung oder ein schlechter Scorewert) führen dazu, dass die Individuen zur sicheren, kollektiven Versicherungsalternative tendieren.

Für weiteren Forschungsbedarf ergeben sich vier wesentliche Punkte.

- Zum einen sollte über diese Arbeit hinausgehend, die Wettbewerbssituation auf dem Versicherungsmarkt berücksichtigt werden. Aufgrund der Kalkulationsfreiheit und der Konkurrenzbeziehung zwischen den Versicherern kann sich die Referenzsituation je nach Versicherungsangebot ändern und damit die Entscheidung des Versicherungsnehmers beeinflussen.
- Der zweite wichtige Aspekt ist das Simulationsexperiment als dynamisches Modell darzustellen und weitere Komponenten - wie etwa variables Wechselverhalten - einzubauen. Konkret bedeutet dies, dass die Verhaltensübergänge nicht mehr zeithomogen sind, sondern durch eine *zeitinhomogene* Markov-Kette modelliert werden könnten.
- Der dritte Aspekt betrifft den empirischen Nachweis der tatsächlichen Verlustaversion des Versicherungsnehmers, um die These der Kollektivprämien-Präferenz zu stützen.
- Der letzte Aspekt umfasst den Cash-Flow der Prämienzahlungen im Allgemeinen, das heißt, inwiefern der Zeitpunkt der Prämienzahlung bzw. der Bonus-/Malus-Zahlungen die Nachfrage von verhaltensabhängigen Versicherungstarifen beeinflusst.

A. Anhang

A.1. Simulationsexperiment: Stichprobenumfang N

Die Schätzung der *verhaltensabhängigen Schadenwahrscheinlichkeit*

$$\hat{p} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N p_k.$$

mit Hilfe der Kompositionsmethode im Unterkapitel 5.4.2 kann mit unterschiedlichen Simulationsergebnissen (p_1, p_2, \dots, p_N) unterschiedliche Schätzwerte haben. Es stellt sich daher die Frage nach der Zuverlässigkeit der Schätzungen.

Bekannte Konzepte zur Bewertung von Genauigkeit und Zuverlässigkeit von Schätzern sind zum einen die *Varianz* und zum anderen *Konfidenzintervalle*.

Um die Varianz der verhaltensabhängigen Schadenwahrscheinlichkeiten zu bestimmen, bedarf es

- der Varianz einer gleichverteilten Zufallsvariable $X \sim U[a; b]$:
$$\text{Var}(X) = \frac{(b-a)^2}{12}.$$
- der Varianz der Linearkombination $\text{Var}(cX + dY) = c^2\text{Var}(X) + d^2\text{Var}(Y)$ für unabhängige Zufallsvariablen X und Y , sowie $c, d \in \mathbb{R}$.

Damit lässt sich die Varianz der einzelnen verhaltensabhängigen Schadenwahrscheinlichkeiten (Gleichung (5.6)) wie folgt berechnen

$$\begin{aligned} \text{Var}(p_k) &= q^2 \cdot \frac{(\hat{p}_0 - \hat{p}_0(1-b))^2}{12} + (1-q)^2 \cdot \frac{(\hat{p}_0(1+m) - \hat{p}_0)^2}{12} \\ &= q^2 \cdot \frac{(\hat{p}_0 b)^2}{12} + (1-q)^2 \cdot \frac{(\hat{p}_0 m)^2}{12} \\ &= \frac{\hat{p}_0^2}{12} \cdot (q^2 b^2 + (1-q)^2 m^2) \end{aligned}$$

und hängt von den Parametern \hat{p}_0, q, b und m ab. Insbesondere je größer das Spektrum der Schadenwahrscheinlichkeiten, umso größer die Varianz.

Aufgrund der unabhängigen und identisch verteilten Schadenwahrscheinlichkeiten ergibt sich die Varianz des Stichprobenmittels als:

$$\begin{aligned} \text{Var}\left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N p_k\right) &= \frac{1}{N^2} \sum_{k=1}^N \text{Var}(p_k) = \frac{1}{N^2} N \text{Var}(p_k) \\ &= \frac{1}{N} \text{Var}(p_k) \\ &= \frac{1}{N} \frac{\hat{p}_0^2}{12} (q^2 b^2 + (1-q)^2 m^2) \\ &\xrightarrow{N \rightarrow \infty} 0. \end{aligned}$$

Für eine möglichst geringe Varianz des Simulationsergebnisses ist ein möglichst großer Stichprobenumfang N anzustreben.

Es stellt sich die Frage: Wie groß ist der Stichprobenumfang N zu wählen, um eine bestimmte Genauigkeit zu erreichen? Die Genauigkeit einer Schätzung und ihre Abhängigkeit vom Stichprobenumfang N kann mit einem sogenannten *Konfidenzintervall zum Niveau δ* beschrieben werden. Dabei ist N so zu wählen, dass

$$P\left(\left|\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N p_k - E(p_k)\right| \leq \epsilon\right) \geq 1 - \delta \quad (\text{A.1})$$

gilt, mit vorgegebener *Genauigkeit* $\epsilon > 0$ und *Fehlerwahrscheinlichkeit* $\delta > 0$. Typischerweise werden kleine Werte für ϵ und δ gewählt, wie etwa 0,01 oder 0,05.

Unter Verwendung des *Zentralen Grenzwertsatzes* erhält man folgende asymptotische Aussage für das obige Konfidenzintervall:

$$\begin{aligned}
 1 - \delta &\leq P \left(\left| \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N p_k - E(p_k) \right| \leq \epsilon \right) \\
 &= P \left(\frac{\left| \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N p_k - E(p_k) \right|}{\sqrt{\text{Var} \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N p_k \right)}} \leq \frac{\epsilon}{\sqrt{\text{Var} \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N p_k \right)}} \right) \\
 &= P \left(\frac{\left| \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N p_k - E(p_k) \right|}{\sqrt{\frac{1}{N} \text{Var}(p_k)}} \leq \frac{\epsilon}{\sqrt{\frac{1}{N} \text{Var}(p_k)}} \right) \\
 &= P \left(\sqrt{N} \frac{\left| \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N p_k - E(p_k) \right|}{\sqrt{\text{Var}(p_k)}} \leq \sqrt{N} \frac{\epsilon}{\sqrt{\text{Var}(p_k)}} \right) \\
 &\xrightarrow{\text{ZGWS}} \Phi \left(\sqrt{N} \frac{\epsilon}{\sqrt{\text{Var}(p_k)}} \right) - \Phi \left(-\sqrt{N} \frac{\epsilon}{\sqrt{\text{Var}(p_k)}} \right) \\
 &= \Phi \left(\sqrt{N} \frac{\epsilon}{\sqrt{\text{Var}(p_k)}} \right) - \left(1 - \Phi \left(\sqrt{N} \frac{\epsilon}{\sqrt{\text{Var}(p_k)}} \right) \right) \\
 &= 2\Phi \left(\sqrt{N} \frac{\epsilon}{\sqrt{\text{Var}(p_k)}} \right) - 1
 \end{aligned}$$

Daraus folgt:

$$\begin{aligned}
 1 - \frac{\delta}{2} &\leq \Phi \left(\sqrt{N} \frac{\epsilon}{\sqrt{\text{Var}(p_k)}} \right) \\
 \Phi^{-1} \left(1 - \frac{\delta}{2} \right) &\leq \sqrt{N} \frac{\epsilon}{\sqrt{\text{Var}(p_k)}} \\
 N &\geq \left(\frac{\Phi^{-1} \left(1 - \frac{\delta}{2} \right)}{\epsilon} \right)^2 \text{Var}(p_k)
 \end{aligned}$$

Und damit:

$$N \geq \left(\frac{\Phi^{-1} \left(1 - \frac{\delta}{2} \right)}{\epsilon} \right)^2 \frac{\hat{p}_0^2}{12} (q^2 b^2 + (1 - q)^2 m^2) \tag{A.2}$$

Mit $\hat{p}_0, q, m, b \in (0, 1)$ gilt:

$$\text{Var}(p_k) = \underbrace{\frac{\hat{p}_0^2}{12}}_{\leq \frac{1}{12}} \cdot \underbrace{(q^2 b^2 + (1-q)^2 m^2)}_{\leq 1} \leq \frac{1}{12},$$

so dass unter der Annahme einer Genauigkeit von $\epsilon = 0,01$ und einer Fehlerwahrscheinlichkeit $\delta = 0,01$ für die Ungleichung (A.2) folgt:

$$\begin{aligned} \left(\frac{\Phi^{-1}\left(1 - \frac{\delta}{2}\right)}{\epsilon} \right)^2 \frac{\hat{p}_0^2}{12} (q^2 b^2 + (1-q)^2 m^2) &\leq \left(\frac{\Phi^{-1}\left(1 - \frac{0,01}{2}\right)}{0,01} \right)^2 \frac{1}{12} \\ &= \left(\frac{\Phi^{-1}(0,995)}{0,01} \right)^2 \frac{1}{12} \\ &= \left(\frac{2,5758}{0,01} \right)^2 \frac{1}{12} \\ &= 5528,9547. \end{aligned}$$

In Worten: Ist der Stichprobenumfang N größer als ca. 5529, weicht der Schätzwert mit Wahrscheinlichkeit 99% nicht mehr als 0,01 vom Erwartungswert ab.

A.2. Markov-Kette: Stationäre Verteilung im Zweizustandsmodell

Die folgenden Ausführungen beruhen auf der Markovketten-Theorie und dienen zum besseren Verständnis der verwendeten stationären Verteilung im Unterkapitel 5.4.5.⁴⁰⁰

⁴⁰⁰Für weiterführende Eigenschaften von Markovketten sei an dieser Stelle auf die mathematische Fachliteratur verwiesen.

Die stationäre Verteilung ist die Lösung der folgenden Gleichgewichtsbedingung in Matrixform:

$$M^{tr} \pi = \pi$$

$$\Leftrightarrow \begin{pmatrix} 1 - \alpha & \beta \\ \alpha & 1 - \beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \pi_0 \\ \pi_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \pi_0 \\ \pi_1 \end{pmatrix},$$

mit der Normierungsbedingung $\pi_0 + \pi_1 = 1$.

Daraus resultiert das folgende Gleichungssystem:

$$(1 - \alpha)\pi_0 + \beta\pi_1 = \pi_0$$

$$\alpha\pi_0 + (1 - \beta)\pi_1 = \pi_1$$

$$\pi_0 + \pi_1 = 1.$$

Durch Umformen ergibt sich die dazugehörige Lösung:⁴⁰¹

$$\pi_0 = \frac{\beta}{\alpha + \beta} \quad \text{und} \quad \pi_1 = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}.$$

Die Bedeutung der stationären Verteilung zeigt sich aus ihrem Zusammenhang mit der asymptotischen Entwicklung der Markov-Kette. Für die Herleitung der Konvergenz wird in der numerischen Mathematik das Grundprinzip der Vektoriteration (auch Potenzmethode genannt) verwendet. Bei dieser wird eine beliebige Startverteilung $\mu^{(0)}$ angenommen und iterativ fortgesetzt. Zum Zeitpunkt $n + 1$ befindet sich die Markovkette in der Verteilung:⁴⁰²

$$\mu^{(n+1)} = M^{tr} \mu^{(n)} = M^{tr} M^{tr} \mu^{(n-1)} = \dots = (M^{n+1})^{tr} \mu^{(0)}, \quad (\text{A.3})$$

⁴⁰¹Vgl. zum Beispiel Rüschemdorf, 2016, S. 131.

⁴⁰²Vgl. zum Beispiel Häggström, 2002, S. 11 f.

das heißt sämtliche Verteilungen einer Markovkette können allein durch die Startverteilung und die Potenzen der Übergangsmatrix bestimmt werden.

Die $(n + 1)$ -te Potenz der obigen Übergangsmatrix ist gegeben durch:⁴⁰³

$$M^{n+1} = \frac{1}{\alpha + \beta} \begin{pmatrix} \beta & \alpha \\ \beta & \alpha \end{pmatrix} + \frac{(1 - \alpha - \beta)^{n+1}}{\alpha + \beta} \begin{pmatrix} \alpha & -\alpha \\ -\beta & \beta \end{pmatrix}. \quad (\text{A.4})$$

Für die Konvergenz der betrachteten Markovkette folgt mit Hilfe der beiden Gleichungen (A.3) und (A.4):

$$\begin{aligned} & \lim_{n \rightarrow \infty} \mu^{(n+1)} \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left((M^{n+1})^{tr} \mu^{(0)} \right) \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\left(\frac{1}{\alpha + \beta} \begin{pmatrix} \beta & \alpha \\ \beta & \alpha \end{pmatrix} + \frac{(1 - \alpha - \beta)^{n+1}}{\alpha + \beta} \begin{pmatrix} \alpha & -\alpha \\ -\beta & \beta \end{pmatrix} \right)^{tr} \mu^{(0)} \right) \\ &= \left(\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{\alpha + \beta} \begin{pmatrix} \beta & \alpha \\ \beta & \alpha \end{pmatrix} + \frac{(1 - \alpha - \beta)^{n+1}}{\alpha + \beta} \begin{pmatrix} \alpha & -\alpha \\ -\beta & \beta \end{pmatrix} \right)^{tr} \right) \mu^{(0)} \\ &= \left(\frac{1}{\alpha + \beta} \begin{pmatrix} \beta & \alpha \\ \beta & \alpha \end{pmatrix} \right)^{tr} \mu^{(0)} \\ &= \left(\frac{1}{\alpha + \beta} \begin{pmatrix} \beta & \beta \\ \alpha & \alpha \end{pmatrix} \right) \mu^{(0)}. \end{aligned}$$

Daran wird deutlich, dass unabhängig davon, ob der Versicherungsnehmer mit gutem Verhalten $\mu^{(0)} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ oder schlechtem Verhalten $\mu^{(0)} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ startet, die Wahr-

⁴⁰³Vgl. zum Beispiel Behrends, 2000, S. 71 ff.

scheinlichkeitsverteilung der beiden Zustände auf lange Sicht (für $n \rightarrow \infty$) gegen die stationäre Verteilung π konvergiert:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \mu^{(n+1)} = \left(\frac{1}{\alpha + \beta} \begin{pmatrix} \beta & \beta \\ \alpha & \alpha \end{pmatrix} \right) \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \frac{1}{\alpha + \beta} \begin{pmatrix} \beta \\ \alpha \end{pmatrix} = \pi,$$

sowie

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \mu^{(n+1)} = \left(\frac{1}{\alpha + \beta} \begin{pmatrix} \beta & \beta \\ \alpha & \alpha \end{pmatrix} \right) \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \frac{1}{\alpha + \beta} \begin{pmatrix} \beta \\ \alpha \end{pmatrix} = \pi.$$

Literaturverzeichnis

- Actuarial Standards Board: Actuarial Standard of Practice No. 12 (2005). *Risk Classification (for All Practice Areas)*. Techn. Ber. Actuarial Standards Board.
- Ahmadi, Babak und Nahrgang, Sten (2017). „Wie künstliche Intelligenz die Versicherungsbranche verändert“. In: *Zeitschrift für Versicherungswesen* Vol. 68, No. 2, S. 63–65.
- Albrecht, Peter (1982). „Gesetze der großen Zahlen und Ausgleich im Kollektiv - Bemerkungen zu Grundlagen der Versicherungsproduktion“. In: *Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft* Vol. 71, No. 3, S. 501–538.
- Albrecht, Peter (1992). *Zur Risikotransformationstheorie der Versicherung: Grundlagen und ökonomische Konsequenzen*. Karlsruhe: Verlag Versicherungswirtschaft e.V.
- Albrecht, Peter (2018). „Tarifierung in der Privatversicherung: Big Data, Risikoadäquanz, Solidarität“. In: *Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft* Vol. 107, No. 5, S. 449–467.
- Albrecht, Peter und Lippe, Stefan (1988). „Prämie, mathematische und wirtschaftliche Fragen“. In: *Handwörterbuch der Versicherung (HdV)*. Hrsg. von Dieter Farny et al. Karlsruhe: Verlag Versicherungswirtschaft e.V., S. 525–532.
- Albrecht, Peter und Schwake, Edmund (1988). „Risiko, Versicherungstechnisches“. In: *Handwörterbuch der Versicherung (HdV)*. Hrsg. von Dieter Farny et al. Karlsruhe: Verlag Versicherungswirtschaft e.V., S. 651–657.

- Albrecht, Peter und Telschow, Ingo (1996). *Integrierte Markt- und Risikosegmentierung in einem deregulierten Versicherungsmarkt*. Hrsg. von Institut für Versicherungswissenschaft der Universität Mannheim. Bd. 66. Karlsruhe: Verlag Versicherungswirtschaft e.V.
- Albrecht, Urs-Vito, Hrsg. (2016). *Chancen und Risiken von Gesundheits-Apps (CHARISMHA)*. Medizinische Hochschule Hannover.
- Almeida, Fernando (2018). „Big Data: Concept, Potentialities and Vulnerabilities“. In: *Emerging Science Journal* Vol. 2, No. 1, S. 1–10.
- Anagnostopoulos, I., Zeadally, S. und Exposito, E. (2016). „Handling big data: research challenges and future directions“. In: *The Journal of Supercomputing* Vol. 72, No. 4, S. 1494–1516.
- Anchen, Jonathan und Dave, Ashish (2019). *Advanced Analytics: Neue Einsatzmöglichkeiten in der Nichtlebenversicherung (sigma Nr. 4 /2019)*. Hrsg. von Swiss Re Management AG/ Swiss Re Institute. Zürich: Swiss Re.
- Anchen, Jonathan, Frey, Astrid und Kirova, Milka (2015). *Lebensversicherung im digitalen Zeitalter: Ein grundlegender Wandel steht bevor (sigma Nr. 6/2015)*. Hrsg. von Swiss Re AG/ Economic Research & Consulting. Zürich: Swiss Re.
- Andelfinger, Volker P. und Hänisch, Till, Hrsg. (2016). *eHealth. Wie Smartphones, Apps und Wearables die Gesundheitsversorgung verändern werden*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Imprint: Springer Gabler.
- Arisov, Elisabeth et al. (2019). *Individualisierte Versicherungslösungen in einer digitalen Welt: Eine Studie des Zentrums für Risk & Insurance*. Winterthur: ZHAW School of Management und Law (Abteilung Banking, Finance, Insurance).
- Arrow, Kenneth J. (1963). „Uncertainty and the Welfare of Medical Care“. In: *The American Economic Review* Vol. 53, No. 5, S. 941–973.
- Arrow, Kenneth J. (1974). „Optimal insurance and generalized deductibles“. In: *Scandinavian Actuarial Journal* Vol. 1974, No. 1, S. 1–42.
- Aschendorf, Bernd (2014). *Energiemanagement durch Gebäudeautomation: Grundlagen Technologien Anwendungen*. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.

- ASSEKURATA (2020). *Methodik der Assekurata-Tarifanalyse Telematik (Kfz-Versicherung)*. Assekuranz Rating-Agentur GmbH.
- August, Dietrich und Grimbacher, Bodo (2017). „Entwicklung der genetischen Diagnostik“. In: *BIOspektrum* Vol. 23, No. 1, S. 37–40.
- Ausschuss Actuarial Data Science der Deutschen Aktuarvereinigung e.V. (2020). *Anwendung von Künstlicher Intelligenz in der Versicherungswirtschaft*. Köln, 14. Februar 2020.
- Ausschuss Lebensversicherung der Deutschen Aktuarvereinigung e.V. (2019). *Big Data in der Lebensversicherung*. Köln, den 19. September 2019.
- Ausschuss Schadenversicherung der Deutschen Aktuarvereinigung e.V. (2019). *Aktuarieller Umgang mit Big Data in der Schadenversicherung*. Köln, 17. Mai 2019.
- Ayuso, Mercedes, Guillen, Montserrat und Nielsen, Jens Perch (2019). „Improving automobile insurance ratemaking using telematics: incorporating mileage and driver behaviour data“. In: *Transportation* Vol. 46, No. 3, S. 735–752.
- Ayuso, Mercedes, Guillén, Montserrat und Pérez Marín, Ana María (2016). „Using GPS data to analyse the distance travelled to the first accident at fault in pay-as-you-drive insurance“. In: *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* Vol. 68, S. 160–167.
- Ayuso, Mercedes, Guillen, Montserrat und Pérez-Marín, Ana (2016). „Telematics and Gender Discrimination: Some Usage-Based Evidence on Whether Men’s Risk of Accidents Differs from Women’s“. In: *Risks* Vol. 4, No. 2, S. 1–10.
- Bamberg, Günter, Coenenberg, Adolf G. und Krapp, Michael (2019). *Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre*. 16. Aufl. München: Franz Vahlen GmbH.
- Bauer, Christopher et al. (2015). *Browsercookies und alternative Tracking-Technologien: technische und datenschutzrechtliche Aspekte (whitepaper)*. Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V.
- Becker, Torsten (2017). *Mathematik der privaten Krankenversicherung*. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.

- Beer, Simone et al. (2017). *Assekuranz 2025: Quo vadis?* Hrsg. von Institut für Versicherungswirtschaft der Universität St. Gallen. I · VW-HSG Schriftenreihe, Band 63.
- Beerheide, Rebecca (2018). „Elektronische Gesundheitsakte: Die App als digitale Begleiterin“. In: *Deutsches Ärzteblatt* Vol. 115, No. 24, S. 1158–1159.
- Behrends, Ehrhard (2000). *Introduction to Markov Chains: with special emphasis on rapid mixing*. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- Berliner, Baruch (1982). *Die Grenzen der Versicherbarkeit von Risiken*. Zürich: Schweizerische Rückversicherungsgesellschaft.
- Bernoulli, Daniel (1896). *Die Grundlage der modernen Wertlehre: Versuch einer neuen Theorie der Wertbestimmung von Glücksfällen (Specimen Theoriae novae de Mensura Sortis)*. Hrsg. von Alfred Pringsheim. Leipzig: Duncker & Humblot reprints.
- Bitkom (2019). *Smartphone-Markt wächst um 3 Prozent auf 34 Milliarden Euro*. URL: <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Smartphone-Markt-waechst-um-3-Prozent-auf-34-Milliarden-Euro>.
- Bitkom (2020). *Das intelligente Zuhause: Smart Home 2020*. URL: https://www.bitkom.org/sites/default/files/2020-09/bitkom-prasentation-smart%7B%5C_%7Dhome2020%7B%5C_%7Dfinal.pdf.
- Bitkom und DFKI, Hrsg. (2017). *Künstliche Intelligenz: Wirtschaftliche Bedeutung, gesellschaftliche Herausforderungen, menschliche Verantwortung*. Berlin: Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V.
- Bitter, Philip und Uphues, Steffen (2017). *Big Data und die Versichertengemeinschaft - „Entsolidarisierung“ durch Digitalisierung?* Institut für Informations-, Telekommunikations- und Medienrecht (ITM), Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Bleichrodt, Han, Pinto, Jose Luis und Wakker, Peter P. (2001). „Making descriptive use of prospect theory to improve the prescriptive use of expected utility“. In: *Management Science* Vol. 47, No. 11, S. 1498–1514.

- Borch, Karl H., Aase, Knut K. und Sandmo, Agnar (1990). *Economics of Insurance*. 1. Aufl. Amsterdam: North-Holland.
- Bosler, Micha, Jud, Christopher und Herzwurm, Georg (2017). „Connected-Car-Services: eine Klassifikation der Plattformen für das vernetzte Automobil“. In: *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* Vol. 54, No. 6, S. 1005–1020.
- Braeß, Paul (1958). „Prämiengerechtigkeit aus wirtschaftswissenschaftlicher Sicht“. In: *Versicherungswissenschaftliches Archiv*, S. 257–268.
- Braeß, Paul (1960). *Versicherung und Risiko*. Hrsg. von Die Wirtschaftswissenschaften (Band 25). Wiesbaden: Gabler.
- Brendel, Annelie, Spies, Claudia und Dierks, Christian (2015). „Direct-to-consumer Gen- und HIV-Tests: Aktuelle & künftige Anforderungen an Inverkehrbringen, Inbetriebnahme & Testdurchführung“. In: *GesundheitsRecht* Vol. 14, No. 7, S. 391–398.
- Budzinski, Oliver und Schneider, Sonja (2017). „Smart Fitness: Ökonomische Effekte einer Digitalisierung der Selbstvermessung“. In: *List Forum für Wirtschafts- und Finanzpolitik* Vol. 43, No. 2, S. 89–124.
- Bühlmann, Hans (1967). „Experience Rating and Credibility“. In: *ASTIN Bulletin* Vol. 4, No. 3, S. 199–207.
- Bühlmann, Hans (1969). „Experience Rating and Credibility“. In: *ASTIN Bulletin* Vol. 5, No. 2, S. 157–165.
- Bühlmann, Hans und Gisler, Alois (2005). *A Course in Credibility Theory and its Applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Bühlmann, Hans und Straub, Erwin (1970). „Glaubwürdigkeit für Schadensätze“. In: *Mitteilungen der Vereinigung schweizerischer Versicherungsmathematiker* Vol. 70, No. 1, S. 111–133.
- Bundesnetzagentur (2021). *Jahresbericht 2020: Märkte im digitalen Wandel*. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen.

- Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V. (2018). *Digitale Nutzung in Deutschland 2018 (Präsentation von Yannick Tesche am 02.02.2018)*. URL: https://www.bvdw.org/fileadmin/user_upload/BVDW_Marktforschung_Digitale_Nutzung_Din_Deutschland_2018.pdf.
- Buxmann, Peter und Schmidt, Holger, Hrsg. (2019). *Künstliche Intelligenz: Mit Algorithmen zum wirtschaftlichen Erfolg*. Berlin: Springer Gabler.
- Buzzacchi, Luigi und Valletti, Tommaso M. (2005). „Strategic Price Discrimination in Compulsory Insurance Markets“. In: *The Geneva Risk and Insurance Review* Vol. 30, No. 1, S. 71–97.
- Camerer, Colin F. und Ho, Teck-Hua (1994). „Violations of the Betweenness Axiom and Nonlinearity in Probability“. In: *Journal of Risk and Uncertainty* Vol. 8, No. 2, S. 167–196.
- Cappuccio, Francesco P. et al. (2011). „Sleep duration predicts cardiovascular outcomes: A systematic review and meta-analysis of prospective studies“. In: *European Heart Journal* Vol. 32, No. 12, S. 1484–1492.
- Carfora, Maria Francesca et al. (2019). „A “pay-how-you-drive” car insurance approach through cluster analysis“. In: *Soft Computing* Vol. 23, No. 9, S. 2863–2875.
- Chefitz, Sandra, Quah, June und Haque, Adnan (2018). *Stratifying mortality risk using physical activity as measured by wearable sensors*. Munich American Reassurance Company, Atlanta, Georgia.
- Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union (2015). *Verordnung (EU) 2015/758 des europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2015*. Amtsblatt der Europäischen Union (L 123/77).
- Deutsche Aktuarvereinigung e.V. (2018). *Data Science ermöglicht passgenauere Versicherungsprodukte (Pressemitteilung vom 07.06.2018)*. URL: <https://aktuar.>

- de/politik-und-presse/pressemeldungen/Seiten/Pressemeldung.aspx?FilterField1=ID%7B%5C%7D&FilterValue1=76.
- Deutsche Gesellschaft für Humangenetik e.V. (GfH) (2011). „Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Humangenetik (GfH) zu "Direct-to-Consumer" (DTC)-Gentests“. In: *Medizinische Genetik (medgen)* Vol. 23, No. 4, S. 491–492.
- Deutsche Herzstiftung (2019). *Deutscher Herzbericht: Herzkrankheiten weiterhin Haupttodesursache - keine Entwarnung (Pressemitteilung, 7. Februar 2019)*.
- Deutscher Bundestag (19. Wahlperiode) (2018). *Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Maria Klein-Schmeink, Kordula Schulz-Asche, Dr. Kirsten Kappert-Gonther, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN - Drucksache 19/3269 -*.
- Ding, Ding et al. (2015). „Traditional and Emerging Lifestyle Risk Behaviors and All-Cause Mortality in Middle-Aged and Older Adults: Evidence from a Large Population-Based Australian Cohort“. In: *PLoS Medicine* Vol. 12, No. 12, S. 1–21.
- Döring, Andreas (2016). „Auf der Suche nach Big Data - Datenbasierte Risikoklassifizierung in der Personenversicherung“. In: *Zeitschrift für Versicherungswesen* Vol. 67, No. 21, S. 671–674.
- Dörn, Sebastian (2018). *Programmieren für Ingenieure und Naturwissenschaftler: Intelligente Algorithmen und digitale Technologien*. Berlin: Springer-Verlag GmbH Deutschland.
- Dorschel, Joachim, Hrsg. (2015). *Praxishandbuch Big Data: Wirtschaft - Recht - Technik*. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Imprint: Springer Gabler.
- Dreher, Meinrad (2012). „Solvenzanforderungen in der Versicherungsaufsicht nach Solvency II und künftigem VAG“. In: *Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft* Vol. 101, No. 4, S. 381–429.
- Dröge, Henning und Auer, Timmo (2021). „Mehr als nur ein Tarif: Wie man Telematik-Kunden mit Mehrwerten statt Prämien begeistert“. In: *Versicherungswirtschaft* No. 4, S. 72–75.

- Eggermann, T. et al. (2018). „Next Generation Sequencing (NGS) von DNA: Mehr Informationen durch mehr Daten?“ In: *BU praktisch* Vol. 1, No. 1, S. 1–18.
- EIOPA (2019). *Big Data Analytics in motor and health insurance: a thematic review*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. URL: https://eiopa.europa.eu/Publications/EIOPA%7B%5C_%7DBigDataAnalytics%7B%5C_%7DThematicReview%7B%5C_%7DApril2019.pdf.
- Eisenführ, Franz, Weber, Martin und Langer, Thomas (2010). *Rationales Entscheiden*. 5. Aufl. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Erdmann, Michael und Schwarzbach, Christoph (2017). „Telematiktarife und der Ruf nach Solidarität: Ein (Rück)-Besinnungsaufsatz (I.)“ In: *Zeitschrift für Versicherungswesen* Vol. 68, No. 3, S. 81–83.
- Ergebnisbericht der Ausschüsse Schadenversicherung und Actuarial Data Science (2021). *Telematik in der Kfz-Versicherung - Status quo*. Köln, 17. Juni 2021.
- Ertel, Sebastian und Venzke-Caprarese, Sven (2014). „Google Universal Analytics: On- und Offline-Profilbildung anhand von User-IDs“. In: *Datenschutz und Datensicherheit (DuD)* Vol. 38, No. 3, S. 181–185.
- Eszler, Erwin (2019). „Dimensionen und Differenzierungen des moralischen Risikos im Versicherungswesen: „Morale Hazard“ versus „Moral Hazard“ sowie „Internes moralisches Risiko 1., 2., 3. und 4. Grades“ (ex ante und ex post), „Externes moralisches Risiko 1., 2., 3. und 4. Grad“. In: *Wiener Beiträge zur Betriebswirtschaftlichen Versicherungswissenschaft* Vol. 13,
- Ex, Patricia und Amelung, Volker E. (2018). „Auf und Ab: Der politische Wille zur Stärkung der Digitalisierung im Gesundheitswesen“. In: *Gesundheits- und Sozialpolitik (G+S)* Vol. 72, No. 2, S. 26–30.
- Farny, D. (2011). *Versicherungsbetriebslehre*. 5. Aufl. Karlsruhe: Verlag Versicherungswirtschaft GmbH.
- Filipova-Neumann, Lilia (2008). „Anreize und Privatheit bei modernen Monitoring Technologien - das Beispiel der Kfz-Versicherungsverträge“. Dissertation. Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Universität Augsburg.

- Fleischer, Martin, Schick, Barbara und Robers, Diane (2018). „Telematik - (k)ein Zukunftsmodell für die Kfz-Versicherung?“ In: *Zeitschrift für Versicherungsweisen* Vol. 69, No. 20, S. 606–609.
- Freter, Hermann und Sänger, Henrike (1998). „Aussagewert von Online-Kennzahlen für die Gestaltung der Marketing-Kommunikation im Internet“. In: *der markt* Vol. 37, No. 3-4, S. 161–170.
- Gao, Guangyuan, Meng, Shengwang und Wüthrich, Mario V. (2019). „Claims frequency modeling using telematics car driving data“. In: *Scandinavian Actuarial Journal* Vol. 2019, No. 2, S. 143–162.
- Gao, Guangyuan und Wüthrich, Mario V. (2019). „Convolutional neural network classification of telematics car driving data“. In: *Risks* Vol. 7, No. 1: 6, S. 1–18.
- Gao, Xianyi et al. (2014). „Elastic Pathing: Your Speed is Enough to Track You“. In: *UbiComp’14: Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, S. 975–986.
- Gärtner, Christian (2018). „Der Fall der Automobilindustrie“. In: *Fallstudien zur Digitalen Transformation: Case Studies für die Lehre und praktische Anwendung*. Hrsg. von Christian Gärtner und Christian Heinrich. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Imprint: Springer Gabler, S. 1–36.
- Gemmo, Irina, Browne, Mark J. und Gründl, Helmut (2017). „Transparency Aversion and Insurance Market Equilibria“. In: *ICIR Working Paper Series* No. 25/17.
- Gendiagnostik-Kommission (2019). *Dritter Tätigkeitsbericht der Gendiagnostik-Kommission*. Berlin: Gendiagnostik-Kommission (GEKO) beim Robert Koch-Institut.
- Gentemann, Lukas, Böhm, Klaus und Esser, Ralf (2018). *Zukunft der Consumer Technology - 2018: Marktentwicklung, Trends, Mediennutzung, Technologien, Geschäftsmodelle*. Hrsg. von Bitkom e.V. Berlin. URL: <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/180822-CT-Studie-2018-online.pdf>.

- Gentner, Andreas und Elbel, Gregor (2014). *Perspektive E-Health. Consumer-Lösungen als Schlüssel zum Erfolg?* Hrsg. von Deloitte & Touche GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft (Studienreihe „Intelligente Netze“).
- Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., Hrsg. (2020). *Statistisches Taschenbuch der Versicherungswirtschaft 2020*. Berlin.
- Gesellschaft für Telematikanwendungen der Gesundheitskarte mbH (gematik), Hrsg. (2018). *Faktenblatt ePA: Elektronische Patientenakte*. Berlin.
- Goelden, Heinz-Willi et al. (2016). *Schadenversicherungsmathematik*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Götting, Marcus (2019). „Bewertung von drahtlosen Übertragungsstandards für Fahrzeuganwendungen“. In: *ATZelektronik* Vol. 14, No. 5, S. 54–57.
- Greis, Felix (2020). *Auswirkungen der Digitalisierung auf Abschluss und Gestaltung privater Versicherungsverträge: Moderne Informationstechnologie als Gefahr für die Erreichung des versicherungsvertraglichen Plansicherungsziels*. Karlsruhe: VVW GmbH.
- Guillen, Montserrat et al. (2019). „The Use of Telematics Devices to Improve Automobile Insurance Rates“. In: *Risk Analysis* Vol. 39, No. 3, S. 662–672.
- Gürtler, Max (1929a). „Das Risiko des Zufalls im Versicherungsbetrieb“. In: *Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft* Vol. 29, No. 2, S. 209–236.
- Gürtler, Max (1929b). „Das Risiko des Zufalls im Versicherungsbetrieb (Teil II)“. In: *Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft* Vol. 29, No. 3, S. 292–326.
- Gürtler, Max (1976). „Das Risiko, seine Erfassung, Bemessung und Abrenzung“. In: *Versicherungszyklopädie*. Hrsg. von Walter Grosse, H. L. Müller-Lutz und Reimer Schmidt. 2. Aufl. Wiesbaden: Gabler. Kap. C. IV. S. 1–52 (S. 831–882 des Gesamtwerkes).
- Gustedt, Volker und Engelage, Henning (2016). „Mehr Wissen durch Daten“. In: *Positionen (GDV: Das Magazin der deutschen Versicherer)* No. 4, S. 8–14.

- Häggström, Olle (2002). *Finite Markov Chains and Algorithmic Applications*. Cambridge University Press.
- Hartmann, Michael, Laas, Daniela et al. (2014). *Pricing-Strategien in der Kfz-Versicherung*. Hrsg. von Institut für Versicherungswirtschaft I.VW-HSG (St. Gallen) und Solution Providers Schweiz AG.
- Hartmann, Michael und Nützennadel, Christopher (2015). „Trends in der Technologie sowie Erkenntnisse des Behavioural Pricings vereinbaren“. In: *I.VW Management-Information - St. Galler Trendmonitor für Risiko- und Finanzmärkte* Vol. 37, No. 1, S. 3–9.
- Hartung, Thomas (2018). „Anmerkungen zur Digitalisierung in der Versicherungswirtschaft“. In: *Risikoforschung und Versicherungsmanagement: Festschrift für Prof. Dr. Ute Werner anlässlich ihrer Emeritierung*. Hrsg. von Klaus-Jürgen Jeske, Felix Ludwig und Sascha Kwasniok. Hamburg: Verlag Dr. Kovač, S. 11–24.
- Hassler, Marco (2019). *Digital und Web Analytics: Metriken auswerten, Besucherverhalten verstehen, Website optimieren*. 5. Aufl. mitp Verlags GmbH & Co. KG.
- Heep-Altiner, Maria et al. (2014). *Wertorientierte Steuerung in der Schadenversicherung: Schritt für Schritt zur wert- und risikoorientierten Unternehmenssteuerung*. Karlsruhe: Verlag Versicherungswirtschaft GmbH.
- Heidemann, Simone, Gal, Andreas und Schillhorn, Kerrin (2014). „Online-Gentests - zwischen Selbstbestimmung und Regelungsbedarf“. In: *Gesundheit und Pflege (GuP)* No. 3, S. 96–105.
- Helten, Elmar (1975). „Risikotheorie - Grundlage der Risikopolitik von Versicherungsunternehmen?“. In: *Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft* Vol. 64, S. 75–92.
- Helten, Elmar (1994). „Die Erfassung und Messung des Risikos“. In: *Versicherungswirtschaftliches Studienwerk (Studententext 11: Versicherungsbetriebslehre)*. Hrsg. von Werner Asmus und Jürgen Gaßmann. Wiesbaden: Gabler.

- Helten, Elmar und Hartung, Thomas (2001). „Auswirkungen des moralischen Risikos für Versicherungsunternehmen: Eine Betrachtung aus volks- und betriebswirtschaftlicher Perspektive“. In: *Private Versicherung und Soziale Sicherung (Festschrift zum 60. Geburtstag von Roland Eisen)*. Hrsg. von Hans-Christian Mager, Henry Schäfer und Klaus Schrüfer. Marburg: Metropolis-Verlag für Ökonomie, Gesellschaft und Politik GmbH, S. 57–69.
- Hering, Julia und Kraft, Mirko (2015). „Was Versicherer jetzt bei der Entwicklung von Telematik-Tarifen berücksichtigen sollten“. In: *Zeitschrift für Versicherungs-wesen* Vol. 66, No. 14, S. 451–455.
- Herrmann, Dominik und Federrath, Hannes (2016). „Unbemerkt Tracking im Internet: Unsere unerwünschte Identität“. In: *Der digitale Bürger und seine Identität*. Hrsg. von Gerrit Hornung und Christoph Engemann. Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, S. 131–152.
- Heuberger-Götsch, Oliver (2016). „Der Wert von Daten aus juristischer Sicht am Beispiel des Profiling“. In: *Big Data: Grundlagen, Systeme und Nutzungspotenziale*. Hrsg. von Daniel Fasel und Andreas Meier. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, S. 83–105.
- Hillebrandt, Bernd (2020). „Wie digital und vernetzt ist die Versorgung von Patienten? Ein Einblick mit Ausblick“. In: *Gesundheits- und Sozialpolitik (G+S)* Vol. 74, No. 6, S. 21–26.
- Innami, Hirokichi (1966). „Das Äquivalenzprinzip in der Versicherungswirtschaft“. In: *Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft* Vol. 55, S. 17–30.
- International Actuarial Association/ Association Actuarielle Internationale, Hrsg. (2018). *ISAP 1 - International Standard of Actuarial Practice 1: General Actuarial Practice*.
- International Working Group on Data Protection in Telecommunications (2013). *Arbeitspapier Webtracking und Privatsphäre: Die Beachtung von Kontext, Transparenz und Kontrolle bleibt unverzichtbar*. 53. Sitzung, 15.-16. April 2013, Prag (Tschechische Republik).

- International Working Group on Data Protection in Telecommunications (2015). *Arbeitspapier zum Datenschutz bei tragbaren Endgeräten ("Wearables")*. 57. Sitzung, 27./28. April 2015, Seoul (Republik Korea).
- Jaouhari, Saad E.L. et al. (2019). „Integrated management of energy, wellbeing and health in the next generation of smart homes“. In: *Sensors* Vol. 19, No. 3: 481.
- Jaritz, Aline und Lo Iacono, Luigi (2016). „Untersuchung des Datenverkehrs aktueller Smart-TVs“. In: *Datenschutz und Datensicherheit - DuD* Vol. 40, No. 8, S. 511–518.
- Jensen, Meiko, Gruschka, Nils und Lüssem, Jens (2016). „Datenschutz im Fahrzeug der Zukunft: Vernetzt, Autonom, Elektrisch“. In: *INFORMATIK 2016*. Hrsg. von Heinrich C. Mayr und Martin Pinzger. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), S. 441–454.
- Jordan, M. I. und Mitchell, T. M. (2015). „Machine learning: Trends, perspectives, and prospects“. In: *Science* Vol. 349, No. 6245, S. 255–260.
- Junglas, Achim, Schradin, Heinrich R. und Wiegard, Marc, Hrsg. (2021). *Steuerung von Versicherungsunternehmen: Grundlagen, Prozesse, Praxisbeispiele*. 3. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag.
- Junglas, Achim und Wiegard, Marc (2021). „Wertorientierte Steuerung von Versicherungsunternehmen (Komposit)“. In: *Steuerung von Versicherungsunternehmen: Grundlagen, Prozesse, Praxisbeispiele*. Hrsg. von Achim Junglas, Heinrich R. Schradin und Marc Wiegard. 3. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag. Kap. E3, S. 295–325.
- Kadarkarai, K.Baalaji und Khanaa, V. (2015). „A review on Computational Aspects of Big Data Analysis and Challenges“. In: *International Journal of Computer Application* Vol. 5, No. 4, S. 119–131.
- Kahlenberg, Jens (2018). *Lebensversicherungsmathematik: Basiswissen zur Technik der deutschen Lebensversicherung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Imprint: Springer Gabler.

- Kahneman, Daniel und Tversky, Amos (1979). „Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk“. In: *Econometrica* Vol. 47, No. 2, S. 263–292.
- Karten, Walter (1977). „Solidaritätsprinzip und versicherungstechnischer Risikoausgleich - einige ökonomische Grundtatbestände“. In: *Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft* Vol. 66, S. 185–203.
- Karten, Walter (1983). „Risikopolitik der Versicherer: Grundlagen der Risikopolitik - Überblick“. In: *Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft* Vol. 72, No. 2-3, S. 213–229.
- Karten, Walter (1993). „Das Einzelrisiko und seine Kalkulation“. In: *Versicherungswirtschaftliches Studienwerk (Studententext 12: Versicherungsbetriebslehre)*. Hrsg. von Werner Asmus und Jürgen Gaßmann. Wiesbaden: Gabler.
- Karten, Walter et al. (2018). *Risiko und Versicherungstechnik: Eine ökonomische Einführung*. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Imprint: Springer Gabler.
- Knorre, Susanne, Müller-Peters, Horst und Wagner, Fred (2019). *Die Big-Data-Debatte: Chancen und Risiken der digital vernetzten Gesellschaft*. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Imprint: Springer Gabler.
- Koch, Gottfried et al. (2009). „Eine Analyse ultimativen Verhaltens als Erklärungsansatz des moral hazards“. In: *Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft* Vol. 98, No. 3, S. 315–338.
- Kokott, Juliane (2010). „Schlussanträge der Generalanwältin Kokott vom 30. September 2010“. In: *ASSOCIATION BELGE DES CONSOMMATEURS TESTACHATS U. A. S.* I-775–799.
- Kolb, Andreas und Robers, Diane (2021). „Neue Wege zur Datensouveränität - "Freiwillige Datennutzung" als Paradigma“. In: *Zeitschrift für Versicherungswesen* Vol. 72, No. 13, S. 405–409.
- Kolonko, Michael (2008). *Stochastische Simulation: Grundlagen, Algorithmen und Anwendungen*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Kommission der europäischen Gemeinschaft (2008). *Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozi-*

- alausschuss und den Ausschuss der Regionen - Mitteilung über künftige Netze und das Internet*. Brüssel, den 29.9.2008. URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0594:FIN:DE:PDF>.
- Konferenz der unabhängigen Datenschutzaufsichtsbehörden des Bundes und der Länder (2019). *Orientierungshilfe der Aufsichtsbehörden für Anbieter von Telemedien*. URL: https://ec.europa.eu/digital-%7B%5C%7D0Ahttps://www.datenschutzkonferenz-online.de/media/oh/20190405%7B%5C_%7Doh%7B%5C_%7Dtmg.pdf.
- König, M. et al. (2017). „„Smart Fall“: Entwicklung eines Systems zur Sturz- und Aktivitätenerkennung im Smart Home“. In: *Orthopädie Technik* No. 09, S. 30–35.
- Körzdörfer, Thomas (2020). „Telematik bei der HUK-COBURG: Big Data, Big Insights?“ In: *Revolutionieren Big Data und KI die Versicherungswirtschaft? 24. Kölner Versicherungssymposium am 14. November 2019*. Hrsg. von Horst Müller-Peters, Jan-Philipp Schmidt und Michaela Völler. Forschung am iwv-Köln (Band 7/2020), S. 54–61.
- Köster, Antonia, Matt, Christian und Hess, Thomas (2018). „Das Smartphone als Steuerungseinheit im Smart Home: Determinanten der Nutzung am Beispiel von Smart-TVs“. In: *Proceedings der Multikonferenz Wirtschaftsinformatik: Data driven X - Turning Data into Value*. Hrsg. von Paul Drews et al. Lüneburg: Leuphana Universität Lüneburg, Institut für Wirtschaftsinformatik, S. 1063–1074.
- KPMG und Bitkom Research (2017). *Mit Daten Werte schaffen: Report 2017*.
- Kraft, Mirko und Hering, Julia (2017). „Potenziale von Telematik-Tarifen in der Kfz-Versicherung in Deutschland: Theoretische Überlegungen und empirische Ergebnisse zur Akzeptanz“. In: *Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft* Vol. 106, No. 5, S. 503–524.
- Krüger-Brand, Heike E. (2018). „Elektronische Gesundheitsakten: Erster Anbieter prescht vor“. In: *Deutsches Ärzteblatt* Vol. 115, No. 39, S. A 1683.

- Landrock, Holm und Gadatsch, Andreas (2018). *Big Data im Gesundheitswesen kompakt: Konzepte, Lösungen, Visionen*. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- Laney, Doug (2001). *3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity, and Variety*. META Group Inc., File: 949. URL: <http://blogs.gartner.com/doug-laney/files/2012/01/ad949-3D-Data-Management-Controlling-Data-Volume-Velocity-and-Variety.pdf>.
- Lanz, Felix Walter (2014). *Adverse Selection und Moral Hazard in der Privat- und Sozialversicherung*. Zürich: Schulthess.
- Lehmann, Caroline (2020). *Online-Genests: Eine kritische Analyse der Chancen und Risiken unter besonderer Berücksichtigung rechtlicher und ethischer Aspekte*. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- Lemaire, Jean (1991). „Cooperative Game Theory and its Insurance Applications“. In: *ASTIN Bulletin: The Journal of the IAA* Vol. 21, No. 1, S. 17–40.
- Lemaire, Jean (1998). „Bonus-Malus Systems: The European and Asian Approach to Merit-Rating“. In: *North American Actuarial Journal* Vol. 2, No. 1, S. 26–38.
- Li, Xiao et al. (2017). „Digital Health: Tracking Physiomes and Activity Using Wearable Biosensors Reveals Useful Health-Related Information“. In: *PLoS Biology* Vol. 15, No. 1, S. 1–30.
- Liciotti, Daniele et al. (2020). „A sequential deep learning application for recognising human activities in smart homes“. In: *Neurocomputing* Vol. 396, S. 501–513.
- Liouane, Zaineb et al. (2018). „An improved extreme learning machine model for the prediction of human scenarios in smart homes“. In: *Applied Intelligence* Vol. 48, No. 8, S. 2017–2030.
- Lippe, Stefan (1984). „Mathematische Grundlagen von Prämienprinzipien“. In: *Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft* Vol. 73, S. 133–156.
- Lüttringhaus, Jan (2018). „Mehr Freiheit wagen im Versicherungsrecht durch daten- und risikoadjustierte Versicherungstarife: „Pay-as-you-drive“-, „Pay-as-you-live“- und „Smart- Home“-Tarife als Herausforderung für das Versicherungsvertragsrecht“. In: *„Mehr Freiheit wagen“ – Beiträge zur Emeritierung von Jürgen Ba-*

- sedow (*Beiträge zum ausländischen und internationalen Privatrecht*, 124). Hrsg. von Anatol Dutta und Christian Heinze. Tübingen: Mohr Siebeck, S. 55–72.
- Mack, Thomas (2002). *Schadenversicherungsmathematik*. 2. Aufl. Karlsruhe: Verlag Versicherungswirtschaft e.V. (Schriftenreihe Angewandte Versicherungsmathematik; Heft 28).
- Mahr, Werner (1964). *Einführung in die Versicherungswirtschaft: Allgemeine Versicherungslehre*. 2. Aufl. Berlin: Duncker & Humblot.
- Mahr, Werner, Forster, Edgar und Steinmüller, Heinz (1977). „Das moralische Risiko in Individual- und Sozialversicherung“. In: *Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft* Vol. 66, S. 205–265.
- Markowitz, Harry (1952). „The Utility of Wealth“. In: *Journal of Political Economy* Vol. 60, No. 2, S. 151–158.
- Marti, Stefan (2016). „Kognitive Belastung des Fahrers: Messung der Gefahr anhand der Pupillenveränderung“. In: *ATZelektronik* Vol. 11, No. 3, S. 36–40.
- Mattern, Friedemann (2001). „Ubiquitous Computing: Der Trend zur Informatisierung und Vernetzung aller Dinge“. In: *Mobile Internet - Deutscher Internet Kongress Karlsruhe 2001*. Hrsg. von Gerhard Rossbach. Heidelberg: dpunkt Verlag, S. 107–119.
- Mattern, Friedemann und Flörkemeier, Christian (2010). „Vom Internet der Computer zum Internet der Dinge“. In: *Informatik-Spektrum* Vol. 33, No. 2, S. 107–121.
- McCrea, Michael und Farrell, Mark (2018). „A Conceptual Model for Pricing Health and Life Insurance Using Wearable Technology“. In: *Risk Management and Insurance Review* Vol. 21, No. 3, S. 389–411.
- Mediaworx (2018). *Studie: Web-Analytics-Tools Deutscher Versicherer - 01/2018*. mediaworx berlin AG.
- Merzinger, Marc und Ulbrich, Johann (2017). „Analyse und Optimierung der Privatsphäre und des Datenschutzes bei Telematik-Systemen“. In: *informatikJournal 2017/18*, S. 83–91.

- Mitchell, Tom M. (1997). *Machine Learning*. New York: McGraw-Hill Science/Engineering/Math.
- Möbius, Christian und Pallenberg, Catherine (2016). *Risikomanagement in Versicherungsunternehmen*. 3. Aufl. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Imprint: Springer Gabler.
- Mönnich, Ulrike (2011). „Unisex: Die EuGH-Entscheidung vom 1.3.2011 und die möglichen Folgen“. In: *Versicherungsrecht* Vol. 62, No. 25, S. 1092–1103.
- Morawetz, Marco (2016). *Der telematische Irrweg der Kfz-Versicherung*. Köln: General Reinsurance AG, Kfz-Versicherung, März 2016.
- Müller-Mielitz, Stefan, Hrsg. (2019). *E-Health: E-Gesundheit und E-Daten*. 2. Aufl. Ibbenbüren: Verlag Gesundheit & Technik.
- Müller-Peters, Horst und Wagner, Fred (2017). *Geschäft oder Gewissen? Vom Auszug der Versicherung aus der Solidargemeinschaft*. Goslar Institut, Studiengesellschaft für verbrauchergerichtetes Versichern e. V.
- Nationaler Ethikrat (2015). *Die Vermessung des Menschen – Big Data und Gesundheit*. Berlin: Jahrestagung des Deutschen Ethikrats (21. Mai 2015).
- Nell, Martin (1993). *Versicherungsinduzierte Verhaltensänderungen von Versicherungsnehmern: Eine Analyse der Substitutions-, Moral Hazard- und Markteffekte unter besonderer Berücksichtigung der Krankenversicherung*. Karlsruhe: Verlag Versicherungswirtschaft e.V.
- Nell, Martin (1998). „Das moralische Risiko und seine Erscheinungsformen“. In: *Frankfurter Vorträge zum Versicherungswesen (Band 29)*. Karlsruhe: Verlag Versicherungswirtschaft GmbH, S. 7–33.
- Neusius, Thomas (2016). „Welche Rolle spielt Kausalität in der Versicherungsmathematik?“ In: *Der Aktuar* No. 2, S. 63–65.
- Nora, Simon und Minc, Alain (1978). *L'informatisation de la société*. Paris: La documentation française.

- Orth, Matthias und Lupp, Peter B. (2015). „Direct-To-Consumer-Testing: Fluch oder Segen für die Patienten?“ In: *Deutsches Ärzteblatt* Vol. 112, No. 5, S. 174–177.
- Orwat, Carsten (2019). *Diskriminierungsrisiken durch Verwendung von Algorithmen*. Hrsg. von Antidiskriminierungsstelle des Bundes. Nomos.
- Osterhage, Wolfgang W. (2018). *Sicherheitskonzepte in der mobilen Kommunikation: Drahtlose Kommunikation - Protokolle und Gefahren*. Berlin: Springer-Verlag GmbH Deutschland.
- Paefgen, Johannes, Staake, Thorsten und Fleisch, Elgar (2014). „Multivariate exposure modeling of accident risk: Insights from Pay-as-you-drive insurance data“. In: *Transportation Research Part A: Policy and Practice* Vol. 61, S. 27–40.
- Paik, Sebastian und Schmid, Christopher (2021). „Das Kollektiv als Korrektiv: Warum sich Telematik-Tarife nicht durchsetzen, hat einfache Gründe. Dennoch sollten Versicherer weiterhin diese Produkte anbieten.“ In: *Versicherungswirtschaft* Vol. 76, No. 5, S. 64–67.
- Paik, Sebastian, Uhlenberg, Jan-Hendrik und Schmid, Christopher (2017). „Telematik in der Tarifierung von Kfz-Versicherungen - das Modell der Zukunft?“ In: *Der Aktuar* No. 2, S. 76–82.
- Passos, João et al. (2021). „Wearables and Internet of Things (IoT) Technologies for Fitness Assessment: A Systematic Review“. In: *Sensors* Vol. 21, No. 16: 5418.
- Patientendaten-Schutz-Gesetz (2020). „Gesetz zum Schutz elektronischer Patientendaten in der Telematikinfrastruktur (Patientendaten-Schutz-Gesetz - PDSG) Vom 14. Oktober 2020“. In: *Bundesgesetzblatt* Vol. Teil I, No. 46, S. 2115–2164.
- Pauly, Mark V. (1968). „The Economics of Moral Hazard: Comment“. In: *The American Economic Review* Vol. 58, No. 3, S. 531–537.
- Pauly, Mark V. (1970). „The Welfare Economics of Community Rating“. In: *The Journal of Risk and Insurance* Vol. 37, No. 3, S. 407–418.

- Pauly, Mark V. (1974). „Overinsurance and Public Provision of Insurance: The Roles of Moral Hazard and Adverse Selection“. In: *The Quarterly Journal of Economics* Vol. 88, No. 1, S. 44–62.
- Pérez-Marín, Ana M. et al. (2019). „Quantile Regression with Telematics Information to Assess the Risk of Driving above the Posted Speed Limit“. In: *Risks* Vol. 7, No. 3:80.
- Platt, Ramon und Witke, Michael (2021). „Prämien in der Autoversicherung: Das Alter darf eine Rolle spielen“. In: *BaFin Journal* No. 1, S. 22–25.
- Pohlmann, Norbert (2021). „Chancen und Risiken von Smart Home“. In: *Datenschutz und Datensicherheit - DuD* Vol. 45, No. 2, S. 95–101.
- Powell, Lauren et al. (2020). „Does a physically active lifestyle attenuate the association between alcohol consumption and mortality risk? Findings from the UK biobank“. In: *Preventive Medicine* Vol. 130, S. 105901.
- Pratt, John W. (1964). „Risk Aversion in the Small and in the Large“. In: *Econometrica* Vol. 32, No. 1/2, S. 122–136.
- Rapp, Julian Philipp (2019). *Das Äquivalenzprinzip im Privatversicherungsrecht*. Tübingen: Mohr Siebeck.
- Reece, Andrew G. und Danforth, Christopher M. (2017). „Instagram photos reveal predictive markers of depression“. In: *EPJ Data Science* Vol. 6, No. 15.
- Reich, Michael und Zerres, Christopher, Hrsg. (2019). *Handbuch Versicherungsmarketing*. 2. Aufl. Berlin: Springer-Verlag GmbH Deutschland.
- Reichel, Lukas und Schmeiser, Hato (2016). „Digitales Monitoring: Fluch oder Segen?“ In: *I. VW Management-Information-St. Galler Trendmonitor* No. 3, S. 3–5.
- Reif, Konrad, Hrsg. (2016). *Sensoren im Kraftfahrzeug*. 3. Aufl. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- Richter, Andreas (2005). *Adverse Selektion auf Versicherungsmärkten: Informationsökonomische Analyse bei exogener, vom Versicherer nicht beobachtbarer Schadenverteilung*. Karlsruhe: Verlag Versicherungswirtschaft e.V.

- Richter, Andreas, Ruß, Jochen und Schelling, Stefan (2018). *Moderne Verhaltensökonomie in der Versicherungswirtschaft: Denkanstöße für ein besseres Verständnis der Kunden*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Imprint: Springer Gabler.
- Richter, Stefan (2019). *Statistisches und maschinelles Lernen: Gängige Verfahren im Überblick*. Berlin: Springer-Verlag GmbH Deutschland.
- Rodríguez-Mazahua, Lisbeth et al. (2016). „A general perspective of Big Data: applications, tools, challenges and trends“. In: *The Journal of Supercomputing* Vol. 72, No. 8, S. 3073–3113.
- Romeike, Frank und Müller-Reichart, Matthias (2020). *Risikomanagement in Versicherungsunternehmen: Grundlagen, Methoden, Checklisten und Implementierung*. 3. Aufl. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Roßnagel, Alexander (2007). *Datenschutz in einem informatisierten Alltag: Gutachten im Auftrag der Friedrich-Ebert-Stiftung*. Berlin: Friedrich-Ebert-Stiftung.
- Roßnagel, Alexander und Hornung, Gerrit, Hrsg. (2019). *Grundrechtsschutz im Smart Car: Kommunikation, Sicherheit und Datenschutz im vernetzten Fahrzeug*. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- Rothschild, Michael und Stiglitz, Joseph (1976). „Equilibrium in Competitive Insurance Markets: An Essay on the Economics of Imperfect Information“. In: *The Quarterly Journal of Economics* Vol. 90, No. 4, S. 629–649.
- Rudkowski, Lena (2017). „Vertragsrechtliche Anforderungen an die Gestaltung von „Self-Tracking“-Tarifen in der Privatversicherung“. In: *Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft* Vol. 106, No. 5, S. 453–502.
- Rudkowski, Lena (2020). „Anreizsysteme in der privaten Krankenversicherung und das Leitbild der freien Lebensgestaltung des Versicherungsnehmers“. In: *Versicherungsrecht* Vol. 71, No. 16, S. 1016–1020.
- Rundshagen, Michael (2015). „Versicherungsrisiken leichter bewerten dank medizinischer Innovation“. In: *Zeitschrift für Versicherungswesen* Vol. 66, No. 17, S. 560–562.

- Rüschendorf, Ludger (2016). *Wahrscheinlichkeitstheorie*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Russom, Philip (2011). *Big Data Analytics*. TDWI best practices report, fourth quarter.
- Scheermesser, Mandy et al. (2018). „Die digitale Selbstvermessung in Lifestyle und Medizin: Eine Studie zur Technikfolgenabschätzung“. In: *Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis (TATuP)* Vol. 27, No. 3, S. 57–62.
- Scheuner, Bojana und Zeier Röschmann, Angela (2018). „Solidarität ade?“ In: *Schweizer Versicherung* Vol. 2018, No. 12, S. 48–49.
- Schmeiser, Hato, Störmer, Tina und Wagner, Joël (2014). „Unisex Insurance Pricing: Consumers’ Perception and Market Implications“. In: *The Geneva Papers on Risk and Insurance - Issues and Practice* Vol. 39, No. 2, S. 322–350.
- Schmidt-Kessel, Martin und Grimm, Anna, Hrsg. (2018). *Telematiktarife & Co. - Versichertendaten als Prämienersatz (VersR-Schriften 63)*. Karlsruhe: VVW GmbH.
- Schmitz, Gerd und Weinen, Jonas (2020). „Mehr Verkehrssicherheit durch V2X- Informationsaustausch“. In: *ATZelektronik* Vol. 15, No. 6, S. 48–51.
- Schneider, Markus, Enzmann, Matthias und Stopczynski, Martin (2014). *Web-Tracking-Report 2014*. Hrsg. von Michael Waidner und SIT Technical Reports. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Schoenauer, René (2017). „Telematik-Tarife und Innovationskultur: Vorbild Italien“. In: *Zeitschrift für Versicherungswesen* Vol. 68, No. 3, S. 84–86.
- Schradin, Heinrich R. und Zons, Michael (2005). „Konzepte einer wertorientierten Steuerung von Versicherungsunternehmen“. In: *Solvency II & Risikomanagement: Umbruch in der Versicherungswirtschaft*. Hrsg. von Helmut Gründl und Helmut Perlet. Wiesbaden: Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler/GWV Fachverlage GmbH, S. 163–181.

- Schulenberg, J. Matthias Graf v.d. (1989). „Die Versicherungsnachfrage als Gegenstand der ökonomischen Forschung“. In: *Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft* Vol. 78, No. 3, S. 317–333.
- Schwichtenberg, Simon (2015). „„Pay as you drive“ – neue und altbekannte Probleme“. In: *Datenschutz und Datensicherheit (DuD)* Vol. 39, No. 6, S. 378–382.
- Searle, John R. (1980). „Minds, brains, and programs“. In: *Behavioral and Brain Sciences* Vol. 3, No. 3, S. 417–424.
- Seehafer, Martin et al. (2021). *Actuarial Data Science: Maschinelles Lernen in der Versicherung*. Berlin/Boston: Walter de Gruyter GmbH.
- Shavell, Steven (1979). „On Moral Hazard and Insurance“. In: *The Quarterly Journal of Economics* Vol. 93, No. 4, S. 541–562.
- Skistims, Hendrik (2016). *Smart Homes: Rechtsprobleme intelligenter Haussysteme unter besonderer Beachtung des Grundrechts auf Gewährleistung der Vertraulichkeit und Integrität informationstechnischer Systeme*. Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft.
- Spender, A. et al. (2019). „Wearables and the internet of things: considerations for the life and health insurance industry“. In: *British Actuarial Journal* Vol. 24, No. e22, S. 1–31.
- Stahlhofer, Nicolas und Borodulkin, Leonid (2018). „Big-Data-Management für das autonome Fahren“. In: *ATZelektronik* Vol. 13, No. 4, S. 26–29.
- Stamatakis, Emmanuel et al. (2019). „Sitting Time, Physical Activity, and Risk of Mortality in Adults“. In: *Journal of the American College of Cardiology* Vol. 73, No. 16, S. 2062–2072.
- Strese, Hartmut et al. (2010). *Smart Home in Deutschland: Untersuchung im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung zum Programm Next Generation Media (NGM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie*. Hrsg. von Institut für Innovation und Technik (iit). Berlin.
- Surminski, Marc (2020). „Neue Wege in der Telematik?“ In: *Zeitschrift für Versicherungswesen* Vol. 71, No. 18, S. 552.

- Suthaharan, Shan (2016). *Machine Learning Models and Algorithms for Big Data Classification: Thinking with Examples for Effective Learning*. Springer Science+Business Media New York.
- Swan, Melanie (2012). „Sensor Mania! The Internet of Things, Wearable Computing, Objective Metrics, and the Quantified Self 2.0“. In: *Journal of Sensor and Actuator Networks* Vol. 1, No. 3, S. 217–253.
- Theil, Michael (2002). *Versicherungsentscheidungen und Prospect Theory: Die Risiko einschätzung der Versicherungsnehmer als Entscheidungsgrundlage*. Springer-Verlag Wien New York.
- Thun, Sylvia (2015). „Digitalisierte Medizin: Die Zukunft der Medizin mit IT-Standards und einer weltweit gültigen Medizinfachsprache“. In: *Informatik-Spektrum* Vol. 38, No. 1, S. 22–27.
- Tillmann, Tristan Julian und Vogt, Verena (2018). „Personalisierte Preise - Diskriminierung 2.0?“ In: *ABIDA-Dossier*.
- Tversky, Amos und Kahneman, Daniel (1981). „The framing of decisions and the psychology of choice“. In: *Science* Vol. 211, No. 4481, S. 453–458.
- Tversky, Amos und Kahneman, Daniel (1992). „Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty“. In: *Journal of Risk and Uncertainty* Vol. 5, No. 4, S. 297–323.
- Verbelen, Roel, Antonio, Katrien und Claeskens, Gerda (2018). „Unravelling the predictive power of telematics data in car insurance pricing“. In: *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)* Vol. 67, No. 5, S. 1275–1304.
- Vogler, Franz (2020). *Telematik bei der HUK-COBURG - Digitalisierung in Kraftfahrt*. qx-Club meets FaRis an der TH Köln (23.06.2020).
- Voßhoff, Andrea, Raum, Bertram und Ernestus, Walter (2015). „Telematik im Gesundheitswesen: Wo bleibt der Schutz der Gesundheitsdaten?“ In: *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* Vol. 58, No. 10, S. 1094–1100.

- Waldkirch, Conrad (2020). „Die Verarbeitung von Gesundheitsdaten durch Versicherer“. In: *Versicherungsrecht* Vol. 71, No. 18, S. 1141–1155.
- Walz, Guido, Hrsg. (2017). *Lexikon der Mathematik: Band 4 (Moo bis Sch)*. 2. Aufl. Berlin: Springer-Verlag GmbH Deutschland, Imprint: Springer Spektrum.
- Weidner, W., Transchel, F. W. G. und Weidner, R. (2016). „Classification of scale-sensitive telematic observables for riskindividual pricing“. In: *European Actuarial Journal* Vol. 6, No. 1, S. 3–24.
- Weidner, Wiltrud und Transchel, Fabian W. G. (2015). „Aktuarielle Besonderheiten bei der Kalkulation von Telematik-Tarifen in der Kfz-Versicherung“. In: *Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft* Vol. 104, No. 5, S. 595–614.
- Weidner, Wiltrud und Weidner, Robert (2014). „Identifikation neuer Ansätze zur individuellen Kfz-Tarifierung“. In: *Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft* Vol. 103, No. 2, S. 167–193.
- Weidner, Wiltrud, Weidner, Robert und Transchel, Fabien W. G. (2015). „Implementierung der Pkw-Telematik in die Kfz-Versicherungstarifizierung - Ein Analyse-Ansatz für Fahrprofile“. In: *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft (ZfV)* Vol. 86, No. 2, S. 91–121.
- Weinberg, Harald et al. (2014). „Kleine Anfrage an die Bundesregierung - Drucksache 18/3633: Datensammlungen über Versicherte in der privaten Krankenversicherung“. In: *Deutscher Bundestag (18. Wahlperiode)*.
- Weiser, Mark (1991). „The Computer for the 21 st Century“. In: *Scientific American* Vol. 265, No. 3, S. 94–105.
- Wenhold, Céline (2018). *Nutzerprofilbildung durch Webtracking: Zugleich eine Untersuchung zu den Defiziten des Datenschutzrechts im Zeitalter von Big Data-Anwendungen*. Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft.
- Westerhoff, Martin (2017). „Fahrzeug 5.0: Die wissensbasierte Maschine“. In: *ATZ-elektronik* Vol. 12, No. 1, S. 8–13.
- Wiedmer, Terry (2015). „Generations Do Differ: Best Practices in Leading Traditionalists, Boomers, and Generations X, Y, and Z“. In: *Delta Kappa Gamma*

- Bulletin: International Journal for Professional Educators* Vol. 82, No. 1, S. 51–59.
- Wieland, Klaus (1981). „Theorie des einzelwirtschaftlichen Versicherungsoptimums“. In: *Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft* Vol. 70, No. 4, S. 579–598.
- Wisser, Karolin (2018). *Gebäudeautomation in Wohngebäuden (Smart Home): Eine Analyse der Akzeptanz*. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- Wöhner, Thomas und Georgi, Jana (2016). „Webtracking“. In: *Das Wirtschaftsstudium (WISU)* Vol. 2016, No. 6, S. 673–675.
- Wolf, Fabian (2018). *Fahrzeuginformatik: Eine Einführung in die Software- und Elektronikentwicklung aus der Praxis der Automobilindustrie*. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- Wu, George und Gonzalez, Richard (1996). „Curvature of the probability weighting function“. In: *Management Science* Vol. 42, No. 12, S. 1676–1690.
- Zumstein, Darius (2012). „Web Analytics: Explorative Analyse zu Einsatz, Nutzen und Problemen“. Dissertation. Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät, Universität Freiburg (Schweiz).
- Zweifel, Peter und Eisen, Roland (2003). *Versicherungsökonomie*. 2. Aufl. Springer Berlin Heidelberg.
- Zwiesler, Hans-Joachim (1995). „Was sind "anerkannte versicherungsmathematische Grundsätze"? Die Sicht des Versicherungsmathematikers“. In: *Informationspflichten - Europäisierung des Versicherungswesens - Anerkannte Grundsätze der Versicherungsmathematik (Versicherungswissenschaftliche Studien Band 2)*. Hrsg. von Jürgen Basedow, Eberhard Schwark und Hans-Peter Schwintowski. Baden-Baden: Nomos, S. 155–161.