

Identifikation neuer Ansätze zur individuellen Kfz-Tarifierung

Wiltrud Weidner · Robert Weidner

Online publiziert: 3. Juni 2014
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

Zusammenfassung In dieser Arbeit werden innovative Ansätze zur individuellen Tarifgestaltung in der deutschen Kraftfahrzeugversicherung untersucht. Verfolgt wird das Ziel der Ermittlung gerechterer Prämien im Sinne des Verbraucherschutzes sowie der Erreichung eines besseren Deckungsgrades aus Sicht des Versicherers. Dazu wird zum einen angestrebt, die Informationsasymmetrie zu verringern, indem Daten über den Fahrzeugführer, sein Fahrverhalten und seine Fahrzeugnutzung gewonnen werden. Zum anderen wird eine Optimierung des Schadenmanagements beabsichtigt. Es muss ein Trade-off zwischen der Umsetzbarkeit der Ansätze, ihrem Nutzen in der Kalkulation und nicht zuletzt dem Datenschutz gefunden werden. Im Zentrum der Analyse steht der Einbezug von Geschwindigkeitsabläufen, Beschleunigungsverhalten und Straßenartnutzung als Risikofaktoren für die Tarifikalkulation. Es lassen sich unterschiedliche Fahrprofile identifizieren, sodass im Zusammenspiel mit der Auswertung von Unfallstatistiken fahrverhaltensabhängige Risikowahrscheinlichkeiten festgelegt werden können. Sie stellen die Grundlage für eine tiefere Tariffdifferenzierung dar.

Abstract This paper analyzes innovative approaches to the pricing of German motor insurance. The aim is to calculate premiums more fairly in terms of consumer protection. Furthermore we aim to achieve a better level of coverage from the

W. Weidner (✉)
Institut für Versicherungsbetriebslehre, Leibniz Universität Hannover,
Königsworther Platz 1, 30167 Hannover, Deutschland
E-Mail: ww@ivbl.uni-hannover.de

R. Weidner
Institut für Konstruktions- und Fertigungstechnik, Laboratorium Fertigungstechnik,
Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg,
Holstenhofweg 85, 22043 Hamburg, Deutschland

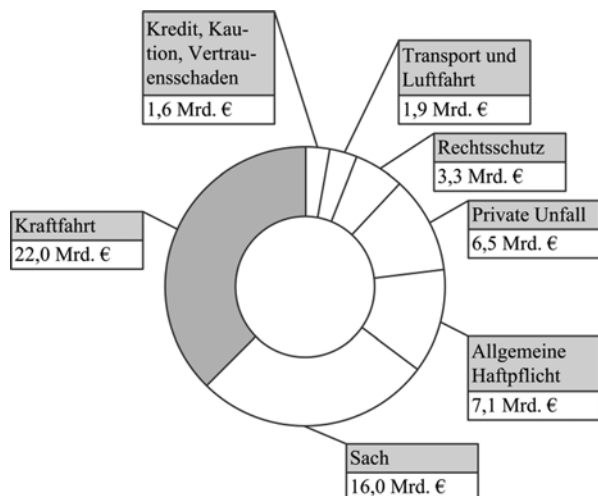
insurer's point of view. This is to be achieved through reduction of information asymmetries by collecting data respective the driver, the driving behavior and the use of vehicle as well as through optimization of claims management. There are trade-offs between the feasibilities of our different approaches, their respective benefits for calculation and data privacy. The analysis focuses on including telemetry data such as speed, acceleration as well as the used road type in the tariff calculation. Different driving profiles can be identified, which allows for determining probabilities of risk depending on driving behavior by taking into account the accident statistics. Profile-certified risk-probabilities in turn are the basis for greater tariff differentiation.

1 Einleitung

Die Kraftfahrtversicherung ist aufgrund des hohen Beitragsvolumens der wichtigste Versicherungszweig innerhalb der deutschen Schaden- und Unfallversicherung (siehe Abb. 1). Das gesamte Kfz-Geschäft macht mit 22 Mrd. Euro Beitragseinnahmen im Jahr 2012 einen Anteil von 37,5 % aus (vgl. GDV 2012). Abhängig von der Bestandsgröße des jeweiligen Versicherers und aufgrund seiner strategischen Bedeutung als „Türöffner“ für weitere Verträge beeinflusst sein versicherungstechnisches Ergebnis damit entscheidend das Ergebnis des Unternehmens. Dadurch ist dieser Versicherungszweig deregulierungsbedingt einem besonders intensiven Preiswettbewerb ausgesetzt (vgl. z. B. Laas et al. 2014).

Die Grundlage für ein effizientes Pricing, welches einen wesentlichen Einfluss auf den Deckungsgrad und die Risikoselektion hat, stellt die Festlegung risikogerechter technischer Prämien dar. Das wichtigste Tarifikriterium in der deutschen Kfz-Versicherung ist die Schadenfreiheitsklasse, daneben fließen zahlreiche weitere statistische Daten in die Kalkulation ein. Infolge der durch den starken Konkurrenzdruck erfor-

Abb. 1 Verteilung der Beitrags-einnahmen in der Schaden-/Unfallversicherung 2012, Datengrundlage: GDV (2012)



derlichen schärferen Preisdifferenzierung führen die Versicherer ständig neue Tarifmerkmale ein. Kaum berücksichtigt werden Typisierungen nach der individuellen Fahrweise und -leistung, wie sie in anderen Ländern bereits üblich sind. Technisch ermöglicht durch GPS und Mobilfunktechnologie bieten führende Kfz-Versicherer in den USA oder England, z. B. Progressive, State Farm und Insurethebox, sogenannte PAYD-Tarife (Pay as you Drive) an. Neben den Preisbildungs- und Produktentwicklungsmöglichkeiten nutzen sie die sich daraus ergebenden Einflussmöglichkeiten auf das Schadenmanagement. Auch in Deutschland werden Telematiklösungen diskutiert (vgl. Towers Watson 2013; Wieser 2013; Münch 2012). Seit Januar 2014 bietet die Sparkassen Direktversicherung einen Versicherungstarif mit Telematik an (vgl. Sparkassen Direktversicherung 2013).

Das Ziel dieses Beitrages ist es, einen Überblick über innovative Ansatzpunkte zur risikogerechteren und rentablen Preisgestaltung zu geben. Im Fokus steht die Nutzung von künftigen Systemen zur Gewinnung spezifischer Informationen über die tatsächliche Fahrzeugnutzung und das individuelle Fahrverhalten. Berücksichtigung finden dabei das Kosten- und Schadenmanagement. Technisch umsetzbar und aus aktuarieller Sicht gerechtfertigt ist u. a. die Integration von Geschwindigkeitsabläufen sowie Beschleunigungsverhalten in die Prämienkalkulation. Das daraus ableitbare individuelle Fahrverhalten, welches als Grundlage zur Tarifiedifferenzierung innerhalb bislang betrachteter Risikogruppen genutzt werden kann, wird von Grund auf veranschaulicht und analysiert. Definiert werden erste Systemanforderungen und in welcher Form Daten verfügbar sein müssen.

Der Rest des Beitrags ist wie folgt aufgebaut: In den Kap. 2 und 3 wird die gegenwärtige Situation der Kfz-Versicherung sowie ihrer Tarifierung dargestellt. In Kap. 4 werden potentielle künftige Tarifmerkmale eingeführt, deren Bewertung in Kap. 5 erfolgt. Abschließend wird der GPS-basierte Ansatz in Kap. 6 ausführlich inkl. eines Fallbeispiels vorgestellt. Es folgt ein Fazit in Kap. 7.

2 Gegenwärtige Tarifierung

Die Prämienkalkulation in der Kfz-Versicherung beruht auf so vielen Einflussfaktoren wie in keiner anderen Sparte der Schaden- und Unfallversicherung. Einfluss auf die Versicherungsprämie haben diverse subjektive und objektive Tarifmerkmale ebenso wie zahlreiche Rabattmerkmale (vgl. Stadler 2008), siehe Abb. 2.

Zurückzuführen ist dieser Sachverhalt auf die seit der Deregulierung in 1994 zunehmende Bedeutung einer risikoadäquaten und damit gerechten Beitragsberechnung. Der zu zahlende Beitrag eines Versicherungsnehmers mit einer geringen Schadenerwartung soll günstiger sein als der eines Versicherungsnehmers mit einer hohen Schadenerwartung. Des Weiteren erhält eine zuverlässige Schätzung der Schadenerwartung zur Steuerung des Gesamtrisikos eine zunehmende Bedeutung im Rahmen der Anpassung des Solvabilitätssystems (Solvency II).

Voraussetzung für eine risikogerechte Prämienberechnung ist es, ein zu versicherndes Risiko durch unterschiedliche, geeignete, tarifrelevante Risikomerkmale möglichst vollständig abzubilden. Tarifmerkmale sind nur dann geeignet, wenn sie im Kollektiv gute Füllgrade aufweisen und objektiv feststellbar sind (vgl. DAV-Ar-

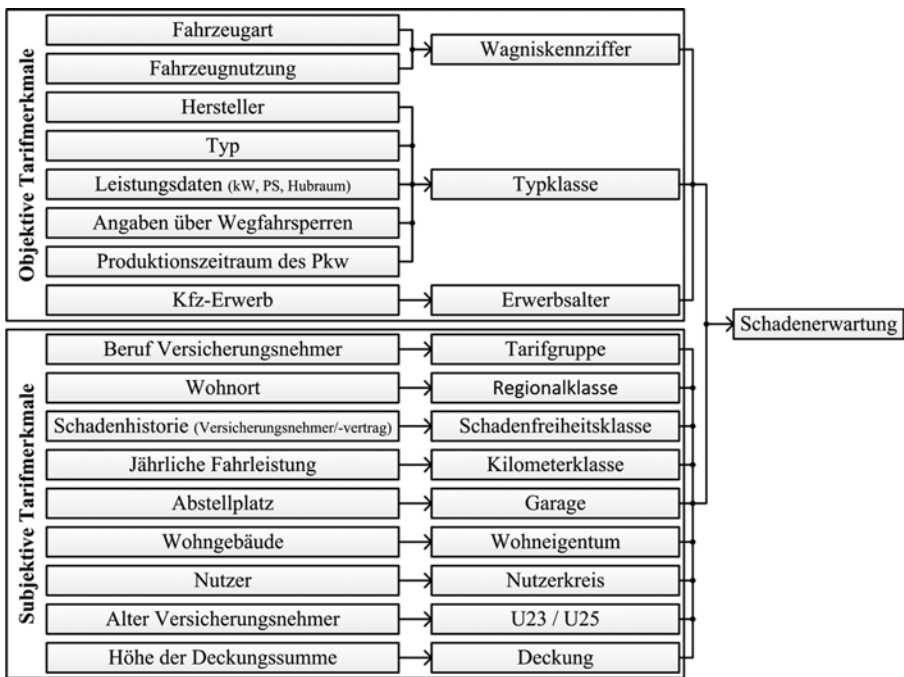
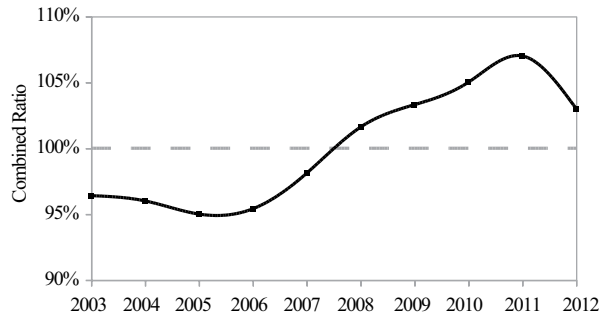


Abb. 2 Tarifikriterien der Kfz-Versicherung in Anlehnung an die GDV-Tarifempfehlung

beitsgruppe Tarifierungsmethodik 2011). Differenziert wird zwischen objektiven und subjektiven Merkmalen. Objektive Merkmale betreffen das Fahrzeug und sind unabhängig vom individuellen Risikoverhalten des Versicherungsnehmers. Zu ihnen zählen beispielsweise der Fahrzeugtyp, die Typklasse, die Wagniskennziffer (WKZ) und das Fahrzeugalter. Subjektive Merkmale hingegen sind solche, die sich auf die zu versichernde Person beziehen. Dazu gehören u. a. die Schadenfreiheitsklasse, der Wohnort sowie damit einhergehend die Regionalklasse und der Beruf des Versicherungsnehmers, das Versicherungsnehmer- und Nutzeralter oder die jährliche Fahrleistung (vgl. z. B. Heep-Altiner und Klemmstein 2001). Weitere Tariffaktoren sind Nachlässe für z. B. Wohneigentum, eine Garage, eine Werkstattbindung oder für Einzelfahrer (vgl. z. B. Stadler 2008).

Grundlage für die Prämienberechnung bildet die Summe aus dem jährlichen qualitativen Risiko (Schadenerwartung) und einem Aufschlag für Regulierungs-, Verwaltungs- und Vertriebskosten sowie Gewinn-, Sicherheits- bzw. Kapitalkostenzuschlägen (vgl. DAV-Arbeitsgruppe Tarifierung 2007). Die Schätzung der Erwartungswerte erfolgt seit der Tariffreigabe üblicherweise unter dem Einsatz verallgemeinerter linearer Modelle. Sie können zunächst zur Bestimmung der Einflussfaktoren auf die Schadenerwartung verwendet werden. Weiter können sie – unter Berücksichtigung der ermittelten Variablenselektion – zur Modellierung von durchschnittlichen Schadenhöhen und erwarteten Schadenhäufigkeiten oder direkt

Abb. 3 Combined Ratios (nach Abwicklung) in der deutschen Kraftfahrtversicherung (2003–2012), Datengrundlage: GDV (2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012)



zur Modellierung der erwarteten Schadenbedarfe¹ genutzt werden (vgl. z. B. DAV-Arbeitsgruppe Tarifierungsmethodik 2011; Heep-Altiner und Klemmstein 2001). Grundlage für eine solche statistische Modellierung bilden Modell- und Verteilungsannahmen (vgl. z. B. Kaas et al. 2009).

3 Generelle Rahmenbedingungen

Die deutsche Kraftfahrtversicherung führt seit dem Jahr 2008 durchgängig zu versicherungstechnischen Verlusten (vgl. GDV 2012). In Abb. 3 ist die Entwicklung der Combined Ratio (abgewinkelte Bruttoschäden und Verwaltungskosten in Relation zu den verdienten Beiträgen) im Zeitraum von 2003 bis 2012 dargestellt; überschreitet die Combined Ratio den Wert von 100 %, fällt ein versicherungstechnischer Verlust an.

Es lässt sich eine zyklische Schwankung (Versicherungszyklus) der Combined Ratio erkennen, welche ein wesentliches Charakteristikum der Schaden- und Unfallversicherung darstellt (vgl. Eling und Luhnen 2010; Cummins und Outreville 1987). Der Versicherungszyklus in Deutschland liegt begründet in verzögerten Prämienanpassungen. Bis zur Deregulierung des Versicherungsmarktes 1994 war das Bundesaufsichtsamt für das Versicherungswesen (BAV) für die Prüfung und Genehmigung der Versicherungsbedingungen sowie Tarife zuständig. Dies ging damit einher, dass die Versicherungsprodukte und -preise der verschiedenen Marktteilnehmer wenig differierten und Tarifanpassungen nur langsam erfolgten (vgl. Farny 1999; Rees et al. 1999). Mit der Tariffreigabe veränderten sich die Verhältnisse insbesondere in der Kraftfahrtversicherung tiefgreifend, da dieser Versicherungszweig als „Türöffner“ für weitere Geschäfte gilt. Den Versicherern wurde es ermöglicht, neue, günstige, marktorientierte Tarife einzuführen. Es entstand ein intensiver Preiswettbewerb begleitet von einer Reduktion der Gewinnspanne und einem enormen Kostendruck (vgl. z. B. Eling und Luhnen 2008; Schulenburg 2004). Bei stetig fallenden durchschnittlichen Jahresprämien und wachsenden oder gleich bleibenden Schadenaufwendungen stieg die Schadenquote, was in den vergangenen Jahren zu hohen Verlusten führte (vgl. GDV 2012).

¹ Der Schadenbedarf kann als Produkt aus Schadenhäufigkeit und Schadendurchschnitt, also $SB = SH \cdot SD$, dargestellt werden (vgl. DAV-Arbeitsgruppe Tarifierungsmethodik 2011).

Die gegenwärtige Herausforderung der Kraftfahrtversicherer besteht darin, die Combined Ratio zu verbessern unter Beachtung der aktuellen Rahmenbedingungen wie beispielsweise des vorherrschenden Versicherungszyklus. Ein zusätzlich in Betracht zu ziehender Aspekt ist die demografische Entwicklung in den nächsten Jahrzehnten. Die Gruppe der potenziellen Neukunden jüngerer Generationen wird kleiner (vgl. IMWF 2011). Die alleinige Konzentration auf das Wachstumsziel, ein steigendes Bestandsvolumen zu generieren, genügt nicht. Es gilt, besonderes Augenmerk auf die bereits gewonnene Kundengruppe zu richten und sich um die Kundenbindung zu kümmern. 2013 waren 36 % der deutschen Autobesitzer wechselbereit und 65 % wollten bei einer Beitragserhöhung ihre Kfz-Versicherung wechseln (vgl. Knap 2013). Da bei den Leistungen der Versicherer von Grund auf ein hoher Grad an Übereinstimmung besteht, ist zukünftig eine weitere Produkt- und Preisdifferenzierung erforderlich, um eine Kundenbeziehung aufrecht zu erhalten.

Mit ansteigender personenbezogener Datenverfügbarkeit im Zuge der elektronischen Datenverarbeitung und der daraus resultierenden zunehmenden Kenntnis über die versicherungstechnischen Risiken sowie getrieben durch den Konkurrenzdruck und nicht zuletzt durch das Unisex-Urteil² führen die Versicherer laufend weitere subjektive Merkmale ein (vgl. Domeyer 2005). Damit verfolgen sie das Ziel einer möglichst risikogerechten sowie individuellen Tarifgestaltung. Die Prämiengerechtigkeit ist notwendige Voraussetzung zur Bekämpfung der adversen Selektion.³ Die permanente Erweiterung traditioneller Tarifmerkmale hat einerseits einen stetig intransparenteren und komplexeren Markt zur Folge, in dem allgemeine Preisvergleiche schwierig sind. Andererseits müssen in die Prämienkalkulation nach dem additiven oder (meist) multiplikativen Modellansatz unter Anwendung eines verallgemeinerten linearen Modells alle möglichen Merkmalskombinationen einfließen, sodass die Anzahl der zu berücksichtigenden Tarifzellen leicht die Millionengrenze überschreitet. Die Kalkulation und Tarifieranalyse ist somit nur noch mit entsprechender Rechenkapazität durchführbar. Wird das Risikomodell um Merkmale ergänzt, für die noch keine ausreichende Datenhistorie vorliegt, müssen zunächst Annahmen über die Merkmalsverteilungen im Bestand getroffen werden (vgl. DAV-Arbeitsgruppe Tarifierungsmethodik 2011).

Es kristallisieren sich folgende Fragen heraus, die sich damit befassen, wie sich ein Kraftfahrtversicherer vom Markt abgrenzen und zugleich den Umsatz und Ertrag optimieren kann:

1. Lassen sich Produkte entwickeln, mit denen auf den Schadenprozess (Leistungsversprechen, Schadenregulierung) eingewirkt werden kann?
2. Durch welche Risikomerkmale können bereits im Tarifmodell berücksichtigte Merkmale substituiert werden, um die Komplexität zu reduzieren? Welche An-

²Für Neuverträge ab dem 21.12.2012 muss die Berechnung von Prämien und Leistungen geschlechtsneutral erfolgen (Urteil des EuGH, C-236/09, 01.03.2011), sodass sowohl vorhandene als auch neue Tarifmerkmale das Merkmal Geschlecht substituieren müssen.

³Erschwerend kommt hinzu, dass es sich bei der Kfz-Haftpflichtversicherung aus Gründen des Verkehrsschutzes um eine Pflichtversicherung handelt (§ 1 Pflichtversicherungsgesetz). In § 5 des Pflichtversicherungsgesetzes ist der Kontrahierungszwang geregelt, d. h. Versicherungsunternehmen sind verpflichtet, Anträge auf Kfz-Haftpflichtversicherung anzunehmen, außer es liegen bestimmte Ablehnungsgründe vor.

forderungen sollen künftige Systeme erfüllen und welche Daten sollen verfügbar sein?

3. Wie kann die Tarifiedifferenzierung mit Blick auf die Vermeidung der Antiselektion optimiert werden?

In den folgenden Abschnitten wird auf mögliche Ansätze, die sich mit der Beantwortung dieser Fragen beschäftigen, eingegangen. Berücksichtigung finden muss dabei der Datenmangel, d. h. die fehlende Erfahrung im Kollektiv, bei Einführung neuer Faktoren, welcher zunächst durch Annahmen zu kompensieren ist. Eingang finden sollten ebenfalls potentielle Auswirkungen von Fehleinschätzungen auf die Einschätzung des versicherungstechnischen Risikos.

4 Ansätze zur Tarifgestaltung

Im Kfz-Versicherungszweig bilden Tarifmerkmale die Kalkulationsgrundlage risikogerechter Prämien. Die Auswahl der Merkmale bestimmt den Grad der Abbildung des Risikoprofils maßgeblich. Eine beliebige Datensammlung sollte aber vermieden werden. Im Folgenden werden die wesentlichen Charakteristika verschiedener Ansätze schemenhaft vorgestellt:

- Ansatz 1: Gegenwärtige Tarifierungsmethodik inkl. traditioneller Tarifmerkmale
- Ansatz 2: Erweiterung von Ansatz 1 um Umweltfaktoren
- Ansatz 3: Erweiterung von Ansatz 1 um GPS-basierte Fahrzeugdaten
- Ansatz 4: Erweiterung von Ansatz 1 um ein Schadenidentifikationssystem
- Ansatz 5: Erweiterung von Ansatz 1 mittels nichtinvasiver Biodiagnostik
- Ansatz 6: Erweiterung von Ansatz 1 um technischen Fahrzeugzustand

Bei einer Erweiterung der vorherrschenden Tarifierungsmethodik ist noch zu differenzieren, ob es sich um substituierende oder komplementäre Merkmale handelt. Des Weiteren bleibt zu prüfen, inwiefern die Ansätze insbesondere mit Blick auf das Diskriminierungsverbot (siehe Art. 3 des Grundgesetzes; Art. 21 bis 23 der Charta der Grundrechte der Europäischen Union) juristisch zulässig sind.

4.1 Ansatz 1

Die Tarifgestaltung ist den deutschen Versicherungsunternehmen seit der Deregulierung weitestgehend selbst überlassen. Dennoch hat sich eine einheitliche Tarifierungsmethodik durchgesetzt. Dies liegt nicht zuletzt daran, dass der GDV jährlich eine Tarifempfehlung herausgibt, an der sich viele Versicherer orientieren.

Der Beitrag der Kfz-Versicherung hängt entscheidend davon ab, in welcher SF-Klasse sich der Vertrag befindet. In der Haftpflicht- und Vollkasko-Versicherung wird abhängig von der Schadenfreiheitsstufe ein von der jeweiligen Versicherungsgesellschaft individuell festgelegter Schadenfreiheitsrabatt gewährt; in der Teilkasko-Versicherung gibt es diesen Rabatt nicht. Ferner fließen in die Tarifikalkulation statistische Daten, wie die Regional- und Typklasse, sowie weiche Tarifmerkmale, wie das Alter und der Beruf des Versicherungsnehmers, ein (siehe Kap. 2).

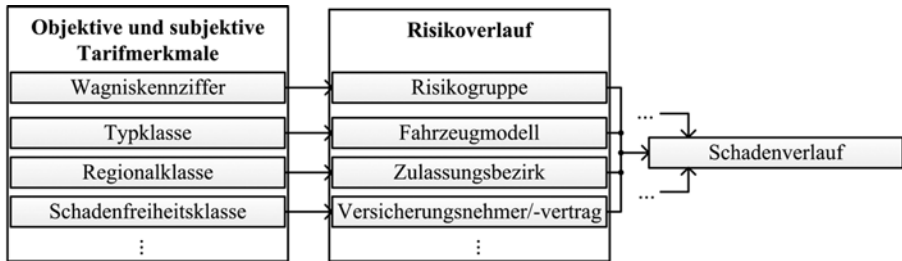


Abb. 4 Darstellung der gegenwärtigen Tarifierungsmethodik als Wirkkettenmodell

Abschließend sind in Abb. 4 die Tarifmerkmale, integriert in ein vereinfachtes Wirkkettenmodell, dargestellt. Die Wirkkette beschreibt den Informationsfluss und verläuft von den Risikomerkmale über dazugehörige Risikoverläufe zum spezifischen Schadenverlauf, aus dem eine Risikoprämie ermittelt wird. Bei diesem Ansatz fließen in die Berechnung der Kfz-Versicherungsprämie so viele individuelle Tarifmerkmale ein wie in kaum eine andere Versicherungsprämie. Die große Bandbreite an Tarifmerkmalen erlaubt es, das versicherte Risiko bereits sehr genau abzubilden.

4.2 Ansatz 2

Wird aus genannten Gründen das Ziel, die herkömmliche Tarifgestaltung stärker zu individualisieren, weiter verfolgt, kann dies über eine Erweiterung bestehender Tarifmerkmale um Umwelteinflüsse erfolgen. Die Umwelteinflüsse bilden in ihrer Gesamtheit die Witterungsverhältnisse (siehe Abb. 5); sie gehören zur Gruppe der sog. Fahrsituationsvariablen (vgl. Gerpott und Berg 2012). Unter Umweltfaktoren werden in diesem Zusammenhang die Einwirkung der Natur wie Klima, Temperatur und Licht auf die Straßen- und Sichtverhältnisse verstanden. Die Prämiengestaltung kann dabei durch Hinzunahme dieser Informationen zur Nutzung des Fahrzeuges individueller und risikoadäquater geschehen. Auswertungen der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik (vgl. Statistisches Bundesamt 2013) zeigen, dass saisonale und zeitliche Komponenten entscheidend zur Unfallschwere und -häufigkeit beitragen. Straßenhaftung und Bremswege werden von Regen, Schnee und Eis maßgeblich beeinflusst und stellen entscheidende Risikofaktoren dar. Sichtbehinderungen durch Nebel, Regen oder vorherrschende Lichtverhältnisse, etwa eine Blendung durch Sonnenlicht oder fremde Lichtquellen oder eine Einengung des Sichtfeldes durch

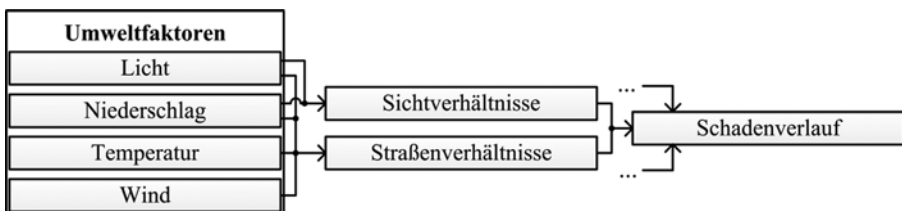


Abb. 5 Wirkkettenmodell basierend auf Umweltfaktoren

eigenes Scheinwerferlicht, erhöhen den Schadenverlauf ebenso, wenn Fahrweise und Geschwindigkeit nicht angepasst werden. Hinzu kommen äußere Umstände, die je nach Tageszeit variieren. Beispielsweise ist die Wildwechselgefahr in der Dämmerung erhöht. Aber auch die Verkehrsdichte, der Anteil an Freizeitverkehr und jungen Fahrern oder der Alkoholeinfluss unterliegen tageszeitlichen Schwankungen und spiegeln sich im Unfallgeschehen wider.

Zur Messung der genannten Parameter bedarf es einer Reihe von Sensoren, wie etwa einem Regen-, Sichtweiten- und Temperatursensor. Die Technik ist bereits weit fortgeschritten, einige Sensoren gehören inzwischen sogar zur Standardausrüstung eines jeden Fahrzeugs. Eine Schnittstelle zu fahrzeuginternen Sensorsystemen, um die Fahrsituationsinformationen übernehmen zu können, könnte somit in Erwägung gezogen werden.

4.3 Ansatz 3

Zur stärkeren Tarifiedifferenzierung kann ein Ansatz verfolgt werden, der auf moderner Telekommunikation beruht. Die Telemetrie bietet Anwendungsmöglichkeiten, die zur Ermittlung fahrverhaltensabhängiger Tarife eingesetzt werden können. Die Grundlage für die Tarifgestaltung bilden dabei Informationen zum individuellen Fahrverhalten und die Art der Fahrzeugnutzung im Sinne der befahrenen Straßenarten. Dazu werden die Fahrzeugpositionen, d. h. die geographischen Fahrzeugdaten, pro Zeitintervall benötigt. Als Rohdaten sind damit Tupel aus Weg- und Zeitintervallen verfügbar, sodass der Weg als Funktion der Zeit bekannt ist. Folglich ergibt sich die Geschwindigkeit als Ableitung des Weges nach der Zeit und die Beschleunigung als Ableitung der Geschwindigkeit nach der Zeit. Die beschriebenen Zusammenhänge sind in Tab. 1 dargestellt. Zur Identifikation der Ortslage gibt es verschiedene Möglichkeiten. Denkbar wäre ein Abgleich der Fahrzeugpositionen mit Kartenmaterial. Ebenso vorstellbar ist eine Analyse mittels der in oberen Mittelklassenmodellen bereits integrierten Assistenzsysteme, die über Kameras eine Verkehrszeichenerkennung ermöglichen. Anhand der abgeleiteten Parameter, sog. Fahrverhaltensvariablen (vgl. Gerpott und Berg 2012; Zantema et al. 2008; Oberholzer 2003), kann im nächsten Schritt eine Bewertung der Fahrweise und -leistung durchgeführt werden. Dieser Prozess lässt sich vereinfacht als Wirkkette (siehe Abb. 6) darstellen. Die Versicherungsprämie kann schließlich an der Risikobereitschaft des Fahrzeugführers ausgerichtet werden. Fahrer mit einer sicheren, defensiven Fahrweise zahlen niedrigere Prämien, während risikobereite, aggressive Fahrer einen Aufschlag zahlen.

Für solche Pay-as-you-drive-Modelle gibt es bereits Best-Practice-Beispiele aus dem Ausland (vgl. z. B. Gerpott und Berg 2012; Ippisch et al. 2007). In den USA und

Tab. 1 Verknüpfung von Weg, Geschwindigkeit und Zeit

Größe	Weg	Geschwindigkeit	Beschleunigung
Berechnung über Ableitung	$s(t)$	$v(t) = \dot{s}(t)$	$a(t) = \dot{v}(t)$
Berechnung über Integration	$s(t) = \int v(t)dt$	$v(t) = \int a(t)dt$	$a(t)$
Einheit	m	m/s	m/s ²

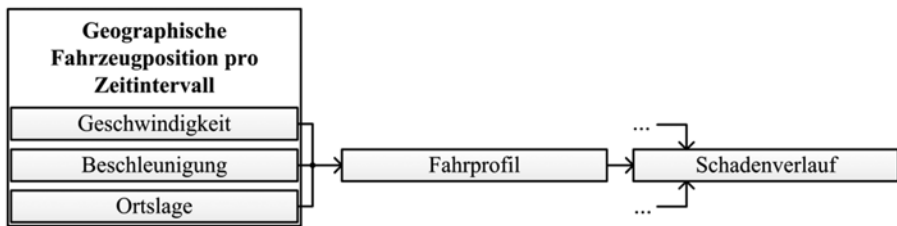


Abb. 6 Wirkkettenmodell basierend auf GPS-basierten Fahrzeugdaten



Abb. 7 Wirkkettenmodell basierend auf einem Schadenidentifikationssystem

in Großbritannien sind die Modelle bei Versicherungsunternehmen wie z. B. Progressive, State Farm, Insurethebox oder Co-operative Insurance fest etabliert. Als erster Versicherer in Deutschland bietet die S-Direkt seit 2014 einen sog. Telematik-Tarif an.

4.4 Ansatz 4

Eine Möglichkeit zur Verringerung der individuellen Schadenaufwendungen besteht in der Optimierung des Schadenmanagements. Vorteile im Schadenmanagement können sich durch ein im Fahrzeug integriertes Schadenidentifikationssystem ergeben, welches Schadenereignisse identifiziert und aufzeichnet (siehe Abb. 7). Dazu werden Sensoren zur Schadenregistrierung benötigt sowie ein System zur Protokollierung des Ereignisses inklusive der Ereigniszeit und -ortes. Daran lässt sich eine Notruf- und Pannenfunktion koppeln.⁴ Durch konkrete Informationen über das Ereignis und den genauen Standort können Schadenfälle zu ausgewählten Kooperationspartnern gelenkt sowie die Schadenabwicklung verkürzt und somit die Reparaturkosten zumindest eingeschränkt gesteuert werden. Die erhobenen Schadendaten können auch zur Rekonstruktion von Unfallhergängen und somit zur Senkung der Honorarkosten für Sachverständige verwendet werden. Die Kenntnis der Schadenursache kann z. B. bei der Entlastung des Versicherungsnehmers hilfreich sein. Im Rahmen des Betrugsmanagements können die erhobenen Daten zur Betrugsabwehr und -aufdeckung dienen (vgl. Jara 2000). Dabei geht es nicht nur um aktive Betrugs-

⁴Zu beachten ist an dieser Stelle der § 7 Abs. 2 VAG, welcher die Betreibung versicherungsfremder Geschäfte einschränkt.

fälle durch den Versicherungsnehmer, sondern auch um passive etwa durch Banden sogenannter Autobumser. Die Klarheit über den Schadenhergang kann weitere Veränderungen mit sich bringen, beispielsweise wäre das Teilungsabkommen zwischen den Versicherern obsolet. Des Weiteren kann die Fahrzeugortung als Diebstahlschutz bzw. zum Auffinden eines gestohlenen Fahrzeugs genutzt werden.

Das Schadenmanagement kann durch eine Vielzahl von Faktoren verbessert werden. Eine Reduktion der Schadenaufwendungen in Folge eines optimierten Schadenmanagements wirkt sich auf den Versicherungsnehmer durch geringere Beiträge aus. Dies zeigt sich bereits in dem von vielen Versicherungsgesellschaften angebotenen Werkstatttarif, bei dem sich der Versicherungsnehmer verpflichtet, im Schadenfall eine Partnerwerkstatt aufzusuchen. Eine erste technologische Umsetzung eines Schadenidentifikationssystems bietet das Gerät „MeinCopilot“ der Deutschen Assistance Telematik GmbH (DATG), welches in Kombination mit einer Kfz-Versicherung bei einigen deutschen öffentlichen Versicherern erhältlich ist. Es enthält einen Crashsensor, welcher im Falle eines Unfalls die Notrufautomatik auslöst. Weiter ist der sog. emergency call (eCall), ein von der Europäischen Kommission ab Oktober 2015 in Neuwagen vorgeschriebenes Notrufsystem, zu erwähnen. Das System löst bei einem Unfall automatisch einen Notruf mit Übermittlung eines Minimaldatensatzes bestehend aus u. a. dem Unfallzeitpunkt und -ort sowie der Fahrtrichtung aus (vgl. Europäische Kommission 2013). Andere Technologien zur Erfassung von Fahrzeug- bzw. Bauteilschäden unter Einsatz piezoelektrischer Folien werden erforscht.⁵

4.5 Ansatz 5

Technisch denkbar ist die Entwicklung und Anwendung innovativer Analyseverfahren in der nichtinvasiven biologischen Diagnostik (kurz: nichtinvasive Biodiagnostik), um den Allgemeinzustand des Fahrzeugführers und schließlich die Fahrtüchtigkeit festzustellen. Die Verwendung des Begriffs der Fahruntüchtigkeit ist im Zusammenhang mit dem Konsum von Medikamenten und Rauschmitteln im Straßenverkehr gebräuchlich (§§ 315a, 315b, 316 Strafgesetzbuch). Auch andere situative Zustände, die einen körperlichen oder psychischen Mangel wie z. B. Übermüdung mit sich bringen, können laut Straßenverkehrsordnung (StVO) zu einer Fahruntüchtigkeit führen. Bestimmte Krankheiten und Mängel, die das ordnungsgemäße Führen eines Fahrzeuges dauerhaft einschränken, werden im Straßenverkehrsgesetz (StVG) unter dem Begriff Fahreignung behandelt.

In Bezug auf die Kalkulation der Kfz-Versicherungsprämie spielen Verstöße aufgrund mangelnder Fahrtüchtigkeit oder Fahreignung derzeit keine Rolle, obwohl sie nachweislich (vgl. Statistisches Bundesamt 2013) zu einem höherem Schadenverlauf beitragen. Das in Abb. 8 dargestellte Wirkkettenmodell könnte künftig durchaus bei der risikogerechteren Prämiengestaltung Berücksichtigung finden. Grundvoraussetzung für die Hinzunahme von Parametern, welche den Grad der Fahrtüchtigkeit des Fahrzeugführers erfassen, in die Tarifikalkulation ist die Forschung nach effizienten

⁵ Zu nennen ist hier beispielsweise das Forschungsprojekt „Konfigurierbares elektronisches Schadenidentifikationssystem (KESS)“ der Forschungsgruppe „Elektronische Fahrzeugsysteme“ der Universität Bremen in Kooperation mit bundesweiten Partnern.



Abb. 8 Wirkkettenmodell basierend auf der nichtinvasiven Biodiagnostik

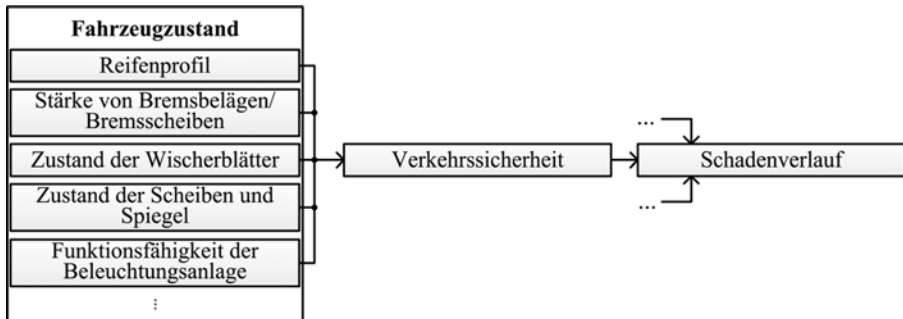


Abb. 9 Wirkkettenmodell basierend auf dem technischen Fahrzeugzustand

Lösungen für die Diagnostik und Qualitätssicherung wie Probenentnahme- und Analyseprogramme. Ein erster Ansatz, der technisch in eine vergleichbare Richtung geht, wurde mit der Alkohol-Zündschlossperre bereits umgesetzt. In Schweden, beispielsweise, ist sie präventiv in einer Großzahl LKW, Bussen und Taxen installiert (vgl. SWOV 2011). Einen anderen Ansatz liefern in Oberklassewagen bereits integrierte Aufmerksamkeits-Assistenten wie z. B. eine Müdigkeitserkennung auf Basis des Lenkverhaltens.⁶

4.6 Ansatz 6

Die Fahrsituation ist neben Umweltfaktoren durch den technischen Zustand des Fahrzeuges gekennzeichnet (vgl. Gerpott und Berg 2012). Insbesondere bei schwierigen Straßen- und Sichtverhältnissen ist ein Optimalzustand des Fahrzeuges wichtig für die Verkehrssicherheit. Bedeutende Fahrzeugmerkmale (siehe Abb. 9) sind etwa die Profiltiefe und das Alter der Reifen, die Stärke der Bremsbeläge und Bremscheiben sowie die Funktionsfähigkeit und Güte der Beleuchtungsanlage. Die Verkehrssicherheit kann ebenfalls durch abgenutzte Wischerblätter oder eine zerkratzte Windschutzscheibe beeinträchtigt werden. Denkbar wäre eine Datenübermittlung über den Werkstatthändler bzw. direkt über den Hersteller, sofern das Fahrzeug über eine elektronische Ausrüstung zur Übertragung technischer Daten verfügt. Die Fahr-

⁶Derartige Systeme werten zur Beurteilung der Fahrtüchtigkeit des Fahrers sein Fahrverhalten aus. Dies kann durch Aggregation von Daten z. B. über das Lenkverhalten erfolgen. Diese Systematik entspricht im Wesentlichen der Herangehensweise bei Pay-as-you-drive-Modellen (vgl. Abschn. 4.3).

zeugausstattung im Hinblick auf Fahrzeugassistenzsysteme wie eine automatische Distanzregelung, ein Bremsassistent oder ein Spurhalteassistent finden bei diesem Ansatz keine separate Berücksichtigung. In erster Linie beeinflussen sie das Fahrverhalten, welches mit Ansatz 3 erfasst wird. Des Weiteren deuten Typklassen (vgl. GDV 2013) und Unfallstatistiken (vgl. z. B. Folksam 2013) darauf hin, dass leistungsstarke Fahrzeuge mit wirksamen Assistenzsystemen nicht zu der Fahrzeugklasse mit dem geringsten Schadenbedarf zählen. Assistenzsysteme dienen zur Früherkennung kritischer Situationen und Erhöhung des Komforts (vgl. z. B. Volkswagen 2014), dies ist aber nicht gleichzusetzen mit einer positiven Wirkung auf die Risikopräferenz des Fahrers.

Die beobachteten Fahrzeugmerkmale können zur Erstellung von Risikoprofilen dienen; auf diese Weise kann zwischen Kunden mit niedrigerer Risikoexposition und Kunden mit höherem Unfallrisiko unterschieden werden. Des Weiteren kann die Überwachung des Fahrzeugzustands bei einem Schadenfall aufgrund eines technischen Defizits in der Garantiezeit zur Schadenabwälzung an den Fahrzeug-Hersteller genutzt werden, sofern kein Fahrzeugmangel im Sinne der Verkehrssicherheit vorlag (vgl. Gerpott und Berg 2012).

5 Bewertung der Ansätze

Im Folgenden wird zunächst das Vorgehen zur Bewertung der im vorangehenden Abschnitt eingeführten Ansätze zur Prämiengestaltung vorgestellt. Anschließend erfolgt eine Bewertung mittels der definierten Bewertungskriterien, um einen Überblick über den Nutzen, das Realisierungspotential sowie den Realisierungsaufwand zu erhalten.

5.1 Kriterienauswahl

Die systematische Bewertung der Ansätze soll anhand von Kriterien erfolgen. Die Kriterien sind so gewählt, dass die Erfüllung der Merkmale, die ein Lösungskonzept ausmachen, bewertet wird. Dadurch wird aufgedeckt, wie die Zielsetzung einer individuellen Tarifierung am besten erreicht wird. Herangezogen werden folgende Bewertungskriterien:

- **Risikoadäquanz:** Eine risikogerechte und individuelle Tarifierung erfolgt abhängig vom spezifischen Risikoprofil basierend auf der individuellen Risikosituation. Dafür ist eine Zuordnung des Versicherungsnehmers in eine Risikoklasse auf Basis von Risikomerkmale notwendig. Zweck dieses Kriteriums ist es, zu prüfen, inwiefern ein Ansatz dazu beiträgt, die Kalkulation risikoadäquater zu gestalten.
- **Entwicklungs- und Umsetzungsaufwand:** Dieses Kriterium bewertet den Investitionsaufwand zur technischen Realisierung eines Ansatzes. Im Fokus stehen dabei die Faktoren Zeit, Kosten und Qualität. Die Ermittlung einer risikoadäquaten Prämie sollte nicht zu Lasten einer Prämiensteigerung aufgrund aufwendiger, innovativer Technik erfolgen.

- **Durchführbarkeit der Datenerhebung:** Die sogenannte Durchführungsphase sieht vor, die Daten zu erheben, die zur Bewertung des individuellen Risikoprofils verwendet werden. Zu den wesentlichen Komponenten, die bei der Datenerhebung zu berücksichtigen sind, zählen die Datenverfügbarkeit sowie -herkunft, die Datenqualität und das Datenvolumen, aber auch die Manipulationsmöglichkeiten.
- **Datenübermittlung:** Zur Datenverarbeitungsstelle müssen die erhobenen Daten übertragen werden. Anhand des Kriteriums soll beurteilt werden, inwiefern es möglich ist, das Daten- sowie Übertragungsvolumen und die Datenerfassungs- bzw. Übertragungsfrequenz zu minimieren.
- **Datenaufbereitungs- und Datenauswertungsaufwand:** Für eine statistische Analyse müssen die Daten zunächst aufbereitet werden. Die Datenaufbereitung beinhaltet eine Überprüfung der Daten und ihrer Erhebungsart. Es muss geprüft werden, ob die Datenerhebung technisch korrekt durchgeführt wurde und ob die erhobenen Daten plausibel sowie vollständig sind. Gegebenenfalls sind Korrekturen durchzuführen. Anschließend beginnt die Vorbereitung der Daten, z. B. mittels einer Kodierung oder Berechnung von Zwischengrößen, für die Weiterverarbeitung. Die statistische Datenauswertung kann z. B. durch eine Berechnung von Kennwerten erfolgen, die anschließend zu interpretieren sind. Der Aufwand für die Datenaufbereitung und -auswertung soll mit diesem Kriterium bewertet werden. Er wird insbesondere durch den Grad der Automatisierung, also der Implementierung von Algorithmen, die Datenqualität und das Datenvolumen bestimmt. Ein maßgeblicher Aspekt können dabei die Rechner- und Speicherkapazität sein.
- **Notwendige Umsetzungskompetenz:** Für die Umsetzung und Anwendung eines Ansatzes im Rahmen der Tarifgestaltung wird ein gewisses Know-how vorausgesetzt. Dieses Kriterium soll die Wissensanforderung abbilden.
- **Sicherstellung des Datenschutzes:** Mit diesem Kriterium wird überprüft, ob es Möglichkeiten zum Schutz der persönlichen Daten gibt. Ansatzpunkte wären beispielsweise eine Minimierung, Anonymisierung und Verschlüsselung des Datenflusses sowie eine Einschränkung der Zugriffsrechte auf einen kleinen Benutzerkreis. Die dabei entstehenden Kosten hängen maßgeblich von der Häufigkeit der Informationsübertragung sowie der Informationsmenge pro Übertragungsvorgang ab (vgl. z. B. Gerpott und Berg 2012; Troncoso et al. 2007; Lochmaier 2007).

5.2 Einstufung

In Tab. 2 werden die vorgestellten Ansätze den eingeführten Bewertungskriterien gegenübergestellt. Für alle Kriterien wird eine 3-stufige Bewertungsskala herangezogen. Die Bewertung erfolgt über die Skalenwerte voll zutreffend/durchführbar (●), bedingt zutreffend/durchführbar (◐), nicht zutreffend/durchführbar (○). Die Einschätzung des Erfüllungsgrads, d. h. die Bewertung mit Hilfe der 3-stufigen Skala, wird auf Grundlage der Auswertung von Informationen über den Stand der Technik sowie aus Expertenwissen durchgeführt.

Die Nebeneinanderstellung ist von Bedeutung, da aus einer formalen Umsetzbarkeit eines bestimmten Ansatzes nicht zwangsläufig folgt, dass damit ein hoher Nutzen für die Tarifiedifferenzierung verbunden ist. Ebenso kann sich ein Ansatz bei hohem

Tab. 2 Bewertung der vorgestellten Ansätze

	Risikoadquanz	Entwicklungs- und Umsetzungsaufwand	Durchführbarkeit der Datenerhebung	Datenübermittlung	Datenaufbereitungs- und Datenauswertungsaufwand	Umsetzungskompetenz	Datenschutz/-sicherheit
Ansatz 1: Gegenwärtige Tarifierungsmethodik inkl. traditioneller Tarifmerkmale	●	-	-	-	-	●	●
Ansatz 2: Erweiterung Ansatz 1 um Umweltfaktoren	●	● ^a	●	●	●	●	●
Ansatz 3: Erweiterung Ansatz 1 um GPS-basierte Fahrzeugdaten	●	● ^b	●	●	●	●	●
Ansatz 4: Erweiterung Ansatz 1 um Schadenidentifikationssystem	●	● ^c	●	●	●	●	●
Ansatz 5: Erweiterung Ansatz 1 mittels nichtinvasiver Biodiagnostik	●	● ^d	●	●	○	○	○
Ansatz 6: Erweiterung Ansatz 1 um Fahrzeugzustand	●	●	●	●	●	●	●

- Nicht relevant, ● Voll zutreffend/durchführbar, ● Bedingt zutreffend/durchführbar, ○ Nicht zutreffend/durchführbar

^av.a. bei Nachrüstung kostenintensiv

^bNachrüstung relativ kostengünstig über BlackBox-Einsatz

^cNotrufsystem verpflichtend in Neuwagen ab 2015

^dUmsetzung insb. abhängig von politischen und soziografischen Faktoren

Nutzen für die Tariffdifferenzierung sowie einer schweren Umsetzbarkeit und hohen Investitionskosten als unrentabel herausstellen. Ein Ansatz, der unter Betrachtung der Nutzen- und Kostenaspekte zweckmäßig erscheint, kann aufgrund mangelnder Technologie kaum oder zum heutigen Zeitpunkt gar nicht umsetzbar sein.

Wird aus den Einzelbewertungen eine Gesamtbewertung abgeleitet, ist festzustellen, dass sowohl der Einbezug von Umweltfaktoren als auch der Einbezug von GPS-basierten Fahrzeugdaten in die Tarifikalkulation angemessen erscheint. Im folgenden Abschnitt wird der GPS-basierte Ansatz näher beleuchtet. Zum einen können damit Rückschlüsse sowohl auf das individuelle Fahrverhalten als auch auf die Art der Fahrzeugnutzung gezogen werden. Zum anderen gilt es hier, physikalische Zusammenhänge wissenschaftlich aufzubereiten, anstatt lediglich weitere externe Einflussfaktoren als Tarifmerkmale zu klassifizieren.

6 Potentielle Ausprägungen der Merkmale des GPS-basierten Ansatzes

Exemplarisch sollen abschließend die Anwendung sowie wesentliche Merkmale und Eigenschaften des Ansatzes 3 – Erweiterung der gegenwärtigen Tarifierungsmethodik um GPS-basierte Fahrzeugdaten – aufgezeigt werden. Zielsetzung dieses Abschnittes ist es, die Bedeutung der Aufnahme von GPS-Daten in die Tarifikalkulation herauszu-

arbeiten. Hierfür werden die Risikofaktoren und Modellannahmen festgelegt. Darauf aufbauend werden Fahrprofile ermittelt und analysiert.

6.1 Individuelle Tarifgestaltung

Es wird die Idee verfolgt, die klassischen objektiven und subjektiven Tarifmerkmale um ein individuelles Fahrprofil zu erweitern. Das Fahrprofil wird dabei, wie in Abschn. 4.3 vorgestellt, aus GPS-Daten abgeleitet.

Vorab werden zwei Modellannahmen getroffen. Zum einen wird angenommen, dass sich unter Anwendung herkömmlicher Tarifmerkmale Risikogruppen in der Art herausbilden, dass die zur Gruppe gehörenden Typen untereinander möglichst homogen und die einzelnen Gruppen zueinander möglichst heterogen sind. D.h. zwischen verschiedenen Risikogruppen ist eine Tarifiedifferenzierung möglich, innerhalb einer Risikogruppe nicht. Zum anderen seien das Fahrverhalten und die Fahrzeugnutzungsart entscheidend für den Risikoverlauf eines Versicherungsvertrags.

Der Lösungsansatz ist folgender:

Anhand der zur gegenwärtigen Kfz-Tarifierung herangezogenen Risikomerkmale werden charakteristische Fahrertypen festgelegt. Die Charakterisierung erfolgt nach den Merkmalen Personengruppe, Fahrzeugtyp und Fahrtstrecke. Danach werden unter Hinzunahme von Daten, die aus GPS-Signalen bestimmbar sind, idealtypische Fahrerprofile ermittelt. Betrachtet wird dabei stets ein Zeitintervall $\Delta t = t_E - t_A$ [s] mit der Anfangszeit t_A und der Endzeit t_E . Es wird angenommen, dass dies das kleinstmögliche Intervall ist, in dem GPS-Signale vorhanden sind. Des Weiteren wird vorausgesetzt, dass durch die GPS-basierten Daten in der Kalkulation bislang unberücksichtigte Risikomerkmale, wie insbesondere die Ortslage, das Beschleunigungsverhalten oder Geschwindigkeitsabläufe, abgebildet werden. Dazu wird in einem ersten Schritt anhand der GPS-Daten der Zusammenhang zwischen dem Weg und der Zeit betrachtet. Der Weg ergibt sich dabei als Differenz der GPS-Positionen zu Anfang bzw. zum Ende des betrachteten Zeitintervalls. Diese Berechnungsmethode kann z. B. bei kurvenreichen Strecken zu Ungenauigkeiten führen, wenn große Zeitintervalle betrachtet werden. Bei Annahme einer konstanten Geschwindigkeit v [m/s] ungleich Null ($v = \text{const.}, v \neq 0$) kann sich für zwei verschiedene Fahrertypen das in Abb. 10 dargestellte Weg-Zeit-Diagramm ergeben. Es stellt den im Zeitintervall Δt jeweils zurückgelegten Weg s [m] dar. Je schneller das Fahrzeug fährt, desto steiler verläuft die Gerade. Die durchschnittliche Geschwindigkeit \bar{v} lässt sich durch eine Weg- und Zeitdifferenz ausdrücken (vgl. Meschede 2010):

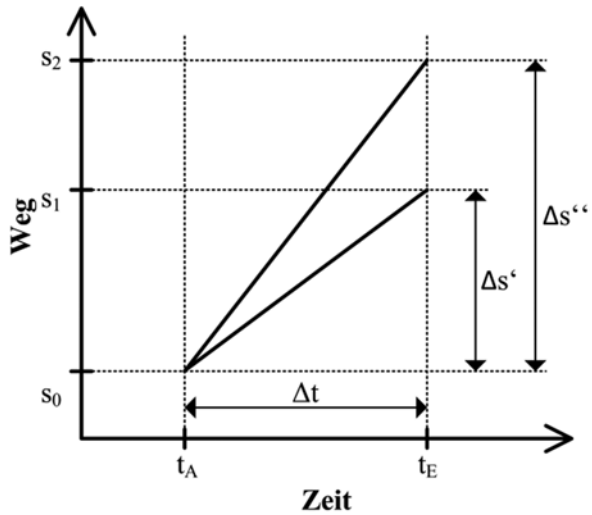
$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Die Formel der gleichmäßigen Bewegung setzt die Informationen Weg s , Geschwindigkeit v , Zeit t und Anfangsweg s_0 zueinander in Relation (vgl. Meschede 2010):

$$s = v \cdot t + s_0$$

Im zweiten Schritt lässt sich aus dem Geschwindigkeitsintervall Δv die durchschnittliche Beschleunigung \bar{a} im Zeitintervall Δt ableiten (vgl. Meschede 2010):

Abb. 10 Weg-Zeit-Diagramm bei konstanter Geschwindigkeit v_1 und v_2



$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Der Begriff Beschleunigung steht dabei für die Geschwindigkeitszunahme bzw. abnahme je Zeitintervall. Bei einer gleichmäßigen Beschleunigung, d. h. a ist konstant, kann noch der Zusammenhang zwischen der Beschleunigung und dem Weg als Funktion der Zeit beschrieben werden (vgl. Meschede 2010):

$$s = \frac{a}{2} \cdot t^2$$

Wird bei einer konstanten Beschleunigung von einer Geschwindigkeitszunahme ($a = \text{const.}, a > 0$) ausgegangen, kann sich für zwei verschiedene Fahrertypen Abb. 11 (links) ergeben; wohingegen Abb. 11 (rechts) entsteht, wenn eine Geschwindigkeitsabnahme ($a = \text{const.}, a < 0$) vorausgesetzt wird.

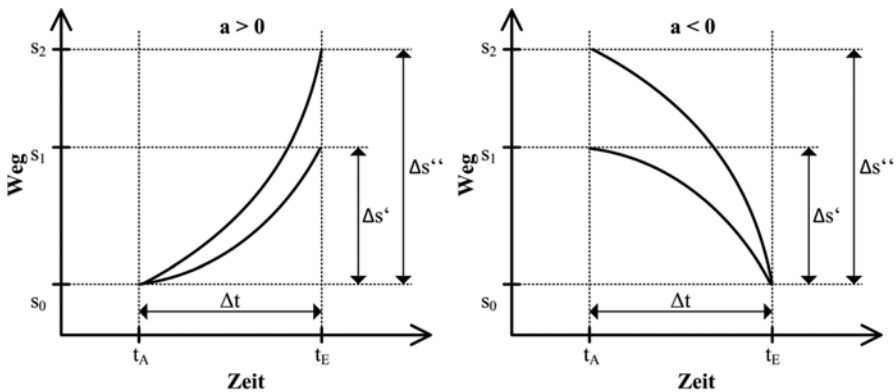
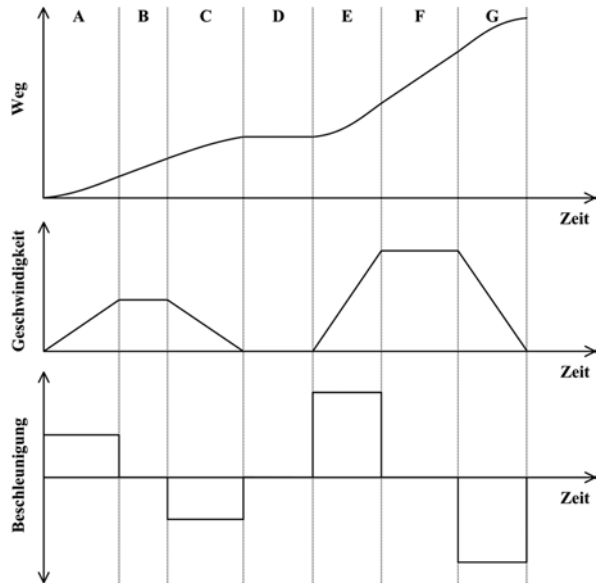


Abb. 11 Weg-Zeit-Diagramm bei konstanter Beschleunigung

Abb. 12 Zusammenhang zwischen der Zeit, dem Weg, der Geschwindigkeit und der Beschleunigung



Auf diese Art und Weise lassen sich Fahrprofile – gekoppelt an Personengruppen, Fahrzeugtypen und Fahrtstrecken – mit spezifischen Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverhalten erstellen. Wie die Zusammenhänge zwischen den Größen in der Realität über einen längeren Zeitabschnitt aussehen können, wird in Abb. 12 dargestellt. Daraus ergibt sich, dass in einem dritten Schritt zu klären ist, welche technischen Anforderungen z. B. an die Abtastfrequenz gestellt werden, um das Fahrverhalten so detailliert zu dokumentieren, dass ausreichend Rückschlüsse auf das Fahrprofil gezogen werden können. Unter der Abtastfrequenz f_A [1/s] wird dabei die Zahl der vorhandenen Abtastungen pro Sekunde verstanden (vgl. Werner 2012). Insofern stellt die Abtastfrequenz ein Qualitätsmerkmal für die Auflösung der GPS-Signale dar. Tendenziell bedeutet ein kleines f_A eine geringe Qualität, ein großes f_A hingegen eine hohe Qualität. Dieser Sachverhalt wird in Abb. 12 sichtbar. Wird eine niedrige Abtastfrequenz gewählt, können die Abschn. A bis G nicht separat abgebildet werden, sodass ein Informationsverlust akzeptiert werden muss. Indirekt bestimmt die Abtastfrequenz die zu betrachtende Länge der Zeitintervalle Δt , für die schließlich die Durchschnittsgeschwindigkeiten und Durchschnittsbeschleunigung zu berechnen sind. Idealerweise hat die Messdatenauswertung der Beschleunigung in drei Dimension, der x-, y- und z-Richtung zu erfolgen. Hierdurch ließen sich Tempoerhöhungen, Bremsvorgänge sowie Lenkvorgänge abbilden. Speziell zur Rekonstruktion der Kurvenfahrten ist eine sehr hohe Abtastfrequenz erforderlich, da die Beschleunigungsinformationen aus kleinsten Wegänderungen berechnet werden müssen. Diese Beschleunigungsdaten müssen nicht zwangsläufig über GPS-Positionen berechnet werden, sondern können bereits über im Fahrzeug integrierte Beschleunigungssensoren erfasst werden.

6.2 Risikofaktoren und ihre Ausprägungen

Im Anwendungsbeispiel wird davon ausgegangen, dass sich die verschiedenen Fahrer im Portfolio privat genutzter Pkw eines Kfz-Versicherers abhängig vom Fahrstil unterschiedlichen Risikogruppen zuordnen lassen. Es wird angenommen, dass sich der Fahrstil über die folgenden GPS-basierten Parameter beschreiben lässt:⁷

- Beschleunigung [m/s^2]: Änderung einer Bewegung im Sinne einer Geschwindigkeitszunahme oder Geschwindigkeitsabnahme (Bremsvorgang)
- Geschwindigkeit [m/s]: Bewegungszustand des Fahrzeugs (gibt an, wie schnell eine Ortsänderung in einer bestimmten Zeit stattfindet)
- Ortslage/Fahrtstrecke: Straßenkategorie mit zugehöriger Richtgeschwindigkeit bzw. Geschwindigkeitsbegrenzung

Des Weiteren wird eine Kausalität zwischen statistischen sowie personenbezogenen Merkmalen und GPS-basierten Fahrzeugdaten zu Grunde gelegt. Abhängig vom Alter, Geschlecht und Familienstand sind klare Vorhersagen zur Risikowahrscheinlichkeit möglich (vgl. Statistisches Bundesamt 2013). Fahranfänger ohne ausreichende Fahrpraxis sind häufiger an Unfällen oder Verkehrsverstößen beteiligt als beispielsweise ein 40-Jähriger Pendler. Ältere Versicherungsnehmer profitieren von ihrer Erfahrung und Umsicht. Die Altersgruppe der über 60-jährigen erhält wiederum eine ähnliche Risikoeinstufung wie die Führerscheinneulinge. Mit Blick auf die Merkmale Geschlecht und Familienstand ist festzustellen, dass sowohl Frauen als auch Eltern junger Kinder die sichereren Autofahrer sind. Es ist folglich davon auszugehen, dass sich die auf bestimmte Personengruppen bezogenen Beobachtungen aus GPS-Daten ableiten lassen. Ebenso ist das Schadenrisiko abhängig vom Fahrzeugtyp und von den Leistungsdaten. Je stärker das Fahrzeug ist, desto höher fällt die Maximalgeschwindigkeit und desto geringer die Beschleunigungszeit aus.

Der Fahrstil jedes Fahrzeugführers wird im Rahmen des vorliegenden Beitrags daher an folgende Risikofaktoren gekoppelt:

- Geschlecht: weiblich, männlich⁸
- Altersgruppe: Fahranfänger(in), 40-Jährige(r), Senior(in)
- Familienstand: verheiratet und Kinder, nicht verheiratet und keine Kinder
- Fahrzeugtyp: klein, mittel, groß
- Ortslage: innerorts, außerorts
- Fahrtstrecke: Stadtstraße, Landstraße, Autobahn (beschränkt), Autobahn (offen)

⁷Nicht differenziert wird hier zwischen Routinefahrten und unbekannten Streckenprofilen sowie zwischen Lang- und Kurzstrecken. Außerdem könnte die Anzahl der Insassen Rückschlüsse auf Fahrzeugnutzungsart geben. Diese Komponenten haben bekanntermaßen auch einen Einfluss auf den Schadenverlauf (vgl. Statistisches Bundesamt, 2013).

⁸An dieser Stelle wird ausdrücklich auf Fußnote 2 verwiesen. Das Geschlecht darf in der Prämienkalkulation nicht mehr als Risikofaktor verwendet werden. Ein Rückschluss auf das Geschlecht kann bei einer sachlichen Einteilung in Risikoklassen aber kaum vermieden werden. Bei einer fachgerechten Kalkulation wird das Merkmal seine Bedeutung jedoch verlieren, da es zur Vereinfachung herangezogen worden war, aber durch technische Merkmale ersetzt werden kann. Die Vereinfachung der Differenzierung nach dem Geschlecht wird hier zum Zwecke der Verständlichkeit und Übersichtlichkeit dennoch angewendet.

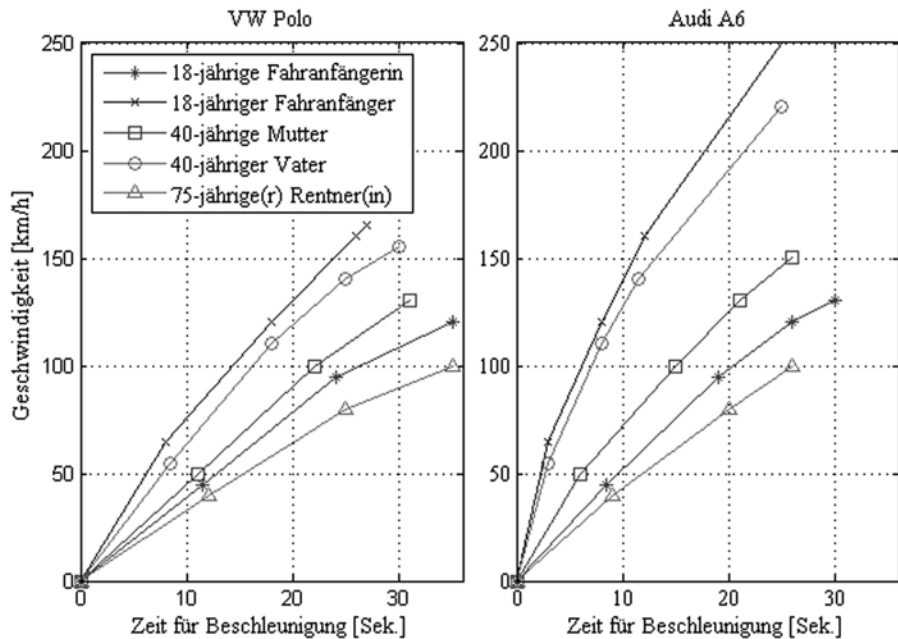


Abb. 13 Beispielhafte Beschleunigungskurven für die betrachteten Fahrertypen

Durch Kombination der Merkmalsausprägungen lassen sich die in den folgenden Abschnitten betrachteten Szenarien, also Fahrertypen inklusive dazugehörigem Fahrzeugtyp und Fahrtstrecke, herleiten.

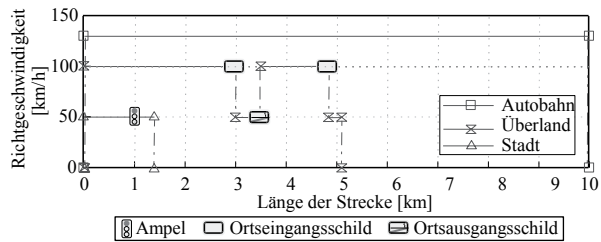
6.3 Generierung von Fahrerprofilen

In diesem Abschnitt werden beispielhaft Fahrerprofile erstellt, analysiert und gegenübergestellt. Grundlage bildet nicht eine empirische Untersuchung anhand von aufgezeichneten GPS-Daten. Vielmehr erfolgt eine analytische Berechnung auf Basis definierter Szenarien mit zugehörigen Annahmen.

Im Folgenden wird zwischen fünf Fahrertypen unterschieden. Sie ergeben sich aus der Kombination der im vorherigen Abschnitt eingeführten Ausprägungen der Risikofaktoren Geschlecht, Alter sowie Familienstand. Jedem Fahrertyp werden zwei Fahrzeugtypen zugeordnet, ein VW Polo (69 PS) stellvertretend für einen Kleinwagen und ein Audi A6 (290 PS) stellvertretend für einen Sportwagen. Zudem erfolgt eine Streckendifferenzierung nach Ortslage und Straßenart. Insgesamt lassen sich auf diese Art und Weise 40 verschiedene Szenarien definieren. Die zu jedem Szenario getroffenen Annahmen werden aus internen und externen Faktoren abgeleitet.⁹ Die internen Faktoren wie die Fahrerrungeschwindigkeit und -beschleunigung, das Reaktionsvermögen sowie die technischen Vorgaben des Fahrzeuges sind gekoppelt

⁹Unberücksichtigt bleiben kollektive Faktoren wie die aktuelle Verkehrsdichte und -stärke, da hier nur Grenzwerte und keine Mittelwerte betrachtet werden.

Abb. 14 Beispielhafte
Fahrtstreckenausschnitte



an den Fahrer- sowie Fahrzeugtyp. Geschwindigkeitsbeschränkungen in Abhängigkeit von der Streckenart fließen als externe Faktoren ein. Pro Fahrzeugtyp ergeben sich jeweils fünf unterschiedliche Beschleunigungskurven, welche in Abb. 13 dargestellt sind. Die Kurvenverläufe zu den verschiedenen Fahrer- und Fahrzeugtypen sind aufgrund unterschiedlicher Geschwindigkeits- und Beschleunigungsannahmen unterschiedlich steil. Die Beschleunigungsprofile geben bereits erste Anhaltspunkte über das individuelle Fahrprofil. An jeden Fahrertyp, welcher über gebräuchliche Risikomerkmale charakterisiert ist, ist eine spezifische Beschleunigungskurve geknüpft, die sich am Ende auch auf das spezifische Fahrverhalten auswirkt.

Zur Ermittlung der Fahrprofile, basierend auf den Beschleunigungskurven, werden die in Abb. 14 dargestellten Fahrtstrecken herangezogen, wobei die Stadt-, Überland- und Autobahnfahrt separat voneinander betrachtet werden. Für die Profilmodellierung werden Reaktionszeiten sowie Verweildauern an Hindernissen wie Ampeln vernachlässigt, die Anfangs- und Endgeschwindigkeit auf Null km/h gesetzt und innerhalb eines Streckentyps von einer konstanten Beschleunigung ausgegangen. Diese vereinfachenden Annahmen können bei folgenden Forschungsarbeiten ausgetauscht werden, um detailliertere Ergebnisse zu erhalten.

Exemplarisch sind die Geschwindigkeits-Beschleunigungs-Weg-Profile für die gewählten Fahrtstrecken in Abb. 15 und 16 für einen 40-jährigen Vater und einen 18-jährigen Fahranfänger mit einem VW Polo zu sehen. Erkennbar sind zwei Effekte. Zum einen unterscheiden sich die Profile eines Fahrzeugführers in Abhängigkeit von der Fahrzeugnutzung, d. h. der Fahrtstrecke. Zum anderen unterscheiden sich die zur gleichen Fahrtstrecke gehörenden Profile der beiden Fahrer. Ein ähnliches Verhalten zeigt sich bei der Betrachtung der Fahrprofile der restlichen Szenarien.

An dieser Stelle sei erwähnt, dass im Besonderen zwischen Fahrprofilen innerhalb einer Risikogruppe, beispielsweise bei den jungen Fahrern mit hohen Prämien, zu differenzieren ist. Hier gibt es große Potentiale zur Differenzierung der Tarife, die mit herkömmlichen Mitteln nicht ausgereizt werden können.

Um die Genauigkeit und Unsicherheit der Abbildung eines Fahrprofils einschätzen zu können, ist eine Fehlerrechnung durchzuführen. Dabei kann nach der Art des Auftretens zwischen systematischen und statistischen Fehlern unterschieden werden (vgl. Bevington 1969). Im Folgenden werden systematische Fehler betrachtet unter der Annahme, dass keine statistischen Fehler existieren.¹⁰ Die Ursachen von systema-

¹⁰ Der statistische Fehler wird nicht weiter betrachtet, da das vorliegende Beispiel auf deterministischen Annahmen beruht. Als Maß für die Streuung der Messwerte eignet sich der mittlere Fehler des arithmetischen Mittels.

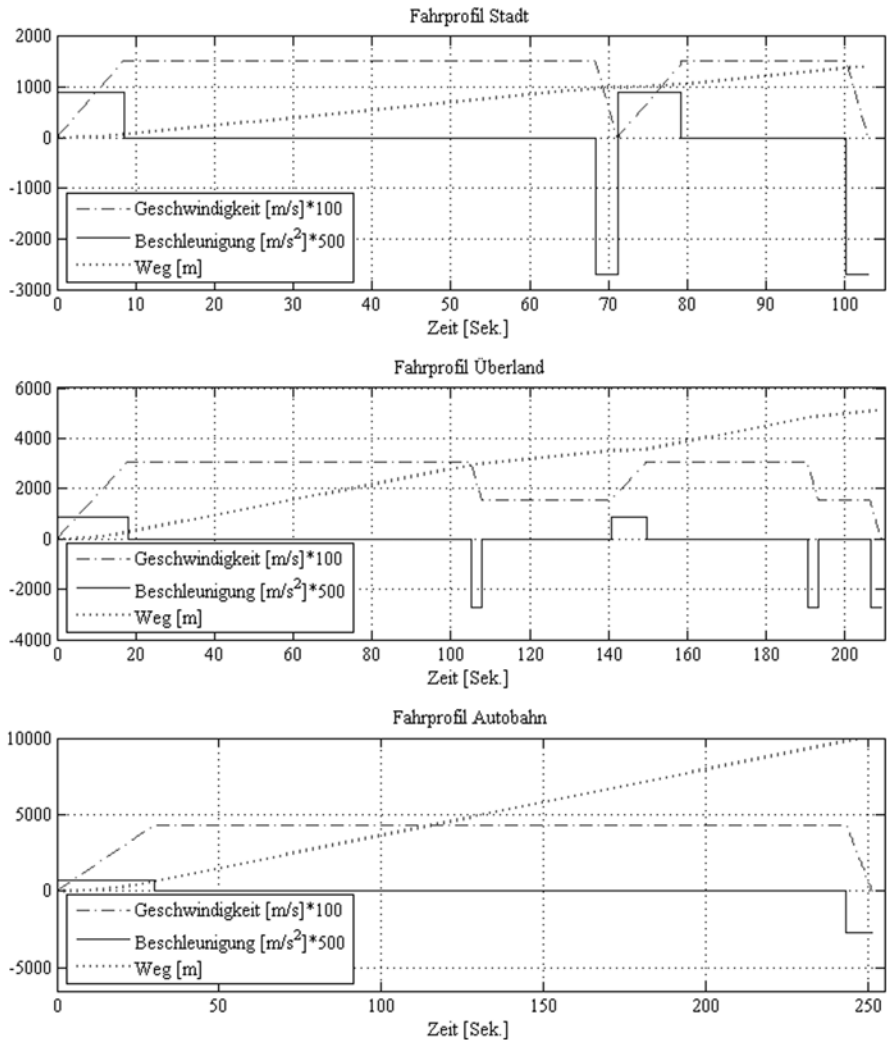


Abb. 15 Beispielhaftes Fahrprofil eines 40-jährigen Vaters im VW Polo

tischen Fehlern liegen in der Unvollkommenheit der Messgeräte und Messmethodik. Es werden zwei Arten von Fehlern berücksichtigt: Zum einen wird ein systembedingter, intrinsischer Fehler des Messgeräts $E_s = \pm 0,1$ m/s einkalkuliert. Zum anderen wird ein beschleunigungsabhängiger Teil des systematischen Fehlers betrachtet, der sich in Abhängigkeit von der Abtastfrequenz ergibt. Dieser wird mittels der Formel

$$E_a = \frac{1}{f_A} \cdot \bar{v}'(t) = \frac{1}{f_A} \cdot \bar{a}(t)$$

ermittelt, wobei \bar{a} den Mittelwert der Intervallgrenzen darstellt. Beispielhaft sind die ermittelten Einhüllungen für drei verschiedene Abtastfrequenzen im v - t -Diagramm

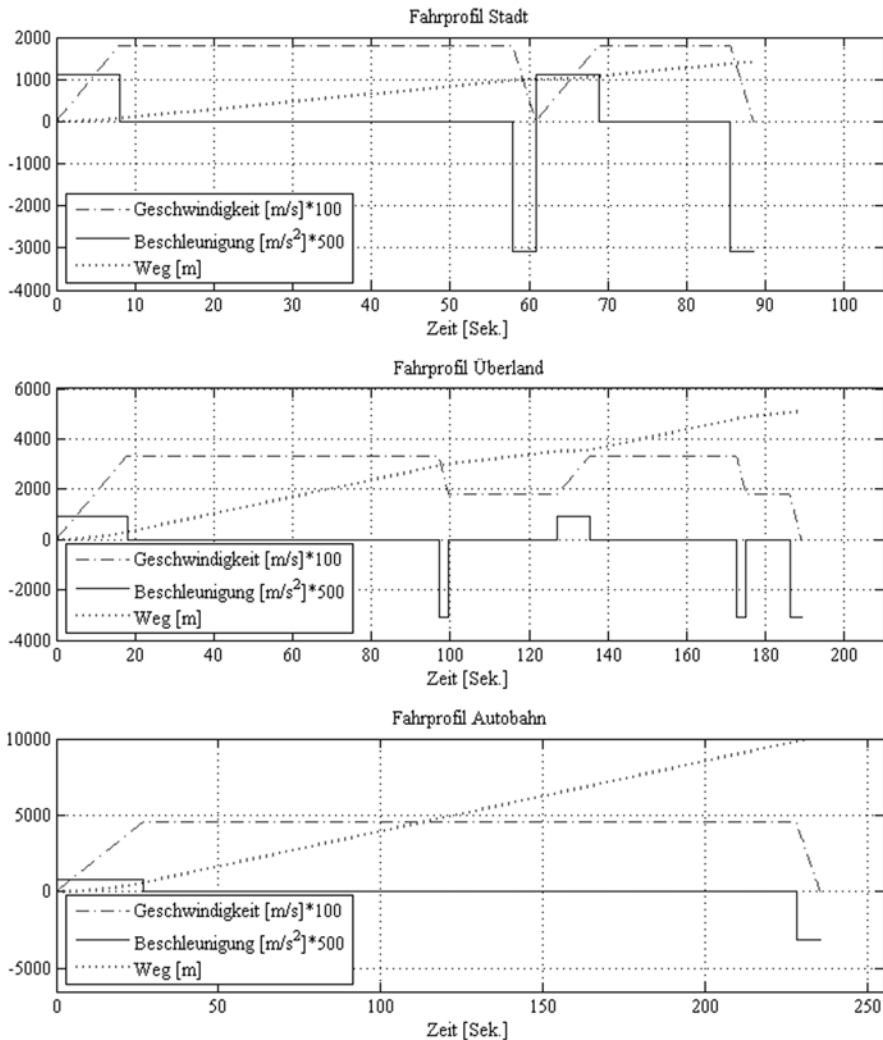


Abb. 16 Beispielhaftes Fahrprofil eines 18-jährigen Fahranfängers im VW Polo

eines Fahrprofils in Abb. 17 dargestellt. Treten zu einem bestimmten Zeitpunkt Überlappungen zwischen den Einhüllungen unterschiedlicher Fahrtstrecken auf, wie sie im v - t -Diagramm mit einer Frequenz von 0,1 Hz deutlich zu erkennen sind, ist zwischen ihnen auf Basis einer Geschwindigkeitsbetrachtung keine Differenzierung möglich. Stellen, an denen es selbst bei einer kleinen Abtastfrequenz keine Überschneidungen gibt, sind für das Profil nicht von Bedeutung. Eine solche Gegenüberstellung kann auch zwischen den gleichen Fahrtstrecken unterschiedlicher Fahrertypen erfolgen (siehe Abb. 18).

Eine solche Betrachtung der Fehlerursachen, der Größen der Fehler sowie eine Kenntnis über ihre Auswirkungen auf die Genauigkeit der Ergebnisse ist erforderlich, um die Abbildungsgüte beurteilen und schließlich System- und Datenanforde-

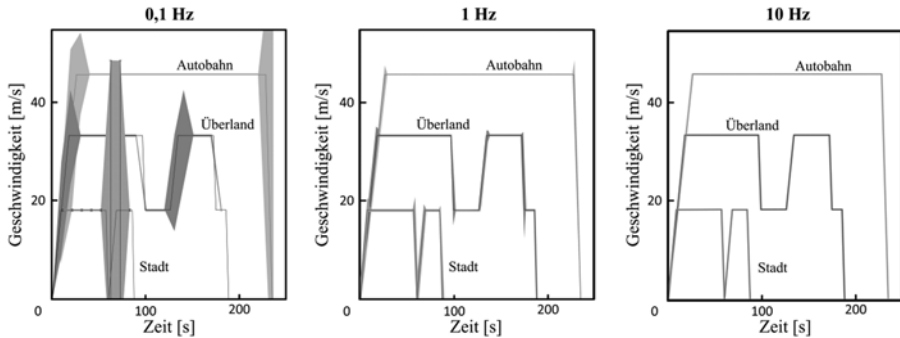


Abb. 17 Systematischer Fehler in Abhängigkeit von der Abtastfrequenz am Beispiel des 18-jährigen Fahrerprofils

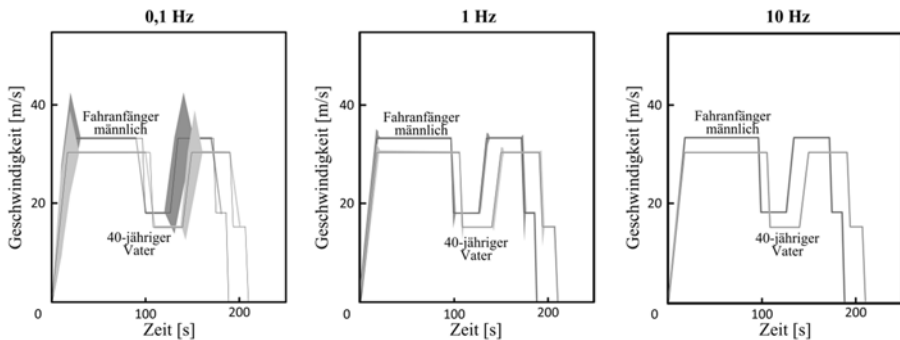


Abb. 18 Gegenüberstellung des systematischen Fehlers am Beispiel zweier Fahrprofile in Abhängigkeit von der Abtastfrequenz

runen sinnvoll definieren zu können. Festzustellen ist, dass zur Profildifferenzierung nicht zwangsläufig eine hohe Abtastfrequenz erforderlich ist (beim Übergang von 1 Hz auf 10 Hz reduzieren sich die Fehlerbalken kaum noch). Vielmehr muss die Abtastfrequenz in Abhängigkeit von den betrachteten Fahrtstrecken und Fahrertypen unter Berücksichtigung des Aspekts, dass eine hohe Abtastfrequenz ein hohes Datenvolumen bedeutet, festgelegt werden. Wird die Abtastfrequenz geeignet gewählt, so erlaubt die Betrachtung von GPS-Daten Erkenntnisse über das individuelle Fahrverhalten sowie die Fahrzeugnutzung zu gewinnen. Diese Erkenntnisse gehen über die mit traditionell erfassten Tarifmerkmalen erzielbaren Informationen hinaus. Somit kann Informationsasymmetrien begegnet werden. Unter Einbezug von Unfallstatistiken lassen sich damit die Risikowahrscheinlichkeiten besser beschreiben und somit risikoadäquatere Prämien berechnen als dies mit den bisher eingesetzten Mittel möglich ist. Insbesondere lässt dieser Ansatz eine präzisere Tarifiedifferenzierung innerhalb derzeit betrachteter Risikogruppen, beispielsweise bei den Fahrerprofilen, zu. Dies hilft eine Antiselektion zu vermeiden.

7 Fazit und Ausblick

In diesem Beitrag wurden innovative Ansätze zur tieferen Tarifiedifferenzierung in der deutschen Kraftfahrzeugversicherung aufgezeigt. Zielsetzung aller Ansätze ist es, zu einer risikoadäquateren Tarifierung beizutragen. Unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit können damit die Antiselektion vermieden sowie der Deckungsgrad verbessert werden. Aus dem Blickwinkel des Verbraucherschutzes liefern risikoadäquatere Tarife gerechtere Prämien.

Betrachtet wurde ein breites Spektrum von potentiellen Tarifmerkmalen aus den Klassen Umweltfaktoren, GPS-basierte Fahrzeugdaten sowie Schadenidentifikation. Sie wurden in Hinsicht auf die Umsetzungsmöglichkeiten, die Datensammlung und den Mehrwert für die Kalkulation beleuchtet. Ein besonderes Augenmerk wurde – aus Gründen der technischen Umsetzbarkeit und des Mehrwertes – auf den sogenannten GPS-basierten Ansatz gelegt. Dieser beinhaltet die Ableitung von fahrverhaltensabhängigen Tarifen aus Geschwindigkeitsabläufen, Beschleunigungsprofilen und der Straßenartnutzung. Gezeigt wurde, dass sich Fahrprofile verschiedener Fahrertypen, die gekennzeichnet sind durch die zugehörige Personengruppe, den Fahrzeugtyp und die Fahrtstrecke, derart differenzieren lassen, dass unter Einbezug von Unfallstatistiken Aussagen zur individuellen Risikoeinstufung getroffen werden können. Dies ermöglicht z. B. eine bisher nicht durchführbare Differenzierung in der Gruppe der Fahranfänger. Ein entscheidendes Qualitätsmerkmal stellt die Abtastfrequenz dar, welche die Abbildungsgüte der Fahrprofile bestimmt.

Die meisten Lösungen auf Fragestellungen der Tarifierung und der Risikoselektion umfassen eine Ausweitung der Datensammlung, deren Auswirkungen akkurat zu berücksichtigen sind. Für alle vorgestellten Modelle gilt, dass sie sich nur dann durchsetzen werden, wenn die Vorteile die Nachteile überwiegen. D.h. insbesondere, dass sich ein Modell nicht durchsetzen wird, wenn der Staatsanwalt ‚als Beifahrer‘ mitfährt. Die Versuchung vom Staat wird – rein unter Betrachtung der Kosten-Nutzen-Relation – sicherlich groß sein, alle Daten für eigene Auswertungen zu verwenden. Dies zeigt ein Beispiel aus den Niederlanden, wo der Navigations-Geräte-Hersteller TomTom Geschwindigkeitsdaten an die Polizei verkaufte. Es wird wohl kein Weg daran vorbeiführen, bereits vorab klare Regeln und Grenzen an die Datenanforderung und für die Datennutzung zu definieren. Des Weiteren ist in Erwägung zu ziehen, den enormen technologischen Fortschritt der Verkehrstelematik bei der Suche nach neuen Tarifkriterien einzubeziehen. Berücksichtigung sollte finden, inwiefern neuartige Systeme mit bereits existierenden Automobilsystemen, wie z. B. einem Tempomat, einem Abstandshalter und einer Einparkautomatik, oder gar einem selbstfahrenden Fahrzeug gekoppelt werden können. Damit könnte ein Anstieg der Prämien durch Nutzung aufwendiger Technik zur Tarifikalkulation abgefangen werden.

Dieser Beitrag zeigt Ansatzpunkte für die künftige Tarifgestaltung auf. Nicht zuletzt wegen des Schutzes der Persönlichkeit und zur Akzeptanz, aber auch zur Verringerung des Aufwands und des Nachweises sollten Fahrertypen definiert werden, die anhand weniger Stützpunktwerte identifizierbar sind. In einem nächsten Schritt gilt es, die jeweiligen Ansätze detaillierter zu betrachten und konkrete fahrverhaltensabhängige Tarife herzuleiten.

Literatur

- Bevington, P.: Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences, Aufl. 3, McGraw-Hill, New York (1969)
- Cummins, J.D., Outreville, J.F.: An international analysis of underwriting cycles in property-liability insurance. *J. Risk Insur.* **54**(2), 246–262 (1987)
- DAV-Arbeitsgruppe Tarifierung: Berufspflichten des Aktuars bei der Tarifgestaltung in der Schadenversicherung. Hinweis der Deutschen Aktuarvereinigung e. V., Köln (2007)
- DAV-Arbeitsgruppe Tarifierungsmethodik: Aktuarielle Methoden der Tarifgestaltung in der Schaden-/Unfallversicherung. Verlag Versicherungswirtschaft GmbH, Karlsruhe (2011)
- Domeyer, A.: Spezielle Versicherungen des privaten, des gewerblichen und des Industriegeschäfts. Verlag Versicherungswirtschaft GmbH, Karlsruhe (2005)
- Eling, M., Luhnen, M.: Understanding price competition in the German motor insurance market. *ZVersWiss* **97**, 37–50 (2008)
- Eling, M., Luhnen, M.: Versicherungszyklen in der deutschen KFZ-Versicherung. *ZVersWiss* **98**, 507–516 (2010)
- Europäische Kommission: eCall: Automatischer Notruf für Verkehrsunfälle ab 2015 Pflicht in Autos. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-534_de.htm. (2013). Accessed 27 Apr 2014
- Farny, D.: The development of European private sector insurance over the last 25 years and the conclusions that can be drawn for business management theory of insurance companies. Geneva Pap. Risk Insur. – Issues and Practices **24**(2), 145–162 (1999)
- Folksam: Hur säker är bilen? http://www.folksam.se/polopoly_fs/1.884731/Hur_saker_ar_bilen.pdf. (2013) Accessed 27 Apr 2014
- GDV: Jahrbuch 2004 – Die deutsche Versicherungswirtschaft. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V., Berlin (2004)
- GDV: Jahrbuch 2005 – Die deutsche Versicherungswirtschaft. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V., Berlin (2005)
- GDV: Jahrbuch 2006 – Die deutsche Versicherungswirtschaft. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V., Berlin (2006)
- GDV: Jahrbuch 2007 – Die deutsche Versicherungswirtschaft. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V., Berlin (2007)
- GDV: Jahrbuch 2008 – Die deutsche Versicherungswirtschaft. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V., Berlin (2008)
- GDV: Jahrbuch 2009 – Die deutsche Versicherungswirtschaft. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V., Berlin (2009)
- GDV: Jahrbuch 2010 – Die deutsche Versicherungswirtschaft. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V., Berlin (2010)
- GDV: Jahrbuch 2011 – Die deutsche Versicherungswirtschaft. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V., Berlin (2011)
- GDV: Jahrbuch 2012 – Die deutsche Versicherungswirtschaft. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V., Berlin (2012)
- GDV: Komplexe Suche nach PKW-Typklassen. <http://www.gdv-dl.de/komplexe-suche.html>. (2013) Accessed 27 Apr 2014
- Gerpott, T.J., Berg, S.: Pay-As-You-Drive Angebote von Erstversicherern für Privatkunden: Eine betriebswirtschaftliche Analyse. *ZVersWiss* **101**, 3–29 (2012)
- Heep-Altiner, M., Klemmstein, M.: Versicherungsmathematische Anwendungen in der Praxis: Mit Schwerpunkt Kraftfahrt und Allgemeine Haftpflicht. Verlag Versicherungswirtschaft GmbH, Karlsruhe (2001)
- IMWF: Auswirkung der demografischen Entwicklung auf die Marktpotentiale von Versicherungen und Kreditinstituten. Institut für Management- und Wirtschaftsforschung. Hamburg (2011)
- Institute for Road Safety Research (SWOV): Fact Sheet Alcolock. http://www.swov.nl/rapport/Factsheets/UK/FS_Alcolock.pdf. (2011) Accessed 29 Jan 2014
- Ippisch, T., Thiesse, F., Fleisch, E.: An Analysis of Sensor-Based Premium Schemes in the Car Insurance Industry. <http://www.i-lab.ch/wp-content/uploads/2012/11/9-Ippisch-Thiesse-Fleisch-Sensor-based-premium-schemes.pdf>. (2007) Accessed 27 Apr 2014
- Jara, M.: Zielorientierte Neugestaltung des Schadenmanagements in Versicherungsunternehmen. I.VW-HSG, St. Gallen (2000)

- Kaas, R., Goovaerts, M., Dhaene, J., Denuit, M.: *Modern Actuarial Risk Theory*. Springer, Berlin (2009)
- Knaup, M.: Kfz-Versicherung: Wechselbereitschaft um 20 Prozentpunkte gesunken. Pressemitteilung DEVK. <http://www.devk.de/media/content/pressemitteilungen/pm2013/DEVK-PM-2013-11-19-Kfz-Wechselbereitschaft.pdf>. (2013) Accessed 27 Apr 2014
- Laas, D., Hartmann, M., Nützenadel, C., Schmeiser, H., Wagner, J.: *Pricing-Strategien in der KFZ-Versicherung*. I.VW-HSG/Solution Providers Schweiz AG., St.Gallen/Dübendorf (2014)
- Lochmaier, L.: Auto-Versicherer planen User-Tracking via GPS. *Monitor* **24**(4), 41 (2007)
- Meschede, D.: *Gerthsen Physik*. Springer, Berlin (2010)
- Münch, U.: Telematik in der Kraftfahrtversicherung – Wohin geht die Reise? *Versicherungsforen – Themendossier* (08), 1–7 (2012)
- Oberholzer, M.: *Strategische Implikationen des Ubiquitous Computing für das Nichtleben-Geschäft im Privatkundensegment der Assekuranz*. Verlag Versicherungswirtschaft, Karlsruhe (2003)
- Rees, R., Kessner, E., Klemperer, P., Matutes, C.: Regulation and efficiency in European insurance markets. *Econ. Policy* **14**(29), 363–397 (1999)
- Schulenburg, J.M.: *Versicherungsökonomik – Ein Leitfaden für Studium und Praxis*. Verlag Versicherungswirtschaft GmbH, Karlsruhe (2004)
- Sparkassen Direktversicherung: Sparkassen Direktversicherung startet mit Telematik-Sicherheits-Service. <http://www.sparkassen-direkt.de/presse/telematik-sicherheits-service-startet.html>. (2013) Accessed 11 Nov 2013
- Stadler, M.: *Die Kfz-Versicherung*. Verlag Versicherungswirtschaft GmbH, Karlsruhe (2008)
- Statistisches Bundesamt: *Verkehr – Verkehrsunfälle 2012*. Fachserie 8 Reihe 7, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden (2013)
- Towers Watson: Towers Watson-Studie zur Kfz-Versicherung - Mehrheit der Europäer findet Telematik-Tarife attraktiv. www.towerswatson.com/de-DE/Press/2013/09/Towers-Watson-Studie-zur-Kfz-Versicherung. (2013) Accessed 29 Jan 2014
- Troncoso, C., Danezis, G., Kosta, E., Preneel, B.: PriPAYD: Privacy friendly pay-as-you-drive insurance. In: Yu, T. (Hrsg.) *Proceedings of the 2007 ACM Workshop on Privacy in Electronic Society*, 99–107. ACM, New York (2007)
- Volkswagen: *Assistenzsysteme - Kleine Helfer, große Wirkung*. *ViaVision* **1**, 1–12 (2014)
- Werner, M.: *Digitale Signalverarbeitung mit MATLAB®*. 5. Aufl. Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, (2012)
- Wieser, A.: Die totale Überwachung. *Omnibus Revue* **11**, 14–18 (2013)
- Zanema, J., van Amelsfort, D., Bliemer, M., Bovy, P.: Pay-as-you-drive strategies: case study of safety and accessibility effects. *J. Trans. Res. Board* **2078**, 8–16 (2008)