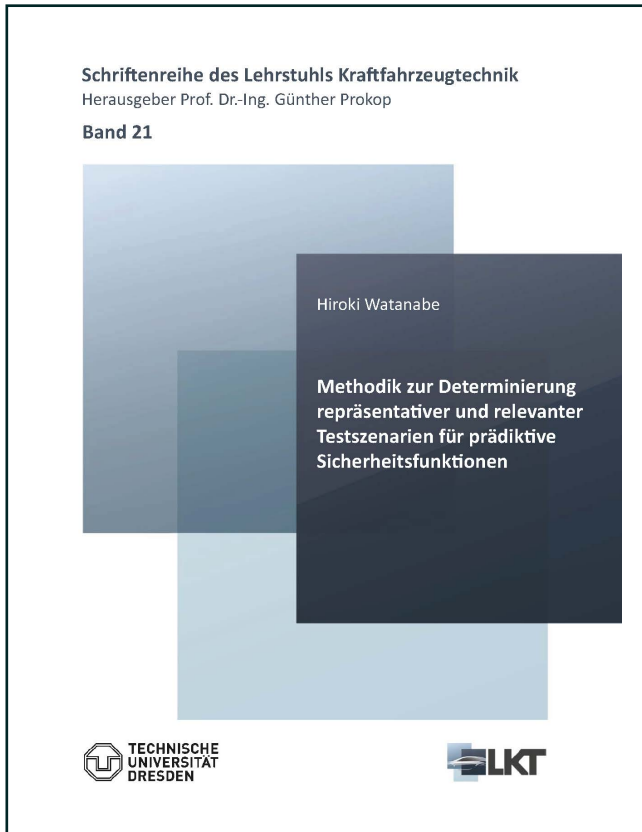




Hiroki Watanabe (Autor)

Methodik zur Determinierung repräsentativer und relevanter Testszenarios für prädiktive Sicherheitsfunktionen



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/8626>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

Die Anzahl der in Deutschland zugelassenen Personenkraftwagen stieg seit 2010 kontinuierlich an und erreichte 2019 ca. 47 Millionen [Kra20]. Die hohe Verkehrsdichte infolge steigender Fahrzeugzulassungen wird unter anderem als Ursache von zunehmenden Unfallzahlen gesehen [Fil19]. Im Jahr 2018 betrug die Anzahl der polizeilich erfassten Unfälle 2.636.468 [Sta20, S. 44]. Das entspricht einem Zuwachs von ca. 9% im Vergleich zum Jahr 2013. Trotz zunehmender Unfallzahlen stagnierte die Anzahl der Verkehrstoten im Zeitraum von 2013 bis 2018 [Sta20, S. 46]. Die Anzahl der Verkehrstoten lag 2018 bei 3.275 [Sta20, S. 46]. Das heißt, dass im Jahr 2018 durchschnittlich ca. 9 Menschen pro Tag im deutschen Straßenverkehr ums Leben kamen. Verkehrsprofessor Helmut Holzapfel sagte in einem Interview: „jeder Verkehrstote ist einer zu viel“ [Wil17]. Vor diesem Hintergrund erfährt die Verbesserung der Verkehrssicherheit eine zunehmende Bedeutung.

Neben infrastrukturellen Maßnahmen (z. B. anhand des Maßnahmenkataloges gegen Unfallhäufungen [Bun19]) kann der steigende Automatisierungsgrad der Fahrzeugführung zur Reduzierung der Unfälle beitragen [Gas+12, S. 11]. Allerdings entsteht zugleich ein automatisierungsbedingtes Risiko für einen Unfall [Gas+12, S. 11]. Ein Beispiel hierfür ist der tödliche Unfall mit Beteiligung eines Fußgängers und eines selbstfahrenden Fahrzeuges im Jahr 2018 [Nat18]. Dieser Unfall verdeutlicht die Herausforderung, mit automatisierten Fahrd- und Assistenzfunktionen die Vielfalt aller im Straßenverkehr möglichen Szenarien zu beherrschen. Ein fahrleistungsbasierter Sicherheitsnachweis der automatisierten Fahrfunktionen ist aufgrund einer hohen Testkilometerzahl zeitintensiv und ökonomisch unrealistisch [KP16, S. 10] [WW16, S. 446]. Um die Testkilometerzahl und damit einhergehend den Testaufwand zu reduzieren, zeigte das Forschungsprojekt PEGASUS¹ in dessen szenarienbasiertem Ansatz die Notwendigkeit zur Festlegung relevanter Testszenarien auf [Wac+16b, S. 4].

1.1 MOTIVATION UND ZIELSTELLUNG

Im Jahr 2016 verpflichteten sich 20 Automobilhersteller, bis 2022 die automatische Notbremsfunktion (*engl.* Automatic Emergency Braking, AEB²) standardmäßig in neue Fahrzeuge einzubauen [IH16]. Die fahrzeugsicherheitsrelevanten Funktionen, die zur Kollisionsvermeidung und -folgenminderung dienen, werden in dieser Arbeit als prädiktive Sicherheitsfunktionen (kurz: Funktionen) bezeichnet. Deren Wirksamkeit wird beispielsweise von Verbraucherschutzorganisationen anhand von definierten Testszenarien bewertet [Eur19a; Eur19b; Eur19c]. Die Bewertungsergebnisse von Funktionen, die je nach Automobilhersteller unterschiedliche Charakteristika aufweisen können, unterstützen die Kunden bei der Kaufentscheidung [Eur20b]. Aus diesem Grund sind die Bewertungen für Automobilhersteller wichtig. Allerdings decken einerseits die verwendeten Testszenarien nicht die Komplexität des Realverkehrs vollständig ab [Eur20b]. Andererseits ist die Testdurchführung aller möglichen Szenarien auf dem Testgelände ressourcenintensiv [Ber+15, S. 2280]. Deshalb besteht die Notwendigkeit, möglichst repräsentative Testszenarien für die Wirksamkeitsbewertung der Funktionen zu determinieren. Dies stellt den ersten Aspekt der Motivation dieser Arbeit dar.

Die Funktionen müssen korrekt auf verschiedene Szenarien reagieren, um ihre positive Wirkung auf die Sicherheit im Straßenverkehr auszuüben und gleichzeitig eine hohe Kundenakzeptanz erzielen [HDN17, S. 2]. Die Funktionsentwicklung strebt deshalb eine Minimierung der Anzahl von Falsch- und Fehlauflösungen an. Eine Falschauflösung ist eine unberechtigte bzw. fälschliche Funktionsauflösung (z. B. Teil-/Vollbremsung durch eine AEB-Funktion) bei nicht vorhandener Kollisionsgefahr. Eine Fehlauflösung beschreibt eine ausbleibende

¹ PEGASUS (Projekt zur Etablierung von generell akzeptierten Gütekriterien, Werkzeugen und Methoden sowie Szenarien und Situationen zur Freigabe hochautomatisierter Fahrfunktionen): Januar 2016 – Juni 2019

² Die im deutschsprachigen Raum etablierten englischen Fachbegriffe und deren Abkürzungen werden in dieser Arbeit zwecks besserer Verständlichkeit meist in englischer Sprache verwendet.

bzw. fehlende Funktionsauslösung bei vorhandener Kollisionsgefahr im Wirkbereich³ [Hel15, S. 19f.]. Für Analysen der Falsch- und Fehlauflösungen sind die dafür geeigneten Testszzenarien erforderlich. Eine gezielte Auswahl relevanter Testszzenarien ermöglicht eine effiziente Funktionsentwicklung. Die Wichtigkeit der entwicklungsorientierten Szenarienauswahl bildet den zweiten Aspekt der Motivation dieser Arbeit.

Zusammenfassend visualisiert Abbildung 1.1 die aufgezeigten zwei Aspekte. Das Ziel dieser Arbeit ist die Methodenentwicklung zur Erstellung eines Testszzenarienkataloges, der in seinen Eigenschaften aus den zwei Aspekten motiviert ist. Dieser soll einerseits mit möglichst repräsentativen Testszzenarien den Realverkehr bestmöglichen abbilden, andererseits mit relevanten Testszzenarien eine effiziente Funktionsentwicklung ermöglichen.

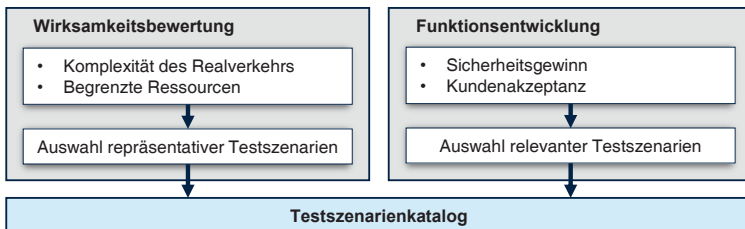


Abbildung 1.1: Motivation der Arbeit

1.2 STRUKTUR DER ARBEIT

Dieser Abschnitt gibt einen Überblick zum Aufbau der Arbeit. Kapitel 1 beleuchtet die Themenrelevanz der Erstellung eines Testszzenarienkataloges und erklärt im Anschluss relevante Begrifflichkeiten. Kapitel 2 beschäftigt sich zunächst mit der Aufbereitung von Definitionen der Repräsentativität aus unterschiedlichen Fachdisziplinen. Darauf folgend rückt die Auflistung von Ansätzen zur Szenarienauswahl in den Vordergrund. Dabei liegt der Fokus auf der Wirksamkeitsbewertung und der Funktionsentwicklung. Kapitel 3 befasst sich anfangs mit der Kritik am Stand der Wissenschaft und leitet aus der Zielsetzung dieser Arbeit sowie der Kritik am Stand der Wissenschaft Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik ab. Anschließend erfolgt das Aufstellen von durch diese Arbeit zu beantwortenden Forschungsfragen. Kapitel 4 geht auf die Methodenentwicklung zur Erstellung eines Testszzenarienkataloges unter Berücksichtigung der gestellten Anforderungen ein. Kapitel 5 zeigt die Anwendung der entwickelten Methodik und deren Ergebnisse. Kapitel 6 analysiert Möglichkeiten und Grenzen der angewandten Methodik sowie den Beantwortungsgrad der Forschungsfragen. Kapitel 7 fasst Erkenntnisse aus dieser Arbeit zusammen. Kapitel 8 führt weitere Themenbereiche mit Forschungsbedarf auf und bildet den Abschluss der vorliegenden Arbeit (vgl. Abbildung 1.2).

Kapitel 1	Kapitel 2	Kapitel 3	Kapitel 4	Kapitel 5	Kapitel 6	Kapitel 7	Kapitel 8
Einleitung	Stand der Wissenschaft	Forschungsfragen	Methodenentwicklung	Anwendung und Ergebnisse	Diskussion	Zusammenfassung	Ausblick

Abbildung 1.2: Aufbau der Arbeit

³Der Wirkbereich umfasst Szenarien, die eine Funktion mit ihrem System adressieren soll (vgl. Kapitel 1.3).

1.3 BEGRIFFSDEFINITIONEN

Im Folgenden werden grundlegende Fachbegriffe erläutert. Die Gültigkeit der Definitionen beschränkt sich auf die vorliegende Arbeit.

Eine **Funktion** (z. B. AEB) enthält lediglich die semantische Beschreibung der Sollaktionen zur Kollisionsvermeidung und -folgenminderung (z. B. Teil-/Vollbremsung zur Vermeidung von Frontkollisionen). Diese Beschreibung ist abstrakt und beinhaltet am Beispiel der AEB-Funktion keine Informationen bzgl. der eingebauten Sensoren und der genauen Bremsbeschleunigung, die bei der Teil-/Vollbremsung eingeleitet wird [Wat+20b, S. 35].

Die Umsetzung einer Funktion erfolgt über ein bestimmtes **System**. Dieses besteht aus der Sensorik, dem Funktionsalgorithmus und der Aktorik, wobei unter dem Begriff der Sensorik bzw. der Aktorik die Gesamtheit der eingesetzten Sensoren bzw. Aktoren verstanden wird. Die **Sensorik** gliedert sich in Fahrzeugsensorik (z. B. Lenkwinkelsensor, Gierratensensor etc.) sowie Umfeldsensorik (z. B. Kamera, Radarsensor etc.). Die Sensorik ist zuständig für die Beobachtung des Fahrerzustandes sowie des fahrzeuginneren und -äußeren Zustandes. Der **Funktionsalgorithmus** umfasst die Auslösekriterien und die Stärke der Sollaktionen zur Kollisionsvermeidung und -folgenminderung. In diesem sind situationsabhängige Bremsprofile einer AEB enthalten. Die **Aktorik** ist bei einer akustischen und visuellen Fahrerwarnung vor Gefahr beispielsweise der fahrernah installierte Lautsprecher und die Leuchte auf der Instrumententafel bzw. dem Head-up-Display. Bei einer AEB führen die Radbremsen als Aktorik das Bremsmanöver aus [Wat+20b, S. 35f.].

Innerhalb eines Systems besteht der folgende Zusammenhang: Die Sensorik speist wahrgenommene relevante Informationen vom Fahrer, dem Egofahrzeug⁴ und dem Umfeld in den Funktionsalgorithmus ein. Beispiele hierfür sind der Status der Fahreraktivität bzw. der Aufmerksamkeit aus der Fahrerbeobachtungskamera sowie die Relativgeschwindigkeit zwischen dem Egofahrzeug und dem Vorderfahrzeug aus dem Radarsensor. Aus Informationen der Sensorik können weitere Informationen generiert werden (z. B. verbleibende Zeit bis zu einer möglichen Kollision (*engl.* Time-To-Collision, TTC) [Hay72, S. 26ff.]). Darauf folgend interpretiert der Funktionsalgorithmus die momentane Situation anhand der gegebenen Informationen und trifft die Entscheidung zur Funktionsauslösung. Wenn die Auslösekriterien erfüllt sind, führt die Aktorik (z. B. Radbremsen) die vom Funktionsalgorithmus vorgegebene Sollaktion aus. Die Sensorik beobachtet die Zustandsänderung des Fahrers, des Egofahrzeuges und des Umfeldes nach der vorhandenen oder der nicht vorhandenen Funktionsauslösung und sendet stets die Informationen an den Funktionsalgorithmus [Wat+20b, S. 36]. Der Fahrer gehört nicht zum System. Er kann jedoch gegebenenfalls den Funktionseingriff durch ein eigenständiges Manöver überstimmen (vgl. Abbildung 1.3).

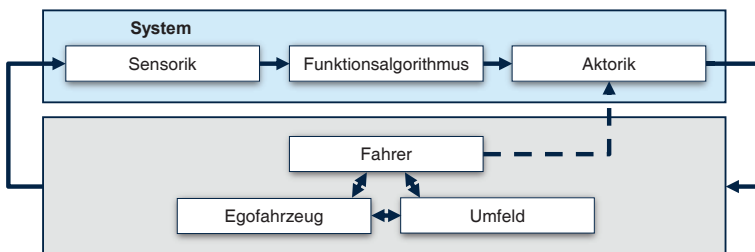


Abbildung 1.3: System mit Schnittstellen in Anlehnung an [Wec+15, S. 8f.] [Wat+20b, S. 36]

⁴Fahrzeug mit einem System (*engl.* subject vehicle)

1 Einleitung

Eine Funktion kann durch verschiedene Systeme umgesetzt werden. Am Beispiel einer AEB im Längsverkehr (Funktion) kann die Erfassung eines potentiellen Kollisionsgegners einerseits rein radarsensorbasiert (Sensorik/System 1), andererseits rein kamerabasiert (Sensorik/System 2) erfolgen. Der Radarsensor und die Kamera können ebenfalls gleichzeitig als Umfeldsensorik in einem System zum Einsatz kommen (Sensorik/System 3).

Analog zu [Ul+15, S. 985] ist eine **Situation** eine Momentaufnahme des Verkehrs aus Sicht eines Verkehrsteilnehmers oder der eingesetzten Sensorik eines Systems. Unter dem Begriff des **Szenarios** wird in dieser Arbeit eine zeitliche Entwicklung von fortlaufenden Situationen verstanden. Zur Darstellung eines Szenarienablaufes kommt das Modell von ACEA⁵ (*engl.* ACEA safety model) zum Einsatz (vgl. Abbildung 1.4) [Eur06, S. 13]. Der Anfang und das Ende eines Szenarios sind abhängig von den jeweiligen zu entwickelnden Funktionen. Im Kontext der Funktionsauslösung zur Kollisionsvermeidung mithilfe einer AEB ist die Betrachtung des Verlaufes von der Entstehung der Kollisionsgefahr bis zu einer möglichen Kollision sinnvoll [DG17]. Eine situative Kritikalitätsbewertung liegt außerhalb des Fokus dieser Arbeit. Für weiterführende Informationen dazu sei beispielsweise auf [Wac+16a; JSW17; Jun+18; Leh+18; Leh+19; Wal20] verwiesen.

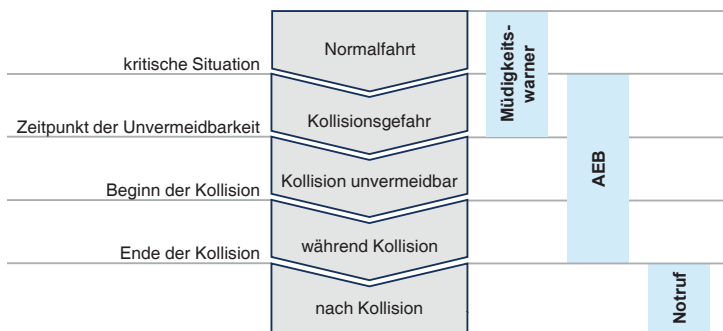


Abbildung 1.4: Darstellung eines Szenarienablaufes nach [Eur06, S. 13] [DG17]

Die Parameter, die ein Merkmalsträger bzw. ein Szenario beschreiben, werden als **Merkmale** bzw. **Szenarienparameter** bezeichnet [BBK12, S. 6] [Wac+16b, S. 12]. Diese weisen je nach ihren (**Merkmals-**)**Ausprägungen** unterschiedliche Skalenniveaus auf [BBK12, S. 6f., 59 und 94]:

1. binär bzw. dichotom,
z. B. Vorhandensein der Sichthindernisse mit Ausprägung ja/nein
2. nominal,
z. B. Witterungsbedingungen mit Ausprägung sonnig/bewölkt/regnerisch etc.
3. ordinal,
z. B. Verkehrsfluss (*engl.* Level of Service) mit Ausprägung A/B/C etc.
4. metrisch,
z. B. Geschwindigkeit zu einem Zeitpunkt mit Ausprägung 50 km/h
5. zeitvariant bzw. zeitlich veränderlich,
z. B. zeitlicher Geschwindigkeitsverlauf des Egofahrzeuges in einem Szenario

⁵ *franz.* Association des Constructeurs Européens d'Automobiles, *dt.* Europäischer Automobilherstellerverband

Die verwendeten Szenarienparameter spannen einen **Szenarienraum** auf, in dem sich alle für eine Analyse herangezogenen Szenarien befinden. Ein **TestszENARIO** ist ein Szenario sowohl für die Bewertung der Kollisionsvermeidbarkeit mit einem System (hier: **Wirksamkeitsbewertung**) als auch für die Entwicklung eines Systems, das eine Funktion umsetzt (hier: **Funktionsentwicklung**). Eine Sammlung von Testszenerien wird als **Testszenerienkatalog** bezeichnet. Ein Testszenerienkatalog ist immer funktions- und systemspezifisch (vgl. Abbildung 1.1). Wenn eine Methode zur Erstellung eines Testszenerienkataloges eine Datenbank als Input verwendet, werden die Szenarien in dieser Datenbank **Input-Szenarien** genannt. Da die Testszenerien in einem Testszenerienkatalog hingegen den Output der angewandten Methode darstellen, werden diejenigen auch als **Output-Testszenerien** gekennzeichnet. Wenn ein TestszENARIO einen Cluster bzw. eine Gruppe repräsentieren soll, wird dieses auch als **Clusterzentrum** bzw. **Cluster-Repräsentant** bezeichnet. Der Bedeutung der **Repräsentativität** in Bezug auf Testszenerien widmen sich Kapitel 2.1 und 3.1.1.

Der Begriff der **Relevanz** im Kontext der Szenarienanalyse bezieht sich auf die **Funktions- und Systemrelevanz**. Am Beispiel einer AEB-Funktion zur Vermeidung von Kollisionen mit Fußgängern im Fahrzeugfrontbereich sind alle Szenarien mit mindestens einem Fußgänger im nahen Fahrzeugfrontbereich potentiell **funktionsrelevant**. Im Gegensatz dazu sind Szenarien, in denen ein Fußgänger den Fahrzeugheckbereich passiert, nicht funktionsrelevant, weil die Beispielfunktion solche Szenarien nicht adressiert. Die **Systemrelevanz** berücksichtigt die Leistungsfähigkeit der Systemkomponenten. Unter der Annahme, dass ein kamerabasiertes System bei Regen ein Objekt im Fahrzeugfrontbereich schlechter als ein radarsensorbasiertes System erkennt, sind der Szenarienparameter *Witterungsbedingungen* und dessen Ausprägung *regnerisch* für das kamerabasierte System potentiell **systemrelevant**.

Jedes System weist einen definierten **Wirkbereich** auf, der durch die Funktionsauslösung adressiert werden soll [HDN17, S. 4]. Dieser wird unter anderem durch Funktionsentwickler festgelegt. Zudem kann sich der Wirkbereich mit begrenzter Leistungsfähigkeit der verwendeten Systemkomponenten einschränken (vgl. Abbildung 1.5).

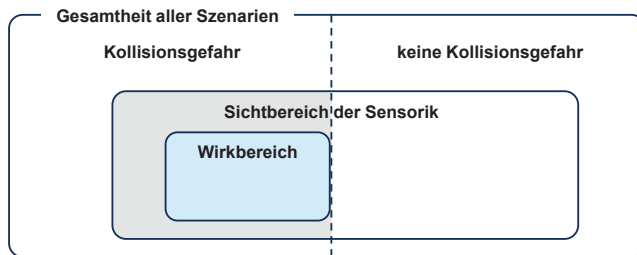


Abbildung 1.5: Qualitative Darstellung des Wirkbereiches eines Systems nach [HDN17, S. 4]

Bei vorhandener Kollisionsgefahr im Wirkbereich erfolgt die Funktionsauslösung (hier: **berechtigte Auslösung**, engl. **True-Positive**). Hingegen bleibt die Funktionsauslösung bei nicht vorhandener Kollisionsgefahr aus (hier: **berechtigte Nichtauslösung**, engl. **True-Negative**). Falls die Funktion bei nicht vorhandener Kollisionsgefahr fälschlicherweise auslöst, handelt es sich um eine **Falschauslösung** (engl. **False-Positive**). Bleibt die Funktionsauslösung trotz vorhandener Kollisionsgefahr im Wirkbereich aus, wird diese als **Fehlauslösung** (engl. **False-Negative**) bezeichnet. Die Einordnung der vier Klassen ist in Tabelle 1.1 mit englischen Bezeichnungen inklusive Abkürzungen dargestellt [Hel15, S. 19f.].

Tabelle 1.1: Ergebnisklassifikation nach [Hel15, S. 19f.]

		Kollisionsgefahr im Wirkungsbereich	
		vorhanden	nicht vorhanden
Funktionsauslösung	vorhanden	True-Positive (TP)	False-Positive (FP)
	nicht vorhanden	False-Negative (FN)	True-Negative (TN)

2 STAND DER WISSENSCHAFT

Ausgehend von der einleitenden Motivation und Zielsetzung bildet Kapitel 2 die Wissensbasis zum Forschungsstand im Themenkomplex der Szenarienanalyse. Das Aufstellen der Wissensbasis schafft die Möglichkeit, diese anschließend in Kapitel 3 zu diskutieren und Forschungslücken zu identifizieren.

Ein Testszenarienkatalog in dieser Arbeit soll für das reale Verkehrsgeschehen möglichst repräsentative Testszenarien beinhalten (vgl. Abbildung 1.1). Hierfür sind eine oder mehrere geeignete Definitionen der Repräsentativität erforderlich. Kapitel 2.1 stellt daher einen Überblick über vielfältige Verwendungen des Begriffes *Repräsentativität* dar. Unterschiedliche Begriffsdefinitionen aus verschiedenen Anwendungsbereichen werden quellengestützt aufbereitet und nach Typ sortiert.

Die Methodik zur Erstellung eines Testszenarienkataloges spielt eine zentrale Rolle in dieser Arbeit. Kapitel 2.2 beschreibt diverse Ansätze zur Szenarienauswahl im Kontext der Wirksamkeitsbewertung und der Funktionsentwicklung. Eine Übersicht stellt diese zusammen und schließt das Kapitel mit gewonnenen Erkenntnissen ab.

2.1 REPRÄSENTATIVITÄT

Die Bedeutung der Repräsentativität ist je nach Anwendung verschieden und wird meist nicht vollständig verstanden [Kut07, S. 85] [Lip11, S. 2] [Bos12] [Jan16]. Das Ziel in Kapitel 2.1 ist die Aufbereitung unterschiedlicher Begriffsdefinitionen der Repräsentativität. Kernaspekte dabei sind:

1. Was bedeutet das Adjektiv *repräsentativ*?
2. Was sind Voraussetzungen dafür, dass etwas repräsentativ ist?

Durch die fachbereichsübergreifende Betrachtung von Begriffsdefinitionen in Kapitel 2.1.1 lässt sich eine evtl. einzigartige Interpretation der Repräsentativität in einem Fachbereich identifizieren. Erkenntnisse aus der Erstellung des Überblickes werden in Kapitel 2.1.2 zusammengefasst.

2.1.1 ÜBERBLICK

Dieses Kapitel beginnt mit allgemeinsprachlichen Definitionen der Repräsentativität in deutscher und englischer Sprache, um das Grundverständnis zu schaffen. Danach folgen Definitionen im Kontext der Szenarienanalyse sowie in ausgewählten Fachdisziplinen (z. B. Softwareentwicklung sowie Markt- und Sozialforschung einschließlich der Wahlforschung). Die Sortierung von anwendungsspezifischen Betrachtungsweisen nach Typ ermöglicht das Hervorheben von jeweiligen Alleinstellungsmerkmalen sowie eine klare Unterscheidung von Definitionen in Kapitel 2.1.2.

LINGUISTIK

Allgemeinsprachliche Wortbedeutungen (W) des Adjektives *repräsentativ* und verwandter Begriffe (z. B. *Repräsentant* und *Repräsentation*) in deutscher und englischer Sprache lassen sich entsprechenden Wörterbüchern entnehmen. Die Bedeutungen von *repräsentativ* umfassen eine Gruppe vertretend, als Vertreter bestimmte Charakteristika einer Gruppe beschreibend und „verschiedene [Interessen]gruppen in ihrer Besonderheit, ihren typischen Zusammensetzung berücksichtigend“ [Kun+19, S. 1476]. Im Zusammenhang mit staatlichen oder öffentlichen Einrichtungen bedeutet *repräsentativ* „eindrucksvoll“ [Kun+19, S. 1476]. Ähnlich zur ersten Definition im Deutschen beschreibt das Adjektiv im Englischen (*engl. representative*) etwas, das typisch für eine Gruppe ist und in Bezug auf Stichproben typische Fälle hinsichtlich mehrerer oder aller Merkmale beinhaltet. Zudem werden Entitäten (hier: Personen

und Gegenstände), die im Auftrag einer Gruppe agieren sowie eine etwas darstellende oder symbolisierende Rolle spielen, als repräsentativ bezeichnet [SH06, S. 872].

Typ W1: Repräsentativ zu sein bedeutet eine Menge stellvertretend unter Berücksichtigung von deren Merkmalen darzustellen.

Typ W2: Repräsentativ zu sein bedeutet symbolisierend zu sein.

Das dazugehörige Verb *repräsentieren* ist als „eine Gesamtheit von Personen nach außen vertreten;“, „in der Öffentlichkeit auftreten“ und „darstellen“ definiert [Kun+19, S. 1476]. Neben diesen hat das Verb im Englischen (*engl.* represent) Bedeutungen, wie z. B. bis zu einem bestimmten Grad präsent bzw. präsentiert sein [SH06, S. 872]. Aufgrund des gleichen lateinischen Wortsprunges („repraesentare = vergegenwärtigen, darstellen“) ist kaum ein Nuancenunterschied zwischen deutschen und englischen Bedeutungen vorhanden [Kun+19, S. 1476] [SH06, S. 872].

Ein Repräsentant ist dem „Vertreter“ gleichzusetzen [Kun+19, S. 1476]. Der Begriff der Repräsentation bedeutet Vertretung einer Gruppe [Kun+19, S. 1476]. Im Englischen bedeutet dieser Begriff (*engl.* representation) eine Abbildung bzw. Darstellung von Gegenständen sowie eine Handlung einer repräsentierenden Entität bzw. eines Repräsentanten [SH06, S. 872].

Typ W3: Das Repräsentieren bedeutet das Vertreten einer Menge. Daraus abgeleitet heißt die Repräsentation die Vertretung einer Menge. Die Repräsentation ist der Akt eines Repräsentanten.

Typ W4: Das Repräsentieren bedeutet das Darstellen eines abzubildenden Objektes. Daraus abgeleitet heißt die Repräsentation die Darstellung eines abzubildenden Objektes. Die Repräsentation ist der Akt eines Repräsentanten.

SZENARIENANALYSE

Im Bereich der Szenarienanalyse (S) bezieht sich der Begriff *repräsentativ* auf das reale Verkehrsgeschehen und tritt in verschiedener Literatur auf [KHB09; Ebn+11; Joh13; Met+13; Ebn14; WW15; And16; Wal20]. Real vorgekommene Szenarien werden beispielsweise im Rahmen einer Studie anhand der für die Problemstellung geeigneten Erhebungsmethodik in eine Szenariendatenbank (kurz: Datenbank) aufgenommen. Beispiele für Datenbanken sind folgender Literatur zu entnehmen [Lie+08, S. 24–34] [YB17, S. 2f.] [Kra+18, S. 2123] [ZWZ18, S. 2053] [GKS19, S. 8f.] [KYB19, S. 174f.] [Gey+20, S. 3]. Während eine Unfalldatenbank lediglich Kollisions- und Abkommensszenarien⁶ enthält, umfasst eine NDS⁷-Datenbank zusätzlich Normalfahrt- und Beinahekollisions-/Beinaheabkommensszenarien aus der Perspektive des Probandenfahrzeuges [PK17, S. 8f.]. Die Wirksamkeitsbewertung zieht Szenarien aus Datenbanken heran, um eine Veränderung des Ablaufes von Szenarien durch Systemeinsatz festzustellen [Bus05; DN08; Erb09; Fah16; Sta+19; SBS19].

Kühn et al. [KHB09], Johannsen [Joh13] und Andricevic [And16] ordnen unterschiedliche Unfalldatenbanken nach Erhebungsumfang bzw. jährlicher Fallzahl ein. Sie schildern eine positive Korrelation zwischen dem Erhebungsumfang einer Datenbank und deren Repräsentativität für das Unfallgeschehen in einem bestimmten Land bzw. Erhebungsgebiet [KHB09, S. 1] [Joh13, S. 38] [And16, S. 37]. Zudem wird der Begriff *repräsentativ* in weiterer Literatur mit der Fallzahl in Verbindung gebracht [Ebn+11, S. 130] [Ebn14, S. 24]. Beispielsweise wird die Unfalldatenbank NASS-GES⁸ [Nat16] in nachstehender Literatur als repräsentativ für die USA eingeschätzt [Zwe+05; BDO07; FTM07; Cho+18; New+18].

⁶Fahrnunfallszenarien mit Abkommen von der Fahrbahn infolge des Kontrollverlustes über das Fahrzeug

⁷*engl.* Naturalistic Driving Study, *dt.* naturalistische Fahrverhaltensbeobachtungsstudie

⁸National Automotive Sampling System - General Estimates System