D-TRAS - Digital Platform for Traffic Safety-Risk Prediction in Rural Areas

Verbundschlussbericht

Version:	v1.0
Zuwendungsempfänger:	Georg-August-Universität Göttingen Virtual Vehicle Research GmbH (AT) NEXT Data Service AG Motobit GmbH (AT) Caruso GmbH
Projektkoordiation:	Manfred Rosenberger
Autoren:	Jannes Menck Henrik Lechte Manfred Rosenberger Jens Knodel Alessio Severin Masud Fazal-Baqaie
Laufzeit des Vorhabens:	01.02.2021 – 31.05.2024

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz unter dem Förderkennzeichen 01MJ21003 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Die Beteiligung der österreichischen Partner wurde im Programm „IKT der Zukunft“ vom österreichischen Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) gefördert.

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie

FFG Forschung wirkt.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis ..... **i**

Tabellenverzeichnis ..... **iii**

1 Kurzdarstellung **1**

1.1 Aufgabenstellung 1

1.2 Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde 2

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens 2

1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand an den angeknüpft wurde 3

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen 5

2 Ausführliche Darstellung **6**

2.1 Ergebnisse 6

2.1.1 AP 1 Projektmanagement 6

2.1.2 AP 2 Anforderungen, Konzept und Plattformarchitektur 6

2.1.2.1 Allgemeine Verkehrsrisikobewertung und Datenfluss 6

2.1.2.2 Potenzielle Datenquellen und Strategien zur Datensammlung 8

2.1.2.3 D-TRAS Plattform: Konzept & Architektur 11

2.1.3 AP 3 Datenaggregation für die Risikobewertung von VT 13

2.1.3.1 Voraussetzungen für Softwareentwicklung und Datenaggregation 13

2.1.3.2 Einrichtung eines Systems zur Erfassung von Fahrzeugdaten 14

2.1.3.3 Einrichtung von Schnittstellen zu den externen Datenquellen 14

2.1.3.4 Berechnung von verkehrssicherheitsrelevanten Ereignissen on the edge 15

2.1.3.5 Erfassen und/oder Berechnen von verkehrssicherheitsrelevanten Ereignissen 16

2.1.3.6 Sichere und GDPR-konforme Nutzung der Daten Straßenverkehrsteilnehmenden 17

2.1.3.7 Zusammenfassung 17

2.1.4 AP 4 KI-Modell und digitale Plattform 18

2.1.4.1 Beschreibung des Arbeitspaketes 18

2.1.4.2 Methodisches Vorgehen der KI-Entwicklung und Risikovorhersage 18

2.1.4.3 Auswahl und Sichtung möglicher Datenquellen 19

2.1.4.4 Vorbereitung der Daten 21

2.1.4.5 Gestaltung und Entwicklung der Vorhersagemodelle 22

2.1.4.6 Implementierung als digitale Plattform 25

2.1.4.7 Wesentliche Erkenntnisse aus der Entwicklung der Vorhersagemodelle 25

2.1.5 AP 5 Anwendungsszenarien und Evaluierung 30
2.1.5.1 Entwicklung der Demonstratoren 30
Smartphone-App für Motorradfahrende (Motobit) 31
Smartphone-App für Autofahrende (VIF) 32
Anwendung zur Plattformüberwachung und für öffentliche Stellen 34
2.1.5.2 Durchführung der Feldstudie 37
Vorbereitung der Recruiting Infrastruktur 38
Recruiting Phase 39
Vor-Test Phase 40
Feldstudie 40
Auswertungsphase 41
2.1.6 AP 6 Dissemination und Geschäftsmodell 47
2.1.6.1 Geschäftsmodellentwicklung 47
2.1.6.2 Nutzungsbarrieren und Nutzungsanreize 54
2.1.6.3 Übertragbarkeit auf andere Bereiche 59
Übertragbarkeit auf andere Verkehrsteilnehmende 60
Übertragbarkeit auf autonome Fahrsysteme 60
Übertragbarkeit auf andere geografische Gebiete 60
Dissemination des D-TRAS-Projekts 61
2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises 63
2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit 63
2.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit 64
2.5 Fortschritt bei anderen Stellen 65
2.6 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen 67
3 Literaturverzeichnis 69

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Projektplan. 2

Abbildung 2. Visualisierung der technischen Ziele und des Konzepts des Projekts. 7

Abbildung 3. Konzept der D-TRAS Plattform und des Datenflusses 11

Abbildung 4. Geo-Spatial-Key (GSK) als Bereich, in dem sich die fahrende Person in unmittelbarer Zukunft befinden kann. 11

Abbildung 5. Kategorien sicherheitsrelevanter Ereignisse. 16

Abbildung 6. Schematischer, vereinfachter Ablauf des AP 4. 19

Abbildung 7. Beispielhafte Unfallhotspots in Abhängigkeit verschiedener Parameter (Anzahl Unfälle, Straßenzustand und Fahrzeugtyp) auf Basis von Unfalldaten mit Personenschaden (2017-2021). 24

Abbildung 8. D-TRAS Plattform und Datenfluss. 27

Abbildung 9. D-TRAS Plattform in Microsoft Azure. 27

Abbildung 10. GSK um die aktuelle Position mit sicherheitsrelevanten Events im GSK. 28

Abbildung 11. Sicherheitsrelevanter Event im GSK, gefiltert durch einen Cone. 29

Abbildung 12. Darstellung einer Warnung in der Motobit App. 32

Abbildung 13. D-TRAS Guardian – Standardansicht (Kompass) und verschiedene Warnungsansichten (r). 33

Abbildung 14. Debug Ansicht (links) und Onboardingprozess (rechts). 33

Abbildung 15. Demonstrator – GSK-Visualizer. 35

Abbildung 16. Demonstrator – Logging-Visualizer. 36

Abbildung 17. Demonstrator – Trip-Simulator. 37

Abbildung 18. Anmeldeformular auf der Website. 39

Abbildung 19. Visualisierung der Fahrten der Proband:innen der D-TRAS Feldstudie. Jeder Punkt repräsentiert einen zufälligen Punkt aller Fahrten. 41

Abbildung 20. Verteilung der den Proband:innen übermittelten Warnung im Laufe der Feldstudie. 42

Abbildung 21. Verteilung der Antworten auf die Frage: “Für welchen der folgenden Dienste wären Sie bereit, Ihre Autodaten/Motorraddaten/Mobilitätsdaten weiterzugeben (Mehrfachnennungen möglich)“. 44

Abbildung 22. Die vier Säulen eines Geschäftsmodells (Jodlbauer, 2020, S. 3). 48

Abbildung 23. Beispielhafter BMC im Anwendungsfall D-TRAS. 50

Abbildung 24. Ablauf der qualitativen Studie. 55

Abbildung 25: Diffusionsprozess nach Rogers (2003). 56

Abbildung 26: Identifizierte Barrieren nach Kategorie..... 56

Abbildung 27. Impressionen von CARUSO Präsentation bei der Veranstaltung „Telematik in der Kraftfahrtversicherung“, Mai 2023, Leipzig (DE). 63

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Ereignisse und Beispiele. 17

Tabelle 2. Risikokategorien und Beschreibung..... 25

Tabelle 3. Zeitlicher Ablauf der Feldstudie. 37

Tabelle 4. Erfolgte Veröffentlichungen. 67

Tabelle 5. Geplante Veröffentlichungen. 68

1 Kurzdarstellung

1.1 Aufgabenstellung

Das österreichisch-deutsche Forschungsprojekt D-TRAS (Digital Platform for Traffic Safety-Risk Prediction in Rural Areas) untersuchte die Möglichkeit, heterogene Fahrzeugsensordaten von verschiedenen Gruppen von Verkehrsteilnehmenden (im Folgenden abgekürzt als VT) mit sicherheitsrelevanten Daten von Mobilitätsdaten-Marktplätzen und Open Data zu kombinieren, um die innovative Vorhersage von Verkehrsrisiken für VT und entsprechende Warnungen zu ermöglichen. In diesem Zusammenhang wurden dann KI-basierte Systeme entwickelt, die per digitaler Plattform zur Verfügung gestellte (Fahrzeug-)Daten nutzen, um einen Beitrag zur Verbesserung der Sicherheit von VT zu leisten. Dabei bestand eine Aufgabe von D-TRAS darin, sicherheitsrelevante Sensordaten von VT in einer Region mit externen Datenquellen zu kombinieren und diese dann zu verdichten und Warnungen den jeweils betroffenen Fahrenden mitzuteilen. Zu den Datenquellen zählten unter anderem Sensordaten, welche direkt vom Fahrzeug bzw. über das Smartphone des/der Fahrenden zu sicherheitsrelevanten Informationen verdichtet, an eine digitale Plattform in der Cloud übertragen und zum Training bzw. als Eingabeparameter für KI-Modelle zur Vorhersage von räumlich-zeitlichen Verkehrsrisiken genutzt wurden. Parallel dazu wurden weitere Datenquellen (insb. Open Data und von Mobilitätsdaten-Marktplätzen) verwendet, um sicherheitsrelevante Informationen zu extrahieren. Die Plattform berechnete dann räumlich-zeitliche Verkehrsrisiken unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Daten. VT konnten dadurch einen auf der digitalen Plattform bereitgestellten Dienst zur Vorhersage von Verkehrsrisiken konsumieren und in einem geeigneten Modus informiert und gewarnt werden, wenn sie sich einem Ort mit erhöhtem Verkehrsrisiko nähern.

Das erstellte Konzept und die implementierte Plattform wurden in zwei europäischen Regionen mit unterschiedlicher Topographie und unterschiedlichem Nutzungsverhalten, der Steiermark und Südniedersachsen, evaluiert. In diesem Rahmen wurden drei Demonstratoren für die Information über und die Warnung vor Verkehrsrisiken mit Motorrad- und PKW-fahrenden entwickelt und untersucht.

Die folgenden Hauptergebnisse gingen aus D-TRAS hervor:

- Ein Konzept und eine Systemarchitektur für eine erweiterbare und skalierbare digitale Plattform zur Vorhersage von Verkehrsrisiken.
- Ein Framework zur Berechnung verkehrssicherheitsrelevanter Informationen, die von VT mit digitalen Plattformen geteilt werden können.
- Trainierte Vorhersagemodelle, die der räumlich-zeitlichen Verkehrsrisikovorhersage dienen, insbesondere für Land- und Bergstraßen.
- Ein Konzept für eine digitale Plattform, welche Dienste zur Vorhersage von Verkehrsrisiken für verschiedene Nutzende bereitstellt.

- Demonstratoren zur Verkehrsrisikoprognose und -warnung und eine Evaluation der entwickelten Konzepte in zwei geographischen Regionen, Steiermark (AT) und Südniedersachsen/Harz (DE).
- Ein zur technischen Architektur passendes Geschäftsmodell.

Die Relevanz des Projekts ergibt sich insbesondere aus der Kombination des Potenzials von Fahrzeugsensordaten, Daten von Fahrenden und anderen heterogenen Datenquellen zur Vorhersage von Verkehrsrisiken. Gleichzeitig ist Verkehrssicherheit ein Thema von erheblicher gesellschaftlicher Relevanz auf dem Weg zur Vision Zero.

1.2 Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Die bilaterale Kooperation mit österreichischen Partnern ermöglichte eine höhere Durchdringung in einer topografisch und verkehrlich relevanten zweiten Region. Die Konsortialpartner aus Wirtschaft und Wissenschaft steuerten Expertise, Erfahrungen und Datenpools bei, sodass das Projekt in dieser Form in einer anderen Konstellation kaum umzusetzen wäre. So profitieren nicht nur die am Projekt beteiligten Partner von der übernationalen Kooperation, sondern auch künftige Anbieter affiliierter Services der Plattform.

Das Vorhaben wurde zu Anfang innerhalb der Corona-Pandemie gestartet.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

D-TRAS erfolgte als Verbundprojekt mit zwei österreichischen Projektpartnern, der Virtual Vehicle Research GmbH und der motobit GmbH, sowie drei deutschen Partnern, der Georg-August-Universität Göttingen, der Caruso GmbH und der NEXT Data Service AG. Die Umsetzung war zunächst von 02/2021 bis 01/2024 geplant. Aus mehreren Gründen – insbesondere der Möglichkeit auch im Herbst/Winter Daten zu sammeln – wurde das Projekt kostenneutral bis 05/2024 verlängert.

Die dabei anfallenden Aufgaben wurden im Rahmen von sechs Arbeitspaketen (APs) durchgeführt. Der ursprüngliche Projektplan ist Abbildung 1 zu entnehmen.

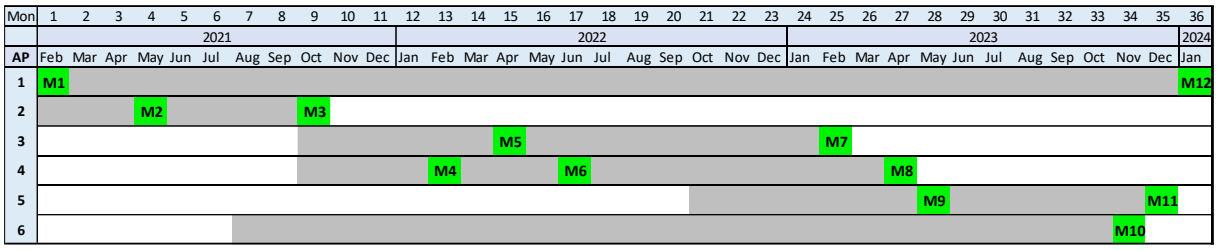

Abbildung 1. Projektplan.

AP 1 fokussierte sich auf das übergreifende Projektmanagement. Im Rahmen von **AP 2** wurden die konzeptionellen Grundlagen der D-TRAS Plattform entwickelt. Dies beinhaltete im Wesentlichen die Erstellung eines Konzeptes zur Identifizierung von Gefahrenstellen und zur Warnung von Verkehrsteilnehmenden. Darauf aufbauend wurde eine Systemarchitektur entwickelt, die als Grundlage der späteren Implementierungstätigkeiten diente. Synergetisch wurde anschließend in **AP 3** und **AP 4** einerseits die Datenservices als Datenbereitsteller sowie die eigentlichen KI-Modelle zur Risikovorhersage entwickelt. Für Datenbereitsteller lag der Fokus auf der Bereitstellung von Daten von Smartphone-Sensoren und Connected Cars sowie Third-Party Datenquellen. Connected Cars sind PKWs, die durch einen Internetzugang in der Lage sind, Daten zu empfangen und zu teilen. Bei der Entwicklung der KI-Modelle wurden verschiedenste Datenquellen bereinigt, kombiniert und zum Training und der Entwicklung von Vorhersagemodellen[1] genutzt, die letztlich in der digitalen Plattform integriert wurden. Die hierbei entstandenen Software-Artefakte boten anschließend die Basis für die Entwicklung von Demonstratoren und die Evaluation in **AP 5**. Für die Entwicklung der Demonstratoren entstand ein wiederverwendbares Software „Kit“, das in je einer App für Motorradfahrende und Autofahrende integriert wurde. Darüber hinaus wurde ein Toolset für staatliche Straßenbehörden entwickelt, mit dem die Ergebnisse der Nutzung der Plattform ausgewertet werden können. Darüber hinaus wurden projektbegleitend in **AP 6** verschiedene qualitative und quantitative Studien zu Geschäftsmodellen, Nutzungsbarrieren und Verwertungspotenzialen durchgeführt.

Durch die Verlängerung haben sich folgende Verschiebungen in den Arbeitspaketen ergeben:

- Ende AP 6 Geschäftsmodell recherchiert und Verwertungspotenzial analysiert
    - Verschiebung mit der Projektlaufzeit auf März 2024
- Ende AP 5 Bewertung abgeschlossen
    - Verschiebung mit der Projektlaufzeit auf April 2024
- Ende AP1 Projekt abgeschlossen
    - Verschiebung mit der Projektlaufzeit auf Mai 2024

1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand an den angeknüpft wurde

Fahrzeuge haben sich zu Computern auf Rädern entwickelt, die mit einer Vielzahl von Sensoren ausgestattet sind und eine Fülle von Daten über sich selbst und ihre Umgebung generieren, die über den Betrieb der Fahrzeuge hinaus genutzt werden können (Stocker et al., 2017). Die zunehmende Verfügbarkeit von Fahrzeugdaten und deren mögliche Integration mit weiteren Kontextdaten (wie Wetterdaten oder Kartendaten) ebnet den Weg für neuartige datengesteuerte Dienste in Mobilität und Verkehr (Kaiser et al., 2021). Mit der derzeitigen Zunahme vernetzter

[1] Der Begriff „Vorhersagemodell“ für Verkehrsrisiken meint in diesem Bericht die Identifizierung von Verkehrsrisiken, ohne eine ausschließliche zeitliche Einschränkung auf die Zukunft zu implizieren.

Fahrzeuge können Fahrzeugdaten für neue datengesteuerte Dienste genutzt werden. Die Verbesserung der Verkehrs- und Straßensicherheit ist ein großes Anwendungsgebiet für gesammelte und gemeinsam genutzte Fahrzeugdaten (Kaiser et al., 2019) und der Anwendungsbereich des D-TRAS-Projekts.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, Fahrzeugdaten für die Entwicklung datengesteuerter Dienste zugänglich zu machen (siehe bspw. Coppola und Morisio, 2016; Sterk et al., 2024): Die Fahrzeughersteller haben ihre Fahrzeuge mit Telematik-Schnittstellen ausgestattet, um sie mit ihren OEM-Backend-Servern zu verbinden; können aber nur die Fahrzeugdaten ihrer eigenen Marken freigeben. Datenvermittler und Marktplätze (wie z.B. der Projektpartner CARUSO) bieten einen nützlichen Ansatz, um Fahrzeugdaten von verschiedenen Fahrzeugherstellern in großem Umfang zu nutzen, indem sie interessierten Dienstentwicklern Zugang zu Fahrzeugdaten bieten, die von verschiedenen Marken von vernetzten Fahrzeugen in einem harmonisierten Datenformat und über eine API gesammelt wurden. Eine weitere Möglichkeit, Fahrzeugdaten verfügbar zu machen, ist die Verwendung von Hardware von Drittanbietern, wie z.B. im Fahrzeug montierte Datenlogger (z. B. vom Projektpartner Virtual Vehicle), die mit der On-Board-Diagnoseschnittstelle (OBD) des Fahrzeugs verbunden sind, oder die Verwendung von Smartphone-Sensoren der Fahrer:innen zur Aufzeichnung der Fahrzeugdynamik (z. B. die Smartphone-App des Projektpartners Motobit für Motorradfahrer:innen).

Digitale Plattformen verändern heute fast jede Branche. Aus technischer Sicht sind digitale Plattformen erweiterbare Codebasen, zu denen ergänzende Module von Drittanbietern hinzugefügt werden können, während diese digitalen Plattformen aus soziotechnischer Sicht technische Elemente (aus Software und Hardware) sind und damit verbundene organisatorische Prozesse und Standards erfordern (de Reuver et al., 2018).

Es gibt eine Vielzahl von digitalen Plattformen, die sich auf verschiedene Aspekte des Mobilitätssektors spezialisiert haben. Klassischerweise bezeichnet der Begriff Mobilitätsplattform "Websites und mobile Apps, die durch die Integration von Informationen Dienste zur Reiseplanung anbieten." (Willing et al., 2017, S. 174, eigene Übersetzung). Diese richten sich in der Regel direkt an die Endnutzenden und integrieren die technische Plattform untrennbar mit kommerziell verwertbaren Dienstleistungen. Der Nutzen für die Nutzenden aktueller digitaler Plattformen im Mobilitätsbereich liegt häufig in der Bequemlichkeit, verschiedene Verkehrsmittel oder Routen zu vergleichen und bei Bedarf sogar direkt Tickets buchen zu können. Bekannte Anbieter sind/waren Omio (vor allem für den Fernverkehr), Qixxit, Moovel, Whim und Citymapper, daneben gibt es zahlreiche weitere Anbieter (vor allem für städtische Gebiete). Aufgrund der Fragmentierung der Tarifsysteme und technischen Schnittstellen sowie der geringen Verbreitung von standardisierten Datenformaten wie GTFS sind die meisten Dienste nur in bestimmten Regionen nutzbar. Neben dem Abgleich von ÖPNV-Verbindungen und firmeneigenen Mobilitätsdiensten wie bei Lime E-Scootern wird das Handy-Tracking dafür genutzt, Echtzeit-Verkehrsinformationen von individuellen Fahrstrecken abzubilden, ähnlich wie es

Anbieter von Navigationssystemen und die dahinterstehenden Plattformen wie Waze oder Telenav tun.

Die aktuelle Verkehrssicherheit kann auf mehreren Ebenen untersucht werden:

- Auf der **Makroebene** können statistische Auswertungen über einen längeren Zeitraum genutzt werden, um Gefahrenstellen im Straßennetz zu identifizieren.
- Auf der **Mesoebene** kann der Verkehrsfluss analysiert und unter Sicherheitsaspekten bewertet werden (z.B. um Stauenden oder Verlangsamungen des Verkehrsflusses an Gefahrenstellen zu identifizieren).
- Auf der **Mikroebene** können die Sensordaten eines einzelnen Fahrzeugs genutzt werden, um z.B. Hinweise auf Schlaglöcher oder Ausweichmanöver zu erkennen. Ergänzt werden können diese durch Querschnittsdaten wie Wetter- und Sichtverhältnisse.

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Teil des Projektes war auch der enge Austausch mit anderen Organisationen. Dieser fand bspw. auf Messen (IAA, Hannover Messe), internationalen, wissenschaftlichen Konferenzen (AMCIS, HICSS, PACIS, ECIS) sowie Tagungen und Vernetzungsveranstaltungen (Digitalgipfel Jena, Tage der digitalen Technologien, International Symposium Berlin) statt. Darüber hinaus wurden projektbezogene Inhalte in unterschiedlichen anderen Formaten (Workshops, persönliche Gespräche, Interviews) mit projektexternen Stakeholdern diskutiert. Besonders hervorzuheben ist dabei auch der enge und konstruktive Austausch mit dem Mobility Data Space[2] und dessen Mitgliedern zu denen auch der Projektpartner Caruso als Gründungsgesellschafter gehört. Die Programmbegleitung des DLR Projektträgers erwies sich unter anderem als hilfreicher Vermittler für Veranstaltungen.

[2] Siehe DRM Datenraum Mobilität GmbH, https://mobility-dataspace.eu/ (zuletzt abgerufen am 27.09.2024).

2 Ausführliche Darstellung

2.1 Ergebnisse

Zur ausführlichen Darstellung der Ergebnisse werden die einzelnen Arbeitspakete beleuchtet und die jeweiligen Erkenntnisse dargestellt.

2.1.1 AP 1 Projektmanagement

Ziel des AP 1 war es, eine effiziente Durchführung und Überwachung sämtlicher Projektaktivitäten zu gewährleisten. Dies umfasst die Erstellung und Überwachung von Vertragsdokumenten, die Organisation und Koordination von Treffen sowie die Sicherstellung der Einhaltung vereinbarter Ergebnisse und Deliverables. Es beinhaltete auch die fortlaufende Überwachung des Projektfortschritts, Risikomanagement, Qualitätskontrolle und die finanzielle Verwaltung des Projekts. Zentraler Bestandteil war die Sicherstellung einer effektiven Projektkommunikation, einschließlich der regelmäßigen Erstellung von Projektberichten. Die aktive Mitwirkung und Organisation von Meetings mit Projektpartnern sind integraler Bestandteil dieses Arbeitspakets. Damit hatte AP 1 eher organisatorische Relevanz und wird hier nicht weiter beschrieben.

2.1.2 AP 2 Anforderungen, Konzept und Plattformarchitektur

Das Ziel des AP 2 war die Entwicklung eines robusten technischen Konzepts und einer Plattformarchitektur, die es ermöglicht, Verkehrsrisiken in ländlichen Gebieten vorherzusagen. Die Plattform sollte speziell darauf ausgelegt werden, skalierbar und erweiterbar zu sein und sich mit Daten von verschiedenen Verkehrsträgern, wie Bundes- oder Landstraßen, zu speisen. Im Fokus der Forschung standen dabei die Untersuchung der externen und internen Faktoren, die die Sicherheit der VT beeinflussen, mit einem besonderen Augenmerk auf Fahrende von PKW und motorisierten Zweirädern. Ebenfalls wesentlich ist die Identifizierung von Sensoren in Fahrzeugen, Smartphones und tragbaren Geräten, die relevante Daten für die Erfassung von Verkehrsrisiken liefern können, sowie die Suche nach externen Datenquellen, die relevante Informationen für die Risikobewertung bieten. Darüber hinaus beinhaltete das AP die Sammlung von Anforderungen für die Gestaltung einer multimodalen digitalen Plattform, die in der Lage ist, Verkehrssicherheitsrisiken effektiv vorherzusagen. Durch diese umfassende Herangehensweise sollte eine solide Grundlage für die Entwicklung der Plattform geschaffen werden.

2.1.2.1 Allgemeine Verkehrsrisikobewertung und Datenfluss

Aus konzeptioneller Sicht zielt D-TRAS darauf ab, eine dreistufige Strategie zur Vorhersage von Verkehrsrisiken zu erforschen und zu entwickeln, die so skalierbar ist, dass sie verschiedene VT einbeziehen kann. Sie besteht im groben aus drei Schritten:

- Vorverarbeitung relevanter Sensor-Rohdaten zu aggregierten verkehrssicherheitsrelevanten Ereignissen (a) im Fahrzeug, (b) auf dem Smartphone der fahrenden Person und (c) aus Daten, die von Datenvermittlern wie z.B. CARUSO gesammelt wurden,
- Vorhersage eines räumlich-zeitlichen Verkehrssicherheitsrisikos unter Verwendung der in Phase 1 berechneten einzelnen verkehrssicherheitsrelevanten Ereignisse, angereichert mit kontextbezogenen Daten in einer Cloud-Computing-Umgebung, und
- Weitergabe der identifizierte Verkehrsrisiken in Form von Warnungen an die VT.

Die folgende Abbildung veranschaulicht die drei Phasen A-B, B-C und C-D von D-TRAS: Berechnung verkehrssicherheitsrelevanter Informationen (A-B), Übermittlung von Verkehrssicherheitsrisikoereignissen an eine digitale Plattform in der Cloud, um einen Verkehrssicherheitsrisikovorhersagedienst zu ermöglichen (B-C) und schließlich Übermittlung eines berechneten Verkehrssicherheitsrisikos an vernetzte Software-Demonstrationsanwendungen für verschiedene Arten von VT, um eine echtzeitnahe Warnung zu ermöglichen (C-D).

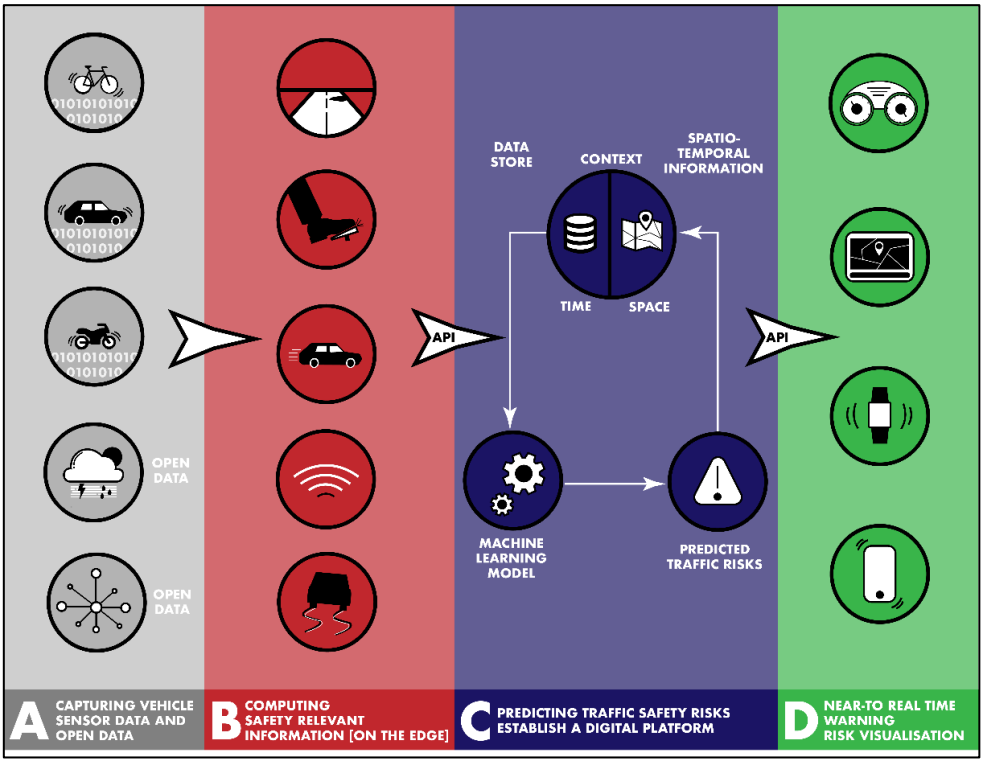

Abbildung 2. Visualisierung der technischen Ziele und des Konzepts des Projekts.

Aus den in Abbildung 2 skizzierten Phasen ergibt sich bereits ein grobes Konzept des Datenflusses und der Plattform:

Ganz links im Bereich A sind Datenquellen dargestellt, die Rohdaten liefern, die verkehrssicherheitsrelevante Informationen enthalten könnten. Dies können Daten von Erfassungsgeräten, von einem Datenmarktplatz oder praktisch jeder anderen Datenquelle sein, die Verkehrs- oder (Straßen-) Umweltdaten liefert.

In Bereich B gibt es einen Vorverarbeitungsschritt, der die relevanten und nützlichen Aspekte aus den Rohdaten extrahiert. Dieser Schritt soll so "nah" wie möglich an der Datenerzeugung erfolgen, um die Übermittlung unnötig großer Datenmengen zu vermeiden, die nicht nur aus technischer Sicht schwierig zu handhaben sein könnten, sondern auch Bedenken hinsichtlich des Datenschutzes aufwerfen könnten. Daher sollten die Erkennung und Extraktion relevanter Teile so weit wie möglich "on the edge" erfolgen. Dies ist im Projektrahmen nur dann möglich, wenn eigene Datenerhebungswerkzeuge genutzt werden. Bei Daten, die über eine Schnittstelle (API) bereitgestellt werden (z. B. Wetterdaten), müssen die Daten ggf. vollständig an die D-TRAS-Plattform übertragen werden, um relevante Teile zu extrahieren. Diese extrahierten, sicherheitsrelevanten Informationen werden im Folgenden als (sicherheitsrelevante) Ereignisse bezeichnet.

Während die D-TRAS-Plattform auch zur Erkennung von sicherheitsrelevanten Ereignissen eingesetzt werden wird, ist ihre Hauptfunktion im Bereich C der Visualisierung dargestellt. Sie besteht aus zwei Subfunktionen: Erstens soll die Plattform die verfügbaren Daten/Ereignisse homogenisieren und zusammenführen, um ihre gemeinsame Nutzung für die Vorhersage des individuellen Verkehrsrisikos zu ermöglichen. Zweitens besteht eine Hauptaufgabe der Plattform darin, die Vorhersage/Identifizierung des individuellen Verkehrsrisikos bzw. von Gefahrenstellen durchzuführen.

In Bereich D ist dargestellt, dass die berechnete Vorhersage des Verkehrsrisikos nahezu in Echtzeit an die Fahrer:innen gesendet wird. Dies kann den Charakter einer Warnung im Falle eines erkannten Risikos haben, könnte aber auch Informationen enthalten, die nicht zeitkritisch, aber dennoch sicherheitsrelevant sind, wie z. B. Informationen über das Wetter.

2.1.2.2 Potenzielle Datenquellen und Strategien zur Datensammlung

Das D-TRAS-Konzept kann nur funktionieren, wenn es mit ausreichenden und korrekten Daten versorgt wird. Bevor auf die spezifischen Datentypen eingegangen wird, die Projektpartner und Drittanbieter zur Verfügung stellen können, werden übergeordnete Datenerfassungsstrategien erläutert, die Projekte wie D-TRAS nutzen könnten. Der zentrale Teil einer digitalen Plattform zur Erkennung von Verkehrsrisiken können ein oder mehrere KI-Modelle sein, die eine Reihe unabhängiger Variablen bzw. Eingabewerte (wie Wetter-, Straßen- und Sensordaten, die möglicherweise zuvor zu Ereignissen aggregiert wurden) verwenden, um ein entsprechendes Label (z. B. eine spezifische Straßengefahr oder einen Verkehrsrisikowert) vorherzusagen.

Um ein solches Modell zu trainieren, kann überwachtes Lernen verwendet werden, bei dem ein Trainingsdatensatz verwendet wird, der sowohl unabhängige Variablen bzw. Eingabewerte als auch Label enthält. Die Herausforderung, einen geeigneten Trainingsdatensatz zusammenzustellen, wird mit den tatsächlich in D-TRAS verwendeten Daten in AP 3 und AP 4 beschrieben. In AP 2 wird ein Überblick über einige Strategie gegeben, die Projekte wie D-TRAS nutzen könnten.

Allgemeine Strategien zur Datenerhebung könnten etwa wie folgt gestaltet sein:

1. **Groß angelegte Datenerhebung während eines Projekts:** Wenn möglich sollten reale Fahrzeugdaten gesammelt werden, indem beispielsweise Anreize für VT geschaffen werden, Daten beizusteuern. Die größten Herausforderungen sind der Akquisitionsprozess von Teilnehmenden und die Schwierigkeit der Erfassung von Verkehrsgefährdungskennzeichnungen (sogenannte *Ground Truth*). Um aussagekräftige Daten beizusteuern, müssten die VT auf Verkehrsgefährdungen stoßen und diese auch melden (labeln). Dies birgt allerdings die Gefahr einer Ablenkung, wenn sie sofort erfolgen soll, während eine nachträgliche Meldung gegebenenfalls ungenau sein könnte. Nichtsdestotrotz können die Daten genutzt werden, um sie beispielsweise mit anderen Daten zusammenzufügen.
2. **Selbsterhebung von (spezifischen) Daten während des Projekts:** Ein weiterer Ansatz könnte die gezielte, kleinräumige Erhebung von Daten zu Verkehrsgefahren sein. Die Mitglieder eines Projektteams könnten mit Fahrzeugen auf Strecken mit Verkehrsgefahren fahren oder an Fahrsicherheitstrainings teilnehmen und dabei Sensordaten aufzeichnen, um Daten zu erhalten.
3. **Daten von Dritten:** Daten von Dritten spielen für Projekte wie D-TRAS eine wichtige Rolle. Offene Daten und Daten von anderen Diensten können integriert werden, um die Datengrundlage zu ergänzen. Bei den Daten von Drittanbietern handelt es sich jedoch zumeist um statische Infrastruktur- und Umgebungsinformationen. Auch könnten Daten(-anbindungen) kostenpflichtig beschafft werden.
4. **Daten simulieren:** Die Datensimulation ist eine weitere Möglichkeit, relevante Daten zu erzeugen. Dies sollte jedoch nur als ergänzende Lösung betrachtet werden, da die Simulation von Daten ein zuverlässiges und umfassendes Verständnis der zugrunde liegenden kausalen Zusammenhänge erfordert.

Für einen Ansatz mit Trainingsdaten ist für das überwachte Training ein Erfassen der sogenannten Labels notwendig. Hierfür sind bspw. folgende Ansätze denkbar, die auch kombiniert werden können:

1. **Verwendung von Verkehrsunfällen als Label:** Eine Möglichkeit ist die Nutzung der verfügbaren Verkehrsunfalldaten für Deutschland und Österreich. Dadurch können infrastruktur- und umweltbedingte Unfallfaktoren und Orte mit erhöhtem Unfallrisiko identifiziert werden, an denen sich bisher kein Unfall ereignet hat. Allerdings sind die Unfalldatensätze u.a. aufgrund datenschutzrechtlicher Bestimmungen teilweise unvollständig.
2. **Verwendung anderer Verkehrsdaten als Label:** Für einige Verkehrssituationen stellen die zuständigen Verwaltungsbehörden und andere Organisationen Verkehrsdaten zur Verfügung, wie z.B. Staus, Straßenglätte und Baustellen.

3. **„Self-Labeling“ auf der Grundlage von Literatur und Expertenwissen:** Es können die Daten auf der Grundlage von Fachliteratur und der Erfahrung von Mobilitätsexperten mit einem Label versehen werden. Unüberwachte Lerntechniken wie Clustering-Algorithmen und statistische Methoden könnten bei der Identifizierung von Straßengefahren und Verkehrsrisiken helfen. Dies kann insbesondere auch für die Vorhersage von Labels relevant sein, die einem Unfall potenziell vorgelagert und möglicherweise einfacher zu erkennen sind. Hierbei kann es sich etwa um Brems- oder Lenkmanöver handeln.
4. **Kennzeichnung der Daten während der Erhebung:** VT könnten dazu angehalten werden, Informationen über mögliche Verkehrsgefahren zu liefern. Der Prozess der Meldung von Verkehrsgefahren kann eine große Herausforderung darstellen, da es nicht immer möglich ist, Verkehrsgefahren umgehend während der Fahrt zu melden.
5. **Nutzung von Crowdsourced-Daten aus anderen Projekten:** Von Nutzenden gemeldete Verkehrsgefährdungen können gesammelt und als Label genutzt werden. Ähnliche Ansätze werden auch in der akademischen Literatur wie Santani et al. (2015) und in einigen Smartphone-Apps verwendet. Allerdings sind diese Datenbanken - sofern sie zugänglich sind - wahrscheinlich nicht umfassend (bspw. aufgrund geographischer Limitationen) genug, um als einzige Quelle für Label verwendet zu werden. Wie bei allen Daten von Drittanbietern kann die Lizenzierung und Zugänglichkeit eine Herausforderung darstellen.
6. **Machine Learning:** Halbüberwachte Lerntechniken können Anwendungsfälle des maschinellen Lernens mit einem Mangel an beschrifteten Daten unterstützen. So können beispielsweise Methoden der Label-Propagation (z. B. Wang und Zhang, 2008) Labels auf unmarkierte Datenpunkte übertragen.
7. **Andere Ansätze:** In der Literatur versuchen einige Autoren, andere Methoden zu nutzen, um Verkehrsgefahren zu identifizieren. Beispielsweise verwenden Kumar et al. (2014) und Agarwal et al. (2018) Twitter-Daten, um Social-Media-Beiträge über Verkehrsrisiken zu finden.

2.1.2.3 D-TRAS Plattform: Konzept & Architektur

Eine nachvollziehbare und übertragbare Architektur für Projekte mit dem Ziel, durch heterogene Datenquellen die Verkehrssicherheit zu erhöhen, wurde aus dem mehrstufigen Konzept entwickelt. Abbildung 3 zeigt das Konzept der D-TRAS Plattformarchitektur mit dem Stand nach Abschluss von AP 2.

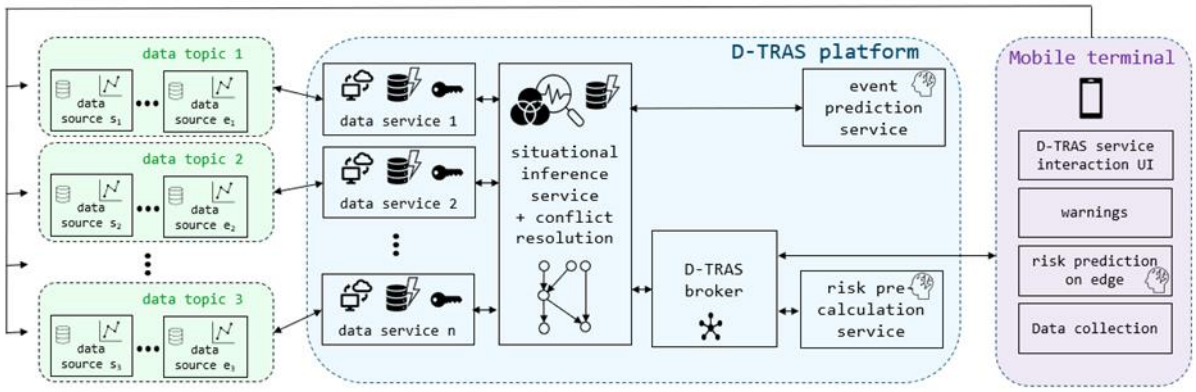

Abbildung 3. Konzept der D-TRAS Plattform und des Datenflusses

Der *Geo-Spatial-Key (GSK)* stellt ein wesentliches Konzept zur Abfrage der D-TRAS Plattform dar. Ein GSK ist ein Bereich, ausgehend von der aktuellen geographischen Position eines Fahrzeugs bzw. der fahrenden Person, in dem sich das Fahrzeug in naher Zukunft befinden könnte.

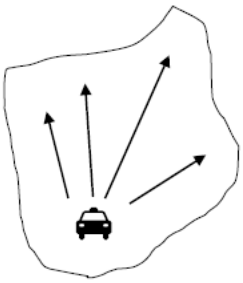

Abbildung 4. Geo-Spatial-Key (GSK) als Bereich, in dem sich die fahrende Person in unmittelbarer Zukunft befinden kann.

Für die Plattform wird der GSK als Polygon definiert. Im D-TRAS-Projekt wurde ein GSK konkret als Quadrat rund um die aktuelle Position gebildet und die Größe über einen Parameter gesteuert. Innerhalb der D-TRAS Plattform dienen GSKs dazu, nur geographisch relevante Events als Antwort von den „Data Services“ zu erhalten.

Die konzeptionelle D-TRAS Systemarchitektur besteht im Überblick aus drei verschiedenen Blöcken:

Data Topic

Eine Datenquelle (*Data Source*) kann hier jedes Gerät oder jeder Dienst sein, der (sicherheitsrelevante) Daten liefert. Dabei kann es sich um Sensormessungen von mobilen Endgeräten, Wetterdaten von Drittanbietern, Unfallschwerpunktdaten von staatlichen Organisationen oder

andere Datenquellen handeln. Diese Datenquellen sind nicht unmittelbar Teil der D-TRAS-Plattform und der Zugriff darauf ist in vielen Fällen nicht kostenlos, sodass die Anfragen auf ein Minimum beschränkt werden sollten. Es ist zu erwarten, dass sich das Angebot der verfügbaren Datenquellen verändert, daher muss die Plattform flexibel sein und die einfache Aufnahme neuer Datenquellen ermöglichen.

Ein Datenthema (*Data Topic*) ist eine virtuelle, logische Sammlung von thematisch verbundenen Datenquellen. Ein Datenthema könnte zum Beispiel alle verfügbaren Datenquellen umfassen, die Wetterdaten beinhalten. Datenthemen entsprechen nicht einer implementierten Komponente, sie sind eine Abstraktion für Datenquellen, die dasselbe Thema abdecken - als solche sind sie nicht Teil der D-TRAS-Plattform. Diese Abstraktion informiert die data services.

D-TRAS Plattform

Die D-TRAS Plattform kann mehrere Datenthemen (*Data Topics*) bzw. Datenquellen einbinden. Dabei umfasst die D-TRAS Plattform verschiedene Komponenten:

- Mehrere *Data Services*, die spezifisch für jeweils ein *Data Topic* zuständig sind und Events für die weitere Verarbeitung in der Plattform liefern.
- Der *Situational Inference Service*, zusammen mit der *Conflict Resolution*, ist dafür zuständig, die Anfragen zu einem GSK an die einzelnen *Data Services* weiterzuleiten und Widersprüche in den gesammelten Antworten aufzulösen.
- Der *Risk Precalcuation Service* errechnet aus den Events ein Risikoprofil für eine Anfrage.
- Der *Event Prediction Service*, generiert mit Hilfe von einem oder mehreren Vorhersagemodellen die für eine Abfrage sicherheitsrelevanten Events für die VT bzw. filtert diese.
- Der *Broker*, der Anfragen von außen (insbesondere *Mobile Terminal*) entgegennimmt.

Mobile Terminal

Im Mobile Terminal befindet sich das User Interface (UI) zur fahrenden Person und die Schnittstelle zur D-TRAS Plattform, um mit dieser kommunizieren zu können. Zudem wird im Mobile Terminal die aktuelle Position und Informationen zum Fahrverhalten (Geschwindigkeit, Fahrtrichtung, Aufmerksamkeit) gesammelt. In regelmäßigen Zeitabständen sendet das Mobile Terminal die geographische Position in Form eines GSK zusammen mit Informationen zum Fahrverhalten an die D-TRAS Plattform, um im Gegenzug sicherheitsrelevante Events für die aktuelle Verkehrssituation zu erhalten. Im Mobile Terminal werden die von der Plattform zurückgemeldeten Events noch einmal, unter Berücksichtigung der Fahrtrichtung und der Fahrtgeschwindigkeit, gefiltert.

2.1.3 AP 3 Datenaggregation für die Risikobewertung von VT

Das primäre Ziel dieses Arbeitspakets besteht in der Forschung und Entwicklung eines übertragbaren technischen Rahmens, der es ermöglicht, Daten aus heterogenen Quellen wie Fahrzeug-, Wearable- und Smartphone-Sensoren zu erfassen, vorzuverarbeiten und daraus verkehrssicherheitsrelevante Ereignisse zu berechnen. Im Rahmen dieses Projekts werden zunächst relevante Ereignistypen definiert und ein geeignetes Datenschema für diese Ereignisse recherchiert. Ein weiterer Fokus liegt auf der Erforschung von Ansätzen zur Berechnung von generischen Verkehrssicherheitsrisikoereignissen basierend auf den gesammelten Fahrzeugdaten. Hierzu gehört auch die Implementierung und das Testen von Datenschnittstellen sowie Datenprotokollierungsmechanismen. Zusätzlich wird die Möglichkeit untersucht, Daten von Datenvermittlern zu beschaffen und für die Plattform bereitzustellen, einschließlich der Einrichtung von Schnittstellen zu diesen Plattformen.

2.1.3.1 Voraussetzungen für Softwareentwicklung und Datenaggregation

Die Methodik zur Softwareentwicklung wurde zwischen den Projektpartnern abgestimmt und die dafür notwendigen Tools zur Kommunikation, Issue-Verwaltung und Quellcode-Versionierung wurden konfiguriert. Benutzerzugänge für alle Projektmitarbeitenden waren ebenfalls bereits vorhanden und wurden im Projektverlauf effizient genutzt.

Als Cloudanbieter für die D-TRAS Plattform wurde Microsoft Azure ausgewählt; der Cloud-Bereich wurde vom Projektpartner Virtual Vehicle verwaltet. Benutzerzugänge für alle technischen Mitarbeitenden erlaubten das gemeinsame Arbeiten und die Anbindung der Datenquellen zur Berechnung der sicherheitsrelevanten Events.

Eine initiale Forschungsinfrastruktur für das Sammeln von ersten Daten wurde bereits Ende 2021 zum Start des AP3 angelegt und zur Berechnung der sicherheitsrelevanten Ereignisse (AP3) und zum Trainieren von ML-Modellen (siehe AP4) verwendet.

Im AP 3 entstand ein technisches Framework für die Erfassung heterogener Verkehrsdaten, deren Vorverarbeitung und ihre Anwendung für die Berechnung verkehrssicherheitsrelevanter Events. Insbesondere werden Daten aus Smartphones, aus Fahrzeugen und externen Datenquellen benutzt. Bei der Implementierung der einzelnen Services wurde großer Wert auf Informationssicherheit und Datenschutz gelegt.

Es wurde beschlossen, die Data Services und die D-TRAS Plattform in einem virtuellen Netzwerk zu isolieren und mit Netzwerksicherheitsgruppen zu arbeiten. Für die Kommunikation nach außen wurden z.T. private Endpunkte eingerichtet. Als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme wurde vereinbart, dass die Data Services eine API-Key-Authentifizierung nutzen.

2.1.3.2 Einrichtung eines Systems zur Erfassung von Fahrzeugdaten

Software-Komponenten wurden entwickelt, um jene Fahrdaten zu akquirieren, die notwendig sind, um vorverarbeitete, sicherheitsrelevante Ereignisse „on the edge“, z.B. direkt am Smartphone oder an einem speziellen Messgerät, zu berechnen. Um einerseits eine breite Anwendbarkeit sicherzustellen, und bedingt durch die Möglichkeit hoch qualitative Fahrzeugdaten über einen Web-Service des Projektpartners CARUSO zu nutzen, wurde in diesem Projekt der Schwerpunkt bei der Erfassung von Fahrzeugdaten auf Smartphones gelegt. Die Verwendung und Weiterentwicklung eines Data Loggers, welcher Fahrzeugdaten über das CAN-Interface erfassen kann, wurde daher in diesem Projekt nicht weiterverfolgt.

Um Fahrdaten über das Smartphone zu akquirieren, wurden im Projekt D-TRAS zwei verschiedene Smartphone-Apps, einmal von Motobit und einmal von VIF, benutzt.

Die Android-App von Motobit nutzt die beiden Klassen LocationManager und SensorManager, um Zugriff auf die aktuelle Position des Smartphones und dessen Sensoren zu erhalten. Auf dieser Basis können Position und Geschwindigkeit des Devices (Smartphone) mit einer Frequenz von zirka 1 Hz und Beschleunigungs- und Drehraten aus der Inertial Measurement Unit (IMU) mit einer Frequenz von 50 Hz erfasst werden. Die so erfassten Daten werden am Smartphone in einem Buffer gespeichert und daraus relevante Verkehrssicherheitsevents „on the edge“ berechnet und teilweise an das D-TRAS Kit (nähere Beschreibung in AP 5) zur Ermittlung und Bewertung sicherheitsrelevanter Events übermittelt.

Für die Evaluation der D-TRAS Plattform mit PKWs entsteht auch bei VIF eine Smartphone-App, welche ebenfalls Sensordaten des Smartphones verarbeitet und über das in der App integrierte D-TRAS Kit mit der D-TRAS Plattform kommuniziert. Das technologische Know-how, um diese Sensordaten auszuwerten, stammt z.T. aus vorhergehenden Projekten und wurde den Anforderungen im Projekt D-TRAS angepasst.

2.1.3.3 Einrichtung von Schnittstellen zu den externen Datenquellen

Die D-TRAS Plattform nutzt auch externe Datenquellen, um die Identifikation von gefährlichen Verkehrssituationen zu verbessern. In diesem Abschnitt werden wesentliche Datenquellen und die zugehörigen Live-Daten-Services beschrieben, aus denen Events generiert werden, die dann in der D-TRAS Plattform gefiltert, mit Ergänzungen aus der KI-Komponente (*Event Prediction Service*) versehen und dann an das Smartphone (*Mobile Terminal*) bzw. den Motorrad- bzw. PKW-Fahrende zurückgemeldet werden.

Motobit nutzt zur Ermittlung gefährlicher Kurven und Straßenverläufe geometrische Eigenschaften wie den Kurvenradius und die Änderung des Kurvenverlaufs, aber auch den örtlichen Kontext des Straßenabschnitts (z.B.: eine in einem Waldabschnitt gelegene Kurve, mit einem Kurvenradius von 50 m, welche den Richtungsverlauf um 70° ändert).

Die Georg-August-Universität Göttingen nutzt u.a. für den Wetter-Service Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und von Geosphere Austria bzw. der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) (Österreich). Zur Vereinheitlichung werden sie in ein gemeinsames Format gebracht. Werden Wetterdaten zwischen Messstationen abgefragt, dann werden die relevanten Werte mit Hilfe von Interpolation ermittelt. Das Wetter kann einerseits mit Temperaturangaben, andererseits mit Zuständen oder Kategorien, wie Regen. Sonnenschein oder Nebel beschrieben werden.

VIF nutzt zum Hinweis auf überraschende Fahrmanöver Fahrdaten, die bereits in vorangegangenen Projekten aufgezeichnet wurden. Aus diesen Fahrdaten wurden harte Bremsmanöver und starke Beschleunigungen errechnet, die jetzt der D-TRAS Plattform als Service zur Verfügung stehen.

Als Datenvermittler (data intermediary) stellt CARUSO der D-TRAS Plattform verschiedene live – Datenpunkte zur Verfügung. Dazu gehören:

- aktuelle Unfälle, die sich in einem angegebenen Gebiet ereignet haben,
- Fahrzeugpannen, die sich in einem angegebenen Bereich ereignet haben,
- Wettersituationen, die zu gefährlichen Fahrbedingungen führen können,
- starker Verkehr, wenn sich viele Fahrzeuge in einem angegebenen Bereich befinden,
- Hinweise auf riskant fahrende Verkehrsteilnehmende in einem angegebenen Bereich,
- oder auch, dass es keine relevanten Informationen zum angegebenen Gebiet gibt.

Diese Data Services wurden über den gesamten Projektverlauf kontinuierlich weiterentwickelt und optimiert.

2.1.3.4 Berechnung von verkehrssicherheitsrelevanten Ereignissen on the edge

Die grundsätzlichen Kategorien, aus denen sich sicherheitsrelevante Ereignisse zusammensetzen könnten, sind in Abbildung 5 gezeigt: Einfluss des Individuums („individual influence“), der nächste Straßenabschnitt („route ahead“) und Umgebungskontext („environmental situation“).

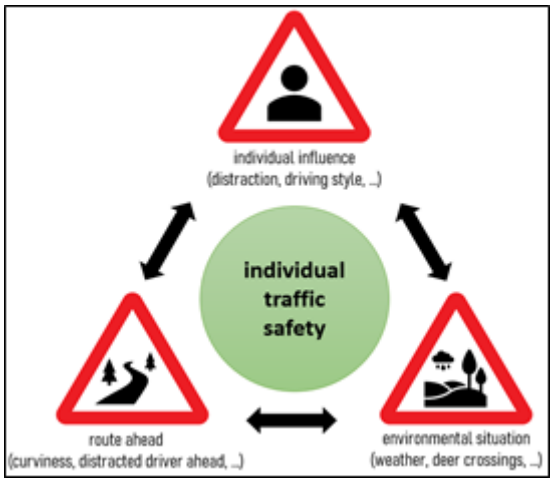

Abbildung 5. Kategorien sicherheitsrelevanter Ereignisse.

Die Kategorie “Einfluss des Individuums” berücksichtigt sicherheitsrelevante Ereignisse, die aus den Fahrzeug-, bzw. Fahrdaten berechnet werden können. So könnten etwa die aktuelle Geschwindigkeit, der aktuelle Fahrstil und das aktuelle Aufmerksamkeitsniveau einen wesentlichen und relevanten Einfluss auf die Ursache bei Verkehrsunfällen haben. Die aktuelle Geschwindigkeit kann mit einem simplen Post-Processing aus den Positionsdaten erfasst, bzw. berechnet werden. Der aktuelle Fahrstil ist abhängig vom VT und gestaltet sich je nach Fahrzeugtyp unterschiedlich. Für die zwei Hauptzielgruppen des Projekts (Motorradfahrende und PKW-Fahrende) ergeben sich daher unterschiedliche Methoden zur Ermittlung des Fahrstils. Die Motobit App nutzt für die Ermittlung des aktuellen Fahrstils bei Motorradfahrenden die Faktoren: riskante Kurvenfahrt, starke Verzögerungen (Bremsungen) und starke Beschleunigungen. Eine riskante Kurvenfahrt ergibt sich aus dem Vergleich der fahrdynamischen Daten (Geschwindigkeit, Beschleunigung/Verzögerung) der Motorradfahrenden, bzw. des Motorrades, der Topologie der Straße und einem Vergleich mit früheren Aufzeichnungen zum Fahrstil der Motorradfahrenden in ähnlichen Verkehrssituationen, z.B. bei ähnlichen Kurven. Das Aufmerksamkeitsniveau wurde durch die Nutzung des Smartphones während der Fahrt bestimmt.

2.1.3.5 Erfassen und/oder Berechnen von verkehrssicherheitsrelevanten Ereignissen

Verkehrssicherheitsrelevante Ereignisse können nicht nur „on the edge“, sondern auch mit Hilfe von Daten aus unterschiedlichen Daten-Quellen berechnet werden, die von Datenvermittlern wie z.B. CARUSO bereitgestellt werden.

Dazu werden in einem zusätzlichen Verarbeitungsschritt Rohdaten auf sicherheitsrelevante Ereignisse, wie Unfälle, Pannen, Schlechtwetter, etc. abgebildet. Eine Quelle für diese Rohdaten sind die vernetzten Fahrzeuge, die über die CARUSO Dataplace Plattform angebunden sind. Erkannte sicherheits-relevante Ereignisse werden dann an andere PKW- oder Motorradfahrende übermittelt, welche über den Geo-Spatial-Key identifiziert werden können.

Die Events im Einzelnen sind in der folgenden Tabelle abgebildet. Exemplarisch werden auch jeweils beispielhaft ausgewählte Rohdaten für die Events aufgeführt.

Tabelle 1. Ereignisse und Beispiele.

Ereignis	**Beispiele für Rohdaten**
Accident (Unfall)	crashseverity crashlocation
Breakdown (Liegenbleiber/Panne)	roadsideassistancecall remainingrangetotal malfunctionindicatorlight
Harmful Weather (Schlechtwetter)	environmentaltemperature
Heavy Traffic (Verkehr)	#connected cars vehiclespeeed
Risky Driving (Gefährliches Fahren)	forwardcollisionwarning indicatorlight excessivespeeding harshacceleration harshbraking
No connected cars in Area	(keine Fahrzeugdaten in Abschnitt verfügbar)

2.1.3.6 Sichere und GDPR-konforme Nutzung der Daten Straßenverkehrsteilnehmenden

Zu einer sicheren und GDPR-konformen Nutzung der Daten wurden verschiedene Maßnahmen ergriffen. Hierzu gehört u.a. die Verwaltung der technischen Maßnahmen in der Cloud (bspw. virtuelles Netzwerk oder API-Key-Authentifizierung der Data Services.). Zudem musste berücksichtigt werden, dass für die Feldstudie zusätzliche Daten (wie Geräte-ID und Heartbeats) aufgezeichnet werden müssen, um eine tiefergehende Auswertung zu ermöglichen. Hierdurch ergeben sich Abweichungen in der Datenspeicherung im Vergleich zu einem möglichen produktiven, über eine Evaluation hinausgehenden Einsatz der D-TRAS Plattform. Die Erhebung dieser zur Evaluation notwendigen Daten wurde transparent in den entsprechenden Dokumenten kommuniziert.

2.1.3.7 Zusammenfassung

Im AP3 entstand ein technisches Framework für die Erfassung heterogener Verkehrsdaten und deren Vorverarbeitung sowie Anwendung für die Berechnung verkehrssicherheitsrelevanter Events. Insbesondere werden Daten aus Smartphones, aus Fahrzeugen und externen Datenquellen genutzt.

2.1.4 AP 4 KI-Modell und digitale Plattform

2.1.4.1 Beschreibung des Arbeitspaketes

Das Hauptziel dieses Arbeitspakets war die Erforschung und Entwicklung einer Methode zur Vorhersage von räumlich-zeitlichen Verkehrsrisiken für VT in ländlichen Gebieten. Diese Methode sollte prototypisch in einer digitalen Plattform umgesetzt werden, die Informations- und Warndienste für VT ermöglicht.

Zu den spezifischen Aufgaben gehörte die Sammlung von risikorelevanten Verkehrssicherheitsereignissen in zwei Regionen, der Steiermark und Mitteldeutschland (hier: Südniedersachsen/Harz). Die gesammelten Daten sollten in einem geeigneten Medium, beispielsweise einem Data Lake, integriert werden, um Dateninteroperabilität für die anschließende Datenanalyse zu gewährleisten. Ein weiterer Schritt war die Modellierung verschiedener Risikokategorien der Verkehrssicherheit, um einen adäquaten Trainingsdatensatz für die Entwicklung der Vorhersagemodelle zu erstellen.

Des Weiteren war die Implementierung eines Algorithmus unter Nutzung von maschinellem Lernen vorgesehen, mit dem Ziel, ein Modell zur räumlichen, zeitlichen und kontextbezogenen Vorhersage von Verkehrssicherheitsrisiken in ländlichen Umgebungen, wie Bundes-, Land- oder Bergstraßen, zu entwickeln. Ein wesentliches Ziel war dabei auch die Einrichtung einer digitalen Plattform, die ein Proof-of-Concept zur Vorhersage von Verkehrssicherheitsrisiken ermöglicht und das entwickelte Modell mit Schnittstellen zu Demonstrator-Anwendungen implementiert.

Schließlich wurden die Nutzungsmöglichkeiten zusätzlicher Daten für das Vorhersagemodell untersucht, um die Vorhersagequalität während der Dienstnutzung kontinuierlich zu verbessern.

2.1.4.2 Methodisches Vorgehen der KI-Entwicklung und Risikovorhersage

Das AP 4 sah die Entwicklung der KI-Modelle zur Verkehrsrisiko-Vorhersage und die Implementierung als digitale Plattform vor. AP 4 war dabei inhaltlich und zeitlich eng mit AP 3 verknüpft. Das methodische Vorgehen in AP 4 orientierte sich an etablierten Prozessen wie dem Cross-Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM)[3]. Im Projekt D-TRAS wurden die Arbeitsschritte iterativ durchgeführt. Im Verlauf des Arbeitspaketes wurden regelmäßig neue Daten(quellen) hinzugefügt, Daten ausgewertet und KI-Modelle entwickelt bzw. verbessert. Dieser Prozess findet technisch einerseits mit einer weniger strukturierten Forschungsinfrastruktur statt und andererseits mit dem Ziel, eine prototypische digitalen Plattform

[3] Siehe Wirth, R., & Hipp, J. (2000). CRISP-DM: Towards a standard process model for data mining. In *Proceedings of the 4th international conference on the practical applications of knowledge discovery and data mining* (S. 29-39).

zu erstellen, auf der die Warnungen mittels API zur Verfügung gestellt werden. Das grundsätzliche Vorgehen in AP 4 folgte im Wesentlichen dem in Abbildung 6 dargestellten Ablauf.

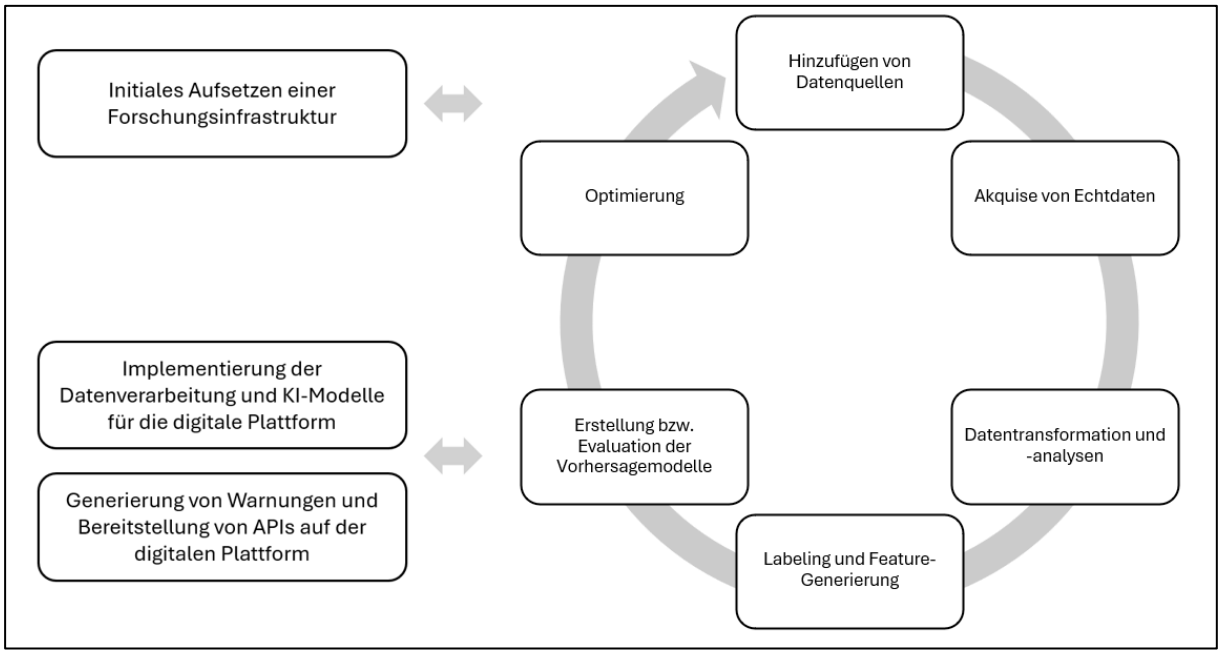

Abbildung 6. Schematischer, vereinfachter Ablauf des AP 4.

Ein Kernergebnis des Arbeitsprozesses im Projekt war dabei, dass sich eine vollständige initiale Sammlung von Daten vor Beginn der Analyse und Auswertung als nicht sinnvoll erwies. Insbesondere auf Basis der Erkenntnisse aus der Auswertung verschiedener Datenquellen konnte im späteren Projektverlauf eine präzisere Ergänzung durch weitere Daten erfolgen.

2.1.4.3 Auswahl und Sichtung möglicher Datenquellen

Für die Entwicklung der Modelle wurden im Projekt insbesondere folgende Datenquellen berücksichtigt:

Unfalldaten (DE)[4]: Unfalldaten für Verkehrsunfälle mit Personenschäden sind etwa als Open Data unter https://unfallatlas.statistikportal.de/ für die Jahre 2016 bis 2023 (Stand: 2024) verfügbar. Die Daten enthalten u.a. Informationen zur Unfallart und -kategorie, dem Straßenzustand, den Lichtverhältnissen und zur Geoposition. Der genaue Unfallzeitpunkt ist (aus Datenschutzgründen) nicht angegeben; es ist lediglich Stunde, Wochentag und Monat angegeben. Aus diesem Grund wurden zusätzlich kostenpflichtig Unfalldaten für 2021 bei den statistischen Ämtern des Bundes und der Länder beschafft, bei denen der genaue Unfallzeitpunkt mit angegeben ist. Da diese jedoch keine Geoposition enthalten und die Zusammenführung mit anderen

[4] Siehe Statistische Ämter des Bundes und der Länder, Unfallatlas Deutschland (Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0), verfügbar unter https://unfallatlas.statistikportal.de/ (zuletzt abgerufen am 27.09.2024).

Daten strengen Auflagen unterliegt, wurden diese zunächst alleinstehend deskriptiv ausgewertet.

Unfalldaten (AT): Die Unfalldaten der Jahre 2013 bis 2020 aus Österreich wurden 2021 bei dem österreichischen Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) beantragt. Im Jahr 2022 wurden zudem die Daten für 2021 beschafft.

Wetterdaten (DE): Für die deutschen Wetterdaten war im Wesentlichen der Deutsche Wetterdienst[5] als Datenquelle vorgesehen. Hier finden sich insbesondere stationsbasierte Wetterdaten für zahlreiche Wetterstationen in Deutschland. Für den Abruf der Wetterdaten wurde u.a. die Python-Bibliothek „Wetterdienst“ genutzt[6].

Wetterdaten (AT): Wetterdaten für Österreich lassen sich über eine API bei der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik bzw. GeoSphere Austria abrufen[7].

Straßendaten (DE und AT): Informationen zu dem Straßennetz finden sich etwa unter der Open Data Commons Open Database-Lizenz (ODbL)-Lizenz in der OpenStreetMap-Datenbank[8]. Hier liegen zudem z.T. zusätzliche Informationen etwa zu Geschwindigkeitsbeschränkungen und Straßentyp vor.

Floating-Car-Data (DE und AT): Basierend auf einer Analyse von Verkehrs-Testdaten für zwei etwa 25 * 25 km große Quadrate im Harz und der Steiermark für Januar und Juli 2021 wurde sich dazu entschieden, FCD-Daten für eine größere geographische Eingrenzung der Testgebiete zu beschaffen. Als zeitliche Eingrenzung wurde nach Analyse der Wetterbedingungen Februar, Juni und November 2021 ausgewählt. Bei den im Rahmen dieses Projektes analysierten Datenpunkten sind insbesondere Informationen zu Geopositionen, Zeitstempeln, Geschwindigkeiten und Fahrtrichtung enthalten.

Verkehrszähldaten (DE): In Deutschland stellt die Bundesanstalt für Straßenwesen[9] Informationen zur Verkehrsmenge auf verschiedenen Bundesstraßen und -autobahnen zur Verfügung, die mithilfe von Zählstellen gemessen wurden.

---

[5] Siehe Deutscher Wetterdienst, Open Data (CC BY 4.0), verfügbar unter https://opendata.dwd.de/ (zuletzt abgerufen am 27.09.2024).

[6] Siehe earthobservations, Wetterdienst (MIT License), verfügbar unter https://github.com/earthobservations/wetterdienst (zuletzt abgerufen am 27.09.2024).

[7] Siehe GeoSphere Austria, Datensätze (CC BY 4.0), verfügbar unter https://data.hub.geosphere.at/dataset/ (zuletzt abgerufen am 27.09.2024).

[8] Siehe OpenStreetMap Data (© OpenStreetMap contributors, Open Data Commons Open Database License (ODbL)), z.B. verfügbar unter https://osmdata.openstreetmap.de/ (zuletzt abgerufen am 10.11.2024).

[9] Siehe Bundesanstalt für Straßenwesen, Automatische Dauerzählstellen auf Autobahnen und Bundesstraßen (CC BY 4.0), verfügbar unter https://www.bast.de/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v2-verkehrszaehlung/zaehl_node.html (zuletzt abgerufen am 27.09.2024).

Wildunfallhotspots (DE): Zum Thema Wildunfälle wurde Kontakt mit dem deutschen Jagdverband aufgenommen. Hier wurde angedacht, Hotspots von Wildunfällen (gefährliche Straßenabschnitte) für das Projekt D-TRAS zu berücksichtigen. Die Einbindung der Daten[10] ist erfolgt.

Daten des Projektpartners VIF: Die Virtual Vehicle Research GmbH hat einen Datensatz zu sicherheitsrelevanten Events (Bremsung, Beschleunigung, Schlagloch, Stillstand) zur Verfügung gestellt.

Daten des Projektpartners motobit: Die motobit GmbH hat einen Datensatz mit sicherheitsrelevanten Daten für den Harz und die Steiermark zur Verfügung gestellt. Dieser beinhaltet unter anderem die Geschwindigkeit zusammen mit dem Ort von anonymisierten Fahrten in den Testregionen.

Mobility-Data-Space Daten: Im Rahmen des Projektes zeigte sich zunehmend der Mobility Data Space (MDS)[11] als möglicher Datenlieferant. Im späteren Projektverlauf konnten hierdurch anonymisierte Daten vernetzter Fahrzeuge in das Projekt eingebunden werden.

Selbsterhobene Daten: Weiterhin wurden selbstständig Daten zum Fahrverhalten im Gebiet Südniedersachsen erhoben und ausgewählte Streckenabschnitte qualitativ vor Ort begutachtet.

Die durch den Projektpartner Caruso bereitgestellten Daten und dadurch ableitbaren Events werden ergänzend zu den KI-Modellen eingesetzt. Eine Beschreibung der von Caruso vorgesehenen Events findet sich im vorigen Kapitel zu Arbeitspaket 3. Beispielsweise können Events zu von den Fahrzeugen gemessenen Temperaturen die teils relativ ungenauen Wetterinformationen validieren bzw. präzisieren.

2.1.4.4 Vorbereitung der Daten

Für die Entwicklung und das Trainieren der Modelle müssen viele Datensätze zunächst im Sinne der Data Preparation aufbereitet und Features abgeleitet werden. Eine wesentliche Herausforderung lag dabei in unterschiedlichen Datenformaten und -inhalten, die sich aus dem Vorhandensein verschiedener Datenquellen für Österreich und Deutschland ergaben. Dieser Herausforderung wurde dadurch begegnet, dass Datenquellen entweder homogenisiert wurden oder bestimmte Modelle nur auf Daten eines Landes trainiert wurden. Ein Beispiel hierfür sind die Unfalldaten, die in Deutschland aufgrund der fehlenden genauen Zeitangabe nicht unmittelbar mit Wetterdaten kombiniert werden konnten. Zudem unterschieden sich die Unfalldatenquellen wesentlich in ihrer Struktur. So liegt etwa in der österreichischen Datenquelle für jede Unfallpartei je eine eigene Zeile vor, wohingegen die deutsche Datenquelle eine Zeile je Unfall unabhängig von der Anzahl der Unfallparteien aufweist.

---

[10] © 2023 TFK Deutschland / INR CAU Kiel https://www.jagdverband.de/forschung-aufklaerung/tierfund-kataster.

[11] Siehe DRM Datenraum Mobilität GmbH, https://mobility-dataspace.eu/ (zuletzt abgerufen am 27.09.2024).

Ein weiteres Beispiel ist die Nutzung von Wetterdaten, für die auf kostenfrei abrufbare Datenquellen zurückgegriffen wurden. Hintergrund ist, dass im Projekt D-TRAS Wetterdaten für einen größeren Zeitraum und geographische Gebiete erforderlich waren, sodass der Fokus auf eine möglichst kostengünstige Nutzung der Daten sowie auf die Nutzung möglichst offener Datenquellen gelegt wurde. Da die Wetterdaten als stationsbasierte Messungen in je unterschiedlichen Formaten für Österreich und Deutschland vorlagen, war eine Angleichung des Formats sowie eine Interpolation notwendig. Im Hinblick auf die Floating Car-Datensätze bestand ein wesentliches Erfordernis in der Bearbeitung der in den Daten vorhandenen GPS-Punkte. Hier besteht ein Potenzial, weitere Features zu extrahieren, indem zeitlich aufeinanderfolgende Datenpunkte im Sinne von Trajektorien kombiniert werden.

In Abgrenzung von der Datenaufbereitung im live-Betrieb der Plattform umfasst das Training bzw. die Entwicklung der Modelle in der Regel größere Gebiete und Zeiträume und so müssen hierfür und für die Datenanalyse über die Data Services deutlich hinausgehende Berechnungen durchgeführt werden, sodass die Data Services nicht unmittelbar hierfür verwendet wurden.

2.1.4.5 Gestaltung und Entwicklung der Vorhersagemodelle

Es zeigte sich, dass im Rahmen der D-TRAS-Plattform als Ergebnis nicht ein einzelnes KI-Modell entstehen sollte, sondern ein Zusammenspiel aus verschiedenen Modellen und Ansätzen eine sinnvollere Lösung darstellt. Basierend auf den zur Verfügung stehenden Daten wurden daher mehrere Berechnungsmodelle entwickelt, deren Ergebnisse in verschiedenen Formen aggregiert werden und aus denen letztlich die Warnungen vor Gefahrenstellen kontextualisiert abgeleitet werden. Hierfür wurde auf verschiedene Methoden und Algorithmen aus dem Bereich Machine Learning sowie auf thematisch angrenzende Auswertungsmethoden (bspw. deskriptive Analysen, regelbasierte Berechnungsmodelle) zurückgegriffen. Die Auswahl der Methoden und der Zielwerte erfolgte in Abstimmung mit dem Projektpartner NEXT individuell für die einzelnen Modelle unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Daten und der angestrebten Ausgabewerte.

Im Folgenden werden überblicksartig die wichtigsten Modelle beschrieben:

Kurvengeschwindigkeit: In einem ersten Schritt wurden Kurven in den OpenStreetMap-Daten identifiziert und verschiedene Kennzahlen (bspw. Radien) berechnet. Die Kurvendaten wurden mit weiteren Features angereichert. Unter anderem wurden hierfür auch die Richtlinien zur Anlage von Landstraßen (RAL) der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen betrachtet. Anschließend wurden die dynamischen Fahrdaten (zu Geschwindigkeit und Bremsverhalten) und Wetterdaten genutzt, um ein Modell zu trainieren, das auf Basis von Kurven-Features eine empfohlene Geschwindigkeit für jede Kurve vorhersagen kann. Bei erheblicher Überschreitung der Geschwindigkeit sollen VT anschließend gewarnt werden. Es besteht die

Möglichkeit, dieses Modell auch für andere straßeninfrastrukturelle Situationen weiterzuentwickeln. Dies ist darin begründet, dass bspw. auch Engstellen und Brücken sowie Auf- und Abfahrten eine Geschwindigkeitsanpassung erfordern können.

Verkehrsstärke: Insbesondere basierend auf den Daten von Verkehrszählstellen wurde ein KI-Modell trainiert, das unter Einbezug von Uhrzeit, Tag, Wetter und Straßentyp die aktuelle Verkehrsstärke vorhersagt. Dies ist aus zwei Gründen sinnvoll; erstens können hierdurch (z.T. unter Zuhilfenahme von Geschwindigkeitsdaten) Staus und Verkehrsflüsse (zumindest näherungsweise) identifiziert werden, die eine Anpassung der Geschwindigkeit erfordern, und zweitens ist eine Schätzung der Verkehrsstärke zur Auswertung der Unfalldaten hilfreich.

Straßenzustand: In den Unfalldaten wird der Straßenzustand miterfasst und kann daher in Kombination mit den interpolierten Wetterdaten (zumindest für Österreich) als Zielwert für ein Klassifizierungsproblem dienen. Das hierfür erstellte KI-Modell gibt auf Basis der Wetterrohdaten für eine beliebige Uhrzeit und Straße eine Vorhersage aus, ob die Straße nass oder winterglatt sein könnte. Das Modell gibt zudem für jede Vorhersage einen Konfidenzwert aus, der bei der Entscheidung, ob eine Warnung auszulösen ist, berücksichtigt werden kann.

Lichtverhältnis-Vorhersage: Ähnlich zu der Vorhersage des Straßenzustands können auch die Lichtverhältnisse (Tageslicht/Dämmerung/Dunkelheit) als Zielwert genutzt werden. In den österreichischen Unfalldaten ist zudem erfasst, ob beispielsweise blendende Sonne vorlag. Die Information kann genutzt werden, um vorherzusagen, ob eine hohe Wahrscheinlichkeit für blendende Sonne und damit ggf. erhöhte Unfallgefahr besteht. Neben Uhrzeit, Tag und Wetterlage kann zudem die Fahrtrichtung berücksichtigt werden.

Unfallhotspots: Die Analyse der Unfalldaten dient zwei Zielen: Einerseits wurden die Unfalldaten ausgewertet, um zu analysieren, unter welchen Bedingungen besonders gefährliche Verhältnisse vorliegen (etwa unter Berücksichtigung der Straßeninfrastruktur, des Straßenzustands, der Verkehrsstärke und des Wetters). Dies hilft einzuschätzen, ob tatsächlich eine Warnung ausgelöst werden soll. Zweitens wurden basierend auf den Unfalldaten kontextualisierte (d.h. von äußeren Faktoren wie dem Straßenzustand und dem Unfalltyp abhängige) Unfallhotspots berechnet. Die Abbildung 7 zeigt mit beispielhaften Parametern verschiedene Unfallhotspots im Harz. Abhängig davon wie unterschiedliche Parameter/Faktoren (bspw. Anzahl der Unfälle, die geographische Ausdehnung, Zeiträume und Unfalltypen/-kategorien) in die Berechnung bzw. Auswahl der Hotspots mit einbezogen werden, können unterschiedliche, an die aktuellen Verhältnisse angepasste, Hotspots abgeleitet und genutzt werden.

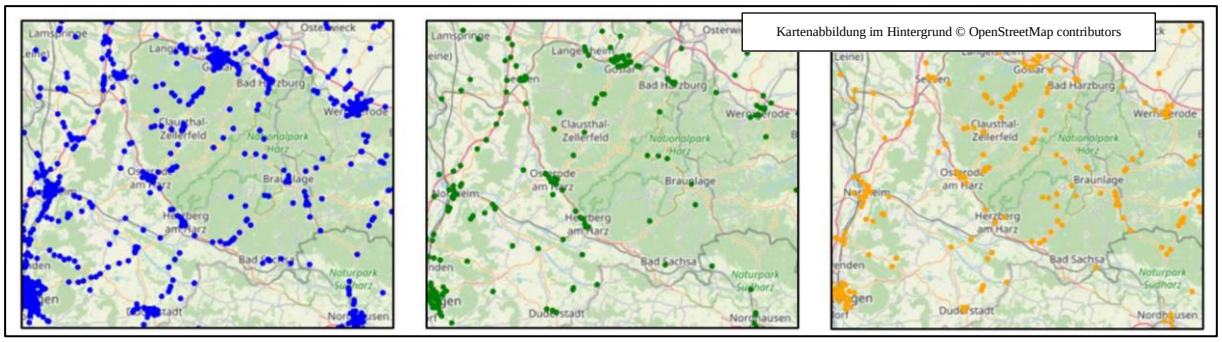

Abbildung 7. Beispielhafte Unfallhotspots[12] in Abhängigkeit verschiedener Parameter (Anzahl Unfälle, Straßenzustand und Fahrzeugtyp) auf Basis von Unfalldaten mit Personenschaden (2017-2021) [13].

Diese oben genannten Modelle sind a-priori trainiert bzw. festgelegt, d.h., diese werden zunächst nicht auf Basis der laufend entstehenden Daten verändert. Nichtsdestotrotz sind sie (abhängig vom konkreten Modell) in der Lage auf Live-Daten der Data Services zu reagieren. So kann etwa eine Veränderung des Wetters das Auswertungsresultat des a-priori trainierten Modells beeinflussen. Hierdurch ist eine schnelle Risikovorhersage während des Betriebs der Plattform möglich. In regelmäßigen Intervallen werden die Modelle basierend auf den neu entstehenden Daten neu trainiert.

Um gleichzeitig flexibel auf dynamische Ereignisse bzw. live entstehende Fahrdaten reagieren zu können, wird mithilfe eines Berechnungsmodells eine Anomalie-Erkennung durchgeführt. Hierbei werden im Wesentlichen Häufungen von ungewöhnlich starken Bremsungen identifiziert.

Grundsätzlich können die bereinigten Datensätze die gleichzeitige Grundlage für mehrere Vorhersagemodelle bilden. Beispielsweise werden Unfalldaten sowohl für die Berechnung riskanter Straßenabschnitte, aber auch für die Vorhersage von Straßenzuständen genutzt. Zudem kann sich ein Vorhersagemodell auch aus mehreren, miteinander kombinierten Datenquellen zusammensetzen. Letztlich wird durch den gleichzeitigen und teils kombinierten Einsatz der oben genannten Modelle Warnungen verschiedener Gefahrenkategorien (siehe nächster Abschnitt) ausgegeben.

---

[12] Abbildungen erstellt mithilfe von *Plotly Technologies Inc. Collaborative data science. Montréal, QC, 2015. https://plot.ly*. Kartenabbildung im Hintergrund basierend auf *OpenStreetMap, verfügbar unter der Open Data Commons Open Database License*.

[13] Siehe Statistische Ämter des Bundes und der Länder, Unfallatlas Deutschland (Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0), verfügbar unter https://unfallatlas.statistikportal.de/ (zuletzt abgerufen am 27.09.2024).

2.1.4.6 Implementierung als digitale Plattform

Neben der Datenauswertung und der Entwicklung der Berechnungsmodelle war ein weiteres Ziel des AP 4 die Implementierung als digitale (Cloud-)Plattform. Dies stellte eine entscheidende Voraussetzung für die Durchführung der Feldstudie dar, bei der das D-TRAS-Konzept „Ende-zu-Ende“ getestet wird. Die Berechnungsmodelle zur Risikovorhersage wurden letztlich als eigenständiger Microservice in der ausgewählten Cloud-Infrastruktur (Microsoft Azure) bereitgestellt und die generierten Warnungen über eine API zum Abruf zur Verfügung gestellt. Der Microservice wurde auf Basis von Python insbesondere unter Nutzung der Python-Bibliotheken FastAPI[14], pandas[15] und scikit-learn[16] erstellt. Im Sinne der später durchzuführenden Feldevaluation wurde die Entscheidung getroffen, sich im Rahmen der digitalen Plattform auf die in Tabelle 2 dargestellten Risikokategorien zu beschränken.

Tabelle 2. Risikokategorien und Beschreibung.

Risikokategorie	Beschreibung
Unfall-Hotspot	Straßenabschnitte mit historisch erhöhtem Unfallrisiko
Kurvengeschwindigkeit	Besonders enge Kurven mit Geschwindigkeitseinschätzung
Anomalie-Hotspot	Häufung auffälliger Fahrmanöver
Glatte Straße	Straße mit erhöhter Rutschgefahr aufgrund der Wetterbedingungen
Wildunfallgebiet	Gebiet mit erhöhtem Risiko für Wildunfälle
Gebiet mit erhöhtem Risiko	Sammelkategorie für erhöhtes Unfallrisiko, insb. aufgrund hoher Unfallschwere in der Vergangenheit
Weitere statische Events	Diverse andere aus den Data Service stammende Events ohne komplexe weitere Berechnung durch KI-Modelle, bspw. Unfall oder gefährliche Kurven

2.1.4.7 Wesentliche Erkenntnisse aus der Entwicklung der Vorhersagemodelle

Im Verlauf des D-TRAS-Projekts wurden mehrere zentrale Erkenntnisse gewonnen, die maßgeblich zur Weiterentwicklung des Konzepts und der digitalen Plattform beigetragen haben. Eine der wesentlichen Faktoren war die hohe Vielfalt möglicher Unfallursachen. Obwohl das Projekt zahlreiche Datenquellen erfolgreich in die D-TRAS-Plattform integriert hat, wurde

[14] Siehe Ramírez, S. FastAPI (MIT License), verfügbar unter https://github.com/fastapi/fastapi.

[15] Siehe The pandas development team, Pandas, https://doi.org/10.5281/zenodo.3509134 und McKinney, W. (2010). Data structures for statistical computing in Python. In *SciPy* (Vol. 445, No. 1, pp. 51-56).

[16] Siehe Pedregosa et al. (2011). Scikit-learn: Machine Learning in Python, JMLR 12, 2825-2830.

noch einmal deutlich, dass nur eine Teilmenge aller potenziellen Gefahrensituationen abgedeckt werden kann. Dies betrifft insbesondere komplexere Gefahrenszenarien, die durch fortschrittlichere Sensoren in den Fahrzeugen erkannt werden könnten. Hierdurch erscheint es sinnvoll, künftig noch vielfältigere und speziellere Datenquellen einzubeziehen, um eine umfassendere Risikobewertung zu ermöglichen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt des Projekts war die Kombination von Machine Learning-basierten Modellen mit einfacheren Berechnungsmodellen und Regelwerken. Diese hybride Herangehensweise stellte sich als besonders vorteilhaft heraus, da sie nicht nur die Berechnungsgeschwindigkeit steigerte und die Komplexität senkte, sondern auch eine verbesserte Kontrolle über die ausgegebenen Warnungen ermöglichte. Insbesondere in sicherheitskritischen Anwendungen ist es entscheidend, dass die zugrundeliegenden Modelle nicht nur präzise, sondern auch transparent und nachvollziehbar sind, was durch die Einbindung einfacher Modelle unterstützt wurde.

Die Vielfalt der Unfallursachen führte auch zu der Entscheidung, mehrere kleinere Modelle zu kombinieren, um die Leistungsfähigkeit der Vorhersagen besser evaluieren zu können. Durch diese Aufteilung konnte eine differenziertere Analyse und Bewertung der Ergebnisse erfolgen, was die Gesamtgenauigkeit und Zuverlässigkeit des Systems erhöhte. Die Multidimensionalität der Unfallursachen erfordert eine facettenreiche Herangehensweise bei der Modellierung und Evaluierung, was im D-TRAS-Projekt umgesetzt wurde.

Neben der datenbasierten Analyse erwies sich auch die qualitative Begutachtung von Streckenabschnitten als besonders wertvoll. Obwohl bereits durch die Analyse vorhandener Daten aussagekräftige Informationen über Gefahrenpunkte gewonnen werden konnten, zeigte sich, dass die direkte Inspektion von Streckenabschnitten vor Ort oder durch Satellitenbilder zusätzliche, wichtige Einblicke liefert. Diese Art der Begutachtung hilft, die spezifischen Hintergründe und Kontextfaktoren eines potenziellen Unfallrisikos besser zu verstehen und so präzisere Warnungen und Maßnahmen ableiten zu können. Auch hilft dies, die Gründe für falsche Gefahrenvorhersagen besser zu verstehen.

Um die Effizienz und Reaktionsfähigkeit der D-TRAS-Plattform im Echtzeitbetrieb zu erhöhen, wurde ein weiterer Schwerpunkt auf die Vorab-Berechnung von Daten gelegt. Insbesondere für Datenquellen, die sich selten ändern, wie etwa Straßengeometrien oder historische Unfalldaten, wurden so viele Berechnungen wie möglich bereits im Vorfeld durchgeführt. Diese Vorgehensweise minimierte die Latenzzeiten im Live-Betrieb erheblich und trug dazu bei, dass Warnungen und Empfehlungen schneller und zuverlässiger bereitgestellt werden konnten. Diese Vorab-Berechnungen sind ein wesentlicher Bestandteil der Effizienzsteigerung und tragen zu einer reibungslosen Funktionalität der Plattform im Echtzeiteinsatz bei.

Im AP 2 wurde aus den Anforderungen an die Plattform ein technisches Konzept und daraus eine Plattformarchitektur entwickelt. Durch die Implementierung und der sich daraus ergebenden Rahmenbedingungen hat sich dieses Konzept geringfügig verändert. Abbildung 8 zeigt das Konzept der D-TRAS Plattform, wie es letztendlich implementiert wurde.

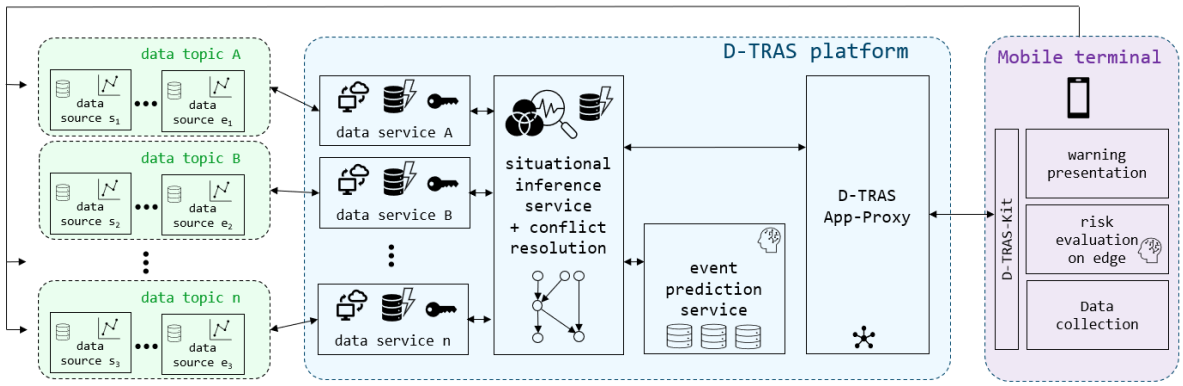

Abbildung 8. D-TRAS Plattform und Datenfluss.

Die D-TRAS Plattform wurde in der Microsoft Azure Cloud implementiert. Abbildung 9 zeigt vereinfacht die Implementierung des Plattformkonzepts auf Microsoft Azure.

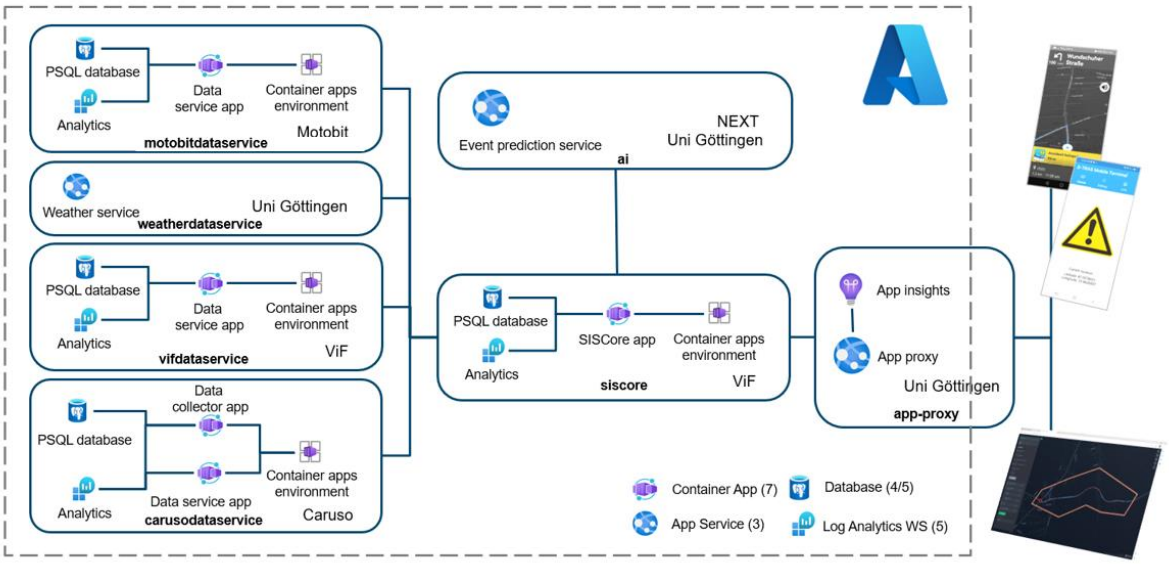

Abbildung 9. D-TRAS Plattform in Microsoft Azure.

Bei der Implementierung des Konzepts wurden einige Komponenten zusammengelegt, um kosteneffektiv auf der Azure Plattform zu agieren. Die ehemals angedachten Komponenten finden sich jedoch weitestgehend in den implementierten wieder.

Die Data Services konnten von den jeweils zuständigen Projektpartnern entlang der in AP 2 erarbeiteten Richtlinien (Aufbau der Services und Datenaustauschformate) implementiert werden. Der Risk Precalculation Service wurde in den Event Prediction Service integriert. Das neu

entstandene D-TRAS Kit übernimmt die Kommunikation mit der D-TRAS Plattform und integriert die Unterblöcke “Risk evaluation on the edge” und “Data collection”. Bei der Implementierung wurde entschieden, diese Funktionalität in Form einer wiederverwendbaren Bibliothek zu implementieren. Im Projekt D-TRAS wurde dieses Kit in die Motobit-App und in die D-TRAS Guardian App integriert. Zusätzlich zu den genannten Apps könnte diese Bibliothek mit geringem Aufwand auch in Apps externer Partner (Navigationsdienste, Verkehrsclubs, …) integriert werden. Die Risk Prediction bewertet am Mobile Terminal, ob die erhaltenen Warnungen für die aktuelle Verkehrssituation relevant sind. Es hat sich herausgestellt, dass sich das dafür erforderliche Bewertungskonzept als weit komplexer darstellt als angenommen. Dennoch wurde dieser Funktionsblock beibehalten und nur in einer vereinfachten Form implementiert. Für eine zukünftige Weiterentwicklung des Mobile Terminals kann dieser Funktionsblock sehr einfach erweitert werden. Die Data Collection wurde für die technische Evaluierung der Studie implementiert. In diesem Funktionsblock wurde aufgezeichnet, in welchem Kontext (Position, Geschwindigkeit, Fahrtrichtung) welche Warnungen der fahrenden Person angezeigt wurden. Die gesammelten Informationen wurden in der D-TRAS Plattform protokolliert.

Der GSK wurde für die Evaluation wie folgt implementiert: Am Mobile Terminal wird ausgehend von der aktuellen geographischen Position ein geschwindigkeits- und fahrtrichtungsunabhäniger Bereich (GSK) definiert, für den von der D-TRAS Plattform aktuelle, sicherheitsrelevante Events abgefragt werden. Die für diesen Bereich von der Plattform zurückgemeldeten Events werden dann im Mobile Terminal fahrtrichtungs- und geschwindigkeitsabhängig gefiltert. Wesentliches Element dieser Filterung ist der „Cone“.

Während ein „GSK“ als Quadrat um die aktuelle Position gebildet (Abbildung 10) wird, bildet sich ein „Cone“ als Dreieck durch die Fahrtrichtung und einen Öffnungswinkel um die Fahrtrichtung (Abbildung 11).

Abbildung 10. GSK um die aktuelle Position mit sicherheitsrelevanten Events im GSK.

Abbildung 11. Sicherheitsrelevanter Event im GSK, gefiltert durch einen Cone.

Maßgebliche Überlegungen zur Größe des GSK im Projekt waren:

- Ausgehend von der aktuellen Position wird das Mobile Terminal die entsprechende Antwort erst zu einem (geringfügig) späteren Zeitpunkt von der D-TRAS Plattform erhalten. Um die zum diesem zukünftigen Zeitpunkt relevanten Events zur Verfügung zu haben, muss ein entsprechend großer Bereich abgefragt werden.
- Das Mobile Terminal kann eine zukünftige Position nicht voraussagen. Um auf Fahrtrichtungsänderungen, z.B. durch Kurven, bzw. durch Serpentinen auf Bergstraßen reagieren zu können muss ein entsprechend großer Bereich abgefragt werden.
- In ländlichen Gebieten ist eine flächendeckende Internetversorgung nicht immer gegeben, bzw. kann diese lückenhaft sein. Um solchen Situationen entgegenzutreten, muss rechtzeitig ein ausreichend großer Bereich abgefragt werden.

Aus diesen Überlegungen heraus wurden für die Evaluierung der D-TRAS-Plattform die Größen für den GSK und des Cones angepasst und als Parameter im D-TRAS Kit festgelegt. Die Plattform unterstützt jedoch auch komplexere Varianten von GSKs, die orts- und geschwindigkeitsabhängig sein können.

2.1.5 AP 5 Anwendungsszenarien und Evaluierung

Das primäre Ziel dieses Arbeitspaketes war die Erstellung und Evaluation von Proof-of-Concept-Demonstrator-Anwendungen durch eine Studie in der Steiermark (Österreich) und Südniedersachsen/Harz (Deutschland). Diese Studie konzentriert sich auf unterschiedliche geographische Topografien und Verkehrsträger, um die Wirksamkeit und Anwendbarkeit der entwickelten Vorhersagemethoden für Verkehrssicherheitsrisiken zu überprüfen.

Um dieses Ziel zu erreichen, umfassen die Unterarbeitsziele zunächst die Identifikation von Nutzungsszenarien, in denen die Vorhersage von Verkehrssicherheitsrisiken einen signifikanten Mehrwert bieten kann. Darauf aufbauend erfolgt das Design und die Implementierung der Demonstrator-Anwendungen, die speziell für die identifizierten Nutzungsszenarien entwickelt werden. Diese Anwendungen dienen dazu, das Potenzial und die Wirksamkeit der vorhergesagten Sicherheitsrisiken in realen Verkehrssituationen zu demonstrieren und praktisch zu testen.

Ein weiterer wesentlicher Schritt ist das Design und die Durchführung einer empirischen Auswertung. Diese Evaluation zielt darauf ab, die Zuverlässigkeit und Anwendbarkeit des entwickelten Vorhersagemodells zu beurteilen. Durch die Sammlung und Analyse von Daten aus den Demonstrator-Anwendungen in den verschiedenen geografischen und verkehrstechnischen Kontexten der Steiermark und Südniedersachsen wird ein umfassendes Verständnis für die Leistungsfähigkeit und Grenzen der Vorhersagemethodik erarbeitet.

Dieses Arbeitspaket stellt einen entscheidenden Schritt in der Validierung der Forschungs- und Entwicklungsarbeit dar, indem es die praktische Anwendbarkeit und Effektivität der entwickelten Technologien und Methoden in realen Umgebungen überprüft.

2.1.5.1 Entwicklung der Demonstratoren

Ein Grundstein zur Entwicklung der Demonstratoren war die Definition des D-TRAS Kits: eine gekapselte Bibliothek, die verantwortlich ist:

- Für die Kommunikation mit der D-TRAS Plattform (Daten senden und empfangen).
- Für die selbständige Berechnung von sicherheitsrelevanten Ereignissen.
- Für die eigene Berechnung von abgeleiteten Daten aus den Daten, die vom Smartphone berechnet bzw. erfasst werden.
- Für die Entscheidung, ob eine Warnung zur Darstellung für die fahrende Person an die App weitergeleitet wird, die das D-TRAS Kit integriert.

Das D-TRAS Kit wurde so konzipiert und entwickelt, dass es die Möglichkeit bietet, mit geringem Aufwand in eine bestehende Software integriert zu werden und dadurch auch Drittunternehmen eine Integration ermöglicht.

Das D-TRAS Projekt fokussiert sich auf zwei bestimmte Gruppen von VT: Motorradfahrende und PKW-Fahrende. Für diese beiden Gruppen wurde jeweils ein Demonstrator entwickelt, um:

- eine Proof-of-Concept Analyse der Integration des D-TRAS Kit in zwei unterschiedlichen Smartphone Apps zu gewährleisten;
- das aktuelle Know-How und bestehende Produkte der Projektpartner am besten zu nutzen;
- eine vereinfachte Akquise von Proband:innen durch eine maßgeschneiderte App für die Zielgruppe zu erreichen;
- eine Vereinfachung der Analyse der erfassten Daten dank der klaren Trennung der Gruppen und Vermeidung von menschlichen Fehlern zu ermöglichen.

Die zwei Demonstratoren werden in den nächsten Abschnitten genauer dargestellt.

Smartphone-App für Motorradfahrende (Motobit)

Für Motorradfahrende wurde das D-TRAS Kit in der bestehenden Smartphone App (Motobit) vom Projektpartner Motobit integriert. Die Motobit App ist eine Smartphone App, speziell für Motorradfahrende entwickelt, die mehr als 20.000 Nutzende pro Monat aufweisen kann. Die Motobit App ermöglicht Motorradfahrenden Routen zu planen, navigieren, aufzuzeichnen und während der Fahrt vor Gefahren gewarnt zu werden. Für die Proband:innen wurde die "Standard" Gefahrenwarnung-Logik der Motobit App mit dem D- TRAS Kit ersetzt, sodass Proband:innen nur Gefahrenwarnungen aus der D- TRAS Plattform bekommen, während die normalen Nutzenden, die "Standard" Gefahren (die auch als Datenquelle in AP 3 für die D- TRAS Plattform zur Verfügung gestellt wurden) der Motobit App bekommen. Um eine reibungslose Nutzung der App für Proband:innen und normale Nutzer:innen zu ermöglichen, wurde eine Logik implementiert, die speichert, ob die nutzende Person auch Proband:in der D- TRAS Plattform ist und diese Information regelmäßig mit dem proprietären Server von Motobit synchronisiert. Das ermöglicht die Ausgabe der D- TRAS Warnungen auch an bestehende Nutzer:innen, ohne die Notwendigkeit nach der Anmeldung als Proband:in eine spezielle Version der App zu installieren. Da die Akquise von Proband:innen für die D-TRAS Plattform aus dem bestehenden Nutzer:innen Pool der Motobit App ein wesentlicher Teil der Proband:innen Akquise war, wurde die Art der Warnungsübermittlung an die User an das bestehende Warnungsinterface der Motobit App angepasst, sodass für Proband:innen kein visueller Unterschied zwischen der Standardwarnung der Motobit App und der Warnung der D- TRAS Plattform entsteht.

Warnungen werden wie folgt multimodal an die Nutzenden übermittelt:

- Durch ein Banner, das am Smartphone Display dargestellt wird (siehe Abbildung 12) und zu sehen bleibt, bis die Gefahr vorüber ist. Die Informationen, die im Warnungsbanner enthalten sind, sind: Art der Gefahr (z.B: Unfall Hotspot, gefährliche Kurve, Wildwechsel usw.), grafische Darstellung der Art der Gefahr (per Icon) und Abstand von der aktuellen Position und dem Gefahrenpunkt, falls die Gefahr eine genaue Position hat.
- Durch eine akustische Warnung mit einem einmaligen Piepton, sobald die Gefahr relevant wird, damit die Nutzenden ohne den Blick von der Straße zu nehmen informiert werden können. Es wurde entschieden einen Piepton statt einer ausgesprochenen Warnung mit Text-To-Speech zu nutzen, da die Warnungen kurzfristig auftreten können und es daher notwendig ist, sehr schnell die Aufmerksamkeit der Nutzer:innen auf die Gefahr zu lenken.

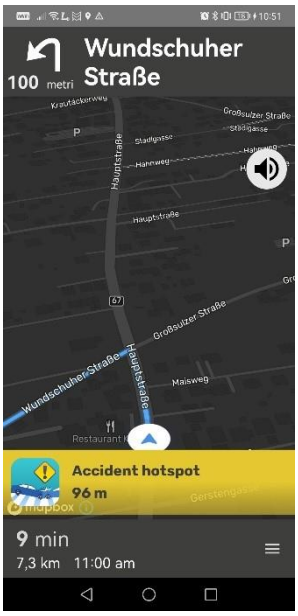

Abbildung 12. Darstellung einer Warnung in der Motobit App.

Smartphone-App für Autofahrende (VIF)

Die D-TRAS Guardian App ist die Smartphone-App für PKW-Fahrende und ist, um die fahrende Person nicht unnötig abzulenken, nur mit den notwendigsten Funktionen ausgestattet. Auf der Standard-Ansicht ist ein Kompass zu sehen, der grün hinterlegt ist (Abbildung 13). Sollte keine Internetverbindung vorhanden sein, so ist das für Anwender:innen an einem grau gefärbten Kompasshintergrund zu erkennen. Im Fall einer Warnung werden spezifische Warn-Icons dargestellt, die sich größtenteils an den Icons der Motobit-App orientieren. Im ursprünglichen Konzept sollte nur ein unspezifisches gelb hinterlegtes Warnsymbol (Abbildung 13) zu sehen sein. Diese Änderung wurde zugunsten einer Usability-Untersuchung im Rahmen der Feldstudie durchgeführt. Die D-TRAS Guardian App verfügt über keine akustische Warnung.

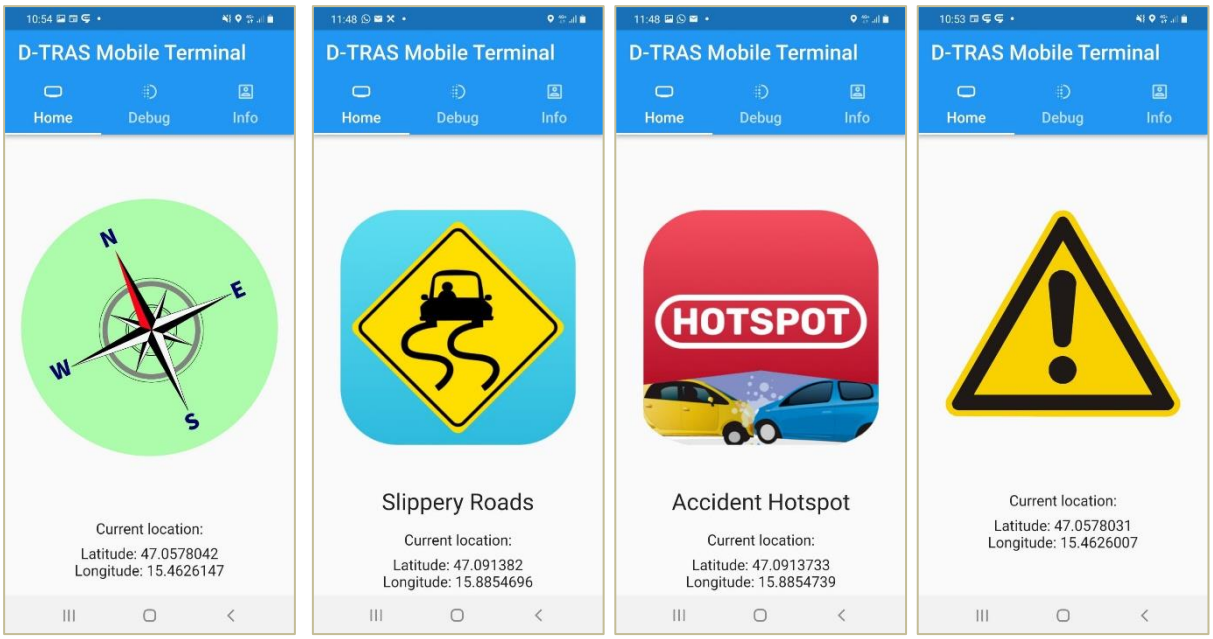

Abbildung 13. D-TRAS Guardian – Standardansicht (Kompass) und verschiedene Warnungsansichten (r).

Zu Analysezwecken verfügt die D-TRAS Guardian App über eine Debug-Ansicht (Abbildung 14). In dieser Ansicht sind die Anzahl der gerade anstehenden Events, sowie die Versions-Nummer der D-TRAS Guardian App als auch die Version der D-TRAS-Kit Bibliothek zu sehen.

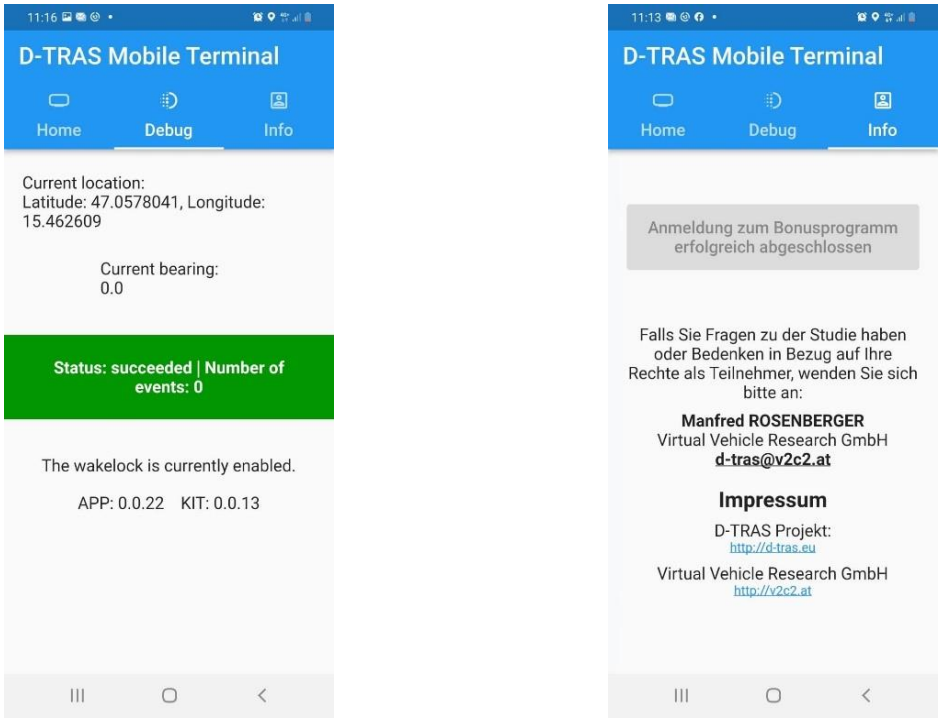

Abbildung 14. Debug Ansicht (links) und Onboardingprozess (rechts).

Die D-TRAS Guardian App wurde speziell für dieses Projekt entwickelt und ist daher nicht öffentlich im Google Play Store verfügbar. Stattdessen wurde der Zugang nur für Proband:innen durch die Angabe einer E-Mail-Adresse freigeschaltet. Auch der Onboardingprozess wurde in der App umgesetzt.

Anwendung zur Plattformüberwachung und für öffentliche Stellen

Im Rahmen der Entwicklung der D-TRAS-Plattform sind mehrere Demonstratoren und Tools zum Test der Funktionalität der Plattform und Visualisierung der Gefahrenstellen entstanden. Diese Tools unterstützen nicht nur die Auswertung der Feldstudie, sowie die Analyse einzelner Fahrten, sondern könnten perspektivisch auch für öffentliche Stellen nützlich sein, um Risikostellen zu identifizieren und Maßnahmen abzuleiten. Um das Potential des D-TRAS-Konzepts besser darstellen zu können, wurden diese Werkzeuge zu den Demonstratoren weiterentwickelt.

Demonstratoren für die Visualisierung des Verkehrs-Risiko

Die in diesem Abschnitt vorgestellten Demonstratoren zeigen, wie verantwortliche Personen für die Straßeninfrastruktur auf einer geographischen Karte einzelne Streckenabschnitte in Bezug gefährliche Stellen untersuchen können. Dafür werden zwei verschiedene Ansätze verfolgt:

- aufgezeichnete Daten aus der Anwenderstudie,
- ortsabhängige Live-Daten aus der Plattform.

a) GSK-Visualizer

Mit dem *GSK-Visualizer* können für eingegrenzte Straßenabschnitte die aktuell relevanten Warnungen aus der Plattform untersucht werden. Damit können bspw. Streckenabschnitte auf gefährliche Stellen hin untersucht werden.

Mit der Computer-Maus kann über einen relevanten Bereich auf einer Landkarte ein Polygon gezeichnet werden und die D-TRAS Plattform liefert die entsprechenden, aktuellen Events, bzw. Warnungen zurück. Diese Warnungen werden dann entsprechend ihrer Position auf der Karte angezeigt.

Der GSK-Visualizer ist mit einer API direkt an die D-TRAS-Plattform angebunden. Diese Web-Anwendung wurde client-seitig (UI) mit Hilfe von JavaScript basierend auf der Kepler-Bibliothek (https://kepler.gl/) implementiert.

Abbildung 15. Demonstrator – GSK-Visualizer.

b) Logging-Visualizer

Mit dem *Logging Visualizer* ist es möglich, aufgezeichnete Fahrten zu analysieren. Im Drop-Down-Menü kann eine Fahrt ausgewählt und zur Analyse angezeigt werden. Optional können zu den einzelnen Fahrten sicherheitsrelevante Events, GSKs, Cones und Heartbeats angezeigt werden.

Für den Logging-Visualizer war es erforderlich, die von der D-TRAS Plattform mitgeloggten Daten zu verarbeiten und einzelne Datenpunkte wieder zu zusammenhängenden Fahrten zu verbinden. Diese Zwischenergebnisse wurden auf einer eigenen, in einem abgesicherten Bereich verfügbaren Datenbank zwischengespeichert und aus Datenschutzgründen nur für eine ausgewählte Gruppe an Projektmitarbeitenden verfügbar. Somit handelt es sich bei dem Logging Visualizer eher um ein Entwicklungstool.

Der Logging Visualizer wurde mit Python unter Verwendung des Visualisierungs-Frameworks Python Dash umgesetzt.

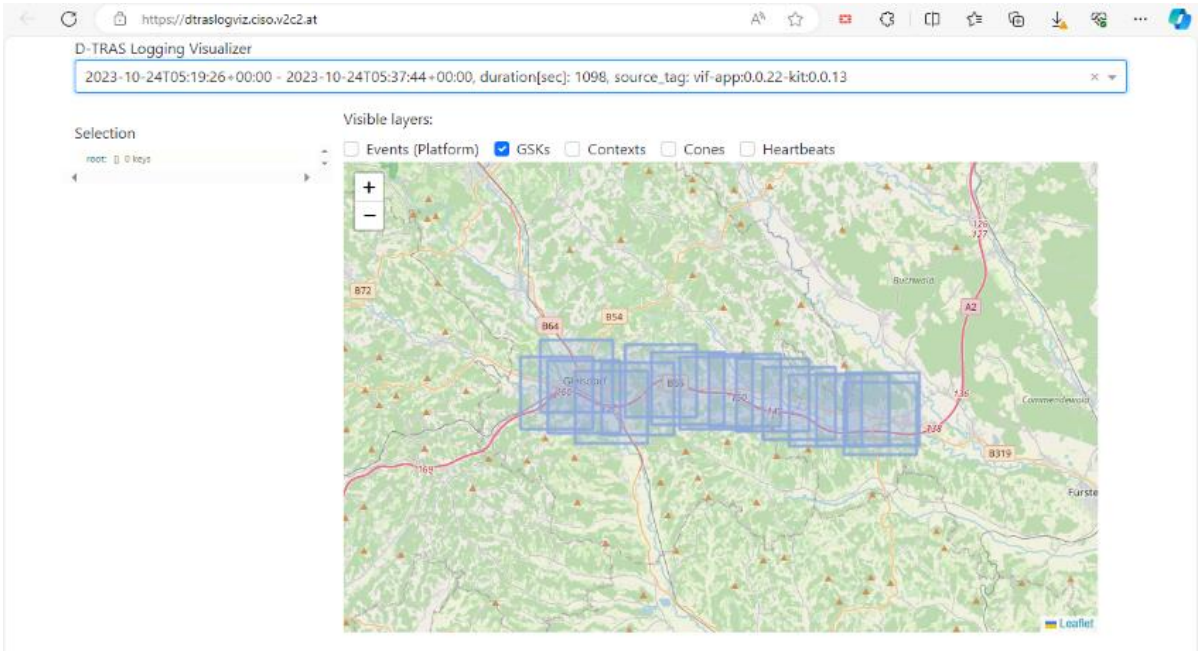

Abbildung 16. Demonstrator – Logging-Visualizer.

c) Trip Simulator

Der *Trip Simulator* funktioniert auf der gleichen Datenbasis wie der Logging Visualizer, ist aber mit dem Datenanalyse-Werkzeug R realisiert. Auch hier können einzelne Fahrten visualisiert werden. Im Unterschied zum Logging-Visualizer ist hier die Perspektive der fahrenden Person im Fokus.

Das in der Abbildung sichtbare Dreieck stellt den Filter dar, in dem sich die in Fahrtrichtung befindlichen relevanten Warnungen befinden, die der fahrenden Person angezeigt werden. In dieser Ansicht stehen die roten Marker für historische Brems- und Beschleunigungshotspots (Pfeil nach unten, bzw. oben), sowie Unfallhotspots (kreuz) auf diesem Streckenabschnitt. Die blauen Marker markieren Kurvenevents mit Information zur berechneten maximalen

Durchfahrtsgeschwindigkeit.

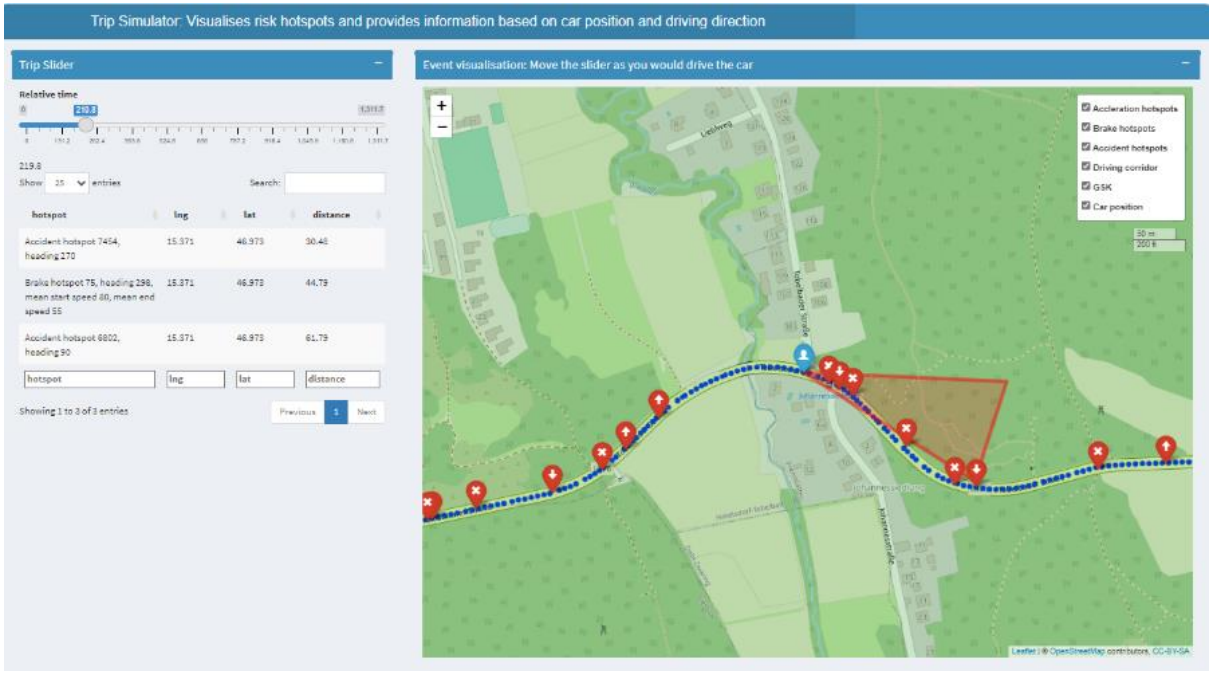

Abbildung 17. Demonstrator – Trip-Simulator.

2.1.5.2 Durchführung der Feldstudie

Die zeitliche Planung der Feldstudie ist in Tabelle 3 dargestellt. Im Folgenden werden die durchgeführten Arbeiten in der jeweiligen Phase erläutert.

Tabelle 3. Zeitlicher Ablauf der Feldstudie.

Phase	**Zeitraum**
Vorbereitung der Recruiting-Infrastruktur	12/22 - 07/23
Recruiting-Phase*	08/23 - 10/24
Vor-Test-Phase	04/23 - 08/23
Feldstudie	08/23 - 01/24
Auswertungs-Phase	bis 04/24
*Interessensbekundungen über Webseite bereits ab 05/2023 möglich.	

Das Projekt D-TRAS umfasst eine große Anzahl von personenbezogenen und nicht personenbezogenen Daten und hat das Ziel, einen fairen, sicheren, vertrauensvollen und bewussten Umgang mit Daten, der die Anforderungen der DSGVO erfüllt, zu gewährleisten.

Um das zu erreichen, war eine intensive Aktivität notwendig, um:

- Die interne Abstimmung der Projektpartner zur Datennutzung mit Berücksichtigung der DSGVO sowie firmeninterner aktueller Bedingungen (wie die Allgemeine Geschäftsbedingungen und die Datenschutzbedingungen) zu erfassen und zu protokollieren. Dazu

wurde eine Vereinbarung über die Gemeinsame Verantwortlichkeit gemäß Art. 26 DSGVO geschlossen, die unter anderem Folgendes definiert:

  - Die Zwecke der Datenverarbeitung;
  - Welche Datenarten im Projekt D-TRAS benutzt werden können und welche Projektpartner auf diese Daten Zugriff haben;
  - Bei welchem Projektpartner die Verantwortlichkeit für eine DSGVO- konforme Nutzung der Daten liegt;
  - Wie lang die Nutzung der Daten gestattet ist;
  - Welche Maßnahmen für den Schutz der Daten angewandt werden muss.

- Eine ausführliche Erklärung für die Proband:innen darüber, welche Daten erfasst werden, wie diese geschützt werden und wer auf diese Daten Zugriff hat. Diese wurde den Proband:innen in der Form von zwei Dokumenten zur Verfügung gestellt:
  - Ein ausführliches Dokument, das vor der Anmeldung als Proband:in gelesen und akzeptiert werden muss, in welchem insbesondere folgende Punkten erläutert werden:
    - Zweck der Studie;
    - Aufgabe als Tester;
    - Risiken
    - Datenverarbeitungen und Datenschutz.
  - Ein zusammenfassendes Dokument, das die Hauptpunkte des ersten Dokuments in tabellarischer Form darstellt und sich auf die Art der gesammelten Daten sowie darauf, welche Projektpartner auf diese Zugriff haben, fokussiert.

Die Kommunikation mit der D-TRAS Plattform folgt dem Konzept, dass private und sensible Informationen soweit möglich auf dem privaten mobilen Endgerät bleiben und nicht mit der D-TRAS Plattform geteilt werden und dort gespeichert werden können. Der kleinste Satz an Informationen, der mit der Plattform geteilt werden muss, ist ein GPS-Bereich. Für die Evaluationsstudie werden zusätzliche Informationen, wie eine eindeutige Device-ID des Smartphones mitgesendet, die zur Evaluierung der Plattform dienen.

Um eine umfassendere Benutzung der Demonstratoren und Datenerfassung für die Analyse, sowie eine größere Wettervariation zu ermöglichen, wurde eine Verlängerung der Feldstudie veranlasst, die mit einer kostenneutralen Verlängerung des Projektes einherging.

Vorbereitung der Recruiting Infrastruktur

In dieser Phase wurden alle erforderlichen Unterlagen vorbereitet, um die Daten der Probandinnen und Probanden gemeinsam im Projekt zu verarbeiten. Zudem wurde den Teilnehmenden mitgeteilt, welche Daten erfasst, zu welchem Zweck sie verwendet und mit wem sie geteilt werden.

Außerdem wurde eine Landing Page auf der D-TRAS Webseite vorbereitet (https://d-tras.eu/werde-tester/), um die Kontaktdaten der Anmeldungen als Proband:innen zu erfassen.

Der Prozess, um einen Demonstrator einem/er Proband:in zur Verfügung zu stellen, besteht aus folgenden Schritten:

1) der/die Nutzer:in meldet sich bei der D-TRAS Anmeldeseite an;
2) die angemeldete Person bekommt eine E-Mail an die hinterlegte E-Mail-Adresse, um die Teilnahme an der Studie zu bestätigen. Zusätzliche beinhaltet die E-Mail eine Kopie der Datenschutzerklärung, sowie eine Zusammenfassung der Verwendung der Daten und einen Link zu einem ersten Fragebogen;
3) sobald die Teilnahme bestätigt wurde, wird der Kontakt an dem zuständigen Partner übermittelt (Motobit für Motorradfahrer:innen, ViF für PKW-Fahrer:innen und CA-RUSO für Connected Cars);
4) der zuständige Partner schaltet den Demonstrator für den/die Proband:in frei und informiert diese Person über zusätzliche Schritte, falls notwendig.

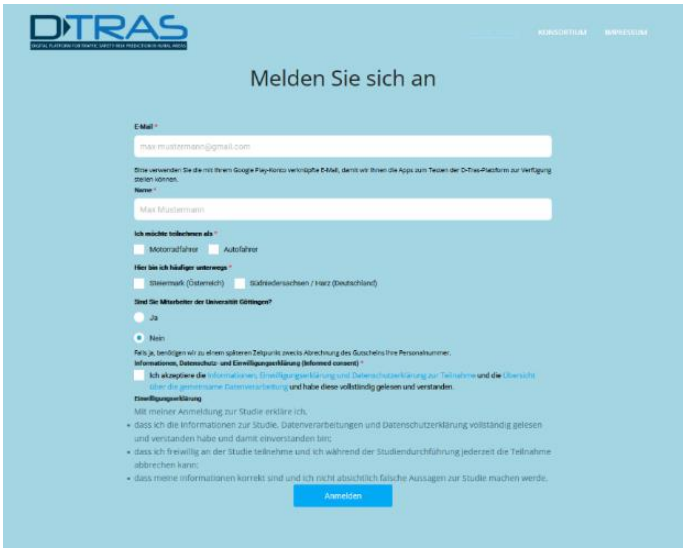

Abbildung 18. Anmeldeformular auf der Website.

Recruiting Phase

In dieser Phase wurden potenzielle Proband:innen kontaktiert und auf die Landing Page auf der D-TRAS Seite für die Anmeldung weitergeleitet.

Insbesondere folgende Kanäle wurden für die Akquise von Proband:innen angewandt:

- Persönliche Kontakte: Jedes Projektmitglied bemühte sich, Proband:innen aus dem eigenen Umfeld (Familie, Freunde, Kollegen usw.) zu akquirieren.
- Interne Kontakte des Unternehmens: Jeder Projektpartner hat eigene relevante Kontakten (bestehende Nutzer:innen der Motobit App, Angestellte von ViF, Student:innen bei

der Universität Göttingen) über die Feldstudie informiert und versucht sie als Proband:innen zu gewinnen.

- Social Media: Jeder Projektpartner hat die Information über die Feldstudie auf den eigenen Social-Media-Kanälen (z.B. LinkedIn) verbreitet.
- Presse: Verfügbare Kontakte bei der Presse wurden kontaktiert, damit Informationen über die Testkampagne in Artikeln veröffentlicht werden.

Im Projektverlauf haben sich 117 Teilnehmende registriert, 16 davon auch als Datenlieferant:innen durch ihr Connected Car durch die Caruso Plattform.

Vor-Test Phase

In dieser Phase wurden die Demonstratoren von Projektmitgliedern und einer ausgewählten Anzahl von Proband:innen getestet, um potenzielle Fehler vor dem Beginn der Feldstudie zu identifizieren. Insbesondere um die korrekte Funktionswiese der Demonstratoren zu überprüfen, wurden mehrere Testrecken angelegt, auf denen künstliche Gefahren platziert wurden. Das ermöglichte es, die Reproduzierbarkeit der Warnungen zu prüfen und die allgemeine Qualität der Demonstratoren vor der Feldstudie zu verbessern.

Feldstudie

In dieser Phase waren die Demonstratoren in der aktiven Benutzung bei den Proband:innen. Sowohl die Motobit App als auch die D-TRAS-Guardian App konnten genutzt werden.

Im Laufe dieser Phase wurde die Entwicklung des D-TRAS Kit und der D-TRAS Plattform weitergeführt. Grundlage dafür waren die Rückmeldungen der teilnehmenden Personen per Fragebogen oder Interview und Auffälligkeiten bei den ersten gesammelten Daten. Weitere Informationen zur Weiterentwicklung stammen von den geführten Expertenworkshops und begleiteten Fahrten mit Think-Aloud-Methode, bei denen einzelne Proband:innen während der Fahrt laut ihrer Gedanken zu Warnungen oder Verkehrssituationen teilten.

Es ist eine konstante, teils individuelle Betreuung der Proband:innen durchgeführt worden, um Fragen zu klären und inaktive Proband:innen zu reaktivieren. Hintergrund ist, dass sich während der Feldstudie eine beobachtbare Teilnehmenden-Attrition zeigte, d.h. nicht alle initial registrierten Teilnehmenden die Apps dauerhaft aktiv nutzten.

Um Daten für die subjektive Evaluierung der Plattform und deren generierte Warnungen wurden im Rahmen der Feldstudie alle Proband:innen gebeten, drei online Fragebögen auszufüllen. Der erste Fragebogen wurde bereits im Moment der Anmeldung als teilnehmende Person ausgefüllt. Dieser Fragebogen diente zur Einschätzung des Fahrverhaltens der Proband:innen sowie zur Evaluierung ihrer Wahrnehmung von Verkehrssicherheit, um die folgenden Fragebogen korrekter zu interpretieren. Der zweite Fragebogen wurde den Proband:innen in der Mitte der Feldstudie übermittelt. Dieser Fragebogen dient zur vorläufigen Evaluierung der generierten Warnungen der D-TRAS Plattform, um Verbesserungsmaßnahmen einzuleiten. Zusätzlich

war der Fragebogen geeignet, um Probleme bei der Nutzung der Demonstratoren zu identifizieren, die daraufhin gelöst wurden. Der dritte und letzte Fragebogen wurde am Ende der Studie übermittelt. Dieser Fragebogen diente zur finalen Evaluierung der generierten Warnung der D-TRAS Plattform sowie zur subjektiven Einschätzung der Proband:innen bezüglich ihres Einflusses auf die Verkehrssicherheit.

Auswertungsphase

In dieser Phase wurden die gesammelten Daten, wie gefahrene Kilometer, berechnete sicherheitsrelevante Ereignisse, übermittelte Warnungen an die Fahrer:innen usw., sowie die persönliche Evaluierung der Proband:innen durch Fragebogen und Interviews analysiert.

Im Lauf der Feldstudie wurden insgesamt über 42.000 Kilometer von den Proband:innen gefahren. Die Mehrheit der gefahrenen Kilometer befinden sich in den zwei Ländern Deutschland und Österreich, wobei auch Fahrten in anderen europäischen Ländern (wie Italien, Schweiz, Frankreich, Dänemark und Slowenien) sowie nicht europäischen Ländern vorhanden sind (siehe Abbildung 19).

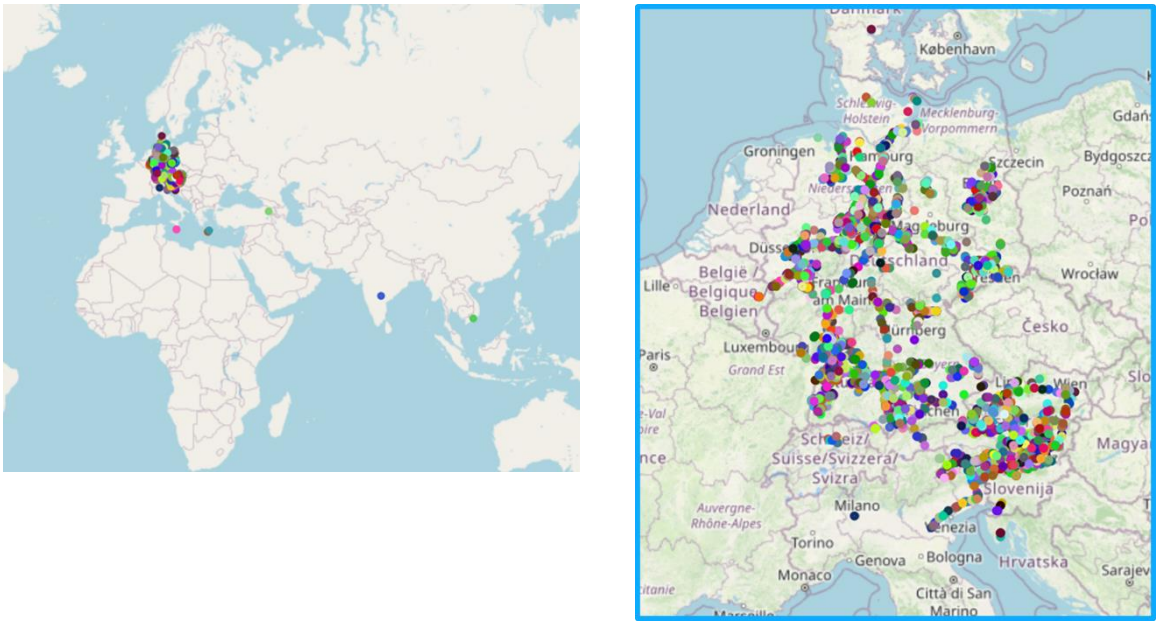

Abbildung 19. Visualisierung der Fahrten der Proband:innen der D-TRAS Feldstudie. Jeder Punkt repräsentiert einen zufälligen Punkt aller Fahrten.

Auch wenn ausreichende Fahrten in den zwei ausgewählten Testgebiete der Steiermark (Österreich) und Südniedersachsen/Harz (Deutschland) vorhanden sind, wurde im Lauf der Feldstudie die Kapazität der D-TRAS Plattform auf ganz Deutschland und Österreich erweitert, um eine noch breitere Datenbasis zu erreichen, die die Qualität der Studie verbessert. Dennoch ist die Datenlage in den beiden Testgebieten am höchsten, wodurch sich in diesen Regionen genauere Warnungen ergeben haben.

Im Laufe der Feldstudie wurden an der D-TRAS Plattform über 1,6 Million sicherheitsrelevante Ereignisse berechnet. Die häufigsten berechneten Ereignisse, die zusammen für mehr als 95% aller berechnete Ereignisse zählen, sind:

- Gefährliche Kurve (dynamisch)
- Unfall Hotspot
- Gefährliche Kurve (statisch)
- Anomalie Hotspot
- Wildwechsel
- Rutschige Fahrbahn.

Die Proband:innen erhielten in den 5 Monaten der Teststudie insgesamt 10549 Warnungen. Die häufigsten Warnungen, die den Proband:innen im Rahmen der Feldstudie übermittelt wurden, sind in Abbildung 20 zu sehen.

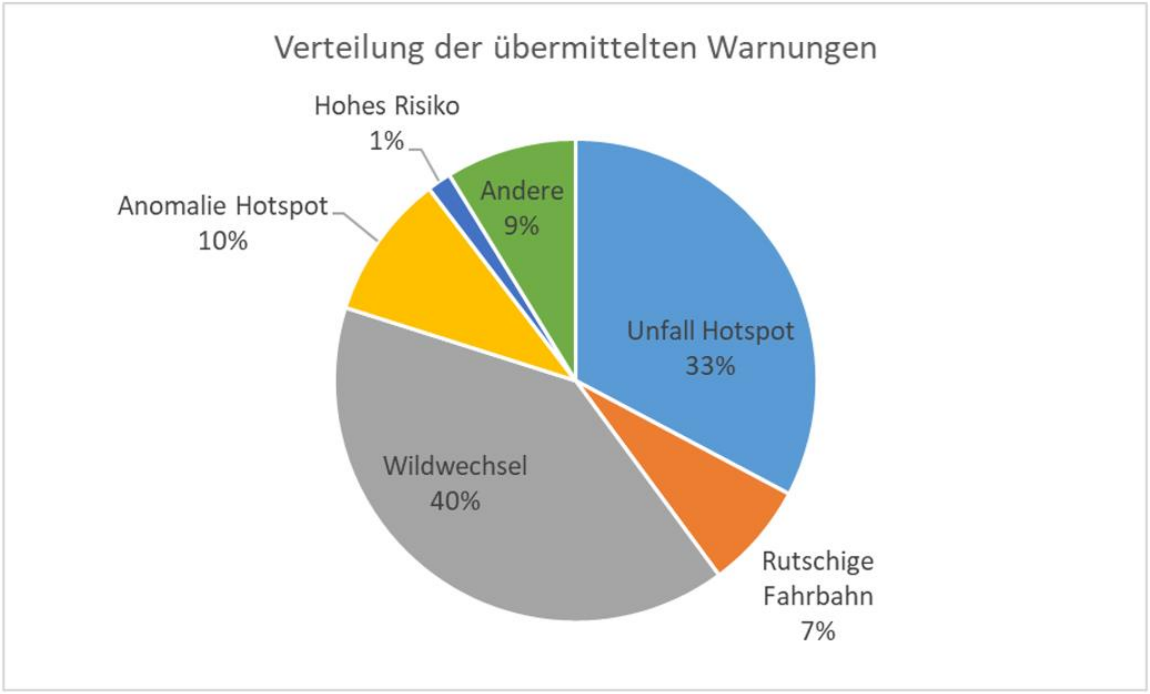

Abbildung 20. Verteilung der den Proband:innen übermittelten Warnung im Laufe der Feldstudie.

Aus der Analyse der an die Proband:innen übermittelten Warnungen ergibt sich, dass nur ca. 0,64 % der auf der D-TRAS Plattform berechneten sicherheitsrelevanten Ereignisse tatsächlich als Warnung den Fahrer:innen übermittelt wurden. Hierfür gibt es mehrere Gründe:

- Entscheidung über die Relevanz der Warnung on-the-edge: aufgrund des angewandten technischen Konzepts, wird ein sicherheitsrelevantes Ereignis nur als Warnung übermittelt, wenn das in der App eingebundene D-TRAS Kit bestimmt, dass das Ereignis aufgrund des Fahrenden-Kontextes (Geschwindigkeit, Fahrtrichtung, Position, usw.) relevant ist;

- Gebündelte Berechnung von sicherheitsrelevanten Ereignissen auf der D-TRAS Plattform: Die D-TRAS Plattform berechnet sicherheitsrelevante Ereignisse anhand des Gebiets, das in dem Geo-Spatial-Key enthalten ist. Da dieses Gebiet aus einer quadratischen Bounding Box mit einer Kantenlänge von (zunächst) 4 km um die Position des Nutzers oder der Nutzerin beim Moment der Abfrage definiert ist, ergibt sich, dass dieses Gebiet Ereignisse enthält, denen die Nutzenden nicht begegnen.

Neben der Auswertung der auf der Plattform gesammelten Daten wurden verschiedene Befragungen durchgeführt. Der erste Fragebogen, der bei der Anmeldung der Proband:innen übermittelt wurde, lieferte erste Ergebnisse bezüglich der Akzeptanz für das Teilen von Daten sowie die Erwartungen der Proband:innen an die Feldstudie.

85 % der Befragten (n=95) sind prinzipiell bereit, die eigenen Fahrzeugdaten zu teilen, um Mobilitätsdienste zu erhalten. Als Motivation für das Datenteilen nannten die Befragten unterschiedlichen Gründe wie beispielsweise:

- Das eigene Interesse die eigene Verkehrssicherheit und Komfort beim Fahren zu erhöhen.
- Den Willen einen positiven Beitrag für die Verkehrssicherheit aller VT leisten.
- Die Tatsache, dass viele Daten über das eigene Fahrverhalten sowieso von anderen Softwareanbietern über unterschiedliche Services (wie zum Beispiel Google Maps) erfasst werden.

Allerdings nannten die Befragten auch unterschiedliche Aspekte, die ihre generelle Bereitschaft Mobilitätsdaten zu teilen reduzieren oder komplett verhindern können, wie unter anderem:

- Die fehlende Möglichkeit, zu beobachten, welche Daten tatsachlich übermittelt werden.
- Die Nutzung der Daten in einer nicht anonymisierten Form.
- Die potenzielle Übermittlung von Daten an Behörden und dadurch folgende Strafen.

Zusätzlich wurden die Proband:innen gefragt für welche Dienste wären sie bereit ihre Autodaten/Motorraddaten/Mobilitätsdaten weiterzugeben. Die Ergebnisse sind in Abbildung 21 zusammengefasst.

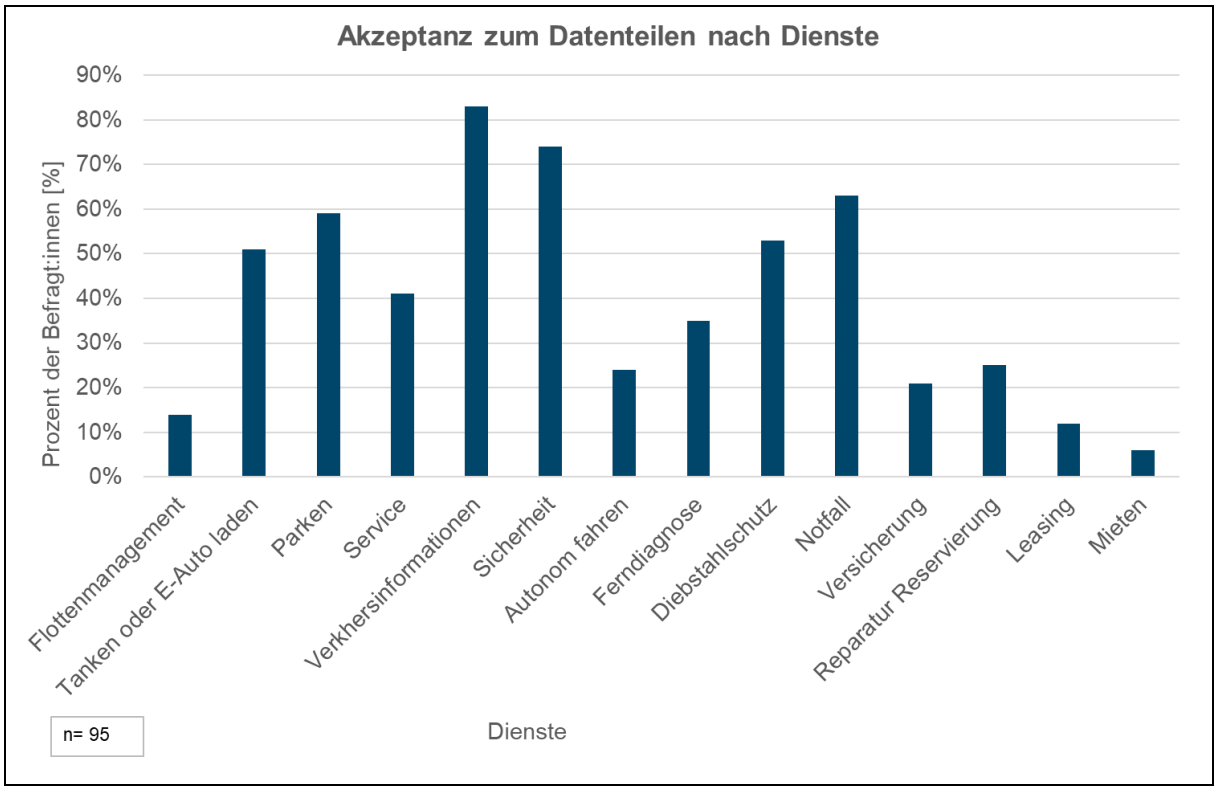

Abbildung 21. Verteilung der Antworten auf die Frage: "Für welchen der folgenden Dienste wären Sie bereit, Ihre Autodaten/Motorraddaten/Mobilitätsdaten weiterzugeben (Mehrfachnennungen möglich)".

Für das Teilen von Daten für die Kategorie "Verkehrsinformationen" zeigen die Befragten die höchste Bereitschaft mit 83 %. Die Kategorie "Sicherheit" liegt am zweiten Platz mit 73 % der Befragten. An der dritten Stelle befindet sich die Kategorie "Notfall", gefolgt von der Kategorie "Parken" mit 55 % der Befragten. Leicht darunter, mit 53 % der Befragten befindet sich die Kategorie "Diebstahlschutz". Alle anderen Kategorie wurden von 50 % oder weniger der Proband:innen gewählt. Insbesondere die Kategorien "Mieten" und "Leasing" erreichen die letzte und vorletzte Stelle mit 6 % und 12 % der Befragten.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Bereitschaft, Daten zu teilen, höher für Dienste ist, die potenzielle direkte Vorteile bieten können, wie die Vermeidung von Staus bei Verkehrsinformationen oder von Unfällen im Bereich Sicherheit. Dienste, bei denen die Wahrscheinlichkeit höher eingeschätzt wird, dass die geteilten Daten zu einem Nachteil führen könnten, wie etwa Preiserhöhungen im Bereich Miete oder Leasing, werden negativ bewertet.

Der zweite Fragebogen diente als Möglichkeit die vorläufigen Erfahrungen der Proband:innen mit der D-TRAS Plattform zu eruieren und Verbesserungsmaßnahmen zu identifizieren. Insbesondere wurden aus der Analyse der Antworten der Proband:innen und der Untersuchung der übermittelten Daten zwei Verbesserungspunkte identifiziert:

- Sensitivität der Warnungen: Teilweise wurde das Feedback gegeben, zu häufige Warnungen zu bekommen. Dies wurde mit einer Aktualisierung der Vorhersagemodelle der D-TRAS Plattform berücksichtigt.

- Ungenügende Internetabdeckung und Lastspitzen: In den mitgeloggten Daten konnten Fälle identifiziert werden, bei denen das D-TRAS Kit wegen mangelnder Internetverbindung bzw. durch Funklöcher einerseits sowie Lastspitzen andererseits von der D-TRAS Plattform nicht mehr mit sicherheitsrelevanten Ereignissen versorgt werden konnte. Um das Problem zu minimieren, wurden der Bereich des GSK auf eine Kantenlänge von 10 km erhöht, damit sichergestellt werden kann, dass sicherheitsrelevante Ereignisse über einem größeren Bereich auf dem Gerät zwischengespeichert werden können und im Fall einer inaktiven Internetverbindung trotzdem zu Warnungen führen können. Zudem wurde ein scale-up sowie scale-out der Azure-Services durchgeführt, um Lastspitzen besser begegnen zu können.

Zur Zeit des zweiten Fragebogens wurden zusätzlich begleitete Fahrten unter Einsatz der Think-Aloud-Methode sowie Interviews mit Teilnehmenden durchgeführt, um ein tieferes Verständnis ihrer Gedankenprozesse zu erlangen. Es zeigte sich, dass teilweise zu viele Warnungen ausgegeben wurden. Darüber hinaus wurde das Plattformkonzept in mehreren Workshops evaluiert.

Finale Evaluierung

Nach Abschluss der Feldstudie wurde der finale Fragebogen den Proband:innen übermittelt. Die von den Proband:innen empfundene Häufigkeit der Warnungen wurde mittels der Frage „Haben Sie aus Ihrer Sicht eher zu viele oder zu wenige Warnungen erhalten?“ auf einer 7-Punkt-Likert-Skala gemessen. Die Analyse ergab einen Durchschnittswert von 3,54, nahe der Mitte der Skala. Dies deutet darauf hin, dass die Proband:innen generell eine neutrale Meinung zur Anzahl der erhaltenen Warnungen hatten.

Die allgemeine Nützlichkeit der D-TRAS-Warnungen aus Sicht der Proband:innen wurde anhand von zwei Fragen beurteilt:

- „Würden Sie gerne Apps mit der D-TRAS-Warnfunktionalität auch nach dem Testzeitraum nutzen?“ Die Antworten zeigten einen Durchschnittswert von etwa 4,93 mit einer Standardabweichung von 0,88, was darauf hinweist, dass die Proband:innen im Durchschnitt eher die Nutzung der Apps fortsetzen möchten.
- „Denken Sie, dass die D-TRAS-Warnfunktionalität Ihre Verkehrssicherheit erhöhen kann?“ Die gemessenen Antworten ergaben einen Durchschnitt von etwa 5,24. Dies zeigt, dass die Proband:innen eher davon ausgehen, dass die Warnfunktionalität ihre Verkehrssicherheit verbessern kann.

Zusätzlich wurde durch die offene Frage "Welche Anpassungen würden dafür sorgen, dass Sie eine App mit der D-TRAS Warnfunktionalität eher nutzen würden?" analysiert, bei welchen Aspekten Verbesserungspotential noch vorliegt. Die Antworten der Befragten wurden in drei Kategorien zusammengefasst:

- Verbesserung bei den Apps, in denen das D-TRAS Kit integriert wurde: Diese Kategorie umfasst alle Antworten, in denen die Befragten Gründe für eine erhöhte Nutzung angegeben haben, die nicht direkt mit der Warnfunktionalität, sondern eher mit den Funktionen der zur Verfügung gestellten Demonstratoren zusammenhängen.
- Verbesserungen in Zusammenhang mit den Warnungen: Diese Kategorie umfasst alle Antworten, in denen die Befragten Gründe für eine erhöhte Nutzung angegeben haben, die direkt mit der Warnfunktionalität verbunden sind, wie z.B. Einstellungsmöglichkeiten der Darstellung der Warnungen oder der Sensitivität der Warnungen.
- Verbesserung der Integration der D-TRAS Warnungen: Diese Kategorie umfasst alle Antworten, in denen die Befragten Gründe für eine erhöhte Nutzung angegeben haben, die mit der Integration der D-TRAS Warnungen in andere Services verbunden sind, wie z.B. die Integration in Google Maps.

Insgesamt konnten 43 % der Antworten der Kategorie "Verbesserung bei den Apps, in denen das D-TRAS Kit integriert wurde" zugeordnet werden. Die Kategorie "Verbesserungen in Zusammenhang mit den Warnungen" war für 37 % der Antworten relevant, während die restlichen 20 % der Antworten der Kategorie "Verbesserung der Integration der D-TRAS Warnungen" zugeordnet werden konnten.

Zusammenfassend ergeben sich aus der Analyse drei Haupterkenntnisse:

Um eine hohe Akzeptanz von Warnungen zur Verkehrssicherheit zu erreichen, kann ein hohes Maß an Personalisierung notwendig sein, damit die Warnungen als "angenehm" wahrgenommen werden. Das betrifft nicht nur die Genauigkeit der Warnungen, sondern auch die Art und Weise, wie sie den Fahrenden übermittelt werden, sowie den Zeitpunkt der Übermittlung. Ein hohes Maß an Personalisierung kann jedoch technische Schwierigkeiten darstellen und potenziell zu einer Überlastung mit Optionen führen, wenn zu viele Einstellungsmöglichkeiten vorhanden sind.

Zweitens ergibt sich, dass die zusätzlichen Funktionen des Services, in den die Warnungen integriert sind, eine relevante Rolle für die effektive Nutzung der Warnungen spielen, obwohl die Warnungen von der Mehrheit der Proband:innen als nützlich für die Verkehrssicherheit empfunden wurden. Diese Informationen können bei zukünftigen Forschungsprojekten berücksichtigt werden, um eine genauere Analyse der Nutzer:innen-Erfahrung zu ermöglichen, indem die allgemeine Erfahrung mit dem Demonstrator getrennt von der Erfahrung mit den Warnungen analysiert wird. Das kann eine genauere Analyse der erlebten Erfahrungen mit den Warnungen bieten.

Drittens, um eine schnelle und hohe Durchdringung am Markt von innovativen Warnmethoden zu erreichen, ist es notwendig, dass diese Warnmethoden in Produkte und Services integriert werden können, die bereits von Verkehrsteilnehmenden im täglichen Gebrauch sind.

2.1.6 AP 6 Dissemination und Geschäftsmodell

Das primäre Ziel dieses Arbeitspakets ist die Entwicklung eines Geschäftskonzepts, das auf gemeinsamer Wertschöpfung basiert. Es umfasst die Analyse von Benutzerbarrieren, die weiterführende Betrachtung von Anwendungsszenarien und die Entwicklung konkreter Geschäftsstrategien. Zusätzlich ist die wissenschaftliche und industrielle Verbreitung der Projektergebnisse ein wesentliches Anliegen, um die Sichtbarkeit und Anwendbarkeit der erarbeiteten Lösungen zu erhöhen.

Durch die Kombination aus Geschäftskonzeptentwicklung, der Analyse von Benutzerbarrieren, der Verfeinerung von Anwendungsszenarien und der Ausarbeitung von Geschäftsstrategien zielt dieses Arbeitspaket darauf ab, eine solide Grundlage für die potenzielle Markteinführung und Verbreitung der Projektergebnisse zu schaffen. Gleichzeitig wird durch die gezielte Verbreitung der Ergebnisse in wissenschaftlichen und industriellen Kreisen die Basis für eine breite Akzeptanz und Anwendung der entwickelten Lösungen gelegt.

D-TRAS entwickelt eine nachhaltige Geschäftsstrategie und ein Geschäftsmodell (Business Model) für eine Plattform zur Wertschöpfung. Dabei liegt der Fokus auf fairer Werteverteilung unter den Teilnehmenden und Anreizgestaltung für die Datenbereitstellung. Die mögliche Geschäftsstrategie betont die Einbindung der Endnutzer:innen, mit Mechanismen wie Quantifizierung und Gamifizierung zur Steigerung der Motivation, Daten zu teilen. Finanzierungsmöglichkeiten und Geschäftsmodelle werden untersucht, mit Schwerpunkt auf maximalem Mehrwert und fairer Verteilung. Da die Analyse eines möglichen Geschäftsmodells ein Bestandteil des D-TRAS Projekts ist, wird im Folgenden eine überblicksartige theoretische Einführung in diese Thematik präsentiert. Die theoretische Einführung liefert nicht nur Einblick in grundlegende Konzepte, sondern spielt eine wichtige Rolle bei der Umsetzung der Geschäftsmodellanalyse im D-TRAS-Projekt. Sie dient dazu, dass die festgelegten Ziele auf einer fundierten theoretischen Grundlage basieren, um eine effektive Plattform zur Wertschöpfung zu entwickeln.

2.1.6.1 Geschäftsmodellentwicklung

Bisher bleibt die Definition und Konzeption des Geschäftsmodells in der Literatur uneinheitlich (Zott et al., 2011). Nach Morris et al. (2005) ist ein Geschäftsmodell eine "*concise representation of how an interrelated set of decision variables in the areas of venture strategy, architecture, and economics are addressed to create sustainable competitive advantage in defined markets."* (Morris et al., 2005, S. 727). Das bedeutet, ein Geschäftsmodell ist eine Beschreibung davon, wie ein Unternehmen strategische Entscheidungen in den Bereichen Unternehmensstrategie, Architektur und Wirtschaft trifft, um langfristige Wettbewerbsvorteile in spezifischen Märkten zu erzielen (Morris et al., 2005, S. 727). Abdelkafi et al. (2013, S. 12) definieren es als die Art und Weise, wie ein Unternehmen Wert aus einem Wertversprechen kommuniziert, schafft, liefert und erfasst. Jodlbauer (2020) definiert ein Geschäftsmodell mit der Hilfe von

vier Säulen. Der Fokus liegt auf den Kunden, deren Segmentierung den Ausgangspunkt bildet. Auf dieser Basis wird das Nutzenversprechen entwickelt, welches verdeutlicht, wie Wert sowohl für das Unternehmen als auch für die Kunden geschaffen wird. Des Weiteren beschreibt Jodlbauer, welche Wertschöpfungsstruktur erforderlich ist, um die angestrebten Werte für alle Beteiligten zu generieren (Abbildung 22).

Abbildung 22. Die vier Säulen eines Geschäftsmodells (Jodlbauer, 2020, S. 3).

Burkhart et al. (2011) erarbeiteten eine einheitliche Definition. Ihrer Ansicht nach ist das Geschäftsmodell eng angelehnt, aber dennoch unterscheidbar vom Konzept der Unternehmensstrategie. Es beschreibt auf abstrakter Ebene die Geschäftslogik eines Unternehmens durch die Kombination von miteinander verknüpften Angeboten, Marktstruktur sowie internen und wirtschaftlichen Geschäftsmodellkomponenten. Diese Beschreibung erfolgt auf einem hoch aggregierten Niveau und betrachtet die Geschäftslogik sowohl in statischer als auch in dynamischer Perspektive, die über die Unternehmensgrenzen hinausgeht. Zudem ist das Geschäftsmodell nicht auf einen bestimmten Geschäftstypen oder eine Branche beschränkt, sondern allgemein anwendbar und sowohl für interne als auch externe Anspruchsgruppen gedacht. Auch Peric et al. (2017) analysieren und vergleichen verschiedene Definitionen von Geschäftsmodellen. Sie betonen die zentrale Ausrichtung von Geschäftsmodellen auf die Schöpfung, Bereitstellung und Erfassung von Wert. Dabei wird eine Verbindung zwischen Geschäftsmodellen und Strategie hervorgehoben, wobei Geschäftsmodelle oft aus einer strategischen Perspektive definiert werden. Die Autoren unterstreichen die bedeutende Rolle von Geschäftsmodellen bei der Umsetzung von Unternehmensstrategien und erörtern die Relevanz eines klaren Geschäftsmodells. Ein Geschäftsmodell ist von entscheidender Bedeutung, da es Unternehmen dabei unterstützt, ihre Wertschöpfung für Kund:innen zu identifizieren und zu erfassen. Durch die Ausrichtung

auf Bedürfnisse von Kund:innen und die Schaffung nachhaltiger Wettbewerbsvorteile ermöglicht es nach Peric et al. (2017) eine effektive Umsetzung der Unternehmensstrategie. Zudem spielt die Integration von Nachhaltigkeitsaspekten eine zunehmend wichtige Rolle, da sie Unternehmen befähigt, nicht nur ökonomische, sondern auch ökologische und soziale Herausforderungen erfolgreich anzugehen. Insgesamt ist ein durchdachtes Geschäftsmodell daher ein Schlüsselfaktor für den langfristigen Erfolg und die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens (Peric et al., 2017). Auch DaSilva und Trkman (2014) betonen die entscheidende Bedeutung der sorgfältigen Auswahl, effektiven Umsetzung und kontinuierlichen Weiterentwicklung des Geschäftsmodells. Insbesondere bei sich ergebenden Chancen und Bedrohungen sollte das Geschäftsmodell ihrer Meinung nach rechtzeitig angepasst werden (DaSilva & Trkman, 2014). Nach dieser Einführung in das Geschäftsmodell-Konzept erfolgt nun die Erläuterung der angewandten Methodik im D-TRAS-Projekt zur Erreichung dieses Ziels.

Um im D-TRAS Projekt Geschäftsmodelle zu analysieren, wird insbesondere eine bekannte Strategie, das Business Model Canvas (BMC) (Osterwalder und Pigneur, 2010) angewendet. Dieses besteht aus neun Bausteinen, welche die wesentlichen Aspekte eines Unternehmens abdecken.

Durch die strukturierte Aufteilung in vier Segmente, Kundenperspektive, Angebotsperspektive, Infrastrukturperspektive und Finanzperspektive, ermöglicht das Canvas-Modell eine umfassende Analyse und Optimierung des Geschäftsmodells. Es hilft Unternehmen, ihre Zielgruppen, Produkte, Vertriebswege, Kundenbeziehungen, Einnahmequellen, Ressourcen, Aktivitäten, Partnerschaften und Kosten klar zu definieren und zu visualisieren. Diese ganzheitliche Perspektive erleichtert Entscheidungsprozesse, fördert Innovation und ermöglicht eine effektive Kommunikation innerhalb des Unternehmens (Osterwalder & Pigneur, 2010).

Im Nachfolgenden werden die neun Segmente des BMC in Bezug auf das D-TRAS Projekt analysiert.

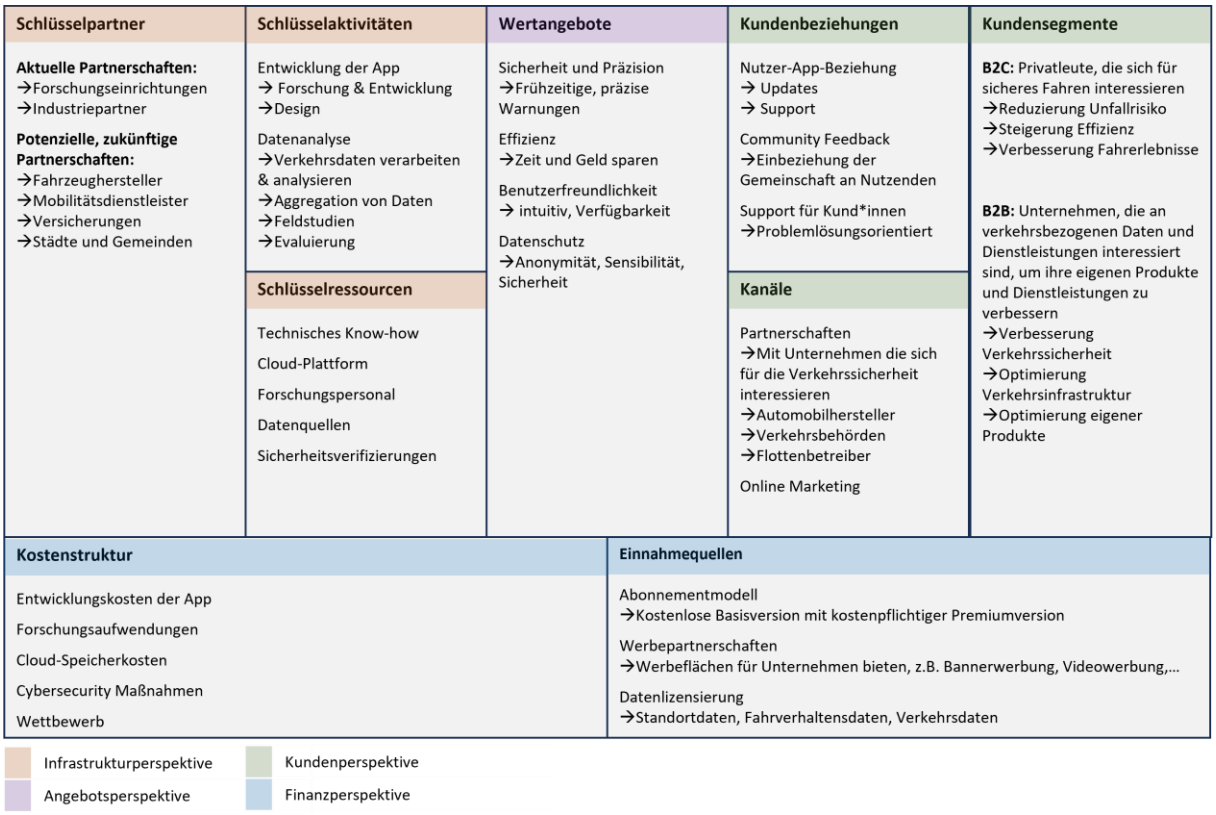

Abbildung 23. Beispielhafter BMC im Anwendungsfall D-TRAS.

Das D-TRAS Projekt zielt darauf ab, die Sicherheit und Effizienz des Straßenverkehrs durch die Erkennung von Verkehrsrisiken zu verbessern. Zur Übermittlung der Warnungen wurden zwei Apps genutzt. Die Apps richteten sich an zwei primäre Kundensegmente: Privatpersonen (B2C) und Unternehmen (B2B).

Privatpersonen, die Wert auf sicheres Fahren legen, können von der D-TRAS App in mehrfacher Hinsicht profitieren. Die App nutzt künstliche Intelligenz (KI) und Verkehrsdatenanalyse, um Fahrer:innen frühzeitig vor potenziellen Gefahren zu warnen. Diese Gefahrenstellenidentifizierung basiert auf Echtzeitdaten und historischen Informationen, was zu einer hohen Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Warnungen führen kann. Darüber könnte die App Nutzende dabei unterstützen, effizientere Routen zu wählen und so Zeit und Geld zu sparen. Um eine breite Akzeptanz zu erreichen, sollte die App für alle gängigen mobilen Geräte verfügbar sein und eine intuitive Benutzeroberfläche bieten. Ein besonderes Augenmerk wird auf den Datenschutz gelegt. Nutzerdaten sollen sicher und anonym gespeichert und unter hohen Sicherheitsstandards verarbeitet werden. Um die langfristige Kundenbindung zu fördern, könnte das Projekt auf regelmäßige Updates, einen effektiven Kundensupport und die Einbindung der Nutzergemeinschaft in die kontinuierliche Verbesserung der App setzen.

Unternehmen aus verschiedenen Branchen können ebenfalls vom D-TRAS Projekt profitieren. Insbesondere Unternehmen, die an verkehrsbezogenen Daten und Dienstleistungen interessiert

sind, können eine attraktive Zielgruppe darstellen. Die App sammelt Daten über das Verkehrsverhalten der Nutzenden, die wiederum für unterschiedliche Zwecke nutzbar sein können. Verkehrsbehörden und Unternehmen in den Branchen Automobilherstellung oder Flottenbetreibung könnten beispielsweise auf diese Daten zugreifen, um die Verkehrssicherheit zu verbessern, die Verkehrsinfrastruktur zu optimieren oder eigene Produkte und Dienstleistungen zu optimieren. Hierfür könnte das Projekt verschiedene Kooperationsmöglichkeiten und ein Datenlizenzierungsmodell anbieten. Es ist dabei von größter Bedeutung, dass Datenschutz und Sicherheit bei der Nutzung dieser Daten eine hohe Priorität genießen. Für das Projekt D-TRAS ist es wichtig, die Privatsphäre der Nutzenden zu schützen und die Sicherheit der gesammelten Daten zu gewährleisten. Dies kann Richtlinien und Verfahren zur Datensicherheit, die sicherstellen, dass alle Informationen verantwortungsvoll behandelt und genutzt werden, umfassen. Die Einhaltung dieser Grundsätze kann entscheidend sein, um das Vertrauen der Nutzenden zu erhalten und die Rechtskonformität zu gewährleisten.

Um die D-TRAS App erfolgreich zu vermarkten, könnte auf eine zielgruppengerechte Strategie gesetzt werden. Privatpersonen könnten über Social-Media-Kanäle, Suchmaschinenoptimierung (SEO) und Suchmaschinenmarketing (SEM) auf die App aufmerksam gemacht werden. Partnerschaften mit Automobilherstellern und anderen Unternehmen des Verkehrssektors könnten die Reichweite erhöhen. Hierbei ist auch das D-TRAS Kit, ein Softwarepaket, das in andere Apps integriert werden kann, von Bedeutung. Für Unternehmen hingegen bieten sich direkte Kooperationen und die Teilnahme am Datenlizenzierungsmodell an.

Um ein Projekt wie D-TRAS erfolgreich umzusetzen, braucht es eine breite Palette an Ressourcen, die von speziellem Fachwissen bis zur Bereitstellung der notwendigen Technik reichen. Ein wichtiger Baustein ist das technische Know-how in Bereichen wie Softwareentwicklung, Datenanalyse und dem Schutz gegen Cyberangriffe. Diese Fachkenntnisse sind entscheidend, um die App sicher, effizient und benutzerfreundlich zu gestalten. Eine passende, cloud-basierte technische Infrastruktur ist ebenfalls relevant. Sie dient dazu, die gesammelten Daten zu speichern und zu verarbeiten. Dies ist besonders wichtig, da in einem Projekt wie D-TRAS große Mengen an Verkehrsdaten analysiert werden müssen, um Risiken im Straßenverkehr vorherzusagen.

Darüber hinaus spielt qualifiziertes Forschungspersonal eine zentrale Rolle. Experten aus den Bereichen Verkehrssicherheit und künstliche Intelligenz (KI) wären nötig, um die Technologie hinter der App stetig weiterzuentwickeln und an Feedback anzupassen.

Die Zusammenarbeit mit verschiedenen Partnern, um unterschiedliche Datenquellen nutzen zu können, sowie das Erreichen von Sicherheitszertifizierungen, sind weitere wichtige Aspekte. Sie würden nicht nur dabei helfen, die technische Sicherheit zu gewährleisten, sondern auch das Vertrauen der Nutzenden in die App zu stärken.

Zudem wäre die laufende Weiterentwicklung der App von Bedeutung. Dies umfasst Forschungsarbeit, die eigentliche Entwicklung der App und das Design einer benutzerfreundlichen Oberfläche. Ein besonderer Fokus liegt auf der Analyse der Verkehrsdaten. Diese Daten werden genutzt, um gefährliche Stellen im Straßenverkehr vorherzusagen, indem Informationen von Fahrzeugsensoren und sicherheitsrelevanten Daten in der Cloud zusammengeführt werden. Feldstudien können dabei helfen, die identifizierten Gefahrenstellen und die Wirksamkeit der Warnungen zu überprüfen.

Die Kostenstruktur setzt sich aus verschiedenen Elementen zusammen. Dazu gehören etwa App-Entwicklungskosten, Forschungsaufwendungen, Ausgaben für Cloud-Speicher und -verarbeitung, Investitionen in moderne Cybersicherheitsmaßnahmen sowie Marketingkosten. Die verschiedenen Einnahmequellen könnten etwa ein Abonnementmodell, Werbepartnerschaften oder Datenlizenzierung sein. Das Abonnementmodell generiert Einnahmen durch den Verkauf von Abonnements für App-Nutzer, wobei eine kostenlose Basisversion mit einer kostenpflichtigen Premiumversion angeboten wird. Werbepartner könnten die Möglichkeit haben, Werbeflächen in der App zu nutzen. Darüber hinaus könnten die gesammelten Verkehrsdaten an Unternehmen lizenziert werden. Auf verschiedene Typen von Geschäftsmodellen wird in den folgenden Sektionen nochmals genauer eingegangen.

Durch die Kombination von moderner Technik, datenbasierten Analysen und strategischen Partnerschaften könnte die D-TRAS App sowohl Privatpersonen als auch Unternehmen einen konkreten Mehrwert bieten.

In Bezug auf das angewandte BMC (Osterwalder & Pigneur, 2010) sowie der anderen Analysen, die im Laufe dieses Projektes durchgeführt wurden, können verschiedene Geschäftsmodelle in Betracht gezogen werden:

Freemium-Modell

Das Freemium-Modell ist eine Strategie, bei der die Basisfunktionen einer Warnapp kostenlos angeboten werden, während erweiterte Premium-Funktionen über ein kostenpflichtiges Abonnement zugänglich sind (Bruhn & Hadwich, 2017). Dieser Ansatz dient dazu, eine breite Nutzendenbasis zu gewinnen, indem der Zugang zur App ohne anfängliche Kosten ermöglicht wird, wodurch die Einstiegshürde für neue Nutzende gesenkt werden kann. Gleichzeitig bietet das Modell die Möglichkeit, durch Premium-Funktionen Einnahmen zu erzielen. Mögliche Premium-Optionen könnten fortgeschrittenere Anpassungen und Filter für Warnmeldungen sowie ein Offline-Modus, der auch ohne Internetverbindung Warnungen bietet, darstellen.

Die Wahl dieses Modells kann es den Nutzenden erleichtern, die App unverbindlich zu testen, was zu einer schnelleren Verbreitung und höheren Beliebtheit der Anwendung beitragen kann. Das Premium-Abonnement wird zu einer Einnahmequelle, da es Nutzende, die auf der Suche nach mehr Funktionen und Komfort sind, dazu motiviert, für diese Zusatzleistungen zu bezah-

len. Somit schafft das Freemium-Modell eine Balance: Es stellt einerseits qualitativ hochwertige Grunddienste kostenfrei zur Verfügung, um eine möglichst große Nutzendengruppe anzusprechen, und generiert andererseits Einnahmen durch Nutzende, die bereit sind, für erweiterte Funktionen etwas zu zahlen.

Werbepartnerschaften

Die Integration von Werbepartnerschaften in die App stellt eine attraktive Option dar, bei der etwa Unternehmen aus der Automobil- und Verkehrsbranche die Möglichkeit haben, ihre Produkte oder Dienstleistungen über Werbeflächen zu bewerben. Diese Kooperation schafft nicht nur zusätzliche Einnahmequellen durch Werbepartnerschaften, sondern bietet auch den beteiligten Unternehmen eine Plattform zur Steigerung ihrer Sichtbarkeit. Ein entscheidender Vorteil dieses Ansatzes besteht darin, dass potenzielle Nutzer:innen die App kostenfrei nutzen können, da sie durch Werbeeinnahmen finanziert wird. Dies reduziert Barrieren für die App-Nutzung, da keine direkten Kosten für die Anwender:innen entstehen. Die Integration von Werbepartnerschaften könnte dazu beitragen, die App einem breiten Publikum zugänglich zu machen, da die finanzielle Hürde entfällt. Dies kann zur Steigerung der Popularität der App beitragen. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass für Nutzende keine finanzielle Verpflichtung entsteht.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, eine hybride Strategie zu verfolgen, die sowohl Freemium-Elemente als auch Werbepartnerschaften umfasst. In diesem Fall könnte die Premium-Version der App beispielsweise eine werbefreie Erfahrung bieten, was eine zusätzliche Anreizstruktur für zahlende Abonnenten schafft.

Cross-Selling

Die potenzielle Integration von D-TRAS in die Systeme von Fahrzeugherstellern könnte eine Cross-Selling-Strategie (Li et al., 2011) eröffnen, bei der die App als Mehrwert für die Kunden und Kundinnen der Fahrzeughersteller positioniert wird. Durch diese Partnerschaft könnte eine Win-Win-Situation entstehen, die sowohl die Fahrzeugsicherheit als auch die Wettbewerbsposition der Hersteller stärkt.

Die Integration des D-TRAS- Kits in Fahrzeugsysteme bietet eine innovative Möglichkeit, die Sicherheitsmerkmale von Fahrzeugen zu erweitern. Fahrzeughersteller könnten die App als zusätzliches Sicherheitsinstrument vermarkten, das über die herkömmlichen Sicherheitsfunktionen hinausgeht. Dies könnte einen Mehrwert für die Kund:innen schaffen, indem es ihnen eine fortgeschrittene Technologie zur Verfügung stellt, die potenzielle Gefahren im Straßenverkehr frühzeitig erkennt und Warnungen bereitstellt. Die Integration einer fortschrittlichen Warn-App in die Fahrzeuge könnte zu einem Verkaufsargument werden, insbesondere für Kund:innen, die hohe Priorität auf Sicherheitsaspekte legen. Dies könnte nicht nur die Markenidentität der Fahrzeughersteller stärken, sondern kann auch dazu beitragen, die Kundenbindung zu erhöhen.

Kooperationen mit Versicherungen

D-TRAS könnte durch gezielte Kooperationen mit Versicherungsunternehmen einen weiteren Geschäftsweg einschlagen. Die App würde dabei als Instrument dienen, um Kund:innen vor potenziellen Unfällen zu schützen und gleichzeitig Versicherungsrabatte oder spezielle Anreize für Nutzer:innen von D-TRAS anzubieten. Die Kooperation mit Versicherungsunternehmen schafft eine Beziehung, bei der die Verkehrssicherheit gefördert wird und gleichzeitig finanzielle Anreize für Nutzer:innen geschaffen werden. Versicherungen könnten die Daten von D-TRAS nutzen, um das Unfallrisiko ihrer Kund:innen besser einzuschätzen und präventive Maßnahmen zu fördern. Im Gegenzug könnten sie den D-TRAS-Nutzer:innen besondere Vergünstigungen oder Rabatte auf Versicherungsprämien anbieten, basierend auf ihrer aktiven Nutzung der Sicherheits-App.

Diese Kooperation würde nicht nur das Sicherheitsbewusstsein fördern, sondern auch potenzielle finanzielle Vorteile für Nutzer:innen schaffen. Die Möglichkeit, durch verantwortungsbewusstes Fahrverhalten und den Einsatz von D-TRAS Versicherungsvorteile zu erhalten, könnte die Akzeptanz und Nutzung der App weiter steigern.

2.1.6.2 Nutzungsbarrieren und Nutzungsanreize

Eine wissenschaftliche Verbreitung der Projektergebnisse unter Einbeziehung der Betroffenen ist von zentraler Bedeutung. Durch die Analyse von Datenschutzbedenken und Identifizierung von Barrieren für die Nutzung von Diensten auf Plattformen, sollen Probleme mit der Akzeptanz von potenziellen Nutzenden erkannt und adressiert werden. Insbesondere im sensiblen Kontext des Projekts, in dem Nutzer:innen zunehmend besorgt über die Sammlung von Daten sind, müssen Datenschutzbedenken und Nutzungsbarrieren berücksichtigt werden. Eine Untersuchung auf Basis moderner Theorien und Methoden der IT-Nutzer:innenakzeptanzforschung wurde durchgeführt, um Empfehlungen und neue Plattformanforderungen zu entwickeln. Ziel ist es, die Akzeptanz der Nutzenden zu verbessern und die Bedenken der Nutzer:innen hinsichtlich ihrer Daten und Privatsphäre zu überwinden, um sie zur Bereitstellung und Auswertung ihrer gesammelten Daten zu ermutigen. Auch für dieses Kernziel folgt zu Beginn eine thematische Eingliederung in die aktuelle Literatur.

Generell zielen verschiedene Modelle darauf ab, die Akzeptanz und Nutzung von Informationssystemen (IS) vorherzusagen (Venkatesh et al., 2003). Ein Beispiel ist die *Unified Theory of Acceptance and Use*. Diese nimmt an, dass die Nutzung von IS von Aspekten wie Leistungserwartung, Aufwand, erleichternden Bedingungen und sozialer Beeinflussung abhängt (Venkatesh et al., 2003).

Für das Projekt wurde unter anderem eine Studie mit Tiefeninterviews durchgeführt, um die Sicht der Nutzenden mit einzubringen. Hierbei wurde die Forschungsfrage adressiert, welche potenziellen Barrieren die Akzeptanz und Nutzung einer mobilen App zur Vorhersage und War-

nung vor Verkehrsrisiken beeinträchtigen können. Die Ergebnisse dieser Studie soll unter anderem bei der Geschäftsmodellentwicklung helfen. In Abbildung 24 wird vereinfacht der Ablauf der Studie dargestellt.

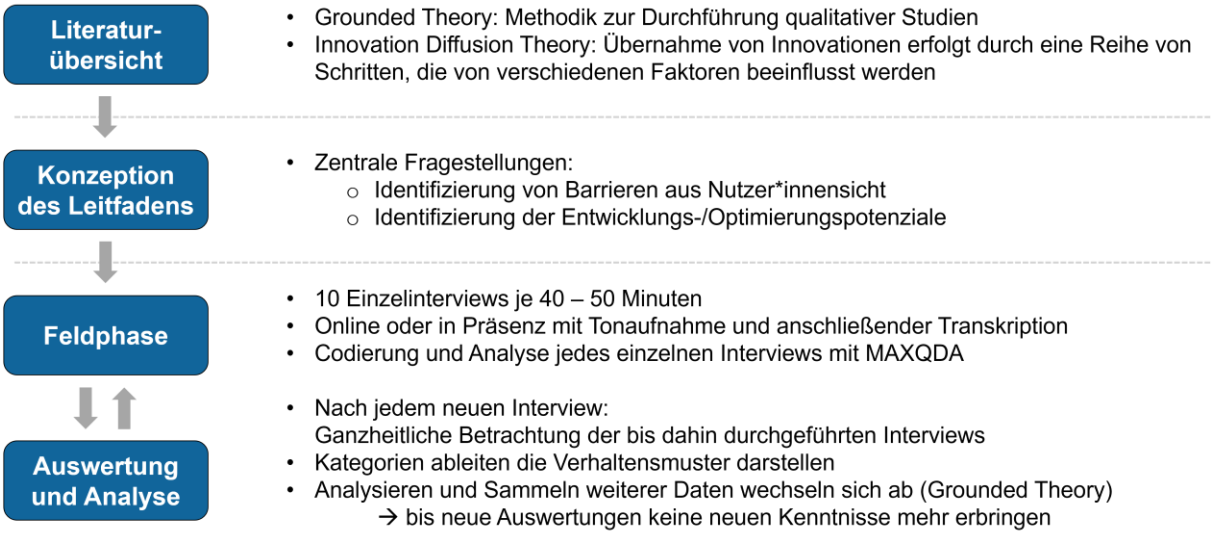

Abbildung 24. Ablauf der qualitativen Studie.

Die Analyse der Interviews folgt der Grounded Theory, einem Ansatz, der einen kontinuierlichen Vergleichsprozess bis zur Datensättigung einschließt (Corbin & Strauss, 2008). Zusätzlich wurde der Diffusionsprozess (engl. Innovation-Diffusion-Process IDP) (Rogers, 2003) mit in die Analyse einbezogen. Dieser soll unterstützend bei der Identifizierung und Klassifizierung möglicher Barrieren helfen. Die Diffusionstheorie (engl. Innovation-Diffusion-Theory IDT) ist eine Theorie, die sich mit der Entwicklung und Verbreitung von Innovationen in der Gesellschaft befasst (Rogers, 2003). Wenn ein Individuum mit einer Entscheidung konfrontiert wird, kann der so genannte IDP relevant sein (siehe Abbildung 25), der mehrere Phasen umfasst. Während dieses Prozesses werden wiederholt Entscheidungen getroffen, von denen jede zu einer Annahme oder Ablehnung führen kann. Rogers definiert fünf grundlegende Schritte in diesem Prozess. Der erste Schritt ist die sogenannte Kenntnisnahme/ Knowledge. Hier wird die Innovation von potenziellen Nutzern und Nutzerinnen wahrgenommen und als mögliche Lösung für ein Problem oder ein Bedarf erkannt. Im zweiten Schritt entwickelt das Individuum seine eigene Einstellung zur Innovation (Überzeugung/Persuasion). Dann entscheidet sich das Individuum für oder gegen die Nutzung der Innovation (Entscheidung/Decision), bevor sie eingesetzt wird (Umsetzung/Implementation). Im letzten Schritt, der Bestätigung/Confirmation, wird eine Entscheidung bekräftigt oder rückgängig gemacht. Die verschiedenen Phasen des IDP können sich auch überschneiden oder wiederholen. Es ist möglich, dass sich eine Innovation in einer bestimmten Gruppe oder Umgebung schneller oder langsamer verbreitet als in einer anderen (Rogers, 2003). Der IDP wird in vielen Bereichen angewandt, um die Übernahme neuer Technologien oder Ideen zu verstehen und zu fördern, z. B. bei autonomen Fahrzeugen (Yuen et al., 2020).

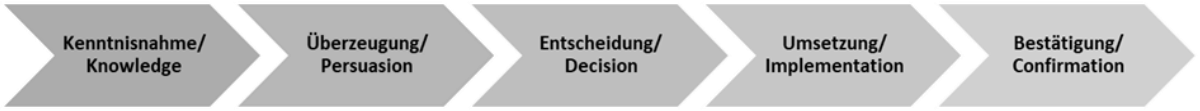

Abbildung 25: Diffusionsprozess nach Rogers (2003).

Die Studie identifiziert potenzielle Barrieren, die berücksichtigt werden sollen, wenn eine App im Bereich der Verkehrsrisikovorhersage eingeführt wird. Die Barrieren lassen sich in drei Hauptbereiche unterteilen: Funktionalität, Praktische Aspekte sowie Datenschutz und -sicherheit.

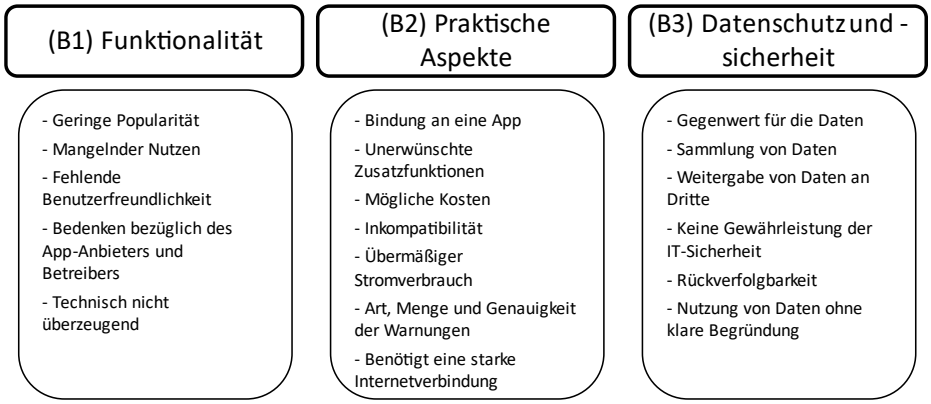

Abbildung 26: Identifizierte Barrieren nach Kategorie.

Die Funktionalität bezieht sich auf Probleme, die direkt mit der Leistung und den Funktionen der App zusammenhängen. Interessanterweise treten diese Barrieren vor allem vor der eigentlichen Anwendung auf. Ein Mangel an wahrgenommenem Nutzen oder Vertrauen in den Betreiber/die Betreiberin der App kann potenzielle Benutzer:innen davon abhalten, die App zu akzeptieren. Die Überzeugung eines potenziellen Nutzens scheint in diesem Fall also relevanter zu sein als der tatsächliche Nutzen. Um Barrieren im Bereich Funktionalität zu überwinden, sollte die Verkehrssicherheits-App klare Vorteile bieten und technisch überzeugend sein. Besonders in der Überzeugungsphase kann es entscheidend sein, die antizipierte Nützlichkeit zu betonen und mögliche Bedenken bezüglich der Betreibenden der App zu adressieren. Maßnahmen zur Vertrauensbildung, wie klare Datenschutzverpflichtungen, können hilfreich sein. Zudem kann die Förderung der App-Bekanntheit durch Marketing und Mundpropaganda entscheidend sein, um niedrige Popularität zu überwinden. Berücksichtigung von Netzwerkeffekten und das Betonen der technischen Zuverlässigkeit, inklusive transparenter Kommunikation über die Funktionsweise und Sicherheitsmaßnahmen, erscheinen ebenfalls essenziell.

Praktische Aspekte beziehen sich auf praktische Nachteile. Es kann wichtig sein, auf überflüssige Funktionen zu verzichten, um die Benutzungsfreundlichkeit zu wahren. Bei dieser sicherheitskritischen App sind einfache, zielgerichtete Funktionen entscheidend. Eine nutzungsfreundliche Gestaltung, Verzicht auf unnötige Funktionen und eine klare Fokussierung auf die Hauptfunktion der App können entscheidend sein, um Ablenkungen zu vermeiden und die Effektivität zu gewährleisten. Die Art, Menge und Genauigkeit von Warnungen müssen sorgfältig

abgewogen werden, um Fahrer:innen mit präzisen Informationen zu versorgen und sichere Entscheidungen zu ermöglichen. Technische Maßnahmen, wie energieeffiziente Algorithmen und Datenpufferung für eine stabile Internetverbindung, können die Implementierungshürden reduzieren.

Datenschutz und -sicherheit sind besonders wichtig, da diese Apps sensible Daten wie den Standort und das Fahrverhalten verarbeiten. Datenschutz- und Datensicherheitsrisiken können zu gefährlichen Situationen führen und können daher für diese spezifische App noch wichtiger im Vergleich zu anderen Anwendungen sein. Die Ergebnisse zeigen, dass Datenschutz- und Sicherheitsbedenken während der Entscheidungsphase einen erheblichen Einfluss auf die Akzeptanz der Verkehrssicherheits-App haben können. Dies kann die Bereitschaft der potenziellen Nutzer:innen beeinflussen, die Anwendung zu nutzen. Es erscheint sinnvoll, diese Aspekte in der Entwicklung und Vermarktung der App besonders zu berücksichtigen, um eine breite Akzeptanz zu gewährleisten.

Die meisten Barrieren im Bereich der Funktionalität sind in Phase zwei (Überzeugung) zu finden. In der Überzeugungsphase geht es darum, Interesse und Akzeptanz für die Nutzung von Warn-Apps zu erzeugen. Ähnlich wie bei den traditionellen Technologieakzeptanztheorien (Venkatesh et al., 2003) erkannten die Befragten den Nutzen der App als einen wichtigen Faktor für die Nutzungsabsicht an. Barrieren wie der fehlende Nutzen oder das Vertrauen in den Betreiber/die Betreiberin der App können dazu führen, dass potenzielle Nutzer:innen nicht von der App überzeugt sind. Interessanterweise treten diese Barrieren vor allem vor der eigentlichen Implementierungsphase auf. Die Überzeugung von potenziellen Nutzenden scheint in diesem Fall also relevanter zu sein als der tatsächliche Nutzen. Andere Studien bestätigen die Barriere des fehlenden wahrgenommenen Nutzens der App (Tan et al., 2020). Die Überwindung dieser Barriere ist ein entscheidender erster Schritt, und es kann helfen, diese Bedenken direkt in der Beschreibung der App anzusprechen (Bitzer et al., 2021). Eine weitere, eher praktische Hürde, insbesondere in der Anfangsphase, ist die Neuheit der App. Wenn niemand von der App weiß, kann sie auch niemand herunterladen. Unsere Gesprächspartner:innen erwähnten den Wert der Mundpropaganda. Die bisherige Forschung zeigt auch, dass sich die wahrgenommene Popularität einer App auf Datenschutzbedenken und Downloadabsichten auswirken kann (Gu et al., 2017). Noch problematischer ist, dass eine App zur Vorhersage von Verkehrsrisiken aufgrund von Datennetzwerkeffekten (Gregory et al., 2021) in der Anfangsphase der Nutzung objektiv weniger nützlich ist.

Praktische Herausforderungen (B2) beziehen sich auf praktische Nachteile im Zusammenhang mit der App-Nutzung. Diese Barrieren können mit der Auslösung negativer Emotionen durch bestimmte Aspekte der App zusammenhängen. Negative Emotionen können einen erheblichen Einfluss auf die Technologieakzeptanz haben (Beaudry & Pinsonneault, 2010). Praktische Herausforderungen wurden in der Überzeugungsphase identifiziert. So wurden beispielsweise un-

erwünschte Zusatzfunktionen als potenzielles Hindernis genannt. Dies stimmt mit den Ergebnissen von Tan et al. (2020) überein. Unnötige Gamification-Elemente könnten potenzielle Nutzer:innen ablenken oder stören, indem sie sie vom Hauptziel einer App ablenken (Callan et al., 2015). Es wurden auch mögliche Hindernisse in der Implementierungsphase des Innovationsverbreitungsprozesses festgestellt. In der Implementierungsphase geht es darum, die tatsächliche Nutzung der App zu ermöglichen. Die Nutzer:innen können aufgrund dieser Hindernisse Schwierigkeiten haben, die App zu nutzen, so dass die Implementierungsphase unvollständig bleibt. Bestimmte Hindernisse können jedoch mit technischen Mitteln wirksam beseitigt werden. Bedenken hinsichtlich des Stromverbrauchs machen den Bedarf an energieeffizienten Algorithmen und Berechnungsstrategien deutlich (Engelbrecht et al., 2015; Mantouka et al., 2021). Um der Notwendigkeit einer stabilen Internetverbindung zu begegnen, könnten Entwickler:innen einen Pufferungsprozess für Warn- und Fahrdaten einsetzen, so dass eine ununterbrochene Internetverbindung nicht erforderlich ist. Bei Apps zur Vorhersage und Warnung vor Verkehrsrisiken liegt der Fokus auf ihrer sicherheitskritischen Funktion, Fahrende vor potenziellen Gefahren zu warnen. Nutzer:innen scheinen zielgerichtete und effiziente Funktionen zu bevorzugen, die ausschließlich relevante Informationen für sicheres Fahren bereitstellen. Bedenken bestehen hinsichtlich unnötiger Funktionen, da sie die Nutzungserfahrung beeinträchtigen und das Unfallrisiko erhöhen könnten.

Die dritte Kategorie bezieht sich auf Datenschutz- und Sicherheitsbedenken (B3) im Zusammenhang mit der App-Nutzung. Die Bedenken der Nutzenden hinsichtlich des Datenschutzes und der potenziellen Gefährdung oder des Missbrauchs ihrer Daten können ihre Bereitschaft zur Nutzung der App einschränken. Dies unterstreicht, wie wichtig es ist, Datenschutzbedenken zu mindern, z. B. durch den Einsatz geeigneter Datenschutztechniken bzw. -kommunikation (bspw. Gerlach et al., 2019). Alle identifizierten Barrieren wurden mit der Entscheidungsphase des Innovationsverbreitungsprozesses in Verbindung gebracht. In der Entscheidungsphase geht es um die endgültige Entscheidung der potenziellen Nutzer:innen, die Innovation anzunehmen oder abzulehnen. Wenn potenzielle Nutzende Bedenken hinsichtlich des Datenschutzes haben, z. B. die Befürchtung, dass ihre Daten kompromittiert, missbraucht oder öffentlich zugänglich sind, kann dies ihre Entscheidung zur Nutzung der App zur Vorhersage und Warnung vor Verkehrsrisiken beeinflussen. Daher scheint diese Kategorie eine relevante Rolle im endgültigen Entscheidungsprozess der Nutzenden zu spielen und könnte ihre Bereitschaft zur Annahme der Innovation beeinflussen (Cichy et al., 2021; Walter & Abendroth, 2018). Dies deckt sich mit den Ergebnissen der Interviews. Die Bedeutung des Datenschutzes und der Datensicherheit für fahrbezogene Anwendungen wird auch in der bestehenden Literatur anerkannt (Cichy et al., 2021). Im Allgemeinen muss jedoch die Auswirkung der Wahrnehmung der Privatsphäre auf die tatsächliche Offenlegung von Informationen im Lichte des sogenannten Paradox der Privatsphäre (Norberg et al., 2007) mit Vorsicht interpretiert werden.

Darüber hinaus wurde u.a. eine Untersuchung mittels eines Virtual-Reality-Fahrsimulators durchgeführt, wie in der bisher nicht veröffentlichten Studie von Menck et. al. mit dem Titel *"Creating Sufficiently Annoying Time-Critical Warnings: Investigating In-Car-Warning Perceptions with Virtual Reality"* beschrieben. In diesem Experiment wurde eine VR-Fahrsimulation mit verschiedenen Warnarten entwickelt, um die Reaktionszeiten in Abhängigkeit von der Art der Warnung zu erforschen. Die Simulation umfasste diverse Warnszenarien während einer virtuellen Autofahrt, bei der die Reaktionszeiten der Teilnehmenden gemessen wurden. Die Bewertung erfolgte anhand von Konstrukten wie Nützlichkeit, Akzeptanz und Belästigung. Insgesamt nahmen 20 Proband:innen an diesem Experiment teil, darunter hauptsächlich Studierende und Mitarbeitende einer Universität.

2.1.6.3 Übertragbarkeit auf andere Bereiche

Die Erweiterung der Applikation über die direkt im Projekt angesprochenen Szenarien hinaus ist ein weiteres Ziel. Durch die Entwicklung weiterer Anwendungsszenarien sollen die Projektergebnisse auf unterschiedliche Bereiche übertragen werden können. Dies trägt zur Erhöhung der Reichweite und Relevanz der entwickelten Konzepte bei.

Um die Übertragbarkeit der App auf eine breitere Palette von Anwendungen zu erforschen, implementierte das Projektteam eine Reihe von methodischen Ansätzen, die darauf abzielten, kreative Lösungen und innovative Anwendungsszenarien zu generieren. Der Prozess begann mit Brainstorming-Sitzungen, die speziell darauf ausgerichtet waren, das Potenzial des Projekts vollständig zu erschließen (Butler & Kline, 1998; Doğan & Batdi, 2021).

Die Brainstorming-Sitzungen wurden innerhalb des Teams durchgeführt und durch Workshops ergänzt, in denen Teilnehmer:innen aus verschiedenen Fachbereichen zusammenkamen. Diese interdisziplinären Treffen waren entscheidend, um eine Vielzahl von Perspektiven und Erfahrungen einzubringen, die essenziell für das Verständnis der verschiedenen Bedürfnisse und Herausforderungen der neuen Zielgruppen waren.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Methodik war die Anwendung von projektinternen Gruppendiskussionen. Diese Diskussionen dienten dazu, die während der Brainstorming-Sitzungen generierten Ideen weiter zu verfeinern und auf ihre praktische Umsetzbarkeit zu überprüfen. Hierbei wurden die Ideen kritisch hinterfragt und in Bezug auf technische Realisierbarkeit, potenziellen Nutzen und mögliche Risiken analysiert. Diese Diskussionen halfen dem Team, realistische von weniger realistischen Ideen zu trennen und die Umsetzung der vielversprechendsten Vorschläge vorzubereiten (Butler & Kline, 1998; Ritter & Mostert, 2018).

Die Übertragbarkeit von D-TRAS auf verschiedene Verkehrsteilnehmende und geografische Gebiete ist ein entscheidender Aspekt für die Wirksamkeit und Relevanz. In diesem Abschnitt werden kurz Möglichkeiten der Übertragbarkeit beschrieben.

Übertragbarkeit auf andere Verkehrsteilnehmende

D-TRAS kann Potenzial für eine breite Palette von VT bieten, darunter LKW-Fahrende, Fahrradfahrende, Fußgänger:innen und Nutzende von Mikromobilitätsmitteln. Dies ist insbesondere der Fall, wenn D-TRAS um weitere, spezifische Datenquellen erweitert werden würde. Laut dem Statistischen Bundesamt ist die Anzahl der Verkehrstoten und -verletzten im Jahr 2023 wieder leicht angestiegen. Besonders stark ist der Anstieg der Zahl der tödlich verunglückten Fußgänger:innen. Im Vergleich dazu ist die Zahl der verunglückten Fahrradfahrenden und Insassen von Güterkraftfahrzeugen im Jahr 2023 im Vergleich zu 2022 zurückgegangen (Statistisches Bundesamt, 27.02.24). Das übergeordnete Ziel ist, die Anzahl der Verkehrsunfälle für alle Verkehrsteilnehmenden so gering wie möglich zu halten, und D-TRAS kann dabei unterstützen.

Übertragbarkeit auf autonome Fahrsysteme

Die Integration von D-TRAS in autonome Fahrsysteme mittels des D-TRAS Kits bietet ebenfalls Potenzial zur Verbesserung der Sicherheit und Effizienz. D-TRAS könnte als Plattform dienen, um Daten aus verschiedenen Quellen zu integrieren und zu analysieren, die für autonomes Fahren relevant sind. Dies könnte Verkehrsdaten, Wetterdaten, Straßenkarten, Sensordaten und andere Informationen umfassen, um das Fahrzeug bei der Navigation und Entscheidungsfindung zu unterstützen. Zudem können Echtzeit-Warnungen vor Unfällen, Baustellen und anderen Hindernissen die Reaktionsfähigkeit verbessern und Staus durch alternative Routenvorschläge minimiert werden. Diese Informationen könnten dazu beitragen, die Reaktionsfähigkeit des autonomen Fahrzeugs zu verbessern und Unfälle zu vermeiden. Durch die Analyse von Verkehrsdaten und die Vorhersage von Verkehrsflüssen könnte D-TRAS dazu beitragen, den Verkehr effizienter zu gestalten und Staus zu reduzieren. Dies könnte durch die Bereitstellung von alternativen Routen oder die Koordination von Fahrzeugen zur Minimierung von Verkehrskonflikten erfolgen. D-TRAS ermöglicht auch die kontinuierliche Überwachung der Fahrzeugsicherheit durch die Analyse von Fahrzeugdaten und die frühzeitige Erkennung potenzieller Probleme.

Übertragbarkeit auf andere geografische Gebiete

D-TRAS ist ein System, das gezielt für die Anforderungen ländlicher Regionen entwickelt wurde. Es eröffnet sich jedoch auch ein vielversprechendes Potenzial für die Erweiterung des Anwendungsbereichs von D-TRAS auf städtische Gebiete. Durch eine Anpassung seiner Funktionen und Algorithmen an die spezifischen Gegebenheiten urbaner Verkehrsumgebungen kann D-TRAS einen Beitrag zur Verbesserung der Verkehrssicherheit leisten. Ein entscheidender Schritt in diese Richtung kann darin bestehen, dass D-TRAS weitere Daten aus städtischen Umgebungen genutzt werden.

D-TRAS basiert auf Daten aus Deutschland und Österreich und wurde entsprechend den Bedürfnissen und Gegebenheiten dieser Verkehrssysteme entwickelt. Laut der Weltgesundheitsorganisation (WHO) ereignen sich über 90 % der Straßenunfälle in Ländern mit niedrigem und mittlerem Einkommen (World Health Organization, 2023). Diese Länder können sich in ihrer Verkehrsinfrastruktur, ihren Straßenverhältnissen, ihren Verkehrsregeln und -vorschriften sowie in kulturellen und gesetzlichen Aspekten erheblich voneinander unterscheiden. Die meisten Unfälle geschehen in Südostasien (28 %) und in der Region Westpazifik (25 %). Das Sterberisiko ist in Ländern mit niedrigem Einkommen zudem dreimal so hoch wie in Ländern mit hohem Einkommen, obwohl diese Länder nur 1 % der weltweiten Kraftfahrzeuge besitzen (World Health Organization, 2023). Dies unterstreicht die Dringlichkeit, die Sicherheit auf den Straßen weltweit zu verbessern. In Südostasien sind die größten Risikofaktoren für Verkehrstote und -verletzungen beispielsweise Alkoholkonsum am Steuer, überhöhte Geschwindigkeit sowie das Nichttragen von Motorradhelmen, Sicherheitsgurten und Kindersitzen. Zusätzlich stellt abgelenktes Fahren – wie die Nutzung von Mobiltelefonen und anderen Technologien im Fahrzeug während der Fahrt – eine wachsende Bedrohung für die Verkehrssicherheit dar (OECD/WHO, 2020). Weiterhin ist eine ganzheitliche Berücksichtigung von kulturellen Einflüssen entscheidend für die Entwicklung effektiver Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit weltweit (Nordfjærn et al., 2011; Nordfjærn et al., 2014)

Insgesamt ist die Anpassung von D-TRAS an die Vielfalt der Verkehrsbedingungen und -regelungen in verschiedenen Ländern von Bedeutung, um die Wirksamkeit als Instrument zur Verkehrssicherheit weltweit zu erhöhen. In diesem Kontext ist der binationale Charakter von D-TRAS hervorzuheben, durch den bereits die Integration von Daten und besonderer Eigenschaften zweier Länder in einer Plattform pilotiert wurde.

Dissemination des D-TRAS-Projekts

Während der Laufzeit des Projektes D-TRAS wurden im Rahmen der Dissemination zahlreiche Vorträge gehalten und wissenschaftliche Arbeiten veröffentlicht, von denen einige im Folgenden kurz vorgestellt werden.

Kurz nach Beginn des Projektes wurden zwei Publikationen bei der Americas Conference on Information Systems (AMCIS) 2021 vorgestellt. In „Digitalized Mobility“ (Stocker, Lechner, Kaiser & Fellmann, 2021) wurde die Digitalisierung der Mobilität und deren Auswirkungen auf Verkehrssysteme behandelt, während in „A System Dynamics Model-Based Simulation of the Data-Driven Automotive Service Ecosystem“ (Lindow, Kaiser, Fellmann & Stocker, 2021) das Potenzial eines datengetriebenen automobilen Service-Ökosystems und dessen zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten analysiert wurden. Im nächsten Jahr wurde auf der AMCIS eine Arbeit vorgestellt, die das Design von einer Sicherheitsbriefing-Anwendung untersucht

(Menck, Lechte & Kolbe, 2022). Auf der Konferenz „Monetizing the Digital Car[17]“, die von Uki Media & Events organisiert wurde, wurde das D-TRAS-Projekt vorgestellt. In einem Vortrag wurden kooperative Vorhersage- und Warnsysteme für Verkehrsrisiken diskutiert, die technische Herausforderungen und Geschäftschancen für datengesteuerte Dienste in der Automobilindustrie thematisierten. Zudem wurde an Podiumsdiskussionen teilgenommen, in denen die Nutzung und kommerziellen Vorteile vernetzter Fahrzeugdaten erörtert wurden. Bei der Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS) 2022 wurde ein Forschungskonzept präsentiert, das virtuelle Realität (VR) nutzt, um Datenschutzaspekte bei vernetzten Fahrzeugen zu untersuchen (Lechte, Menck, Lembcke & Kolbe, 2022).

Auf den Tagen der digitalen Technologien wurde das Konzept ebenfalls präsentiert. Diese Veranstaltung bot die Gelegenheit, intensive Diskussionen zu führen und neue Kontakte zu knüpfen, insbesondere durch den Austausch mit anderen geförderten Projekten. Auf der Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS) 2023 wurde ein Artikel vorgestellt, der Fahrsimulatoren betrachtet und Designprinzipien auf VR-Untersuchungen überträgt (Menck, Lechte, Lembcke, Brendel & Kolbe, 2023). Ein weiterer Artikel wurde auf der European Conference on Information Systems (ECIS) 2023 vorgestellt (Lechte, Menck, Stocker, Lembcke & Kolbe, 2023). In diesem Beitrag, der von Mitarbeitendender Georg-August-Universität Göttingen und der Virtual Vehicle Research GmbH gemeinsam erarbeitet wurde, wurden Einstellungen zu Datenschutz untersucht, insbesondere im Kontext von datenintensiven Anwendungen wie versicherungsbasierten Tarifen und Verkehrswarnsystemen. Der Fokus lag hierbei explorativ auf dem Einfluss von kurzen Datenschutzhinweisen auf App-Store-Seiten. Besonders hervorzuheben sind zwei Vorträge bei der Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems (VEHITS) in denen einerseits die Nutzerbarrieren und andererseits bei einer Demo das Projekt an sich vor einem Fachpublikum präsentiert werden konnte.

Zudem wurden die erreichten Ergebnisse auch dem interessierten Fachpublikum auf der Veranstaltung “Telematik in der Kraftfahrtversicherung” der Versicherungsforen Leipzig vorgestellt. Insbesondere Konzepte der Erkennung risikorelevanter Events durch Daten vernetzter Fahrzeuge wurden präsentiert. Zudem war auch der Aufruf zur Teilnahme an der Feldstudie geteilt.

[17] https://www.monetizingthedigitalcar.com/

Abbildung 27. Impressionen von CARUSO Präsentation bei der Veranstaltung „Telematik in der Kraftfahrtversicherung“, Mai 2023, Leipzig (DE).

Weiterhin wurde das Projekt in Vorlesungen und Abschlussarbeiten integriert, um die akademische Auseinandersetzung mit den Themen Mobilität und Datenplattformen zu fördern.

Zuletzt wurde das Projekt einem breiten Fachpublikum im Rahmen der hybrid (vor Ort/online) durchgeführten, öffentlichen Abschlussveranstaltung des Projektes detailliert vorgestellt.

Durch diese vielfältigen Disseminationsaktivitäten konnten umfassende Erkenntnisse einem breiten Publikum vorgestellt und wertvolle Beiträge zur Diskussion über digitale Technologien in der Mobilität geleistet werden.

2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die Kosten des Projektes ergeben sich im Wesentlichen für Projektpersonal, das für die Durchführung der Arbeitspakete eingesetzt wurde. Weitere Kosten entstanden insbesondere für den Betrieb der digitalen Plattform und Webseite (Hosting), die Incentivierung der Teilnehmenden der Feldstudie (Gutscheine) und die Beschaffung von Datensätzen für die Durchführung von Analysen und die Entwicklung der KI-Modelle. Außerdem sind Reisekosten im Rahmen von Projekttreffen, verschiedenen Veranstaltungen zwecks Projektpräsentation und Vernetzung sowie im Rahmen der Präsentation wissenschaftlicher Artikel auf Konferenzen angefallen. Eine Übersicht der erfolgten Veröffentlichungen ist in Abschnitt 2.6 zu finden.

2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Ziel des Projektes D-TRAS war es, prototypisch eine digitale Plattform zu entwickeln, die auf Basis von heterogenen Datenquellen Verkehrsrisiken mit dem Fokus auf ländliche Regionen identifizieren kann. Das übergeordnete Ziel liegt dabei in der Erhöhung der Verkehrssicherheit,

welches etwa auch in dem Sustainable Development Goal Targ 3.6[18] oder dem Verkehrssicherheitprogramm 2021 der Bundesregierung[19] verankert ist.

Aufgrund der umfangreichen Anforderungen, wie der Heterogenität der Datenquellen, die Vorhersageschwierigkeit und die letztliche Warnung von Endnutzer:innen, ist das D-TRAS Projekt vieldimensional und technisch sowie konzeptionell komplex gestaltet. Die durchgeführten Arbeiten bewegen sich hierbei von der Erstellung eines Konzeptes bis hin zur Implementierung und Evaluation. Die geleisteten Arbeiten waren aus Sicht des Projektkonsortiums zur Erreichung der Projektziele notwendig und werden als angemessen erledigt betrachtet.

2.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit

Im Rahmen des Projektes ergeben sich verschiedenartige Verwertungspotenziale. Für die Universität Göttingen konnten insbesondere Projektinhalte in die Lehraktivitäten integriert werden, besonders auch in der Form von Seminar- bzw. Abschlussarbeiten. Zudem konnten das im Rahmen von D-TRAS aufgebaute Netzwerk und die vertiefte Expertise zur Konzeptionierung von Forschungsprojekten positiv beitragen. Des Weiteren wurden während der Projektlaufzeit verschiedene wissenschaftliche Artikel eingereicht und z.T. veröffentlicht, sodass hierdurch die wissenschaftliche Qualifikation der Projektmitarbeitenden und die Dissemination der Forschungsergebnisse weitergeführt werden konnte. Aus den Tätigkeiten im D-TRAS-Projekt heraus wurde bei der NEXT Data Service AG Expertise im Bereich Geospatial Analytics für Mobilitätsdaten auf- und ausgebaut, die für die Bearbeitung weiterer Projekte zur Verfügung steht. Die Anwendung von Data Analytics und Machine Learning im Mobilitätsumfeld erforderte den Aufbau und die Anpassung entsprechender Algorithmen. Das Vorgehen dafür lässt sich auf andere Domänen übertragen und ergänzt damit die Unternehmens-Expertise von der NEXT Data Service AG für die Unterstützung in anderen Domänen und Kundenumfeldern. Bei Motobit fließen die meisten Ergebnisse des Projekts sorgfältig in den Prozess der Produktverbesserung und die Gestaltung der zukünftigen Entwicklungsstrategie ein. Auf der technischen Ebene hat die Feldstudie im Rahmen des D-TRAS-Projekts eine wichtige Rolle als Demonstrator gespielt. Ziel war es, die aktuelle Infrastruktur der Motobit-App um zusätzliche Warnfunktionen zu erweitern, ohne dabei die Stabilität während der Nutzung (zum Beispiel durch Abstürze) oder die Benutzererfahrung (beispielsweise durch doppelte Warnungen) negativ zu beeinflussen. Zusätzlich dazu wurden im Rahmen dieses Projekts neue Methoden zur Bestim-

[18] Siehe World Health Organization, SDG Target 3.6, https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/indicator-groups/indicator-group-details/GHO/sdg-target-3.6-road-traffic-injuries (zuletzt abgerufen am 10.08.2024).

[19] Siehe Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2023), Verkehrssicherheitsprogramm 2021 bis 2030, https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/StV/Verkehrssicherheit/verkehrssicherheitsprogramm-2021-bis-2030.html?nn=12830 (zuletzt abgerufen am 10.08.2024).

mung der Notwendigkeit einer Warnung entwickelt, die in Zukunft die Warnsysteme von Motobit weiter verbessern können. Die Feldstudie selbst und die nachfolgende qualitative und quantitative Analyse der Ergebnisse dienen auch dazu, ein umfassenderes Verständnis für die derzeitigen Kunden, insbesondere Motorradfahrer, und deren Akzeptanz von Sicherheitsfunktionen bei Motobit zu gewinnen. Die Erkenntnisse aus dieser Analyse werden aktiv in die Gestaltung der Entwicklungsstrategie von Motobit einfließen, um sicherzustellen, dass Produkte und Funktionen entwickelt werden, die den Bedürfnissen und Erwartungen der Kunden entsprechen. Virtual Vehicle will die Ergebnisse aus diesem Projekt in weiterführenden Forschungsprojekten weiterverwenden. Einerseits kann die cloudbasierte D-TRAS Plattform als Vorlage für cloudbasierte Daten- und Serviceplattformen wiederverwendet werden und andererseits haben sich aus der Entwicklung der Demonstratoren bzw. der D-TRAS Guardian App neue Herausforderungen in Bezug auf die Gestaltung der App, hinsichtlich Usability und Ablenkung ergeben. Die Ergebnisse und Erkenntnisse sollen dabei helfen, weiterführende Forschungsprojekte zu entwickeln und durchzuführen. Die Erkenntnisse des Projektes beeinflussen auch CARUSO und wurden in Teilen weitere Verwertung finden. Auf Grundlage des entwickelten Proof of Concept konnte die Grundlage zur Erkennung risikorelevanter Events erweitert werden. Die Erkenntnisse eröffnen Dienstleistungsangebote, die sich an verschiedene Interessensgruppen richten und in verschiedenen Use Cases Anwendung finden. Die Integration sicherheitsrelevanter Daten eröffnet neue Möglichkeiten für das Potenzial des CARUSO Datenangebots und erweiterte das interne Fachwissen im Themenfeld Verkehrssicherheit. Weiterhin werden die Ergebnisse in nachfolgenden Forschungsprojekten weiterentwickelt.

2.5 Fortschritt bei anderen Stellen

Die Entwicklung digitaler Applikationen, die direkt oder indirekt zur Steigerung der Verkehrssicherheit beitragen, ist ein dynamischer Prozess, an dem zahlreiche Akteure beteiligt sind. Dazu gehören unter anderem Automobilhersteller, Forschungsprojekte sowie Zulieferer der Automobilindustrie. Im Rahmen des Projekts konnten signifikante Fortschritte bei anderen Stellen beobachtet werden, die Anknüpfungspunkte zum D-TRAS-Projekt bieten.

Ein besonders hervorzuhebender Fortschritt ist im Zusammenhang mit dem Mobility Data Space (MDS)[20] zu nennen. Der Mobility Data Space ist eine neutrale Datenplattform, die den sicheren Austausch von Mobilitätsdaten zwischen verschiedenen Akteuren ermöglicht. Er fördert die Zusammenarbeit zwischen öffentlichen und privaten Akteuren, um innovative Mobilitätslösungen zu entwickeln. Im Kontext des D-TRAS-Projekts spielt der Mobility Data Space eine zentrale Rolle, da er den Zugang zu sicherheitsrelevanten Daten erleichtern kann und so

[20] Siehe DRM Datenraum Mobilität GmbH, https://mobility-dataspace.eu/ (zuletzt abgerufen am 27.09.2024).

die Grundlage für präzisere Vorhersagen von Verkehrssicherheitsrisiken schaffen kann. Gleichzeitig könnten mittels des Mobility Data Spaces potenzielle Konsumenten für vorhergesagte Verkehrsrisiken erreicht werden.

Darüber hinaus sind auch andere Forschungsprojekte in dem Bereich Verkehrssicherheit aktiv, die relevante Fortschritte erzielt haben. Besonders hervorzuheben ist dabei das Projekt FeGiS+[21], bei dem ein Gefahrenscore basierend auf Gefahrenmeldungen von VT und anderen Datenquellen errechnet wird. Ein Austausch zwischen D-TRAS und FeGiS+ fand mehrfach statt. Weitere Projekte sind etwa HarMobi[22], welches sich insbesondere auf die Gefahrenbewertung für schwächere VT wie Fußgänger:innen fokussiert, oder ErNeSt[23], welches sich mit der Bewertung von Fahrbahnoberflächen befasst. Daneben befassen sich auch verschiedene andere Forschungsprojekte mit der Erfassung und Auswertung verkehrssicherheitsrelevanter Daten. Dies zeigt exemplarisch das Potenzial einer Vernetzung verschiedener Initiativen mit einem möglichen gegenseitigen Austausch von Daten.

Relevante Entwicklungen sind auch bei Automobilherstellern zu beobachten, etwa bei Mercedes-Benz[24]; hier haben z.B. die Integration von Echtzeit-Verkehrsdaten und Fahrerassistenzsysteme Relevanz, um die Sicherheit im Straßenverkehr zu erhöhen. Es ergeben sich mögliche Anknüpfungspunkte zum D-TRAS-Projekt, insbesondere im Hinblick auf die Nutzung von Sensordaten zur Erhöhung der Verkehrssicherheit. Die auf Initiativen der Automobilhersteller basierenden Daten können teilweise auch (kostenpflichtig) über den MDS abgerufen werden.

Zudem können sich weitere Anknüpfungspunkte bei der Entwicklung von Telematik-Versicherungen ergeben, für die in den letzten Jahren eine erhebliche Weiterentwicklung beobachtet werden konnte. Diese Versicherungen nutzen Telematik-Technologien, um das Fahrverhalten in Echtzeit zu überwachen und individuelle Versicherungsprämien auf Basis des tatsächlichen Risikos zu berechnen. Dies fördert nicht nur ein sichereres Fahrverhalten, sondern bietet auch wertvolle Daten, die zur Verbesserung der Verkehrssicherheit beitragen könnten.

---

[21] Siehe etwa Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Früherkennung von Gefahrenstellen im Straßenverkehr durch Smart Data – FeGiS+, https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/fegis-plus.html?nn=12830 (zuletzt abgerufen am 27.09.2024).

[22] Siehe Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Harmonizing Mobility: Wie Verkehrsdaten das Miteinander verschiedener Verkehrsteilnehmer und eine sichere Verkehrsinfrastruktur fördern können – HarMobi, https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/harmobi.html (zuletzt abgerufen am 27.09.2024).

[23] Siehe Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Automatisierte Erfassung Neuer Straßenschäden, https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/ernest.html (zuletzt abgerufen am 27.09.2024).

[24] Siehe etwa Mercedes-Benz Connectivity Services GmbH (2024), Road Safety Hotspots, https://developer.mercedes-benz.com/products/road_safety_hotspots.

Schließlich bieten auch Navigations-Apps, wie Google Maps[25] oder HERE[26], die sicherheitsrelevante Daten, wie z. B. Informationen zu Echtzeit-Verkehrsbedingungen und Unfällen, integrieren, wichtige Anknüpfungspunkte. Diese Apps könnten in Kombination mit den im D-TRAS-Projekt erarbeiteten Lösungen dazu beitragen, Verkehrssicherheitsrisiken präziser vorherzusagen und somit präventive Maßnahmen zur Vermeidung von Unfällen zu unterstützen. Besonders interessant kann hierbei etwa die App Waze sein, die seit 2023 Warnungen vor Unfallschwerpunkten ermöglicht[27].

Diese Fortschritte bei anderen Stellen zeigen das Potenzial für Synergien und Kooperationen, die über das D-TRAS-Projekt hinausgehen und zur gemeinsamen Zielerreichung im Bereich der Verkehrssicherheit beitragen können.

2.6 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

Tabelle 4. Erfolgte Veröffentlichungen.

Autoren	Titel	Outlet
Stocker, Alexander; Lechner, Gernot; Kaiser, Christian und Fellmann, Michael	Digitalized Mobility	AMCIS 2021
Lindow, Friedrich; Kaiser, Christian; Fellmann, Michael und Stocker, Alexander	A System Dynamics Model-Based Simulation of the Data-Driven Automotive Service Ecosystem	AMCIS 2021
Menck, Jannes Heinrich Diedrich; Lechte, Henrik und Kolbe, Lutz M.	Design of an Information System for Safety-Briefings along Planned Routes	AMCIS 2022
Lechte, Henrik; Menck, Jannes Heinrich Diedrich; Lembcke, Tim-Benjamin und Kolbe, Lutz M.	Replicating IoT-Privacy Studies in Virtual Reality [Emergent Research Forum]	PACIS 2022

[25] Siehe Google LLC, Google Maps, https://play.google.com/store/search?q=google%20maps&c=apps&hl=de (zuletzt abgerufen am 13.11.2024).

[26] Siehe HERE Europe B.V., HERE WeGo: Maps & Navigation, https://play.google.com/store/apps/details?id=com.here.app.maps&hl=de (zuletzt abgerufen am 13.11.2024).

[27] Siehe Waze (2024), Crash history alerts arrive to the Waze map, https://blog.google/waze/crash-history-alerts-arrive-to-the-waze-map/ (zuletzt abgerufen am 10. August 2024).

Lechte, Henrik und Menck, Jannes Heinrich Diedrich	Exploring the impact of data breaches and system malfunctions on users' safety and privacy perceptions in the context of autonomous vehicles [Research-in-Progress]	WISP 2022
Menck, Jannes; Lechte, Henrik; Lembcke, Tim-Benjamin; Brendel, Alfred und Kolbe, Lutz	Towards Design Principles for Experimental Simulations in Virtual Reality – Learning from Driving Simulators	HICSS 2023
Lechte, Henrik; Menck, Jannes Heinrich Diedrich; Stocker, Alexander; Lembcke, Tim-Benjamin und Kolbe, Lutz M.	Exploring Threat-specific Privacy Assurances In The Context Of Connected Vehicle Applications	ECIS 2023
Caruso GmbH	Vortrag D-TRAS bei Veranstaltung "Telematik in der Kraftfahrtversicherung" der Versicherungsforen Leipzig	2023
Lechte, Henrik; Vattheuer, Eileen; Menck; Jannes Heinrich Diedrich und Mengel, Katharina	Exploring Barriers to Users' Adoption of a Traffic Risk Prediction and Warning App [Abstract]	VEHITS 2024

Tabelle 5. Geplante Veröffentlichungen.

Autoren	**Titel**	**Outlet**
Menck, Jannes Heinrich Diedrich; Lechte, Henrik; Lembcke, Tim-Benjamin; Stocker, Alexander und Höring, Kai	Creating sufficiently annoying Warnings: Evaluation of In-Car-Warnings for Dangers in the peripheral Vision with Virtual Reality	Tbd.

3 Literaturverzeichnis

Hinweis: Die in den Fußnoten genannten Verweise auf Quellen, Webseiten, Datensätze und Software-Bibliotheken sind hier aus Übersichtsgründen nicht noch einmal aufgeführt.

Abdelkafi, N., Makhotin, S., & Posselt, T. (2013). Business model innovations for electric mobility — What can be learned from existing business model patterns? *International Journal of Innovation Management, 17*(1), 1–41. https://doi.org/10.1142/S1363919613400033

Agarwal, S., Mittal, N., & Sureka, A. (2018). Potholes and bad road conditions: mining twitter to extract information on killer roads. In S. Ranu, N. Ganguly, R. Ramakrishnan, S. Sarawagi, & S. Roy (Eds.), *Proceedings of the ACM India Joint International Conference on Data Science and Management of Data. CoDS-COMAD '18: The ACM India Joint International Conference on Data Science & Management of Data* (S. 67–77). ACM. https://doi.org/10.1145/3152494.3152517

Bauer, C. (2023). Immer mehr Radunfälle: So schützen Sie sich. *ZDFheute.* https://www.zdf.de/nachrichten/panorama/fahrrad-fahren-unfall-sicherheit-100.html, zuletzt aufgerufen am 16.07.2024.

Beaudry, A., & Pinsonneault, A. (2010). The other side of acceptance: Studying the direct and indirect effects of emotions on information technology use. *MIS Quarterly, 34*(4), 689–710. https://doi.org/10.2307/25750701

Bitzer, T., Wiener, M., & Morana, S. (2021). The role of algorithmic transparency in contact-tracing app adoption. In *Proceedings of the Forty-Second International Conference on Information Systems (ICIS 2021).* 4.

Bruhn, M., & Hadwich, K. (2017). *Dienstleistungen 4.0: Konzepte – Methoden – Instrumente. Forum Dienstleistungsmanagement.* Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-17550-4

Burkhart, T., Krumeich, J., Werth, D., & Loos, P. (2011). Analyzing the business model concept — A comprehensive classification of literature. In *Proceedings of the Thirty Second International Conference on Information Systems (ICIS 2011).* 12.

Butler, D. L., & Kline, M. A. (1998). Good versus creative solutions: A comparison of brainstorming, hierarchical, and perspective-changing heuristics. *Creativity Research Journal, 11*(4), 325–331. https://doi.org/10.1207/s15326934crj1104_6

Callan, R. C., Bauer, K. N., & Landers, R. N. (2015). How to avoid the dark side of gamification: Ten business scenarios and their unintended consequences. In T. Reiners & L. C. Wood (Eds.), *Gamification in Education and Business* (S. 553–568). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10208-5_28

Cichy, P., Salge, T. O., & Kohli, R. (2021). Privacy concerns and data sharing in the Internet of Things: Mixed methods evidence from connected cars. *MIS Quarterly, 45*(4), 863–1892. https://doi.org/10.25300/MISQ/2021/14165

Coppola, R., & Morisio, M. (2016). Connected car: technologies, issues, future trends. ACM Computing Surveys (CSUR), *49*(3), 1-36. https://doi.org/10.1145/2971482

Corbin, J., & Strauss, A. (2008). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory* (3rd ed.). Sage Publications.

DaSilva, C. M., & Trkman, P. (2014). Business model: What it is and what it is not. *Long Range Planning, 47*(6), 379–389. https://doi.org/10.1016/j.lrp.2013.08.004

Doğan, Y., & Batdi, V. (2021). Revisiting brainstorming within an educational context: A meta-thematic analysis. *Journal of Learning for Development, 8*(3), 541–556.

Engelbrecht, J., Booysen, M. J., Rooyen, G.-J., & Bruwer, F. J. (2015). Survey of smartphone-based sensing in vehicles for intelligent transportation system applications. *IET Intelligent Transport Systems*, *9*(10), 924–935. https://doi.org/10.1049/iet-its.2014.0248

Gerlach, J., Buxmann, P., & Diney, T. (2019). "They're all the same!" Stereotypical thinking and systematic errors in users' privacy-related judgments about online services. *Journal of the Association for Information Systems*, 20(*6*), 787–823. https://doi.org/10.17705/1jais.00551

Gregory, R. W., Henfridsson, O., Kaganer, E., & Kyriakou, H. (2021). The role of artificial intelligence and data network effects for creating user value. *Academy of Management Review, 46*(3), 534–551. https://doi.org/10.5465/amr.2019.0178

Gu, J., Xu, Y., Xu, H., Zhang, C., & Ling, H. (2017). Privacy concerns for mobile app download: An elaboration likelihood model perspective. *Decision Support Systems, 94,* 19–28. https://doi.org/10.1016/j.dss.2016.10.002

Jodlbauer, H. (2020). *Geschäftsmodelle erarbeiten: Modell zur digitalen Transformation etablierter Unternehmen.* Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-30455-3

Kaiser, C., Festl, A., Pucher, G., Fellmann, M., & Stocker, A. (2019). Digital services based on vehicle usage data: The underlying vehicle data value chain. In Bozzon, A., Domínguez Mayo, F.J., Filipe, J. (Eds.) *Web Information Systems and Technologies WEBIST 2019* (S. 22-43). Springer, Cham.

Kaiser, C., Stocker, A., Viscusi, G., Fellmann, M., & Richter, A. (2021). Conceptualising value creation in data-driven services: The case of vehicle data. *International Journal of Information Management, 59.* https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102335

Kumar, A., Jiang, M., & Fang, Y. (2014). Where not to go? Detecting road hazards using Twitter, In S. Geva, A. Trotman, P. Bruza, C. L.A. Clarke, & K. Järvelin (Eds.), *Proceedings of the 37th international ACM SIGIR conference on Research & development in information retrieval* (S. 1223-1226). ACM.

Lechte, H., Menck, J., Lembcke, T.-B., & Kolbe, L. M. (2022). Replicating IoT-privacy studies in virtual reality [Emergent Research Forum]. In *PACIS 2022 Proceedings*. 339.

Lechte, H. and Menck, J. (2022). Exploring the impact of data breaches and system malfunctions on users' safety and privacy perceptions in the context of autonomous vehicles [Research-in-Progress]. In *WISP 2022 Proceedings*. 20.

Lechte, H., Menck, J., Stocker, A., Lembcke, T.-B., & Kolbe, L. M. (2023). Exploring threat-specific privacy assurances in the context of connected vehicle applications. In *ECIS 2023 Research Papers.* 411.

Li, S., Sun, B., & Montgomery, A. L. (2011). Cross-selling the right product to the right customer at the right time. *Journal of Marketing Research, 48*(4), 683–700. https://doi.org/10.1509/jmkr.48.4.683

Lindow, F., Kaiser, C., Fellmann, M., & Stocker, A. (2021). A System Dynamics Model-Based Simulation of the Data-Driven Automotive Service Ecosystem. In *AMCIS 2021 Proceedings*. 15.

Mantouka, E., Barmpounakis, E., Vlahogianni, E., & Golias, J. (2021). Smartphone sensing for understanding driving behavior: Current practice and challenges. *International Journal of Transportation Science and Technology, 10*(3), 266–282. https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2020.07.001

Bughin, J., Catlin, T. & Dietz, M. (2019). The right digital-platform strategy. McKinsey Quartely. https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/the-right-digital-platform-strategy, zuletzt abgerufen am 13.11.2024.

Menck, J., Lechte, H., & Kolbe, L. M. (2022). Design of an information system for safety-briefings along planned routes. In *AMCIS 2022 Proceedings.* 2.

Menck, J., Lechte, H., Lembcke, T.-B., Brendel, A., & Kolbe, L. (2023). Towards design principles for experimental simulations in virtual reality – Learning from driving simulators. In *HICSS Proceedings.* 56. 1303–1312.

Morris, M., Schindehutte, M., & Allen, J. (2005). The entrepreneur's business model: Toward a unified perspective. *Journal of Business Research, 58*(6), 726–735. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2003.11.001

Norberg, P. A., Horne, D. R., & Horne, D. A. (2007). The privacy paradox: Personal information disclosure intentions versus behaviors. *Journal of Consumer Affairs, 41*(1), 100–126. https://doi.org/10.1111/j.1745-6606.2006.00070.x

Nordfjærn, T., Jørgensen, S., & Rundmo, T. (2011). A cross-cultural comparison of road traffic risk perceptions, attitudes towards traffic safety and driver behaviour. *Journal of Risk Research, 14*(6), 657–684. https://doi.org/10.1080/13669877.2010.547259

Nordfjærn, T., Şimşekoğlu, Ö., & Rundmo, T. (2014). Culture related to road traffic safety: A comparison of eight countries using two conceptualizations of culture. *Accident Analysis and Prevention, 62,* 319–328. https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.10.018

OECD/WHO. (2020). Health at a Glance: Asia/ Pacific 2020: Measure Progress Towards Universal Health Coverage, OECD Publishing, Paris. https://doi.org/10.1787/26b007cd-en

Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Business model generation: A handbook for visionaries, game changers and challengers*. Wiley.

Peric, M., Durkin, J., & Vitezic, V. (2017). The constructs of a business model redefined: A half-century journey. *SAGE Open, 7*(3). https://doi.org/10.1177/215824401773351.

Reuver, M. de, Sørensen, C., & Basole, R. C. (2018). The digital platform: A research agenda. *Journal of Information Technology, 33*(2), 124–135. https://doi.org/10.1057/s41265-016-0033-3

Ritter, S. M., & Mostert, N. M. (2018). How to facilitate a brainstorming session: The effect of idea generation techniques and of group brainstorm after individual brainstorm. *Creative Industries Journal, 11*(3), 263–277. https://doi.org/10.1080/17510694.2018.1523662

Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5. Auflage). Free Press.

Santani, D., Njuguna, J., Bills, T., Bryant, A. W., Bryant, R., Ledgard, J., & Gatica-Perez, D. (2015, August). Communisense: Crowdsourcing road hazards in nairobi. In *Proceedings of the 17th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services* (S. 445-456).

Statistisches Bundesamt. (2024). Unfallbilanz 2023: 42 Verkehrstote mehr als im Vorjahr [Pressemitteilung]. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/02/PD24_072_46241.html

Sterk, F., Stocker, A., Heinz, D., & Weinhardt, C. (2024). Unlocking the value from car data: A taxonomy and archetypes of connected car business models. *Electronic Markets, 34*(1), 13. https://doi.org/10.1007/s12525-024-00692-5

Stocker, A., Kaiser, C., & Fellmann, M. (2017). Quantified vehicles: Novel services for vehicle lifecycle data. *Business & Information Systems Engineering, 59*(2), 125–130. https://doi.org/10.1007/s12599-017-0465-5

Stocker, A., Lechner, G., Kaiser, C., & Fellmann, M. (2021). Digitalized mobility. In *AMCIS 2021 Proceedings*. 4.

Tan, M. L., Prasanna, R., Stock, K., Doyle, E. E., Leonard, G., & Johnston, D. (2020). Usability factors influencing the continuance intention of disaster apps: A mixed-methods study. *International Journal of Disaster Risk Reduction, 50,* 101874. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101874

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly, 27*(3), 424–478. https://doi.org/10.2307/30036540

Walter, J., & Abendroth, B. (2018). Losing a private sphere? A glance on the user perspective on privacy in connected cars. In: Zachäus, C., Müller, B., Meyer, G. (eds), Advanced Microsystems for Automotive Applications 2017. (S. 237–247). Springer, Cham https://doi.org/10.1007/978-3-319-66972-4_20

Wang, F., & Zhang, C. (2008). Label propagation through linear neighborhoods. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 20*(1), 55–67. https://doi.org/10.1109/TKDE.2007.190672

Willing, C., Brandt, T., & Neumann, D. (2017). Intermodal mobility. *Business & Information Systems Engineering, 59*(3), 173–179. https://doi.org/10.1007/s12599-017-0471-7

World Health Organization. (2023, December 13). Despite notable progress, road safety remains urgent global issue [Pressemitteilung]. https://www.who.int/news/item/13-12-2023-despite-notable-progress-road-safety-remains-urgent-global-issue, zuletzt abgerufen am 25.11.2024.

Yuen, K. F., Wong, Y. D., Ma, F., & Wang, X. (2020). The determinants of public acceptance of autonomous vehicles: An innovation diffusion perspective. *Journal of Cleaner Production, 270,* 121904. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121904

Zott, C., Amit, R., & Massa, L. (2011). The business model: Recent developments and future research. *Journal of Management, 37*(4), 40–45. https://doi.org/10.1177/0149206311406265

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Verbundschlussbericht

3. Titel
D-TRAS Digital Platform for Traffic Safety-Risk Prediction in Rural Areas Verbundschlussbericht

4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)]	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.05.2024
Menck, Jannes Lechte, Henrik Rosenberger, Manfred Knodel, Jens Severin, Alessio Fazal-Baqaie, Masud	6. Veröffentlichungsdatum 29.11.2024
	7. Form der Publikation Online
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Georg-August-Universität Göttingen, Wilhelmsplatz 1, 37073 Göttingen Virtual Vehicle Research GmbH (AT), Inffeldgasse 21A, A-8010 Graz/Austria NEXT Data Service AG, Alt-Moabit 104, 10557 Berlin Motobit GmbH (AT), Anzengrubergasse 17/10 8010 Graz/Austria Caruso GmbH, Steinheilstraße 10, 85737 Ismaning	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen 01MJ21003
	11. Seitenzahl 79
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) 53107 Bonn	13. Literaturangaben 54 (zzgl. Fußnoten)
	14. Tabellen 5
	15. Abbildungen 27

16. Zusätzliche Angaben

17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)
Abschlussveranstaltung D-TRAS (Hybrid/Göttingen), 07.05.2024

18. Kurzfassung

Das D-TRAS-Projekt, eine Kooperation zwischen österreichischen und deutschen Forschungseinrichtungen sowie Unternehmen, verfolgt das Ziel, Risiken im Verkehr effektiver vorherzusagen. Hierzu untersuchte D-TRAS die Machbarkeit der Kombination von heterogenen Sensordaten von verschiedenen Gruppen von Verkehrsteilnehmenden und Fahrzeugen mit Daten von Mobilitätsdaten-Marktplätzen und offenen Daten zur Vorhersage von Verkehrsrisiken. Ein Fokus lag dabei auf ländlichen Regionen. Im Rahmen des Projektes wurde eine digitale Plattform entwickelt, die die aus verschiedenen Quellen stammenden Daten zusammenführt und analysiert. Hierbei werden mögliche Verkehrsrisiken identifiziert und entsprechende Warnungen zur Verfügung gestellt. Zentraler Bestandteil der Vorhersagelogik war der Einsatz mehrerer KI-basierter Modelle.
Die entwickelte Plattform und Verkehrsrisiko-Vorhersagemethodik zeigte in einer initialen Feldstudie in zwei europäischen Regionen vielversprechende Ergebnisse hinsichtlich der Systemeffektivität zur Warnung vor Verkehrsgefahren. Die Ergebnisse des Projektes deuten auf das Potenzial hin, KI-basierte Verkehrsrisikovorhersage zur Steigerung der Verkehrssicherheit einzusetzen. Weiterführende Studien sind erforderlich, um die Übertragbarkeit und Wirksamkeit des Systems in verschiedenen geografischen und verkehrstechnischen Kontexten zu bestätigen und zu erweitern sowie weiterführende Datenquellen und Analyseansätze einzubinden.

19. Schlagwörter
Verkehrssicherheit, Risikovorhersage, Datenintegration, Künstliche Intelligenz

20. Verlag	21. Preis

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) Verbundschlussbericht
3. title D-TRAS Digital Platform for Traffic Safety-Risk Prediction in Rural Areas Verbundschlussbericht	
4. author(s) (family name, first name(s)) Menck, Jannes Lechte, Henrik Rosenberger, Manfred Knodel, Jens Severin, Alessio Fazal-Baqaie, Masud	5. end of project 31.05.2024 6. publication date 29.11.2024 7. form of publication Online
8. performing organization(s) (name, address) Georg-August-Universität Göttingen, Wilhelmsplatz 1, 37073 Göttingen Virtual Vehicle Research GmbH (AT), Inffeldgasse 21A, A-8010 Graz/Austria NEXT Data Service AG, Alt-Moabit 104, 10557 Berlin Motobit GmbH (AT), Anzengrubergasse 17/10 8010 Graz/Austria Caruso GmbH, Steinheilstraße 10, 85737 Ismaning	9. originator's report no. 10. reference no. 01MJ21003 11. no. of pages 79
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) 53107 Bonn	13. no. of references 54 (+ footnotes) 14. no. of tables 5 15. no. of figures 27
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date) Abschlussveranstaltung D-TRAS (Hybrid/Göttingen), 07.05.2024	
18. abstract The D-TRAS project, a collaboration between Austrian and German research institutions and companies, aims to more effectively predict risks in traffic. To achieve this, D-TRAS examined the feasibility of combining heterogeneous sensor data from various groups of road users and vehicles with data from mobility data marketplaces and open data sources for traffic risk prediction. A particular focus was placed on rural regions. As part of the project, a digital platform was developed to integrate and analyze data from various sources. This platform identifies potential traffic risks and provides corresponding warnings. A central component of the prediction logic was the use of multiple AI-based models. The developed platform and traffic risk prediction methodology demonstrated promising results in an initial field study conducted in two European regions, regarding the system's effectiveness in warning about traffic hazards. The project results suggest the potential of using AI-based traffic risk prediction to enhance traffic safety. Further studies are necessary to confirm and expand the system's transferability and effectiveness across different geographic and traffic contexts, as well as to incorporate additional data sources and analytical approaches.	
19. keywords Traffic safety, risk prediction, data integration, artificial intelligence	
20. publisher	21. price