

Bike2CAV

Projektkoordinator



Projektpartner



Fördergeber

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



Kooperative intelligente Verkehrssysteme: Präsentation aktueller Forschungsergebnisse aus dem Projekt Bike2CAV

27. April 2023



Eckdaten von Bike2CAV



Projekttitle

Entwicklung und Validierung von Methoden zur Kollisionsvermeidung von Radfahrer:innen durch Fahrzeug-zu-X-Kommunikation



Projektdauer

32 Monate
01.09.2020 - 30.04.2023



Fördergeber

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

Projektpartner:innen

Projektkoordinator



Projektpartner



Fördergeber



Bike2CAV Video



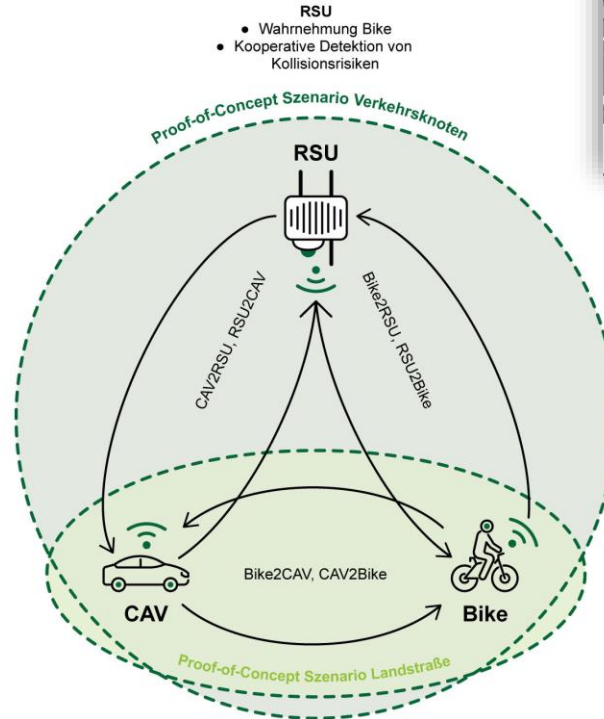
Projektziele

Ziel 2: Entwicklung eines Verfahrens zur kooperativen Detektion von Kollisionsrisiken

Ziel 1: Validierung von Methoden zur Verbesserung der Umfeldwahrnehmung und Detektion von Intentionen

- CAV**
- Wahrnehmung Bike
 - Detektion von Kollisionsrisiken

- RSU**
- Wahrnehmung Bike
 - Kooperative Detektion von Kollisionsrisiken



Ziel 3: Entwicklung von Methoden zur Warnung von Radfahrer:innen vor Kollisionsrisiken

Ziel 4: Evaluierung der validierten Methoden in einem Proof-of-Concept-Prototypen

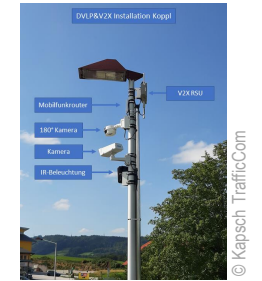
- Bike**
- Eigenlokalisierung
 - Wahrnehmung CAV
 - Intensionsdetektion
 - Detektion von und Warnung vor Kollisionsrisiken

Umgesetzter Lösungsansatz in Bike2CAV

Kooperative
Wahrnehmung

Cloudbasierte
Kollisionsdetektion und Warnung

Warnsignale für
Radfahrer:innen



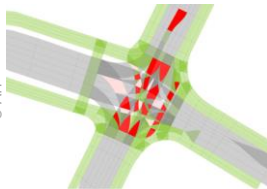
© Kapsch TrafficCom



© Boreal Bikes

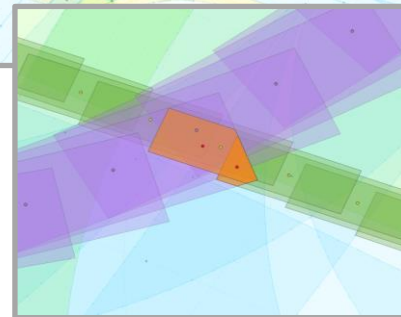
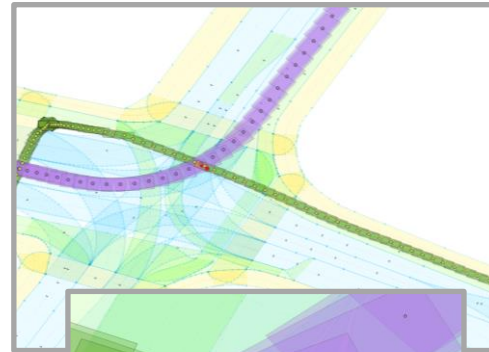


© AIT



© Universität Salzburg

C-ITS-
Nachrichten



C-ITS-
Nachrichten



akustisch



visuell



haptisch

Risikozone für Radfahrer:innen an Verkehrsknoten

Hatun Atasayar, Kuratorium für Verkehrssicherheit
Martin Loidl, Universität Salzburg



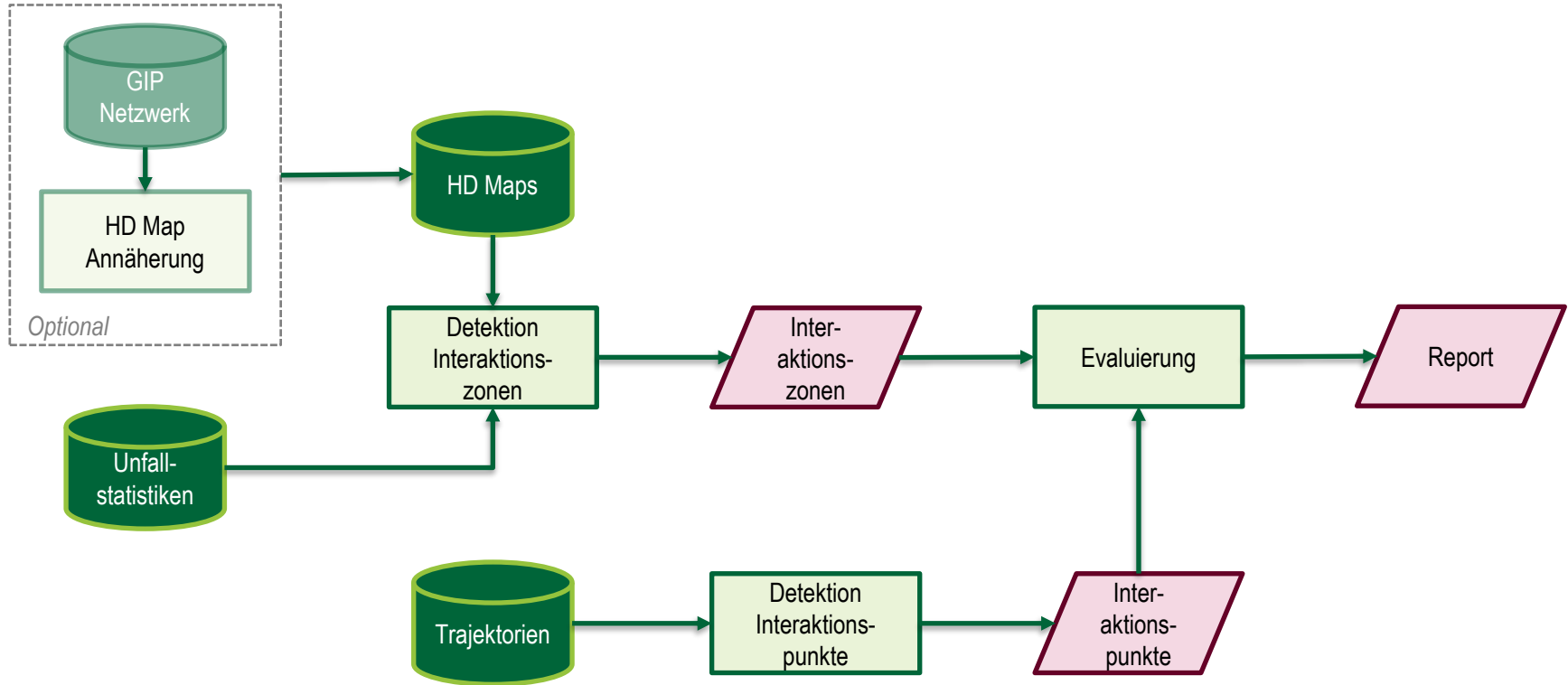
Ziele

- **Ziel 1:** Entwicklung eines lernfähigen raumzeitlichen Modells zur Klassifikation potenzieller Risikozonen im Straßenraum
- **Ziel 2:** Entwicklung einer Methode zur kooperativen Detektion von Kollisionsrisiken von RadfahrerInnen
- **Ziel 3:** Validierung der Methode hinsichtlich erkannter Kollisionsrisiken, Lokalisierungsgenauigkeiten, Latenzzeiten und Ausdehnung und Form von Risikozonen

Methoden

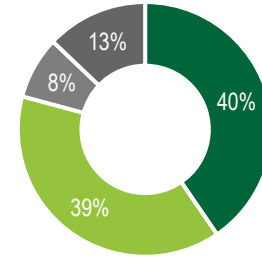
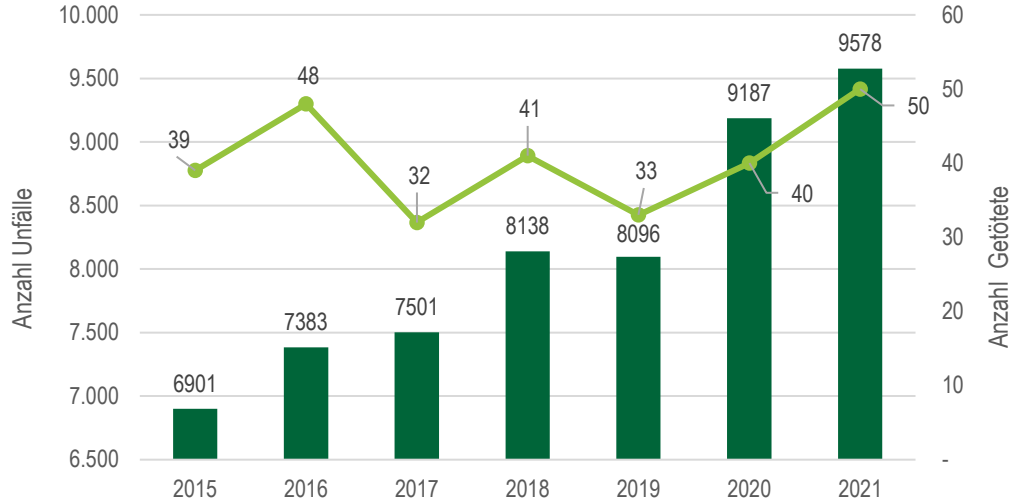
- Statistische Analyse von Unfalldaten
- Räumliche Modellierung von Risikozonen
- Raum-zeitliche Analyseverfahren zur Evaluierung

Workflow Risikomodellierung & Analyse



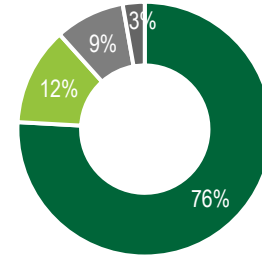
Verkehrsunfälle mit einem Fahrrad

Verkehrsunfallstatistik Österreich 2015 - 2021



Unfälle nach Kollisionsgegner

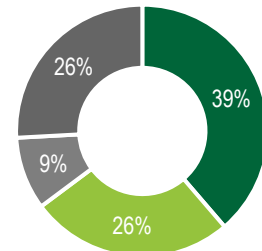
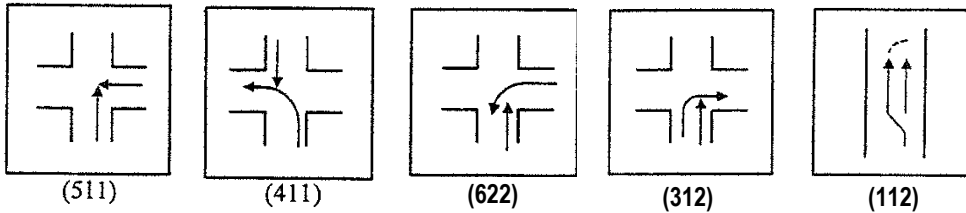
- kein Gegner
- Pkw
- Fahrrad
- andere Unfallgegner



Unfälle nach Fahrtrichtung

- geradeaus
- links, halb links
- rechts, halb rechts
- andere

Identifizierte Unfalltypen



Unfälle nach Unfalltyp

- Alleinunfälle
- Kreuzungsunfall
- im Richtungsverkehr
- Andere Unfalltypen

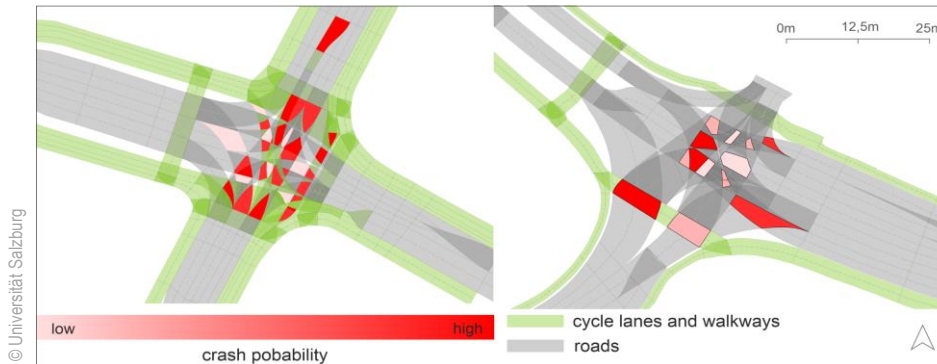
Zentrale Ergebnisse 1

- HD-Map Approximation aus GIP-Daten



Teil eines Student:innenprojekts +
Masterarbeit (E. Gaus):
<https://git.sbg.ac.at/s1078788/i-graph2area>

- Semiautomatisierte Ableitung von Interaktionszonen mit stat. Unfallwahrscheinlichkeit



Dresden, Germany

8-10 November 2022



icsc International
Cycling Safety
Conference



Zentrale Ergebnisse 2

- Evaluierung der Interaktionszonen

Interaktives Notebook verfügbar.

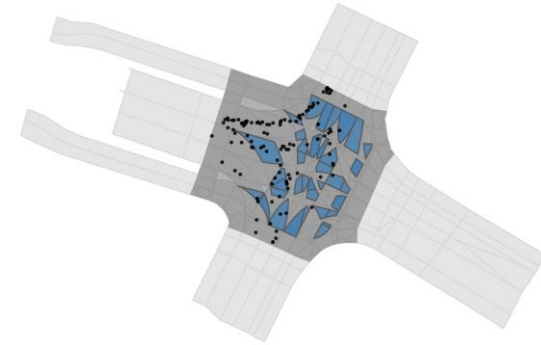
Workflow implementiert in R. Publiziert als
OpenSource Projekt auf GitHub:

<https://github.com/plus-mobilitylab/bike2cav>

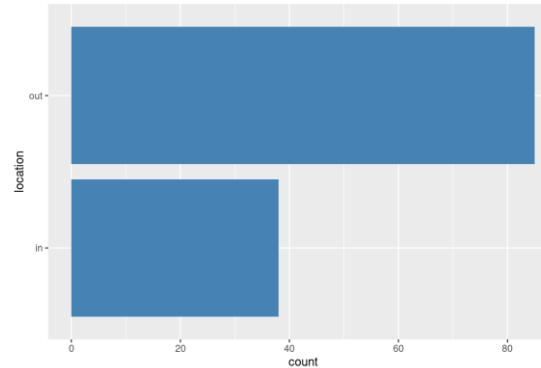
Trajectories for cars (blue) and bikes (red)



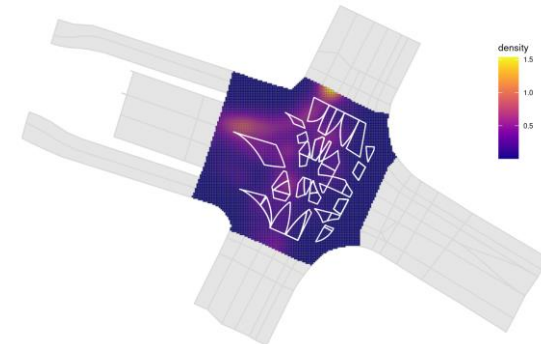
Network-based interaction zones and trajectory-based interaction points



Number of interaction points inside and outside of interaction zones



Gridded interaction point density overlaid with interaction zone borders





Learnings & Ausblick



- **Statistische Daten + Räumliche Daten » angereicherte HD-Maps**
 - Workflow weitgehend automatisiert
- **Daten für die Validierung von Interaktions- bzw. Risikozonen**
 - Herausforderungen sind dabei die Lagegenauigkeit und die Klassifikationsgenauigkeit von Trajektorien (Referenz)
- **Modellbasierter Ansatz vs. Realität**
 - Raum-zeitliche Analyse » große Stichprobengröße notwendig, da Interaktionen selten sind
 - Verwendung der Infrastruktur durch Radfahrende oft anders als Vorgesehen » Planung folgt primär Ansprüchen des KFZ-Verkehrs
- **Forschungs- und Entwicklungsbedarf**
 - Verbesserung raum-zeitlicher Modellierung
 - (Nicht-) Verbundene Verkehrsteilnehmer:innen in vernetzten Verkehrssystemen
 - Bedarfsgerechte Verkehrsorganisation und -planung (v.a. Kreuzungsdesign)

Smarte Fahrräder und Eigenlokalisierung aus Sicht des Fahrers

Louis Huard, Boréal Bikes

Hannah Wies, Salzburg Research



Ziele

- Entwicklung und Bereitstellung V2X-fähiges Fahrrad: Holoscene Bike
- Evaluierung der Lokalisierungsgenauigkeit von 4 GNSS-Empfängern

Methoden

- Entwicklung von Hard- und Software für das V2X-fähige Fahrrad
- Vergleich der Lokalisierungsgenauigkeit mittels 3 verschiedener Validierungsmethoden

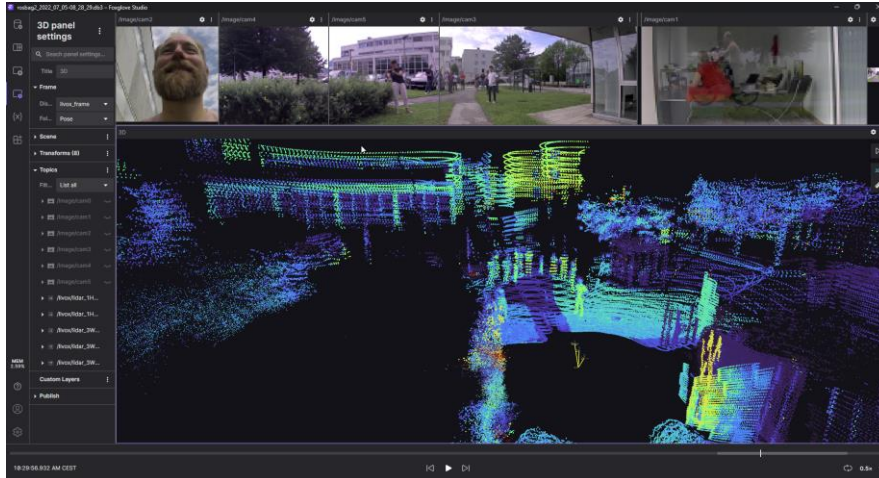
Holoscene Bike - Ausstattung für die kooperative Wahrnehmung



© Boreal Bikes

- Kompletter Sensor-Array
- Surround-Ansicht – Surround-Punktwolke
- Edge-Computing im Fahrzeug
- Hardware/Software-Schnittstelle
- ROS-basierte Softwarearchitektur für Rapid Prototyping
- Datenerfassung / Datenvisualisierung
- Konnektivität: ITS-G5
- Haptik

Learnings Holoscene Bike



© Boreal Bikes

- Das Holoscene Fahrrad ermöglicht die Generierung von komplexen Datensätzen aus der Fahrrad Perspektive und in Realerprobung
- Geplante Weiterentwicklungen:
 - Monitoring tools
 - Verbesserungen der Systemsoftwarearchitektur
 - Bereitstellung eines Web Interfaces zur real-time Darstellung der unterschiedlichen Sensordaten
 - Robuste Lauffähigkeit der Lokalisierungssysteme durch Hardware Upgrade
 - Verbesserungen an Einplatinencomputer mit mehr Rechenleistung

Präzise Eigenlokalisierung von Radfahrenden

- Hochgenaue Eigenlokalisierung ist essentiell für Anwendungen im Bereich automatisiertes Fahren
- 4 Methoden zur präzisen Eigenlokalisierung von Radfahrenden



Xiaomi Mi9



Xsens MTi 680G

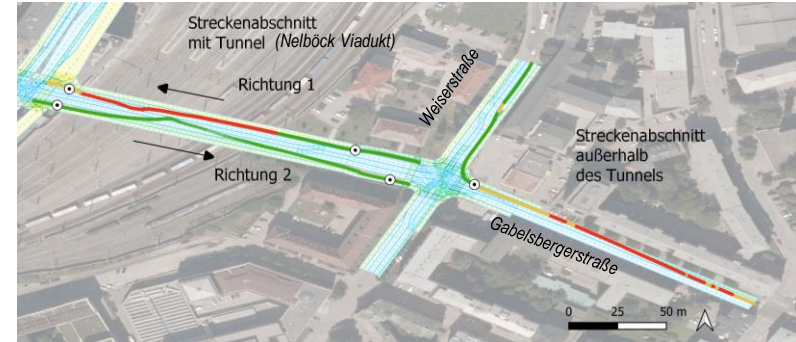


Ardusimple simpleRTK2B
und Cohda Wireless Modul
=> C-ITS-Nachrichten

© Salzburg Research /
Boreal Bikes

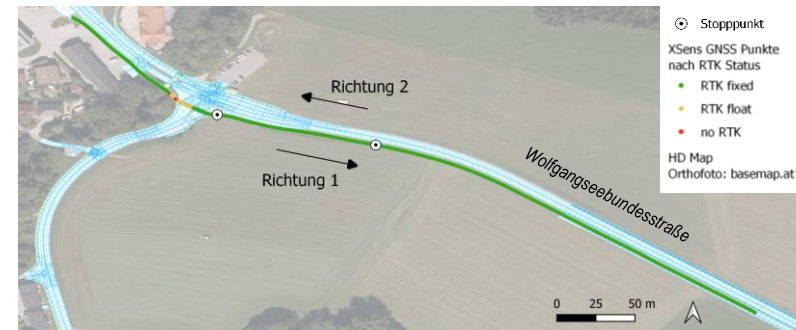
- Zielwert: < 50cm Abweichung, 99,9% Zuverlässigkeit
- 3 Validierungsmethoden: lateraler-, longitudinaler Fehler, Straßenrand-Überlappungen
- 12 Testfahrten pro Streckenabschnitt an einer ländlichen und an einer städtischen Testkreuzung

Städtische Testkreuzung



© HD Graph: Salzburg Research

Ländliche Testkreuzung



© HD Graph: Salzburg Research und Joanneum Research



Zentrale Ergebnisse

Lateraler Fehler

- XSens MTi 680G, gefolgt von ArduSimple simpleRTK2B, gehen als die genauesten Systeme hervor
- XSens MTi 680G erreicht im ländlichen Bereich eine laterale Abweichung von **<0,5m** und im städtischen Bereich **<2 m** bei 95% Zuverlässigkeit
- Deutlicher Einfluss der Unterführung auf die GNSS-Genauigkeit
- Angestrebte Lokalisierungsgenauigkeit von **<0,5 m** mit 99,9%-iger Zuverlässigkeit konnte in diesem Ausmaß nicht erreicht werden

Testkreuzung	Streckenabschnitt	Sensorsystem	Lateraler Fehler (m)		
			95. Perzentil	99.9. Perzentil	
Salzburg Gabelsbergerstraße Weiserstraße	außerhalb des Tunnels	Cohda Wireless	6,23	11,65	
		ArduSimple	3,72	5,25	
		Xiaomi	5,59	9,23	
		Xsens	1,90	3,38	
		Xsens - RTK fix	0,58	2,32	
	mit Tunnel Richtung 1	Cohda Wireless	6,88	19,80	
		ArduSimple	6,16	89,85	
		Xiaomi	5,42	8,93	
		Xsens	2,57	6,89	
	mit Tunnel Richtung 2	Cohda Wireless	6,99	14,06	
		ArduSimple	6,62	20,50	
		Xiaomi	5,75	14,93	
		Xsens	3,86	8,95	
	Koppl	Richtung 1	Cohda Wireless	2,28	3,18
			ArduSimple	1,03	1,33
			Xiaomi	2,05	6,04
Xsens			0,42	0,96	
Xsens - RTK fix			0,42	0,96	
Richtung 2		Cohda Wireless	2,34	3,67	
		ArduSimple	1,11	1,60	
		Xiaomi	3,94	7,25	
		Xsens	0,32	0,87	
		Xsens - RTK fix	0,32	0,87	

	<= 0,5m
	> 0,5m - < 1m
	>= 10m



Learnings & Ausblick



- Validierung der Lokalisierungsgenauigkeit unter realen Verkehrsbedingungen
- Genaue Lokalisierung mittels GNSS in städtischer Umgebung herausfordernd
- Genauigkeit der Lokalisierung bedingt erfolgreiches Map-Matching im weiteren Verlauf des Proof-of-Concept Prototypen
- XSens MTi 680G als genauestes Lokalisierungssystem von den 4 validierten Systemen
- Erkenntnisse als Entscheidungsgrundlage für zukünftige Einsatzmöglichkeiten der GNSS-Empfänger

Erkennung von Radfahrer:innen durch Fahrzeuge bzw. die Infrastruktur und V2X-Kommunikation

Martin Fletzer, AIT

Alexander Paier, Kapsch TrafficCom



A green location pin icon with a white circle in the center.

Ziele

- Erkennung von Radfahrer:innen durch das Fahrzeug bzw. die Infrastruktur
- Entwicklung und Installation von Sensor-Setups für Fahrzeug bzw. Infrastruktur
- Entwicklung und Integration der V2X-Kommunikation zwischen Fahrzeugen, Infrastruktur und Zentrale

An icon consisting of three interlocking puzzle pieces in shades of green.

Methoden

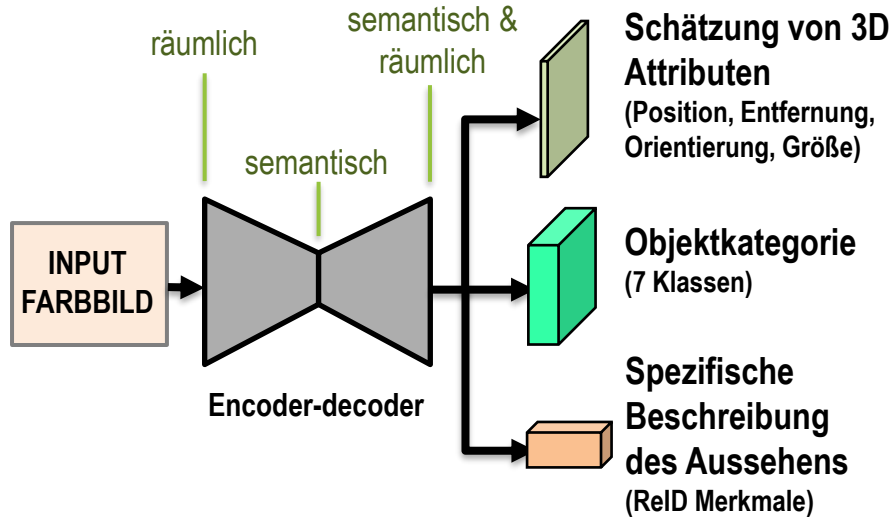
- Visuelle Detektion und Verfolgung - Machine-Learning - Intentionserkennung
- Konzepterstellung - Mechanischer Aufbau – Schnittstellenimplementierung und Integration der Einzelkomponenten
- Implementierung der ETSI ITS-G5 Standards auf der RSU und OBU



Visuelle Detektion und Verfolgung - Fahrzeug



- Verwendung von modernen Lernkonzepten: *multi-task learning, single-view 3D, long-range attention*



Detektionsqualität (höher == besser)	AP _{3D}		
	Easy	Moderate	Hard
SMOKE (Liu et al., 2020)	14.76	12.85	11.50
MonoGeo (Zhang et al., 2021b)	18.45	14.48	12.87
Ground-aware Monocular 3D Obj. Det. (Liu et al., 2021)	23.63	16.16	12.06
MonoFlex (Zhang et al., 2021a)	23.64	17.51	14.83
Proposed Method	20.56	15.00	11.79

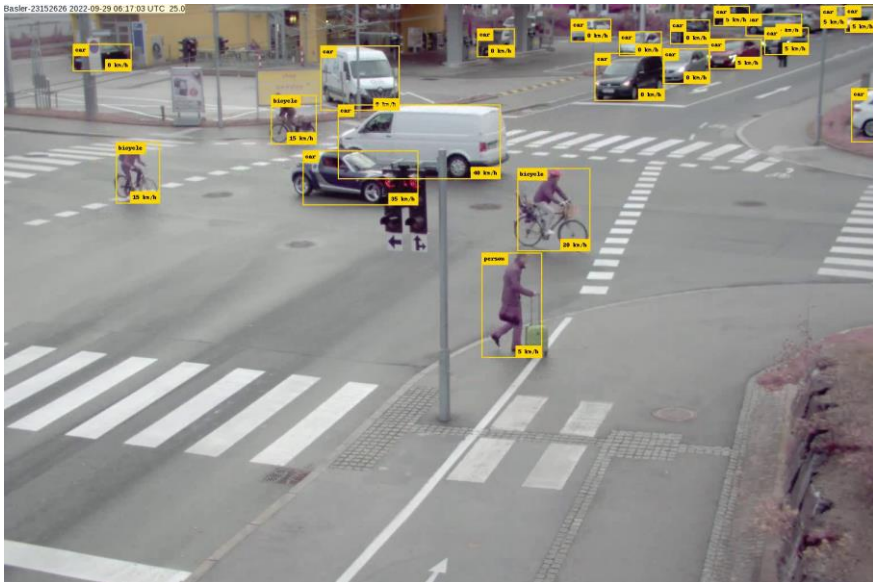
Trackingqualität (höher == besser)			
Method	HOTA	DetA	AssA
Baseline (Kalman Filter)	30.86	22.79	42.68
Proposed Method	30.96	22.89	42.81



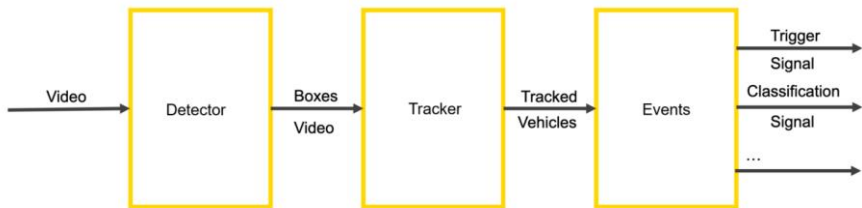
Visuelle Detektion und Verfolgung - Infrastruktur



Basler-23152426 2022-09-29 06:17:03 UTC 25.0



© Kapsch TrafficCom

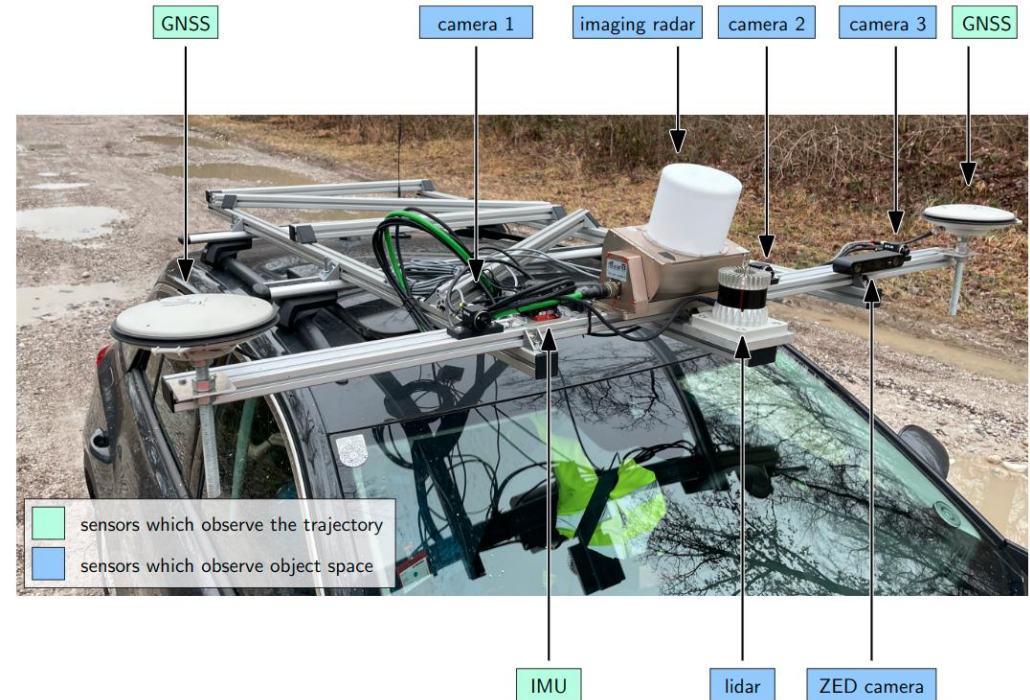


DLVP Deep Learning Pipeline

- DLVP (Deep Learning Versatile Platform)
- Flexibles AI Ecosystem für:
 - Verkehrsüberwachung, Verkehrsmanagement, Mauterhebung
- Verfügbare Use Cases:
 - Objektdetektion und Klassifizierung, Geschwindigkeitsmessung, Zonen-Überwachung, Anomalie Detektion
- Projektergebnisse
 - Pixel zu GPS Koordinaten Umrechnung
 - Training und Annotation mit Fokus auf Fahrräder
 - Interface zur RSU mit Websockets
 - Verbesserung der Bodenplattenberechnung
 - Pfadvorhersage und Kollisionsdetektion

Sensor-Setup für das Fahrzeug

- Das CAV wurde mit allen erforderlichen Komponenten für die Umgebungswahrnehmung ausgestattet
 - 3 Kameras für RGB- und Tiefen-Information
 - Für Detektion bei Nacht wurde ein Lidar-Sensor verwendet.
 - Für die Eigenlokalisierung wurde auf eine Kombination von IMU und RTK-GPS gesetzt





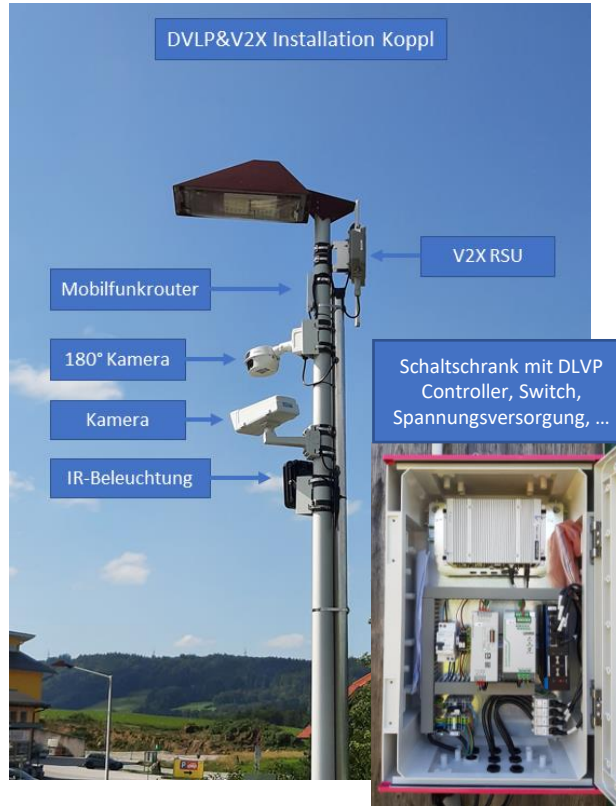
Sensor-Setup für die Infrastruktur



DVLP&V2X Installation Salzburg Stadt



DVLP&V2X Installation Koppl



Ausstattung beider Testkreuzungen mit

- Objekterkennung
 - Kameras + DLVP (Deep Learning Versatile Platform) System
- Kommunikation mit Fahrzeugen
 - RSU über ITS-G5
- Kommunikation mit der Zentrale
 - Mobilfunk



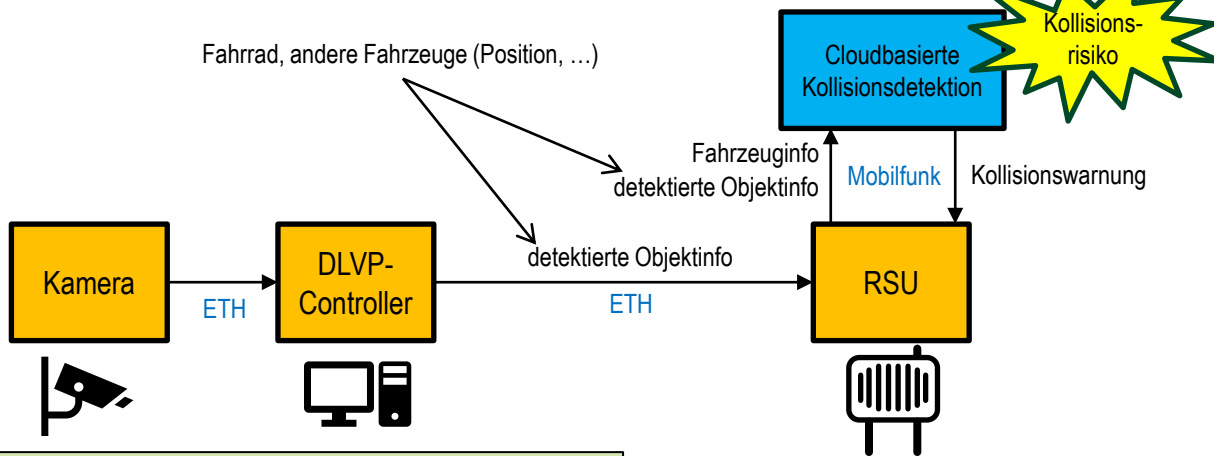
V2X-Kommunikation zwischen Fahrzeugen, Infrastruktur und Zentrale



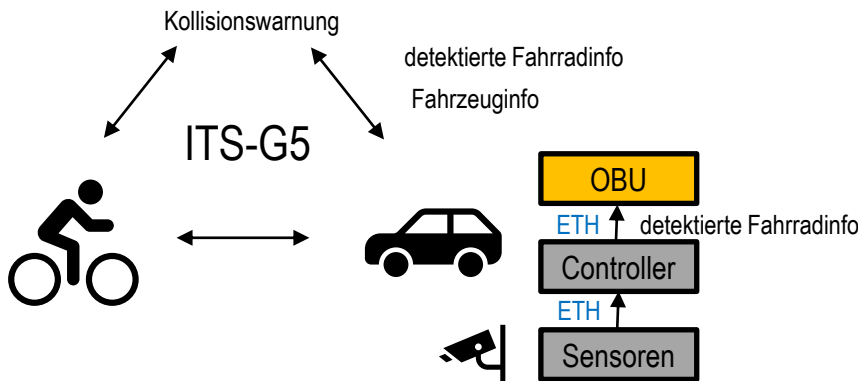
Zentrale

Infrastruktur

Fahrzeuge



- Detektierte Objekte
 - CPM (Collective Perception Message)
- Eigene Fahrzeugpositionen
 - CAM (Cooperative Awareness Message)
- Kollisionswarnung
 - DENM (Decentralized Environmental Notification Message)



- SRFG
- KTC
- AIT

C-ITS-S ... Central ITS Station
 DLVP ... Deep Learning Versatile Platform
 ETH ... Ethernet cable
 OBU ... Onboard-Unit
 RSU ... Roadside Unit



Learnings & Ausblick



■ Learnings

- Um eine qualitativ hochwertige Positionsermittlung von Verkehrsteilnehmer:innen durch die Infrastruktur über die gesamte Kreuzungen zu gewährleisten sind mehrere Kameras notwendig
- GPS Positionsbestimmung von Verkehrsteilnehmer:innen anhand von Bounding-Boxen ist schwierig
 - Verdeckungen durch andere Verkehrsteilnehmer / statische Objekte lässt die Box schrumpfen
 - Transformationsmatrix (Pixel zu Weltkoordinaten) schwierig bestimmbar für geforderte Genauigkeit
- Visuelle Posenbestimmung und Handzeichenerkennung wichtig für Bewegungsvorhersage

■ Nutzen der Ergebnisse / Einsatzbereiche

- Die Detektion von Fahrrädern und Übertragung an alle Verkehrsteilnehmer:innen schützt die vulnerablen Verkehrsteilnehmer:innen im Straßenverkehr

■ Offene Fragen / Forschungsbedarf

- Für die Finalisierung des ETSI-CPM-Standards sind noch weitere Tests und Evaluierungen notwendig
- Genaue Lokalisierung in GPS-Denied Environments

Gestaltung von Echtzeit-Kollisionswarnungen und potentieller Ausgabemodi und -systeme mit und für Radfahrende

Veronika Hornung-Prähauser, Salzburg Research



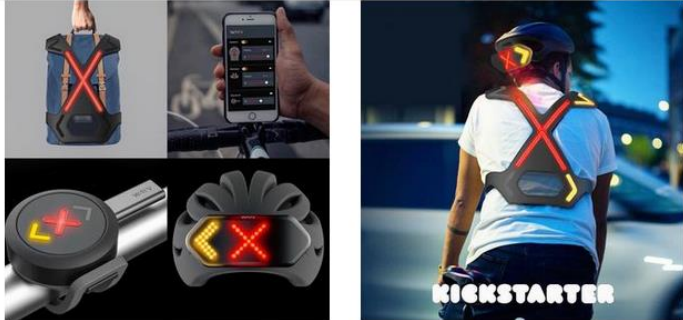


Ziele

- Entwicklung von Konzepten für **daten-basierte Kollisionswarnsysteme im autonomen Verkehr** für Radfahrende mit **Open Innovation und Co-Creation Ansatz**
- **Design und Evaluierung** von ausgewählten Konzepten mit **Lead-User:innen aus Rad-Communities**

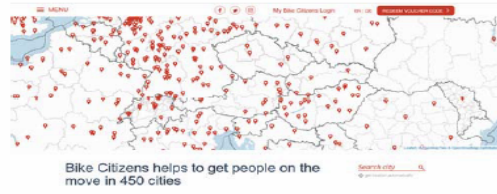
Methoden

- **Nutzeranforderungs- und Akzeptanzanalyse digitaler Warnsysteme für Radfahrende** (Umfrage 4/2021)
- **Co-Design Workshops mit Nutzer:innen und Expert:innen** (5-11/2021)
- **Evaluation mit Videoanalyse und Testfahrten** (1-3/2022; 2023)

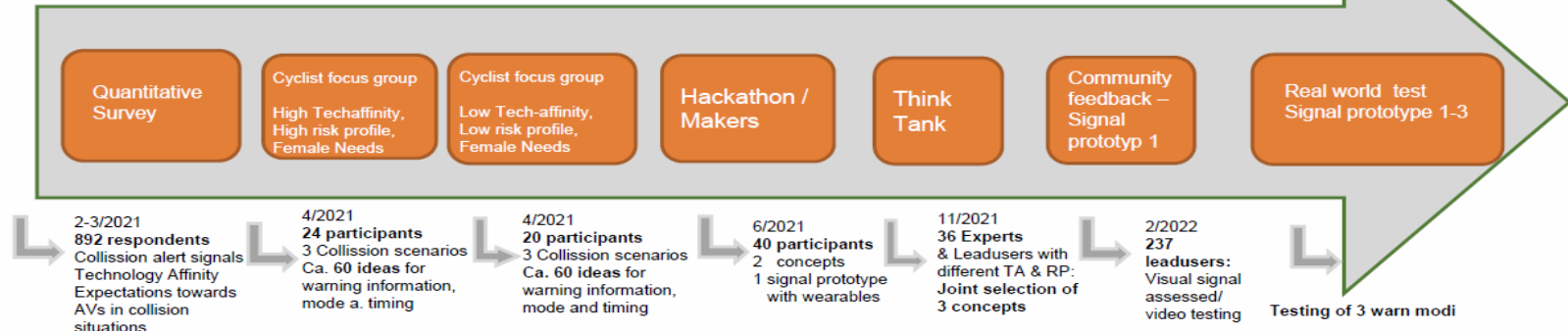


<https://www.facebook.com/wayvuk>

Durchführungsphase 2021-2023



Bike Community: From concepts to prototypes and real world testing (2021 -2023)



Project Steering Group – External Stakeholders



Design eines offenen Co-Creation Prozesses für Zukunftstechnologien (Homung-Prähauser V. et.al., STS Konferenz, Universität Graz, 02-05-2022)

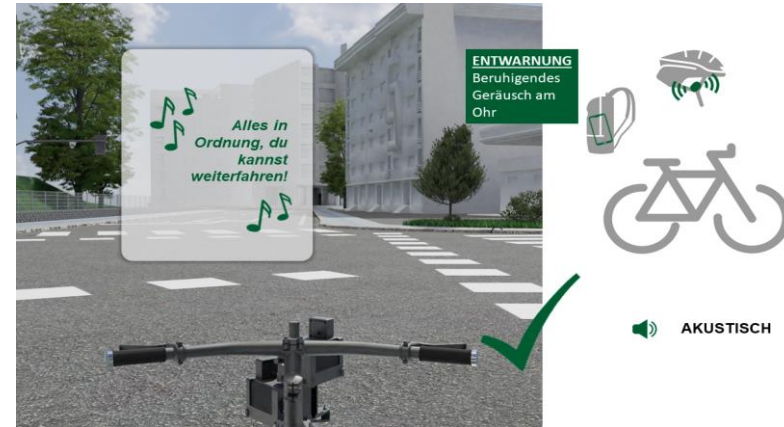


Zentrale Ergebnisse: Nutzer-Erwartungen



Radfahrende erwarten von automatisierten Fahrzeugen, dass sie

- ... als zuverlässige Technologie entwickelt werden und Radfahrende zuverlässig erkennen (25%)
- ... vom AV-Auto dem Radfahrer signalisiert wird: = "Entwarnung"; "Ich bin ein selbstfahrendes Auto" (23%)
- ... sich an die Verkehrsregeln halten (21%)
- ... sollte auf eine defensive Fahrweise programmiert werden (15%)
- menschliche Fehler kompensieren (8%); anderes (8%)

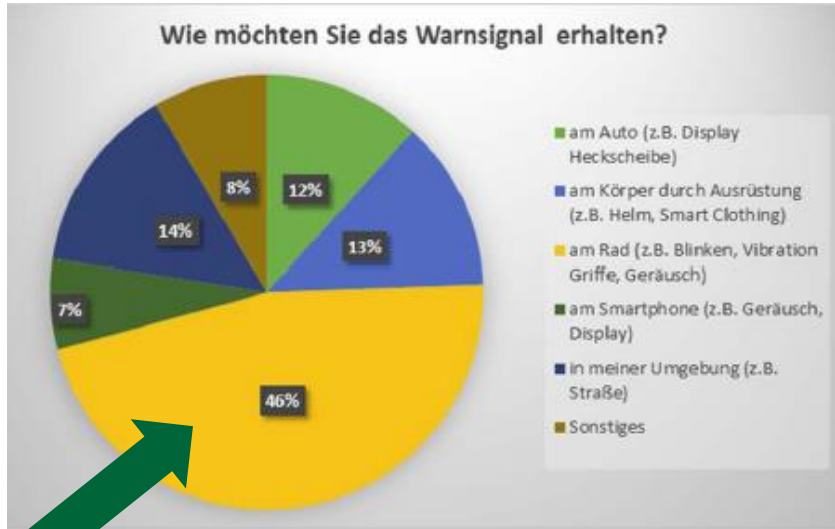


© Salzburg Research

Quelle: C.Luger-Bazinger et al. (2023 forthcoming): Auswertung der Bike2CAV-Umfrage 2022 D-A-CH; N=889; 66% m; 33% f; Alter median: 43,3 Jahre; Grafik zu Warnsignal-konzept SR/HA (8/2022)



Zentrale Ergebnisse: Warnmodus



- VISUELL
- AKUSTISCH
- HAPTISCH

© Salzburg Research

Bike2CAV-Report „Warnung vor Kollisionsrisiken“ (2021, S.23ff; 52ff); Umfrage 2022 D-A-CH; N=889; 66% m; 33% f.; Alter median: 43,3 Jahre; Grafik Warnkonzept (SR/HA)



Zentrale Ergebnisse: Warnmodus-Konzept



DEMO 1: Visuelles & auditives Warnsignal: Warnung eines prognostizierte Kollisionsrisikos via Bike Citizens App

Was steht zur Verfügung?

- eigens entwickelte Fahrrad-App Bike Citizens
- Smartphone mit verbundenen Features



- **Handy-Display wird als potentielles Warnsignal-medium gut beurteilt:**
 - 63% ja für gute Sichtbarkeit; 76% Warnfarbe rot

- **Hilfreichstes Warnsignal:**
 - Akustisches Signal (82%); visuelles Signal (59%) oder beide gemeinsam (80%)
- **Nachteile beim visuellen Warnsignal:**
 - Ablenkung durch das Signal
 - Das Handy ist nicht im Blickfeld beim Fahren
- **Vorteil beim akustischen Warnsignal:**
 - Die Wahrnehmung ohne Abwenden des Blickes vom Verkehrsgeschehen



Realtestung: Was sagen Nutzer:innen?



Ich denke, dass **Technologien wie diese von der Mehrheit gut angenommen werden**, da sie ein Sicherheitsgefühl vermitteln.

Bei **uneinsichtigen Stellen - (Kreuzungen, Auto kommt von links oder recht) - ist das Warnsignal besonders hilfreich.**

Die Warnsignale **sind prinzipiell sehr hilfreich**, obwohl ich mich nicht 100% auf eine Technologie verlassen würde.



Learnings & Ausblick



- **Einbeziehung von Radfahrenden bei automatisierter Mobilität**
 - Partizipation steigt mit Technik-Affinität & Radnutzungshäufigkeit (Straßenverkehr)
 - Hohes Interesse, präzise Kommunikation notwendig
 - Verkehrsrechtliche Grundsätze vs. Zukunftstechnologien
- **Digitale, daten-basierte Innovationen Radzubehör / -infrastruktur:**
 - Trend zur Smartphone Nutzung bei Radfahrer:innen als Ermöglicher
 - Kombination von sensorischen Warnmodi von Nutzer:innen gewünscht
 - Zugang zu bereits erprobtem Bike2CAV Lead-User-Panel
- **Weiterer Forschungsbedarf:**
 - Erprobung von sicherheitsgefährdeten Situationen mit End-Usern: Braucht es eine neue Generation von „Dummies“? Einsatz von Radsimulatoren? Anderes?

Ergebnisse der Realerprobungen mit Fokus auf die kooperative Erkennung von Kollisionsrisiken

Hannah Wies, Salzburg Research





Ziele

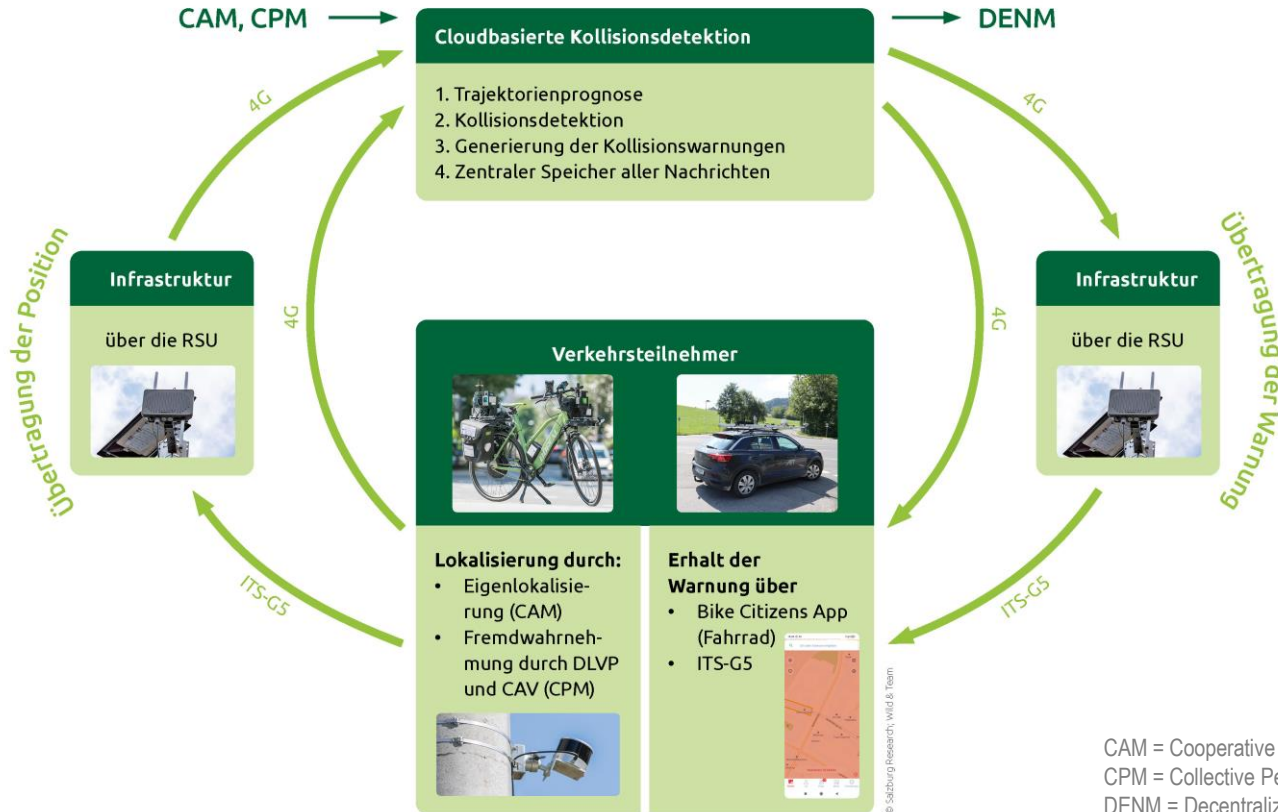
- Entwicklung und Realerprobung eines integrierten Proof-of-Concept Prototyps
- Evaluierung der Ergebnisse



Methoden

- Zentrale Integration aller relevanten Datenquellen, Verarbeitungsschritte und Aufzeichnung der übermittelten und verarbeiteten Daten mittels cloudbasierter Kollisionsdetektion
- Realerprobung des Prototypen an **2 Testkreuzungen** für **6 Szenarien** mit einem **CAV** und einem **C-ITS fähigen Fahrrad**

Systemübersicht



© Salzburg Research, Wild & Team

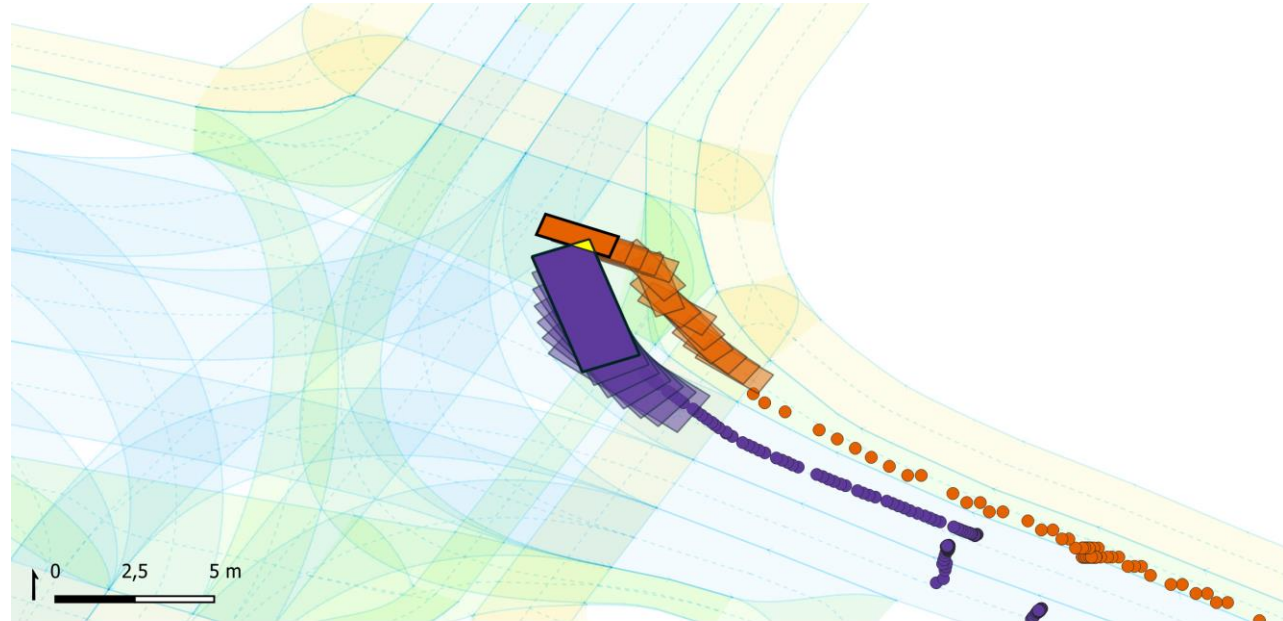
CAM = Cooperative Awareness Message
 CPM = Collective Perception Message
 DENM = Decentralized Environmental Notification Message



Erkennung von Kollisionsrisiken

Fahrmanöver

1. Trajektorien
2. Prognose
3. Modelle
4. Kollisionsrisiko-
detektion



Trajektorien	Prognosen	Prognosemodelle
Fahrrad	Fahrrad	Fahrrad
CAV	CAV	CAV
		Kollisionsbereich

Hintergrund: HD Karte (c) Salzburg Research

Realerprobung

Städtische Testkreuzung - Salzburg



Kartengrundlage: © <https://basemap.at>; HD Graph: © Salzburg Research

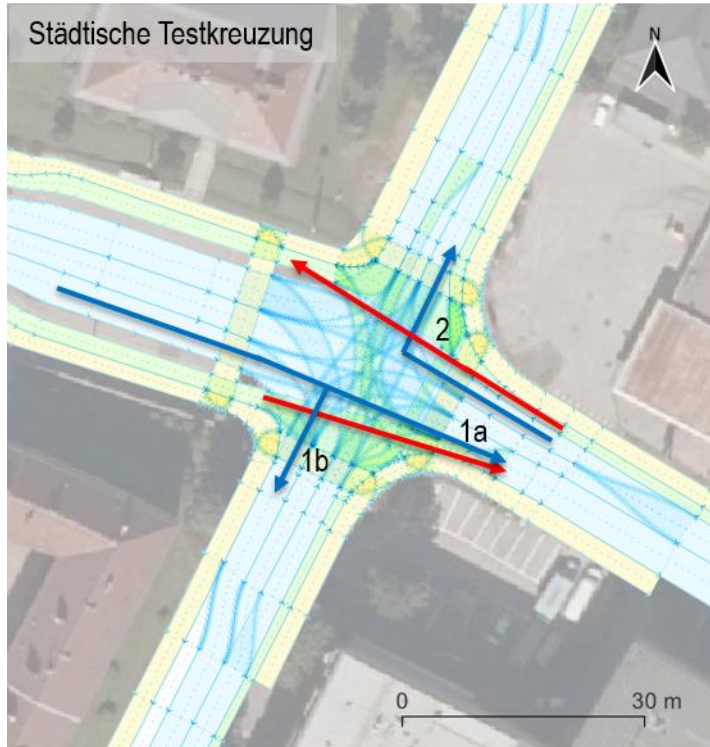
Ländliche Testkreuzung - Koppl



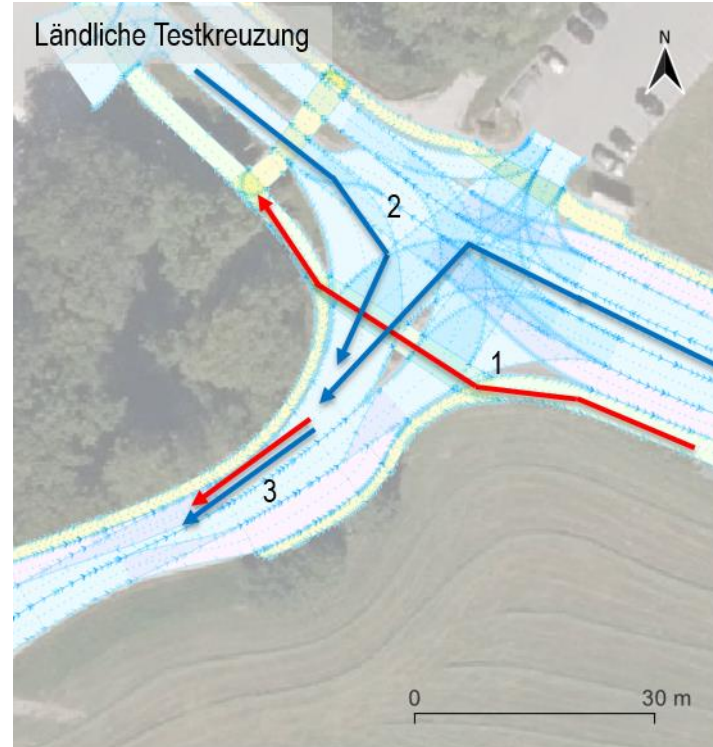
Kartengrundlage: © <https://basemap.at>; HD Graph: © Salzburg Research und Joanneum Research

Realerprobung

... des Proof-of-Concept Prototypen an 2 Testkreuzungen

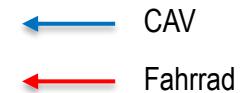


© HD Graph: Salzburg Research



© HD Graph: Salzburg Research und Joanneum Research

- 10./11. Oktober 2022
- 2 Lead User:innen
- Warnung visuell + akustisch für Radfahrer:in
- 5 Iterationen pro Szenario



HD Map

Orthofoto: basemap.at

Integrierter Proof-of-Concept Prototyp

- **Datenintegration via ITS-G5** und anderen Kanälen (ebenso C-ITS Nachrichtenstandard)
- Technischer Roundtrip¹ und Aufzeichnung aller C-ITS Nachrichten **erfolgreich umgesetzt**
=> mit gewissen technischen Annahmen:
 - Pfadbasiertes Vorhersagemodell unter Annahme einer gleichbleibenden Geschwindigkeit, Annahme der Bewegung der Fahrzeuge entlang der modellierten Linien in der HD-Karte, kein Einbezug von Lichtsignalanlagen
 - Reduktion der Komplexität des Systems während der Realerprobung auf die Trajektorien der Eigenlokalisierung des Fahrrads (mit XSens zur Verortung) und des CAVs

¹ = Verortung der Verkehrsteilnehmer → Übertragung der Positionen → Kollisionsdetektion → Aussenden einer Warnung → Empfangen der Warnung

Zentrale Ergebnisse

Ergebnisse der Realerprobung

- Laut Bewertung von Experten (KfV) konnte in 27 von 30 Iterationen eine riskante Situation mit Kollisionsrisiko erzeugt werden.
- In jedem der 6 Szenarien konnte eine Kollisionswarnung erzeugt werden
- In 14 von 27 riskanten Iterationen wurde eine Kollisionswarnung erzeugt
- Fehlende oder verspätete Kollisionswarnungen sind zurückzuführen auf:
 - Ungenaue Eigenlokalisierung
 - Komplexes Map-Matching und dadurch Latenzen



© Salzburg Research



Beispiel: Korrekt erkanntes Kollisionsrisiko

● Fahrrad-Trajektorie ● CAV-Trajektorie ● Kollisionsrisiken zwischen Trajektorien
— Fahrrad Prognosen — CAV Prognosen — HD Graph: (c) Salzburg Research



Learnings



- Kollisionsrisiken können mit dem verfolgten Ansatz kooperativ erkannt werden
- Anbindung verschiedener Datenquellen wurde erfolgreich umgesetzt, ist jedoch aufwendig (Zuverlässigkeit, Datenvalidierung,..)
- Hohe Komplexität bei der technischen Umsetzung eines kooperativen Systems, da sehr viele Systemkomponenten aufeinander abgestimmt zusammenspielen müssen
- Durchführung von Realerprobungen sehr aufwendig:
 - reale Verkehrsbedingungen
 - Koordination potentielle Kollision CAV/Fahrrad
 - Überwachung C-ITS Nachrichten, Datensichtung, Mitschnitte während der Experimente
- Erkenntnisgewinn: Problematiken und Herausforderungen von Realerprobungen, der kooperativen Detektion von Kollisionsrisiken und der Kollisionswarnung



Ausblick

- Durchführung von weiteren Realerprobungen nach Verbesserung von gewissen Komponenten bzw. Variation von Parametern wäre zielführend
- Proof-of-Concept des Prototypen wurde erbracht, für den realen Einsatz sind noch Optimierungen notwendig:
 - bessere Qualität der Trajektorien
 - schnelleres HD-Karten-Matching
 - besseres Prognosemodell
 - optimierte Kollisionsdetektion

Die **kooperative Detektion von Kollisionsrisiken** eignet sich für die **Vorhersage von potenziellen Kollisionen** für Radfahrende und für das Generieren von **Warnnachrichten**.

Durch die **Prognose von potenziellen Kollisionen** können **Radfahrende frühzeitig gewarnt** werden. Dadurch können gefährliche Situationen erkannt und vermieden werden.

Vernetzte Fahrzeuge und Fahrassistenzsysteme können Radfahrende durch eine verbesserte Detektionsqualität **zuverlässiger erkennen** sowie durch eine aktive Kommunikation **frühzeitig reagieren**.

Kommunen und Infrastrukturbetreiber erhalten **objektive Bewertungen** von Risikozonen an Verkehrsknotenpunkten und können diese durch gezielte Maßnahmen vorbeugend entschärfen.

Ausblick

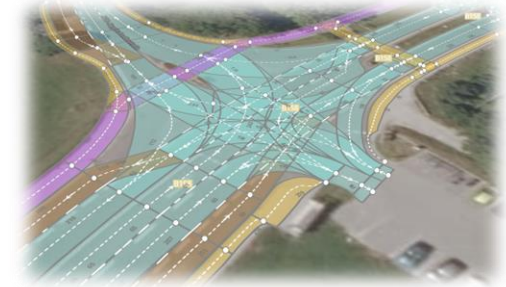
- www.bike2cav.at
 - Menüpunkt Projektergebnisse
- Weiterführende Informationen gewünscht?
- Interesse an gemeinsamen Forschungsprojekten zu diesem Thema?
- Zugang zum Bike2CAV Lead-User-Panel?



© Salzburg Research



alle drei Fotos: © Salzburg Research/Wildbild



© HD-Graphen Salzburg Research und Joanneum Research; Orthofoto: basemap.at



Melden Sie sich gerne bei uns!
bike2cav@salzburgresearch.at

Q&A-Session

Moderation

Cornelia Zankl, Salzburg Research

Diskutant:innen



Hatun Atasayar
Kuratorium für
Verkehrssicherheit



Martin Fletzer
Austrian Institute of
Technologie



Martin Loidl
Universität Salzburg



Veronika Hornung-Prähauser
Salzburg Research



Louis Huard
Boréal Bikes



Alexander Paier
Kapsch TrafficCom



Hannah Wies
Salzburg Research



Cornelia Zankl
Salzburg Research



Herzlichen Dank!



Salzburg Research
DI Mag. (FH) Cornelia Zankl

Jakob Haringer Straße 5/3, 5020 Salzburg

+43 662 2288-317

cornelia.zankl@salzburgresearch.at

Projektkoordination



Partnerorganisationen



Fördergeber

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



**Welche Vor- und Nachteile sehen Sie bei dem von uns
gewählten Ansatz?
Wo sehen Sie hier Verbesserungspotenzial?**