

Automatisiertes Fahren ASTRA 2018-005

TP5: Mischverkehr

Technische Universität München

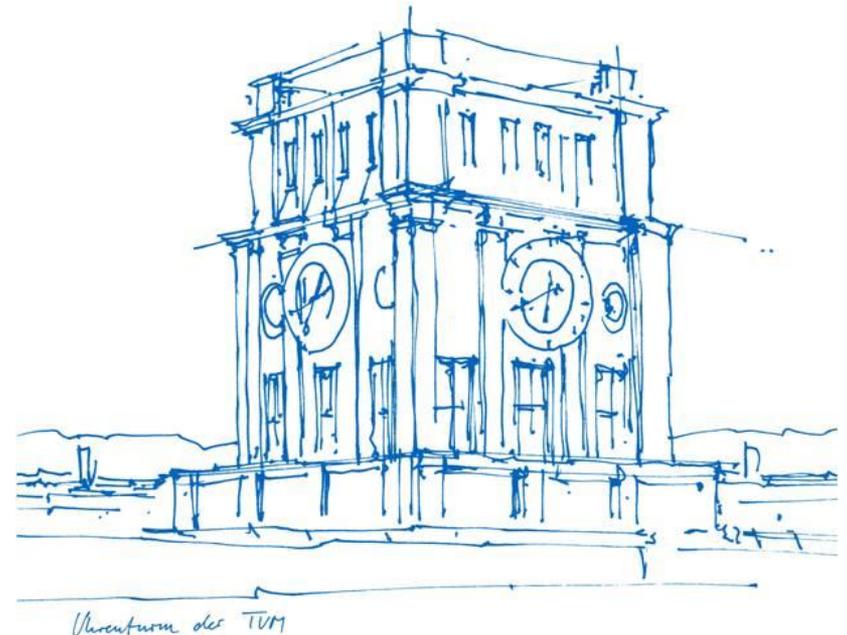
Gruner AG Basel

Dr.-Ing. Sabine Krause (TU München)

Marco Richner (moveIng AG)

Fachtagung Forschung ASTRA-SVI 2021

Bern, 06. September 2021



TEAM - Forschungsstelle



Technische Universität München

Lehrstuhl für Verkehrstechnik
Prof. Dr.-Ing. Fritz Busch
(Projektleiter)

Dr.-Ing. Sabine Krause
Fabian Fehn



Abteilung Verkehrsplanung/ -technik
Marco Richner*
(Stv. Projektleiter)

Stefan Armbruster*
Dr.-Ing. Thomas Winzer*

* Seit 01.02.2021: Firma moveIng AG

Ziele und Aufgabenverständnis des TP 5

Fragestellung

- **Wann** werden **wo** und **in welchem Ausmass automatisierte Fahrzeuge** mit welchem Automatisierungsgrad auf dem **Schweizer Strassennetz** verkehren und was haben diese und deren Vermischung mit anderen Verkehrsteilnehmern für **Auswirkungen bezüglich der Sicherheit und der Funktionalität** des Verkehrssystems?

Bearbeitungsfokus

- Herleitung von Migrationsszenarien automatisierter Fahrzeuge (Diffusion der Technologie auf Basis der relevanten Treiber)
- Vermischung verschiedener Verkehrsteilnehmer (MIV, ÖV, LV, GV) und verschiedener Automatisierungs- und Vernetzungsgrade

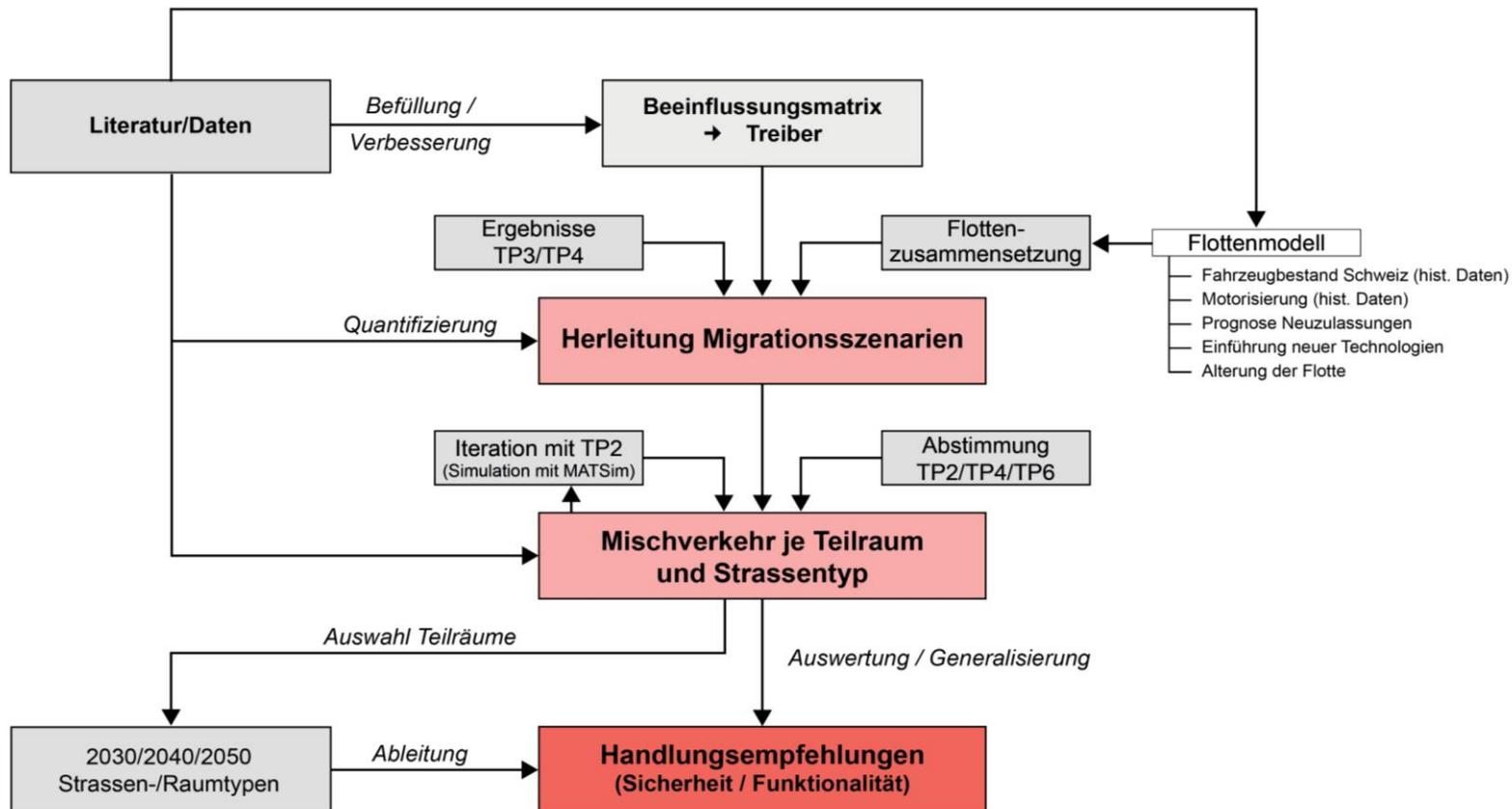
Herausforderungen

- Differenzierte Betrachtung der Durchdringung je Strassen- und Raumtyp (Stadt / ausserhalb Stadt)
- Sicherheit und Funktionalität des Gesamtsystems (Beschreibung des Betriebsablaufs)
- Anforderungen an die Infrastruktur und Handlungsempfehlungen an die Infrastrukturbetreiber

Definitionen

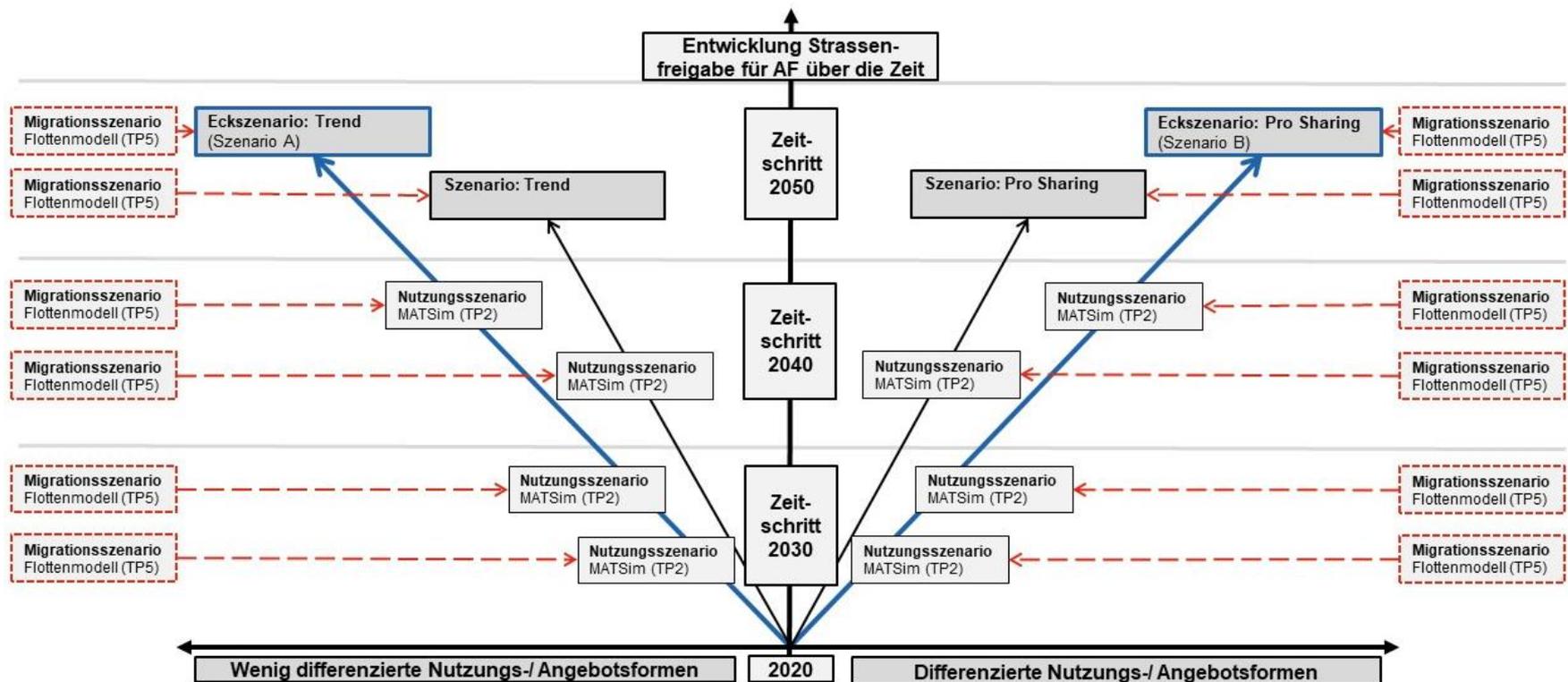
- **Mischverkehr:** Interaktion von
 - Fahrzeugen unterschiedlicher Automatisierungs- und Vernetzungsgrade
 - Unterschiedlichen Verkehrsteilnehmern
- **Sicherheit:** Vermeidung und Lösung potenzieller Konflikte im Verkehr (Safety)
- **Funktionalität:** Grad der Aufgabenerfüllung des Verkehrssystems (Bedienung der Verkehrsnachfrage mit definierter Qualität)

Inhaltlicher Ablauf TP5 und dessen Interaktionen mit anderen TP



Zeit- und räumliche Durchdringung von AF

Zentrale Ergebnisse Migrationsszenarien



Zeit- und räumliche Durchdringung von AF

Relevante Treiber gemäss Matrix

➤ **Primärtreiber auf Flottenmix:**

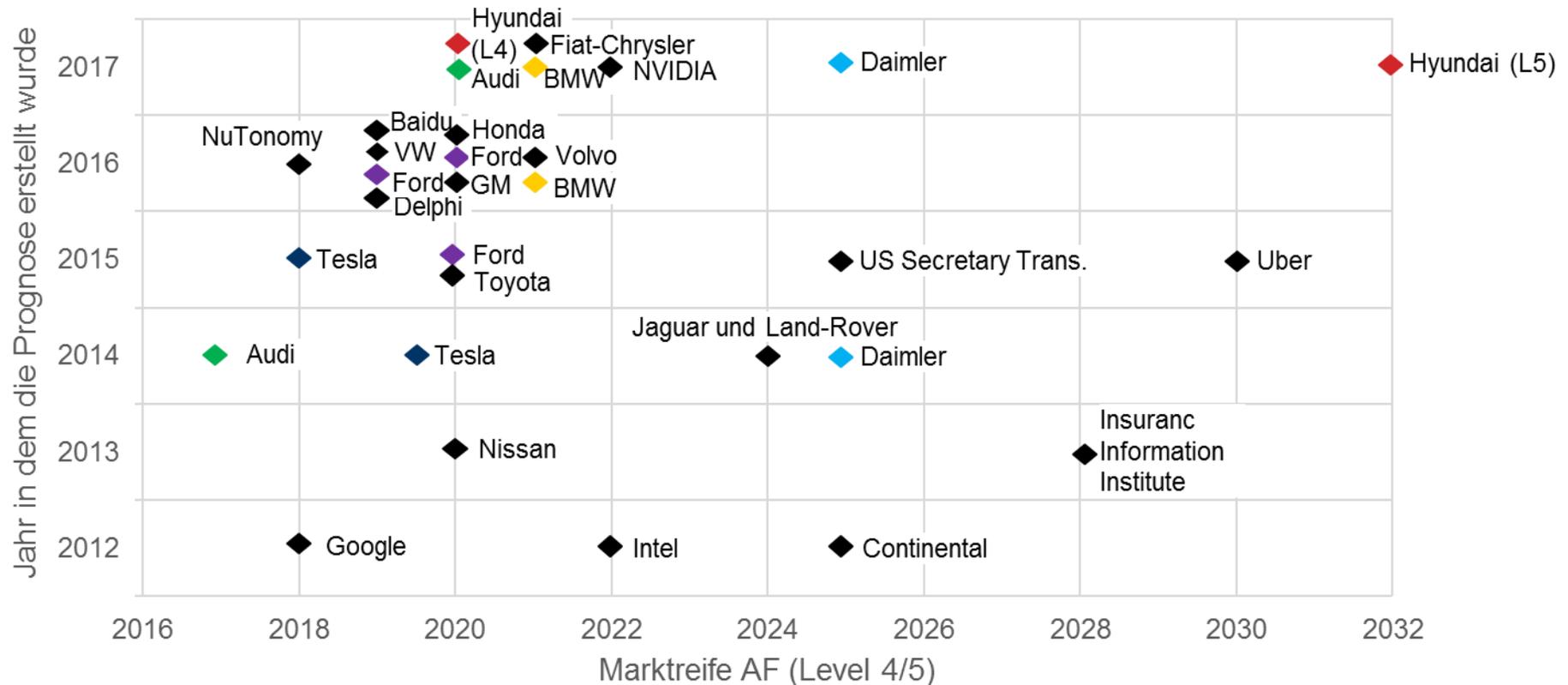
- Verfügbare technische Reife der AF und Infrastruktur (TP3)
- Haftungs- und Versicherungsfrage (Person vs. Maschine)
- Nutzungsformen der AF (privat/sharing) (TP 4)
- Investitionskosten für AF (z.B. Subventionen, verfügbares Kapital)

➤ **Sekundärtreiber auf räumliche Durchdringung (u.a. Strassentypen)**

- Räumliche Regulierung bzw. Zulassung
- Ausstattung Strasseninfrastruktur (Sensorik, Kommunikationseinrichtungen)
- Strassennutzbarkeit

Zeit- und räumliche Durchdringung von AF

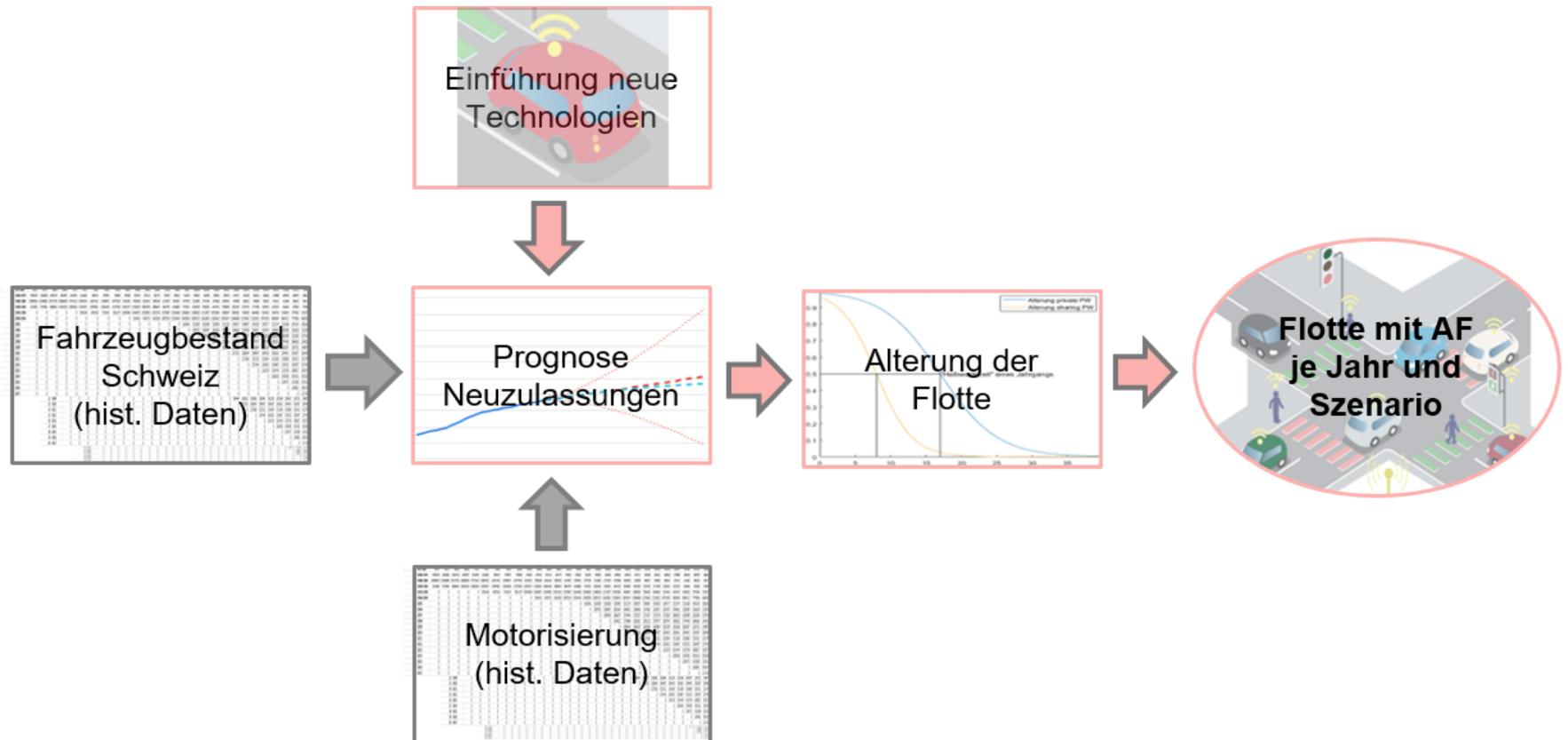
Einschätzung der Marktreife von AF im zeitlichen Verlauf



Zeit- und räumliche Durchdringung von AF

Zentrale Ergebnisse Migrationsszenarien

➤ **Methodik Flottenmodell**

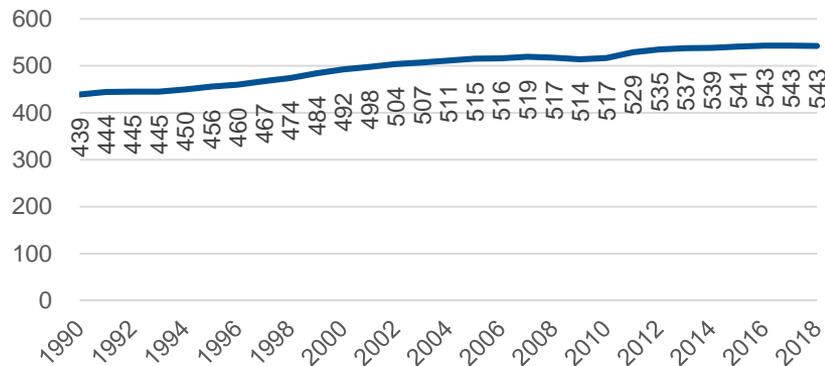


Zeit- und räumliche Durchdringung von AF

Prognose Fahrzeugbestand: Motorisierung

➤ Basis Bevölkerungsentwicklung gemäss bfs

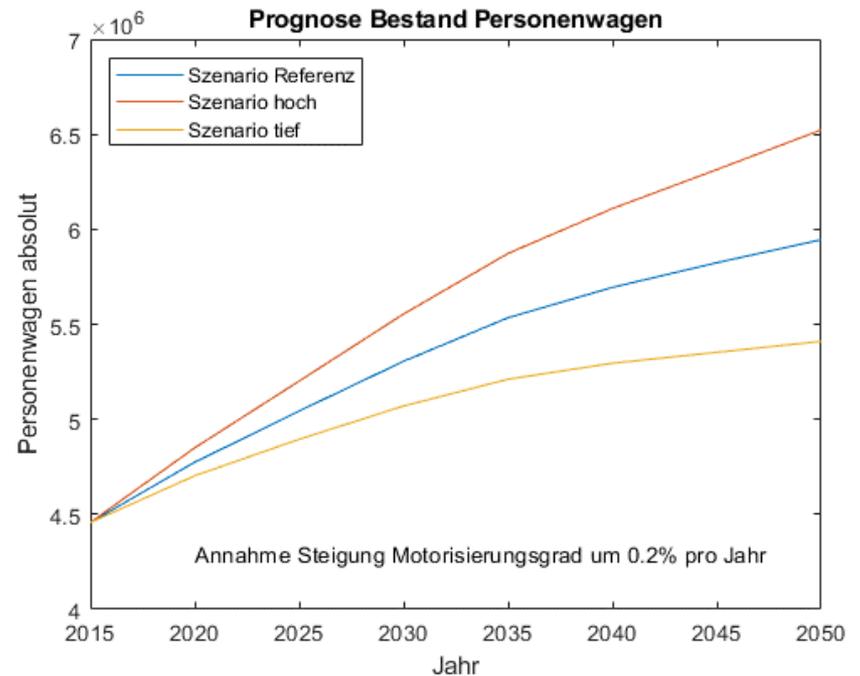
Entwicklung Motorisierungsgrad Schweiz



Mobilitätswerkzeuge	2000	2010	2020	2030	2040	2010-40
in Stück je tausend Einwohner						
Personenwagen (Motorisierung)	492	518	529	541	552	+6.6%
		+0.5% p.a.	+0.2% p.a.	+0.2% p.a.	+0.2% p.a.	+0.2% p.a.

Extrapolation (Szenario Trend) nach ARE, 2016

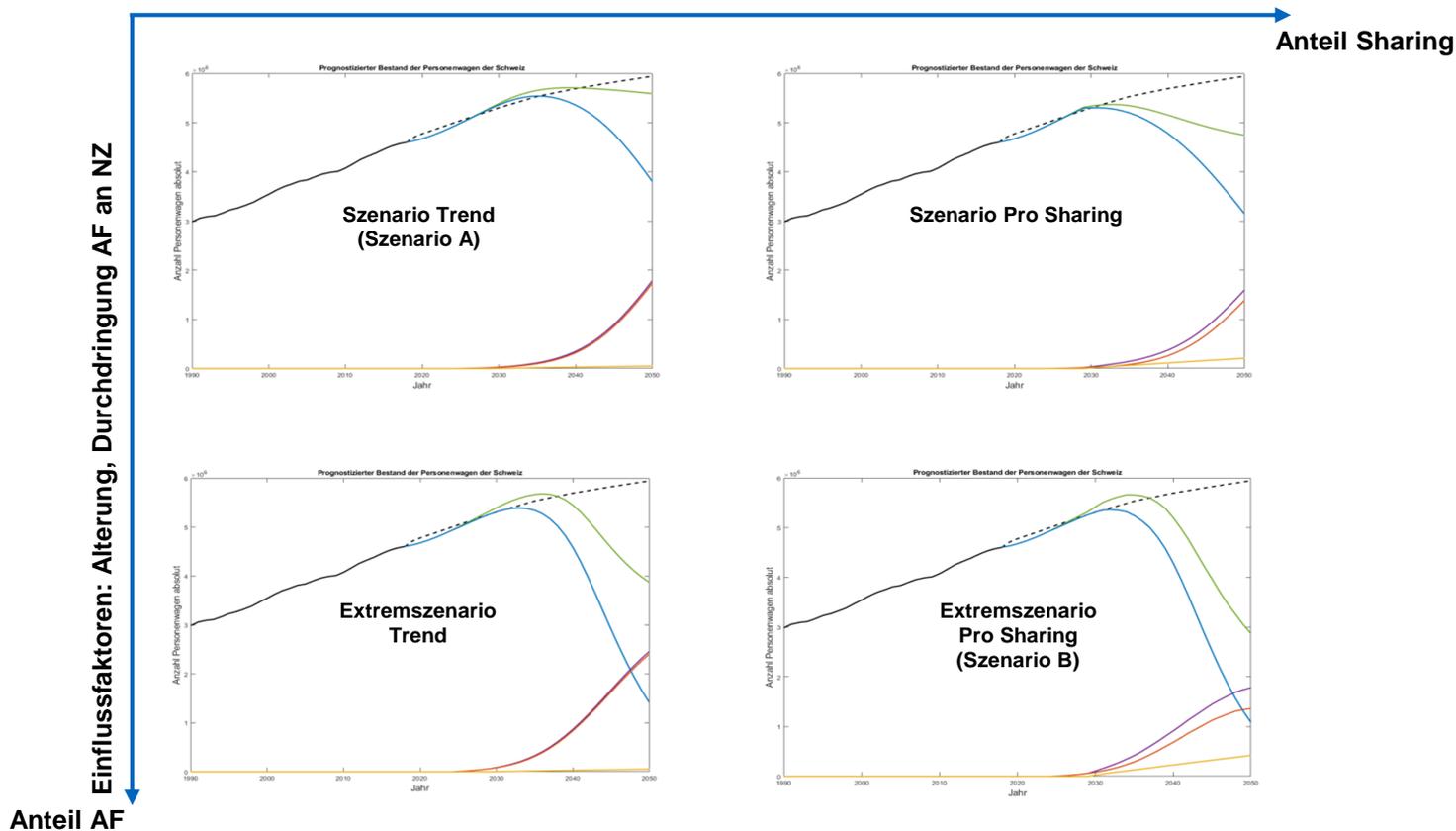
Quellen: BFS 2015, SECO 2015, Ecoplan 2015, Modellergebnisse NPVM (Mobilitätswerkzeuge).
p.a.: durchschnittliches jährliches Wachstum
%-P.: Prozentpunkte



Zeit- und räumliche Durchdringung von AF

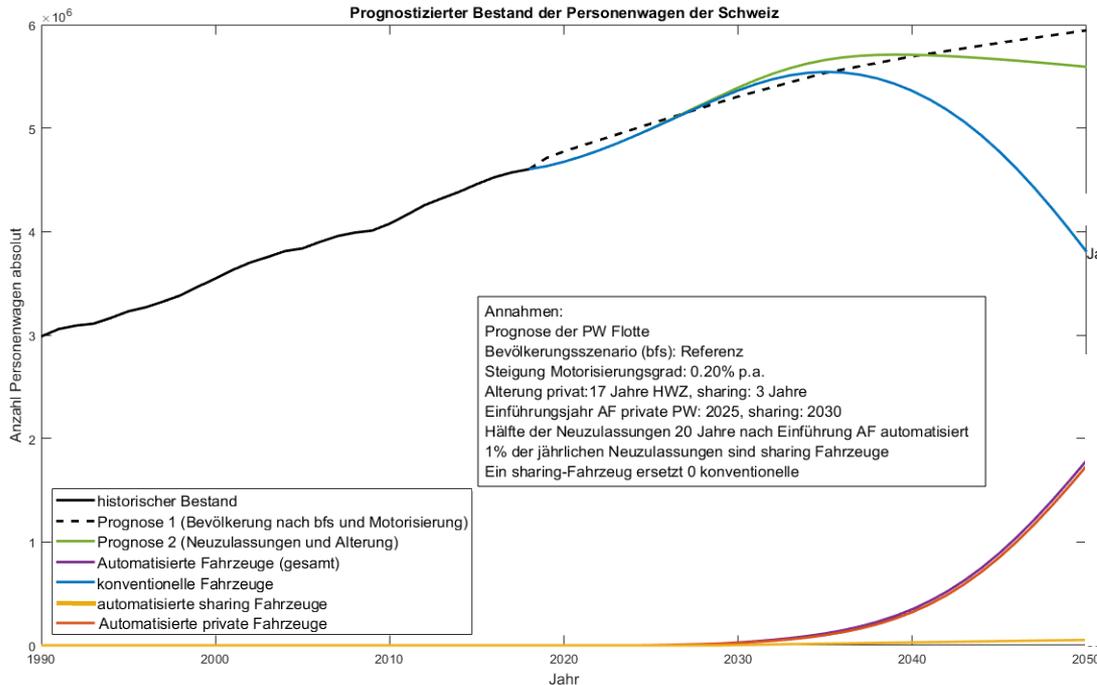
Prognose Fahrzeugbestand: Sensitivität

Einflussfaktoren: Anteil Sharing an NZ, Ersatzfaktor konventionelle Fz



Zeit- und räumliche Durchdringung von AF

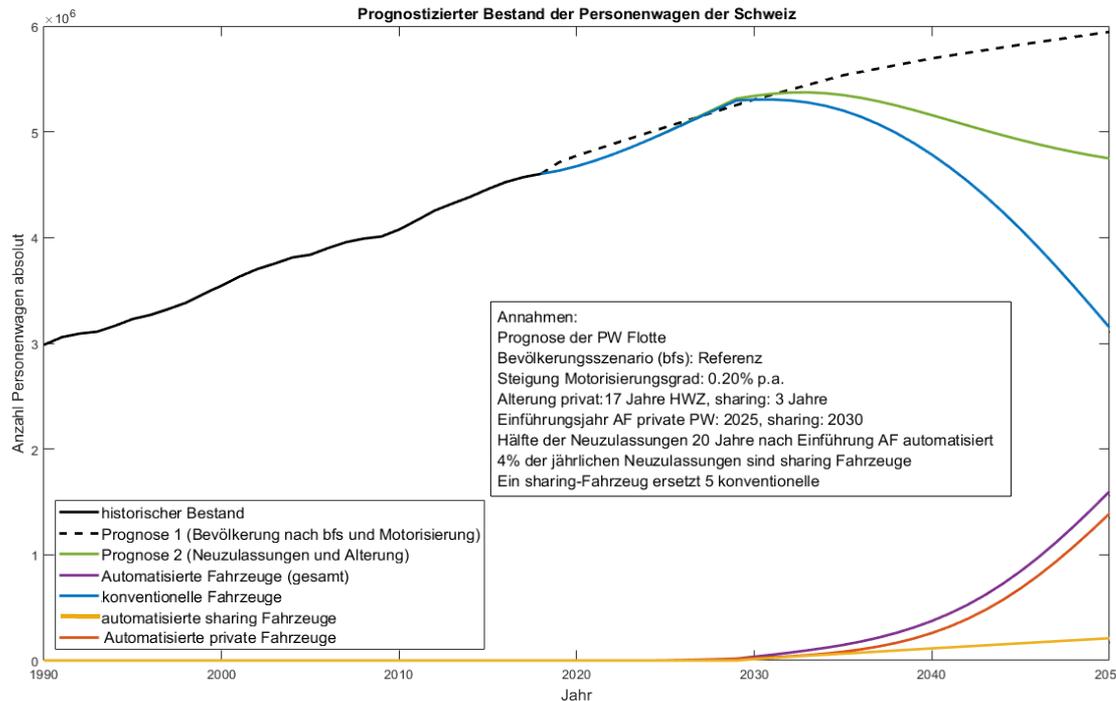
Prognose Fahrzeugbestand: Szenario Trend (Szenario A)



	2030	2040	2050
AF gesamt	0.5%	6.1%	32%
AF privat	<0.1%	5.6%	31%
AF sharing	0.5%	0.5%	1%

Zeit- und räumliche Durchdringung von AF

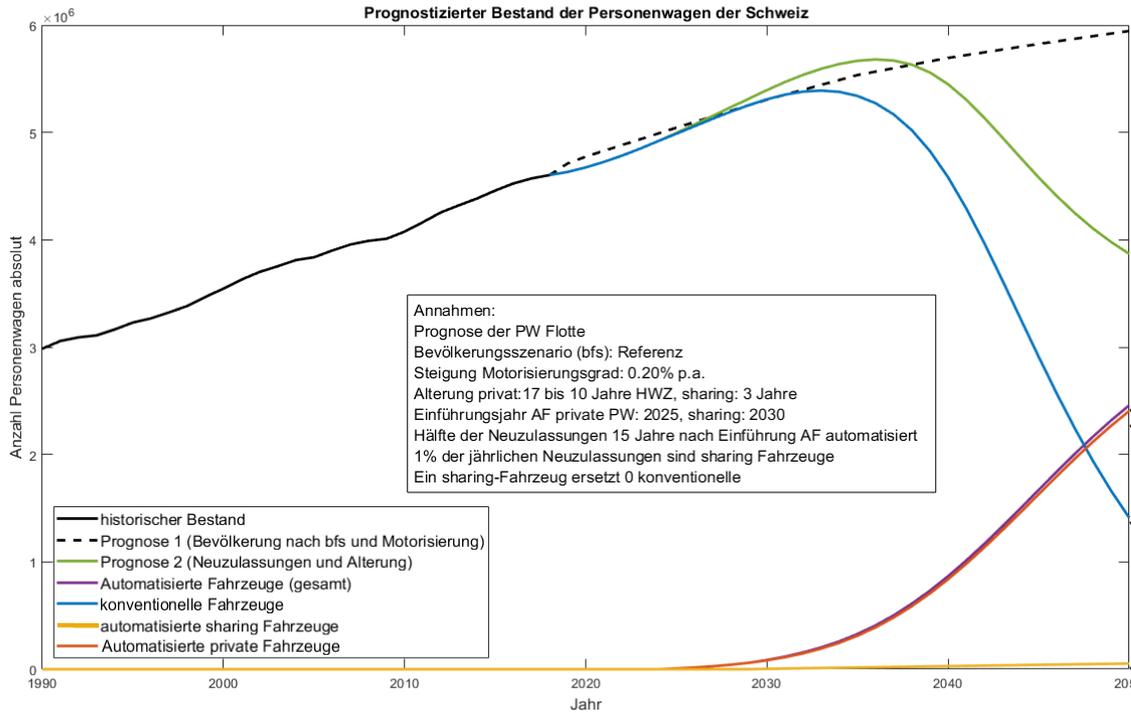
Prognose Fahrzeugbestand: Szenario Pro Sharing



	2030	2040	2050
AF gesamt	0.7%	7.2%	33.7%
AF privat	0.4%	5.0%	29.3%
AF sharing	0.2%	2.2%	4.4%

Zeit- und räumliche Durchdringung von AF

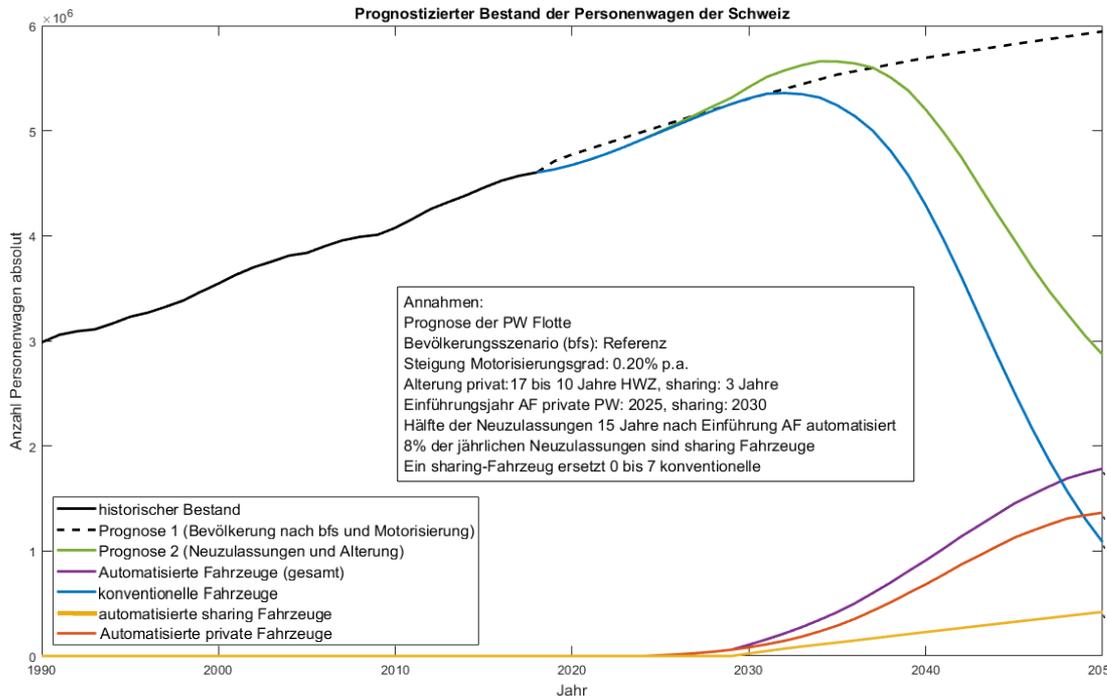
Prognose Fahrzeugbestand: Extremszenario Trend



	2030	2040	2050
AF gesamt	1.7%	15.9%	63.5%
AF privat	1.6%	15.4%	62%
AF sharing	0.1%	0.5%	1.4%

Zeit- und räumliche Durchdringung von AF

Prognose Fahrzeugbestand: Extremszenario Pro Sharing (Szenario B)

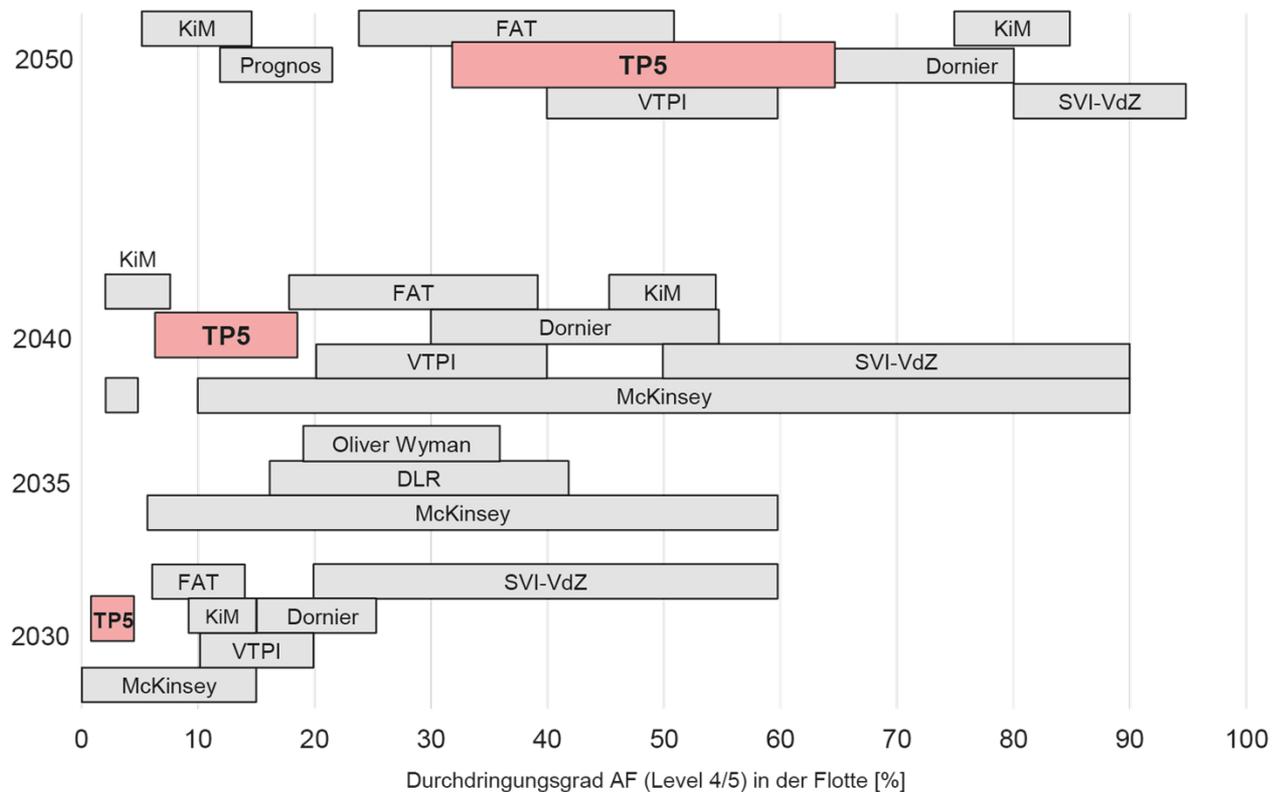


	2030	2040	2050
AF gesamt	2%	17.5%	62.2%
AF privat	1.5%	13%	47.6%
AF sharing	0.5%	4.4%	14.6%

Zeit- und räumliche Durchdringung von AF

Zentrale Ergebnisse / Vergleich mit anderen Studien

➤ **Ergebnisse Flottenmodell**

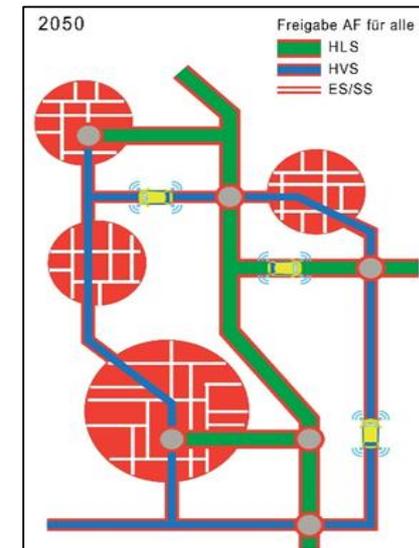
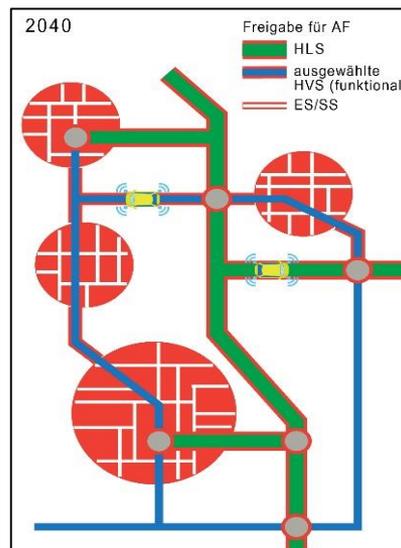
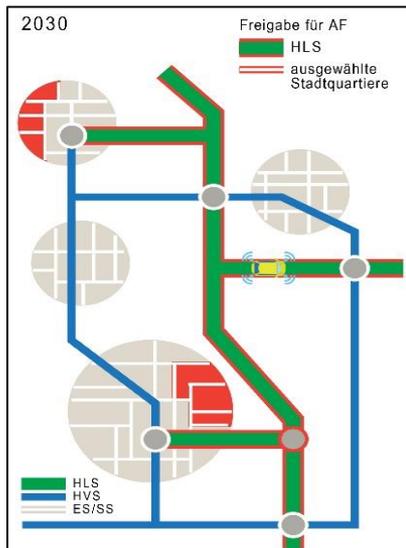


Zeit- und räumliche Durchdringung von AF

Freigabe Strassentyp je Zeitscheibe

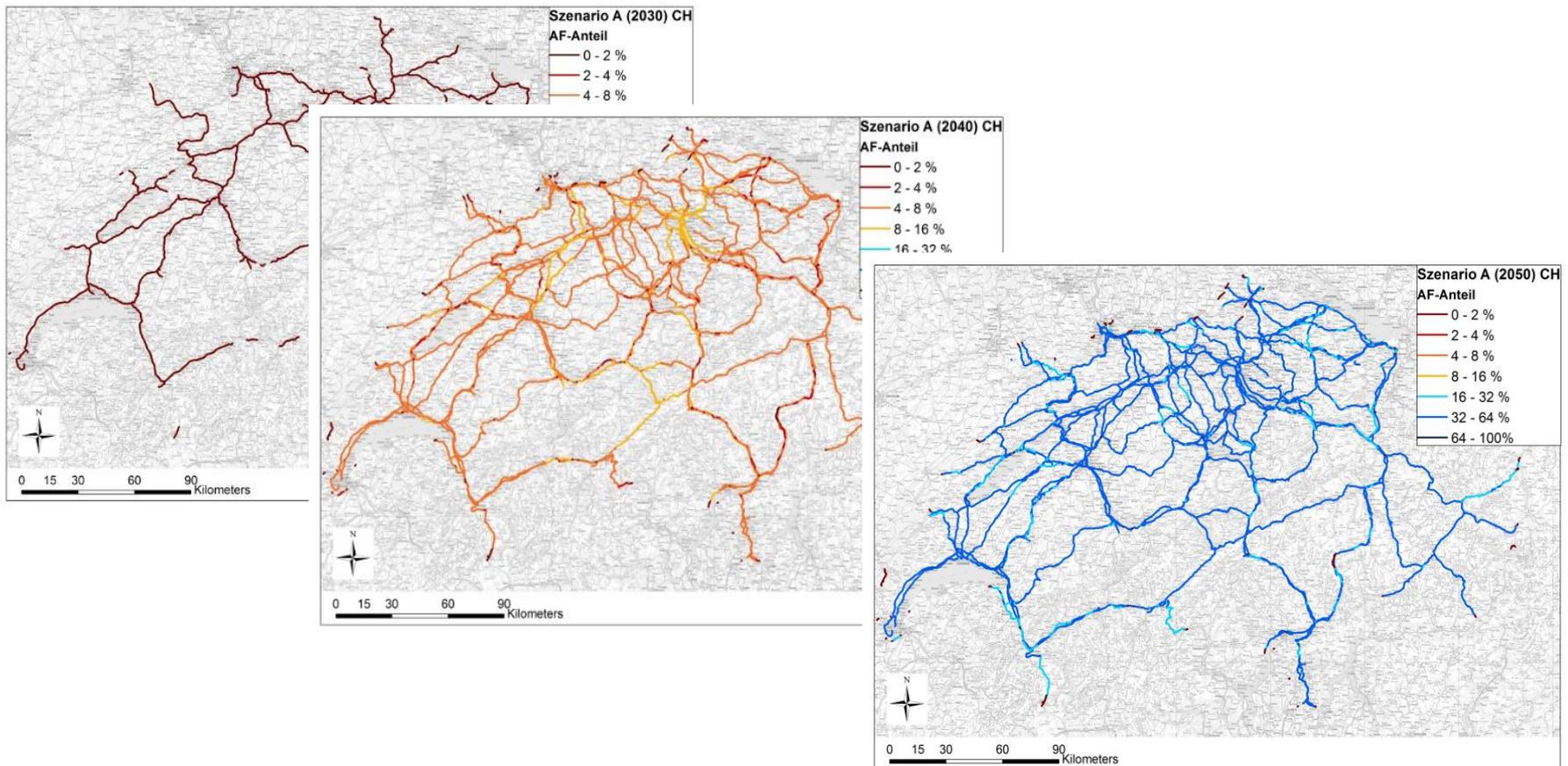
Strassentyp	Jahr	2020	2030	2040	2050
HLS (Autobahn)		✗	✓	✓	✓
HVS ausserorts (Landstrasse)		✗	✗	✓*	✓
ES/SS und HVS innerorts (Stadtstrassen)		✗	✓*	✓	✓

- ✓ vollumfängliche Nutzbarkeit AF-Level 4 in allen Räumen
- ✓* räumlich eingeschränkte Nutzbarkeit AF-Level 4 auf ausgewählten Relationen oder Gebieten
- ✗ Strassentyp ist für AF-Level 4 noch nicht nutzbar



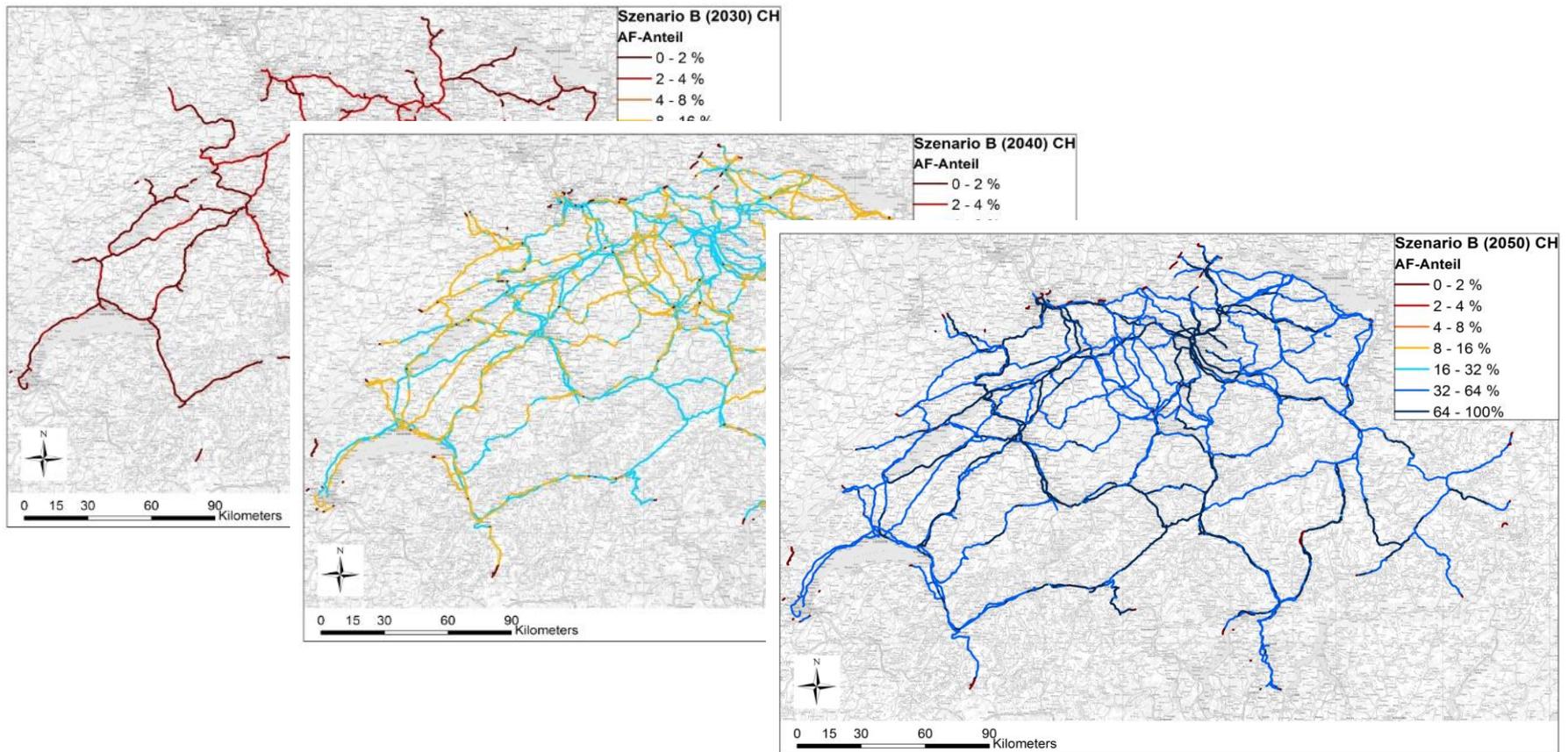
Zeit- und räumliche Durchdringung von AF

Räumliche Durchdringung AF (Szenario Trend), Szenario A



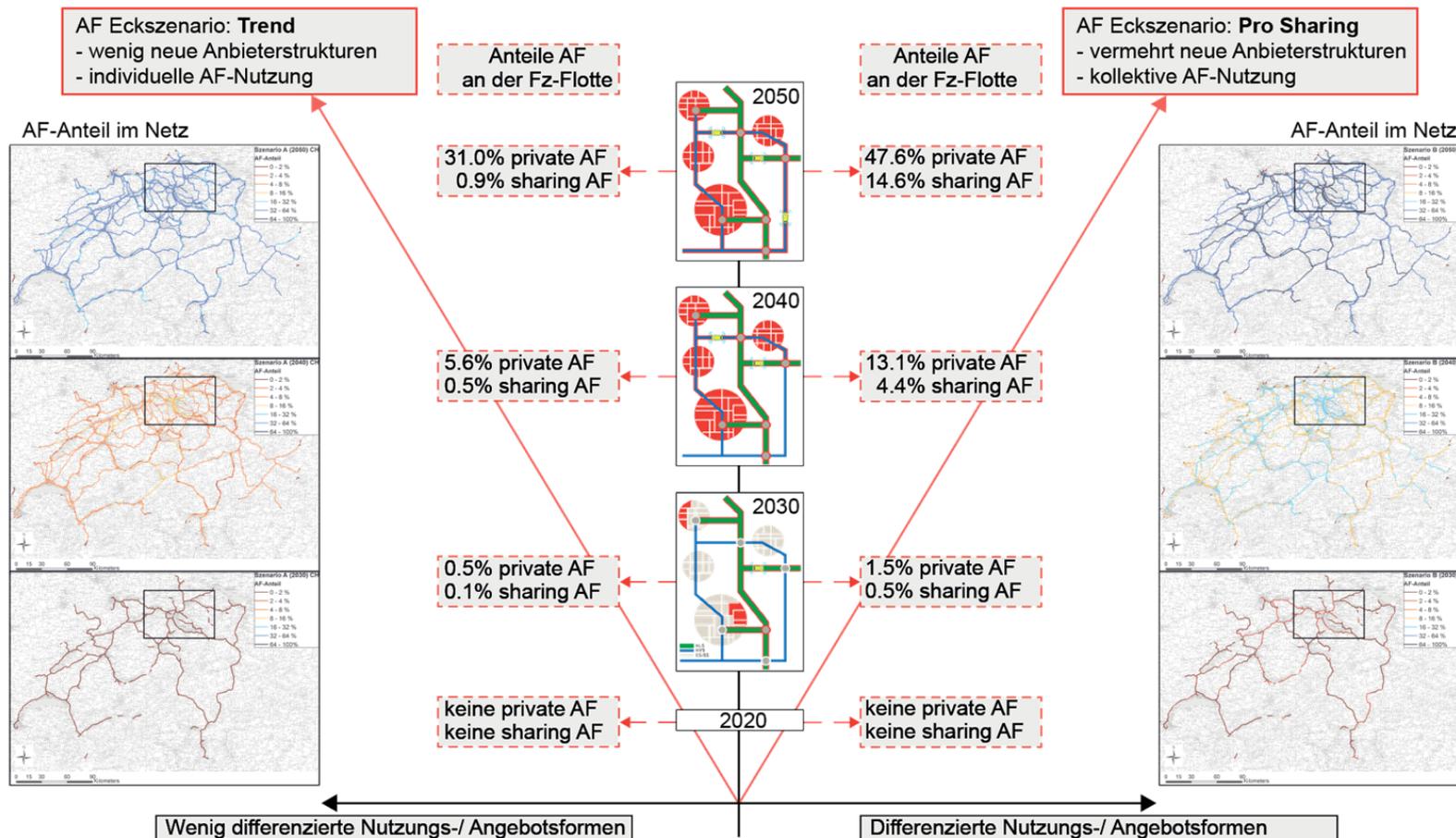
Zeit- und räumliche Durchdringung von AF

Räumliche Durchdringung AF (Extrem Szenario Pro sharing), Szenario B



Zeit- und räumliche Durchdringung von AF

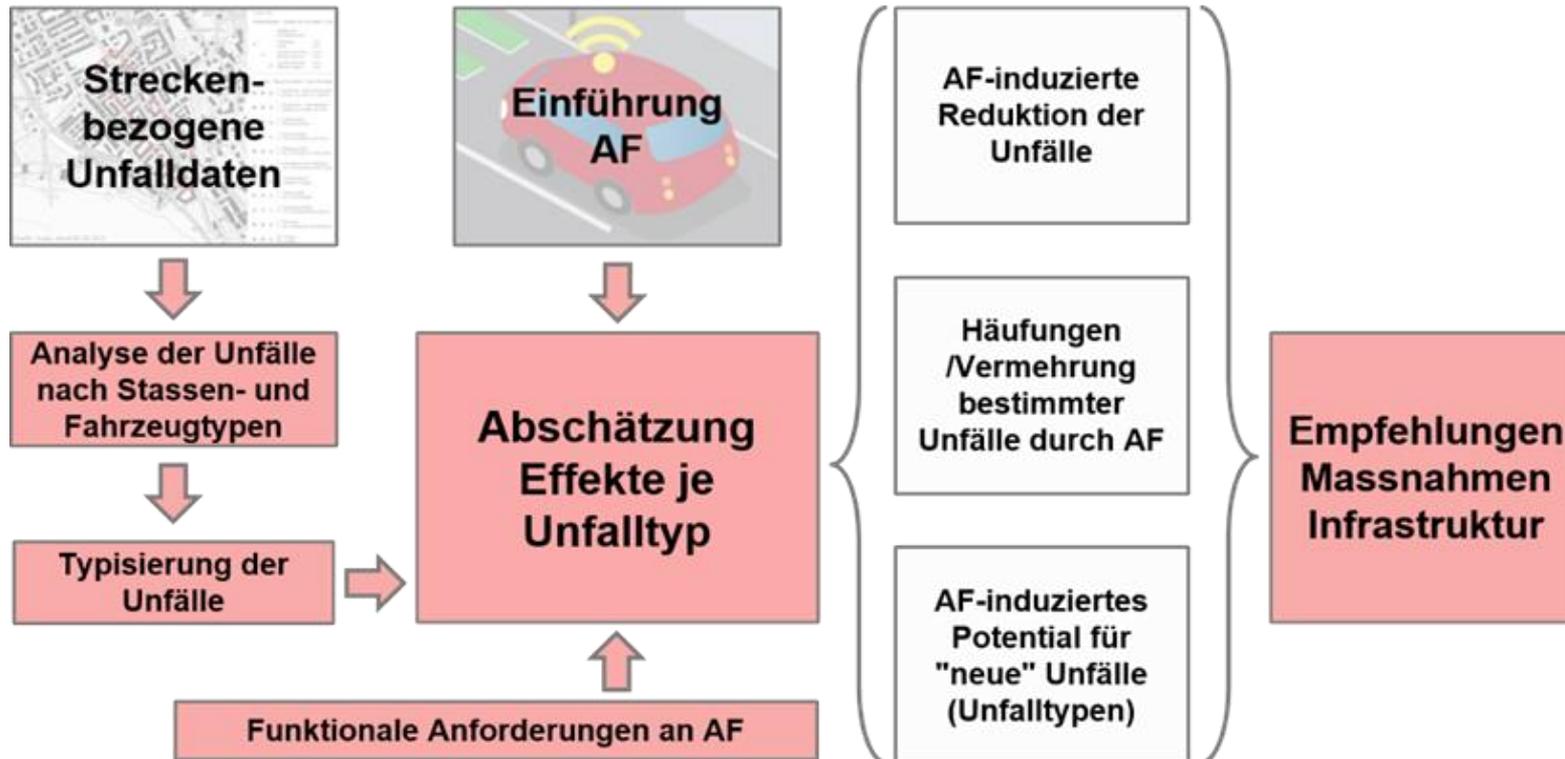
Zentrale Ergebnisse Migrationsszenarien



Sicherheit und Funktionsfähigkeit

Zentrale Ergebnisse

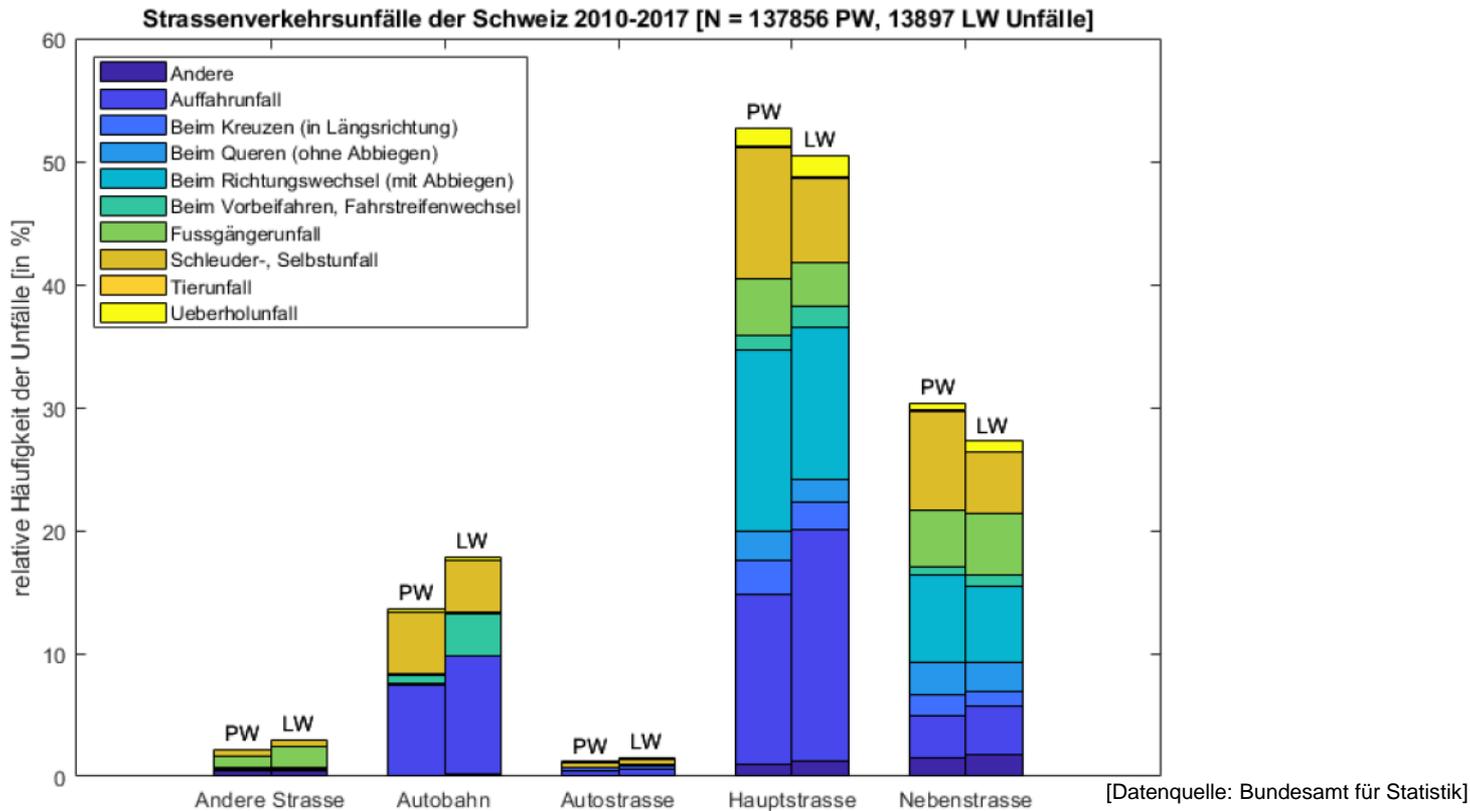
➤ Methodik Sicherheitsbewertung



Sicherheit und Funktionsfähigkeit

Zentrale Ergebnisse

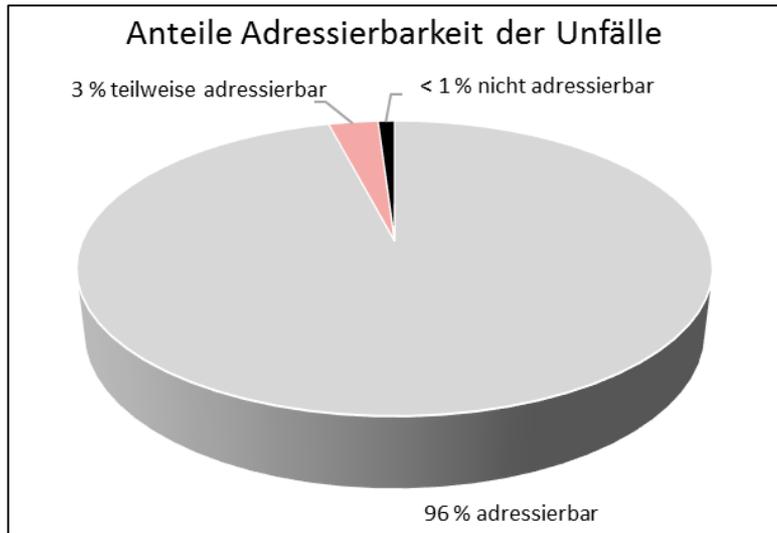
- Analyse Schweizer Unfalldaten nach Unfalltypen und Strassentypen



Sicherheit und Funktionsfähigkeit

Zentrale Ergebnisse

➤ Adressierbarkeit der historischen Unfälle durch AF

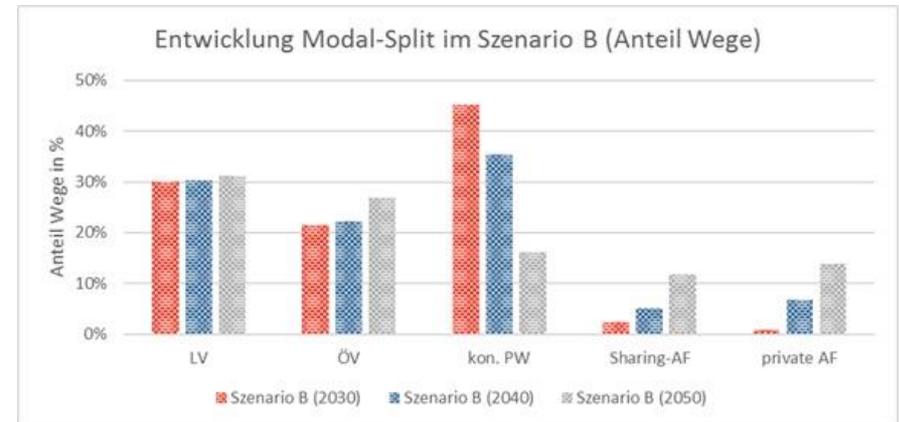
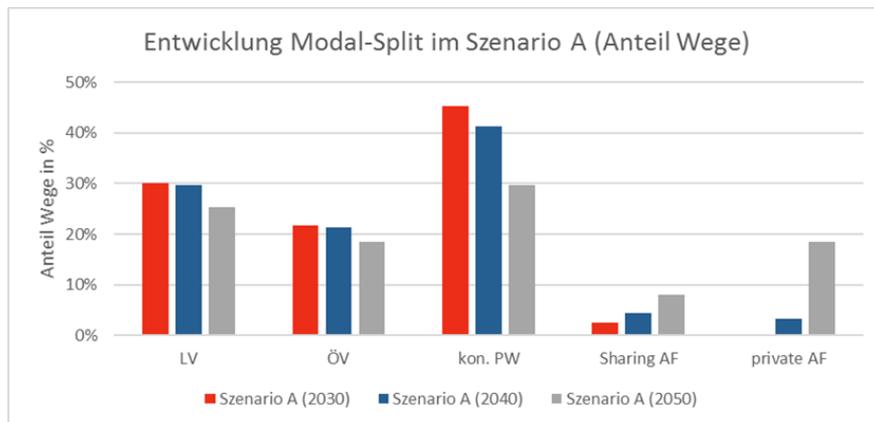


Mangel	voll adressierbar	teilweise adressierbar	nicht adressierbar
Beeinträchtigte Sicht des Lenkers (z.B. spätes Erkennen, Scheibe schlecht, Verdeckung)		X	
Ladung des Fahrzeugs (z.B. Verlieren von Ladung, Überladen, falsch Kuppeln von Anhängern)			X
Mangelhafte Bedienung des Fahrzeugs (z.B. falsche Zeichengabe, Nichtabblenden, ungenügendes Sichern beim Parken, Fahren ohne Licht, unvorsichtiges Öffnen der Tür)		X	
Missachten der Lichtsignale (z.B. Rotlichtverstoss etc.)	X		

Sicherheit und Funktionsfähigkeit

Zentrale Ergebnisse

- **Beispiel: Auswertung Modal-Split-Entwicklung des MATSim-Berechnung**
- Einfluss von AF auf den Modal-Split, insbesondere den ÖV-Anteil

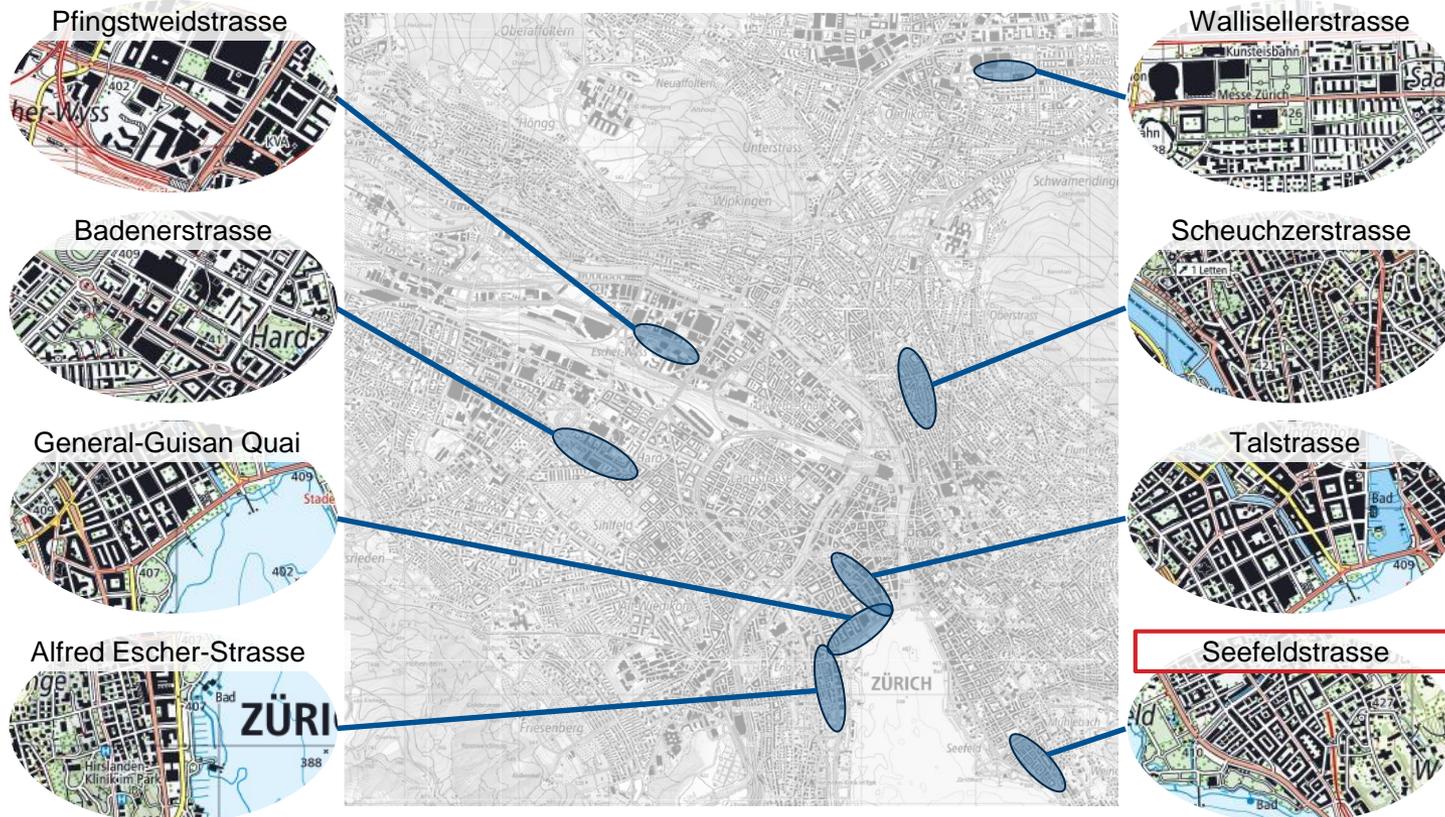


Quelle: Datengrundlage gemäss MATSim-Umlegung Juli 2019, IVT, ETH Zürich

- Rückgang des ÖV-Anteil im Szenario A durch Zunahme AF
- Zunahme des ÖV-Anteil im Szenario B durch massive Reduktion der Anteile konventioneller PW

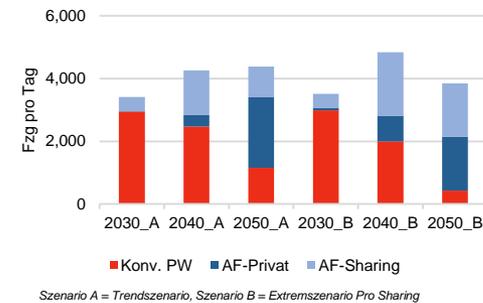
Sicherheit und Funktionsfähigkeit

Beispielstrecken in Zürich



Sicherheit und Funktionsfähigkeit

Beispiel Steckbrief: Seefeldstrasse (Sammelstrasse)



Charakteristik

- 50 km/h
- 1 + 1 FS
-
-

Nutzungen

- Wohnen
- Arbeiten
- Einkaufen
- Freizeit

Verkehrsmittel

Belastung pro Tag

- 3'600 Fzg
MATSim 2020
- Mischbetrieb
- Mischbetrieb
- 19'000 FG
Seefeldstr., Stadt ZH
- 5'000 Velo
Seefeldstr., Stadt ZH

Automatisierter MIV

Belastung pro Tag

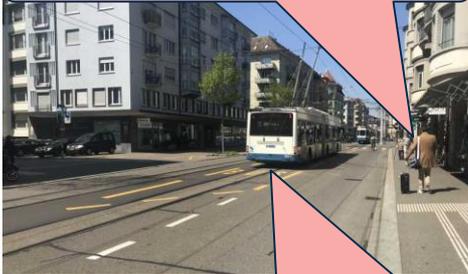
- 4'400 Fzg
MATSim Szenario A (2050)
- 3'200 AF
MATSim Szenario A (2050)
- davon 1'000 AF-Sharing
MATSim Szenario A (2050)
- 1'200 Konv. PW
MATSim Szenario A (2050)



Sicherheit und Funktionsfähigkeit

Seefeldstrasse: Beschrieb heutige Aufgaben (Funktionalität)

Fussgängerführung
(längs und quer)



ÖV im Mischbetrieb
(Tram und Bus)

Veloführung im Mischverkehr
(längs und quer)



Parkierungsmöglichkeiten (längs)

MIV-Führung im Mischverkehr
(längs und quer)



diverse Randnutzungen



Erschliessung Garagen



Haltestellen ÖV



Ver- und Entsorgung
(z.B. Müllabfuhr)

Sicherheit und Funktionsfähigkeit

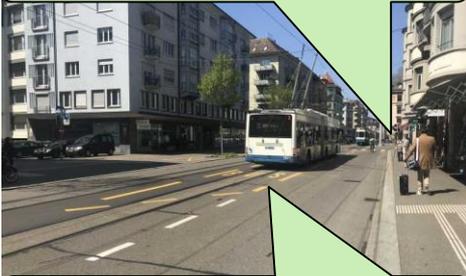
Seefeldstrasse: AF-Einfluss auf die Funktionalität (betrieblicher Ablauf)



Sicherheit und Funktionsfähigkeit

Seefeldstrasse: Anforderungen/Anpassungsbedarf bzgl. Infrastruktur

Bereitstellung zusätzlicher
FG-Flächen



Anpassung Markierung und
Optimierung Verkehrsfläche

neue digitale Kommunikations-systeme
(Mischverkehr mit Velo)



Bereitstellung zusätzlicher Flächen für
neue Angebotsformen

Reduktion von Flächen



neues Konzept zur
Strassenrandnutzung

Bereitstellung zusätzlicher Flächen für
Eigentümer



neue Strassenausrüstung
(z.B. Road Side Units)



neue digitale Kommunikations-systeme
im Mischverkehr



Sicherheit und Funktionsfähigkeit

Handlungsempfehlungen nach Strassentypen und Zuständigkeiten (1. Priorität)

Themenfelder	Beschreibung der unterschiedlichen Aspekte je Themenfeld	Strassentyp		Zuständigkeit / Lead		
		HLS	städt. Strasse	Bund	Kanton/ Stadt	Dritte
Zulassung/ Freigabe AF	Strassenfreigabe für AF			x		
	Festlegung Freigabe für Nutzergruppen (bspw. Kinder)			x		x
	Erstellen von HD-Karten			(x)	(x)	x
	Festlegung der zeitlichen Reihenfolge für die Umsetzung von erforderlichen Anpassungen an der Infrastruktur	x	x	x	x	
AF- Übergabe- perimeter	Gestaltung der Schnittstellen erarbeiten	x	x	x	x	
	Lage der Schnittstellen HLS-HVS definieren	x		x	(x)	
	Lage der Schnittstellen im städtischen Netz definieren		x	x		
	Festlegung zukünftiger Fahrstreifenbreiten	x	x	x	x	x
	Anzahl, Geometrie und räumliche Verteilung von Parkplätzen (PP) festlegen		x		x	
	Flächenzuteilung für neuartige Angebotsformen, insbesondere für nicht automatisierte Fz. des LV klären (Ziel: verhaltenshomogene Verkehrsformen bündeln)		x		x	
	Anpassungen bzw. Ergänzungen der bestehenden Normierung	x	x	x		x

Bericht

Forschungsbericht ASTRA verfügbar unter:

<https://www.mobilityplatform.ch/de/research-data-shop/product/1684>



Vielen Dank für Ihr Interesse!



Kontakt

Sabine Krause

sabine.krause@tum.de

Marco Richner

marco.richner@moveing.ch