

Verkehrliche Auswirkungen und Infrastrukturbedarf

Zusammenfassung des Teilprojektes ASTRA
2018-002

Presentation

Author(s):

[Livingston, Clarissa](#) ; Hörl, Sebastian; Baumberger-Fischer, R.; Bruns, Frank; [Axhausen, Kay W.](#) 

Publication date:

2021-09

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-b-000505168>

Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

Bevorzugter Zitierstil für diesen Vortrag

Livingston, C. V., Hörl, Dr. S., Baumberger-Fischer, R., Bruns, F. und Axhausen, Prof. Dr. K. W. (2021)
Zusammenfassung des Teilprojektes ASTRA 2018-002: Verkehrliche Auswirkungen und
Infrastrukturbedarf, Fachtagung Forschung ASTRA-SVI 2021, Bern, 06. September 2021

Zusammenfassung des Teilprojektes ASTRA 2018-002: Verkehrliche Auswirkungen und Infrastrukturbedarf



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



Aufgabenstellung

Mit dem Teilprojekt „Verkehrliche Auswirkungen und Infrastrukturbedarf“ wurden folgende Aspekte untersucht:

- Welche quantitativen verkehrlichen Folgen hat das automatisierte Fahren für den Personen- und Güterverkehr* in der Schweiz bis zum Jahr 2050?
- Wie verändern sich Fahr- und Verkehrsleistung durch automatisierte Fahrzeugen (AF) unter Berücksichtigung zweier Nutzungsszenarien?
- Wie verändern sich dabei die Engpässe auf dem Strassennetz, sowohl auf der Nationalstrasse als auch auf dem Gemeinde- und Kantonsstrassennetz (exemplarisch)?

* Es wurde nur der strassengebundene schwere Güterverkehr im Modell berücksichtigt.

Abgebildete Entscheidungen

Dynamische und agentenbasierte Modellierung des Verkehrs mithilfe von MATSim unter Berücksichtigung wesentlicher Stufen:

- Verkehrsmittelwahl → Ja
- Routenwahl → Ja
- Veränderung Abfahrtszeiten → Ja (sofern implizit in der Routenwahl und Verkehrsmittelwahl)
- Zielwahlveränderungen → Nein
- Induzierter Verkehr (zusätzliche Wege) → Nein
- Leerfahrten von privaten AF → Nein
- Taxi-AF (Einzelbelegung) mit Leerfahrten → Ja

Szenarien

Betrachtung von unterschiedlichen Szenarien des Forschungspaketes:

- **Referenzszenario** mit unverändertem Mobilitätsverhalten
- **Szenario A** „Individuelle und monomodale Nutzungsformen“
- **Szenario B** „Kollektive und multimodale Nutzungsformen“

Modelltechnisch unterscheiden sich die Szenarien A und B ausschliesslich hinsichtlich des angenommenen Privatfahrzeugbesitzes bzw. des **Zugangs zu einem Privatfahrzeug**.

Für das Jahr 2050 wird in allen Szenarien angenommen, dass eine **Senkung der ÖV-Preise** von 20% auf der Schiene und 40% auf der Strasse umgesetzt wird. Grund dafür sind weitergegebenen Kosteneinsparungspotenziale infolge der Automatisierung.

Tabelle 1: Schlüsselmerkmale der mit MATSim simulierten Szenarien

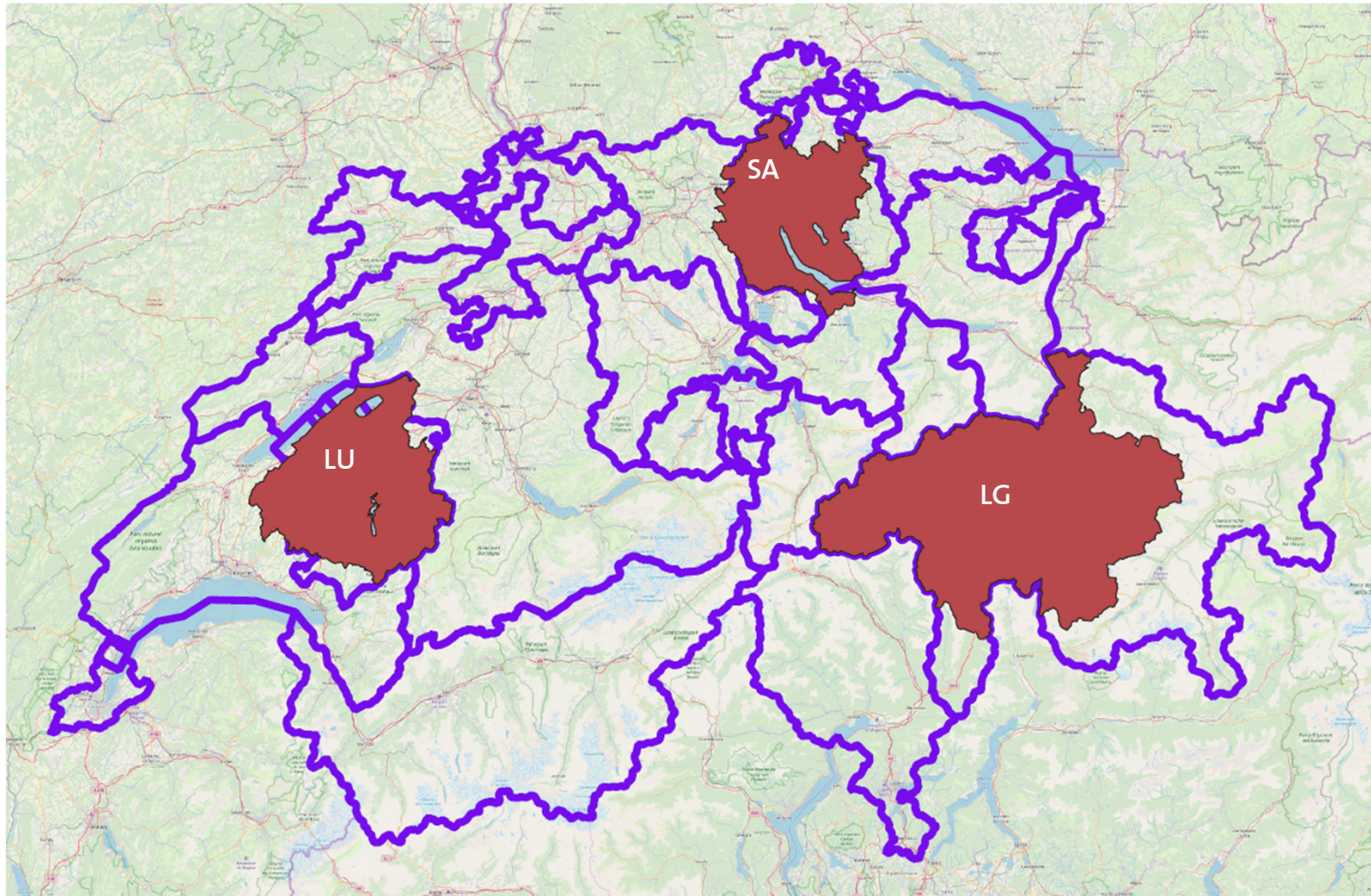
Szenarien	Verfügbare AF	Rate des Privatfahrzeugbesitzes	Berechnete Jahre	Betrachtete Regionen ***
Referenzszenario	keine	heutige	2020, 2030, 2040, 2050*	Schweiz, Analyseregion
Szenario A, <i>ohne</i> AF-Taxis	Private PW, LKW	heutige	2030, 2040, 2050*	Schweiz, Analyseregion
Szenario A, <i>mit</i> AF-Taxis	Private PW, Taxis, LKW	heutige	2030, 2040, 2050*	Nur Analyseregion
Szenario B, <i>ohne</i> AF-Taxis	Private PW, LKW	Extremer und nicht-linearer Rückgang**	2030, 2040, 2050*	Schweiz, Analyseregion
Szenario B, <i>mit</i> AF-Taxis	Private PW, Taxis, LKW	Extremer und nicht-linearer Rückgang**	2030, 2040, 2050*	Nur Analyseregion

*In 2050 wird in allen Szenarien eine ÖV-Preisreduktion von 20% (Scheine) und 40% (Strasse) angenommen.

**Prozentualer Rückgang gegenüber 2020 in 2030 beträgt 0%, in 2040 beträgt 12.5%, und in 2050 beträgt 55.8%.

***Alle Szenarien wurden mit einer 25% Stichprobe der Gesamtbevölkerung berechnet.

Abbildung 1: Übersicht der Analyseregionen



Raumtypen:
SA: Stadt/Agglomeration
LG: ländlich gerichtet
LU: ländlich ungerichtet

Tabelle 2: Freigabe für den automatisierten Betrieb

Jahr	2020	2030	2040	2050
Kategorie OpenStreetMap (OSM)	keine Freigabe	city shapes**, motorway, trunk	city shapes**, motorway, trunk, primary, freespeed $\leq 13.8\text{m/s}$	alle Links
entspricht <u>etwa</u> *:	keine Freigabe	Stadtgebiet**, HLS 120 km/h, HLS 80-100 km/h	Stadtgebiet**, HLS 120 km/h, HLS 80-100 km/h, HVS, Innerortsstrassen	alle Strassen

* OSM-Kategorien sind international und entsprechen nicht zwingend der Schweizer Strassenklassifizierung

** Durch Teilprojekt 5 auf GIS-Basis definiert und von Teilprojekt 2 in MATSim umgesetzt.

Tabelle 3: Automatisierte Privatfahrzeuge: Annahmen

	Konventionelle Privatfahrzeuge	Automatisierte Privatfahrzeuge
Passenger Car Unit (PCU) - <i>Personenwageneinheit</i> HLS T120 / HLS T100 / Untergeordnetes Netz T80 / Untergeordnetes Netz T50	1.00 (alle)	0.83 / 0.77 / 0.83 / 0.80 *
Value of Time (VOT) - <i>Zeitkosten</i>	31.90 CHF/h	17.14 CHF/h
Durchdringung an Gesamtflotte 2030	99.5%	0.5%
Durchdringung an Gesamtflotte 2040	94.4%	6.6%
Durchdringung an Gesamtflotte 2050	68.7%	31.3%

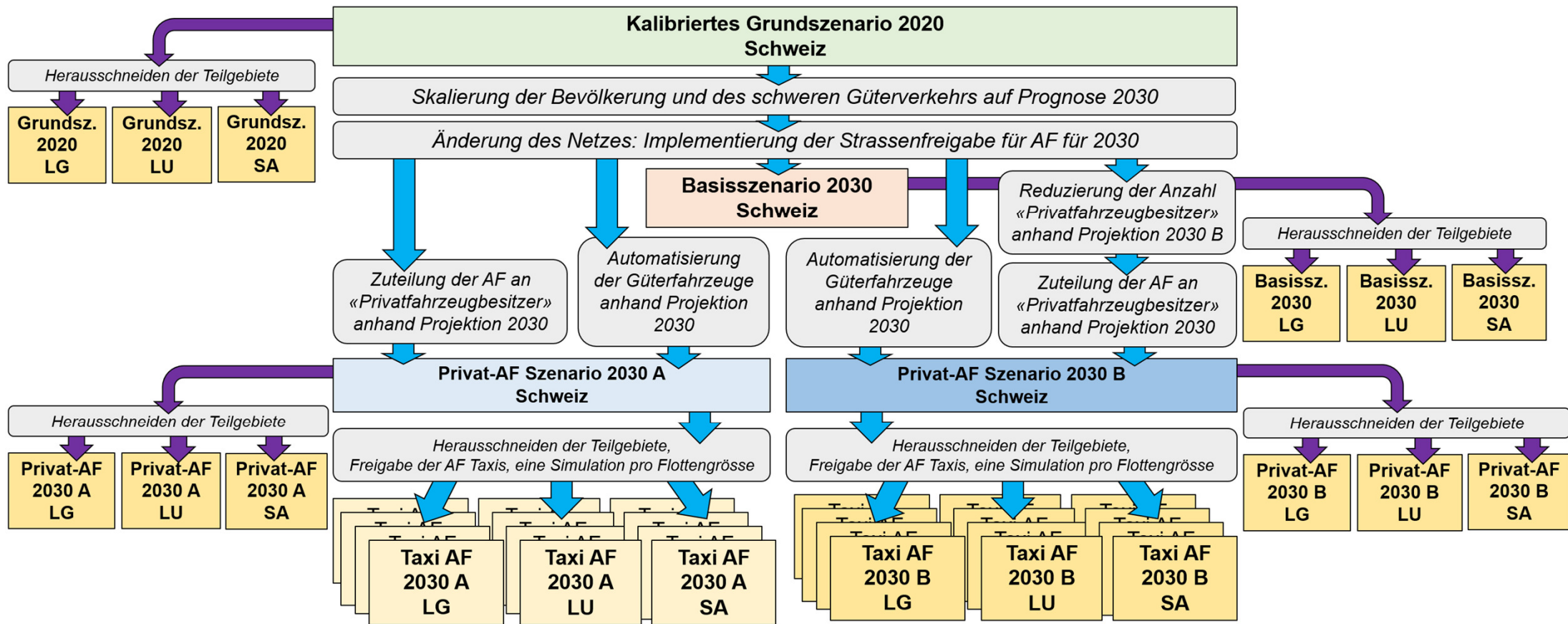
* Festgelegt auf Basis von mikroskopischen Verkehrsmodellen (Stand 2019).

Tabelle 4: Automatisierte Güterfahrzeuge: Annahmen

	Konventionelle Güterfahrzeuge	Automatisierte Güterfahrzeuge
Passenger Car Units (PCU) HLS T80 / Untergeordnetes Netz T80 / Untergeordnetes Netz T50	4.00 (alle)	3.08 / 3.33 / 3.20 *
Durchdringung an Gesamtflotte 2030	99.4%	0.6%
Durchdringung an Gesamtflotte 2040	92.7%	7.3%
Durchdringung an Gesamtflotte 2050	60.9%	39.1%

* Festgelegt auf Basis von mikroskopischen Verkehrsmodellen (Stand 2019).

Abbildung 2: Übersicht Szenarioaufbau am Beispiel 2030



Ergebnisse der Simulationen (MATSim)

Abbildung 3: Ländlich Ungerichtet (LU, Fribourg)

Fahrleistung, Verteilung auf die Verkehrsmittel in Mio. Fzkm auf der Strasse

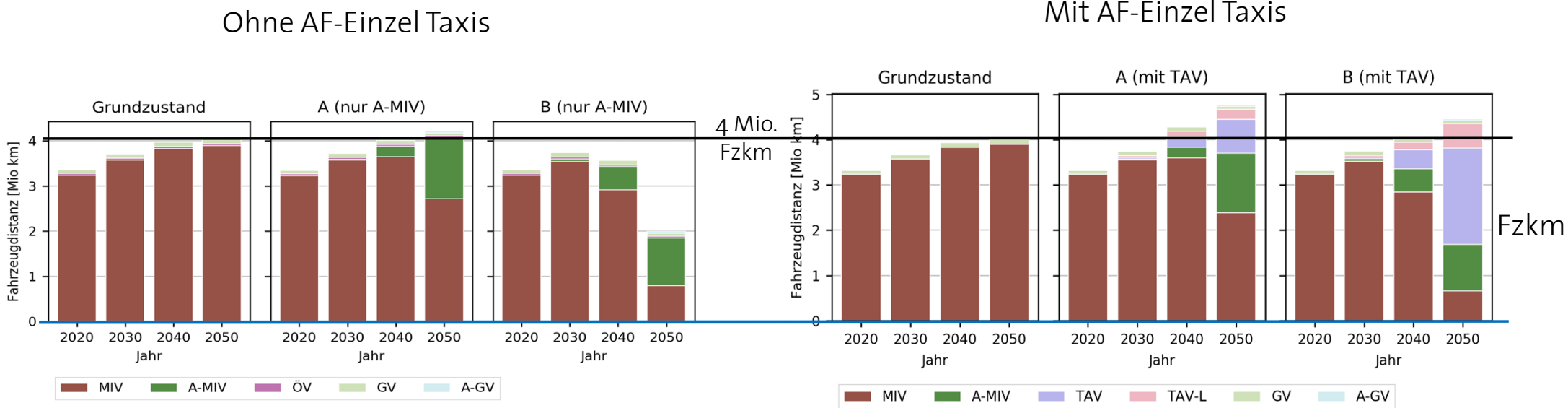


Abbildung 4: Stadt und Agglomeration (SA, Zürich)

Fahrleistung, Verteilung auf die Verkehrsmittel in Mio. Fzkm auf der Strasse

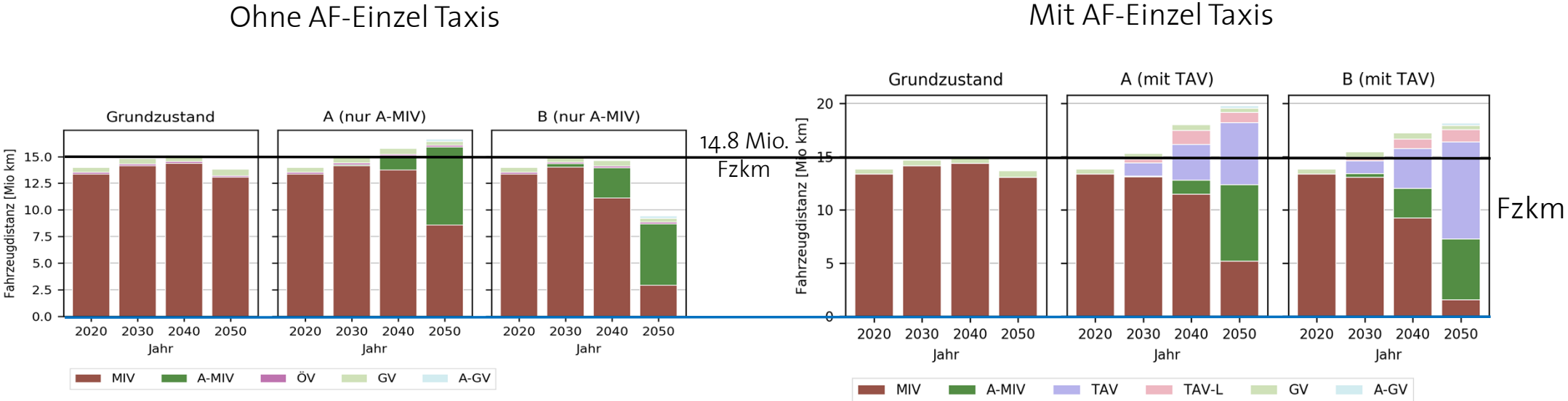
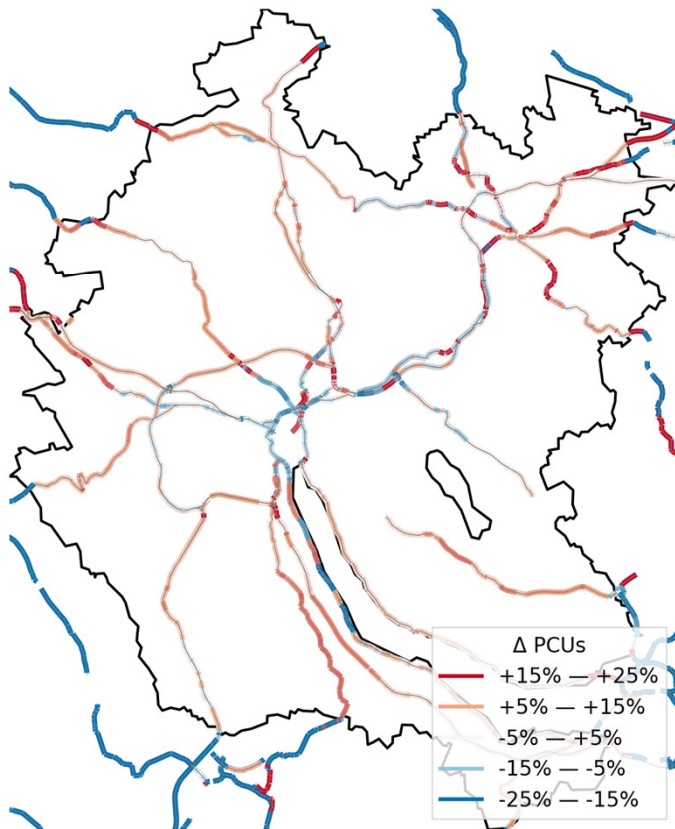
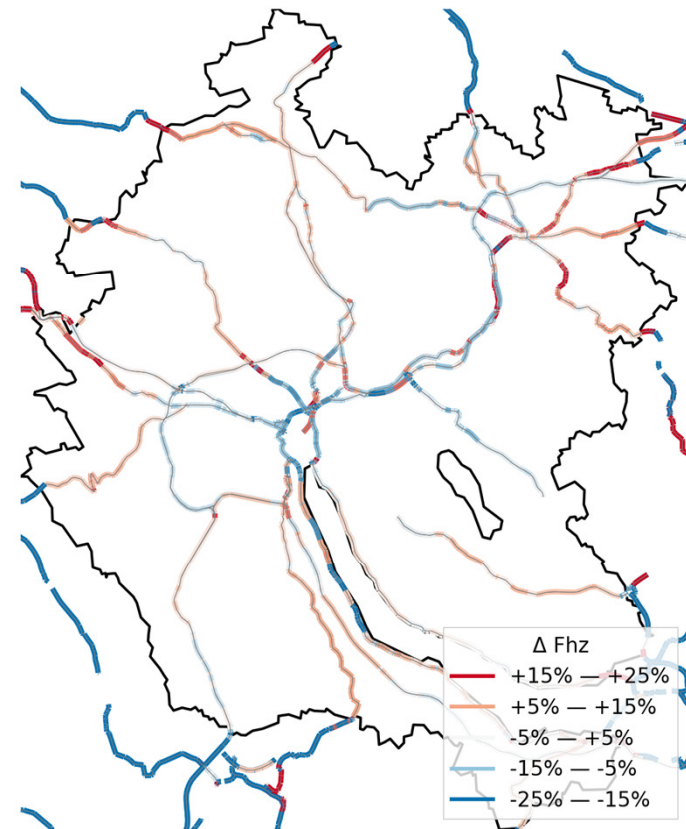


Abbildung 5: Stadt und Agglomeration (SA), Referenzszenario 2050 Veränderung PCU und DWV auf OSM-Kategorie „Motorway“



in PCU/Tag

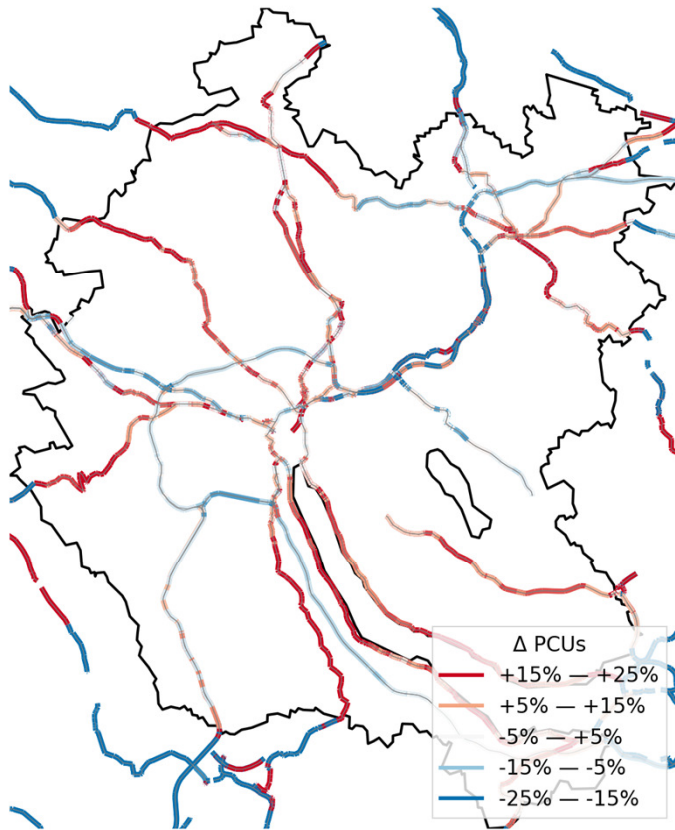
Veränderungen
ggü. Jahr 2020



in Fahrzeugen/Tag

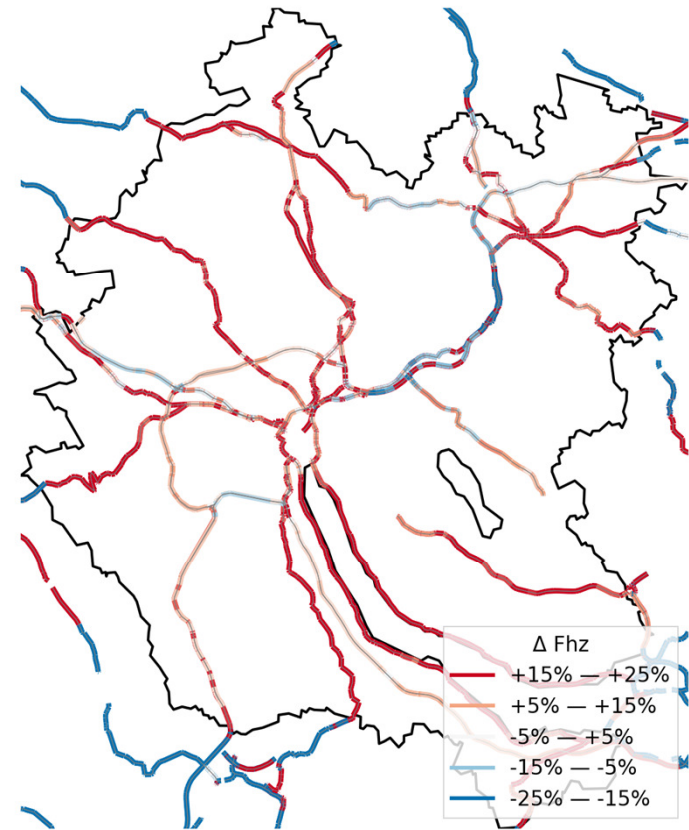
Abbildung 6: Stadt und Agglomeration (SA), Szenario A 2050 mit privaten AF ohne AF-Einzel-Taxis

Veränderung PCU und DWV auf OSM-Kategorie „Motorway“



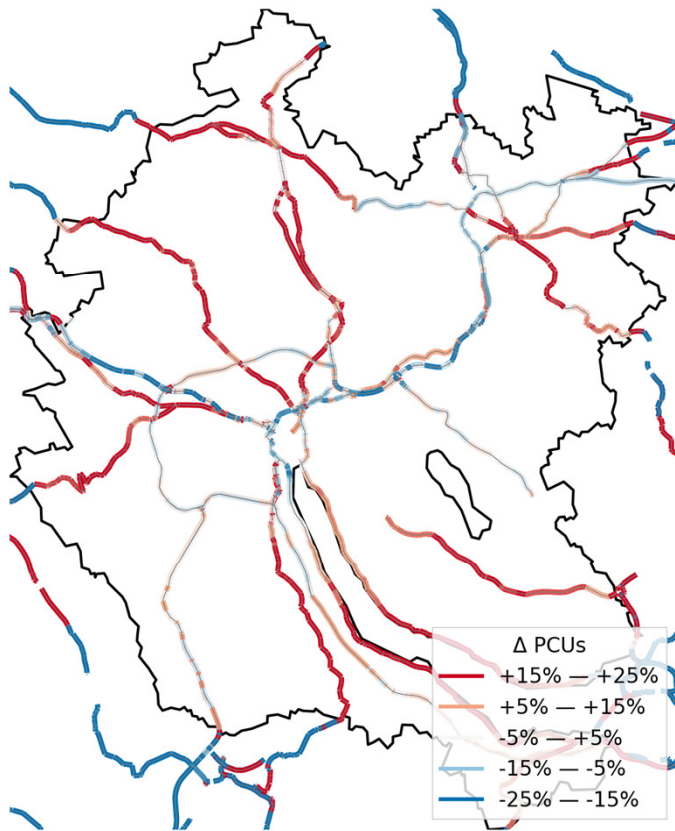
in PCU/Tag

Veränderungen
ggü. Jahr 2020



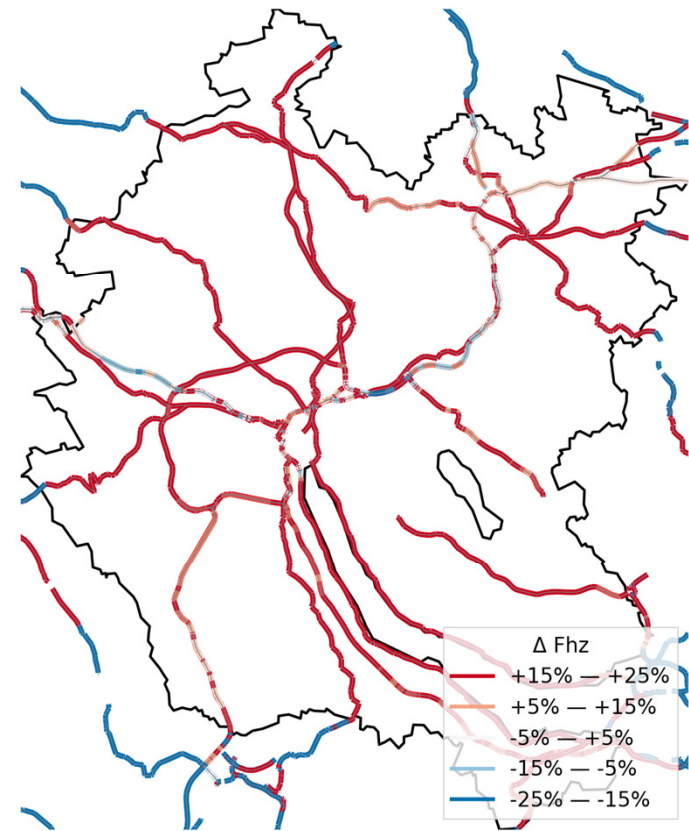
in Fahrzeugen/Tag

Abbildung 7: Stadt und Agglomeration (SA), Szenario A 2050 mit privaten AF mit AF-Einzel-Taxis, Veränderung PCU und DWV auf OSM-Kategorie „Motorway“



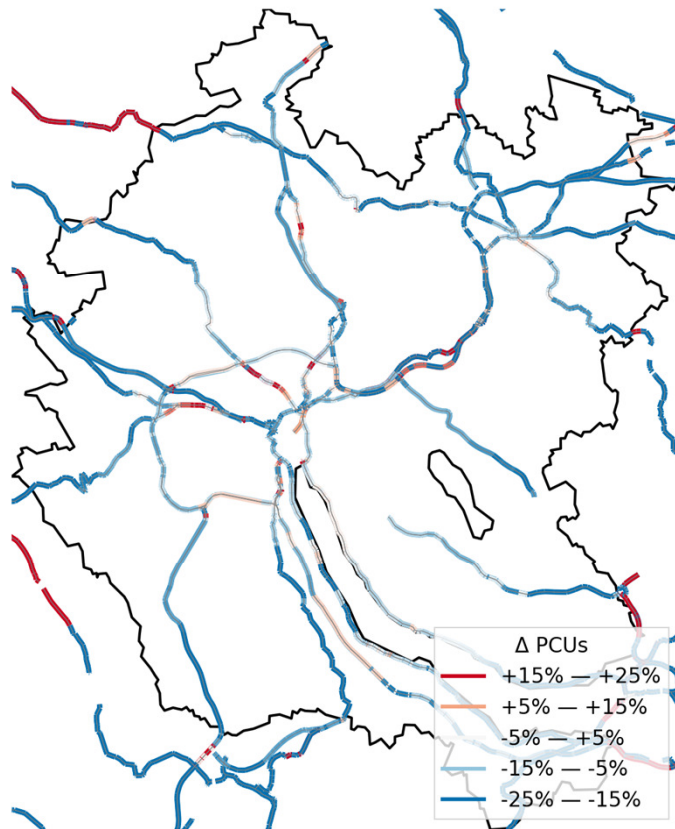
in PCU/Tag

Veränderungen
ggü. Jahr 2020



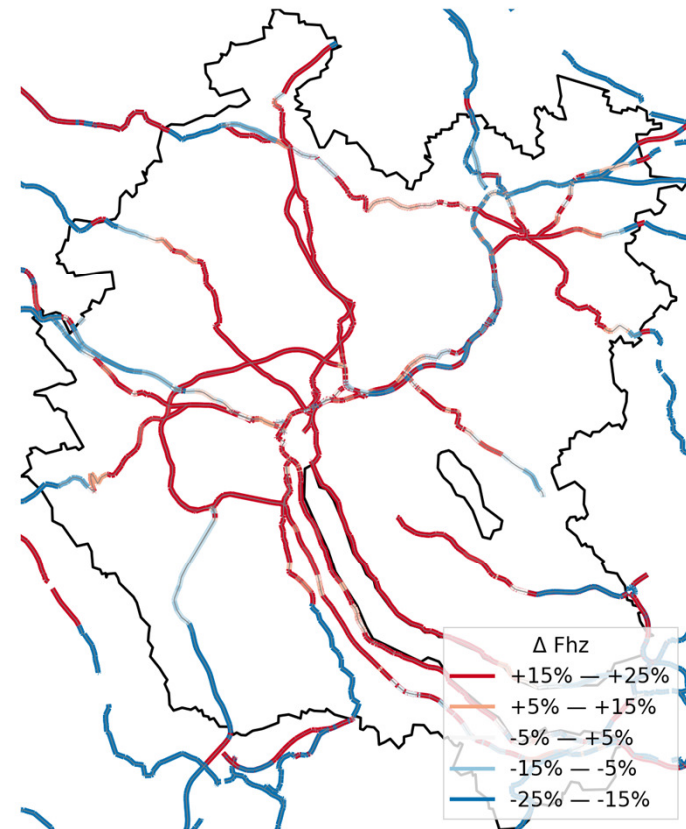
in Fahrzeugen/Tag

Abbildung 8: Stadt und Agglomeration (SA), Szenario B 2050 mit privaten AF mit AF-Einzel-Taxis, Veränderung PCU und DWV auf OSM-Kategorie „Motorway“



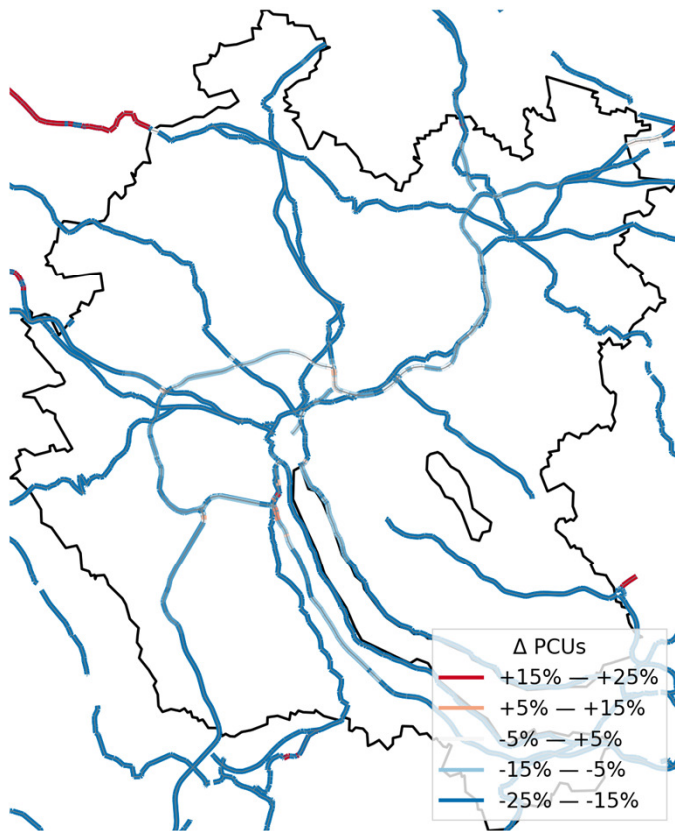
in PCU/Tag

Veränderungen
ggü. Jahr 2020



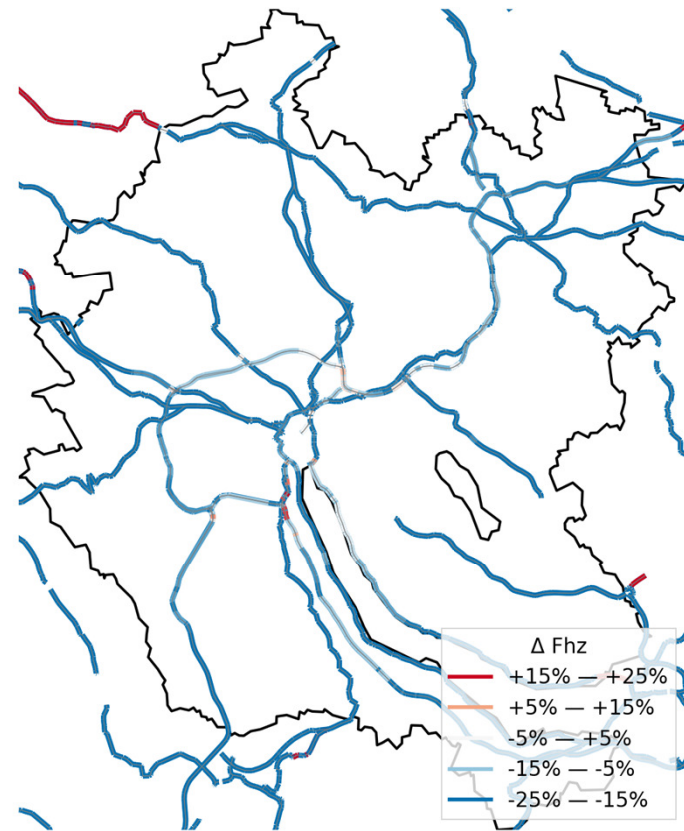
in Fahrzeugen/Tag

Abbildung 9: Stadt und Agglomeration (SA), Szenario B 2050 mit privaten AF ohne AF-Einzel-Taxis, Veränderung PCU und DWV auf OSM-Kategorie „Motorway“



in PCU/Tag

Veränderungen
ggü. Jahr 2020



in Fahrzeugen/Tag

Tabelle 5: Durchgeführte Sensitivitätsanalysen

Sensitivitätsanalyse	Berechnete Jahre	Betrachtete Szenarien & Regionen
1: Keine ÖV-Preissenkung	2050	A und B für: Schweiz, jede Analyseregion
2: Höhere Zeitkosten (VOT) für AF	2050	A und B für: Schweiz, jede Analyseregion
3: Pooling-Schwellenwertanalyse - Unter welche Bedingungen wird gepoolt?	2050	A und B: nur SA (Zürich)
4: „Vorsichtige“ AF bei Einführung – PCU der AF ist höher als für konventionelle Fahrzeuge (PCU: 1.25)	2050	A und B für: Schweiz, jede Analyseregion
5: Volle Durchdringung und grössere Effizienzsteigerung der AF (Senkung der PCU auf 0.67)	2050	A und B für: Schweiz, jede Analyseregion

Sensitivität 5: gegenüber Phase 1 geänderte Annahmen

VOT der AF in Phase 1 und Sensitivität 5		
	Phase 1	Sensitivität 5
PCU Konventionelles PW HLS120 / HLS100 / UG80 / UG50	1.0 / 1.0 / 1.0 / 1.0	- / - / - / -
PCU Automatisiertes PW HLS120 / HLS100 / UG80 / UG50	0.83 / 0.77 / 0.83 / 0.80	0.77 / 0.67 / 0.77 / 0.67
PCU Konventionelle Güterfahrzeuge HLS80 / UG80 / UG50	4.0 / 4.0 / 4.0	- / - / -
PCU Automatisierte Güterfahrzeuge HLS80 / UG80 / UG50	3.08 / 3.33 / 3.20	2.67 / 3.08 / 2.67

Sensitivitätsanalyse 5: 100% AF, grössere Effizienzsteigerung

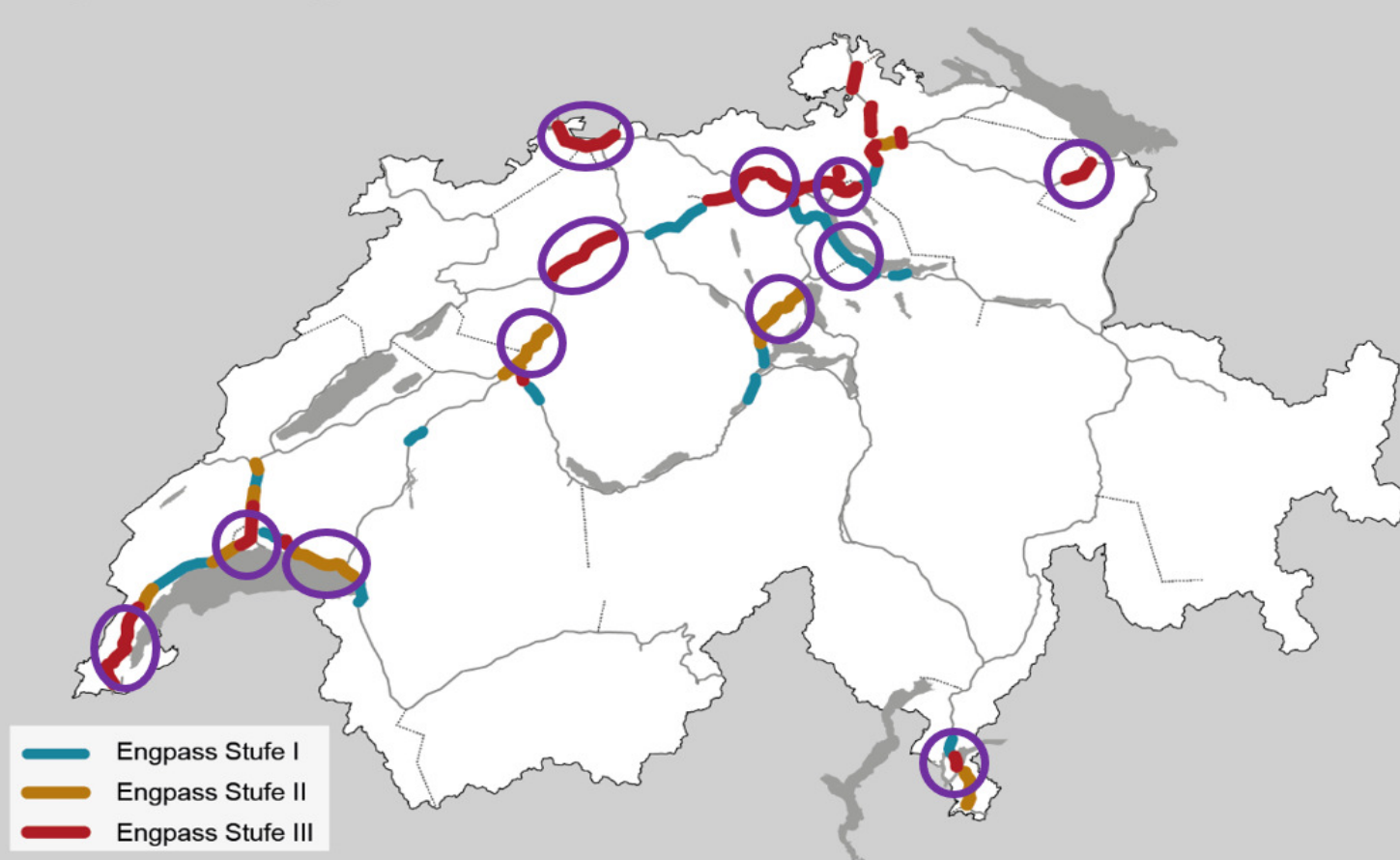
Tabelle 9: % Differenz Fahrleistung ggü. Grundzustand, Sensitivität 5

	Jahr	SA	LU	LG
		Gesamt	Gesamt	Gesamt
		[Mio Fzkm]	[Mio Fzkm]	[Mio Fzkm]
Grundzustand	2020	13.99	3.36	1.80
Referenzszenario	2050	-1%	21%	-9%
Referenzszenario S5	2050	-1%	21%	-9%
A (mit TAF)	2050	43%	43%	9%
A (mit TAF) S5	2050	81%	51%	19%
B (mit TAF)	2050	31%	34%	-8%
B (mit TAF) S5	2050	42%	36%	-5%

← Fzkm wachsen, besonders für PW-Besitzer

Engpassanalyse: Nationalstrassen (HLS)

Prognostizierte Engpässe auf dem Nationalstrassennetz 2040



Engpassanalyse gemäss
Verfahren STEP-NS für **12**
ausgewählte Abschnitte

I = Auslastung 101% - 110%
II = Auslastung 111% - 120%
III = Auslastung >120%

Ergebnisse Engpassanalyse Nationalstrasse

- Für beide Szenarien gilt: **Engpässe** werden teilweise entschärft, aber **nur in wenigen Fällen gelöst**. Dies trotz Annahmen, welche die Kapazitätswirkungen von AF auf den Querschnitten tendenziell überschätzen.
- Kapazitätserhöhende Wirkung automatisierter Fahrzeuge wird durch die **Nachfrageeffekte** bzgl. Routenwahl, Verkehrsmittelwahl (Verlagerungen vom ÖV) und Wahl der Abfahrtszeiten teilweise wieder kompensiert.
- **Sensitivitätsanalyse 5** «Volle Durchdringung und grössere Effizienzsteigerung der AF»: Die leistungsrelevante Verkehrsbelastung (in PCU) sinkt aufgrund der Mehrnachfrage nur um ca. 10%, was einer Reduktion um maximal eine Engpassstufe bedeutet. Bei einem allgemeinen Bevölkerungswachstum und entsprechenden Mobilitätsbedürfnissen wird dieser Effekt nach einigen Jahren wieder kompensiert sein.

Knotenanalyse: Exemplarisch untersuchte Knoten

Städtischer Grossknoten
mit Lichtsignalanlage und
starkem ÖV-Einfluss



Knoten mit
Lichtsignalanlage
(dreiarmig, geringere
Komplexität)



Knoten mit Kreisverkehr
(«Standardkreisel»)



Knotenanalyse: Ergebnisse

- **Szenario A 2050:**
Leistungsrelevante Knotenbelastung steigt infolge der Mehrnachfrage, das heisst:
 - + Erhöhung Auslastungen
 - + Erhöhung Wartezeiten.
- **Szenario B 2050:**
Ähnliche Fahrzeugbelastungen in Fz wie im Szenario A; aber die Knotengesamtbelastungen in PCU sinken um 3 bis 8% gegenüber dem Referenzszenario:
 - Reduktion Auslastungen und
 - Reduktion mittlere Wartezeiten.Grund dafür ist der höhere Automatisierungsgrad der gesamten Fahrzeugflotte im Szenario A.
- **Ausblick:**
Weitergehendes Optimierungspotenzial mit einem verstärkten Datenaustausch zwischen Lichtsignalanlage und Fahrzeugen (z.B. Reduktion von leistungsmindernden Zwischenzeiten). Gänzlicher Verzicht auf LSA bei automatisierten Fahrzeugen mit einer starken Vernetzung und ab Durchdringungsraten grösser ca. 75% möglich. Integration des Fuss- und Veloverkehrs zu prüfen!

Fazit aus Teilprojekt 2

- Die angenommenen (eher optimistischen) Kapazitätsgewinne der AF können nur teilweise das durch Bevölkerungswachstum, Verkehrsmittelverlagerungen, Routenwahlentscheidungen und Leerkilometer der AF-Taxis entstehende Wachstum der Verkehrsnachfrage auf den Strassen ausgleichen.
- Erst bei einer sehr hoher Durchdringung und einer hohen kollektiven Nutzung der Fahrzeuge können die PCU-Belastungen (bei steigenden Fahrleistungen) auf der Strasse sinken und sich der Druck auf die Engpässe reduzieren.
- In allen Szenarien und Zuständen hat der ÖV einen bedeutenden Marktanteil und wird nicht durch AF verdrängt, obwohl diese eine starke Konkurrenz bieten. Grund dafür ist insbesondere die Weitergabe möglicher Produktivitätsgewinne im ÖV mittels Preissenkungen.

Fragerunde / Diskussion

Zusatzfolien 1: Annahmen zu Szenarien und Simulation

Tabelle 6: Wesentliche Unterschiede der Szenarien

Szenario	Jahr	Privatfahrzeugbesitz als % des jeweiligen Basisszenario-Jahr	Marktanteil Privatfahrzeuge %		Marktanteil Güterfahrzeuge %		ÖV-Preise als % der 2020 ÖV- Preise	
			Konven.	Autom.	Konven.	Autom.	Schiene	Strasse
Grund	2020	Referenz	100	0	100	0	100	100
Basis	2030	Referenz	100	0	100	0	100	100
Basis	2040	Referenz	100	0	100	0	100	100
Basis	2050	Referenz	100	0	100	0	80	60
A	2030	100	99.5	0.5	99.4	0.6	100	100
A	2040	100	94.4	6.6	92.7	7.3	100	100
A	2050	100	68.7	31.3	60.9	39.1	80	60
B	2030	100	98.5	1.5	99.4	0.6	100	100
B	2040	87.5	86.3	13.7	92.7	7.3	100	100
B	2050	44.2	44.3	55.7	60.9	39.1	80	60

Annahmen PCU

Einflussgrößen:

- Fahrzeuglängen
- Fahrdynamik: Beschleunigung, Agilität
- Fahrzeugfolgeverhalten: Zeitlücke, Kooperation
- Streckensegmente (Topologie)
- Geschwindigkeiten
- Anteil der AF
- Anteil des Schwerverkehrs
- Zu-/Abflussverhältnisse
- Technologische Entwicklungen

Grundannahme: max. 30% Zunahme auf HLS und 25% auf untergeordneten Strassen möglich

Literatur: Fellendorf (2017), Krause et al. (2017), Fléchon et al. (2019)



Zusatzfolien 2: Sensitivitätsanalysen

Sensitivität 1: gegenüber Phase 1 geänderte Annahmen

- Keine ÖV-Preissenkung

Sensitivitätsanalyse 1: Keine ÖV-Preissenkung

Tabelle 6: % Differenz Fahrleistung ggü. Grundzustand, Sensitivität 1

	Jahr	SA	LU	LG
		Gesamt	Gesamt	Gesamt
		[Mio Fzkm]	[Mio Fzkm]	[Mio Fzkm]
Grundzustand	2020	13.99	3.36	1.80
Referenzszenario	2050	-1%	21%	-9%
Referenzszenario S1	2050	10%	24%	-4%
A (mit TAF)	2050	43%	43%	9%
A (mit TAF) S1	2050	48%	49%	13%
B (mit TAF)	2050	31%	34%	-8%
B (mit TAF) S1	2050	41%	46%	2%



Wachstum
der Fzkm
ist grösser
in S1

Sensitivität 2: gegenüber Phase 1 geänderte Annahmen

VOT der AF in Phase 1 und Sensitivität 2

	Phase 1	Sensitivität 2
VOT Konventioneller PW	31.90 CHF/Stunde	31.90 CHF/Stunde
VOT Automatisierter PW	17.14 CHF/Stunde	22.33 CHF/Stunde
VOT Automatisiertes Taxi	21.43 CHF/Stunde	27.90 CHF/Stunde

Sensitivitätsanalyse 2: Höhere Zeitkosten für AF

Tabelle 7: % Differenz <u>Fahrleistung</u> ggü. Grundzustand, Sensitivität 2				
	Jahr	SA	LU	LG
		Gesamt	Gesamt	Gesamt
		[Mio Fzkm]	[Mio Fzkm]	[Mio Fzkm]
Grundzustand	2020	13.99	3.36	1.80
Referenzszenario	2050	-1%	21%	-9%
Referenzszenario S2	2050	-1%	21%	-9%
A (mit TAF)	2050	43%	43%	9%
A (mit TAF) S2	2050	37%	42%	6%
B (mit TAF)	2050	31%	34%	-8%
B (mit TAF) S2	2050	20%	25%	-17%

← Personen mit
Autobesitz
weniger
sensitiv

Sensitivität 3: gegenüber Phase 1 geänderte Annahmen

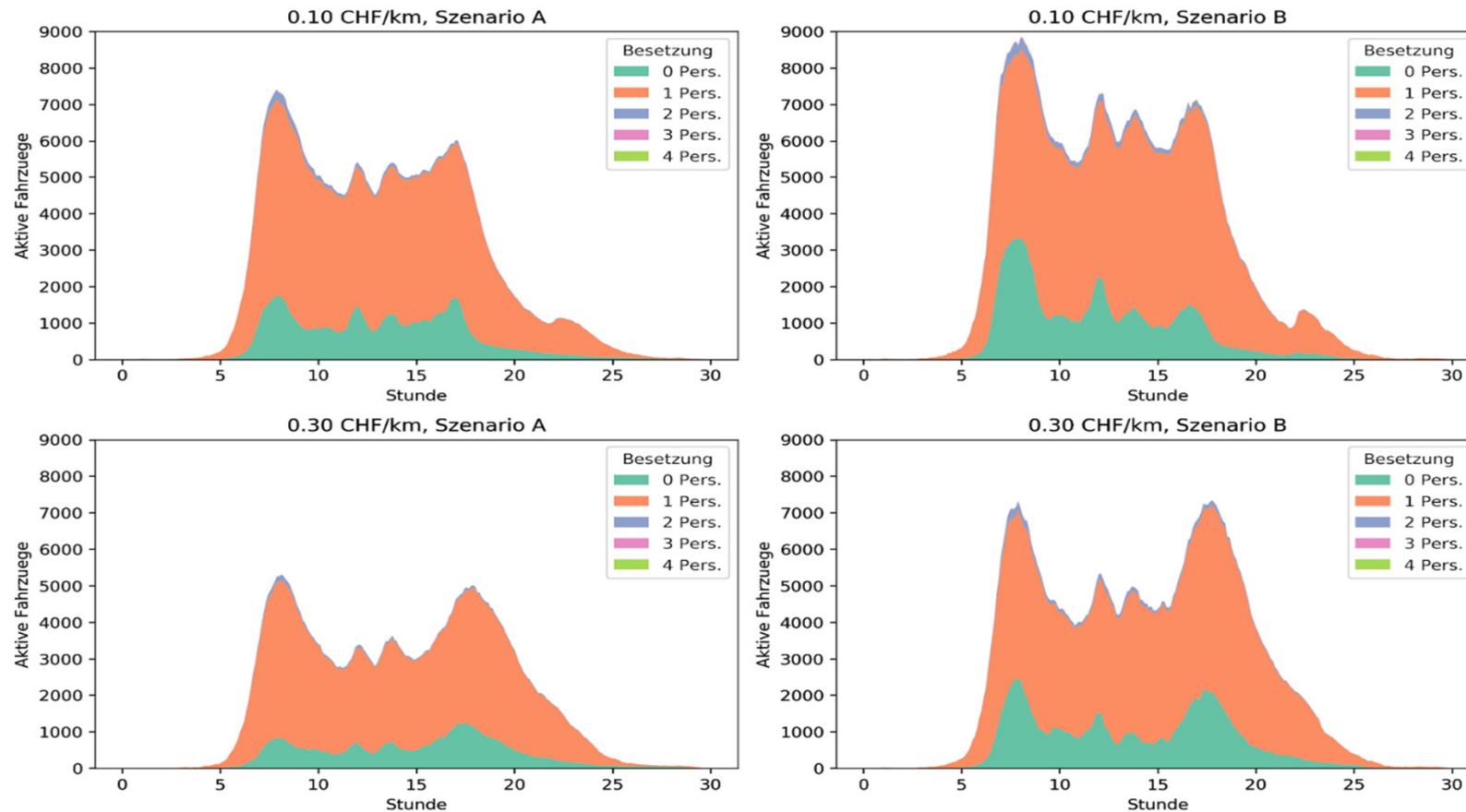
- **Es können nur Fahrten mit «pooling Erlaubnis» gebucht werden**
 - In den (gescheiterten & nicht präsentierten) Versuchen in Phase 1 wurden Szenarien modelliert, in dem eine Taxiflotte und eine Pooling-Taxiflotte gleichzeitig zur Verfügung standen*. In diesen Szenarien war die Pooling-Taxiflotte nicht konkurrenzfähig und «starb aus».
- **Zwischen Anfrage und Abfahrt sind mindestens 10 Minuten**
 - Diese Bedingung war in der Phase 1 nicht vorhanden. Diese Bedingung erhöht die Wahrscheinlichkeit das eine zusätzlicher Fahrgast gefunden werden kann.
- **Die Flottengrösse war 10'000 Viersitzer****
 - In der Phase 1 war die Taxiflotte 40k in Szenario A und 60k in Szenario B
- **Der km-Preis ist fixiert**
 - In der Phase 1 wurde der Preis anhand der Betriebskosten und Besetzung der vorherigen Iteration für die vorstehende Iteration berechnet

* Der Entwurf eines Geschäftsmodells einer Flotte die Einzel-Buchungen und Pooling-Buchen erlaubt war nicht teil der Aufgabenstellung und hätte den Rahmen des Projekts gesprengt.

** Nur die Region SA wurde modelliert aus Zeitlichen Gründen

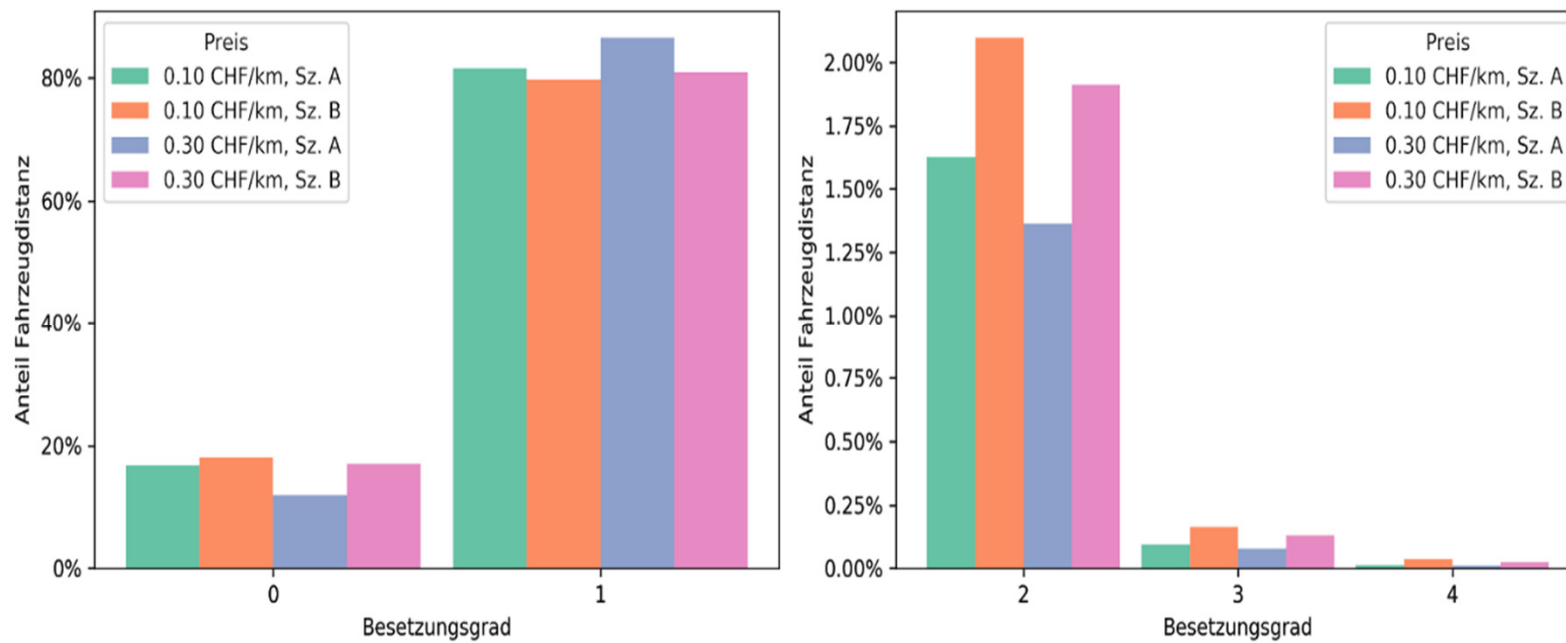
Sensitivitätsanalyse 3: Wann wird gepoolt? Fast nie.

Abbildung 10: Besetzungsgrad der AF-Taxi nach Uhrzeit



Sensitivitätsanalyse 3: Wann wird gepoolt? Fast nie.

Abbildung 11: Anteil der Fahrdistanz mit einem bestimmten Besetzungsgrad



Sensitivität 4: gegenüber Phase 1 geänderte Annahmen

VOT der AF in Phase 1 und Sensitivität 2		
	Phase 1	Sensitivität 4
PCU Konventionelles PW HLS120 / HLS100 / UG80 / UG50	1.0 / 1.0 / 1.0 / 1.0	1.0 / 1.0 / 1.0 / 1.0
PCU Automatisiertes PW HLS120 / HLS100 / UG80 / UG50	0.83 / 0.77 / 0.83 / 0.80	1.18 / 1.25 / 1.25 / 1.43
PCU Konventionelle Güterfahrzeuge HLS80 / UG80 / UG50	4.0 / 4.0 / 4.0	4.0 / 4.0 / 4.0
PCU Automatisierte Güterfahrzeuge HLS80 / UG80 / UG50	3.08 / 3.33 / 3.20	5.00 / 5.00 / 5.71

Sensitivitätsanalyse 4: „Vorsichtige“ AF bei Einführung

Tabelle 8: % Differenz Fahrleistung ggü. Grundzustand, Sensitivität 4

	Jahr	SA	LU	LG
		Gesamt	Gesamt	Gesamt
		[Mio Fzkm]	[Mio Fzkm]	[Mio Fzkm]
Grundzustand	2020	13.99	3.36	1.80
Referenzszenario	2050	-1%	21%	-9%
Referenzszenario S4	2050	-1%	21%	-9%
A (mit TAF)	2050	43%	43%	9%
A (mit TAF) S4	2050	27%	43%	7%
B (mit TAF)	2050	31%	34%	-8%
B (mit TAF) S4	2050	17%	30%	-8%

← Ländliche
Regionen
weniger
sensitiv

Zusatzfolien 3: Weitere MATSim-Ergebnisse

Abbildung 3: Ländlich Ungerichtet (LU, Fribourg)

Verteilung auf die Verkehrsmittel in Mio. Fzkm auf der Strasse

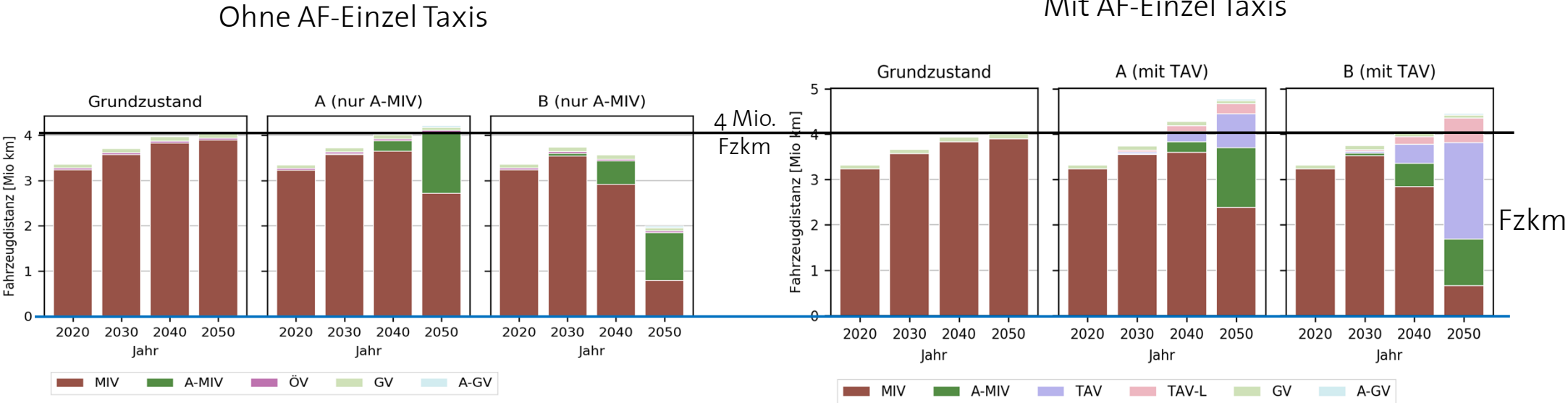


Abbildung 12: Ländlich Gerichtet (LG, Chur)

Verteilung auf die Verkehrsmittel in Mio. Fzkm auf der Strasse

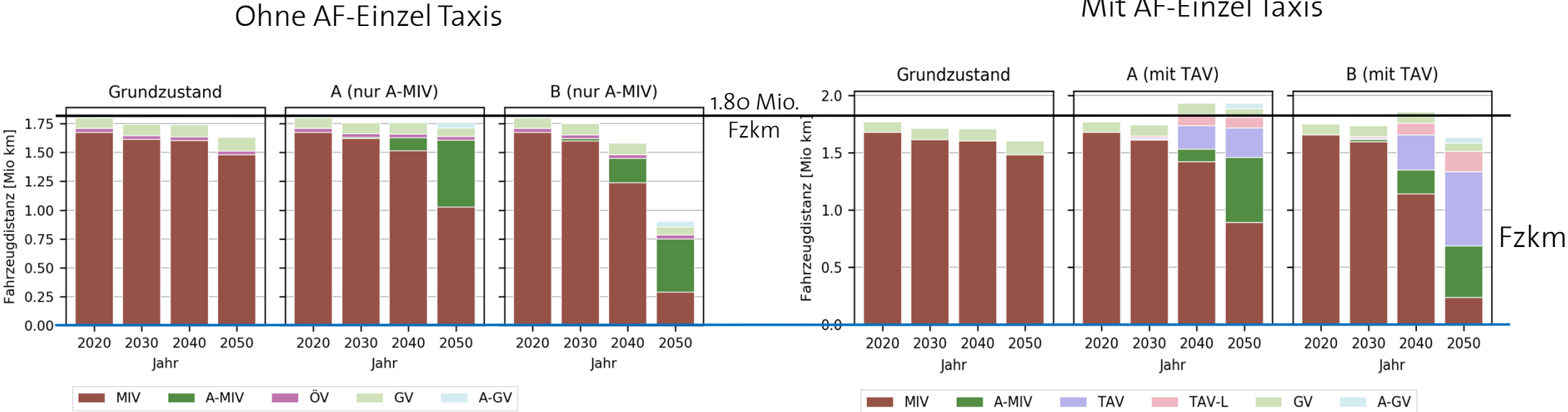


Abbildung 4: Stadt und Agglomeration (SA, Zürich)

Verteilung auf die Verkehrsmittel in Mio. Fzkm auf der Strasse

Ohne AF-Einzel Taxis

Mit AF-Einzel Taxis

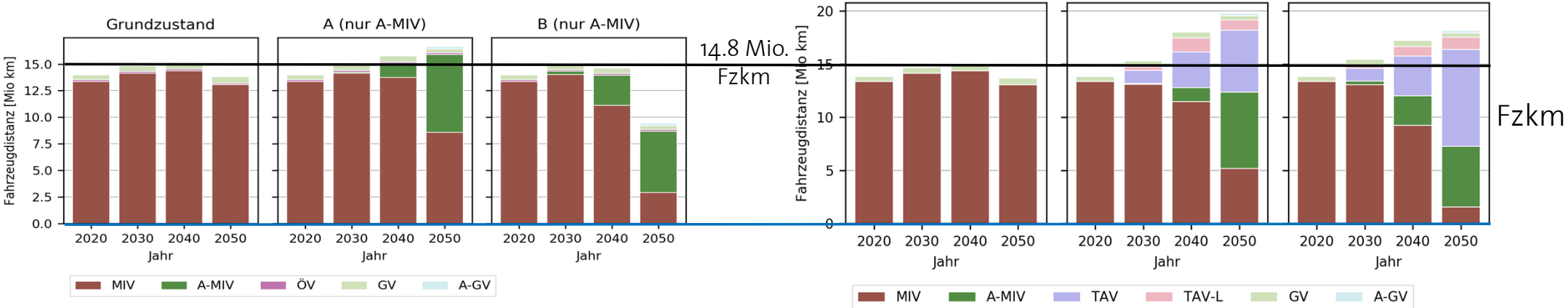


Abbildung 13: Ländlich Ungerichtet (LU, Fribourg)

Verteilung auf die Verkehrsmittel in Mio. Pkm und Mio. Fzkm

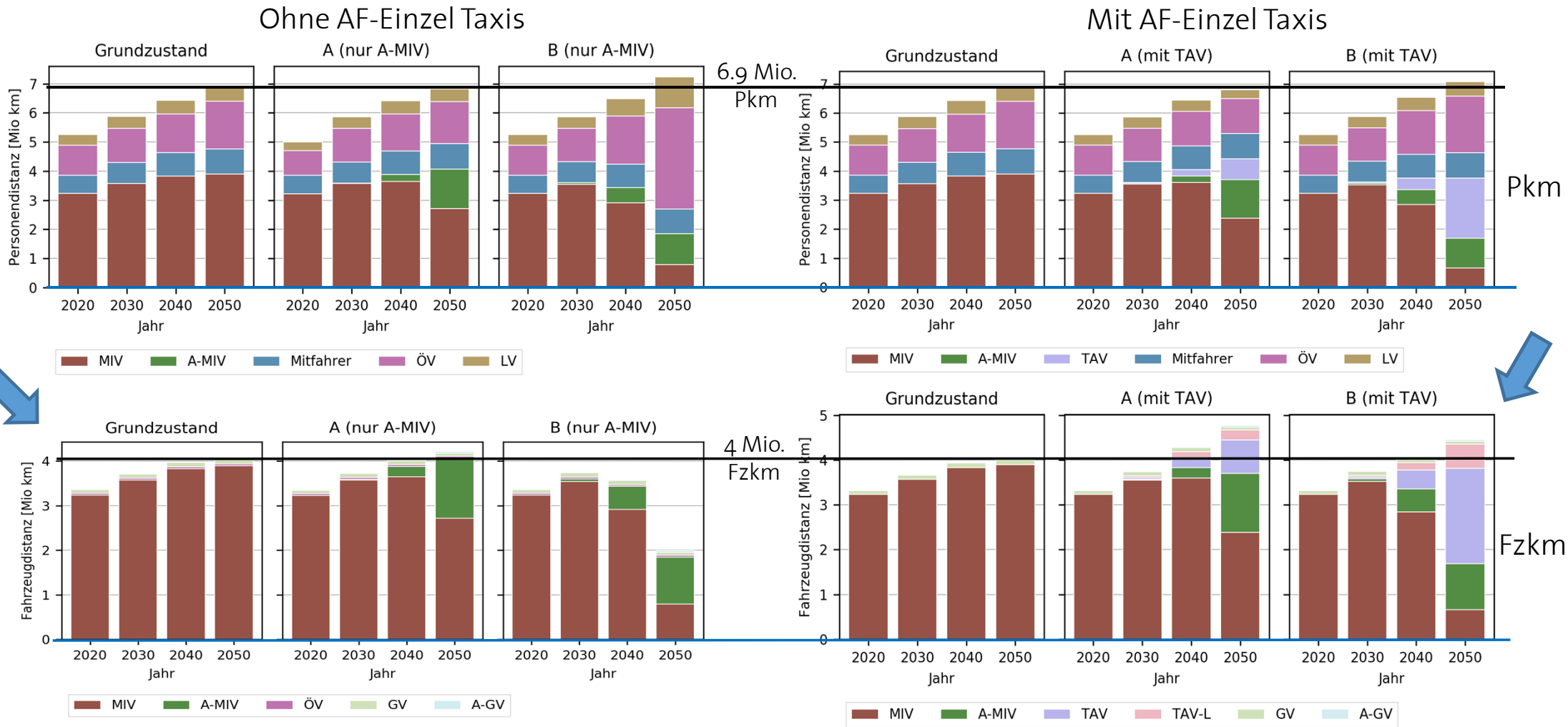


Abbildung 14: Ländlich Gerichtet (LG, Chur)

Verteilung auf die Verkehrsmittel in Mio. Pkm und Mio. Fzkm

Ohne AF-Einzel Taxis

Mit AF-Einzel Taxis

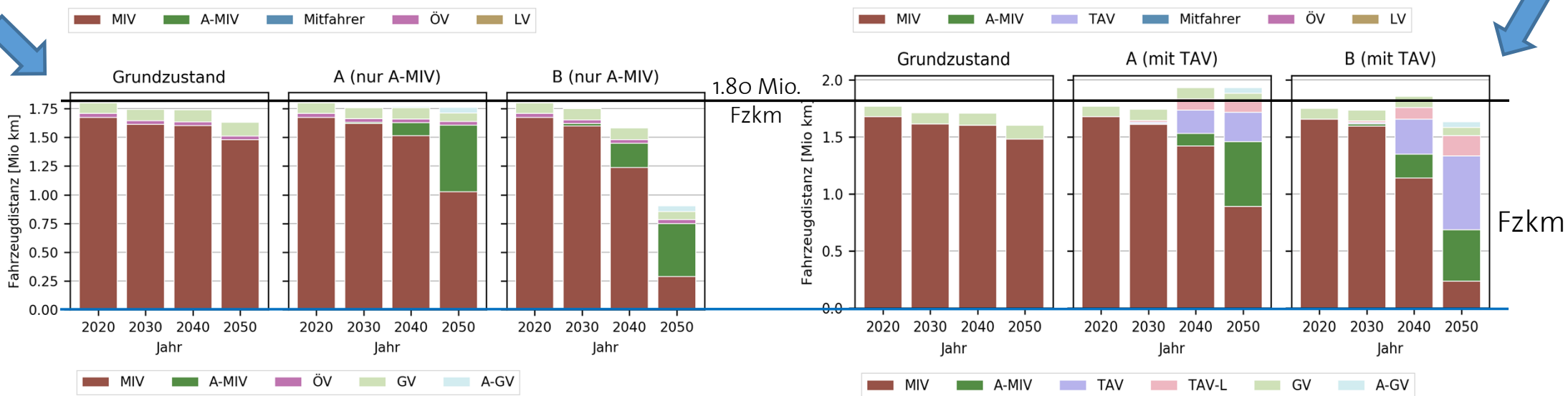
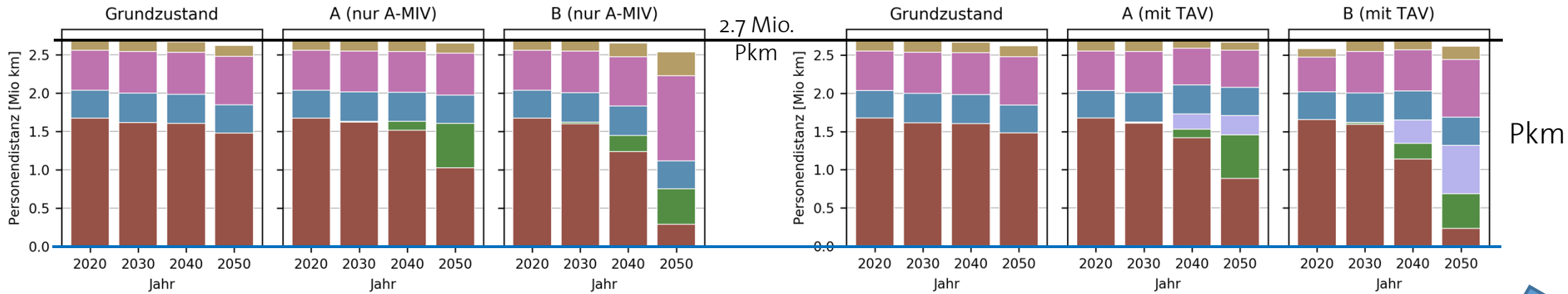


Abbildung 15: Stadt und Agglomeration (SA, Zürich)

Verteilung auf die Verkehrsmittel in Mio. Pkm und Mio. Fzkm

Ohne AF-Einzel Taxis

Mit AF-Einzel Taxis

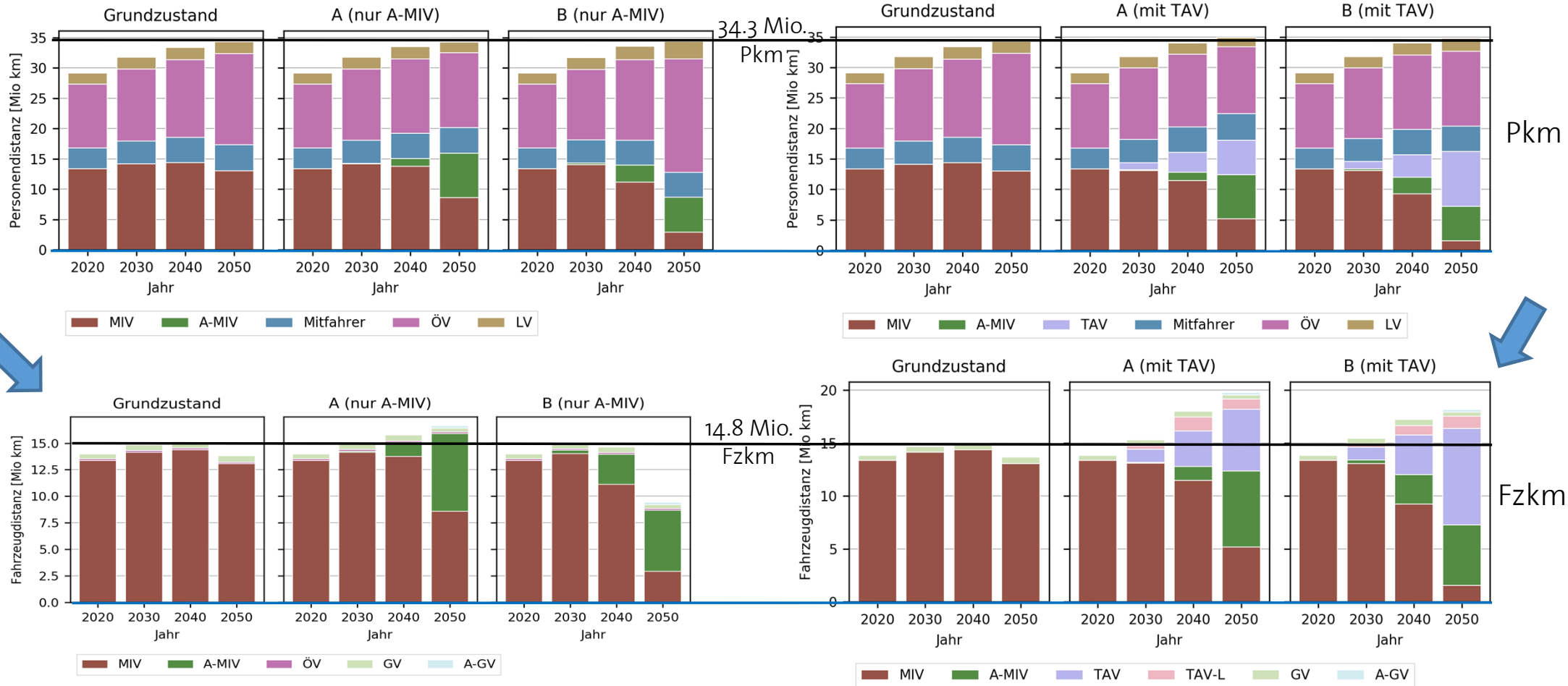
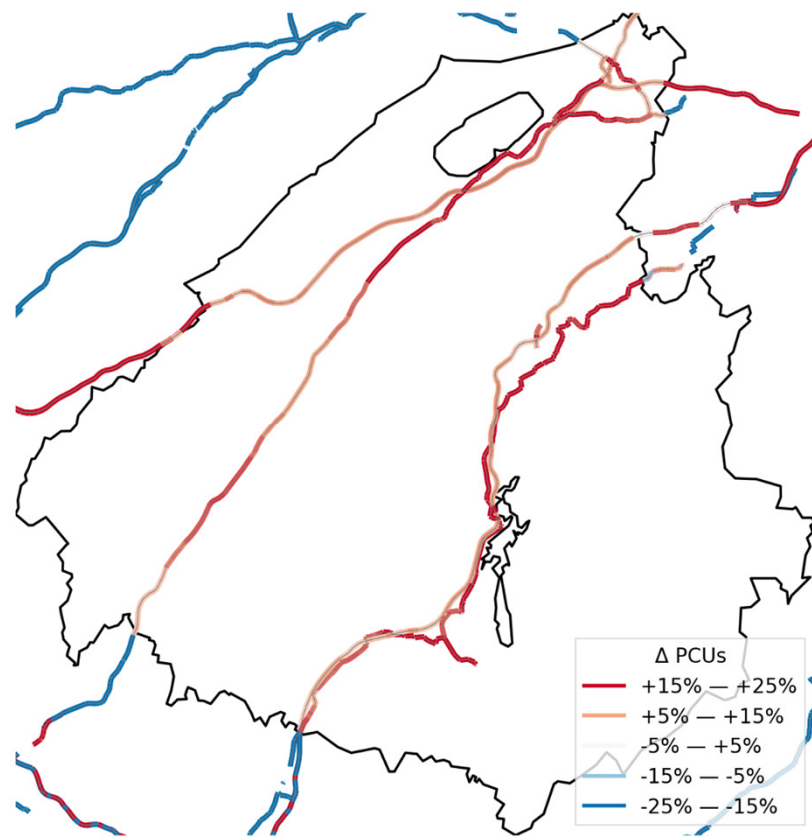


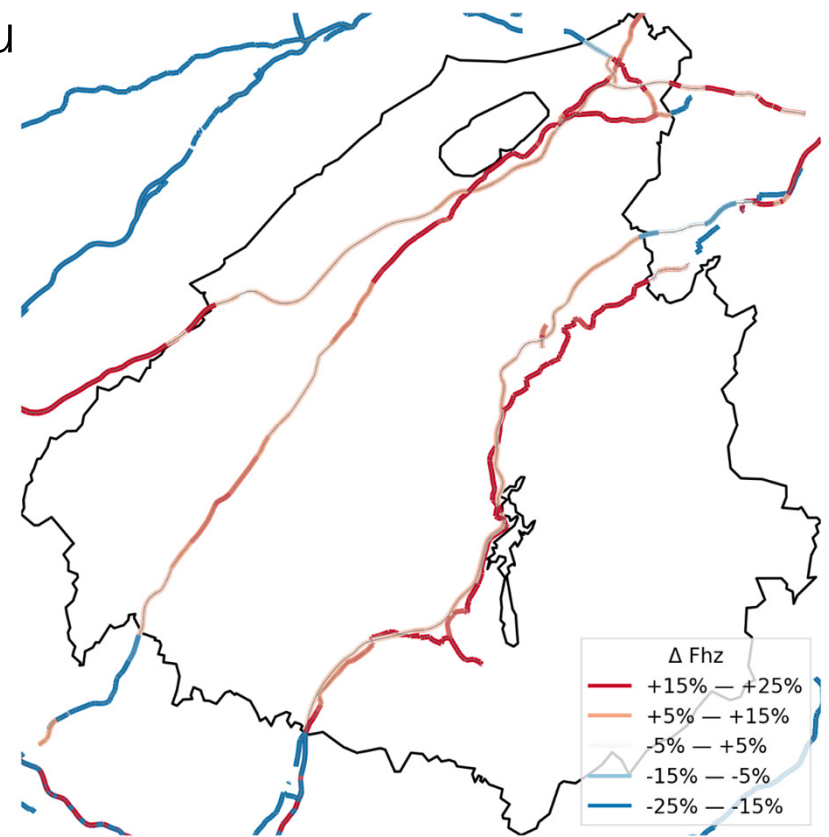
Abbildung 16: Ländlich Ungerichtet (LU), Referenzszenario 2050

Veränderung PCU und DWV auf OSM-Kategorie „Motorway“



In PCU/Tag

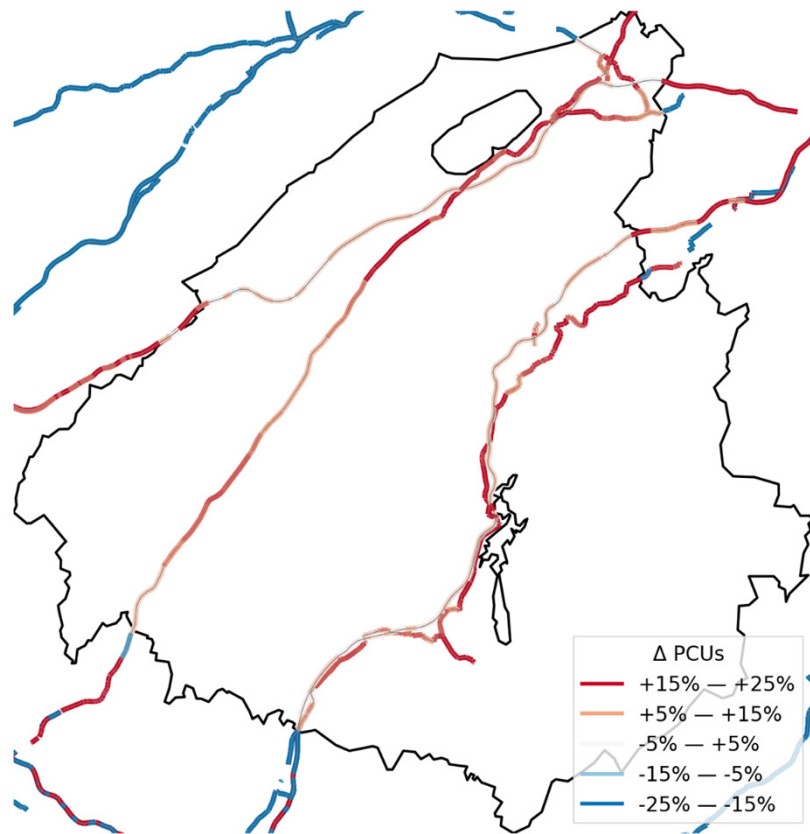
relative zu
2020



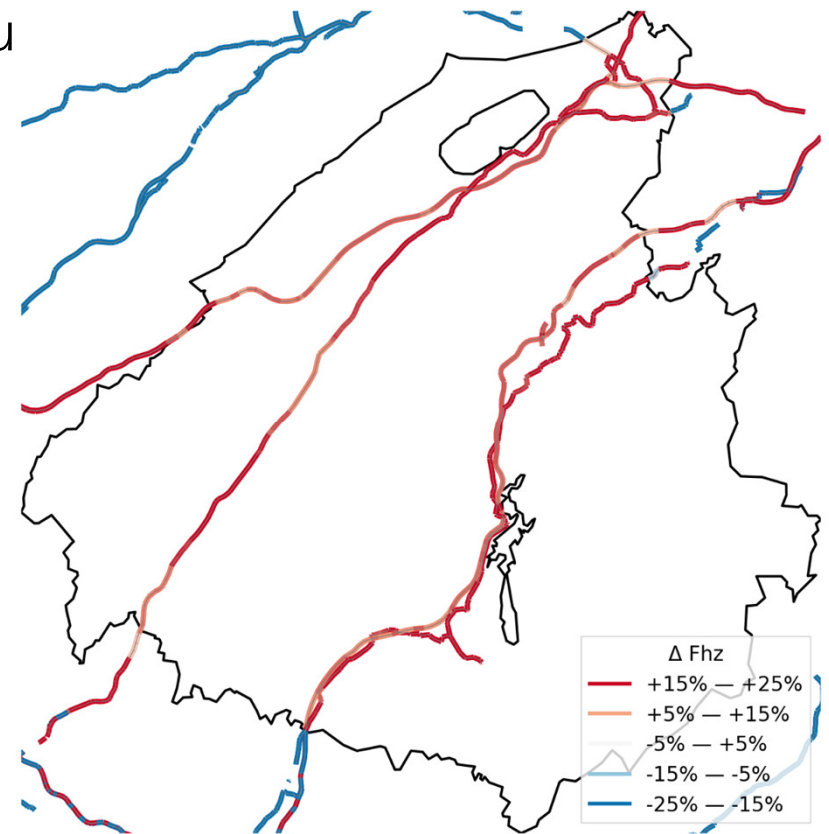
In Fahrzeugen/Tag

Abbildung 17: Ländlich Ungerichtet (LU), Szenario A 2050 mit privaten AF mit AF-Einzel-Taxis, Veränderung PCU und DWV auf OSM-Kategorie „Motorway“

relative zu
2020

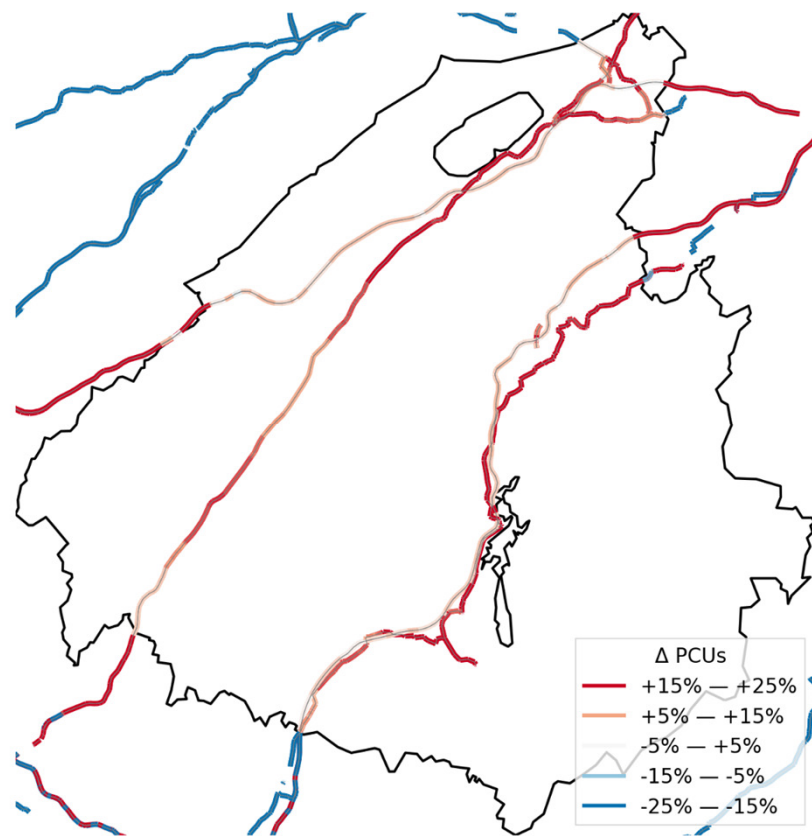


In PCU/Tag

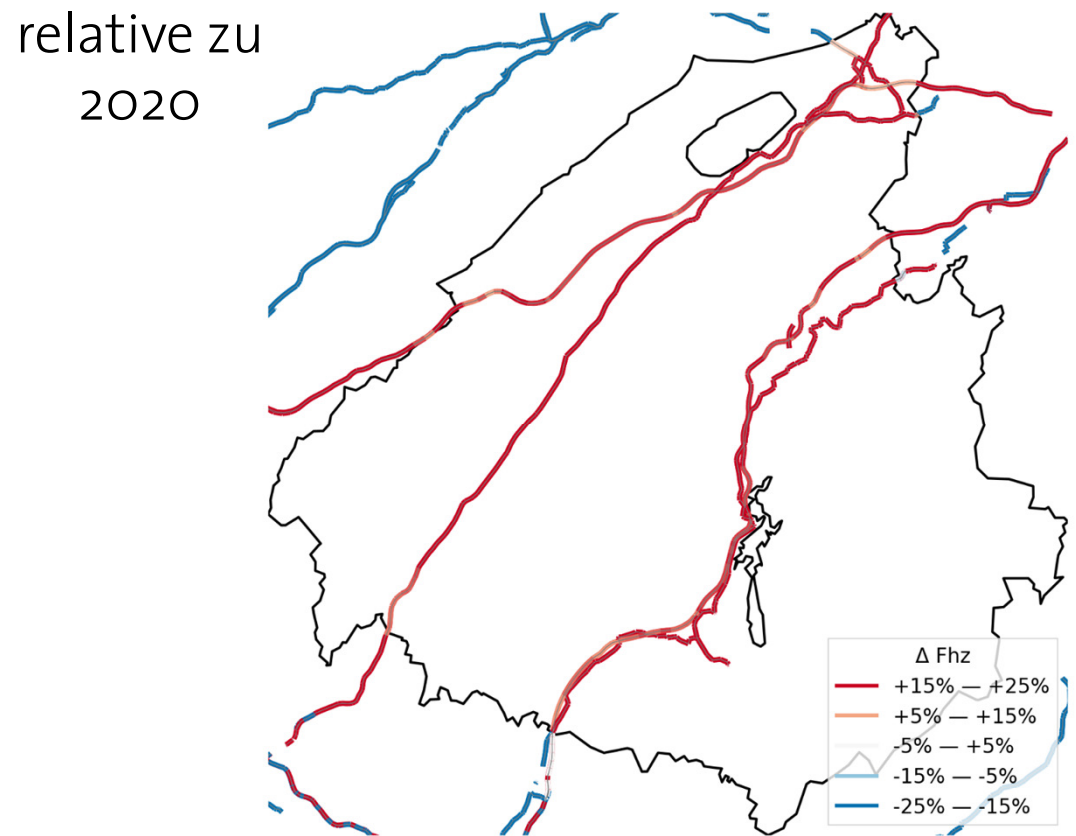


In Fahrzeugen/Tag

Abbildung 18: Ländlich Ungerichtet (LU), Szenario A 2050 mit privaten AF mit AF-Einzel-Taxis, Veränderung PCU und DWV auf OSM-Kategorie „Motorway“

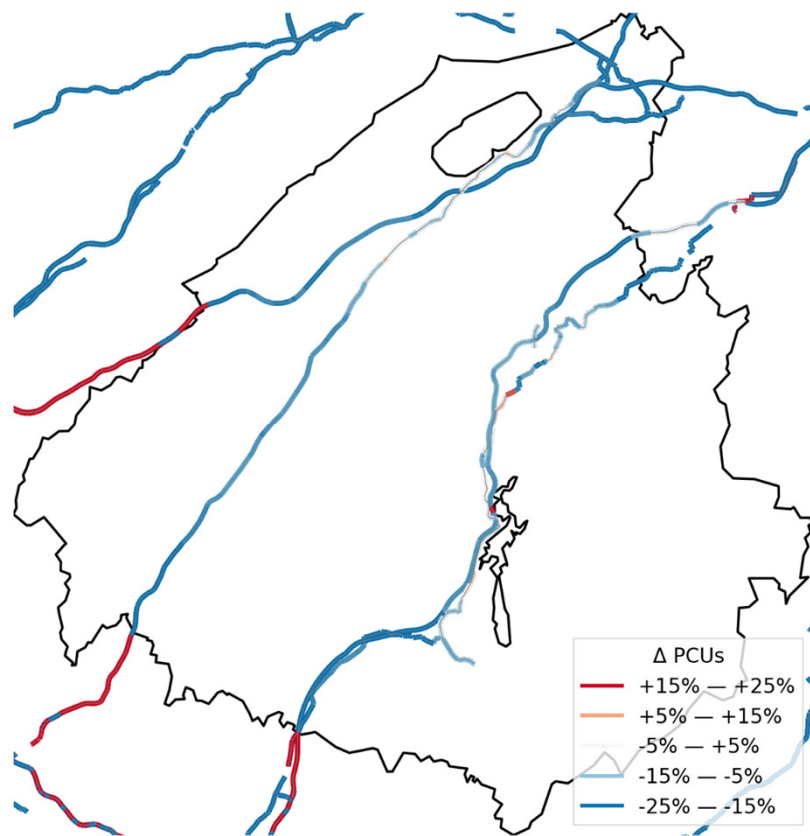


In PCU/Tag

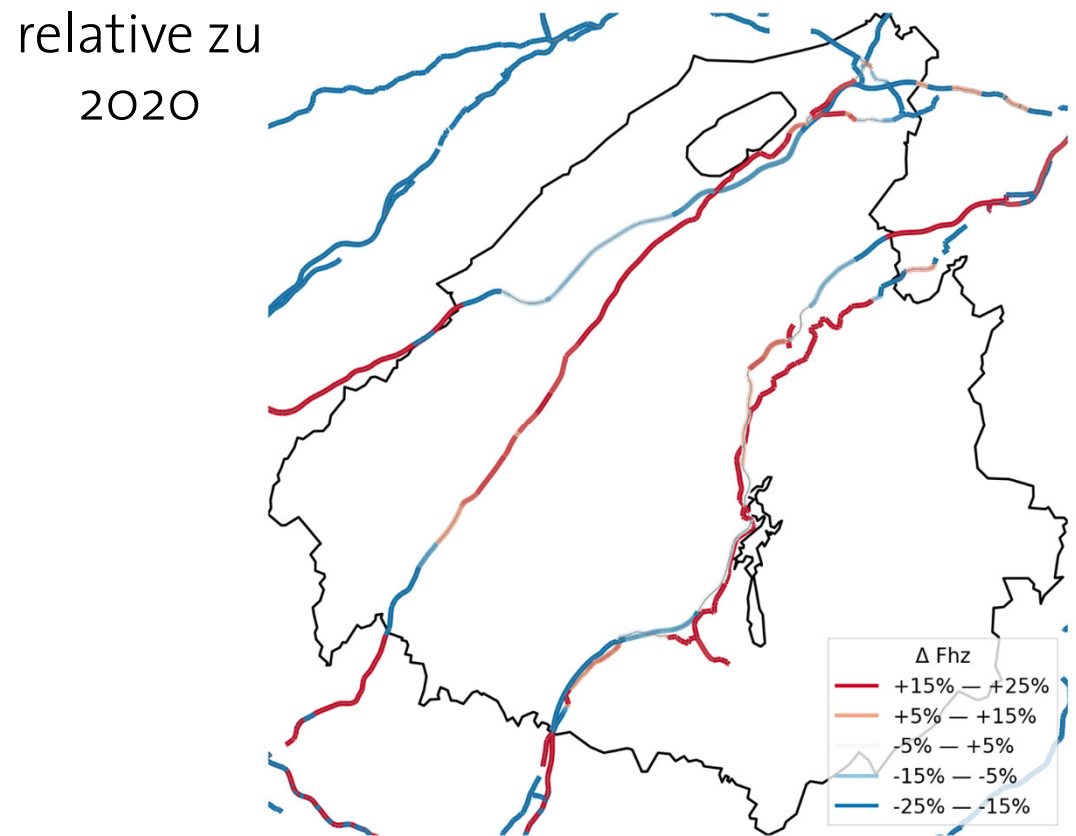


In Fahrzeugen/Tag

Abbildung 19: Ländlich Ungerichtet (LU), Szenario B 2050 mit privaten AF mit AF-Einzel-Taxis, Veränderung PCU und DWV auf OSM-Kategorie „Motorway“

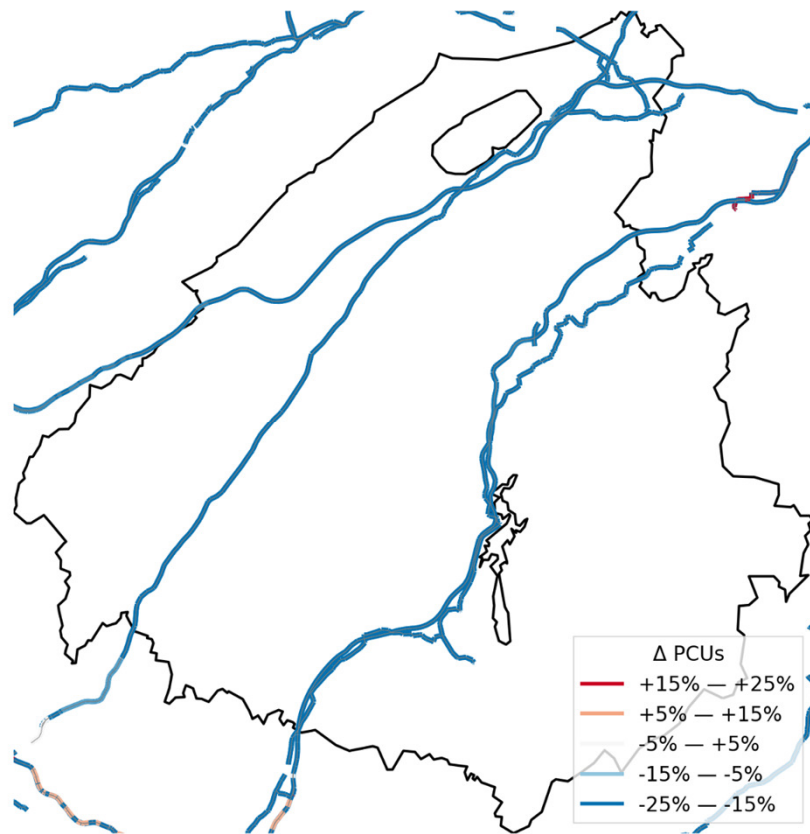


In PCU/Tag



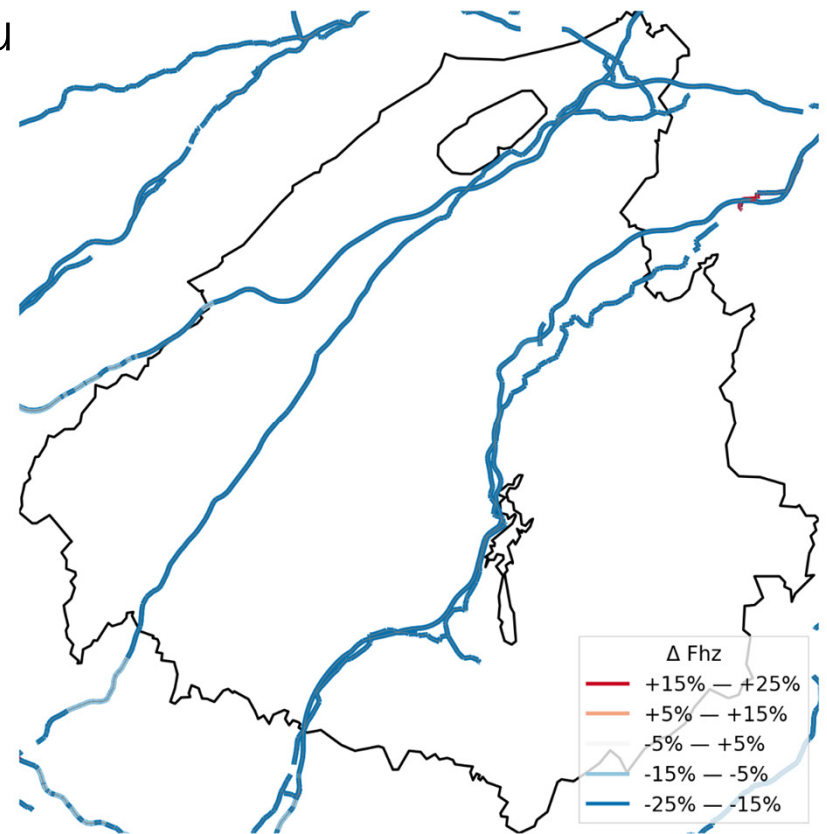
In Fahrzeugen/Tag

Abbildung 20: Ländlich Ungerichtet (LU), Szenario B 2050 mit privaten AF ohne AF-Einzel-Taxis, Veränderung PCU und DWV auf OSM-Kategorie „Motorway“



In PCU/Tag

relative zu
2020



In Fahrzeugen/Tag

Abbildung 21: Ländlich Gerichtet (LG), Referenzszenario 2050 Veränderung PCU und DWV auf OSM-Kategorie „Motorway“

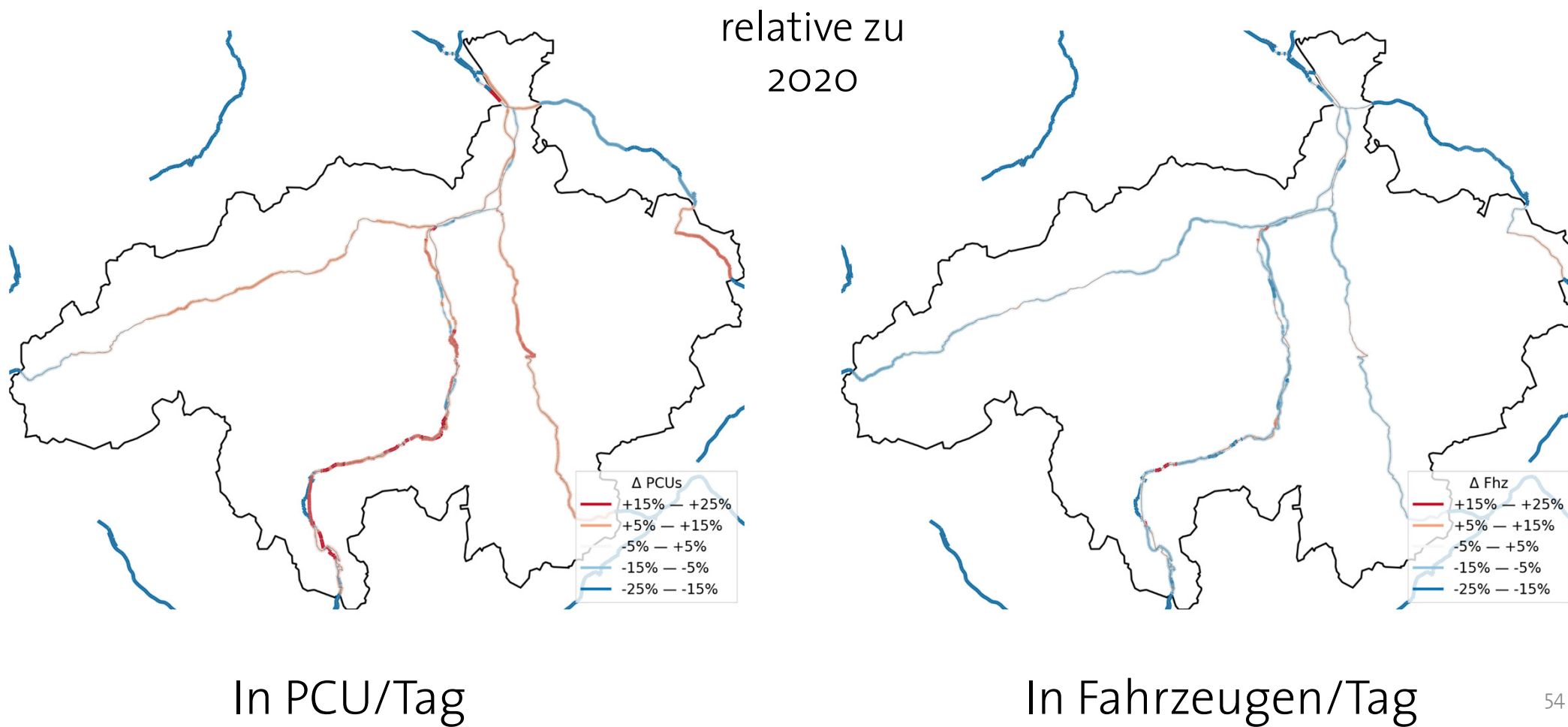


Abbildung 22: Ländlich Gerichtet (LG), Szenario A 2050 mit privaten AF mit AF-Einzel-Taxis, Veränderung PCU und DWV auf OSM-Kategorie „Motorway“

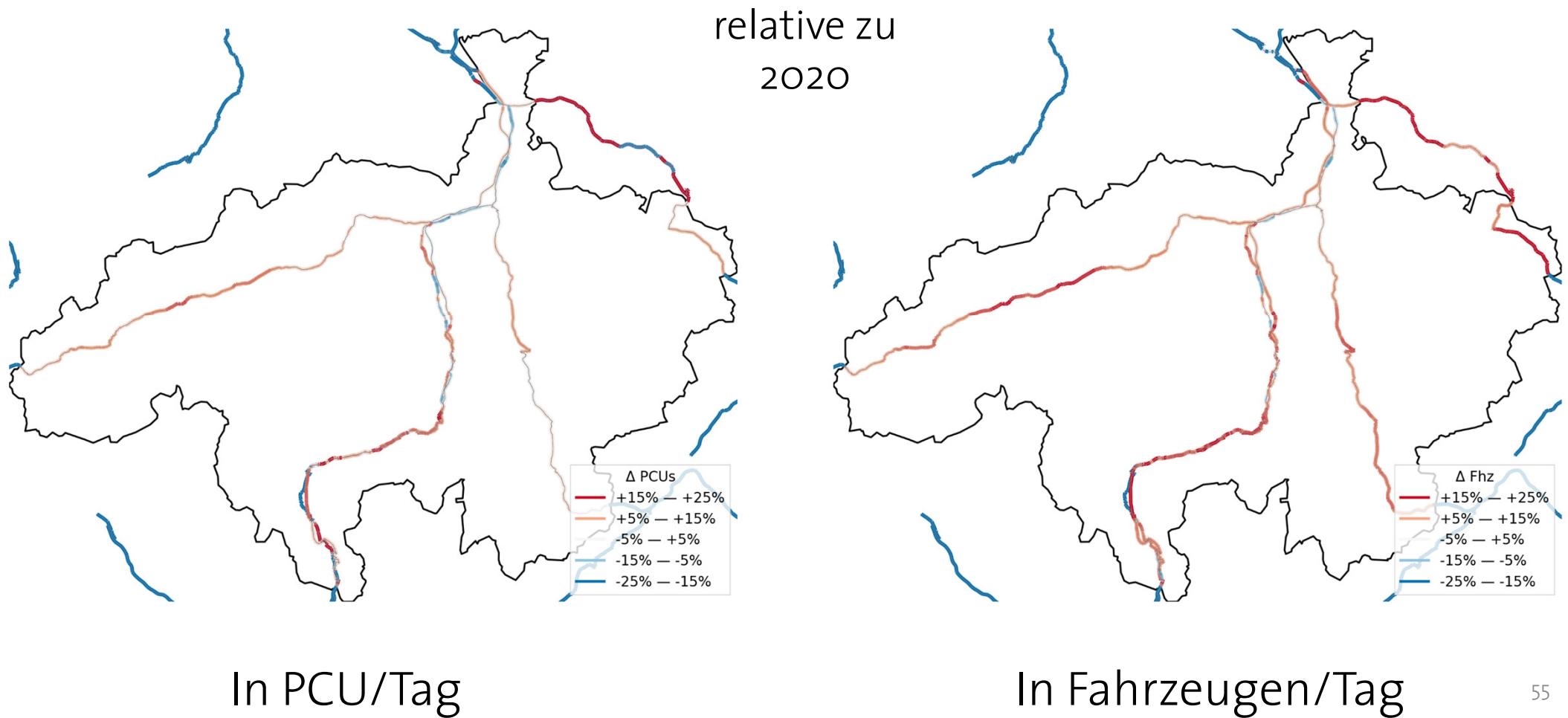


Abbildung 23: Ländlich Gerichtet (LG), Szenario A 2050 mit privaten AF mit AF-Einzel-Taxis, Veränderung PCU und DWV auf OSM-Kategorie „Motorway“

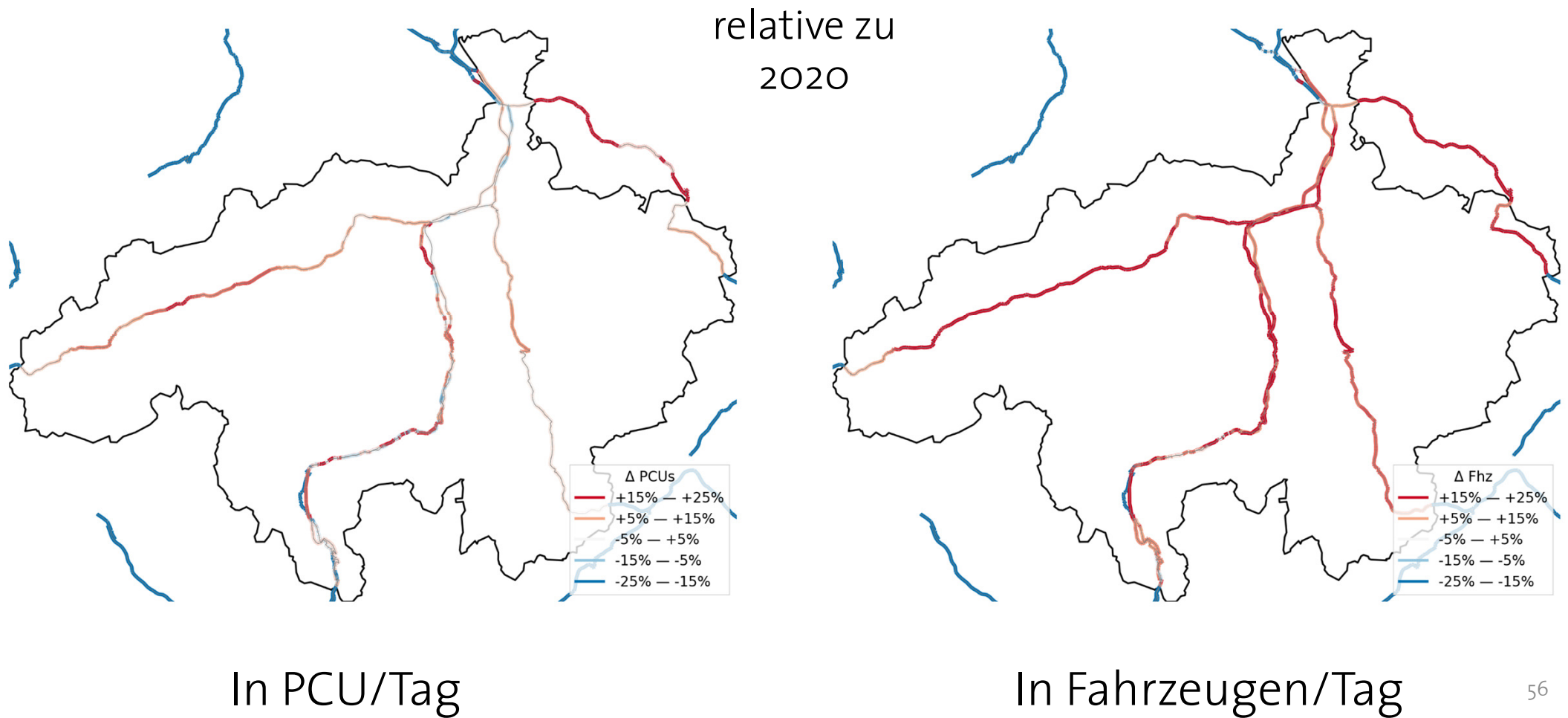


Abbildung 24: Ländlich Gerichtet (LG), Szenario B 2050 mit privaten AF mit AF-Einzel-Taxis, Veränderung PCU und DWV auf OSM-Kategorie „Motorway“

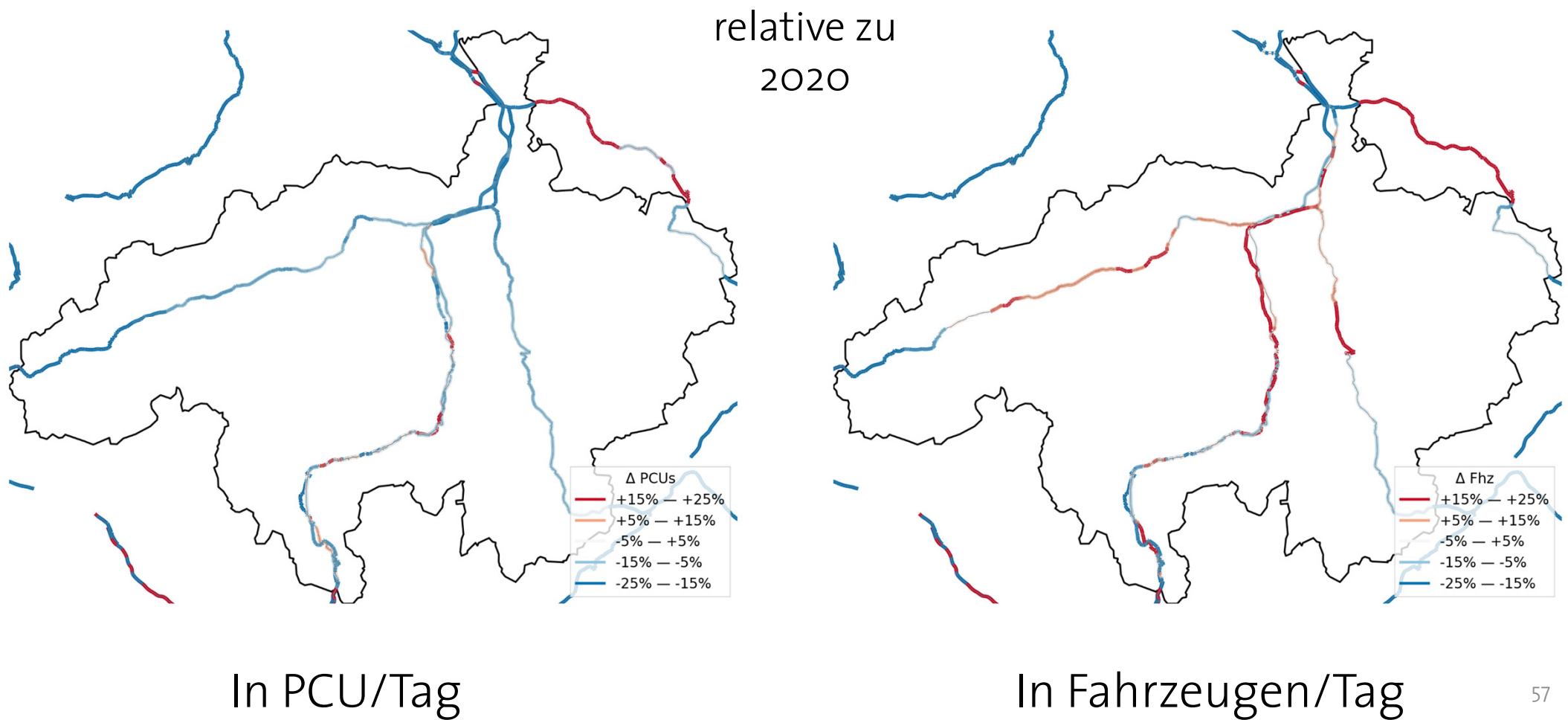


Abbildung 25: Ländlich Gerichtet (LG), Szenario B 2050 mit privaten AF ohne AF-Einzel-Taxis, Veränderung PCU und DWV auf OSM-Kategorie „Motorway“

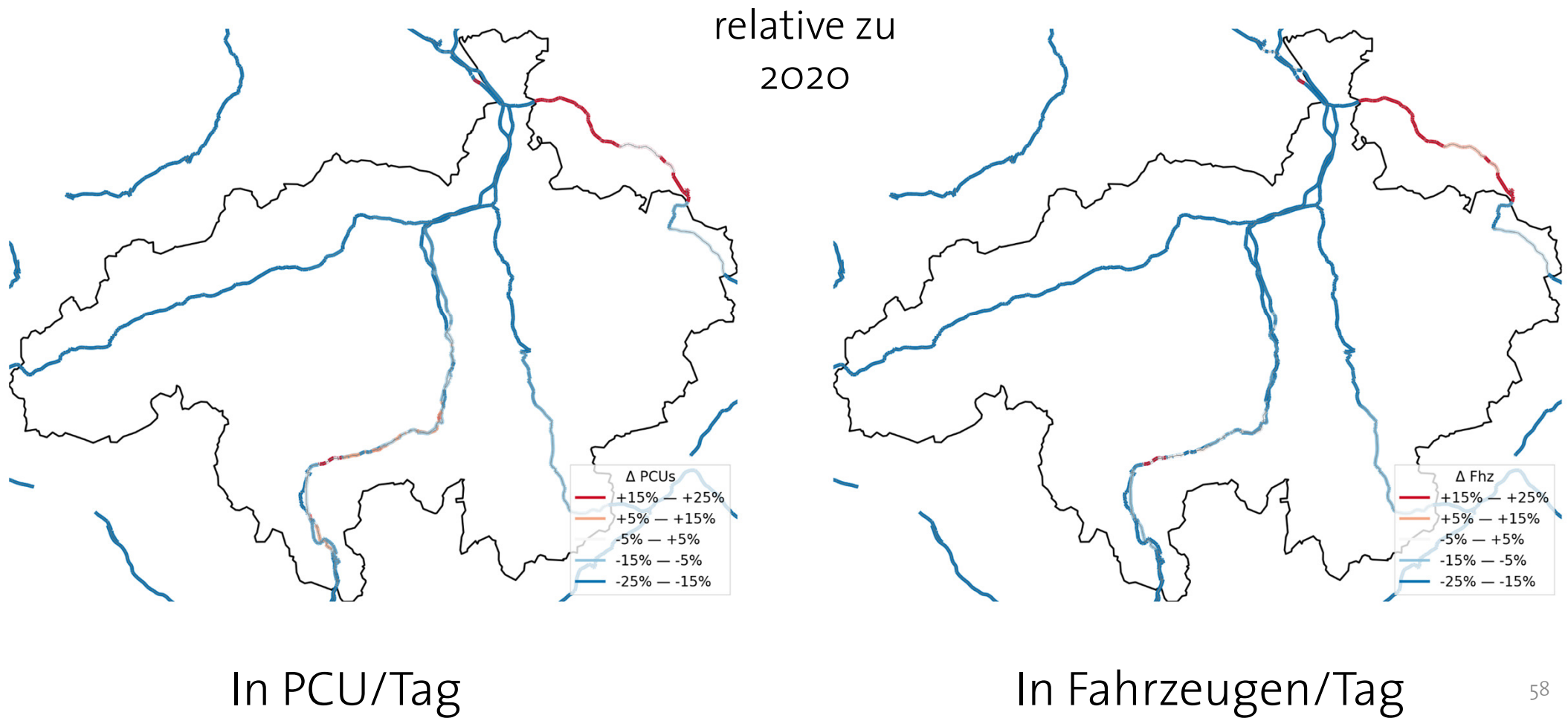
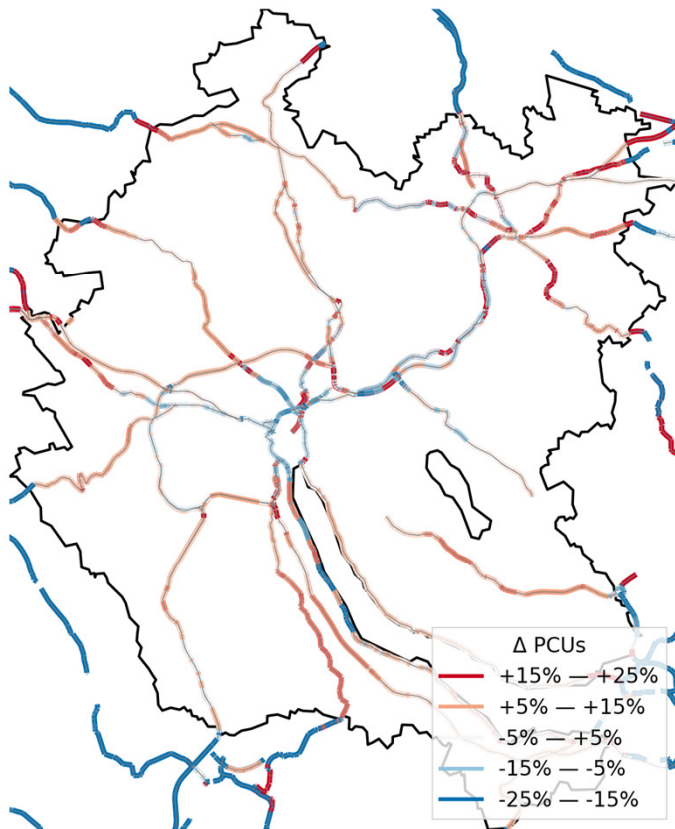
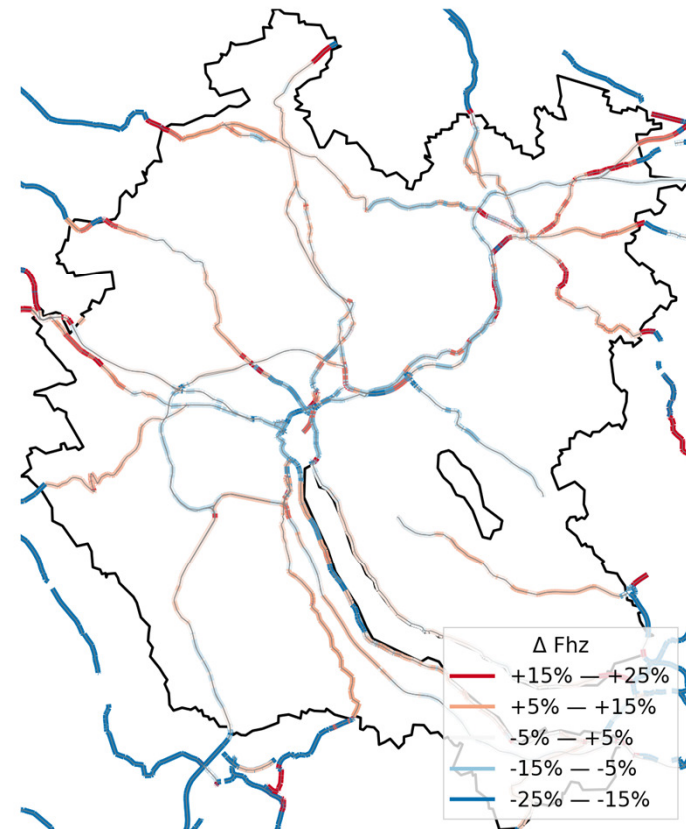


Abbildung 5: Stadt und Agglomeration (SA), Referenzszenario 2050 Veränderung PCU und DWV auf OSM-Kategorie „Motorway“



in PCU/Tag

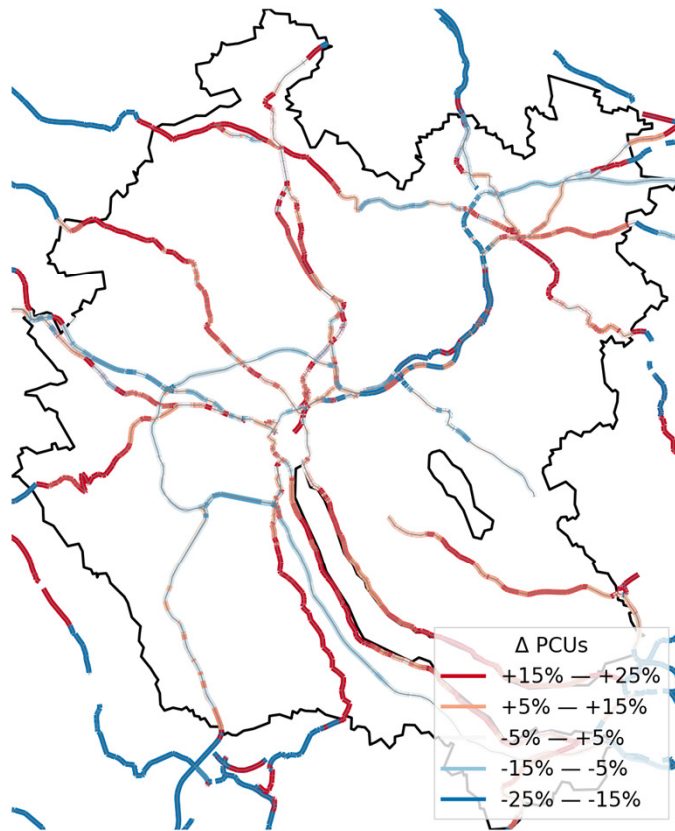
Veränderungen
ggü. Jahr 2020



in Fahrzeugen/Tag

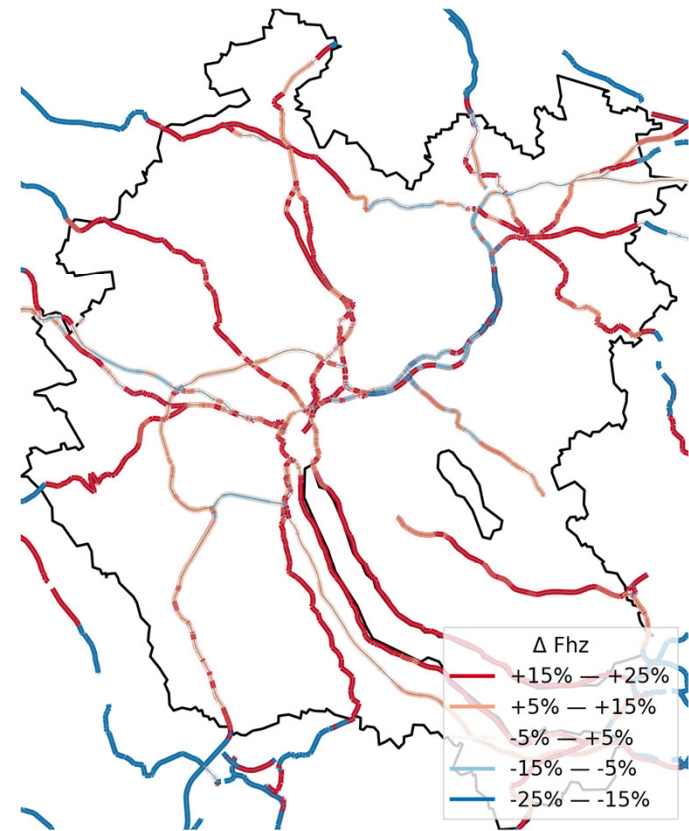
Abbildung 6: Stadt und Agglomeration (SA), Szenario A 2050 mit privaten AF ohne AF-Einzel-Taxis

Veränderung PCU und DWV auf OSM-Kategorie „Motorway“



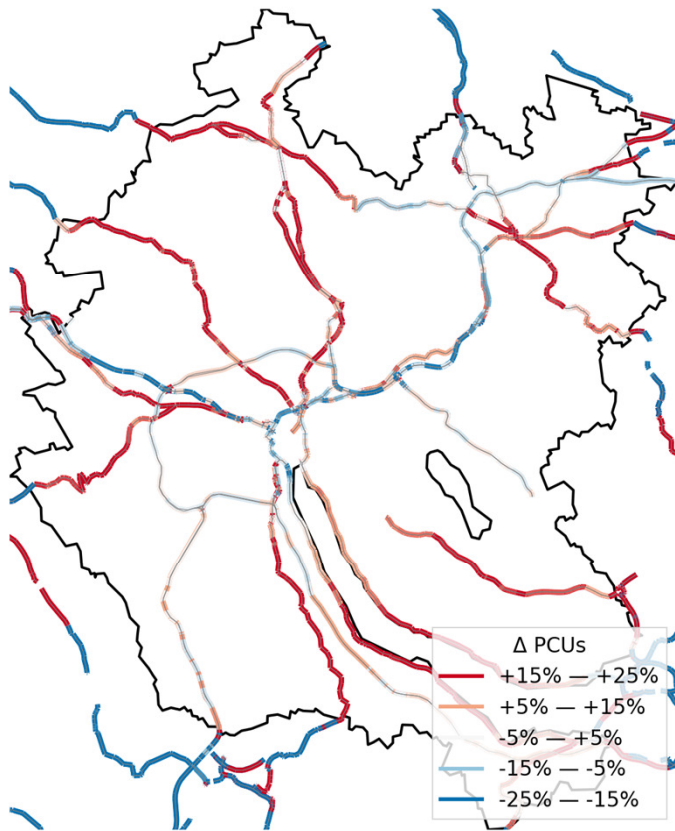
in PCU/Tag

Veränderungen
ggü. Jahr 2020



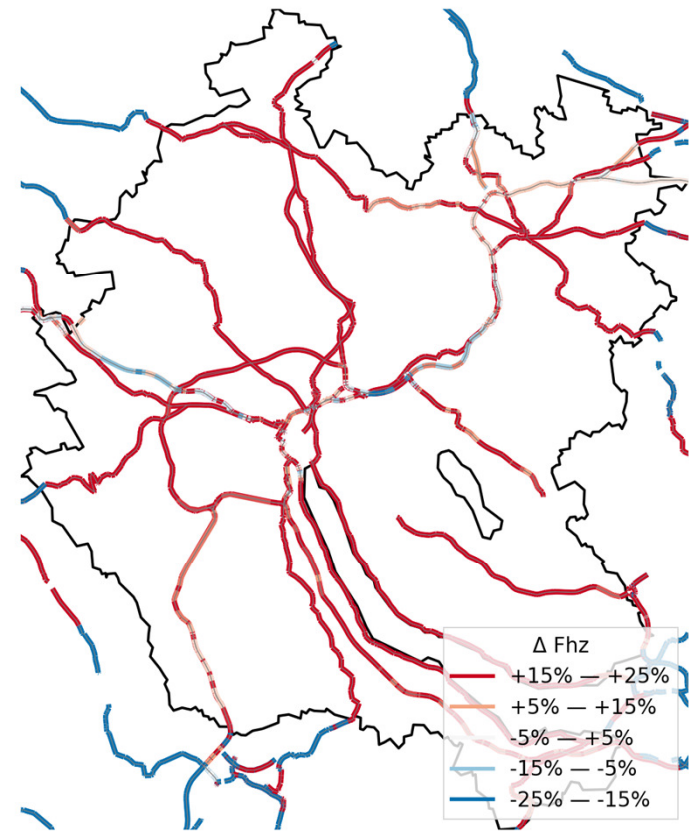
in Fahrzeugen/Tag

Abbildung 7: Stadt und Agglomeration (SA), Szenario A 2050 mit privaten AF mit AF-Einzel-Taxis, Veränderung PCU und DWV auf OSM-Kategorie „Motorway“



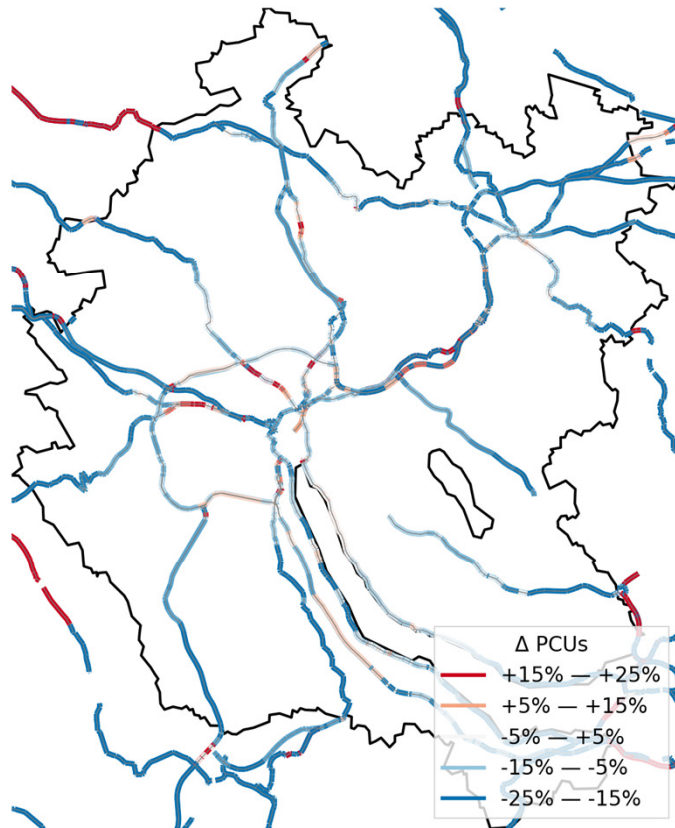
in PCU/Tag

Veränderungen
ggü. Jahr 2020



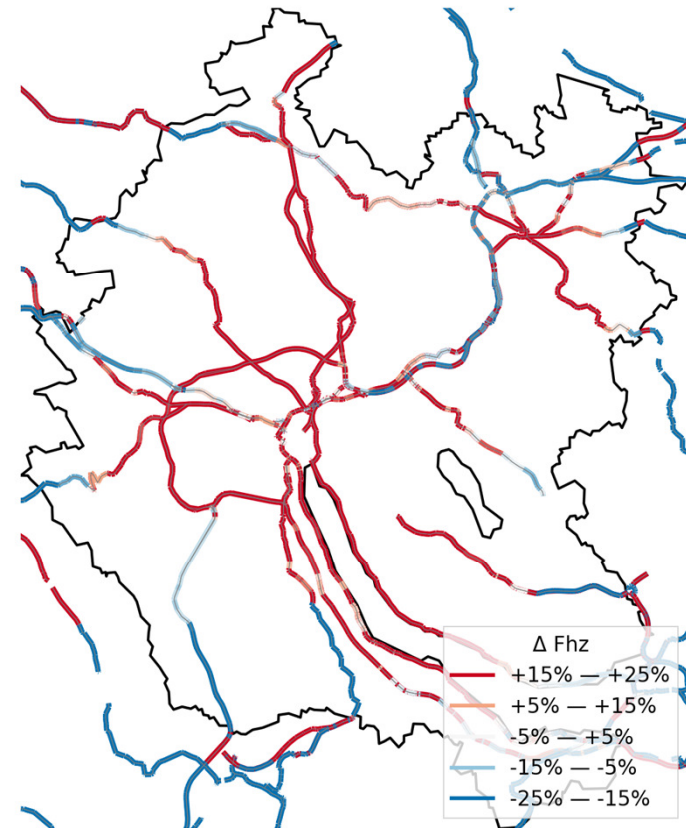
in Fahrzeugen/Tag

Abbildung 8: Stadt und Agglomeration (SA), Szenario B 2050 mit privaten AF mit AF-Einzel-Taxis, Veränderung PCU und DWV auf OSM-Kategorie „Motorway“



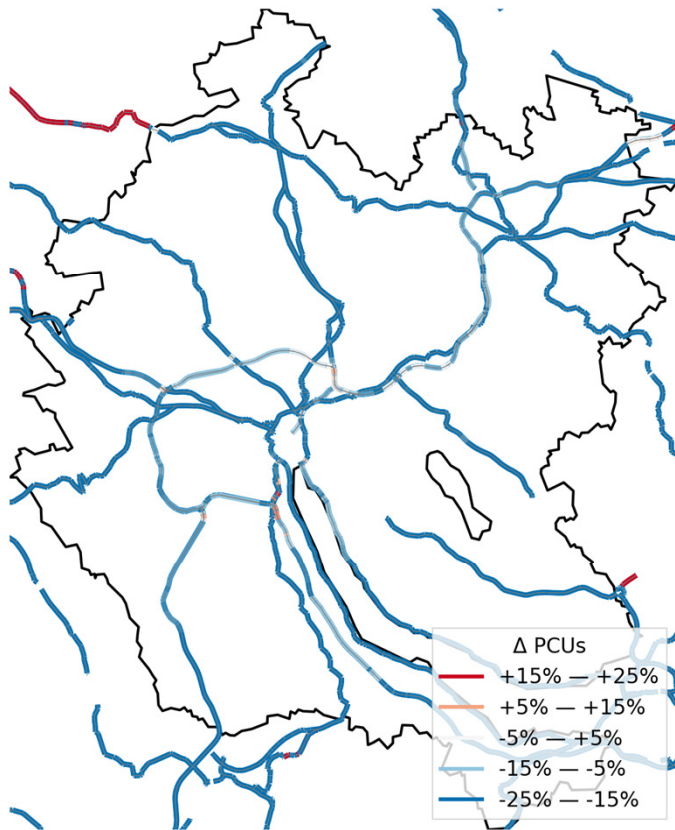
in PCU/Tag

Veränderungen
ggü. Jahr 2020



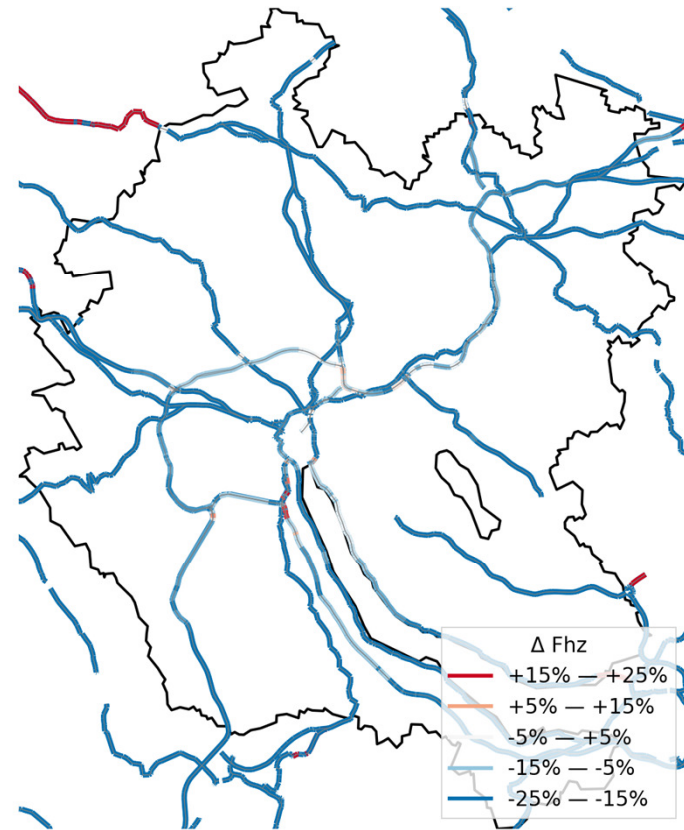
in Fahrzeugen/Tag

Abbildung 9: Stadt und Agglomeration (SA), Szenario B 2050 mit privaten AF ohne AF-Einzel-Taxis, Veränderung PCU und DWV auf OSM-Kategorie „Motorway“



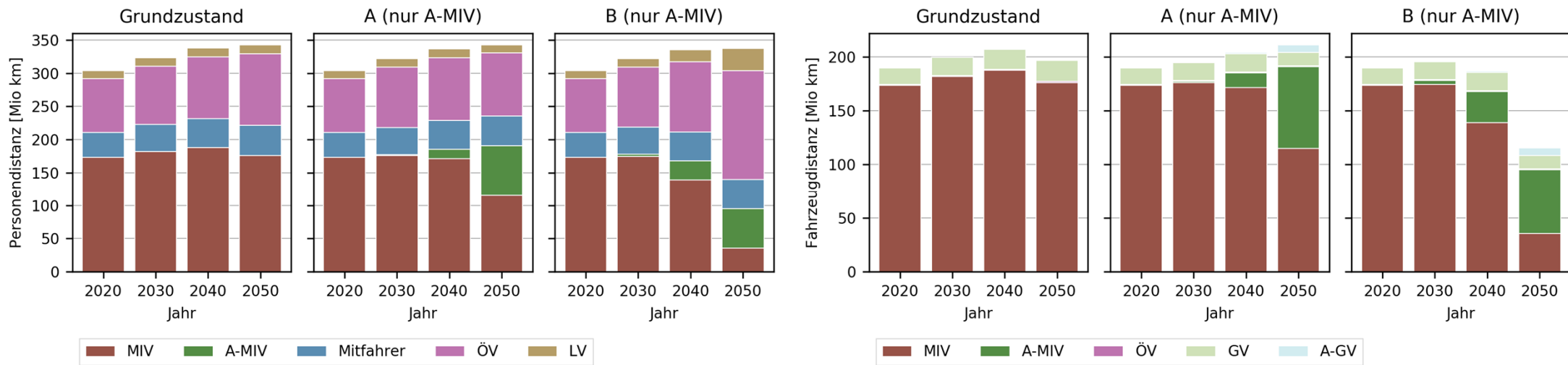
in PCU/Tag

Veränderungen
ggü. Jahr 2020



in Fahrzeugen/Tag

Abbildung 26: Schweiz 2050, mit private AF, Verkehrsmittelverteilung in Mio. Pkm und Mio. Fzkm



Mio. Pkm je Tag

Mio. Fzkm je Tag
(nur motorisierter Strassenverkehr)

Abbildung 27: Schweiz Referenzszenario 2050

Veränderung PCU & DWV auf OSM „motorway“

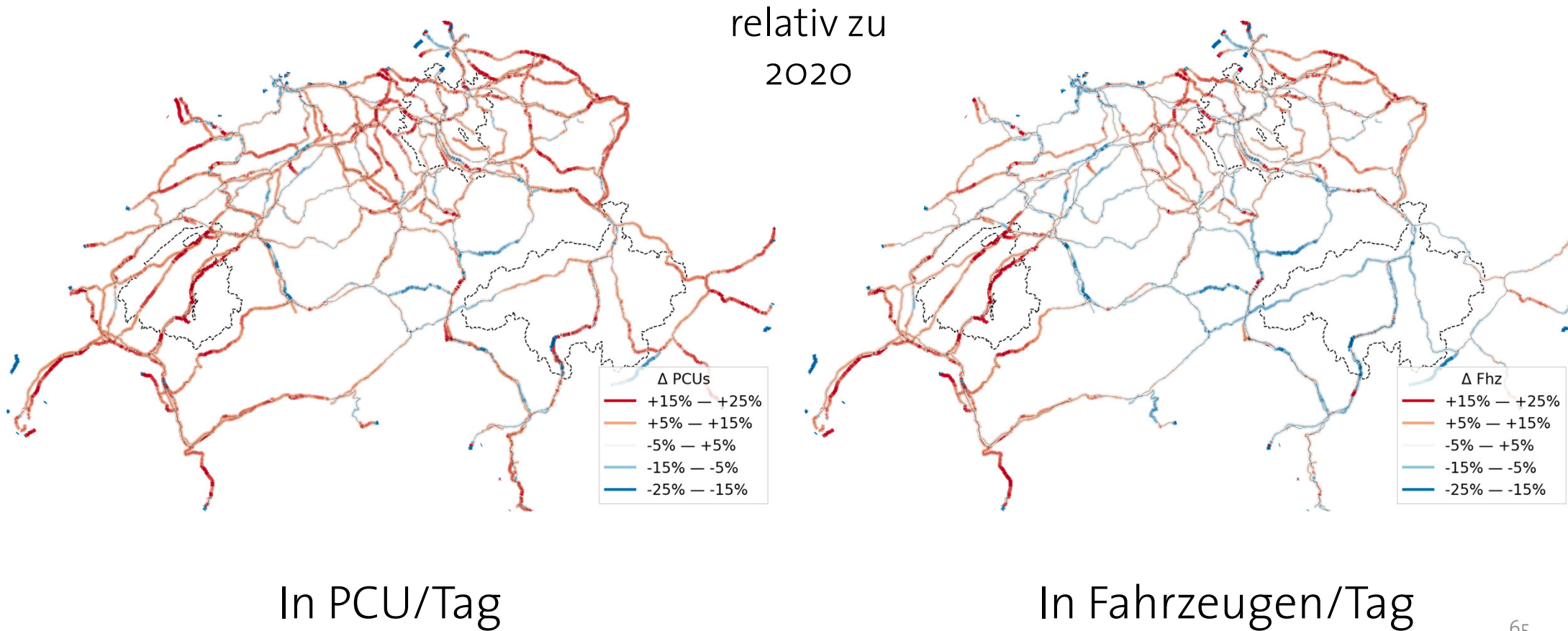


Abbildung 28: Schweiz, Szenario A 2050, mit private AF

Veränderung PCU & DWV auf OSM „motorway“

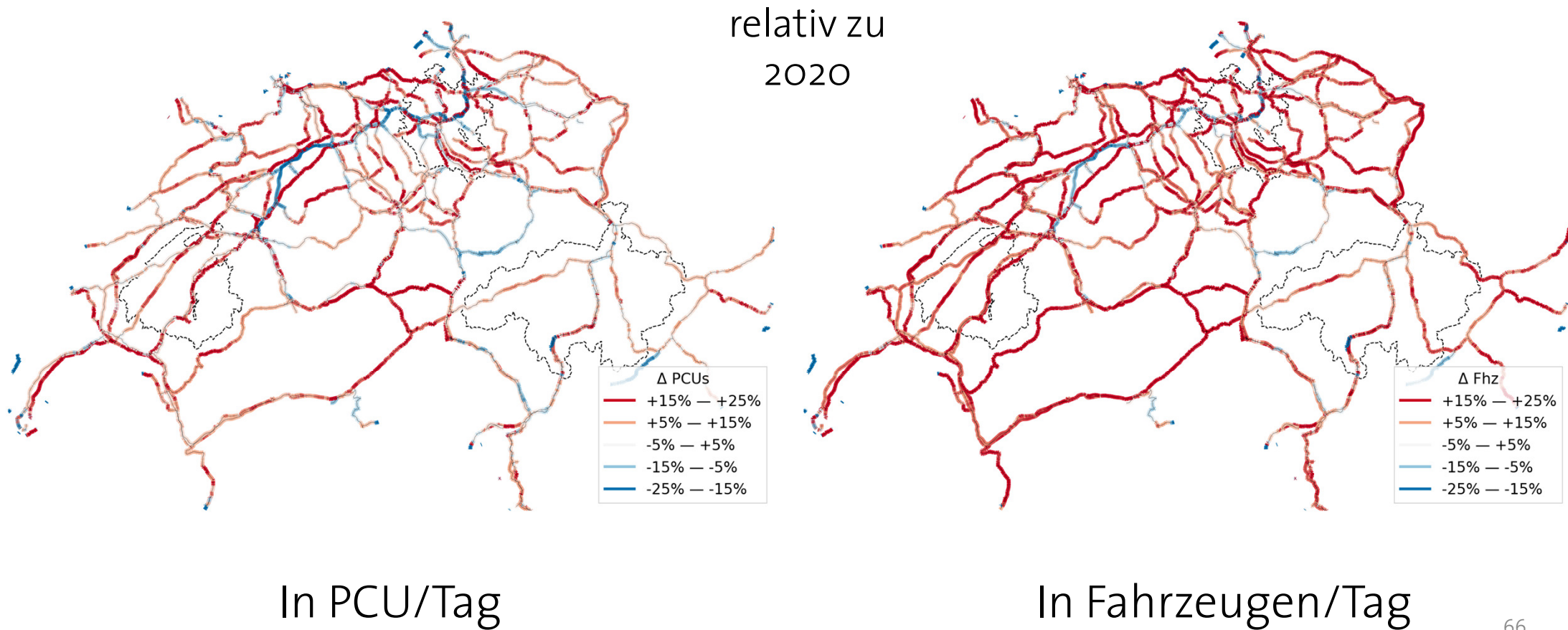
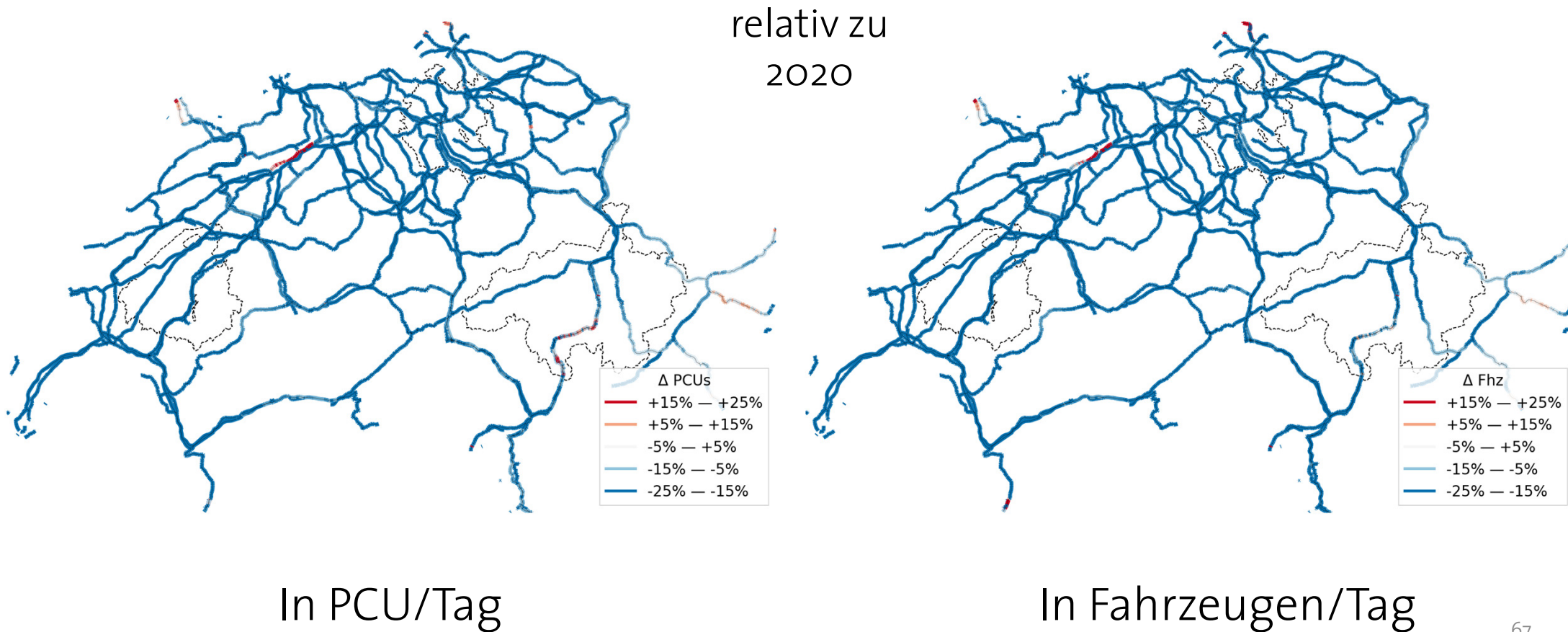


Abbildung 29: Schweiz, Szenario B 2050, mit private AF

Veränderung PCU & DWV auf OSM „motorway“



Zusatzfolien 4: Engpassanalyse und Knotenanalyse

Ergebnisse Engpassanalyse

Anzahl Strecken	Engpassanalyse STEP-NS 2040	Szenario A/B 2040	Szenario A 2050	Szenario B 2050
Stufe III (Auslastung 2040: > 120%)	8	4	4	1
Stufe II (Auslastung 2040: 111-120%)	3	4	4	5
Stufe I (Auslastung 2040: 101-110%)	1	1	1	2
Summe Engpässe	12	9	9	8
Engpass gelöst	-	3	3	4
Summe betrachteter Querschnitte	12	12	12	12

Wichtig:
Gilt für optimistische Kapazitätswirkungen von AV (Kapazität +30% bei 100% Durchdringung).

Entlastung Querschnitte aufgrund starrer Kapazitätsrestriktion überschätzt.

Ohne Berücksichtigung von induzierten Verkehr durch AV

Keine Berücksichtigung von Leerfahrten

Bei 2 der 3 gelösten Engpässe konnten die Ergebnisse nicht plausibilisiert werden.

Knotenanalyse

Untersuchung von drei Knoten bezüglich zweier Kenngrößen:

- **Maximale Auslastung:** Verhältnis der verkehrlichen Nachfrage zur Kapazität. Dabei wird – in Analogie zum massgebenden Abschnitt bei der Engpassanalyse auf Nationalstrassen – jeweils die massgebende Knotenzufahrt mit der höchsten Auslastung angegeben. Diese hängt von der Aufteilung der Knotenströme ab.
- **Gewichtete Wartezeit:** Infolge des Knotenbetriebs kommt es zu Wartezeiten auf den Knotenzufahrten. Die mittlere Wartezeit gibt an, welche Wartezeit im Durchschnitt über alle Fahrzeuge, die den Knoten überqueren, entsteht (bspw. infolge Rotzeiten und/oder Auflösung des Rückstaus).