



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Verkehr BAV
Förderprogramm für Innovationen im regionalen Personenverkehr (RPV)

Schlussbericht

5-in-5

Das Projekt 5-in-5 entwickelt KI-gestützte Mobilitätsmusteranalysen*, um wirksame Massnahmen für die Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs zugunsten des Öffentlichen und Langsamverkehrs zu erzielen (Zielsetzung: 5% in 5 Jahren).

* Die 5-in-5 KI befindet sich in aktiver Entwicklung.
Der Schlussbericht bildet den Daten- und Analysestand vom 23.12.2024 ab.



42hacks

sos SÜDOSTBAHN



Henrik Müller, BLS AG

Genfergasse 11, CH-3001 Bern, henrik.mueller@bls.ch, www.bls.ch

Christoph Forsting, 42hacks Genossenschaft

Berg 29, CH-9043 Trogen, christoph@42hacks.com, www.42hacks.com

Begleitgruppe

Fr. Christa Hostettler / Postauto AG

Hr. Urs Brütsch / Schweizerische Südostbahn AG

Impressum

Herausgeberin:
Bundesamt für Verkehr BAV
Förderprogramm für Innovationen im regionalen Personenverkehr (RPV)
CH-3003 Bern

Programmleiter
Christophe Le Borgne, BAV

Projektnummer: 3015
Bezugsquelle
Kostenlos zu beziehen über das Internet
www.bav.admin.ch/innovation-rpv

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren-innen dieses Berichts verantwortlich.

Bern, den 18.01.2024



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Executive Summary in Deutsch	4
Résumé exécutif en français	5
Executive Summary in English	6
Zusammenfassung in Deutsch	7
Ausgangslage	7
Ziel und innovativer Ansatz	7
Reflexion der Ergebnisse	11
Herausforderungen und Chancen	11
Schlussfolgerungen	12
Résumé en français	13
1.1. Contexte	13
1.2. Objectif et approche innovante	13
1.3. Réflexion sur les résultats	16
1.4. Défis et opportunités	17
1.5. Conclusions	17
2. Ausgangslage	18
2.1. Problemstellung: Stagnierender Modal Split Anteil des ÖV	18
2.2. Relevanz des Projekts	18
3. Ziel der Arbeit	19
3.1. Ziel 1: Identifikation von Verkehrs-Hotspots	19
3.2. Ziel 2: Vorschlag der 100 effektivsten Massnahmen zwecks Modal Split Shift	19
3.3. Reduzierte Projektziele	19
4. Forschungsansatz und aktueller Wissensstand	20
4.1. Forschungsansatz	20
4.2. Strategische Anwendung von "Crossing the Chasm" für Modal Shift	21
4.3. Daten- und KI getriebenes Vorgehen zur Identifikation Multiplikatoren	22
Schritt 1: Identifikation von Hotspots	22
Schritt 2: Klassifizierung des Verkehrs	22
Schritt 3: Berechnung der ÖV-Qualität von Fahrten in den Hotspot	23
Schritt 4: Berechnung der Umsteige-Potenziale einzelner Massnahmen	24
Diskussion der Massnahmen	25
Schritt 5: Bewertung der Umsteige-Potenziale	25
4.4. Vergleich und Abgrenzung zu bisherigen Modellen	25
4.5. Mobilfunkdaten als Basis für die Studie	26
Anreicherung und Kalibrierung mit weiteren Mobilitätsdaten	27

Datenqualität und ihre Grenzen	28
Datenvalidierung und Genauigkeit	28
Berechnung Modal Split	31
4.6. Zugrundeliegende Annahmen und Algorithmen	32
Einteilung der Hotspots	32
Berechnung des Arbeitgeberverkehrs	32
Berechnung des Freizeiteffekts für Arbeitnehmerfahrten	33
5. Ergebnisse	34
5.1. Ergebnis 1: Identifikation von Hotspots, welche die grössten MIV-Verkehrsverursacher sind	34
5.2. Ergebnis 2: Vorschlag der 100 effektivsten Massnahmen	36
5.3. Top 100 Hotspot-Arbeitgeber-Cluster	38
5.4. Top 100 Arbeitgeber und ihre lokalen Potenziale	39
5.5. Top 100 Hotspot Potenziale	41
5.6. Potenziale für Modal Split Shift im Freizeitverkehr	41
5.7. Weitere Erkenntnisse des Projekts	42
Analyse der Gewinner & Verlierer (vor/nach Corona)	42
Analyse Verbesserung Reisezeit und Modal Split-Korrelation	43
6. Diskussion	45
6.1. Erstversion der Software	45
6.2. Arbeitgeber: Warum besteht gerade hier das grösste Potenzial?	46
Innovativer Ansatz zur Entwicklung wirksamer Massnahmenpakete bei Arbeitgebern	46
Dennoch nichts überraschend Neues? Oder doch?	50
Zentrale Herausforderung: Stakeholder Koordination	51
Bekannte Bausteine in der Kombination neuer, massgeschneideter Lösungen	52
Warum haben ähnliche Massnahmen bisher nicht den durchschlagenden Erfolg gehabt?	53
Warum sollten Arbeitgeber mitmachen?	54
Wie gelingt eine schweizweite Skalierung?	55
Erste Feldexperimente mit Arbeitgebern: Impressionen und Erkenntnisse	56
Exkurs: Pendlerverkehr als Ursache und mögliche Lösung für chronische Stauherde	61
6.3. Daten und Analysen	62
Umwandlungsquoten (Conversion Rates)	62
ÖV-Qualität	62
6.4. Freizeitverkehr	63
Übertragungseffekte aus Berufsverkehr	63
Direkte Massnahmen für Freizeit Hotspots	63
6.5. Offene Fragen und Herausforderungen in der Umsetzung	64
Ergänzende Fragen zur Ausgestaltung von Massnahmen und Preismodellen	64
Weitere Forschungsthemen im Freizeit-Verkehr	65
Beschreiten neuer Wege zur Verringerung des MIV	67
7. Kosten-Nutzen-Analyse	68
7.1. Umsatz	68
7.2. Betrachtung von Kosten	68
7.3. Kosten-Nutzen-Analyse für die Top 10 Arbeitgeber-Cluster	70



8.	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	71
8.1.	Schlussfolgerungen	71
8.2.	Empfehlungen	73
9.	Symbol- und Abkürzungsverzeichnis	74
10.	Abbildungsverzeichnis.....	75
11.	Tabellenverzeichnis.....	77
12.	Literaturverzeichnis	78
13.	Anhang	79
13.1.	Anhang 1 - Annahmen und Formelverzeichnis	79
	Berechnung der ÖV-Qualität.....	79
	Berechnung letzte Meile.....	80
	Berechnung des Fahrrad-Potenzials	80
	Berechnung des Arbeitszeit-Potenzials	81
	Berechnung des Mobilitätspotenzials	82
	Einteilung der Hotspots (Kategorisierung)	85
	Berechnung Modal Split	87
	Referenzmonat.....	91
13.2.	Anhang 2: Kosten für vorgeschlagene Massnahmen	92
13.3.	Anhang 3 - Datenqualitätsanalyse mit Ground-Truth Daten	95

Executive Summary in Deutsch

Ausgangslage

Der Modal Split Anteil des öffentlichen Verkehrs (ÖV), verbessert sich trotz umfangreicher Infrastrukturinvestitionen unzureichend. Um den Verkehrsspitzen, dem Bevölkerungswachstum und dem Netto-Null-Emission Ziel gerecht zu werden, bedarf es einer gezielten Verkehrswende.

Forschungsfragen

Das Projekt 5-in-5 zielt auf eine Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs zugunsten des Öffentlichen- und Langsamverkehrs ab (5% in 5 Jahren). Um dieses Ziel umzusetzen, untersuchte das Projekt, wie Echtzeit-Mobilitätsdatenanalyse und Künstliche Intelligenz (KI) genutzt werden können, um 100 Massnahmen für eine zeitnahe und signifikante Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs zu identifizieren.

Hypothesen

Ein Grossteil des Schweizer Verkehrs konzentriert sich auf einer kleinen Fläche, in Verkehrs-Hotspots mit hohem Verkehrsaufkommen. Durch gezielte Massnahmen an diesen Verkehrs-Hotspots lässt sich der MIV-Anteil am Gesamtverkehr innerhalb von fünf Jahren signifikant verringern, ohne dass zusätzliche Infrastrukturinvestitionen erforderlich sind.

Kernerkenntnisse

Eine KI-gestützte Analyse (<https://ov42.com/5-in-5>) möglicher Massnahmen zeigt, dass bei den grössten 100 Arbeitgeber-Clustern eine Modal Split Reduktion des motorisierten Individualverkehrs (MIV) hin zum ÖV bzw. LV um 1.0 bis 3.6 Prozentpunkte realistisch und wirtschaftlich rentabel umsetzbar ist. Für die 1'000 verkehrsreichsten Arbeitgeber-Cluster erhöht sich die mögliche Reduktion des MIV auf bis zu 5.2 Prozentpunkte. Unter Hotspot-Arbeitgeber-Cluster werden alle Arbeitgeber mit mehr als 200 Mitarbeitern verstanden, die sich auf einer Fläche von einem Quadratkilometer befinden. Dies entspricht dem Analyseraster der KI.

Top 100 Hotspot-Arbeitgeber-Cluster		
Erwartete Effekte in Prozentpunkten (PP) Reduktion MIV bzgl. des schweizweiten MIV-Modal Splits (PKM) [je nach Szenario]		
Top 15	Top 100	Skalierungspotenzial: 1'000 Hotspots
0.8 PP [0.4 PP - 1.4 PP]	2.1 PP [1.0 PP - 3.6 PP]	2.9 PP [1.4 PP - 5.2 PP]

Tabelle 1: Erwartete Effekte der vorgeschlagenen Massnahmen auf den Modal Split

Reflexion der Ergebnisse

Neue Ansätze in der Verkehrspolitik sind dringend notwendig. Die KI-gestützte Identifizierung und Analyse von Verkehrs-Hotspots bietet ein neues, vielversprechendes Werkzeug, das eine gezielte Zusammenarbeit mit Arbeitgebern ermöglicht. Das Projekt konnte durch den Abgleich mit Referenzdaten feststellen, dass die verwendeten Swisscom Mobilitätsdaten, obwohl sie nicht maximal exakt sind, eine hohe Qualität und Zuverlässigkeit aufweisen. Für die erfolgreiche Realisierung der identifizierten MIV-Reduzierungspotenziale der Top Hotspots ist ein Schrittmacher-Team erforderlich, dass den Prozess vorantreibt und relevante Parteien zusammenbringt. Die tatsächliche Modal Split Verlagerung, die durch eine Bearbeitung der 100 identifizierten Hotspots erreicht werden kann, muss im Feld durch weitere Experimente validiert werden.



Résumé exécutif en français

Contexte

Malgré des investissements importants dans les infrastructures, la part modale des transports publics (TP) ne s'améliore pas suffisamment. Pour faire face aux pics de trafic, à la croissance démographique et à l'objectif de neutralité carbone, une transition ciblée des transports est nécessaire.

Questions de recherche

Le projet «5-en-5» vise à réduire le trafic individuel motorisé (TIM) au profit des transports publics (TP) et de la mobilité douce (MD) (5 % en 5 ans). Pour atteindre cet objectif, le projet a étudié comment l'analyse de données de mobilité en temps réel et l'intelligence artificielle (IA) peuvent être utilisées pour identifier 100 mesures permettant une réduction rapide et significative du trafic individuel motorisé (TIM).

Hypothèses

Une grande partie du trafic suisse se concentre sur une petite surface, dans des points chauds de trafic à forte densité. Des mesures ciblées dans ces points chauds peuvent réduire significativement la part du TIM dans le trafic total en cinq ans, sans nécessiter d'investissements supplémentaires en infrastructure.

Conclusions clés

Pour examiner les hypothèses de travail, une plateforme d'analyse de données de mobilité en temps réel assistée par IA a été développée (<https://ov42.com/5-en-5>). La plateforme offre un aperçu complet des mesures possibles. L'analyse assistée par IA montre qu'une réduction de la part modale du TIM au profit des TP et de la mobilité douce de 1,0 à 3,6 points de pourcentage est réalisable et économiquement viable chez les 100 plus grands employeurs. Pour les 1'000 points chauds les plus fréquentés, la réduction potentielle du TIM atteint jusqu'à 5,2 points de pourcentage. Les clusters d'employeurs comprennent tous les employeurs de plus de 200 employés situés dans une zone d'un kilomètre carré, ce qui correspond à la grille d'analyse de l'IA.

les 100 principaux amas d'employeurs points chauds		
Effets attendus en points de pourcentage (PP) de réduction du TIM par rapport à la répartition modale nationale du TIM (kilomètres-personnes / km-p) [selon le scénario]		
principaux 15	principaux 100	Potentiel d'expansion : 1'000 points chauds
0.8 PP [0.4 PP - 1.4 PP]	2.1 PP [1.0 PP - 3.6 PP]	2.9 PP [1.4 PP - 5.2 PP]

Tableau 1 : Effets attendus des mesures proposées sur la répartition modale

Réflexion sur les résultats

De nouvelles approches en matière de politique des transports sont urgentes. L'identification et l'analyse assistées par IA des points chauds de trafic offrent un nouvel outil prometteur qui permet une collaboration ciblée avec les employeurs. Le projet a pu confirmer, en comparant avec des données de référence, que les données de mobilité de Swisscom, bien que non maximales en précision, sont de haute qualité et fiables. Pour réaliser avec succès les potentiels de réduction du TIM identifiés dans les points chauds, une équipe de pionniers est nécessaire pour faire avancer le processus et rassembler les parties concernées. La réelle modification de la répartition modale atteignable par le traitement des 100 points chauds identifiés doit être validée sur le terrain par d'autres expériences.

Executive Summary in English

Initial situation

The modal split share of public transportation is improving insufficiently despite extensive infrastructure investments. Coping with the pressures of peak traffic, population growth, and net-zero emission targets requires a fundamental shift in transportation policy and practice.

Research questions

The 5-in-5 project aims to reduce motorised private transport in favour of public and non-motorised modes of transportation (5% in 5 years). To achieve this goal, the project investigated how real-time mobility data analysis and artificial intelligence (AI) can be utilised to identify 100 measures for a rapid and significant reduction in private motorised transport use.

Hypothesis

A large proportion of Swiss traffic occurs in geographically small, congested areas. Targeted measures at these traffic hotspots can significantly reduce motorised private transport use within five years without additional infrastructure investment.

Key findings

The project developed a real-time mobility data analysis platform (<https://ov42.com/5-in-5>), demonstrating that for the most significant 100 hotspot employer clusters, a modal split shift of 1.0 to 3.6 percentage points from motorised private transport (MIT) to public transportation is realistic and economically viable. For the 1,000 busiest hotspot employer clusters, the potential reduction in MIT increases to up to 5.2 percentage points. Hotspot employer clusters are defined as all employers with more than 200 employees in an area of one square kilometre. This corresponds with the AI analysis grid.

Top 100 Hotspot-Employer-Cluster		
Expected effects in percentage points (PP) reduction in motorized individual transport (MIT) with regard to the Swiss-wide MIT modal split (Passenger kilometers) [depending on scenario]		
Top 15	Top 100	Scaling-up potential: 1'000 Hotspots
0.8 PP [0.4 PP - 1.4 PP]	2.1 PP [1.0 PP - 3.6 PP]	2.9 PP [1.4 PP - 5.2 PP]

Table 1: Expected effects of the proposed measures on the modal split

Reflection on the results

New approaches in transport policy are urgently needed. The AI-enabled identification and analysis of transport hotspots offers a novel, promising tool that can stimulate cooperation with relevant employers. A pacemaker team must bring key stakeholders together to realise the top hotspots' MIT reduction potentials. The modal split shift that can be achieved by working on the 100 identified hotspots must be validated in the field through further experiments. The project established through data comparison that the employed Swisscom mobility data, although not maximally accurate, offers high quality and reliability.



Zusammenfassung in Deutsch

Ausgangslage

Der Modal Split Anteil von ÖV und LV in der Schweiz erhöht sich trotz umfangreicher Infrastrukturinvestitionen nicht bzw. nur marginal. Die Investitionen zielen vorrangig auf die Bewältigung von Spitzenlasten und das antizipierte Bevölkerungswachstum ab. Diese Investitionspraktiken reflektieren vorwiegend makroökonomische Perspektiven und vernachlässigen möglicherweise wesentliche Aspekte der individuellen Mobilitätsbedürfnisse und -muster. Ergänzende Ansätze für die Verkehrswende sind daher dringend notwendig.

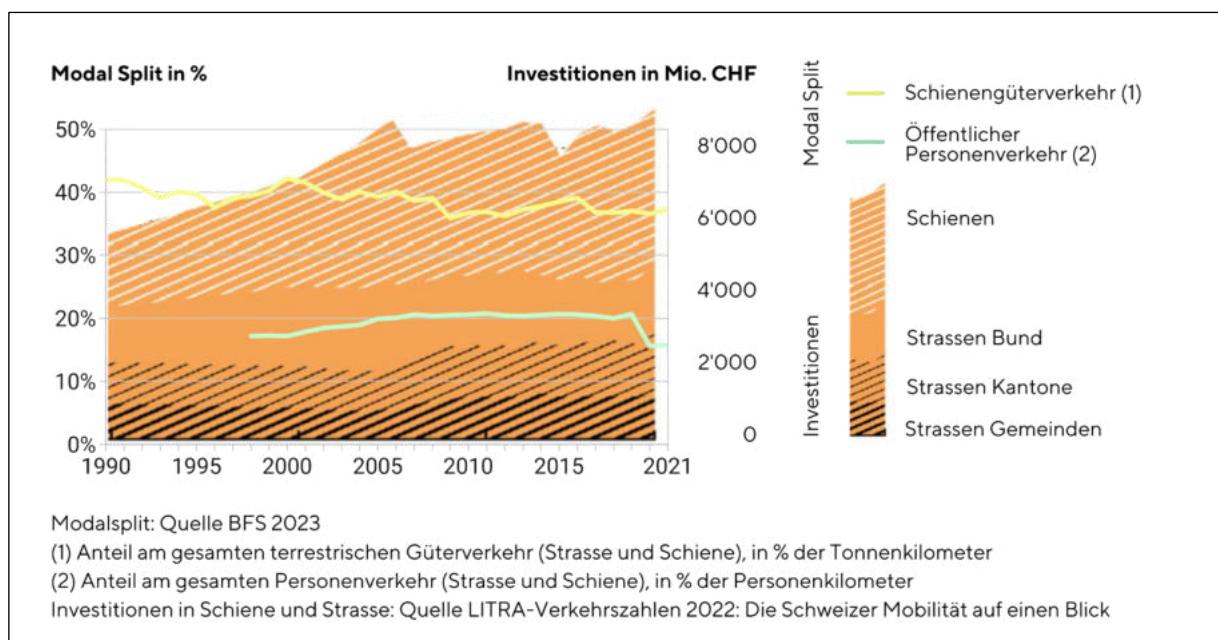


Abbildung 1: Modal Split Veränderung und Investitionen in Strasse und Schiene im Vergleich. Quellen: BFS 2023, LITRA-Verkehrszahlen 2022. Darstellung: 42hacks

Ziel und innovativer Ansatz

Das Projekt „5-in-5“ hat sich zum Ziel gesetzt, vorhandene ÖV- und LV-Infrastruktur effizienter zu nutzen, um eine signifikante Reduzierung des MIV zu erreichen, ohne dabei auf neue Infrastrukturinvestitionen zurückzugreifen (Zielsetzung 5% in 5 Jahren). Um diesen Ansatz in der Praxis zu testen, entwickelt das Team eine digitale Plattform, die **Echtzeit-Mobilitätsdaten** und eine speziell entwickelte **Künstliche Intelligenz (KI)** nutzt um historische, aktuelle und zukünftige Verkehrsströme zu kategorisieren und zu analysieren. Die Plattform greift auf Swisscom Mobilitätsdaten zurück und korreliert diese mit anderen Verkehrs- und Geodaten. Dies ermöglicht unter anderem **Verkehrs-Hotspots** zu identifizieren, an denen sich ein Grossteil des nationalen MIV konzentriert.

Dieser Ansatz erlaubt es, **massgeschneiderte Lösungen** zur Reduzierung des MIV zu entwickeln. Ziel ist es, die 100 effektivsten Massnahmen für eine zeitnahe und signifikante Reduzierung des MIV vorzuschlagen. Es ist vorgesehen, Lösungsansätze in **Leuchtturmprojekten** zu testen, bevor sie nahtlos in die **Planungs- und Bestellprozesse** des Schweizer ÖV integriert werden können. Dieses Vorgehen leistet einen wertvollen Beitrag zur Erhöhung des Modal Splits Anteils von ÖV und LV und

zur Erreichung nationaler Verkehrs- und Umweltziele. Zusätzlich wird ein **höherer Deckungsbeitrag** erreicht und der Bedarf an öffentlichen Subventionen für den regionalen Personenverkehr reduziert.

Ein weiterer innovativer Aspekt des Projekts liegt in der **Zusammenarbeit mit verschiedenen Stakeholdern**, um gemeinsam neuartigen Lösungen zu entwickeln. Insbesondere der Fokus auf Pendlerverkehr und durch Pendlerverkehr verursachte Verkehrs-Hotspots ermöglicht durch Zusammenarbeit mit Arbeitgebern eine schnelle Verbesserung des Modal Splits. Der Einsatz von **Lean-Start-up-Methoden** ermöglicht es, innovative Ideen schnell zu entwickeln und in der Praxis zu testen, bevor umfangreiche Investitionen getätigt werden. Diese Herangehensweise erlaubt es, flexibel auf Erkenntnisse und Veränderungen zu reagieren und effektive, datengestützte Massnahmen zur Steigerung des ÖV-Modal Split Anteils zu erarbeiten.

Kernergebnisse:

- **Entwicklung einer KI-gestützten Plattform** für die Analyse von Echtzeit-Mobilitätsdaten und Modal Split Potenzialen. Dies beinhaltet Datenerfassung, Software Development und die Entwicklung von relevanten Formeln und Prozessen sowie die Programmierung von Machine Learning und die Entwicklung eines anwenderfreundlichen User Interfaces für Entscheidungsträger und Stakeholder.

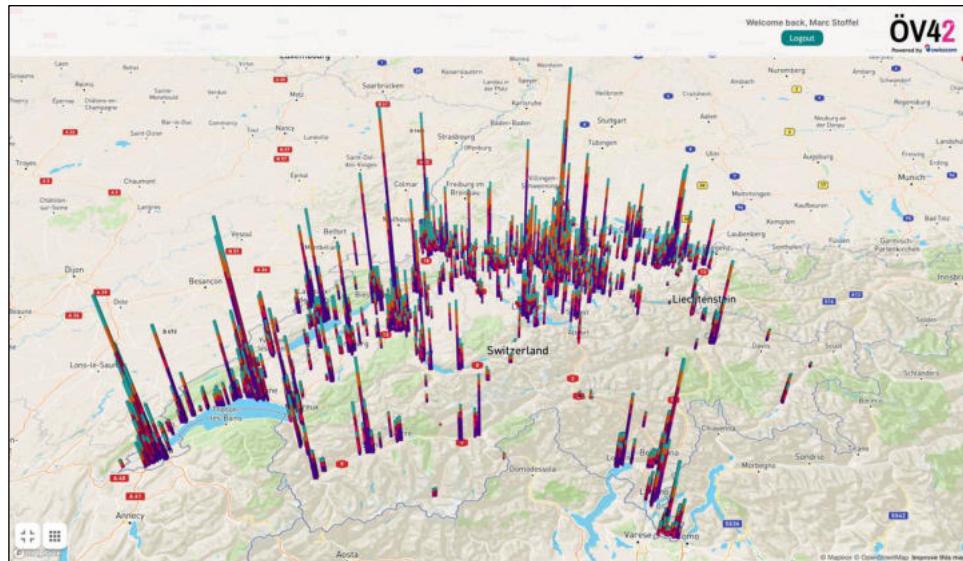


Abbildung 2: Die KI-berechneten Verlagerungspotenziale der 1'000 verkehrsreichsten Hotspot-Arbeitgeber-Cluster.

- **Identifikation der schweizweit verkehrsreichsten 1'000 Hotspots** auf einer Fläche von je einem Quadratkilometer. Obwohl diese nur 2.4% aller 42'000 Hotspots ausmachen, tragen sie zusammen ca. 53% zum Verkehrsaufkommen und ca. 36% zum MIV bei. Davon werden 21.2% durch Pendlerverkehr zum Arbeitgeber und 63.4% durch Besucher- und Einwohnerverkehr verursacht. Alleine die 15 verkehrsreichsten dieser Hotspots verursachen ca. 4.7% des gesamten schweizweiten MIV.
- Die Potenziale für die Steigerung des ÖV/LV-Modal Splits liegen entgegen der ursprünglichen Annahme nicht nur in einer Entfernung von mehr als 700 Metern zum Bahnhof (47%), sondern auch näher als 700 Meter zu einem Bahnhof (53%).
- **Identifikation von Hotspot-Arbeitgeber-Clustern.** Als Hotspot-Arbeitgeber-Cluster gelten alle Arbeitgeber mit mehr als 200 Mitarbeitenden, die sich auf einer Fläche von einem Quadratkilometer befinden, was dem Analyseraster der KI entspricht.
- **Simulation der Verlagerungspotentiale.** Die Modal Split Verlagerungspotenziale der simulierten Massnahmen pro Kategorie verteilen sich wie folgt: 44% durch Verhaltensänderung, 17% durch Arbeitszeitpolitik, 17% durch Fahrrad, 14% durch Car-Pooling und 8% durch die Letzte-Meile.



- Eine KI-gestützte, interaktive Übersicht, die pro Hotspots automatisch Massnahmen und deren Auswirkungen auf den Modal Split simuliert und darstellt. (<https://ov42.com/5-in-5>)

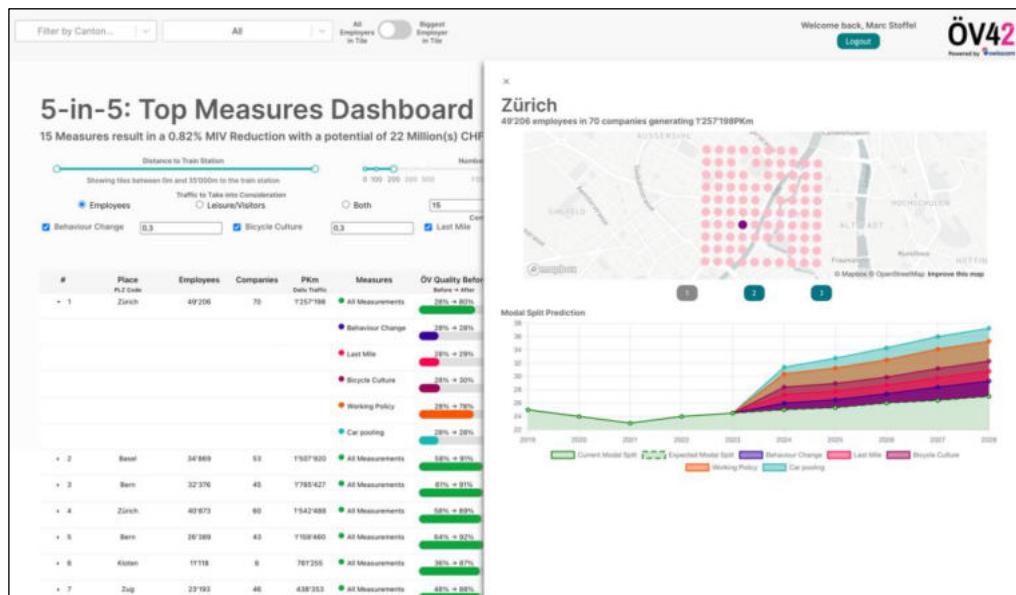


Abbildung 3: KI-berechnete Übersicht der “Top 100 Massnahmen” und ihrer Potenziale.

- Eine Prognose, dass die systematische Bearbeitung der **100 grössten Hotspot-Arbeitgeber-Cluster** eine **Reduktion des MIV** hin zum ÖV bzw. LV von **1.0 bis 3.6 Prozentpunkte** bewirken kann. Diese Prognose beruht auf der Summe aller identifizierten Massnahmen inklusive der in Feldexperimenten plausibilisierten Umsteigewahrscheinlichkeit. Für die 1000 verkehrsreichsten Hotspot-Arbeitgeber-Cluster erhöht sich die mögliche Reduktion des MIV auf **bis zu 5.2 Prozentpunkte**.

Top 100 Hotspot-Arbeitgeber-Cluster		
Erwartete Effekte in Prozentpunkten (PP) Reduktion MIV bzgl. des schweizweiten MIV-Modal Splits (PKM) [je nach Szenario]		
Top 15	Top 100	Skalierungspotenzial: 1'000 Hotspots
0.8 PP [0.4 PP - 1.4 PP]	2.1 PP [1.0 PP - 3.6 PP]	2.9 PP [1.4 PP - 5.2 PP]

Tabelle 2: Erwartete Effekte der vorgeschlagenen Massnahmen auf den Modal Split

- Eine Kosten-Nutzen-Analyse, die zeigt, dass die vorgeschlagenen Massnahmen wirtschaftlich rentabel umgesetzt werden können, d.h. dass die Kosten der Massnahmen inklusive Anfangsinvestitionen geringer sind als die Umsatzsteigerungen im ÖV. So bieten die Investitionen für die Top 10 Hotspot-Arbeitgeber-Cluster bereits nach 5 Jahren einen guten Return on Investment: **ROI-Faktor von 1.8 bis 2.9**. Im Vergleich dazu sind Infrastrukturmassnahmen deutlich teurer.

Vorgehensweise in der Übersicht

Im Rahmen des Projekts "5-in-5" wurde ein strukturierter Ansatz verfolgt, um Potenziale für eine Verlagerung des Modal Splits zugunsten von ÖV und LV zu identifizieren. Der Ansatz umfasste die folgenden Schritte:

1. **Entwicklung einer KI-gestützten Plattform** für die Analyse von Echtzeit-Mobilitätsdaten und Modal Shift Potenzialen.
2. **Identifikation der Hotspots**: Zunächst wurden die 1'000 grössten Quellen des Verkehrs in der Schweiz ermittelt und kategorisiert in Bereiche wie Arbeit, Gesundheit, Bildung und Freizeit.
3. **Bewertung der ÖV-Qualität relevanter Verkehrsverbindungen**: Die Verkehrsverbindungen zu diesen Hotspots wurden anhand der Reisezeit und der Anzahl der notwendigen Umstiege bewertet. Die Qualität der Verkehrsanbindung wurde in drei Kategorien eingeteilt: gute, mässige und schlechte ÖV-Alternativen, basierend auf der zusätzlichen Reisezeit und der Anzahl der notwendigen Umstiege im Vergleich zum MIV zu Stosszeiten. Eine gute ÖV-Alternative bedeutet eine maximal 30% längere Reisezeit und höchstens einen Umstieg, während eine schlechte Alternative mehr als 100% zusätzliche Reisezeit und drei oder mehr Umstiege bedeutet.
4. **Entwicklung und Simulation von Massnahmen**: Die vorgeschlagenen Massnahmen sind auf die spezifische Qualität der relevanten ÖV -Verbindungen abgestimmt.

- a. Strategien für Verbindungen mit guter ÖV-Anbindung:

Verhaltensänderung: Um das volle Potenzial gut angebundener Hotspots auszuschöpfen, werden Massnahmen zur Verhaltensänderung der Verkehrsteilnehmenden entwickelt. Dies beinhalten das Schaffen finanzieller und anderer Anreize, um die ÖV-Nutzung zu steigern. Hierbei soll der Arbeitgeber als Multiplikator genutzt werden, um seine Arbeitnehmer zum Umsteigen zu motivieren.

- b. Strategien für Hotspots mit mässiger bis schlechter ÖV-Qualität:

Letzte-Meile-Optimierung: Verbesserungen des Tür-zu-Tür-Mobilitätsangebots, die den Übergang vom MIV zum ÖV erleichtern. Dazu zählen verbesserte (Shuttle-) Busverbindungen sowie die Implementierung von Fahrrad- und Scooter-Sharing-Systemen.

Förderung der Fahrradkultur: Über attraktive Fahrradpreise und weiteren Aktionen soll die Fahrradkultur für den Arbeitsweg gesteigert werden.

Arbeitszeit: Gäbe es bei Arbeitgebern die Regelung, dass die Arbeitszeit im Zug anerkannt wird, sofern sie mindestens 20 Minuten ohne Umsteigen beträgt, hätte dies einen grossen Hebel auf die Attraktivität des ÖV.

Carpooling und Verbesserung Arbeitsbedingungen: Die Förderung von Fahrgemeinschaften und die Anerkennung der Arbeit im ÖV als Arbeitszeit bieten zusätzliche Anreize.

Zusammengefasst zielen die Strategien darauf ab, sowohl das Nutzerverhalten zu beeinflussen als auch die Qualität des Angebots zu verbessern, um eine effektive und nachhaltige Verlagerung des Modal Splits zugunsten von ÖV und LV zu erreichen.



Reflexion der Ergebnisse

Ob die identifizierten Massnahmen bei den 100 vielversprechendsten Hotspot-Arbeitergeber-Clustern eine Reduzierung des MIV von 1 oder 3.6 Prozentpunkten bewirken können, gilt es im nächsten Arbeitsschritt empirisch zu belegen. Sicher ist, dass ein neuer Ansatz in der Verkehrspolitik und im Vertrieb zu Schlüsselkunden für Transportunternehmen erforderlich ist, und dass gezielte Massnahmen an 100 Standorten einen signifikanten Modal Split Anstieg für den ÖV und LV erreichen können. Schlüssel zum Erfolg sehen die Autoren in einer Neugestaltung der Kooperation zwischen Politik, Besteller, Transportunternehmen und grossen Verkehrsverursachern (Arbeitgeber, Spitäler, Freizeiteinrichtungen, Shopping), die massgeschneiderten Lösungen erlaubt. Diese enge Kooperation ermöglicht nicht nur Modal Split Verschiebungen, sondern für viele Parteien auch positive wirtschaftliche Effekte.

Warum sollten Massnahmen, die an sich nicht neu sind, nun plötzlich erfolgreich sein?

Eine zentrale Neuerung ist die **Fokussierung auf Hotspots**, um dann mit wenigen Arbeitgebern **massgeschneiderte Lösungen** zu entwickeln. Dazu wird die Theorie des "Crossing the Chasm" eingesetzt, die zuerst mit wenigen "Willigen" in **zahlreichen Iterationen und Feedbackschleifen** mit Autofahrenden die bekannten Massnahmen so ausgestaltet und ins Zusammenspiel bringt, dass tatsächlich Veränderungen des Modal Splits zugunsten von ÖV und LV erreicht werden. Dazu benötigt man zwingend ein **neutrales Schrittmacher-Team**, das ohne Eigeninteressen, **mit viel Freiheiten** und nur mit dem Ziel der Erhöhung des ÖV/LV Modal Splits **alle Stakeholder an einen Tisch** bringt. Mittels innovativer Kreativitätstechniken (z.B. Hackathons) werden wirksame Lösungen entworfen, die nur durch **Zusammenarbeit aller Stakeholder und Tarifverbünde** und nicht durch Optimierung einzelner Beteiliger möglich sind und **für alle Beteiligten Vorteile bringen**. Schliesslich müssen die attraktiven Lösungen zu Beginn **aktiv und individuell implementiert** werden - also Autofahrende 1:1 zum Wechsel überzeugt werden, bis ein kritisches Momentum erreicht ist.

Warum haben die Massnahmen bisher noch nicht zum gewünschten Erfolg geführt?

Bisherige Massnahmen zur Steigerung des Modal Split Anteil des ÖV waren begrenzt wirksam, da sie oft **nicht auf die spezifischen Bedürfnisse** der Unternehmen und ihrer Mitarbeitenden zugeschnitten waren. Für viele Autofahrende waren die **angebotenen Anreize nicht attraktiv genug**. Zudem wurden häufig **Mobilitätsangebote ohne tiefgehende Analyse** der Nutzerbedürfnisse zur Verfügung gestellt. Die Optimierung der letzten Meile erfolgte meist isoliert, **ohne enge Zusammenarbeit** mit Unternehmen. Politische Aufrufe **mangelten an konkreten, praktikablen Lösungen**. Der Mangel an **massgeschneiderten Lösungen** und übergreifender Kooperation in der Entwicklung von Lösungen, führt dazu, dass die Bemühungen um eine Modal Split Steigerung für den ÖV/LV bisher nicht den erhofften Erfolg brachten.

Herausforderungen und Chancen

- Während traditionelle Modelle auf Infrastrukturausbau und Fahrplanoptimierung setzen, fokussiert „5-in-5“ auf die aktive Beeinflussung des Mobilitätsverhaltens und die Nutzung des ÖV durch gezielte Massnahmen.
- Die Herausforderungen liegen in der Koordination zwischen Politik, Transportunternehmen, Tarifverbund und LV, um gemeinsame massgeschneiderte Lösungen für Verkehrs Hotspots zu entwickeln und zu implementieren.

Zentrale Fragen sind:

- Wer beauftragt und finanziert neutrale Schrittmacher-Teams?
Vorschlag der Autoren: die Kantone.

- Wer übernimmt die Anfangsfinanzierung der Massnahmen?
Vorschlag der Autoren: die Besteller.
- Wie werden die Gewinne verteilt?
Vorschlag: Möglichst fair auf alle Beteiligten.

Schlussfolgerungen

Das Projekt "5-in-5" präsentiert einen fokussierten, datengetriebenen und unternehmerischen Ansatz, um den Modal Split Anteil des ÖV und LV effektiv und wirtschaftlich zu steigern. Es zeigt, dass eine Kombination aus technologischer Innovation, Entwicklung massgeschneideter Lösungen, kooperativer Stakeholder-Einbindung und unternehmerischer Herangehensweise einen substantiellen Beitrag zur Förderung des ÖV leisten kann. Die Erkenntnisse und Methoden des Projekts bieten wertvolle Impulse für zukünftige Verkehrsplanung und -politik.



Résumé en français

Contexte

En Suisse, la part modale des transports publics (TP) et de la mobilité douce (MD) n'augmente pas ou très peu malgré d'importants investissements en infrastructure. Ces investissements visent principalement à gérer les pics de charge et la croissance démographique anticipée. Ces pratiques d'investissement reflètent surtout des perspectives macroéconomiques et négligent peut-être des aspects essentiels des besoins et des modèles de mobilité individuels. Par conséquent, des approches complémentaires pour la transition des transports sont urgentement nécessaires.

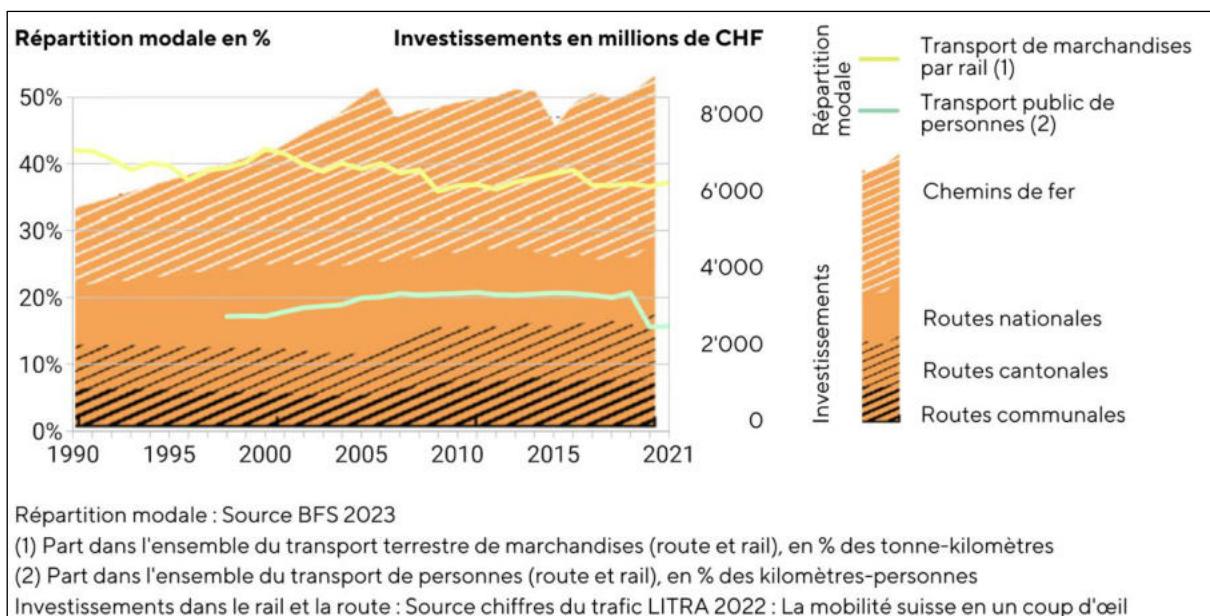


Illustration 1: Changement de la répartition modale et comparaison des investissements dans la route et le rail.
Sources : BFS 2023, LITRA-Statistiques de transport 2022. Illustration : 42hacks

Objectif et approche innovante

Le projet "5-en-5" vise à utiliser plus efficacement l'infrastructure existante des TP et de la MD pour obtenir une réduction significative du trafic individuel motorisé (TIM), sans recourir à de nouveaux investissements en infrastructure (objectif de 5 % en 5 ans). Pour tester cette approche en pratique, l'équipe développe une plateforme numérique qui utilise des **données de mobilité en temps réel** et une **intelligence artificielle (IA)** spécialement conçue pour catégoriser et analyser les flux de trafic historiques, actuels et futurs. La plateforme s'appuie sur les données de mobilité de Swisscom et les corrèle avec d'autres données de trafic et géodonnées. Cela permet notamment d'identifier **les points chauds de trafic** où se concentre une grande partie du TIM national.

Cette approche permet de développer **des solutions sur mesure** pour réduire le TIM. L'objectif est de proposer les 100 mesures les plus efficaces pour une réduction rapide et significative du TIM. Il est prévu de tester les approches de solution dans **des projets phares** avant qu'elles ne puissent être intégrées de manière transparente dans les **processus de planification et de commande** du transport public suisse. Cette démarche contribue de manière précieuse à augmenter la part modale des TP et de la MD et à atteindre les objectifs nationaux de transport et d'environnement. De plus, un **taux de**

couverture plus élevé est atteint et le besoin en subventions publiques pour le transport régional voyageurs est réduit.

Un autre aspect innovant du projet réside dans la **collaboration avec diverses parties prenantes** pour développer conjointement de nouvelles solutions. En particulier, l'accent mis sur le trafic pendulaire et les points chauds de trafic qu'il génère permet une amélioration rapide de la répartition modale grâce à la collaboration avec les employeurs. L'utilisation de **méthodes de démarrage allégé** permet de développer rapidement des idées innovantes et de les tester en pratique avant de réaliser d'importants investissements. Cette approche permet une réaction flexible aux découvertes et aux changements et l'élaboration de mesures efficaces et basées sur les données pour augmenter la part modale des TP.

Résultats clés ::

- **Développement d'une plateforme assistée par IA** pour l'analyse des données de mobilité en temps réel et des potentiels de répartition modale. Cela comprend la collecte de données, le développement logiciel, l'élaboration de formules et processus pertinents, ainsi que la programmation d'apprentissage automatique et le développement d'une interface utilisateur conviviale pour les décideurs et les parties prenantes.

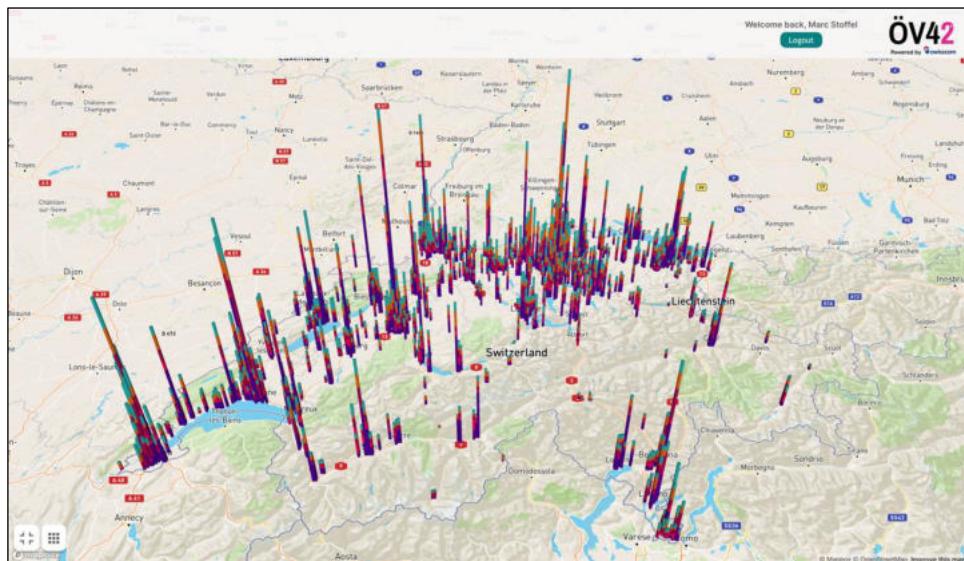


Illustration 2 : Les potentiels de changement de la répartition modale calculés par l'IA pour les 1 000 amas d'employeurs points chauds les plus fréquentés.

- Identification des 1'000 points chauds les plus fréquentés en Suisse, chacun sur une surface d'un kilomètre carré. Bien qu'ils ne représentent que 2,4 % des 42'000 points chauds, ils contribuent ensemble à environ 53 % du trafic et à environ 36 % du trafic individuel motorisé (TIM). Parmi ceux-ci, 21,2 % sont dus au trafic pendulaire vers l'employeur et 63,4 % au trafic des visiteurs et des résidents. Seuls les 15 points chauds les plus fréquentés représentent environ 4,7 % de l'ensemble du TIM en Suisse.
- Les potentiels pour augmenter la répartition modale des transports publics (TP) et de la mobilité douce (MD) ne se trouvent pas seulement à une distance de plus de 700 mètres d'une gare (47 %), mais aussi à moins de 700 mètres d'une gare (53 %).
- Identification des amas d'employeurs points chauds. Sont considérés comme des amas d'employeurs points chauds tous les employeurs avec plus de 200 employés situés dans une zone d'un kilomètre carré, ce qui correspond à la grille d'analyse de l'IA.
- Simulation des potentiels de changement de la répartition modale. Les potentiels de changement de la répartition modale des mesures simulées par catégorie se répartissent comme suit : 44 % par changement de comportement, 17 % par politique de temps de travail, 17 % par vélo, 14 % par covoiturage et 8 % par le dernier kilomètre.
- Un aperçu interactif assisté par IA, qui simule et affiche automatiquement par point chaud les mesures et leurs impacts sur la répartition modale. (<https://ov42.com/5-in-5>)

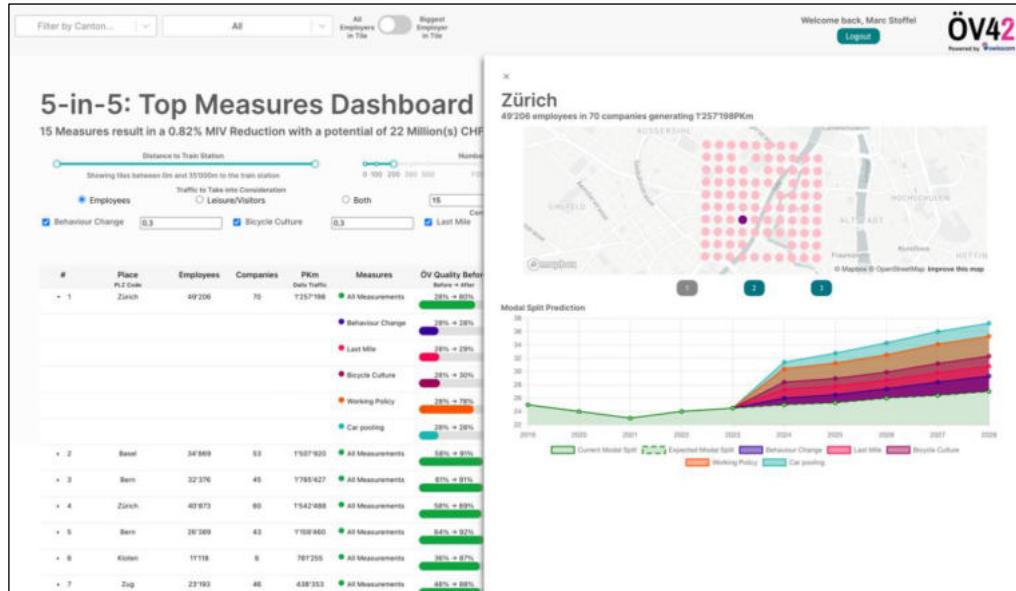


Illustration 3 : Aperçu calculé par l'IA des "100 meilleures mesures" et de leurs potentiels.

- Une prévision selon laquelle le traitement systématique des **100 plus grands amas d'employeurs points chauds** peut entraîner **une réduction du TIM** en faveur des TP et de la MD de **1,0 à 3,6 points de pourcentage**. Cette prévision est basée sur la somme de toutes les mesures identifiées, y compris la probabilité de changement validée dans les expérimentations sur le terrain. Pour les 1 000 amas d'employeurs points chauds les plus fréquentés, la réduction possible du TIM peut atteindre **jusqu'à 5,2 points de pourcentage**.

les 100 principaux amas d'employeurs points chauds

Effets attendus en points de pourcentage (PP) de réduction du TIM
par rapport à la répartition modale nationale du TIM (kilomètres-personnes / km-p)
[selon le scénario]

principaux 15	principaux 100	Potentiel d'expansion : 1'000 points chauds
0.8 PP [0.4 PP - 1.4 PP]	2.1 PP [1.0 PP - 3.6 PP]	2.9 PP [1.4 PP - 5.2 PP]

Tableau 3 : Effets attendus des mesures proposées sur la répartition modale

- Une analyse coût-bénéfice montrant que les mesures proposées peuvent être mises en œuvre de manière économiquement rentable, c'est-à-dire que les coûts des mesures, y compris les investissements initiaux, sont inférieurs aux augmentations de revenus dans les transports publics (TP). Ainsi, les investissements pour les 10 plus grands amas d'employeurs points chauds offrent déjà un bon retour sur investissement après 5 ans : **facteur de ROI de 1.8 à 2.9**. En comparaison, les mesures d'infrastructure sont nettement plus coûteuses et doivent être fortement subventionnées.

Approche en résumé

Dans le cadre du projet "5-en-5", une approche structurée a été adoptée pour identifier les potentiels de changement de la répartition modale en faveur des TP et de la mobilité douce (MD). L'approche comprenait les étapes suivantes, illustrées par la figure sur la page suivante:

5. **Développement d'une plateforme assistée par IA** pour l'analyse des données de mobilité en temps réel et des potentiels de changement de la répartition modale.
 6. **Identification des points chauds:** Tout d'abord, les 1'000 plus grandes sources de trafic en Suisse ont été identifiées et catégorisées dans des domaines tels que le travail, la santé, l'éducation et les loisirs.
 7. **Évaluation de la qualité des liaisons de TP pertinentes:** Les liaisons de trafic vers ces points chauds ont été évaluées en fonction du temps de trajet et du nombre de correspondances nécessaires. La qualité de la connexion de transport a été classée en trois catégories : bonnes, moyennes et mauvaises alternatives de TP, basées sur le temps de trajet supplémentaire et le nombre de correspondances nécessaires par rapport au trafic individuel motorisé (TIM) aux heures de pointe. Une bonne alternative de TP signifie un temps de trajet maximal de 30 % plus long et au plus un changement, tandis qu'une mauvaise alternative signifie plus de 100 % de temps de trajet supplémentaire et trois changements ou plus.
 8. **Développement et simulation de mesures:** Les mesures proposées sont adaptées à la qualité spécifique des liaisons de TP pertinentes.
 - a. Stratégies pour les liaisons avec de bonnes connexions de TP:
Changement de comportement : Pour exploiter pleinement le potentiel des points chauds bien desservis, des mesures sont développées pour modifier le comportement des usagers. Cela inclut la création d'incitations financières et autres pour augmenter l'utilisation des TP. L'employeur doit être utilisé comme multiplicateur pour motiver ses employés à changer de mode de transport.
 - b. Stratégies pour les points chauds avec une qualité de TP moyenne à médiocre:
Optimisation du dernier kilomètre: Améliorations de l'offre de mobilité de porte-à-porte facilitant la transition du TIM vers les TP. Cela inclut l'amélioration des liaisons en bus (navette) ainsi que l'implémentation de systèmes de partage de vélos et de scooters.
- Promotion de la culture du vélo:** Augmenter l'utilisation du vélo pour les trajets domicile-travail grâce à des prix attractifs pour les vélos et d'autres actions.
- Heures de travail:** Si les employeurs règlent que le temps de travail dans le train est reconnu, à condition qu'il soit d'au moins 20 minutes sans changement, cela aurait un grand impact sur l'attractivité des TP.
- Covoiturage et amélioration des conditions de travail:** La promotion du covoiturage et la reconnaissance du travail dans les TP comme temps de travail offrent des incitations supplémentaires.

En résumé, les stratégies visent à influencer à la fois le comportement des utilisateurs et à améliorer la qualité de l'offre afin d'atteindre un changement de la répartition modale efficace et durable en faveur des TP et de la MD.

Réflexion sur les résultats

La question de savoir si les mesures identifiées dans les 100 amas d'employeurs points chauds les plus prometteurs peuvent entraîner une réduction du TIM de 1 ou 3,6 points de pourcentage doit être vérifiée empiriquement dans la prochaine étape de travail. Ce qui est certain, c'est qu'une nouvelle approche en matière de politique de transport et de vente aux clients clés pour les entreprises de transport est nécessaire, et que des mesures ciblées sur 100 sites peuvent atteindre une augmentation significative de la répartition modale pour les TP et la MD. Les auteurs voient la clé du succès dans une refonte de la coopération entre la politique, les commanditaires, les entreprises de transport et les grands générateurs de trafic (employeurs, hôpitaux, installations de loisirs, commerces), permettant des solutions sur mesure. Cette coopération étroite permet non seulement des changements dans la répartition modale, mais aussi des effets économiques positifs pour de nombreuses parties.

Pourquoi des mesures qui ne sont pas nouvelles en soi devraient-elles soudainement réussir ?



Une innovation clé est la **concentration sur les points chauds**, afin de développer **des solutions sur mesure** avec quelques employeurs. La théorie du "Crossing the Chasm" est utilisée, qui commence d'abord avec quelques "volontaires" dans de **nombreuses itérations et boucles de rétroaction** avec les automobilistes pour façonner les mesures connues et les intégrer de manière à ce que des changements réels de la répartition modale en faveur des TP et de la MD soient atteints. Pour cela, une **équipe de pionniers neutre** est absolument nécessaire, qui, sans intérêts propres, avec beaucoup de liberté et uniquement dans le but d'augmenter la répartition modale des TP/MD, rassemble **toutes les parties prenantes à la même table**. À l'aide de méthodes de créativité innovantes (par exemple, des hackathons), des solutions efficaces sont conçues, qui ne sont possibles que grâce à la **collaboration de toutes les parties prenantes et des communautés tarifaires**, et non par l'optimisation de participants individuels, et qui apportent **des avantages à toutes les parties**. Enfin, les solutions attrayantes doivent être initialement **mises en œuvre activement et individuellement** - c'est-à-dire convaincre les automobilistes de changer un par un, jusqu'à ce qu'un élan critique soit atteint.

Pourquoi les mesures n'ont-elles pas encore abouti au succès souhaité?

Les mesures précédentes pour augmenter la part de la répartition modale des TP étaient limitées en efficacité car elles n'étaient souvent **pas adaptées aux besoins spécifiques** des entreprises et de leurs employés. Pour de nombreux automobilistes, les **incitations proposées n'étaient pas assez attractives**. De plus, les **offres de mobilité étaient souvent fournies sans analyse approfondie** des besoins des utilisateurs. L'optimisation du dernier kilomètre était généralement réalisée de manière isolée, **sans une étroite collaboration avec les entreprises**. Les appels politiques manquaient de solutions concrètes et pratiques. **Le manque de solutions sur mesure** et de coopération intersectorielle dans le développement de solutions a conduit à ce que les efforts pour augmenter la part de la répartition modale des TP/MD n'aient pas apporté le succès escompté.

Défis et opportunités

- Alors que les modèles traditionnels misent sur l'expansion de l'infrastructure et l'optimisation des horaires, "5-en-5" se concentre sur l'influence active du comportement de mobilité et l'utilisation des TP grâce à des mesures ciblées.
- Les défis résident dans la coordination entre la politique, les entreprises de transport, la communauté tarifaire et la MD pour développer et mettre en œuvre des solutions sur mesure pour les points chauds de trafic.

Questions clés:

- Qui commande et finance les équipes de pionniers neutres?
Proposition des auteurs: les cantons.
- Qui prend en charge le financement initial des mesures?
Proposition des auteurs : les commanditaires.
- Comment les bénéfices sont-ils répartis?
Proposition : le plus équitablement possible entre toutes les parties.

Conclusions

Le projet "5-en-5" présente une approche focalisée, basée sur les données et entrepreneuriale pour augmenter efficacement et économiquement la part de la répartition modale des transports publics (TP) et de la mobilité douce (MD). Il démontre qu'une combinaison d'innovation technologique, de développement de solutions sur mesure, d'engagement coopératif des parties prenantes et d'une approche entrepreneuriale peut apporter une contribution substantielle à la promotion des TP. Les connaissances et méthodes du projet offrent des impulsions précieuses pour la planification et la politique des transports futures.

1. Ausgangslage

1.1. Problemstellung: Stagnierender Modal Split Anteil des ÖV

Die Mobilität in der Schweiz steht vor bedeutenden Herausforderungen. Der motorisierte Individualverkehr (MIV) belastet die Strassen-Infrastruktur und die Umwelt zunehmend, was nicht nur auf das Bevölkerungswachstum zurückzuführen ist, sondern auch auf eine Unterauslastung des ÖV in vielen Regionen. Trotz eines gut ausgebauten öffentlichen Verkehrsnetzes und hoher Investitionen stagniert der Modal Split Anteil des ÖV oder steigt nur marginal. Dies gefährdet die Erreichung der Klimaziele des Bundes, der sich die Aufgabe gegeben hat, die CO₂-Emissionen signifikant zu reduzieren und bis 2050 Netto-Null zu erreichen.

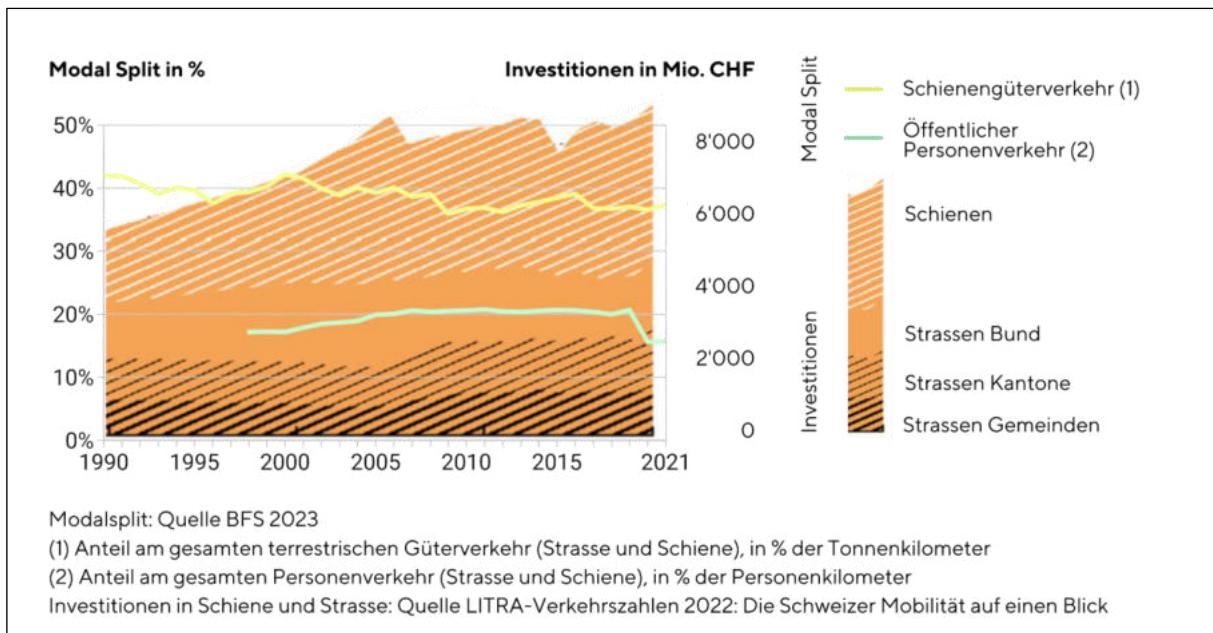


Abbildung 4: Modal Split Veränderung und Investitionen in Strasse und Schiene im Vergleich. Quellen: BFS 2023, LITRA-Verkehrszahlen 2022. Darstellung: 42hacks

1.2. Relevanz des Projekts

Die Ausgangslage verdeutlicht die Dringlichkeit und Wichtigkeit dieses Projekts. Angesichts der aktuellen Verkehrssituation und der Notwendigkeit, Emissionen radikal zu minimieren, ist eine Steigerung des ÖV- und LV-Modal Splits essenziell. Das "5-in-5" Projekt zielt darauf ab, durch datengestützte Analysen und innovative Ansätze einen Beitrag zur Lösung dieser Herausforderungen zu leisten.



2. Ziel der Arbeit

Das Hauptziel des "5-in-5"-Projekts ist es, die Nutzung des ÖV signifikant zu steigern und die Abhängigkeit vom MIV zu reduzieren. Dies soll durch gezielte Verbesserungen in der Feinverteilung des ÖV sowie durch Initiativen zur Verhaltensänderung erreicht werden. Dabei liegt der Fokus weniger auf dem langfristigen physischen Ausbau der Bahn- und Buslinien, sondern vielmehr auf Massnahmen, die ein optimiertes Tür-zu-Tür-Erlebnis bieten und somit zu einer Verlagerung vom MIV auf den ÖV und LV führen können.

Das vorliegende Projekt verfolgt die Hypothese, dass Massnahmen, die sich auf die grössten Verkehrs Hotspots konzentrieren, innerhalb von 5 Jahren eine wesentliche Reduktion des MIV ermöglichen. Um dies zu erreichen, verfolgt das Projekt zwei Kernziele:

2.1. Ziel 1: Identifikation von Verkehrs-Hotspots

Gemäss dem Paretoprinzip, das davon ausgeht, dass 80% der Ergebnisse mit 20% des Gesamtaufwandes erreicht werden können, nehmen die Autoren an, dass Massnahmen, die sich auf wichtige, noch nicht optimalisierte Hotspots konzentrieren, effektiv und wirtschaftlich sind. Deshalb setzte das Projekt Künstliche Intelligenz und Echtzeitdaten ein, um die schweizweit grössten Verkehrsverursacher zu identifizieren, und zu kategorisieren (u.a. Arbeit, Spitäler, Einkaufen und Freizeit). Konkret sollen die 1'000 grössten Verkehrs-Hotspots (Jahresverkehrsleistung Gesamtverkehr) analysiert werden. Weiterhin soll analysiert werden, wie sich die Verkehrsleistung und der Modal Split bei diesen grössten Hotspots entwickelt.

2.2. Ziel 2: Vorschlag der 100 effektivsten Massnahmen zwecks Modal Split Shift

Das Ziel des Projekts ist die Entwicklung einer Künstlichen Intelligenz (KI), die Entscheidungstragenden die 100 effektivsten Massnahmen zur Steigerung des ÖV/LV Modal Split Anteils vorschlägt. Diese Massnahmen werden von der KI hinsichtlich ihres Potenzials zur Verschiebung des Modal Splits, ihrer Kosten, ihres Umsatzpotenzials und ihrer CO₂-Auswirkungen bewertet. Die Übersicht, die diese Informationen präsentiert, soll in einer klaren und verständlichen Form gestaltet werden, um einen konstruktiven Diskurs unter den Entscheidungstragenden zu fördern und die Umsetzung von Massnahmen zu erleichtern. Im Rahmen des Projektes sollen mögliche weitere Schritte vorgeschlagen werden.

2.3. Reduzierte Projektziele

Im vorliegenden Projekt war ursprünglich geplant, Vorschläge für Massnahmen durch drei bis fünf Feldexperimente zu validieren und den fortlaufenden Kommunikations- und Dialogprozess aktiv zu unterstützen. Diese Elemente wurden aufgrund der Verkürzung des Projekts von 9 auf 4 Monate aus den Projektzielen gestrichen. Innerhalb von 42Hacks wurde das 5-in-5 Projekt durch das 42Hacks Mobilitätsteam ÖV42 ausgeführt. ÖV42 entwickelt auch die KI, die in dem 5-in-5 Projekt Anwendung findet. In diesem Report wird auf Erkenntnisse aus anderen ÖV42 Projekten zurückgegriffen, um die Wirksamkeit von Arbeitgebern Massnahmen trotz der reduzierten Projektziele zu plausibilisieren.

3. Forschungsansatz und aktueller Wissensstand

Im folgenden Kapitel werden der gewählte Forschungsansatz sowie der aktuelle Stand des Wissens erläutert.

3.1. Forschungsansatz

Die folgende Grafik illustriert den Forschungsansatz und die Methodik des "5-in-5" Projekts, das darauf abzielt, den Modal Split Anteil des MIV zugunsten von ÖV und LV zu verringern.

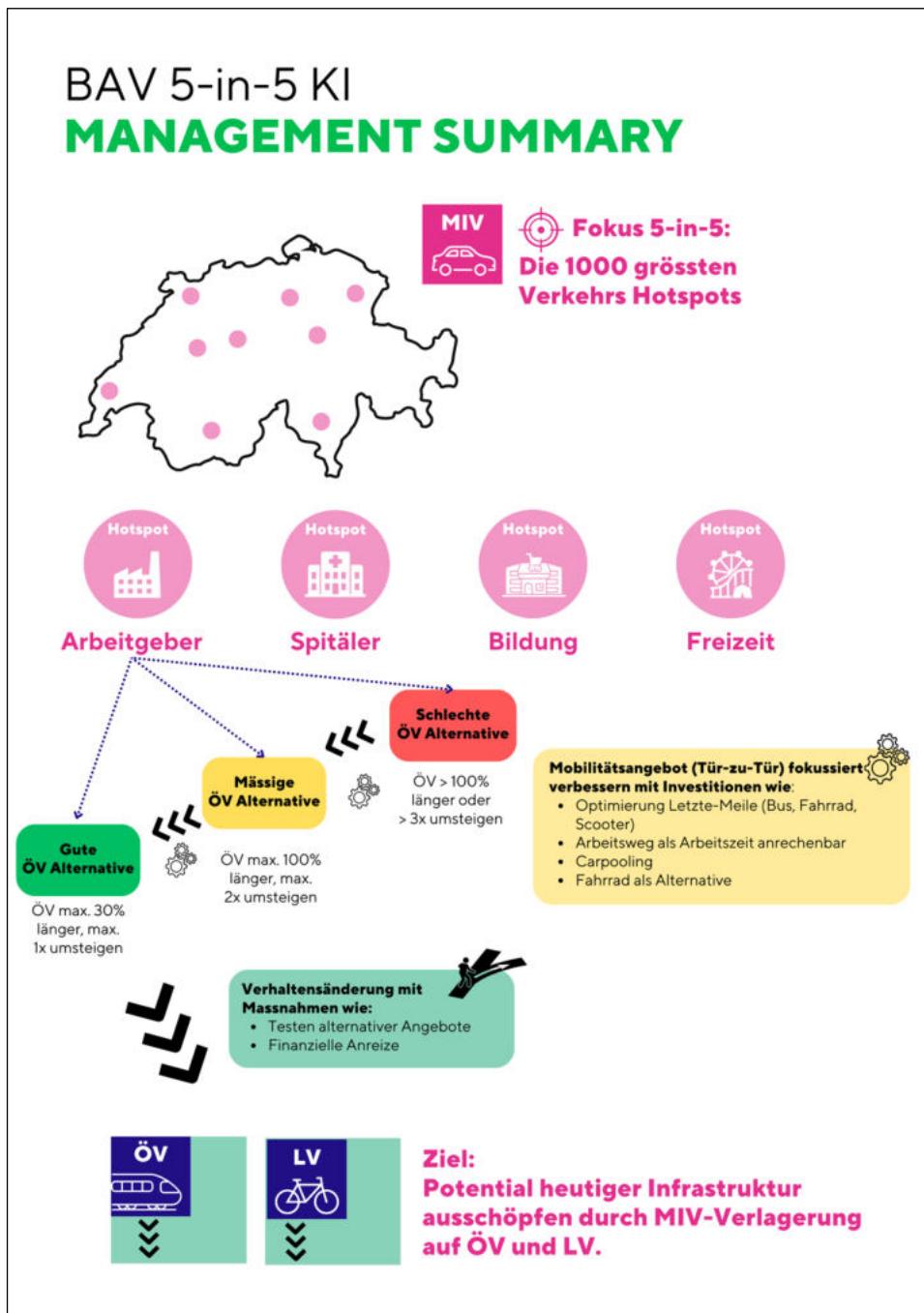


Abbildung 5: Forschungsansatz und Vorgehen. Quelle: 42hacks



3.2. Strategische Anwendung von "Crossing the Chasm" für Modal Shift

Trotz vieler Bemühungen im Bereich Mobilitätsmanagement hat bislang die Summe aller Anstrengungen nicht dazu geführt, dass sich der ÖV- und LV-Modal Split Anteil positiv entwickelt. Um diesem Dilemma zu begegnen, wird im Rahmen des Projekts die Strategie von "Crossing the Chasm" herangezogen, die in der Vergangenheit wirksame und replizierbare Hilfestellungen für Breitenmarkteinführungen geliefert hat.

Die Theorie von "Crossing the Chasm", entwickelt von Geoffrey A. Moore, beschreibt eine Herausforderung bei der Entwicklung und Vermarktung von Innovationen: Sie stellt fest, dass es eine signifikante "Kluft" (Chasm) gibt zwischen den ersten Anwendern einer Innovation, oft Enthusiasten, und der frühen Mehrheit, die pragmatischer und weniger risikobereit ist. Ein klassisches Beispiel hierfür ist die Einführung von Smartphones. Anfangs wurden sie vor allem von Technologiebegeisterten genutzt, doch erst mit der Zeit, einem einfacheren Zugang (verbesserte Benutzerschnittstelle) und weiteren Verbesserungen und den Vorbildern der ersten Anwender erreichten sie eine breitere Akzeptanz in der Gesamtbevölkerung.

Zunächst werden Innovationen mit einer kleinen Gruppe, den sogenannten "Early Adopters", entwickelt, die meist sehr aufgeschlossen gegenüber neuen Ideen und iterativen Angebotsverbesserungen sind und gerne auch am Entwicklungsprozess beteiligt sind. Der Schlüssel zur Überwindung der Kluft liegt darin, mit den ersten Anwendern die Angebote laufend und iterativ zu verbessern, bis die nächste Gruppe, die "Early Majority", erreicht und mit den Referenzbeispielen der Early Adopters überzeugt werden kann. Die frühe Mehrheit ist vorsichtiger und erwartet, dass das Produkt oder die Dienstleistung bereits erfolgreich etabliert und erprobt ist.

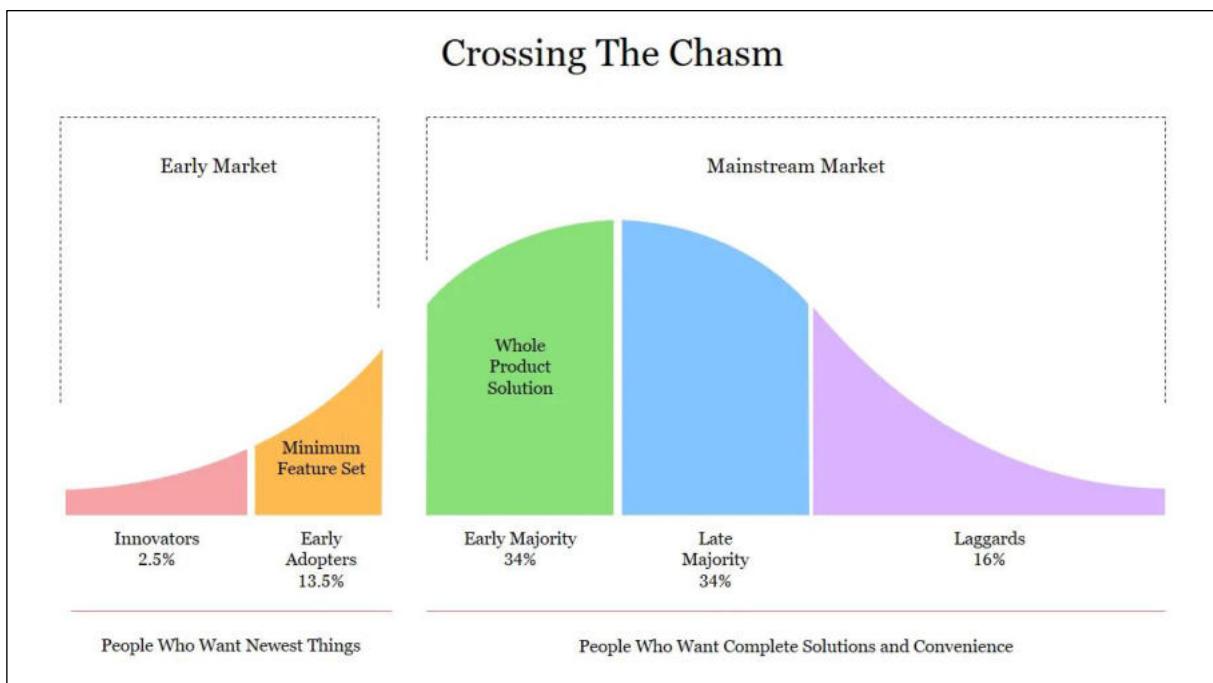


Abbildung 6: Crossing the Chasm. Quelle: Crossing the Chasm von Geoffrey A. Moore

Aus diesem Grund **konzentriert sich der Ansatz zunächst auf die Top 100 Massnahmen** an Schüssel-Hotspots mit grossem Potenzial für eine ÖV- und LV Modal Split Verbesserung, und damit auf eine begrenzte Anzahl von Bereichen bzw. Entscheidungstragenden. Durch die gezielte Auswahl dieser Schlüsselbereiche kann die grösstmögliche Wirkung erzielt und massgeschneiderte Lösungen entwickelt werden. Die vielversprechendsten Hotspots wurden durch eine sorgfältige Analyse

identifiziert, um dort zu starten, wo der grösste Modal Shift zu erwarten ist. Diese können in Folge als Referenzprojekte für die Skalierung dienen.

In der Anwendung auf den ÖV bei Arbeitgebern folgt das Projekt folgenden Schritten:

1. **Analyse und Identifikation der Top 100 Massnahmen:** Hier werden Bereiche mit dem grössten Potenzial für eine Verbesserung des ÖV ausgewählt.
2. **Entwicklung von massgeschneiderten Lösungen:** In enger Zusammenarbeit mit den Beteiligten werden spezifische Lösungen entwickelt, die auf die Bedürfnisse und Gegebenheiten der ausgewählten Hotspots zugeschnitten sind.
3. **Testen und Iterieren mit Early Adopters:** Die entwickelten Lösungen werden zunächst mit einer kleinen Gruppe von Nutzern getestet und basierend auf deren Feedback verbessert.
4. **Skalierung der Lösungen:** Nach erfolgreicher Etablierung und Anpassung der Lösungen in den Hotspots erfolgt die schrittweise Ausweitung auf weitere Bereiche, um die Early Majority zu erreichen.

Durch diesen strukturierten Ansatz wird ein solides Fundament für die Verbreitung des ÖV geschaffen, das nicht nur die Early Adopters, sondern auch die breitere Öffentlichkeit anspricht.

3.3. Daten- und KI getriebenes Vorgehen zur Identifikation Multiplikatoren

Die Vorgehensweise für die Identifikation der idealen Multiplikatoren als "Early Adopters" lässt sich in fünf Kernschritte unterteilen:

Schritt 1: Identifikation von Hotspots

Die KI-Plattform des Projekts nutzt Algorithmen des maschinellen Lernens, um in den Verkehrsdatenströmen des motorisierten Individualverkehrs (MIV) Muster zu identifizieren. Diese Muster sollen Aufschluss darüber liefern, an welchen Punkten signifikanter Verkehr entsteht. Die Künstliche Intelligenz teilt diesen Verkehr in ein schweizweites Raster mit einer Auflösung von Flächen mit einem Quadratkilometer und berechnet für jeden dieser sogenannten Hotspots das Verkehrsaufkommen. Das Projekt richtet seinen Fokus zunächst auf die Identifizierung der 1'000 wichtigsten Hotspots innerhalb dieser Flächen. Die Hotspots, die einen bedeutenden Anteil des Gesamtverkehrs ausmachen, werden als Schlüsselbereiche für mögliche Massnahmen erkannt und bilden die Grundlage für vertiefte Analysen.

Schritt 2: Klassifizierung des Verkehrs

Die Verkehrsmuster in diesen Hotspots werden hinsichtlich ihrer Zwecke wie u.a. Freizeit, Arbeit, Einkauf und Ausbildung klassifiziert. Diese Klassifizierung hilft dabei, spezifische Muster und Bedürfnisse der Verkehrsteilnehmenden zu erkennen und gezielte Massnahmen zu planen.

Die KI klassifiziert den kompletten Verkehr der 1'000 Hotspots über einen Algorithmus anhand von verschiedenen Datenquellen. Über eine Arbeitgeber-Standorte-Liste vom BFS¹ werden alle Arbeitgeber auf eine Karte aufgetragen inkl. Anzahl Angestellte und Kategorie des Unternehmens. Danach unterteilt der Algorithmus den Hotspot in 100 Gebiete mit einer Grösse von 100m x 100m und ermittelt für jedes dieser Gebiete den grössten Arbeitgeber und ordnet dieses Gebiet der Kategorie des jeweiligen Arbeitgebers zu. Gleichzeitig werden über Gebäudeerkennung ggf. auch angrenzende 100m x 100m Gebiete dieser Kategorie zugewiesen (was u.a. bei Krankenhäusern, Universitäten sehr relevant ist). Somit hat man für 100 Gebiete innerhalb des Hotspots eine Kategorisierung vorgenommen. Der Algorithmus teilt nun den ganzen Verkehr anhand der eingehenden Personen in diesem Gebiet auf. So ist eine genaue Zuordnung des Verkehrs zu Kategorien sowie zu Anzahl Arbeitnehmer möglich.

¹ Quelle: 'Statistik der Unternehmensstruktur (STATENT), Beschäftigte und Arbeitsstätten: Geodaten 2021. Bundesamt für Statistik.
<https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/dienstleistungen/geostat/geodaten-bundesstatistik/arbeitsstaetten-beschaeftigung/statistik-unternehmensstruktur-statent-ab-2011.html>



Die Berechnung ist hier stark vereinfacht dargestellt. Genauere Beschreibungen und Formeln sind im Anhang zu finden.

Schritt 3: Berechnung der ÖV-Qualität von Fahrten in den Hotspot

Für jeden Hotspot werden durch die KI alle Fahrten zu diesem Hotspot analysiert. Hierbei wird ein Vergleich zwischen der Reisezeit (Tür-zu-Tür) des ÖV und des MIV vorgenommen. So kann jedem Quadratkilometer (Startpunkt des Trips) zu dem analysierten Hotspot eine ÖV-Qualität zugewiesen werden (grün, gelb, rot). Diese Kategorisierung ist die Basis für die Simulation spezifischer Massnahmen und Strategien für jeden Hotspot.

Nach der Identifikation und Klassifizierung wird für jeden Hotspot berechnet, wie viele Personen potenziell zum ÖV und LV wechseln könnten. Hierzu werden verschiedene Massnahmen für alle Hotspots und Kategorien durchgerechnet und es wird dargestellt, wie viele Personen aus dem jeweiligen Hotspot nach Umsetzung der Massnahmen ähnlich schnell oder gut zum Hotspot kommen könnten wie mit dem MIV.

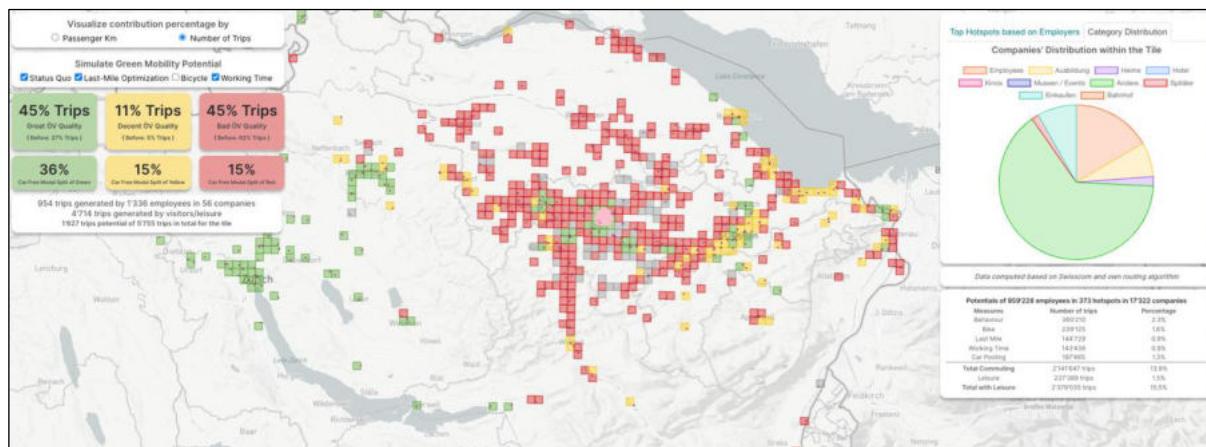


Abbildung 7: Diese Abbildung zeigt eine Analyse der ÖV-Qualität der Wege zu einem Hotspot. Quelle 42hacks.

- **Grün hervorgehobene Gebiete = Gute ÖV-Alternative:** Grün markierte Gebiete sind OD-Beziehungen (Origin-Destination), in denen die ÖV-Verbindung maximal 30% länger dauert als die MIV-Fahrt und höchstens ein einmaliges Umsteigen erforderlich ist.
- **Gelb markierte Gebiete = Mäßige ÖV-Alternative:** Gelb markierte OD-Flächen weisen auf eine mäßige ÖV-Alternative hin, bei die ÖV-Verbindung bis zu 100% länger dauern kann als die MIV-Fahrt und maximal zweimaliges Umsteigen nötig ist.
- **Rot markierte Gebiete = schlechte ÖV-Alternative:** Rot markierte OD-Flächen repräsentieren Gebiete mit schlechter ÖV-Alternative, in denen die ÖV-Verbindung mehr als 100% länger dauert als die MIV-Fahrt und mehr als zweimaliges Umsteigen notwendig ist.

Die Annahmen zur Einteilung der Qualität des ÖV wurden von den Autoren auf Basis von Erkenntnissen aus vielen Gesprächen mit Kunden und Arbeitnehmenden getroffen. Um die Auswirkungen anderer Annahmen berechnen und Sensitivitätsanalysen bzgl. verschiedener Annahmen durchführen zu

können, sind die Parameter in der KI manuell anpassbar – und die Auswirkungen auf Umsteige-Potenziale in Echtzeit einsehbar.

Schritt 4: Berechnung der Umsteige-Potenziale einzelner Massnahmen

Die KI berechnet auf Basis aller Informationen und weiterer Annahmen die Umsteige-Potenziale. Im Folgenden werden die weiteren Annahmen erläutert, die aus Studien und Feldexperimenten im Projekt ÖV42 zum Training der Künstlichen Intelligenz herangezogen wurden. Auch sämtliche weitere Annahmen lassen sich jederzeit beliebig anpassen.

Die Berechnung der Potenziale für jede einzelne Massnahme erfolgt durch eine detaillierte Analyse aller Bewegungen von und zum jeweiligen Arbeitgeber. Diese Analyse konzentriert sich auf die Identifizierung jener Verkehrsströme, die durch die implementierten Massnahmen beeinflusst werden könnten. Ein anschauliches Beispiel hierfür ist die Förderung der Fahrradkultur. Für diese Massnahme werden alle Bewegungen in 100m x 100m Feldern betrachtet, die sich innerhalb einer realistischen Distanz zum Arbeitsplatz befinden. Dadurch lässt sich abschätzen, welcher Anteil der Mitarbeitenden potenziell auf das Fahrrad als Transportmittel umsteigen könnte.

Massnahmen für Autofahrende mit guter ÖV-Anbindung (grüne Bereiche)

In den **Gebieten mit einer guten ÖV-Alternative zum Auto** haben alle Autofahrer bereits die Möglichkeit mit dem ÖV ähnlich schnell wie mit dem Auto und max. einem Umsteigevorgang zu diesem Hotspot zu gelangen. Somit könnte jede Person in diesen grün markierten Gebieten, die mit dem Auto kommt, recht einfach umsteigen, da die Tür-zu-Tür ÖV-Qualität bereits heute sehr gut ist. Diese Personen müssten primär "nur" ihr Verhalten ändern. Daher werden alle diese Autofahrende aus dem grünen Bereich als potentielle Umsteiger deklariert.

In den **Gebieten mit mässiger und schlechter ÖV-Alternative zum Auto** werden die Autofahrende nicht so einfach auf andere Verkehrsmittel umsteigen. Daher müssen hier Verbesserung im ÖV oder mit anderen Verkehrsmitteln durchgeführt werden. In dieser Arbeit werden folgende Massnahmen zur Verbesserung des Weges angenommen:

Letzte Meile

Viele Hotspots, gerade in der Peripherie, sind nicht in Bahnhofsnahe gelegen. So hat nicht jeder Zug, der an den Bahnhöfen ankommt, eine gute Verbindung zum Zielort, da man oft warten muss oder die Busse nicht direkt zum Zielort fahren und so der Zeitaufwand deutlich höher wird.

Die KI berechnet daher für alle Hotspots der Schweiz, wie sich die Reisezeit für Reisende verändern würde, wenn es eine Direktbus-, Fahrrad- oder eScooter-Verbindung zwischen dem Bahnhof und dem Zielort gäbe. Fällt der Autofahrende mit der neu berechneten ÖV-Reisezeit in die Kategorie mit guter ÖV-Alternative, so könnte man diese Person durch diese Massnahme potenziell für den ÖV gewinnen. Dies wird als das Potenzial der letzten Meile dargestellt.

Fahrrad

Viele Wege zu Hotspots aus einem nahen Umkreis werden mit dem Auto zurückgelegt. Deshalb berechnet die KI für alle Hotspots der Schweiz, wie viele Fahrten mit dem (e)Bike durchgeführt werden könnten. Alle Autofahrenden, die aus einem Umkreis von 5km anreisen, werden dabei als potentielle Umsteiger gewertet.

Arbeitszeit

Gäbe es bei Arbeitgebern die Regelung, dass die Arbeitszeit im Zug anerkannt wird, sofern sie mindestens 20 Minuten ohne Umsteigen beträgt, hätte dies einen grossen Hebel auf die Attraktivität des ÖV. Diese Massnahme wird nur auf Zug-Strecken berechnet, da davon ausgegangen wird, dass z.B. in Bussen nicht oder nicht produktiv gearbeitet werden kann. Alle Autofahrenden, die durch diese Massnahme neu in einen grünen Bereich kommen, werden als potentielle Umsteiger gewertet.



Car-Pooling

Reisen mehrere Personen aus dem gleichen Ursprungs-Quadratkilometer zum gleichen Ort und haben sie keine gute ÖV-Alternative, so sieht die KI diese Personen als Potenzial für Car-Pooling an. Das Potenzial für die Reduktion des Autoverkehrs liegt dabei bei einer Fahrt von zwei, da weiterhin eine Autofahrt stattfindet, die von zwei Personen geteilt wird.

Diskussion der Massnahmen

In der Betrachtung der Massnahmen zeigt sich, dass diese an sich nicht neu sind und bereits vielfach mit leider überschaubarem Erfolg umgesetzt wurden. Im Kapitel "5.2 Arbeitgeber: Warum besteht gerade hier das grösste Potenzial?" werden die Besonderheiten des vorgestellten Ansatzes diskutiert und anhand eines Beispiels veranschaulicht.

Zusammenhang der Massnahmen

Nicht bei allen Kategorien kann jede Massnahme angewendet werden. So ist die Arbeitszeit-Anrechnung nur in Zusammenarbeit mit Arbeitgebern umsetzbar. Daher kann man bei der KI auswählen, welche Massnahmen für welche Kategorie verwendet werden sollen. Werden mehrere Massnahmen ausgewählt, so nimmt die KI die Berechnungen in folgender Reihenfolge vor: Verhaltensänderung, Letzte Meile, Fahrrad, Arbeitszeit und Car-Pooling.

Schritt 5: Bewertung der Umsteige-Potenziale

Durch die Schritte 1 bis 4 ist bekannt, wie viele Autofahrende nach Durchführung aller Massnahmen relativ einfach auf den ÖV oder LV umsteigen könnten, ohne grosse Einbussen in der Reisezeit zu haben. Natürlich werden nicht all diese Personen vom Auto auf ein anderes Verkehrsmittel umsteigen. Es gibt weder in der Literatur noch in der Praxis gute Referenzfälle, bei denen Arbeitgeber oder grosse Institutionen das Mobilitätskonzept so umfangreich geändert haben, wie in dieser Arbeit vorgeschlagen. Daher haben die Autoren dieser Arbeit Annahmen getroffen, wie viel Prozent der Autofahrer bei welcher Massnahme zu einem Umstieg bewogen werden können. Bei Fahrten aus den gelben und roten Bereichen und bei jedem Verkehr im Umkreis von einem Kilometer wird von keinem Umsteigepotenzial ausgegangen. Die angenommene Umsteigequote pro Massnahme und Kategorie kann in der KI gesondert eingestellt werden, um Sensitivitätsanalysen bezüglich der Annahmen einfach durchführen zu können.

3.4. Vergleich und Abgrenzung zu bisherigen Modellen

Der gewählte Ansatz im "5-in-5" Projekt unterscheidet sich von konventionellen Verkehrsmodellen. Traditionelle Ansätze basieren auf der Annahme gegebener Verkehrsströme und deren antizipierter Entwicklung. Auf dieser Grundlage werden dann Infrastrukturmassnahmen, Fahrpläne und Entscheidungen über das Rollmaterial getroffen, um optimal auf diese prognostizierten Veränderungen zu reagieren. Dies ist notwendig und auch gute Praxis. Das "5-in-5" Projekt ergänzt diese Ansätze mit einem **beeinflussenden Anspruch**: Es zielt darauf ab, das Verkehrsverhalten der Zielgruppen im Hier und Jetzt aktiv zu verändern. Dadurch werden sowohl klimafreundliche als auch geschäftliche Potenziale für den ÖV erschlossen.

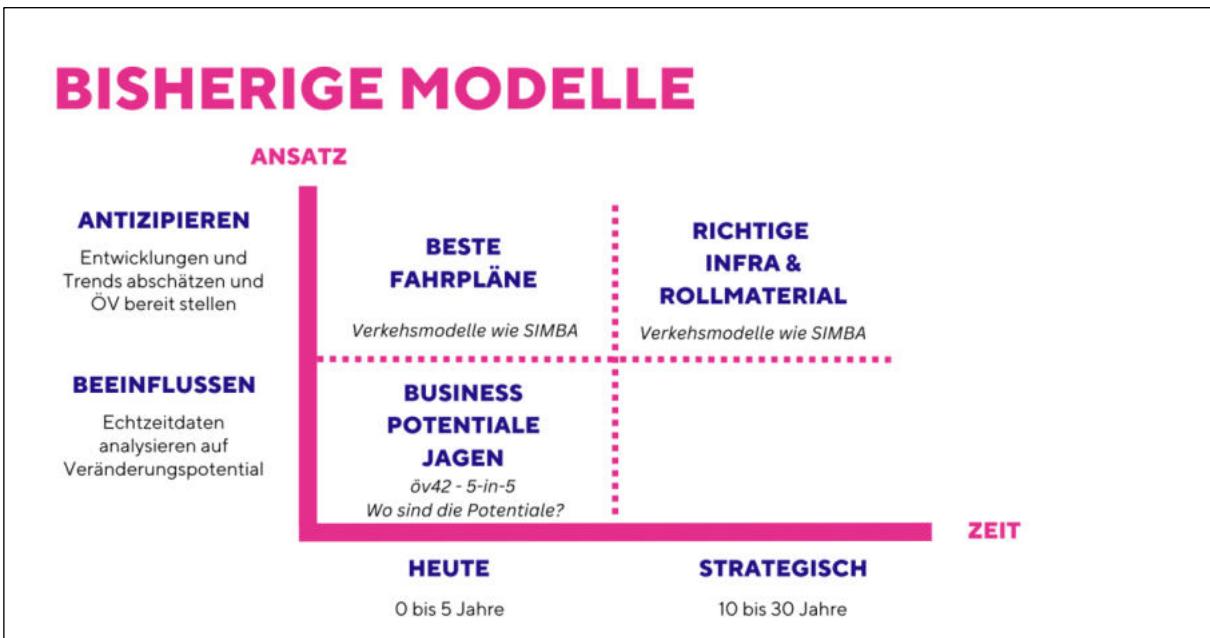


Abbildung 8: Einordnung der neuen Daten und KI in Abgrenzung zu bestehenden Modellen (Quelle: 42hacks in Zusammenarbeit mit der SBB)

3.5. Mobilfunkdaten als Basis für die Studie

Die im vorliegenden Projekt zugrunde liegende KI wurde basierend auf Mobilfunkdaten erarbeitet. Dabei wurden Daten der Swisscom verwendet und auf die Gesamtbevölkerung hochgerechnet.

Im "Mobility Insights"-Team von Swisscom wird die Kombination von Mobilfunk-Signalisierungsdaten mit leistungsfähigen maschinellen Lernverfahren genutzt, um das Leben nachhaltiger zu gestalten. Das Ziel ist es, Mobilitäts- und Transportexperten ein Echtzeit-Bild der kollektiven Mobilität in der Schweiz zu liefern, um eine datengetriebene Entscheidungsfindung zu ermöglichen.

Die Plattform verarbeitet anonymisierte Netzwerkereignisse, um täglich über 10 Millionen anonyme Fahrten nachzuvollziehen, die in Bezug auf Zeit, Raum und Transportmittel beschrieben werden. Diese Fahrten werden zu dynamischen Mobilitätsindikatoren aggregiert, welche die Mobilität der Schweiz in Echtzeit abbilden. Ein Beispiel hierfür ist die Quantifizierung zwischen Fahrten auf den Strassen und der Schiene. Die Differenzierung zwischen strassengebundenem ÖV und dem motorisierten Individualverkehr wird im nächsten Abschnitt Anreicherung und Kalibrierung mit weiteren Mobilitätsdaten im ÖV42.KI Projekt erläutert.

Zwei zentrale Mobilitätsindikatoren werden fokussiert: Die Origin-Destination (OD) Matrix, die die Reisenachfrage zwischen geografischen Gebieten darstellt, und der Hauptverkehrsträger ("Main Mode of Transport", MMoT), der jeder Fahrt zugeordnet wird. Die OD-Matrix zeigt beispielsweise die täglichen Fahrten zwischen Schweizer Kantonen. Es ist festzustellen, dass die meisten Fahrten innerhalb eines Kantons stattfinden.

Die Genauigkeit dieser Indikatoren wird durch die Sammlung von Ground-Truth-Daten und die Bewertung der Median-Positionsfehler sowie der MMoT-Klassifikationsgenauigkeit überprüft. Die erfassten Ground-Truth-Daten kommen von einer Swisscom-App, die von Mitarbeitenden genutzt wird und Feedback zu rekonstruierten Fahrten ermöglicht.

Die Ergebnisse zeigen einen Median-Positionsfehler von 132 Metern und eine Hauptverkehrsträger-Klassifikationsgenauigkeit von 90%. Die Positionierungsgenauigkeit übertrifft den Stand der Technik, was bedeutet, dass Swisscom präzise OD-Matrizen im Hunderte-Meter-Bereich erstellen kann. Zudem können diese Matrizen mit Informationen über den Hauptverkehrsträger angereichert werden, z.B. um OD-Matrizen speziell für Zugfahrten zu einer bestimmten Tageszeit zu erstellen.



Diese Daten werden ergänzt durch "Heatmap"-Daten, die aufzeigen, wie viele Menschen sich zu welcher Stunde in einem 100m x 100m grossen Quadrat aufhalten und "Dwell-Time"-Daten, die aufzeigen, wie lange Menschen im Durchschnitt in einem 100m x 100m grossen Quadrat verweilen.

Schlussfolgernd ermöglichen die durch die maschinellen Lernalgorithmen der Swisscom erzeugten zeitabhängigen OD-Matrizen für verschiedene Transportmodi eine datengetriebene und fundierte Entscheidungsfindung für Mobilitäts- und Transportfachleute.

Anreicherung und Kalibrierung mit weiteren Mobilitätsdaten

Für dieses Projekt wird neben den Swisscom-Daten eine Vielzahl von weiteren Datenquellen verwendet, um eine umfassende und detaillierte Analyse zu ermöglichen und die Daten weiter zu kalibrieren und zu verfeinern. Diese beinhalten:

- **Google Maps-Daten:** Zur Durchführung von Reisezeitvergleichen und Stauanalysen, für Innenstadt-Analysen von Fuss- und Radverkehr sowie ÖV-Kurzstrecken.
- **TomTom-Daten:** Für detaillierte Analysen zu Staus und Geschwindigkeiten.
- **Demografie- und ÖV-Daten** von SBB, ARE und Swisscom: Diese liefern synthetische Populationen und unterstützen das Verständnis des Hintergrunds der Bewegungsdaten.
- **Arbeitgeber-Daten vom BFS:** Diese liefern für jeden Arbeitgeberstandort den Standort, die Anzahl Arbeitnehmer und die Kategorie des Unternehmens.
- **Monatliche Fahrpläne** aller schweizerischen Transportunternehmen: Zur Kalibrierung und Verfeinerung unserer Daten.
- **Ground Truth-Daten** von BLS und SBB. Ground Truth-Daten können beispielsweise aus direkten Messungen, Beobachtungen oder zuverlässigen historischen Aufzeichnungen stammen. Sie spiegeln die tatsächlichen Gegebenheiten möglichst genau wider. Sie dienen als Referenzpunkt, um die Genauigkeit und Verlässlichkeit der von der KI und den Echtzeitdaten abgeleiteten Analysen zu überprüfen und zu validieren.
- **Strassenzählungen** des ASTRA: Zur Erfassung und Analyse des motorisierten Individualverkehrs.

Die Bereitstellung einer umfangreichen Datengrundlage erlaubt den Autoren der Studie, präzise Einblicke in Mobilitätsstrukturen zu gewinnen und unterstützt die Identifizierung von Verkehrsmustern sowie die Entwicklung von Strategien zur Optimierung der Verkehrssysteme. Die erhobenen Daten dienen nicht nur der Analyse des aktuellen Zustands, sondern bilden auch ein entscheidendes Instrument zur Prognose und Planung zukünftiger Mobilitätskonzepte und zur Bewertung in Echtzeit.

Um die Genauigkeit der erhobenen Mobilitätsdaten zu gewährleisten, werden diese regelmäßig kalibriert und mit externen Datenquellen, wie dem **Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV)** des Bundesamtes für Statistik, abgeglichen. Diese Kalibrierung zielt darauf ab, die Konsistenz und Präzision der Analysen zu verbessern und eine authentische Darstellung der Mobilitätssituation zu ermöglichen.

Die Autoren des Projektes wählen einen konservativen Ansatz bei der Interpretation und Bewertung von Modal Split Verschiebungs-Potenzialen, indem sie vorsichtige Annahmen treffen, um eine Überschätzung des Potenzials zu verhindern. Dieses Vorgehen soll sicherstellen, dass Empfehlungen und Schlussfolgerungen auf einer realistischen und nachvollziehbaren Grundlage stehen.

Datenqualität und ihre Grenzen

Die im Projekt verwendeten Daten unterliegen, wie alle Datensätze, bestimmten Einschränkungen hinsichtlich ihrer Qualität und Genauigkeit. Ein herausforderndes Beispiel hierfür ist die korrekte Zuordnung von Verkehrsmitteln auf Routen, die sich aus längeren Wegen mit Zugangsmitteln wie Fuss-, Auto- oder Buswegen und anschliessend kürzeren Bahnfahrten zusammensetzen. Grundsätzlich wird das Verkehrsmittel mit der längsten Nutzungsdauer genommen. Daher kann es bei Wegen mit kurzen Zugstrecken und z.B. einer längeren ersten Meile dazu führen, dass der Weg fälschlicherweise dem falschen Verkehrsmittel zugewiesen werden kann.

Um diese Verzerrung zu korrigieren, wurden die Daten mit Informationen aus dem Mikrozensus und anderen Datenquellen wie Google Environmental Insights Explorer abgeglichen und kalibriert. Trotz dieser Anstrengungen ist das Auftreten von Ungenauigkeiten in der Datenanalyse nicht auszuschliessen. Daher ist es essenziell, diese Limitationen bei der Interpretation der Ergebnisse und bei der Erarbeitung von Massnahmen zu berücksichtigen. Diese Erkenntnisse über die Datenqualität und ihre Beschränkungen sind von zentraler Bedeutung für das Verständnis der identifizierten Mobilitätstrends und für die Entwicklung realistischer und wirkungsvoller Verkehrsstrategien.

Ein weiteres Beispiel ist die Datenqualität in Grenzregionen. In diesen Gebieten wechseln die Mobilfunkanbieter, und es werden oft andere Anbieter als Swisscom genutzt. Dies führt zu einer möglichen Ungenauigkeit in der Erfassung von Verkehrsströmen, da die Daten von verschiedenen Anbietern möglicherweise nicht nahtlos integriert werden können.

In Grenzregionen besteht somit das Risiko, dass sie Datenlücken aufweisen oder die Verkehrsbewegungen nicht vollständig oder genau erfasst werden. Dies kann zu Verzerrungen in der Analyse und Interpretation der Mobilitätsmuster führen. Um diese Einschränkung so weit wie möglich zu kompensieren, ist es wichtig, die Datenquellen sorgfältig zu prüfen und wo möglich, durch alternative Erhebungsmethoden oder zusätzliche Datenquellen zu ergänzen. Dennoch bleibt eine Restunsicherheit bestehen, und diese Einschränkung sollte bei der Entwicklung von konkreten Verkehrsstrategien und Massnahmen- in diesen spezifischen Regionen berücksichtigt werden.

Wichtige bekannte Einschränkung: Anonymisierung

Die Swisscom Daten entsprechen den Anonymisierungsregeln des Schweizer Datenschutzes. Dies hat Auswirkungen auf die Datenqualität und -interpretation und beinhaltet, dass nur Fahrten dargestellt werden, die mehr als 20-mal pro Monat von einem 1 Quadratkilometer grossen Gebiet in ein anderes stattgefunden haben. Dies bedeutet:

- € Verlust kleinerer Muster: Fahrten, die seltener als 20-mal pro Monat stattfinden, werden nicht erfasst. Dadurch können Muster oder Trends in der Mobilität, die auf weniger frequentierten Routen oder in weniger dicht besiedelten Gebieten stattfinden, übersehen werden. Dies betrifft z.B. lange Freizeitfahrten auf wenig befahrenen Strecken.
- Potenzielle Verzerrungen in der Analyse: Durch das Auslassen von weniger häufigen Fahrten könnten bestimmte Aspekte des Mobilitätsverhaltens unter- oder überrepräsentiert werden. Dies könnten die Ergebnisse der Analyse und darauf basierende Empfehlungen beeinflussen.

Insgesamt bedeutet dies, dass die Analyse zwar wichtige Einblicke in häufige Bewegungsmuster liefert, jedoch kein vollständiges Bild, insbesondere in Bezug auf seltenere, aber eventuell relevante Mobilitätsströme, die eventuell nicht genügend erfasst werden. Diese Einschränkung muss bei der Interpretation der Daten und der Entwicklung von Verkehrskonzepten berücksichtigt werden.

Datenvalidierung und Genauigkeit

Zur Sicherstellung der Genauigkeit und Verlässlichkeit der im Rahmen des Projektes verwendeten Daten wurden umfangreiche Validierungsmassnahmen vorgenommen. Ein exemplarischer Fall ist die Analyse des Gotthard-Abschnitts in Erstfeld, bei der die Mobilitätsdaten der Swisscom mit den Zähldaten der SBB verglichen wurden. Die Muster beider Datensätze weisen eine bemerkenswert hohe Übereinstimmung auf, wenngleich vereinzelt geringfügige Diskrepanzen festgestellt wurden.

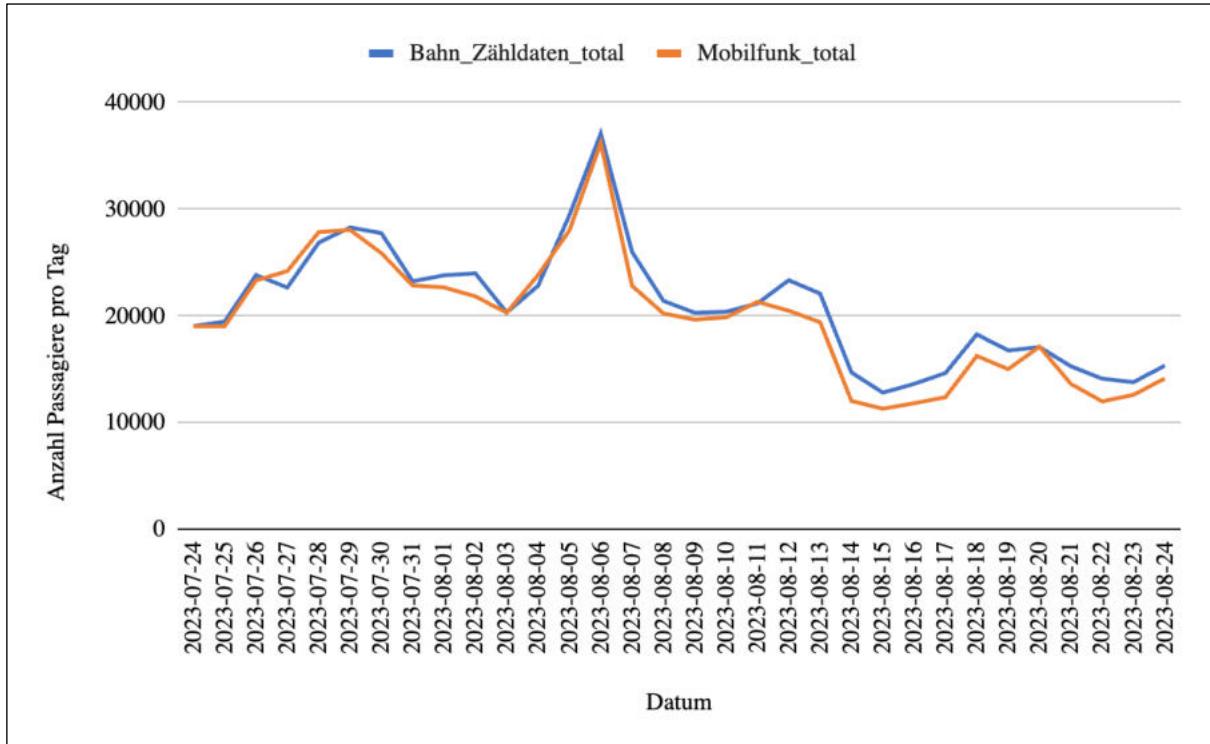


Abbildung 9: Anzahl Passagiere auf der Bahnstrecke beim Gotthardtunnel in Erstfeld im Zeitraum 24.07.2023 bis 24.08.2023 - Vergleich Zähldaten Bahn mit den Werten vom Mobilfunkanbieter (MIP-Daten). Quelle. 42hacks / SBB

Im Rahmen der Validierung wurden insbesondere Autodaten gezielt untersucht. Hierbei fokussierte sich die Analyse beispielsweise auf den Autobahnabschnitt bei Göschenen, wobei die Daten der automatischen Verkehrszählungen des ASTRA mit den Mobilitätsdaten des Mobilfunkanbieters abgeglichen wurden. Bei der Korrelation dieser Datenquellen ist zu beachten, dass der Mobilfunkanbieter individuelle Personen mit Mobilgeräten erfasst, während die Zählstellen des ASTRA ausschliesslich die Anzahl der Fahrzeuge dokumentieren. Eine Umrechnung der Personendaten auf die Anzahl der Fahrzeuge ist daher erforderlich. Die empirisch genaueste Korrelation mit den Fahrzeugzähldaten ergibt sich, wenn von durchschnittlich zwei Personen pro Fahrzeug ausgegangen wird, ein Wert, der geringfügig über dem schweizweiten Durchschnitt für die Fahrzeugbesetzung liegt.

Die Untersuchung der Verkehrsdaten auf der spezifischen Strecke legt nahe, dass ein erheblicher Teil der Fahrzeuge von Freizeitreisenden genutzt wird, die längere Distanzen zurücklegen. Studien, wie beispielsweise die National Household Travel Survey (NHTS) 2019 und die European Travel Survey 2020, zeigen, dass der Besetzungsgrad in Fahrzeugen auf längeren Strecken tendenziell höher ist. Dies lässt sich unter anderem darauf zurückführen, dass Reisende für längere Fahrten häufiger Familien sind oder Fahrgemeinschaften bilden. Solche gemeinsamen Fahrten führen dazu, dass pro Fahrzeug mehr Personen transportiert werden, was in einer höheren Besetzungsrate resultiert.

Die NHTS 2019 fand heraus, dass der durchschnittliche Besetzungsgrad in Fahrzeugen auf Strecken von über 100 Meilen (161 km) 2,5 Personen pro Fahrzeug beträgt. Dies ist deutlich höher als der durchschnittliche Besetzungsgrad von 1,8 Personen pro Fahrzeug für alle Streckenlängen. Die European Travel Survey 2020 kam zu ähnlichen Ergebnissen, mit einem durchschnittlichen Besetzungsgrad von 2,2 Personen pro Fahrzeug für Strecken von über 100 km. Für die Schweiz etablierte das [Bundesamt für Raumentwicklung ARE noch niedrigere Besetzungsgrade](#), die für den Arbeitsweg bei 1.06, für Einkaufswege bei 1.47 und selbst bei langen Freizeitfahrten bei nur 1.63 liegen.

Die Analyse der zeitlichen Muster zeigt eine hohe Kongruenz zwischen den Datenquellen. Klare Trends sind identifizierbar, wobei an Wochenenden geringfügige Diskrepanzen auftreten. Diese lassen sich mutmasslich durch eine erhöhte Durchschnittszahl von Insassen pro Fahrzeug an diesen Tagen erklären.

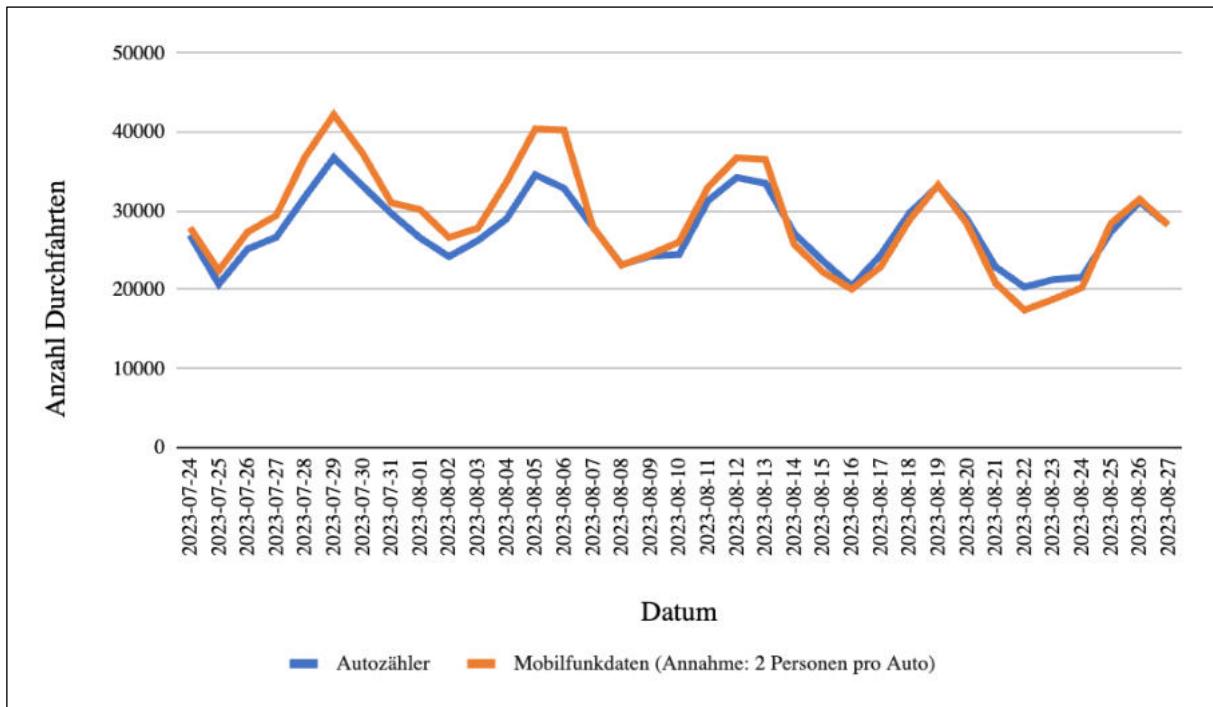


Abbildung 10: Anzahl Autodurchfahrten auf der Autobahn bei Görschenen im Zeitraum 24.07.2023 bis 24.08.2023. Vergleich Zähldaten (von Autobahn) mit den Werten vom Mobilfunkanbieter (MIP-Daten). Da Mobilfunkdaten Personen zählt und nicht die Autos, wurde dieser Wert mit Faktor 1:2 korrigiert. Quelle: 42hacks / ARE

In den Validierungsanalysen im Anhang sind die Übereinstimmungen und Abweichungen dieser Datenbasis dokumentiert. Es zeigt sich, dass die Passgenauigkeit der Analysen variiert und in einigen Fällen durchaus grössere Differenzen zu verzeichnen sind. Mögliche Gründe für diese Diskrepanzen könnten in der unterschiedlichen Logik der Streckenzuweisung bei Mobilfunkdaten liegen, da hier auf Basis der am längsten dauernden Teilstrecke oft die gesamte Route dem MIV oder der Schiene zugeordnet wird. Zudem erfassen Mobilfunkdaten Personenbewegungen statt Fahrzeugzahlen, was zu weiteren Abweichungen führen kann. Auch Fehler in der Streckenzuordnung, insbesondere in Gebieten, wo die Verkehrsinfrastruktur eng beieinander verläuft, könnten zu den festgestellten Unterschieden beitragen.

Insgesamt kann man feststellen, dass die verwendeten Daten, obwohl sie nicht maximal exakt sind, eine hohe Qualität und Zuverlässigkeit aufweisen. Sie bieten somit eine solide Grundlage für die vorgestellten Analysen und Auswertungen. Diese Erkenntnis unterstreicht die Eignung der angewandten Methodik für die Erstellung von Verkehrsmodellen und -strategien, die auf realistischen, zeitnahen Daten basieren.

Die gekürzte Projektzeit von 18 auf 4 Monate hat dazu geführt, dass eine wünschenswerte, noch detailliertere Kalibrierung der Daten nicht möglich war. Dies hätte eventuell zu einer genaueren Schätzung der Verkehrsströme geführt, aber im Gegenzug mehrere Monate gedauert. Im verkürzten Projektzeitraum hätte es verhindert, den eigentlichen Auftrag des Projektes zu erfüllen.



Berechnung Modal Split

Die Mobilfunkdaten können zwischen Fahrten auf der Schiene und der Strasse unterscheiden. Bei der Strasse wird aber nicht zwischen Auto, Bus, Tram und LV unterschieden. Über den **Google Environmental Insight Explorer** konnten für alle Regionen und grössere Städte diese Daten hinzugefügt und mit den Daten der Swisscom kombiniert werden. Alle Fahrten unterhalb eines Kilometers wurden dem LV zugeordnet und alle anderen Wege bis 10km wurden über eine Verteilungskurve und die durchschnittliche Weglänge zugeordnet. Alle Wege über 10km wurden der Schiene oder dem MIV über die Mobilfunkdaten zugewiesen. Um eine möglichst übereinstimmende Verteilung schweizweit zu haben, wurden die Verteilungskurven so lange von der KI justiert, bis man nah an die Daten für die Verteilung des Verkehrs laut einer Studie von LITRA, VöV und ARE kam.

Vergleich Modal Split		
PKM	Studie	KI 5-in-5
MIV	65%	69.11%
ÖV	28%	26.50%
LV	6%	4.00%
Andere	1%	0.39%

Tabelle 3: Vergleich Modal Split auf Basis von Personenkilometern von einer Studie von Litra, VöV und des ARE (2015) und der Daten in der 5-in-5-KI.

3.6. Zugrundeliegende Annahmen und Algorithmen

Einteilung der Hotspots

In der Arbeit wird die Schweiz in Flächen mit jeweils einem Quadratkilometer unterteilt. Das Raster wird dafür von der Swisscom definiert und kann nicht durch die Autoren angepasst oder verschoben werden. Für den jeweiligen Hotspot liefert die Swisscom alle Start-Ziel-Verbindungen und in einer Auflösung von 100m x 100m die Anzahl Personen in diesem Gebiet pro Stunde inkl. die durchschnittliche Aufenthaltsdauer. Somit kann der Verkehr in dieser Arbeit nicht direkt einem Arbeitgeber oder einer Freizeiteinrichtung zugeordnet werden und wird über bestimmte Algorithmen verteilt, die im Folgenden erklärt werden.



Abbildung 11: Die ganze Schweiz wird in Raster von jeweils einem Quadratkilometer aufgeteilt. Diese Abbildung zeigt beispielhaft, wie die Quadratkilometer in dem KI-Tool zu verstehen sind und wie diese für gewisse Daten weiter in 100m x 100m Raster unterteilt werden können. Quelle: 42hacks

Kategorisierung

Die KI klassifiziert den kompletten Verkehr der 1'000 Hotspots über einen Algorithmus anhand von verschiedenen Datenquellen. Über eine Arbeitgeber-Standorte-Liste vom [BFS](#) werden alle Arbeitgeber auf einer Karte aufgetragen inkl. der Anzahl Angestellte und Kategorie des Unternehmens. Danach unterteilt der Algorithmus den Hotspot in 100 Gebiete mit einer Grösse von 100m x 100m und ermittelt für jedes dieser Gebiete den grössten Arbeitgeber und ordnet dieses Gebiet der Kategorie des jeweiligen Arbeitgebers zu. Gleichzeitig werden über Gebäudeerkennung auch angrenzende 100m x 100m Gebiete dieser Kategorie innerhalb dieses Quadratmeters zugewiesen. Dies ist u.a. bei Krankenhäusern und Universitäten sehr relevant. Somit hat man für 100 Gebiete innerhalb des Hotspots eine Kategorisierung vorgenommen. Der Algorithmus teilt nun den ganzen Verkehr dieses Hotspots den 100m x 100m Gebieten zu. Diese Zuteilung basiert auf der durchschnittlichen Anzahl Personen in diesem Gebiet kombiniert mit der durchschnittlichen Aufenthaltsdauer. So ist eine genaue Zuordnung des Verkehrs zu Kategorien sowie zu Anzahl Arbeitnehmende möglich.

Die Berechnung ist hier sehr vereinfacht dargestellt. Eine genaue Beschreibung und Formeln können im Anhang gefunden werden.

Berechnung des Arbeitgeberverkehrs

Wie oben beschrieben, wird der Verkehr über mehrere Faktoren kategorisiert und zugeordnet. Der Pendler-Verkehr wird dabei für den Quadratkilometer wie folgt berechnet. Die Anzahl Fahrten wird über die Anzahl Angestellten im jeweiligen Unternehmen (Quelle: [BFS](#)) zugeordnet. Jedoch fährt aufgrund Home-Office-Effekten, reduzierter Stundenzahl und anderen Gründen nicht jeder Arbeitnehmer jeden Tag zur Arbeit. Daher wurde für die Berechnung der Wert um den Faktor für durchschnittlichen Wege



von Wohnort zur Arbeit pro Person vom ARE gekürzt.² Die Fahrten, die jeweils in der Kategorie danach verbleiben, werden den Besucherwegen zugeordnet (z.B. bei einem Krankenhaus). Da Arbeitnehmende jeweils zur Arbeit hin und zurück fahren, wurde dieser Wert verdoppelt. Hierbei entsteht allerdings das Problem, dass bei Betrachtung aller Wege in dieser Studie die Rückfahrt schon in einem anderen Quadratkilometer als Hinfahrt gezählt wurde (z.B. als Einkaufsfahrt). Daher wird die Anzahl Wege und die Anzahl Personenkilometer, die bereits anders zugeordnet sind, um genau diese Wege verringert. Je nachdem wie viele Quadratkilometer man sich in den jeweiligen Tools anschaut, passt dieser Faktor sich dynamisch an. Bei der Top 100 Ansicht liegt dieser Korrekturfaktor beispielsweise bei 1.67 (Wege) und 1.68 (PKM). Also werden die Arbeitnehmer Hin- und Rückfahrten nicht verdoppelt, sondern lediglich mit einem dieser Faktoren multipliziert.

Die Personenkilometer werden in der "5-in-5" KI über die direkte gerade Linie, die Luftlinie, berechnet. Die Dauer und die Kosten zur Berechnung aller ca. 200'000 tatsächlichen Strecken hätten den Rahmen dieser Arbeit überstiegen. Um aber sehr genaue Werte für die tatsächlichen Strecken zu erhalten, wurde für 10'000 Strecken ein Vergleich zwischen der Luftlinie und der wirklichen Weg-Distanz (über Google Maps – schnellster Weg) errechnet. Hierbei kam heraus, dass diese Google Streckendistanz im Schnitt 35.88% länger waren als die Luftlinie. Somit wurden alle anderen Wege auch um diesen Faktor erhöht.

Berechnung des Freizeiteffekts für Arbeitnehmerfahrten

Wechselt ein Arbeitnehmer sein Pendlerverhalten vom Auto zum ÖV, so wird diese Person auch das Reiseverhalten insgesamt ändern. So bestätigt die Studie "Treibende Kräfte im Freizeitverkehr", dass Personen, die im Besitz eines ÖV-Abos sind, die Freizeitfahrten mit dem Auto zu Gastronomiebesuchen, kulturellen Veranstaltungen oder Sportanlässen und zur Pflege sozialer Kontakte um durchschnittlich 41% verringern.³ Dieser Wert wurde auch in dieser Arbeit angenommen. Pro zurückgelegtem Pendlerkilometer legt ein Schweizer im Schnitt 1.84 Kilometer in der Freizeit zurück.⁴ Wenn Arbeitnehmende in der Schweiz das Pendlerverhalten ändern, so nimmt diese Arbeit an, dass diese pro gefahrenen Kilometer zu Arbeit 0.75 km im Freizeitverkehr ändern. (41%*1.84km).

² Hier wurde der Durchschnitt vom städtischen Durchschnitt für 25–44-Jährige (0.68) und vom städtischen Durchschnitt für 45+ (0.74) angenommen (=0.71). Quelle: 'Nationales Personen Verkehrsmodell.' Bundesamt für Raumentwicklung ARE. <https://www.are.admin.ch/are/de/home/mobilitaet/grundlagen-und-daten/verkehrsmodellierung/npvm/analysen.html>.

³ Studie 'Treibende Kräfte Im Freizeitverkehr'. Bundesamt für Strassen, May 2021. https://www.mobilityplatform.ch/fileadmin/mobilityplatform/normenpool/21792_1699_Inhalt.pdf. Fahrten MIV Gastrobesuch: Mit ÖV-Abonnement 14%, ohne ÖV-Abonnement 40% Fahrten MIV kulturelle Veranstaltung/Sportanlass MIV: Mit ÖV-Abonnement 30%, ohne ÖV-Abonnement 68% Fahrten MIV Pflege sozialer Kontakte: Mit ÖV-Abonnement 14%, ohne ÖV-Abonnement 73% Durchschnitt Zunahme ÖV-Nutzung 41%.

⁴ Mobilität und Verkehr. 6666756. Neuchâtel: Bundesamt für Statistik (BFS), 2019. <https://dam-api.bfs.admin.ch/hub/api/dam/assets/6666756/master>.

4. Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden die zentralen Ergebnisse beschrieben.

4.1. Ergebnis 1: Identifikation von Hotspots, welche die grössten MIV-Verkehrsverursacher sind

Wie im vorherigen Kapitel erörtert, bildet die Analyse der 1.000 grössten MIV-Hotspots den Kern des Forschungsansatzes, da sie als Grundlage für das Aufdecken von Verlagerungspotenzialen dienen. Die erstellte "Top MIV-Hotspots"-Übersicht bietet Entscheidungsträgern eine Analyse dieser Hotspots, mit einem besonderen Fokus auf die Personenverkehrsleistung des MIV. Die Liste ist nach Personenkilometern (PKM) bzw. der Anzahl der Wege strukturiert und bietet verschiedene Filteroptionen: Diese umfassen Kategorien wie Spitäler oder Einkaufszentren, die Distanz zum nächsten Bahnhof (beispielsweise Zentrum oder Peripherie) sowie die Anzahl der Vollzeitbeschäftigen an einem Hotspot (beispielsweise nur Hotspots mit mehr als 5.000 Vollzeitangestellten).

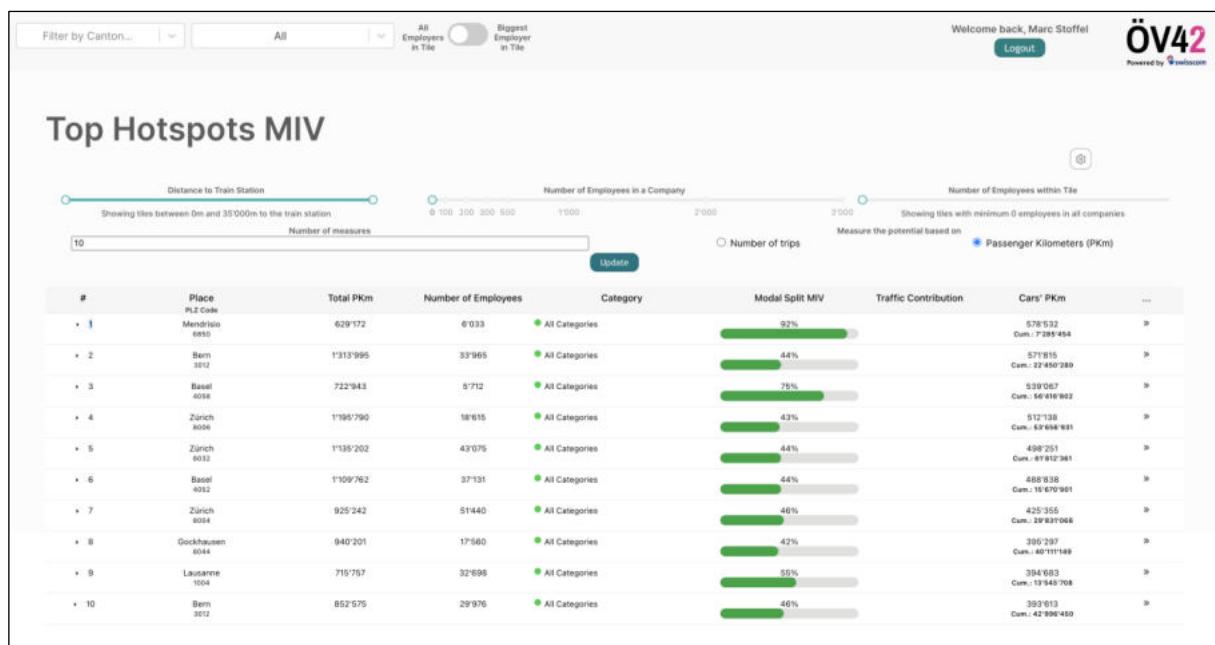


Abbildung 12: Grösste MIV-Hotspots filterbar nach Kanton und Kategorie, Quelle: 42hacks

Die Allokation der Personenverkehrsleistung auf die Verkehrsteilnehmer stellt ein zentrales Ergebnis dieses Projekts dar. Diese Zuteilung diente als Grundlage für die darauffolgende Simulation des Verlagerungspotenzials. Dabei konzentrierte sich die Simulation beispielsweise auf die Modellierung des Verkehrsflusses zu und von Arbeitgebern. Die nächste Abbildung veranschaulicht diesen Aspekt am Beispiel des Hotspots „Mendrisio“. Sie illustriert, wie die Personenverkehrsleistung speziell auf den Arbeitgeberverkehr am Standort Mendrisio zugeschnitten wurde.

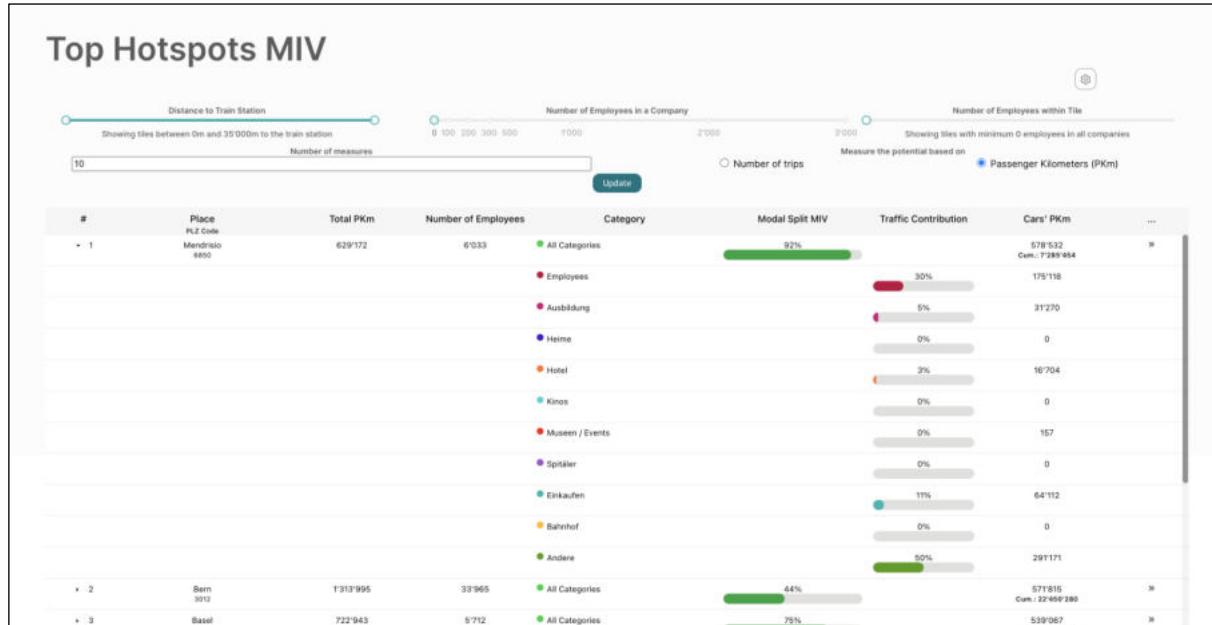


Abbildung 13: Aufteilung der Personenverkehrsleistung auf Verkehrsverursacher, Quelle: 42hacks

Benutzer der Übersicht haben die Möglichkeit, spezifische Details zu jedem der Hotspots einzusehen, indem sie Informationen zu jedem einzelnen Hotspot aufzuklappen. Dies ermöglicht insbesondere eine detaillierte Analyse der Entwicklung der Verkehrsleistung und des Modal Splits. Die Potenziale, die sich aus den grössten 1.000 MIV-Hotspots ergeben, werden im nächsten Kapitel eingehend untersucht.

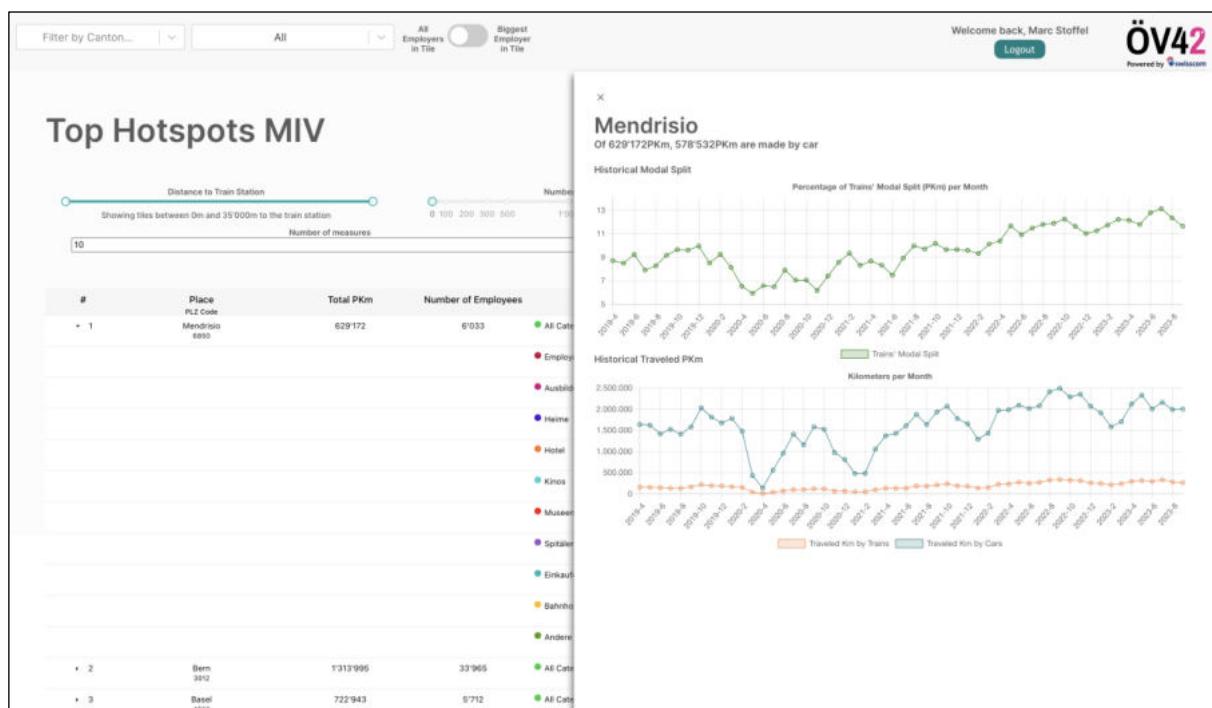


Abbildung 14: Detail pro Hotspot - Entwicklung Verkehrsleistung (MIV und Schiene) und Modal Split, Quelle: 42hacks

Darauffolgend wurde basierend auf den Simulationen, die im Kapitel "3 Forschungsansatz und aktueller Wissensstand" beschrieben wurde, für jeden dieser 1'000 Hotspots die Verlagerungspotentiale berechnet. Die nächste Abbildung zeigt eindrücklich, dass entgegen der ursprünglichen Annahme der Autoren speziell auch in den städtischen Regionen viele Verlagerungspotentiale brachliegen.

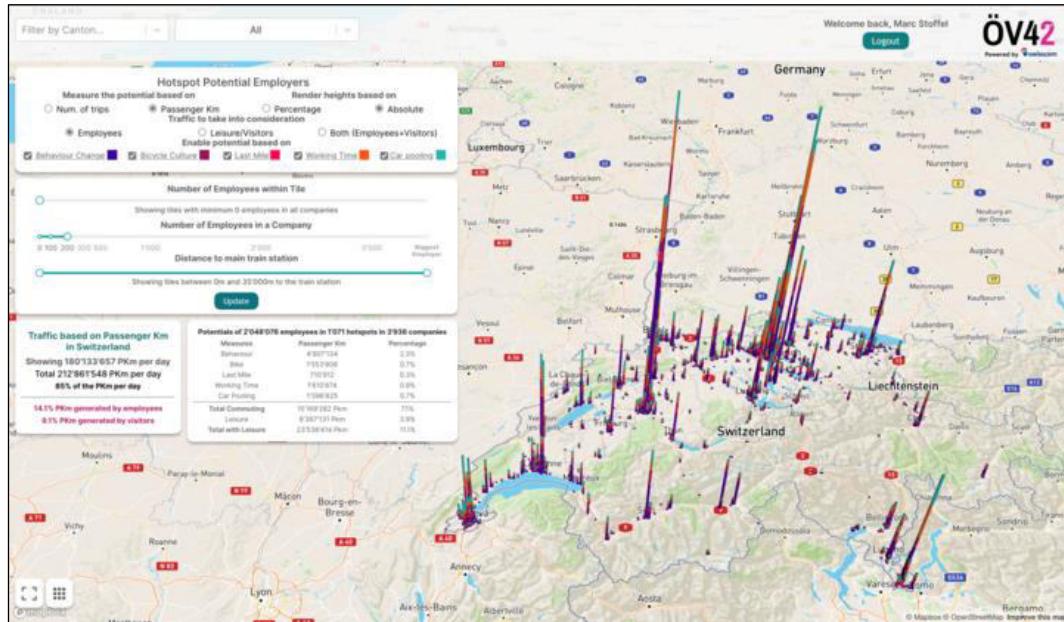


Abbildung 15: Übersicht "Top 1'000 Hotspots mit entsprechenden Verlagerungspotenzialen". Quelle: 42hacks

- Identifikation der schweizweit grössten 1'000 Hotspots, die zusammen ca. 36% zum Verkehrsaufkommen des motorisierten Individualverkehrs (MIV) beitragen. Davon werden 21.2% durch Pendelverkehr zum Arbeitgeber und 63.4% durch Besucher- und Anwohnerverkehr verursacht. Die 15 grössten Hotspots verursachen ca. 4.7% des gesamten schweizweiten MIV-Verkehrs.
- Die Modal Shift Verlagerungspotenziale der simulierten Massnahmen pro Kategorie verteilen sich wie folgt: 44% durch Verhaltensänderung, 17% durch Arbeitszeitpolitik, 17% durch Fahrrad, 14% durch Car-Pooling und 8% durch die Letzte-Meile.
- Die Potenziale für die Verringerung des MIV zugunsten von ÖV/LV liegen entgegen der ursprünglichen Annahme nicht nur in einer Entfernung von mehr als 700 Metern zum Bahnhof (47%), sondern auch im Bereich von unter 700 Metern zu einem Bahnhof (53%).

4.2. Ergebnis 2: Vorschlag der 100 effektivsten Massnahmen

Die Übersicht der "Top 100 Massnahmen", die aus der Analyse der 1'000 verkehrsreichsten Hotspots resultiert, liefert einen detaillierten Einblick in die effektivsten Ansätze zur Förderung des ÖV. Diese Massnahmen basieren nicht nur auf theoretischen Überlegungen und unzähligen interaktiven Berechnungs- und Optimierungs-Durchläufen der künstlichen Intelligenz, sondern auch auf praktischen Erkenntnissen aus Feldversuchen, die unabhängig vom "5-in-5" Projekt durchgeführt wurden. Jeder Hotspot kann direkt in der KI analysiert und bewertet werden, um die jeweils passenden Massnahmen zu identifizieren. <https://ov42.com/5-in-5>

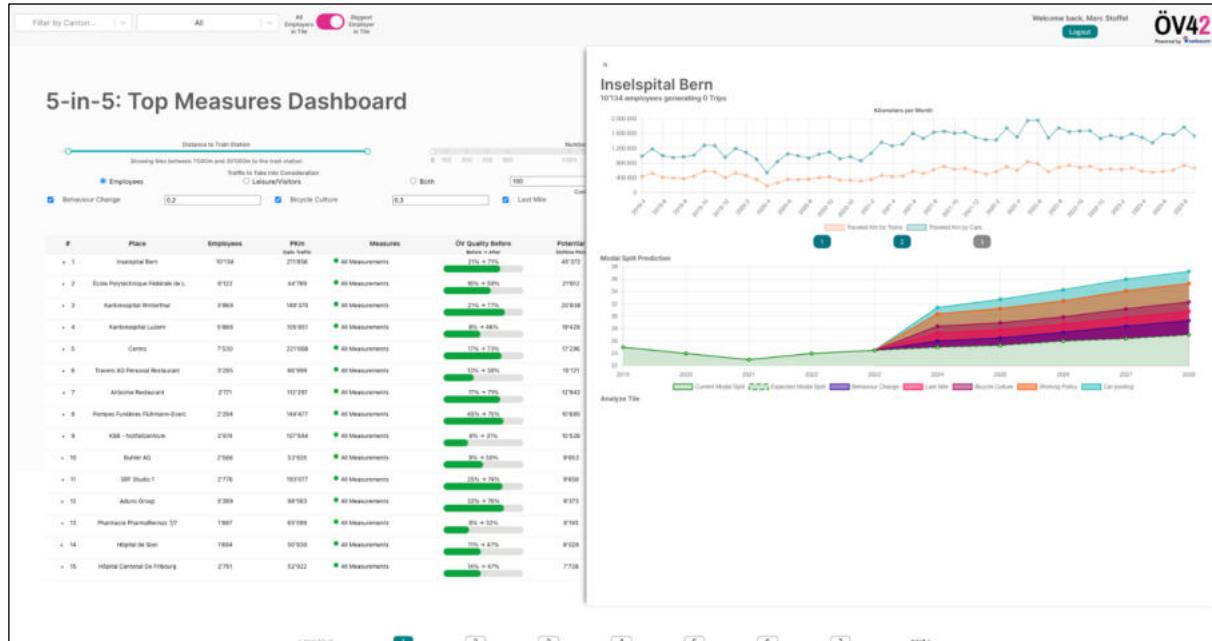


Abbildung 16: Übersicht "Top 100 Massnahmen". Quelle: 42hacks

Die interaktive Übersicht "Top 100 Massnahmen" ermöglicht es den Nutzern, die Vorschläge näher zu betrachten und mit den Annahmen zu interagieren:

- **Erkenntnisse aus den "Top 100 Massnahmen":** Die Übersicht ist nicht nur ein Verzeichnis, sondern ein interaktives Werkzeug mit künstlicher Intelligenz, mit dem Nutzer durch Veränderung von Annahmen die Auswirkungen auf die Verkehrssituation simulieren können.
- **Sensitivitätsanalysen:** Anwender haben die Möglichkeit, Sensitivitätsanalysen durchzuführen, um zu verstehen, wie robust die Massnahmen gegenüber verschiedenen Parametern sind.
- **Anpassungsfähigkeit:** Die Übersicht reflektiert die Flexibilität des KI-Systems, auf Benutzereingaben zu reagieren und angepasste Lösungen zu präsentieren.

Im obigen Bildschirmfoto werden anhand des aufgeklappten Beispiels die Massnahmen veranschaulicht, die aufgrund ihrer Relevanz und Wirksamkeit ausgewählt wurden. Dieser Ansatz demonstriert das Potenzial der KI, nicht nur Daten zu analysieren, sondern auch handlungsorientierte Empfehlungen zu liefern, die auf realen Bedingungen und durchgeführten Experimenten basieren. Die Einbindung von Stakeholdern und die Anwendung im realen Kontext sind dabei entscheidend, um die theoretischen Vorschläge in praktische, umsetzbare Aktionen zu überführen.

Durch die Kombination aus fortgeschrittener Datenanalyse und der Integration von Nutzerfeedback liefert die KI einen dynamischen und adaptiven Plan, der es Entscheidungstragenden ermöglicht, gezielte und effektive Massnahmen zur Steigerung des ÖV-Modal Splits zu ergreifen.

Die Autoren haben in diesem Kapitel unterschiedliche Sichtweisen auf die Top 100 Potenziale gewählt, die je nach Bearbeitungsstrategie am meisten Sinn ergeben. Die Übersicht erlaubt auch andere Sichtweisen.

Nutzen der Übersicht "Top 100 Massnahmen"

Die Übersicht der "Top 100 Massnahmen" präsentiert eine detaillierte Analyse der hundert aussichtsreichsten Hotspots in Bezug auf ihr Potenzial zur Verlagerung vom MIV zum ÖV oder LV. Die Liste ist nach dem Potenzial zur Verkehrsverlagerung geordnet, das aufzeigt, wie viele Personenkilometer von der Strasse auf die Schiene oder zum LV wechseln könnten.

Jeder Eintrag in der Übersicht liefert umfassende Informationen zu den jeweiligen Arbeitgebern, darunter die Anzahl der Mitarbeitenden, die Gesamtzahl der Fahrten zum und vom Arbeitsplatz sowie das geschätzte Modal Shift Potenzial. Hierbei wird deutlich, wie viele Mitarbeitende potenziell vom MIV zum ÖV wechseln könnten.

Für jede Massnahme werden der aktuelle Modal Split und die erwartete Verbesserung nach Implementierung der Massnahme aufgeführt. Dies ermöglicht eine Einschätzung der Effektivität der jeweiligen Massnahmen. Ebenso wichtig ist die Darstellung der angenommenen Umwandlungsquote ("Conversion Rate"), also des Prozentsatzes der Mitarbeitenden, welche diese Massnahme voraussichtlich nutzen werden, um auf den ÖV umzusteigen.

Ein weiteres zentrales Element der Übersicht ist die Darstellung, wie sich der Modal Split für den jeweiligen Arbeitgeber durch die getroffenen Massnahmen und die unterstellten Umwandlungsquoten verändern würde. Dies gibt Aufschluss darüber, wie signifikant die Auswirkungen der Massnahmen auf die Verkehrsmittelwahl sein könnten.

Die letzte Spalte der Übersicht zeigt das Umsatzpotenzial für öffentliche Mobilitätsanbieter auf, dass sich aus der Umsetzung der Massnahmen bei den jeweiligen Arbeitgebern ergibt. Dieser Aspekt unterstreicht die wirtschaftlichen Vorteile, die sich aus der erfolgreichen Umsetzung der Mobilitätsstrategien ergeben können.

Nutzer der Übersicht können spezifische Details zu jedem Hotspot aufklappen, um die Zusammensetzung und Wirkungsweise der einzelnen Massnahmen genauer zu betrachten. Dies ermöglicht eine detaillierte Einsicht in die Strategien zur Steigerung des ÖV-Anteils. Die Massnahmen und ihre Ausgestaltung werden im nächsten Kapitel beschrieben.

4.3. Top 100 Hotspot-Arbeitgeber-Cluster

Bei dieser Potenzialbetrachtung werden **alle Arbeitgeber mit mehr als 200 Angestellten innerhalb eines Hotspots von einem Quadratkilometer** betrachtet. Dies könnte aus der Betrachtung Sinn machen, auf alle grösseren Arbeitgeber innerhalb dieses Quadratkilometers aktiv zuzugehen und mit ihnen eine gemeinsame Lösung für das **gesamte Cluster (z.B. Industrie-Areale)** zu realisieren. Auch wirken Massnahmen wie z.B. die Verbesserung der letzten-Meile durch z.B. Shuttle-Busse ja nicht nur für einen Arbeitgeber, sondern für das ganze Cluster. Die Analyse zeigt die 100 vielversprechendsten Massnahmen für erste Leuchtturmprojekte und das schweizweite Skalierungspotenzial.

Für diese Simulation wurden folgende Umwandlungsquoten zugrunde gelegt. Die Herleitung, Darstellung und Diskussion der Massnahmen findet sich im Kapitel "Innovativer Ansatz zur Entwicklung wirksamer Massnahmenpakete bei Arbeitgebern."

Top 100 Hotspot-Arbeitgeber-Cluster				
Angenommene Umwandlungsquoten von Autofahren mit neu guter ÖV-Qualität Zeitraum: innerhalb 5 Jahre				
Verhalten	Fahrradkultur	Letzte-Meile	Arbeitszeit	Car Pooling
30% [15% - 50%]	30% [15% - 50%]	30% [15% - 50%]	30% [15% - 50%]	15% [0% - 50%]

Tabelle 4: Top 100 Arbeitgeber Cluster - angenommene Umwandlungsquoten



Top 100 Hotspot-Arbeitgeber-Cluster		
Erwartete Effekte in Prozentpunkten (PP) Reduktion MIV bzgl. des schweizweiten MIV-Modal Splits (PKM) [je nach Szenario]		
Top 15	Top 100	Skalierungspotenzial: 1'000 Hotspots
0.8 PP [0.4 PP - 1.4 PP]	2.1 PP [1.0 PP - 3.6 PP]	2.9 PP [1.4 PP - 5.2 PP]

Tabelle 5: Top 100 Hotspots Arbeitgeber Cluster

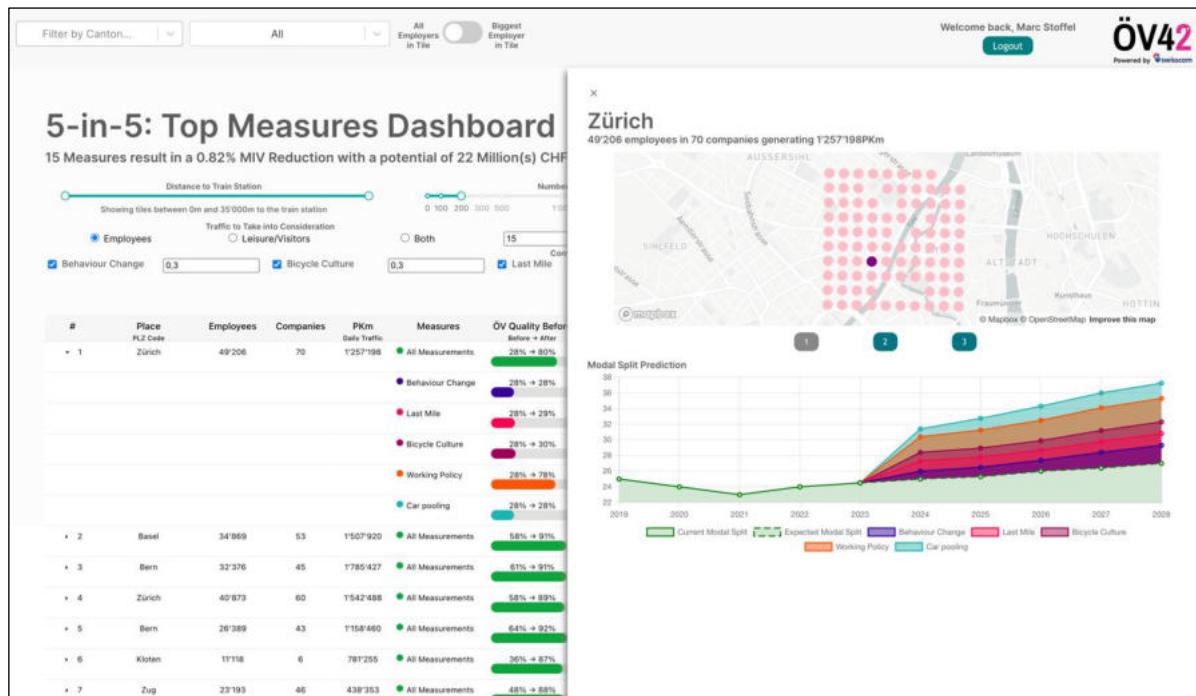


Abbildung 17: Übersicht "Top 100 Massnahmen Arbeitgeber Cluster". Quelle: 42hacks

4.4. Top 100 Arbeitgeber und ihre lokalen Potenziale

Diese Potenzialbetrachtung stellt nur den grössten Arbeitgeber im jeweiligen Hotspot dar. Dies erlaubt es, auf einzelnen Firmen dediziert zuzugehen, um mit ihnen ein Leuchtturmprojekt zu realisieren. Ggf. könnte im zweiten Schritt auch auf kleinere Arbeitgeber in dem Hotspot aktiv zugegangen werden (vgl. vorherigen Abschnitt). Die Analyse zeigt die 100 sinnvollsten Massnahmen für erste Leuchtturmprojekte und das schweizweite Skalierungspotenzial. Für diese Simulation wurden folgende Umwandlungsquote zugrunde gelegt. Die Herleitung, Darstellung und Diskussion der Massnahmen findet sich im Kapitel "Innovativer Ansatz zur Entwicklung wirksamer Massnahmenpakete bei Arbeitgebern."

Top 100 Hotspot-Arbeitgeber				
Angenommene Umwandlungsquoten von Autofahren mit neu guter ÖV-Qualität				
Verhalten	Fahrradkultur	Letzte-Meile	Arbeitszeit	Car Pooling
40% [15% - 50%]	40% [15% - 50%]	40% [15% - 50%]	40% [15% - 50%]	25% [0% - 50%]

Tabelle 6: Top 100 Arbeitgeber - Angenommene Umwandlungsquoten

Ergebnisse:

Top 100 Hotspot-Arbeitgeber		
Erwartete Effekte in Prozentpunkten (PP) Reduktion MIV bzgl. des schweizweiten MIV-Modal Splits (PKM) [je nach Szenario]		
Top 15	Top 100	Skalierungspotenzial: Top 1'000 Arbeitgeber
0.3 PP [0.10 PP - 0.4 PP]	0.7 PP [0.3 PP - 1.0 PP]	1.4 PP [0.4 PP - 1.8 PP]

Tabelle 7: Top 100 Hotspots Arbeitgeber Potenziale

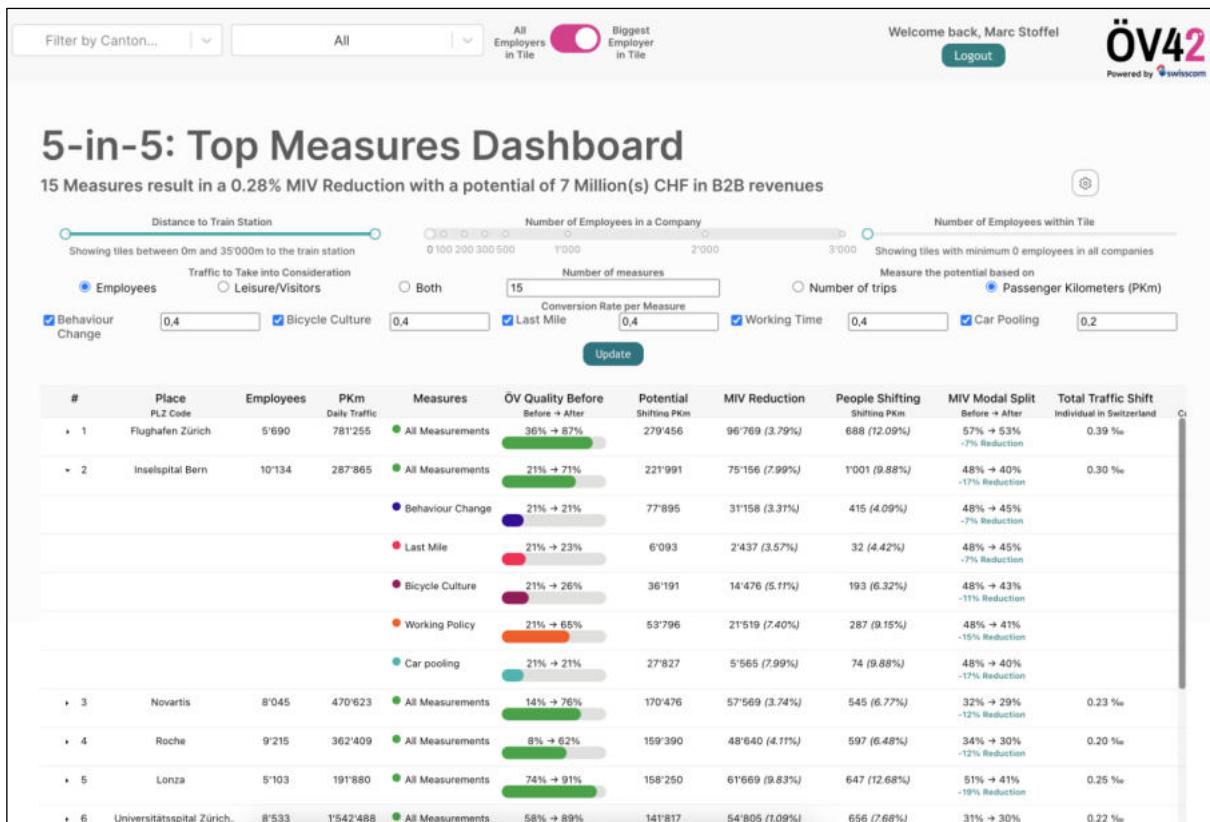


Abbildung 18: Übersicht "Top 100 Massnahmen Arbeitgeber". Quelle: 42hacks



4.5. Top 100 Hotspot Potenziale

Bei dieser Potenzialbetrachtung werden der **Gesamtverkehr (Pendler & Freizeit)** von allen 1000 **Hotspots** betrachtet. Die Annahmen zu Umwandlungsquoten sind nicht durch Feldexperimente plausibilisiert und beinhalten deshalb eine breite Spanne ohne eine beste Schätzung der Umwandlungsquote wie in den vorangegangenen Arbeitgeber Simulationen.

Top 100 Hotspots inkl. aller Verkehrsarten (inkl. Freizeit)				
Angenommene Umwandlungsquoten von Autofahren mit neu guter ÖV-Qualität Zeitraum: innerhalb 5 Jahre				
Verhalten	Fahrradkultur	Letzte-Meile	Arbeitszeit	Car Pooling
[5% - 30%]	[0%-30%]	[5% - 30%]	[0%]	[0% - 5%]

Tabelle 8: Top 100 Hotspots inkl. aller Verkehrsarten (inkl. Freizeit) - Angenommene Umwandlungsquoten

Top 100 Gesamtpotenziale		
Potenziale in Prozentpunkten (PP) schweizweiter Modal Shift MIV Reduktion, PKM MIV Reduktion		
Top 15	Top 100	Skalierungspotenzial: Top 1'000 Hotspots
[0.2 PP - 1.4 PP]	[0.7 PP - 4.2 PP]	[1.2 PP - 9.0% PP]

Tabelle 9: Top 100 Gesamtpotenziale

4.6. Potenziale für Modal Split Shift im Freizeitverkehr

Es ist zu vermuten, dass auch gewisse Freizeit Hotspots, wie Einkaufszentren oder Spitäler, über ihre Rolle als **Arbeitgeber** hinaus als Multiplikatoren dienen könnten. In ihrer Rolle als Arbeitgeber sind sie **bereits modelliert und simuliert**. Den Autoren fehlt aufgrund **bisher fehlender Feldversuche** ein erhärteter Ansatz für die belastbare Modellierung konkreter Massnahmen, insbesondere deren Umwandlungsquoten.

Konkret wissen die Autoren z.B. nicht, wie viele Besucher eines Einkaufszentrums motiviert werden können, auf den ÖV umzusteigen. Folglich fehlt den Autoren ein erhärteter Ansatz für die glaubwürdige Modellierung konkreter Massnahmen. Fragen, die ein Folgeprojekt klären müsste, sind:

- Wie motivieren Einkaufszentren, Spitäler, Hotels, Tourismusdestinationen ihre Kunden mit dem ÖV anzureisen.
- Wie erhöhen sie Parkplatz-Gebühren, ohne auf rein gesetzliche Vorgaben zu hoffen? Bei vielen Freizeiteinrichtungen und Einkaufszentren gehört der gratis Parkplatz quasi zum Geschäftsmodell.
- Wie adressiert man z.B. den touristischen Verkehr, der in der Summe wohl relevant ist, jedoch in einer Analyse der Top 1'000 Hotspots schlichtweg im Vergleich zu anderen Verkehrs-Hotspots untergeht. Er scheint weniger stark gebündelt zu sein.

Die Autoren haben sämtliche Freizeitpotenziale für die 1'000 Hotspots analysiert, verzichten jedoch im heutigen Reifegrad aus oben genannten Argumenten darauf, konkrete Potenziale und Erwartungen in diesem Bericht auszuweisen.

Es wird "lediglich" ein exemplarischer Überblick über die bedeutendsten Hotspots in verschiedenen Kategorien, wie Freizeit, Spitätern, Bildungseinrichtungen und Einkaufszentren, geboten. Siehe "4.5 Top 100 Hotspot Potenziale." Die zugrundeliegenden Annahmen wurden auf ihre Plausibilität hin geprüft, allerdings stehen umfassende Feldversuche zur endgültigen Validierung noch aus. Es ist anzunehmen, dass sich einige der bei den Arbeitgebern angewandten Massnahmen übertragen lassen, während andere spezifisch für die genannten Bereiche entwickelt werden müssen.

4.7. Weitere Erkenntnisse des Projekts

Analyse der Gewinner & Verlierer (vor/nach Corona)

Im Rahmen des Projekts "5-in-5" wurde eine umfassende Analyse der Verkehrs-Hotspots durchgeführt, die eine Vielzahl an Trends offenbarte. In vielen Bereichen zeigte sich eine Stagnation des Modal Splits, teilweise sogar negative Entwicklungen, die möglicherweise auf Einflüsse externer Faktoren, wie der Corona-Pandemie, zurückzuführen sind. Parallel dazu wurden jedoch auch positive Ausnahmen unter den Hotspots identifiziert, die Verbesserungen im ÖV-Modal Split erkennen liessen.



Abbildung 19: Analyse der Gewinner und Verlierer

In der intensiven Analyse und Untersuchung der Hotspots konnte keine systematische und eindeutig kausale Beziehung identifiziert werden, die sich einigermassen einfach und automatisch replizieren lässt. Die Untersuchungen des Projektes bestätigen, dass der Modal Split ein äusserst komplexes Phänomen darstellt, in dem zahlreiche Faktoren eine Rolle spielen und miteinander interagieren.



Die Auswertung verschiedener Hotspots wie Firmen, Spitäler, Einkaufszentren und Freizeitangebote zeigt ein differenziertes Bild hinsichtlich des Modal Splits. Während generell eine Stagnation in vielen Kategorien zu beobachten ist, zeichnen sich einige spezifische Orte und Einrichtungen durch signifikante Veränderungen in ihren Verkehrsbewegungen aus. Dies unterstreicht, dass trotz der allgemeinen Tendenz zur Stagnation einzelne Hotspots deutliche Verbesserungen oder Verschlechterungen des ÖV-Modal Splits erfahren.

Analyse Verbesserung Reisezeit und Modal Split-Korrelation

Die Studie zur Untersuchung der Top 1'000 Verkehrs-Hotspots fokussierte sich auf die Verbesserung der durchschnittlichen Reisezeiten im ÖV für die 100 Hauptverkehrswege zu diesen Hotspots. Für die Analyse wurden Daten aus dem Zeitraum von 2019 bis September 2023 herangezogen, wobei stets die jeweils aktuellen Fahrpläne berücksichtigt wurden. Ziel war es, die Verbesserungen in der Reisezeit durch Anpassungen in den Fahrplänen und anderen Massnahmen zu evaluieren. Diese Betrachtungsweise ermöglichte es, spezifische Erkenntnisse über die Effizienz des ÖV-Netzwerks in Bezug auf die Erreichbarkeit der wichtigsten Verkehrs-Hotspots zu gewinnen.

Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass bei den meisten Hotspots zwischen 2019 und 2023 eine Verbesserung der Reisezeiten um 0 bis 10 Prozent zu verzeichnen war. Diese Verbesserung der Reisezeiten geht jedoch nicht zwingend mit einer Erhöhung des ÖV-Modal Splits einher.

Die Analyse von Modal Split "Gewinnern" (Hotspots mit steigendem ÖV-Anteil), legt nahe, dass eine verbesserte Reisezeit allein oft nicht ausreicht, um einen signifikanten Modal Split Shift zu erreichen. Diese Erkenntnis ist entscheidend, denn sie deutet darauf hin, dass eine umfassende Verbesserung der ÖV-Qualität zwar hilfreich ist, um den Modal Split signifikant zu beeinflussen, aber allein oft nicht ausreicht. Es sind zusätzliche Massnahmen erforderlich, um eine nachhaltige und signifikante Steigerung des ÖV-Anteils zu erreichen. Diese könnten in Form von gezielten Anreizen, bewusstseinsbildenden Kampagnen oder Verbesserungen in der Infrastruktur abseits der reinen Fahrplanoptimierung liegen.

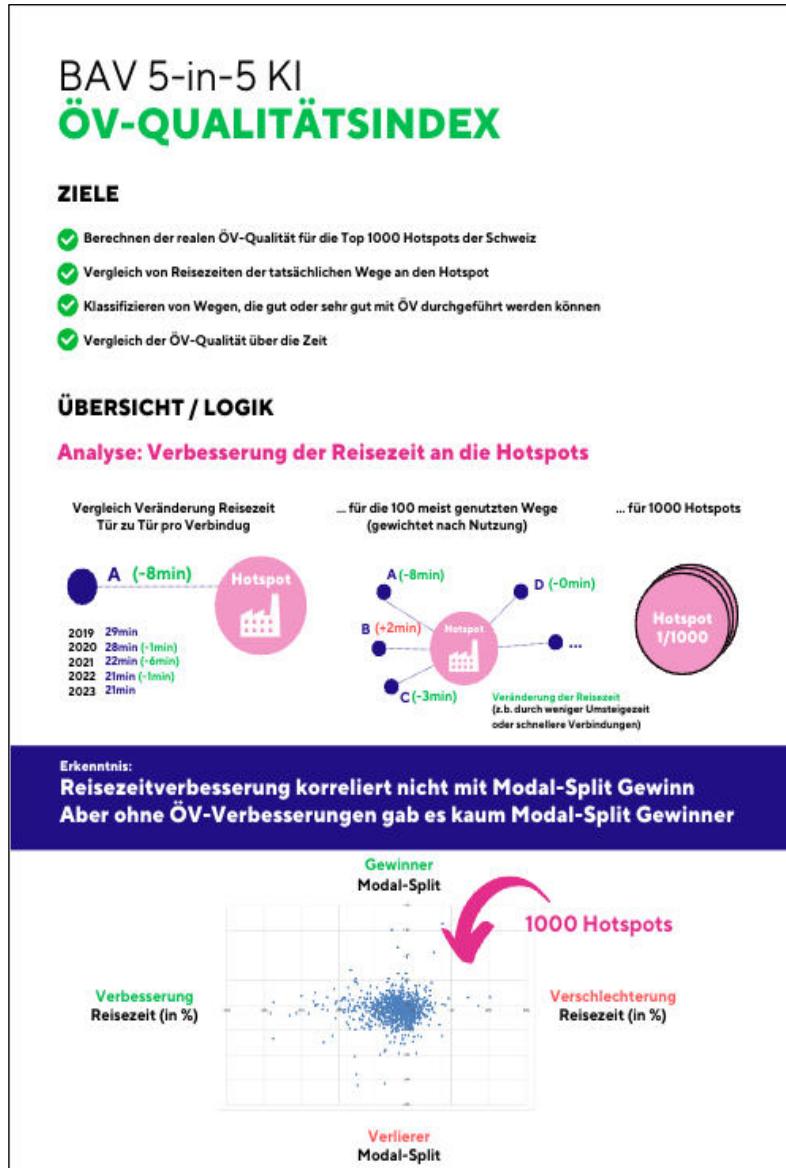


Abbildung 20: Logik und Vorgehen bei der Berechnung der Qualität des ÖV

Das Fazit dieser Analyse ist, dass die reine Verbesserung von Reisezeiten und Frequenzen, obwohl sie eine grundlegende Rolle spielt, nicht ausreicht, um den Modal Split zugunsten des ÖV massgeblich zu verändern. Es erfordert eine Kombination aus qualitativen Verbesserungen und strategischen Interventionen, um die Bevölkerung zum Umstieg auf den ÖV zu bewegen und damit die Verkehrswende aktiv zu gestalten.



5. Diskussion

Im folgenden Kapitel werden die Arbeitsresultate des Projektes aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet. Sie bieten eine Plattform, um die Annahmen, Methoden und Ergebnisse der Forschung kritisch zu hinterfragen und zu diskutieren.

5.1. Erstversion der Software

Die Entwicklung dieser Software ist ein neuartiger Ansatz und von Innovation geprägt. Erstmals wurden Mobilfunkdaten in Kombination mit Ansätzen der Künstlichen Intelligenz für diese Studie genutzt. Obwohl die Projektarbeit erfolgreich abgeschlossen wurde, setzt das Team seine Anstrengungen fort, um Modelle und Software weiter zu verfeinern. Dieser fortlaufende Prozess zielt darauf ab, die Ergebnisse kontinuierlich zu verbessern und die Software auf dem neuesten Stand der Technologie zu halten.

In den nächsten Monaten sollen insbesondere weitere Punkte evaluiert und verbessert werden:

- Verbesserung der Umsteigerraten, wie viele Umsteiger welche Massnahme wirklich generieren. Durch die Ergebnisse aus Feldexperimente in diesem Bereich soll die KI lernen und diese Umsteigerraten dementsprechend anpassen.
- Verfeinerung des Algorithmus bzgl. der Zuweisung einzelner Arbeitgeber zu Quadratkilometern. Enige Arbeitgeber können derzeit nicht genau dem Verkehr eines Quadratkilometers zugewiesen werden bzw. liegen so, dass sie Verkehr aus verschiedenen Quadratkilometern erhalten müsste.
- Analyse von Hotspots mit grosser saisonaler Verkehrsschwankung und Unterscheidung des Wochenend- und Wochentagverkehrs.

Diese kontinuierlichen Verbesserungen werden die Genauigkeit und Präzision der Daten erhöhen und ggf. weitere interessante Fakten und Fälle liefern. Dennoch werden die Auswirkungen auf generelle Aussagen dieser Studie geringfügig sein, da nur wenige Hotspots von diesen Verbesserungen betroffen sind bzw. die Betrachtung eine andere wird (z.B. bei saisonalen Schwankungen). Die Autoren sind deshalb davon überzeugt, dass die vorliegende Version bereits viele sehr brauchbare und validierte Erkenntnisse liefert. Die Datengrundlage bietet genügend Fakten, um die Erkenntnisse schon in die Tat umzusetzen und Feldversuche zu starten.

5.2. Arbeitgeber: Warum besteht gerade hier das grösste Potenzial?

Die Studie legt ihren Schwerpunkt auf die Kategorie der Arbeitgeber, da hier ein besonders hohes Potenzial für eine Reduzierung des MIV erkennbar ist. Bei den **Top 100 Hotspot-Arbeitgeber-Clustern** liegt dieses Potenzial **zwischen 1,0 und 3,6 Prozentpunkten**, während es alleine bei den **Top 15 Hotspot-Arbeitgeber-Clustern** schon **zwischen 0,4 und 1,4 Prozentpunkten** ausmacht. Der Vorteil bei Arbeitgebern besteht darin, dass der damit verbundene Verkehr sehr gezielt angesprochen werden kann, was im Vergleich zu den Bereichen Einkaufen und Freizeit effektiver ist.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist die zunehmende gesetzliche Regulierung und der steigende Druck zur Reduktion von CO₂-Emissionen, der teilweise auch von Kantonen ausgeht. Dies erhöht die Dringlichkeit für Arbeitgeber, die CO₂-Emissionen der Pendlermobilität zu reduzieren.

Zudem spielt die Mitarbeiterattraktivität im zunehmenden Fachkräftemangel eine wichtige Rolle. Durch die Förderung umweltfreundlicher Verkehrsmittel können Arbeitgeber nicht nur einen Beitrag zum Klimaschutz leisten, sondern sich auch als attraktive und verantwortungsbewusste Arbeitgeber positionieren. Dies kann zu einer Win-Win-Situation für Arbeitgeber, politische Akteure und Transportunternehmen führen, indem gezielte Massnahmen zur Verbesserung des ÖV-Modal Splits und zur Dekarbonisierung des Verkehrs umgesetzt werden.

Überlegungen zum Freizeitverkehr finden sich im Kapitel "4.6 Potenziale für Modal Split Shift im Freizeitverkehr."

Innovativer Ansatz zur Entwicklung wirksamer Massnahmenpakete bei Arbeitgebern

Die Realisierung eines nachhaltigen Mobilitätswandels, insbesondere in der Zusammenarbeit mit Arbeitgebern, erfordert mehr als nur die Bereitstellung von Angeboten und pauschalen Anreizen. Es bedarf **einer initialen proaktiven Anstrengung**, um die beteiligten Parteien an einen Tisch zu bringen und die Konzeptentwicklung und spätere Umsetzung anzustossen. Die derzeitigen Bestellungs- und Vertriebssysteme des ÖV sind oft nicht darauf ausgerichtet, individuelle, systemübergreifende Lösungen zu entwickeln, die einen Modal Split Shift in einem Hotspot massiv beeinflussen könnten.

Die bisherigen Erfahrungen legen nahe, dass ein datengestützter, kollaborativer und bedürfnisorientierter Ansatz verfolgt werden muss, um den ÖV-Modal Split Anteil effektiver zu steigern. Im Rahmen von ÖV42 wurde ein entsprechendes Zusammenarbeitsmodell entwickelt und mit 10 Firmen verprobt. Im Folgenden wird der Prozess und die benötigten Rollen beschrieben:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Verkehr BAV
Förderprogramm für Innovationen im regionalen Personenverkehr (RPV)

ÖV42

NEUE ART DER ZUSAMMENARBEIT MIT ARBEITGEBERN

ZIELE

- ✓ Gemeinsam MIV reduzieren und ÖV Potentiale erschliessen
- ✓ Ergebnisoffener Prozess - Was hilft um das Ziel zu erreichen?
- ✓ Ko-Kreation und Pilotierung von Massnahmen schnell ermöglichen

INVOLVIERTE PARTEIEN

- ✓ Schrittmacher Team
- ✓ Regierung
- ✓ Besteller (AöV, TBA) & Tarifverbund
- ✓ Arbeitgeber
- ✓ Mitarbeitende

PROZESS



Bei folgenden Firmen bereits getestet



Abbildung 21: Vorgeschlagenes Vorgehensmodell zur Kooperation mit Arbeitgebern, Quelle: 42hacks

Die folgenden Schritte skizzieren, wie dies erreicht werden kann:

- **Schritt 1: Bilden einer Allianz der notwendigen Parteien, bevor man auf Arbeitgeber zugeht:** Folgende Parteien und Rollen sind aus Sicht der Autoren erfolgskritisch:

Rolle	Auftrag im Projekt
Schrittmacher-Team	<ul style="list-style-type: none"> • Aktive Bearbeitung und persönliche Überzeugung für diesen Ansatzes an Hotspots auf C-Level Ebene. • Treiben des Prozesses und der Vision einer Ko-Kreation von massgeschneiderten Lösungen. • Entwickeln von Win-Win Potenzialen als neutraler Schrittmacher mit Energie für attraktive Lösungen. • Nutzen und Schaffen von Freiräumen, um massgeschneiderte Lösungen zu verproben. • Iterative Verbesserungen der Lösungen und schrittweise Produktisierung und Skalierung.
Regierung	<ul style="list-style-type: none"> • Dinge möglich machen (z.B. Steuererleichterung, Anreize, Leuchttürme) • Anschubfinanzierung für den vorgeschlagenen Ansatz, insbesondere für das Schrittmacher-Team.
Besteller (Bund, Kanton, Gemeinde)	<ul style="list-style-type: none"> • Finanzieren von notwendigen Massnahmen (z.B. Shuttle-Busse, letzte Meile).
Tarifverbünde	<ul style="list-style-type: none"> • Ermöglichen von attraktiven Angeboten und Preismodellen (z.B. Firmenabo, Flatrates, Preise abhängig von ÖV-Qualität bestehender Verbindungen ...)
TU und Mobilitätsanbieter	<ul style="list-style-type: none"> • Umsetzen von notwendigen Massnahmen (Tür-zu-Tür) • Integration von Systemen, Tarifen und Apps.

Tabelle 10: Allianz der notwendigen Parteien

- **Schritt 2: Nutzung von 5-in-5 Potenzialen zum Anstoßen des Dialogs mit Arbeitgebern:** Die berechneten Potenziale ermöglichen eine problemlose Ansprache auf C-Level-Ebene der Arbeitgeber. Man kann in einem ersten Gespräch aufzeigen, was datenbasiert möglich wäre, wenn gewisse Massnahmen umgesetzt werden. Dies in Bezug auf Faktoren ÖV-Qualität, sprich Standortattraktivität, und CO₂-Potenzialen. Mit der Bereitschaft von Politik und Besteller, bei Bedarf die ÖV-Qualität anzuheben, kann die Geschäftsführung überzeugt werden, in ergebnisoffene Hackathons einzusteigen, um direkt Lösungen entlang der Bedürfnisse der Mitarbeitenden zu entwickeln.



- **Schritt 3: Hacks mit Mitarbeitenden:** Ein offener und inklusiver Dialog mit den heutigen Autofahrenden ist der Schlüssel zur Nutzung der theoretischen Potentiale. Es gilt herauszufinden, was sie tatsächlich benötigen, um umzusteigen. Hierzu eignet sich die Methode "Hackathon" hervorragend und wird auch als spannendes und kurzweiliges Format wahrgenommen. Zudem kann die Geschäftsführung einfacher überzeugt werden mit Lösungen, die von den eigenen Mitarbeitenden erarbeitet wurden, insbesondere auch bei negativen Anreizen wie z.B. Parkplatz-Gebühren.
- **Schritt 4: MVP & Tests:** Ob die Hack-Ideen tatsächlich funktionieren, sollte man durch schnelles Feedback erhärten, bevor teure Massnahmen umgesetzt werden. Dies kann z.B. durch Interviews auf dem Parkplatz in kurzer Zeit erfolgen. In der Erfahrung der Autoren holt man in nur zwei Stunden Kontakt mit potenziellen Umsteigenden enorm viel und vor allem unverblümtes Feedback zu angedachten Lösungen ein.
- **Schritt 5: Win-Win-Deals:** Eine Einführung gelingt nur, wenn alle Parteien einen eigenen Nutzen in dem Projekt sehen. Oftmals müssen sich alle Parteien etwas bewegen, um mögliche Kompromisse einzugehen und Piloten zu erlauben, die noch nicht "ab Stange" verfügbar sind. Dies ist auch ein kommerzieller Prozess. Jede Partei muss letztendlich auch einen finanziellen bzw. strategischen Nutzen darin sehen.
- **Schritt 6: Arbeitgeber als Multiplikator verwenden:** Der Arbeitgeber sollte die Umsetzung mit guten Kampagnen begleiten, Mobilitätsberatungen anbieten und seine Mitarbeitenden positiv beeinflussen, dass sie "grüner" und entspannter zur Arbeit kommen.
- **Schritt 7: Kontinuierliche Evaluation und Anpassung:** Schliesslich ist es wichtig, die implementierten Massnahmen regelmässig zu evaluieren, davon zu lernen und bei Bedarf anzupassen. Dies gewährleistet, dass die Mobilitätslösungen weiterhin relevant und effektiv bleiben.

Der Wert der Daten

Daten erleichtern Gespräche und motivieren Menschen, Behörden und Firmen zum Handeln durch eine klare, gemeinsame Informationsbasis.

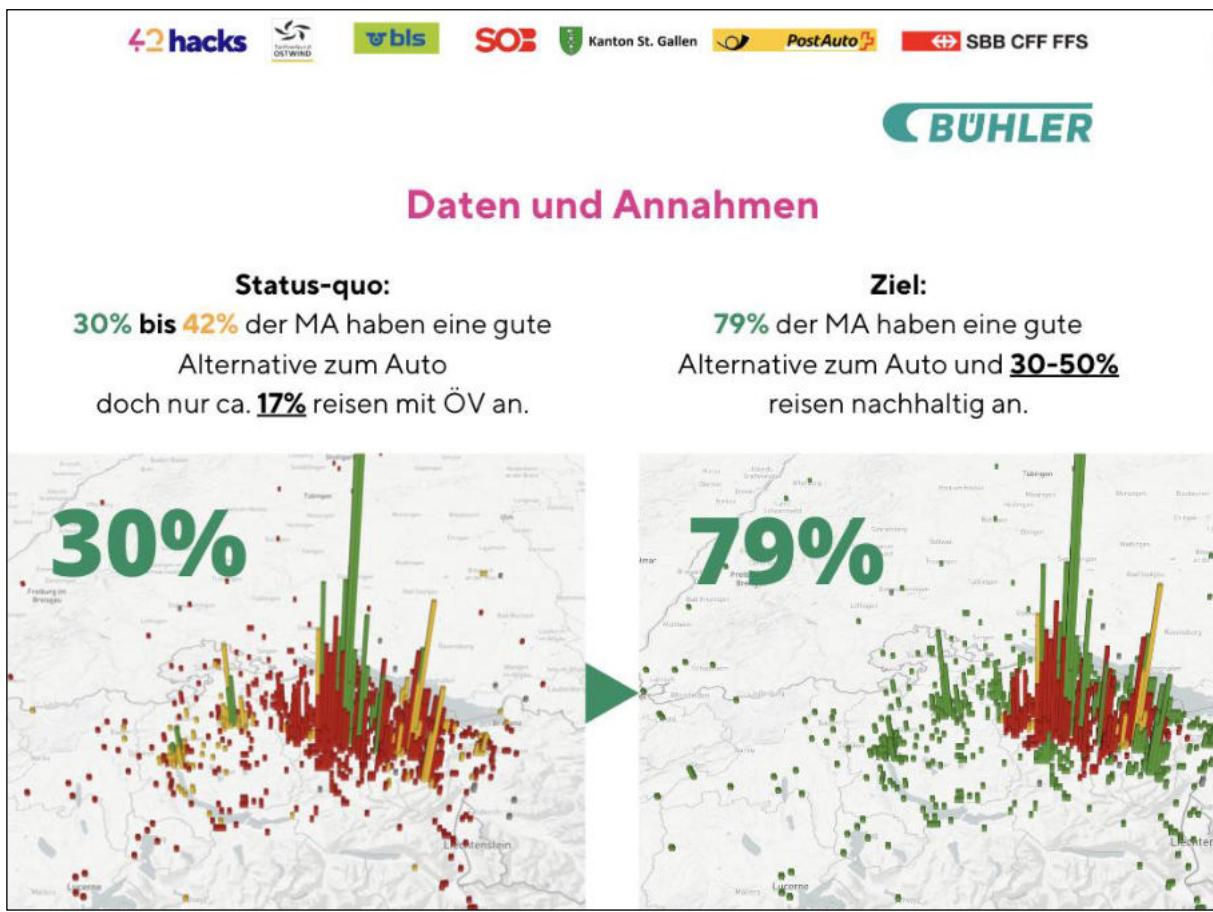


Abbildung 22: Auszug aus der Management-Präsentation des Projekts "Bühler". Quelle: 42hacks

Dennoch nichts überraschend Neues? Oder doch?

Die Betrachtung der Massnahmen auf Arbeitgeberseite zeigt, dass diese an sich nicht neu sind und bereits vielfach mit leider überschaubarem Erfolg umgesetzt wurden. Erfahrungen zeigen, dass **Feinheiten in der massgeschneiderten Ausgestaltung** von Angeboten und **Begleitmassnahmen**, ausschlaggebend dafür sind, ob eine grundsätzlich gute Idee erfolgreich ist oder nicht. Eine erfolgreiche **Kommunikation** und **initialen Vermarktung** sind nur durch **Einbezug aller Stakeholder** möglich. Anhand verschiedener Beispiele für den Shift vom Auto zur Schiene lässt sich belegen, dass Ideen, die seit Jahren mehrfach versucht wurden, letztendlich sehr erfolgreich sein können, wenn sie entsprechend umgesetzt werden. Diese Erfahrungen im Rahmen von ÖV42 unterstreichen die Bedeutung einer **unternehmerischen, iterativen und schlanken Implementierung**.

Aus diesem Grund erweist sich die **strategische Fokussierung auf die Top 100 Massnahmen** als **notwendig und erfolgskritisch**. Eine solche Konzentration ermöglicht es, ausreichend **Ressourcen** und **Talente** für die iterative und interaktive Ausgestaltung der systemischen und massgeschneiderten Lösung einzusetzen und genügend **Gestaltungsspielraum** einzuräumen. Diese gezielte Vorgehensweise gewährleistet, dass jede Massnahme die erforderliche Aufmerksamkeit und Feinabstimmung erhält, um ihre Wirksamkeit zu entfalten.



Zentrale Herausforderung: Stakeholder Koordination



Abbildung 23: Stakeholder Koordination

Ein kritischer Faktor für die Umsetzung von Massnahmen bei spezifischen Hotspots ist die effektive Koordination zwischen den zentralen Stakeholder-Gruppen: Politik, Verwaltung, Besteller, Transportunternehmen, Tarifverbünde sowie Arbeitgeber und deren Mitarbeitenden. Die Herausforderung besteht darin, diese unterschiedlichen Akteure an einen Tisch zu bringen und eine gemeinsame Arbeitsgrundlage zu schaffen, um integrative Lösungen zu entwickeln.

Die erste Hürde dabei ist die Initiierung des Dialogs. Es muss geklärt werden, wer die treibende Kraft hinter den ersten Schritten ist und wie die verschiedenen Parteien motiviert werden können, sich aktiv einzubringen. Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist die Verteilung der Nutzen und Lasten. Jede Gruppe hat eigene Interessen und Ziele, und es muss ein Gleichgewicht gefunden werden, das für alle Beteiligten attraktiv ist.

Ein weiteres potenzielles Hindernis sind anfängliche Widerstände und Ablehnungen - beispielsweise der Mitarbeitenden oder Kunden, die aus verschiedenen Gründen entstehen können, sei es aufgrund von Interessenkonflikten, Ressourcenfragen oder einfach aus Unsicherheit gegenüber neuen Ansätzen. Hier ist ein sensibles und strategisches Vorgehen gefragt, um Vorbehalte zu überwinden und Vertrauen aufzubauen.

Schliesslich ist es entscheidend, dass alle Beteiligten konsequent auf das gemeinsame Ziel fokussiert bleiben. Es gilt, die Diskussion und Zusammenarbeit auf die Erreichung konkreter Ergebnisse auszurichten, die sowohl den ÖV-Modal Split verbessern als auch den individuellen und kollektiven Nutzen maximieren. Die erfolgreiche Umsetzung dieses koordinierten Ansatzes erfordert Geduld, Ausdauer und ein hohes Mass an diplomatischem Geschick.

Bekannte Bausteine in der Kombination neuer, massgeschneideter Lösungen

Um die Mobilitätsmuster effektiv zu verändern, ist es für den Projekterfolg entscheidend, die identifizierten Schlüssel-Massnahmen so abzustimmen und einzuführen, dass eine systemische Lösung entsteht, die am Ende die Autofahrenden überzeugt. Die Massnahmen, die als wichtigste Hebel identifiziert und in ihrer Auswirkung durch KI kalkuliert wurden, müssen wirksam ineinander greifen und für alle Stakeholder attraktiv umgesetzt werden. Eine unternehmerische Einführung, gewinnende Kommunikation und zielgerichteter Direktvertrieb zu den Erstbenutzern ("early adopters") sind dabei essenziell. Teilweise wird der Durchbruch erst durch systemübergreifende Zusammenarbeit möglich, was die Notwendigkeit einer integrierten und kooperativen Herangehensweise unterstreicht.

- **Parkraumbewirtschaftung und attraktive ÖV-Abonnemente:** Durch die Einführung von individuellen Parkgebühren in Kombination mit attraktiven ÖV-Abonnements entsteht ein Lenkungs- und Anreizsystem, das die Nutzung des ÖV attraktiver macht.
- **Anreizprogramme, den ÖV auszuprobieren:** Es erfordert ungefähr einen Monat, um neue Verhaltensweisen im Alltag zu etablieren. Durch das Angebot von 31 Tagen gratis Testphasen für den ÖV können Mitarbeitende ermutigt werden, neue Mobilitätsformen auszuprobieren, Vorurteile abzubauen und Vorteile zu entdecken.
- **Optimierung der ÖV-Anbindung:** Durch den Ausbau von Angeboten für die erste und letzte Meile, wie Fahrräder, Scooter oder Shuttle-Busse, lässt sich die Zugänglichkeit zum ÖV verbessern. Diese Massnahmen können die Attraktivität des ÖV steigern, insbesondere durch eine verkürzte Reisezeit. Für zahlreiche Arbeitnehmende verlagert sich dadurch die Klassifizierung ihrer Arbeitsroute von gelb/rot zu grün, was die Nutzung des ÖV erhöht.
- **Förderung des Radverkehrs:** Massnahmen zur Unterstützung einer aktiven Radfahrkultur, wie die Bereitstellung von E-Bikes, Ladestationen direkt beim Firmeneingang auf gleich bevorzugten Plätzen wie Besucher- und Geschäftsleitungsparkplätze, können zur Reduktion des MIV beitragen.
- **Reisezeit als Arbeitszeit:** Die Anerkennung der Reisezeit als Arbeitszeit, sofern während einer gewissen Zeit ununterbrochen im Zug gearbeitet wird, kann für Pendler aus entfernten, aber gut erschlossenen Agglomerationen einen starken Anreiz bieten, auf den ÖV umzusteigen.
- **Carpooling-Initiativen:** Die Förderung von Fahrgemeinschaften kann besonders in schlecht erschlossenen Regionen eine umweltfreundlichere Mobilität unterstützen. Flankierende Massnahmen wie die Bereitstellung von Firmenfahrzeugen für "Strandungen auf dem Rückweg" und flexible Organisation der Mitfahregelegenheiten über firmeninterne Anwendungen erhöhen die Akzeptanz und Wirkung.

Die abgestimmte Einführung dieser Massnahmen erfordert ein Umdenken und die Bereitschaft zur Kooperation sowohl von Seiten der Arbeitgeber als auch der Mitarbeitenden. Die Pflicht für grosse Arbeitgeber ab 1.1.2024 einen Nachhaltigkeitsbericht nach ESG zu erstellen sowie die Debatte um sinnvolle Massnahmen gegen den fortschreitenden Klimawandel bieten ein ideales Momentum für den "Buy-in" sowohl der Unternehmensführung als auch der Mitarbeitenden. Das Umdenken stellt eine effektive Möglichkeit dar, die Modal Split-Ziele zu erreichen und eine nachhaltige Mobilitätskultur zu etablieren. Durch die Umsetzung dieser Strategien können Arbeitgeber zu Schlüsselakteuren in der Verkehrswende werden und gleichzeitig ihre Attraktivität als Arbeitgeber steigern.



Warum haben ähnliche Massnahmen bisher nicht den durchschlagenden Erfolg gehabt?

Die Autoren bestätigen, dass bisher viele Einzelbausteine sehr erfolgreich entwickelt und vertrieben wurden. Jedoch haben diese Bausteine insgesamt höchstens zu einem geringen Modal Split Gewinn für den ÖV und LV geführt. Die folgenden Punkte beleuchten kritische Bereiche, in denen bisherige Ansätze zu kurz greifen:

- **Unzureichendes Mobilitätsmanagement in Unternehmen:** Unternehmen wurden häufig lediglich dazu aufgefordert, ein Mobilitätsmanagement zu implementieren, ohne dass konkrete, auf ihre spezifischen Bedürfnisse und Gegebenheiten abgestimmte Lösungsansätze angeboten wurden. Ein effektives Mobilitätsmanagement erfordert jedoch massgeschneiderte Strategien, die sowohl die spezifischen Anforderungen jedes einzelnen Unternehmens als auch die Bedürfnisse der Mitarbeitenden berücksichtigen.
- **Anreize nicht ausreichend:** Viele Firmen bieten ihren Mitarbeitern derzeit Rail-Check (meist Halbtax) oder Firmenabos mit einem hohen Mitarbeitenden-Eigenanteil an. Diese Anreize sind oft nicht attraktiv genug, um Autofahrende zum Umsteigen zu bewegen. Zudem reicht das einfache Anbieten dieser Vergünstigungen nicht. Die Unternehmen sollten aktiv für diese werben und Aktionen machen, am besten kombiniert mit anderen Nachhaltigkeitsprogrammen.
- **Verkaufsorientierte Ansätze statt bedürfnisorientierter Lösungen:** Die Vermarktung von Firmen-Abos oder Rail-Checks für den ÖV wurde oft als reine Verkaufsaufgabe betrachtet, ohne die tatsächlichen Mobilitätsbedürfnisse und -muster der potenziellen Nutzenden zu berücksichtigen und Angebote zu individualisieren. Ein bedürfnisorientierter Ansatz, der nicht nur auf Verkauf von Angeboten, sondern auch auf allfällig notwendige Optimierung des ÖV konzentriert, könnte hingegen zu einer höheren Akzeptanz und Nutzung des ÖV führen. Die Parteien, die für den Vertrieb verantwortlich sind, haben jedoch keinen Einfluss auf die Bestellprozesse.
- **Isolierte Optimierung der letzten Meile:** Die Optimierung der letzten Meile – der Strecke zwischen dem Hauptverkehrsmittel und dem endgültigen Ziel – wurde oftmals losgelöst von einer Kooperation mit Unternehmen durchgeführt. Dabei ist es essenziell, diese Optimierung in enger Zusammenarbeit mit lokalen Unternehmen und Institutionen zu gestalten, um eine nahtlose und effiziente Anbindung an den ÖV sicherzustellen.
- **Politische Empfehlungen ohne konkrete Angebote:** Politische Akteure haben oftmals die Notwendigkeit einer besseren Anbindung an den ÖV betont, ohne jedoch handfeste, realisierbare Lösungen zu präsentieren. Effektive politische Massnahmen sollten sich durch praxisnahe Vorschläge und Unterstützung auszeichnen, um eine echte Verbesserung der Mobilität zu erreichen.

Warum sollten Arbeitgeber mitmachen?

Die Arbeitgeber profitieren durch das beschriebene Vorgehen direkt durch folgende Effekte:

- **Reduktion CO₂ der Pendlermobilität (Scope 3):** Jedes Unternehmen hat im Rahmen seiner Dekarbonisierungsstrategie ein ureigenes Interesse, das CO₂ der Pendlermobilität zu reduzieren, welches ab 01.01.2024 bei Grossunternehmen in der Klimabilanz ausgewiesen werden muss⁵.
- **Attraktiver werden für neue Talente:** Viele Unternehmen verfolgen noch die Politik "wir zahlen ein Halbtax für unsere Mitarbeitende". Im Wettbewerb um die Besten können eine top ÖV-Anbindung, ein attraktives Abo für Mitarbeitende und ÖV freundliche Arbeitsbedingungen (z.B. "Arbeitszeit im Zug wird angerechnet") erfolgskritisch sein. Dies erhöht auch den Radius für Talente-Gewinnung.
- **Standortattraktivität:** Der Raum in der Schweiz ist knapp, jedes Unternehmen will seine Standorte möglichst attraktiv bewirtschaften. Dazu gehört eine möglichst gute ÖV-, und LV-Erschliessung.

Die Förderung von ÖV und LV bietet nicht nur ökologische und gesellschaftliche Vorteile, sondern kann sich auch direkt positiv auf die Geschäftsmodelle der Arbeitgeber auswirken. Ein Schlüsselement dieses Wandels ist die bessere Nutzung von Parkraum. Firmen, die diese Flächen gemietet haben, haben direkt einen finanziellen Nutzen. Für Firmen mit eigenen Parkflächen können die brachliegenden Parkplatzflächen umgestaltet werden. Durch die Veränderung des Mobilitätsverhaltens der Mitarbeitenden und die dadurch verringerte Notwendigkeit für umfangreiche Parkplatzangebote können diese Flächen für gewinnbringende Geschäftszwecke umgenutzt oder verkauft werden.

Die Wiederverwendung dieser Flächen kann auf vielfältige Weise erfolgen:

- **Einführung Parkplatzbewirtschaftung zur Finanzierung:** Wird der Parkplatz neu bepreist oder die Preise entsprechend durch kluge Anreize angepasst, können ÖV-Abos kostenneutral für Firmen gegenfinanziert werden. Dies sehen die Autoren als sehr spannende Chance für den ÖV.
- **Erweiterung bestehender Betriebsstätten:** Nutzung des zusätzlichen Raums für Erweiterungen, die eine direkte Wertschöpfung für das Unternehmen bedeuten.
- **Entwicklung neuer Geschäftsräume:** Umwandlung in Bürogebäude oder Einzelhandelsflächen, die zusätzliche Mieteinnahmen generieren.
- **Verkauf der Flächen:** Kapitalisierung durch den Verkauf ungenutzter Flächen.
- **Nutzung als Park oder Ruhezone** für Mitarbeitende.

Arbeitgeber, die eine Vorreiterrolle in der Förderung alternativer Mobilitätslösungen einnehmen, können so einen doppelten Nutzen erzielen: Sie tragen aktiv zur Verkehrsentlastung und Umweltschutz bei und entwickeln gleichzeitig neue Einkommensquellen, die zur langfristigen Wirtschaftlichkeit und Attraktivität des Unternehmens beitragen. Die Umsetzung einer solchen Strategie demonstriert nicht nur unternehmerische Verantwortung, sondern schafft auch finanzielle Anreize, die Transformation hin zu einer nachhaltigen Mobilität zu unterstützen.

⁵ Quelle: 'Bundesrat setzt Verordnung zur verbindlichen Klimaberichterstattung grosser Unternehmen auf 1.1.2024 in Kraft'. *Der Bundesrat. Das Portal der Schweizer Regierung.* <https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-91859.html>



Wie gelingt eine schweizweite Skalierung?

Die Kritik, dass der vorgeschlagene Ansatz zur Steigerung des ÖV- und LV-Modal Splits nicht unmittelbar skalierbar ist, ist berechtigt. In der Anfangsphase des Konzepts besteht eine eingeschränkte Skalierbarkeit, was allerdings eine bewusste strategische Entscheidung im Rahmen des Projektdesigns ist. (Siehe "3.2 Strategische Anwendung von "Crossing the Chasm" für Modal Shift").

Zentraler Punkt in diesem Prozess ist die Entwicklung individueller, massgeschneideter Lösungen. Der Fokus auf spezifische, anfänglich weniger skalierbare Projekte dient als Katalysator für die Initierung des gesamten Prozesses. Durch den Erfolg und die Sichtbarkeit der Pilotprojekte entsteht ein Momentum, welches weitere Akteure motiviert, sich dem Ansatz anzuschliessen und ihn auf breiterer Ebene umzusetzen.

Die Markteinführung und Skalierung soll in 3 Phasen verlaufen:

1. **Etablierung von Leuchtturmprojekten:** Der initiale Schritt des Ansatzes fokussiert sich auf die iterative Entwicklung und schlanke Implementierung von Pilotprojekten, sogenannten Leuchtturmprojekten. Diese Projekte dienen als experimentelle Plattformen, um die Wirksamkeit und Anwendbarkeit der entwickelten Massnahmen zu evaluieren, zu verbessern und schliesslich zu demonstrieren. Die Konzentration auf einzelne, gut definierte Projekte ermöglicht eine detaillierte Betrachtung und individuelle Anpassung der Lösungsansätze.
2. **Aufbau einer Gefolgschaft:** Nachdem die Leuchtturmprojekte erfolgreich etabliert sind und deren Nutzen offensichtlich wird, zielt der Ansatz darauf ab, eine erste Gefolgschaft zu gewinnen. Dies bedeutet, dass andere Stakeholder und Interessengruppen durch die positiven Ergebnisse der Pilotprojekte ermutigt werden, ähnliche Ansätze zu verfolgen. Die Akzeptanz und das Interesse an den entwickelten Methoden nehmen zu, wodurch ein breiterer Anwendungsbereich ermöglicht wird.
3. **Langfristige Skalierung:** In der Langzeitperspektive besteht das Ziel darin, die erfolgreich erprobten Ansätze schrittweise zu skalieren. Nach der Etablierung und Demonstration des Wertes der Methodik in den Pilotprojekten werden diese schrittweise erweitert und an verschiedene Kontexte angepasst. Dieser Prozess fördert die Übertragbarkeit und Skalierbarkeit der ursprünglich massgeschneiderten Lösungen. Hierbei ergeben sich verschiedene Ansätze, um ein nachhaltiges Momentum zu erzeugen. Welche Ansätze notwendig und welche am vielversprechendsten sind, lässt sich heute noch nicht abschliessend beurteilen.

- **Direktvertrieb**

Eine Option ist der Einsatz einer gezielten Vertriebsstrategie, die sich auf die erfolgreichen Methoden der Pilotprojekte stützt. Der Schlüssel zum Erfolg liegt hier in einer spezialisierten Vertriebsmannschaft, die über ähnliche Fähigkeiten und Kenntnisse wie die Teams der Leuchtturmprojekte verfügt. Diese Strategie erfordert direkte Ansprache und individuelle Lösungsentwicklung für neue Partner.

- **Marketing und PR**

Als Alternative oder Ergänzung zum Direktvertrieb kommt der Einsatz von Marketing- und PR-Massnahmen in Betracht. Durch das Hervorheben der Erfolgsbeispiele in öffentlichkeitswirksamen Kampagnen kann ein breiteres Bewusstsein für die Potenziale des Projekts geschaffen werden. Diese Methode setzt auf die überzeugende Darstellung des Mehrwerts der umgesetzten Massnahmen, um Nachahmer zu motivieren.

- **Virale Verbreitung**

Ein weiterer Ansatz könnte auf die virale Verbreitung durch soziale Medien und digitale Plattformen setzen. Durch das Teilen von Erfolgsgeschichten und Best Practices kann ein

breites Publikum erreicht und ein "Schneeballeffekt" erzielt werden. Hierbei sind authentische und greifbare Beispiele entscheidend, um die Vorteile des Projekts klar zu vermitteln.

Es bleibt, zu prüfen, welcher dieser Ansätze am effektivsten ist. Eine umfassende Analyse der spezifischen Projektumgebung und Zielgruppen ist erforderlich, um die geeignete Skalierungsstrategie auszuwählen und erfolgreich umzusetzen.

Auf die Einbindung der politischen Ebene ist bei einer schweizweiten Skalierung besonderes Augenmerk zu legen. Das folgende Schema stellt eine auf iterative Entwicklung und Skalierung ausgerichteten Blaupause zur Ansprache politischer Entscheidungsträger dar.



Abbildung 24: Vorgehen in der Diskussion mit politischen Verantwortungsträgern. Quelle: 42hacks

Erste Feldexperimente mit Arbeitgebern: Impressionen und Erkenntnisse

In Feldexperimenten bei Bühler (Uzwil), einem der relevantesten Verkehrs-Hotspots in der Schweiz, und in einem Arbeitgeber-Cluster in Liechtenstein wurde ein innovativer Ansatz zur Förderung einer nachhaltigen Verkehrswende erprobt. Diese Experimente, realisiert im Rahmen der Allianz ÖV42 und nicht Teil des aktuellen Forschungsprojekts, führten zur Entwicklung eines Mobilitätskonzepts in enger Zusammenarbeit mit Mitarbeitenden, den Unternehmensführungen und wichtigen Stakeholdern.

Im Bühler Projekt wurde der im Kapitel "Innovativer Ansatz zur Entwicklung wirksamer Massnahmenpakete bei Arbeitgebern" beschriebene Ansatz erstmals verprobt und ganz konkret praktiziert.

Die folgenden beiden Seiten bieten einen visuellen Eindruck der parallel und unabhängig zu dieser Studie durchgeführten Feldexperimente im Konsortium ÖV42.



ÖV42 HACKATHONS MIT ARBEITGEBERN

ZIELE

- ✓ Herausfinden, was Mitarbeiter:innen wirklich zum Umstieg bewegt
- ✓ Bottom-up Entwicklung eines Mobilitätskonzepts
- ✓ Grundlage für Planung und spezifische Massnahmen

Impressionen und Leitideen aus Bühler-Hack

Abbildung 25: Impressionen aus ÖV42 Projekt und Hackathon mit Mitarbeitenden der Firma Bühler (Top-Hotspot).
Quelle: 42hacks

Zentrale identifizierte Wünsche aus dem Mitarbeitenden-Hack

- Shuttle-Bus für Mitarbeitende aus der umliegenden Region mit mässigem ÖV-Anschluss
- Förderung von e-Bikes, z.B. durch Firmen-Flotte oder vergünstigte Konditionen
- Letzte-Meile in Uzwil mit 30-50 eScootern und e-Bikes
- Starker Anreiz ("Schweinehund überlisten"), nicht aus Bequemlichkeit Auto zu nehmen
- Tolles ÖV-Abo, das auch privat über den Pendlerweg hinaus benutzt werden kann
- "Luxusgefühl" adressieren
- Neue Rahmenbedingungen: Arbeiten im Zug, flexiblere Arbeitszeiten, Vorbilder

Diese Ideen wurden mit zahlreichen Mobilitätsanbietern, enger Kooperation mit Bestellern auf Ebene Kanton und Gemeinde möglich gemacht und in folgendem Mobilitätspaket dem Arbeitgeber vorgeschlagen:

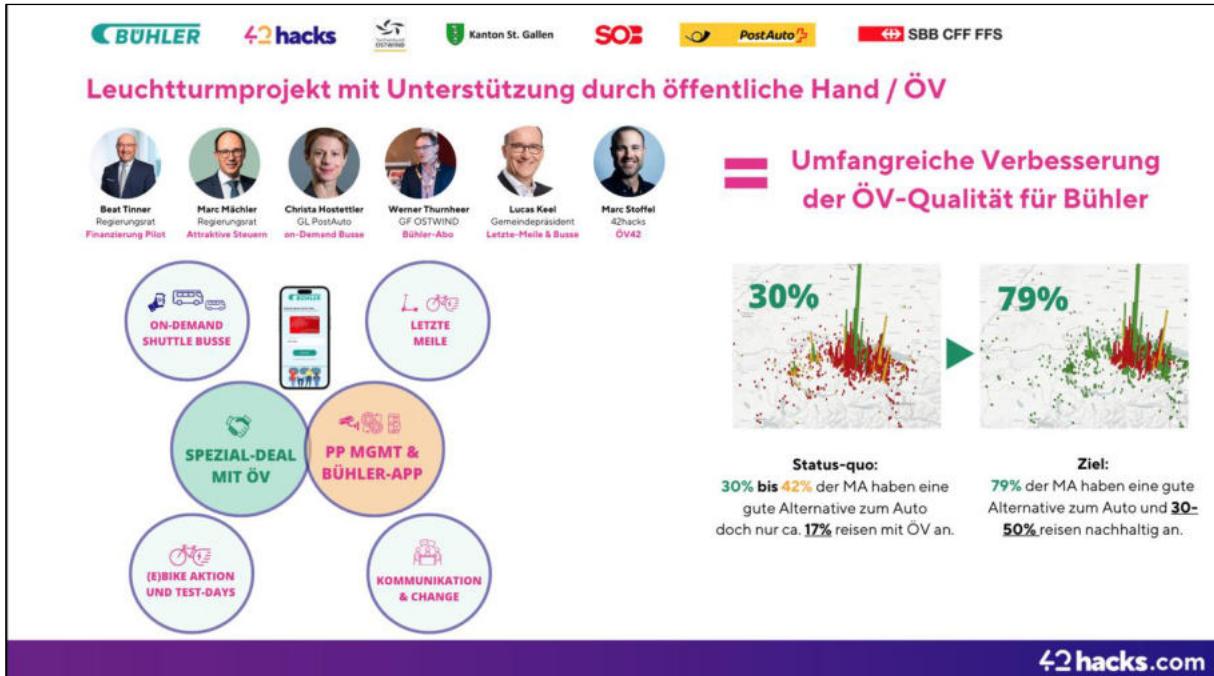


Abbildung 26: Mobilitätspakt Bühler. Quelle: 42hacks

Für die Anreize und das Thema Finanzierung der ÖV-Benefits waren einige Anläufe nötig

Erste Leitidee: Mobilitätsbudget

Die Autoren zusammen mit Tarifspezialisten vom OSTWIND glaubten vorerst, dass das an verschiedenen Konferenzen erwähnte Mobilitätsbudget die beste Lösung für die Anreizstruktur sei. Kurz zusammengefasst: Alle Mitarbeitende erhalten z.B. 5 CHF pro Arbeitstag und können es für den ÖV, für Car-Sharing oder auch für den Firmenparkplatz, der neu auch 5 CHF kostet, nutzen. So nimmt der Arbeitgeber keinen Einfluss auf die Mitarbeitenden, sondern schafft positive Anreize und alle dürfen selbst entscheiden. Auch könnte man zwischen den Optionen noch unterschiedliche Bewertung benutzen, z.B. ÖV wird bevorzugt gegenüber Parkplatz-Gebühren.

Die Idee wurde im Rahmen eines Tests auf dem Bühler-Parkplatz mit etwa 40 Probanden kritisch hinterfragt und letztendlich verworfen. Die Gründe dafür lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Autofahrende empfanden das Konzept grundsätzlich positiv, da es für sie kaum Veränderungen mit sich brachte. Sie können dank des Budgets weiterhin kostenlos parken.
- Personen, die potenziell auf den ÖV umsteigen würden, äusserten Bedenken: Ein Budget von 5 CHF erschien ihnen für Fahrten mit dem ÖV als zu gering. Sie bevorzugen Optionen wie ein Generalabonnement (GA) oder ein regionales Abo.
- Aus Sicht des Managements erschien das Vorhaben als finanziell sehr aufwendig. Es würde bedeuten, dass allen Mitarbeitenden – einschliesslich jenen, die bereits zu Fuss oder mit dem ÖV kommen – täglich 5 CHF vergütet werden müssten, was rasch zu hohen jährlichen Kosten führt.
- Es entstand schnell die Forderung nach klaren Spielregeln, die jedoch in einer potenziell umfangreichen Bürokratie münden könnten.



Zweite Leitidee: Firmen-Abo inklusive privater Nutzung oder gratis parken

Im zweiten Anlauf entstand die Idee, dass die Mitarbeitenden zwei Optionen erhalten:

- **Option "Gratis Parken"** – Mitarbeitende mit dem Auto erhalten keine ÖV-Vorteile, auch kein Halbtax mehr, denn sie nutzen ja als Leistung den kostenlosen Firmenparkplatz.
- **Option "Attraktives ÖV-Abo"** - Mitarbeitende erhalten ein OSTWIND Firmenabo + 400 CHF ÖV-Guthaben zur privaten und schweizweiten Nutzung, Sie bezahlen aber neu für jeden Tag parken 6 CHF, max. 50x im Jahr. Danach wird es deutlich teurer.

Diese Idee fand auf dem Parkplatz auch guten Anklang. Besonders das ÖV Abo kam sehr gut an. Aber der Anreiz umzusteigen wäre weiterhin gering, da der Parkplatz weiterhin gratis zur Verfügung gestellt wird. Die Autoren besprachen die Ergebnisse mit dem Management, inkl. der Kalkulation der ÖV-Kosten für ein solches Abo. Das Feedback war klar: Die Lösung ist zu teuer. Man solle doch versuchen, das Angebot über Parkplatz-Gebühren zu finanzieren und damit **kostenneutral zu gestalten**.

Finale Leitidee: Parkplatz kostet neu, dafür attraktives ÖV-Paket mit kleiner Selbstbeteiligung

Im dritten und finalen Anlauf entstand die Idee, **welche nun umgesetzt werden soll**: Allen Mitarbeitenden werden zwei Optionen angeboten:

- **Option "Günstig parken"** – Mitarbeitende bezahlen neu einen kleinen Betrag für den Parkplatz, ungefähr einen halben Kaffee. Zusätzlich erhalten Sie ein Halbtax-Abo.
- **Option "Tolles ÖV-Abo"** - Mitarbeitende erhalten ein OSTWIND Firmenabo + 400 CHF ÖV-Guthaben zur privaten und schweizweiten Nutzung. Sie bezahlen jedoch neu für jeden Tag, an dem sie mit dem Privatauto zur Arbeit kommen, das Doppelte ihrer Kollegen, welche die Option "günstig parken" gewählt haben.

Diese Idee fand auf dem Parkplatz erheblich besseren Anklang. Sie erzeugte aber auch Diskurs, was ja die Idee eines handlungsleitenden Anreizsystems sein soll. Diese Erfahrungen untermauern den Prozess, der im Kapitel "Innovativer Ansatz zur Entwicklung wirksamer Massnahmenpakete bei Arbeitgebern" beschrieben ist – und insbesondere das iterative und ergebnisoffene Gestalten entlang der Bedürfnisse der Nicht-Kunden, sprich der Autofahrenden.

ÖV42 HACKATHONS MIT ARBEITGEBERN

ZIELE

- Herausfinden, was Mitarbeiter:innen wirklich zum Umstieg bewegt
- Bottom-up Entwicklung eines Mobilitätskonzepts
- Grundlage für planen der Massnahmen



HILTI

ivoclar

thyssenkrupp

Impressionen und Leitideen dem Dreiländer-Eck-Hack



FAHRPLÄNE

- 1 Busse auf verspätete Züge anpassen**
Fahrplan realistisch machen
- 2 Letzte Meile**
e-Scooter mit Gamification
- 3 Grenzübergreifende Tickets**
Wenige Meter, z.B. letzte Meile, neues Ticket
- 4 e-Bus-Shuttle**
Kann man sich für Fahrgemeinschaft holen
- 5 Parkkosten**
Anreize zum Umsteigen



42hacks.com

Abbildung 27: Impressionen aus dem parallel stattfindenden Feldexperiment im Arbeitgeber-Cluster Liechtenstein.
Quelle: 42hacks



Exkurs: Pendlerverkehr als Ursache und mögliche Lösung für chronische Stauherde

Verkehrsstaus in städtischen Gebieten sind ein weitverbreitetes Problem, das weitreichende negative Auswirkungen auf die Umwelt, das soziale Leben und die Wirtschaft hat. Der Versuch, diese Situation durch den Ausbau der Strasseninfrastruktur zu lösen, führt oft zum Rebound-Effekt: Mehr Strassenkapazität zieht mehr Verkehr an, was wiederum zu höherem Verkehrsaufkommen und gesteigerten Emissionen führt.

Im Rahmen dieses Projekts wurde eine Voruntersuchung in Bezug auf Staus und Potenziale von Echtzeitdaten durchgeführt. Eine Schlüsselerkenntnis dabei ist, dass der von grossen Arbeitgebern induzierte Pendlerverkehr häufig eine Hauptursache für Staus darstellt. Die in dieser Studie eingesetzte Künstliche Intelligenz (KI) konnte ermitteln, an welchem Punkt die Verkehrsdichte so hoch wird, dass Staus entstehen. Mittels Integration von TomTom-Daten konnte berechnet werden, um wie viele Fahrten der Spitzerverkehr reduziert werden müsste, um eine gute Durchflussgeschwindigkeit wiederherzustellen.

Um Staus wirksam zu reduzieren, könnte eine effektive Massnahme sein, den motorisierten Individualverkehr (MIV) in den Spitzenzeiten durch Verhaltensänderungen zu reduzieren, insbesondere durch den Umstieg auf ÖV oder durch die Flexibilisierung der Arbeitszeitfenster: für die "frühen Vögel" vor 7 Uhr und die "Nachteulen" nach 10 Uhr.



Abbildung 28: Darstellung der Auswirkungen von Spitzenzeiten auf das Stauverhalten

Die Pilotuntersuchung nutzt die Mobilitätsdatenanalyse der entwickelten Künstlichen Intelligenz, um Arbeitgeber mit nahegelegenen Stauherden in Verbindung zu bringen. Die Ergebnisse führten zur Hypothese, dass von Arbeitgebern initiierte Mobilitätsprogramme das Potenzial haben, gewisse Staus nachhaltig zu verbessern. Durch die KI können Stauherde identifiziert und die verkehrserzeugenden Arbeitgeber analysiert werden. Die Lokalisierung von Verkehrsknotenpunkten, an denen wenige Unternehmen einen grossen Einfluss haben bietet eine Basis für die Entwicklung zielgerichteter Lösungen in Zusammenarbeit mit den verantwortlichen Unternehmen und den betroffenen Gemeinden.

Die Entwicklung von Massnahmenkatalogen und deren Potenzialberechnung kann in Zusammenarbeit mit diesen Unternehmen erfolgen. Die KI ermöglicht zudem die Echtzeit-Evaluation der Auswirkungen dieser Massnahmen und die notwendige Anpassung bei Bedarf. Ein bemerkenswertes Ergebnis der Voruntersuchung ist, dass die erforderliche Reduktion der Autonutzung zur systematischen Auflösung von Stauherden in den Hauptverkehrszeiten überraschend gering ist. So könnte beispielsweise eine Verringerung von nur 140 Autofahrten während der Hauptverkehrszeiten beim täglichen Stau, der von der Bühler AG verursacht wird, den lokalen Stau signifikant reduzieren.

Allerdings ist es in komplexen Stauherden nicht immer möglich, die Stauursache eindeutig einzelnen Unternehmen zuzuordnen. Trotz dieser Einschränkung bestätigt die Voruntersuchung, dass die entwickelte künstliche Intelligenz Mobilitätsplanern ein innovatives Instrument bietet, um die Zusammenhänge zwischen Stauherden und Pendlerverkehr zu analysieren und in Kooperation mit Unternehmen gezielt zu adressieren.

5.3. Daten und Analysen

Umwandlungsquoten (Conversion Rates)

Ein zentraler Aspekt, der bei der Abschätzung der Massnahmen besonders hervorzuheben ist, sind die sogenannten Conversion Rates – ein Massstab, der die Effektivität unserer Massnahmen zur Steigerung des ÖV-Modal Splits abbildet.

Während des Projekts wurden zahlreiche Annahmen getroffen, die sich auf die Wirksamkeit der verschiedenen Verkehrsförderungs-Massnahmen beziehen. Diese Annahmen sind entscheidend für die Vorhersage des Erfolgs der Strategien. Die getroffenen Annahmen basieren auf sorgfältigen Überlegungen und Analysen, jedoch können diese durchaus unterschiedlich interpretiert oder angewendet werden.

Um Umwandlungsquoten verbindlich festlegen zu können, sind umfangreiche Feldexperimente notwendig, die im Rahmen dieses Projekts nicht realisiert werden konnten. Ursprünglich war geplant, umfassende Feldexperimente zur Validierung der Annahmen durchzuführen. Dieses Arbeitspaket wurde auf Wunsch des Auftraggebers aus dem Projektumfang herausgenommen.

Die entwickelte künstliche Intelligenz bietet eine flexible Plattform, um Transparenz und Anpassungsfähigkeit der Umwandlungsquoten für jede Massnahme zu gewährleisten. Die künstliche Intelligenz kann in wenigen Stunden die hochkomplexen Berechnungen anderer Umwandlungsquoten und damit umfassende Sensitivitätsanalysen durchführen. Diese Funktion erlaubt es, die Auswirkungen unterschiedlicher Szenarien auf das Gesamtergebnis zu simulieren und bietet Raum für personalisierte Einschätzungen und Berechnungen.

ÖV-Qualität

Die Basis für die Einteilung der ÖV-Qualität stützt sich auf vordefinierte Annahmen. Siehe "Schritt 3: Berechnung der ÖV-Qualität von Fahrten in den Hotspot." Diese Annahmen beziehen sich auf verschiedene Faktoren, wie die akzeptable Reisedauer mit dem ÖV im Vergleich zur Autofahrt oder die Anzahl der Umstiege, die für Nutzer noch als zumutbar gelten. Da diese Faktoren je nach Kontext und individuellen Präferenzen der Nutzer variieren können, wurde bei der Konzeption des Bewertungssystems besonderer Wert auf Transparenz und Anpassungsfähigkeit gelegt.

Um den unterschiedlichen Bedürfnissen und Situationen gerecht zu werden, ermöglicht das System eine flexible Anpassung dieser Annahmen in den Einstellungen. Benutzer können beispielsweise ihre eigene Einschätzung einer Toleranzgrenze für Reisezeiten und Umstiege eingeben, um die ÖV-Qualität nach ihren persönlichen Kriterien zu bewerten. Diese Anpassbarkeit trägt dazu bei, ein nachvollziehbares Bild der ÖV-Qualität zu zeichnen und ermöglicht es, zielgerichtete Massnahmen zur Verbesserung der ÖV-Attraktivität zu analysieren und abzuschätzen.



5.4. Freizeitverkehr

In der vorliegenden Studie wurde der Freizeitverkehr auf zwei Arten in die Modelle integriert.

Übertragungseffekte aus Berufsverkehr

Erstens basiert das Modell auf der Annahme, dass Personen, die für ihren Arbeitsweg den ÖV nutzen, auch in ihrer Freizeit tendenziell eher zum ÖV greifen. Daraus resultiert eine Umwandlungsquote, die den Anteil der Mitarbeitenden widerspiegelt, die nach dem Umstieg auf den ÖV auch im Freizeitverkehr diesen bevorzugen. Siehe dazu "Berechnung des Freizeiteffekts für Arbeitnehmerfahrten."

Direkte Massnahmen für Freizeit Hotspots

Zweitens wurde ein separater Analysestrang für direkte Massnahmen im Bereich der Freizeitangebote entwickelt. Dazu wurde eine spezielle Übersicht erstellt, die auch Freizeitangebote inkludiert. In dieser Übersicht werden verschiedene Massnahmen und deren angenommene Umwandlungsquoten transparent dargestellt und sind ebenfalls anpassbar. Aufgrund der Einschränkungen im Projektumfang konnten diese Annahmen bisher nicht in Feldversuchen oder Pilotprojekten validiert werden. Somit bietet die Plattform den Benutzern die Möglichkeit, auf Basis eigener Einschätzungen zu entscheiden, welche Massnahmen und Umwandlungsquoten sie als realistisch erachten, und entsprechende Berechnungen und Sensitivitätsanalysen durchzuführen.

Insgesamt zeigen diese Ansätze, dass es bei der Erhöhung des ÖV- und LV-Modal Splits im Freizeitverkehr sowohl um die Beeinflussung des individuellen Verhaltens als auch um die gezielte Förderung von ÖV-freundlichen Freizeitaktivitäten geht. Die Flexibilität unserer Modelle ermöglicht es den Benutzern, verschiedene Szenarien zu simulieren und die Auswirkungen potenzieller Massnahmen auf den Modal Split zu analysieren.

5.5. Offene Fragen und Herausforderungen in der Umsetzung

Im Kontext der Umsetzung der Erkenntnisse aus dem "5-in-5"-Projekt stellen sich einige wesentliche Fragen, die für die erfolgreiche Realisierung der identifizierten Massnahmen entscheidend sind:

1. Kompetenzaufbau für die Umsetzung:
 - a. Wie können die notwendigen Kompetenzen und Ressourcen aufgebaut werden, um die identifizierten Massnahmen nicht nur zu planen, sondern auch effektiv umzusetzen und zu begleiten?
 - b. Welche Qualifikationen und Fähigkeiten sind erforderlich, um die komplexen Anforderungen der Verhaltensänderung, Angebotsverbesserung und Stakeholder-Koordination erfolgreich zu managen?
2. Auftragsvergabe und Prozessgestaltung durch Besteller:
 - a. Wie sollten Besteller, wie beispielsweise öffentliche Verkehrsverbünde oder Kantone, den Prozess der Bearbeitung und Umsetzung der Top 100 Massnahmen organisieren und steuern?
 - b. Welche Modelle der Auftragsvergabe sind am effektivsten? Mögliche Ansätze könnten die Ausschreibung am freien Markt, die Beauftragung von Tarifverbünden oder die Ernennung eines Systemführenden sein.
3. Anpassung der Strategien auf Kantonsebene:
 - a. Wie können einzelne Kantone ihre spezifischen Strategien anpassen, um die Massnahmen optimal in ihre bestehenden Verkehrs- und Mobilitätskonzepte zu integrieren?
 - b. Welche Rolle spielen regionale Besonderheiten und Anforderungen bei der Gestaltung und Implementierung der Massnahmen?
4. Synergien und Koordination verschiedener Ansätze:
 - a. Inwieweit ist eine Kombination verschiedener Ansätze sinnvoll und realisierbar, um die Wirksamkeit und Effizienz der Massnahmen zu maximieren?
 - b. Wie kann eine koordinierte Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Akteuren (Kantone, Kommunen, Verkehrsunternehmen, etc.) gestaltet werden, um eine effektive und nachhaltige Implementierung zu gewährleisten?

Die Beantwortung dieser Fragen ist entscheidend, um die im "5-in-5"-Projekt identifizierten Potenziale voll auszuschöpfen und einen signifikanten Beitrag zur Steigerung des ÖV-Modal Splits zu leisten. Dabei ist eine sorgfältige Planung, die Einbeziehung aller relevanten Stakeholder und die Entwicklung angepasster, innovativer Lösungsansätze unerlässlich.

Ergänzende Fragen zur Ausgestaltung von Massnahmen und Preismodellen

Die Erweiterung der Fragestellungen konzentriert sich auf die Entwicklung effektiver Preismodelle und Produktgestaltungen im Kontext der Verkehrsoptimierung und MIV Verringerung:

1. Gestaltung von Parkplatzpreismodellen:



- a. Wie sollte ein Preismodell für Parkplätze strukturiert sein, um einerseits Lenkungseffekte zu erzielen und andererseits sozialverträglich und akzeptabel zu bleiben?
 - b. Ist eine dynamische Preisgestaltung sinnvoll, die beispielsweise auf Auslastung oder Tageszeit basiert?
2. Differenzierung der Preise nach ÖV-Qualität:
 - a. Inwieweit sollte die Qualität des ÖV (Zugänglichkeit, Frequenz, Zuverlässigkeit) in die Preisgestaltung für Parkplätze oder ÖV-Tickets einfließen?
 - b. Wie können solche Preismodelle gestaltet werden, um Fairness und Gerechtigkeit zu gewährleisten?
 3. Modelle für Unternehmenslizenzen und Einzeltickets:
 - a. Welche Vor- und Nachteile bieten Unternehmenslizenzen oder Firmen-Flatrates im Vergleich zu Einzeltickets aus Sicht der Unternehmen, der Mitarbeitenden und der Mobilitätsanbieter?
 - b. Wie könnte ein attraktives und flexibles Corporate-Ticketing-System aussehen, das sowohl für grosse als auch für kleinere Unternehmen interessant ist?
 4. Gesamtgestaltung des Produkts:
 - a. Welche Elemente sollten in ein Gesamtmobilitätsprodukt integriert werden, um sowohl für Arbeitgeber als auch für Arbeitnehmende attraktiv zu sein?
 - b. Wie kann das Produkt so gestaltet werden, dass es eine echte Alternative zum Individualverkehr darstellt und gleichzeitig einen Mehrwert gegenüber herkömmlichen ÖV-Angeboten bietet?
 5. Feedback- und Anpassungsmechanismen:
 - a. Wie können Rückmeldungen von Nutzern effektiv in die Produktgestaltung und Preismodellierung einfließen?
 - b. Welche Mechanismen sind notwendig, um eine kontinuierliche Anpassung und Optimierung des Angebots zu gewährleisten?

Die Beantwortung dieser Fragen ist essentiell, um ein umfassendes und nutzerorientiertes Mobilitätsangebot zu schaffen, das die Verkehrswende unterstützt und zur Erhöhung des ÖV-Modal Splits beiträgt.

Weitere Forschungsthemen im Freizeit-Verkehr

Die Identifikation weiterer Forschungsthemen zielt darauf ab, das Verkehrsverhalten und die ÖV Nutzung in verschiedenen Sektoren zu verbessern. Folgende Bereiche sollten genauer untersucht werden:

1. Freizeitzentren und -attraktionen:

- a. Wie können Freizeitzentren und andere Freizeitattraktionen effektiv in Verkehrsoptimierungsstrategien einbezogen werden?
- b. Welche Massnahmen und Anreize sind notwendig, um alle relevanten Stakeholder (Betreiber, Besucher, lokale Behörden) zu koordinieren und deren Interessen zu harmonisieren?
- c. Wie motivieren Einkaufszentren, Spitäler, Hotels, Tourismusdestinationen ihre Kunden mit dem ÖV anzureisen. Wie können sie Parkplatz-Gebühren lenkend erhöhen, ohne auf rein gesetzliche Vorgaben zu hoffen? Konkret: Bei Einkaufszentren gehört der Parkplatz quasi zum Geschäftsmodell.

2. Spitäler als Verkehrsknotenpunkte:

- a. Inwieweit können Spitäler und medizinische Zentren als Schlüsselorte für die Erhöhung des ÖV- und LV-Modal Split Anteils fungieren?
- b. Welche spezifischen Herausforderungen und Chancen ergeben sich im Kontext von Krankenhausstandorten in Bezug auf den ÖV?

3. Kleine Wege im Freizeitsektor:

- a. Wie lässt sich das Mobilitätsverhalten bei kurzen Freizeitwegen, wie dem Besuch von Freunden, genauer analysieren und beeinflussen?
- b. Welche datengestützten Erkenntnisse und Massnahmen sind notwendig, um diese Art von Mobilität effizienter und umweltfreundlicher zu gestalten?

4. Tourismus Verkehr

- a. Wie adressiert man den touristischen Verkehr, der in der Summe wohl relevant ist, jedoch in einer Analyse der Top 1'000 Hotspots zu den anderen Hotspots untergeht, da er weniger gebündelt auftritt.

5. Nutzung von Daten für zielgerichtetes Marketing:

- a. Wie können Mobilitätsdaten genutzt werden, um gezielt Marketing-Massnahmen für den ÖV zu entwickeln?
- b. Wie lässt sich mit Datenanalyse das Potenzial von Wechselwilligen identifizieren und gezielt ansprechen, um bestehende Verkehrsangebote besser auszulasten?

6. Intermodalität und Vernetzung:

- a. Inwieweit kann die Intermodalität zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln verbessert werden, um die Attraktivität des ÖV zu steigern?
- b. Welche Rolle spielen Technologie und digitale Plattformen bei der Schaffung nahtloser Übergänge zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln?

Die Beantwortung dieser Fragen kann dazu beitragen, die Effektivität von Verkehrsmassnahmen zu steigern, den Modal Split zugunsten von ÖV und LV zu verändern und insgesamt eine nachhaltigere Mobilität zu fördern.



Beschreiten neuer Wege zur Verringerung des MIV

Die Ergebnisse des Projekts „5-in-5“ unterstreichen die Bedeutung eines integrativen und innovativen Ansatzes zur Verringerung des MIV zugunsten von ÖV- und LV. Abschliessend in der Diskussion werden sowohl die zentralen Fragestellungen als auch die potenziellen Vorteile dieses Ansatzes hervorgehoben:

Rollen- und Gewinnverteilung:

- Wichtig ist es, zu klären, wer letztlich vom entstehenden Zusatzgeschäft profitiert und welche Rolle verschiedene Akteure spielen. Dies umfasst die Analyse der Verteilung von Kosten und Nutzen zwischen Verkehrsträgern, Politik und Nutzern.

Experimentierräume schaffen:

- Der Aufbau eines "Sandkastens" zur Erprobung neuer Massnahmen und Konzepte, in dem Innovationen mit grösstmöglicher Flexibilität und geringem Risiko getestet werden können, ist besonders in der Anfangsphase erfolgskritisch.

Zuständigkeiten und Budgets:

- Klärung der Zuständigkeiten und Budgets der verschiedenen Verkehrsträger. Dies umfasst die Untersuchung, wie Budgets am effektivsten eingesetzt werden können, um eine optimale Umsetzung der Massnahmen zu gewährleisten.

Durch die Beantwortung der Fragen und Anwendung der Empfehlungen kann ein umfassendes und effektives Konzept entwickelt werden, das nicht nur die Steigerung des ÖV- und LV-Modal Splits unterstützt, sondern auch die Nachhaltigkeit und Attraktivität des ÖV erhöht.

6. Kosten-Nutzen-Analyse

Die Kosten-Nutzen-Analyse ist ein wichtiges Instrument zur Bewertung von Mobilitätsinvestitionen. Sie ermöglicht es, Massnahmen zu beurteilen, indem die Kosten den Nutzen gegenübergestellt werden.

Im Rahmen des vorliegenden Projekts wurde eine Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt. Die Analyse konzentrierte sich auf jene Bereiche, in denen auf Basis der Daten von den Autoren die höchste Effizienz in Bezug auf das Kosten-Nutzen-Verhältnis erwartet wird. Aufgrund des eingeschränkten Projektumfangs konnten die Autoren jedoch nicht alle geplanten Bereiche abdecken. Die der Kalkulation zugrundeliegenden Annahmen sind im Kapitel "12.2 Anhang 2: Kosten für vorgeschlagene Massnahmen" dokumentiert. Für die Top 100 Massnahmen werden die Kosten zurzeit simuliert auf Basis aktueller Erkenntnisse aus den parallel laufenden Feldversuchen des ÖV42.

Die Ergebnisse der Analyse deuten darauf hin, dass es in vielen Fällen effizienter und erfolgversprechender ist, in Massnahmen zu investieren, welche die bestehenden Infrastrukturen ergänzen, statt in den Neubau zusätzlicher Infrastrukturen. Dieser Ansatz bietet eine höhere Wahrscheinlichkeit für eine positive Veränderung des ÖV-Modal Splits und verspricht daher ein attraktives Kosten-Nutzen-Verhältnis.

Die Autoren sind zuversichtlich, dass die von ihnen identifizierten Massnahmen, insbesondere jene, die auf Verhaltensänderungen und die Verbesserung der ersten und letzten Meile abzielen, zu den kosten effektivsten Optionen zählen, die Politik und Verkehrsplanung aktuell zur Verfügung stehen. Dieser Ansatz ermöglicht es, den Modal Split auf eine Art und Weise zu beeinflussen, die sowohl ökonomisch als auch ökologisch nachhaltig ist.

Die vorliegende Umsatz- und Kostenbetrachtung basiert auf groben Annahmen und kann keinesfalls eine detaillierte Prüfung und Kalkulation zu ersetzen. Diese bedürfen einer regionalen Betrachtung von Fall zu Fall und sollten mit einem Tarifverbund und mit den Angebotsplanern für den jeweiligen Hotspot erstellt werden. Es geht im Folgenden darum, eine ungefähre Abschätzung zu treffen, wie der Business Case und der Return of Invest aussehen könnten.

6.1. Umsatz

Die Autoren der Arbeit haben mit Tarifverbünden die Firmenabos analysiert und in Gesprächen eruiert, wie hoch die durchschnittlichen Umsätze pro Mitarbeitenden der derzeitigen Firmenabos ausfallen. In dieser Studie wird für jede Person, die von einem Auto auf die Bahn umsteigt, mit einem Umsatz von CHF 1'100 gerechnet. Es werden nur die potenziellen Zusatzumsätze durch die Verlagerungseffekte dargestellt, nicht die bestehenden Umsätze, die der ÖV bereits realisiert hat.

6.2. Betrachtung von Kosten

Um die vorgeschlagenen Massnahmen durchführen zu können und vor allem auch zum Erfolg zu führen, fallen bei der Branche, beim Unternehmen und auch bei den Mitarbeitenden Kosten an. Im Folgenden wird auf die Kosten pro Massnahme eingegangen. **Für eine detailliertere Betrachtung der Kosten wird auf den Anhang verwiesen.**

Kosten für Verhaltensänderung

Bei Massnahmen bzgl. Verhaltensänderung haben die Arbeitnehmenden schon heute die Möglichkeit, gleich schnell oder ähnlich schnell wie mit dem MIV zur Arbeit zu kommen. Daher bedarf es keines Ausbaus von Mobilitätslösungen. Allerdings bedarf es anderer Lösungen wie u.a. die Einführung von attraktiven ÖV-Abos, individueller Parkplatzbewirtschaftung sowie guter Kommunikation und Werbekampagnen innerhalb des Unternehmens.

Unternehmen und Mitarbeitende sind oft bereit die Kosten für ÖV-Abos zu tragen, wenn diese zu vorteilhaften Konditionen angeboten werden. Unternehmen (insbesondere in der Peripherie) werden ihren Beitrag in vielen Fällen über neu eingeführte Parkplatzgebühren refinanzieren können.



Bezüglich der anderen Massnahmen, insbesondere individueller Parkraumbewirtschaftung und Abo-Verwaltung, werden viele Unternehmen mit bestehenden Produkten und Lösungen arbeiten können oder diese nur leicht anpassen müssen. Kleinere Unternehmen können sicherlich Lösungen auf Vertrauensbasis einführen. Bei grösseren Arbeitgebern wird man vieles automatisieren müssen, um die Geschäftsführung von diesem System zu überzeugen. Daher werden hier gerade bei der Parkplatzbewirtschaftung Kosten entstehen. z.B. muss das Parkplatzbewirtschaftungssystem über eine Schnittstelle an die Personalsoftware und an den ÖV angebunden werden, um eine einfache Abrechnung und hohe Benutzerakzeptanz zu gewährleisten. Allerdings werden die Kosten geringer, je besser Arbeitgeber angebunden sind, da dann zu den gängigsten Personalsystemen schon Schnittstellen vorhanden sein werden. Hinzu kommt eine vollautomatische Lösung zur Nummernschilderkennung, bei der Kameras installiert werden müssen. Für die Kommunikation und eine Werbekampagne werden ebenfalls Kosten für das Unternehmen angenommen.

Letzte Meile

Bei der Verbesserung der letzten Meile werden zwei Massnahmen als relevant angesehen: Zum einen die Bereitstellung von Shuttle-Bussen vom nächsten Bahnhof zum Arbeitgeber. Zum anderen das Angebot attraktiver Fahrrad- und Scooter-Lösungen. In der Berechnung werden beide Massnahmen als "Stand-Alone-Lösung" gerechnet. Die Arbeit weist die Kosten einmal als minimale Kosten (Scooter und Räder) und einmal als max. Kosten (Bus) aus. Je nach Arbeitgeber-Standort und Entfernung zum Bahnhof wird zu überprüfen sein, welche Lösung für welchen Standort Sinn ergibt.

Fahrradkultur

Bei der Fahrradkultur fallen keine grossen Kosten an, da die Abwicklung und die Rabatte über die Händler erfolgt, die man für grosse Firmen gewinnen kann. Zusätzlich sollte man aber gute Kampagnen durchführen und die Aufmerksamkeit auf das Thema lenken, beispielsweise mit Zusatzoptionen wie «Bike to Work».

Arbeitszeitbedingungen

Die Anpassungen der Arbeitszeiten erfordern keine zusätzlichen Aufwendungen, da es lediglich einer Entscheidung der Unternehmen bedarf, ihren Arbeitnehmenden flexiblere Arbeitszeiten zu gewähren und die anrechenbare Arbeit im Zug zu ermöglichen.

Car Pooling

Beim Car Pooling fallen nur Kosten für eine Kampagne an, um die Massnahme zu pushen und für Kosten einer guten App-Lösung für die Buchung und Kommunikation.

6.3. Kosten-Nutzen-Analyse für die Top 10 Arbeitgeber-Cluster

In der folgenden Tabelle werden für die TOP 10 Arbeitgeber-Cluster (alle Arbeitgeber in einem Quadratkilometer, die mehr als 200 Angestellte haben) die potenziellen Umsätze, Kosten und der Return on Investment (ROI) dargestellt.

Umsatz in CHF	Kosten in CHF			ROI (nach 5 Jahren)		ROI Multiple (nach 5 Jahren)	
	Einmalkosten	Minimale Kosten pro Jahr	Maximale Kosten pro Jahr	Max Kosten	Min Kosten	Max Kosten	Min Kosten
11,559,603	10,000,000	2,059,229	4,359,229	37,501,870	26,001,870	2.85	1.82

Tabelle 11: Angenommener Umsatz pro Jahr und Kosten für die TOP 10 Arbeitsgeber-Cluster

Insgesamt lassen sich die Ergebnisse der Analyse wie folgt auf die Studie anwenden:

- Die Autoren empfehlen, in Top 100-Massnahmen zu investieren, weil diese die Nutzung bestehender Infrastrukturen (Schiene und Strasse) optimieren.
- Die Autoren sind zuversichtlich, dass die von ihnen identifizierten Top 100-Massnahmen zu den kosteneffektivsten Optionen zählen, die Politik und Verkehrsplanung aktuell zur Verfügung stehen.
- Dieser Ansatz ermöglicht es, den Modal Split auf eine Art und Weise zu beeinflussen, die sowohl ökonomisch als auch ökologisch nachhaltig ist.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass trotz der Einschränkungen im Projektumfang die vorliegenden Ergebnisse auf ein sehr positives Kosten-Nutzen-Verhältnis hinweisen. Die identifizierten Massnahmen bieten die Chance, mit verhältnismässig geringen Investitionen eine bedeutende Steigerung des ÖV-Anteils zu erzielen.



7. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

7.1. Schlussfolgerungen

Das Projekt "5-in-5" zielt darauf ab, innovative und wirksame Ansätze zur Verringerung des MIV zugunsten von ÖV und LV in der Schweiz zu entwickeln, die ohne Infrastrukturinvestitionen realisierbar sind. Das Projekt nutzt Echtzeit-Mobilitätsdaten und analysiert diese mithilfe künstlicher Intelligenz, um kosteneffektive Massnahmen zu identifizieren und evaluieren, die zu einer signifikanten Verringerung des MIV führen können. Aus der Analyse und dem unternehmerischen Anspruch, mit wichtigen Stakeholdern gemeinsam Strategien zu entwickeln, entstand eine Fokussierung auf Verkehrs-Hotspots und Arbeitgeber-Verkehrs-Hotspots. Dieses Vorgehen legt die Grundlagen für massgeschneiderte Lösungen, die in Zusammenarbeit mit Arbeitgebern, der ÖV-Branche und der Politik mittels Prototypen iterativ verprobgt und verbessert werden können, um neue Möglichkeiten für eine verhaltensändernde Gestaltung und Vermarktung der öffentlichen Mobilität zu entwickeln. Die Schlussfolgerungen der Studie sind:

- **Fokussierung auf Verkehrs-Hotspots**

Die Fokussierung erlaubt die iterative Entwicklung und schnelle Verprobung Hotspotspezifischer Lösungen. Aufgrund des Pareto-Prinzips versprechen die **100 vielversprechendsten Hotspot-Arbeitgeber-Cluster** einen **Modal Split Gewinn für den ÖV und LV von 1 bis 3.6 Prozentpunkten**. Die Skalierung auf die 1'000 verkehrsreichsten Hotspot-Arbeitgeber-Cluster kann bis zu **5.2 Prozentpunkte** Modal Split Steigerung für den ÖV und LV erzielen. Durch massgeschneiderte Lösungen an diesen Schlüsselstandorten kann der ÖV-Anteil **wirtschaftlich und wirkungsvoll** gesteigert werden.

Siehe insbesondere Kapitel "4.3 Top 100 Hotspot-Arbeitgeber-Cluster."

- **Arbeitgeber als wichtige Multiplikatoren**

Arbeitgeber haben ein zunehmendes und bisher unausgeschöpftes Interesse, zur Verkehrswende beizutragen. Kommerzielle Interessen (Nutzung von wirtschaftlich brachliegenden Parkplatzflächen), ESG-Verpflichtungen (Klimabilanz, Scope 3), Positionierung als Arbeitgeber (Fachkräftemangel) und verkehrstechnische Überlegungen (Verantwortlichkeit für Staus) bieten wichtige Anreize eine mehr aktive Rolle zu spielen. Gleichzeitig können Arbeitgeber viel gezielter Massnahmen setzen als beispielsweise Freizeiteinrichtungen.

Siehe insbesondere Kapitel "5.2 Arbeitgeber: Warum besteht gerade hier das grösste Potenzial?"

- **Berechnung der Potenziale und Vorschläge von Top-Massnahmen**

Das Projekt berechnet und quantifiziert erstmals detailliert die Verlagerungspotenziale auf Basis heutiger Infrastruktur für die grössten Verkehrs-Hotspots. Die Vorschläge sollen einen Dialog stimulieren und dazu führen, die notwendigen Kooperationen für deren Umsetzung zu schmieden.

Siehe insbesondere die interaktive KI Übersicht <https://ov42.com/5-in-5>

- **Erfordernis von Feldexperimenten und Skalierung**

Obwohl parallel zu diesem Projekt einige Feldexperimente erfolgreich durchgeführt wurden, ist eine weitere Validierung der Massnahmen erforderlich. Die Ergebnisse weiterer Experimente können als Blaupause für die nächsten Initiativen und deren Skalierung dienen und helfen, Nachahmungseffekte zu erzielen.

Siehe insbesondere "Weitere Forschungsthemen im Freizeit-Verkehr."

- **Zusammenarbeit mit relevanten Stakeholdern**

Die Umsetzung der ermittelten Massnahmen erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen Politik, Bestellern, TU, Tarifverbünden und relevanten Arbeitgebern. Die Herausforderung besteht darin, alle Beteiligten an einen Tisch zu bringen und auf gemeinsame Ziele zu verpflichten.

Siehe insbesondere "Zentrale Herausforderung: Stakeholder Koordination ."

- **Kosten-Nutzen-Verhältnis**

Eine erste grobe Berechnung weist für die identifizierten Massnahmen auf ein positives Kosten-Nutzen-Verhältnis hin. Investitionen in die vorgeschlagenen Massnahmen versprechen eine effiziente Nutzung von Ressourcen mit hohem Einfluss auf den Modal Split.

Siehe insbesondere "6 Kosten-Nutzen-Analyse."

- **Innovative Nutzung von Echtzeitdaten und Künstlicher Intelligenz (KI)**

Die innovative Anwendung von Echtzeit-Mobilitätsdaten und künstlicher Intelligenz im Projekt hat sich als wertvolles Instrument erwiesen, um Massnahmen zu entwickeln, zu simulieren und bei deren Umsetzung und kontinuierlicher Verbesserung zu unterstützen.

Siehe insbesondere "3.3 Daten- und KI getriebenes Vorgehen zur Identifikation Multiplikatoren."

Zusammenfassend hat das Projekt "5-in-5" gezeigt, dass durch innovative Ansätze und die Nutzung neuer Technologien signifikante Verbesserungen im Bereich der öffentlichen Mobilität möglich sind. Die gewonnenen Erkenntnisse bieten eine solide Basis für zukünftige Strategien zur Steigerung des ÖV-Modal Splits und tragen damit zur Erreichung der Klimaziele und zur Verbesserung der Lebensqualität in städtischen und ländlichen Gebieten bei.



7.2. Empfehlungen

Auf der Grundlage der Ergebnisse und Erkenntnisse des Projekts "5-in-5" können folgende zentrale Empfehlungen für die zukünftige Ausrichtung und Strategie im Bereich des ÖV in der Schweiz abgeleitet werden:

1. Systematische Bearbeitung erster identifizierter Hotspots

- a. **Einzelne Kantone sollten ausgewählte Schlüsselarbeiter aktiv ansprechen und eine Stakeholder-übergreifende Zusammenarbeit initiieren:** Es wird empfohlen, die ermittelten Top 100 Massnahmen schrittweise aktiv zu adressieren und mit den verantwortlichen Akteuren (insbesondere Arbeitgebern, Arbeitnehmenden, Transportunternehmen) in einen Dialog zu treten. Das Ziel sollte es sein, gemeinsame Massnahmen zu entwickeln und umzusetzen, die sowohl für die Mitarbeitenden als auch für die Unternehmen Vorteile bieten.
- b. **Beauftragung neutraler Schrittmacher-Teams:** Für den Erfolg dieser Initiativen ist je ein neutrales Schrittmacher-Team massgeblich. Dieses Team muss auf C-Level Ebene überzeugen, Ko-Kreation mit vielen Partnern gestalten und vorantreiben, potentielle Interessenskonflikte in Win-Win-Lösungen umwandeln, Freiräume schaffen und nutzen, Methoden der schlanken, iterativen Produktentwicklung beherrschen und stark im Vertrieb der entwickelten Lösungen sein.

2. Ausweitung der Analyse auf Freizeitangebote

- a. **Evaluierung von Freizeit-Hotspots:** Eine systematische Analyse und Bearbeitung der Freizeitangebote erscheint vielversprechend. Die im Projekt verwendeten Methoden sollten auf Freizeit-Hotspots angewendet werden, um dort verborgene Potenziale für den ÖV-Modal Split zu identifizieren und zu nutzen.
- b. **Entwicklung spezifischer Lösungen für Freizeitverkehr:** Da der Freizeitverkehr andere Charakteristika aufweist als der Berufsverkehr, sollten massgeschneiderte Lösungen entwickelt werden, die auf die spezifischen Anforderungen und Gegebenheiten des Freizeitverkehrs abgestimmt sind.

Diese Empfehlungen zielen darauf ab, die gewonnenen Erkenntnisse des Projekts "5-in-5" effektiv zu nutzen und einen wesentlichen Beitrag zur Steigerung des ÖV-Modal Splits in der Schweiz zu leisten. Dabei ist es entscheidend, sowohl die Bedürfnisse der Nutzer als auch die wirtschaftlichen und ökologischen Aspekte in Einklang zu bringen, um eine nachhaltige und zukunftsorientierte Mobilität zu fördern.

8. Symbol- und Abkürzungsverzeichnis

Hier sind die im Bericht verwendeten Symbole und Abkürzungen (mit den dazugehörigen Einheiten oder Definitionen) zusammenzustellen.

ARE = Bundesamt für Raumentwicklung

BFS = Bundesamt für Statistik

KI = Künstliche Intelligenz

LV = Langsamverkehr

MIP = Mobility Insight Platform (von der Swisscom)

MIV = Motorisierter Individualverkehr

MVP = Minimal Valuable Produkt

ÖV = Öffentlicher Verkehr

PP = Parkplatz

TU = Transportunternehmen



9. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Modal Split Veränderung und Investitionen in Strasse und Schiene im Vergleich. Quellen: BFS 2023, LITRA-Verkehrszahlen 2022. Darstellung: 42hacks	7
Abbildung 2: Die KI-berechneten Verlagerungspotenziale der 1'000 verkehrsreichsten	8
Abbildung 3: KI-berechnete Übersicht der "Top 100 Massnahmen" und ihrer Potenziale.	9
Abbildung 4: Modal Split Veränderung und Investitionen in Strasse und Schiene im Vergleich. Quellen: BFS 2023, LITRA-Verkehrszahlen 2022. Darstellung: 42hacks	18
Abbildung 5: Forschungsansatz und Vorgehen. Quelle: 42hacks	20
Abbildung 6: Crossing the Chasm. Quelle: Crossing the Chasm von Geoffrey A. Moor	21
Abbildung 7: Diese Abbildung zeigt eine Analyse der ÖV-Qualität der Wege zu einem Hotspot. Quelle 42hacks.	23
Abbildung 8: Einordnung der neuen Daten und KI in Abgrenzung zu bestehenden Modellen (Quelle: 42hacks in Zusammenarbeit mit der SBB)	26
Abbildung 9: Anzahl Passagiere auf der Bahnstrecke beim Gotthardtunnel in Erstfeld im Zeitraum 24.07.2023 bis 24.08.2023 - Vergleich Zähldaten Bahn mit den Werten vom Mobilfunkanbieter (MIP-Daten). Quelle: 42hacks / SBB	29
Abbildung 10: Anzahl Autodurchfahrten auf der Autobahn bei Göschenen im Zeitraum 24.07.2023 bis 24.08.2023 Vergleich Zähldaten (von Autobahn) mit den Werten vom Mobilfunkanbieter (MIP-Daten). Da Mobilfunkdaten Personen zählt und nicht die Autos, wurde dieser Wert mit Faktor 1:2 korrigiert. Quelle: 42hacks / ARE	30
Abbildung 11: Die ganze Schweiz wird in Raster von jeweils einem Quadratkilometer aufgeteilt. Diese Abbildung zeigt beispielhaft, wie die Quadratkilometer in dem KI-Tool zu verstehen sind und wie diese für gewisse Daten weiter in 100m x 100m Raster unterteilt werden können. Quelle: 42hacks	32
Abbildung 12: Grösste MIV-Hotspots filterbar nach Kanton und Kategorie, Quelle: 42hacks	34
Abbildung 13: Aufteilung der Personenverkehrsleistung auf Verkehrsverursacher, Quelle: 42hacks	35
Abbildung 14: Detail pro Hotspot - Entwicklung Verkehrsleistung (MIV und Schiene) und Modal Split, Quelle: 42hacks	35
Abbildung 15: Übersicht "Top 1'000 Hotspots mit entsprechenden Verlagerungspotenzialen". Quelle: 42hacks	36
Abbildung 16: Übersicht "Top 100 Massnahmen". Quelle: 42hacks	37
Abbildung 17: Übersicht "Top 100 Massnahmen Arbeitgeber Cluster". Quelle: 42hacks	39
Abbildung 18: Übersicht "Top 100 Massnahmen Arbeitgeber". Quelle: 42hacks	40
Abbildung 19: Analyse der Gewinner und Verlierer	42
Abbildung 20: Logik und Vorgehen bei der Berechnung der Qualität des ÖV	44
Abbildung 21: Vorgeschlagenes Vorgehensmodell zur Kooperation mit Arbeitgebern, Quelle: 42hacks	47
Abbildung 22: Auszug aus der Management-Präsentation des Projekts "Bühler". Quelle: 42hacks	50
Abbildung 23: Stakeholder Koordination	51
Abbildung 24: Vorgehen in der Diskussion mit politischen Verantwortungsträgern. Quelle: 42hacks	56
Abbildung 25: Impressionen aus ÖV42 Projekt und Hackathon mit Mitarbeitenden der Firma Bühler (Top-Hotspot). Quelle: 42hacks	57
Abbildung 26: Mobilitätspakt Bühler. Quelle: 42hacks	58
Abbildung 27: Impressionen aus dem parallel stattfindenden Feldexperiment im Arbeitgeber-Cluster Liechtenstein. Quelle: 42hacks	60
Abbildung 28: Darstellung der Auswirkungen von Spitzenzeiten auf das Stauverhalten	61
Abbildung 29: Log-Normal Verteilung für Fahrrad Routen für das verwendete Modell. Abbildung xy: Log-Normal Verteilung für Fahrrad Routen für das verwendete Modell.	89
Abbildung 30: Wahrscheinlichkeitsverteilungen für jedes Verkehrsmittel für die Modal Split Berechnung mit ihrem spezifischen Median.	90
Abbildung 31: Anzahl Passagiere auf der Bahnstrecke zwischen Frauenfeld und Winterthur im Zeitraum 01.05.2023 bis 11.06.2023 Vergleich Zähldaten Bahn mit den Werten vom Mobilfunkanbieter (MIP-Daten).	95
Abbildung 32: Anzahl Autodurchfahrten auf Autobahnen auf offiziellen Autozählern und mit den Werten vom Mobilfunkanbieter (ÖV42 Plattform - Roads Feature). Autozähler vs. Road Feature hat einen	

Korrelationskoeffizienten von 0,75 (Pearson-Korrelation), d.h. 75% der Daten können durch die eingezeichnete Gerade erklärt werden (nach Eliminierung der Outliner mit der IQR-Methode). Aufgrund von Anonymisierung und Zuweisung muss man Road Feature mit 1.5 multiplizieren. _____ 95
Abbildung 33: Beispiele aus anderen Bereichen, in denen Swisscom die Mobilfunkdaten mit realen Daten aus unterschiedlichen Quellen abgleicht und validiert. _____ 96



10. Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Erwartete Effekte der vorgeschlagenen Massnahmen auf den Modal Split</i>	4
<i>Table 2: Expected effects of the proposed measures on the modal split</i>	6
<i>Tabelle 3: Erwartete Effekte der vorgeschlagenen Massnahmen auf den Modal Split</i>	9
<i>Tabelle 4: Vergleich Modal Split auf Basis von Personenkilometern von einer Studie von Litra, VöV und des ARE (2015) und der Daten in der 5-in-5-KI.</i>	31
<i>Tabelle 5: Top 100 Arbeitgeber Cluster - angenommene Umwandlungsquoten</i>	38
<i>Tabelle 6: Top 100 Hotspots Arbeitgeber Cluster</i>	39
<i>Tabelle 7: Top 100 Arbeitgeber - Angenommene Umwandlungsquoten</i>	40
<i>Tabelle 8: Top 100 Hotspots Arbeitgeber Potenziale</i>	40
<i>Tabelle 9: Top 100 Hotspots inkl. aller Verkehrsarten (inkl. Freizeit) - Angenommene Umwandlungsquoten</i>	41
<i>Tabelle 10: Top 100 Gesamtpotenziale</i>	41
<i>Tabelle 11: Allianz der notwendigen Parteien</i>	48
<i>Tabelle 12: Angenommener Umsatz pro Jahr und Kosten für die TOP 10 Arbeitsgeber-Cluster</i>	70
<i>Tabelle 13: Vergleich Modal Split auf Basis von Personenkilometern von einer Studie von Litra, VöV und des ARE (2015) und der Daten in der 5-in-5-KI.</i>	88

11. Literaturverzeichnis

[1]

'Statistik Der Unternehmensstruktur (STATENT), Beschäftigte und Arbeitsstätten: Geodaten 2021'. Bundesamt für Statistik, 24 August 2023. Accessed 8 September 2023.
<https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/dienstleistungen/geostat/geodaten-bundesstatistik/arbeitsstaetten-beschaeftigung/statistik-unternehmensstruktur-statent-ab-2011.html>.

[2]

'Nationales Personen Verkehrsmodell. Analysen und Umsetzung Im Modell: Anzahl Wege Wohnort–Arbeit pro Person, Werktags: Angestellte'. Bundesamt für Raumentwicklung ARE. Accessed 2 December 2023. <https://www.are.admin.ch/are/de/home/mobilitaet/grundlagen-und-daten/verkehrsmodellierung/npvm/analysen.html>.

[3]

Haefeli, Ueli, Tobias Arnold, Martin Lutzenberger, Konrad Götz, and Julian Fleury. 'Treibende Kräfte Im Freizeitverkehr'. Bundesamt für Strassen, May 2021. Accessed 05.10.2023
https://www.mobilityplatform.ch/fileadmin/mobilityplatform/normenpool/21792_1699_Inhalt.pdf.

[4]

Mobilität und Verkehr. 6666756. Neuchâtel: Bundesamt für Statistik (BFS), 2019. <https://dam-api.bfs.admin.ch/hub/api/dam/assets/6666756/master>.

[5]

Staatssekretariat für internationale Finanzfragen SIF. 'Bundesrat Setzt Verordnung Zur Verbindlichen Klimaberichterstattung Grosser Unternehmen Auf 1.1.2024 in Kraft'. *Der Bundesrat. Das Portal der Schweizer Regierung* (blog), 23 November 2023. Accessed 10.12.2023
<https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-91859.html>.

[6]

Der Modalsplit des Personenverkehrs in Der Schweiz'. Informationsdienst für den öffentlichen Verkehr (LITRA), Verband öffentlicher Verkehr (VöV), Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), 2019. Accessed 10 November 2023 <https://www.are.admin.ch/are/de/home/medien-und-publikationen/publikationen/verkehr/modalsplit-personenverkehr-schweiz.html>.



12. Anhang

Zur Wahrung der Übersichtlichkeit und Lesbarkeit des Berichts sind Annahmen und Formelverzeichnis sowie detaillierte Kostenbetrachtungen und Datenqualitätsanalysen im Anhang aufgeführt.

12.1. Anhang 1 - Annahmen und Formelverzeichnis

Alle Formeln wurden im Rahmen des Projekts entwickelt.

Berechnung der ÖV-Qualität

In Kapitel 3.3 wird beschrieben, wie die ÖV-Qualität in dieser Arbeit berechnet wird. Hier wird die Kategorisierung der ÖV-Qualität (Grün, Gelb, Rot) mathematisch beschrieben:

Formel:

$$\text{ÖV}_{\text{quality}} = \begin{cases} \text{Green,} & \left[\left(\frac{t_{\text{train}}}{t_{\text{cars}}} \leq \frac{\text{Max Relative Threshold Green}}{100} \right) \vee \left(t_{\text{trains}} - t_{\text{cars}} \leq \text{Max Absolute Threshold Green} \right) \right] \wedge \left(N_{\text{trains}} \leq \text{Max Changes Green} \right) \\ \text{Yellow,} & \left(\frac{t_{\text{train}}}{t_{\text{cars}}} \geq \frac{\text{Max Relative Threshold Green}}{100} \right) \wedge \left(\frac{t_{\text{train}}}{t_{\text{cars}}} \leq \frac{\text{Max Relative Threshold Yellow}}{100} \right) \wedge \left(N_{\text{trains}} \leq \text{Max Changes Yellow} \right) \\ \text{Red,} & \text{otherwise.} \end{cases}$$

1. ÖV_{Quality}: Stellt die Qualität des ÖV dar. Sie wird in drei Farben kategorisiert – Grün, Gelb und Rot – basierend auf den in den Fällen skizzierten Bedingungen.
2. t_{train}: Die Dauer einer Fahrt mit öffentlichen Verkehrsmitteln (Zügen) an einem Montagmorgen zwischen 7:45 Uhr und 8:30 Uhr (minimale Zeit). Zur Berechnung wurde der Open Source Routing Algorithmus (r5py) der SBB open GTFS Daten benutzt
3. t_{car}: Die Dauer derselben Fahrt mit privaten Autos an einem Montagmorgen um 8:00 Uhr
9. Max Relative Threshold Green: Ein Schwellenwert (in Prozent) für das maximal zulässige Verhältnis von Zugreisezeit zu Autoreisezeit, damit eine Fahrt als effizient genug eingestuft wird, um als grün kategorisiert zu werden.
10. Max Absolute Threshold Green: Ein Schwellenwert (in Zeiteinheiten, typischerweise Minuten) für den maximal zulässigen absoluten Zeitunterschied zwischen Zug- und Autofahrt, damit eine Fahrt als effizient eingestuft und als grün kategorisiert wird.
11. N_{trains}: Die Anzahl der erforderlichen Umstiege bei einer Zugfahrt.
12. Max Changes Green: Die maximal zulässige Anzahl von Zugumstiegen für eine Fahrt, um als effizient eingestuft und als Grün kategorisiert zu werden.
13. Max Relative Threshold Yellow: Ähnlich dem Schwellenwert für Grün, aber für die Kategorie Gelb. Es handelt sich um einen Schwellenwert (in Prozent) für das maximale Verhältnis von Zugreisezeit zu Autoreisezeit, damit eine Fahrt als mäßig effizient eingestuft und als Gelb kategorisiert wird.
14. Max Changes Yellow: Die maximal zulässige Anzahl von Zugumstiegen für eine Fahrt, um als mäßig effizient eingestuft und als Gelb kategorisiert zu werden.

Zusammenfassend kategorisiert diese Gleichung die Effizienz des ÖV im Vergleich zu privaten Autos basierend auf Reisezeitverhältnissen, absoluten Reisezeitunterschieden und der Anzahl der Zugumstiege. Grün bedeutet gute Effizienz, gelb mäßige Effizienz und rot weist auf weniger effiziente oder ineffiziente öffentliche Verkehrsalternativen im Vergleich zum privaten Autoverkehr hin.

Berechnung letzte Meile

In der Analyse der Effizienz des ÖV, insbesondere mit Fokus auf dem 'letzte Meile' Abschnitt der Reise, wurde ein Ansatz verfolgt, der auf der Formel für Massnahmen für Autofahrende mit guter ÖV-Anbindung aufbaut. Diese Formel kategorisiert Gebiete in grüne, gelbe und rote Zonen basierend auf einem Kriteriensatz, der die Effizienz des ÖV im Vergleich zur Nutzung privater Autos bewertet. Für die letzte Meile – den entscheidenden Abschnitt von der nächstgelegenen Haltestelle des ÖV bis zum endgültigen Ziel – nutzt das Projekt zusätzlich einen hausinternen Routing-Algorithmus. Als Massnahmen werden hierbei nicht nur ein Direktbus, sondern auch Fahrräder und eScooter angesehen, die an den Bahnhöfen bereitgestellt werden, da die letzte Meile mit diesen Verkehrsmitteln meist ähnlich schnell zu bewältigen ist. Der 'letzte Meile' Algorithmus verwendet öffentliche GTFS-Daten und berücksichtigt die Verfügbarkeit alternativer Verkehrsmittel wie Roller, Fahrräder und hypothetische Busstrecken. Er berechnet speziell die potenzielle Reduzierung der Reisezeit, und macht kenntlich, wenn die letzte Meile zeitlich so effizient wäre wie die Reise mit dem Auto.

Die Analyse der letzten Meile wendet ein gezieltes Ausschlusskriterium an: Bereiche, die bereits als grün klassifiziert wurden, werden nicht für Verbesserungen der letzten Meile in Betracht gezogen. Diese Entscheidung basiert auf dem Verständnis, dass Gebiete, die bereits als effizient (grün) eingestuft sind, über angemessene öffentliche Verkehrsdienste verfügen und somit keine weiteren Verbesserungen für den Abschnitt der letzten Meile benötigen. Indem Verbesserungen der letzten Meile auf Bereiche konzentrieren werden, die noch nicht effizient bedient werden (d.h. nicht-grüne Zonen), können Ressourcen effizient eingesetzt werden, wo sie am meisten benötigt werden, was die Gesamteffizienz und Attraktivität des öffentlichen Verkehrsnetzes erhöht.

Berechnung des Fahrrad-Potenzials

Folgende Formel wird für die Berechnung des Fahrrad-Potenzials herangezogen:

$$Bike_{quality} = \begin{cases} \text{Green,} & D_{geodesic} \leq \text{Max Radius Green} \\ \text{Yellow,} & (D_{geodesic} \leq \text{Max Radius Yellow}) \wedge (D_{geodesic} \geq \text{Max Radius Green}) \\ \text{Red,} & \text{otherwise.} \end{cases}$$

Die Gleichung für $Bike_{quality}$ ist eine Funktion, die die Qualität von Fahrradrouten basierend auf ihrer Entfernung über Geodaten bewertet. Die Funktion kategorisiert die Qualität in drei verschiedene Klassen: Grün, Gelb und Rot. Jede Klasse wird durch die Entfernung der Route in Bezug auf vordefinierte Hyperparameter-Schwellenwerte bestimmt. Die Variablen in der Gleichung sind wie folgt definiert:

1. $Bike_{quality}$: Diese Variable repräsentiert die bewertete Qualität einer Fahrradroute. Sie ist das Ergebnis der Funktion und kann einen von drei Werten annehmen: Grün, Gelb oder Rot.
2. $D_{geodesic}$: Dies stellt die Entfernung über Geodaten einer bestimmten Fahrradroute dar. Die Entfernung bezieht sich auf die kürzeste Entfernung zwischen zwei Punkten auf der Erdoberfläche, gemessen entlang der Oberfläche der Kugel.
3. Max Radius Green: Dies ist ein Hyperparameter, der die maximale Entfernung für eine Route darstellt, um als 'Grün' klassifiziert zu werden. Routen mit einer Entfernung, die gleich oder kleiner als dieser Wert ist, gelten als hochwertig und werden daher als Grün kategorisiert.
4. Max Radius Yellow: Dieser Hyperparameter definiert die obere Grenze der Entfernung für eine Route, um als 'Gelb' klassifiziert zu werden. Routen, die in diesen Bereich fallen, gelten als moderat in der Qualität. Speziell wird eine Route als Gelb kategorisiert, wenn ihre Entfernung gleich oder kleiner als der Max Radius Yellow und gleichzeitig größer oder gleich dem Max Radius Green ist.
5. Rot Kategorie: Routen, die nicht die Kriterien für die grüne oder gelbe Kategorie erfüllen, werden als rot klassifiziert. Dies deutet darauf hin, dass die Route im Vergleich zu den spezifizierten grünen und gelben Kriterien als minderwertig betrachtet wird.



Zusammenfassend klassifiziert die Funktion $\text{Bike}_{\text{quality}}$ die Eignung von Fahrradrouten basierend auf ihrer Länge, wobei Hyperparameter verwendet werden, um Schwellenwerte für hochwertige (Grün), moderat qualitative (Gelb) und minderwertige (Rot) Routen zu definieren.

Berechnung des Arbeitszeit-Potenzials

Folgende Formel wird für die Berechnung des Arbeitszeit-Potenzials verwendet:

$$\text{Work}_{\text{quality}} = \begin{cases} \text{Green, } & \left(t_{\text{train}} \geq \text{Min Work Threshold} \right) \wedge \left(\frac{t_{\text{train}}}{t_{\text{cars}}} \leq \frac{\text{Max Relative Threshold Green} + 100}{100} \right) \\ \text{Yellow, } & \left(\frac{t_{\text{train}}}{t_{\text{cars}}} \geq \frac{\text{Max Relative Threshold Green}}{100} \right) \wedge \left(\frac{t_{\text{train}}}{t_{\text{cars}}} \leq \frac{\text{Max Relative Threshold Yellow}}{100} \right) \wedge (N_{\text{trains}} \leq \text{Max Changes Yellow}) \\ \text{Red, } & \text{if (otherwise)} \end{cases}$$

Die $\text{Work}_{\text{quality}}$ -Gleichung ist eine Funktion, die die Qualität der Arbeitsbedingungen während einer Zugfahrt bewertet und diese in grün, gelb oder rot kategorisiert. Diese Bewertung basiert auf dem Vergleich der Reisezeit mit dem Zug im Vergleich zum Auto und der zur Verfügung stehenden Arbeitszeit während der Zugfahrt. Jede Variable in der Gleichung wird wie folgt definiert:

1. $\text{Work}_{\text{quality}}$: Stellt die Qualität der Arbeitsbedingungen auf einer Zugfahrt dar, kategorisiert als Grün, Gelb oder Rot.
2. t_{train} Die Gesamtdauer der Reise mit dem Zug, entscheidend für den Vergleich mit der Autofahrt.
3. t_{cars} Die Dauer derselben Reise, wenn sie mit dem Auto zurückgelegt wird.
4. Min Work Threshold: Ein Parameter, der die minimale Zeit angibt, die als ausreichend für produktive Arbeit im Zug angesehen wird. Wenn die Zugfahrt mindestens diese Arbeitszeit bietet und das Verhältnis der Reisezeit innerhalb eines bestimmten Bereichs liegt, wird die Fahrt als grün eingestuft.
5. Max Relative Threshold Green: Ein Schwellenwert in Prozent, der das maximal zulässige Verhältnis der Zugreisezeit zur Autoreisezeit definiert, um eine Reise in Bezug auf die Arbeitseffizienz als grün zu kategorisieren. Dieser Schwellenwert berücksichtigt, dass Pendler wahrscheinlich nicht im Zug arbeiten werden, wenn die Autofahrt deutlich schneller ist. Er bewertet die Effizienz der Zugreise und spiegelt die Wahrscheinlichkeit wider, dass Pendler im Zug arbeiten, basierend auf der vergleichenden Geschwindigkeit der Autofahrt.
6. Max Relative Threshold Yellow: Ähnlich dem grünen Schwellenwert, aber für die Kategorisierung einer Fahrt als gelb. Er gibt das maximale Verhältnis der Zugreisezeit zur Autoreisezeit für eine Reise an, die als mäßig effizient angesehen wird.
7. N_{trains} : Die Anzahl der erforderlichen Zugumstiege für die Reise, berücksichtigt bei der Kategorisierung einer Reise als gelb, wobei eine maximale Anzahl von Umstiegen erlaubt ist.
8. Rote Kategorie: Wird zugewiesen, wenn die Bedingungen nicht den Kriterien für die Kategorien grün oder gelb entsprechen, was auf weniger günstige Bedingungen für die Arbeit während der Reise hindeutet.

Zusammenfassend bewertet die $\text{Work}_{\text{quality}}$ -Funktion die Eignung von Zugreisen für die Arbeit basierend auf der Reisedauer, der verfügbaren Arbeitszeit und der Anzahl der Zugumstiege. Sie hilft dabei, das Arbeitserlebnis von Pendlern, die Züge für ihre Reisen nutzen, zu verstehen und potenziell zu verbessern.

Berechnung des Potenzials fürs Car-Pooling

Folgende Formel wird für die Berechnung des Car-Pooling-Potenzials verwendet:

$$\text{CarPooling}_{\text{quality}} = \begin{cases} \text{Green,} & \text{if } (\text{ÖV}_{\text{quality}} = \text{Red}) \wedge (\text{Car Trips in Tile} \geq 4) \\ \text{Yellow,} & \text{if } (\text{ÖV}_{\text{quality}} = \text{Yellow}) \\ \text{Red,} & \text{if } (\text{ÖV}_{\text{quality}} = \text{Green}) \vee (\text{Car Trips Tile} < 4) \end{cases}$$

Die Carpooling-Gleichung, die darauf abzielt, Gebiete zu adressieren, die durch andere Massnahmen nicht effektiv bedient werden, kehrt die Kategorisierungslogik der $\text{ÖV}_{\text{quality}}$ -Funktion um. Diese Umkehrung basiert auf dem Verständnis, dass Fahrgemeinschaften eine praktikablere Alternative in Gebieten sind, in denen der ÖV weniger effizient ist. Die Funktion verwendet dieselbe Struktur wie die $\text{ÖV}_{\text{quality}}$ -Gleichung, jedoch mit einem wichtigen Unterschied in ihren Kriterien für die Kategorisierung.

In dieser Gleichung:

1. $\text{Carpooling}_{\text{quality}}$: Stellt die Eignung von Fahrgemeinschaften als Transportalternative in verschiedenen Gebieten dar, kategorisiert als grün, gelb oder rot.
2. $\text{ÖV}_{\text{quality}}$: Bezieht sich auf die zuvor definierte ÖV-Qualität, wobei Gebiete, die in $\text{ÖV}_{\text{quality}}$ als rot markiert sind, eine geringe Effizienz des ÖV anzeigen.
3. Car Trips in Tile : Die Anzahl der einfachen Fahrten innerhalb eines bestimmten Gebiets oder Tiles. Damit ein Gebiet für Carpooling als Grün betrachtet wird, muss es mindestens 4 einfache Fahrten aufweisen, um eine ausreichende Anzahl von Personen für die Praktikabilität von Fahrgemeinschaften zu gewährleisten.
4. $\text{Green in Carpooling}$: Repräsentiert Gebiete, in denen der ÖV ineffizient ist (rot in $\text{ÖV}_{\text{quality}}$) und mindestens 4 einfache Fahrten in der Tile, vorhanden sind, was Fahrgemeinschaften zu einer praktikablen Alternative macht.

Die Carpooling-Gleichung bietet somit eine alternative Transportlösung in Gebieten, in denen der ÖV weniger effektiv ist, und nutzt das Potenzial des kollektiven Pendelns in dicht besiedelten oder unversorgten Gebieten.

Berechnung des Mobilitätspotenzials

Das absolute Potenzial (AP) ist als Summe zweier Komponenten definiert: des Potenzials der Arbeitgeber (AP_{Employer}) und des Potenzials der Besucher (AP_{Visitors}). Dieses Konzept bildet eine umfassende Bewertung des Mobilitätspotenzials innerhalb einer bestimmten Tile.

$$AP = AP_{\text{Employer}} + AP_{\text{visitors}}$$

1. AP_{Employer} : Das Potenzial der Arbeitgeber: Dieser Wert repräsentiert das absolute Mobilitätspotenzial, das durch die Reisen der Angestellten erzeugt wird. Es umfasst alle Reisen, die für berufliche Zwecke unternommen werden, also die Fahrten der Mitarbeiter zum und vom Arbeitsplatz. Dieses Potenzial ist ein direkter Indikator für das Verkehrsaufkommen, das durch Arbeitsplätze in einem bestimmten Bereich verursacht wird.

Die Formel zur Bestimmung des absoluten Potenzials der Arbeitgeber (AP_{Employer}) basiert auf zwei zentralen Metriken: der Anzahl der Fahrten (#Trips) und der Personenkilometer (PKM). Diese quantitativen Masse reflektieren die Verkehrsleistung innerhalb eines definierten Gebiets (Tiles) induziert werden kann. Hierbei fokussiert sich die Analyse auf den motorisierten Individualverkehr (MIV), welcher durch die Gesamtheit der Fahrten oder PKM in einer Tile charakterisiert wird. Diese Größen werden in Relation zum modalen Split des betreffenden Tiles gesetzt, um den Zielmarkt für die geplanten Massnahmen zu definieren. Die beiden Formeln zur Berechnung des AP_{Employer} lauten:



$$AP_{Employer} = T_{cars_{cc}} \cdot \left(\frac{N_{employees}}{T_{tile}} \right) \cdot CF$$

$$AP_{Employer} = PKM_{cars_{cc}} \cdot \left(\frac{N_{employees}}{T_{tile}} \right) \cdot CF$$

Dabei repräsentieren:

$T_{cars_{cc}}$: Die Variable $T_{cars_{cc}}$ repräsentiert die Gesamtanzahl der Autofahrten in den als Grün klassifizierten Tiles basierend auf den Massnahmen, wobei "cc" für die kombinierte Bedingung ("combined condition") steht, die sich aus der angewandten Massnahme ergibt. Diese Größe ist von besonderer Bedeutung, da das absolute Potenzial (AP) für die Kombination zweier Massnahmen – beispielsweise $AP_{behavior, bike}$ – nicht einfach der Summe der einzelnen Potenziale $AP_{behavior} + AP_{bike}$ entspricht. Dies liegt daran, dass Tiles, die durch Fahrradmassnahmen beeinflusst werden können, auch durch Verhaltensmassnahmen beeinflusst werden könnten. Eine einfache Addition würde daher zu einem Potenzial führen, das grösser ist als die tatsächliche Anzahl der Fahrten in einer Tile, was ungenau wäre. Um $T_{cars_{cc}}$ zu bestimmen, ist es daher entscheidend, die Vereinigung der Sets von grünen Tiles zu berechnen, die durch jede Massnahme beeinflusst werden, was zu einem einzigartigen Potenzial für jede Kombination von Massnahmen führt.

Mathematisch lässt sich dies wie folgt darstellen:

$$T_{cars_{cc}} = \sum_x T_x \text{ cars, wobei } x = \bigcup_{i=1}^n Tile_{green}^i$$

Hierbei steht i für jede Massnahme. Die Variable $T_x \text{ cars}$ repräsentiert die Anzahl der Autofahrten in einer bestimmten Tile x , und $Tile_{green}^i$ ist das Set der grünen Tiles, die durch die i -te Massnahme beeinflusst werden. Die Vereinigung \cup dieser Sets führt zu einem einheitlichen Set von Tiles, die potenziell durch die Kombination der verschiedenen Massnahmen beeinflusst werden können. Dieser Ansatz ermöglicht eine genauere und realistischere Einschätzung des Mobilitätpotenzials unter Berücksichtigung der Interaktionen zwischen verschiedenen Massnahmen.

- $PKM_{cars_{cc}}$: Die Gesamtzahl der mit dem motorisierten Individualverkehr zurückgelegten Personenkilometer in den grünen Tiles, hier gilt die gleiche Logik wie bei den Fahrten.
- $N_{employees}$: Die Anzahl der Beschäftigten innerhalb des Tiles.
- T_{tile} : Die Gesamtzahl der Fahrten in eine Richtung an einem Tag, ausgehend von der Tile. Dieser Wert spiegelt die Anzahl der Personen wider, die diese Reise täglich unternehmen, was sich bei grösseren Distanzen als zunehmend präzise erweist.
- CF : Der Pendelfaktor, ein Parameter, der berücksichtigt, dass nicht alle Beschäftigten täglich ihren Arbeitsplatz aufsuchen.

Diese methodische Herangehensweise ermöglicht eine feingliedrige und detaillierte Analyse des durch Arbeitnehmer induzierten Verkehrsaufkommens. Der Anteil des Verkehrs, der durch Beschäftigte generiert wird, wird durch den Faktor $N_{Employees} / T_{tile}$ abgebildet. Dies ist für die Filterung von grossen Unternehmen innerhalb eines Tiles von Bedeutung.

Dieser Ansatz erlaubt es, den spezifischen Beitrag eines Unternehmens zum Gesamtverkehrsaufkommen basierend auf der Anzahl der Beschäftigten zu quantifizieren, was durch zusätzliche Filteroptionen innerhalb unserer Analyseplattform unterstützt wird. Der Pendelfaktor (CF) trägt der Realität Rechnung, dass das Pendelverhalten der Arbeitnehmer variieren kann und nicht täglich erfolgt.

Die Berechnung des Potenzials für alle Massnahmen erfolgt nach dem gleichen Prinzip, mit einer bemerkenswerten Ausnahme: Beim Carpooling wird das Potenzial mit 0,5 multipliziert. Dies reflektiert die Tatsache, dass wir nicht die Anzahl der Fahrten reduzieren, sondern stattdessen zwei Fahrten in einem einzelnen Fahrzeug zusammenführen. Somit wird durch Carpooling die Anzahl der Fahrzeuge auf den Strassen halbiert, ohne dass die Anzahl der durchgeföhrten Fahrten sich ändert. Diese Anpassung ist wesentlich für eine realistische Einschätzung des Potenzials von Carpooling-Massnahmen.

Darüber hinaus wird der Pendelfaktor (CF) aus den Daten des Bundesamtes für Statistik (siehe Haupttext) entnommen. Dieser Faktor spiegelt die Häufigkeit wider, mit der Arbeitnehmer tatsächlich zur Arbeit pendeln, und bietet somit eine realistische Grundlage für die Berechnung des Mobilitätspotenzials. Die Verwendung dieser statistisch fundierten Daten gewährleistet, dass die Berechnungen des Potenzials die tatsächlichen Pendelgewohnheiten der Bevölkerung akkurat widerspiegeln.

In der Gesamtheit ermöglicht dieser Ansatz eine präzise und datenbasierte Einschätzung des Verkehrspotenzials für verschiedene Mobilitäts-Massnahmen. Die Anpassung des Carpooling-Potenzials und die Nutzung des Pendelfaktors aus den BFS-Daten sind entscheidende Elemente, die sicherstellen, dass die Berechnungen sowohl die Dynamik des Verkehrs als auch die tatsächlichen Pendelverhaltensweisen der Bevölkerung berücksichtigen.

2. $AP_{visitors}$: Das Potenzial der Besucher: Dieser Wert bezieht sich auf das Mobilitätspotenzial, das auf den restlichen Teil des Tiles verteilt wird, also auf die Reisen, die von Besuchern, Kunden oder anderen Personen, die nicht Mitarbeiter sind, unternommen werden. Dieses Potenzial erfasst die Vielfalt und Intensität der Nutzung eines Gebiets durch Nicht-Angestellte.

$$AP_{Visitors} = T_{cars_{cc}} P_e - T_{employees}$$

Die Formel für das Potenzial der Besucher $AP_{visitors}$ berücksichtigt die durch unsere Massnahmen beeinflussten Fahrten $T_{cars_{cc}}$ und die Wahrscheinlichkeit P_e , dass ein bestimmter Prozentsatz dieser Fahrten einem analysierten Arbeitgeber zuzuordnen ist. Von diesem Wert werden die Fahrten der Arbeitnehmer $T_{employees}$ abgezogen, um eine Doppelzählung zu vermeiden, da diese bereits im Segment der Arbeitgeber berücksichtigt wurden.

In dieser Formel:

- $AP_{visitors}$: Das Potenzial der Besucher, also der Teil des Verkehrs, der nicht direkt mit den Arbeitnehmern des Arbeitgebers verbunden ist.
- $T_{cars_{cc}}$: Die Gesamtzahl der Fahrten in Autos, die in den grünen Tiles basierend auf den Massnahmen liegen.
- P_e : Die Wahrscheinlichkeit, dass ein bestimmter Prozentsatz der Fahrten dem analysierten Arbeitgeber zuzuordnen ist. Diese Wahrscheinlichkeitsverteilung basiert auf der Fähigkeit, den Verkehr auf 100m x 100m große Quadrate zu kartieren, was eine räumliche Auflösung bietet, die ausreichend ist, um sie einem Arbeitgeber zuzuordnen.
- $T_{employees}$: Die Anzahl der Fahrten, die von den Mitarbeitern des Arbeitgebers unternommen werden.



Diese Formel ermöglicht eine differenzierte Berechnung des Verkehrspotenzials für Besucher, und vermeidet die Überlappung mit dem Potenzial, das bereits im Arbeitgebersegment erfasst wurde. Die Methode zur Berechnung der Wahrscheinlichkeitsverteilung P_e , die auf der räumlichen Zuordnung des Verkehrs basiert, wird später im Dokument detaillierter erläutert. Dieser Ansatz stellt sicher, dass das berechnete Potenzial sowohl die Verkehrsdynamik als auch die spezifischen Eigenschaften und Standorte der Arbeitgeber präzise berücksichtigt.

Durch diese Aufteilung des Mobilitätspotenzials in Arbeitgeber- und Besucheranteile wird eine detaillierte Analyse des Verkehrsaufkommens und der Mobilitätsbedürfnisse in einem Gebiet ermöglicht. Diese Unterscheidung ist besonders nützlich für die Entwicklung gezielter Mobilitätsstrategien und -lösungen, die sowohl die Bedürfnisse der Arbeitskräfte als auch die der übrigen Bevölkerung berücksichtigen.

Dank der hohen räumlichen Auflösung der Daten und der korrekten Verteilung der Mitarbeiter nach Sektoren konnten die Daten nicht nur einem einzelnen Arbeitgeber zuordnen – was die höchste räumliche Auflösung im Land darstellt –, sondern auch den Verkehr in verschiedene Kategorien klassifizieren. Obwohl zwischen Hunderten von Kategorien gewählt werden konnte, beschränkt sich die Arbeit auf die folgenden Kategorien: Alle, Ausbildung, Heime, Hotel, Kinos, Museen, Gesundheit, Einkaufen, Bahnhof und Andere.

Das bedeutet, dass jede Kategorie ein absolutes Potenzial haben kann:
$$AP_c = AP_{employer} + AP_{visitors}$$

Dies wird erreicht, indem die Mitarbeiter einer Kategorie basierend auf den BFS Daten zugeordnet werden und die Wahrscheinlichkeit berechnet wird, dass ein bestimmter Prozentsatz des Verkehrs in den 1km x 1km grossen Tiles einer Kategorie zugehörig ist, nun als $P_{e,c}$ bezeichnet.

In dieser erweiterten Analyse:

- $AP_{employer}$ und $AP_{visitors}$ werden für jede Kategorie separat berechnet.
- $P_{e,c}$ repräsentiert die Wahrscheinlichkeit, dass der Verkehr in einer Tile einer bestimmten Kategorie angehört. Diese Wahrscheinlichkeit wird durch Analyse der Verkehrsmuster und der Verteilung der Beschäftigten in verschiedenen Sektoren abgeleitet.
- Die Kategorien wie Ausbildung, Hotel, Kinos usw. ermöglichen eine differenzierte Analyse des Verkehrspotenzials basierend auf spezifischen Aktivitäts- oder Geschäftsbereichen.

Durch diese methodologische Erweiterung können nicht nur das Verkehrspotenzial in Bezug auf einzelne Arbeitgeber genau bestimmt werden, sondern kann auch ein tieferes Verständnis für die Verkehrsdynamik in Bezug auf verschiedene Branchen und Aktivitäten erlangt werden. Diese detaillierte Kategorisierung trägt dazu bei, massgeschneiderte Mobilitätslösungen und Strategien zu entwickeln, die auf die spezifischen Bedürfnisse und Eigenschaften der jeweiligen Verkehrsteilnehmer und -sektoren zugeschnitten sind.

Im folgenden Abschnitt wird untersucht, wie die Wahrscheinlichkeit für die Kategorien berechnet wurde:

Einteilung der Hotspots (Kategorisierung)

Um zu erklären, wie die Wahrscheinlichkeit berechnet wird, welcher Prozentsatz des Verkehrs in welche Kategorie fällt, ist es wichtig zu erkennen, dass jede Tile Verkehr aus mehreren Quellen haben kann. Dies trifft besonders auf städtischen Gebieten wie der Haupttile von Zürich zu. Die Annahme, dass eine Tile nur einer einzigen Kategorie zugeordnet ist (wie etwa nur einem Bahnhof, Krankenhaus oder einer Universität), ist unrealistisch, insbesondere bei einer Auflösung von 1km x 1km. Daher besteht unser Ansatz darin, die Tile in mehrere Verkehrsarten zu zerlegen und jeder Kategorie eine Wahrscheinlichkeit zuzuweisen, sodass die Summe aller kategorisierten Verkehre dem Gesamtverkehr innerhalb der Tiles entspricht.

Das Projekt nutzt drei primäre Datenquellen um den Verkehr zu kategorisieren:

1. **Swisscom Heatmap-Daten:** Dieser Datensatz bietet detaillierte Einblicke in die Konzentration von Menschen innerhalb von 100m x 100m großen Quadranten im Tagesverlauf. Er umfasst sowohl die Gesamtzahl der Personen in jeder Tile als auch ihre Verweilzeiten oder die durchschnittliche Aufenthaltsdauer. Diese Daten sind entscheidend, um die Verteilung und Bewegungsmuster der Menschen in jeder Tile zu verstehen.
2. **Geospatial Gebäude-Daten:** Dieses sind detaillierte Geodaten, die die Formen von Gebäuden im ganzen Land beschreiben, dargestellt als Geometrien. Diese Daten, die ursprünglich von Mapbox stammen, wurden weiterhin mit KI-basierten Computersehertools verfeinert. Diese Verfeinerung ermöglicht eine genauere Zuordnung des Verkehrs zu spezifischen Gebäuden und Einrichtungen in jeder Tile.
3. **Arbeitgeberdatensatz mit räumlicher Auflösung:** Dieser Datensatz bietet eine räumliche Auflösung von 100m x 100m und umfasst die Anzahl der Mitarbeiter nach Industriezweig für mehr als 50 Branchen. Er bietet einen detaillierten Einblick, wo Menschen innerhalb jeder Tiles beschäftigt sind, was für die Kategorisierung des Verkehrs anhand von Beschäftigungsdaten von entscheidender Bedeutung ist.

Um die Genauigkeit bei der Schätzung der Verkehrswahrscheinlichkeit zu erhöhen, wurden diese drei wichtigen Datenquellen genutzt. Der Prozess zur Berechnung der Wahrscheinlichkeiten wird wie folgt dargestellt:

1. **Analyse der Mitarbeiterdaten:**

Es werden die Mitarbeiterdaten für jedes 100m x 100m grosse Quadrat analysiert und die Anzahl der Mitarbeiter in jeder Kategorie verwendet, um die vorherrschende Kategorie für dieses Quadrat zu bestimmen. Die Kategorie mit der höchsten Mitarbeiterzahl wurde als Hauptkategorie für jedes Quadrat zugewiesen. Diese Zuordnung dient hauptsächlich der Kategorisierung; die Mitarbeiterdaten selbst wurden jedoch nicht direkt für die Berechnung der Wahrscheinlichkeitszahlen verwendet. Dieser Ansatz stellt sicher, dass Verkehr, der durch Besucheraktivitäten generiert wird, wie zum Beispiel ein Einzelhandelsgeschäft, das trotz weniger Mitarbeiter signifikanten täglichen Kundenverkehr erzeugt, genau erfasst wird.

Die Konzentration lag auf den Swisscom-Daten, die sowohl Pendler- als auch Nicht-Pendlerzahlen umfassen, um ein umfassenderes Bild der Verkehrsmuster zu bieten.

2. **Wahrscheinlichkeitsverteilung aus Zählungen und Verweilzeiten:**

Es wurden die Gesamtzahl der Personen in jedem 100m x 100m Quadrat geteilt durch die Gesamtsumme aller Quadrate, um eine anfängliche Wahrscheinlichkeitsverteilung zu etablieren.

Um dies weiter zu verfeinern, wurden durchschnittliche Verweilzeiten berücksichtigt, da Bereiche mit längeren Verweilzeiten (wie Wohngebiete) hohe Zählungen, aber weniger Verkehr erzeugen könnten im Vergleich zu Bereichen mit kürzeren Verweilzeiten (wie Einkaufszentren). Die Gewichtung der Verteilung erfolgte entsprechend, wobei kürzere Aufenthalte als Indikatoren für höheren Verkehr galten.

Es wurden die durchschnittlichen Verweilzeiten für jede Kategorie berechnet, um die Daten zu validieren. Zum Beispiel:

Verweilzeiten

- Ausbildung: 1.553893 h,
- Heime: 3.985098 h,
- Hotel: 1.170652 h,
- Kinos: 1.119843 h,



- Museen / Events: 1.232586 h,
- Other: 2.799943 h,
- Gesundheit: 2.744277 h,
- Einkaufen: 1.262625 h,
- Bahnhof: 0.598829 h

3. Räumliche Verknüpfung mit Gebäudegeometrien für genaue Kategorisierung:

- Es wurde eine Diskrepanz in der Wahrscheinlichkeitsverteilung bei grossen Gebäuden festgestellt. Dies trat auf, weil die Arbeitgeberdaten Mitarbeiter in einem einzelnen 100m x 100m Quadrat konzentrierten, sie jedoch nicht über das gesamte Gebäude verteilt waren, was zu einer Überschätzung der Kategorie 'Andere' führte.
- Um dies zu korrigieren, wurde eine räumliche Verknüpfung mit den Gebäudegeometrien durchgeführt. So wurde die Kategorisierung eines Tiles neu zugeordnet, basierend auf dem grössten Gebäude, das es schnitt, vorausgesetzt, es gab keinen Arbeitgeber für dieses spezifische 100m Quadrat. Diese Anpassung verbesserte die Kategorisierungsqualität erheblich, bestätigt durch empirische Verkehrsdaten für bekannte Tiles.

Durch diese drei Schritte konnte eine diskrete Wahrscheinlichkeitsverteilung um jede Tile und für jede Kategorie erstellt werden. Diese Methodik ermöglichte es, den gesamten Besucher- und Arbeitnehmerverkehr genau einzelnen Unternehmen oder Kategorien zuzuordnen, was für die Implementierung der oben genannten Formeln entscheidend ist. Dieser umfassende Ansatz stellt sicher, dass die Verkehrsdaten die tatsächlichen Aktivitäten und Verkehrsgeneratorn innerhalb jedes Tiles widerspiegeln.

Berechnung Modal Split

Die Mobilfunkdaten ermöglichen zwar eine Unterscheidung zwischen Fahrten auf der Schiene und der Strasse, jedoch wird bei Strassenfahrten nicht zwischen Auto, Bus, Tram und LV differenziert. Da viele der als Autofahrten gekennzeichneten Wege in Wirklichkeit Fahrten mit dem ÖV oder LV sind, führte dies zu einer Überschätzung der Potenziale. Um diesen Effekt zu verringern und eine genauere Zuordnung der Verkehrsarten zu ermöglichen, wurde entschieden, weitere Verkehrsmodi unter Verwendung von Google-Daten hinzuzufügen. Diese Entscheidung basierte auf der Erkenntnis, dass die Mobilfunk-Daten, die nur Züge und Autos berücksichtigen, zu Einschränkungen in der Genauigkeit führten. Insbesondere für kürzere Distanzen unter 10 Kilometern zeigte eine Datenvalidierung eine gute Übereinstimmung mit der Realität für längere Fahrten (über 10km), während für kürzere Strecken Korrekturen notwendig waren.

Über den Google Environmental Insight Explorer konnten für alle Regionen und gröbere Städte zusätzliche Daten hinzugefügt und mit den Swisscom-Daten kombiniert werden. Fahrten unterhalb eines Kilometers Entfernung von einem Hotspot wurden dem LV zugeordnet. Alle anderen Trips bis zu einer Entfernung von 10km wurden über eine Verteilungskurve und die durchschnittliche Weglänge den entsprechenden Verkehrsmodi zugeordnet. Trips über 10km wurden basierend auf den Mobilfunkdaten entweder der Schiene oder dem motorisierten Individualverkehr (MIV) zugewiesen.

Um eine konsistente und landesweit übereinstimmende Verteilung zu erreichen, wurden die Verteilungskurven von der KI mit Werten der von LITRA, VöV und ARE in Auftrag gegebenen Studie '[Der Modalsplit des Personenverkehrs in der Schweiz](#)' abgeglichen. Diese Methodik ermöglichte es, die Genauigkeit der Daten signifikant zu verbessern und somit realitätsnähere Modelle des Verkehrsflusses und der Mobilitätspotenziale zu erstellen. Mit diesen Schritten konnten die Zahlen korrigiert und eine präzisere Zuordnung der Verkehrsmodi in den unterschiedlichen Kategorien und Distanzbereichen

erreicht werden, was für die Analyse und Planung von Mobilitätsstrategien von entscheidender Bedeutung ist.

Vergleich Modalsplit		
PKM	Studie	KI 5-in5
MIV	65%	69.11%
ÖV	28%	26.50%
LV	6%	4.00%
Andere	1%	0.39%

Tabelle 12: Vergleich Modal Split auf Basis von Personenkilometern von einer Studie von Litra, VöV und des ARE (2015) und der Daten in der 5-in-5-KI.

Für den Validierungsprozess wurden die Daten, die vom Google Environmental Insight Explorer gesammelt wurden, in zwei Abschnitte unterteilt: Städte und Kantone. Dieser Ansatz ermöglichte es, jede Tile innerhalb der spezifischen Geometrie eines Kantons oder einer Stadt dem dort relevanten Modal Split zuzuordnen. Es konnten erfolgreich Daten für jeden Kanton, mit Ausnahme von Appenzeller Innerrhoden sammeln. Diese Auslassung wurde als nicht kritisch angesehen, da keiner der Top-1000-Hotspots innerhalb der Grenzen dieses Kantons liegt.

Für folgende Städte wurden diese Daten angewendet:

- Basel
- Bern
- Genf
- Luzern
- Lugano
- St. Gallen
- Winterthur
- Zürich

Die Rohdaten konnten direkt aus diesen Quellen extrahieren werden. In Kantonen wurde eine Anpassung des Modal Splits vorgenommen. Dies war notwendig, da der Modal Split in einer grossen Stadt oft von dem Trend abweicht, der im gesamten Kanton beobachtet wird. Zum Beispiel unterscheidet sich der Modal Split in der Stadt Zürich von dem im Kanton Zürich. Durch diese Korrektur wurde sichergestellt, dass die Daten repräsentativer und genauer wurden.

Um die Reisen in den Daten effektiv auf verschiedene Verkehrsmittel zu verteilen, wurde eine Monte-Carlo-Simulation durchgeführt, die mit log-normalen Verteilungsmodellen integriert wurde. Die Methodik dieser Simulation ist wie folgt:

1. Schritt: Zuordnung von log-normalen Verteilungen:

Jedes Verkehrsmittel wurde mit einer spezifischen log-normalen Verteilung verknüpft. Die Parameter dieser Verteilungen basierten auf der mittleren Reisedistanz pro Verkehrsmittel, wie sie vom BFS bereitgestellt wurden, und der Standardabweichung als Hyperparameter.

Um die Formel für jeden Transportmodus zu verallgemeinern und Klarheit über die log-normale Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion (pdf) zu bieten, werden die Formel aktualisiert und die explizite Definition der lognorm pdf einbeziehen.

Die verallgemeinerte Formel für die Wahrscheinlichkeit einer Reise über eine bestimmte Entfernung x unter Verwendung eines beliebigen Transportmodus, basierend auf einer log-normalen Verteilung, lautet:

$$P(x) = \begin{cases} \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) & \text{falls } 0 \leq x \leq \text{max_distance} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Dabei ist:

- $P(x)$ die Wahrscheinlichkeit, dass die Reise eine Länge von $\ln(x)$ hat.
- x repräsentiert die spezifische Distanz, für die die Wahrscheinlichkeit berechnet werden soll.



- σ ist die Standardabweichung der log-normalen Verteilung.
- μ ist der Mittelwert des natürlichen Logarithmus der Verteilung, berechnet als $\ln(\text{median_distance}) / (\sigma^2/2)$.
- max_distance ist die maximal betrachtete Entfernung, standardmäßig auf 1000 km festgelegt.

Der Ausdruck

$$\frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(x) - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

ist die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der log-normalen Verteilung. Diese Funktion eignet sich besonders gut zur Modellierung von Verteilungen nicht-negativer Werte wie Entfernungen. Sie kann die schräge Natur von Entfernungswerten aufnehmen, was sie für verschiedene Transportmodi über das Radfahren hinaus geeignet macht. Durch Anpassung der Parameter für die mittlere Entfernung und die Standardabweichung basierend auf empirischen Daten für jeden Transportmodus kann diese Formel die Verteilung der Reiselängen genau abbilden.

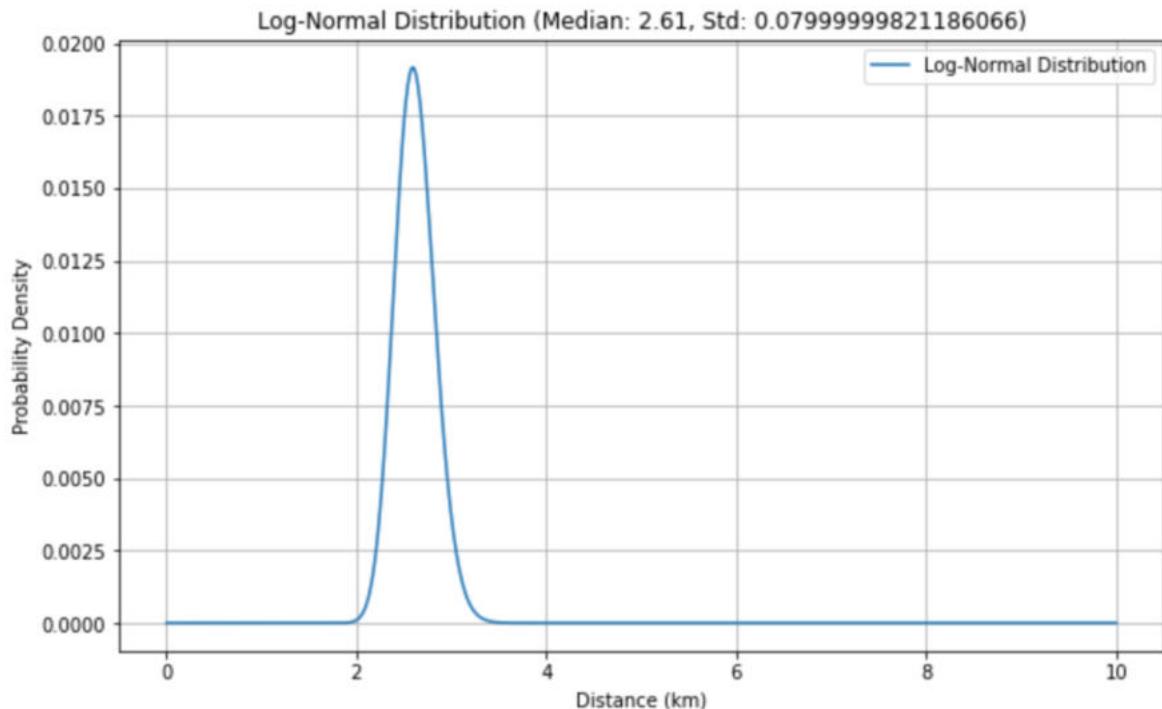


Abbildung 29: Log-Normal Verteilung für Fahrradrouten für das verwendete Modell. Abbildung xy: Log-Normal Verteilung für Fahrradrouten für das verwendete Modell.

Die log-normalen Verteilungen wurden so skaliert, dass ihre Summe dem Modal Split des entsprechenden Verkehrsmittels entsprach, wie er aus den Google-Daten abgeleitet wurde.

2. Schritt: Feinabstimmung der Standardabweichung:

Da für jedes Verkehrsmittel keine Standardabweichungsdaten vorlagen, behandelten wir diese als Hyperparameter. Dieser Parameter wurde später mit einem neuronalen Netzwerk feinjustiert, das anschließend im Detail beschrieben wird.

3. Schritt: Prozess der Monte-Carlo-Simulation:

Für jede Tile innerhalb der Top-1000-Hotspots wurden die Modal-Split-Daten basierend auf der Geometrie des Kantons, in dem es liegt, bestimmt. Mit diesem Modal Split wurden Wahrscheinlichkeitsverteilungen für jedes Verkehrsmittel berechnet, jede mit ihrem spezifischen Median. Diese Verteilungen wurden so skaliert, dass sie in der Summe 1 ergaben.

Es wurde ein Bereich für jedes Verkehrsmittel definiert und jeder Reise wurde zufällig Zahl zugeordnet, wobei jede Reise zufällig einem Verkehrsmittel zugewiesen wurde. Die Optionen für die Verkehrsmittel, zusammen mit ihrem jeweiligen Prozentsatz, mittlerer Entfernung und Standardabweichung, waren wie folgt:

```
options={
  'foot': {'percentage':0.0437,'median_distance':0.81,'std':0.3219},
  'car': {'percentage':0.7482,'median_distance':9.31,'std':1.3831},
  'train': {'percentage':0.1293,'median_distance':16.625,'std':0.7553},
  'tram': {'percentage':0.0073,'median_distance':3.18,'std':0.7160},
  'bike': {'percentage':0.0238,'median_distance':2.61,'std':0.7879},
  'bus': {'percentage':0.0252,'median_distance':5.14,'std':0.9223},
  'u-bahn': {'percentage':0,'median_distance':3.17,'std':0.4208},
  'motorbike': {'percentage':0.0166,'median_distance':6.02,'std':0.417}
}
```

Abbildung 30: Wahrscheinlichkeitsverteilungen für jedes Verkehrsmittel für die Modal Split Berechnung mit ihrem spezifischen Median.

Die Simulation wurde mehrmals wiederholt, bis Konvergenz erreicht war, um sicherzustellen, dass die resultierende Verteilung der Reisen über die Verkehrsmittel die beobachteten Modal Splits und Distanzen genau widerspiegelte.

4. Schritt: Aktualisierung für neue Verkehrsmittel:

Die Werte für jedes Verkehrsmittel wurden aktualisiert, um die Aufnahme neuer Modi zu berücksichtigen, wodurch die Genauigkeit und Relevanz des Modells verbessert wurden.

Durch diesen umfassenden Monte-Carlo-Simulationsansatz, der log-normale Verteilungen und iterative Konvergenz nutzt, konnten ein robustes und genaues Modell der Verkehrsverteilung über verschiedene Verkehrsmittel erstellt werden. Diese Methodik ermöglichte ein nuanciertes Verständnis von Verkehrsmustern und war entscheidend für die Entwicklung effektiver Mobilitätsstrategien und -lösungen.

In dieser Arbeit zur Feinabstimmung der Hyperparameter für die Standardabweichungen der verschiedenen Verkehrsmodi standen keine spezifischen Daten für jeden einzelnen Modus zur Verfügung. Jedoch verfügten wir über schweizweite Modal-Split-Daten für jeden Verkehrsmodus. Um diese Herausforderung zu bewältigen, entwickelten wir eine Monte-Carlo-Simulation, die einen Vektor



der Standardabweichungen (eine Standardabweichung pro Verkehrsmodus) empfängt. Nach der Zuordnung der Fahrten mass die Simulation den resultierenden Modal-Split, ebenfalls als Vektor dargestellt, für jeden Verkehrsmodus schweizweit.

Zur Optimierung des Standardabweichungsvektors wurde eine innovative Methode des Reinforcement Learning genutzt. Die Methode nutzt ein neuronales Netzwerk, um den optimalen Standardabweichungsvektor zu berechnen, sodass der Mean Squared Error (MSE) zwischen dem Ausgabewert der Simulation und den BFS Modal-Split-Daten minimiert wird.

Hierbei gab es eine Herausforderung: Da der Fehler in der Ausgabeschicht des Netzes vorhergesagt werden muss, und man für die Vorhersage des Standardabweichungsvektors nicht den MSE mit dem Modal-Split-Vektor verwenden konnte, schien dies zunächst schwierig.

Eine Lösung hätte im Einsatz von Q-Learning bestehen können, aber die Diskretisierung des Ausgabevektorraums für die Standardabweichungen mit ausreichender Auflösung war für die Feinabstimmung von lediglich fünf Parametern zu umfangreich. Daher wurde für eine Encoder-Decoder-Architektur entschieden, bei der der latente Raum tatsächlich den Vektor der Standardabweichungen darstellt.

Mit diesem neuartigen Ansatz wurde das Netzwerk trainiert, um den Ausgang der Monte-Carlo-Simulation basierend auf der Aktion (dem Vektor im latenten Raum der Standardabweichungen) vorherzusagen, der wiederum von einem gewünschten Modal-Split (dem Eingabewert) vorhergesagt wird. Zu Beginn des Trainings explorierte man zufällige Modal-Split-Eingaben, um das Netzwerk zu trainieren. Nach einigen Epochen wurden die Exploration reduziert und man konzentrierte sich auf den gewünschten Modal-Split.

Diese Methode erwies sich als zufriedenstellend. Die Grösse des neuronalen Netzwerks war klein, und die Ergebnisse führten zu einem niedrigen MSE im Vergleich zu den BFS-Zahlen. Dieser Ansatz scheint sehr vielversprechend und soll weiter erforscht werden. Insbesondere die Fähigkeit des Netzwerks, den Modal-Split-Ausgang vorherzusagen, bedeutet, dass es die internen Nuancen der Verteilung der Verkehrsmodi in der Schweiz basierend auf Verschiebungen in der mittleren Entfernung lernt. Dies deutet darauf hin, dass das neuronale Netzwerk helfen könnte, die Auswirkungen (Elastizität) der Veränderung einer Variablen auf die Verteilung der Fahrten im Land vorherzusagen.

Die verwendete Architektur, eine Variante eines Autoencoders, umfasst einen Encoder und einen Decoder mit mehreren Schichten und Aktivierungsfunktionen.

Referenzmonat

Eine Berechnung aller Trips und PKMs für ein komplettes Jahr war aufgrund des kurzen Projektzeitraums nicht möglich. Daher wurde für die Berechnung ein Referenzmonat zugrunde gelegt. Die Autoren sehen keinen Anlass die grundsätzliche Aussagekraft der Daten und Arbeit zu hinterfragen.

12.2. Anhang 2: Kosten für vorgeschlagene Massnahmen

Um die vorgeschlagenen Massnahmen durchführen zu können und vor allem auch zum Erfolg zu führen, fallen bei der Branche, beim Unternehmen und auch Mitarbeitenden Kosten an. Im Folgenden wird auf die Kosten pro Massnahme eingegangen:

Verhaltensänderung

Bei der Verhaltensänderung haben die Arbeitnehmenden schon heute die Möglichkeit gleich schnell oder ähnlich schnell wie mit dem MIV zur Arbeit zu kommen. Daher bedarf es keines Ausbaus von Mobilitätslösungen. Allerdings bedarf es anderer Lösungen wie u.a. die Einführung von attraktiven ÖV-Tickets, individueller Parkplatzbewirtschaftung und guter Kommunikation und Werbekampagnen innerhalb des Unternehmens. Viele Unternehmen werden mit bestehenden Lösungen arbeiten können oder diese nur leicht anpassen müssen, kleinere Unternehmen sicherlich eine Lösung auf Vertrauensbasis einführen. Bei grösseren Arbeitgebern wird man vieles automatisieren müssen, um das Management von diesem System zu überzeugen. Daher werden hier gerade bei der Parkplatzbewirtschaftung Kosten entstehen. So muss diese über eine Schnittstelle zu der Personalsoftware angebunden werden, um eine einfache Abrechnung zu gewährleisten. Allerdings werden die Kosten geringer, je mehr Arbeitgeber mitmachen, da dann zu den gängigsten Personalsystemen schon Schnittstellen vorhanden sein werden. Hinzu kommt eine vollautomatische Lösung zur Nummernschilderkennung, bei der Kameras installiert werden müssen. Für die Kommunikation und eine Werbekampagne sollte man auch Kosten für das Unternehmen veranschlagen.

Überblick: Berechnung Kosten:

Die Kostenkalkulation ist eine grobe Annahme und in keiner Form mit einer sauberen Prüfung und Detailplanung durch Angebotsplaner zu verwechseln. Es soll grob aufzeigen, wie hoch die Kosten ungefähr sind, um die Massnahmen zu realisieren.

Verhaltensänderung

Minimale Kosten

- Werbekampagne: CHF 10.000 pro Unternehmen
- Wenn man mehrere Unternehmen pro Quadratkilometer für die Aktion bündelt (beispielsweise ein ganzes Industriegebiet), dann werden die Kosten auf max. CHF 50.000 für das Cluster angenommen.

Maximale Kosten

- Werbekampagne: CHF 10.000 pro Unternehmen, max. CHF 50.000 pro Cluster
- Integration Personalsoftware bei Einführung Parkplatzbewirtschaftung: CHF 5.000 (Einmalkosten)
- Kameras und Installation bei Einführung Parkplatzbewirtschaftung: CHF 25.000. (Einmalkosten)
- Bei Berechnung dieser Kosten für ein gesamtes Cluster (alle Arbeitgeber in einem Quadratkilometer) gehen die Autoren von einer Initialinvestition von CHF 1.000.000, da viele Parkflächen gemeinsam genutzt werden oder kleinere Firmen keine grossen Investitionen tätigen müssen.

Letzte Meile

Bei der Verbesserung der letzten Meile werden zwei Massnahmen als relevant angesehen. Zum einen die Bereitstellung von Shuttle-Bussen zum Arbeitgeber und zum anderen vom Angebot attraktiver Fahrrad- und Scooter-Lösungen. In der Berechnung rechnen wir beide Massnahmen als "Stand-Alone-Lösung" und habe damit eine teurere Lösung und eine günstigere Lösung. Je nach Arbeitgeber-Standort und Entfernung zum Bahnhof, müsste man prüfen, welche Lösung für welchen Standort Sinn ergibt.

Überblick Berechnung Kosten:

Minimale Kosten

Die günstige Alternative, wenn nicht schon vorhanden, wäre die Einführung von Fahrrädern und



Scootern. Für die Firma Bühler lagen uns Angebote von verschiedenen Providern (u.a. Tier und PubliBike) vor. Der angenommene Preis stellt einen Durchschnittswert dar.

- Je 50 Fahrräder / Scooter: CHF 25.000 pro Jahr

Maximale Kosten

Wenn man dem Arbeitgeber einen Shuttle-Bus vom Bahnhof anbieten möchte, dann kommt auf folgende Kosten. Die Preise sind geschätzt auf Erfahrungswerten und können stark variieren, je nach Standort und Fahrtstrecke.

Shuttle Bus:

- Insassen max. 8,
- Fahrten zu Hauptanreisezeiten (6:30 Uhr bis 9:00 Uhr)
- Mögliche Fahrten, ca. 7 (alle 20 Minuten - mit Hin-und Rückweg)
- Kapazität an einem Morgen: $7*8 = 56$ Personen
- Kosten für einen Bus: ca. CHF 200.000 pro Jahr

Normaler Bus:

- 40 Sitzplätze, 40 Stehplätze
- Fahrten zu Hauptanreisezeiten (6:30 Uhr bis 9:00 Uhr)
- Mögliche Fahrten, ca. 7 (alle 20 Minuten - mit Hin-und Rückweg)
- Kapazität an einem Morgen: $7*80 = 560$ Personen
- Kosten für einen Bus: ca. CHF 500.000 pro Jahr

Damit ergeben sich folgende Werte

- <50 Umsteiger: CHF 200.000
- <100 Umsteiger: CHF 400.000
- <450 Umsteiger: CHF 500.000
- <500 Umsteiger: CHF 700.000
- < 600 Umsteiger: CHF 900.000
- <900 Umsteiger: CHF 1.000.000
- >900 Umsteiger: CHF 1.200.000 (aufgrund von Skaleneffekten)

Fahrradkultur

Bei der Fahrradkultur fallen keine grossen Kosten an, da die Abwicklung und die Rabatte über die Händler erfolgt, die man für grosse Firmen gewinnen kann. Zusätzlich sollte man aber gute Kampagnen machen und die Aufmerksamkeit auf das Thema lenken mit Zusatzoptionen wie beispielsweise Bike-to-Work oder mit Fahrradputzstrasse und -services einmal im Jahr.

Hier wurde von Kosten von max. CHF 10.000 pro Arbeitgeber und max. CHF 50.000 pro Cluster ausgegangen.

Arbeitszeitbedingungen

Die Anpassungen der Arbeitszeiten erfordern keine zusätzlichen Aufwendungen, da es lediglich einer Entscheidung der Unternehmen bedarf, ihren Arbeitnehmenden flexiblere Arbeitszeiten zu gewähren und die anrechenbare Arbeit im Zug zu ermöglichen.

Car Pooling

Auch bei Car Pooling fallen in der Regel keine Kosten an. Man sollte diese Massnahme aber gut kommunizieren und daher wurde hier mit Kosten von CHF 5.000 pro Unternehmen (pro Cluster max. 25.000) gerechnet. Um das Thema wirklich gross machen, müsste auch eine gute Car Pooling App entwickelt werden. Daher wird hier noch eine Lizenzgebühr von CHF 50 pro Jahr pro Nutzer (Umsteiger *2) in die Kosten eingerechnet.



12.3. Anhang 3 - Datenqualitätsanalyse mit Ground-Truth Daten

In diesem Anhang werden weitere Analysen zur Validierung der Mobilfunkdaten aufgeführt:

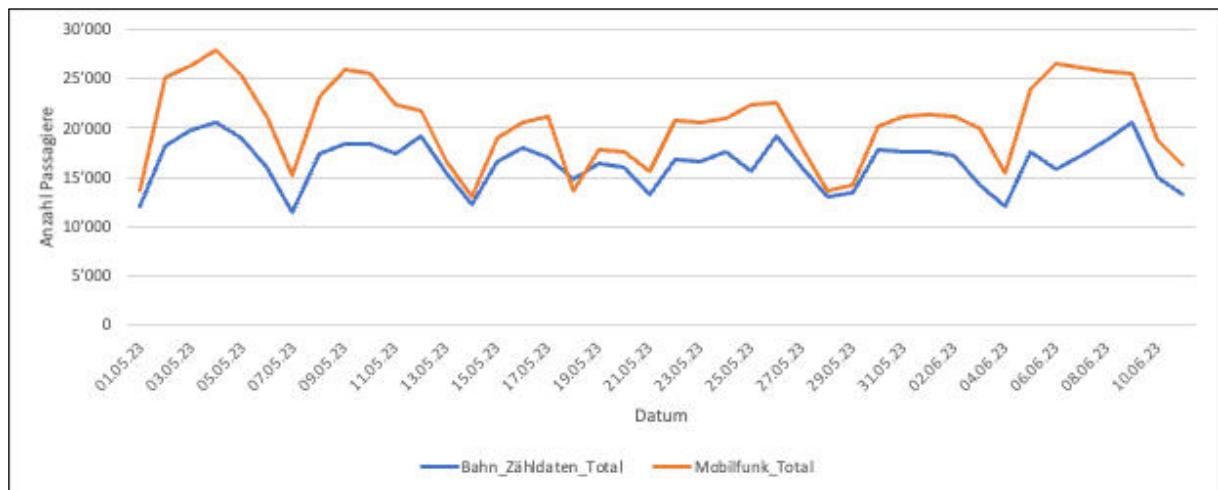


Abbildung 31: Anzahl Passagiere auf der Bahnstrecke zwischen Frauenfeld und Winterthur im Zeitraum 01.05.2023 bis 11.06.2023 Vergleich Zähldaten Bahn mit den Werten vom Mobilfunkanbieter (MIP-Daten).

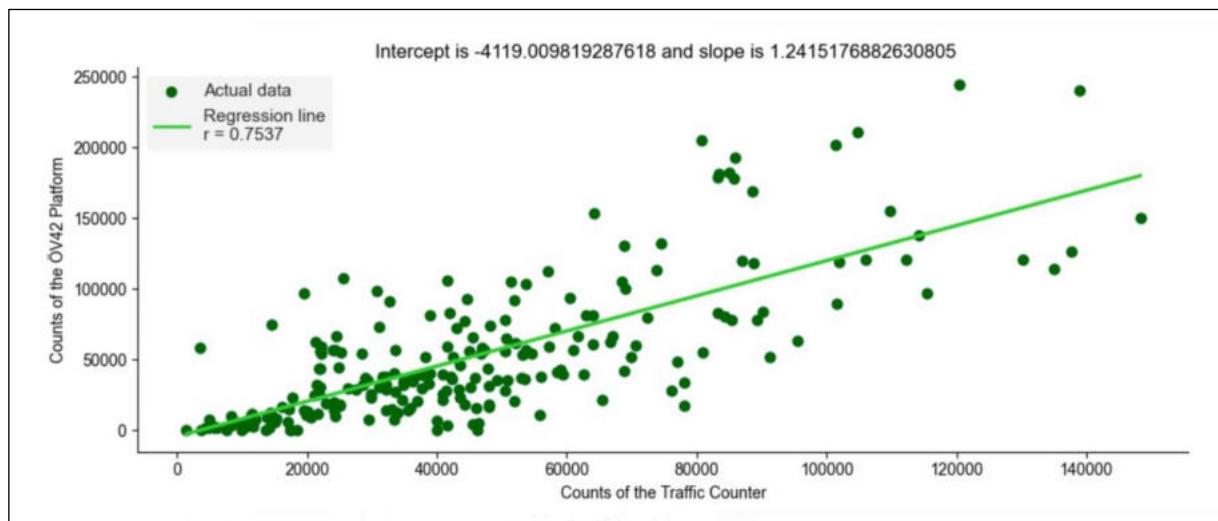


Abbildung 32: Anzahl Autodurchfahrten auf Autobahnen auf offiziellen Autozählern und mit den Werten vom Mobilfunkanbieter (ÖV42 Plattform - Roads Feature). Autozähler vs. Road Feature hat einen Korrelationskoeffizienten von 0,75 (Pearson-Korrelation), d.h. 75% der Daten können durch die eingezeichnete Gerade erklärt werden (nach Eliminierung der Outliner mit der IQR-Methode). Aufgrund von Anonymisierung und Zuweisung muss man Road Feature mit 1.5 multiplizieren.

BLS alle Linien vs. Mobilfunkdaten alle BLS-Linien

Die BLS hat ihre eigenen Daten mit den Daten des Mobilfunkanbieters (ÖV42 - Traincounter)

verglichen. Dabei stellte sich heraus, dass bestimmte Korridordaten (z.B. Korridor Bern - Neuchatel) nur geringe Abweichungen von ca. 5% haben. Auch die Anzahl Gesamteinsteiger der BLS sind mit den Daten von ÖV42 gerade einmal 1.6% voneinander abgewichen.

Weiterführende Analysen

Die Swisscom hat weitere Validierungsanalysen mit Seilbahnanbietern, Gross-Veranstaltungen, Touristen-Orten (Übernachtungszahlen) und Ski-Gebiete mit ihren Mobilfunkdaten durchgeführt. Hier gab es grosse Übereinstimmungen und Muster können gut erkannt werden. Aufgrund von vertraglichen Verpflichtungen mit Kunden können hier die Graphen nur anonymisiert und ohne Werte dargestellt werden. Weitere Auskunft kann bei Bedarf die Swisscom geben.

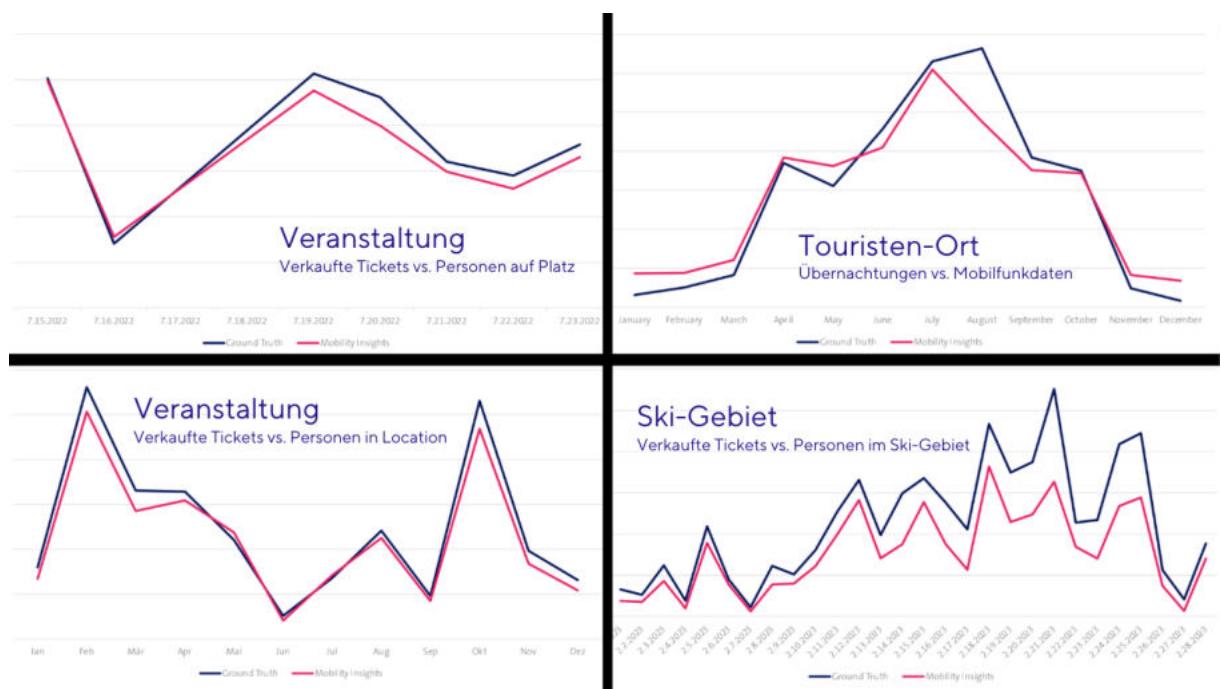


Abbildung 33: Beispiele aus anderen Bereichen, in denen Swisscom die Mobilfunkdaten mit realen Daten aus unterschiedlichen Quellen abgleicht und validiert.