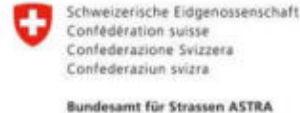
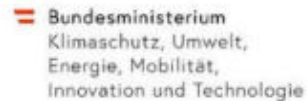


VERA.

Verlagerungspotenzial von Radverkehrsanlagen

Österreichischer Radgipfel, 16.-17. April 2024

Dr. Martin Loidl – Paris Lodron Universität Salzburg (PLUS)



Neu- und Ausbau von
Radverkehrsanlagen

Verkehrs-
verlagerung

Routen-
verlagerung

Effektgröße

Input für Planungen

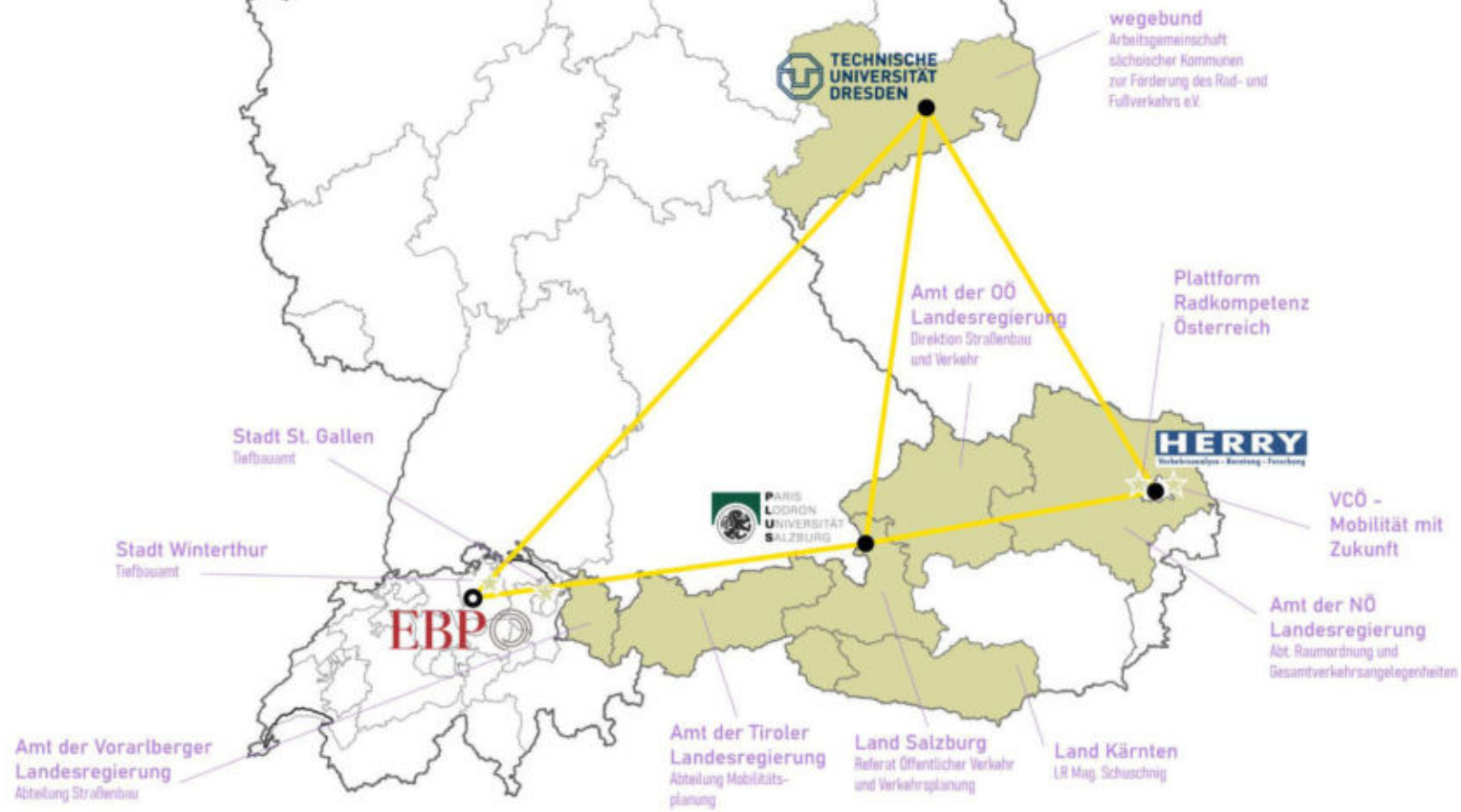


Forschungsbedarf

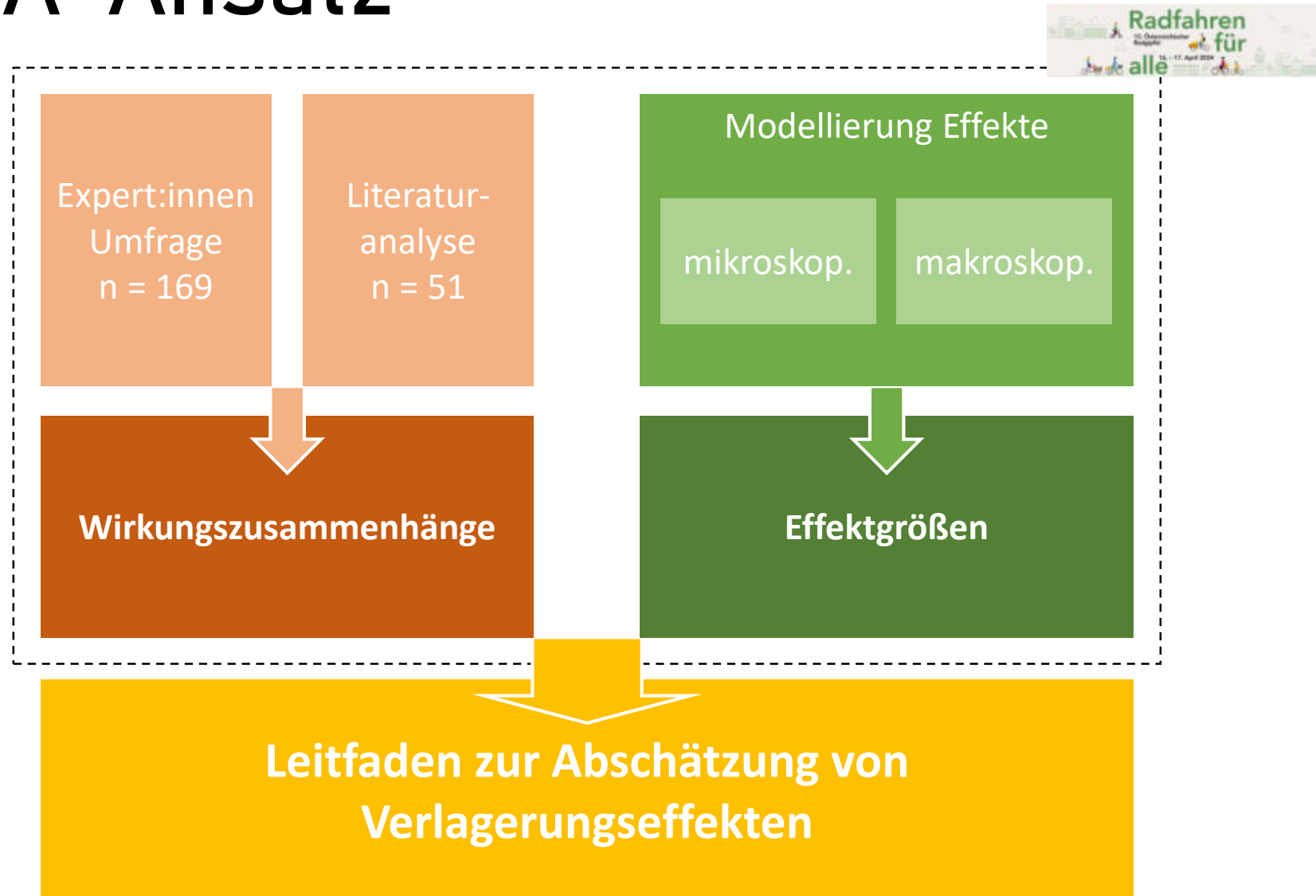
- ☒ Zusammenhang Infrastruktur – Mobilitätsverhalten → kollektiv
- ☐ Zu erwartende Effekte einzelner Maßnahmen
- ☐ Ko-Faktoren (systemische Abhängigkeiten und Wirkungen)
- ☐ Minimierung des Modellierungs- und Datenerhebungsaufwands



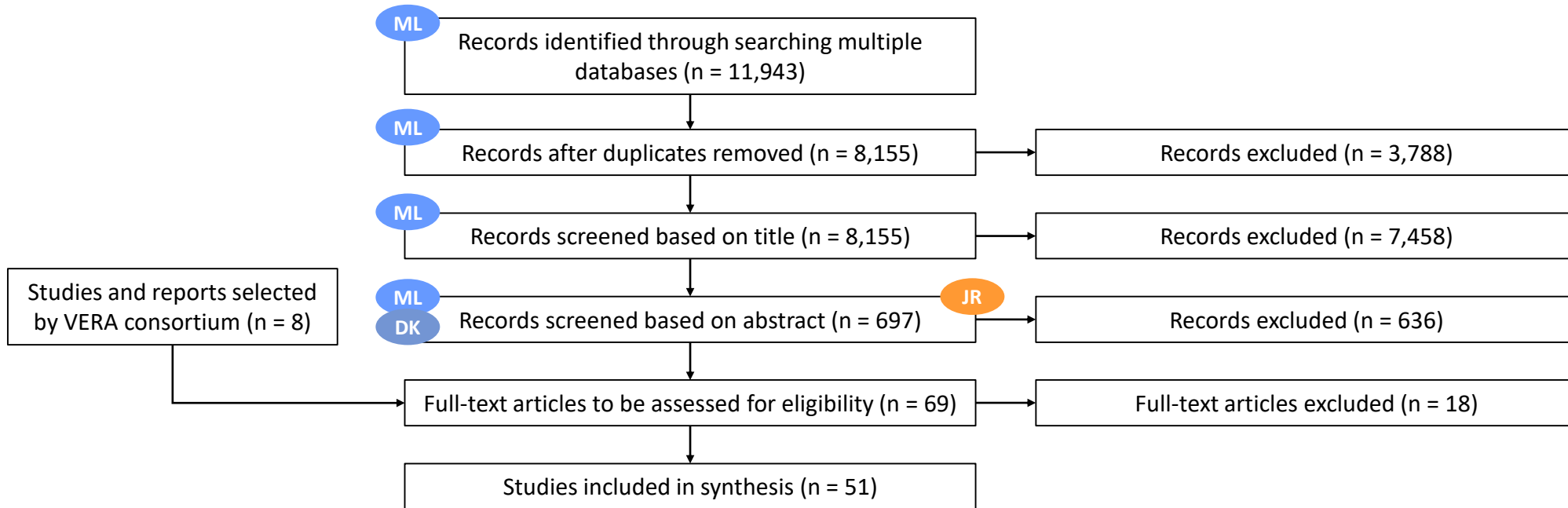
Projektlaufzeit:
1.11.2022 –
31.10.2024



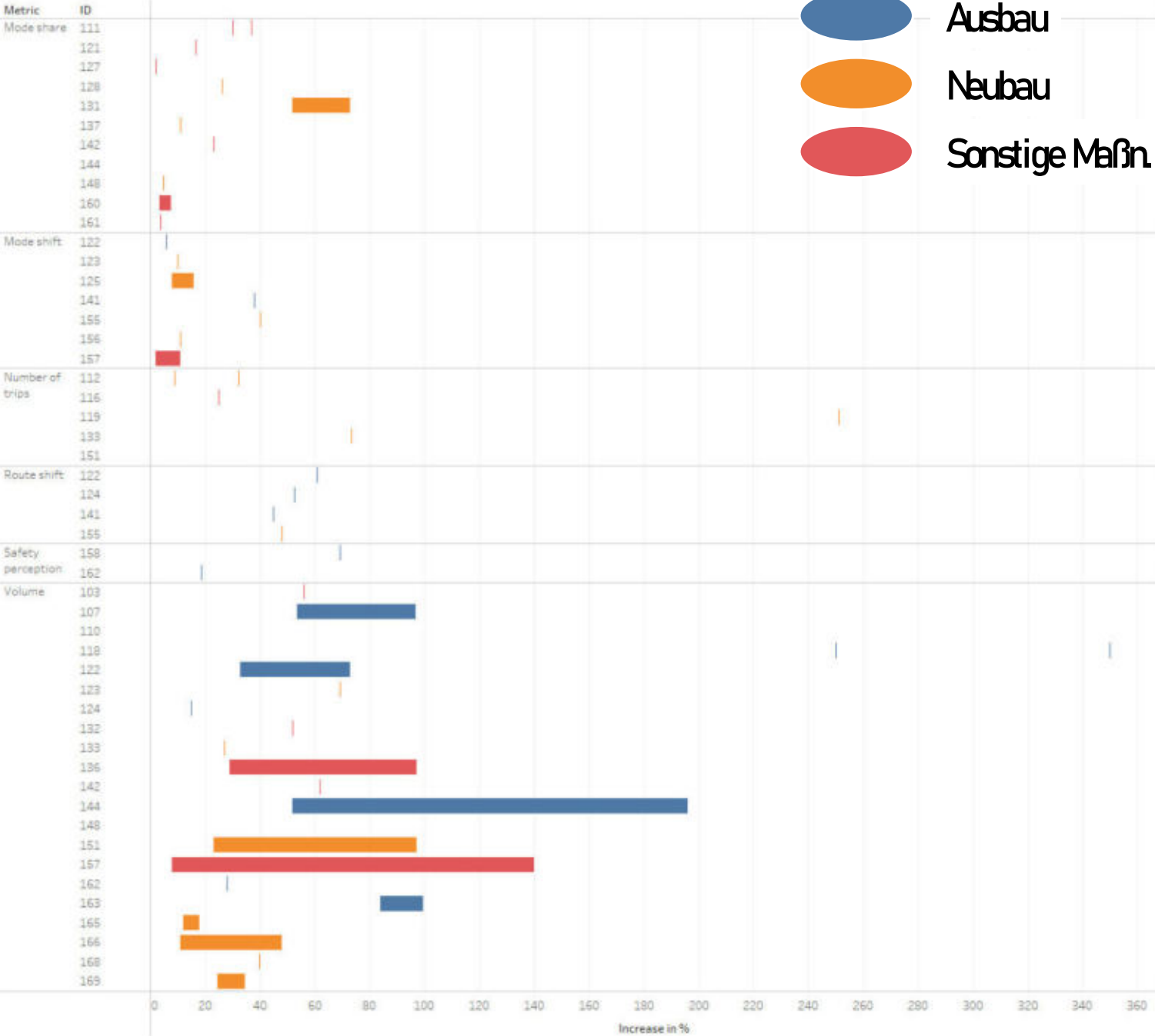
VERA-Ansatz



Literaturanalyse



Increase Metrics



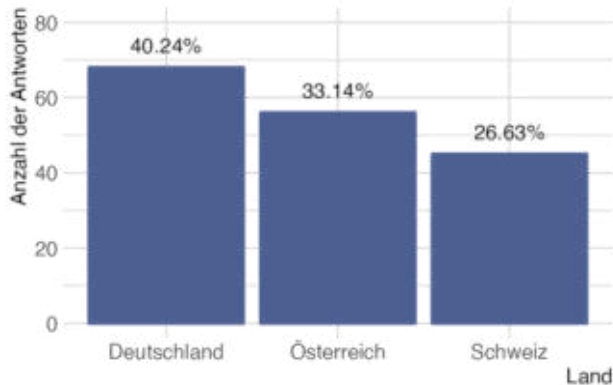
Quantitative effects with total/mean increase



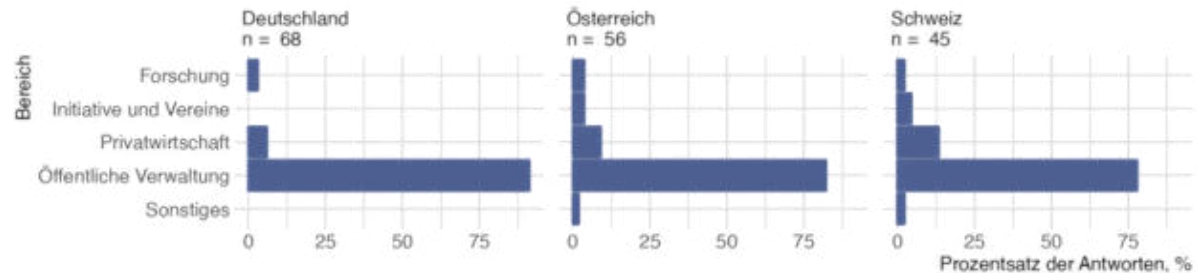
Expert:innen-Umfrage

- Samplegröße = 169 (DACH)
- Schneeballsystem in Institutionen 1.3. – 18.7. 2023

In welchem Land sind Sie tätig?

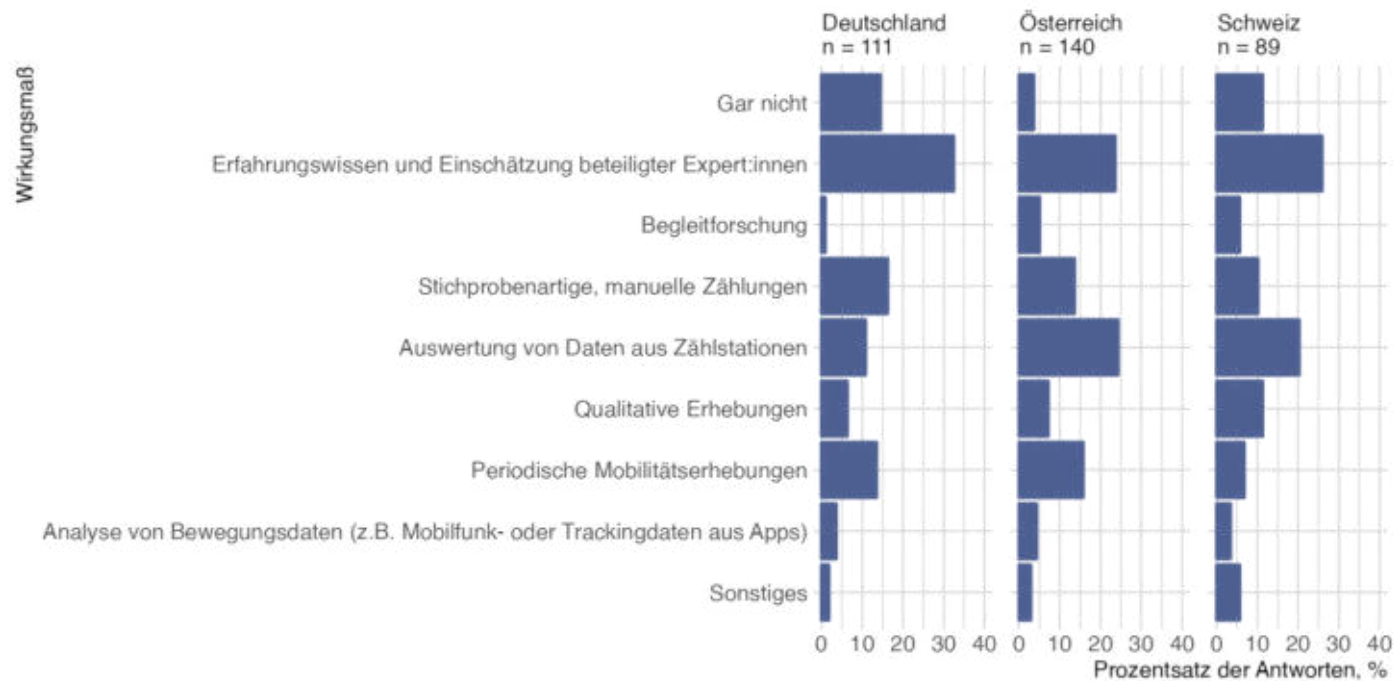


In welchem Bereich sind Sie aktuell tätig?



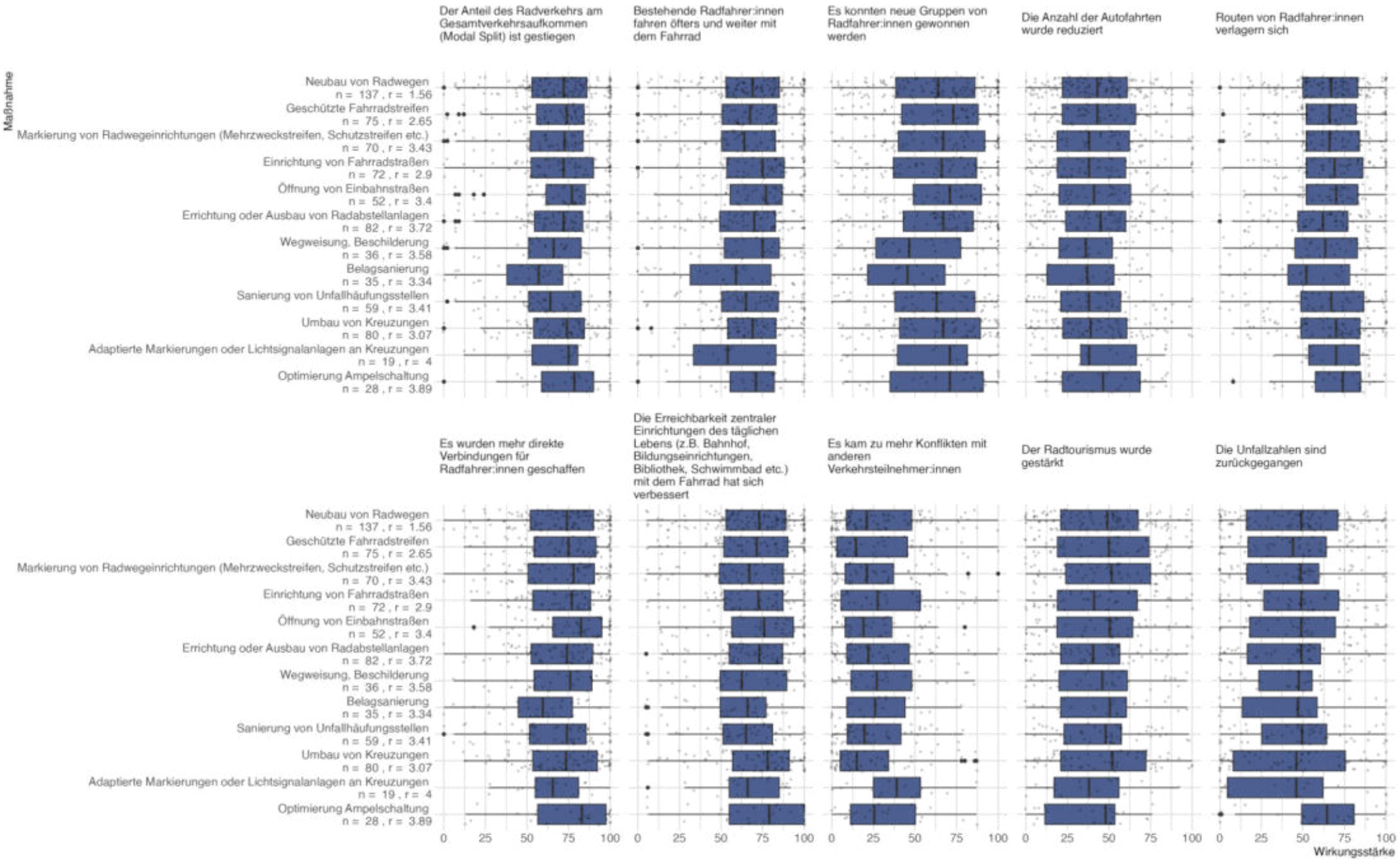
Expert:innen-Umfrage

Womit werden Wirkungen von Maßnahmen in Ihrem Wirkungsbereich festgestellt?



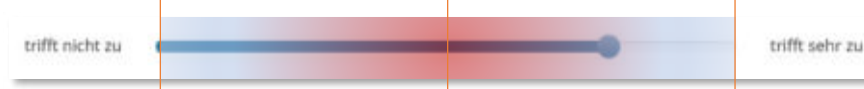
Wenn Sie einen Blick auf die von Ihnen gewählten Maßnahmen werfen, welche Wirkungen werden damit Ihrer Erfahrung bzw. Bewertung nach erzielt?

Maßnahme



Wirkungsmatrix aus Umfrage

- Stärke der Aussage je Maßnahme
 - Anzahl Nennungen * (5 – Ø Rang)
 - Numerische Klassifikation 1-5
- Stärke der Wirkung
 - Lage im Quintil von Mittelwert
 - Numerische Klassifikation 1-5
- Wirkungsmatrix
 - Stärke der Aussage * Stärke der Wirkung



n	r			Steigerung Radverkehrsanteil	Zunahme Häufigkeit Fahrradnutzung	Neue Gruppen von Radfahrer	Reduktion Autofahrten	Routenverlagerung	Mehr direkte Verbindungen	Verbesserung Erreichbarkeit	Zunahme Konflikte	Stärkung Radtourismus	Rückgang Unfallzahlen
137	1,6	5	Neubau von Radwegen	20	20	20	15	20	20	20	5	15	15
75	2,7	4	Geschützte Fahrradstreifen	16	16	16	12	16	16	16	4	12	12
70	3,4	4	Markierung von Radwegeeinrichtungen	16	16	16	12	16	20	16	4	12	12
72	2,9	4	Einrichtung Fahrradstraße	16	16	16	12	16	20	16	12	12	12
52	3,4	3	Öffnung von Einbahnstraßen	15	15	12	9	12	15	15	3	9	9
82	3,7	4	Errichtung oder Ausbau von Radabstellanlagen	16	16	16	12	12	16	16	4	12	12
36	3,6	3	Wegweisung, Beschilderung	12	12	9	9	9	15	9	9	9	9
35	3,3	3	Belagsanierung	9	9	9	9	9	9	12	9	9	9
59	3,4	3	Sanierung von Unfallhäufungsstellen	12	12	12	9	12	12	12	3	9	9
80	3,1	4	Umbau von Kreuzungen	16	16	16	12	16	16	20	4	12	12
19	4	2	Adaptierte Markierung oder LSA an Kreuzungen	8	6	8	6	8	8	8	6	6	6
28	3,9	2	Optimierte Ampelschaltung	10	8	8	6	8	10	10	6	6	8

Modellkonzeption

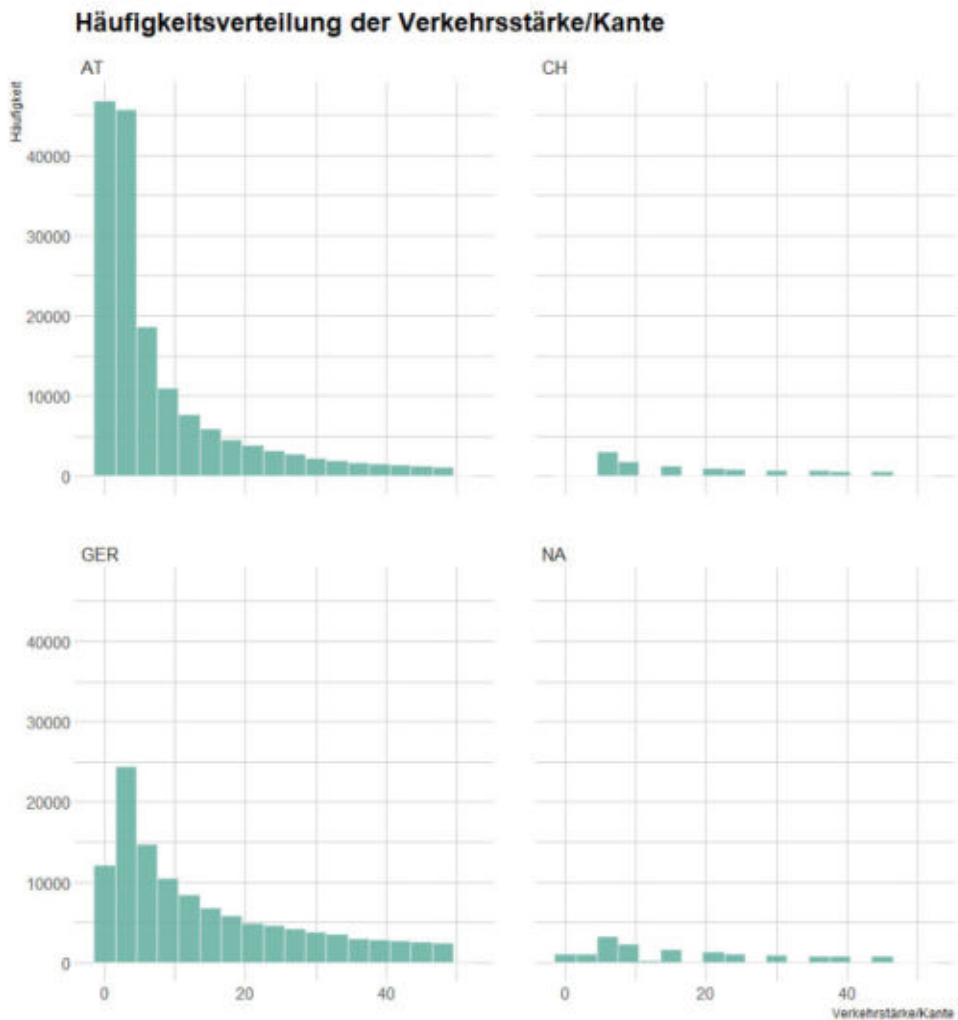
- **Detailebene: mikroskopisch (Maßnahme), mesoskopisch (Maßnahmenumfeld), makroskopisch (Netz)**
- **Input für Modellschätzung**
 - **Daten zur Radverkehrsnachfrage (Trajektorien unterschiedlicher Herkunft)**

	Österreich	Schweiz	Deutschland
Kampagne	Österreich radelt zur Arbeit	Strava	Stadtradeln
Erhebungsinstrument	Smartphone (GPS)	Smartphone (GPS)	Smartphone (GPS)
Untersuchungsraum	Wien	Zürich	Deutschland
Zeitliche Abdeckung	2013 – 2016	2019 – 2023	2018 – 2020, 2022 und 2023
Erhebungszeitraum	Ganzjährig	Ganzjährig	3 Wochen (Zeitraum je nach Kommune)
Zeitliche Aggregation	Monatlich	Monatlich	Jährlich
Map-Matching	OSM	OSM	OSM

- **Beschreibung Maßnahme**
- **Infrastruktur (Straßengraph), Demographie, Variablen für fixierte Effekte (PLZ, Stadt, Jahr, OSM-ID)**



Verkehrsstärken



Jahr	Mn	1st Qu	Median	Mean	3rd Qu	Max	Länder
2013	1,00	1,00	2,00	5,157	6,00	160,00	AT
2014	1,00	1,00	2,00	6,072	6,00	341,00	AT
2015	1,00	1,00	2,00	6,756	7,00	453,00	AT
2016	1,00	1,00	2,00	6,540	7,00	700,00	AT
2019	5,00	125,00	570,00	1342,00	1708,00	36315,00	CH
2020	0,00	16,00	75,16	305,82	210,00	46560,00	CHDE
2021	5,00	150,0	767,5	1977,1	2543,8	41525,00	CH
2022	0,00	25,67	104,00	363,49	298,00	38745,00	CHDE
2023	0,00	41,50	152,00	435,40	405,00	41095,00	CHDE



Difference-in-Difference

- Vor-/Nachher-Vergleich durch quasiexperimentelles Setting
 - Vergleich der Versuchsgruppe (=Kanten mit Maßnahme) mit Kontrollgruppe (=Kanten ohne Maßnahme) über den Verlauf der Zeit
- DID: Trendbereinigte Differenz
- Zielstellung:
 - Einflussstärke einer Maßnahme/Maßnahmenkategorie auf den Zählwert der jeweiligen Kategorie
- Statistische Umsetzung des Ansatzes durch Direct-Demand-Modell

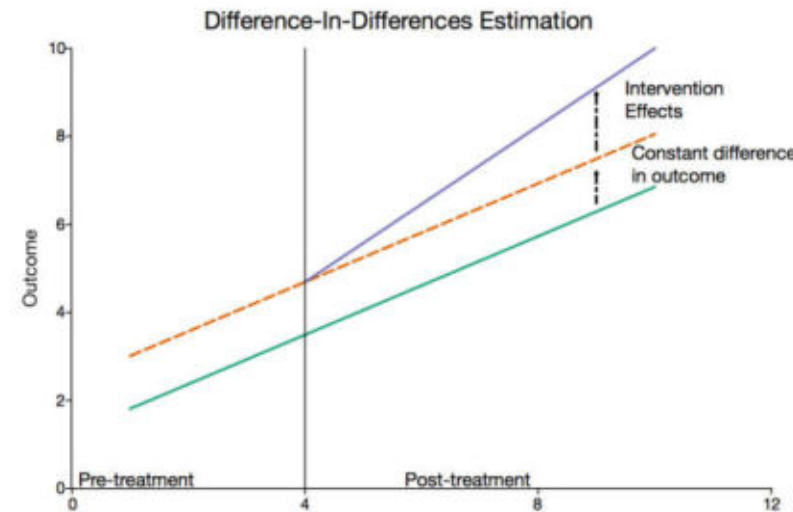


Bild: <https://www.aptech.com/blog/introduction-to-difference-in-differences-estimation/>



Methode Analytischer Ansatz

- Direct-Demand-Modelling mit Fixed Effects Regression
 - Unabhängige Variable: Verkehrsstärke in hoher Auflösung » nur Wirkung direkt auf Kante geschätzt, nicht im Straßenzug oder gar die Anzahl von Radfahrenden in einer Stadt
 - Abhängige Variablen: Maßnahme, Zeit und Proxyvariablen
 - Maßnahmenkategorie x Umsetzung (Faktorenlevel z.B.: keine Maßnahme, umgesetzte Öffnung von Einbahnstraßen) – Einteilung aller erhobener Maßnahmen in fünf Kategorien » Koeffizienten geben Wirkungsstärke einer Maßnahmenkategorie an
 - Zeit als Variable Date; jährliche (DACH) und monatliche (A-CH) Auflösung
 - Proxyvariablen/fixierte Effekte (fixed effects) in unterschiedlicher räumlicher Auflösung, um unbeobachtete Heterogenität zwischen Kanten, Stadtteilen, Untersuchungsgebieten und Ländern zu berücksichtigen
 - Schätzung des Modells: Maximum-Likelihood-Schätzung, Poisson oder Negative Binomialverteilung, geklusterte Standardfehler nach Conley (berücksichtigen räumliche Autokorrelation)



Maßnahmenlänge

- Modellschätzung nur mit klassifizierter Maßnahmenlänge (unabhängig von Kategorie)
 - Tendenz Längere Maßnahme wirken sich stärker auf die Anzahl der Radfahrenden aus
 - Nach Modellschätzung führen Maßnahmen mit einer Länge über 1 km zu Verdopplung der Radfahrenden auf Kante

	DACH	AT-CH
Maßnahmenlänge 0 - 100 m	1.308	1.415**
Maßnahmenlänge 100 - 500 m	1.425**	1.520**
Maßnahmenlänge 500 - 1000 m	1.408*	1.869+
Maßnahmenlänge >1000 m	1.813***	2.278***
Fälle	696022	2417403
R2	0.295	0.289
R2 Adj.	0.238	0.274
R2 Within	0.204	0.188
R2 Within Adj.	0.204	0.188
AIC	5902582.2	16011990.5
BC	8456540.1	18146419.0
RMSE	183.01	51.71
Std.Errors	Conley (2.4km)	Conley (1.9km)

*** $p \leq .001$ ** $p \leq .01$ * $p \leq .05$;



Länderspezifika

- Separate Modelle über alle Länder, Deutschland, Österreich und die Schweiz
 - Starke Maßnahmenwirkung von Neubau, Öffnung von Einbahnstraßen und Ausbau;
 - Fast doppelt so viele Radfahrende nach Markierung bzw. Neubau bei Maßnahmen in Österreich
 - Teilweise unplausible Modellschätzung für Deutschland vermutlich der mangelhaften Datenlage geschuldet

	alle	D	A	CH
Ausbau des Radwegenetzes	1.474**	0.871	-	1.642*
Belagssanierung	1.519*	1.275*	-	-
Markierung von Radverkehrsanlagen	1.072	0.652***	1.901*	1.219***
Neubau	1.266	1.374***	1.953***	1.844*
Öffnung von Einbahnstraßen	1.751***	1.134	1.394	2.108***
Fälle	696022	235408	356725	1050093
R2	0.295	0.256	0.241	0.245
R2 Adj.	0.238	0.202	0.152	0.241
R2 Within	0.204	0.173	0.133	0.163
R2 Within Adj.	0.204	0.173	0.133	0.163
AIC	5902582.2	2169593.9	2395720.8	9091906.7
BIC	8456540.1	2928973.1	3764312.6	9383070.7
RMSE	183.01	64.93	18.07	77.68
Std.Errors	Conley (2.4km)	Conley (2.9km)	Conley (2.5km)	Conley (0.3km)



Regionaltypen

■ Modellschätzung für verschiedene Regionaltypen:

(1) Städtische Gemeinde einer großen Agglomeration

(2) Städtische Gemeinde einer mittelgroßen Agglomeration

(3) Ländliche zentral gelegene Gemeinde

- Tendenzen auf Grund der tw. geringen Stichprobe bei ländlichen Gemeinden kaum generalisierbar
- Stärkere Maßnahmenwirkung bei Ausbau und Neubau in mittelgroßen Agglomerationen/ländlichen Gemeinden
- Stärkerer Effekt von geöffneten Einbahnstraßen bei großen Agglomerationen

	(1)	(2)	(3)
Ausbau des Radwegenetzes	1.480**	2.311***	2.092***
Belagsanierung	1.601**	-	
Markierung von Radverkehrsanlagen	1.022	1.190+	
Neubau	1.294	1.789**	1.457***
Öffnung von Einbahnstraßen	1.802***	1.448***	
Fälle	631015	43095	18546
R2	0.298	0.269	0.297
R2 Adj.	0.237	0.222	0.247
R2 Within	0.205	0.192	0.223
R2 Within Adj.	0.205	0.192	0.223
AIC	5252139.5	427744.6	181036.2
BIC	7622956.3	540929.3	228207.8
RMSE	184.34	157.11	113.87
Std.Errors	Conley (2.7km)	Conley (0.66km)	Conley (0.72km)



Auswertung Modellergebnisse Mesoskopisch



Bild: LHD002023

Einrichtung einer Fahrradstraße
in Dresden

Vorher: Mischverkehr

Länge: 3,0 km

Bau: 2023



Auswertung Modellergebnisse Mesoskopisch



Leitfaden



Erwartete Ergebnisse

- Level A: Optimale Datenverfügbarkeit
 - Mikroskopische Verlagerungsanalyse
 - Modell TUDresden
 - Verlagerung von MV auf Rad
- Level B: Mobilitätsdatenerhebung vorhanden
 - Makroskopische Wirkungsanalyse
 - Bandbreiten gemäß Modell und Wirkungsmatrix
 - Abschätzung Verlagerung von MV auf Rad in Szenarien
- Level C: Generische Mobilitätsdaten (Schätzung)
 - Makroskopische Wirkungsabschätzung
 - Bandbreiten gemäß Modell und Wirkungsmatrix
 - Abschätzung Verlagerung von MV auf Rad in Szenarien

Berechnung
Umwelteffekte mittels
Emissionskennzahlen



Schlussfolgerung & Ausblick

- Wirkungszusammenhänge: Bandbreiten aus Literatur und Expert:innenkonsultation ableitbar, aber große Variabilität
- Datenlage als Herausforderung
 - Dokumentation von Maßnahmen
 - Trajektorien, Zählstellendaten
- Ergebnisse Modellschätzungen » Kausalitäten?
- Evaluierung Praktikabilität und Einsatzszenarien Leitfaden



VERA.

Das Projekt VERA wurde von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG) beauftragt (FO999897371). Die Verantwortung für das Programm D-A-CH Verkehrsinfrastrukturforschung liegt beim Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), beim Bundesministerium für Klimaschutz (BMK) und beim Bundesamt für Strassen (ASTRA).

Das Projekt VERA wird gemeinschaftlich erarbeitet von:



Paris Lodron Universität Salzburg, Fachbereich Geoinformatik
Projektleitung – Dr. Martin Loidl, martin.loidl@plus.ac.at



HERRY Consult GmbH
Mag. Rupert Tomschy, tomschy@herry.at



Technische Universität Dresden, Professur für Verkehrsökologie
Dr. Sven Lißner, sven.lissner@tu-dresden.de



EBP Schweiz AG (als Subauftragnehmer)
Dr. Ralph Straumann, ralph.straumann@ebp.ch

