

Verringerung der verkehrsbedingten Emissionen in Bielefeld

Dr. Aneeqe Javaid

Prof. Dr. Felix Creutzig

2. Januar 2021

Inhalt

1	Bielefeld Reisemuster	4
1.1	District-wise breakdown	5
1.2	Verteilung des Reisezwecks auf die Bezirke	6
2	Klimaschutzstrategie für die Reduktion von Emissionen im Stadtverkehr	7
2.1	Verbesserungen im öffentlichen Nahverkehr (ÖPNV)	9
	Sennestadt & Bielefeld PT Reiseverlauf	9
	Mögliche Interventionen	9
2.2	Verbesserungen beim aktiven Fahren	15
	Sennestadt & Bielefeld Reiseverhalten	15
	Potenzielle Interventionen	16
2.3	Interventionen zur Reduzierung der Autonutzung	19
	Sennestadt & Bielefeld Reiseverhalten	19
	Potenzielle Interventionen	20
3	Bielefelder Emissionsminderungsszenarien	25
3.1	Szenarien zur Reduzierung der Kohlenstoffemissionen für Bielefeld	26
3.2	Notwendige politische Maßnahmen	28
	Szenario 1: Vorrangige Maßnahmen zur Erreichung der Emissionsminderungsziele	28
	Szenario 2: Vorrangige Maßnahmen zur Erreichung der Emissionsminderungsziele	30
	Szenario 3: Vorrangige Maßnahmen zur Erreichung der Emissionsminderungsziele	32
3.3	Maßnahmen zum Reiseverhalten in Sennestadt & Bielefeld Verbesserungen im öffentlichen Nahverkehr (PT)	34
4	References	41

Summary

Die Verringerung der Emissionen aus der Pkw-Nutzung ist von entscheidender Bedeutung, um die wachsende Bedrohung durch Emissionen aus dem städtischen Verkehr zu bekämpfen, insbesondere für mittelgroße Städte wie Bielefeld. Der prognostizierte Anstieg der verkehrsbedingten Emissionen unter einer Reihe von verschiedenen städtischen Wachstumsszenarien unterstreicht die Bedeutung dringender Maßnahmen nur noch mehr.

In den letzten Jahren wurden verschiedene Arten von Maßnahmen vorgeschlagen und ausprobiert, um die Emissionen des städtischen Verkehrs in den Griff zu bekommen. Dazu gehören strukturelle Maßnahmen, die eine Veränderung der physischen Infrastruktur beinhalten, verhaltensbezogene Maßnahmen, die sich an Gemeinschaften und Einzelpersonen mit Methoden richten, die darauf abzielen, Normen, Überzeugungen und Einstellungen zu ändern, wirtschaftspolitische Instrumente, die auf einer Änderung der direkten Kosten-Nutzen-Analyse eines bestimmten Verhaltens beruhen, sowie Regeln und Vorschriften, die verschiedene Aktivitäten entweder verbieten oder deren Rahmen festlegen. Es fehlt jedoch ein umfassender Überblick über die wichtigsten Mechanismen/Aktionen/Interventionen und deren Effektivität, um die gewünschten Ergebnisse zu erzielen.

Indem wir die Bielefelder Mobilitätsdaten mit denen anderer Städte ähnlicher Größe vergleichen, erstellen wir drei Szenarien für die zukünftige Reduzierung der verkehrsbedingten Kohlenstoffemissionen. Wir verwenden die drei Szenarien, um die potenziellen Veränderungen im Reiseverhalten zu bewerten und sie gegen die Bielefelder Basislinien zu verwenden, um das geschätzte Emissionsreduktionspotenzial zu ermitteln. Als nächstes werden auf der Grundlage einer Literaturrecherche die erforderlichen Maßnahmen zur Erreichung des Ziels der Emissionsreduzierung in jedem der drei Szenarien separat dargestellt. Diese vergleichende Analyse der verschiedenen Interventionstypen ermöglicht es uns, die wichtigsten Maßnahmen zu identifizieren und zu priorisieren, die zur Reduzierung der Verkehrsemissionen erforderlich sind.

1 Bielefeld Reismuster

Table 1: Bielefeld Reiseverhalten

	pop	Fuß			Rad			ÖPNV			MIV-Mitfahrer			MIV-Fahrer		
		t	d		t	d		t	d		t	d		t	d	
Brackwede	39729	20000	1.5	16	16000	5	12	16500	12	13	59400	9	46	16500	12	13
Dornberg	19126	6700	1	10	12200	5	18	9300	11.5	14	29000	10	44	9300	10.5	14
Gadderbaum	10367	5300	1.5	14	5000	4	14	5400	15	15	15600	7	43	5400	13	15
Heepen	48028	23600	1.5	17	25200	5	18	16300	15	11	61000	7	43	16300	12.5	11
Jöllenbeck	21919	10400	1.5	15	7300	6	10	7000	16	10	38200	10.5	55	7000	14	10
Mitte	79153	67500	1	22	65200	3.5	22	40900	15.5	14	87400	15.5	29	40900	16	14
Schildesche	41395	17000	1.5	11	34700	4.5	23	28500	11	19	45200	7.5	29	28500	14.75	19
Senne	20720	9200	1	13	8000	5	12	7700	23.5	11	35700	9	52	7700	12.5	11
Sennestadt	21367	10900	1	15	7800	4	11	8400	13	11	37600	20.5	51	8400	13	11
Stieghorst	32194	9300	1.7	9	12400	5	12	13300	15	13	55200	12.5	53	13300	15.25	13

* t = Anzahl der **Weg**; d = durchschnittliche Reiselänge

1.1 District-wise breakdown

Table 2: Geschätzte Aufschlüsselung der Transportemissionen

	Bevölkerung	Geschätzte verkehrsbedingte CO2 emissionen pro Person (epp)
Brackwede	39729	3800
Dornberg	19126	3494
Gadderbaum	10367	4102
Heepen	48028	3343
Jöllennebeck	21919	4991
Mitte	79153	3937
Schildesche	41395	3507
Senne	20720	4651
Sennestadt	21367	5063
Stieghorst	32194	5306

1.2 Verteilung des Reisezwecks auf die Bezirke

Table 3: Reisezweck-Verteilung

Purpose	Sennestadt	Jöllenberg	Mitte
Zur arbeit (%)	22	23	24
Geschäftlich (%)	6	5	7
Einkaufen (%)	18	19	18
Besuchen (%)	5	5	4
Schule/Ausbildung (%)	9	10	9
Freizeit (%)	22	20	21
Bringen/holen (%)	8	9	7

Reiseanteil nach Zweck

- Kein signifikanter Unterschied zwischen den Bezirken
- Anzahl der Fahrten pro Bezirk ebenfalls ähnlich

Bewertung der Infrastruktur

- Jöllenberg: ÖPNV-Infrastruktur wird im Vergleich zu anderen Bezirken schlecht bewertet
- Die Pkw-Infrastruktur wird in Sennestadt im Vergleich zu anderen Bezirken gut bewertet. In Jöllenberg wird sie schlechter bewertet.

2 Klimaschutzstrategie für die Reduktion von Emissionen im Stadtverkehr

Es gibt verschiedene Strategien zur Verringerung der verkehrsbedingten Emissionen in Städten, drei Hauptstrategien sind:

- I. Erhöhung der Anzahl der Fahrgäste pro Fahrzeug
- II. Reduzierung der Emissionen pro Fahrzeug (pro Kilometer oder pro Fahrgast)
- III. Reduzierung der Reisenachfrage, insbesondere der zurückgelegten Fahrzeugkilometer

Diese Strategien können in Form der folgenden Optionen operationalisiert werden:

- Verstärkte Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs
- Vermehrte aktive Fortbewegung (zu Fuß gehen/Radfahren)
- Reduktion der Autofahrten
- Förderung von Elektrofahrzeugen (sowohl öffentlich als auch privat)
- Förderung der geteilten Mobilität, Verkehrsmanagement, automatisierte Fahrzeuge

Im Verlauf dieses Berichts werden die letzten drei Optionen nicht berücksichtigt. Der Hauptgrund, sie nicht einzubeziehen, ist, dass diese Optionen relativ neu sind und daher die Literaturlage zu diesen Optionen im Vergleich zu den anderen hier betrachteten Optionen begrenzt ist.

Diese strategischen Optionen können mit verschiedenen politischen und sozialen Maßnahmen verfolgt werden. Wir kategorisieren die Interventionen in vier große Kategorien;

- I. **strukturelle Interventionen**, die die physische Infrastruktur verändern,
- II. **wirtschaftspolitische Instrumente**, die durch direkte Eingriffe die Kosten-Nutzen-Analyse verändern,
- III. **verhaltenspolitische (oder weiche) Interventionen**, die Überzeugungen und Einstellungen beeinflussen (z. B. Informationskampagnen über die Umweltvorteile der Fahrradnutzung), und
- IV. **Regeln und Vorschriften**, die die Wahl des Verkehrsmittels beeinflussen (verbieten oder fördern).

Table 4: Maßnahmen im Bereich Transport

Interventionen	Beispiele, Unterkategorien
Infrastruktur	Bike lanes, bike pathways, cycle tracks, bike boulevards, new BRT line, new LRT line, PT service improvements, Bus Priority Measures
Wirtschafts-politische Maßnahmen	Personal Carbon Trading, Mobility credits, Fuel tax, Parking fees, Congestion pricing, PT subsidies
Regeln & Vorschriften	Transit-oriented-development (TOD), parking regulations, zoning laws, speed limits,
verhaltenspolitische Maßnahmen	workplace travel plans, school travel plans, personalized travel planning, travel awareness campaigns, public transport information marketing

Im Folgenden konzentrieren wir uns auf die drei wichtigsten konkreten Maßnahmen, (i) Förderung der Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs, (ii) Förderung der aktiven Fortbewegung und (iii) Reduzierung des Autoverkehrs. Für jede Option fassen wir zunächst kurz die bestehenden Verkehrsmuster in verschiedenen Stadtteilen Bielefelds und insbesondere in Sennestadt zusammen. Dies liefert eine Grundlage für die Handlungsoptionen mit dem größten Potenzial. Zweitens listen wir die Optionen/Aktionen/Interventionen auf, die für eine Umsetzung in Sennestadt oder Bielefeld im Allgemeinen in Frage kommen. Anschließend fassen wir auf der Grundlage einer umfangreichen Literaturrecherche den potenziellen Nutzen von Interventionen zusammen, die zur Erreichung dieser Ziele umgesetzt werden können.

2.1 Verbesserungen im öffentlichen Nahverkehr (ÖPNV)

Sennestadt & Bielefeld PT Reiseverlauf

- Die ÖPNV-Zahlen in Sennestadt sind mit denen anderer Bielefelder Stadtteile vergleichbar, sowohl was die durchschnittliche Entfernung pro Fahrt (~13 km) als auch die Gesamtzahl der Fahrten betrifft (ÖPNV-Anteil: 20 %).
- Allerdings ist der Anteil der ÖPNV-Fahrten im Jahr 2017 gegenüber 2010 gesunken
- Weitere kleinere Aspekte (Aufschlüsselung nach Reisezweck, Geschlecht, Herkunft-Ziel)
- Der höchste ÖPNV-Anteil ist bei Studenten (43 % ÖPNV-Anteil) und Auszubildenden (35 % ÖPNV-Anteil) zu verzeichnen.
- Die ÖPNV-Nutzung ist nur bei Schulfahrten (41 %) das dominierende Verkehrsmittel, bei allen anderen Reisezwecken macht der ÖPNV nur ~10 % des Modal Split aus.

Mögliche Interventionen

Table 5: Summary of intervention impact based on literature review

Potenzielle Interventionen	Modal share (% change)	Modal shift (% change)
Bus/Light-rail rapid transit (BRT/LRT) verlängerungen	55 (±16)	18 (±11)
Verlängerung der Straßenbahnlinie (Ersatz des Busverkehrs)	+5 (im Vergleich zum Busverkehr)	
Bus-Verbesserungsinitiativen	22 (±19)	
Umstrukturierung des Busverkehrs	19 (±5)	
Erhöhung der Häufigkeit des Busverkehrs	30 (±19)	
“Bus Priority Measures”	22 (±18)	

Bus-Marketing und Informationen zum Fahrgastverkehr	10 (± 6)
“Soft factor improvement” in bus services	0.53% (± 0.34)

Erweiterungen der ÖPNV-Infrastruktur

Die Einführung neuer öffentlicher Verkehrssysteme führt sowohl zu induziertem Verkehr als auch zu einem Verkehrsverlagerungseffekt. Der Verkehrsverlagerungseffekt umfasst jedoch auch die Verlagerung von anderen nachhaltigen Verkehrsträgern wie Gehen und Radfahren. Aus der Perspektive nachhaltiger Mobilität ist nur die Verlagerung weg von nicht-nachhaltigen Verkehrsträgern wie der Autonutzung wichtig (andere Überlegungen wie Gesundheit, wirtschaftliche Möglichkeiten etc. können zu anderen Ergebnissen führen).

Wenn man sich auf die Verlagerung von der Autonutzung konzentriert, liefern frühere Nachweise über die Erweiterung von BRT- und LRT-Systemen klare Belege für die Verlagerung von Autofahrten auf den öffentlichen Nahverkehr. Basierend auf der Implementierung neuer Transitlinien finden (Ingvardson und Nielsen 2018a), dass Bus Rapid Transit (BRT)-Systeme im Durchschnitt zu einer Verlagerung von 16,8 ($\pm 9,5$) Prozentpunkten weg vom Auto führen. Der Effekt variiert jedoch sehr stark zwischen verschiedenen Kontexten; er reicht von 4-8 % in Großstädten mit etablierten Verkehrssystemen wie Stockholm oder Paris bis zu 40 % am oberen Ende in Städten mit wachsenden, aber nicht etablierten Verkehrssystemen wie Adelaide. In ähnlicher Weise beträgt die Verkehrsmittelverlagerung vom Auto zum ÖPNV bei Light Rail Transit im Durchschnitt 22,0 ($\pm 14,3$) Prozentpunkte. Abgesehen von einem Ausreißer (Angers) mit kaum einer Verkehrsmittelverlagerung, zeigen alle anderen Fälle Verkehrsmittelverlagerungen zwischen 15-40%. Die Evidenz für die Fahrgassenverlängerung ist sehr begrenzt. Basierend auf den wenigen verfügbaren Studien scheint es jedoch, dass die Auswirkungen von Straßenbahnlinien eher am unteren Ende liegen, insbesondere im Vergleich zu LRT-Linien.

Es ist zu beachten, dass die angegebenen Schätzungen in vielen Fällen nicht die Unterschiede zwischen der installierten Kapazität und der Integration mit dem Transitsystem als Ganzes berücksichtigen. Einige der niedrigeren Schätzungen beruhen also auf kleinen Erweiterungen bereits etablierter Systeme. Aus anderen Untersuchungen wissen wir, dass die Konnektivität des

Systems besonders wichtig ist, um neue Nutzer zu gewinnen und zu halten. In vielen Fällen ist die Konnektivität genauso wichtig wie die Reichweite oder Ausdehnung von Transitsystemen (Ingvardson and Nielsen 2018b).

Verbesserungen im öffentlichen Nahverkehr

Serviceverbesserungen

Umfassende Initiativen zur Verbesserung des Busverkehrs (Frequenz, Busqualität und Marketing) können zu einem erheblichen Anstieg der Fahrgastzahlen im öffentlichen Nahverkehr führen. Basierend auf Schätzungen aus europäischen (hauptsächlich britischen) Städten argumentieren Currie und Wallis (2008), dass solche Programme zu einem Anstieg der Busfahrgastzahlen um bis zu 22 % (± 19) Prozentpunkte führen können. Darüber hinaus gibt es Hinweise darauf, dass im besten Fall ein erheblicher Teil (bis zu einem Drittel) dieses Zuwachses daraus resultiert, dass Menschen vom Auto auf den ÖPNV umsteigen. Dies gilt auch für australische Städte, die umfassende Initiativen zur Verbesserung des Busverkehrs und Maßnahmen zur Buspriorisierung im Allgemeinen umgesetzt haben (Currie und Wallis 2008). Diese Schätzungen sind jedoch mit Vorsicht zu genießen, da sie auf Städten basieren, die ein Wachstum der Busnutzung nach den Busverbesserungsinitiativen melden und Städte mit fehlenden Schätzungen nicht einschließen.

Brechan (2017) betrachten die in verschiedenen Gebieten Norwegens umgesetzte Erhöhung der "Bus-Service-Frequenzverbesserungen" und stellen fest, dass dies zu einem Anstieg der Busnutzung um durchschnittlich 38 % (± 20) Prozentpunkte führte. Ähnliche Effekte werden für die Verdopplung der Busfrequenz in anderen suburbanen Kontexten festgestellt (Currie und Wallis 2008). Basierend auf 21 Studien schätzt Hensher (2008) die Fahrzeitelastizitäten auf $-0,29$ ($\pm 0,184$). In ähnlicher Weise schätzt Wardman (2012) die Vorfahrtselastizitäten für den kurzfristigen Bereich auf einen Wert zwischen $-0,07$ und $-0,12$. Darüber hinaus stellt Hensher (2008) fest, dass Pendler empfindlicher auf die Fahrtzeit reagieren als Nicht-Pendler, was darauf hindeutet, dass die Fahrtenhäufigkeit wichtiger ist, um die Fahrgastzahlen zu halten, als sie zu erhöhen.

Currie und Wallis (2008) kommen zu dem Ergebnis, dass Verbesserungen der Zuverlässigkeit des Busverkehrs zu einem Anstieg der Fahrgastzahlen in der Größenordnung von 10 % bis 20 % führen können, allerdings abhängig von der "Basis" der (Un-)Zuverlässigkeit, von der aus die Verbesserungen vorgenommen werden. Redman et al. (2013) berichten, dass die großen (Bus-

)Infrastrukturprogramme, wie z. B. eigene Fahrspuren, BRTs usw., die eine nachgelagerte Auswirkung der Verbesserung der Zuverlässigkeit des ÖPNV-Systems haben, zu einem Anstieg der ÖPNV-Nutzung um bis zu 50 % führen können. Dies ist jedoch mit ziemlicher Sicherheit eine verzerrte Schätzung, und es ist schwer zu sagen, welcher Teil des erhöhten Fahrgastaufkommens allein aus der verbesserten Pünktlichkeitskomponente resultiert.

Ein weiterer Trend bei der Bewältigung des Fahrgastzuwachses besteht darin, sich auf bestimmte Bereiche zu konzentrieren, wie z. B. bestimmte Gebiete, Gruppen/Klassen/Untergruppen von Menschen, und Serviceverbesserungen gezielt auf ihre spezifischen Bedürfnisse auszurichten. Die ÖPNV-Nutzung stieg zwischen 10-40 Prozentpunkten für bedarfsgesteuerte und Expressbusse unter den anvisierten Untergruppen/ Streckeneinzugsgebieten.

Andere Verbesserungen der Dienstleistungen

In Bezug auf öffentliche Verkehrsmittel führen De Gruyter et al. (2019) eine Meta-Analyse der Annehmlichkeitswerte von Kunden in sechs Ländern (Australien, Indien, Neuseeland, Norwegen, Schweden und Vereinigtes Königreich) durch. Sie identifizieren 556 separate Kunden-Amenity-Werte, die sich auf 97 separate Amenity-Typen beziehen, und fassen sie in fünf Hauptkategorien zusammen (Ausstattung, Information, Sicherheit, Umgebung, Zustand). Insgesamt zeigt die Meta-Analyse, dass diese Annehmlichkeiten einen relativ geringen Einfluss auf die Fahrgastzahlen im Nahverkehr haben. Im Reisezeitvergleich werden Verbesserungen in diesen Aspekten sehr selten höher bewertet als das Äquivalent einer 1-minütigen Verkürzung der Fahrzeit im Fahrzeug. Im Kontext von Busnetzen ist es unwahrscheinlich, dass Verbesserungen, die mit "weichen" Variablen verbunden sind, die Fahrgastzahlen um mehr als ein paar Prozent erhöhen (Currie und Wallis 2008) (die Veränderung des Verkehrsmittelanteils liegt bei den effektivsten Maßnahmen zwischen 2-5%).

Table 6: Zusammenfassung der weichen Verbesserungen im öffentlichen Nahverkehr

Potenzielle Interventionen	Valuation (In-Vehicle time, Mins.)	(expected) Modal share (% change)
Einsteigen	0.1	0.17
Fahrer	0.4-0.6	0.68-1.02
Sauberkeit	0.2-0.4	0.17-0.68
Einrichtungen	0.1-0.7	0.17-1.19
Informationen	0.2	0.34
Bestuhlung	0.1	0.17
Komfort	0.1-1	0.17-1.70

Wirtschaftspolitische Maßnahmen

“Price elasticities”

- Hensher (2008) führt einen Meta-Review von Studien aus einer Vielzahl von Ländern durch und stellt fest, dass die mittlere Elastizitätsschätzung für Fahrpreise bei -0,39 ($\pm 0,27$) liegt.
- Die Preiselastizität für den Schienenverkehr reicht kurzfristig von -0,18 bis -0,31 und langfristig von -0,70 bis -1,19, während die Elastizitäten für den Busverkehr kurzfristig eher -0,4 und langfristig im Bereich von -0,7 bis -0,9 liegen. Wichtig ist, dass sowohl Wardman (2014) als auch Hensher (2008) berichten, dass die Elastizitäten für den Pendlerverkehr und den Spitzenverkehr tendenziell ähnlich und niedriger sind als die Elastizitäten für den Freizeitverkehr und den Nicht-Spitzenverkehr.

Kostenlose (zeitlich begrenzte) PT-Karten, Gebührenermäßigungen

- Eine Preisreduzierung der öffentlichen Verkehrsmittel, vor allem der Busse, in der Größenordnung von 35 % (± 12) führt zu einem 31-prozentigen (± 12) Anstieg der ÖPNV-Nutzung in der Untersuchungstichprobe in Norwegen.
- Theoretisch implizieren Reisenachfragemodelle, dass eine Politik der Fahrpreisfreiheit langfristig zu einem Anstieg der Fahrgastzahlen um bis zu 30 Prozent führen kann.
- In den USA funktionieren Maßnahmen zur Einführung des Nulltarifs in kleineren Verkehrssystemen besser als in größeren Städten/Verkehrssystemen mit großem Einzugsgebiet.
- Fujii und Kitamura (2003), Thøgersen (2009) und Thøgersen und Møller (2008) stellen fest, dass der Zeitraum der kostenlosen Fahrkarten erfolgreich war, um Autofahrer für den ÖPNV zu gewinnen. Die Fahrgastzahlen des ÖPNV sanken zwar nach Ablauf der Gratisperiode, blieben aber höher als vor der Intervention (Regressionskoeffizient = 0,08-0,11).
- Bamberg, Rölle und Weber (2003) fanden heraus, dass die Bereitstellung einer kostenlosen Fahrkarte am neuen Wohnort Gewohnheiten brechen kann, das untersuchte Programm führte zu einem Anstieg der ÖPNV-Nutzung um 20%.

“Integrated tariff systems”

- ÖPNV-Preisreformen erhöhen die Fahrgastzahlen, langfristig 12 % (Abrate et al., 2009);
- Verkehrsverlagerung vom Auto, die 10-20 % des Wachstums der Fahrgastzahlen ausmacht (Dargay und Pekkarinen, 1997);
- 50%ige Steigerung der Fahrgastzahlen innerhalb von 5 Jahren in Madrid, Spanien (Matas, 2004) nach Einführung von integrierten Tarifsystemen;
- Erheblicher Anstieg der Fahrgastzahlen im Vergleich zu den zuvor nicht integrierten Systemen bei fünf integrierten Verkehrstarifsystemen in Deutschland (Pucher und Kurth, 1995).

ICTs and travel information

- Die Genauigkeit von Echtzeit-Reiseinformationen, Feedback und Selbstkontrolle, soziale Netzwerke, Belohnungen und Privatsphäre werden als Schlüsselthemen in Bezug auf die Wirksamkeit von Informationen genannt (van Essen et al. 2016). In Bezug auf den öffentlichen Verkehr ist die Kommunikation mit den Endnutzern das entscheidende Element für eine nachhaltige Wirkung (Mangiaracina et al. 2017).
- Aktuelle und leicht zugängliche Informationen sind besonders wichtig für die Nutzung des öffentlichen Verkehrs (Grotenhuis et al., 2007). So führte beispielsweise die Bereitstellung eines Bus-Tracker-Dienstes zu einem kleinen, aber signifikanten Anstieg der Busfahrgastzahlen (Tang und Thakuria 2012).

2.2 Verbesserungen beim aktiven Fahren

Sennestadt & Bielefeld Reiseverhalten

- Die Fußwege in Sennestadt (15 %) sind vergleichbar mit den anderen Bezirken außer Mitte (25 %).
- Sennestadt liegt am unteren Ende des Radverkehrsanteils (11%).
- Die Häufigkeit der Fahrradnutzung nimmt mit dem Alter ab. Höchster Fahrradanteil bei Kindern und Jugendlichen in der Altersgruppe bis 17 Jahre mit 30% bei männlichen Jugendlichen von 6-17 Jahren, 18% bei weiblichen Jugendlichen im Alter von 6-14 Jahren und 16% bei jungen Frauen von 15 -17 Jahren.
- Männer beginnen früher mit dem Radfahren (der Radanteil ist bei Männern höher als bei Frauen in der Altersgruppe von 6-17 Jahren), jedoch verschwindet dieser Unterschied in Altersgruppen über 18 Jahren.

Potenzielle Interventionen

Table 7: Zusammenfassung der Auswirkungen der Intervention basierend auf der Literaturübersicht

Potenzielle Interventionen	Modal share (% change)	Modal shift (% change)	Sonstiges
Radfahrstreifen, Radwege,	jede zusätzliche Meile Radwege pro Quadratmeile war mit einem Anstieg des Anteils der Radpendler um etwa 1 % verbunden		
Parken von Fahrrädern	1-2%		entspricht einer Verkürzung der Radfahrzeit um 27 Minuten
End-of-Trip-Einrichtung			Entspricht einer Reduzierung von 5 min.
„Bike-sharing“		modal shift: 5-6 %	
Reisepläne und Werbeprogramme	1-7%		
Informationskampagnen & Veranstaltungen	1-5% (beste Schätzwerte)		
Individuelles Marketing	0.5-2%		

Infrastrukturverbesserungen (eigene Fahrradspuren, Fahrradwege)

In der Literatur besteht ein Konsens darüber, dass getrennte Fahrradinfrastruktur, insbesondere Radspuren und Radwege, die Fahrradnutzung erhöhen. In der Tat scheint ein unterstützendes Netzwerk verschiedener Infrastrukturtypen notwendig zu sein, um neue Menschen für das Radfahren zu gewinnen (Buehler und Dill 2016). Laut Nuworsoo und Cooper (2013) assoziieren Radfahrer 1 Minute Stress im gemischten Verkehr mit etwa 4 Minuten Stress auf einer Fahrradspur. Schließlich zeigt die Literatur einen positiven Einfluss von Infrastruktur wie Gehwegen auf das Gehen bei Erwachsenen (Bauman und Bull 2007). Einige Studien argumentieren, dass Infrastruktur für die Förderung des Zu-Fuß-Gehens zwar notwendig, aber nicht ausreichend ist und die Nähe von Aktivitäten zu Gebieten, die durch eine solche Infrastruktur verbunden sind, zu einer größeren Anzahl von Fußwegen führen kann (Nuworsoo und Cooper 2013).

Obwohl der allgemein positive Einfluss von Fahrradinfrastruktur gut belegt ist, fehlt die Spezifikation, welche Art von Fahrradinfrastruktur zu wie viel mehr erhöhter Fahrradakzeptanz und Verkehrsverlagerung weg vom Auto führt. Es gibt viele widersprüchliche Belege, abhängig von der Stadtgröße, dem bestehenden Fahrradnetz, den Faktoren der gebauten Umwelt und der geografischen Region. Basierend auf den Erfahrungen von 42 großen US-Städten, (Dill und Carr 2003) finden, dass "jede zusätzliche lineare Meile Fahrradwege pro Quadratmeile Landfläche mit einem ungefähren Anstieg von 1% verbunden ist". (Pucher, Dill und Handy 2010) berichten, dass in mittelgroßen Städten in den USA mit nicht vorhandener Fahrradkultur Verbesserungen der Fahrradinfrastruktur geringere Auswirkungen haben (~0,1-1% Steigerung des Fahrradverkehrsanteils), während die Auswirkungen in größeren Städten größer sind (>20% Steigerung des Fahrradverkehrsanteils). Die Evidenz aus europäischen Städten fehlt weitgehend in den Übersichtsstudien, was angesichts der höheren Verbreitung von Fahrradinfrastruktur in diesen Städten im Vergleich zu den USA überraschend ist.

End-of-Trip-Einrichtungen und Integration des öffentlichen Nahverkehrs

- Eine multivariate Analyse der UK National Travel Survey von Wardman et al. (2007) ergab signifikante Auswirkungen auf das Radfahren zur Arbeit. Verglichen mit dem Basis-Fahrradverkehrsanteil von 5,8 % für Arbeitswege, würde das Parken im Freien den Anteil auf 6,3 % erhöhen, das sichere Parken in geschlossenen Räumen auf 6,6 % und das Parken in geschlossenen Räumen plus Duschen auf 7,1 %. Dies deutet darauf hin, dass solche Einrichtungen am Ende der Fahrt einen wichtigen Einfluss auf die Entscheidung zur Fahrradnutzung haben.
- Rietveld (2000), Martens (2004 und 2007), Brunsing (1997), Hegger (2007), McClintock und Morris (2003), Pucher und Buehler (in press) und das niederländische Verkehrsministerium (2009) fanden heraus, dass die Bereitstellung von guten Fahrradabstellmöglichkeiten an ÖPNV-Stationen die Nutzung des ÖPNV und die Fahrradnutzung erhöht.
- Duschen/Umkleideeinrichtungen und überdachte Fahrradabstellplätze wurden zusammen mit einem Äquivalent von 6 Minuten Reisezeit bewertet. Hunt und Abraham (2007) fanden heraus, dass solche Einrichtungen von den Fahrradnutzern als gleichwertig mit einer Reduzierung der Fahrzeit um 4 Minuten bewertet werden.

Programme zur Förderung von Fahrrädern

Radfahrveranstaltungen in der Freizeit führten zu einem Anstieg von 29 % auf 36 % in der Studienstichprobe (Greig, 2001). In ähnlicher Weise zeigte ein vom Central Sydney Area Health Service durchgeführtes Programm zur Radfahrausbildung, dass 56 % der Teilnehmer zwei Monate nach dem Programm mehr Fahrrad fahren (Telfer et al., 2006). Eine Studie in Marin County, Kalifornien, ergab einen Anstieg von 114 % bei der Anzahl der Schüler, die mit dem Fahrrad zur Schule fahren (Staunton et al., 2003). In Bogota hat sich der Radverkehrsanteil mit der zunehmenden Popularität der **Ciclovía** verdreifacht.

In San Francisco wurden 2008 an einem zentralen Punkt 100 % mehr Fahrräder gezählt als am BWD und 25,4 % mehr als einige Wochen später; der Fahrradanteil betrug 48,3 % vor dem BWD, 64,1 % am BWD und 51,8 % danach (LAB, 2008). Im australischen Bundesstaat Victoria fuhren 27 % der Erstbenutzer von Radverkehrsanlagen fünf Monate später immer noch mit dem Fahrrad zur Arbeit (Rose und Marfurt, 2007).

E-bikes

Ein Elektrofahrrad - auch bekannt als E-Bike oder elektrisch unterstützte Fahrräder - erfordert das Treten in die Pedale, aber der Fahrer hat die Möglichkeit, die batteriebetriebene Unterstützung einzuschalten (Cairns et al. 2017). Studien zeigen, dass E-Bike-Pendler längere Wege zurücklegen, insbesondere, wenn man E-Bikes mit konventionellen Fahrradnutzern vergleicht (im Durchschnitt liegt der Unterschied zwischen 3-4 km) (Engelmoer 2012; Helms et al. 2015). Die Reisezeit von E-Bike-Fahrten ist vergleichbar mit anderen Verkehrsmitteln in städtischen Gebieten. In vielen Fällen schneiden E-Bikes besser ab als andere Verkehrsmittel, was zu einer reduzierten Reisezeit führt (Drage und Pressl, 2012; Eddeger et al., 2012). Am wichtigsten ist, dass der Anteil der E-Bike-Fahrten, die die Pkw-Nutzung ersetzen (Verkehrsmittelverlagerung), Berichten zufolge zwischen 40-70 % liegt (Cairns et al. 2017). Schließlich kann die Nutzung und der Besitz von E-Fahrrädern einen kleinen, volatilen Einfluss auf die Pkw- und Motorradbesitzrate haben (Wolf und Seebauer 2014).

2.3 Interventionen zur Reduzierung der Autonutzung

Sennestadt & Bielefeld Reiseverhalten

- Am oberen Ende des Autoanteils in Sennestadt (52%) im Vergleich zu anderen Bezirken, sowie überdurchschnittliche Entfernung für Autotipps (~16).
- Während Berufstätige in Voll- und Teilzeit mit mehr als 64 und 55% das Auto als Verkehrsmittel wählen (Summe MIV-Fahrer und - Mitfahrer), ist der Anteil des MIV bei Arbeitslosen mit 34% deutlich geringer.
- Männer nutzen das Auto häufiger als andere Verkehrsmittel im Vergleich zu den Frauen.

Potenzielle Interventionen

Table 8: Zusammenfassung der Auswirkungen der Intervention basierend auf der Literaturübersicht

Mögliche Interventionen	Modal share (% change)	Modal shift (% change)	others
Autofreies Stadtzentrum	8-45% Reduzierung	12% zu anderen mode	
"Fahrrad- und Fußgängereinrichtungen"		21,5 % der Fußwegnutzer im Vergleich zu 11 % der Radwegnutzer	
Congestion charging		15 % weniger Verkehr während der Ladezeiten; erhöhte PT-Nutzung um ~5- 7 %.	
Personal Carbon Trading			Long-run car use change: -13%
Reisepläne (TFPs) für Wohngebiete	-13.4 (±13.3)		
Reisepläne (TFPs) am Arbeitsplatz	-9.3 (±6.2)		
Reisepläne (TFPs) für die Schulreise	-1 (±6.2)		Zunahme der non-car: +4.85 (± 11)
Individuelles Marketing und "Travel Blending"			VKT: -0.1 (±0.05)
voluntary travel behavior change measures	-4.3 (±2)		

Wirtschaftspolitische Instrumente (Preisgestaltung, Besteuerung und Quoten)

Preisgestaltung

Eine Meta-Analyse für die britischen Studien ergibt, dass die langfristige Kraftstoffpreiselastizität für Autofahrten zwischen -0,20 und -0,35 liegt, abhängig von der Länge der Reise (Wardman 2014). Die Reisezeitelastizität in Bezug auf die Pkw-Nutzung variiert in den lang- und kurzfristigen Auswertungen erheblich zwischen der Häufigkeit der Fahrten und den gefahrenen Kilometern (VMT). Der repräsentative Wert für langfristige (Fahrtenhäufigkeit) Zeitelastizitäten liegt zwischen -0,26 für EU-Daten (De Jong und Gunn 2001) und -0,29 für UK-Daten (Wardman 2012). Insgesamt deuten die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen darauf hin, dass die Verbesserung der ÖPNV-Kosten nur eine relativ geringe Rolle bei der Reduzierung der Pkw-Nachfrage spielt. Eine Erhöhung der Fahrzeit für Autos kann jedoch relativ höhere Gewinne liefern.

Andere Preisbildungsmechanismen

Mautsysteme, Staugebühren und Belohnungssysteme für erwünschtes Fahrverhalten sind weitere Preismechanismen, die in verschiedenen Städten erprobt wurden, um das Autoverhalten zu ändern.

Table 9: Zusammenfassung der Evidenz für andere ökonomische Preisinstrumente

Intervention	Modal share (% change)	Modal shift (% change)	andere
Maut			Mean elasticity value: -0.2 to -1.36
Belohnungs- Systeme			Mean elasticity value: -0.2
Staugebühr	Verringerung des Verkehrsaufkommens während der Ladezeiten: ~14-45%	Zunahme der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel : ~7-21%	

Verhaltenspolitik Maßnahmen

Im Hinblick auf weiche politische Interventionen konzentrieren wir uns auf „*travel feedback programs*“ (TFPs). Typischerweise beinhalten diese Programme drei Schlüsselemente: motivierende Informationen, Feedback zum Reiseverhalten (oft auf Basis von Reisetagebüchern) und Pläne für Veränderungen.

Table 10: fasst die Beweise für die Wirksamkeit von TFPs zusammen, die unter verschiedenen Bedingungen durchgeführt werden, um Änderungen im Reiseverhalten zu erreichen

Motivierende Informationen (Gesundheit, Umwelt)	Förderung von Einstellungsänderungen in Bezug auf die Nutzung des Autos oder öffentlicher Verkehrsmittel durch die Bereitstellung von Informationen über die Vorteile des öffentlichen Verkehrs und die persönlichen und sozialen Nachteile der Autonutzung (z. B. in Bezug auf Gesundheit, Umwelt und lokale Mobilität).
Feedback zur Reisetätigkeit	Bereitstellung von individualisiertem Feedback über die Zeit der Autonutzung und die Menge der CO ₂ -Emissionen sowie über den Kalorienverbrauch durch verschiedene Reiseverhaltensweisen auf Basis der Reisebefragung
Pläne für Änderungen	Aktivierung der Absicht, indem die Befragten aufgefordert werden, detaillierte Pläne zu machen, wie sie ihr Reiseverhalten ändern wollen. Zielsetzung: Aufforderung zu einem "numerischen Ziel", wie z. B. der gewünschte Prozentsatz der Autonutzungsreduktion.

Table 11: Zusammenfassung der Evidenz für **Verhaltenspolitik** Maßnahmen

Intervention	Modal share (% change)	andere
Reisepläne (TFPs) für Wohngebiete	-13.4 (±13.3)	
Reisepläne (TFPs) am Arbeitsplatz	-9.3 (±6.2)	
Reisepläne (TFPs) für die Schulreise	-1 (±6.2)	No car increase: +4.85 (± 11)
Individuelles Marketing und <i>Travel Blending</i>		Vehicle kilometers travelled (VKT): -0.1 (±0.05)
Other voluntary travel behavior change measures	-4.3 (±2)	

Regeln und Vorschriften

Geschwindigkeitsbegrenzungen, autofreie Zonen

Eine autofreie Innenstadt kann dazu führen, dass bis zu 40 bis 80% weniger Autos in die Innenstadt fahren. Von denjenigen, die früher mit dem Auto in die Innenstadt fuhren, stiegen nur 12 % auf öffentliche Verkehrsmittel, Fahrrad und zu Fuß um. Diese Schätzungen beziehen sich jedoch auf Gebiete, in denen autofreie Zonen eingerichtet wurden, und berücksichtigen nicht die daraus resultierenden Änderungen der Verkehrsmuster in den umliegenden Gebieten.

Landnutzung Dichte und Verkehrsmittel

Die Flächennutzung verändert die Reisepreise sowohl nach Entfernung als auch nach Reisegeschwindigkeit (Boarnet 2011). Merkmale der Nachbarschaft, wie z. B. die Bewertung der Begehrbarkeit, Parks, Sicherheit, Ästhetik und das soziale Umfeld, werden allgemein mit aktivem Verkehr in Verbindung gebracht, insbesondere mit dem Gehen. Eine wichtige Studie führte eine Meta-Regression durch und fand einen starken Einfluss der Erreichbarkeit, als wichtigste Landnutzungsmetrik, auf das Reiseverhalten (Gim 2013).

Die Ergebnisse der Metaanalyse zeigen, dass die zurückgelegten Kilometer (VMT) nur geringfügig mit der Bevölkerungsdichte ($e = -0,04$, $k = 9$) und der Flächennutzungsvielfalt ($e = -0,09$, $k = 10$), stärker mit der Straßengestaltung (Straßenkonnektivität: $e = -0,12$, $k = 6$) und am stärksten mit der Zielerreichbarkeit ($e = -0,20$, $k = 5$) abnehmen (Ewing und Cervero 2010). Zusammen können diese Parameter der Stadtform die VMT um etwa $-0,25$ verändern (Boarnet 2011). Die Fußgängerfreundlichkeit verbessert sich am meisten mit der Kreuzungsdichte ($e = 0,39$, $k = 7$) und dem Gleichgewicht zwischen Arbeitsplätzen und Wohnungen ($e = 0,19$, $k = 4$); der Transitverkehr mit der Straßenkonnektivität/4-Wege-Kreuzungen ($e = 0,29$, $k = 5$) und der Entfernung zur Transithaltestelle ($e = 0,29$, $k = 3$) (Ewing and Cervero 2010).

3 Bielefelder Emissionsminderungsszenarien

Szenario 1: Bielefeld→ Münster: Erhöhung des Anteils der Fahrradnutzung

Wesentliche Merkmale dieses Szenarios:

- Signifikant starke Verschiebung hin zur Fahrradnutzung (+20%)
- Rückgang der Pkw-Nutzung (-20%)
- Sowohl die durchschnittlich zurückgelegte Strecke als auch die Fahrten pro Person und Tag gehen leicht zurück, bleiben aber mehr oder weniger im gleichen Bereich
- Modellstadt: Münster

Szenario 2: Bielefeld→ Mainz: Erhöhung der PT-Nutzung

Wesentliche Merkmale dieses Szenarios:

- Signifikant starke Verschiebung hin zur ÖPNV-Nutzung (+8-10%)
- Rückgang der Pkw-Nutzung (-10%)
- Sowohl die durchschnittlich zurückgelegte Strecke als auch die Fahrten pro Person und Tag gehen leicht zurück, bleiben aber mehr oder weniger im gleichen Bereich
- Modellstadt: Mainz

Szenario 3: Bielefeld→ Karlsruhe: Reduzierung des VMT

Wesentliche Merkmale dieses Szenarios:

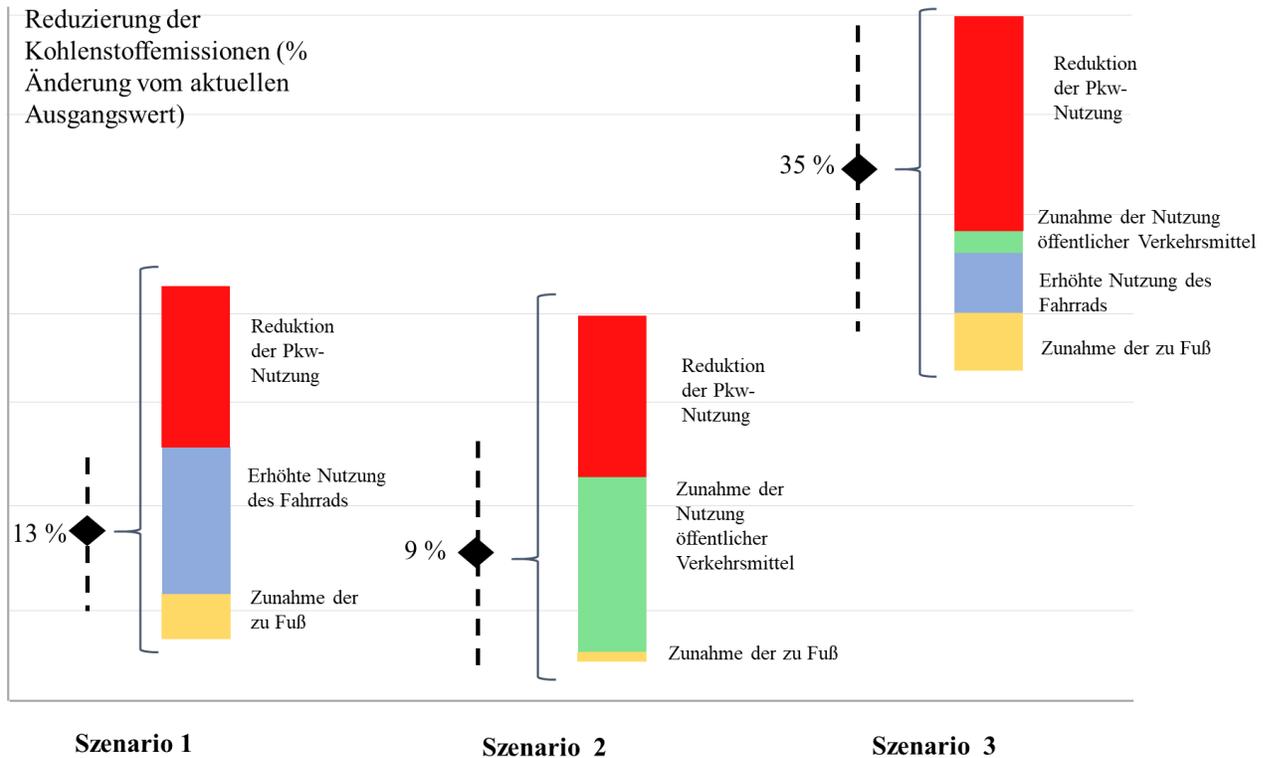
- Starker Rückgang der zurückgelegten Fahrzeugkilometer (-30-50 %), während die Fahrten pro Person abnehmen, aber mehr oder weniger im gleichen Bereich bleiben
- Signifikant starke Rückgang bei der Pkw-Nutzung (-20%)
- Der Mode-split für Fußgänger und Radfahrer zeigt einen leichten Anstieg, während der ÖPNV leicht zunimmt, aber mehr oder weniger im gleichen Bereich bleibt
- Modellstadt: Karlsruhe, Dortmund

3.1 Szenarien zur Reduzierung der Kohlenstoffemissionen für Bielefeld

Basierend auf den drei oben beschriebenen Szenarien und der Durchsicht der Literatur zu Interventionen berechnen wir die potenzielle Abnahme der verkehrsbedingten Emissionen in Bielefeld. Wir verwenden die drei Modellstädte für die entsprechenden Szenarien, um die potenziellen Veränderungen im Reiseverhalten zu bewerten und sie gegen die Bielefelder Basislinien zu verwenden, um das geschätzte Emissionsreduktionspotenzial zu ermitteln. Als nächstes skizzieren wir, gestützt auf eine Literaturrecherche, die Maßnahmen, die priorisiert werden müssen, um das Ziel der Emissionsreduktion in jedem der drei Szenarien separat zu erreichen.

Abbildung 1 gibt einen Überblick über die potenzielle Reduktion der städtischen Verkehrsemissionen in Bielefeld entsprechend der drei hier behandelten Szenarien. Abbildung 2 enthält Details zu den Maßnahmen, die für die Erreichung der in den Szenarien skizzierten Ziele am wichtigsten sind.

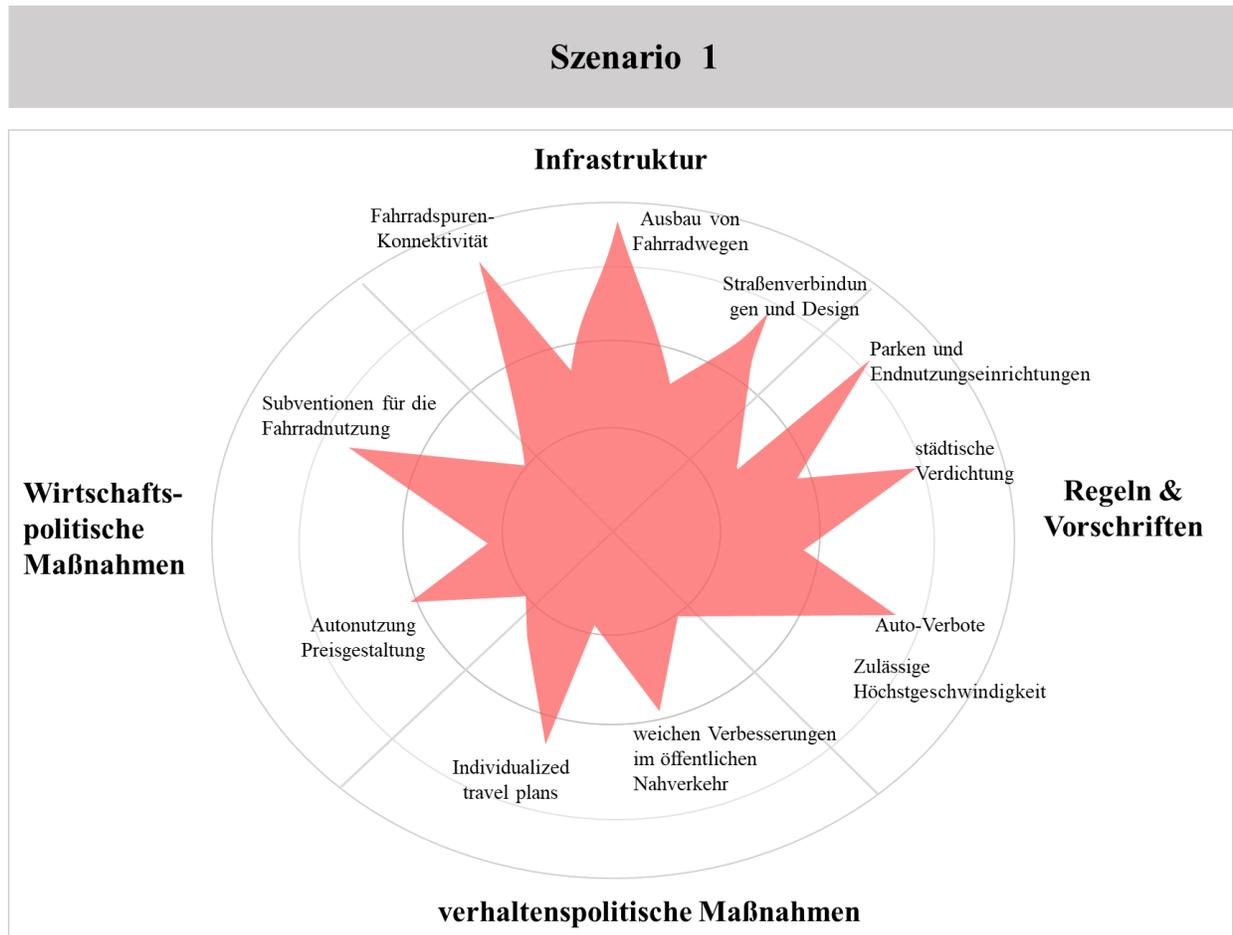
Szenarien zur Reduzierung der Kohlenstoffemissionen für Bielefeld



Wie in Abbildung 1 dargestellt, ist Szenario 3 mit dem höchsten Grad der Emissionsreduktion verbunden (35%), gefolgt von Szenario 1 (13%) und Szenario 2 (9%). Es ist jedoch zu beachten, dass diese Reduktionen aus sehr unterschiedlichen Änderungen des Reiseverhaltens resultieren, was bedeutet, dass das Anstreben des einen oder anderen Szenarios von der wahrgenommenen Schwierigkeit bei der Umsetzung von Interventionen abhängt, die zum Erreichen dieser Verhaltensänderungen und des Status quo in Bielefeld erforderlich sind.

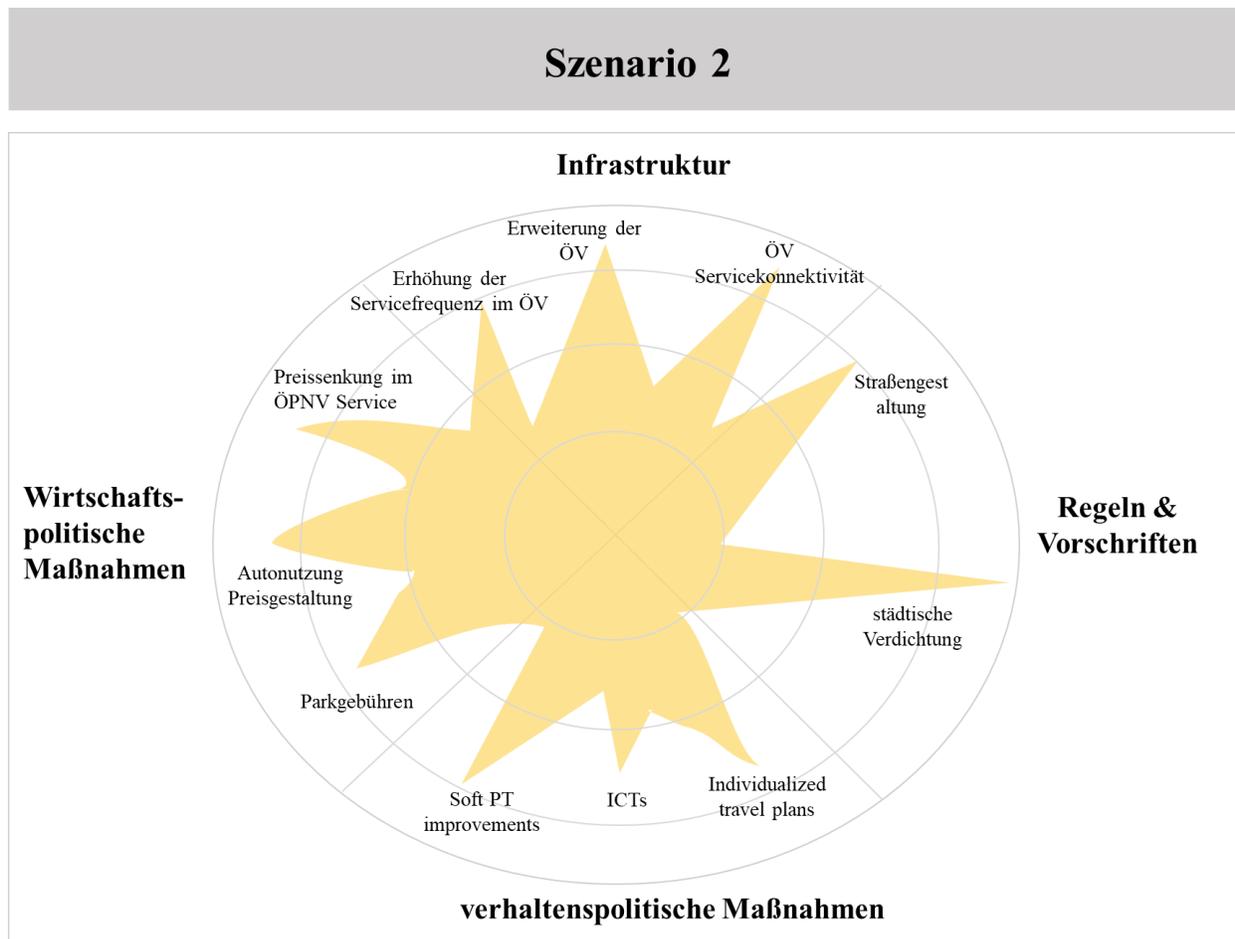
3.2 Notwendige politische Maßnahmen

Szenario 1: Vorrangige Maßnahmen zur Erreichung der Emissionsminderungsziele



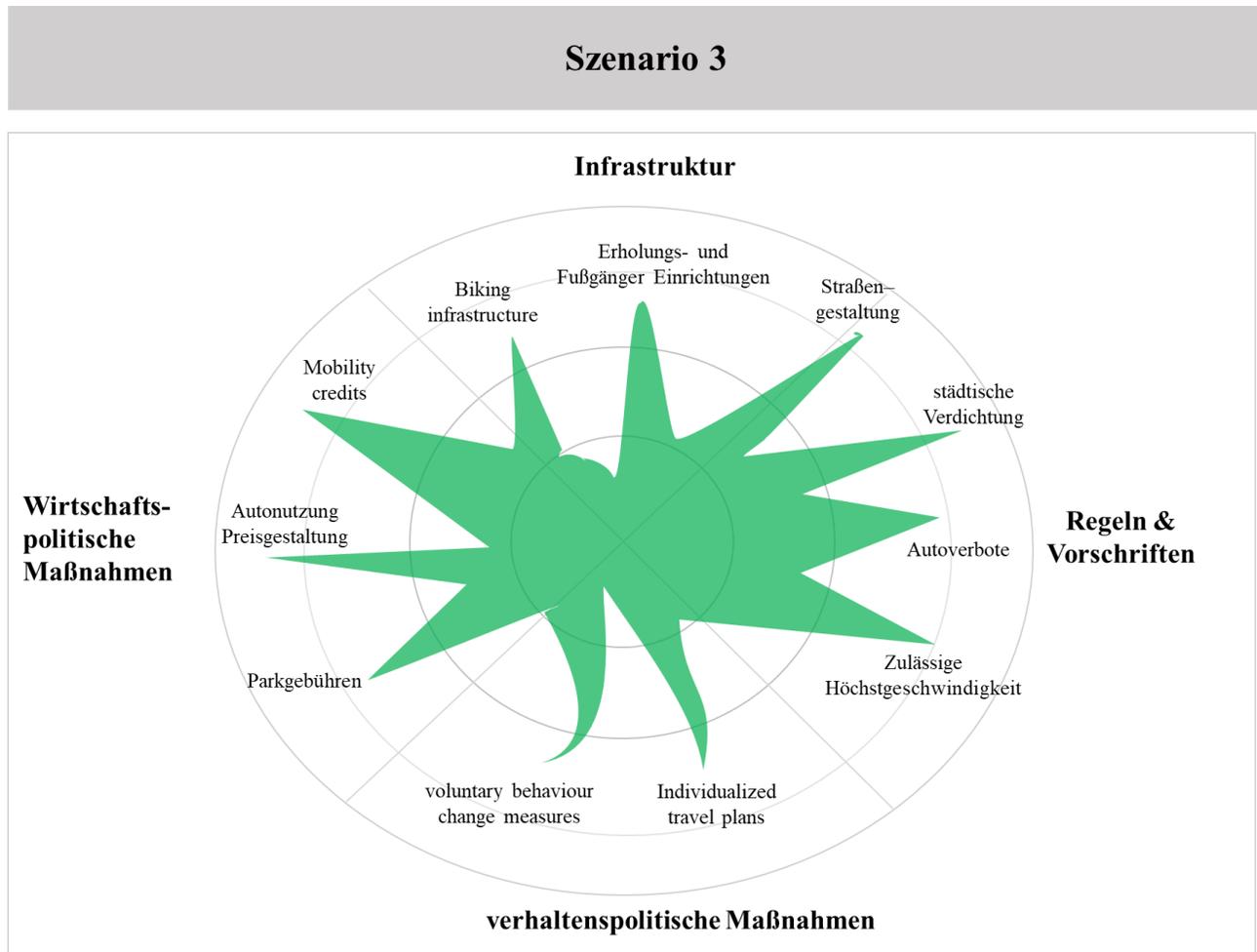
Intervention	Type	Emissionsminderungspotential
Ausbau von Fahrradwegen	Infrastruktur	Mittlere Priorität
Fahrradspuren-Konnektivität	Infrastruktur	Hohe Priorität
städtische Verdichtung	Regeln & Vorschriften	Mittlere-hohe Priorität
Straßenverbindungen und Design	Infrastruktur + Regeln & Vorschriften	Hohe Priorität
Parken und Endnutzungseinrichtungen	Infrastruktur + Regeln & Vorschriften	Mittlere Priorität
Auto-Verbote	Regeln & Vorschriften	Mittlere Priorität
Preisgestaltung	Wirtschafts-politische Maßnahmen	Mittlere Priorität
Individuell travel plans	verhaltenspolitische Maßnahmen	Niedrige-Mittlere Priorität
weichen Verbesserungen im öffentlichen Nahverkehr	verhaltenspolitische Maßnahmen	Niedrige-Mittlere Priorität
Fahrrad-Promotionen	Wirtschafts-politische Maßnahmen	Mittlere Priorität
E-bike Promotionen	Infrastruktur + legal	Mittlere Priorität

Szenario 2: Vorrangige Maßnahmen zur Erreichung der Emissionsminderungsziele



Intervention	Type	Emissionsminderungspotential
Erweiterung der öffentlichen Verkehrsmittel	Infrastruktur	Hohe Priorität
Öffentliche Verkehrsmittel Servicekonnektivität	Infrastruktur	Hohe Priorität
Erhöhung der Servicefrequenz im öffentlichen Verkehr	Infrastruktur	Mittlere Priorität
Preissenkung im ÖPNV Service	Wirtschafts-politische Maßnahmen	Niedrige-Mittlere Priorität
Parkgebühren	Wirtschafts-politische Maßnahmen	Mittlere Priorität
Preissenkung	Wirtschafts-politische Maßnahmen	Mittlere Priorität
Individuell Marketing und Werbung	verhaltenspolitische Maßnahmen	Niedrige-Mittlere Priorität
Soft PT improvements	verhaltenspolitische Maßnahmen	Niedrige-Mittlere Priorität
ICT integration	verhaltenspolitische Maßnahmen	Niedrige Priorität
städtische Verdichtung	Regeln & Vorschriften	Hohe Priorität

Szenario 3: Vorrangige Maßnahmen zur Erreichung der Emissionsminderungsziele



Intervention	Type	Emissionsminderungspotential
städtische Verdichtung	Regeln & Vorschriften	Mittlere-hohe
Straßenanbindung und -gestaltung	Infrastruktur+ Regeln & Vorschriften	Hohe Priorität
Preissenkung	Wirtschafts-politische Maßnahmen	Mittlere Priorität
Parkgebühren	Wirtschafts-politische Maßnahmen	Mittlere Priorität
Autoverbote	Regeln & Vorschriften	Mittlere Priorität
Zulässige Höchstgeschwindigkeit	Regeln & Vorschriften	Mittlere Priorität
Individuell travel plans	verhaltenspolitische Maßnahmen	Niedrige-Mittlere Priorität
Erholungs- und Fußgänger Einrichtungen	Infrastruktur	Niedrige-Mittlere Priorität
Personal Carbon Trading	Wirtschafts-politische Maßnahmen	Mittlere Priorität

3.3 Maßnahmen zum Reiseverhalten Verbesserungen im öffentlichen Nahverkehr (PT) in Sennestadt & Bielefeld

Derzeit werden verschiedene Optionen für Streckenerweiterungen der Stadtbahn Bielefeld diskutiert und sind teilweise in der Vorplanung.



< Source: Alternatives for the prolongation of line 1 | © moBiel
<https://www.urban-transport-magazine.com/en/additional-high-level-platforms-and-route-extensions-for-stadtbahn-bielefeld/> >

Basierend auf früherer Literatur wird die Verkehrsmittelverlagerung vom Auto zum ÖPNV für Light Rail Transit auf durchschnittlich 22,0 (±14,3) Prozentpunkte geschätzt. Die Evidenz für den Ausbau von Straßenbahnlinien ist sehr begrenzt. Basierend auf den wenigen verfügbaren Studien scheint es jedoch, dass die Auswirkungen von Straßenbahnlinien eher am unteren Ende liegen (ca. 5 % der Verkehrsmittelverlagerung weg vom Auto). In Anbetracht der hohen Häufigkeit der Pkw-Nutzung im Fernverkehr in Sennestadt im Vergleich zu anderen Stadtteilen Bielefelds ist es

wahrscheinlich, dass die Auswirkungen des ÖPNV-Ausbaus eher höher sind. Aus Sicht der ÖPNV-Nutzer bieten Straßenbahnlinien die Möglichkeit, die Zuverlässigkeit und die Häufigkeit des ÖPNV-Angebots zu erhöhen (im Vergleich zu traditionellen Buslinien). Darüber hinaus kann diese Auswirkung am Rande durch Verbesserungen bei den weichen Faktoren (wie nutzerorientierte Maßnahmen des Komforts und der Sicherheit) und eine bessere Informationsbereitstellung verstärkt werden, wodurch es wahrscheinlicher wird, dass die (neuen und alten) ÖPNV-Nutzer im Laufe der Zeit gehalten werden.

Verbesserungen für den aktiven Verkehr

Unter den verschiedenen Vorschlägen zur Verbesserung der Bedingungen für den aktiven Verkehr in Bielefeld steht der Bielefelder "Radentscheid" an erster Stelle.

In Bezug auf die Verbesserung der Radverkehrsinfrastruktur hebt dieser Vorschlag zwei wichtige Ziele hervor:

- i. Bau von mindestens 10 Kilometern Fahrradstraßen pro Jahr ohne motorisierten Durchgangsverkehr und mit Vorfahrt
- ii. Mindestens 5 Kilometer geschützte Radwege an Hauptstraßen pro Jahr einrichten

Es gibt einige Fortschritte in Richtung Radwege, wie z.B. in der Artur-Ladebeck-Straße, die bereits die Situation des Radverkehrs in diesem Gebiet verbessert haben, wobei ein Bericht von einer Steigerung von 25% spricht (Zitat). Aus früherer Literatur wissen wir, dass die Bereitstellung von spezieller Fahrradinfrastruktur zu einem höheren Anteil an Radfahrern führt. Basierend auf konservativen Schätzungen können 10/15 km zusätzliche Fahrradinfrastruktur zu einem Anstieg des Radverkehrsanteils um ~10 % führen, wobei ein nicht unerheblicher Anteil von Autofahrern stammt. Darüber hinaus wird in der Literatur auch die Auswirkung der Fahrradinfrastruktur auf die Sicherheit (weniger Unfälle) und das Stressniveau der Fahrradnutzer hervorgehoben (1 Minute Stress im Mischverkehr mit etwa 4 Minuten Stress auf einer Fahrradspur), was bedeutet, dass mehr Fahrradnutzer wahrscheinlich weiterhin mit dem Fahrrad fahren werden.



< Source: Artur-Ladebeck-Straße
Michael Schem <schem@fh-muenster.de>>

Die Eigenschaften eines Viertels, wie z. B. Begehrbarkeit, Parks, Sicherheit, Ästhetik und soziales Umfeld, werden häufig mit aktivem Verkehr, insbesondere dem Gehen, in Verbindung gebracht. Ein wichtiger Aspekt dabei ist die Gestaltung von Straßen, die sicher für Radfahrer und Fußgänger sind.

In Bezug auf die Verbesserung der Radverkehrsinfrastruktur fordert der Radentscheid-Vorschlag zwei wichtige Ziele:

- i. Umgestaltung oder Neugestaltung von mindestens 5 Kreuzungen oder Kreisverkehren pro Jahr
- ii. Optimieren Sie mindestens 5 Ampelkreuzungen pro Jahr



< Source: Artur-Ladebeck-Straße
https://www.nw.de/lokal/bielefeld/gadderbaum/21990649_Artur-Ladebeck-Strasse-Radler-Boom-nach-Umgestaltung.html> | © Kurt Ehmke

Separate Lichtsignalphasen für Fahrräder an Kreuzungen können Radfahrern Zeit geben, eine Kreuzung ohne Kraftfahrzeugverkehr zu überqueren. Getrennte Lichtsignalanlagen vermitteln Radfahrern tendenziell ein Gefühl von Sicherheit und Geborgenheit. In der Tat fand eine Studie von (Korve und Niemeier, 2002) heraus, dass separate Ampeln die Auto-Fahrrad-Kollisionen bemerkenswert reduzierten (von 10 Unfällen in 3 Jahren auf Null in 3 Jahren nach der Implementierung). Eine andere Möglichkeit, ähnliche Ziele zu erreichen, ist der Einsatz von Verkehrsberuhigungsmaßnahmen. Diese Maßnahmen können auch das Sicherheitsgefühl der Fahrradnutzer erhöhen, indem sie die Zahl der Fahrradunfälle verringern. So gingen z.B. im Raum Berlin-Moabit die Unfälle von Radfahrern nach Umsetzung dieser Maßnahmen um 16% zurück (Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 1989). Insgesamt kann gesagt werden, dass solche Maßnahmen äußerst wichtig sind, um sicherzustellen, dass sich Fahrradnutzer sicher fühlen, wenn sie das Fahrrad als Hauptverkehrsmittel nutzen, allerdings ist es etwas schwieriger zu bestimmen, ob sie einen wesentlichen Einfluss darauf haben, neue Nutzer vom Auto wegzulocken.

Im Bereich der Abstellanlagen drängen die Bielefelder Befürworter auf einen umfangreichen Ausbau der Fahrradabstellplätze. Die Vorschläge umfassen

- i. der Bau einer Fahrradstation mit mindestens 2.000 Stellplätzen am Hauptbahnhof und zusätzlich 2.000 überdachte und beleuchtete Stellplätze an anderen Bahnhöfen und Haltestellen und
- ii. Installation von 1.000 Fahrradständern pro Jahr in der Stadt.

Aus der Literaturrecherche zum Thema Fahrradabstellanlagen und Fahrradfahren wissen wir, dass Fahrradabstellanlagen einen erheblichen Einfluss auf die Fahrradnutzung haben. So wurde beispielsweise in Großbritannien festgestellt, dass sowohl Außen- als auch Innenabstellanlagen den Anteil der Fahrradnutzer um 1-2%-Punkte erhöhen. Diese Auswirkung kann durch den Einbau von Duschanlagen noch verstärkt werden. In Anbetracht der Tatsache, dass dieser Anstieg von einer sehr niedrigen Basis von Fahrradnutzern (5-6 % Fahrradnutzer) berichtet wird, stellt er einen unglaublich wichtigen Faktor für die Steigerung der Fahrradnutzung dar. Dies spiegelt sich auch in der Bewertung dieser Einrichtungen durch die Radfahrer wider. In den meisten Bewertungen wurden Duschköglichkeiten und überdachte Fahrradabstellplätze zusammen mit einem Zeitgewinn von 4-6 Minuten für das Radfahren auf der Strecke bewertet. Schließlich erhöht die Bereitstellung von guten Fahrradabstellplätzen an ÖPNV-Stationen die ÖPNV-Nutzung sowie die Anzahl der Radfahrer. In dieser Hinsicht steht das Ziel, mehr Fahrradabstellplätze am Bielefelder Hauptbahnhof zu schaffen, im Einklang mit den Empfehlungen aus der Literatur, da Fahrradstationen an Bahnhöfen sowohl als Abstellplätze als auch als Zubringer für eine längere und bequemere Nutzung des ÖPNV dienen.

Advertise for the use of the bicycle

In Bezug auf die Förderung der Fahrradnutzung und die Reduzierung des Autoverkehrs drängen die Bielefelder vor allem auf Social Marketing und Schulwegpläne für Fahrräder.

Eine Vielzahl von Programmen, die darauf abzielen, den Autoverkehr zu reduzieren und die Nutzung des ÖPNV, des Gehens und des Radfahrens zu erhöhen, können in der Regel von lokalen Regierungen oder Gemeindeorganisationen umgesetzt werden. Die Erkenntnisse aus unserer Literaturrecherche deuten darauf hin, dass "Informationskampagnen und einmalige Veranstaltungen" zu einer Veränderung des Verkehrsmittelanteils von bis zu 1-5% führen können. Ähnlich zeigen die besten Schätzungen für "Individualisierte Marketingkampagnen", dass diese Kampagnen die Autonutzung um 0,5-2% Prozentpunkte reduzieren können.

Der Einsatz von Werbung scheint auf der sozialen Skala effektiver zu sein. Unsere Literaturobwertung deutet darauf hin, dass kostenlose Massenerholungsprogramme, bei denen Straßen vorübergehend für den motorisierten Verkehr gesperrt und für die Nutzung durch Fußgänger reserviert werden, tendenziell mehr Wirkung bei den Verkehrsteilnehmern hinterlassen, wenn sie mit Folgeinformationen kombiniert werden. In ähnlicher Weise haben Freizeit-Fahrradveranstaltungen in verschiedenen Städten auf der ganzen Welt zu einem Anstieg des Fahrradverkehrs geführt (5-10% Zuwachs beim Fahrradanteil im Laufe der Zeit). Es scheint jedoch, dass der Schlüssel zu einer nachhaltigen Wirkung darin liegt, die Veranstaltung zu einem regelmäßigen Event zu machen und mit lokalen Akteuren zusammenzuarbeiten, die das Engagement aufrechterhalten können.

Die Einführung eines Fahrplans kann einen signifikanten Einfluss auf die Wahl des Verkehrsmittels für den Weg zur Arbeit haben. Standort- und Organisationsfaktoren sowie Merkmale des Überwachungsprozesses sind signifikante Prädiktoren für effektive Reisepläne. Allerdings basiert dies auf Reiseplänen am Arbeitsplatz; die Evidenz für Reisepläne an Schulen ist begrenzt. Basierend auf der Implementierung in Schulen in Großbritannien und Japan wird geschätzt, dass TFP im schulischen Umfeld die Autonutzung im Durchschnitt um 2-5% Prozentpunkte reduzieren können; allerdings gibt es eine relativ höhere Varianz in den gemessenen Ergebnissen für diese TFP im Vergleich zu TFP im betrieblichen Umfeld.



< Fahrradstraße vor Schule (Quelle: Miriam Friedrich/Radentscheid Bamberg)
Source: <https://radentscheid-bielefeld.de/ziele> >

Eine weitere Maßnahme, die zur Reduzierung der Autonutzung in Bielefeld in Betracht gezogen wird, ist das Angebot von zeitlich begrenzten, subventionierten ÖPNV-Tickets für neue Siedlungen. Zwar gibt es nur begrenzte Belege für subventionierte ÖPNV-Tickets für Neubaugebiete, aber es gibt Belege dafür, dass Reisepläne im Allgemeinen effektiver sind, wenn sie in Neubaugebieten umgesetzt werden, in denen die Veränderung des Umfelds für die meisten Bewohner eine Gelegenheit bietet, gut eingefahrene Reisegewohnheiten zu durchbrechen. Ebenso gibt es gemischte Belege für die Wirksamkeit von zeitlich begrenzten subventionierten ÖPNV-Tickets bei der langfristigen Änderung des Reiseverhaltens.

4 References

- Bauman, A. E., and F. C. Bull. 2007. "Environmental Correlates of Physical Activity and Walking in Adults and Children: A Review of Reviews." *London: National Institute of Health and Clinical Excellence*.
- Boarnet, Marlon G. 2011. "A Broader Context for Land Use and Travel Behavior, and a Research Agenda." *Journal of the American Planning Association* 77 (3): 197–213.
- Bohte, Wendy, Kees Maat, and Bert Van Wee. 2009. "Measuring Attitudes in Research on Residential Self-selection and Travel Behaviour: A Review of Theories and Empirical Research." *Transport Reviews* 29 (3): 325–57.
- Brechan, Inge. 2017. "Effect of Price Reduction and Increased Service Frequency on Public Transport Travel." *Journal of Public Transportation* 20 (1): 8.
- Buehler, Ralph, and Jennifer Dill. 2016. "Bikeway Networks: A Review of Effects on Cycling." *Transport Reviews* 36 (1): 9–27.
- Cairns, Sally, Frauke Behrendt, David Raffo, Claire Beaumont, and Chris Kiefer. 2017. "Electrically-Assisted Bikes: Potential Impacts on Travel Behaviour." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 103: 327–42.
- Cao, X., P. L. Mokhtarian, and S. Handy. 2009. "Examining the Impacts of Residential Self-Selection on Travel Behaviour: A Focus on Empirical Findings." *Transport Reviews* 29 (3): 359–95.
- Chatman, Daniel G. 2009. "Residential Choice, the Built Environment, and Nonwork Travel: Evidence Using New Data and Methods." *Environment and Planning A* 41 (5): 1072–1089.
- Currie, Graham, and Ian Wallis. 2008. "Effective Ways to Grow Urban Bus Markets—a Synthesis of Evidence." *Journal of Transport Geography* 16 (6): 419–29.
- De Gruyter, Chris, Graham Currie, Long T. Truong, and Farhana Naznin. 2019. "A Meta-Analysis and Synthesis of Public Transport Customer Amenity Valuation Research." *Transport Reviews* 39 (2): 261–83.
- De Jong, Gerard, and Hugh Gunn. 2001. "Recent Evidence on Car Cost and Time Elasticities of Travel Demand in Europe." *Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)* 35 (2): 137–60.

Dill, Jennifer, and Theresa Carr. 2003. "Bicycle Commuting and Facilities in Major US Cities: If You Build Them, Commuters Will Use Them." *Transportation Research Record* 1828 (1): 116–23.

Ding, Ding, Binh Nguyen, Vincent Learnihan, Adrian E. Bauman, Rachel Davey, Bin Jalaludin, and Klaus Gebel. 2018. "Moving to an Active Lifestyle? A Systematic Review of the Effects of Residential Relocation on Walking, Physical Activity and Travel Behaviour." *Br J Sports Med* 52 (12): 789–99.

Essen, Mariska van, Tom Thomas, Eric van Berkum, and Caspar Chorus. 2016. "From User Equilibrium to System Optimum: A Literature Review on the Role of Travel Information, Bounded Rationality and Non-Selfish Behaviour at the Network and Individual Levels." *Transport Reviews* 36 (4): 527–48.

Ewing, Reid, and Robert Cervero. 2010. "Travel and the Built Environment: A Meta-Analysis." *Journal of the American Planning Association* 76 (3): 265–94.

Gim, Tae-Hyoung Tommy. 2013. "The Relationships between Land Use Measures and Travel Behavior: A Meta-Analytic Approach." *Transportation Planning and Technology* 36 (5): 413–34.

Hensher, David A. 2008. "Assessing Systematic Sources of Variation in Public Transport Elasticities: Some Comparative Warnings." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 42 (7): 1031–42.

Ingvardson, Jesper Bláfoss, and Otto Anker Nielsen. 2018a. "Effects of New Bus and Rail Rapid Transit Systems—an International Review." *Transport Reviews* 38 (1): 96–116.

———. 2018b. "How Urban Density, Network Topology and Socio-Economy Influence Public Transport Ridership: Empirical Evidence from 48 European Metropolitan Areas." *Journal of Transport Geography* 72: 50–63.

Levine, Jonathan. 2010. *Zoned out: Regulation, Markets, and Choices in Transportation and Metropolitan Land Use*. RFF Press.

Mangiaracina, Riccardo, Alessandro Perego, Giulio Salvadori, and Angela Tumino. 2017. "A Comprehensive View of Intelligent Transport Systems for Urban Smart Mobility." *International Journal of Logistics Research and Applications* 20 (1): 39–52.

Nuworsoo, Cornelius, and Erin Cooper. 2013. "Considerations for Integrating Bicycling and Walking Facilities into Urban Infrastructure." *Transportation Research Record* 2393 (1): 125–33.

Pucher, John, Jennifer Dill, and Susan Handy. 2010. "Infrastructure, Programs, and Policies to Increase Bicycling: An International Review." *Preventive Medicine* 50: S106–25.

Redman, Lauren, Margareta Friman, Tommy Gärling, and Terry Hartig. 2013. "Quality Attributes of Public Transport That Attract Car Users: A Research Review." *Transport Policy* 25: 119–27.

Tang, Lei, and Piyushimita Vonu Thakuria. 2012. "Ridership Effects of Real-Time Bus Information System: A Case Study in the City of Chicago." *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 22: 146–61.

Wardman, Mark. 2012. "Review and Meta-Analysis of UK Time Elasticities of Travel Demand." *Transportation* 39 (3): 465–90.

———. 2014. "Price Elasticities of Surface Travel Demand a Meta-Analysis of UK Evidence." *Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)* 48 (3): 367–84.

Wardman, Mark, Jeremy Toner, Nils Fearnley, Stefan Flügel, and Marit Killi. 2018. "Review and Meta-Analysis of Inter-Modal Cross-Elasticity Evidence." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 118: 662–81.

Wegener, Michael, and Franz Fuerst. 2004. "Land-Use Transport Interaction: State of the Art." Urban/Regional 0409005. EconWPA. <http://ideas.repec.org/p/wpa/wuwpur/0409005.html>.

Wolf, Angelika, and Sebastian Seebauer. 2014. "Technology Adoption of Electric Bicycles: A Survey among Early Adopters." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 69: 196–211.