



Tobias Klein (Hrsg.)

Radverkehrsinfrastruktur – Baustein der Verkehrswende

Gemeinsame Abschlusspublikation des NRVP-Forschungsbegleitkreises
„Förderschwerpunkt Infrastruktur“

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Tobias Klein (Hrsg.)

Radverkehrsinfrastruktur – Baustein der Verkehrswende

Gemeinsame Abschlusspublikation des NRVP-Forschungsbegleitkreises
„Förderschwerpunkt Infrastruktur“

Impressum

Herausgeber:

Tobias Klein

Redaktion:

Patrick Diekelmann

Layout:

Antje Stegmann

Gestaltungskonzept Umschlag:

3pc GmbH Neue Kommunikation

Zitierweise:

Tobias Klein (Hrsg.): Radverkehrsinfrastruktur – Baustein der Verkehrswende. Gemeinsame Abschlusspublikation des NRVP-Forschungsbegleitkreises „Förderschwerpunkt Infrastruktur“, Berlin 2021 (Difu-Sonderveröffentlichung)

Die Reihe „Difu-Sonderveröffentlichungen“ enthält sowohl abgeschlossene Beiträge als auch Teilergebnisse aus dem laufenden Forschungsprozess, ferner Dokumentationen von Tagungen und Workshops. Namentlich gekennzeichnete externe Beiträge werden aus Gründen der Aktualität in der Regel ohne redaktionelle Bearbeitung veröffentlicht.

Das dieser Publikation zugrundeliegende Vorhaben wurde vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) aus Mitteln zur Umsetzung des Nationalen Radverkehrsplans gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autorinnen und Autoren

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Bildnachweise (Umschlag):

Umschlagvorderseite: 1: Busso Grabow, 2–4 Wolf-Christian Strauss

Umschlagrückseite: 1–2 Wolf-Christian Strauss, 3 Sybille Wenke-Thiem,

4: Busso Grabow

© Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH 2021

Zimmerstraße 13–15 10969 Berlin

+49 30 39001-0 difu@difu.de www.difu.de

Berlin, August 2021

Inhalt

Vorwort	5
Tobias Klein	
Big Data im Radverkehr	6
Angela Francke, Sven Lißner	
InfRad: Infrastruktur als Einflussfaktor auf den Radverkehr	16
Michael Hardinghaus	
Sicher überholt!	24
Volker Blees	
RadOnTime: Wirkungen von Restzeitanzeigen auf den Radverkehr	32
Heather Kaths, Andreas Keler, Georgios Grigoropoulos, Klaus Krämer, Fritz Busch	
RASCH – RAdSCHnellwege: Gestaltung effizienter und sicherer Infrastruktur	45
Heather Kaths, Andreas Keler, Georgios Grigoropoulos, Seyed Abdollah Hosseini, Fritz Busch	
Bürger*innen- und verkehrsgerechte Implementierung von Innenstadtdepots für Lastenräder	53
Tom Assmann, Sebastian Bobeth	
RadAktiv – Identifizierung, Typisierung und Aktivierung von Nicht-Radfahrenden	63
Johannes Mahne-Bieder, Monika Popp, Henrike Rau	
Empfehlungen für die Gestaltung von Fahrradstraßen	71
Simon Hummel, Tobias Klein	
Verzeichnis der Autorinnen und Autoren	79

Vorwort

Gute und sichere Radverkehrsinfrastruktur ist eine der zentralen Voraussetzungen einer erfolgreichen Radverkehrsförderung. Denn nur wenn die Infrastruktur ein komfortables Vorankommen mit dem Rad ermöglicht, werden Menschen dieses auch als Alternative zum privaten Pkw annehmen. Dazu zählen zum Beispiel ausreichend breite Radwege oder geschützte Radfahrstreifen, vom Durchgangsverkehr befreite Fahrradstraßen oder grüne Wellen für den Radverkehr. Die Infrastruktur sollte ein sicheres Überholen durch Kraftfahrzeuge mit dem nötigen Mindestabstand ermöglichen und unsicheres Überholen verhindern. Im Sinne der Verkehrswende sollte dabei nicht nur für den herkömmlichen Alltagsverkehr mit dem Rad geplant werden, sondern auch für den Wirtschaftsverkehr – in ihm schlummert ein enormes Potenzial der Verlagerung von motorisiertem Verkehr auf Lastenräder.

Zusätzlich ist in den letzten Jahren der Ruf laut geworden, neben der seit langem bei Planungen berücksichtigten objektiven Sicherheit auch Aspekte der subjektiven Sicherheit stärker einzubeziehen. Die heterogene Gruppe der Radfahrenden unterscheidet sich hinsichtlich ihres Sicherheitsempfindens und ihrer Infrastrukturpräferenzen. Im Hinblick auf eine Steigerung der Radverkehrszahlen ist es wichtig, gerade unsichere Verkehrsteilnehmende für das Fahrrad zu begeistern. Dabei ist eine fehlerverzeihende Infrastruktur eine Grundvoraussetzung, um auch noch nicht Radfahrende aufs Rad zu holen und ihnen eine langfristige Fahrradnutzung zu ermöglichen.

Im Rahmen des Nationalen Radverkehrsplan (NRVP) der Bundesregierung werden jährlich Forschungsvorhaben gefördert, die neue Erkenntnisse im Themenfeld Radverkehr liefern sollen. Dabei gibt es in jedem Jahr Förderschwerpunkte; für Projekte, die im Jahr 2017 starteten, war einer der Förderschwerpunkte das Thema Infrastruktur. Als Plattform zum interdisziplinären Austausch und zur Vernetzung wurde der Forschungsbegleitkreis (FBK) „Förderschwerpunkt Infrastruktur“ initiiert. Damit sollten Synergien zwischen den Projekten genutzt sowie Erfahrungen und Expertise untereinander ausgetauscht werden, um Doppelarbeiten zu vermeiden und Forschungslücken zu identifizieren.

Im NRVP-FBK „Förderschwerpunkt Infrastruktur“ waren acht NRVP-Projekte, ein mFund-Projekt (Projekte mit digitalen datenbasierten Anwendungen) sowie Vertreter*innen des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), des Projektträgers Umweltbundesamt (UBA) bzw. des Bundesamtes für Güterverkehr (BAG), der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) und der Unfallforschung der Versicherer (UDV) vertreten.

Mit Ende der Laufzeit des Forschungsbegleitkreises kann festgehalten werden, dass das Schwerpunktthema Infrastruktur am Puls der Zeit war und dass viele im FBK vertretene Projekte einen ertragreichen Beitrag zur aktuellen Diskussion leisten konnten. In diesem Sammelband stellen alle acht im FBK vertretenen NRVP-Projekte ihre Forschungsergebnisse vor und geben Hinweise, welche Themen in Zukunft fokussiert betrachtet werden sollten. Denn Diskussion und Forschung im Spannungsfeld von subjektiver und objektiver Sicherheit haben gerade erst begonnen und könnten zu grundlegenden Änderungen in der Planungsphilosophie führen, damit in Zukunft eine sichere und komfortable Radverkehrsinfrastruktur für alle verwirklicht wird.

Big Data im Radverkehr

Typologisierung von Radfahrenden und Auswertung smartphonegenerierter Radverkehrsdaten

Kurzfassung

Die Nutzung verfügbarer Radverkehrsdaten auf GPS-Basis stellt eine preisgünstige Möglichkeit für Kommunen dar, einen Überblick über das Nutzungsverhalten der Radfahrenden zu erhalten. Die hier erarbeitete Radfahrertypologie kann helfen, GPS-Daten auch ohne detaillierte Kenntnisse der zugrundeliegenden Nutzergruppen zielgenauer zu interpretieren.

In einem ersten Schritt wurde eine umfangreiche bundesweite Befragung zur Differenzierung verschiedener Radfahrertypen vorgenommen. Hierbei konnten vier Typen beschrieben werden (Funktionelle, Passionierte, Pragmatische und Ambitionierte), welche sich hinsichtlich Nutzungshäufigkeit, zurückgelegter Entfernungen, subjektiver Sicherheit, Identifikation als Radfahrende, Wetterabhängigkeit und motivationaler Aspekte signifikant voneinander unterscheiden.

Die Nutzungshäufigkeit steigt von ambitionierten über passionierte und pragmatische Radfahrende an. Funktionelle Radfahrende gaben die geringste Fahrradnutzung an. Ambitionierte Radfahrende legen die deutlich größten Distanzen zurück.

Anschließend wurde eine heterogene Proband*innengruppe mit unterschiedlichen soziodemografischen Ausprägungen aus den einzelnen Radfahrertypen ausgewählt. In der zweiwöchigen Feldphase wurden mittels Smartphone-Applikation Fahrdaten aufgezeichnet.

Die Ergebnisse aus der Umfrage zeigten sich in abgeschwächter Form. Insbesondere der ambitionierte Radfahrertyp lässt sich u. a. durch höhere Tageskilometerwerte von den anderen Typen, bei denen eine Unterscheidung weniger ausgeprägt ist, abgrenzen. Für die Nutzung von GPS-Daten für die Radverkehrsplanung lässt sich ableiten, dass sich eine mögliche Skalierung bzw. Wichtung von Daten entlang soziodemografischer Faktoren anbietet.

Ausgangssituation, Projektidee und Zielsetzung

Das im Dezember 2017 beendete Projekt „Mit Smartphones generierte Verhaltensdaten im Radverkehr (NRVP 06/2014)“ verdeutlichte bereits ein großes Potenzial von Bewegungsdaten für die planerische Praxis. Eine valide Netzabdeckung sowie ein kalibrierbares Geschwindigkeitsniveau der GPS-Daten konnten konstatiert werden.

Jedoch wurde auch festgestellt, dass zu diesem Zeitpunkt weiterhin detaillierte Informationen zum Radverkehrsverhalten unterschiedlicher sozioökonomischer Gruppen bei der Nutzung von GPS-Daten von Radfahrenden fehlten. GPS-Massendaten lagen zu diesem Zeitpunkt vor, bzw. waren vergleichsweise einfach zu erzeugen. Damit konnte jedoch nur die Summe aller beteiligten Nutzer*innen abgebildet werden, während Informationen zum Radverkehrsverhalten beteiligter Einzelnutzer*innen fehlten. Da bei der Analyse von GPS-Daten aus Datenschutzgründen zumeist nur aggregiertes

Nutzerverhalten abgebildet wird, lagen zu den konkreten Nutzer*innen beziehungsweise der zugrundeliegenden Nutzergruppe keine weiteren personenbezogenen Informationen vor. Zum Zeitpunkt des Projektbeginns fehlte somit das Bindeglied an dieser Stelle für eine umfassende Analyse der GPS-Daten. Vorliegende GPS-Datensätze, zum Beispiel des im Modellprojekt untersuchten Anbieters der Fitness-App „Strava“, können somit für diesen Aspekt nur eingeschränkt auf Repräsentativität geprüft und in einem nächsten Schritt kalibriert werden.

Dies gab die ausschlaggebende Idee für das Projekt. Es wurde sich erhofft, durch die Durchführung einer umfangreichen Feldstudie zum Radverkehrsverhalten verschiedener sozio-ökonomischer Nutzergruppen die bestehende Wissenslücke an dieser Stelle zu schließen. Befragungen sollten die Feldstudie wissenschaftlich vorbereiten und begleiten.

Durch die Befragung sollte hierzu eine wissenschaftlich hergeleitete und empirisch belegte multidimensionale Typologisierung von Radfahrenden erstellt werden. Daneben wurde geplant, im Rahmen der Feldstudie eine umfangreiche heterogene Proband*innengruppe mit unterschiedlichen sozio-ökonomischen Ausprägungen mit Geräten für die Aufzeichnung ihrer Radrouten auszustatten. Damit sollten die Proband*innen datenschutzkonform ihre Radrouten über einen längeren Zeitraum aufzeichnen. Gestützt werden sollte das auf diesem Wege erhobene Radverkehrsverhalten durch kontinuierliche begleitende Befragungen. Die Radverkehrsdaten sollten ausgewertet und anhand unterschiedlicher Indikatoren beschrieben werden. Damit wurde das Ziel angestrebt, die Präferenzen einzelner Gruppen zu identifizieren, z. B. im Hinblick auf Geschwindigkeit, Streckenlänge, Typ der Radverkehrsinfrastruktur, Fahrtzweck oder Routenwahl.

Durch die Befragung wurde sich erhofft, vor allem Antworten auf folgende Fragen zu finden: Welche Typen von Radfahrenden gibt es und wie lassen sich diese beschreiben? Welche individuellen Routen- und Umweltfaktoren spielen bei der Typologisierung eine Rolle? Wie unterscheiden sich die Typen in ihren instrumentellen, symbolischen und affektiven Motiven? Welche Faktoren unterscheiden sich nicht systematisch zwischen den Gruppen?

Die erhobenen Nutzerverhalten unterschiedlicher Gruppen von Radfahrenden können auch ohne die Verwendung von GPS-Massendaten einen wichtigen Beitrag für die Verkehrssicherheitsarbeit oder die Radverkehrsplanung liefern. Die Basisdaten können zudem einen wertvollen Input für die Erarbeitung neuer Routenwahlmodelle im Radverkehr darstellen.

Projektverlauf

Das Projekt wurde an der Technischen Universität Dresden von der Professur für Verkehrsökologie sowie der Professur für Verkehrspsychologie der gleichen Fakultät durchgeführt. Die Programmierung der App für die Nutzung im Projektverlauf wurde von der Firma Cyface vorgenommen.

Die Zielgruppe, des am Ende des Projektes aus den Ergebnissen erarbeiteten Leitfadens, umfasst vorrangig Verkehrsplaner*innen und politische Entscheidungsträger*innen. Eine Typologie charakterisiert Untergruppen einer Population systematisch in verschiedene Kategorien. Radfahrende sind eine solche heterogene Gruppe, und zeigen unterschiedliche Reaktionen auf Infrastrukturtypen oder Umweltfaktoren. Aus dem durchgeführten Projekt sollten sich deshalb für Verkehrsplaner*innen und Entscheidungsträger*innen wertvolle Informationen für eine zielgruppenspezifische Planung und Kommunikation ergeben.

Der erste Schritt des Projektes war die Durchführung einer Literaturrecherche. Dabei wurde herausgearbeitet, welche Typologisierungsansätze von Radfahrenden bereits bekannt sind und für das Vorhaben genutzt werden konnten. Gleichzeitig sollten dabei auch bestehende Lücken bisheriger Befragungsdesigns geschlossen werden. Das Ergebnis der Literaturrecherche wurde in einer Übersicht zusammenfassend dargestellt. Weiterhin wurden aus der Literatur bereits bekannte Determinanten der Radnutzung identifiziert, um diese als Basis für die spätere Erhebung zu nutzen.

Auf der Grundlage der durch diesen ersten Schritt gewonnenen Erkenntnisse wurde eine bundesweite, möglichst repräsentative Online-Befragung konzipiert, getestet und umgesetzt. Die Befragung war vom 20.11.2018 bis einschließlich 07.01.2018 online verfügbar und für jeden frei zugänglich. Sie bestand aus einem dreiteiligen Fragebogen (CPQ – Cyclist's Profiling Questionnaire). Teil 1 des CPQ beinhaltete neben Fragen zur Radfahrentwicklung auch Fragen zu möglichen Unterbrechungen und Motiven zur Wiederaufnahme des Radfahrens. Teil 2 des CPQ wurde entwickelt, um Daten zu aktuellem Radfahrverhalten (u. a. Häufigkeit, Wegezweck, Regelwidrigkeit), Einstellungen, Motiven, Hinderungsgründen, Unfallhistorie und infrastrukturellen Präferenzen und Bewertungen zu erfassen. Abschließend wurden in Teil 3 neben soziodemografischen Angaben Fragen zum Fahrrad-/Pkw- und Führerscheinbesitz gestellt.

Im Fokus stand eine möglichst breite Beteiligung aller Radfahrenden in der Stichprobe. Der Stichprobenaufbau erfolgte bzgl. zentraler Merkmale wie Alter oder Geschlecht.

An die sorgfältige Datenaufbereitung schloss sich eine multifaktorielle Datenauswertung an. Nach einer Faktorenanalyse wurden Clusteranalysen gerechnet. Dafür wurden folgende Typologisierungsfaktoren genutzt, um die Dimensionen zu bilden, innerhalb derer die Personen platziert werden sollten: symbolische Motive, affektive Motive, instrumentelle Motive, subjektives Sicherheitsempfinden, Identifikation als Radfahrer, Fahrtzweck, Distanz, Nutzungshäufigkeit, Regelwidrigkeit, Witterung und Komfort. Diese Typologisierungsfaktoren wurden durch jeweils ein bis sieben CPQ-Items repräsentiert. Eine bestmögliche Typologisierung der Radfahrenden wurde angestrebt, um in sich homogene aber untereinander heterogene Cluster zu erhalten. Um dies zu erreichen, wurden mehrere Clusteranalysen berechnet und die Lösung mit den höchsten Gütekriterien und der besten Interpretierbarkeit angenommen.

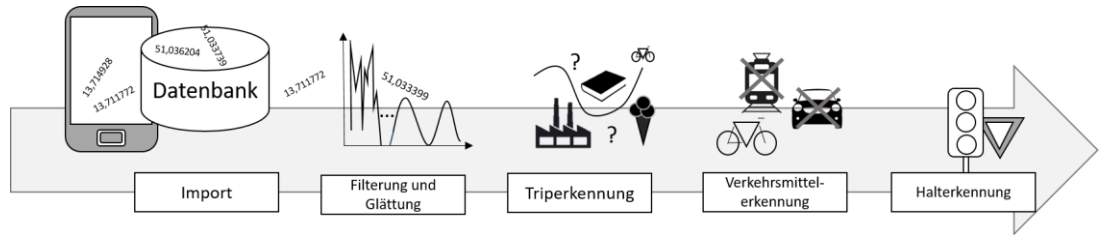
Der zweite große Abschnitt des Projektes umfasste die Erhebung im Feld. Dabei wurden die identifizierten Radfahrertypen mit reellem Fahrverhalten verknüpft, um zu prüfen, welche Präferenzen den einzelnen Gruppen im Realverkehr zugeordnet werden können und wie dies mit den angegebenen Präferenzen übereinstimmt. Die Feldphase des Forschungsprojektes fand in den Monaten Mai und Juni des Jahres 2018 statt. Das Untersuchungsgebiet umfasste die Stadt Dresden.

Im Anschluss an die Onlinebefragung konnten die Proband*innen ihre Bereitschaft zur Teilnahme an der Feldstudie erklären. Aus diesem Pool Freiwilliger wurde dann mehrstufig geschichtet die Stichprobe (n=200) nach Typ, Alter und Geschlecht gebildet. Die Daten wurden mittels einer eigenen Smartphone-Applikation erhoben. Diese enthielt neben einer Kartendarstellung und einem Button für Start/Stopp zusätzlich die Möglichkeit den Wegezweck anzugeben. Unterschieden wurde dabei in Einkaufen, Freizeit und Arbeit/Bildung.

Die Datenverarbeitung erfolgte anschließend in mehreren Stufen. Wichtig war dabei eine an die Bedürfnisse und Konventionen der Verkehrsplanung angelehnte Verarbeitung der Daten. So wurde zum Beispiel eine Trennung in Akti-

vitäten und Wege nach der Wegedefinition durchgeführt. Nach dieser ist ein Weg durch einen Zweck definiert und dieser ist auf eine Aktivität wie beispielsweise „arbeiten“ zurückzuführen. Aktivitäten, also bspw. der mehrstündige Aufenthalt in einem Büro, wurden anschließend verworfen. Auch eine Verkehrsmittelerkennung mit dem Ziel, Radfahrten und Radsportfahrten zweifelsfrei zu erkennen, wurde implementiert, um einen sauberen, nach Modifiltrierten Datensatz zu schaffen. Außerdem wurden die Fahrtzustände „Beschleunigung“, „Bremsen“, „gleichmäßige Fahrt“ und „Stillstand“ automatisiert erkannt um später die Berechnung verschiedener Parameter zu erleichtern. (Die Datenverarbeitung lief insgesamt nach dem Schema in Abb. 1 ab.)

Abb. 1:
Schritte der
Datenaufbereitung

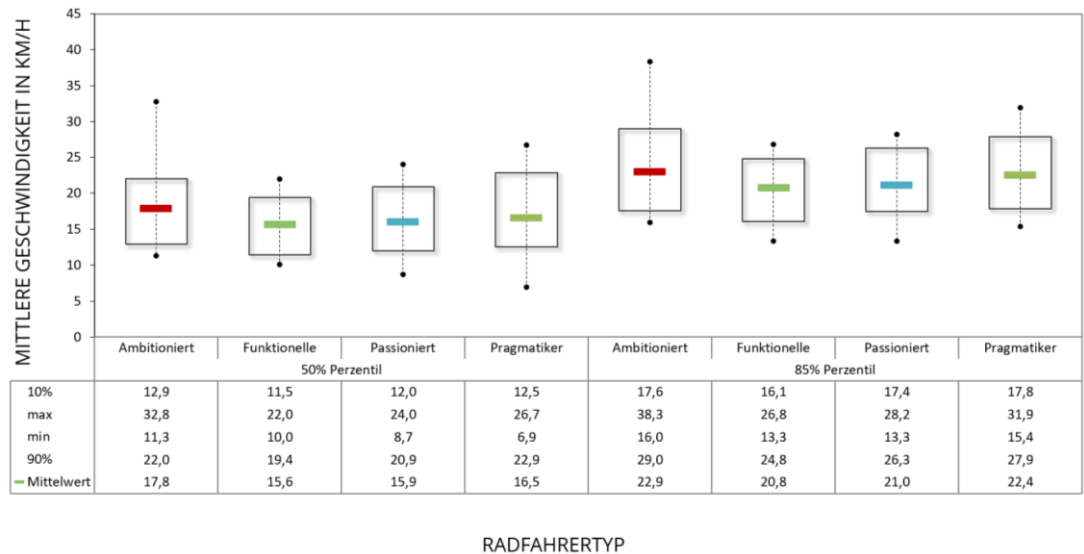


Quelle: Sven Lißner.

Die entstandenen Wegedatensätze wurden im Anschluss auf das OpenStreetmap-Netzwerk (OSM) der Stadt Dresden projiziert. Dieses wurde im Vorfeld mit den Anlagentypen der Radverkehrsinfrastruktur der Stadt Dresden verschnitten, da OSM keine hinreichend genaue Unterteilung liefert.

Die Datenauswertung erfolgte mehrschichtig mit steigender Auswertetiefe, ausgehend von der These unterschiedlicher Verhaltensweisen der Radfahrenden-Typen, hin zu einer feineren Unterscheidung nach Altersgruppen und Geschlecht. Auf Basis von GPS-Daten wurden folgende Parameter ausgewertet: Nutzungshäufigkeit, Tageskilometer, Geschwindigkeitsverteilung (siehe Abb. 2), Beschleunigungsverhalten, Flächenwahl, Umwegefaktoren.

Abb. 2:
Geschwindigkeits-
verteilung der
Radfahrtypen



Quelle: Sven Lißner.

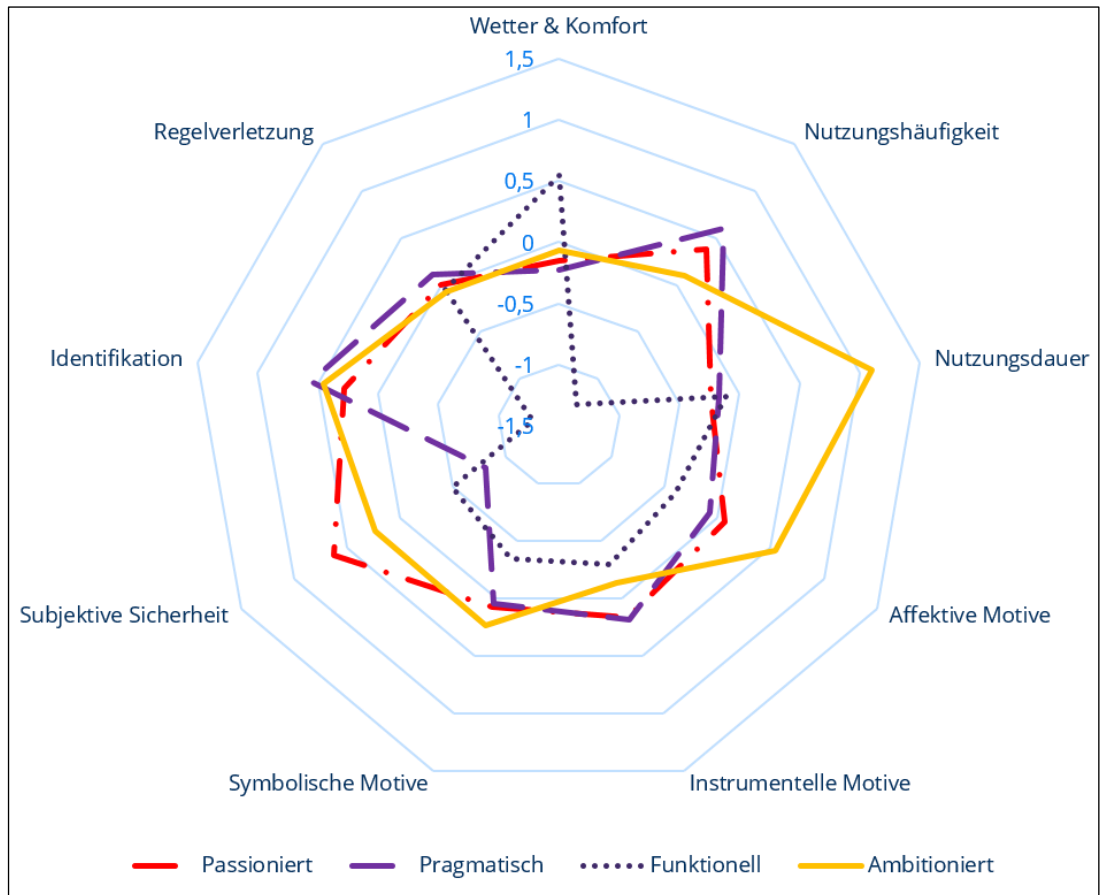
Ergebnisse und Projekterfolge

Auf Grundlage des Fragebogens wurden insgesamt neun Typologisierungsfaktoren gebildet: symbolische Motive, affektive Motive, instrumentelle Motive, subjektives Sicherheitsempfinden, Identifikation als Radfahrender, Distanz, die geradelt wird, Nutzungshäufigkeit, Regelwidrigkeit und Wetter/Komfort, d. h. der Einfluss von Witterungsbedingungen auf die Radfahrfrequenz. Innerhalb dieser Dimensionen wurden die Personen platziert und damit gruppiert.

Die Ergebnisse der Clusteranalysen deuteten auf eine 4-Clusterlösung hin. Diese Clusteranzahl ließ sich zudem auch inhaltlich sinnvoll interpretieren und alle wiederkehrend extrahierten Typen ließen sich hier wiederfinden. Eine Varianzanalyse zeigte, dass sich die Cluster hinsichtlich Witterung und Komfort, Nutzungshäufigkeit, zeitliche Distanz, affektive Motive, instrumentelle Motive, symbolische Motive, subjektive Sicherheit, Identifikation und Regelverstöße statistisch signifikant unterscheiden.

Für die weitere Auswertung wurden die soziodemografischen Faktoren sowie die infrastrukturellen Präferenzen der einzelnen Radfahrertypen mit einbezogen. Dies sorgte für ein besseres Verständnis der Unterscheidung der vier Typen. Die vier Typen können mit den folgenden Namen beschrieben werden: ambitionierte, pragmatische, funktionelle und passionierte Radfahrende. Die verschiedenen Ausprägungen in den Typologisierungsfaktoren für die jeweiligen Radfahrertypen sind in Abb. 3 zu erkennen.

Abb. 3:
Ausprägung der
Typologisierungsfaktoren für die vier
Radfahrertypen



Quelle: Angela Francke, Juliane Anke.

Ambitionierte Radfahrende zeigen eine hohe Motivation, die nicht durch instrumentelle Motive, sondern durch affektive und symbolische Motive gekennzeichnet ist. Sie sind also vor allem durch den Spaß am Fahren und soziale Faktoren, wie beispielsweise Gruppenzugehörigkeiten, motiviert. Das Radfahren wird von dieser Gruppe als willkommener Ausgleich und Abwechslung genossen. Mit einer durchschnittlichen Dauer von 44 Minuten pro Strecke legen sie die weiteste Entfernung zurück. Betrachtet man die mittlere Nutzungshäufigkeit, wird das Fahrrad jedoch nicht häufiger genutzt als bei passionierten und pragmatischen Radfahrenden. Ambitionierte Radfahrende identifizieren sich selbst als Radfahrer*in und fühlen sich subjektiv sicher im Straßenverkehr. Zudem zeigen sie sich eher wetterunabhängig. Getrennte Geh-/Radwege und Radfahrstreifen werden bezüglich der Sicherheitsbewertung bevorzugt. Die Analyse der soziodemografischen Merkmale dieser Gruppe zeigt, dass Männer hier deutlich überrepräsentiert sind. Der prozentual größte Anteil dieser Gruppe ist zwischen 31 und 50 Jahren alt und mit 44 Jahren weist dieser Typ das höchste Durchschnittsalter auf.

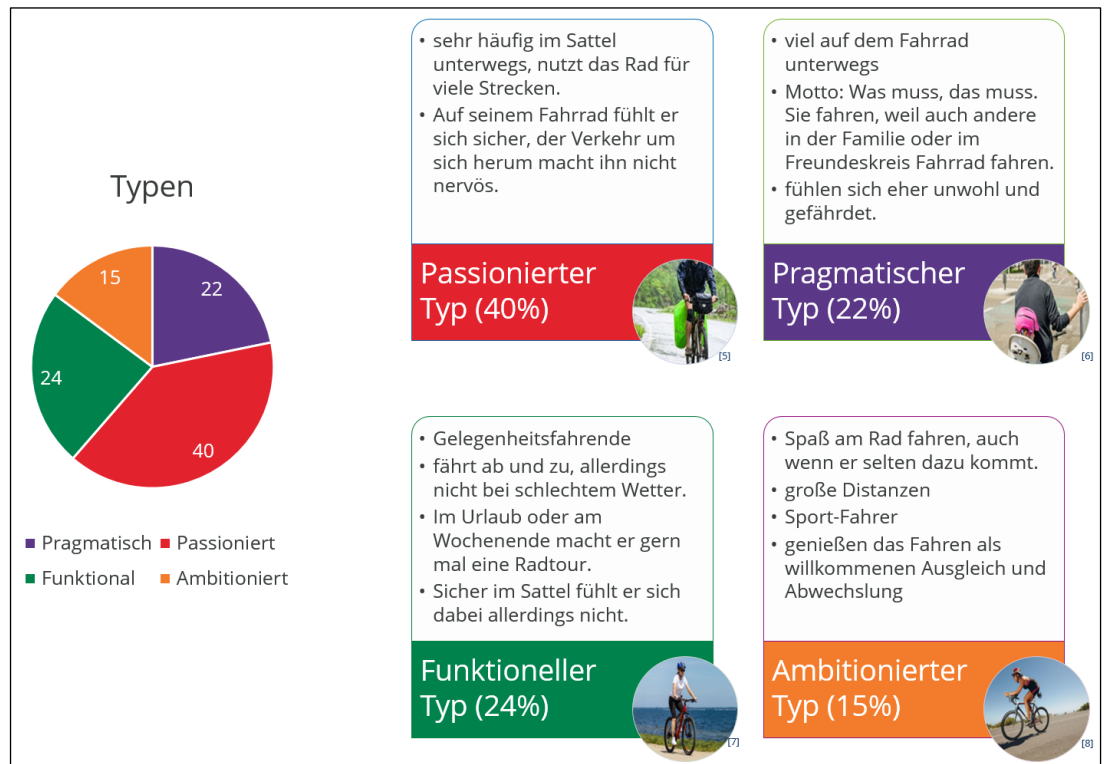
Pragmatische Radfahrende weisen überwiegend instrumentelle Motive auf. Dazu zählten beispielsweise Flexibilität, Umweltschutz, Gesundheit und ein Schnelligkeitsvorteil gegenüber anderen Verkehrsmitteln. Diese Gruppe fährt unter allen Wetterbedingungen. Sie weisen die höchste Nutzungshäufigkeit auf und fahren (fast) täglich. Der Spaß am Fahren steht dabei jedoch nicht im Vordergrund. Die zeitlichen Distanzen der häufigsten Wege betragen bei diesem Profil im Durchschnitt 24 Minuten. Gekennzeichnet durch die geringsten Werte bei subjektiver Sicherheit sehen sich Radfahrende dieses Typs im Verkehr am meisten gefährdet. In dieser Gruppe finden sich die höchsten Werte für die Identifikation als Radfahrer*in. Sie fühlen sich während des Radfahrens subjektiv eher unsicher. Bezüglich der Sicherheitsbewertung weisen pragmatische Radfahrende eine Infrastrukturpräferenz für getrennte Geh- und Radwege sowie Radfahrstreifen auf, die Sicherheitsbewertungen für die einzelnen Infrastrukturmodelle sind jedoch bei dem pragmatischen Radfahrertyp allgemein am geringsten. Häufiger als die anderen Typen neigt der pragmatische Radfahrende zu Regelverstößen im Verkehr. Frauen sind mit 43 % bei diesem Radfahrertyp vertreten. Auch hier ist der prozentual größte Anteil zwischen 31 und 50 Jahre alt.

Funktionelle Radfahrende zeigen insgesamt eine eher geringe Motivation zum Radfahren. In erster Linie ist dieser Typ von instrumentellen Motiven geleitet. Ökonomische Gründe, die Schnelligkeit des Fahrrades gegenüber anderen Verkehrsmitteln, Umweltschutz und Flexibilität stehen bei diesem Radfahrertyp als motivierende Faktoren im Vordergrund. Die Wetterabhängigkeit von Radfahrenden dieses Typs ist unter allen Gruppen am höchsten: sie fahren im Allgemeinen nur bei guten Wetterbedingungen. Mit einer Nutzungshäufigkeit des Fahrrads von 1–3 Mal pro Woche fahren sie am seltensten von allen Radfahrertypen und legen dabei hauptsächlich kurze Distanzen zurück. Funktionelle Radfahrende fühlen sich außerdem im Vergleich zu den anderen Gruppen subjektiv am unsichersten beim Fahren im Mischverkehr. Weiterhin ist die Identifikation als Radfahrer*in bei diesem Typ am geringsten. Getrennte Geh- und Radwege werden bezüglich der Sicherheitsbewertung präferiert. Bei den funktionellen Radfahrenden ist der Anteil an Frauen und Männern ausgeglichen.

Passionierte Radfahrende weisen schließlich im Vergleich zu den anderen Radfahrertypen die höchste Motivation auf. Die Radfahrenden sind dabei gleichermaßen symbolisch, instrumentell und affektiv motiviert. Das bedeutet, dass für passionierte Radfahrende sowohl Faktoren wie soziale Anerkennung oder Identifikation mit dem Umfeld (symbolische Motive), als auch Faktoren wie Umweltschutz, Flexibilität und Gesundheit (instrumentelle Mo-

tive) eine Rolle spielen. Gleichmaßen bereitet ihnen das Fahrradfahren auch Freude (affektive Motive). Sie fahren unter allen Wetterbedingungen und fühlen sich subjektiv sicher, wenn sie mit dem Fahrrad im Straßenverkehr unterwegs sind. Bezüglich der Sicherheitsbewertung zeigt sich hier eine Infrastrukturpräferenz für geteilte Geh-/Radwege und Radfahrstreifen, während die Sicherheitsbewertung für Mischverkehr am geringsten ausfällt. Ihre Wege mit dem Fahrrad sind im Durchschnitt 23 Minuten lang und damit kürzer als in den anderen Gruppen. Passionierte Radfahrende zeigen sich eher wetterunabhängig und identifizieren sich selbst klar als Radfahrer*in. Männer sind in diesem Cluster überrepräsentiert.

Abb. 4:
Beschreibung der
Radfahrtypen mit
ihren entsprechenden
Merkmale



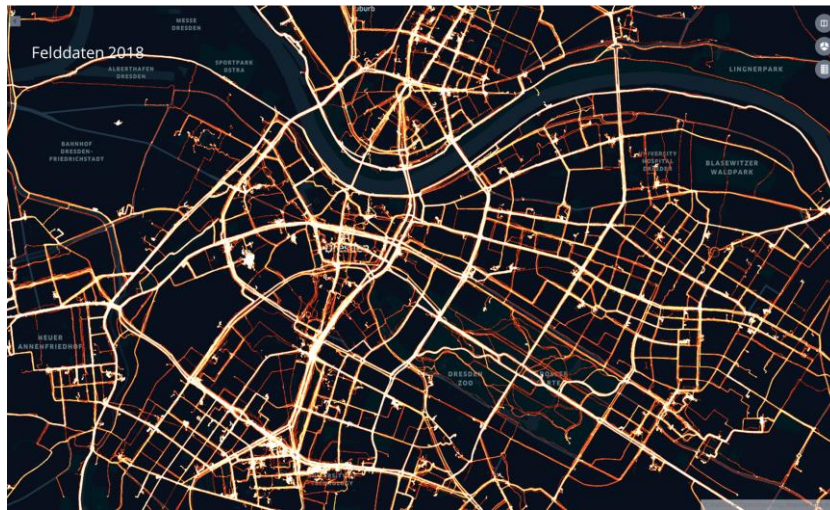
Quelle: Angela Francke, Juliane Anke.

Die aufgezeigten Ergebnisse dieses Projektabschnittes sind auch für Praktiker*innen oder Planer*innen von hoher Relevanz. Sowohl Faktoren, deren Ausprägung sich zwischen den Radfahrtypen unterscheiden, als auch die Gemeinsamkeiten können von Interesse sein. Die große Stichprobe ermöglicht einen Eindruck von der proportionalen Verteilung der verschiedenen Radfahrertypen in der Bevölkerung und zeigt, dass die Mehrheit der Radfahrenden zwar mit einer moderaten Häufigkeit fährt, sie aber größtenteils sehr überzeugt vom Radfahren sind. Ein explizites Ziel für politische Entscheidungen sollte es sein, auch jene Radfahrende zu ermutigen, die weniger motiviert sind um das Fahrrad eher als Transportmittel zu nutzen, wie die pragmatischen und funktionellen Radfahrenden.

Eine weitere wichtige Erkenntnis, die in Zukunft zu besseren Bedingungen für Radfahrende führen kann, ist das bessere Verständnis dafür, was für die jeweiligen Radfahrenden individuelle Hemmnisse sind. Es ist beispielsweise bemerkenswert, dass Witterungsbedingungen nur für funktionelle Radfahrende eine große Rolle spielen. Ein Großteil der Alltagsradler ist auch bei ungünstiger Witterung unterwegs. Bei wetterbedingten Entscheidungen, wie z. B. dem Winterdienst für Radfahrende, sollte dies berücksichtigt werden.

An die Typologisierung schloss sich die Erhebung im Feld an (illustriert in einer Heat-Map, Abb. 5).

Abb. 5:
Heatmap des
Untersuchungsgebietes



Quelle: Sven Lißner.

Die Nutzungshäufigkeit ist insgesamt als hoch einzustufen. Am häufigsten nutzten Passionierte und Pragmatiker*innen während der Erhebungszeit das Fahrrad (58 % der Tage). Knapp gefolgt von den Ambitionierten (52 %) und den Funktionellen (51 %). Insbesondere bei der Gruppe der Funktionellen hatte die Untersuchung jedoch offensichtlich eine verstärkende Wirkung aufgrund sozialer Erwünschtheit, da wesentlich geringere Nutzungsfrequenzen in der Onlineumfrage angegeben wurden.

Wird der Wegezweck analysiert, dominierten die Arbeitswege mit einer mittleren Nutzung an etwa 45 % aller Tage während der Untersuchungsdauer. Die Funktionellen nutzten das Fahrrad am wenigsten für Arbeitswege (35 % aller Tage), während die übrigen Typen nahezu gleichbleibend etwas weniger als 50 % erreichen. Der Wegezweck Einkaufen wird dafür etwas häufiger frequentiert als bei den übrigen, wobei sich diese auf einem nur wenig niedrigeren Niveau befinden. Etwas überraschend ist der niedrige Anteil an Freizeitfahrten bei den Ambitionierten.

Wie auch in den Ergebnissen der Onlinebefragung ersichtlich, sind die ambitionierten Nutzenden hinsichtlich der im Mittel je Tag zurückgelegten Kilometerzahl deutlich vor den restlichen Nutzergruppen einzustufen. Eine mittlere Tageskilometerzahl von 20 km ist damit fast doppelt so hoch wie die in Haushaltsbefragungen angegebene mittlere Tageskilometerzahl (Ahrens et al., 2015). Diese liegt mit knapp zwölf Kilometern jedoch sehr nah an den Ergebnissen der Funktionellen, Passionierten und Pragmatiker. Diese drei Typen unterschieden sich diesbezüglich nur gering voneinander.

Bezüglich dieser Faktoren zeigten sich jedoch Unterschiede zwischen den Altersgruppen. Mit zunehmendem Alter wurde tendenziell etwas langsamer und stetiger gefahren, was bisherigen Erkenntnissen entspricht. Ebenso radelten auch weibliche Personen etwas langsamer und stetiger als männliche Radfahrende. In der Nutzerbefragung zeigten sich geringe Unterschiede für die Präferenz bei der Infrastrukturnutzung zwischen den Typen. In der Feldstudie wurde dies ebenfalls untersucht, und es zeigten sich ebenfalls nur geringe Abweichungen. Die Ergebnisse müssen auch vor dem Hintergrund diskutiert werden, dass die Versuchssituation eventuell eine Veränderung des Fahrverhaltens der teilnehmenden Radfahrenden ausgelöst hat und diese deutlich häufiger Rad fuhren als zuvor in der Typenbefragung an-

gegeben. Es kann mit den vorliegenden Ergebnissen der Feldstudie nicht verallgemeinert werden, dass eine stark differenzierte Wahl einer bestimmten Infrastruktur vorgenommen wird. Diese Aussage steht im Kontrast zur bisherigen qualitativen Forschung. Es kann vermutet werden, dass insbesondere die räumlichen und infrastrukturellen Randbedingungen im Untersuchungsgebiet die Wahl der Infrastruktur beeinflusst haben. Methodische Fehler beim Map-Matching sind ebenfalls nicht auszuschließen. Ebenso lässt sich auf Basis der verwendeten Methodik, im Speziellen aber der aktuell fehlenden Genauigkeit der GPS-Daten, eine widerrechtliche Nutzung von Anlagen, wie Gehwegen, nicht abbilden, was somit nicht in die Analyse aufgenommen werden konnte. Zudem ist die subjektive Zufriedenheit mit dem Anlagentyp durch das Untersuchungsdesign nicht abbildbar.

Insgesamt konnten die Ergebnisse einen Beitrag zur anfänglich identifizierten bestehenden Wissenslücke leisten, indem detailliertere Informationen zum Radverkehrsverhalten unterschiedlicher sozioökonomischer Gruppen durch die Nutzung von GPS-Daten von Radfahrenden erhoben werden konnten.

Aus dem Projekt können u. a. Implikationen für die Nutzung von Big Data in der Radverkehrsplanung gezogen werden. Die aufgezeigten geschlechter- und altersspezifischen Unterschiede verdeutlichen, dass eine möglichst repräsentative Stichprobe nah am demographischen Bevölkerungsdurchschnitt orientiert sein sollte. Die Alterskohorte der über 65-jährigen ist aktuell noch wenig affin für die Smartphone-Nutzung und dementsprechend schwer zu rekrutieren. Trotzdem sollte ein ausgeglichenes Alters- und Geschlechtsverhältnis angestrebt werden, um repräsentative Aussagen erzielen zu können. Vorsicht ist auch geboten bei der Nutzung besonders sportiv geprägter Stichproben. In der Praxis dürften diese überwiegend ambitionierte Nutzer enthalten, welche sich von den übrigen Nutzergruppen unterscheiden.

Für die Radverkehrsplanung lassen sich zudem weitere wichtige Implikationen aus der Studie ableiten. Hinsichtlich der Wichtung von Anlagentypen zeigte die Befragung keine Unterschiede zwischen den Radfahrtypen. Die Gruppe der funktionellen Radfahrenden besitzt das größte Potential zur Steigerung der Fahrleistung. Diese Gruppe sieht das Fahrrad eher als Verkehrsmittel in der Freizeit und sich selbst nicht als Radfahrende. Sie geben auch die höchsten Wahrscheinlichkeiten für ein vermehrtes Fahren an, sofern sich diese wichtigsten Infrastrukturmerkmale verbessern. Auch von besseren Angeboten am häufigsten Zielort würde diese Gruppe am stärksten profitieren.

Anhand der Verteilung der Wegelängen und dem Vergleich mit Haushaltsbefragungen lässt sich ansatzweise abschätzen, wie gut ein Datensatz die Radfahrende einer Stadt repräsentiert. Altersbedingte fahrdynamische Unterschiede lassen sich zudem bei der Planung von grünen Wellen für den Radverkehr, der Freigabe von Flächen des Fußverkehrs oder ähnlichem verwenden.

Ausblick

Eine Fortführung des Projektes im Rahmen des NRVP 2030 bietet sich an, da der nun aufbereitete Datensatz für die Schließung noch bestehender Wissenslücken, welche folgend aufgeführt werden, ein hohes Potenzial besitzt.

Es besteht weiterhin Forschungsbedarf an der detaillierten Erfassung von Informationen zum Radverkehrsverhalten unterschiedlicher sozio-

ökonomischer Gruppen bei der Nutzung von GPS-Daten von Radfahrern. Hier ist beispielsweise explizit die Gruppe der Radfahrenden Senioren zu nennen.

Aufgrund der teilweise nicht eindeutig bestimmbareren Flächenwahlzuordnung, die auf die fehlende Genauigkeit der GPS-Daten zurückgeht, sollte ein weiterer zukünftiger Ansatzpunkt auch sein, die widerrechtliche Nutzung von Anlagen, wie Gehwegen, mit abzubilden und in die Analysen mit einzubeziehen.

Zusätzlich ist möglich und notwendig auf Basis des entstandenen Datensatzes die Differenzierung der Routenwahl von Radfahrern zu erforschen. So können beispielsweise alters- oder geschlechterbedingte Eigenheiten der Routenwahl Radfahrender analysiert und spezifische Routenwahlmodelle geschätzt werden.

Literatur

- Franke, A.; Anke, J.; Lißner, S.; (2018): Sag mir, wie du radelst und ich sag dir, welche Infrastruktur du dir wünschst - Darstellung erster Ergebnisse einer Radfahrertypologie; Pre-Print auf ResearchGate; <https://bit.ly/2DiVQB3> (Abruf am 04.08.2020)
- Francke et al. (2019) "What kind of cyclist are you? Results of a survey-based typology of cyclists in Germany"; Transportation Research Procedia 41:403-404, DOI: 10.1016/j.trpro.2019.09.065
- Francke et al. (2020) "Are you an ambitious cyclist? Results of the cyclist profile questionnaire in Germany; Traffic Injury Prevention 20(sup3):1-6; DOI: 10.1080/15389588.2019.1702647
- Lissner et al. (2020) "GPS-Data in bicycle planning: "Which cyclist leaves what kind of traces?" Results of a representative user study in Germany" Transportation Research Interdisciplinary Perspectives (in Press)
- Lissner et al. (2020) "Facing the needs for clean bicycle data - A bicycle-specific approach of GPS data processing"; European Transport Research Review (under Review)

Michael Hardinghaus

InfRad: Infrastruktur als Einflussfaktor auf den Radverkehr

Einfluss von Infrastrukturangeboten auf die Radnutzung in Abhängigkeit von Nutzergruppen zur Unterstützung eines zielgerichteten und effizienten Infrastrukturausbaus zur Radverkehrsförderung

Kurzfassung

Im Forschungsprojekt InfRad wurden mittels Verknüpfung von Geo- und Mobilitätsdaten Zusammenhänge zwischen lokalen Infrastrukturen und der Fahrradnutzung analysiert. Darauf aufbauend wurde auf Basis eines Entscheidungsexperimentes als Befragungsmethode das Routenwahlverhalten von Radfahrenden analysiert und Infrastrukturpräferenzen unterschiedlicher Nutzergruppen erhoben.

In dieser Befragung gaben rund 4.400 Probandinnen und Probanden aus ganz Deutschland Auskunft zu ihrem individuellen Routenwahlverhalten beim Radfahren. Die Teilnehmenden wurden zum Großteil über soziale Medien gewonnen. In der Befragung wurden Routenalternativen mit unterschiedlichen Ausprägungen von Radverkehrsinfrastruktur, Straßentyp, Geschwindigkeitsregelungen, Oberflächen, dem Vorhandensein von parkenden Kfz und Straßenbäumen sowie unterschiedlichen Reisezeiten verglichen.

Im Ergebnis können durch den Einsatz von Methoden der Entscheidungsmodellierung die Präferenzen der Radfahrenden für verschiedene Routeneigenschaften differenziert dargestellt werden. Diese werden über die Bereitschaft für längere Reisezeiten quantifiziert. Die Unterscheidung nach soziodemographischen Merkmalen, der üblichen Verkehrsmittelnutzung sowie nach genutztem Fahrradtyp ermöglichen es, die Bedürfnisse der Nutzendenden beim Infrastrukturausbau zielgerichtet zu berücksichtigen. Besonders gut werden dabei Fahrradstraßen und geschützte Radfahrstreifen bewertet.

Ausgangssituation, Projektidee und Zielsetzung

Das individuelle Mobilitätsverhalten wird durch viele unterschiedliche Faktoren beeinflusst. Vor dem Hintergrund vielfältiger Ansprüche an den öffentlichen Raum, knapper Flächenressourcen und steigender Radverkehrsanteile wurde im Projekt InfRad die Infrastruktur als Einflussfaktor auf den Radverkehr betrachtet. Hierbei wurden strukturelle Zusammenhänge zwischen der Radfahrtauglichkeit der Umgebung und dem Anteil des Radverkehrs am Modal Split auf Basis quantitativer Daten untersucht. Außerdem ging es insbesondere darum, das individuelle Routenwahlverhalten von Radfahrenden zu analysieren. Mit unterschiedlichen Radinfrastrukturen wie geschützten Radfahrstreifen oder baulichen Radwegen, regulatorischen Instrumente wie Tempolimits, Fahrradstraßen oder verkehrsberuhigten Bereichen, Oberflächengestaltung und weiteren Routeneigenschaften existie-

ren zahlreiche Varianten zu Design und Führung von Radrouten im urbanen Raum. Über die Bewertung dieser Vielfalt durch Radfahrende und potenziell Radfahrende war wenig bekannt. Die spezifischen Infrastrukturpräferenzen der Radnutzenden wurden daher mittels einer Online-Erhebung untersucht.

Ziel des Projektes war es, die Bedeutung der Infrastruktur für die Fahrradnutzung zu klären, Infrastrukturpräferenzen der Nutzenden zu analysieren und die Ergebnisse für die Praxis nutzbar zu machen. Dadurch soll eine möglichst effiziente und zielgerichtete Mittelverwendung in der investiven Radverkehrsförderung unterstützt werden. Konkret sollten die Erkenntnisse in einem etwa 24-seitigen Praxisleitfaden aufbereitet werden, der zum Projektende online verfügbar gemacht, digital verbreitet und in einer Auflage von 200 Stück gedruckt verbreitet werden sollte.

Es waren insbesondere Erkenntnisse zur bevorzugten Routenwahl in Abhängigkeit der Infrastruktur abzuleiten. Hierbei sollte unter anderem nach Soziodemographie, Mobilitätsverhalten und der Nutzung verschiedener Fahrradtypen unterschieden werden.

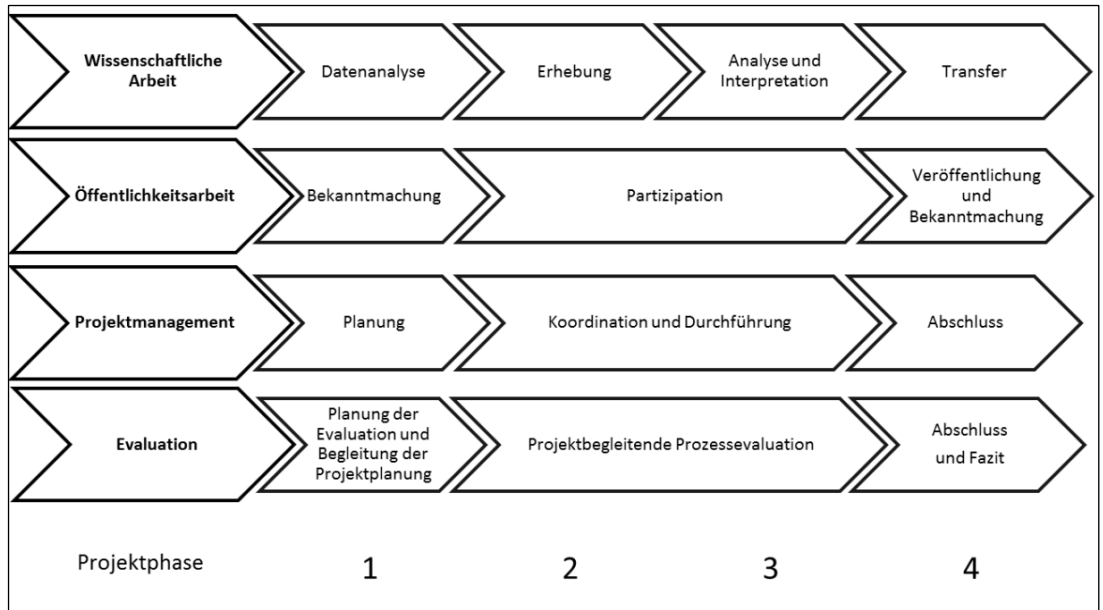
Teilziele des Vorhabens:

- Beschreibung der infrastrukturellen Ausstattung der Untersuchungsgebiete im Hinblick auf Radfahrtauglichkeit der Infrastruktur auf Basis quantitativer Daten auf Ebene der Teilräume
- Beschreibung und Analyse des Zusammenhanges zwischen Fahrradnutzung und lokaler Infrastruktur
- Durchführen einer Online-Befragung zur Erfassung von Infrastrukturpräferenzen von Radnutzern mit mindestens 250 Proband*innen
- Beschreiben der Infrastrukturpräferenzen von Radnutzenden differenziert nach Nutzungsmuster und genutztem Fahrradtyp

Projektverlauf

Das Projekt wurde als Einzelprojekt durch das Institut für Verkehrsforschung am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt durchgeführt. Zur Unterstützung beim Praxistransfer der Ergebnisse wurde ein Unterauftrag an die Planungsgemeinschaft Verkehr (PGV-Alrutz) vergeben. Darüber hinaus wurde mit Vertretern anderer NRVP-Projekte im Rahmen der Forschungsbegleitkreise zu den Förderschwerpunkten Inter- und Multimodalität sowie Infrastruktur kooperiert. Des Weiteren gab es Abstimmungen zur Methodik im Projektbeirat, welcher neben internen Expert*innen und Projektbeteiligten mit Vertretern von TU-Dortmund, FH-Erfurt, Difu und ADFC besetzt war. Dieser Beirat stellte auch die kontinuierliche Schnittstelle zur Projektzielgruppe (Wissenschaft, Praxis und Planung) dar. Einzelne Kommunen waren nicht am Projekt beteiligt.

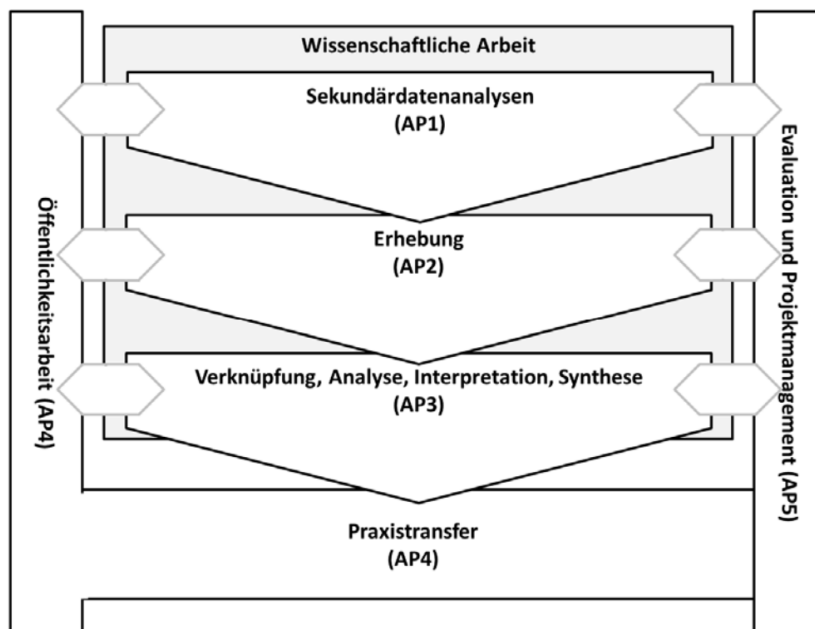
Abb. 1:
Das Gesamtprojekt im zeitlichen Verlauf



Quelle: DLR.

Die Arbeiten gliederten sich in die Bereiche Öffentlichkeitsarbeit, wissenschaftliche Arbeit, Projektmanagement und projektbegleitende Evaluation. Die primären Tätigkeiten nach Projektbereich und -phase ist der Abb. 1 zu entnehmen. Dabei war das Projekt in fünf Arbeitspaketen organisiert, insbesondere die wissenschaftlichen Arbeiten wurden somit weiter gegliedert (Abb. 2).

Abb. 2:
Struktur der Arbeitspakete



Quelle: DLR.

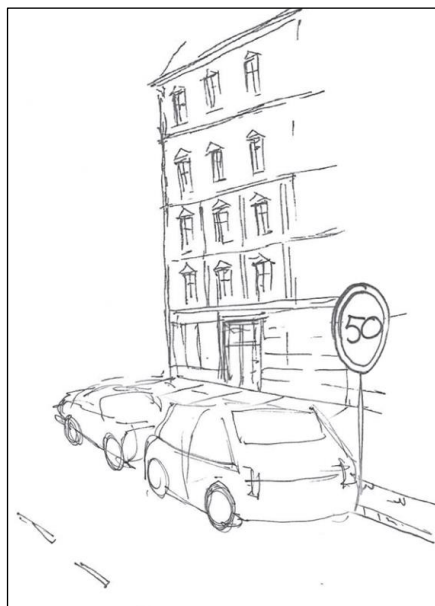
Im Gesamtprojekt wurden verschiedene quantitative Methoden verknüpft. Fokus dieses Berichts sind die Arbeiten zu Infrastrukturpräferenzen des Arbeitspakets 2. Für die Beantwortung der Fragestellung wurde hier eine Online-Befragung in Form eines diskreten Entscheidungsexperimentes konzipiert. In dieser Methode werden einzelne Routeneigenschaften zu gesamten Routenalternativen zusammengefügt. Gegenüber der klassischen Abfrage

nach der Bedeutung einzelner Merkmale werden also gesamte Routenalternativen als Summe der Merkmale durch die Proband*innen bewertet. Dabei wurden neben der Reisedauer sechs Merkmale zur Straßengestaltung mit jeweils zwei bis fünf möglichen Ausprägungen differenziert (Straßentyp, Radverkehrsinfrastruktur, Regelungen für den Kfz-Verkehr, Straßenoberfläche, Parken, Straßenbäume).

Aus der Vielzahl möglicher Kombinationen wurden 24 Entscheidungssituationen mit jeweils drei verschiedenen Routenalternativen erstellt und graphisch mit Zeichnungen dargestellt. Diese wurden auf Basis der Antworten einer ersten Stichprobe mit über 40 Pretest-Proband*innen mit Hilfe eines speziellen Softwarepaketes erstellt (ChoiceMetrics 2012) und mathematisch so optimiert, dass eine Überlappung zwischen einzelnen Merkmalen vermieden und ein maximaler Erkenntnisgewinn je Proband*in sichergestellt wurde (Bliemer, Rose 2006).

In der Befragung wurden jeder Proband*in acht Entscheidungssituationen gezeigt. Anschließend wurde berechnet, in welchem Maße die einzelnen Merkmale die Entscheidung für eine Route beeinflusst haben. Dabei wurden mit Methoden der diskreten Entscheidungsmodellierung basierend auf der Summe der individuell getätigten Antworten Nutzenfunktionen geschätzt und Nutzwerte für die einzelnen Merkmalsausprägungen berechnet (Bielaire 2018). Es kamen sogenannte Mixed MNL-Modelle zum Einsatz. Diese berücksichtigen, dass die acht von jeder Proband*in getroffenen Entscheidungen korreliert sind, zwischen den Proband*innen jedoch Heterogenität besteht (McFadden, Train 2000). Die Methode erlaubt die Quantifizierung des Nutzens einer Alternative gegenüber der definierten Referenz. Als Vergleichssituation wurde eine Hauptverkehrsstraße ohne Radinfrastruktur und Straßenbäume mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h und am Straßenrand parkenden Autos gewählt, so dass jede Veränderung der Routeneigenschaften eine Verbesserung für den Radverkehr darstellt. Über die Reisezeit als quantitatives Merkmal konnten Bereitschaften für längere Reisezeiten für sämtliche Straßenraummerkmale berechnet werden.

Abb. 3:
Referenzsituation in der
Befragung



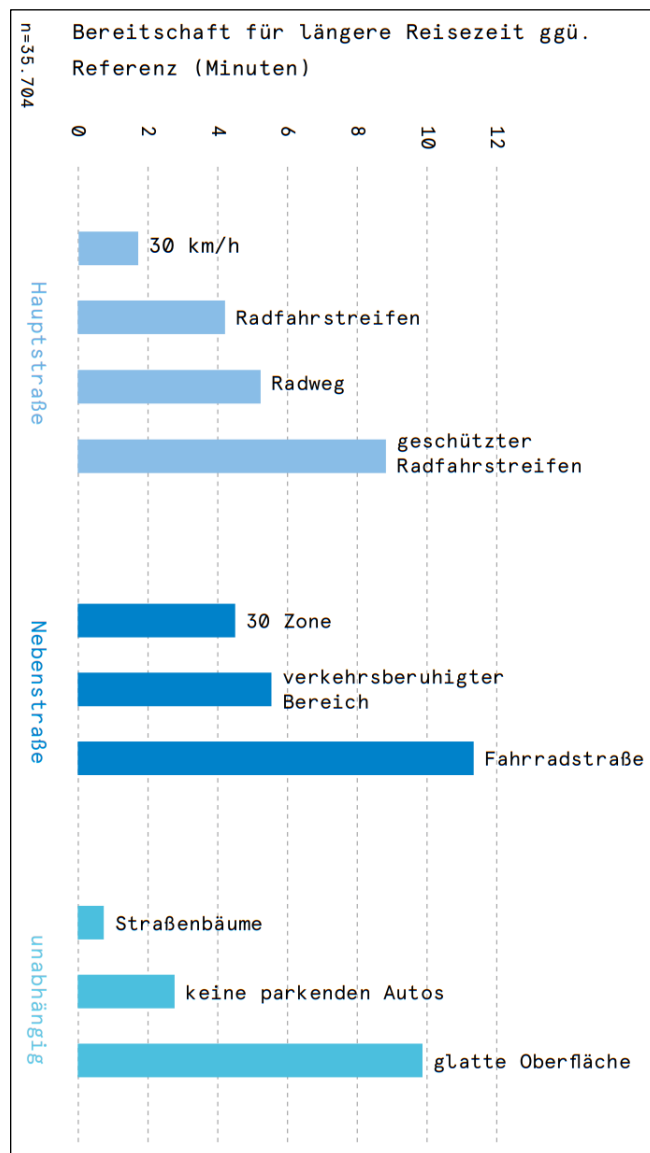
Quelle: DLR.

Über die Netzwerke des DLR, soziale Medien und das Fahrradportal wurden Probandinnen und Probanden akquiriert. Mit dieser Art der Akquise der Proband*innen konnte eine große Stichprobe realisiert werden. Diese ist jedoch selbstselektiv und nicht repräsentativ. Insgesamt konnten rund 4.400 vollständige Rückläufer aus ganz Deutschland einbezogen werden.

Ergebnisse, Projekterfolge und Ausblick

Die Daten der Online-Befragung zur Bewertung verschiedener Straßenraummerkmale werden wie beschrieben verarbeitet. Abb. 4 zeigt die Ergebnisse der gesamten Stichprobe. Dargestellt ist die mittlere Bereitschaft für längere Reisezeit gegenüber der definierten Referenzsituation.

Abb. 4:
Bewertung verschiedener Straßenraummerkmale



Quelle: DLR.

Dabei werden Fahrradstraßen aus Nutzenden-Sicht besonders positiv bewertet. Diese sind in nahezu allen Teilgruppen das am stärksten positiv bewertete Merkmal und schneiden deutlich besser ab als Tempo-30-Zonen oder verkehrsberuhigte Bereiche als weitere Mischverkehrsformen. Bei getrennter Führung an Hauptverkehrsstraßen werden geschützte Radfahrstreifen am attraktivsten wahrgenommen. Diese werden etwa doppelt so gut bewertet wie einfache Markierungslösungen. Die Differenz zwischen reinen Markierungslösungen und baulichen Radwegen ist bei den Proband*innen im Mittel gering. Davon unabhängig sind glatte Oberflächen für die Proband*innen von besonders großer Bedeutung. Dabei gilt es zu beachten, dass in dem Experiment nur zwischen Asphalt und Kopfsteinpflaster unterschieden wurde. Die identifizierten generellen Routenpräferenzen stellen sich in der Stichprobe stabil dar und gelten mit nur sehr geringen Unterschieden in sämtlichen differenzierten Raumstrukturen. Bislang vor allem im städtischen Umfeld eingesetzte bzw. erprobte Radverkehrsführungen bieten demnach aus Sicht der Proband*innen auch im ländlichen Umfeld (innerorts) gleichwertige Attraktivitätsvorteile. Auch in Teilgruppen nach Soziodemographie, genutztem Fahrradtyp oder Häufigkeit der Fahrradnutzung ergeben sich wenig grundlegende Unterschiede, die Magnituden sind jedoch bei kaum veränderter Rangfolge unterschiedlich hoch. Dabei wird deutlich, dass bestimmte Teilgruppen verschiedene Straßenraummerkmale gegenüber der Referenzsituation stärker positiv bewerten als die gesamte Stichprobe. Es zeigt sich insbesondere, dass im Experiment besonders schätzenswerte Gruppen und solche mit aktuell noch geringer Fahrradnutzung (Kinder, Frauen, ältere Menschen) bei vergleichbaren Präferenzen deutlich stärker von einem Ausbau der Radinfrastruktur profitieren als die in der öffentlichen Diskussion teilweise dominierende Gruppe der männlichen Vielfahrer mittleren Alters. Den Ergebnissen nach gilt dies auch für die Gruppe der hier deutlich unterrepräsentierten Wenigfahrenden. Im Experiment ergeben sich insgesamt sehr hohe Bereitschaften für längere Reisezeiten für attraktive Routeneigenschaften gegenüber der Referenz. Dies verdeutlicht, wie stark negativ eine mangelhafte Radinfrastruktur durch die Proband*innen wahrgenommen wird. Zu beachten bleibt, dass im Experiment ideale Bedingungen eines Freizeitweges ohne Zeitdruck am Wochenende beschrieben wurden. Zudem ist die zeitliche Komponente als einziges Merkmal nicht bildlich dargestellt. Somit kommen die zu analysierenden Präferenzen für unterschiedliche Straßenraummerkmale besonders deutlich zum Tragen, der negative Nutzen längerer Reisezeiten fällt gering aus. Es ist zu erwarten, dass unter realen Alltagsbedingungen eine ganzheitlichere Betrachtung erfolgt, so dass die Magnituden insgesamt eventuell kleiner ausfallen dürften. Weiterhin macht ein dichteres Netz an attraktiven Routen auch für zeitsensitive Menschen bzw. auf Wegen, auf denen mehr Zeitdruck herrscht, das Radfahren attraktiver. In der Stichprobe lassen sich aus der individuellen Bewertung der Einzelmerkmale mehrere Trends erkennen:

- Mit abnehmender Häufigkeit der Fahrradnutzung wird die bauliche Trennung vom Kfz-Verkehr durch geschützte Radfahrstreifen oder bauliche Radwege gegenüber Markierungslösungen positiver bewertet. Gleiches gilt für geringes Geschwindigkeitsniveau im Mischverkehr (verkehrsberuhigter Bereich). Wenigfahrende nehmen also Kfz-Verkehr als störender wahr.
- Mit steigendem Alter nehmen die Ansprüche an die Qualität der Radrouten zu. Dabei steigt die Attraktivität ruhiger Führungen im Mischverkehr mit geringem Geschwindigkeitsniveau des Kfz-Verkehrs gegenüber Radinfrastrukturen an Hauptverkehrsstraßen überproportional. Eine hohe

Geschwindigkeit des Kfz-Verkehrs wird mit steigendem Alter zunehmend als belastend empfunden.

- Frauen bewerten gegenüber der Referenz besser ausgestaltete Routen hinsichtlich separater Infrastrukturen und ruhiger Nebenrouten durchgehend stärker positiv als Männer und sind aufgrund geringerer Zeitsensitivität bereit, dafür längere Reisedauern in Kauf zu nehmen.
- Beim Radfahren mit Kindern wird eine bauliche Trennung als wichtiger empfunden als im Mittel der gesamten Stichprobe. So werden bauliche Radwege und geschützte Radfahrstreifen gegenüber Markierungslösungen deutlich besser bewertet. Besonders deutlich wird auch die Attraktivität von sehr geringen Geschwindigkeiten im Mischverkehr: Verkehrsberuhigte Bereiche werden in Begleitung von Kindern als deutlich attraktiver wahrgenommen als von Proband*innen, die ohne Kinder unterwegs sind.
- Die Routenpräferenzen von Nutzenden verschiedener Fahrradtypen unterscheiden sich stärker als in der verhaltensbezogenen oder soziodemographischen Differenzierung. Dabei bleiben geschützte Radfahrstreifen, Fahrradstraßen und glatte Oberflächen die am attraktivsten wahrgenommenen Merkmale in den Teilgruppen. Auffällig sind die durchweg höheren Infrastrukturansprüche der Nutzenden von Pedelecs und Lastenrädern als innovative Fahrradtypen. Insbesondere Fahrradstraßen und geschützte Radfahrstreifen werden dabei positiver wahrgenommen.

Fahrradstraßen sind nach den Ergebnissen der Online-Befragung ein sehr wichtiges Element für die Routenwahl: Routen durch Erschließungsstraßen gewinnen für die Proband*innen erst durch Fahrradstraßen hohe Attraktivität. Bewertet wurde in der Befragung die in der Praxis innerörtlicher Fahrradstraßen gängige Variante mit Freigabe für Kfz von Anliegern. Gegenüber dieser werden verkehrsberuhigte Bereiche und Tempo-30-Zonen als Mischverkehrsformen als deutlich weniger attraktiv wahrgenommen. Auch wenn verkehrsberuhigte Bereiche durch ältere Teilnehmende und Radfahrende mit Kindern positiver bewertet werden als von der Vergleichsgruppe, sind Fahrradstraßen in allen Teilgruppen deutlich beliebter. Werden, wie hier, Präferenzen durch Proband*innen in experimentellen Befragungssituationen angegeben, schneiden separate Infrastrukturen an Hauptverkehrsstraßen gegenüber ruhigen Nebenrouten im Mischverkehr tendenziell positiver ab als bei anderen methodischen Ansätzen (wie etwa der Analyse der tatsächlich gewählten Routen) (Buehler, Dill 2016). In den Illustrationen scheint der bauliche Unterschied zwischen den Straßentypen gegenüber anderen Merkmalen weniger deutlich aufzufallen. Auch die Analyse der Radnavigationsdaten zeigt gegenüber der Befragung größere Bedeutung ruhiger Nebenrouten. Zu berücksichtigen bleibt, dass die Qualität der Infrastrukturen in der Realität aktuell deutlich geringer ausfällt als die im Experiment gezeigte. Entlang von Hauptverkehrsstraßen werden geschützte Radfahrstreifen durch die Proband*innen als sehr attraktiv eingeschätzt. Dies kann sich auch aus der Unterstützung von Interessengruppen für diesen innovativen Anlagentyp sowie aktuellen Modellvorhaben begründen. Die Ergebnisse dieser Modellvorhaben bleiben für eine Bestätigung der vorab positiven Bewertungen abzuwarten. Mit einbezogen werden sollten dabei Nutzendenerfahrungen aus Modellvorhaben sowie Sicherheitsaspekte. Die demgegenüber deutlich geringer wahrgenommene Attraktivität baulicher Radwege hängt vermutlich auch mit in der Realität teilweise nicht regelkonformer Ausführung und schlechtem baulichen Zustand der Anlagen zusammen. Auch die Gestaltung der Knotenpunkte ist von Bedeutung, war jedoch nicht Bestandteil dieser Untersuchung. Eine glatte Oberfläche ist für fast alle Proband*innen entscheidendes Merkmal der Attraktivität einer

Fahrradroute. Sie bestimmt nach der Online-Befragung die Routenwahl fast aller Teilgruppen. Lediglich für Radfahrende mit Mountainbikes ist sie – durch die Fahrradtechnik bedingt – weniger wichtig. Zu beachten ist, dass in der Befragung die Ausprägungen „Kopfsteinpflaster“ und „Asphalt“ ohne weitere Abstufungen verglichen wurden.

Die Ergebnisse zeigen, dass aus Sicht der Radfahrenden prinzipiell Konsens hinsichtlich attraktiver Radinfrastruktur besteht. Dabei bewerten Radfahrende mit Kindern, ältere Radfahrende und Wenigfahrende positiv bewertete Routeneigenschaften noch deutlich besser. Diese Gruppen profitieren demnach am stärksten von einem entsprechenden Infrastrukturausbau. Die Unterscheidung nach soziodemographischen Merkmalen, der üblichen Verkehrsmittelnutzung sowie nach genutztem Fahrradtyp ermöglicht es zudem, die Bedürfnisse der Nutzenden beim Infrastrukturausbau zielgerichtet zu berücksichtigen. Damit können die Ergebnisse in der Praxis Entscheidungshilfen für Vorzugsvarianten beim Ausbau der Radinfrastruktur liefern.

Die Ziele des Projektes konnten umfassend erreicht werden. Detaillierte Ergebnisse sind im Praxis-Factsheet (<https://bit.ly/3eYOoJ7>) zusammengestellt. Forschungsbedarf besteht noch bei der Bewertung von Kreuzungsdesigns durch Radfahrende.

Literatur

- Bierlaire, Michel (2018): PandasBiogeme: a short introduction. Technical report TRANSP-OR 181219. Transport and Mobility Laboratory, ENAC, EPFL.
- Bliemer, Michiel; Rose, John (2006): Designing Stated Choice Experiments: State-of-the-Art. 11th International Conference on Travel Behaviour Research, August, 16.–20. 2006 Kyoto, Japan.
- Buehler, Ralph; Dill, Jennifer (2016): Bikeway Networks: A Review of Effects on Cycling. *Transport Reviews* 36(1): 9–27.
- Chocometrics (2012): Ngene 1.1.1 User Manual & Reference Guide.
- Hardinghaus, Michael; Cyganski, Rita; Bohle, Wolfgang (2019): Attraktive Radinfrastruktur. Routenpräferenzen von Radfahrenden, <https://bit.ly/3eYOoJ7> (Abruf am 30.06.2020)
- McFadden, Daniel; Train, Kenneth (2000): Mixed MNL Models of Discrete Response. *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 15: 447–470.

Sicher überholt!

Untersuchung des Überholvorgangs zwischen Autofahrenden und Radfahrenden im Hinblick auf Sicherheitsempfinden und Verkehrsfluss

Kurzfassung

Im Mittelpunkt des Projekts „Sicher überholt!“ steht das Überholen von Radfahrenden durch Autos. Obwohl überholt werden von vielen Radfahrenden als Gefährdungssituation empfunden wird und manche zum Ausweichen auf Gehwege veranlasst, sind solche Überholvorgänge bislang erst punktuell erforscht. Der Frage, unter welchen Rahmenbedingungen des Fahrverhaltens, des Verkehrsflusses und des Straßenraums wie überholt wird, nahm sich ein interdisziplinäres Team aus Verkehrsplanenden und angewandten Informatiker*innen an der Hochschule RheinMain in Wiesbaden an. Dabei standen auch besondere Bauformen wie Lastenräder und Fahrräder mit Anhängern, die im innerstädtischen Straßenverkehr zunehmend an Bedeutung gewinnen, im Fokus der Betrachtung. Methodische Besonderheit und Herausforderung war der geplante „Crowdsourcing“-Ansatz: die Messungen sollten von rund 300 freiwilligen Proband*innen auf deren Alltagswegen durchgeführt werden, so dass ein umfassendes und praxisnahes Bild des Überholens generiert werden sollte.

Aufgrund erheblicher technischer Probleme bei der Entwicklung eines kostengünstigen, robusten und zuverlässigen Abstands-Messgeräts musste das Projekt vor Erreichen seiner Ziele abgebrochen werden. Aus Sicht der Verkehrssicherheitsarbeit, der Verkehrsplanung und der Radverkehrsförderung besteht jedoch die Notwendigkeit fort, das Wissen über Überholvorgänge und ihre Abläufe zu verbessern. Dies gilt umso mehr, als seit der StVO-Novelle 2020 ein Mindest-Überholabstand vorgeschrieben ist, den es nun auch bei der Planung von Straßen adäquat und mit geeigneten Entwurfs-elementen zu berücksichtigen gilt.

Ausgangssituation, Projektidee und Zielsetzung

Wechselseitige Behinderungen, mangelndes Sicherheitsempfinden und Stresssituationen im Verkehrsalltag – das sind Begriffe, die Überholvorgänge zwischen Kfz- und Fahrradfahrenden im Straßenverkehr treffend beschreiben. Bei einem informellen Austausch an der Hochschule RheinMain Anfang 2016 entwickelten die Professoren Dr.-Ing. Volker Blees (Verkehrswesen) und Dr.-Ing. Heinz Werntges (Angewandte Informatik) beim Austausch über ihre eigenen Alltagserfahrungen als aktive Alltags- bzw. Sport-Radfahrer die Idee, diese Überholvorgänge näher zu untersuchen und Faktoren zu bestimmen, die sicheres Überholen hemmen bzw. begünstigen.

Eine erste Recherche zeigte, dass in der Verkehrssicherheitsforschung lange Zeit die Aufmerksamkeit hauptsächlich der Analyse von Defiziten bei Infrastruktur und Verkehrsabläufen galt und den eigentlichen Überholvorgängen sowie deren Rahmenbedingungen (Eigenschaften der Auto- und Fahrrad-fahrenden, Verkehrsablauf usw.) kaum Bedeutung beigemessen wurde. Erst in jüngerer Zeit gelangte die Thematik der Überholvorgänge von Kfz

und Fahrrädern insbesondere im internationalen Raum in den Fokus von Untersuchungen, wobei eine integrierte Betrachtung zum Umfeld- bzw. der Verkehrssituation weiterhin ausblieb.

Um differenzierte, alltagsrelevante Erkenntnisse zu Überholvorgängen Kfz – Fahrrad zu gewinnen, waren mithin gegenüber den bisherigen Untersuchungen, bei denen überwiegend andere Themen (Unfallgeschehen, Formen der Radverkehrsführung) im Fokus standen, Erkenntnislücken zu schließen. Dies betraf insbesondere die Vielfalt unterschiedlicher Straßenverkehrssituationen und die Kombination von verkehrs- und infrastrukturbezogenen Sachverhalten mit Eigenschaften und Einschätzungen der Radfahrenden. Eine eindeutige Forschungslücke bestand überdies bezüglich Überholvorgängen gegenüber Fahrrädern besonderer Bauart (Liegeräder, Lastenfahrräder, Fahrräder mit Anhänger; vgl. Abb. 1), deren Verbreitung und Nutzung in jüngster Zeit stark zugenommen hat, die aber in keiner der analysierten Untersuchungen Gegenstand waren.

Abb. 1:
Überholmanöver



Überholvorgänge verursachen bei allen Verkehrsteilnehmenden Stress. Fahrradanhänger erfordern von Autofahrenden ein angepasstes Überholverhalten.

Quelle: Volker Blees.

Grundidee des Projekts „Sicher überholt!“ war es daher, das Phänomen des Überholvorgangs Kfz – Fahrrad differenziert zu analysieren. Als Innovation gegenüber bisherigen Projekten sollten

- Messdaten auf Alltagswegen von Radfahrenden in erheblichem quantitativem Umfang in einem „Crowdsourcing“-Ansatz erhoben,
- Kenngrößen der Umfeld- und Verkehrssituation (z. B. Haupt-/Nebenstraßen, Form der Radverkehrsführung) kombiniert mit Eigenschaften der Radfahrenden (z. B. Fahrradtyp, Fahrverhalten) erfasst und
- dezidiert Fahrräder besonderer Bauart, wie sie in zunehmendem Maße als Lösungsbeitrag zu städtischen Verkehrsproblemen zum Einsatz kommen, in die Erhebung einbezogen werden.

Als Projektergebnis wurde angestrebt, aufbauend auf den Analysen Empfehlungen zur Verbesserung der Radverkehrsinfrastruktur zu entwickeln und anschließend durch geeignete Ergebnispublikation einen Beitrag zur Sensibilisierung von Fachwelt und allgemeiner Öffentlichkeit für sicheres Überholen von Fahrrädern zu leisten.

Projektverlauf

Nach erfolgreicher Beantragung von Fördermitteln des Nationalen Radverkehrsplans des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (Schwerpunkte „Infrastruktur“ und "Mobil sein mit dem Rad – für alle und sicher") sowie von Projektmitteln der Arbeitsgemeinschaft Nahmobilität Hessen (AGNH) unter Federführung des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (HMWEVL) startete das interdisziplinäre Projektteam aus Verkehrsplanung und Angewandter Informatik zum 1. Juli 2017 mit den Arbeiten. Ein Projektbeirat, in dem u. a. Vertreter des Hessischen Verkehrs- sowie des Innenministeriums, des ADFC, der TU Kaiserslautern sowie der Unfallforschung der Versicherer mitarbeiteten, begleitete das Vorhaben.

Als wesentliche inhaltlich Arbeitspakete waren vorgesehen:

- AP 1 Identifizieren relevanter Erhebungsmerkmale, Definition des Messkonzepts

Zu Beginn des Vorhabens waren charakterisierende Kenngrößen von Überholvorgängen zu bestimmen, die im Projekt durch Messungen erfasst werden sollen. Hierfür wurden zunächst mit Hilfe von Kreativitätstechniken sowie an Hand von umfassenden Literaturanalysen räumliche, verkehrliche und Verkehrsteilnehmenden-bezogene Merkmale bestimmt, die einen Einfluss auf Überholvorgänge haben können. Aus den Literaturanalysen sollte zusätzlich abgeleitet werden, welche dieser Merkmale nach den vorliegenden empirischen Erkenntnissen in welcher Richtung und Intensität auf Überholvorgänge Einfluss haben.

Die Auswahl der im Projekt zu erfassenden Kenngrößen sollte anschließend unter Einbeziehung des Projektbeirats erfolgen, wobei auch die aus AP 2 bereits vorliegenden Erkenntnisse über die technischen Möglichkeiten der verwendbaren Sensorik sowie die Möglichkeiten zur Auswertung (auch unter Einbeziehung der Proband*innen) berücksichtigt werden sollten.

- AP 2 Entwickeln von Hard- und Software für die Messungen

Unter Nutzung handelsüblicher Bauteile sollte ein einfaches, robustes und zuverlässiges Instrumentarium entwickelt werden, das in der Lage ist, die in AP 1 definierten Merkmale zu erfassen. Die Hardware sollte einfach an jedem Fahrrad montiert bzw. mitgeführt werden können, wobei eine universelle, mit den Messanforderungen konforme Montage an verschiedenen Fahrradtypen einschließlich Fahrrädern besonderer Bauart als besondere Herausforderung absehbar war. Mit vertretbarem Aufwand sollte das Messgerät in Kleinserie (ca. 100 Exemplare) gefertigt werden können.

Hinsichtlich der Messtechnologie wurden in Vorarbeiten die Überlegungen entwickelt, zur Abstandsmessung Ultraschall-Sensoren zu verwenden, Steuerung und Messwert-Übermittlung drahtlos und energiesparend via Bluetooth 4 (BLE) zu senden und zur Beurteilung und Klassifikation der jeweiligen Überhol-Situationen Video-Clips mit Action-Cams aufzuzeichnen. Eine Smartphone-App sollte die Steuerung von Abstandssensor und Action Cam während einer Messfahrt übernehmen und zugleich Orte und Zeitpunkte aufzeichnen.

- AP 3 Durchführen der Messungen

Die eigentlichen Messungen sollten von freiwilligen Proband*innen auf ihren Alltagswegen vorgenommen werden. AP 3 umfasst daher die Akquisition von Proband*innen, deren Betreuung bevor, während und nachdem sie die Messfahrten durchgeführt haben sowie die Distribution der Messgeräte. Die Ansprache der Proband*innen sollte so gestaltet werden, dass sich möglichst breite Kreise und unterschiedliche „Typen“ von Radfahrenden angesprochen fühlen. Gleichwohl wurde erwartet, dass sich überwiegend eher ambitionierte Radfahrende als Proband*innen finden, die auch in hinreichendem Maße Straßen nutzen, auf denen Überholvorgänge stattfinden. Für den Fall einer zu hohen Nachfrage war ein Auswahlverfahren vorgesehen, dessen Kriterien auf die optimale Erreichung des Untersuchungsziels abzustellen wären.

Insgesamt sollten mindestens 300 Proband*innen gefunden werden, davon ein relevanter und realitätsnaher Anteil mit Fahrrädern besonderer Bauart. Bei einem Messzeitraum von zwei bis drei Wochen je Proband*in und einer Wegstrecke von 5 bis 10 Kilometern je Tag wurden Messdaten über eine Gesamtstrecke von 30.000 Kilometern erwartet. Die Proband*innen sollten zusätzlich zu ihrem generellen Mobilitätsverhalten und speziell zur Fahrradnutzung befragt werden.

- AP 4 Auswerten und Analysieren der Messergebnisse

Die zusammenfassende Analyse sollte anschließend zentral durch das Forschungsteam durchgeführt werden (Analysekonzept, Datenplausibilisierung, Datenfusion, statistische Auswertungen). Dabei sollte mit einschlägigen statistischen Methoden getestet werden, ob und welchen Einfluss die erhobenen Kenngrößen auf das Überholverhalten haben. Besonderer Wert wurde der Verknüpfung bzw. den Zusammenhängen zwischen Faktoren der Infrastruktur, des Verkehrsflusses und der Radfahrenden selbst beigemessen.

- AP 5 Ableiten von Schlussfolgerungen

Aus den Analyseergebnissen wurden Hinweise und Empfehlungen in zweierlei Hinsicht erwartet. Zum einen sollten Hinweise zur Gestaltung von Infrastruktur für den Radverkehr abgeleitet werden. Zum anderen sollten Hinweise für Radfahrende abgeleitet werden, die darauf abzielen, Risiken, die mit Überholvorgängen zusammenhängen, zu objektivieren, sowie Verhaltenshinweise zum Radfahren zu geben.

- AP 6 Öffentlichkeitsarbeit und Ergebnisverbreitung

Abschließend sollten im Sinne einer positiven Verkehrssicherheitsarbeit die Ergebnisse des Projekts jeweils vor Ort, im Rahmen der AGNH landesweit sowie bundesweit in der Öffentlichkeit publiziert und verbreitet werden.

Ergebnisse und Projekterfolge

Die Recherchen, die eigenen Überlegungen und die Fachdiskussionen mit dem Projektbeirat mündeten in ein Set von rund 90 Variablen, das im Rahmen des Messprogramms erhoben werden sollte. Dazu gehören

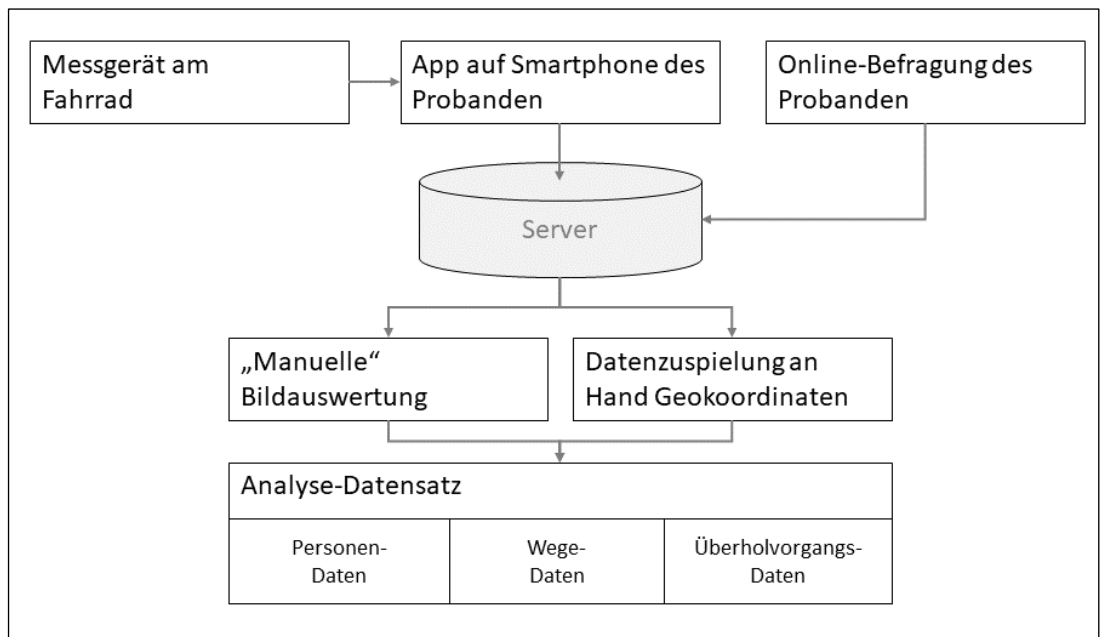
- Merkmale, die mit den Proband*innen verknüpft sind, wie Fahrradtyp, Häufigkeit der Fahrradnutzung und eigene Einschätzung der Fahrweise,

- Merkmale des zurückgelegten Wegs wie Zeitpunkt und Witterung sowie
- Merkmale des Überholvorgangs wie Überholdistanz, Geschwindigkeit des überholenden Kfz, Verkehrssituation, Straßen- und Fahrbahneigenschaften.

Diese Daten sollten aus verschiedenen Quellen zusammengetragen bzw. aufbereitet werden (vgl. Abb. 2):

- Das Messgerät am Fahrrad erfasst physikalische Parameter des Überholvorgangs und fertigt Fotos der Verkehrssituation an.
- Das Smartphone der Proband*in erfasst Standort und Eigengeschwindigkeit.
- Mithilfe einer Vorabbefragung sollten Merkmale und Erfahrungen, Haltungen sowie Einstellungen der Proband*innen erfragt werden. Dabei wurde ein an der TU Dresden im Rahmen des NRVP-Projekts RadVers entwickelter Fragebogen zur Typologisierung von Radfahrenden integriert.
- Durch Zuspielen externer ortsbezogener Daten sollten u. a. Neigungsverhältnisse und – soweit verfügbar – DTV-Werte ergänzt werden.
- Weitere Parameter wie die Fahrzeugklasse des überholenden Kfz sollten schließlich mittels Bildauswertung (zunächst „manuell“, perspektivisch mit Bildanalysealgorithmen) hinzukommen.

Abb. 2:
Datenquellen für
„Sicher überholt!“



Quelle: Hochschule RheinMain.

Parallel zu und eng verzahnt mit der Erstellung des Erhebungsprogramms wurden Hard- und Software entwickelt. Entsprechend dem Datenkonzept waren folgende technischen Komponenten zu entwickeln:

1. Messgeräte-Hardware (2 Sensoren zur Messung von Überholabstand und Relativgeschwindigkeit + Box mit „Bordcomputer“, Kameramodul und Einrichtungen zur Interaktion mit Nutzer)
2. Mess-Software (zur Steuerung der Kamera und der Nutzer-Interaktion sowie zur Erstverarbeitung und Zwischenspeicherung der erhobenen Daten)
3. Smartphone-App auf den Smartphones der Proband*innen (zum Tracken des zurückgelegten Weges und zur Übermittlung aller Daten von Box und Smartphone auf den Server)
4. Server (zur Speicherung und Verwaltung der Messdaten sowie der Daten der Proband*innenbefragung)

Abb. 3 zeigt das Fahrrad eines Projektmitarbeiters in einer frühen Testphase. Am Fahrradlenker ist mit einer handelsüblichen Halterung die Messbox mit Kamera, Bordcomputer und Bluetooth-Einheit montiert. An sie sind per Kabel Ultraschallsensoren angeschlossen, die an der Vorderradgabel und am Hinterbau befestigt sind. Der Einsatz zweier solcher Abstandssensoren wurde gegenüber dem ursprünglichen Messkonzept notwendig, um Überhol- von Begegnungsvorgängen unterscheiden und die Relativgeschwindigkeit des überholenden Kfz abschätzen zu können; sie sollte sich im weiteren Projektverlauf als größte technische Herausforderung erweisen.

Abb. 3:
Testfahrrad mit
Messausrüstung



Quelle: Hochschule RheinMain.

Während Hardware und Smartphone-App nach vielen kleinteiligen Entwicklungsschritten zum Ende des vorgesehenen Entwicklungszeitraums grundsätzlich funktionierten, traten bei der Software (und damit letztlich auch an den Schnittstellen zu den anderen drei Komponenten) immer wieder neue Probleme auf, die in langwierigen Test- und Programmierprozessen iterativ ausgemerzt werden mussten. Als zuletzt aufgetretene kritische Punkte können beispielhaft genannt werden:

- Der Erkennungs-Algorithmus unterscheidet nicht verlässlich genug zwischen echten Überholvorgängen und z. B. Gegenverkehr.
- Etliche Bilddateien enthalten Störungen (Bildausfälle).
- Ca. 10–20 % der Überholabstände weisen unsinnige Werte auf.
- Die BLE-Verbindung zwischen App und Messbox bricht gelegentlich ab, was erst bei längeren Testfahrten deutlich auffiel.
- Die Messung zweier dicht aufeinander folgender Überholvorgänge, also eines durchaus alltäglichen Vorgangs, erfolgt nicht zuverlässig.

Nach einer zwischenzeitlich gewährten Projektverlängerung wurde im Frühjahr 2019 deutlich, dass es nicht gelingen würde, im gegenüber dem Fördergeber zugesagten Zeitraum ein zuverlässiges und zugleich hinreichend robustes Messsystem für die Überholabstände von Autos gegenüber Radfahrenden zu entwickeln. Auch zwischenzeitlich unternommene Bemühungen, ersatzweise die Messgeräte des Projekts „Radmesser“ aus Berlin zu nutzen, waren letztlich nicht fruchtbar. Das Bundesverkehrsministerium stellte daher die Projektförderung mit Einverständnis der Projektnehmer zum 30. Juni 2019 ein.

Ausblick

Die grundsätzliche Bedeutung der Thematik lässt sich zum einen an der außerordentlich positiven Resonanz vieler organisierter und nicht-organisierter Radfahrender auf die Ankündigung des Projekts „Sicher überholt!“ ermessen, zum anderen aber auch daran, dass sich während der Projektlaufzeit und unabhängig von „Sicher überholt!“ mehrere andere Projekte mit dem Thema Überholabstände beschäftigt haben:

- Das Projekt „Radmesser“ mit einem zu „Sicherheit überholt!“ weitgehend identischen Ansatz (vgl. <https://interaktiv.tagesspiegel.de/radmesser>)
- Ein Eigenforschungsprojekt an der TU Braunschweig (Huemer 2019)
- Die von der UDV beauftragte Studie „Sicherheit und Nutzbarkeit markierter Radverkehrsführungen“ (UDV 2019)

Alle drei Studien bzw. Projekte zeigen, dass Radfahrende in vielen Situationen im Straßenverkehr zu dicht überholt werden.

Mit der StVO-Novelle 2020 wurde nun erstmals der Überholabstand gegenüber Radfahrenden von 1,50 m innerorts bzw. 2,00 m außerorts normiert. Vordergründig erscheint mithin ein zentrales Ziel von „Sicher überholt!“, für das Thema Überholabstände zu sensibilisieren, erreicht. Offen ist dagegen, was diese neu gewonnene Sensibilität und die kommende normative Festsetzung von Überholabständen konkret und praktisch für die Gestaltung von Radverkehrsanlagen bedeuten. Speziell zur Klärung dieser Frage, aber auch generell fehlt weiterhin ein umfassendes und differenzier-

tes Bild des Überholverhaltens in Abhängigkeit unterschiedlichster Parameter (Radfahrenden-Typ, Straßenraumaufteilung, Straßengradiente, Führungsform des Radverkehrs u.v.m.), wie „Sicher überholt!“ es vermitteln sollte. Die Forschungsnehmer treiben daher die Forschungen in Eigenregie weiter und versuchen, mit Unterstützung aus studentischen Projekten die Probleme mit dem Messsystem auszumerzen.

Literatur

Huemer, Anja Katharina (2019): Wie beeinflusst die Infrastruktur für Radfahrer das Überholverhalten von Autofahrern? AGFS-Kongress 2019 am 21.02.2019 in Dortmund; <https://bit.ly/3k6htVW> (Abruf am 03.08.2020)

Unfallforschung der Versicherer (UDV) (2019): Sicherheit und Nutzbarkeit markierter Radverkehrsführungen, <https://bit.ly/3k6jlbO> (Abruf am 03.08.2020)

Heather Kaths, Andreas Keler, Georgios Grigoropoulos, Klaus Krämer,
Fritz Busch

RadOnTime: Wirkungen von Restzeitanzeigen auf den Radverkehr

Steuerung des Radverkehrs

Kurzfassung

In Zukunft ist mit einem weiter steigenden Anteil von Radfahrern am Verkehrsaufkommen zu rechnen. Der nationale Radverkehrsplan 2020 (NRVP) prognostiziert eine mögliche Steigerung des Radverkehrs von 11 % im Jahr 2013 auf 16 % im Jahr 2020 in Bezug auf die Anzahl der Wege im städtischen Umfeld. Im Sinne einer nachhaltigen und gesundheitsfördernden Mobilität ist diese Entwicklung zu begrüßen und soll durch eine Steigerung der Attraktivität des Radverkehrs und die effiziente und sichere Führung aller Verkehrsteilnehmenden weiter gefördert werden.

RadOnTime adressierte eine Steigerung der Attraktivität und Effizienz des Radverkehrs an signalisierten Knotenpunkten bei gleichzeitiger Gewährleistung der Sicherheit von Radfahrern. Diese Ziele sollten mit Hilfe eines speziell auf Radfahrer abgestimmten Steuerungsansatzes erreicht werden. Restzeitanzeigen an Lichtsignalanlagen sollten Radfahrern dabei helfen, ihre Geschwindigkeit taktisch anzupassen und Haltevorgänge zu vermeiden. Gleichzeitig sollten Rotlichtverstöße und sicherheitskritische Situationen mit im Konflikt stehenden Verkehrsströmen durch diese Maßnahme reduziert werden.

Im Rahmen von RadOnTime wurden die sicherheitsbezogenen und verkehrlichen Wirkungen der Steuerungsmaßnahmen im realen Verkehr und mithilfe einer Fahrradsimulator-Studie erforscht. Die Restzeitanzeigen wurden an ausgewählten Versuchsknotenpunkten in München versuchsweise installiert. Mithilfe von Bewegungsabläufen aller Verkehrsteilnehmenden, die automatisiert aus Videodaten extrahiert werden können, wurden Effizienz- und Sicherheitsindikatoren ausgewertet und eingehend evaluiert. Die Akzeptanz und Bewertung verschiedener Ausprägungen der Maßnahme durch unterschiedliche Radfahrertypen wurden mithilfe einer begleitenden Fahrradsimulator-Studie untersucht.

Durch eine prototypische Umsetzung sollte eine Reduktion der Rotlichtverstöße und der Wartezeiten von Radfahrenden um jeweils 10 % nachgewiesen werden. Damit einhergehend sollte die Zahl der sicherheitskritischen Situationen signifikant reduziert werden.

Ausgangssituation, Projektidee und Zielsetzung

In Zukunft ist mit einem weiter steigenden Anteil von Radfahrenden am Verkehrsaufkommen zu rechnen. So ergab die jüngste Erhebung im Rahmen von Mobilität in Deutschland (MiD) eine Steigerung der mit dem Rad zurückgelegten Personenkilometer um 37 % von 2002 bis 2017. Im urbanen Raum fällt diese Steigerung noch deutlicher aus. Der nationale Radver-

kehrplan 2020 (NRVP) prognostiziert eine mögliche Steigerung des Radverkehrs von 11 % im Jahr 2013 auf 16 % im Jahr 2020 in Bezug auf die Anzahl der Wege im städtischen Umfeld. Im Sinne einer nachhaltigen und gesundheitsfördernden Mobilität ist diese Entwicklung zu begrüßen und soll durch eine Steigerung der Attraktivität des Radverkehrs und die effiziente und sichere Führung aller Verkehrsteilnehmenden weiter gefördert werden. Eine dieser Möglichkeiten für die Attraktivitätssteigerung können Restzeitanzeigen für den Radverkehr sein. Vor diesem Hintergrund wurde mit der Landeshauptstadt München diskutiert, inwiefern Restzeitanzeigen einen Einfluss auf Radfahrende haben, da es hierzu auch einen Mangel an verfügbarer Literatur gab.

Das Projekt wurde durch den Lehrstuhl für Verkehrstechnik der TU München initiiert und reiht sich an Vorarbeiten zur Radverkehrsforschung am Lehrstuhl. Eine am Lehrstuhl bestehende Methodik der Verkehrsdatenerhebung via Videoaufzeichnung wurde in diesem Projekt jeweils vor und nach der Installation der Restzeitanzeigen eingesetzt. Hierfür wurden von der Landeshauptstadt München die Möglichkeiten geschaffen, drei Restzeitanzeigen in der bestehenden Verkehrsinfrastruktur zu implementieren. Zusätzlich wurde ein bestehender Fahrradsimulator für die Erhebung der, vor allem qualitativen, Daten genutzt. Dies konnte einen Vergleich unterschiedlicher Arten und Ausführungen von Restzeitanzeigen für Radfahrer in einer virtuellen Umgebung ermöglichen.

Restzeitanzeigen existieren weltweit für zu Fuß Gehende und in manchen, vor allem asiatischen Ländern für den motorisierten Verkehr. Eine Reduzierung von Rotlichtverstößen durch den Einsatz von Restzeitanzeigen wird in mehreren Studien dokumentiert (Newton et al. (1997); Limanond, Prabjapok, Tippayawong (2010), Rijavec, Zakovšek, Maher (2013); Van Haperen et al. (2015); Wang, Tian (2010); Zhou, Roshandeh, Zhang (2014)) gezeigt.

Restzeitanzeigen für den Radverkehr existieren nur vereinzelt wie beispielsweise in den Niederlanden, dem Land mit dem höchsten Radverkehrsanteil in Europa. Dort werden vermehrt Restrotanzeigen speziell für Radfahrende installiert. Ziel ist es auch hier, die Rotlichtverstöße zu reduzieren und den Komfort zu erhöhen. Nach den ersten Installationen in Amsterdam im Jahr 2005 wurden Untersuchungen durchgeführt, welche eine Reduktion der Rotlichtverstöße um zunächst 7 % zur Folge hatten (Wiersma 2006). Zur Erhöhung der Sichtbarkeit wurde ein weiterer Zähler im unteren Signalgeber für Radfahrende angebracht, wodurch eine Reduktion um weitere 10 % erzielt wurde. Außerdem wurden die Anzeigen von Radfahrenden als sehr positiv bewertet (Wiersma 2006). Basierend auf diesen Ergebnissen wurde die Empfehlung ausgesprochen, weitere Anlagen mit den Anzeigen auszustatten. Da in den Niederlanden auch Restzeitanzeigen in Verbindung mit verkehrsabhängiger, regelbasierter Steuerung eingesetzt werden, sind zum Teil deutliche Sprünge in der Anzeige sichtbar (Koonce 2011). Um diesen Effekt visuell abzumildern, werden neben der Anzeige von Sekunden als Zahlenwerte auch umlaufende Kreise aus LEDs angewendet.

Zwischen 2009 und 2010 wurden in Amsterdam sechs weitere Restrotanzeigen eingesetzt (Jakobs, Laan 2011). Davon waren drei Restrotanzeigen mit dem umlaufenden Kreis aus LEDs ausgestattet, während die übrigen Anlagen explizite Zahlenwerte anzeigen. Die Ergebnisse zeigen eine Verringerung der Rotlichtverstöße von 13-14 % an Querungsstellen mit angezeigten Zahlenwerten. Für die umlaufenden Kreise konnte dagegen keine Reduzierung der Rotlichtverstöße ermittelt werden. Zusätzlich zu den Messungen wurde eine Benutzerakzeptanzuntersuchung durchgeführt. Radfahrende bewerten das System positiv und behaupten, dass sowohl sie selbst als auch die übrigen Radfahrenden nicht mehr während der Sperrzeit die Stra-

ße kreuzen und dass Restrotanzeigen die Verkehrssicherheit erhöhen. 83 % der Teilnehmenden gaben an, dass der Einsatz von Restzeitanzeigen einen positiven oder sehr positiven Einfluss auf die Verkehrssicherheit habe und 41 % kamen zu dem Schluss, dass die Wartezeit an den Knotenpunktzufahrten nach dem Einsatz von Restzeitanzeigen kürzer geworden sei. Außerdem bevorzugen die Radfahrenden das Anzeigeprinzip mit Zahlenwerten gegenüber dem umlaufenden Kreis aus LEDs.

Die Nutzung eines Fahrradsimulators für verkehrstechnische Aufgaben ist, die frühen Ansätze von Sun und Qing (2017) ausgenommen, neuartig, vor allem in Bezug auf die Interaktion zu unterschiedlichen Verkehrsteilnehmenden und der Radfahrenden zueinander.

Es fehlte an praktischen verkehrstechnischen Untersuchungsmethoden, vor allem für die Wirkung von Restzeitanzeigen auf den Radverkehr im urbanen Raum in Deutschland. Zusätzlich fehlte es an nationalen Richtlinien für den Einsatz von Restzeitanzeigen. Neben der Untersuchung der Verkehrseffizienz und -sicherheit vor und nach der Installation der Restzeitanzeigen für den Radverkehr, wird auch die Akzeptanz der, mitunter unterschiedlichen, Designs der Restzeitanzeige mit einem Fahrradsimulator evaluiert. Hier sollten neben einem feststellbaren Nutzen für den Radverkehr auch die Wünsche von Proband*innen hinsichtlich der Verständlichkeit und effizienten Wahrnehmung der vermittelten dynamischen Information berücksichtigt werden. Fahrradsimulatoren wurden bisher nicht primär für die Untersuchung von Restzeitanzeigen genutzt.

Dies alles wurde innerhalb des Projektes RadOnTime untersucht, durch allgemeine Methodik beschrieben und als Pilotanwendungen realisiert.

Es wurde erhofft, durch das Projekt Effizienz- und Attraktivitätssteigerungen bei gleichzeitiger Gewährleistung der Sicherheit von Radfahrenden durch Nutzung von Restzeitanzeigen an signalisierten Knotenpunkten festzustellen und zu quantifizieren. Grundlegend sollte durch die Auswertung der aus Videos extrahierten Trajektorien und der Proband*innentrajektorien der Simulatorfahrten signifikante Änderungen der Rotlichtverstöße und Wartezeiten festgestellt werden. Außerdem sollten verschiedene Ausprägungen der installierten Restzeitanzeigen (auch in der virtuellen Umgebung des Fahrradsimulators) in Bezug auf ihre Akzeptanz durch Radfahrende evaluiert werden. Darauf aufbauend wurde auch erhofft, neue Erkenntnisse zur Eignung von Restzeitanzeigen in bestimmten Szenarien zu gewinnen, wie beispielsweise die Einflüsse von Zufahrtstyp, verkehrsabhängiger Steuerung, ÖPNV-Priorisierung oder der Position der Restzeitanzeige.

Projektverlauf

Das Projekt wurde durch wissenschaftliche Mitarbeitende und studentische Hilfskräfte des Lehrstuhls für Verkehrstechnik an der TU München und durch Mitarbeitende des Kreisverwaltungsreferats der Landeshauptstadt München durchgeführt.

Es gab weitere Vernetzungen zur TESIS GmbH für die technische Realisierung der Szenarien im Fahrradsimulator und mit der RCE systems s.r.o. für die Extraktion und Aufbereitung der Radfahrertrajektorien. Die drei Restzeitanzeigen wurden beim Hersteller, der AVT STOYE GmbH, durch die Landeshauptstadt München beschafft. Anschließend wurden die drei Restzeitanzeigen an drei Münchner Knotenpunkten durch die Landeshauptstadt München installiert.

Die Landeshauptstadt München hat den Zugang zu Verkehrszählungs- und Signalsteuerungsdaten ermöglicht und ebenso Drehgenehmigungen an drei untersuchten Knotenpunkten gefördert.

Die Zielgruppe des Projektes waren Kommunen und private Planungsbüros mit Interesse an innovativen Tools für die Planung und Realisierung neuer, effizienter und sicherer Radverkehrsinfrastruktur, vor allem im urbanen Raum. Restzeitanzeigen können als Unterstützung der Effizienz der bestehenden und geplanten Radverkehrsinfrastruktur gesehen werden. Die indirekte Zielgruppe sind die Radfahrenden selbst, für die die Restzeitanzeigen eine Komfortsteigerung beim Radfahren ermöglichen sollen.

Die Zielgruppe der Kommunen und Firmen wurde unter Einbeziehung erster Ergebnisse aus Trajektorienauswertung und Simulatorstudien indirekt in das Forschungsvorhaben einbezogen.

Außerdem erfolgte eine Umfrage vor Ort mit Radfahrenden im Untersuchungsgebiet Milbertshofener Straße, nachdem sie die Restgrünanzeige genutzt hatten. Des Weiteren konnte die Abendzeitung München eine Online-Umfrage zur Relevanz der in der Milbertshofener Straße installierten Restgrünanzeige machen (Abendzeitung München 2018) mit einem aktuellen Ergebnis (September 2019), dass 81 % es für sinnvoll halten („Ja, ich finde das sinnvoll!“), 15 % für nicht sinnvoll („Nein, Countdown-Ampeln bringen gar nichts!“) und 4 %, die dazu keine Meinung haben.

Die Auswahl der Untersuchungsknotenpunkte wurde ausschließlich in Kooperation mit der Landeshauptstadt München getroffen. Zusätzlich konnte der Fahrradsimulator auf dem Münchner Streetlife Festival 2018 der Öffentlichkeit vorgestellt werden und auf Grundlage erster Testfahrten für den Einsatz durch Proband*innen technisch verbessert werden.

Die Methodik des Projektes RadOnTime besteht aus drei voneinander abhängigen Bestandteilen. Der erste Bestandteil der Methodik beschäftigt sich mit der Erarbeitung von Bewertungsindikatoren. Hier werden verschiedene Kenngrößen spezifiziert, um die verkehrlichen und sicherheitsbezogenen Wirkungen von Restrot- und Restgrünzeitanzeigen zu ermitteln. Generell sollten diese zwei Anzeigetypen bei der Untersuchung unterschieden werden. Der Grund dafür ist, dass die in der Realität implementierten Restgrünzeitanzeigen durch erfasste reale Radfahrertrajektorien und Proband*innentrajektorien aus den Simulatorfahrten untersucht werden, und sich deswegen mehr Bewertungskenngrößen ergeben als bei den nur in der Simulatorumgebung implementierten Restrotanzeige. Die Bewertungskenngrößen zur Analyse von Restgrünanzeigen sind in Tab. 1 für den Radverkehr und für den Verkehr von Kraftfahrzeugen aufgezeigt.

Tab. 1:
Bewertungskenngrößen
zur Analyse von
Restgrünzeitanzeigen

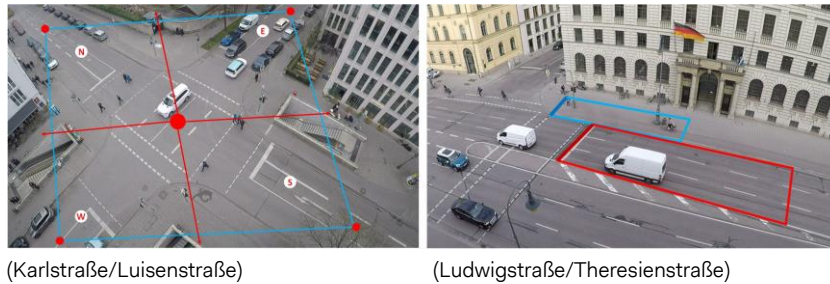
	Bewertungskenngröße	Einheit	Definition
Effizienz _Z	Angehaltene RadfahrerInnen	[%]	Halt: Geschwindigkeit < 0.2 m/s für mindestens eine Sekunde
	Wartezeit	[s]	Die Dauer eines Haltevorgangs (Geschwindigkeit < 0.2 m/s)
Radverkehr	Rotlichtverstöße		Überfahren der Haltelinie während der Sperrzeit
	• Direkt nach Beginn der Sperrzeit	[%]	• In den ersten 10 Sekunden der Sperrzeit
	• Verzögerte Rotlichtverstöße	[%]	• Nach der Durchführung eines vollständigen Haltevorgangs
	Geschwindigkeit	[m/s]	Geschwindigkeiten der nicht angehaltenen RadfahrerInnen beim Überfahren der Haltelinie vor Beginn der Sperrzeit (je eine Sekunde)
	Kritische Interaktionen		Abstand und Geschwindigkeitsdifferenz zwischen zwei interagierenden Verkehrsteilnehmern (unterschiedlichen Konstellationen von Interaktionen sind definiert)
• Abstand	[m]		
• Geschwindigkeitsdifferenz	[m/s]		
Bremsvorgänge	[m/s ²]	Bremsvorgänge der RadfahrerInnen in den fünf Sekunden vor der Beendung des Bremsvorgangs (je eine Sekunde)	
Kraftfahrzeuge	Rotlichtverstöße		Überfahren der Haltelinie während der Sperrzeit
	• Direkt nach Beginn der Sperrzeit	[%]	• In den ersten 10 Sekunden der Sperrzeit
	• Verzögerte Rotlichtverstöße	[%]	• Nach der Durchführung eines vollständigen Haltevorgangs
	Geschwindigkeit	[m/s]	Geschwindigkeiten der nicht angehaltenen Fahrzeuge beim Überfahren der Haltelinie vor Beginn der Sperrzeit (je eine Sekunde)
	Kritische Interaktionen		Abstand und Geschwindigkeitsdifferenz zwischen zwei interagierenden Verkehrsteilnehmern (vier unterschiedliche Konstellationen von Interaktionen)
• Abstand	[m]		
• Geschwindigkeitsdifferenz	[m/s]		
Bremsvorgänge	[m/s ²]	Bremsvorgänge der Fahrzeuge in den fünf Sekunden vor der Beendung des Bremsvorgangs (je eine Sekunde)	

Tab. 2:
Zwei Bewertungskenn-
größen zur Analyse von
Restrotanzeigen

	Bewertungskenngröße	Einheit	Definition
Radverkehr	Angehaltene RadfahrerInnen	[%]	Halt: Geschwindigkeit < 0.2 m/s für mindestens eine Sekunde
	Rotlichtverstöße		Überfahren der Haltelinie während der Sperrzeit
• Losfahren bevor Beginn der Freigabezeit	[%]	• Innerhalb der Sekunde vor Beginn der Freigabezeit	

Der zweite Bestandteil der Methodik beschäftigt sich mit der Auswertung von Trajektoriendaten, die aus Videoaufnahmen extrahiert wurden. Für die Aufzeichnung der Videos wurden Kameras an einem Mast (Milbertshofener Straße) und an Gebäuden (Karlstraße/Luisenstraße, Theresienstraße/Ludwigstraße) installiert. Um die Manöver und Zufahrt der Verkehrsteilnehmenden zu bestimmen, wurden die Knotenpunkte anhand von einem Punkt in der Mitte des Knotenpunkts und weiteren Punkten an jeder Zufahrt geteilt. Abb. 1 (links) zeigt beispielhaft die Aufteilung des Knotenpunkts Karlstraße/Luisenstraße. Polygone zur Identifikation relevanter Radfahrender für die Auswertung der Verzögerungs- bzw. Beschleunigungsprozesse und des Zeitverlusts zu Beginn der Freigabezeit werden wie in Abb. 1 (rechts) dargestellt erzeugt. Die Geschwindigkeit sowie der Anteil von Rotlichtverstößen und angehaltenen Verkehrsteilnehmenden werden mithilfe der Haltelinie (vordere Kante des Polygons) analysiert.

Abb. 1:
 Beispielhafte Aufteilung
 des Knotenpunkts in
 Zufahrten und Polygone
 zur Datenauswertung.



(Karlstraße/Luisenstraße)

(Ludwigstraße/Theresienstraße)

Quelle: Lehrstuhl für Verkehrstechnik, Technische Universität München.

Die Trajektorien werden mittels eines Zeitstempels mit einer Datenbank der Signalzustände aller Signalgeber am Knotenpunkt verknüpft. Dies ermöglicht die Auswertung von Rotlichtverstößen, Geschwindigkeiten beim Überfahren der Haltelinie kurz vor Beginn der Sperrzeit und Wartezeiten.

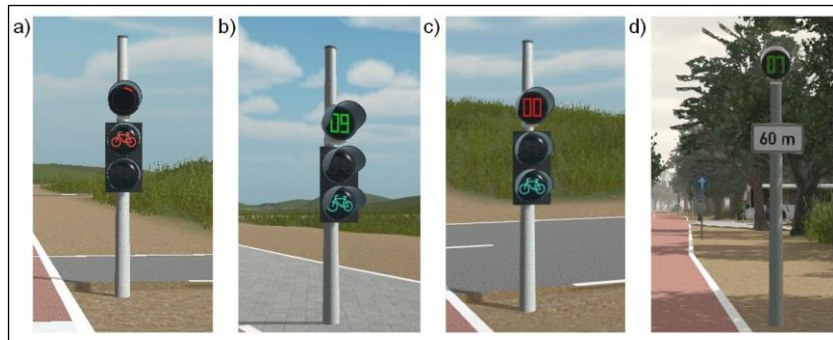
Die ermittelnden Manöver der Verkehrsteilnehmenden wurden verwendet, um die nach links oder rechts abgebogenen Personen aus der Analyse auszuschließen. Abbiegemanöver erhöhen signifikant die Wahrscheinlichkeit eines Rotlichtverstößes im Vergleich zu geradeaus fahrenden Radfahrenden (Twaddle, Busch 2019).

Der dritte Bestandteil der Methodik fokussiert auf die Simulatorstudien und subjektive Bewertungen. Ziel der Simulator-Studien ist es, die Präferenzen von Radfahrenden bezüglich der Art und Ausprägung von Restzeitanzeigen sowie Wirkungen auf die Verkehrssicherheit zu untersuchen. Zur Auswahl der Untersuchungsszenarien für die Fahrradsimulator-Studien wurden Erkenntnisse aus der Literaturrecherche sowie Erfahrungen in anderen Ländern (hauptsächlich Niederlande und Dänemark) berücksichtigt. Die folgenden vier Arten von Restzeitanzeigen wurden zur Untersuchung ausgewählt:

- Typ 1: Restrotzeitanzeige mit Information zur verbleibenden Sperrzeit dargestellt mit Kreis.
- Typ 2: Restgrünzeitanzeige mit Information zur verbleibenden Grünzeit dargestellt mit Ziffer.
- Typ 3: Restrotzeitanzeige mit Information zur verbleibenden Sperrzeit dargestellt mit Ziffer.
- Typ 4: Restgrünzeitanzeige mit Information zur verbleibenden Grünzeit 60 m vor der Kreuzung.

Abb. 2 zeigt diese vier Typen in der virtuellen Umgebung der Simulatorfahrten, die mithilfe der Software DYNAanimation visualisiert wurden. Man erkennt hier, dass die Anzeigen im Vergleich zur Realität vergrößert wurden. Der Grund für die Vergrößerung ist die aus den genutzten Bildschirmen eingeschränkte Auflösung, die ein Erkennen von LED-Ziffern in der virtuellen Umgebung bei gleichem Abstand wie in der Realität unmöglich macht.

Abb. 2:
Ausprägungen der
Restzeitanzeige in der
Simulationsumgebung



a) Typ 1, b) Typ 2, c) Typ 3, d) Typ 4.

Quelle: Lehrstuhl für Verkehrstechnik, Technische Universität München.

Die Farbe der Restzeitanzeige wird an die Signalphase angepasst. Basierend auf Erfahrungen einer Vorstudie wurden Typ-4-Anzeigen mit einem „60 m“-Schild ergänzt, um zu verhindern, dass Proband*innen an der Anzeige anhalten. Die unterschiedlichen Ausprägungen der Restzeitinformati-on wurden in unterschiedlichen Verkehrssituationen untersucht, welche anhand der drei folgenden Parameter definiert waren:

- Verkehrszustand des motorisierten Verkehrs
- Verbleibende Restgrün- bzw. Restrotzeit
- Abstand des Radverkehrs zum Knotenpunkt (Typ 4)

Darauf basierend wurde eine Teststrecke mit der Simulationssoftware SU-MO (Behrlich et al. 2011) aufgebaut, wobei die Simulation der Umgebung mithilfe der Software DYNAanimation erstellt wurde. Die Teststrecke misst beinahe 3,5 km und beinhaltet nach einer ersten Kurve, die als kurze Einfahrstrecke zur Gewöhnung an das Fahrrad und den Simulator dient, 25 Kreuzungen, die nacheinander durchfahren werden. Sechs dieser Knotenpunkte sind in jeweils doppelter Ausführung den Untersuchungsknotenpunkten aus der Feldstudie nachempfunden. Die übrigen 19 Knotenpunkte sind fiktional und möglichst einfach gehalten.

Das Projekt RadOnTime gliederte sich in fünf Arbeitspakete. Im ersten Arbeitspaket Grundlagenanalyse wurde eine Literaturrecherche zum Stand der Technik durchgeführt und die Untersuchungsszenarien entworfen. Es folgte das Arbeitspaket Methoden zur Analyse des Radverkehrs, in dem die Weiterentwicklung von Methoden zur Datenerhebung und Analyse des Verhaltens von Radverkehr in verschiedenen Szenarien stets im Mittelpunkt stand.

Anschließend wurden im nächsten Arbeitspaket die Versuche im Testfeld durchgeführt. Dabei wurden Videodaten in HD-Qualität mit einem portablen System über Beobachtungszeiträume von mehreren Tagen erhoben. Dabei wurde jeweils ein Tag für die Vorher- und ein Tag für die Nachher-Studie pro Standort aufgezeichnet.

Im vierten Arbeitspaket wurden die Steuerungsmaßnahmen im Testfeld eingerichtet. Die Restzeitanzeigen wurden dabei in die Signalsteuerungen der drei Testknotenpunkte eingebunden.

Das fünfte Arbeitspaket bestand aus der Durchführung der Fahrradsimulator-Studien. Die Maßnahme wurde in der virtuellen Umgebung mit einer repräsentativen Stichprobe von Probanden untersucht. Die Probanden lieferten die qualitativen Daten aus einer Befragung, die die Grundlage für die Auswertung der Akzeptanz darstellen.

Das sechste Arbeitspaket beinhaltete die Evaluierung der Maßnahmen, um damit eindeutige Aussagen über die Wirksamkeit und die Effekte von Restzeitanzeigen zu treffen.

Im finalen Arbeitspaket Ergebnisverbreitung wurde, basierend auf den Ergebnissen der Auswertungen, eine umfassende Bewertung der im Projekt untersuchten Maßnahme geliefert. Diese Erkenntnisse werden in aktuellen und kommenden wissenschaftlichen Veröffentlichungen vorgestellt.

Ergebnisse und Projekterfolge

Die Fragestellungen des Projektes RadOnTime konnten innerhalb der Projektlaufzeit nur teilweise beantwortet werden. Die Laufzeit des Projekts musste wegen technischen Problemen mit dem Einrichten der Steuerungsmaßnahme im Feld um neun Monate kostenneutral verlängert werden. Es wurde geplant, die Wirkungsevaluierung der Maßnahme in der Form eines Leitfadens zu präsentieren. Hierbei sollten die Randbedingungen bzw. Anforderungen für die erfolgreiche Umsetzung von Restzeitanzeigen beschrieben werden. Obwohl wertvolle Erkenntnisse sowohl zum technischen Einsetzen der Maßnahme im Feld als auch zu den Wirkungen der Restzeitanzeigen auf die verkehrliche Sicherheit und Effizienz im Projekt gewonnen wurden, war die Stichprobe von Versuchsknotenpunkten nicht ausreichend groß, um allgemeine Randbedingungen zu definieren. Es wurde in Abstimmung mit der Projektbegleitung des Nationalen Radverkehrsplans beschlossen, keinen Leitfaden zur Verfügung zu stellen. Stattdessen wurden die gewonnenen Erkenntnisse ausführlich in Form von wissenschaftlichen Veröffentlichungen dokumentiert, um einen Leitfaden zu einem späteren Zeitpunkt zu ermöglichen.

Die ersten Erkenntnisse zu Fahrradsimulatorstudien mit Proband*innen wurden dokumentiert. Hier zeigten sich die Grenzen und Möglichkeiten der Datengenerierung durch Probanden, insbesondere wie die Sichtbarkeiten der virtuellen Umgebung sich von der Realität unterscheiden. Innerhalb der Proband*innenstudien wurde vor allem die Akzeptanz und die Attraktivität der Maßnahmen bewertet. Die erarbeitete Methodik kann als eine prototypische Umsetzung von Probandenstudien mit einem Fahrradsimulator gesehen werden (Kaths et al. 2020), die den Fokus auf der Evaluierung von Restzeitanzeigen hat. Des Weiteren kann der Entwurf der Strecken für Simulatorfahrten als Kombination von realen und fiktiven Knotenpunkten als ein neuartiger und reproduzierbarer methodischer Ansatz gesehen werden (Keler et al. 2019).

Im Projekt konnte eine Evaluierung von Restzeitanzeigen durchgeführt werden, ohne jedoch eine Lösung von Problemen bei dem Einsatz von Restzeitanzeigen vorzuschlagen. Durch die im Projekt präsentierte Methodik können nur Vorschläge zur Lösung von Problemen gemacht werden.

Es zeigte sich vor allem eine Steigerung der Attraktivität und eine Erhöhung der Verkehrssicherheit durch die mögliche Einführung einer Restrotanzeige. Im Falle von Restgrünanzeigen können teilweise weniger Konflikte an der Knotenpunktfläche festgestellt werden (Konfliktdichte wird geringer). Generell werden Restzeitanzeigen mit Sekunden gegenüber den im Kreis angeordneten LED-Punkten von Münchner Radfahrern bevorzugt.

Die technische Einrichtung solcher Anlage gestaltet sich kostenintensiv und aufwändig wie im Beispiel für die Stadt München. Der Grund hierfür resultiert aus längeren Zeiträumen der Verkehrsdatenerhebung und der zeitglei-

chen Präsenz einer Mitarbeiter*in der Stadt München vor Ort, um mögliche technische und sicherheitsrelevante Probleme sicherzustellen.

Bei der Auswertung der extrahierten Videotrajektorien zeigte sich, dass an allen Knotenpunkten die Häufigkeit von kritischen Interaktionen (minimalen Abstand $\leq 0,2$ m) mit der Einführung von Restgrünzeitanzeigen reduziert wurde. Hierbei ist vor allem die Häufigkeit von kritischen Interaktionen zwischen zwei Radfahrenden zurückgegangen.

Ob diese Auswirkungen an anderen Knotenpunkten mit ähnlichen Merkmalen zu erwarten sind, ist anhand des Datensatzes schwierig zu bewerten. Dafür wäre es notwendig, Daten an mehreren Knotenpunkten über einen längeren Zeitraum zu erheben. Das hängt jedoch von der Bereitschaft der Stadt oder Gemeinde ab, diese Untersuchungen zu unterstützen. Für jede Erhebungsperiode mit einer Restgrünzeitanzeige im Feld war die Präsenz eines/einer Mitarbeiter*in der Stadt München vor Ort notwendig, um sicherzustellen, dass keine erheblichen Probleme (technische oder sicherheitsrelevante) auftauchen würden. Dies ist kostenintensiv und aufwändig für die Stadt.

Zu den Problemen gehören mögliche Zeitsprünge und Unzuverlässigkeit bei der Restzeitanzeige aufgrund von nicht vorhersagbaren Anforderungen und Abmeldungen bei einer vorliegenden ÖPNV-Beschleunigung vor Ort.

Bereits vor der Installation stand nach Einschätzung des Kreisverwaltungsreferats fest, dass Restgrünzeitanzeigen an verkehrsabhängig oder mit ÖPNV-beschleunigt gesteuerten Lichtsignalanlagen (oder eine Kombination aus beiden) nicht praktikabel umsetzbar sein würden.

Bei verkehrsabhängigen LSA müsste in die Zukunft geblickt werden können, ob und wann beispielsweise ein Fahrzeugpulk abreißt und die Lichtsignalanlage über ihre Schleifendetektoren feststellt, dass kein Fahrzeug mehr kommt. In diesem Fall schaltet das Grün früher ab, verglichen mit dem Fall, dass noch Fahrzeuge kommen würden.

Ebenso reagieren die Lichtsignalanlagen sehr schnell, wenn Bus oder Tram ein Funksignal senden. Grünzeiten werden gegebenenfalls sofort abgebrochen oder verlängert. Eine vernünftige Vorhersage und Anzeige der verbleibenden Grünzeit ist mit den technischen Möglichkeiten einer LSA nach der fachlichen Einschätzung des Kreisverwaltungsreferats München nicht möglich. Dieses Erkenntnis ist jedoch auch ein wichtiges Ergebnis innerhalb dieses Forschungsprojekts. Dieselben Überlegungen gelten übrigens auch für die Anzeige einer Wartezeit bei Rot, denn die Zeitsprünge, die bei Grünzeiten entstehen, wirken gleichermaßen auf das komplementäre „Rot“.

Dieses Sprungverhalten des Countdown-Zählers könnte im Zusammenhang mit Restzeitanzeigen zu unsicheren Verkehrssituationen führen, wenn zum Beispiel Radfahrende bei der Annäherung an die Lichtsignalanlage angezeigt bekommen, sie hätten noch 15 Sekunden „Grün“ und sich ihre Aufmerksamkeit bei der weiteren Annäherung an den Signalquerschnitt – im Bewusstsein, sicher über „Grün“ zu fahren – vom Signalgeber abwendet. Findet an diesem Punkt aufgrund der Verkehrsabhängigkeit eine plötzliche Umschaltung statt, könnten Radfahrende, die dies nicht bemerken, womöglich bei „Rot“ in die Kreuzung einfahren und gefährdet sein.

Ähnlich verhält es sich mit Wartezeitanzeigen bei „Rot“. Auch hier kann es unvorhersehbar zur plötzlichen Verlängerung einer Wartezeit kommen und Verkehrsteilnehmende könnten aufgrund eines zuvor als endend wahrgenommenen Countdowns zu früh und damit noch bei Rot in die Kreuzung einlaufen oder -fahren.

Neben diesen Sicherheitsbedenken, ist noch anzuführen, dass springende Countdown-Angaben Verwunderung bei den Verkehrsteilnehmenden auslösen dürften, vor allem wenn die dahinterliegende Ursache der ÖPNV-Beschleunigung oder verkehrsabhängigen Steuerung nicht offensichtlich für Passanten sein sollte. In der Folge ist mit einer abnehmenden Akzeptanz der Anzeige zu rechnen, wenn Rotzeiten sich verlängern oder Grünzeiten sich verkürzen. Zeitsprünge konterkarieren in gewisser Weise Sinn und Zweck von Restzeitanzeigen, nämlich der verlässlichen Vorhersage verbleibender Freigabe- bzw. Sperrzeiten.

Countdown-Zähler sind aus Sicht der Straßenverkehrsbehörde des Kreisverwaltungsreferats in München nur dann praktikabel und können nur dort sicher eingesetzt werden, wo die Freigabezeiten unveränderlich sind, also beispielsweise bei Lichtsignalanlagen mit Festzeitsteuerung oder an verkehrsabhängig gesteuerten Lichtsignalanlagen, wo die verkehrsabhängige Schaltweise die zur Anzeige kommenden Freigabezeiten nicht beeinflusst.

Des Weiteren kann man sagen, dass sich eine Reduktion von Rotlichtverstößen nach Installation von Restgrünanzeigen nur für einen kleinflächigen Knotenpunkt feststellen ließen, nicht jedoch bei den beiden anderen Untersuchungsgebieten (Kaths, Grigoropoulos, Krämer 2019). Dies zeigt den hohen Einfluss der Ausprägung eines jeden Entwurfs-elementes der Verkehrsinfrastruktur auf die sinnvolle Implementierung einer Restzeitanzeige im urbanen Raum.

Die Fahrradsimulatorstudien in diesem Projekt dienten größtenteils der Beschaffung subjektiver Bewertungen der Restzeitanzeigen. Da es im Feld nicht möglich war, unterschiedliche Ausprägungen der Restzeitanzeigen zu erproben, wurden die Präferenzen und Reaktionen von Personen in der simulierten Umgebung erhoben. Die Ergebnisse zeigen, dass die Restgrün- und Restrotzeitanzeigen von den Proband*innen gut angenommen wurden. Eine Verminderung des Anteils von Rotlichtverstößen wurde sowohl mit Restrotzeitanzeigen als auch mit Restgrünzeitanzeigen erzielt, wobei Restgrünanzeigen eine größere und statistisch signifikante Verbesserung bewirkten. Obwohl die Fahrradsimulatorstudie interessante Erkenntnisse zu den Präferenzen der Proband*innen geliefert hat, würden einige Verbesserungen die Auswertung der Bewegungsabläufe der Proband*innen in der simulierten Umgebung optimieren.

Das Projekt erlaubte es, eine Methodik zu entwickeln, um die Implementierung von Restzeitanzeigen für unterschiedliche signalisierte Knotenpunkte objektiv und subjektiv zu evaluieren. Aus realen Beobachtungen können unterschiedliche Konflikt- oder Interaktionsarten abhängig von unterschiedlichen Fahrtrichtungen errechnet und klassifiziert werden. Hieraus lassen sich sowohl kleine Unterschiede und, im Falle der Milbertshofener Straße, große Unterschiede in der räumlichen Verteilung von Konflikten je Untersuchungsknotenpunkt vor und nach der Implementierung der Restzeitanzeigen feststellen. Dies ist aber auch auf die stark reduzierte Anzahl an Radfahrenden nach der Implementierung der Restzeitanzeige in der Milbertshofener Straße zurückzuführen.

Aus den Simulatorstudien geht noch weiter hervor, dass ein substantieller, signifikanter Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein einer Restrotzeitanzeige und dem Vorkommen von Rotlichtverstößen der Proband*innen besteht. An allen simulierten Knotenpunkten mit einer Restrotzeitanzeige kann eine Verringerung des Anteils von Rotlichtverstößen um 35,3 % im Vergleich zu Knotenpunkten ohne Restrotzeitanzeigen beobachtet werden. Die Art der Restrotzeitanzeige (Zahl oder Kreis) hat dabei keinen nennenswerten

Einfluss auf das Vorkommen von Rotlichtverstößen. Dies zeigt das Potential von Studien mit Fahrradsimulatoren.

Mit den Simulatorstudien können zusätzlich Daten durch begleitende Interviews der Probanden erhoben werden, um so das persönliche Empfinden der untersuchten Restzeitanzeigen zu untersuchen. Damit wurden neue Möglichkeiten geschaffen, Restzeitanzeigen für Radfahrende eingehend und umfassend zu evaluieren.

Die erzielten Ergebnisse haben große Relevanz für die Praxis, in der Hinsicht, dass der Nutzen von Restzeitanzeigen für Radfahrende im urbanen Raum erstmals abgeschätzt wurde. Es zeigte sich, dass Radfahrende Sekundenanzeigen bei den Restzeitanzeigen bevorzugen und eine Steigerung der Verkehrseffizienz und -sicherheit nicht an allen Entwurfs-elementen möglich ist. Hinzu kommt die oft mit zeitlichem und monetärem Aufwand verbundene Implementierungsphase, in der vor allem im urbanen Raum mögliche Probleme schnell ausgeschlossen werden sollten.

Die Erfahrungen, die im Zuge von RadOnTime gesammelt wurden, könnten in mögliche zukünftige Richtlinien für den Entwurf von Lichtsignalprogrammen für Restzeitanzeigen einfließen, insbesondere zu den Hinweisen zur technischen Einrichtung dieser Anlagen.

Neben der Auswertung von extrahierten Trajektorien (aller Verkehrsteilnehmenden) basierend auf realen Daten vor und nach der Implementierung einer Restzeitanzeige, können unterschiedliche Modelle von Restzeitanzeigen auch aus der Egoperspektive eines Radfahrenden in einer virtuellen Umgebung subjektiv evaluiert werden. So kann eine effektive und schnelle Abschätzung der Relevanz der Implementierung von Radverkehrsinfrastruktur erfolgen.

Auf Ebene der Kommunen, der Länder und des Bundes ergeben sich viele neuartige methodische Ansätze bei der Umsetzung regionaler und nationaler Radverkehrsinfrastrukturprojekte durch die Nutzung von Fahrradsimulatoren. Vor allem die Implementierung von Verkehrssteuerungsmaßnahmen kann erlebbar evaluiert werden und so eine Brücke schaffen zwischen dem subjektiven Erleben durch Bürger*innen und den validierten Ergebnissen aus realen Verkehrsbeobachtungen.

Durch die Auswertung der Umfragedaten als Teil der Proband*innenstudien konnte ein Einblick in die subjektive Einschätzung von Proband*innen gemacht werden. Auf Grund der Stichprobe von 32 Teilnehmenden, kann man diese nach Bubb (2003) als valide bezeichnen. Es ist jedoch absehbar, dass für eine umfassende Evaluierung von unterschiedlichen Restzeitanzeigen für Radfahrende eine größere Stichprobe benötigt wird. Des Weiteren konnte nicht festgestellt werden, ob animierte Unfallabläufe oder Bewegungsrestriktionen durch Hindernisse sinnvoll sind oder eher die Simulatorfahrt durch unnötige Ablenkung behindern. Es ist auch noch ungeklärt, wie die in der virtuellen Umgebung vergrößerten Restzeitanzeigen den Vergleich mit der Realität verfälschen.

Außerdem kann man für die Videotrajektorienanalyse sagen, dass es leider nicht möglich war, anhand der erhobenen Daten Rückschlüsse bezüglich des Einflusses der Restgrünzeitanzeige auf den motorisierten Verkehr zu ziehen (für die Untersuchungsgebiete in der Theresienstraße und in der Luisenstraße). In diesem Bezug wäre ein größerer Datensatz mit Trajektorien von mehreren Tagen über einen längeren Zeitraum nach der Installation der Restzeitanzeigen notwendig, um die normalen Schwankungen im Verkehrszustand auszugleichen.

Ausblick

Diese Ergebnisse wurden bereits auf mehreren nationalen und internationalen Konferenzen vorgestellt und bieten eine Grundlage für weitere Forschungsansätze.

Die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit zeigt sich in der Vielzahl an gewonnenen Erkenntnissen aus den durchgeführten Trajektorienanalysen und Simulatorstudien. Eine Besonderheit bei den Simulatorstudien war dabei das kombinierte Netz aus realen und fiktiven Knotenpunkten, dass das reale Untersuchungsgebiet hochgenau abbildet. Grundlage dafür sind reale Daten.

Als weiteren Erfolg kann man die generierten Trajektorien aus der Videoaufnahme von den drei untersuchten Knotenpunkten bezeichnen, die für zukünftige Forschungsansätze nutzbar sind. Die erfassten Daten aus den Videoaufzeichnungen und den Simulatorstudien können mit weiteren neuartigen Machine-Learning-Ansätzen noch weiter untersucht werden.

Es bedarf weiterer Forschung, um die Reproduzierbarkeit der Ansätze auch für andere Fallstudien und Untersuchungsgebiete zu belegen. Restzeitanzeigen könnten dabei auch für andere Verkehrsteilnehmende getestet werden wie beispielsweise für zu Fuß Gehende. Des Weiteren könnte man noch andere Szenarien für die Fahrradsimulatorstudien implementieren. Das Zusammenspiel der Szenarien mit einer variierenden Fahraufgabe in der Simulatorstudie könnte darüber Aufschluss geben, ob Zeitdruck, beispielsweise auf der Fahrt zur Arbeit mit Verspätung, eine Rolle bei der Variabilität der Ergebnisse spielt.

Zusätzlich könnte man die Visualisierung von Zwischenzeiten untersuchen, zunächst virtuell und anschließend mit einer umprogrammierten Restzeitanzeige.

Es ist auch darauf hinzuweisen, dass im Feldversuch je Knotenpunkt nur ein Tag untersucht wurde. Um jedoch Gewöhnungseffekte erfassen zu können, bedarf es daher längerfristiger Beobachtungen.

Literatur

- Abendzeitung München (2018): Projekt der TU München testet erstmals Countdown-Ampeln. AZ, 10.07.2018, <https://bit.ly/2Dha0CB> (Abruf am 03.08.2020)
- Behrisch, Michael; Bieker, Laura; Erdmann, Jakob; Krajzewicz, Daniel (2011): SUMO – Simulation of Urban MObility – an Overview. Proceedings of the 3rd International Conference on Advances in System Simulation (SIMUL'11) (c): 63–68.
- Bubb, H. (2003): Wie viele Probanden braucht man für allgemeine Erkenntnisse aus Fahrversuchen. Winner, Hermann (Hrsg.): Fahrversuche mit Probanden – Nutzwert und Risiko. Düsseldorf: VDI Verlag, 26-39.
- Grigoropoulos G., Keler A., Kathes H., Spangler M., Busch F. (2019) Using Geodata for Simulating Urban Traffic - Current Research in the Field of Traffic Engineering and Control. In: Kolbe TH, Bill R, Donaubaue A (eds) Geoinformationssysteme 2019 – Beiträge zur 6. Münchner GI-Runde. Berlin/Offenbach: Wichmann, pp. 45-49.
- Jakobs E.; Laan N. (2011); Wachttijdvoorspellers fietsers in Amsterdam, Amsterdam, 2011.
- Kathes, Heather; Grigoropoulos, Georgios; Krämer, Klaus (2019): Green signal countdown timers for bicycle traffic – Results from a field study. Cycling Research Board 2019, 2019. <https://mediatum.ub.tum.de/1534367>
- Kathes, Heather; Keler, Andreas; Kathes, Jakob; Busch, Fritz (2019): Analyzing the behavior of bicyclists using a bicycle simulator with a coupled SUMO and DYNA4 simulated environment. SUMO User Conference 2019, EasyChair, 2019, 99–205. <https://doi.org/10.29007/dcmp> (Abruf am 30.06.2020)
- Kathes, Heather; Keler, Andreas; Hosseini, Seyed Abdollah; Grigoropoulos, Geor-

- gios; Kath, Jakob (2020): *Fahrradsimulator: Anwendungsorientierter Erfahrungsbericht zu Aufbau und Nutzung*. 2020 NRVP (kommende Veröffentlichung), 2020.
- Keler, Andreas; Grigoropoulos, Georgios; Kath, Heather; Krämer, Klaus; Kath, Jakob; Spangler, Matthias; Busch, Fritz (2019): Designing maps with fictional and real road intersections for the evaluation of countdown timer displays for bicyclists. *Proceedings of the ICA 2*, 2019, 1–5.
- Keler, Andreas; Kath, Jakob; Chucholowski, Frederic; Chucholowski, Maximilian; Grigoropoulos, Georgios; Spangler, Matthias; Kath, Heather; Busch, Fritz (2018): A bicycle simulator for experiencing microscopic traffic flow simulation in urban environments. 2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), IEEE, 2018, 3020-3023.
<https://doi.org/10.1109/itsc.2018.8569576> (Abruf am 30.07.2020)
- Koonce, Peter (2011): *Bicycle Countdown Signal – Time to Green*.
- Limanond, T.; Prabjabok, P.; Tippayawong, K. (2010): Exploring impacts of countdown timers on traffic operations and driver behavior at a signalized intersection in Bangkok, *Transp. policy*, vol. 17, no. 6, pp. 420–427, 2010.
- Newton, C.; Mussa, R. N.; Sadalla, E. K.; Burns, E. K.; Matthias, J. (1997): Evaluation of an alternative traffic light change anticipation system, *Accid. Anal. Prev.*, vol. 29, no. 2, pp. 201–209, 1997.
- Rijavec, R.; Zakovšek, J.; Maher, T. (2013): Acceptability of countdown signals at an urban signalized intersection and their influence on drivers behaviour, *PROMET-Traffic&Transportation*, vol. 25, no. 1, pp. 63–71, 2013.
- Ruf, Mara (2021): *Wirkungen von Restzeitanzeigen auf den Radverkehr – eine Fahrradsimulatorstudie*. Heureka'21 (FGSV), 2021.
- Sun, C., Qing, Z. (2017): Design and Construction of a Virtual Bicycle Simulator for Evaluating Sustainable Facilities Design. *Transportation Research Board 96th Annual Meeting*, 2017.
- Twaddle, Heather, Busch, Fritz (2019): Binomial and Multinomial Regression Models for Predicting the Tactical Choices of Bicyclists at Signalised Intersections. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 60: 47–57.
- Van Haperen, W.; Pirdavani, A.; Brijs, T.; Bellemans, T. (2015): Evaluating Traffic Safety and Performance Effects of Countdown Timers on Signalized Intersections: A Driving Simulator Study, 2015.
- Wang, X.; Tian, Z. (2010): Pedestrian delay at signalized intersections with a two-stage crossing design, *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board*, no. 2173, pp. 133–138, 2010.
- Wiersma, Ane (2006): *Werkgroep Verkeerslichten Amsterdam: Memorandum evaluation waiting time predictor*, Amsterdam, 2006.
- Zhou, B.; Roshandeh, A. M.; Zhang, S. (2014): Safety Impacts of Push-Button and Countdown Timer on Nonmotorized Traffic at Intersections, *Math. Probl. Eng.*, vol. 2014, 2014.

RASCH – RAdSCHnellwege: Gestaltung effizienter und sicherer Infrastruktur

Schnell zum Ziel auf dem Radweg von morgen

Kurzfassung

In RASCH werden die Potentiale von Radschnellwegen hinsichtlich der Steigerung der Attraktivität, Sicherheit und Effizienz des Radverkehrs untersucht. Es werden zwei Verkehrssteuerungsmaßnahmen zum Einsatz an Knotenpunkten von Radschnellwegen mithilfe eines Simulationslabors erprobt und bewertet.

Die Eigenschaften der Infrastruktur spielen dabei eine wichtige Rolle in Bezug auf die Attraktivität und die Verkehrsqualität von Radschnellwegen. In RASCH werden zwei Optionen zur Realisierung eines urbanen Radschnellwegs im Simulationslabor untersucht. Das Zusammenspiel der Führungsform des Radschnellwegs, der Lichtsignalsteuerung an den Knotenpunkten sowie der Zusammensetzung und den verkehrlichen Eigenschaften des Radverkehrs hat einen großen Einfluss auf die Qualität des Verkehrsablaufs an Radschnellwegen. Dieser Einfluss wird im Zuge des Projektes RASCH analysiert.

Innerhalb des Simulationslabors werden zwei unterschiedliche Methoden zur Analyse und Bewertung der infrastrukturellen und Verkehrssteuerungsmaßnahmen eingesetzt:

- Fahrradsimulatorstudien dienen der Untersuchung des Verhaltens und der Präferenzen von Proband*innen
- Mikroskopische Verkehrsflusssimulation dienen der Hochrechnung des beobachteten Verhaltens einzelner Radfahrender auf das gesamte Verkehrssystem

Hierbei dient ein realitätstreuere Simulationsmodell der bestehenden Infrastruktur, des Verkehrs und der Signalsteuerung eines Straßenzuges der Ludwigstraße/Leopoldstraße in München als Ausgangspunkt für die Modellierung der untersuchten Verkehrssteuerungsmaßnahmen und Infrastrukturoptionen. Der Verkehr wurde dabei an sieben Knotenpunkten durch Videoaufnahmen und Verkehrszählungen erfasst und ging in die Modellierung des Basis-Modells ein. Signalpläne an Schnittstellen zum Straßennetz wurden von der Landeshauptstadt München bereitgestellt und in der Simulation detailgetreu abgebildet. Auf Basis der Studien im Simulationslabor wurde das Potenzial der untersuchten Steuerungsmaßnahmen sowie Führungsformen zur Verbesserung der Qualität des Radverkehrsflusses ermittelt.

Schon durch die Verbreiterung des Radfahrstreifens auf 3,0 m sind Zeitverlustreduktionen um durchschnittlich 7 % für den Radverkehr feststellbar. Mit einer Verkehrssteuerungsstrategie der grünen Welle für den Radverkehr

reduzieren sich die Zeitverluste sogar um 54%. Bei angepasster LSA-Steuerung bei beidseitigen Einrichtungsradwegen kann sogar die Reisezeit für den motorisierten Verkehr um durchschnittlich 21 % reduziert werden. Grund dafür sind schnellere Abwicklungen von Radfahrendenpulks an signalisierten Knotenpunkten. Die Proband*innen der Fahrradsimulatorstudien empfinden Radschnellwege als angenehmer und einfacher. Jedoch kann bei den Proband*innen auch festgestellt werden, dass bei mehr verfügbarem befahrbarem Raum an den Knotenpunkten auch unvorsichtiger und riskanter gefahren wird.

Ausgangssituation, Projektidee und Zielsetzung

Im FGSV-Arbeitspapier „Einsatz und Gestaltung von Radschnellverbindungen“ von 2014 werden unterschiedliche Führungsformen für den Radverkehr bei der Implementierung von Radschnellverbindungen vorgestellt. Das Potenzial und die Gestaltungseigenschaften von urbanen Radschnellwegen wurde bis jetzt nicht ausführlich untersucht. Vor allem in Bezug auf deren Implementierung lassen sich fehlende Erkenntnisse zum Entwurf und zur Steuerung der urbanen Radschnellwege der Zukunft feststellen. Deutschland hat dabei, verglichen mit den Niederlanden und Dänemark, sehr wenige Erkenntnisse aus den ausgewählten implementierten Strecken gezogen, sodass vorhandene FGSV-Richtlinien diesen Bereich noch nicht vollständig abdecken. Urbaner Radverkehr schöpft vor allem in den Spitzenstunden die Kapazitätsreserven der vorhandenen Radverkehrsinfrastruktur voll aus. Es entstehen, vor allem am Beispiel München, Radverkehrsstaus und sicherheitskritische Situationen an verschiedenen Stellen von Radwegen und -fahrstreifen.

Das Projekt wurde durch den Lehrstuhl für Verkehrstechnik initiiert und reiht sich an Vorarbeiten zur Radverkehrsforschung am Lehrstuhl (Twaddle et al. 2014a, 2014b, 2016a, 2016b, Amini et al. 2016 und Twaddle 2017). Ein bestehender Fahrradsimulator wurde erweitert (Keler et al. 2018) und am Beispiel von Pilotrouten in München wurden mit diesem die notwendigen Studien durchgeführt.

Eine Vielzahl europäischer Projekte mit bereits implementierten Radschnellverbindungen waren Motivatoren für die Untersuchung eines urbanen Radschnellweges in München mit neuartigen methodischen Untersuchungsansätzen. Die mikroskopische Verkehrsflusssimulation von Verkehrsströmen auf Radschnellverbindungen ist neuartig und wurde in dieser Art noch in keiner bisherigen Publikation gefunden. Die Nutzung eines Fahrradsimulators für verkehrstechnische Aufgaben ist, die frühen Ansätze von Sun und Qing (2017) ausgenommen, neuartig, vor allem in Bezug auf die Interaktion zu unterschiedlichen Verkehrsteilnehmenden und der Radfahrenden zueinander.

Es fehlte an praktischen verkehrstechnischen Untersuchungsmethoden, vor allem für urbane Radschnellwege, mit vorhandenen Verkehrssteuerungsstrategien. Der Großteil der methodischen Ansätze kommt aus der Verkehrsplanung und vereinfacht die Untersuchung der Effizienz und Sicherheit durch Verwendung aggregierter Durchschnittswerte von Verkehrseffizienz und -sicherheit. Fahrradsimulatoren wurden bisher nicht primär für die Untersuchung der Interaktionen zu anderen Verkehrsteilnehmenden genutzt. Außerdem gab es keine vergleichbare Schnittstelle zwischen Fahrsimulatoren und Tools für Mikrosimulationen. Dies alles wurde innerhalb des Projektes RASCH untersucht, durch allgemeine Methodik beschrieben und als Pilotanwendungen realisiert.

Es wurde durch das Projekt erhofft, die Effizienz- und Sicherheitssteigerungen durch neuartige Radverkehrsinfrastruktur sowie die Attraktivität zu quantifizieren. Urbane Radschnellwege sollten nach ihrer Art und in Zusammenhang mit den gewählten Verkehrssteuerungsansätzen für ein reales urbanes Untersuchungsgebiet evaluiert werden. Neben der neuartigen Simulation von Radverkehrsnetzen sollte eine Methodik geschaffen werden, komplexen urbanen Raum in eine virtuelle erlebbare Umgebung zu überführen. Hierzu zählen auch die Aufnahme von Verkehrszählungen und Signalsteuerungsdaten, die zur Kalibrierung der Simulationsnetze dienen.

Projektverlauf

Das Projekt wurde durch wissenschaftliche Mitarbeitende und studentische Hilfskräfte des Lehrstuhls für Verkehrstechnik an der TU München und durch Mitarbeitende der TESIS GmbH (Teil der Vektor Informatik GmbH) durchgeführt. Es gab weitere Vernetzungen zum Kreisverwaltungsreferat der Stadt München, zum Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung und zur Virtence GmbH vor allem in Bezug auf verfügbare Geo- und Verkehrsdaten. Die Landeshauptstadt München hatte den Zugang zu Verkehrszählungs- und Signalsteuerungsdaten ermöglicht und ebenso Drehgenehmigungen an bestimmten Knotenpunkten des Untersuchungsgebietes gefördert.

Die Zielgruppe des Projektes waren Kommunen und private Planungsbüros mit Interesse an innovativen Tools für die Planung und Realisierung von neuer effizienter und sicherer Radverkehrsinfrastruktur, vor allem im urbanen Raum. Die Zielgruppe wurde unter Einbeziehung erster Ergebnisse aus Simulations- und Simulatorstudien indirekt in das Forschungsvorhaben einbezogen.

Bestehende mikroskopische Verkehrsflusssimulationen wurden verwendet, um komplexe urbane Verkehrsabläufe zu simulieren. Hierbei lag der Fokus auf Radverkehr und motorisierten Verkehrsteilnehmenden um primär die Einflüsse auf die Verkehrseffizienz dieser Verkehrsträger abzuschätzen. Zu Fuß Gehende und ÖPNV gingen nicht in die Betrachtung ein. Bei den Fahrradsimulatorstudien mit Proband*innen wurde eine neuartige Methodik angewandt, angelehnt an traditionelle Fahrsimulatorstudien. Bei den Studien werden je Proband*in zunächst jeweils der Ist-Zustand eines realen Untersuchungsgebietes auf den gegebenen Radwegen durchfahren. Anschließend werden gleichlange Strecken mit implementierter Radschnellweginfrastruktur in zwei Varianten (beidseitige Einrichtungsradswege, einseitiger Zweirichtungsradsweg) und mit einer an eine Grüne Welle angelehnte Verkehrssteuerungsstrategie für den Radverkehr durchfahren.

Das Projekt RASCH gliederte sich in fünf Arbeitspakete. Im ersten Arbeitspaket Grundlagenanalyse wurde eine Literaturrecherche zum Stand der Technik durchgeführt und die Zukunftsszenarien und Verkehrssteuerungsmaßnahmen entworfen. Es folgte das Arbeitspaket Vorbereitung der Simulationsstudien mit der technischen Weiterentwicklung des Fahrradsimulators, dem Aufbau des Praxisbeispiels in der mikroskopischen Verkehrssimulation, dem Entwurf von Untersuchungsszenarien und der Vorabvalidierung des Fahrradsimulators. Anschließend wurden im nächsten Arbeitspaket die Versuche im Fahrradsimulator und in der mikroskopischen Verkehrssimulation durchgeführt. Das vierte Arbeitspaket beinhaltete die Evaluierung mit der Datenauswertung zur Quantifizierung des Radverkehrsflusses und die Evaluierung der Verkehrssteuerungsmaßnahmen. Im finalen Arbeitspaket Ergebnisverbreitung wurde ein Leitfaden zum Einsatz von Verkehrssteuerungsmaßnahmen für Radschnellwege und ein Erfahrungsbericht zur Fahrradsimulator-Studie angefertigt.

Ergebnisse und Projekterfolge

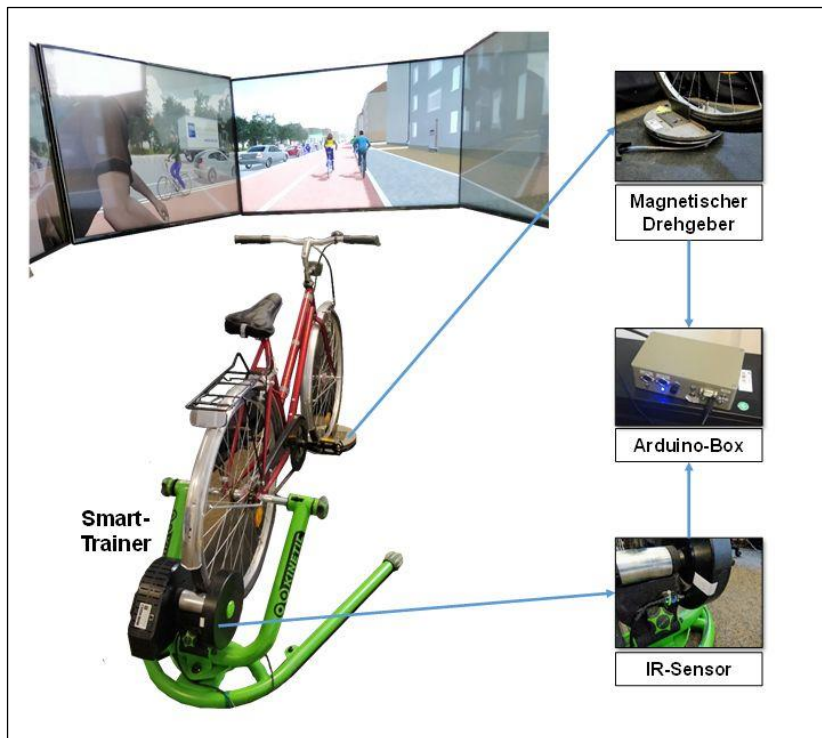
Sämtliche Fragestellungen des Projektes RASCH konnten innerhalb der Projektlaufzeit beantwortet werden. Aufgrund der Komplexität des gewählten Untersuchungsgebietes in der Münchner Innenstadt konnten viele Aspekte der Variation von Entwurfselementen und Signalsteuerungsansätzen analysiert werden. Dadurch konnten Vorschläge zur Ergänzung des Arbeitspapiers für die Anlage von Radschnellverbindungen der FGSV von 2014 gegeben werden, vor allem in Hinblick auf Richtwerte der Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs für Radfahrer. Diesbezüglich konnte ein signifikanter Unterschied zur Bemessung von Radschnellverbindungen im Vergleich zur Verkehrsinfrastruktur des motorisierten Verkehrs sowie sonstiger Radverkehrsinfrastruktur festgestellt werden. Für die Untersuchungen konnte ein großes urbanes Netz mit einer Vielzahl in der Realität erfasster Daten kalibriert werden. Die ersten Erkenntnisse zu Fahrradsimulatorstudien mit Proband*innen wurden dokumentiert. Hier zeigten sich die Grenzen und Möglichkeiten der Datengenerierung durch Proband*innen. Innerhalb der Probandenstudien wurden die Akzeptanz und die Attraktivität der Maßnahmen zusammen mit der Verkehrssicherheit und Effizienz bewertet. Die erarbeitete Methodik kann als eine prototypische Umsetzung von Probandenstudien mit einem Fahrradsimulator gesehen werden (Kaths et al. 2020).

Über neun Simulations- und sechs Simulatorstudienzenarien zu urbanen Radschnellwegen konnten viele der identifizierten Problemlagen adressiert werden. Auf Grundlage der Auswertungen beider sich ergänzender Maßnahmen (Varianten von Entwurfselementen und Signalsteuerungsansätzen) konnte der Großteil der Erkenntnisse die identifizierten Problemlagen klären. Es zeigte sich eine Effizienzsteigerung und eine Erhöhung der Verkehrssicherheit durch die Einführung von urbanen Radschnellverbindungen.

Innerhalb der Fahrsimulatorforschung wurden eingehende Erkenntnisse zur Akzeptanz von Fahrradsimulatoren gewonnen, insbesondere die favorisierte Dauer des Experiments, sowie der Umfang der anschließenden Befragung. In Bezug auf die Ausprägung der Simulatorkrankheit während der Experimente konnte vor den Probandenstudien schon festgestellt werden, dass VR-Brillen dafür eher ungeeignet sind. Hiermit mussten Fahrten häufig bereits in den ersten Minuten abgebrochen werden.

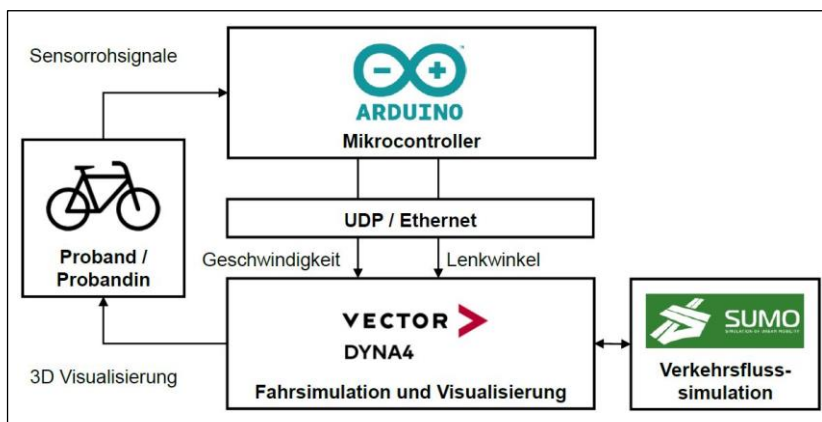
Der Aufbau des Fahrradsimulators (Stand: August 2019) des Lehrstuhls für Verkehrstechnik der Technischen Universität München (TUM-VT) wird in Abb. 1 dargestellt. Abb. 2 zeigt zusätzlich gesondert die Software- und Hardwarekomponenten des Fahrradsimulators.

Abb. 1:
 Aufbau des
 Fahrradsimulators des
 Lehrstuhls für
 Verkehrstechnik



Quelle: Lehrstuhl für Verkehrstechnik, Technische Universität München (Stand: August 2019).

Abb. 2:
 Software- und
 Hardwarekomponenten
 des Fahrradsimulators



Quelle: Lehrstuhl für Verkehrstechnik, Technische Universität München.

Das Projekt erlaubte es, eine Methodik zu entwickeln, um teure Infrastrukturbauvorhaben in der Planungsphase objektiv und subjektiv zu evaluieren. Angefangen mit der Anreicherung frei nutzbarer Geodaten aus dem OpenStreetMap-Projekt mit Straßenmarkierungen, der Übertragung von realen Signalplänen an Lichtsignalobjekte und der Definition von Verkehrsströmen basierend auf realen Verkehrszählung, wird in den ersten Schritten ein reales Untersuchungsgebiet als eine virtuelle Umgebung abgebildet. Die darauf basierenden Simulationsnetze werden nach Art der Infrastruktur und Verkehrssteuerungsmaßnahme eines Radschnellweges in mehreren Varianten definiert. Die anschließenden Simulationsläufe können Aussagen darüber geben, ob Verbesserungen der Verkehrseffizienz- und -sicherheit bei der Implementierung von Radschnellwegen auf bestehenden Radwegen möglich sind. Durch die Vergleiche mehrerer Simulationsszenarien können Verkehrssteuerungsmaßnahmen für den Radverkehr evaluiert werden. Mit den Simulatorstudien können zusätzlich Daten durch Proband*innen erho-

ben werden, um so das persönliche Empfinden von äußerlichen Formen der Infrastruktur und generellen Abläufen jeder Fahrt zu verbessern. Damit wurden neue Möglichkeiten geschaffen, neue Radverkehrsinfrastrukturvorhaben eingehend und umfassend zu evaluieren.

Die erzielten Ergebnisse haben große Relevanz für die Praxis, da eine kostengünstige alternative Planung von Bauvorhaben und dem Entwurf von Signalprogrammen ermöglicht wird. Neben der mikroskopischen Verkehrsflosssimulation, basierend auf realen Daten, können entworfene Radschnellwege auch aus der Egoperspektive eines Radfahrers subjektiv evaluiert werden. So kann eine effektive und schnelle Abschätzung der Relevanz der Implementierung von Radverkehrsinfrastruktur erfolgen.

Schon durch die Verbreiterung des Einrichtungsrads auf 3,0 m sind Zeitverlustreduktionen um durchschnittlich 7 % für den Radverkehr feststellbar, und mit der Verkehrssteuerungsstrategie nach einer grünen Welle für den Radverkehr sogar um fast 54 %. Bei angepasster LSA-Steuerung bei beidseitigen Einrichtungsradswegen kann sogar die Reisezeit für den motorisierten Verkehr um durchschnittlich 21 % reduziert werden. Grund dafür sind schnellere Abwicklungen von Radfahrendenpulks an signalisierten Knotenpunkten.

Auf Ebene der Kommunen, der Länder und des Bundes ergeben sich viele neuartige methodische Ansätze bei der Umsetzung regionaler und nationaler Radverkehrsinfrastrukturprojekte durch Nutzung von Fahrradsimulatoren. Vor allem die Implementierung von Verkehrssteuerungsmaßnahmen kann erlebbar evaluiert werden und so eine Brücke schaffen zwischen subjektivem Erleben durch Bürger und validierten Ergebnissen aus mikroskopischen Verkehrsflusssimulationsstudien.

Die Proband*innen der Fahrradsimulatorstudien empfinden dabei die simulierten Radschnellwege als angenehmer und einfacher als die gegenwärtig bestehenden Radwege. Jedoch kann bei den Proband*innen auch festgestellt werden, dass bei mehr verfügbarem befahrbarem Raum an den Knotenpunkten auch unvorsichtiger und riskanter gefahren wird. Durch die Auswertung der Umfragedaten als Teil der Probandenstudien konnte ein Einblick in die subjektive Einschätzung von Proband*innen gemacht werden. Auf Grund der Stichprobe von 44 Teilnehmenden kann man dies als erste große Studie mit einem Fahrradsimulator bezeichnen. Es ist jedoch absehbar, dass für eine umfassende Evaluierung von Fahrradsimulatoren eine größere Stichprobe benötigt wird. Des Weiteren konnte nicht festgestellt werden, ob animierte Unfallabläufe oder Bewegungsrestriktionen durch Hindernisse sinnvoll sind oder eher die Simulatorfahrt durch unnötige Ablenkung behindern.

Ausblick

Diese Ergebnisse wurden bereits auf mehreren nationalen und internationalen Konferenzen vorgestellt und bieten eine Grundlage für weitere Forschungsansätze (Grigoropoulos et al. 2018, Kathis et al. 2019, Keler et al. 2018). Die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit zeigt sich in der Vielzahl an gewonnenen Erkenntnissen aus den durchgeführten Simulations- und Simulatorstudien. Eine Besonderheit war dabei das großflächige und komplexe Netz, das das reale Untersuchungsgebiet hochgenau abbildet. Grundlage dafür sind reale Daten der Infrastruktur, der Verkehrssteuerung und des Verkehrsablaufs. Als weiteren Erfolg kann man die massiven generierten Daten aus den Simulationsstudien bezeichnen, sowie das Simulationsnetz eines Teils der Münchner Innenstadt, die für zukünftige

Forschungsansätze nutzbar sind. Die erfassten Daten der Proband*innen aus den Simulatorstudien sind multivariat und können mit weiteren neuartigen Machine-Learning-Ansätzen noch weiter untersucht werden. Hier könnte man, ähnlich dem Ansatz von Hardinghaus et al. (2019), die Präferenz für eine bestimmte Ausprägung der Radverkehrsinfrastruktur in Relation mit Alter und Geschlecht setzen.

Es bedarf weiterer Forschung, um die Reproduzierbarkeit der Ansätze auch für andere Fallstudien und Untersuchungsgebiete zu belegen. Außerdem wurden in RASCH nur ausgewählte Führungsformen urbaner Radschnellwege als Teil einer Radschnellverbindung zum ländlichen oder peripheren Raum untersucht. Grund dafür ist die viel höhere Komplexität der urbanen Infrastruktur und hier besonders der große Einfluss der Verkehrssteuerung auf die Radverkehrsqualität. Eine Erweiterung des Simulationsnetzes um die Streckenabschnitte zum ländlichen und peripheren Raum könnte noch weitere Zusammenhänge mit der Gesamtheit der Radschnellverbindung aufzeigen. Problematisch wäre hier die Verfügbarkeit von Verkehrszählungsdaten, da diese oft nur für größere urbane Knotenpunkte bei der Stadt München vorliegen. Demnach wäre die Erweiterung des Simulationsnetzes mit zusätzlichem Aufwand der Datenerhebung und Kartierung bestimmter Umfelder verbunden.

Literatur

- Amini, Sasan; Twaddle, Heather; Leonhardt, Axel (2016): Modelling of the tactical path selection of bicyclists at signalized intersections. Transportation Research Board 95th Annual Meeting, 2016.
- Grigoropoulos, Georgios.; Keler, Andreas; Kath, Jakob; Kath, Heather; Spangler, Matthias; Hoffmann, Silja (2018); Busch, Fritz: Evaluation of the Traffic Efficiency of Bicycle Highways: A Microscopic Traffic Simulation Study. hEART2018, 2018, 7th symposium arranged by European Association for Research in Transportation (hEART), <https://bit.ly/3hUJpdr> (Abruf am 30.07.2020)
- Hardinghaus, Michael; Cyganski, Rita; Bohle, Wolfgang (2019): Attraktive Radinfrastruktur. Routenpräferenzen von Radfahrenden, <https://bit.ly/3eYOoJ7> (Abruf am 30.06.2020)
- Kath, Heather; Keler, Andreas; Kath, Jakob; Busch, Fritz (2019): Analyzing the behavior of bicyclists using a bicycle simulator with a coupled SUMO and DYNA4 simulated environment. SUMO User Conference 2019, EasyChair, 2019, 99–205. <https://doi.org/10.29007/dcmp> (Abruf am 30.06.2020)
- Kath, Heather; Keler, Andreas; Hosseini, Seyed Abdollah; Grigoropoulos, Georgios; Kath, Jakob (2020): Fahrradsimulator: Anwendungsorientierter Erfahrungsbericht zu Aufbau und Nutzung. 2020 NRVP (kommende Veröffentlichung), 2020.
- Keler, Andreas; Kath, Jakob; Chucholowski, Frederic; Chucholowski, Maximilian; Grigoropoulos, Georgios; Spangler, Matthias; Kath, Heather; Busch, Fritz (2018): A bicycle simulator for experiencing microscopic traffic flow simulation in urban environments. 2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), IEEE, 2018, 3020–3023. <https://doi.org/10.1109/itsc.2018.8569576> (Abruf am 30.07.2020)
- Twaddle, Heather A. (2017): Development of tactical and operational behaviour models for bicyclists based on automated video data analysis. Dissertation, 2017.
- Twaddle, Heather; Grigoropoulos, Georgios; Busch, Fritz (2016a): Integration of an external bicycle model in SUMO. SUMO 2016 – Traffic, Mobility, and Logistics Proceedings, 2016, 93–102.
- Twaddle, Heather; Grigoropoulos, Georgios (2016b): Modeling the speed, acceleration and deceleration of bicyclists for microscopic simulation. Transportation Research Board 95th Annual Meeting, 2016.
- Twaddle, H., Schendzielorz, T., Fakler, O. (2014a): Bicycles in urban areas: Review of existing methods for modeling behavior. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2014, 140–146.
- Twaddle, Heather; Schendzielorz, Tobias; Fakler, Oliver; Amini, Sasan (2014b): Use of automated video analysis for the evaluation of bicycle movement and interaction. Proc. SPIE 9026, Video Surveillance and Transportation Imaging Applications 2014.

Sun, C., Qing, Z. (2017): Design and Construction of a Virtual Bicycle Simulator for Evaluating Sustainable Facilities De-

sign. Transportation Research Board 96th Annual Meeting, 2017.

Bürger*innen- und verkehrsgerechte Implementierung von Innenstadtdepots für Lastenräder

Planungsleitfaden für Kommunen

Kurzfassung

Lastenräder haben das Potenzial zur Substitution von bis zu 25 % der heutigen innerstädtischen Lieferfahrten. Das Einrichten von innerstädtischen Umschlagsknoten für Lastenräder ermöglicht die Lagerung und den Umschlag von Waren für die anschließende Verteilung per Lastenrad in der Stadt. Ziel des Projekts "Lastenraddepot" war die Entwicklung eines modellhaften Leitfadens zur Implementierung von urbanen Umschlagsknoten entsprechend logistischer Anforderungen, unter Gewährleistung eines optimalen Verkehrsflusses und hoher Akzeptanz durch Bürger*innen. Mit einem interdisziplinären Forschungsdesign wurden Verkehrsräume um Umschlagsknoten modelliert und simuliert. Zudem wurden die Umschlagsknoten und ihre Auswirkung mittels qualitativer und quantitativer Befragungen durch Stakeholder und Bürger*innen evaluiert.

Das Projekt stellte im Sinne des Nationalen Radverkehrsplans 2020 die Verbesserung der Verkehrsqualität, die Sicherung nachhaltiger Mobilität, eine breite Anwendbarkeit der Ergebnisse und die Generierung neuer Erkenntnisse in den Vordergrund. Es schloss mehrere Forschungslücken. So wurde ermittelt, an welchen Standorten urbane Umschlagsknoten aus logistischer Perspektive genau errichtet werden sollten. Weiterhin wurden die Verkehrswirkungen von Umschlagsknoten (z. B. erhöhtes Lastenradaufkommen in umliegenden Straßen und Wirkungen auf den Verkehrsfluss durch andere Abmessungen und Geschwindigkeiten als konventionelle Fahrzeuge) untersucht. Für eine verkehrsgerechte Implementierung wurde ferner geprüft, welche Nutzungspräferenzen Lastenradfahrende haben und ob diese mit bisheriger Infrastruktur vereinbar sind. Schließlich wurde untersucht, wie Bürger*innen urbane Umschlagsknoten und ihre verkehrlichen Auswirkungen wahrnehmen, welche Gestaltungspräferenzen bestehen und ob sie diese Umschlagsknoten in ihrem eigenen Umfeld akzeptieren.

Ausgangssituation, Projektidee und Zielsetzung

National und international ist seit Beginn der 2010er Jahre eine Renaissance der Lastenräder als urbanes Transportmittel zu beobachten. So wurde das Lastenrad, das einst der Standard im Stadtbild war, zuerst vereinzelt und nach und nach verstärkt in (deutschen) Städten wiedereingeführt. Während es international, besonders in Dänemark und den Niederlanden, für den Personenverkehr genutzt wird, entstanden in Deutschland spannende Pilotprojekte vor allem in der logistischen Nutzung.

Am Lehrstuhl Logistische Systeme der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg gab es im Vorfeld des Projekts technisch orientierte Forschung zum automatisierten Umschlag von Waren auf Lastenräder. Im Zuge dieser Forschungsarbeiten entstand die Erkenntnis, dass für die erfolgreiche Um-

setzung von Lastenradlogistik ein breiterer, interdisziplinärer Ansatz gewinnbringend wäre. Insbesondere war offen, wie Lastenradlogistik geeignet in dichten urbanen Räumen umgesetzt werden kann.

Die konkrete Idee zum Projekt entstand, als sich zwei Wissenschaftler der Logistik bzw. Umweltpsychologie, die sich im Zuge des PARKing Days in Magdeburg kennengelernt und über diese Themen ausgetauscht hatten, mit dem Aufruf des NRVP 2020 zusammensetzten. Schnell zeigte sich, dass im urbanen Raum viele Fragen, wie die Planung von neuartigen Objekten (z. B. Lastenradumschlagsknoten), im Stadtraum nicht aus einer Perspektive allein beantwortet werden können. Daraus folgte die Initiative eines gemeinsamen Forschungsprojekts.

Das Projekt war eine gemeinsame Initiative der Lehrstühle Logistische Systeme und Umweltpsychologie an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. Die wissenschaftlichen Mitarbeiter Tom Assmann (Logistische Systeme) und Sebastian Bobeth (Umweltpsychologie) waren bei der Initiative federführend. Wesentliche Unterstützung für die erfolgreiche Beantragung kam von Prof. Dr. Schenk, Prof. Dr. Behrendt (Logistische Systeme) und Prof. Dr. Matthies (Umweltpsychologie) sowie den Mitgliedern des im Zuge der Projektinitiative zusammengestellten Projektbeirats.

Zu Projektbeginn im Jahr 2017 gab es nur wenige praktische Umsetzungen von Umschlagsknoten für Lastenräder. Einige Pilotvorhaben waren bereits empirisch untersucht worden. Hierbei wurde unter anderem deutlich, dass Umschlagsknoten profitabel betrieben werden können. Verkehrlich-logistische Aspekte wurden als Treiber für den Erfolg beschrieben – es ließen sich jedoch keine generalisierbaren Empfehlungen zu Aspekten wie Standortoptimierung oder Verkehrswirkung (mikroskopische Analyse der Wirkung von Lastenrädern im Verkehrsraum) ableiten. Der Einbezug von Stakeholdern und Akzeptanz durch die Bürger*innen wurden als wesentliche Treiber für entsprechende Vorhaben identifiziert – auch hier gab es jedoch keine systematischen, generalisierbaren Untersuchungen im Zuge von Pilotvorhaben. Denkbare Barrieren waren auf Basis psychologischer Forschung aus verwandten Bereichen wahrgenommene Einschränkungen der eigenen Freiheit, eine wahrgenommene Unfairness des Prozesses, fehlende Kontrollüberzeugung oder ein Verlust an Lebensqualität.

Forschung fand im Wesentlichen im Rahmen der oben skizzierter F&E-Vorhaben statt. Diese trugen wesentlich zum Verständnis urbaner Logistik bei, erlaubten jedoch durch den Einzelfallbezug keine generalisierbaren Aussagen. Es lagen nur wenige, auf Deutschland nicht übertragbare Studien zu Verkehrsfluss- und Kapazitätswirkungen von Lastenrädern vor. Hier deuteten sich bereits bei geringen Anteilen von Lastenrädern negative Einflüsse auf den Verkehrsfluss und Kapazitätsprobleme durch Lastenräder auf Radverkehrsanlagen an. Zudem gab es keine Untersuchungen der Wahrnehmung und Akzeptanz von Umschlagsknoten und ihren Auswirkungen. Das Projekt "Lastenraddepot" stellte durch den Anspruch, zu diesen Aspekten generalisierbaren Aussagen zu erzielen, eine sinnvolle Ergänzung dar, um Forschung in diesem Bereich gezielt zu erweitern.

Abb. 1:
Lastenradumschlags-
knoten in der Visuali-
sierung der Umfrage



Quelle: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

Praktisches Ziel war, ein allgemein gültiges Planungswissen zu Umschlagspunkten für Lastenräder in der urbanen Logistik zu schaffen. Dies sollte Kommunen mit häufig wenig Logistikerfahrung dazu befähigen, ihre Kompetenzen in diesem Bereich erweitern zu können und somit die Schwellen zur Umsetzung von funktionierenden Logistikkonzepten zu senken. Das Projekt sollte somit zur Verbesserung der Verkehrsqualität in deutschen Städten und auf eine nachhaltigere urbane Mobilität hinwirken. Durch Bezug auf standardisierte Parameter und eine repräsentative Befragung sollten die Ergebnisse generell für deutsche Städte gültig und in der Praxis allgemein anwendbar sein. Die Empfehlungen sollten in einem Praxisleitfaden für kommunale Entscheider*innen in deutschen Städten zusammengefasst werden.

In theoretischer Hinsicht sollte das Projekt beschriebene Forschungslücken schließen. Hierzu sollte die erste repräsentative Untersuchung der optimalen Implementierung von Umschlagsknoten im Hinblick auf eine logistisch sinnvolle Umsetzung und Platzierung, einen sicheren, störungs- und stau-minimalen Verkehrsfluss und eine hohe Bürger*innenakzeptanz für Städte in Deutschland vorgenommen werden.

Projektverlauf

Das Projekt wurde gemeinsam durch die Lehrstühle Logistische Systeme am Institut für Logistik und Materialflusstechnik und Umweltpsychologie am Institut für Psychologie an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg durchgeführt. Die Projektleitung lag beim Lehrstuhl für Logistische Systeme. Ein Projektbeirat mit acht Akteuren aus der Wissenschaft und Praxis begleitete das Projekt in allen Schritten, unter anderem im Rahmen von Meilenstein-Workshops und einer Abschlussveranstaltung. Beiratsmitglieder waren cargobike.jetzt, das Deutsche Luft- und Raumfahrtzentrum (DLR), DPD GeoPost Deutschland, neomesh/CLAC City Logistics, PedalPower, Stadt Köln – Amt für Straßen und Verkehrstechnik, United Parcel Service Deutschland (UPS) und die Zeus GmbH.

Während der Projektdauer war das Projektteam Mitglied im NRVP-Forschungsbegleitkreis "Förderschwerpunkt Infrastruktur" und nahm an allen Treffen des Begleitkreises während des Projektzeitraums teil. Durch die Mitgliedschaft entstanden mehrere enge Kooperationen, insbesondere mit Vertretenden der NRVP-Projekte RadLast, GPS 2.0- RADVerS, InfRad, RASCH und Fahrradstraßen. Darüber hinaus entstanden enge Kooperatio-

nen mit dem NRVP-Projekt LOOP, dem DLR und dem 2018 gegründeten Radlogistikverband Deutschland (RLVD). Nach Projektende ergab sich eine Zusammenarbeit mit FGM-AMOR (Graz, Österreich), aus der im Rahmen des Projekts CityChangerCargoBike eine englische Übersetzung des Praxisleitfadens resultierte.

Weiterhin nahmen Vertretende der kommunalen Verwaltung aus geeigneten Ressorts deutscher Großstädte und Metropolen sowie Logistikakteure an verschiedenen Befragungen (Online-Kommunalbefragung, Expert*inneninterviews zur Planung bzw. Akzeptanz) und der Abschlussveranstaltung des Projekts teil. Im Rahmen dieser Abschlussveranstaltung wurden kommunalen Vertreter*innen praktische Erkenntnisse und Empfehlungen vermittelt und die Vernetzung der Akteure untereinander gefördert.

Die Zielgruppe waren zu Beginn Kommunen und Wirtschaftsakteure zu gleichen Teilen. Im Laufe der Bearbeitung stellte sich, auch in konstruktiven Diskussionen mit dem Projektbeirat, heraus, dass eine Fokussierung auf kommunale Akteure besonders vielversprechend ist. Hier besteht ein besonderer Bedarf an Planungswissen. Daher standen Ableitungen von praktischen Empfehlungen für die Zielgruppe kommunaler Entscheider*innen mit Zuständigkeit für Radlogistik (z. B. Ressorts Stadtplanung, Verkehrsplanung, Wirtschaftsförderung, Umwelt) schlussendlich deutlich im Vordergrund.

Die Zielgruppe (zu Beginn: Zielgruppen) wurde direkt in den Projektbeirat einbezogen und konnten somit Einfluss auf Entscheidungen nehmen. Die Anfrage an das kommunale Beiratsmitglied fand im Rahmen eines Austauschs zu Verkehrsdatenerhebungen in der Stadt Köln statt und traf auf eine hohe Bereitschaft. Die Resonanz von Vertretenden der Zielgruppe war insgesamt bemerkenswert hoch – dies zeigte sich in einer hohen Rückmeldequote bei einer kurzen Onlineabfrage zum Stand von Radlogistik in deutschen Großstädten und Metropolen, in der Bereitschaft mehrerer Vertretenden von Kommunen im Projektverlauf an Interviews teilzunehmen sowie an einem großen Interesse an der Zusendung des aus dem Projekt resultierenden Praxisleitfadens. Einschränkend ist hier zu vermerken, dass sich zur Abschlusskonferenz des Projekts, die auf die Zielgruppe zugeschnitten war, etwas weniger Vertretenden von kontaktierten Städten anmeldeten als erwartet. Welchen Anteil der, durch die Radlogistikkonferenz bedingte, Zeitslot am Freitagnachmittag hatte, lässt sich leider nicht eindeutig feststellen.

Das Projekt verfolgte einen multimethodalen Ansatz. Es wurden planungszentrierte Expert*inneninterviews mit Logistikplanenden und kommunalen Planer*innen durchgeführt. Mit Rückgriff auf bestehende Vorgehensmodelle der Logistikplanung, der urbanen Wirtschaftsverkehrsplanung und generellen Stadtplanung wurde hieraus ein Ablaufschema des Implementierungsprozesses von urbanen Umschlagsknoten entwickelt. In die verkehrlich-logistischen Untersuchungen flossen weiterhin Erkenntnisse aus Literaturanalysen, eigenen Berechnungen von öffentlich zur Verfügung gestellten Daten sowie eigenen Datenerhebungen (Felduntersuchungen) ein. Kernstück dieser Untersuchungen war zudem die Entwicklung einer Simulationsumgebung und die Simulation der verkehrlichen Auswirkungen von Umschlagsknoten. Die akzeptanzorientierten Untersuchungen basierten auf Interviews mit Expert*innen und Anrainer*innen von Umschlagsknoten, aus denen relevante Stakeholder und Schlüsselfaktoren für die Akzeptanz abgeleitet wurden. In einer groß angelegten, repräsentativen Onlinebefragung wurden wichtige Akzeptanzfragen (Gestaltung der Umschlagsknoten, Anliefervorgang, Konfliktsituationen, Infrastrukturveränderungen, generelle Prädiktoren von Radlogistikakzeptanz) gezielt vertieft. Die Ergebnisse wurden

integriert und flossen in einen Praxisleitfaden mit Empfehlungen zur optimalen Implementierung von Radlogistik in Städten ein.

Abb. 2:
Gestaltungspräferenzen
von stationären
Umschlagsknoten

Gestaltungspräferenzen der Anlieferung von stationären Umschlagsknoten in der Allgemeinbevölkerung	
(✓ wird im Vergleich bevorzugt, ✗ wird im Vergleich abgelehnt)	
Entladungsort	Anlieferfahrzeug
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hinterhof ✓ Vorhof ✓ Parkplatz ✗ Straße ✗ Gehweg 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Van ✗ Lkw (7,5t)

Quelle: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

Abb. 3:
Gestaltungspräferenzen
von semi-stationären
Umschlagsknoten

Gestaltungspräferenzen von semi-stationären Umschlagsknoten in der Allgemeinbevölkerung	
(✓ wird im Vergleich bevorzugt, O wird im Vergleich teils bevorzugt, ✗ wird im Vergleich abgelehnt)	
Anzahl	Form
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Einzelner Umschlagsknoten ✗ Mehrere Umschlagsknoten 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Container ✗ Wechselbrücke
Design/ Anstrich	Abtrennung
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Künstlerisch/ kreativ ✗ Firmenfarben/ neutral 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pflanzen O Sitzbänke ✗ Zaun

Quelle: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

Für die Planung, Durchführung und Evaluation wurde das Projekt in zehn Arbeitspakete (AP) unterteilt. Es gab drei allgemeine Arbeitspakete (A1–A3), vier Arbeitspakete mit Verkehrs- und Logistik-Schwerpunkt (I1–I4) und drei Arbeitspakete mit Akzeptanzschwerpunkt (U1–U3). Die AP hatten im Einzelnen folgende Inhalte (Sortierung entspricht etwa der zeitlichen Abfolge):

- AP-A1 (Kollaboratives Set-up): Administrative, methodische und inhaltliche Detailplanung des Projekts und Spezifizierung des Forschungsdesigns unter Abstimmung mit dem Projektbeirat und dem Projektträger; u. a. im Rahmen eines Kick-off-Workshops mit Projektteam, Projektträger und Projektbeirat (28.08.2017 in Magdeburg)
- AP-A2 (Verifikation & Validierung, Dokumentation): Prozessevaluation und inhaltliche Evaluation in bilateralen Rücksprachen mit dem Projektbeirat sowie einem weiteren Workshop mit Projektbeirat und Projektträger (04.12.2018 in Magdeburg)
- AP-I1 (Entwicklung des Verkehrsraummodells): Entwicklung des Verkehrsraums für das Simulationsmodell und Spezifizierung von Simulationsszenarien auf Basis von regulatorischen Vorgaben, Literaturanalysen, der Erhebung von Verkehrsdaten und dem Einbezug externer Datensätze

- AP-U1 (Explorative Expert*inneninterviews): Identifikation der wichtigsten Stakeholder und Einflussfaktoren auf die Akzeptanz von urbanen Umschlagsknoten auf Basis von leitfadengestützten Interviews mit Expert*innen und Bürger*innen
- AP-I2 (Parametrisierung von Lastenrädern): Erhebung von Parametern des Fahrverhaltens von Lastenrädern zur Speisung in die Simulationssoftware VISSIM auf Basis eigener Felduntersuchungen
- AP-I3 (Instrumentelles Modell): Überführung, Kalibrierung und Validierung der in AP-I1 und AP-I2 entwickelten Verkehrsraummodelle, Szenarien und Parameter in die Simulationssoftware VISSIM; Erstellung von Bild- und Videomaterial für die Entwicklung der Onlinebefragung in AP-U2
- AP-U2 (Entwicklung des quantitativen Fragebogens): Vorbereitung einer repräsentativen Onlinebefragung mit Bewohner*innen deutscher Städte zur Untersuchung von Akzeptanzfragen auf Basis der Erkenntnisse aus AP-U1, AP-I1 und AP-I2 und unter Einbezug von in AP-I3 entwickelten Stimuli
- AP-I4 (Simulation und Auswertung): Simulation der Verkehrsräume zur Identifikation der Verkehrswirkungen von Umschlagsknoten mit der Software VISSIM unter Berücksichtigung verschiedener Verkehrsstärken sowie anschließende Ableitung von geeigneten Straßenkonfigurationen
- AP-U3 (Onlinebefragung und Auswertung): Durchführung und Auswertung der in AP-U2 vorbereiteten Onlinebefragung sowie Ableitung von Praxisimplikationen
- AP-A3 (Erstellung des Leitfadens): Entwicklung des Praxisleitfadens unter Berücksichtigung aller im Projekt gewonnenen Erkenntnisse und in Abstimmung mit Projektträger und Projektbeirat, u. a. im Rahmen eines finalen Workshops (19.08.2019 in Magdeburg).

Zudem wurde der Praxisleitfaden im Rahmen einer Abschlusskonferenz (als Teil der 1. Nationalen Radlogistik-Konferenz) mit dem Titel "Kommunalkonferenz: Planung von Lastenradumschlagsknoten" am 25.10.2019 in Berlin vorgestellt.

Inhaltlich erfolgte eine fortwährende enge Kooperation beider ausführender Partner. Hierbei konnten an vielen Stellen Ergebnisse in den jeweils anderen Schwerpunktbereich übertragen werden. So gingen z. B. Ergebnisse aus Interviews mit Akzeptanzschwerpunkt in logistisch-verkehrliche Spezifizierungen ein; umgekehrt wurde z. B. wichtiges Stimulusmaterial für die Onlinebefragung mit Akzeptanzschwerpunkt aus der logistisch-verkehrlichen Simulationsumgebung heraus entwickelt.

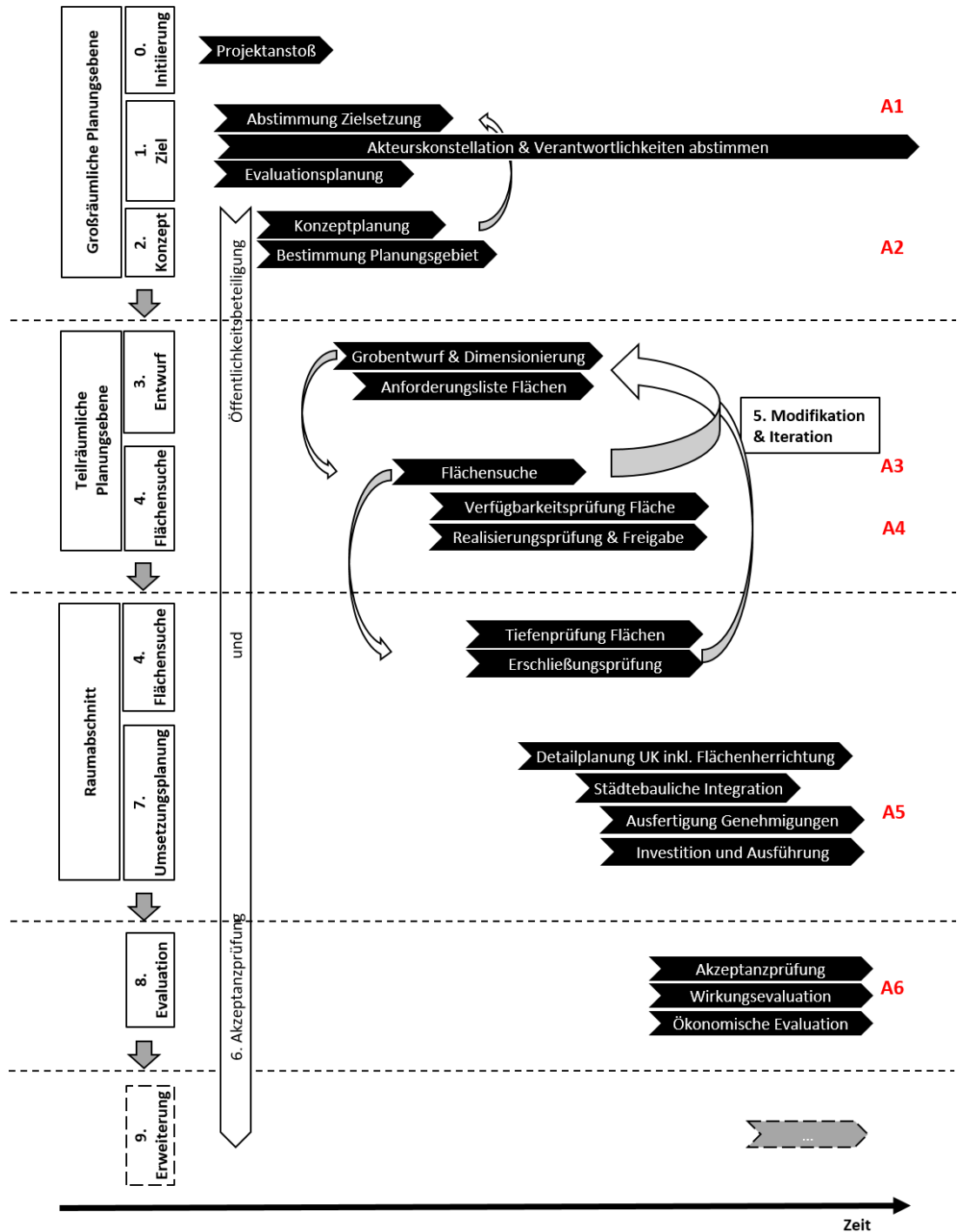
Ergebnisse und Projekterfolge

Die verkehrlich-logistischen Erhebungen und Simulationen verliefen ebenso wie die Akzeptanzuntersuchungen erfolgreich. Es wurde erfolgreich ein Praxisleitfaden für kommunale Entscheider*innen in deutschen Städten entwickelt. Die Projektziele wurden in vollem Umfang erreicht.

Die wesentlichen inhaltlichen Erkenntnisse wurden im Praxisleitfaden „Planung von Lastenradumschlagsknoten: Ein Leitfaden für Kommunen und Wirtschaft zur Planung von Umschlagspunkten für neue, urbane Logistikkonzepte“ veröffentlicht. Der Leitfaden wurde in einer ersten Auflage von

200 Exemplaren und einer zweiten Auflage von 250 Exemplaren gedruckt und ist über das NRVP-Fahrradportal sowie die Homepage des Instituts für Logistik und Materialflusstechnik auch über das Projektende hinaus online frei verfügbar. Kommunale Entscheidungsträger*innen wurden gezielt über die Veröffentlichung des Leitfadens informiert und nahmen an der Abschlusskonferenz des Projekts teil bzw. wurden im Vorfeld über diese informiert.

Abb. 4:
Planungsfolge von
Lastenradumschlags-
knoten



A1-A6: Abbruchkriterium

Quelle: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

Die Entwicklung und Durchführung der Forschungsarbeiten orientierte sich an nationalen Bestimmungen und standardisierten Straßenräumen. Der Leitfaden befähigt daher alle Kommunen in Deutschland, passende Lastenradkonzepte zu prüfen und ggf. zu entwickeln und zu etablieren. Je nach spezifischen örtlichen Gegebenheiten werden differenzierte Hinweise zur Umsetzung gegeben. So können Kommunen passende bauliche und verkehrliche Schritte einleiten sowie die Interessen von Stakeholdern und Anrainer*innen frühzeitig berücksichtigen und diese proaktiv in Umsetzungsprozesse einbinden. Kommunen wird dadurch ein vorausschauendes Handeln im Bereich der Stadt-, Verkehrs- und Logistikplanung ermöglicht. Zudem können Logistikunternehmen (schnellere und kostengünstigere Zustellung) sowie Kommunen (z. B. schnellere Planungsprozesse) wirtschaftliche Potenziale erschließen.

Durch den interdisziplinären Projektansatz unter Beteiligung von Praxisakteuren konnten die Untersuchungen konsequent an Praxisanforderungen ausgerichtet werden. Die Projektergebnisse liefern gezielte Hinweise, welche Schritte zur Implementierung von Umschlagsknoten bzw. Radlogistik in deutschen Städten notwendig sind und welche Abwägungen dabei getroffen werden müssen. Im Praxisleitfaden werden pro Umsetzungsschritt spezifische Empfehlungen auf Basis der gesammelten Erkenntnisse aus dem Projektverlauf ausgesprochen.

Durch die Untersuchungen wurden bestehende Forschungslücken in Bezug auf die logistischen Anforderungen, die Auswirkungen auf den Verkehrsfluss und mögliche Optimierungen sowie auf relevante Stakeholder und Akzeptanzaspekte bei der Implementierung von urbanen Umschlagsknoten geschlossen und Ansatzpunkte für weitere Untersuchungen geliefert. Das entwickelte Simulationsmodell, erhobene Daten und Parameter sowie die entwickelten Befragungsinstrumente können in zukünftigen Untersuchungen verwendet werden. Die Forschungsergebnisse gingen in den resultierenden Praxisleitfaden sowie wissenschaftliche Vorträge und Publikationen ein.

Das Projekt beschäftigte sich detailliert mit der Optimierung der Infrastruktur für Lastenradfahrende. Zudem wurde untersucht, inwiefern sich für Radfahrende und andere Verkehrsteilnehmende durch ein verstärktes Aufkommen von Lastenrädern Einschränkungen ergeben. Schließlich wurde erhoben, inwiefern verschiedene Gruppen der Stadtbevölkerung Konflikte und Maßnahmen zur fahrradfreundlicheren Gestaltung von urbanen Straßenräumen hinsichtlich der Attraktivität und Flächengerechtigkeit bewerten. Das Projekt liefert somit mehrere Ansatzpunkte zur realen Verbesserung der Bedingungen für Radfahrende, die bundesweit in Kommunen anwendbar sind.

Das Projekt war explizit auf die Anforderungen der Praxis zugeschnitten. Hier gab es erst wenige Pilotprojekte für die Erprobung von urbaner Radlogistik. Kommunale Planer*innen in Deutschland verfügten bislang diesbezüglich nicht über ein zielgruppenspezifisch aufgearbeitetes Planungswissen. Durch den generalisiert anwendbaren Praxisleitfaden werden Entscheider*innen in der kommunalen Verwaltung unterstützt, (ggf. in Kooperation mit Logistikakteuren) passgenaue Konzepte für ihren Kontext zu entwickeln. Die Auflage von 450 Stück zeigt, dass der Bedarf entsprechend hoch ist.

Wie oben beschrieben, ergeben sich mehrere konkrete Ansatzpunkte zur Radverkehrsförderung. Explizit sollte die Etablierung von Radlogistikkonzepten für den Lieferverkehr in der eigenen Kommune, im Optimalfall in Kooperation mit Logistikakteuren, erfolgen sowie ausreichende Infrastruktur für Lastenräder (und auch andere Arten von Fahrrädern) bereitgestellt werden. Radverkehrsanlagen sind mindestens 2 m breit anzulegen. Es ist

grundsätzlich mit einem breiten Rückhalt in der Bevölkerung für Radlogistik zu rechnen. Dies gilt auch im Rahmen von Infrastrukturgestaltung, etwa, wenn seitlich angeordnete Parkplätze für eine qualitativ hochwertige Radinfrastruktur weichen müssen. Bei der Umsetzung sollten stets geeignete Beteiligungsformate geprüft und insbesondere auf vulnerable Gruppen Rücksicht genommen werden. Für die weitere Förderung sollten Länder und Bund die Kommunen ermöglichen, urbane Logistikflächen städtebaulich strategisch planen und festsetzen zu können. Übereinstimmend wurden fehlende Flächen von allen Akteuren als größte Barriere für den Auf- und Ausbau von urbaner Radlogistik bezeichnet.

Die Berechnungen zur Umweltwirkungen (u. a. Schadstoffemissionen) bei verschiedenen Umsetzungsszenarien im Leitfaden basierten noch auf veralteten Daten. Eine erneute Kalkulation der Umweltwirkungen auf Basis aktuellerer Werte der HBEFA 4 (Handbuch für Emissionsfaktoren) ist vorgenommen. Die entsprechende Veröffentlichung und Verbreitung erfolgt über die Konferenz Transportation Research Arena 2020 (wegen COVID-19 verschoben) und eine Publikation in einem Open-access-Journal.

Das Projekt selbst hat bei den generalisierten Planungsempfehlungen, in Absprache mit dem Projektbeirat, die Frage der notwendigen Flächengrößen für Umschlagsknoten nicht betrachtet. Von Stiehm et al. (2019) sind hier erste Werte gegeben. Standardisierte Werte, die leitend für die Bauleitplanung sind, sowie Instrumente, um Logistikflächen darin sinnvoll festhalten zu können, sind bisher offene Probleme.

Ausblick

Es ist geplant, den Leitfaden in Folgeprojekten zur Implementierung von Lastenradumschlagsknoten praktisch anzuwenden, intern zu prüfen und bei Bedarf zu erweitern und zu verbessern.

Wie oben beschrieben, sollten in der weiteren Forschung Umweltbilanzierungen aktualisiert werden und offene Fragen bzgl. optimaler Flächengrößen für Umschlagsknoten und den diesbezüglichen Implikationen für die Bauleitplanung adressiert werden. Zudem sollte, wie ebenfalls beschrieben, der Praxisleitfaden in praktischen Vorhaben umgesetzt und ggf. erweitert und verbessert werden. Konkrete Umsetzungen von Umschlagsknoten sollten hierbei in interdisziplinären Teams wissenschaftlich begleitet und evaluiert werden.

Weiterer Forschungsbedarf, der über den Betrachtungsraum des Forschungsprojekts hinausging, zeigte sich hinsichtlich der derzeitigen Herausforderung für Logistikunternehmen, ausreichend viele Lastenradfahrende zu rekrutieren. Hier wäre es interessant, die genauen Ursachen näher zu erforschen – ein Interesse seitens der Logistikunternehmen besteht hierfür.

Literatur

- Assmann, Tom; Bobeth, Sebastian (2018). Factsheet: Planung von Lastenradumschlagsknoten in deutschen Kommunen. doi: 10.13140/RG.2.2.36548.12160
- Assmann, Tom; Lang, Sebastian; Müller, Florian; Schenk, Michael (2020). Model for Testing Different Strategies for the Implementation of Cargo Bike Transshipment Points. Sustainability
- Assmann, Tom; Müller, Florian; Bobeth, Sebastian; Baum, Leonard (2019): Planung von Lastenradumschlagsknoten. Ein Leitfaden für Kommunen und Wirtschaft zur Planung von Umschlagspunkten für neue, urbane Logistikkonzepte, <https://bit.ly/2ZubzEz> (Abruf am 30.07.2020)
- Assmann, Tom, Müller, Florian, Bobeth, Sebastian; Baum, Leonard. (2020).

Planning of cargo bike hubs. Magdeburg: Otto-von-Guericke-University Magdeburg. <https://bit.ly/3gev5s> (Abruf am 30.07.2020)

Stiehm, Sebastian; Braun, Nomo; Rüdiger, David; Kirsch, Daniela; Gade, Andreas; Böttges, Karl-Werner; Clages, Jörg;

Völlmer, Tim (2019). Handbuch: Mikro-Depots im interkommunalen Verbund; Neuss: Agiplan GmbH, IHK Mittlerer Niederrhein.

RadAktiv – Identifizierung, Typisierung und Aktivierung von Nicht-Radfahrenden

Maßnahmen zur Steigerung des Radverkehrs

Kurzfassung

Ziel des RadAktiv-Projektes war es, Maßnahmen zu entwickeln, die Nicht-Radfahrende wieder auf das Fahrrad bringen, um so den Anteil des Fahrrads am Modal Split zu erhöhen und einen Beitrag zur Verkehrswende hin zu einer nachhaltigeren Mobilität zu leisten.

Obwohl Nicht-Radfahrende die Hälfte der deutschen Bevölkerung ausmachen, haben sie bisher weder von der Wissenschaft noch der Praxis eine angemessene Beachtung erfahren. Dabei bietet diese große Gruppe von Menschen ein immenses Potential im Bereich der Fahrradverkehrsförderung. Da bisher kaum wissenschaftliche Erkenntnisse zu Nicht-Radfahrenden vorliegen, untersuchte RadAktiv erstmals stringent diese Gruppe mit Hilfe eines dreistufigen Methodenansatzes:

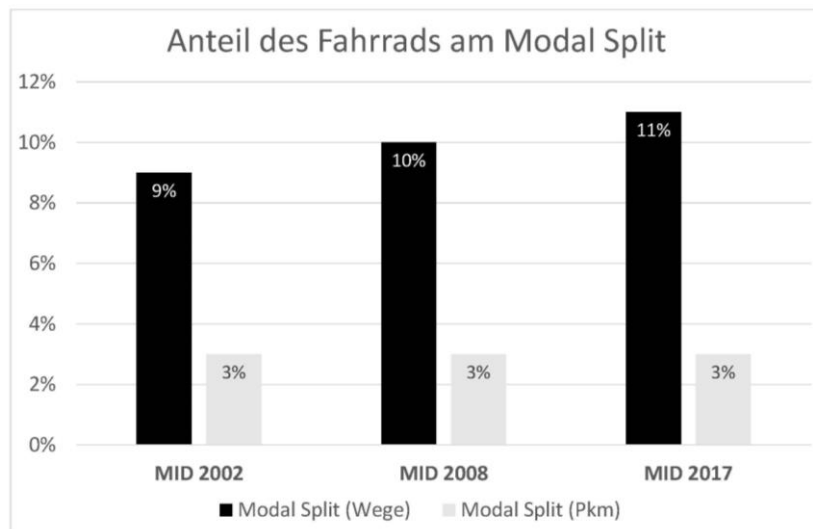
1. Qualitative Interviews mit Nicht-Radfahrenden.
2. Deutschlandweite bevölkerungsrepräsentative Onlineumfrage
3. Maßnahmenentwicklung mit Expert*innen, aktiven Radfahrenden und Nicht-Radfahrenden.

Die Untersuchung zeigte, dass vor allem das soziale Umfeld (Familie und Freunde) und die Eignung des Fahrrads für alltägliche Dinge (Arbeitsweg, Einkäufe und Besorgungen) ausschlaggebend für die Nutzung des Fahrrads sind. Hier setzten dann auch die formulierten Maßnahmen an, die in einem Handlungsleitfaden veröffentlicht wurden.

Ausgangssituation, Projektidee und Zielsetzung

Auch wenn mancherorts eine nennenswerte Steigerung des Fahrradanteils am Modal Split erkennbar ist, wie beispielsweise in München (2008: 14 %; 2017: 18 %) (LHM 2019), so zeigen die Daten der Studie „Mobilität in Deutschland“, dass im Mittel kaum eine Steigerung des Anteils des Radverkehrs am Modal Split (Wege) erreicht werden konnte (infas, DLR 2010 und 2019). Zudem blieb der Anteil des Fahrrads an den zurückgelegten Personenkilometer mit 3 % seit 2002 unverändert (infas 2002, 2008 und 2017) (vgl. Abb. 1).

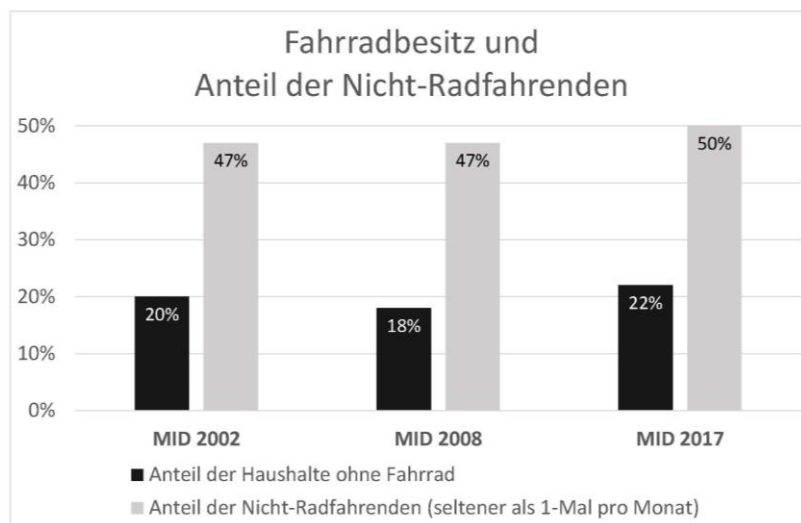
Abb. 1:
Anteil des Fahrrads am
Modal Split (Wege &
Pkm)



Quelle: LMU, Johannes Mahne-Bieder (nach infas, DIW 2004; infas, DLR 2010 und 2019).

Gleichzeitig lässt sich ebenfalls beobachten, dass der Anteil der Nicht-Radfahrenden im selben Zeitraum trotz einer steigenden Fahrradbesitzquote sogar noch angestiegen ist (vgl. Abb.2). Eine Aktivierung der Nicht-Radfahrenden stellt jedoch einen wichtigen Baustein auf dem Weg zu einer nachhaltigeren Mobilität dar.

Abb. 2:
Anteil der Haushalte
ohne Fahrrad und Anteil
der Nicht-Radfahrenden



Quelle: LMU, Johannes Mahne-Bieder (nach infas, DIW 2004; infas, DLR 2010 und 2019).

Einerseits überraschen diese Zahlen sehr, da nach einer langen Fokussierung auf den Autoverkehr die Förderung des Radverkehrs doch in den letzten Jahren intensiver betrieben wurde. Andererseits sind alltägliche Mobilitätspraktiken stark habitualisiert. Ein aktives Abwägen der unterschiedlichen Mobilitätsmöglichkeiten und -angebote findet nur in seltenen Fällen statt. Meist werden alltägliche Wege nicht hinterfragt, sondern als Routine vollzogen (Gärling et al. 2003; Holz-Rau et al. 2015). Dieses Handeln in Routinen erschwert die Veränderung von Mobilitätspraktiken, was die oben genannten Zahlen wiederum erklärt. Ein weiterer Grund für die bisher wenig erfolgreiche Fahrradförderung in der Fläche ist außerdem in der anvisierten Zielgruppe zu sehen. So richten sich die meisten Fördermaßnahmen auf eine Verbesserung der Infrastruktur oder Incentives (Anreize) zum vermehrten

Nutzen des Fahrrads, z. B. zur Bewältigung des Arbeitsweges. Solche Maßnahmen sprechen aber in erster Linie aktive Radfahrende an. Ein Nicht-Radfahrender profitiert aber weder von besserer Infrastruktur, da diese nicht genutzt wird, noch greifen Incentives, da das Fahrrad kaum genutzt wird. Um hier schon einmal ein Ergebnis vorweg zu nehmen: häufig steht noch nicht einmal ein Fahrrad zur Verfügung. Unsere Studie zeigte, dass nur rund 40 % der Nicht-Radfahrenden über ein funktionsfähiges Fahrrad verfügen.

Projektverlauf

Das Ziel von RadAktiv ist es (das Projekt war zu Redaktionsschluss noch nicht abgeschlossen), aufgrund der oben genannten Defizite bei der Aktivierung von Nicht-Radfahrenden, diese Gruppe erstmals stringent zu untersuchen. Denn obwohl 50 % der Bevölkerung Deutschlands als Nicht-Radfahrende klassifiziert werden können, hat diese Gruppe bisher weder in der Forschung, noch in der Verkehrspolitik eine angemessene Beachtung erfahren, wodurch ein großes Potenzial auf dem Weg hin zu einer nachhaltigeren Mobilität wenig genutzt wurde.

RadAktiv basiert dabei auf einem dreistufigen Ansatz. Aufbauend auf zwei forschungsbasierten Modulen wird dabei in einem dritten Schritt über neue Wege der Förderung nachgedacht. Im Einzelnen sieht das Projekt folgende Schritte vor:

1. Identifizierung typischer Barrieren der Nicht-Radfahrenden: Qualitative Interviews mit Expert*innen und Nicht-Radfahrenden sowie Wiederaufsteiger*innen.
2. Typisierung der Nicht-Radfahrenden: Quantitative Datenerhebung in ganz Deutschland und Typisierung der Nicht-Radfahrenden.
3. Herausarbeitung von typ- und barriere-spezifischer Maßnahmen zur Aktivierung: Maßnahmenentwicklung gemeinsam mit Expert*innen.

Im ersten Schritt wurde anhand von sechs Experteninterviews eruiert, inwiefern Nicht-Radfahrende bereits eine Rolle bei Infrastrukturmaßnahmen und Radförderprogrammen spielen und wo zentrale Wissenslücken und Schwierigkeiten beim Umgang mit dieser Gruppe in der Praxis gesehen werden. Im Anschluss wurden 15 Nicht-Radfahrende und Wiederaufsteiger*innen mit Hilfe von Event-Centered-Interviews zu ihren Mobilitätsbiographien befragt. Ein besonderes Augenmerk wurde im Rahmen der Interviews auf Lebensereignisse wie einen privaten Umzug oder die Geburt des ersten Kindes sowie Mobilitätsmeilensteine wie den Erwerb des Führerscheins oder den Abschluss eines ÖPNV-Abonnements gelegt. Diesen Ereignissen wird das Potenzial zugeschrieben, Mobilitätsroutinen zu durchbrechen, was zu einer veränderten Fahrradnutzung führen kann (Rau & Manton 2016). Vorrangiges Ziel dieses Forschungsmodul war es, die oft in der Mobilitätsbiographie begründeten Auslöser für das Nicht-Radfahren sowie die besonderen Bedürfnisse von Nicht-Radfahrenden besser zu verstehen sowie spezifische Barrieren zu identifizieren. Im Laufe der Interviews wurde jedoch deutlich, dass diese Personengruppe, aufgrund der starken Habitualisierung der Mobilitätspraktiken, kaum in der Lage war differenziert darzustellen, warum sie nicht Rad fährt. Deshalb wurden vermehrt Wiederaufsteiger*innen, also Personen, die erst vor Kurzem wieder angefangen haben Rad zu fahren, für die Interviews akquiriert. Durch diesen Perspektivenwechsel ist es gelungen, ein detailreiches Verständnis des Nicht-Radfahrens zu erlangen. Die Ergebnisse flossen in den nächsten Projekt-schritt ein.

Im zweiten Schritt folgte eine deutschlandweite bevölkerungsrepräsentative Onlinebefragung. Dadurch konnte die quantitative Bedeutung einzelner Aspekte, die in Schritt 1 anhand von Fallbeispielen herausgearbeitet werden konnten, für die Bevölkerung in Deutschland bestimmt werden. Hierfür wurden insgesamt 5.002 Personen befragt. Neben den typischen soziodemografischen Fragen umfasste der Fragebogen folgende Themen: Image des Radfahrens, Sicherheit, Mobilitätssozialisation, Verkehrsinfrastruktur, körperliche Fitness, Wetter und Topographie sowie Zweckmäßigkeit des Fahrrads. Eine gute Zweckmäßigkeit hat ein Fahrrad dabei, wenn Befragte es für Einkäufe und Besorgungen, den Arbeitsweg oder die Freizeit für geeignet halten. Die Fragen wurden dabei so formuliert, dass sowohl aktive Radfahrende als auch Nicht-Radfahrende diese beantworten konnten, um so einen direkten Vergleich zu ermöglichen.

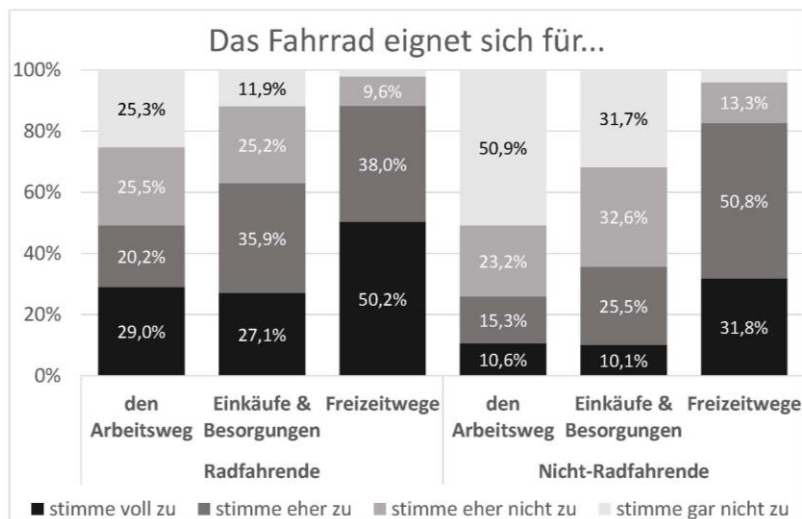
Im abschließenden dritten Schritt wurden bereits bestehende Maßnahmen zur Förderung des Radverkehrs auf nationaler und internationaler Ebene recherchiert und vor dem Hintergrund der bereits erzielten Forschungsergebnisse von RadAktiv hinsichtlich ihrer Eignung zur Aktivierung von Nicht-Radfahrenden bewertet. Es war geplant, auf dieser Basis gemeinsam mit Expert*innen in Workshops bestehende Maßnahmen weiterzuentwickeln und neue Ansätze zur Aktivierung von Nicht-Radfahrenden herauszuarbeiten. Aufgrund der im März 2020 beschlossenen Kontaktbeschränkungen im Zuge der Covid-19-Pandemie konnte allerdings nur der erste Workshop in Garmisch-Partenkirchen noch stattfinden. Das umfangreiche Material erlaubte es dennoch, Maßnahmen zur Aktivierung von Nicht-Radfahrenden zu entwickeln. Den Abschluss des Projekts bildet nun die Erstellung eines Handlungsleitfadens.

Ergebnisse und Projekterfolge

Sowohl die qualitativen Interviews als auch die Onlinebefragung lieferten überaus interessante Ergebnisse. Vergleicht man die Einstellungen von Radfahrenden und Nicht-Radfahrenden, so zeigen sich hier bei einigen relevanten Aspekten nicht die oft angenommenen Unterschiede. Die oft als größter Hinderungsfaktor genannte Angst vor Verletzungen (vgl. u. a. Aldred & Woodcock: 2015) und damit Sicherheitsbedenken konnte beispielsweise nicht bestätigt werden. Im Gegenteil gleichen sich aktive Radfahrende und Nicht-Radfahrende hinsichtlich der Risikoeinschätzung des Radfahrens. Zudem sind auch die Ansprüche an die Infrastruktur ähnlich.

Was die Radfahrenden und Nicht-Radfahrenden hingegen am stärksten unterscheidet, sind laut Regressionsmodell das Wetter und die Topographie sowie die körperliche Fitness der Befragten. Diese beiden Faktoren lassen sich allerdings kaum durch politische Maßnahmen beeinflussen. Allenfalls die Förderung von E-Bikes kann die Barrieren Topographie und Fitness reduzieren. Einen großen Einfluss haben darüber hinaus drei weitere Bereiche, die damit als zentrale Ansatzpunkte für potenzielle Maßnahmen in den Blick geraten: die Zweckmäßigkeit des Fahrrads als Verkehrsmittel, das soziale Umfeld und die Mobilitätssozialisation. Am stärksten differenziert dabei die Zweckmäßigkeit, vor allem die Eignung des Fahrrads für den Arbeitsweg oder Einkäufe und Besorgungen (vgl. Abb. 3). Dies ist besonders gravierend, da die Wahrnehmung des Fahrrads als echte Alternative zu anderen Verkehrsmitteln Grundvoraussetzung für einen Umstieg auf das Rad ist.

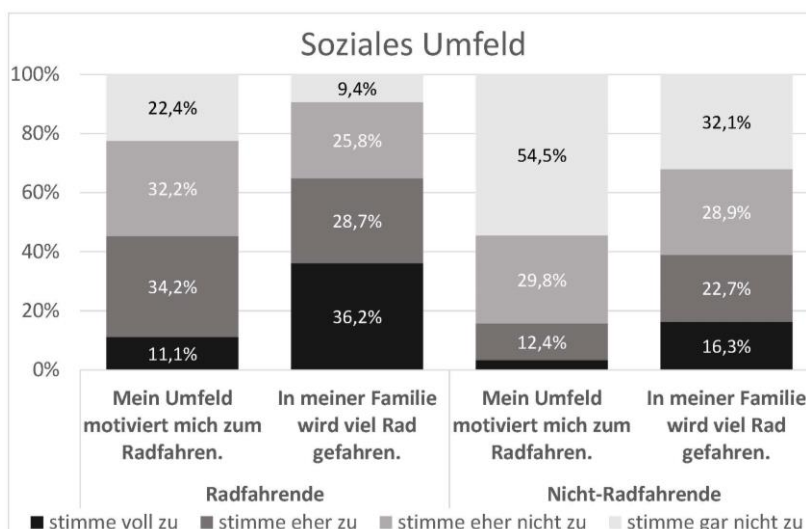
Abb. 3:
Radfahrende und Nicht-
Radfahrende im
Vergleich: Zweckmäßigkeit
des Fahrrads für
unterschiedliche Wege



Quelle: LMU, Johannes Mahne-Bieder.

Die beiden weiteren oben bereits genannten Faktoren, die einen großen Einfluss auf die Nicht-Radfahrenden aufweisen, sind die Mobilitätssozialisation und das soziale Umfeld der Proband*innen. Die Mobilitätssozialisation wird dabei durch die Mobilität der eigenen Eltern, die Verkehrserziehung in der Schule, Freunde etc. geprägt (Flade et al. 1997, Tully & Baier 2011). Bei beiden Einflussfaktoren treten massive Gruppenunterschiede auf. So kommen lediglich 39 % der befragten Nicht-Radfahrenden aus Familien, in denen viel geradelt wird. Bei den Radfahrenden sind es hingegen fast zwei Drittel der Proband*innen. Ein ähnliches Bild ergibt sich bei der extrinsischen Motivation durch das soziale Umfeld. Hier bewegen sich nur rund 16 % der Nicht-Radfahrenden in einem motivierenden Umfeld, während rund 44 % der Radfahrenden durch ihre Peergroups zum Radfahren motiviert werden (vgl. Abb. 4).

Abb. 4:
Einfluss des sozialen
Umfelds bei Rad-
fahrenden und Nicht-
Radfahrenden



Quelle: LMU, Johannes Mahne-Bieder.

Aus den soeben erläuterten Faktoren (Zweckmäßigkeit, Mobilitätssozialisation, soziales Umfeld) lässt sich die potentielle Aktivierbarkeit der befragten Nicht-Radfahrenden ableiten. Dabei werden folgende Items zu Grunde gelegt:

1. In meiner Familie wird viel Rad gefahren. (Mobilitätssozialisation)
2. Das Fahrrad eignet sich für Einkäufe und Besorgungen.
Das Fahrrad eignet sich für mich für den Weg zur Arbeit.
(Zweckmäßigkeit)
3. Mein Umfeld motiviert mich zum Radfahren. (soziales Umfeld)

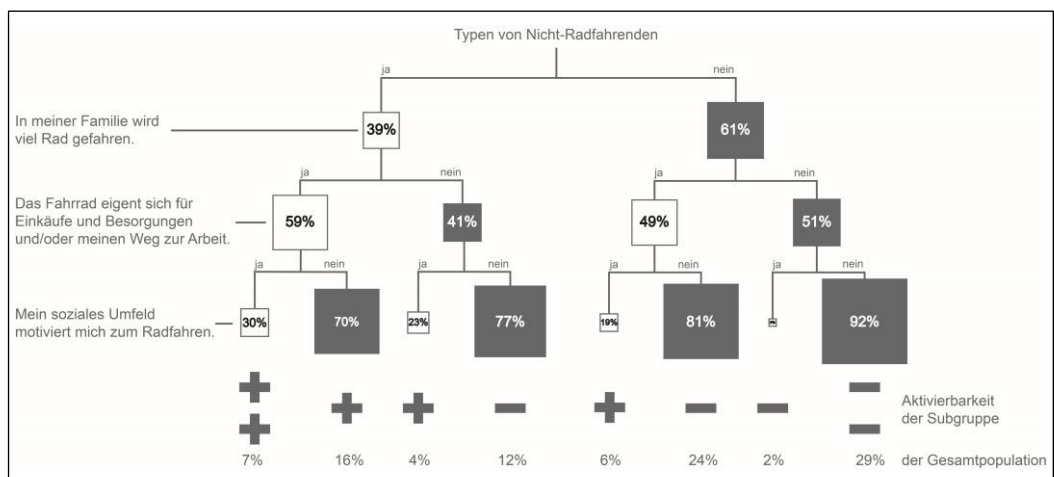
Die genannten Variablen werden dabei dichotom erfasst. Zudem wird die Zweckmäßigkeit des Fahrrads für Einkäufe und Besorgungen sowie für den Arbeitsweg gemeinsam erfasst, dabei wird die positive Beantwortung eines der beiden Items als ja (kein Hindernis) gewertet. Werden beide Items verneint, so dass die befragte Person das Fahrrad weder für Besorgungen noch für den Arbeitsweg für geeignet hält, wird die Zweckmäßigkeit insgesamt verneint (ein Hindernis).

Zusammen mit den Faktoren Mobilitätssozialisation und soziales Umfeld ergeben sich so insgesamt maximal drei Hindernisse für einen Probanden. Für das Modell ist die genaue Kombination der Faktoren dabei nicht ausschlaggebend, sondern die Anzahl der Hindernisse, die eine Person aufweist. Dabei sind vier Varianten möglich: keine Hindernisse, ein Hindernis, zwei Hindernisse und drei Hindernisse. Werden diese vier Möglichkeiten in eine Skala für die Wahrscheinlichkeit der Aktivierbarkeit übersetzt, ergibt sich folgende Abstufung:

1. sehr wahrscheinlich (kein Hindernis, ++)
2. wahrscheinlich (ein Hindernis, +)
3. unwahrscheinlich (zwei Hindernisse, -)
4. sehr unwahrscheinlich (drei Hindernisse, --)

Im Ergebnis zeigt sich, dass lediglich 7 % der Nicht-Radfahrende keine Hindernisse bei den drei betrachteten Variablen aufweisen und somit sehr wahrscheinlich aktiviert werden können. Bei weiteren 26 % ist eine Aktivierung immerhin wahrscheinlich. Die restlichen 67 % der Nicht-Radfahrenden weisen jedoch zwei oder sogar drei Hindernisse auf, so dass sie vermutlich kaum dazu motiviert werden können, das Fahrrad (wieder) zu nutzen (vgl. Abb. 5): Sie sind weder in einer fahrradaffinen Familie aufgewachsen, noch motiviert das soziale Umfeld zum Radfahren. Außerdem wird das Fahrrad nicht als vollwertiges Verkehrsmittel angesehen. Auch wenn der Anteil dieser wenig fahrradaffinen Gruppe sehr groß ist, so können doch ca. 13,7 Millionen Menschen in Deutschland als aktivierbar gelten! Bei der Entwicklung von Aktivierungsstrategien sollte der Fokus auf dieser Zielgruppe liegen, da sie am effektivsten mit Maßnahmen motiviert werden kann (vgl. Mahne-Bieder et al. 2020).

Abb. 5:
Wahrscheinlichkeit der
Aktivierbarkeit



Quelle: LMU, Johannes Mahne-Bieder.

Ausblick

Auf Grundlage der diskutierten Ergebnisse wurden gemeinsam mit Expert*innen und Betroffenen (Wiederaufsteiger*innen und interessierte Nicht-Radfahrende) Maßnahmen entwickelt. Dabei wurden auch bereits etablierten Maßnahmen, die selten von Nicht-Radfahrenden angenommen werden, berücksichtigt.

Als Beispiel sollen hier neben zahlreichen anderen Maßnahmen die weit verbreiteten „Radlnächte“ dienen. Diese sollen nicht nur aktiven Radfahrenden ein unbeschwertes Fahren in der Stadt ermöglichen, sondern eigentlich auch Nicht-Radfahrende ansprechen, um in einem geschützten Raum gemeinsam mit anderen Radfahrenden das Radfahren in der Stadt auszuprobieren und zu erfahren. Jedoch kommen Nicht-Radfahrende selten zu solchen Veranstaltungen. Hierfür existieren mehrerer Gründe:

1. 60 % der Nicht-Radfahrenden besitzen gar kein funktionsfähiges Fahrrad, sodass eine Teilnahme an „Radlnächten“ schlicht nicht möglich ist. Hier könnte durch Leihräder Abhilfe geschaffen werden. Hier wären u. a. Kooperationen mit lokalen Fahrradhändlern denkbar, die aktuelle (Spezial-) Fahrräder ausleihen und so auch neue Kund*innen gewinnen könnten.
2. Viele Nicht-Radfahrende fühlen sich von schnell fahrenden erfahrenen Radfahrenden bedroht und eingeschüchtert. Deshalb verzichten Sie trotz Interesse auf eine Teilnahme an einer „Radlnacht“. Dieser Barriere könnte mit speziellen Anfängergruppen, die von erfahrenen Radfahrenden begleitet werden, begegnet werden, umso tatsächlich einen geschützten Raum für Fahranfänger*innen und Wiederaufsteiger*innen zu schaffen.

Wie das Beispiel „Radlnacht“ zeigt, sind viele derzeit durchgeführte Maßnahmen durchaus auch für interessierte Nicht-Radfahrende gedacht, verfehlen aber zurzeit häufig noch diese Zielgruppe. Es ist jedoch mit kleineren Anpassungen durchaus möglich, sehr attraktive Maßnahmen zu generieren, die auch bei Nicht-Radfahrenden Anklang finden sollten. Weitere Hinweise hierzu werden im Handlungsleitfaden veröffentlicht werden.

Im Zuge des RadAktiv-Projekts war eine Umsetzung und Evaluation der erarbeiteten Maßnahmen nicht vorgesehen. Dennoch erscheint dies sinnvoll und es wäre wünschenswert, die Umsetzung der im Leitfaden dargestellten Maßnahmen wissenschaftlich zu begleiten, umso die Wirksamkeit objektiv zu beurteilen und gegebenenfalls die Maßnahmen anpassen zu können.

Literatur

- Aldred, R.; Woodcock, J. (2015): Reframing safety: An analysis of perceptions of cycle safety clothing. In: Transport Policy, 42.
- Flade, A., Limbourg, M. (1997): Das Hineinwachsen in die motorisierte Gesellschaft. <https://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-591/FladeLimb.pdf> (Abruf am 05.08.2020).
- Gärling, T., Axhausen, K. W. (2003): Introduction: Habitual travel choice. In: Transportation 30, 1-11.
- Holz-Rau, C., Scheiner, J. (2015): Mobilitätsbiografien und Mobilitätssozialisation: Neue Zugänge zu einem alten Thema. In: Scheiner, J, Holz-Rau, Christian (Hrsg.): Räumliche Mobilität und Lebenslauf. Studien zu Mobilitätsbiografien und Mobilitätssozialisation, Wiesbaden, 3-22.
- infas, DIW (Hg.) (2004): Mobilität in Deutschland 2002.
- infas, DLR (Hg.) (2010): Mobilität in Deutschland 2008.
- infas, DLR (Hg.) (2019): Mobilität in Deutschland 2017.
- LHM (2019): Mobilität in München 2017. <https://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Referat-fuer-Stadtplanung-und-Bauordnung/>

- Verkehrsplanung/Verkehrsmodell-
VisMuc.html (Abruf 05.8.2020).
- Mahne-Bieder, J., Popp, M., Rau, H.
(2020): Welche Barrieren und Hinder-
nisse haben Nicht-Radfahrende in
Deutschland? Eine vergleichende Be-
trachtung und Typisierung. In: Wilde, M.
et al. (Hg.): Mobilität, Erreichbarkeit,
Raum: (selbst-)kritische Perspektiven
aus Wissenschaft und Praxis, Wiesba-
den (= Studien zur Mobilitäts- und Ver-
kehrsforschung.
- Rau, H., Manton, R. (2016): Life events and
mobility milestones: Advances in mo-
bility biography theory and research. In:
Journal of Transport Geography, 52,
51–60.
- Tully, C. J., Baier, D. (2011). Mobilitätsso-
zialisation. In O. Schwedes (Hrsg.) Ver-
kehrspolitik. VS Verlag für Sozialwis-
senschaften, S. 195–211.

Empfehlungen für die Gestaltung von Fahrradstraßen

Maßnahmen zur Steigerung des Radverkehrs

Kurzfassung

Bisher sind in Deutschland die Ausführungen zum Infrastrukturelement Fahrradstraße in den Gesetzes- und Regelwerken sehr überschaubar, was die Folge hat, dass viele Kommunen bei ihrer Einrichtung ihr eigenes Design entwickeln. Ziel des dreijährigen Forschungsvorhabens „NRVP 2020 – Fahrradstraßen – Leitfaden für die Praxis“ – ein Kooperationsprojekt der Bergischen Universität Wuppertal und des Deutschen Instituts für Urbanistik – war es, Qualitäts- und Komfortmerkmale von Fahrradstraßen herauszuarbeiten, die das gewünschte Verhalten in Fahrradstraßen (z. B. das Nebeneinanderfahren) hervorrufen bzw. möglich machen.

Dazu wurden in zehn deutschen Kommunen Expert*inneninterviews durchgeführt sowie bundesweit 26 Fahrradstraßen mittels einer kameragestützten Verkehrsbeobachtung analysiert. Die Ergebnisse wurden in zwei Expert*innenworkshops kritisch diskutiert und werden anschließend in einem Leitfaden (Uni Wuppertal/Difu 2020) dargestellt. Dieser soll insbesondere Kommunen erläutern, welche Maßnahmen zu ergreifen sind, um die Einrichtung einer guten Fahrradstraße erfolgreich umzusetzen. Langfristig soll dadurch deutschlandweit eine einheitlichere Gestaltung von Fahrradstraßen erreicht werden.

Damit eine Fahrradstraße von allen Nutzengruppen akzeptiert wird, sollte sie auch bei niedrigen objektiven Sicherheitskennziffern

- nicht durchgehend für den Kfz-Verkehr befahrbar sein (kein Durchgangs-, Schleich- oder quartiersfremder Verkehr),
- an den Knotenpunkten übersichtlich gestaltet sein, gute Sichtbeziehungen haben, die Bevorrechtigung innerhalb der Straße einheitlich geregelt sein
- und einen Sicherheitstrennstreifen zum ruhenden Verkehr besitzen.
- Farbeinfärbungen können die subjektive Sicherheit noch weiter erhöhen.

Ausgangssituation, Projektidee und Zielsetzung

Die Nutzung des Fahrrads als Verkehrsmittel hängt in hohem Maße vom qualitativ hochwertigen und sicheren infrastrukturellen Angebot ab. Im Zuge des Ausbaus des Radverkehrsnetzes und des geplanten Baus von Radschnellwegen im innerstädtischen Bereich weisen viele Städte Fahrradstraßen gemäß StVO-Zeichen 244.1 aus. Laut StVO können Fahrradstraßen aus Gründen der Sicherheit oder Ordnung des Verkehrs (§ 45 Abs. 1, Satz 1) oder zur Umsetzung einer geordneten städtebaulichen Entwicklung (§ 45 Abs. 1b Nr. 5) angeordnet werden. Soweit sie nicht durch ein Zusatzzeichen freigegeben sind, sind andere Fahrzeuge außer Fahrräder und Elektrokleinstfahrzeuge auf

Fahrradstraßen verboten. In Fahrradstraßen gilt eine Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h, und der Kraftfahrzeugverkehr muss seine Geschwindigkeit gegebenenfalls weiter reduzieren, da der Radverkehr weder gefährdet noch behindert werden darf. Der charakteristischste Punkt von Fahrradstraßen ist jedoch, dass das Nebeneinanderfahren von Fahrrädern hier erlaubt ist.

Fahrradstraßen sind ein wichtiges Element von durchgängigen Netzen und können als bedeutender Teil von Radschnellverbindungen eingesetzt werden. Auf gebündelten Routen werden verbesserte Bedingungen für Radfahrende geschaffen, der Komfort, die Sicherheit und die Reisegeschwindigkeit werden erhöht.

Abb. 1:
Unterschiedliche
Gestaltung von
Fahrradstraßen in
Deutschland



Quelle: Tobias Klein.

Im Status quo gibt es unterschiedliche Ausgestaltungen des Elements Fahrradstraße. Je nach Beispiel sind die Bedingungen für Radfahrende sehr verschieden; dies wirkt sich auf die Attraktivität und somit auf die Radverkehrszahlen sowie auf die (gefühlte) Verkehrssicherheit aus. In einer Studie der Unfallforschung der Versicherer (UDV) wurden Fahrradstraßen hinsichtlich Unfallgeschehen und Verkehrsverhalten untersucht. Ergebnis dieser Studie waren Hinweise zur Verbesserung der Verkehrssicherheit. Dezierte Vorgaben für eine einheitliche und wiedererkennbare Ausgestaltung von Fahrradstraßen fehlten jedoch noch (GDV 2016). Zudem wurde bisher noch nicht explizit herausgearbeitet, welchen Mehrwert Fahrradstraßen gegenüber Straßen mit einer Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h haben bzw. welche Rahmenbedingungen es (zwingend) einzuhalten und umzusetzen gilt, um diesen Mehrwert zu generieren. Darüber hinaus gab es in Veranstaltungen der Fahrradakademie am Deutschen Institut für Urbanistik immer wieder die Rückmeldung, dass ein Leitfaden fehle, der zusammenträgt, welche Faktoren wichtig für die Gestaltung von Fahrradstraßen sind.

Ziel des Projektes war es, die Qualitäts- und Komfortmerkmale herauszuarbeiten, die das gewünschte Verhalten in Fahrradstraßen (z. B. das Nebeneinanderfahren) hervorrufen bzw. möglich machen, sowie den fachlichen Austausch, die Vernetzung von Planenden und die Aufklärung der Öffentlichkeit zum Thema zu befördern. Endprodukt ist die Veröffentlichung des Leitfadens (Uni Wuppertal/Difu 2020).

Projektverlauf

Neben der Analyse von Fachliteratur und der bestehenden Regelwerke wurden umfangreiche Erhebungen vor Ort durchgeführt. Als Herangehensweise wurde eine Mischung aus Expert*inneninterviews und kamera-gestützter Verkehrsbeobachtung gewählt.

Für die Expert*inneninterviews mit den kommunalen Radverkehrsplanenden wurden zehn Kommunen ausgesucht, die sich hinsichtlich Größe, Modal Split, räumlicher Lage und weiteren Faktoren unterscheiden. So wurden z. B. Göttingen wegen des Einsatzes von Fahrradstraßen im Rahmen des eRadschnellweges und Senftenberg aufgrund ihrer besonderen Gestaltung ausgewählt. Um Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurden die Interviews mit Hilfe eines standardisierten Leitfadens durchgeführt. Im Anschluss wur-

den möglichst alle Fahrradstraßen vor Ort befahren und dokumentiert. Lediglich in Essen und Bonn war dies nicht möglich, da beide Städte jeweils mehr als 50 Fahrradstraßen besitzen. Nach den Interviews und Erhebungen vor Ort wurden drei weitere Expert*inneninterviews mit Vertreter*innen aus der Planungspraxis per Telefon durchgeführt. Die untersuchten Kommunen wurden im Anschluss als Praxisbeispiele auf dem Fahrradportal (<https://nationaler-radverkehrsplan.de/de/praxis/praxisbeispiele>) vorgestellt.

Abb. 2:
Übersichtskarte der im
Projekt untersuchten
Kommunen



Quelle: Eigene Darstellung, Kartengrundlage NordNordWest, Lizenz: Creative Commons by-sa-3.0 de.

Im Rahmen der kameragestützten Verkehrsbeobachtung wurden bundesweit 26 Fahrradstraßen innerorts untersucht. Voraussetzung für die Streckenauswahl waren eine Mindestlänge von 500 m sowie das Vorhandensein von mindestens zwei Knotenpunkten im Zuge der Fahrradstraße. Soweit Unfalldaten verfügbar waren, wurden für alle Straßen im Untersuchungsgebiet auf der Grundlage von 1- und 3-Jahres-Karten eine vergleichende makro- bzw. eine mikroskopische Unfallanalyse durchgeführt. Grundlage war die Vorgehensweise aus dem Merkblatt zur Örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen (M Uko) der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV).

Die Verkehrsbeobachtung erfolgte an einem Arbeitstag außerhalb von Ferien oder Wochen mit Feiertagen, ohne Niederschlag sowie bei einer Min-

destemperatur von 15°C. Rahmenbedingungen für die Vorgehensweise waren die Empfehlungen für Verkehrserhebungen der FGSV. Betrachtet wurden der Netzübergang, ein Streckenabschnitt sowie mindestens ein Knotenpunkt. Zusätzlich wurde eine Befahrung mit Fahrrädern durchgeführt.

Die Tages-Verkehrsstärken wurden für alle Verkehrsmittel erhoben (Rad, Fuß, Kfz). Zusätzlich wurden für den Radverkehr orts- und fahrtrichtungsbezogene Knoten- und Querschnittszählungen durchgeführt (Seitenraum, Fahrbahn).

Gezählt wurden außerdem normale, kooperative, behindernde und kritische Interaktionen am Knoten, auf der Strecke und im Netzübergang in den Radverkehrsspitzen von 07:00–09:00 Uhr, 12:00–14:00 Uhr und 17:00–19:00 Uhr. Den Konflikten wurden dreistellige Interaktionstypen zugeordnet (äquivalent zu den dreistelligen Unfalltypen des M Uko). Im gleichen Zeitraum wurden auf den Streckenabschnitten die Fahrlinien, die Überholanzahl und -abstände sowie die Geschwindigkeiten gemessen.

Bei der Erhebung vor Ort wurden weitere Gestaltungsmerkmale wie die Beschilderung, die Sichtachsen, Fahrbahnbreiten und Bodenmarkierungen vermessen und protokolliert. Insgesamt wurden 75.500 Radfahrende, 49.500 Kfz sowie 34.900 Zu-Fuß-Gehende gezählt und 9.500 Interaktionen ausgewertet.

Die Ergebnisse der Erhebungen und deren Interpretation wurden in zwei Expert*innenworkshops kritisch diskutiert, bevor sie in den Leitfaden übernommen wurden.

Ergebnisse und Projekterfolge

Fahrradstraßen sind eine vergleichsweise sichere Führungsform für den Radverkehr in Deutschland. Dies gilt auch für sehr hohe Radverkehrsstärken. Die Unfallschwere liegt etwa auf dem Niveau von Nebenstraßen und insgesamt unterhalb des innerörtlichen Durchschnitts (GDV 2015, 2016). Die meisten Radfahrenden in Fahrradstraßen verunfallen an den Zwischenknotenpunkten durch Kraftfahrzeuge (Kfz), die unvorsichtig in die Straße einfahren. Auf der Strecke verunfallen die meisten Radfahrenden durch unachtsam geöffnete Autotüren („Dooring“).

Die GDV-Studie aus 2016 zu Fahrradstraßen hat mittels einer Verkehrsteilnehmendenbefragung herausgefunden, dass bezüglich der geltenden Regeln in Fahrradstraßen große Wissenslücken existieren – und zwar sowohl auf Seiten der motorisierten Verkehrsteilnehmer*innen wie auch auf Seiten der Radfahrenden. Insbesondere die Regeln, dass der MIV nur bei einem Zusatzschild in Fahrradstraßen erlaubt ist, dass Radfahrende nicht automatisch Vorfahrt haben und dass Radfahrende nebeneinander fahren dürfen, sind nur 25 bzw. 50 % der Verkehrsteilnehmenden bewusst. Auch die wichtige Regelung der generellen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h ist mehr als 40 % der Befragten unbekannt (GDV 2016). Diese Zahlen decken sich mit den Aussagen der Expert*innen, die im Rahmen der Erstellung des Leitfadens (Uni Wuppertal/Difu 2020) interviewt wurden.

Aktuelle Untersuchungen aus dem Bereich der subjektiven Sicherheit zeigen, dass das Fahren auf der Fahrbahn gemeinsam mit dem Kfz-Verkehr vor allem bei unsicheren Verkehrsteilnehmenden unbeliebt ist (Eltern mit Kindern, Senior*innen, Neulinge auf dem Rad) (FixMyCity 2020). Hintergrund ist, dass sich Radfahrende im vom Kfz-Verkehr dominierten Verkehrsraum an den Rand gedrängt und damit subjektiv unsicher fühlen. Auch

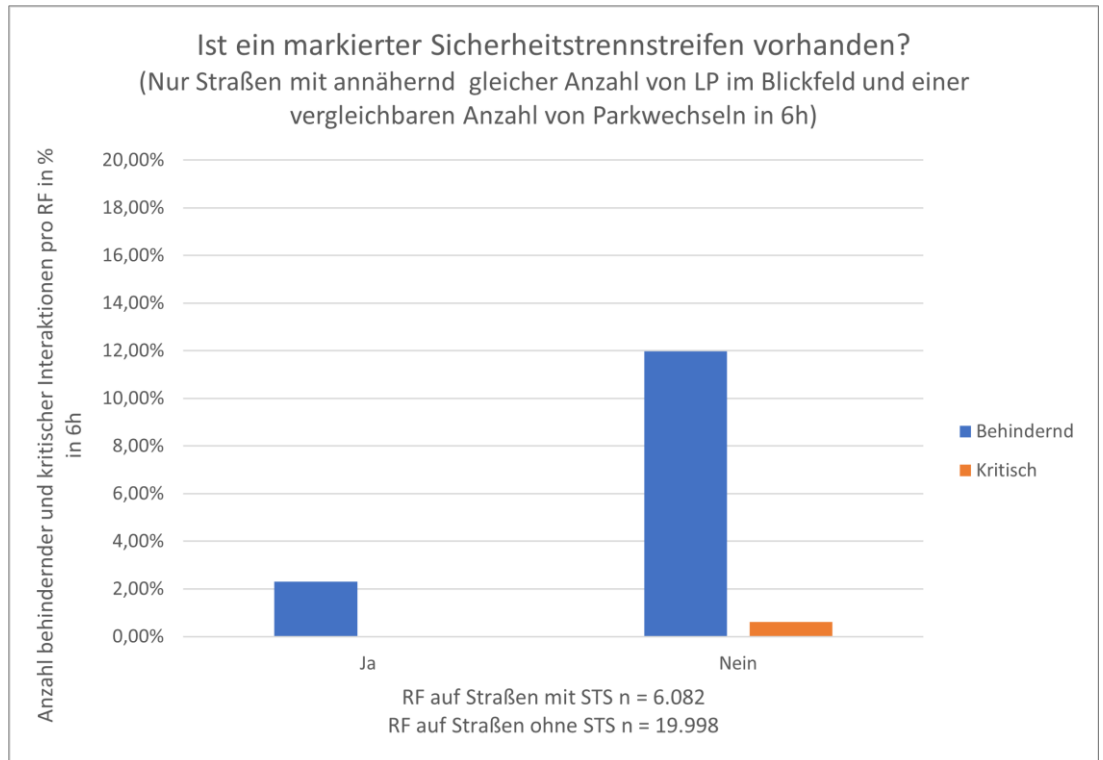
wenn objektive Sicherheitskennziffern häufig einen reibungslosen Verkehrsablauf dokumentieren, weichen Radfahrende auf Fußgängerflächen aus, so dass es dort zu neuen Konflikten und Gefahrenmomenten kommt. Damit die Fahrbahn als Verkehrsraum für den Radverkehr von der großen Mehrheit der Radfahrenden akzeptiert wird und auch die Kfz-Fahrenden defensiver fahren, muss der Radverkehr die Geschwindigkeiten und Verkehrsabläufe prägen.

Dies zeigen auch die Ergebnisse der durchgeführten Verkehrsbeobachtung. Als entscheidend für die Funktion der Fahrradstraße hat sich das Verhältnis zwischen Radverkehr und Kfz-Verkehr herausgestellt. Wenn mindestens ebenso viele Radfahrende wie Kfz über den gesamten Tagesverlauf auf der Straße unterwegs waren, so wurde auch bei hohen Kfz-Verkehrsstärken (> 400 Kfz/h) die Fahrbahn vom Radverkehr angenommen und die Zahl der Radfahrenden auf dem Gehweg ging zurück. Für andere Faktoren wie z.B. die reine Kfz-Verkehrsstärke oder Markierungen auf der Straße konnte kein Einfluss auf die Fahrbahnnutzung des Radverkehrs nachgewiesen werden.

Hinsichtlich der Gestaltung von Knotenpunkten, an denen die Fahrradstraße gegenüber den einmündenden Straßen bevorrechtigt geführt wird, hat sich die Ausbildung einer Gehwegüberfahrt als sicherste Variante herausgestellt. Hier konnten am wenigsten Konflikte zwischen einbiegendem und kreuzendem Kfz-Verkehr und dem Radverkehr auf der Fahrradstraße beobachtet werden. Auch bei anderen baulichen Maßnahmen, wie z.B. einer Anhebung der Fahrbahn, konnten weniger Konflikte beobachtet werden als bei einer reinen Beschilderung durch Zeichen 301 oder Zeichen 306. Bei der Untersuchung konnten keine Zusammenhänge zwischen Farbflächen (unabhängig von der Farbe) und der Zahl an behindernden und kritischen Interaktionen auf der Fahrradstraße festgestellt werden.

Auf Fahrradstraßen mit Sicherheitstrennstreifen mit einer Breite von 0,75 m zum ruhenden Verkehr war das Unfallgeschehen zwischen dem ruhenden Verkehr und dem Radverkehr auf der Fahrbahn geringer. Außerdem wurden weniger behindernde und kritische Interaktionen zwischen dem ruhenden Verkehr und dem Radverkehr beobachtet, was einem messbaren Anstieg des Fahrkomforts für den Radverkehr gleichkommt. Ein anderer Aspekt ist, dass Sicherheitstrennstreifen die Fahrradstraße von jedem Standpunkt aus als solche erkennbar machen. Bei der Anlage ist es wichtig, dass regelmäßige Fahrradpiktogramme auf der Fahrbahn markiert werden, da sonst eine Verwechslungsgefahr mit dem Infrastrukturelement Schutzstreifen besteht und Radfahrende im Dooring-Bereich fahren. Der Sicherheitstrennstreifen kann ggf. auf ein Mindestmaß von 0,50 m reduziert werden, wenn die verfügbaren Breiten für Regellaße nicht ausreichen, gute Sichtbeziehungen vorhanden sind und nur wenige Parkwechselforgänge beim Anwohnerparken zu erwarten sind.

Abb. 3:
Anzahl behindernder
und kritischer
Interaktionen zwischen
dem ruhenden Verkehr
und dem Radverkehr



Anzahl behindernder und kritischer Interaktionen zwischen dem ruhenden Verkehr und dem Radverkehr auf den untersuchten Fahrradstraßen mit und ohne Sicherheitstrennstreifen mit annähernd gleicher Zahl von Längsparkständen im Blickfeld und einer vergleichbaren Anzahl von Parkwechselln (RF=Radfahrende; LP=Längsparker; STS=Sicherheitstrennstreifen).

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Verkehrsbeobachtung und die Expert*inneninterviews haben gezeigt, dass Fahrradstraßen für den Radverkehr angenehm befahrbare Fahrbahnbreiten besitzen sollten. Maßgeblich ist dabei der Begegnungsfall Rad + Kfz. Hierfür ist im Regelfall eine Breite von 4,00 m notwendig. Sind Parkstände vorhanden, sollten immer die notwendigen Sicherheitsräume angelegt werden. Bei geringen Verkehrsstärken sind auch schmalere Fahrgassen möglich. Als Fahrgasse ist hier der Raum zwischen den Sicherheitstrennstreifen gemeint. In den untersuchten Fahrradstraßen konnte zum Beispiel bei einer Fahrgassenbreite von 3,50 m und 100 Kfz pro Stunde sowie 100 Radfahrenden pro Stunde ein noch reibungsloser Verkehrsablauf dokumentiert werden. Bei hohen Verkehrsstärken (1.000 Rad/h und 200 Kfz/h) konnte bei einer Fahrgassenbreite von 3,00 m zwar immer noch ein fließender Verkehrsablauf beobachtet werden, allerdings war eine Verlagerung der mittleren Fahrlinie des Radverkehrs in den Dooring-Bereich trotz Sicherheitstrennstreifen messbar.

Ist ein Knoten im Zuge der Fahrradstraße durch eine Lichtsignalanlage geregelt, dann sollten großzügig dimensionierte Aufstellbereiche mit hinführenden Schutzstreifen in ausreichender Länge markiert werden. In der Untersuchung zeigte sich, dass dann, wenn der Schutzstreifen von Kraftfahrzeugen überstaut wurde, zahlreiche Radfahrende auf den Gehweg und in den Gegenverkehr auswichen.

In zwei Untersuchungsfällen mit mehr als 7.000 Radfahrenden pro Tag auf der Fahrradstraße konnten Probleme mit der Wartepflicht der Fahrradstraße an Netzübergängen mit der Beschilderung durch Zeichen 205 oder 206 beobachtet werden. Bei Planungen mit diesen Radverkehrsstärken sollte

über eine Lichtsignalregelung, einen Kreisverkehr oder eine Bevorrechtigung der Fahrradstraße nachgedacht werden.

Auf Basis der Ergebnisse der bisherigen Untersuchung lassen sich die folgenden Empfehlungen für eine sichere Gestaltung ableiten. Fahrradstraßen sollten

- nicht durchgehend für den Kfz-Verkehr befahrbar sein (kein Durchgangs-, Schleich- oder quartiersfremder Verkehr),
- an den Knotenpunkten übersichtlich gestaltet sein, gute Sichtbeziehungen haben, die Bevorrechtigung innerhalb der Straße einheitlich geregelt sein
- und einen Sicherheitstrennstreifen zum ruhenden Verkehr besitzen.
- Farbeinfärbungen können die subjektive Sicherheit noch weiter erhöhen.

Ausblick

Fahrradstraßen sind ein wichtiges Element im Baukasten der Radverkehrsplanung. Sie können den Radverkehr bündeln, beschleunigen und komfortabel machen – und das alles bei einer sehr hohen Verkehrssicherheit. Dabei reicht es bei weitem nicht aus, lediglich das Fahrradstraßen-Schild VZ 244.1 aufzustellen. Diese „Infrastruktur-Maßnahme“ ist zwar sehr kostengünstig, erzielt in der Praxis allerdings meist keinen Mehrwert für die Radverkehrsförderung.

Das Vorhaben liefert einen weiteren Baustein für eine fahrradfreundliche und sichere Gestaltung des Verkehrsraumes. Hinsichtlich des zukünftigen Forschungsbedarfes zeigte sich, dass Fahrradstraßen mit hohen Radverkehrsstärken Querungsvorgänge für den Fußverkehr erschweren. Dies wurde besonders in Wohngebieten deutlich. In der Untersuchung konnten vermehrt behindernde und kritische Interaktionen zwischen Radfahrenden und dem Fußverkehr beobachtet werden. In den Unfallzahlen spiegelte sich dieses Verhältnis nicht wider. Die Trennwirkung von hochbelasteten Radverkehrsanlagen sollte hinsichtlich der Notwendigkeit zur Einrichtung von Querungsanlagen für den Fußverkehr weiter untersucht werden.

Im Projekt konnte außerdem keine bundesweit einheitliche Kfz-Verkehrsstärke identifiziert werden, ab welcher Radfahrende den Mischverkehr als Führungsform akzeptieren. Es liegt die Vermutung nahe, dass individuelle soziokulturelle Einstellungen der Radfahrenden hier maßgeblich sind. In diesem Kontext kam auch die Frage auf, ob der von der Verordnungsgeberin festgelegte Mindestüberholabstand zwischen Kfz und Rad von 1,50 m innerorts auch für T 30-Straßen angemessen ist. Möglicherweise bewirken geringere Überholabstände (z. B. 1,00 m) ein vergleichbares subjektives Sicherheitsgefühl bei den Radfahrenden im Mischverkehr. Hierzu besteht ebenfalls, ganz unabhängig von Fahrradstraßen, weiterer Forschungsbedarf.

Der im Projekt erstellte Leitfaden soll Planenden, der Politik und der interessierten Öffentlichkeit einen Überblick geben, welche Maßnahmen bei der Einrichtung einer (guten) Fahrradstraße ergriffen werden müssen. Langfristig soll dadurch eine einheitlichere Gestaltung von Fahrradstraßen erreicht werden, die zu einer besseren Erkennbarkeit für alle Verkehrsteilnehmenden führt. So kann eine Verbesserung der Verkehrsverhältnisse und der Verkehrssicherheit für den Radverkehr in Deutschland erreicht werden.

Literatur

- FixMyCity (2020): Subjektive Sicherheit von Radinfrastruktur, Vortrag auf einem Online-Seminar des Difu, 30.09.2020. Bergische Universität Wuppertal und Deutsches Institut für Urbanistik (Hrsg.), Jürgen Gerlach (Projektleitung), Simon Hummel und Tobias Klein (Bearb.) (2020): Fahrradstraßen – Leitfaden für die Praxis, Wuppertal (im Erscheinen).
- UDV – Unfallforschung der Versicherer (2015): Einfluss von Radverkehrsaufkommen und Radverkehrsinfrastruktur auf das Unfallgeschehen, Berlin.
- UDV – Unfallforschung der Versicherer (2016): Fahrradstraßen und geöffnete Einbahnstraßen, Berlin.

Verzeichnis der Autorinnen und Autoren

Tom Assmann

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Institut für Logistik und Materialflusstechnik
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Kontakt: tom.assmann@ovgu.de,
Tel.: +49 391 4090 588

Prof. Dr.-Ing. Volker Blees

Hochschule RheinMain, Fachgruppe Mobilitätsmanagement am Fachbereich Architektur und Bauingenieurwesen, Wiesbaden
Kontakt: volker.blees@hs-rm.de,
Tel.: +49 611 94951443

Sebastian Bobeth

International Psychoanalytic University
Berlin, Erich Fromm Study Center
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Kontakt: sebastian.bobeth@ipu-berlin.de,
Tel.: +49 30 300 117-500

Prof. Dr.-Ing. Fritz Busch

Technische Universität München
Lehrstuhl für Verkehrstechnik
Emeritus of Excellence
Kontakt: fritz.busch@tum.de

Angela Francke

Technische Universität Dresden
Professur für Verkehrspsychologie
Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Kontakt: angela.francke@tu-dresden.de

Georgios Grigoropoulos

Technische Universität München
Lehrstuhl für Verkehrstechnik
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Kontakt: george.grigoropoulos@tum.de,
Tel.: +49 89 289 28584

Michael Hardinghaus

DLR – Institut für Verkehrsforschung, Berlin
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Kontakt: Michael.Hardinghaus@dlr.de,
Tel.: +49 30 670557970

Seyed Abdollah Hosseini

Technische Universität München
Lehrstuhl für Verkehrstechnik
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Kontakt: abdollah.hosseini@tum.de,
Tel.: +49 89 289 23825

Simon Hummel

Bergische Universität Wuppertal, Lehr- und Forschungsgebiet Straßenverkehrsplanung und -technik, Wuppertal
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Kontakt: simon.knappe@uni-wuppertal.de, Tel.: +49 202 439 4391

Dr.-Ing. Heather Kaths

Technische Universität München
Lehrstuhl für Verkehrstechnik
Forschungsgruppenleiterin
Kontakt: heather.kaths@tum.de,
Tel.: +49 89 289 22436

Dr. Andreas Keler

Technische Universität München
Lehrstuhl für Verkehrstechnik
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Kontakt: andreas.keler@tum.de,
Tel.: +49 89 289 22468

Tobias Klein

Deutsches Institut für Urbanistik, Berlin
Forschungsbereich Mobilität
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Kontakt: klein@difu.de,
Tel.: +49 30 39001 175

Klaus Krämer

Landeshauptstadt München
Mobilitätsreferat
Unterabteilungsleiter
Kontakt: klaus.kraemer@muenchen.de
Tel.: +49 89 233 39940

Sven Lißner

Technische Universität Dresden
Professur für Verkehrsökologie
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Kontakt: sven.lissner@tu-dresden.de

Dr. Johannes Mahne-Bieder

Ludwig-Maximilians-Universität München
Department für Geographie
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Kontakt: j.mahnebieder@lmu.de,
Tel.: +49 89 2180 4181

Dr. Monika Popp

Ludwig-Maximilians-Universität München
Department für Geographie
Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Kontakt: monika.popp@lmu.de,
Tel.: +49 89 2180 4183

Prof. Dr. Henrike Rau

Ludwig-Maximilians-Universität München,
Department für Geographie
Kontakt: henrike.rau@lmu.de,
Tel.: +49 89 2180 4179



Gute und sichere Radverkehrsinfrastruktur ist eine der zentralen Voraussetzungen einer erfolgreichen Radverkehrsförderung. Denn nur wenn die Infrastruktur ein komfortables Vorankommen mit dem Rad ermöglicht, werden Menschen dieses auch als Alternative zum privaten Pkw annehmen. Für die erfolgreiche Umsetzung stehen den kommunalen Radverkehrsplanenden eine Vielzahl von Instrumenten zur Verfügung, die jedoch laufend überprüft, kritisch hinterfragt und dem neuesten Stand der Technik angepasst werden müssen.

Dieser Sammelband stellt Forschungsprojekte vor, die in den letzten drei Jahren im Rahmen des Nationalen Radverkehrsplan (NRVP) der Bundesregierung gefördert wurden und ihren Fokus auf das Thema Radverkehrsinfrastruktur richteten. Dabei werden sowohl Forschungsergebnisse vorgestellt als auch Hinweise gegeben, welche Themen in Zukunft fokussiert betrachtet werden sollten.