

**Universität zu Köln  
Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät  
Geographisches Institut**

Masterarbeit  
Erstgutachterin: Prof. Dr. Frauke Kraas  
Zweitgutachter: Dr. rer. nat. Boris Dresen

## **Fahrradfreundlichkeit in Gewerbegebieten: Fallbeispiele aus dem Ruhrgebiet**

Vorgelegt von:  
Bette, Thomas BSc Geographie  
Mat.-Nr.: 7320024

**Köln, den 3. Dezember 2021**

## **Inhaltsverzeichnis**

Abbildungsverzeichnis .....	iii
Tabellenverzeichnis .....	iv
Abkürzungsverzeichnis .....	v
1. Einleitung.....	
2. Theoretisch-konzeptioneller Rahmen.....	3
2.1 Umweltbezogene und gesundheitliche Aspekte des Fahrradfahrens.....	3
2.2 Studien über Fahrradfreundlichkeit.....	5
2.3 Einflussfaktoren der Fahrradnutzung.....	9
2.4 Definitionen von Fahrradfreundlichkeit in der Literatur.....	11
2.5 Infrastrukturelle Bedingungen für einen höheren Radverkehrsanteil.....	11
3. Methodische Vorgehensweise .....	15
3.1 Auswahl der Untersuchungsgebiete .....	16
3.2 Wahl der Messmethode.....	18
3.3 Erstellung des Indexes .....	18
3.3.1 Auswahl der Indikatoren nach GENOSKO (2005) .....	19
3.3.2 Zusammensetzung der Indikatoren .....	26
3.4 Bewertungsmodelle der ausgewählten Indikatoren.....	27
4. Ergebnisse.....	41
4.1 Ergebnis der Vorort-Erhebungen.....	42
4.2 Ergebnisse der GIS-Analysen .....	54
4.3 Gesamtergebnis .....	59
5. Diskussion .....	61
6. Fazit und Ausblick.....	70
Literaturverzeichnis.....	
Eigenständigkeitserklärung .....	

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Faktoren, die die Fahrradnutzung beeinflussen.....	9
Abbildung 2: Lage der Untersuchungsgebiete .....	16
Abbildung 3: Beispiele für eine Fahrradstraße und Protected Bike Lane.....	28
Abbildung 4: Beispiele für Mischverkehr auf einer einspurigen und einer zweispurigen Straße .....	28
Abbildung 5: Beispiele für separate Radwege, die eigenständig oder durch eine physische Barriere getrennt von der Kfz-Fahrbahn verlaufen .....	29
Abbildung 6: Beispiele für Radwege, die unmittelbar an der Kfz-Fahrbahn liegen.....	30
Abbildung 7: Schutzstreifen (und Radfahrstreifen .....	30
Abbildung 8: Ungefärbter und gefärbter Radweg .....	31
Abbildung 9: Beispiele für Oberflächenzustände.....	34
Abbildung 10: Beispiele für einen sehr schlechten Zustand durch Risse oder Löcher .....	35
Abbildung 11: Parkstreifen und Parken mit Dooring-Streifen.....	37
Abbildung 12: Große Grünflächen und kleine Grünflächen .....	38
Abbildung 13: Begleitgrün und einzelne straßenbegleitende Bäume.....	38
Abbildung 14: Fahrradfreundlichkeit der Vorort erhobenen Indikatoren.....	42
Abbildung 15: Fahrradfreundlichkeit des Radverkehrsanlagentyps in den Untersuchungsgebieten .....	43
Abbildung 16: Fahrradfreundlichkeit der Radweg- und Fahrbahnbreite in den Untersuchungsgebieten .....	44
Abbildung 17: Fahrradfreundlichkeit des Oberflächenzustandes in den Untersuchungsgebieten .....	45
Abbildung 18: Fahrradfreundlichkeit der Geschwindigkeit in den Untersuchungsgebiete .....	46
Abbildung 19: Fahrradfreundlichkeit der Beleuchtung in den Untersuchungsgebieten .....	48
Abbildung 20: Fahrradfreundlichkeit des Indikators Kfz-Parken in den Untersuchungsgebieten.....	49
Abbildung 21: Fahrradfreundlichkeit der Grün- und Wasserflächeninfrastruktur in den Untersuchungsgebieten .....	50
Abbildung 22: Radwegetypen in den Untersuchungsgebieten .....	52
Abbildung 23: Färbung der Radverkehrsanlagen .....	53
Abbildung 24: Fahrradfreundlichkeit der Straßendichte in den Untersuchungsgebieten .....	54
Abbildung 25: Untersuchte ÖPNV-Haltestellen in den Untersuchungsgebieten .....	55
Abbildung 26: Topografie der Untersuchungsgebiete.....	57
Abbildung 27: Vorhandensein eines Radschnellweges in den Untersuchungsgebieten .....	58

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Typen von Studien zur Fahrradfreundlichkeit .....	5
Tabelle 2: Typologisierung nach GELLER (2006) und Verteilung der Typen nach DILL & MCNEIL (2016) .....	13
Tabelle 3: Merkmale & Typisierung der untersuchten Gewerbegebiete (nach UMSICHT 2020) .....	17
Tabelle 4: Indikatoren nach ihrer Zielkonformität.....	20
Tabelle 5: Überprüfung der Indikatoren nach GENOSKO (2005).....	25
Tabelle 6: Übersicht der ausgewählten Indikatoren.....	26
Tabelle 7: Bewertung der Radwegtypen auf Kfz-Fahrbahnen .....	31
Tabelle 8: Bewertung der Typen von baulich getrennten Radwegen.....	32
Tabelle 9: Bewertung zur Breite der baulich getrennten Radwege .....	33
Tabelle 10: Bewertung der Fahrbahnbreite .....	33
Tabelle 11: Bewertung der Breite von gemeinsamen Geh- und Radwegen .....	33
Tabelle 12: Bewertungsskala der Fahrbahnoberfläche .....	35
Tabelle 13: Bewertung der Geschwindigkeitsbegrenzung .....	36
Tabelle 14: Bewertung der Straßenbeleuchtung .....	36
Tabelle 15: Bewertung des Indikators Parken.....	37
Tabelle 16: Bewertungsskala für die Grün- und Wasserflächen .....	38
Tabelle 17: Bewertung der Konnektivität nach WINTERS et al. (2013) .....	39
Tabelle 18: Bewertung des Indikators Intermodalität.....	40
Tabelle 19: Bewertung des Indikators Radschnellweg .....	40
Tabelle 20: Bewertung der Topografie .....	41
Tabelle 21: Score Art der Radverkehrsanlagen.....	44
Tabelle 22: Score Breite der Radverkehrsanlagen.....	45
Tabelle 23: Score Oberflächenzustand.....	46
Tabelle 24: Score Kfz-Geschwindigkeit.....	47
Tabelle 25: Score Straßenbeleuchtung.....	48
Tabelle 26: Score Kfz-Parken .....	50
Tabelle 27: Score Grün- und Wasserflächen .....	51
Tabelle 28: Anteil der Grünflächentypen in den Untersuchungsgebieten .....	51
Tabelle 29: Anteil der Färbung der Radverkehrsanlagen .....	53
Tabelle 30: Fahrradfreundlichkeit der Intermodalität .....	56
Tabelle 31: Übersicht der Score in den Untersuchungsgebieten.....	60

## Abkürzungsverzeichnis

ADFC	Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMVIT	Bundeministerium für Verkehr, Innovation & Technologie (Österreich)
BLOS	Bicycle level of service (Messinstrument zur Fahrradfreundlichkeit)
DB	Deutsche Bahn
DVR	Deutscher Verkehrssicherheitsrat
DStGB	Deutscher Städte- & Gemeindebund
ERA	Empfehlungen für Radverkehrsanlagen
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
GIS	Geographische Informationssysteme
Kfz	Kraftfahrzeug
Lkw	Lastkraftwagen
MIV	Motorisierter Individualverkehr
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
Pkw	Personenkraftwagen

---

SPNV	Schiienenpersonennahverkehr
STOAG	Stadtwerke Oberhausen
UBA	Umweltbundesamt
VRR	Verkehrsverbund Rhein-Ruhr
WHO	World Health Organization (Weltgesundheitsorganisation)

## 1. Einleitung

Gewerbegebiete und Fahrradfreundlichkeit? Gemeinhin werden Gewerbegebiete nicht unbedingt mit einer Fahrradfreundlichkeit assoziiert. So sind die Infrastrukturen in den Gewerbegebieten häufig für den Auto- und Schwerlastverkehr ausgelegt und das Fahrrad spielt nur eine untergeordnete Rolle (REGIONALVERBAND FRANKFURTRHEINMAIN 2019: 8). Durch eine zunehmende Umweltbelastung wird die Dringlichkeit einer Verkehrswende immer wieder debattiert. Dabei kann der Radverkehr einen wichtigen Beitrag leisten, gesundheits- und umweltschädliche Emissionen zu verringern und einen Wechsel von einer auto- zu einer menschengerechten Stadt zu schaffen (GEHL 2015: 126). Doch gerade einmal 9% der Pendelnden nutzen in Deutschland das Fahrrad zur Arbeit. Studien ergeben, dass Autofahrende sich einen Umstieg auf das Fahrrad nicht vorstellen können (SINUS MARKT- & SOZIALFORSCHUNG 2019). Bis zum Jahr 2030 möchte die Bundesrepublik Deutschland laut dem 2021 veröffentlichten Nationalen Radverkehrsplan 3.0 die jährliche Anzahl an zurückgelegten Kilometer pro Fahrrad verdoppeln und den Anteil des Radverkehrs am Gesamtverkehr erhöhen (BMVI 2021: 17). Aber wie gelingt es diese Ziele zu erreichen und Menschen vom Auto auf das Fahrrad zu bewegen?

„Die wahrgenommene Realität entscheidet unser Verhalten. Sie ist individuell verschieden. Der Mensch muss mit seinen Gefühlen, Empfindungen und Bedürfnissen im Mittelpunkt stehen.“ (GRAF 2016: 43)

Mit diesen Beobachtungen möchte der Radverkehrsplaner THIEMO GRAF sich der Antwort dieser Frage nähern. Wie auch SCHWEDES et al. (2021) stellt dieser heraus, dass vor allem das subjektive Sicherheitsempfinden der potenziellen Radfahrenden gestärkt werden muss, damit mehr Menschen das Fahrrad als Verkehrsmittel nutzen. Es zählt dabei nicht, wie objektiv sicher das Fahrradfahren ist, sondern wie sicher Menschen sich auf dem Fahrrad fühlen. Der Radverkehrsplaner ROGER GELLER (2009) aus Portland (USA) teilt die Radfahrenden dabei in vier unterschiedlichen Typen auf. Jede\*r zweite Verkehrsteilnehmende ist interessiert häufiger mit dem Fahrrad zu fahren, fühlt sich auf den Radwegen allerdings so unsicher, dass das Fahrrad nicht genutzt wird. Diese Gruppe wird als *Interessierte* bezeichnet. Das Umsteigepotenzial zum Fahrrad ist bei einer Verbesserung der Radinfrastruktur besonders hoch (DILL & MCNEIL 2016).

Mit diesem Wissen soll für diese Arbeit ein Index erstellt werden, der Fahrradfreundlichkeit daran bemisst, wie einladend diese auf Radfahrende wirkt. Es gibt in der Forschung mehrere Studien die Fahrradfreundlichkeit nach unterschiedlichen Merkmalen untersuchen (KRENN et al. 2015, LOWRY et al. 2012, SCHMID-QUERG et al. 2021, WINTERS et al. 2013).

---

Nicht betrachtet wurden dabei spezifische Räume in Städten, so gibt es keine Studien über Fahrradfreundlichkeit in Gewerbegebieten.

Ziel dieser Arbeit ist es, herauszustellen, wie fahrradfreundlich Gewerbegebiete in Deutschland sind. Außerdem soll dargestellt werden, wie eine Infrastruktur gebaut sein muss, damit Menschen vom Auto auf das Fahrrad umsteigen. Untersuchungsobjekte sind dabei vier Gewerbegebiete in Oberhausen, Mülheim an der Ruhr und Essen. Daraus leiten sich die Forschungsfragen ab:

- 1) Wie wird eine einladende Fahrradfreundlichkeit definiert und was für eine Infrastruktur muss vorliegen, damit Menschen vom Auto auf das Fahrrad umsteigen?
- 2) Ist eine einladende Infrastruktur in den Gewerbegebieten vorhanden?

Diese Arbeit entsteht in Zusammenarbeit mit dem vom BMBF geförderten Projekt *InvitinG* des Fraunhofer-Institutes für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT) in Oberhausen. Ziel dieses dreijährigen Projektes ist es, Anreizstrategien zur Förderung der emissionsarmen Mobilität in urbanen Gewerbegebieten zu ermitteln.

In Kapitel 2 werden die Grundlagen für eine empirische Untersuchung des Themas geschaffen. Aus Studien wird eine Definition von Fahrradfreundlichkeit abgeleitet, die sich besonders daran orientiert, dass sie einladend wirken soll, damit Menschen vom Auto auf das Fahrrad umsteigen. Im nächsten Kapitel folgt die methodische Vorgehensweise, wo die Untersuchungsgebiete, die Messmethoden und die Indikatoren vorgestellt werden, die für diese Arbeit ausgewählt wurden. In Kapitel 4 werden die Ergebnisse anhand von Karten und Tabellen vorgestellt. An diesem Kapitel schließt sich eine Diskussion an, die die Ergebnisse der Arbeit bewertet und sie in Bezug zu den Anforderungen einer einladenden Infrastruktur stellt. Kapitel 6 fasst die Ergebnisse und die Schlüsse dieser Arbeit als Fazit zusammen.



## 2. Theoretisch-konzeptioneller Rahmen

Im folgenden Kapitel soll der theoretisch-konzeptionelle Rahmen dieser Arbeit vorgestellt werden. Zunächst folgt eine Einführung in die Relevanz des Fahrradfahrens. Es werden Studien und die unterschiedlichen Forschungsmethoden beschrieben, die sich mit dem Thema Fahrradfreundlichkeit befassen. Aus dieser Literatur wird eine Definition für Fahrradfreundlichkeit gewählt und die Faktoren herausgestellt, die die Entscheidung Fahrrad zu fahren beeinflussen können. Dabei sollen Indikatoren ausgewählt werden, die in Studien als besonders relevant für Fahrradfreundlichkeit gelten und der gewählten Definition entsprechen. Diese Indikatoren schaffen die Grundlage das Thema empirisch zu untersuchen.

### 2.1 Umweltbezogene und gesundheitliche Aspekte des Fahrradfahrens

Fahrradfahren ist eine physische Aktivität, die als gesundheitsfördernd gilt. Regelmäßiges Fahrradfahren erhöht die Lebenszeit (DE HARTOG et al. 2010: 1115). Durch gesundheitsschädliche Emissionen gehen im Jahr 2016 laut Weltgesundheitsorganisation (WHO) 4,2 Millionen Todesfälle auf Luftverschmutzung zurück (WHO 2018: 1). Zu den gesundheitsschädlichen Emissionen gehören Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>), Kohlenmonoxid (CO) und flüchtige organische Verbindungen wie Feinstaub (FRANK et al. 2005, UBA 2021: 6-7). Mehrere Studien ergaben Zusammenhänge zwischen kardiovaskulärer Mortalität, Stickstoffdioxidkonzentration und Feinstaub (AL KINDI et al. 2020: 664-665, WARBURTON et al. 2019: 14). Laut einer Publikation des Umweltbundesamtes (UBA) lag der jährlich gemessene Mittelwert von Feinstaub im Jahr 2020 bei ca. 15 µg/m<sup>3</sup>, dabei wurden an 13% der Messstationen in Deutschland der empfohlene Mittelwert von 10 µg/m<sup>3</sup> überschritten (UBA 2021: 10).

Stickstoffdioxide und Feinstaub erhöhen die Wahrscheinlichkeit von Asthma bei Kindern, insofern die von der WHO festgelegten Grenzwerte überschritten werden. Eine hohe Luftqualität beugt Krankheiten wie Asthma vor (NAIDOO 2019: 155, KHREIS et al. 2019: 16-17). Die Wahrscheinlichkeiten von Schlaganfällen und Lungenkrebs erhöhen sich durch das regelmäßige Einatmen von Luftschadstoffen. Das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen kann durch physische Aktivitäten wie Fahrradfahren um bis zu 50% reduziert werden und Krankheiten wie Diabetes vorbeugen (REINER et al. 2013: 6-7, WHO 2018: 3).

Kraftfahrzeuge (Kfz) setzen umweltschädliche Emissionen wie Kohlenstoffdioxide (CO<sub>2</sub>) frei, die einer der treibenden Kräfte des Klimawandels sind (FELDMAN et al. 2015: 339). Um die CO<sub>2</sub>-Konzentration und die Umweltbelastung durch Schadstoffe zu verringern, sind Verkehrsmittel der nachhaltigen Mobilität relevante Bausteine. Ein geeignetes

Verkehrsmittel ist dabei das Fahrrad. In städtischen Räumen ist das Fahrrad auf Strecken von bis zu vier Kilometern häufig das schnellste Verkehrsmittel (BMVI 2021: 11). In Städten können 14% der Treibhausgase und Schadstoffe reduziert werden, wenn der Anteil des Radverkehrs am Modal-Split um 10% zunehmen würde (ebd.: 12-13). Über 50% aller Wege betragen nicht mehr als fünf Kilometer und 75% aller Wege liegen unter zehn Kilometern (SCHWEDES et al. 2021: 9). Die durchschnittliche Arbeitsweg in Deutschland beträgt 16,9 Kilometer, sodass das Fahrrad das Potenzial hat, Wegstrecken mit dem Pkw ersetzen zu können (NOBIS & KUHNIMHOF 2018: 62).

Fahrradfahren ist eine finanziell günstige Alternative zum Autofahren (HEINEN et al. 2010: 59). Autofahren kostet der Volkswirtschaft pro Kilometer circa 30 Cent mehr als Fahrradfahren (GÖSSLING et al. 2019: 71-72).

Durch gezielte Infrastrukturmaßnahmen soll der Radverkehrsanteil in Deutschland erhöht werden. Eine Strategie bietet der Nationaler Radverkehrsplan 3.0 des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (Kurzform: BMVI), in der die Pläne der Radverkehrsplanung von Kommunen genannt werden. Bis 2030 sollen Radverkehrsinfrastrukturen gebaut und ausgebaut werden (BMVI 2021).

## 2.2 Studien über Fahrradfreundlichkeit

Bisher sind mehrere Studien erschienen in denen Fahrradfreundlichkeit untersucht wird. Dabei gibt es unterschiedliche Messmethoden, Fahrradfreundlichkeit zu ermitteln (KELLSTEDT et al. 2021: 212). Messinstrumente können Umfragen, Vorort-Erhebungen oder GIS-Analysen sein. Auch bezüglich der Bewertungsmethode (z.B. numerische Score von 1-5, 1-10, usw.) und der räumlichen Dimension (Städte oder Regionen) unterscheiden sich die Studien. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht ausgewählter Studien.

Tabelle 1: Typen von Studien zur Fahrradfreundlichkeit

Studientyp	Beispielstudien	Design der Studien
Level of traffic stress (LOTS)	SORTON & WALSH (1994), FURTH et al. (2012), WANG et al. (2020)	Messen den Stress der Radfahrenden (1=niedriges Stresslevel bis 4=hohes Stresslevel) anhand unterschiedlicher Indikatoren
Bicycle level of service (BLOS)	LANDIS et al. (1997), HARKEY et al. (1998), KANG & LEE (2012), LOWRY et al. (2012), BAI et al. (2017)	Fahrradfreundlichkeit gemessen an Indikatoren, die nach einem Score zwischen 1 bis 5 bewertet werden
GIS-Studien	BROACH et al. (2012) in Portland, WINTERS et al. (2013) in Metro Vancouver, KRENN et al. (2015) in Graz	Die Analyse und Ergebnisse werden mit Geographischen Informationssystemen ausgewertet und visualisiert
Umfragen/Surveys	SINUS MARKT- & SOZIALFORSCHUNG (2019), FIXMYCITY (2020), ADFC Fahrrad-Klimatest (2021)	Radfahrende und ggf. Nicht-Radfahrende werden mittels Umfragen zur generellen oder zur Fahrradfreundlichkeit ihrer Region/ihrer Kommune gefragt
Psychosoziale Studien	EmoCyclingConcept von GROß & ZEILE (2015)	Das Stressempfinden auf Routen wird durch Sensoren auf der Haut und GPS-getrackten Radfahrenden ermittelt und mit dem subjektiven Sicherheitsempfinden verglichen
The Copenhagenize Index (zweijähriger Turnus)	COPENHAGENIZE DESIGN COMPANY (2011)	In 136 ausgewählten Städten wird anhand von 13 verschiedenen Faktoren aus den Kategorien Infrastruktur, Kultur/Politik, etc. die Fahrradfreundlichkeit gemessen

### Level of Traffic Stress (LTS)

SORTON & WALSH (1994) befragten schon in den 1990er-Jahren Radfahrende nach ihrem Stressempfinden (*Level of traffic stress*). Ergänzt wurden diese Modelle durch FURTH et al. (2012), die die Fahrradinfrastruktur in vier verschiedene Stressebenen (*Level*) einteilen. Durch Faktoren wie die Geschwindigkeit, der Abstand zu parkenden Autos (Dooring-

Unfällen<sup>1</sup>) und die Breite der Radwege werden die einzelnen Level ermittelt. Unerfahrene Radfahrende fühlen sich auf Straßen mit einem niedrigeren Stresslevel sicher (LTS-Level 1 bis 2). Straßen mit hohem Stresslevel (LTS-Level 3 bis 4) hingegen würden nur von erfahrenen und sicheren Radfahrenden benutzt werden (FURTH et al. 2012: 12).

Ein niedriges Stresslevel führt meist zu einem höheren Anteil an Radfahrenden (WANG et al. 2020: 7-8). CHEN et al. (2017) zeigen, dass auf Straßen mit einem hohem Stressempfinden häufiger Unfälle entstehen. Damit eignen sich LTS-Studien für eine sichere Radverkehrsplanung (CHEN et al. 2017: 242).

### **Bicycle-Level-of-Service (BLOS)**

LANDIS et al. (1997) entwarfen für verschiedene US-Metropolen die Methode des Bicycle-of-Level-Service (BLOS). Mit dieser Methode möchten die Autoren herausstellen, inwieweit qualitative Radwege häufiger genutzt werden (LANDIS et al. 1997). Es werden u. a. folgende Indikatoren genannt: Die Breite des Radweges oder des Radstreifens, der Anteil der parkenden Autos, das Verkehrsaufkommen und der Anteil des Schwerlastverkehrs, die Kfz-Geschwindigkeit und die Oberfläche der Fahrbahn (LOWRY et al. 2012: 41-42). Diese Indikatoren werden für jedes Straßensegment bewertet. In weiteren Studien wird BLOS als Messinstrument verwendet, die Indikatoren unterscheiden sich aber von Studie zu Studie. Um die Indikatoren zu bewerten, wird ein numerischer Score gebildet. Ein hoher Score bedeutet eine hohe Fahrradfreundlichkeit (BAI et al. 2017: 204).

### **Studien mit Geographischen Informationssystemen (GIS)**

Um die Ergebnisse zu visualisieren, können *Geographische Informationssysteme (GIS)* verwendet werden. GIS sind ein besonders geeignetes Instrument, denn durch eine Karte können Teile eines Untersuchungsgebietes übersichtlich dargestellt werden, in denen noch Handlungsbedarf besteht. Mit GIS können auch räumliche Analysen durchgeführt werden, sodass vor Ort nicht erhoben werden muss. Für diese Analysen werden Geodaten benötigt.

KRENN et al. (2015) untersuchten die Routenwahl von 113 Radfahrenden (278 Routen) in der Stadt Graz, ob sie die kürzeste oder eine fahrradfreundlichere Route zu ihrem Ziel nutzten. In einem GIS wurde ausgewertet, inwieweit die Routenwahl mit Indikatoren für eine Fahrradfreundlichkeit in einem Zusammenhang steht. So beeinflussen der Grünflächenanteil, eine gute Fahrradinfrastruktur, eine geringe Topografie sowie separate Radwege die Routenwahl der Radfahrenden. Die Ergebnisse wurden als Karten dargestellt, die in verschiedenen Farben die Fahrradfreundlichkeit zeigen (KRENN et al. 2015). Eine

---

<sup>1</sup> Ein Doring-Unfall entsteht, wenn ein parallel parkendes Kfz durch eine geöffnete Tür eine Kollision mit einem Radfahrenden verursacht, was zu schweren oder tödlichen Verletzungen führen kann (JOHNSON et al. 2013: 135).

ähnliche Untersuchungen führten BROACH et al. (2012) in Portland (USA) durch.

Das *Mapping Bikeability Project* von WINTERS et al. (2013) zeigt mittels GIS sowohl fahrradfreundliche als auch fahrradunfreundliche Gebiete in der Metropolregion Vancouver. Dabei sind die Dichte von Fahrradinfrastruktur und deren Qualität, die Straßenkonnektivität, die Topografie und die Flächennutzungsmischung relevante Indikatoren für Radfahrende. Mit einem 10x10 Meter-Raster werden die Flächen als fahrradfreundlich oder fahrradunfreundlich dargestellt. Sie schaffen somit einen Überblick für den Handlungsbedarf neuer Infrastrukturen (WINTERS et al. 2013: 868-869). Die Indikatoren ermittelten die Autoren, indem sie Personen in Vancouver befragten (WINTERS et al. 2011).

Sowohl WINTERS et al. (2011, 2013) und KRENN et al. (2015) verwendeten Rasterzellen statt Straßensegmente als Bewertungsobjekte, die am Ende zu einem Gesamtindex berechnet wurden.

CERVERO et al. (2009) untersuchen in Bogotá die infrastrukturellen Elemente mit dem Radverkehrsverhalten von befragten Personen. Die Ergebnisse der Umfragen wurden mit der Bewertung der Radinfrastruktur in dem Wohnumfeld der Personen verknüpft. Durch ein GIS wurde das Wohnumfeld mit einem Puffer von 500 Metern und 1000 Metern ermittelt. Zu den Bewertungskriterien gehörten die Konnektivität, die Bebauungsdichte und die Flächennutzungsmischung. Dabei wird kritisiert, dass nur die Luftliniendistanz, statt die real zurückgelegten Kilometer erhoben wurde (JONIETZ & TIMPF 2015: 3).

### **Umfragen und Surveys**

Mittels einer Befragung von Radpendelnden in der Großregion Stockholm untersuchten WAHLGREN & SCHANTZ (2012) welche Umweltfaktoren einen fördernden oder hemmenden Einfluss auf das Fahrradfahren haben. Hemmende Faktoren sind ein hohes Verkehrsaufkommen und hohe Geschwindigkeitsbegrenzungen für Kraftfahrzeuge. Eine ästhetische Umgebung hingegen beeinflusst die Routenwahl positiv (WAHLGREN & SCHANTZ 2012: 12).

Im *ADFC-Fahrrad-Klimatest* werden in einem zweijährigen Turnus Radfahrende über die Fahrradfreundlichkeit ihrer Stadt oder Gemeinde befragt. In der letzten Umfrage von 2020 nahmen 230.000 Radfahrende in 1.024 Kommunen an der Umfrage teil. Insgesamt finden die Teilnehmenden das Fahrradklima unbefriedigend ( $\bar{x}$  3,9 bei einer Schulnotenskala). Die Teilnehmenden zeigten sich in den vorherigen Studien unzufrieden über das Sicherheitsgefühl, über Konflikte mit den Kfz und über die Breite der Radwege (ADFC 2021).

Eine weitere Befragungsstudie über die subjektive Zufriedenheit des Fahrradverkehrs in Deutschland ermittelt das SINUS MARKT- & SOZIALFORSCHUNG mit dem Fahrrad-Monitor, der alle zwei Jahre erscheint. Die Befragung ist eine repräsentative Online-Studie, an der 14- bis 69-jährige teilnehmen können. Zuletzt fand eine Befragung 2019 mit 3.053 Personen statt. Dabei werden die Befragten nach ihren sozioökonomischen Status, ihrem Lebensstil und ihrem Umfeld gefragt (SINUS MARKT- & SOZIALFORSCHUNG 2019).

In der Online-Befragung *FixMyBerlin* zum subjektiven Sicherheitsempfinden im Radverkehr haben 21.000 Teilnehmende aus Berlin 1.900 Verkehrssituationen mit dem Fahrrad anhand von 3D-Bildern bewertet. Die Situationen unterschieden sich beispielsweise durch die Art und Breite des Radweges, dem Vorhandensein von Parkplätzen oder dem Verkehrsaufkommen. Dabei sollten die Teilnehmenden die Sicherheit der Situation (*unsicher, eher unsicher, eher sicher, sicher*) beurteilen. Zusätzlich wurde anhand eines Fragebogens der Nutzertyp ermittelt (FIXMYCITY 2020).

### **Weitere Studien**

In einer Studie der Technischen Universität Kaiserslautern untersuchten GROß und ZEILE (2016) im Projekt *EmoCyclingConcept* durch Sensoren das Stressempfinden von 75 Radfahrenden in der Stadt Worms. Dadurch konnten Stellen im Stadtgebiet gefunden werden, die ein besonders hohes Stressempfinden bei Radfahrenden auslöst. Die Probanden waren zwischen 18 und 86 Jahren alt und sowohl männlich als auch weiblich. Dabei stellten die Autoren verschiedene Stressauslöser wie den Oberflächenzustand, Kreuzungen, Kurvenführung, Engstellen, Gegenverkehr, Passanten, parkende Kfz oder Hindernisse heraus. Außerdem befragten die Autoren die Teilnehmenden wie häufig sie das Fahrrad nutzen und wie sicher sie sich generell auf dem Fahrrad fühlen. Die Probanden konnten zudem Stellen auf einer Karte markieren, die sie als besonders stressvoll empfanden. Dabei wurden die Ergebnisse der technischen Messung mit dem Nutzverhalten sowie der subjektiven Empfindung miteinander verglichen (GROß & ZEILE 2016: 274-276).

Der *Copenhagenize Index* listet die 136 fahrradfreundlichsten Städte der Welt auf, dabei wird die Fahrradfreundlichkeit durch 13 verschiedene Indikatoren erhoben. Die Indikatoren gliedern sich nach straßengestalterischen, fahrradkulturellen und politisch-planerischen Parametern. Dazu gehören die Gegenwart einer Fahrradkultur, das Vorhandensein einer Fahrradinfrastruktur, Geschlechterverteilung unter den Radfahrenden, Intermodalitätsoptionen, eine auf das Fahrrad ausgerichtete Stadtplanung und weitere Indikatoren (COPENHAGENIZE DESIGN COMPANY 2019).

### 2.3 Einflussfaktoren der Fahrradnutzung

Um die Fahrradfreundlichkeit eines Gebietes zu untersuchen, müssen Einflussfaktoren herausgestellt werden, die eine Fahrradfreundlichkeit definieren. 2003 ermittelten MOUDON & LEE in einem Review von Studien zur Fahrradfreundlichkeit über 200 Indikatoren, die diese in infrastrukturelle Faktoren und psychosoziale bzw. individuelle Faktoren einteilen (MOUDON & LEE 2003: 33-34). Sozio-ökologische Modelle aus der Gesundheitsforschung basieren auf verhaltenstheoretischen Modellen wie der Theorie des geplanten Verhaltens (*Theory of Planned Behavior*) von AJZEN (siehe Abbildung 1). Denn das Verhalten wird beeinflusst durch individuelle Faktoren (Alter, Geschlecht, usw.), Faktoren des sozialen Umfeldes (Freunde, Verwandte, Nachbarn, usw.) sowie infrastrukturelle Bedingungen (SALLIS & OWEN 2008: 466). Die genannten Faktoren bedingen die Entscheidung Fahrrad zu fahren (HANDY et al. 2010: 979).

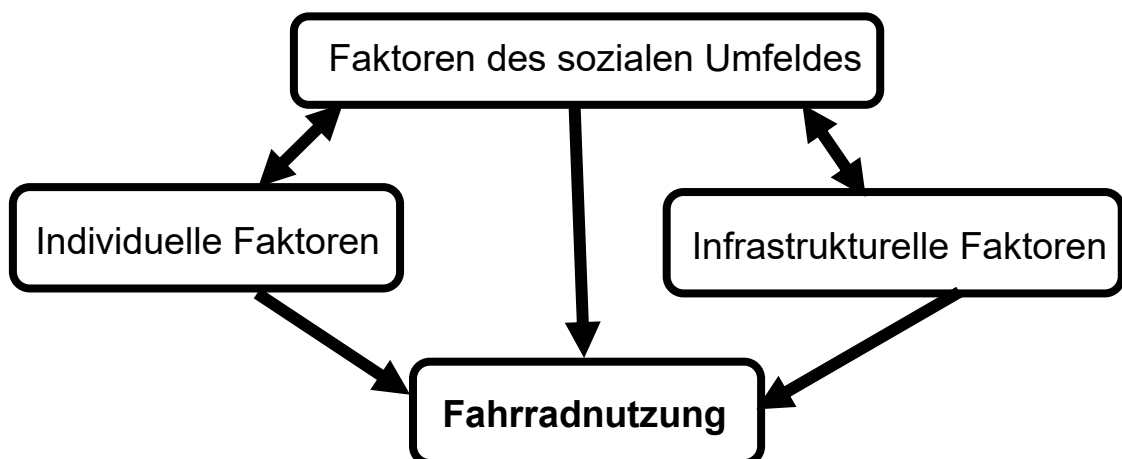


Abbildung 1: Faktoren, die die Fahrradnutzung beeinflussen (Eigene Darstellung nach HANDY et al. (2010))

#### Individuelle Faktoren

Zu den individuellen Faktoren gehören u. a. das Alter, das Geschlecht, die Bildung, das Einkommen, die körperliche Fitness, das gesundheitliche Bewusstsein und das Vorhandensein von Pkw (HANDY et al. 2010: 970). Menschen mit einem hohen Gesundheitsbewusstsein oder einer höheren ökologischen Überzeugung fahren häufiger mit dem Fahrrad (HEINEN et al. 2010: 70-72).

Durch Reisegewohnheiten ist der Umstieg auf ein anderes Verkehrsmittel selten, denn Pkw-Fahrende empfinden das Autofahren sehr komfortabel (MUÑOZ et al. 2015: 12, WANG et al. 2020: 8). Die Einstellung gegenüber Fahrradfahren kann unter Pkw-Fahrenden sehr

negativ sein (DILL & MCNEIL 2016: 97). Zu weit entfernte Strecken sind ein häufig genanntes Hindernis das Fahrrad zu nutzen (DILL & MCNEIL 2016: 94).

Bezüglich einer Korrelation zwischen Einkommen und Fahrradfahren gibt es unterschiedliche Ergebnisse. HEINEN et al. (2010) fanden heraus, dass Menschen mit geringem Einkommen seltener mit dem Fahrrad fahren als Menschen mit einem hohen Einkommen (HEINEN et al. 2010: 70). DILL & MCNEIL (2016) kommen allerdings zu dem Ergebnis, dass Menschen mit höherem Einkommen seltener fahren, da diese häufiger einen Pkw besitzen (DILL & MCNEIL 2016: 93).

### **Faktoren des sozialen Umfeldes**

Das soziale Umfeld beeinflusst die kulturelle Norm und spielt ebenfalls eine signifikante Rolle sich für das Fahrradfahren zu entscheiden (HANDY et al. 2010: 979). Sofern es in einer Region oder in der Umgebung eine gewisse Fahrradkultur gibt, das heißt ein großer Teil der Bevölkerung Fahrrad fährt, ist die Einstellung gegenüber dem Fahrradfahren auch positiver und verleitet Menschen zum Fahrradfahren (TITZE et al. 2008: 257).

Das Verhalten der Autofahrenden gegenüber Radfahrenden ist ein weiteres Kriterium (LAWSON et al. 2013: 510). Autofahrende können gegenüber Radfahrenden aggressiv oder drangsalierend auftreten, wodurch sich Radfahrende belästigt und sich nicht akzeptiert fühlen (DELBOSC et al. 2019: 685-686). Eine gewisse Fahrradkultur (Kundgebungen, Informationsveranstaltungen, gemeinsame Radaktivitäten usw.) kann ebenfalls zur Förderung beitragen (RYBARCZYK & GALLAGHER 2014: 26). Von Radfahrenden werden mehr Kampagnen gewünscht, die ein Miteinander fördern (SINUS MARKT- & SOZIALFORSCHUNG 2019: 59). Akteure aus der Politik, der Planung, den Verbänden und den Firmen können zu einer fahrradfördernden Kultur einen Beitrag leisten. Arbeitgebende können ihren Bediensteten beispielsweise Diensträder zur Verfügung stellen (REGIONALVERBAND RHEINMAIN 2019: 19).

### **Infrastrukturelle Faktoren**

Zu den infrastrukturellen Faktoren gehören beispielsweise die Art und die Qualität der Radwege, die Dichte der Bebauung, die Topografie oder das Vorhandensein von Radabstellanlagen. Studien belegen einen Zusammenhang zwischen einer fahrradfreundlichen Infrastruktur und dem Anteil an Radfahrenden in einer Region (WINTERS et al. 2013: 865, KRENN et al. 2015).

Diese Arbeit untersucht die Fahrradfreundlichkeit von Gewerbegebieten anhand von fahrradfreundlichen Infrastrukturen. In Kapitel 3.3.1 werden Indikatoren ausgewählt, die die infrastrukturelle Fahrradfreundlichkeit beschreiben sollen.



### 2.4 Definitionen von Fahrradfreundlichkeit in der Literatur

In der englischsprachigen Literatur wird Fahrradfreundlichkeit als *Bikeability*, *bike suitability* oder *bicycle friendliness* bezeichnet. Die Mehrheit aller Definitionen beinhalten den Indikator Sicherheit, aber auch den Faktor das Ziel komfortabel, schnell, direkt und einfach auf einem lückenlosen Netzwerk zu erreichen, wird häufig genannt (MARQUÉS et al. 2015: 34). LOWRY et al. (2012) definieren *Bikeability* als die Eignung eines Fahrradnetzwerkes, ob ein Ziel komfortabel und bequem erreicht werden kann. Diese werfen noch den Begriff *bike suitability* in den Raum, der nicht nur den Komfort und die Sicherheit des Radnetzes misst, sondern auch die schnelle Erreichbarkeit der Ziele. Die *bicycle friendliness* beinhaltet die definierte *Bikeability*, die Fahrradpolitik und die generelle Akzeptanz gegenüber Radfahrenden (LOWRY et al. 2012: 41-43). Für diese Arbeit wird die Definition der *bike suitability* gewählt, also das Ziel schnell, sicher und bequem zu erreichen.

### 2.5 Infrastrukturelle Bedingungen für einen höheren Radverkehrsanteil

GRAF (2016) führt aus, dass sichere, komfortable und schnelle Radwege nicht ausreichen, um den Anteil der Radfahrenden in der Bevölkerung signifikant zu erhöhen. Neben den Attributen (*objektiv*) *sicher*, *schnell* und *bequem*, fügt er noch den Faktor *auffallend* hinzu. Er beschreibt eine Radinfrastruktur, die Personen zum Fahrrad motivieren soll, als eine einladende Infrastruktur. Der Mensch müsse bei Planungen von Radverkehrsanlagen mit „seinen Gefühlen, Empfindungen und Bedürfnissen im Mittelpunkt stehen“ (GRAF 2016: 37).

#### Objektive vs. subjektive Sicherheit

Das Fahrradfreundlichkeit vor allem durch den Faktor Sicherheit definiert wird, zeigen mehrere Studien und Umfragen in Deutschland (ADFC 2021, FIXMYCITY 2020, SINUS MARKT- & SOZIALFORSCHUNG 2019). 19% der Befragten einer Studie geben an, dass sie den Weg zu ihrer Arbeit als zu gefährlich betrachten und 44% aller Radfahrenden fühlen sich eher unsicher oder überhaupt nicht sicher beim Fahrradfahren (SINUS MARKT- & SOZIALFORSCHUNG 2019: 17).

Ein Konzept zum Thema Sicherheit zeigt das Leitbild der *Vision Zero*, das zunächst im 20. Jahrhundert in chemischen Fabriken zur Vermeidung von schweren Arbeitsunfällen konzipiert wurde. Dessen Ziel ist es, keine tödlichen Unfälle am Arbeitsplatz zu verursachen. Mitte der 1990er-Jahre wurde diese Philosophie vom schwedischen Verkehrsministerium als Ziel ausgeschrieben und 1997 als Gesetz aufgenommen (DVR 2012: 4). Zukünftig soll ein Verkehrssystem unter dem Konzept *Vision Zero* so gestaltet werden, dass sich die verkehrsstrategischen Maßnahmen an den schwächsten Verkehrsteilnehmenden orientieren. Die Verkehrsplanung soll deshalb ein Verkehrssystem

entwerfen, in dem Fehler der Verkehrsteilnehmenden toleriert werden, sodass nicht mehr alle Verantwortung beim Menschen liegt (SCHWEDES et al. 2021: 6-7). Es gilt die Annahme, dass menschliche Fehler nicht immer vermeidbar sind und Fehler tödlich enden können (DVR 2012: 5-6). Die Philosophie der *Vision Zero* findet sich im deutschen Regelwerk, so soll die Infrastruktur vor allem fehlerverzeihend sein. Der Fokus soll sich dabei auf die Verkehrsteilnehmenden richten und wie diese subjektiv ihre Situation im Raum wahrnehmen. Der Stadtraum soll nicht mehr als Hindernis bei der Verkehrsplanung für Autofahrende betrachtet werden, sondern als potenzieller Aufenthaltsraum (SCHWEDES ET AL. 2021: 7). Im Nationalen Radverkehrsplan 3.0 des BMVI ist eine fehlerverzeihende Radinfrastruktur ein vorgeschriebenes Ziel (BMVI 2021: 36).

Um die Sicherheit für Radfahrende zu erhöhen und damit dem Konzept *Vision Zero* gerecht zu werden, gibt es verschiedene Maßnahmen und Möglichkeiten. Eine weitaus bedeutsamere Rolle sind infrastrukturelle Maßnahmen zur Sicherheit von Fahrradfahrenden, die im Kapitel 3.3.1 genannt werden.

Grundsätzlich gibt es zwei unterschiedliche Typen von Sicherheiten. Objektive Sicherheit ist die reale Sicherheit, ausgedrückt in der Anzahl von Unfällen. Subjektive Sicherheit hingegen beschreibt die gefühlte Sicherheit der Radfahrenden, die von Person zu Person abweichen kann. Die subjektive Sicherheit ist bedeutsamer als die objektive Realität, damit Menschen das Fahrrad nutzen (MANTON et al. 2016: 140). Das Sicherheitsgefühl ist ein relevanter Baustein, damit Menschen sich in Städten wohl fühlen (GEHL 2015: 110). Zwar können Radinfrastrukturen objektiv sicher sein, diese allerdings von Radfahrenden gemieden werden, da sich Menschen häufig intuitiv nach ihrer gefühlten Einschätzung und nicht nach Rationalität entscheiden (GRAF 2016: 32-33). Das Sicherheitsempfinden und die Wahrnehmung von Radfahrenden ist geprägt durch ihre Sozialisierung, Werte, Haltung und durch das Geschlecht (HEINEN et al. 2010: 63, MANTON et al. 2016: 156). Durch Erfahrungen kann sich das subjektive Sicherheitsempfinden verändern (HEINEN et al. 2010: 63). SCHWEDES et al. (2021) schlagen vor, dass sich die Fahrradverkehrsforschung in Zukunft mehr an den Radfahrenden orientieren soll, anstatt ständig die in Literatur hergeleiteten Konstrukte in den Mittelpunkt zu stellen. Hier stehen deren Anforderungen an die Infrastruktur im Mittelpunkt (SCHWEDES et al. 2021: 19-21).

GELLER (2009) unterteilt Radfahrende und potenzielle Radfahrende in verschiedene Typen, die sich in ihrem Sicherheitsempfinden und durch ihre Fahrerfahrung unterscheiden: Angstlose Radfahrende (*strong and fearless cyclists*), gewohnte Radfahrende (*enthused and confident cyclists*), interessierte Radfahrende (*interested but concerned cyclists*) sowie Niemalsradfahrende (*no way cyclists*). Angstlose Radfahrende haben keinen besonderen Anspruch an komfortabler Radinfrastruktur, sie fahren bevorzugt auf Kfz-Fahrbahnen (auch

## 2. Theoretisch-konzeptioneller Rahmen

---

Mischverkehr genannt) anstatt auf separaten Radwegen<sup>2</sup>. Auch Straßen mit hohem Verkehrsaufkommen werden nicht gemieden. Gewohnte Radfahrende fahren auch im Mischverkehr, bevorzugen aber separate Radwege. Interessierte Radfahrende sind generell offen gegenüber Radfahren und interessiert, häufiger das Fahrrad zu nutzen. Diese haben aber Bedenken bezüglich der Sicherheit und meiden stark frequentierte Kfz-Fahrbahnen, weshalb sie sich mehr separate und komfortable Radinfrastruktur wünschen (DILL & MCNEIL 2016: 90-93). Für diese Personengruppe ist das Fahrrad kein regelmäßiges Verkehrsmittel, weshalb es nicht im Alltag verwendet wird. Diese Gruppe gilt als diejenigen mit dem höchsten Potenzial mehr Fahrrad zu fahren. Die Niemalsradfahrenden würden nie ein Fahrrad nutzen, auch bei einer fahrradfreundlichen Infrastruktur nicht (GRAF 2016: 80-81).

DILL & MCNEIL (2016) untersuchten in 50 US-amerikanischen Städten wie hoch der Anteil der jeweiligen Typen ist. Tabelle 2 zeigt eine Übersicht der Radfahrertypen und deren Anteil in der US-Bevölkerung. Besonders auffällig ist dabei der hohe Anteil an *interested but concerned cyclists*, die im weiteren Verlauf als *Interessierte* bezeichnet werden.

Tabelle 2: Typologisierung nach GELLER (2006) und Verteilung der Typen nach DILL & MCNEIL (2016)

<b>Radfahrertyp</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Anteil in %</b>
Strong & fearless ( <i>Angstlose</i> )	Angstlose und sehr sichere Radfahrende. Fahren auf sehr stark befahrenen Fahrbahnen und benötigen keine separaten Radwege	7%
Enthusied & confident ( <i>Gewohnte</i> )	Nutzen häufiger das Fahrrad und fühlen sich sicher, bevorzugen aber trotzdem separate Radwege	5%
Interested but concerned ( <i>Interessierte</i> )	Würden gerne häufiger oder täglich das Fahrrad nutzen, haben aber Bedenken, ob dies sicher genug ist. Fühlen sich auf Kfz-Fahrbahnen unsicher und benötigen separate Radwege, damit sie das Fahrrad nutzen	51%
No way, no how ( <i>Niemalsradfahrende</i> )	Sind nicht interessiert Fahrrad zu fahren oder haben keine Möglichkeit	37%

Ein höherer Anteil an Radfahrenden in der Bevölkerung kann dadurch erreicht werden, wenn die Planung die subjektive Gefühlsebene der Radfahrenden anspricht (GRAF 2016: 32-33). Eine erhöhte Fahrradfreundlichkeit soll nicht nur Unfälle vermeiden, sondern auch

---

<sup>2</sup> Auch baulich getrennte Radwege genannt. Führungsformen, die durch eine physische Barriere (Bordstein, Sperrpfosten usw.) von der Kfz-Fahrbahn getrennt sind

das subjektive Sicherheitsempfindens stärken, damit ein höherer Anteil des Radverkehrs am Modal Split<sup>3</sup> erreicht werden kann. Um die subjektive und objektive Sicherheit zu erhöhen, können baulich getrennte Radwege gebaut werden, da die Gruppe der *Interessierten* das Fahren auf der Kfz-Fahrbahn als unsicher empfindet.

### *Komfortable Infrastruktur*

Durch eine komfortable Infrastruktur können Frachten transportiert werden, die besonders sensibel bei Vibrationen sind. Außerdem wird der Fahrtrittswiderstand gesenkt, sodass weniger Kraftaufwand und Energie notwendig sind, um sich mit dem Fahrrad fortzubewegen. Das Fahren mit dem Fahrrad soll durch eine komfortable Infrastruktur als niederschwelliges Angebot wahrgenommen werden (GRAF 2016: 286-287). Bei unebenen oder nassen Oberflächenzuständen kann die Route laut GEHL (2015) vom Radfahrenden als subjektiv länger empfunden werden (GEHL 2015: 150).

### *Schnelle Infrastruktur*

Ein Ziel schnell zu erreichen und ohne Umwege zu erreichen, spielt ebenfalls für die Fahrradfreundlichkeit eine Rolle (GEHL 2015: 120). Der Faktor Zeit ist ein relevanter Faktor bei der Wahl des Verkehrsmittels. 41,8% der Befragten einer Studie geben an, dass der Grund der Verkehrsmittelwahl die Schnelligkeit jenes Verkehrsmittels ist (VCD 2014: 19). Die Menschen entscheiden sich für das Auto, weil es das schnellste Verkehrsmittel ist. Das Fahrrad wird in Deutschland als Hindernis gesehen, ein Ziel schnell zu erreichen (SINUS MARKT-& SOZIALFORSCHUNG 2019: 49). In fahrradfreundlichen Städten wie Kopenhagen geben Radfahrende in Umfragen an, sich für das Fahrrad entschieden zu haben, weil es das schnellste und einfachste Verkehrsmittel in der Stadt ist (CITY OF COPENHAGEN 2019: 16). GRAF (2016) sieht dies als Grund an, warum Kopenhagen einen hohen Radverkehrsanteil hat im Gegensatz zu Deutschland, wo das Fahrrad als gesundheitsförderndes und umweltbewusstes Verkehrsmittel angesehen wird, aber nicht als schnelles Verkehrsmittel. Das Fahrrad muss als Konkurrenzmittel mit dem Auto Stand halten können, damit auch diejenigen mit dem Rad fahren, dessen Motivationsfaktor nicht nur gesundheitliche und umweltbewusste Gründe sind (GRAF 2016: 131).

### *Auffallende und einheitliche Infrastruktur*

Damit eine Radinfrastruktur wahrgenommen wird, sollte sie auffallend sein. GRAF (2016) vergleicht dabei einen Radweg mit einem Produkt, das vermarktet werden soll. Die Städte

---

<sup>3</sup> Bildet die Aufteilung des Hauptverkehrsmittels nach Wegen oder nach Personenkilometern in prozentualen Anteilen oder auch in absoluten Angaben ab (NOBIS & KUHNIMHOF 2018: 131)

müssen Radwege attraktiv gestalten, damit das Interesse von Rad- und Nichtradfahrenden geweckt wird (GRAF 2016: 158-159). Radfahrende in den Niederlanden nennen das einheitliche Radwegenetz als einen bedeutsamen Faktor, warum sie sich für das Fahrrad entschieden haben. Durch eine einheitliche Struktur kann zudem die Sicherheit erhöht werden, da Kfz-Fahrende schneller lernen, Radinfrastrukturen zu erkennen. Einheitliche Radwege haben durch ihr Design einen Wiedererkennungswert (ebd.: 223). Zum anderen kann der Radfahrende das Gefühl aufbauen, dass auch die kommenden Radwege sicher sind. Ein einheitliches Netz sollte zugleich ein möglichst lückenloses Radwegenetz sein. Weisen Routen unterschiedliche Radwegtypen auf, verunsichert dies Radfahrende. Durch Netzlücken und unmittelbar endende Radwege fühlen die Radfahrenden sich alleingelassen und meiden das Fahrradfahren auf diesen Routen. Unsichere Radfahrende wie die Gruppe der *Interessierten* werden sich nicht auf das Fahrrad setzen (ebd.: 237). Das empfundene Stresslevel richtet sich nach den größten Stresspunkten einer Route. Bei einem hohen stressauslösenden Abschnitt kann die restliche Infrastruktur sehr sicher sein, der Radfahrende würde die Route trotzdem als zu stressvoll empfinden (DStGB 2021: 9). Eine Route sollte somit möglichst das gleiche Design und die gleiche Führungsform haben (FURTH et al. 2012: 7).

Eine einladende Fahrradinfrastruktur sollte also nicht nur *schnell* und *komfortabel* sein, sondern vor allem das Sicherheitsempfinden der *Interessierten* stärken. Die Infrastruktur sollte *auffallend* sein, damit Menschen vom Auto auf das Fahrrad umsteigen.

### 3. Methodische Vorgehensweise

Diese Arbeit soll die Fahrradfreundlichkeit von Gewerbegebieten im Ruhrgebiet herausstellen, die in bisherigen Studien noch nicht untersucht worden ist. Im ersten Schritt sind Untersuchungsgebiete ausgewählt worden, die sich für eine Untersuchung eignen. Die sind die Gewerbegebiete *Heißen-Ost* in Mülheim an der Ruhr, der *Gewerbepark M1* in Essen sowie die Gewerbegebiete *Am Kaisergarten* und *Waldteich* in Oberhausen. Darauf sind auf einer Literaturrecherche Indikatoren ermittelt worden, die Fahrradfreundlichkeit messen. Diese sind nach der Methode von GENOSKO (2005) überprüft worden, ob sie sich für eine Untersuchung in dieser Arbeit praktisch und zeitlich eignen. In den vier Untersuchungsgebieten sind vor Ort die Fahrradfreundlichkeit von Straßensegmenten nach einem vorher festgelegten Bewertungssystem erhoben worden. Einzelne Indikatoren wurden durch eine GIS-Analyse bewertet. Nach der Erhebung ist für jedes einzelne Untersuchungsgebiet ein ungewichteter additiver Index gebildet worden, der die Gesamtbewertung des jeweiligen Untersuchungsgebietes darstellt. Mit QGIS wurden die Ergebnisse der Untersuchung visualisiert.

#### 3.1 Auswahl der Untersuchungsgebiete

Gewerbegebiete befinden sich meist außerhalb von Siedlungsgebieten und scheinen für den Nahverkehr oder das Fahrrad schlecht erreichbar. Die Infrastruktur ist meist ausgelegt für den motorisierten Individualverkehr (MIV), sodass die dort arbeitenden Personen ihren Pkw kostenlos abstellen können. Hierdurch spielt die Radverkehrsplanung eine untergeordnete Rolle in Gewerbegebieten (REGIONALVERBAND FRANKFURTRHEINMAIN 2017: 7).

Für die Arbeit wurden vier Untersuchungsgebiete im Ruhrgebiet nach ihrer Fahrradfreundlichkeit bewertet. Ein Untersuchungsgebiet besteht aus einem Gewerbegebiet und einer Pufferzone. Da Pendelnde nicht direkt im Gewerbegebiet wohnen, ist eine Pufferzone von einem Kilometer mittels QGIS um die Gewerbegebiete gelegt worden. Innerhalb der Gewerbegebiete werden alle Straßen bzw. Straßensegmente erhoben, in den Pufferzonen lediglich Durchgangsstraßen, die eine relevante Verbindung zu den Gewerbegebieten darstellen. Abbildung 2 zeigt die Lage der Untersuchungsgebiete.

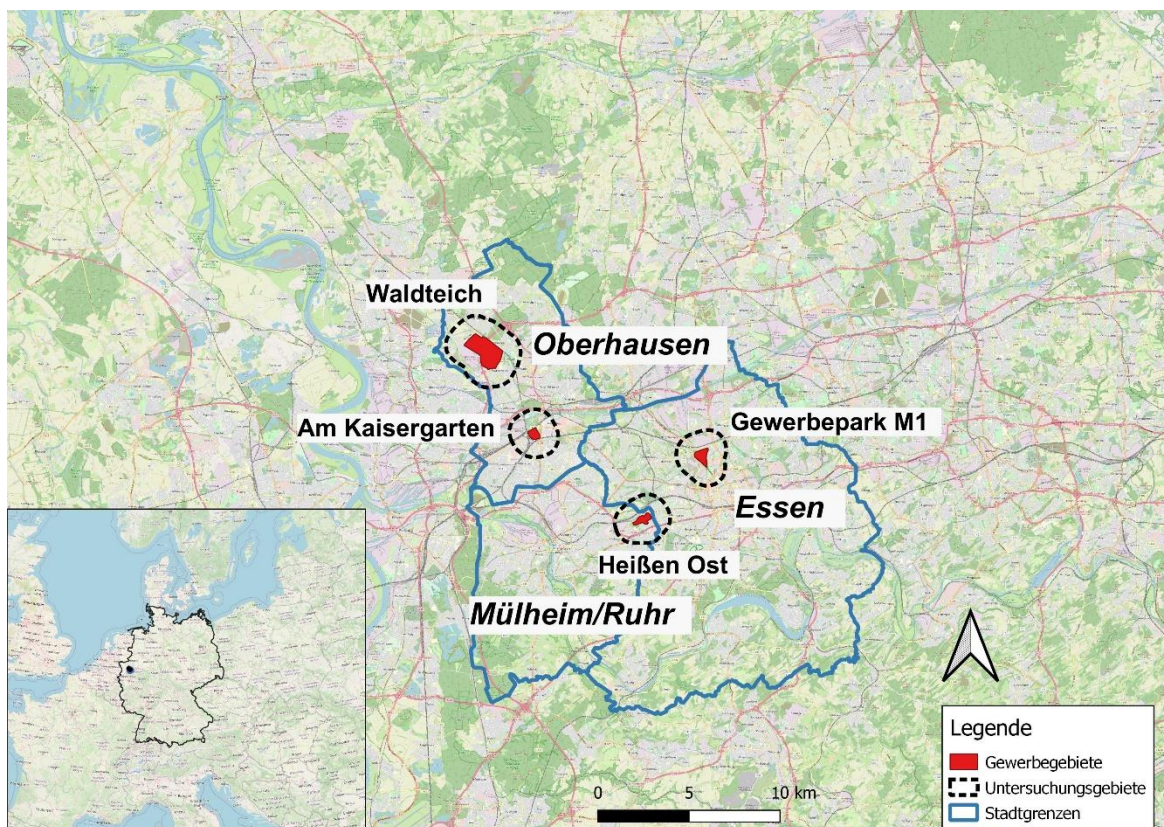


Abbildung 2: Lage der Untersuchungsgebiete (Kartengrundlage: OpenStreetMap)

Gewerbegebiete sind laut Baunutzungsverordnung planungsrechtliche Gebiete für gewerbliche Nutzungen, dessen Lärmemissionen nicht erheblich belästigend ist. Dazu gehören Geschäfts-, Büro- und Verwaltungsgebäude, Lagerhäuser und Lagerplätze,

### 3. Methodische Vorgehensweise

Tankstellen und Anlagen für sportliche Zwecke (JUSTIZMINISTERIUM DES LANDES NRW 2021).

Die ausgewählten Gewerbegebiete sind Reallaborstandorte des Projektes *InvitinG* des Fraunhofer-Institutes UMSICHT. Aufgrund der unterschiedlichen Genese und Struktur von Gewerbegebieten richtete sich die Auswahl nach möglichst unterschiedlichen Merkmalen, sodass verschiedene Typen von Gewerbegebieten in die Untersuchung mit aufgenommen worden sind. Tabelle 3 zeigt die Merkmale der ausgewählten Gewerbegebiete.

Tabelle 3: Merkmale & Typisierung der untersuchten Gewerbegebiete (nach UMSICHT 2020)

Name	Heißen-Ost	Gewerbepark M1	Am Kaisergarten	Waldteich
Stadt	Mülheim an der Ruhr	Essen	Oberhausen	Oberhausen
Größe	36 ha	44 ha	20 ha	30 ha
Unternehmen	130	195	101	20, >30 (geplant)
Arbeitsplätze	ca. 1800	ca. 2000 (geplant)	unbekannt	ca. 1000
Einweihung	1973	1995	1994	Zum Teil noch in der Entwicklung
Ausrichtung	Verarbeitendes Gewerbe, Dienstleistung, Einzelhandel	Büro- & Gewerbepark, Hotel- & Gastronomie	Dienstleistung, nicht störende Produktion, Handwerk, Einzelhandel	Logistik, Gewerbe- & Industriegrundstücke
Lage	Randlage (6 km bis Zentrum)	Innerstädtisch (4 km vom Hauptbahnhof)	Innerstädtisch (1,2 km bis altes Stadtzentrum)	Randlage, Wohnbebauung

In Oberhausen liegt das Gewerbegebiet *Am Kaisergarten*, das in den 1980er-Jahren geplant und 1994 errichtet wurde. Es steht wie das Gewerbegebiet *Heißen-Ost* auf einem ehemaligen Industriegelände und befindet sich in zwei Kilometern Luftlinie zum Oberhausener Hauptbahnhof. Im Gewerbegebiet befinden sich über 50 Unternehmen, die u. a. durch die Nähe zur Bahnstrecke geprägt sind. So sind neben produzierendem Gewerbe und Handwerksbetrieben auch Einzelhandelsunternehmen im Gewerbepark angesiedelt. Räumlich wird das Projekt der *Neuen Mitte Oberhausen* zugeordnet, einem zentralen Strukturwandelprojekt der Stadt (STADT OBERHAUSEN o.J.).

Ein weiteres Untersuchungsgebiet in Oberhausen ist der *Gewerbepark Waldteich* im nördlichen Oberhausen. Von allen untersuchten Gewerbegebieten ist dieses das jüngste

aller Gebiete, welches zum Zeitpunkt noch entwickelt wird. Das Gewerbegebiet liegt im gleichnamigen Stadtteil Waldteich. Im Gegensatz zum Gewerbegebiet *Am Kaisergarten* sind hier vor allem Logistikstandorte ansässig, darunter ein Zentrallager der Einzelhandelskette *EDEKA*. Ein Teil des Gebietes ist geprägt durch Wohnbebauung.

Ein vor allem durch Bürogebäude geprägtes Gewerbegebiet ist der *Gewerbepark M1* in Essen. Das Gewerbegebiet liegt vier Kilometer nördlich des Essener Hauptbahnhofs und ist 1995 errichtet worden und gehört damit zu den jüngeren Gewerbegebieten in dieser Arbeit. Wie andere der hier untersuchten Gewerbegebieten entstand der *Gewerbepark M1* als Revitalisierungsmaßnahme auf einem ehemaligen Industrieareal.

#### **3.2 Wahl der Messmethode**

Die Ergebnisse werden durch eine Audit-Methode und eine GIS-Analyse erhoben. Diese beiden Instrumente gehören zu den objektiven Messmethoden. Bewertet werden einzelne Straßensegmente in den Untersuchungsgebieten. Dies knüpft an die in Kapitel 2.2 erwähnten BLOS-Studien an. Ein Straßensegment bildet sich aus dem Bereich einer Straße, der zwischen einzelnen Kreuzungen liegt. Dabei werden insgesamt sieben Indikatoren mit der Audit-Methode gemessen, vier Indikatoren mit dem Geoinformationssystem *QGIS* (Version 3.12) analysiert. Der Vorteil gegenüber einer reinen GIS-Analyse ist die Möglichkeit, Indikatoren zu erheben, die nicht als Geodaten vorliegen. So können nicht nur quantitative Daten gemessen werden, sondern auch qualitative Daten wie der Oberflächenzustand der Radwege oder die Qualität von Grün- und Wasserflächen (KRENN 2012: 61).

#### **3.3 Erstellung des Indexes**

Um einen Sachverhalt wie der Fahrradfreundlichkeit der hier untersuchten Gewerbegebiete zu ermitteln, muss der Begriff Fahrradfreundlichkeit operationalisiert werden. Für diese Arbeit wird ein Index für Fahrradfreundlichkeit erstellt, der durch ausgewählte Indikatoren gebildet wird. Ein Index soll komplexe und mehrdimensionale Sachverhalte nachvollziehbar und verständlich beschreiben und diese auf einen einfachen und vergleichbaren Wert verdichten. Um einen Index zu bilden, werden mehrere Indikatorvariablen benötigt. Der Indikator bildet eine eigene Variable, mit der der zu untersuchende Sachverhalt gemessen wird. Indikatoren können dabei messbar oder nicht messbar sein (DÖRING & BORTZ 2016: 277). Die Indikatoren müssen allerdings den Sachverhalt vollständig abdecken. Ein weiterer Punkt zur vollständigen Operationalisierung ist die Gewichtung der Indikatoren. Um ein Indikatorensystem zu entwickeln, müssen Kenntnisse der Zusammenhänge gegeben sein bzw. darf die Auswahl der Indikatoren nicht willkürlich erfolgen, sondern sollte sich



empirisch ableiten lassen (HÄDER 2019: 95). Für diese Arbeit sind die Indikatoren demzufolge aus der Literatur abgeleitet worden.

#### 3.3.1 Auswahl der Indikatoren nach GENOSKO (2005)

Die Indikatoren zur Messung müssen gewissen Anforderungen genügen:

- Zielkonformität
- Verständlichkeit
- Praktikabilität

Es sollen geeignete Indikatoren gewählt werden, die einen Bezug zur Zielsetzung des Themas haben (*Zielkonformität*). Außerdem spielt die Verständlichkeit eine bedeutsame Rolle bei der Wahl der Indikatoren, damit die Öffentlichkeit nachvollziehen kann, warum ein Indikator ausgewählt wurde (*Verständlichkeit*). Die *Praktikabilität* sollte insoweit beachtet werden, dass eine Datenverfügbarkeit erfüllt ist. Es kann sein, dass keine ausreichend langen Zeitreihen der benötigten Daten vorhanden sind (GENOSKO 2005: 458). Die gewählten Indikatoren müssen objektiv, reliabel und valide sein. Je mehr Indikatoren gewählt werden, umso größer ist die Aussagekraft des Index (LOIDL & ZAGEL 2014: 148). Zu viele Indikatoren könnten das Indikatorensystem allerdings unübersichtlich und weniger verständlich machen. Es reicht eine angemessene Anzahl an Indikatoren zu wählen, die das Ziel der Arbeit erfüllen können. Zu viele Indikatoren können dazu führen, dass eine Analyse aufgrund des höheren Zeitaufwandes nicht umsetzbar ist.

Für diese Arbeit wurden infrastrukturelle Indikatoren ausgewählt und untersucht. Viele Studien nutzen maximal vier bis fünf Indikatoren, um Fahrradfreundlichkeit zu messen (WINTERS et al. 2013, KRENN et al. 2015). Für diese Arbeit wurden insgesamt elf Indikatoren ausgewählt. Tabelle 5 (Seite 25) zeigt eine Übersicht der ausgewählten und nicht ausgewählten Indikatoren. Diese wurden anhand der einzelnen Anforderungen (Zielkonformität, Verständlichkeit, Praktikabilität) die GENOSKO (2005) bei der Auswahl der Indikatoren aufstellt, überprüft. In diesem Kapitel werden die einzelnen Indikatoren näher beschrieben und die Auswahl oder Nichtauswahl begründet.

#### Zielkonformität und Verständlichkeit

Um geeignete Indikatoren auszuwählen, müssen diese zielkonform sein. Die ausgewählten Indikatoren wurden durch Umfragen ermittelt und in Studien über Fahrradfreundlichkeit untersucht. Die Auswahl der Indikatoren richtet sich nach der Definition von *bike suitability*. Jeder Indikator soll mindestens eines der Attribute beschreiben: *Sicher*, *schnell* oder *komfortabel*. Außerdem soll in dieser Arbeit ermittelt werden, wie *auffallend* die Fahrradinfrastruktur in den Untersuchungsgebieten ist, denn diese Merkmale fördern das

### 3. Methodische Vorgehensweise

---

Fahrradfahren. Deswegen erweitert sich die hier gewählte Definition von Fahrradfreundlichkeit um die Attribute *auffallend* und *einheitlich*. In

Tabelle 4 werden die Indikatoren nach ihren zielkonformen Attributen zusammengefasst.

Tabelle 4: Indikatoren nach ihrer Zielkonformität

<b>Indikator</b>	<b>Zielkonforme Attribute</b>
Art der Radverkehrsanlage	Sicher, komfortabel
Breite der Radverkehrsanlage	Komfortabel, schnell, auffallend
Oberflächenzustand	Sicher, komfortabel, schnell
Kfz-Geschwindigkeit	Sicher
Straßenbeleuchtung	Sicher, komfortabel
Parkende Kfz	Sicher
Grün- und Wasserflächen	Auffallend
Intermodalität	Schnell, komfortabel
Anbindung an e. Radschnellweg	Schnell, komfortabel
Konnektivität	Schnell
Topografie	Schnell, komfortabel
Kfz-Verkehrsaufkommen	Sicher, komfortabel
Kreuzungen	Sicher, schnell
Radabstellanlagen	Schnell, komfortabel

#### *Art der Radverkehrsanlage*

Studien zeigen, dass der Bau von zusätzlichen Radwegen mit einer steigenden Anzahl von Radfahrenden korreliert und dass diese Umwege auf attraktiveren Radwegen präferieren (MÖLENBERG et al. 2019: 6ff., MOHS & CLIFTON 2016: 152, WAHLGREN & SCHANTZ 2012: 11). Für die Gruppe der *Interessierten*, die das höchste Potenzial haben mehr Fahrrad zu fahren, würden mehr baulich getrennte Radwege zu einer erhöhten Fahrradnutzung führen (DILL & MCNEIL 2016: 94). 43% aller Berufstätigen, die nicht mit dem Fahrrad zur Arbeit fahren, nennen als Anreizmaßnahme zum Fahrradpendeln besser ausgebaute Radwege oder mehr Radwege (38%) (SINUS MARKT-& SOZIALFORSCHUNG 2019: 133). Nationen mit einem höheren Anteil an Radverkehrsanlagen haben einen höheren Anteil an Radfahrenden am Modal Split (HEINEN et al. 2010: 63). Die Bauform von Radwegen ist entscheidend für das Level an Komfort und der subjektiven und objektiven Sicherheit der Radfahrenden.

#### *Breite der Radverkehrsanlage*

Nicht nur die Art des Radweges, sondern auch die Breite des Radweges oder der Fahrbahn beeinflusst die Fahrradfreundlichkeit (KANG & LEE 2012: 1036-1037). Eine geeignete Breite für einen Radweg leitet sich ab von der potenziellen Anzahl und Typen von Radfahrenden. Gerade in Gewerbegebieten sind aufgrund des hohen Schwerlastverkehrs breite Fahrbahnen notwendig. Teilnehmende der Studie *FixMyBerlin* bewerten die Breite der Radwege in ihrer Stadt als zu schmal, denn diese finden breitere Radverkehrsanlagen als sicherer (FIXMYCITY 2020). Ein ähnliches Ergebnis liefert eine ADFC-Fahrrad-Klimatest (ADFC 2021: 2-4). Durch breitere Radwege werden Konfliktsituationen mit Kfz-Nutzenden gesenkt und somit wird die Sicherheit als auch der Komfort der Radfahrenden durch ein sinkendes Stresslevel erhöht. In weiteren Studien wird ein breiter Radweg als Indikator für eine höhere Zufriedenheit herangezogen (BAI ET AL. 2017: 207, SORTON & WALSH 1994: 20). Um eine Geschwindigkeit von 20 bis 30 km/h auf Radverkehrsanlagen zu schaffen, müssen dafür ausreichend breite und moderat steigende Radwege angelegt sein (BMVIT 2016: 26).

#### *Oberflächenzustand der Radverkehrsanlagen*

Die Oberflächenzustand der Radwege wirkt auf den Komfort und die Geschwindigkeit des Radfahrens. Sie ist ein bedeutender Faktor für die Fahrradfreundlichkeit. Wege mit Löchern, Rissen oder Unebenheiten wie Kopfsteinpflaster benötigen mehr körperliche Fitness und verlangsamen die Fahrgeschwindigkeit. Diese Wege werden deshalb häufig gemieden (BÍL et al. 2015: 415, BMVIT 2016: 26-27, MESCHIK 2008: 195).

#### *Kfz-Geschwindigkeit*

Die Kfz-Geschwindigkeit beeinflusst die Unfallgefahr und die Konfliktwahrscheinlichkeit von Radfahrenden mit Pkw- und Lkw-Fahrenden. Sie beeinflusst die Stresssituationen von Radfahrenden, sodass mehrere Studien die Geschwindigkeit als Indikator verwenden (FURTH et al. 2012: 12). Radfahrende fühlen sich durch überholende Kfz bedrängt und empfinden Stress (GROß & ZEILE 2016: 274). Damit das Stresslevel der Radfahrenden gesenkt werden kann, sind Geschwindigkeitsbegrenzungen für Kraftfahrzeuge eine Möglichkeit (WAHLGREN & SCHANTZ 2012: 8).

#### *Konnektivität*

Ein weiterer Indikator ist die Nähe zum Ziel, also der zurückzulegende Weg zwischen Start und Ziel. WINTERS et al. (2013) verwenden die Distanz als einen Indikator in ihrer Studie über Fahrradfreundlichkeit in Vancouver (Kanada). Die Nähe resultiert u. a. aus der Bebauungsdichte, der Funktionsmischung (im englischen *land-use mix*) und der Konnektivität. FRANK & ENGELKE (2005) messen Konnektivität durch die Anzahl an

Verbindungen zum Ziel. Dies erhöht nicht nur die Anzahl an Möglichkeiten das Ziel zu erreichen, es verkürzt auch die Distanz, die zurückgelegt werden muss. Studien ergaben, dass die Konnektivität die Wahrscheinlichkeit erhöht auf das Fahrrad zu steigen und Straßen mit höherer Nutzungsmischung mehr Radfahrende aufweisen (CERVERO et al. 2009: 223, HEINEN et al. 2010: 62, WINTERS et al. 2013: 868). Wenig Direktverbindungen senken die Attraktivität für Radfahrende (WAHLGREN & SCHANTZ 2012: 11). Durch eine verbesserte Konnektivität kann somit ein Ziel schneller erreicht werden. Ebenso sollte das Radwegenetz ein flächendeckendes Netz sein und keine Lücken aufweisen. Lücken im Netz verhindern die Bereitschaft Fahrrad zu fahren (FURTH et al. 2012: 8, WINTERS et al. 2011: 158).

#### *Straßenbeleuchtung*

Unbeleuchtete Radwege können als unsicher empfunden werden, insbesondere von Frauen (AKAR & CLIFTON 2009: 169, GEHL 2015: 119). Licht verbessert die Navigation zum Ziel und kann damit auch zu einer höheren Bereitschaft der Fahrradnutzung beitragen (LEE & VERNEZ MOUDON 2008: 402, RYBARCZYK & GALLAGHER 2014: 13). Die ERA 2010 (Empfehlungen für Radverkehrsanlagen)<sup>4</sup> empfiehlt Straßenbeleuchtung, damit bauliche Gegebenheiten erkennbar sind (FGSV 2010: 15). Allerdings werden nur in wenigen Studien Straßenbeleuchtung als Indikator gewählt (ARELLANA et al. 2020: 320, ITO & BILJECKI 2021: 13).

#### *Parkende Kfz*

Das Parken auf der Straße wird von Radfahrenden als unsicher empfunden und das Fahren auf diesen Straßen eher vermieden (SENER et al. 2009: 535). Aufgrund der schmaleren Fahrbahn werden diese als unsicher empfunden (STINSON & BHAT 2003: 113). Auf der Straße oder an der Seite parkende Autos führen auch zu einem erhöhten Stresslevel und zu so genannten Dooring-Unfällen, in denen von Kfz geöffnete Türen zu gefährlichen Kollisionen mit den Radfahrenden führen können (JOHNSON et al. 2013: 135-139). Das *Highway Capacity Manual*, ein Handbuch zur Straßenplanung in den USA, benutzt diesen Indikator, um Fahrradfreundlichkeit herauszustellen (LOWRY et al. 2012: 42).

#### *Grün- und Wasserflächen*

In einer Studie von WAHLGREN & SCHANTZ (2012) geben die Teilnehmenden an, dass sie Strecken mit hohem Grünflächenanteil bevorzugen. Die Autoren vermuten, dass Grünflächen eine stressmindernde Wirkung auf das Gemüt der Radfahrenden haben (WAHLGREN & SCHANTZ 2012: 11). Auch KRENN et al. (2015) kommen zu dem Ergebnis,

---

<sup>4</sup> Technisches Regelwerk für die Planung und den Bau von Radverkehrsanlagen in Deutschland (siehe Literaturverzeichnis)

dass Grünflächen einen Einfluss auf die Routenwahl haben. Die zurückgelegten Radwege der GPS-getrackten Radfahrenden wiesen einen signifikant höheren Anteil an Grünflächen auf als die kürzesten Routen. Andere Naturelemente wie Gewässer haben ebenfalls einen positiven Effekt auf die Fahrradnutzung (MILAKIS & ATHANASOPOULOS 2014: 125). CAMPOS-SANCHÉZ et al. (2019) zeigen auf, dass Grünflächen in Granada (Spanien) die Routenwahl positiv beeinflussen (CAMPOS-SANCHÉZ et al. 2019: 11-12).

#### *Intermodalität*

Immer mehr Menschen nutzen das Fahrrad in Kombination mit dem öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV). So finden 62% der Befragten des *Fahrrad-Monitors* die Fahrradmitnahme im ÖPNV wichtig. Ein Drittel aller Radpendelnden kombinieren die Strecke mit dem ÖPNV (SINUS MARKT- & SOZIALFORSCHUNG 2019: 16; 126). Gute Kombinationsmöglichkeiten mit dem ÖPNV können dazu führen, dass Ziel schnell und komfortabel zu erreichen.

#### *Topografie*

Einen relevanten Einfluss auf die Routenwahl hat die Topografie. Strecken mit starkem Gefälle erhöhen die Fahrzeit und benötigen einen höheren Kraftaufwand. KRENN et al. (2015) stellen in ihrer Studie fest, dass die Pendelnden Straßen mit flachem Terrain bevorzugen. Weitere Studien belegen, dass Straßen mit starken Höhenunterschieden gemieden werden (HEINEN et al. 2010: 67, WINTERS et al. 2013: 869). Große Höhenunterschiede (>2%) führen laut BROACH et al. (2012) dazu, dass Radfahrende von der kürzesten Route abweichen (BROACH et al. 2012: 1736).

#### *Anbindung an Radschnellwege*

Immer populärer werden Radschnellwege. Radschnellwege sind baulich getrennte Radverkehrsanlagen, die entfernte Start- und Zielgebiete (bspw. Arbeiten und Wohnen) direkt miteinander verbinden sollen. Durch kreuzungsfreie Strecken und dem Fehlen von Hindernissen wie parkenden Autos soll das Fahrradfahren zwischen weiter entfernten Städten oder Regionen schneller und komfortabler möglich sein (CABRAL DIAS & GOMES RIBEIRO 2020: 4). 37% der Pendelnden würden auf das Fahrrad umsteigen, wenn sie über einen Radschnellweg ihren Arbeitsplatz erreichen würden. Das Fahrrad würde auch bei 74% der Pendelnden auf dem Weg zur Arbeit häufiger genutzt werden (SINUS MARKT- & SOZIALFORSCHUNG 2019: 17). Untersuchungen in den Niederlanden ergaben, dass durch den Radschnellweg von Leiden nach Den Haag sich die Fahrradnutzung um 25% erhöht hat (BMVIT 2016: 34). Umfragen in der Bevölkerung Kopenhagens zeigen, dass Radschnellwege akzeptiert werden und sehr beliebt sind (CITY OF COPENHAGEN 2019: 8).

#### *Kfz-Verkehrsaufkommen*

Ein hohes Verkehrsaufkommen führt wie Studien herausstellen auch zu einem erhöhten Stresslevel und senkt das Sicherheitsempfinden, vor allem bei der Gruppe der *Interessierten*. Ein hohes Verkehrsaufkommen kann als Hindernis gelten diese Strecke zu nutzen (KRENN et al. 2015: 452, SINUS MARKT- & SOZIALFORSCHUNG 2019: 65-70, WAHLGREN & SCHANTZ 2012: 11, WINTERS et al. 2011: 158).

#### *Kreuzungen*

Ein weiteres Kennzeichen von hoher Konnektivität ist eine hohe Anzahl an Straßenkreuzungen (FRANK & ENGELKE 2005: 198-200). Kreuzungen ermöglichen mehr Routen zum Ziel und wirken positiv auf die Fahrradfreundlichkeit. Diese Studien kommen häufig aus den USA oder Kanada, wo ein schachbrettartiges Straßennetz vorliegt, in europäischen Städten hingegen findet sich eher eine verzweigte Baumstruktur. Insofern werden Kreuzungen in Nordamerika als weniger störend empfunden, da das dortige Netz eher erlaubt direktere Wege von A nach B zu nehmen (KRENN 2012: 29). In europäischen Studien korrelieren vor allem Kreuzungen mit Lichtsignalanlagen aufgrund der Warte- und somit Reisezeit und der dadurch längeren Fahrzeit häufig negativ mit der Fahrradfreundlichkeit (WAHLGREN & SCHANTZ 2012: 13, WINTERS et al. 2011: 161). Ungünstige Ampelschaltungen können die Wartezeit verlängern (BMVIT 2016: 6). Kreuzungen können somit den Faktor Sicherheit und die Konnektivität erhöhen, die Reisezeit aber auch verlängern. Außerdem fühlen sich vor allem unerfahrene Radfahrende unsicher an Kreuzungen. Die meisten Radfahrunfälle in Deutschland sind Kreuzungsunfälle, die ein Fünftel aller Radfahrunfälle ausmachen (SCHREIBER et al. 2013: 4).

#### *Radabstellanlagen*

Radabstellanlagen sind relevante bauliche Anlagen für Radfahrende am Start- und Zielort einer Fahrradroute. Sie bieten einen Schutz gegen Diebstahl und vor Witterung der Fahrräder. Es gibt verschiedene Anlageformen wie etwa Fahrradbügel oder Fahrradparkhäuser, die den größten Schutz vor Diebstahl und vor Witterung bieten. Gerade auch durch die Zunahme an kostenintensiven Elektrofahrrädern kann der Anspruch an sichere Radabstellanlagen steigen (DStGB & ADFC 2021: 22). Durch den direkten Zugriff von nahe gelegenen Radabstellanlagen kann ein Ziel schnell erreicht werden.

#### **Praktikabilität**

Aufgrund des hohen Aufwandes das Kfz-Verkehrsaufkommen in allen vier Untersuchungsgebieten zu erheben, wurde dieser Indikator nicht mit in die Analyse aufgenommen. Somit entspricht die Erhebung des Verkehrsaufkommens nicht der *Praktikabilität*. Da laut Studien Kreuzungen sowohl als fahrradfreundlich als auch fahrradunfreundlich beschrieben werden können, wurde dieser Indikator ebenfalls nicht erhoben. Auch der Indikator Radabstellanlagen wurde in dieser Arbeit nicht untersucht, da die meisten Abstellanlagen sich auf privaten Grundstücken in den Gewerbegebieten befinden, die zum Teil der Öffentlichkeit nicht zugänglich sind. Die Untersuchung dieses Indikators stellt sich somit auch als nicht praktikabel da. Tabelle 5 fasst die Ergebnisse der Auswahl zusammen.

Tabelle 5: Überprüfung der Indikatoren nach GENOSKO (2005)

<b>Indikator</b>	<b>Zielkonformität</b>	<b>Praktikabilität</b>
Art der Radverkehrsanlage	Ja	Ja
Breite der Radverkehrsanlage	Ja	Ja
Oberflächenzustand	Ja	Ja
Kfz-Geschwindigkeit	Ja	Ja
Konnektivität	Ja	Ja
Straßenbeleuchtung	Ja	Ja
Parkende Kfz	Ja	Ja
Grün- und Wasserflächen	Ja	Ja
Konnektivität	Ja	Ja
Intermodalität	Ja	Ja
Topografie	Ja	Ja
Radschnellweg	Ja	Ja
Kreuzungen	Ja	Ja
Kfz-Verkehrsaufkommen	Nein	Nein
Radabstellanlagen	Ja	Nein

### 3. Methodische Vorgehensweise

---

Tabelle 6 stellt eine Übersicht der ausgewählten der Indikatoren für diese Arbeit dar, die im Kapitel 3.4 genauer erläutert werden

Tabelle 6: Übersicht der ausgewählten Indikatoren

<b>Faktoren</b>	<b>Beschreibung der Faktoren</b>	<b>Erhebungsmethode</b>
Art der Radverkehrsanlage	Unterschiedliche Führungsformen des Radverkehrs (baulich getrennte Radwege, Mischverkehr, usw.)	Vorort-Erhebung
Breite der Radverkehrsanlage	Die Breite des Radweges oder der Fahrbahn	Vorort-Erhebung
Oberflächenzustand	Die Oberflächenstruktur und der Zustand der Oberfläche	Vorort-Erhebung
Kfz-Geschwindigkeit	Die maximale Kfz-Geschwindigkeit	Vorort-Erhebung
Straßenbeleuchtung	Das Vorhandensein einer Straßenbeleuchtung	Vorort-Erhebung
Straßenparken	Das Vorhandensein von geparkten Autos auf der Straße	Vorort-Erhebung
Grün- und Wasserflächen	Die Vielfalt und die Größe der Grünflächen entlang der Straße	Vorort-Erhebung
Konnektivität	Eine hohe Straßendichte erhöht die Anzahl an Möglichkeiten zum Ziel	GIS
Intermodalität	Gemessen an der Anzahl der Haltestellen im Einzugsbereich und ob diese mit bestimmten Funktionen ausgestattet sind	Vorort-Erhebung und GIS
Topografie	Höhenunterschiede im Untersuchungsgebiet	GIS
Radschnellweg	Anbindung an einen Radschnellweg	GIS

#### 3.3.2 Zusammensetzung der Indikatoren

Grundsätzlich gibt es unterschiedliche Indexe. Dabei kann beispielsweise zwischen ungewichteten und gewichteten Indizes unterschieden werden (DÖRING & BORTZ 2016: 280). Ein gewichteter Index wird verwendet, wenn die einzelnen Indikatoren eine unterschiedliche Bedeutung für das Untersuchungsmerkmal haben, somit stärker und schwächer in die Gesamtbewertung einfließen sollen (LOIDL & ZAGEL 2014: 147-148). Für gewichtete Indikatoren zur Indexbildung spricht eine bessere Berücksichtigung des unterschiedlichen Einflusses der Indikatoren auf die Fahrradfreundlichkeit, die beispielsweise aus Umfragen von Studien mit Radfahrenden hervorgegangen sind. Die



Ableitung der Gewichtung kann u. a. durch Experteninterviews oder empirischen Untersuchungen abgeleitet werden (SCHNELL et al. 2018: 152). Entscheidend bei der Auswahl und der Gewichtung der Indikatoren ist auch der Typ und das Geschlecht der Radfahrenden, da es heterogene Ansprüche bezüglich einer fahrradfreundlichen Infrastruktur gibt.

Gegen eine Gewichtung der Indikatoren spricht allerdings eine gewisse Willkürlichkeit bei der Auswahl der Gewichtung, sodass bei Unsicherheiten besser ein ungewichteter Index gewählt werden sollte (SCHNELL et al. 2018: 153). HARDINGHAUS et al. (2021) bildeten einen Fahrradfreundlichkeitsindex mit gewichteten Indikatoren anhand von Befragungen von Fachkundigen. Allerdings kann diese Gewichtung für diese Arbeit nicht übernommen werden, da nicht alle in dieser Arbeit gemessenen Indikatoren ein Teil des Indexes dieser Studie sind (HARDINGHAUS et al. 2021).

Aufgrund der Unsicherheiten bezüglich der Gewichtung der ausgewählten Indikatoren wird in dieser Arbeit ein ungewichteter additiver Index gebildet. Dies ist die unkomplizierteste Form eines Indexes (BORTZ & DÖRING 2016: 280). Auch andere Studien zur Fahrradfreundlichkeit nutzen ungewichtete Indizes (WINTERS et al. 2013, KRENN et al. 2015). Der für diese Arbeit gewählte Index setzt sich folgendermaßen zusammen:

$$Index_{\text{Fahrradfreundlichkeit}} = \text{Indikator}_1 (\text{Art der Radverkehrsanlage}) + \text{Indikator}_2 (\text{Breite der Radverkehrsanlage}) + \text{Indikator}_3 (\text{Oberflächenzustand der Radverkehrsanlage}) \text{ usw.}$$

Diese Indikatoren werden durch eine Vorort-Erhebung anhand von Kriterien nach einem Score-Bewertungssystem von 1 (sehr fahrradunfreundlich) bis 10 (sehr freundlich für Radfahrende) bewertet.

#### 3.4 Bewertungsmodelle der ausgewählten Indikatoren

##### *Art der Radverkehrsanlage*

Die Art und Gestaltung der Radverkehrsanlage ist maßgeblich entscheidend für die subjektive und objektive Sicherheit der Radfahrenden. Grundlegend gibt es mehrere Möglichkeiten von Radverkehrsanlagen: Gemischt mit den Kraftfahrzeugen auf der Fahrbahn (Mischverkehr genannt, siehe [Abbildung 4](#)), auf Schutz- oder Radfahrstreifen auf der Fahrbahn (siehe [Abbildung 7](#)), gemischt mit zu Fuß Gehenden auf gemeinsamen Geh- und Radwegen oder auf baulich getrennten Radwegen (siehe [Abbildung 5](#) und [Abbildung 6](#)). Weitergehend gibt es noch Fahrradstraßen<sup>5</sup> (siehe [Abbildung 3 links](#)).

---

<sup>5</sup> Fahrradstraßen sind Fahrbahnen, in denen der Radverkehr Vorrang hat. So ist u. a. das Nebeneinanderfahren von Radfahrenden erlaubt. Die Höchstgeschwindigkeit beträgt 30 km/h. (BECKER 2019: 333)

### 3. Methodische Vorgehensweise



Abbildung 3: Beispiele für eine Fahrradstraße (links) und Protected Bike Lane (rechts) (Eigene Aufnahmen)



Abbildung 4: Beispiele für Mischverkehr auf einer einspurigen (links) und einer zweispurigen Straße (rechts) (Eigene Aufnahmen)

Häufig wird die Führung im Mischverkehr als unsicher empfunden, sodass Radfahrende solche Routen vermeiden (AKAR & CLIFTON 2009: 168, PORTER et al. 2019: 22, STINSON & BHAT 2003: 113). Statt Mischverkehr bevorzugen Radfahrende eine bauliche Trennung des Radweges zur Kfz-Fahrbahn. Vor allem die Gruppe der *Interessierten* bevorzugen eine separate Führung, da sie sich sonst unsicher fühlen, Umwege fahren oder erst gar nicht das Fahrrad nutzen (GRAF 2016: 81). Nicht separate Radwege werden mit als häufigster Grund dafür genannt, warum Radfahrende das Fahrradfahren als gefährlich betrachten (SINUS MARKT- & SOZIALFORSCHUNG 2019: 65). Besonders Frauen, die aufgrund von Sicherheitsbedenken seltener als Männer Fahrrad fahren, bevorzugen eine separate Trennung (RAVENSBERGEN et al. 2019: 4-5). E-Bike-Fahrende bevorzugen aufgrund der höheren Geschwindigkeit ebenfalls eine physische Trennung (BAI et al. 2017: 216). Das Fahren im Mischverkehr wird aufgrund des hohen Stressempfindens auch als subjektiv länger empfunden als die tatsächliche Fahrzeit (KIDD et al. 2015: 20). Vor allem Pendelnde vermeiden Mischverkehr, da sie häufig zu den Hauptverkehrszeiten fahren und damit einer besonders hohen Kfz-Verkehrsmenge gegenüberstehen (BROACH et al. 2012: 1736-1737). Statistisch gesehen ereignen sich allerdings häufiger Unfälle auf baulich getrennten

### 3. Methodische Vorgehensweise

---

Radwegen, dies zeigt sich besonders in den Unfallstatistiken bei abbiegenden Kraftfahrzeugen, denn häufiger werden Radfahrende auf baulich getrennten Radwegen übersehen (ALRUTZ et al. 2015: 115). Bei der Bewertung von Führungsformen im Mischverkehr wird zwischen mehrspurigen und einspurigen Straßen unterschieden (siehe Abbildung 4). Im einspurigen Mischverkehr fühlen sich Radfahrende sicherer als im mehrspurigen Mischverkehr, denn das Verkehrsaufkommen ist in diesen Straßen geringer (DStGB 2021: 12).

Gemeinsame Geh- und Radwege können als Hindernis betrachtet werden, dass Ziel schnell und komfortabel zu erreichen (BMVIT 2016: 8). Laut HANTSCHERL et al. (2019) entstehen Unfälle von Radfahrenden am häufigsten mit Kraftfahrzeugen, nur in sehr seltenen Fällen mit zu Fuß Gehenden. Allerdings gibt es bei Unfällen mit zu Fuß Gehenden eine hohe Unfalldunkelziffer, die der Polizei nicht gemeldet werden, sodass die Verträglichkeit dieser Anlageform schwierig zu ermitteln ist. Aufgrund der unterschiedlichen Geschwindigkeit und des geringen Abstands gibt es Konfliktpotenzial, welches das subjektive Sicherheitsempfinden der zu Fuß Gehenden und Radfahrenden schmälert (HANTSCHERL et al. 2019: 17-26).

Visuelle Beispiele für baulich getrennte Radwege zeigen Abbildung 5 und Abbildung 6.



*Abbildung 5: Beispiele für separate Radwege, die eigenständig (links) oder durch eine physische Barriere getrennt von der Kfz-Fahrbahn verlaufen (rechts) (Eigene Aufnahmen)*



### 3. Methodische Vorgehensweise



Abbildung 6: Beispiele für Radwege, die unmittelbar an der Kfz-Fahrbahn liegen (links: baulich getrennter Radweg, rechts: gemeinsamer Geh- und Radweg) (Eigene Aufnahmen)

Eine spezielle Form von Radwegen sind sogenannte *Protected Bike Lanes* (siehe Abbildung 3). Diese sind von der Kfz-Fahrbahn durch physische Barrieren wie Sperrpfosten oder Bordsteinen getrennt. Studien ergaben einen signifikanten Anstieg von Radfahrenden nach deren Errichtung (MONSERE et al. 2014: 137). Auch werden diese von Radfahrenden als sicherer empfunden als Radwege ohne physische Trennung (FIXMYCITY 2020; SINUS MARKT- & SOZIALFORSCHUNG 2019: 18).

Weitere Formen sind Schutz- und Radfahrstreifen. Beide Formen sind auf der Kfz-Fahrbahn angelegt und werden durch Leitlinien von der Kernfahrbahn der Kfz getrennt (siehe Abbildung 7). Nur in seltenen Fällen dürfen Kraftfahrzeuge Schutz- und Radstreifen überfahren (OHM et al. 2015: 13-14). Zwar treten weniger Unfälle auf Schutzstreifen gegenüber Radwegen auf, allerdings können Schutzstreifen Kfz-Fahrende dazu verleiten, Sicherheitsabstände weniger einzuhalten (ebd.: 21-22). Dies verunsichert Radfahrende, weshalb baulich getrennte Radwege von unsicheren Radfahrenden bevorzugt werden. Radfahrstreifen sorgen dennoch für ein höheres Sicherheitsempfinden als Fahren im Mischverkehr ohne Streifen (SANDERS et al. 2012: 152-153).



Abbildung 7: Schutzstreifen (links) und Radfahrstreifen (rechts) (Eigene Aufnahmen)

### 3. Methodische Vorgehensweise

Eingefärbte Radwege erhöhen ebenfalls die Sicherheit und das Sicherheitsbefinden (LAMONDIA et al. 2019: 8). Farblich markierte Radwege können vor allem in Situationen mit hohem Verkehrsaufkommen den sinkenden Wohlfühlfaktor der Fahrradfahrenden entgegentreten und das Komfortlevel erhöhen (ABADI & HURWITZ 2018: 105). Färbungen wirken einladend und auffallend für Radfahrende (siehe Abbildung 8). Ungefärbte Radwege werden seltener als Radinfrastruktur wahrgenommen (GRAF 2016: 158).



Abbildung 8: Ungefärbter (links) und gefärbter Radweg (rechts) (Eigene Aufnahmen)

Tabelle 7 und Tabelle 8 zeigen die unterschiedliche Bewertung der einzelnen Typen von Radverkehrsanlagen. Die Bewertungssystematik erfolgt nach dem Sicherheitsempfinden der *Interessierten*. *Angstlose Radfahrende* bevorzugen eher das Fahren im Mischverkehr, weshalb diese möglicherweise ein anderes Bewertungsschema erstellen würden. Je geringer das Sicherheitsempfinden ist, desto niedriger ist der Score. Da es auf beiden Seiten der Fahrbahn unterschiedliche Formen der Radverkehrsführung geben kann, werden bei der Bewertung des Straßensegmentes beide Bewertungen addiert und durch zwei dividiert.

Tabelle 7: Bewertung der Radwegtypen auf Kfz-Fahrbahnen

Art der Fahrbahn	Gefärbt?	Score	Maßstab für Bewertung
Fahrradstraße	Ja	9	Höheres Sicherheitsempfinden/ Auffallender
Fahrradstraße/Spielstraße	Nein	8	
Protected Bike Lane	Ja	8	
Mischverkehr, einspurig	Nein	5	
Radfahrstreifen, mehrspurig	Ja	5	
Schutzstreifen, mehrspurig	Ja	4	
Radfahrstreifen, mehrspurig	Nein	3	Niedriges Sicherheitsempfinden/ Weniger auffallend und einladend
Schutzstreifen, mehrspurig	Nein	2	
Kein Radstreifen/Schutzstr., mehrspurig	Nein	1	

### 3. Methodische Vorgehensweise

Tabelle 8: Bewertung der Typen von baulich getrennten Radwegen

Art der Fahrbahn	Gefärbt?	Score	Maßstab für Bewertung
Großer Abstand zur Kfz-Fahrbahn (Grünstreifen, usw.)	Ja	10	Höheres Sicherheitsempfinden/ Auffallender und einladender
Großer Abstand zur Kfz-Fahrbahn (Grünstreifen, usw.)	Nein	8	
Nah an Kfz-Fahrbahn	Ja	7	
Nah an Kfz-Fahrbahn	Nein	5	
Gemeinsamer Geh- und Radweg, entfernt von Kfz-Fahrbahn	Nein	4	
Gemeinsamer Geh- und Radweg, nah an Kfz	Nein	3	Niedriges Sicherheitsempfinden/ Weniger auffallend und einladend

#### *Breite der Radverkehrsanlagen*

Da Radwege sowohl baulich getrennt angelegt sein können als auch auf der Fahrbahn mit Kraftfahrzeugen sowie auf gemeinsamen Geh- und Radwegen, wird in dieser Arbeit zwischen drei Bewertungssystemen unterschieden (siehe Tabellen 10, 11 und 12).

Die FGSV empfiehlt in ihrem Standardwerk für den Bau von Radverkehrsanlagen ERA 2010 (Empfehlungen für Radverkehrsanlagen), dass die Breite eines baulich getrennten Radweges in der Regel zwei Meter betragen soll, damit sich Fahrräder auch überholen können. Die Mindestmaße sind 1,60 Meter, darüber hinaus können breitere Radwege bei höheren Radaufkommen oder starkem Gefälle notwendig sein (FGSV 2010: 25). Ein Schutz- oder Radfahrstreifen soll hingegen in der Regel 1,50 Meter breit sein, der Rest der Fahrbahn fünf Meter. Bei Fahren im Mischverkehr sind Breiten zwischen sechs und sieben Meter meist nicht genügend, bei Breiten größer als sieben Meter kann der Kfz-Verkehr in der Regel besser Abstand zu den Radfahrenden halten und somit für eine höhere Sicherheit sorgen (FGSV 2010: 22). Da breitere Radwege mit einer höheren Zufriedenheit verbunden sind, werden breite Radwege mit einem höheren Score bewertet (BAI ET AL. 2017: 207, SORTON & WALSH 1994: 20). Zu schmale Radwege führen dazu, dass Radfahrende aufgrund der höheren Konfliktwahrscheinlichkeit mit dem Kfz oder mit zu Fuß Gehenden einem höheren Stressfaktor ausgesetzt sind. *Interessierten* könnten diese Wege meiden (GRAF 2016: 162).

### 3. Methodische Vorgehensweise

Die Mindestbreite bei gemeinsamen Geh- und Radwegen soll laut ERA 2010 2,50 Meter betragen. Durch breitere Anlagen kann das Konfliktpotenzial zwischen zu Fuß Gehenden und Radfahrenden verringert werden (HANTSCHHEL et al. 2019: 10-12).

Tabelle 9: Bewertung zur Breite der baulich getrennten Radwege

Radwegbreite	Score	Maßstab für Bewertung
>=4 m	10	Höheres Sicherheitsempfinden/ einladende Wirkung
>=3 m	7	
>=2 m	5	
>=1,60 m	3	Niedriges Sicherheitsempfinden/ Weniger einladend
<1,60 m	1	

Tabelle 10: Bewertung der Fahrbahnbreite

Fahrspurbreite	Score	Maßstab für Bewertung
>=5 m	10	Höheres Sicherheitsempfinden/ einladende Wirkung
>=4,5 m	8	
>=4 m	6	
>=3,5 m	4	Niedriges Sicherheitsempfinden/ Weniger einladend
<3,5 m	1	

Tabelle 11: Bewertung der Breite von gemeinsamen Geh- und Radwegen

Geh- und Radwegbreite	Score	Maßstab für Bewertung
>=5 m	10	Höheres Sicherheitsempfinden/ einladende Wirkung
>=4 m	8	
>=2,50 m	3	Niedriges Sicherheitsempfinden/ Weniger einladend
<2,50 m	1	

#### *Oberflächenzustand der Radverkehrsanlagen*

LANDIS et al. (1997) unterscheiden zwischen fünf Qualitätsstufen (sehr schlecht, schlecht, okay, gut, sehr gut) für den Oberflächenzustand. Radfahrende, wenn sie die Wahl haben, benutzen die Routen mit einem geringeren Rollwiderstand (HÖLZEL et al. 2012: 480).

Asphaltstrecken werden am ehesten bevorzugt, wohingegen Kopfsteinpflaster oder Feldwege mit Schlaglöchern aufgrund der Vibrationen als unkomfortabel empfunden werden (BÍL et al. 2015: 421, HÖLZEL et al. 2012: 482). 39% der Befragten des *Fahrrad-*



### 3. Methodische Vorgehensweise

---

Monitors geben an, dass sie sich einen besseren Belag für Radwege wünschen (SINUS MARKT- & SOZIALFORSCHUNG 2019: 59).

Eine Übersicht der Bewertungsskala für diesen Indikator zeigt Tabelle 12. Die Bewertung erfolgt nach dem Komfort der Oberfläche. Asphaltstrecken in einem schlechteren Zustand (durch Risse oder Schlaglöcher) werden durch die erhöhte Unfallgefahr und der erhöhten Vibration mit einem niedrigeren Score bewertet. Die Abbildungen zeigen Beispiele für die Oberflächenzustände, die in dieser Arbeit erhoben wurden. Je glatter die Oberfläche des Radweges oder der Fahrbahn ist, desto eher begeben sich Radfahrende auf diese Strecken. Diese vermeiden Radwege, die viele Risse oder Löcher haben (GRAF 2016: 162).



Abbildung 9: Beispiele für Oberflächenzustände (oben: sehr gut, unten: mittelmäßig) (Eigene Aufnahmen)



### 3. Methodische Vorgehensweise



Abbildung 10: Beispiele für einen sehr schlechten Zustand durch Risse oder Löcher (Eigene Aufnahmen)

Tabelle 12: Bewertungsskala der Fahrbahnoberfläche

Oberfläche	Score	Maßstab für Bewertung
Asphalt (einwandfreier neuer Zustand)	10	Hoher Komfort beim Fahren/Einladend
Asphalt (mittelmäßiger Zustand), kleine und wenige Risse oder Unebenheiten durch Straßenpflaster	8	
Asphalt (schlechter Zustand) oder raue Oberfläche	4	
Kopfsteinpflaster	3	
Schotterweg	2	Geringerer Komfort beim Fahren/weniger einladend
Feldweg (Unbefestigter Weg mit Kuhlen und Löchern)	1	

#### Kfz-Geschwindigkeit

Fast 60% der Befragten einer Studie von MONTAN et al. (2016) bevorzugen Geschwindigkeiten unter 50 km/h für ein sicheres Radfahren (MANTON et al. 2016: 152). Die Kollisionsgefahr und die Schwere der Unfälle verringert sich durch Reduzierungen der Geschwindigkeiten auf 30 bis 40 km/h (ISAKSSON-HELLMAN & TÖREKI 2019: 41). In Tabelle 13 wird die unterschiedliche Bewertung der Höchstgeschwindigkeiten gezeigt. Eine höhere Geschwindigkeit wird demnach mit einem niedrigeren Score bewertet, da die Konfliktwahrscheinlichkeit und die Gefahr eines Unfalls höher sind und der Radfahrende sich sicherer fühlt.

### 3. Methodische Vorgehensweise

---

Tabelle 13: Bewertung der Geschwindigkeitsbegrenzung

<b>Kfz-Höchstgeschwindigkeit</b>	<b>Score</b>	<b>Maßstab für Bewertung</b>
30 km/h oder weniger	10	Höheres Sicherheitsempfinden
50 km/h oder weniger	5	
70 km/h oder schneller	1	Niedrigeres Sicherheitsempfinden

#### *Straßenbeleuchtung*

Durch eine Straßenbeleuchtung wird das Fahrradfahren sicherer (siehe Kapitel 3.3.1). Straßen mit vollständiger Beleuchtung werden mit einem höheren Score bewertet als Straßen ohne Beleuchtung oder unvollständiger Beleuchtung. Tabelle 14 zeigt das Bewertungsmodell.

Tabelle 14: Bewertung der Straßenbeleuchtung

<b>Straßenbeleuchtung</b>	<b>Score</b>	<b>Maßstab für Bewertung</b>
Ausreichende Beleuchtung auf beiden Straßenseiten, angepasste Abstände an Baustruktur	10	Höheres Sicherheitsempfinden durch bessere Sichtbarkeit
Ja, aber eingeschränkt durch Äste/Bäume vor Straßenlaternen, die eine ausreichende Beleuchtung verhindern	5	
Nicht vorhandene oder nicht ausreichende Straßenbeleuchtung	1	Niedrigeres Sicherheitsempfinden

#### *Parkende Kfz*

Durch Parken auf der oder an der Kfz-Fahrbahn (siehe Kapitel 3.3.1) erhöht sich die Unfallgefahr für Radfahrende. Durch Dooring-Streifen<sup>6</sup> kann die Unfallgefahr verringert werden (siehe Abbildung 11), weshalb bei diesen Situationen die Straßensegmente mit einem höheren Score bewertet werden als Straßen mit Parkflächen ohne Dooring-Streifen. Eine Aufschlüsselung wie der Faktor bei der Vorort-Erhebung bewertet wird, zeigt

Tabelle 15.

---

<sup>6</sup> Sicherheitstrennstreifen zwischen Schutz- oder Radfahrstreifen und Parkplätzen im Seitenraum

### 3. Methodische Vorgehensweise



Abbildung 11: Parkstreifen (links) und Parken mit Dooring-Streifen (rechts) (Eigene Aufnahmen)

Tabelle 15: Bewertung des Indikators Parken

Wird auf der Straße geparkt?	Score	Maßstab für Bewertung
Nein, es wird nicht auf der Straße geparkt	10	Höheres Sicherheitsempfinden
Es gibt Parkstreifen, aber einen Dooring-Streifen	8	
Es wird auf einer Straßenseite geparkt	5	Niedrigeres Sicherheitsempfinden
Es wird auf beiden Straßenseiten geparkt	1	

#### Grün- und Wasserflächen

Studien von KRENN et al. (2015) und WINTERS et al. (2011) nehmen ebenfalls Grünflächen als Indikator in die Untersuchung mit ein und verwenden dabei Geoinformationssysteme. Dabei untersuchen beide Studien den Grünflächenanteil eines 250 Meter-Puffers um die Straßensegmente. BADLAND et al. (2010) verwenden hingegen 25 Meter-Puffer. Der Nachteil dieser Herangehensweise ist, dass auch Grünflächen hinter Gebäuden, die für Radfahrende nicht sichtbar sind, miteinbezogen werden. So werden bei der Vorort-Erhebung die Grünflächen nach eigenen Kriterien bewertet (siehe Tabelle 16). Sind die Grünflächen größer und vielfältiger, werden diese auch mit einem höheren Score bewertet. Beispiele für die Grünflächentypen zeigen Abbildung 12 und Abbildung 13.



### 3. Methodische Vorgehensweise



Abbildung 12: Große Grünflächen (links) und kleine Grünflächen (rechts) (Eigene Aufnahmen)



Abbildung 13: Begleitgrün (links) und einzelne straßenbegleitende Bäume (rechts) (Eigene Aufnahmen)

Tabelle 16: Bewertungsskala für die Grün- und Wasserflächen

Grünflächentypen	Score	Maßstab für Bewertung
Große Grün- oder Wasserflächen entlang der Straße (z.B. Parks, Wälder)	10	Einladende Wirkung
Kleine Grün- oder Wasserflächen entlang der Straße (z.B. Wiese, Hecken, usw.)	7	
Begleitgrün/Grünstreifen	4	
Einzelne Bäume an den Straßenseiten	2	
Es gibt keine Grünflächeninfrastruktur	1	Weniger einladend

#### Konnektivität

Um den Indikator zu bewerten, wird in QGIS ein 75x75 Meter-Rasternetz über die Untersuchungsgebiete gelegt. Dabei wird mit der Funktion *Line Density* die Straßendichte pro Rasterzelle ermittelt. Dabei wird nicht nur die Straßendichte in der 75x75 Meter-

### 3. Methodische Vorgehensweise

---

Rasterzelle bewertet, sondern ein zusätzlicher 400 Meter-Puffer um diese Zellen gelegt, sodass auch die Dichte der umliegenden Zellen mit in die Bewertung einfließen. Diese Variante wurde bei KRENN et al. (2015) und WINTERS et al. (2013) verwendet, denn der durchschnittliche zurückgelegte Umweg (Differenz aus gewähltem Weg und kürzestem Weg zum Ziel) beträgt 277 Meter. Tabelle 17 zeigt das Bewertungssystem, was sich ebenfalls an WINTERS et al. (2013) orientiert. Bei der Betrachtung der Ergebnisse und der anschließenden Diskussion werden auch die Anzahl der Zugänge für Radfahrende in die Gewerbegebiete beschrieben, die allerdings in das Bewertungssystem nicht miteinfließen.

Tabelle 17: Bewertung der Konnektivität nach WINTERS et al. (2013)

<b>Straßendichte (m) im Umkreis von 400 m<sup>2</sup></b>	<b>Score</b>	<b>Maßstab für Bewertung</b>
>=1800 m	10	Schnelleres Erreichen des Zieles
1400 - 1799 m	9	
1100 - 1399 m	8	
850 - 1099 m	7	
750 – 849 m	6	
600 – 749 m	5	
450 – 599 m	4	
250 – 449 m	3	Langsameres Erreichen des Zieles
1 – 249 m	2	
0	1	

#### *Intermodalität*

Zur einer guten Intermodalität gehören Fahrradparkplätze an den Bahnstationen, die vor Wetter und Diebstahl schützen und einen einfachen Umstieg ermöglichen (VAN DER SPEK & SCHELTEMA 2015: 40). Ein Fahrradverleihsystem fördert ebenfalls das Fahrradfahren mit dem ÖPNV zu kombinieren (VAN DER SPEK & SCHELTEMA 2015: 49). Weitere relevante Punkte für eine gute Intermodalität sind barrierefreie Bahnhöfe, die den Zugang mit Rampen für Fahrräder erleichtern (BMVI 2021: 42, RYBARCZYK & GALLAGHER 2014: 26, WINTERS et al. 2011: 158). Radabstellanlagen für Fahrräder beschleunigen den Umsteigeprozess (BMVIT 2016: 31). 45% aller Fahrradpendelnden, die intermodal unterwegs sind, legen eine Radstrecke unter zwei Kilometer hin (ebd.: 128). Als Kriterium wird eine zwei Kilometer große Pufferzone mittels QGIS entlang des Gewerbegebietes gelegt und gezählt wie viele Haltestellen sich in dieser Pufferzone befinden. Je mehr S-Bahn-, Straßenbahn- oder U-Bahn-Stationen erreichbar sind, desto besser ist dies für die Fahrradfreundlichkeit (MILAKIS & ATHANASOPOULOS 2014: 125). Bushaltestellen werden

### 3. Methodische Vorgehensweise

nicht gezählt, da der Transport des Fahrrads mit dem Bus nur eine untergeordnete Bedeutung hat. Tabelle 18 zeigt die Bewertung für diesen Indikator. Als Infrastrukturelemente werden gezählt: Radabstellanlagen, Fahrradverleihsystem, Rampen oder Aufzüge und ob eine Fahrradmitnahme im ÖPNV-System kostenlos ist. Da es eine Vielzahl an möglichen Tickets (Einzel-, Tages- und Monatstickets, usw.) gibt, wurde bei der kostenlosen Mitnahme lediglich überprüft, ob die Mitnahme im Monatsticket des Verkehrsverbundes möglich ist.

Tabelle 18: Bewertung des Indikators Intermodalität

<b>Mind. zwei Haltestellen im 2 km - Umkreis</b>	<b>Anzahl Infrastrukturelemente (Radabstellanlage, Fahrradverleihsystem, ...)</b>	<b>Score</b>
Ja	Vier	10
Ja	Drei	8
Ja	Zwei	6
Ja	Ein	4
Ja	Keine	2
Nein	Keine	1

#### *Anbindung an einen Radschnellweg*

Um zu untersuchen, ob ein Radschnellweg in einem Einzugsgebiet eines Gewerbegebietes liegt, wird mittels *QGIS* ein zwei Kilometer großer Puffer um die Gewerbegebiete gezogen. Das Bewertungssystem zeigt Tabelle 19.

Tabelle 19: Bewertung des Indikators Radschnellweg

<b>Anbindung an einen Radschnellweg</b>	<b>Score</b>	<b>Maßstab für Bewertung</b>
Ja, innerhalb eines 2 km-Radius um das Gewerbegebiet befindet sich ein Radschnellweg	10	Ermöglicht schnellere Erreichbarkeit des Zieles
Nein, es befindet sich innerhalb eines 2 km-Radius kein Radschnellweg	1	

### *Topografie*

Mit dem GIS-Tool *Slope* werden die Höhenunterschiede im Untersuchungsgebiet gemessen. Als Höhendaten wurden SRTM<sup>7</sup>-Daten von der Webseite OpenDEM<sup>8</sup> heruntergeladen, die sich in 75x75 Meter-Rasterzellen aufteilen. Ein größerer Höhenunterschied ist mit einem negativen Effekt auf die Fahrradfreundlichkeit verbunden (siehe Tabelle 20). Diese orientiert sich an dem Modell von WINTERS et al. (2013: 872).

Tabelle 20: Bewertung der Topografie

Höhenunterschied	Score	Maßstab für Bewertung
0%	10	Komfortableres und schnelleres Fahren möglich
>0 – <0,5%	9	
0,5 – <1%	8	
1 – <2%	7	
2 – <3%	6	
3 – <5%	5	
5 – <7%	4	
7 – <10%	3	Hoher Kraftaufwand und langsamere Fortbewegung
10 – <20%	2	
>=20%	1	

## 4. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Erhebung werden mit dem Geoinformationssystem *QGIS* dargestellt. Wie in anderen Studien über Fahrradfreundlichkeit eignen sich Geoinformationssysteme (GIS), um Schwachstellen in einem Fahrradnetz übersichtlich zu visualisieren und die unterschiedlichen Parameter miteinander zu vergleichen (KRENN et al. 2015, MANTON et al. 2016). In Kapitel 4.1 werden die Ergebnisse der Vorort-Erhebungen dargestellt, worauf in Kapitel 4.2 die Ergebnisse folgen, die mit *QGIS* ermittelt worden sind. Kapitel 4.3 zeigt mit einer Übersichtstabelle die Gesamtergebnisse dieser Arbeit.

Der auf den Abbildungen unten rechts angegebene Wert ist der Durchschnittswert der Bewertungen des Indikators der jeweiligen Untersuchungsgebiete. Es gilt zu beachten, dass die Abbildungen die Untersuchungsgebiete darstellen und nicht nur die Gewerbegebiete. Die Namen der Gewerbegebiete gelten als Synonyme für die

---

<sup>7</sup> Shuttle Radar Topography Mission (Erdbeobachtungsmission)

<sup>8</sup> [https://opendem.info/download\\_srtm.html](https://opendem.info/download_srtm.html)

## 4. Ergebnisse

Untersuchungsgebiete im Text. Die Gewerbegebiete sind in grauen Flächen mit orangen Außenlinien in den Abbildungen dargestellt.

Der Indikator Einheitlichkeit wird in dieser Arbeit nicht mit in den Index einfließen und wird demnach nicht bewertet.

### 4.1 Ergebnis der Vorort-Erhebungen

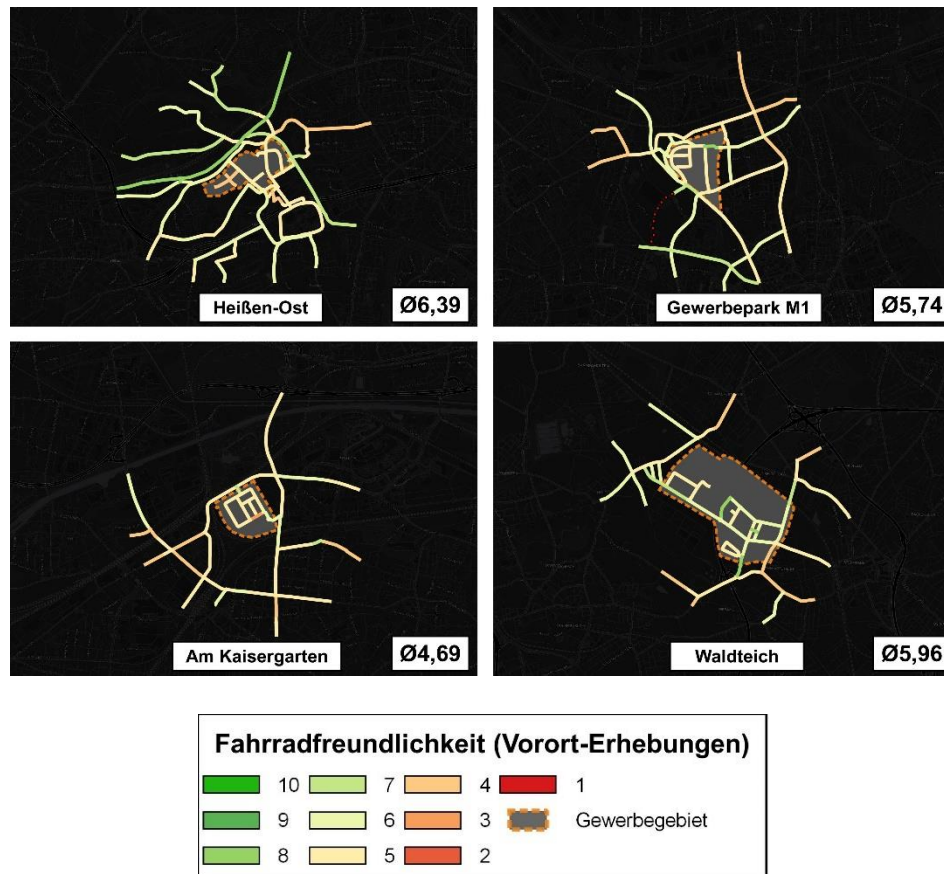


Abbildung 14: Fahrradfreundlichkeit der Vorort erhobenen Indikatoren (Eigene Darstellung)

In Abbildung 14 sind die Ergebnisse der Vorort-Erhebungen dargestellt. Es wurden nicht bei allen Indikatoren (Straßendichte, Topografie, Intermodalität, Anbindung an Radschnellwege) die Straßensegmente bewertet. Die Abbildung zeigt somit nur die Bewertungen der Indikatoren Art, Breite, Straßenbeleuchtung und Oberflächenzustand der Radverkehrsanlagen, die Kfz-Geschwindigkeit, die Kfz-Parksituation auf der Straße sowie die Qualität und Quantität der Grün- und Wasserflächen entlang der Straßen, die Ergebnisse der GIS-Analyse folgt im nächsten Unterkapitel. Die Bewertung dieser einzelnen Indikatoren wurden zusammenaddiert und durch die Anzahl der Indikatoren geteilt, sodass ein Index für die bewerteten Straßensegmente entstanden ist. In den einzelnen Karten werden die Untersuchungsgebiete dargestellt. Zudem zeigen Tabellen die Fahrradfreundlichkeit in den Gewerbegebieten und den Pufferzonen.



Art der Radverkehrsanlagen

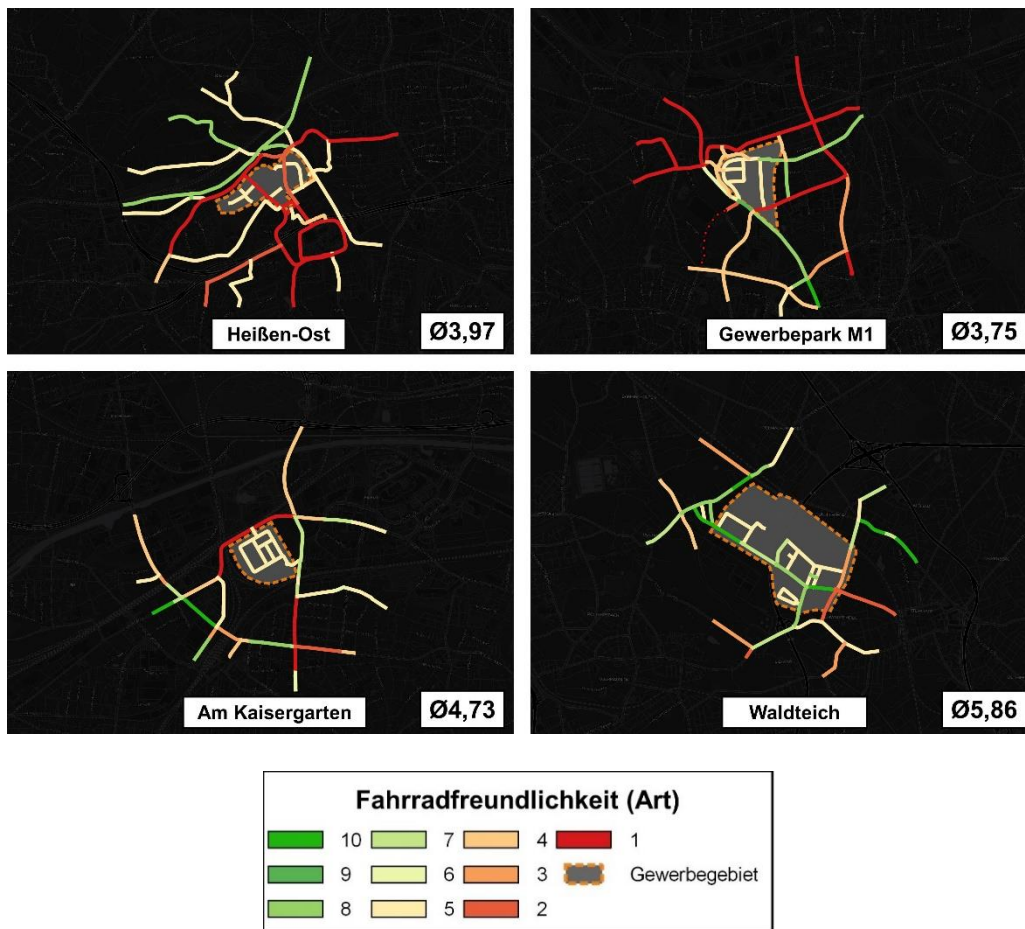


Abbildung 15: Fahrradfreundlichkeit des Radverkehrsanlagentyps in den Untersuchungsgebieten (Eigene Darstellung)

Abbildung 15 zeigt die Bewertung der Radwegetypen in den vier verschiedenen Untersuchungsgebieten. Insgesamt unterscheiden sich die Untersuchungsgebiete bezüglich der Radwegetypen gering voneinander. Insgesamt ist festzustellen, dass die Fahrradfreundlichkeit eher gering ist. Der neu angelegte Gewerbepark Waldteich in Oberhausen sticht allerdings mit einem Score von  $\bar{O}5,86$  aus den untersuchten Gebieten heraus. Dieser hat die höchste Fahrradfreundlichkeit von allen Untersuchungsgebieten. Dementsprechend finden sich hier vor allem baulich getrennte Radwege, die von der Kfz-Fahrbahn durch einen Grünstreifen getrennt sein können. Zwei Drittel aller Radwege im Gewerbepark M1 in Essen befinden sich auf der Fahrbahn, wovon ein großer Teil mehrspurig ist (Score 1). In Heißen-Ost in Mülheim an der Ruhr sind 76% aller Radwege auf der Kfz-Fahrbahn, damit hat das Gebiet von allen Untersuchungsgebieten den geringsten Anteil an baulich getrennten Radwegen. Allerdings ist der Anteil an Schutzstreifen oder einspurigen Straßen dort höher als im Untersuchungsgebiet Gewerbepark M1, sodass die Fahrradfreundlichkeit bezüglich des Indikators in Heißen-Ost

## 4. Ergebnisse

ein wenig höher ausfällt als im Untersuchungsgebiet Gewerbepark M1. Die Unterschiede zwischen den Gewerbegebieten und der Pufferzone werden in Tabelle 21 dargestellt.

Tabelle 21: Score Art der Radverkehrsanlagen

Name	Gesamtscore	Gewerbegebiet	Pufferzone
Heißen-Ost	Ø3,97	Ø3,26	Ø4,13
Gewerbepark M1	Ø3,75	Ø4,77	Ø3,58
Am Kaisergarten	Ø4,73	Ø5,00	Ø4,69
Waldteich	Ø5,86	Ø5,95	Ø5,78

### Breite der Radverkehrsanlagen

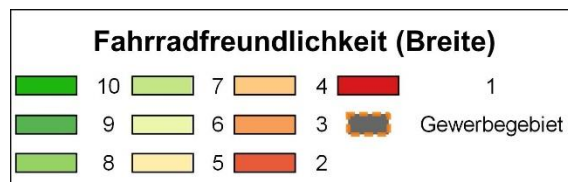


Abbildung 16: Fahrradfreundlichkeit der Radweg- und Fahrbahnbreite in den Untersuchungsgebieten (Eigene Darstellung)

Wie Abbildung 16 zeigt, ist die Fahrradfreundlichkeit bezüglich der Radwegbreiten und der Fahrbahnbreiten im niedrigen Bereich (Ø1,71 bis Ø3,55). Viele der baulich getrennten Radwege sind schmaler als 1,60 Meter, wie beispielsweise im Untersuchungsgebiet Am Kaisergarten in Oberhausen. Nur wenige baulich getrennte Radwege sind über zwei Meter. Unter anderem verläuft ein Teil des Radweges HOAG und ein Teil des Radschnellweges

#### 4. Ergebnisse

RS1 in Heißen-Ost, die nach Regelwerk eine ausreichende Breite haben. Die Breite der Radwege ist in allen Gewerbegebieten niedriger als in den Pufferzonen, sodass die Fahrradfreundlichkeit in den Gewerbegebieten noch niedriger ausfällt (siehe Tabelle 22).

Tabelle 22: Score Breite der Radverkehrsanlagen

Name	Gesamtscore	Gewerbegebiet	Pufferzone
Heißen-Ost	Ø3,36	Ø2,36	Ø3,64
Gewerbepark M1	Ø3,55	Ø3,51	Ø3,56
Am Kaisergarten	Ø1,71	Ø1,21	Ø1,84
Waldteich	Ø2,74	Ø3,27	Ø2,44

#### Oberflächenzustand der Radverkehrsanlagen

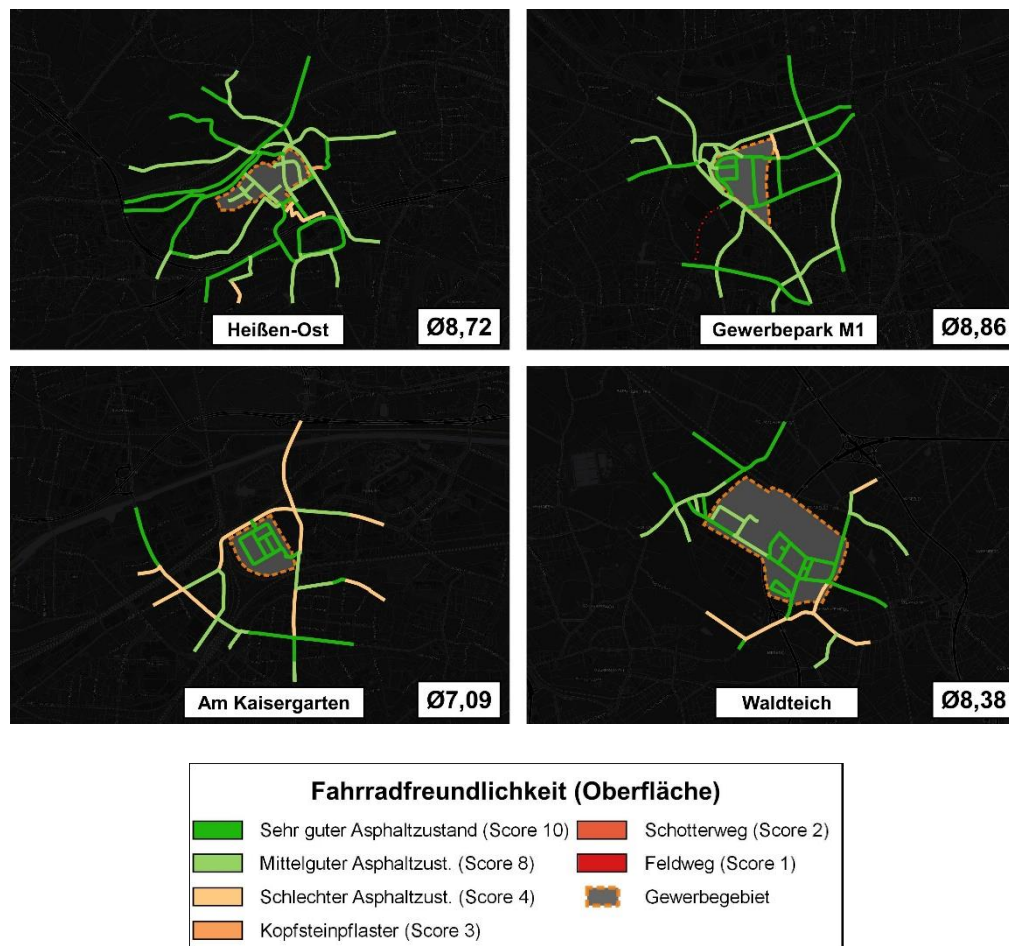


Abbildung 17: Fahrradfreundlichkeit des Oberflächenzustandes in den Untersuchungsgebieten (Eigene Darstellung)

Der Oberflächenzustand ist im Großteil der Untersuchungsgebiete sehr fahrradfreundlich, lediglich das Untersuchungsgebiet Am Kaisergarten zeigt eine Fahrradfreundlichkeit im mittleren Bereich (siehe Abbildung 17). Ein Großteil der Radwege hat einen sehr guten oder mittelmäßigen Asphaltzustand. Radwege, die außerhalb von Kfz-Fahrbahnen verlaufen,

## 4. Ergebnisse

sind meist nicht asphaltiert, sondern haben eine wassergebundene Oberfläche ohne Löcher oder Risse (siehe Abbildung 9). Besonders in den neu entwickelten Gewerbegebieten wie dem Gewerbepark M1 oder dem Gewerbepark Waldteich befinden sich die Oberflächen in einem fahrradfreundlichen Zustand. Auch innerhalb des Gewerbegebietes Am Kaisergarten sind die Fahrbahnen in einem fahrradfreundlichen Zustand, allerdings sind die Radwege in der ein Kilometer großen Pufferzone mit Rissen und Löchern bedeckt. Somit gibt es ein Gefälle zwischen dem Gewerbegebiet selbst und dessen Umgebung (siehe Tabelle 23).

Tabelle 23: Score Oberflächenzustand

Name	Gesamtscore	Gewerbegebiet	Pufferzone
Heißen-Ost	Ø8,72	Ø8,15	Ø8,80
Gewerbepark M1	Ø8,86	Ø9,70	Ø8,72
Am Kaisergarten	Ø7,09	Ø10,00	Ø6,59
Waldteich	Ø8,38	Ø9,31	Ø7,77

### Kfz-Geschwindigkeit

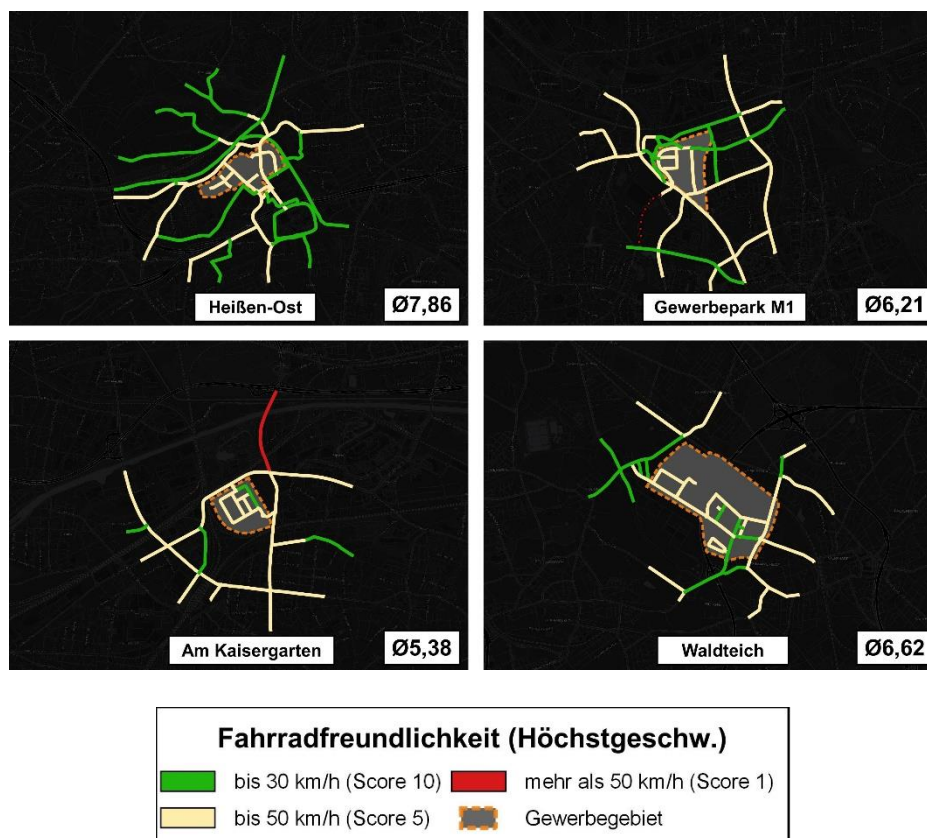


Abbildung 18: Fahrradfreundlichkeit der Geschwindigkeit in den Untersuchungsgebieten (Eigene Darstellung)



#### 4. Ergebnisse

---

In nur einem der Untersuchungsgebiete gibt es einen Straßenabschnitt, der eine schnellere Kfz-Höchstgeschwindigkeit hat als 50 km/h. Die höchste Fahrradfreundlichkeit bezüglich der Geschwindigkeit gibt es im Mülheimer Gewerbegebiet Heißen-Ost, in der es aufgrund von eigenständigen Radwegen und Tempo-30-Zonen Höchstgeschwindigkeiten von 30 km/h gibt. Im Gewerbepark M1 in Essen gibt es einige Fahrradstraßen, in der eine Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h erlaubt ist. Den größten Anteil an Tempo-50-Zonen von allen Untersuchungsgebieten hat das Gewerbegebiet Am Kaisergarten, in der es nur wenige Tempo-30-Zonen gibt. Tabelle 24 zeigt die unterschiedliche Bewertung der Gewerbegebiete und der Pufferzonen. In den Gewerbegebieten Heißen-Ost und in Waldteich gibt es relativ gesehen mehr Tempo-50-Zonen als in den Pufferzonen.

Tabelle 24: Score Kfz-Geschwindigkeit

<b>Name</b>	<b>Gesamtscore</b>	<b>Gewerbegebiet</b>	<b>Pufferzone</b>
Heißen-Ost	Ø7,86	Ø5,01	Ø8,18
Gewerbepark M1	Ø6,21	Ø5,94	Ø6,61
Am Kaisergarten	Ø5,38	Ø5,89	Ø5,26
Waldteich	Ø6,62	Ø5,96	Ø7,04

*Straßenbeleuchtung*

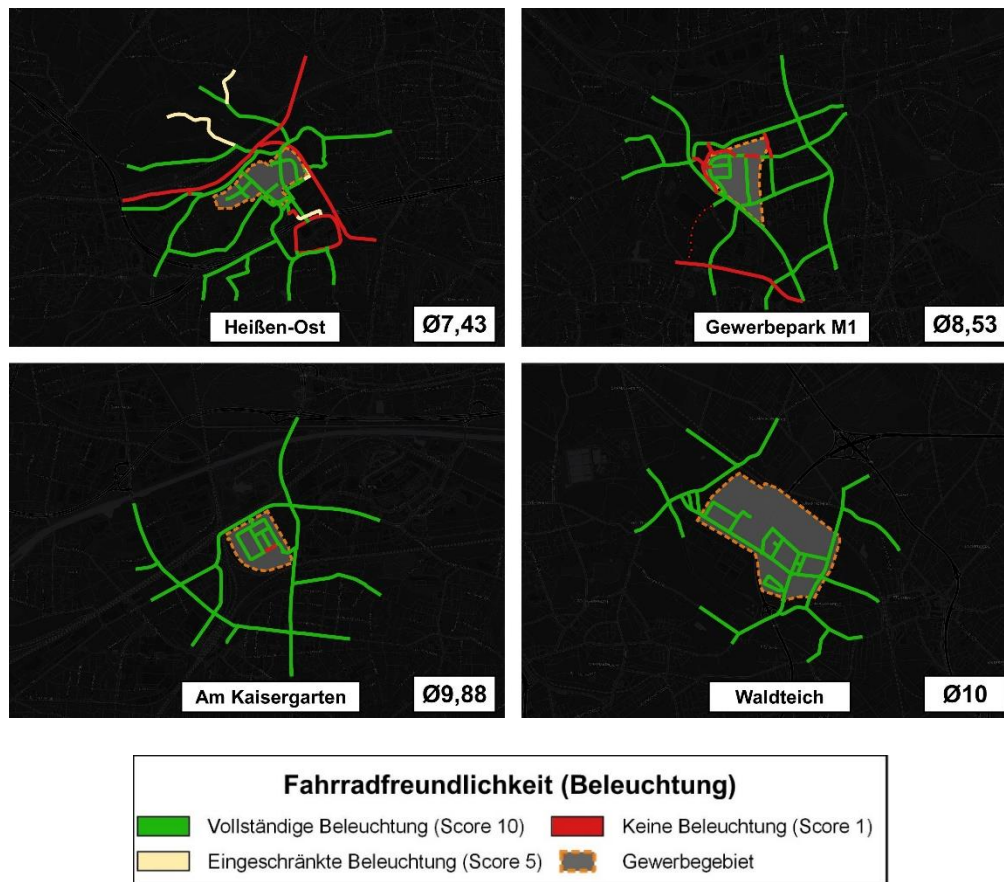


Abbildung 19: Fahrradfreundlichkeit der Beleuchtung in den Untersuchungsgebieten (Eigene Darstellung)

Nahezu alle Radwege sind vollständig beleuchtet in den Untersuchungsgebieten, daraus ergibt sich die höchste Fahrradfreundlichkeit von allen gemessenen Indikatoren. Lediglich die selbstständig verlaufenden Radwege, die nicht straßenbegleitend verlaufen, haben keine Beleuchtung. Unter anderem hat der Radschnellweg RS1 keine Beleuchtung. Auch die selbstständig verlaufenden Radwege im Gewerbepark M1 und der südliche verlaufene RS1 in Essen sind ohne Beleuchtung ausgestattet. Hierbei ist zu beachten, dass diese auch durch Wälder verlaufen. In Gewerbegebieten ist eine Straßenbeleuchtung tendenziell eher vorhanden als in den Umgebungszonen (siehe Tabelle 25).

Tabelle 25: Score Straßenbeleuchtung

Name	Gesamtscore	Gewerbegebiet	Pufferzone
Heißen-Ost	Ø7,43	Ø10	Ø7,04
Gewerbepark M1	Ø8,53	Ø8,51	Ø8,53
Am Kaisergarten	Ø9,88	Ø9,00	Ø10
Waldteich	Ø10	Ø10	Ø10

Parkende Kfz

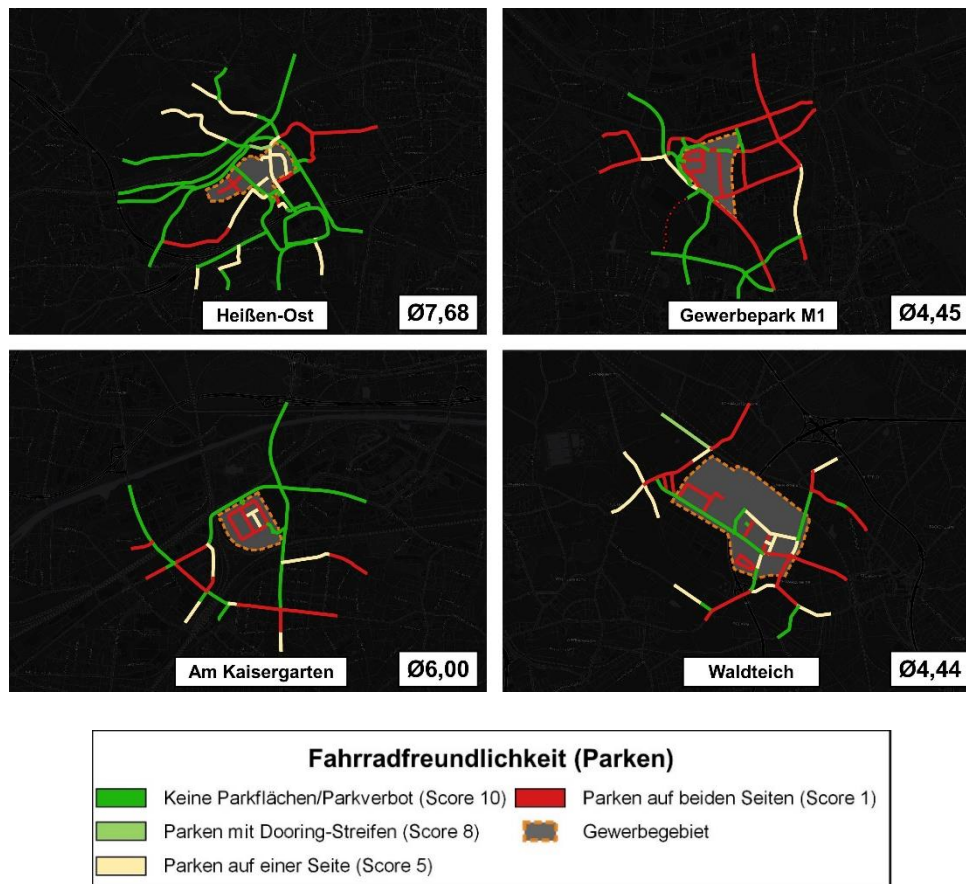


Abbildung 20: Fahrradfreundlichkeit des Indikators Kfz-Parken in den Untersuchungsgebieten (Eigene Darstellung)

Hinsichtlich der Kfz-Parksituation gibt es große Unterschiede zwischen den Untersuchungsgebieten (siehe Abbildung 20). Im Untersuchungsgebiet Heißen-Ost gibt es zahlreiche Parkverbote auf Straßen und weniger Parkplätze im Seitenraum als in anderen Untersuchungsgebieten. In Heißen-Ost gibt es auch den größten Anteil an selbstständigen Radwegen, die nicht parallel zu Kfz-Fahrbahnen verlaufen (u. a. der Radschnellweg RS1). An diesen Radwegen ist das Parken verboten. Im Gegensatz zu diesem Untersuchungsgebiet ist die Fahrradfreundlichkeit bezüglich des Kfz-Parkens im Gewerbepark M1 und Gewerbepark Waldteich signifikant niedriger. Im Untersuchungsgebiet Gewerbepark M1 gibt es auch große Parkplatzprobleme und Parkdruck. Im Gewerbegebiet selbst ist das Parken auf beiden Seiten der Straßen erlaubt, nur auf den selbstständigen Radwegen ist das Parken verboten. Auch in den anderen Gewerbegebieten zeigt sich, dass in nur wenigen Fällen das Parken auf beiden Seiten oder auf einer Seite verboten ist.

Die Parksituation unterscheidet sich zwischen den Gewerbegebieten und deren Umgebungszonen. Die Fahrradfreundlichkeit ist in den Pufferzonen signifikant höher, denn es gibt weniger Parkplätze und mehr Parkverbote auf den Fahrbahnen.

Tabelle 26: Score Kfz-Parken

Name	Gesamtscore	Gewerbegebiet	Pufferzone
Heißen-Ost	Ø7,68	Ø5,59	Ø7,94
Gewerbepark M1	Ø4,45	Ø2,49	Ø4,79
Am Kaisergarten	Ø6,00	Ø3,18	Ø6,71
Waldteich	Ø4,44	Ø4,86	Ø4,17

Grün- und Wasserflächen

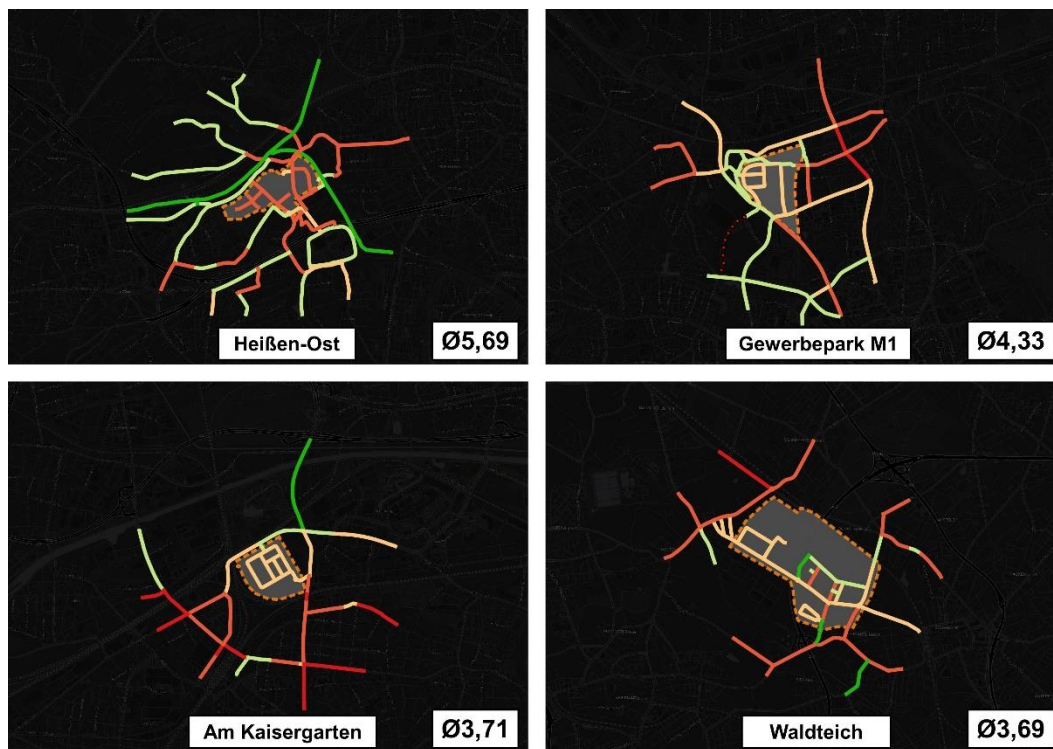


Abbildung 21: Fahrradfreundlichkeit der Grün- und Wasserflächeninfrastruktur in den Untersuchungsgebieten (Eigene Darstellung)

In den Untersuchungsbioten ist die Fahrradfreundlichkeit bezüglich der Grün- und Wasserflächeninfrastruktur im niedrigeren Bereich (siehe Abbildung 21). So sind in den Untersuchungsgebieten Gewerbepark M1 und Am Kaisergarten circa ein Drittel des gesamten Straßennetzes ohne Grünflächeninfrastruktur oder nur mit einzelnen Bäumen ausgestattet, im Gewerbepark Waldteich sogar etwa die Hälfte. Werden die Straßen mit Grünstreifen oder Begleitgrün hinzugezählt, ergeben sich in diesen Untersuchungsgebieten Anteile von 70% bis 82% am Gesamtstraßennetz. Im Untersuchungsgebiet Heißen-Ost



#### 4. Ergebnisse

---

liegt der Anteil hingegen bei fast 40%. Dort ist der Anteil an kleinen und großen Grün- und Wasserflächeninfrastrukturen an den Straßen höher (siehe Tabelle 28). Der Radschnellweg RS1 und die Radwegroute *Grugaweg* führen durch das Untersuchungsgebiet, die beide durch Grünanlagen verlaufen.

Wie Tabelle 27 zeigt, ist der Grün- und Wasserflächenanteil in den Gewerbegebieten höher als in den Pufferzonen. Nur im Gewerbegebiet Heißen-Ost ist er wesentlich kleiner als in der Umgebungszone.

Tabelle 27: Score Grün- und Wasserflächen

Name	Gesamtscore	Gewerbegebiet	Pufferzone
Heißen-Ost	Ø5,69	Ø2,27	Ø6,12
Gewerbepark M1	Ø4,33	Ø4,39	Ø4,32
Am Kaisergarten	Ø3,71	Ø4,13	Ø3,66
Waldteich	Ø3,69	Ø4,52	Ø3,16

Tabelle 28: Anteil der Grünflächentypen in den Untersuchungsgebieten

Untersuchungsgebiet	Keine Grünflächen	Einzelne Bäume	Grünstreifen /Begleitgrün	Kleine Grünfl.	Große Grünfl.
Heißen-Ost	0%	32,40%	7,23%	42,84%	17,52%
Gewerbepark M1	4,04%	29,78%	38,70%	27,40%	0%
Am Kaisergarten	21,96%	14,82%	37,49%	18,37%	7,36%
Waldteich	4,28%	44,60%	33,77%	11,00%	6,34%

Einheitlichkeit

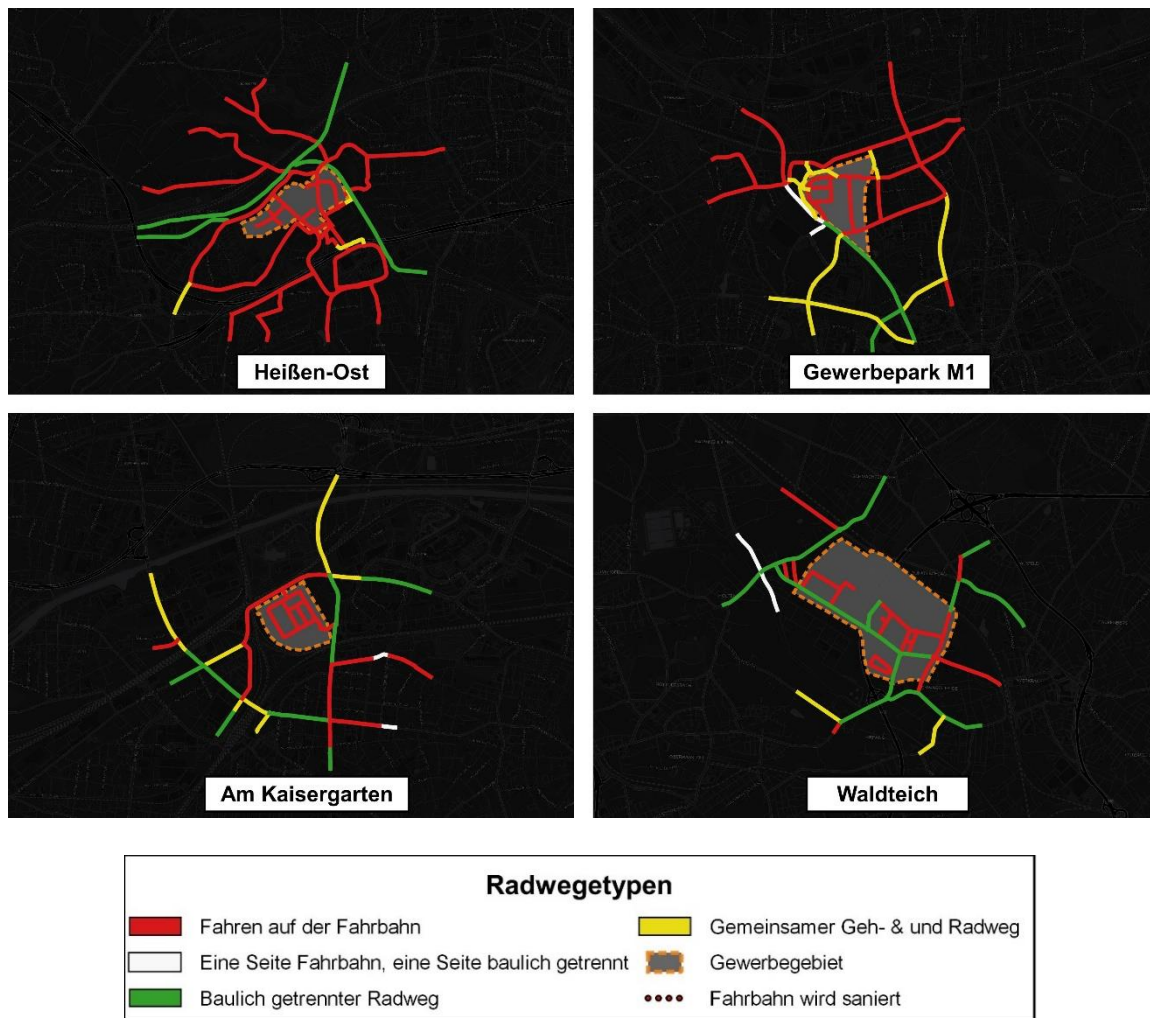


Abbildung 22: Radwegetypen in den Untersuchungsgebieten (Eigene Darstellung)

Abbildung 22 stellt die einzelnen Radwegetypen in den Untersuchungsgebieten dar, ob diese baulich getrennt, auf der Fahrbahn oder als gemeinsame Geh- und Radwege verlaufen. Zu beachten ist, dass auf mehrspurigen Straßen auch unterschiedliche Radwegetypen verlaufen können, sodass auf einer Seite ein baulich getrennter Radweg angelegt sein kann, auf der anderen Seite aber auf der Kfz-Fahrbahn gefahren werden muss. Auffallend hierbei ist, dass in nahezu keinem Gewerbegebiet baulich getrennte Radwege angelegt sind, nahezu alle baulich getrennten Radwege verlaufen außerhalb der Gewerbegebiete in den Pufferzonen. Der größte Teil innerhalb der Gewerbegebiete besteht aus Radwegen im Mischverkehr auf einspurigen Straßen. Da die Radwege durch den Indikator *Art der Radverkehrsanlagen* bewertet werden, wurde die Einheitlichkeit durch einen Indikator nicht bewertet. Es ist aber festzustellen, dass einige Untersuchungsgebiete kein kohärentes Radverkehrsnetz haben.

In Abbildung 23 wird dargestellt, ob Radverkehrsanlagen in den Untersuchungsgebieten gefärbt oder ungefärbt sind. Auch die Färbung wird als Indikator nicht bewertet, da diese

#### 4. Ergebnisse

durch den Indikator *Art der Radverkehrsanlagen* bewertet wird, in der ein gefärbter Radweg höher bewertet wird als ein ungefärbter Radweg. Ein Großteil der Untersuchungsgebiete sind nicht gefärbt, die Gewerbegebiete haben einen höheren Anteil an ungefärbten Anlagen als die Pufferzonen.

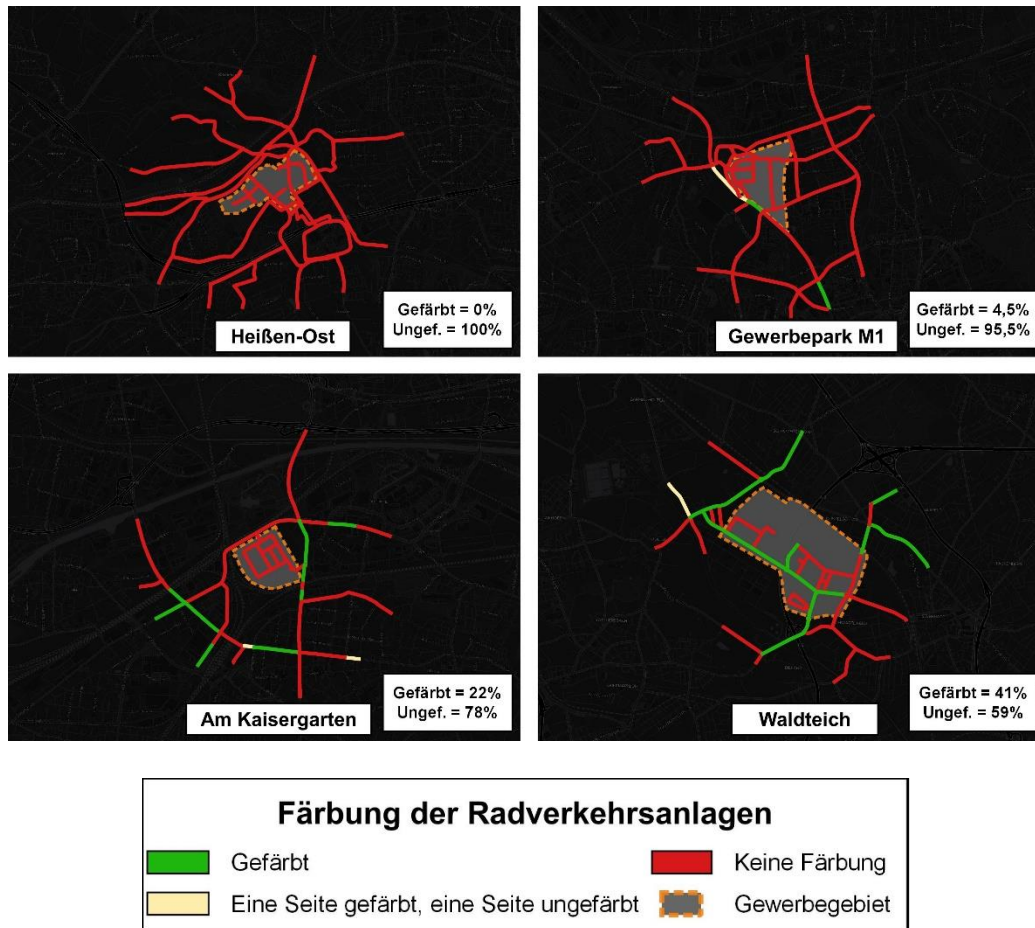


Abbildung 23: Färbung der Radverkehrsanlagen (Eigene Darstellung)

Im Untersuchungsgebiet Am Kaisergarten ist keine Radverkehrsanlage gefärbt, im Gewerbepark M1 4,5% der Radwege. Aus den Ergebnissen sticht vor allem der Gewerbepark Waldteich heraus, wo 41% aller Radwege gefärbt sind. Tabelle 29 gibt eine Übersicht über den Anteil an gefärbten Radwegen in den Gewerbegebieten und Pufferzonen.

Tabelle 29: Anteil der Färbung der Radverkehrsanlagen

Name	Gesamtscore (Gefärbt/ungef.)	Gewerbegebiet (Gefärbt/ungef.)	Pufferzone (Gefärbt/ungef.)
Heißen-Ost	0%/100%	0%/100%	0%/100%
Gewerbepark M1	4,5%/95,5%	0%/100%	4,5%/95,5%
Am Kaisergarten	22%/78%	0%/100%	22%/78%
Waldteich	41%/59%	37%/63%	44%/56%

## 4.2 Ergebnisse der GIS-Analysen

### Konnektivität

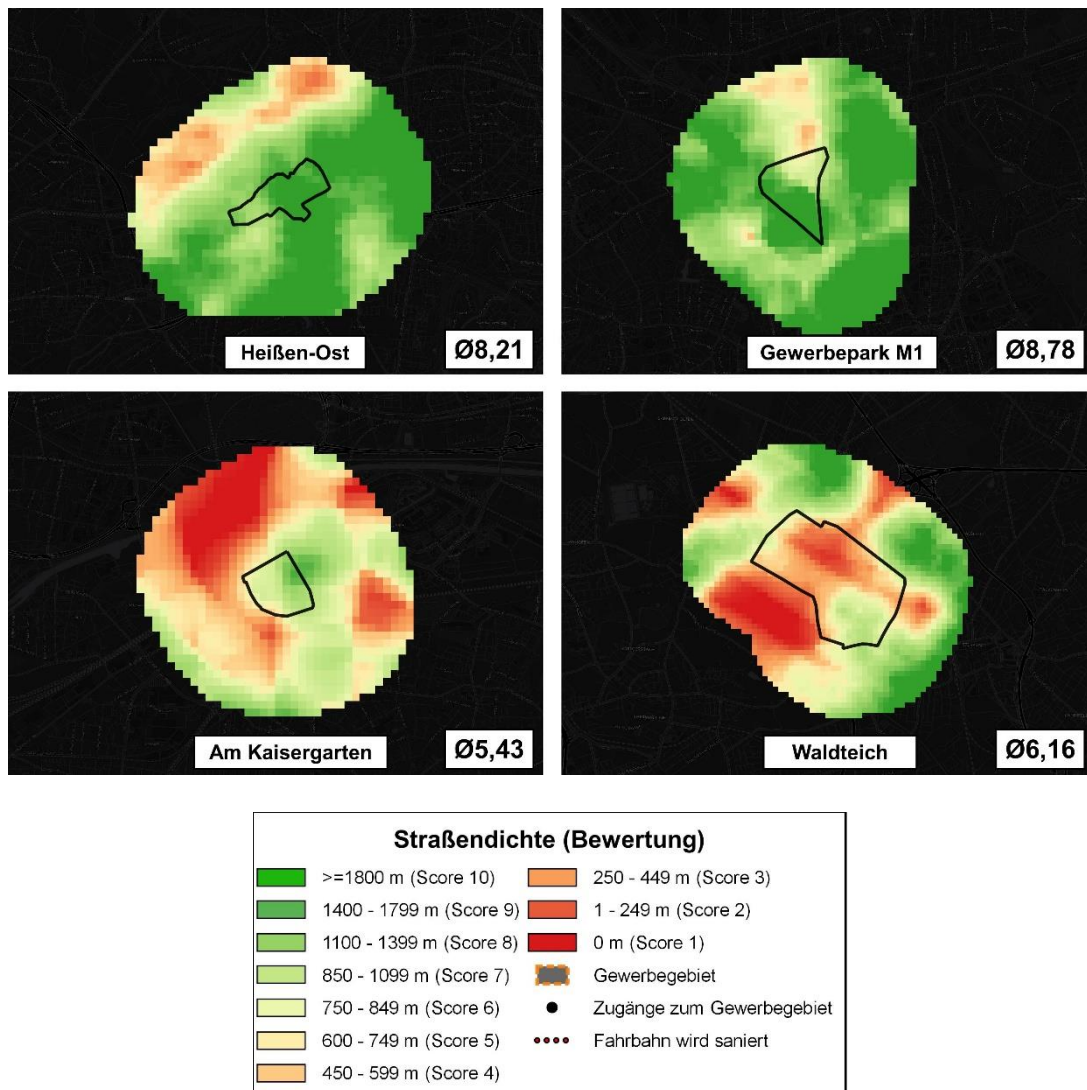


Abbildung 24: Fahrradfreundlichkeit der Straßendichte in den Untersuchungsgebieten (Eigene Darstellung)

Abbildung 24 zeigt die Fahrradfreundlichkeit der Konnektivität gemessen an der Straßendichte in den Untersuchungsgebieten. Die Untersuchungsgebiete Heißen-Ost und Gewerbepark M1 haben beide eine hohe Straßendichte im Vergleich zu den beiden anderen Untersuchungsgebiete Am Kaisergarten und Waldteich. Die meisten Zugänge ins Gewerbegebiet hat der Gewerbepark M1, die Gewerbegebiete Heißen-Ost und Waldteich haben jeweils fünf Zugangspunkte, das Gewerbegebiet Am Kaisergarten zwei Zugangspunkte. Ist aus allen Himmelsrichtungen der Gewerbepark M1 für Radfahrende zugänglich, so ist das Gewerbegebiet Heißen-Ost aus nördlicher und südlicher Richtung durch Zuwege erschlossen. Aus östlicher Richtung führt ein gemeinsamer schmaler Geh- und Radweg in das Gewerbegebiet, der teilweise sogar auf Schotter verläuft. Aus westlicher Richtung ist das Gebiet nicht erschlossen. Waldteich ist zugänglich aus westlicher Richtung



## 4. Ergebnisse

und vor allem aus östlicher Richtung, wo sich mehrere Zugangspunkte befinden. In südwestlicher Richtung liegt ein Industriegebiet, was den Zugang aus dieser Richtung versperrt.

Das Gewerbegebiet Am Kaisergarten hat zwei Zugänge, einen im Norden an der *Duisburger Straße* und einen im Osten an der *Mülheimer Straße*.

### Intermodalität

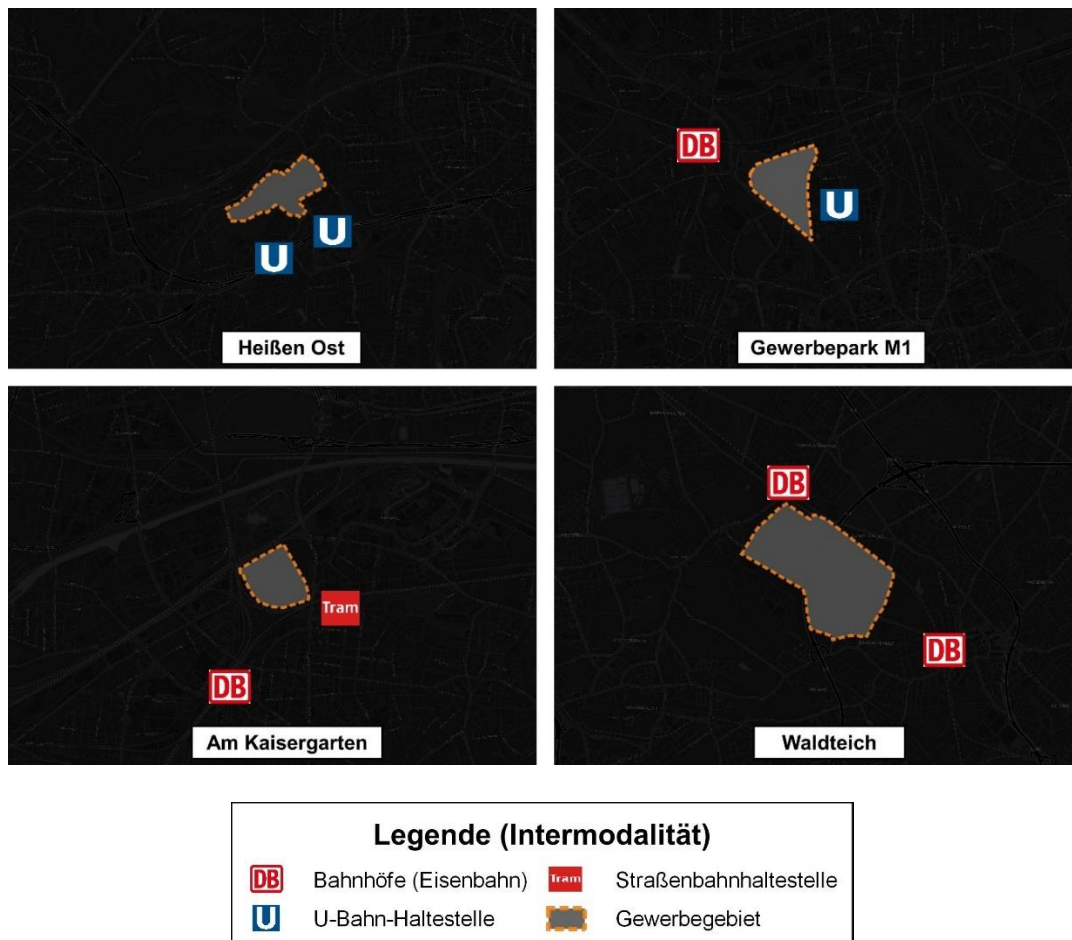


Abbildung 25: Untersuchte ÖPNV-Haltestellen in den Untersuchungsgebieten (Eigene Darstellung)

In allen Untersuchungsgebieten befinden sich mindestens zwei Haltestationen einer Eisenbahn, einer U-Bahn oder Straßenbahn (siehe Abbildung 25). Für die Untersuchung der Fahrradfreundlichkeit der Intermodalität wurde auch untersucht, ob diese Haltestellen mit einem Fahrradverleihsystem, einer Radabstellanlage und einer barrierefreien Infrastruktur (Rampen oder Aufzüge) ausgestattet sind. Ebenso wurde überprüft, ob die Fahrradmitnahme im ÖPNV kostenlos ist. In Tabelle 30 wird die Fahrradfreundlichkeit der Intermodalität dargestellt. Hinter dem Namen des Untersuchungsgebietes befindet sich der Score. Die Mitnahme ist in allen Stadtbahnen und dem SPNV kostenlos, sofern ein Monatsticket des VRR (VRR Tarif 2000) erworben wurde. Das Gewerbegebiet Heißen-Ost ist nur durch die Stadtbahn U18 mit dem Schienen-ÖPNV erreichbar, die Verbindung mit

#### 4. Ergebnisse

einer Businfrastruktur wurde in dieser Arbeit nicht untersucht. An beiden untersuchten Haltestellen befindet sich kein Fahrradverleihsystem. In Oberhausen (Am Kaisergarten, Waldteich) sind an jeder untersuchten Haltestelle alle Infrastrukturelemente vorhanden, lediglich am *Bahnhof Sterkrade* im Untersuchungsgebiet Waldteich fehlt der barrierefreie Ausbau eines Bahnsteiges.

Tabelle 30: Fahrradfreundlichkeit der Intermodalität (Eigene Darstellung)

<b>Untersuchungsgebiet (Score)</b>	<b>Haltestellenname (Betreiber)</b>	<b>Verleihsystem</b>	<b>Radabstellanlage</b>	<b>Rampe/Aufzug</b>	<b>Kostenlose Mitnahme</b>
Heißen-Ost (Ø6,00)	Rhein-Ruhr-Zentrum (Ruhrbahn)	Nein	Nein	Ja	Ja (VRR Tarif 2000)
	Rosendeller Straße (Ruhrbahn)	Nein	Ja	Nein	Ja
Gewerbepark M1 (Ø8,00)	Essen-Bergeborbeck (DB)	Nein	Ja	Nein	Ja
	Bamlerstraße (Ruhrbahn)	Ja	Ja	Ja	Ja
Am Kaisergarten (Ø10,00)	Oberhausen Hbf. (DB)	Ja	Ja	Ja	Ja
	Feuerwache (STOAG)	Ja	Ja	Ja	Ja
Waldteich (Ø9,00)	Oberhausen-Holten (DB)	Ja	Ja	Ja	Ja
	Oberhausen-Sterkrade (DB)	Ja	Ja	Nein	Ja

Topografie

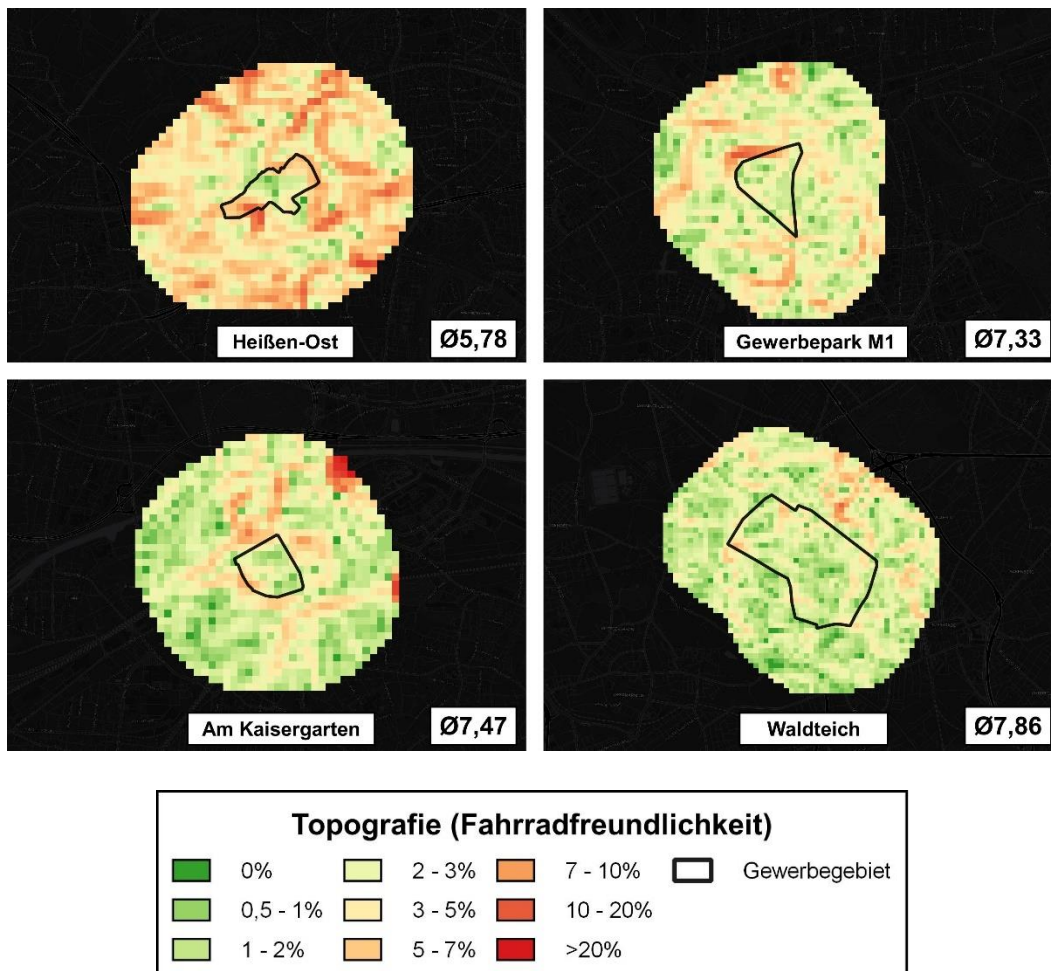


Abbildung 26: Topografie der Untersuchungsgebiete (Eigene Darstellung)

Hinsichtlich der Topografie sind die Untersuchungsgebiete im oberen Bereich der Fahrradfreundlichkeit, nur das Untersuchungsgebiet Heißen-Ost liegt im mittleren Bereich, wobei die Gefälle hauptsächlich außerhalb der Gewerbegebiete liegen (siehe Abbildung 26).

Anbindung an den Radschnellweg

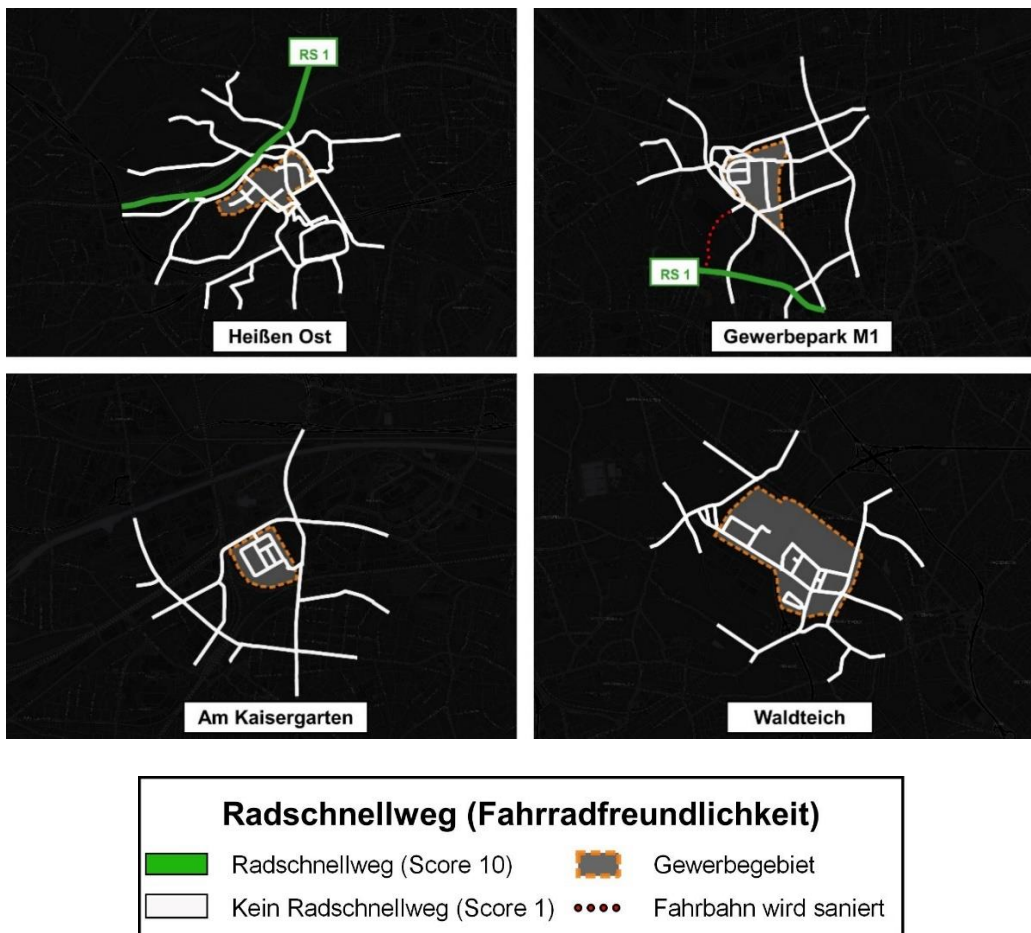


Abbildung 27: Vorhandensein eines Radschnellweges in den Untersuchungsgebieten (Eigene Darstellung)

Nur nördlich des Untersuchungsgebietes Heißen-Ost in Mülheim an der Ruhr und südlich des Gewerbeparks M1 in Essen verläuft ein Radschnellweg. Der Radschnellweg RS1, der auch als Radschnellweg Ruhr bekannt ist, soll quer durch das Ruhrgebiet verlaufen. Der RS1 verbindet als Radschnellweg die Städte Duisburg, Mülheim an der Ruhr, Essen, Gelsenkirchen, Bochum, Dortmund, Unna, Bergkamen, Kamen und Hamm miteinander (REGIONALVERBAND RUHR 2014: 50). Die Stadt Oberhausen, wo die Untersuchungsgebiete Am Kaisergarten und Waldteich liegen, wird somit nicht an den Radschnellweg RS1 angeschlossen.



### **4.3 Gesamtergebnis**

In Tabelle 31 werden die Ergebnisse der Untersuchung dargestellt. Da die Ergebnisse der GIS-Analyse anders dargestellt werden als die Ergebnisse der Vorort-Erhebung werden diese in einer Tabelle dargestellt. Insgesamt bewegt sich die Fahrradfreundlichkeit der Untersuchungsgebiete in einer Spannweite von Ø5,67 im Untersuchungsgebiet Am Kaisergarten bis Ø6,79 im Untersuchungsgebiet Heißen-Ost. Die Bewertungsscore für die Topografie konnten für das Gewerbegebiet und die Pufferzonen nicht ermittelt werden, weshalb diese mit dem Topografie-Gesamtscore bewertet wurden.

Tabelle 31: Übersicht der Score in den Untersuchungsgebieten

Untersuchungsgebiet	der Art Radverkehrsanlage	der Breite Radverkehrsanlage	Oberflächenzustand	KFZ-Geschwindigkeit	Straßenbeleuchtung	KFZ-Parken	Grün- & Wasserflächen	Straßendichte	Intermodalität	Topografie	Anbindung an einen Radschnellweg	Gesamtnote
<b>Heißen Ost</b>	<b>Ø3,97</b>	<b>Ø3,36</b>	<b>Ø8,72</b>	<b>Ø7,86</b>	<b>Ø7,43</b>	<b>Ø7,68</b>	<b>Ø5,69</b>	<b>Ø8,21</b>	<b>Ø6,00</b>	<b>Ø5,78</b>	<b>Ø10</b>	<b>Ø6,79</b>
Gewerbegebiet	Ø3,26	Ø2,36	Ø8,15	Ø5,01	Ø10	Ø5,59	Ø2,27	Ø9,24	Ø6,00	-	Ø10	Ø6,15
Pufferzone	Ø4,13	Ø3,64	Ø8,80	Ø8,18	Ø7,04	Ø7,94	Ø6,12	Ø8,17	Ø6,00	-	Ø10	Ø6,89
<b>Gewerbepark M1</b>	<b>Ø3,75</b>	<b>Ø3,55</b>	<b>Ø8,86</b>	<b>Ø6,21</b>	<b>Ø8,53</b>	<b>Ø4,45</b>	<b>Ø4,33</b>	<b>Ø8,78</b>	<b>Ø8,00</b>	<b>Ø7,33</b>	<b>Ø10</b>	<b>Ø6,71</b>
Gewerbegebiet	Ø4,77	Ø3,51	Ø9,70	Ø5,94	Ø8,51	Ø2,49	Ø4,39	Ø8,68	Ø8,00	-	Ø10	Ø6,67
Pufferzone	Ø3,58	Ø3,56	Ø8,72	Ø6,61	Ø8,53	Ø4,79	Ø4,32	Ø8,82	Ø8,00	-	Ø10	Ø6,75
<b>Am Kaisergarten</b>	<b>Ø4,73</b>	<b>Ø1,72</b>	<b>Ø7,09</b>	<b>Ø5,38</b>	<b>Ø9,88</b>	<b>Ø6,00</b>	<b>Ø3,71</b>	<b>Ø5,43</b>	<b>Ø10</b>	<b>Ø7,47</b>	<b>Ø1,00</b>	<b>Ø5,67</b>
Gewerbegebiet	Ø5,00	Ø1,21	Ø10	Ø5,89	Ø9,30	Ø3,18	Ø4,13	Ø7,35	Ø10	-	Ø1,00	Ø5,87
Pufferzone	Ø4,69	Ø1,84	Ø6,59	Ø5,26	Ø10	Ø6,71	Ø3,66	Ø5,28	Ø10	-	Ø1,00	Ø5,68
<b>Waldteich</b>	<b>Ø5,86</b>	<b>Ø2,74</b>	<b>Ø8,38</b>	<b>Ø6,62</b>	<b>Ø10</b>	<b>Ø4,44</b>	<b>Ø3,69</b>	<b>Ø6,16</b>	<b>Ø9,00</b>	<b>Ø7,86</b>	<b>Ø1,00</b>	<b>Ø5,98</b>
Gewerbegebiet	Ø5,95	Ø3,27	Ø9,31	Ø5,96	Ø10	Ø4,86	Ø4,52	Ø4,83	Ø9,00	-	Ø1,00	Ø6,05
Pufferzone	Ø5,78	Ø2,44	Ø7,77	Ø7,04	Ø10	Ø4,17	Ø3,16	Ø6,55	Ø9,00	-	Ø1,00	Ø5,89

## 5. Diskussion

Ziel dieser Arbeit ist es gewesen, zu untersuchen, ob die Fahrradinfrastruktur in Gewerbegebieten fahrradfreundlich ist und Menschen dazu einlädt, auf das Fahrrad umzusteigen. Studien stellen heraus, dass eine Radinfrastruktur *sicher, komfortabel* und *schnell* sein muss, damit Radfahrende sich auf diesen Routen wohl und unbesorgt fühlen. Dazu erweitert GRAF (2016) die Definition einer fahrradfreundlichen Infrastruktur um die Attribute *auffallend* und *wahrnehmbar*. Demnach sollen die Radverkehrsanlagen den Teilnehmenden im Straßenverkehr ins Auge fallen, damit Radwege als solche überhaupt wahrgenommen werden können. Diese einladende Infrastruktur erleichtert den Menschen den Umstieg auf das Fahrrad.

### *Subjektives Sicherheitsempfinden der Radinfrastruktur*

Menschen handeln vor allem nach ihren Gefühlen und Empfinden, weshalb eine rein objektiv sichere Infrastruktur nicht ausreicht, damit Menschen auf das Fahrrad umsteigen. GELLER (2009) entwirft unterschiedliche Typen von Rad- und Nichtradfahrenden, in der die verschiedenen Typen nach ihrem Sicherheitsempfinden im Radverkehr unterteilt werden. Ins Blickfeld als potenzielle Umsteiger vom Auto auf das Fahrrad geraten dabei die von GELLER (2009) beschriebene Gruppe der *Interessierten*, die laut DILL & MCNEIL (2016) 51% der städtischen US-Bevölkerung ausmachen. Diese Gruppe interessiert sich für das Fahrradfahren, fährt allerdings nie bis selten und nicht regelmäßig, weil sie sich nicht sicher auf dem Fahrrad fühlt. Eine Infrastruktur, die das Sicherheitsempfinden dieser Gruppe stärkt, könnte bei einem Verkehrsmittelwechsel auf das Fahrrad unterstützend sein. DILL & MCNEIL (2016) zeigen, dass diese Gruppe sich vor allem mehr baulich getrennte Radwege wünschen und das Fahren auf Kfz-Fahrbahnen vermeiden. Diese würden das Fahrrad nicht nutzen, wenn keine separate Radinfrastruktur vorhanden ist. Die Errichtung von einer subjektiv sicheren Infrastruktur steigert das Sicherheitsempfinden von Radfahrenden und von Nichtradfahrenden. Studien belegen, dass die Errichtung von separaten Radwegen den Radverkehrsanteil erhöhen (MÖLENBERG et al. 2019: 6ff., MOHS & CLIFTON 2016: 152, WAHLGREN & SCHANTZ 2012: 11). Aus diesem Grund wurden separate Radwege in dieser Arbeit als fahrradfreundlicher bewertet als eine Radverkehrsführung auf der Kfz-Fahrbahn, obwohl Studien in Deutschland das Fahren auf der Kfz-Fahrbahnen als sicherer ermittelten als das Fahren auf separaten Radwegen (ALRUTZ et al. 2015: 115).

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass baulich getrennte Radwege seltener vorhanden sind als die Führung auf der Fahrbahn. Der Großteil der selbstständigen Radwege, die nicht parallel zu einer Kfz-Fahrbahn verlaufen, sind gemeinsame Geh- und Radwege. In vielen Studien wird die Radverkehrsführung nur danach bewertet, ob die Radverkehrsführung vom

Kfz baulich getrennt ist oder nicht (KRENN et al. 2015, WINTERS et al. 2013). Gemeinsame Geh- und Radwege können allerdings das Sicherheitsempfinden der Radfahrenden senken, was in dieser Arbeit berücksichtigt wurde (HANTSCHHEL et al. 2019: 10-12). Vor allem das Untersuchungsgebiet Heißen-Ost mit seiner hohen Anzahl an selbstständigen Radwegen würde in Studien zu einer sehr hohen Bewertung führen, bei dieser Arbeit führt die Führung mit dem Fußverkehr allerdings zu einer leichten Abwertung der Fahrradfreundlichkeit. In den Gewerbegebieten sind sehr wenige Radverkehrsführungen baulich getrennt und verlaufen im Mischverkehr mit dem Kfz. Allerdings sind große Teile des Mischverkehrs in den Gewerbegebieten auf einspurigen Nebenstraßen, in denen das Kfz-Verkehrsaufkommen geringer ist als auf mehrspurigen Hauptverkehrsstraßen. Auf einspurigen Nebenstraßen mit geringem Verkehrsaufkommen fühlen sich die Gruppe der *Interessierten* sicherer als auf mehrspurigen Hauptverkehrsstraßen, allerdings nicht so sicher wie auf baulich getrennten Radwegen. Dennoch ist zu beachten, dass das generelle Verkehrsaufkommen in nebenspurigen Straßen zwar geringer ist, in Gewerbegebieten der Schwerlastenverkehrsanteil aber höher ist als etwa in Wohngebieten. Somit kann auch eine separate Radinfrastruktur in Nebenstraßen in Gewerbegebieten gerechtfertigt sein und die berufsbedingte Mobilität mit dem Fahrrad fördern. In den Pufferzonen ist der Anteil an baulich getrennten Radwegen höher als in den Gewerbegebieten. Während der Großteil der erhobenen Straßen in den Gewerbegebieten Nebenstraßen sind, wurden in den Pufferzonen meist nur Durchgangsstraßen gemessen. Durchgangsstraßen sind häufig Hauptverkehrsstraßen mit hohem Verkehrsaufkommen, in denen zur Sicherheit der Radfahrenden baulich getrennte Radwege angelegt werden.

Von allen gemessenen Indikatoren wurde der Indikator der Breite am niedrigsten bewertet, denn die baulich getrennten Radwege entsprechen überwiegend nicht den Kriterien der ERA für eine ausreichende Breite. Wird die Breite bei den Kfz-Fahrbahnen meistens besser bewertet als die der baulich getrennten Radwege, sind diese häufig dennoch nicht breit genug, um ein ausreichendes Sicherheitsempfinden bei den *Interessierten* zu erzeugen (siehe Kapitel 3.3.1). Diese haben Angst bei zu schmalen Fahrbahnen in Konflikt mit den Kfz zu geraten.

Auch eine sehr stark geschädigte Oberfläche kann die Sicherheit gefährden und das Sicherheitsempfinden der *Interessierten* senken (siehe Kapitel 2.5). Bis auf das Untersuchungsgebiet Am Kaisergarten ist der Oberflächenzustand der Fahrbahnen oder der Radwege in einem fahrradfreundlichen Zustand. Das Gewerbegebiet Am Kaisergarten hat zwar einen fahrradfreundlichen Oberflächenzustand, in der Pufferzone um das Gewerbegebiet ist der Zustand allerdings eher im niedrigeren Bereich. Als nördlicher Zubringer fungiert die *Duisburger Straße*, welche von vielen Löchern und Rissen in der

Fahrbahn betroffen ist. Diese ist ein relevanter Zugangspunkt in das Gewerbegebiet. Sind die Fahrbahnen im Gewerbegebiet zwar in einem guten Zustand, kann eine relevante Verbindung wie die *Duisburger Straße* Radfahrende aber von diesen Routen abhalten. Unterschiede zwischen Gewerbegebiete und Umgebungszonen zeigen auch die anderen Untersuchungsgebiete. Eine Ursache für die Unterschiede könnten die neue Entwicklung der Gewerbegebiete sein, so wurde der Gewerbepark M1 in Essen in den 1990er-Jahren eröffnet. Auch das Gewerbegebiet Am Kaisergarten ist jünger als die Infrastruktur in der Umgebung. Beobachtet wurde auch, dass die Kfz-Fahrbahnen häufiger im besseren Zustand sind als baulich getrennte Radwege. Dies könnte auf eine unterschiedliche Prioritätensetzung bei der Straßensanierung in der Kommune hindeuten.

Bei der Höchstgeschwindigkeit für Kraftfahrzeuge zeigen sich unterschiedliche Tendenzen in den Untersuchungsgebieten. Die relative hohe Anzahl an selbstständigen Radwegen im Untersuchungsgebiet Heißen-Ost führt zum Fehlen von Kfz auf diesen Routen, sodass Radfahrende weniger in Konflikt mit dem Kfz geraten können. Tempo-30-Zonen gibt es hingegen in nur wenigen Untersuchungsgebieten. Vor allem auf den Hauptverkehrsstraßen sind Tempo-50-Zonen vorzufinden, was die subjektive Sicherheit der Radfahrenden senkt (MANTON et al. 2016: 152). Eine Mischung aus Tempo-50-Zone und dem Fahren auf der Fahrbahn wird von Radfahrenden als besonders unsicher empfunden.

Die Straßenbeleuchtung ist in vielen Untersuchungsgebieten fast vollständig ausgebaut und funktionsfähig. Alle Radverkehrsanlagen, die auf oder entlang einer Kfz-Fahrbahn führen, sind beleuchtet. Lücken offenbaren sich hingegen auf den selbstständigen Radwegen wie in Heißen-Ost, die außerdem durch Wälder verlaufen. Auch die Zufahrtswege in den Gewerbepark M1 sind ohne Beleuchtung ausgestattet. Gerade im Winter, in denen Tageslichtzeiten kurz sind, kann dies zur Vermeidung dieser Routen führen.

Das Kfz-Parken auf oder an Fahrbahnen senkt laut Studien und Umfragen das Sicherheitsempfinden der Radfahrenden. Die Angst vor Dooring-Unfällen führt zur Vermeidung der Routen. Positiv auf die Fahrradfreundlichkeit wirken sich selbstständige Radwege aus, in denen das Parken nicht möglich ist. Selbstständige Radwege wie der Radschnellweg RS1 oder der Grugaweg verlaufen beispielsweise im Untersuchungsgebiet von Heißen-Ost und sind potenzielle Pendlerstrecken in das Gewerbegebiet. Die niedrigsten Bewertungen erzielen die Gebiete Gewerbepark M1 und Waldteich, in denen der Anteil an Parkverboten gering ist. Häufig wird hier an beiden Straßenseiten geparkt. In den Gewerbegebieten gibt es weniger Parkverbotszonen als in den Pufferzonen. Dies ist vor allem auf einspurigen Nebenstraßen der Fall. Parkplätze für Arbeitnehmende auf Grundstücken der ansässigen Firmen können den Parkverkehr auf der Straße verhindern.

Mit einer besseren Verbindung an den ÖPNV und an ein Radverkehrsnetz kann der Parkverkehr auch sinken, da möglicherweise mehr Personen auf ein Kfz verzichten würden.

### *Komfortable Infrastruktur*

Ausreichend breite Infrastrukturen sorgen für ein komfortables Fahren (siehe Kapitel 2.5). Wie die Ergebnisse in Kapitel 4.1 zeigen, sind breite Radwege in den Untersuchungsgebieten häufig nicht gegeben. Neben der Breite ist vor allem der Oberflächenzustand für komfortables Fahren relevant, da Vibrationen durch Löcher und Risse einen höheren Kraftaufwand benötigen (Bíl et al. 2015: 415). Ein großer Anteil der Oberflächen ist in einem fahrradfreundlichen Zustand, sodass weniger Kraftaufwand notwendig ist und wenige Löcher und Risse umfahren werden müssen. Allerdings finden sich auf einzelnen Abschnitten Oberflächen mit einem sehr schlechten Zustand, die Radfahrende zum Umfahren dieser Abschnitte motivieren können. Die Straßenbeleuchtung ist auf nahezu allen Straßenabschnitten gegeben, damit verbessert sich auch die eigene Sicht der Radfahrenden.

Die kostenlose Mitnahme des Fahrrads im ÖPNV ist in allen Städten dank des VRR-Tarifs gegeben (insofern eine Monatskarte vorhanden ist), was das Radfahren komfortabler macht (siehe Kapitel 3.3.1). Alle Gewerbegebiete liegen in einem zwei Kilometer großen Umkreis von einem S-Bahnhof oder einer Stadtbahnstation. Viele der Stationen haben sogar ein Fahrradverleihsystem, womit spontanes Radfahren ermöglicht wird und eine Mitnahme mit der Bahn nicht notwendig ist, was die komfortable Fahrradfreundlichkeit erhöht. Barrierefreie Haltestellen sind aber nicht in jedem Untersuchungsgebiet vorhanden, wodurch ein mitgenommenes Fahrrad getragen werden muss.

Sowohl der Gewerbepark M1 und das Gewerbegebiet Heißen-Ost werden durch den Radschnellweg RS1 erschlossen. Da Radschnellwege größtenteils kreuzungsfrei verlaufen, erhöht sich der Komfort für die Radfahrenden. Das größtenteils flache Terrain des Ruhrgebietes führt zum komfortablen Fahrradfahren. Nur in der Umgebungszone des Gewerbegebietes Heißen-Ost müssen Radfahrende mehr Kraft aufwenden.

### *Schnelle Infrastruktur*

Die Breite der Radverkehrsanlagen kann dazu beitragen, ein Ziel schneller zu erreichen. Überholvorgänge werden ermöglicht, wenn Radwege eine ausreichende Breite haben. Nahezu alle baulich getrennten Radwege in den Untersuchungsgebieten sind unter zwei Meter oder 1,60 Meter breit, was einen Überholvorgang ohne Ausweichen auf den Gehweg nicht möglich macht. Dies kann wiederum zu Konflikten mit zu Fuß Gehenden führen. Da Kfz-Fahrbahnen breiter als separate Radwege sind, ist das Überholen von anderen Radfahrenden einfacher als auf baulich getrennten Radwegen. Dadurch können



Untersuchungsgebiete mit einem höheren Kfz-Fahrbahnanteil auch eine höhere Bewertung erzielen. Die Fahrbahnen haben in den drei Untersuchungsgebieten Heißen-Ost, Gewerbepark M1 und Waldteich einen guten Oberflächenzustand, sodass der Zustand der Oberfläche die Radfahrenden nicht wesentlich verlangsamt. Die Radwege der Pufferzone des Gewerbegebietes Am Kaisergarten enthalten hingegen häufiger Löcher im Asphalt oder Baumwurzelsrisse, die umfahren werden müssen. Dies führt zu verlängerten Fahrzeiten und wirkt sich somit negativ auf eine schnelle Infrastruktur aus.

Weitere Faktoren, die die Fahrzeit beeinflussen, sind die Konnektivität des Radwegenetzes und die Topografie. Die Konnektivität wird in dieser Arbeit durch die Straßendichte bewertet. Eine hohe Straßendichte bedeutet eine höhere Konnektivität, was die Anzahl an möglichen Routen zum Ziel steigert. Allerdings gilt zu beachten, dass diese Straßen nicht miteinander verbunden sein könnten, so ist der Indikator der Straßendichte nur ein Indiz für eine höhere Konnektivität. Kreuzungen können zu einer verbesserten Konnektivität führen, wurden in dieser Arbeit aber nicht erhoben, da Kreuzungen auch das Erreichen eines Zieles verlangsamen können (siehe Kapitel 2.5). Eine hohe Straßendichte haben die Untersuchungsgebiete Gewerbepark M1 und Heißen-Ost, in der es jeweils fünf Zugänge in die Gewerbegebiete gibt. Der Essener Gewerbepark M1 hat dabei einen Zugang aus jeder Richtung, das Gewerbegebiet Heißen-Ost fehlen hingegen Zugänge aus westlicher und nordöstlicher Richtung. Im Gegensatz dazu steht das Gewerbegebiet Am Kaisergarten, welches nur einen nördlichen und östlichen Zugang hat. Der Stadtpark Kaisergarten verhindert die Erschließung aus direkt nördlicher Richtung, sodass über die *Duisburger Straße* ein Umweg gefahren werden muss. In westlicher Richtung verhindert ein Bahnknotenpunkt den Zugang. Damit ist das Gewerbegebiet meist nur über Umwege und häufig nicht auf direktem Weg erreichbar. Das Gewerbegebiet wurde wie auch andere Gewerbegebiete auf einem ehemaligen Industrieareal errichtet. Häufig lagen diese Industrieareale an Eisenbahnstrecken. Für Gewerbegebiete, die auf ehemaligen Industriearealen entwickelt wurden, kann dies zu einem Hemmnis für den Radverkehr werden. Das Gewerbegebiet Waldteich ist aus südwestlicher Richtung nicht direkt erreichbar, da hier ein Industrieareal liegt und aus nördlicher Richtung gibt es ebenfalls keinen direkten Zugang. Bezüglich der direkten Erreichbarkeit der untersuchten Gewerbegebiete sind also Unterschiede erkennbar, denn das jüngste Gewerbegebiet, der Gewerbepark Waldteich, ist nicht besser erreichbar als ältere Gewerbegebiete wie das Gewerbegebiet Heißen-Ost. Zusätzliche Wege können die Erreichbarkeit der Gewerbegebiete verbessern.

Aufgrund des recht flachen Terrains des Ruhrgebietes sind die Werte bezüglich der Topografie im oberen Bereich, nur im Untersuchungsgebiet Heißen-Ost müssen

Radfahrende häufiger Höhenmeter überwinden, was zur Verlängerung der Fahrzeit führen kann. Die *Interessierten* sind Routen mit steilem Terrain nicht gewohnt.

Heißen-Ost und der Gewerbepark M1 weisen eine Anbindung an den Radschnellweg RS1 auf. Ein Radschnellweg an die Oberhausener Gewerbegebiete Am Kaisergarten und Waldteich ist derzeit nicht vorhanden, allerdings wurde 2020 eine Machbarkeitsstudie für einen Radschnellweg von Bottrop über Oberhausen nach Mülheim-Styrum in Auftrag gegeben (STADT OBERHAUSEN 2020). Da Radschnellwege möglichst kreuzungsfrei gestaltet werden sollen, erhöht dies auch die schnelle Erreichbarkeit von Zielen auf diesen Routen. Da der Radschnellweg mehrere Städte im Ruhrgebiet verbinden soll, ist somit auch eine schnelle Verbindung aus diesen Städten in die beiden Gewerbegebiete möglich.

Die Ergebnisse der Umfrage der Stadt Kopenhagen zeigen, dass durch eine Radinfrastruktur eine schnelle Erreichbarkeit des Zieles gegeben sein muss, weil nicht alle Menschen eine ökologische oder gesundheitliche Einstellung haben und es andere Motivationsfaktoren geben muss, damit sich Menschen auf das Fahrrad setzen. Ist das Fahrrad das schnellste Verkehrsmittel auf der Route, führt dies zu einer stärkeren Akzeptanz (siehe Kapitel 2.5).

### *Auffallende und einheitliche Infrastruktur*

Eine Fahrradinfrastruktur muss *auffallend* sein, damit sie wahrgenommen wird. Außerdem ist eine einheitliche und lückenlose Infrastruktur relevant, da die *Interessierten* sich sonst dazu entscheiden, das Fahrrad nicht zu nutzen (GRAF 2016: 158-159). Gefärbte Radverkehrsanlagen können besser wahrgenommen werden (LAMONDIA et al. 2019: 8). Der größte Teil der Radverkehrsanlagen in den Untersuchungsgebieten ist nicht gefärbt, dabei gibt es Radwege dessen Färbung verblasst ist und die kaum noch wahrnehmbar ist. Das Radwegenetz der Untersuchungsgebiete weist unterschiedliche Typen von Radverkehrsanlagen auf. In jedem Gebiet gibt es eine unterschiedliche Anzahl an baulich getrennten Radwegen, Führungen im Mischverkehr und gemeinsamen Geh- und Radwegen. Besonders im Gebiet Am Kaisergarten variieren die verschiedenen Typen auf möglichen Routen sehr stark. Eine mögliche Fahrradroute verläuft aus dem Nordwesten des Untersuchungsgebietes zunächst über einen gemeinsamen Geh- und Radweg, einen kurzen Abschnitt über einen baulich getrennten Radweg und dann über einen Gehweg, der für den Radverkehr frei gegeben ist. Der letzte Abschnitt zum Gewerbegebiet führt über eine zweispurige Hauptverkehrsstraße (*Duisburger Straße*) im Mischverkehr. Gerade der letzte Abschnitt auf der *Duisburger Straße* kann als relevante Netzlücke interpretiert werden, der ein hohes Stressempfinden bei *Interessierten* auslöst, sodass diese die gesamte Route zum Gewerbegebiet als stressvoll empfinden. Dies führt zu keiner großen Akzeptanz bei den unsicheren Radfahrenden und trotz einiger baulich getrennter Radwege

im Untersuchungsgebiet können diese Netzlücken im Radverkehrsnetz dazu führen, dass *Interessierte* das Fahrrad nicht nutzen. Auch die anderen Untersuchungsgebieten weisen Netzlücken auf, wo auf baulich getrennten Radwegen eine Führung im Mischverkehr folgt.

Weiterhin gibt es zusätzliche Möglichkeiten, um Radverkehrsanlagen auffallend zu gestalten. Das MINISTERIUM FÜR VERKEHR IN BADEN-WÜRTTEMBERG (VM BW) veröffentlichte 2020 einen Leitfaden zur Fahrradwegweisung in ihrem Bundesland. Leitsysteme machen Radwegenetze nicht nur wahrnehmbarer, sondern führen und leiten die Radfahrenden durch das Radverkehrsnetz in ihrer Region oder Kommune. Dadurch können auch Radwege, die nicht entlang von bekannten Kfz- oder ÖPNV-Routen verlaufen, wahrgenommen werden. Nicht nur für Freizeitradfahrende sind Wegweiser relevant, auch für die Generierung von neuen Radfahrenden spielen Leitsysteme eine bedeutsame Rolle (VM BW 2020: 5). Für diese Arbeit wurde das Leitsystem nicht als Indikator genommen, da nur wenige Knotenpunkte in den Untersuchungsgebieten durch ein Leitsystem ausgestaltet worden. In den meisten Fällen befanden sich diese an Knotenpunkten mit selbständigen Radwegen wie dem Radschnellweg RS1, dem HOAG-Radweg in Oberhausen und dem Grugaweg in Mülheim an der Ruhr.

Das geplante Veloroutensystem mit rotgefärbten Radwegen in der Stadtregion Münster ist ein Beispiel für eine bessere Wahrnehmbarkeit von Radwegen. Über die ([www.veloregion.de](http://www.veloregion.de)) können sich Radfahrende nicht nur über Radwege in der Region informieren, sondern auch über die aktuellen Planungs- und Baumaßnahmen zu neuen Velorouten. Mit ausreichenden Informationskampagnen kann dies zu einer Steigerung des Radverkehrs führen (STADTPLANUNGSAMT DER STADT MÜNSTER 2021).

### *Stärken und Grenzen der Arbeit*

Studien über Fahrradfreundlichkeiten messen meist nur vier bis sechs Indikatoren (KRENN et al. 2015, SCHMID-QUERG et al. 2021, WINTERS et al. 2013). Dadurch werden möglicherweise relevante Indikatoren nicht mit in die Untersuchung aufgenommen. Diese Arbeit verwendet elf Indikatoren, die den Radverkehr fördern. Bei der Auswahl der Indikatoren wurden nicht nur Indikatoren gewählt, die eine *sichere, komfortable* und *schnelle* Infrastruktur beschreiben, sondern auch die von GRAF (2016) erwähnte *auffallende* Infrastruktur ist durch Indikatoren mit in die Untersuchung aufgenommen worden. Demzufolge beeinflussen gefärbte Radwege und ein einheitliches Netz den Umstieg von dem Auto auf das Fahrrad. In dieser Arbeit wurden gefärbte und nicht gefärbte Radwege unterschiedlich bewertet, ebenso wurde bewertet, ob das Radwegenetz in den Untersuchungsgebieten ein einheitliches und kohärentes Netzwerk bildet. In den bisher erschienenen Studien wurden diese Indikatoren meist nicht untersucht (KRENN et al. 2015, SCHMID-QUERG et al. 2021, WINTERS et al. 2013).

Dennoch konnten aus praktischen und zeitlichen Gründen nicht alle relevanten Indikatoren mit in die Untersuchung aufgenommen werden. Zum einen wurde das Kfz-Verkehrsaufkommen, das relevant für das Sicherheitsempfinden der Radfahrenden ist, aus zeitlichen Gründen nicht untersucht. Zum anderen wurde Kreuzungen, die das Sicherheitsempfinden und die Schnelligkeit der Radfahrenden beeinflussen, nicht als Indikator mit aufgenommen, da es zu diesem Indikator unterschiedliche Bewertungen gibt. Kreuzungen können sowohl die Fahrradfreundlichkeit fördern als auch senken (siehe Kapitel 2.5). Außerdem wurden die Indikatoren nicht gewichtet, da die Gewichtung sonst willkürlich verlaufen wäre, was nicht der Objektivität wissenschaftlicher Kriterien genügen würde (siehe Kapitel 3.2). Eine Gewichtung könnte die reale Relevanz der Indikatoren besser widerspiegeln.

Die Bewertungsskala der untersuchten Indikatoren in dieser Arbeit richten sich nach den Ansprüchen für gängige Fahrräder. Der Anteil an Pedelecs und Lastenräder nimmt zu, sodass die Ansprüche an die Radinfrastruktur sich verändern (DStGB & ADFC 2021: 23). Denn durch die höheren Geschwindigkeiten von Pedelecs (25 km/h) wird es häufiger zu Überholvorgängen kommen, wofür breitere Radwege notwendig sein werden. Auch der Anspruch an sichere Radabstellanlagen durch den hohen Wert von E-Bikes erhöht sich. Mit der Veränderung bezüglich der Fahrradtypen werden sich zunehmend die Ansprüche an eine Radinfrastruktur verändern und Verkehrsplanende neue Radinfrastrukturen schaffen müssen.

Wie Verhaltensforschende und sozio-ökologische Modelle zeigen, ist die infrastrukturelle Fahrradfreundlichkeit nur eine von mehreren Faktoren, die die Entscheidung mit dem Fahrrad zu fahren beeinflussen. Das soziale Umfeld als auch individuelle Faktoren beeinflussen ebenfalls das Radnutzverhalten. Akteure aus den Bereichen der Planung, Politik, Verbänden, Arbeitgebenden und Arbeitnehmenden können Diskussionen und Plattformen schaffen, in denen im Dialog Strategien zu einer Förderung des Radverkehrs entwickelt werden (siehe Kapitel 2.3). Fahrradkampagnen wie die *Initiative Radlhauptstadt München* möchten durch Events auf das Fahrradfahren als nachhaltiges Verkehrsmittel aufmerksam machen (GREENCITY e.V. o.J.). Eine Verbesserung der baulichen Gegebenheiten wie der Bau von baulich getrennten Radwegen oder eine einheitliche Gestaltung der Fahrradwege führt also nicht zwangsläufig zu einem Anstieg des Radverkehrsanteils. Nicht jede Person, die mit dem Pkw pendelt, kann oder wird mit einer infrastrukturellen Verbesserung auf das Fahrrad als Verkehrsmittel umsteigen. Personen, die einen langen Weg zur Arbeit zurücklegen müssen oder eine negative Einstellung zum Fahrradfahren haben, werden auch bei einer fahrradfreundlichen Infrastruktur nicht auf das Fahrrad umsteigen. Um die individuellen Faktoren wie etwa die persönliche Einstellung zum

Fahrradfahren oder die Länge der Pendelstrecke zu ermitteln, eignen sich Umfragen unter den Pendelnden. Hierbei kann das Typologiemodell von Radfahrenden nach GELLER (2009) eine geeignete Möglichkeit sein, das Umsteigepotenzial von Pkw-Fahrenden auf das Fahrrad zu ermitteln. Durch die unterschiedliche Gewerbestruktur in den vier untersuchten Gewerbegebieten kann es eine unterschiedliche Einstellung gegenüber dem Fahrradfahren bei den Pendelnden geben. Die Pendelnden könnten nach der Methode von GELLER (2009) in vier verschiedene Radfahrertypen eingeteilt werden, wodurch auch ermittelt werden kann, wie hoch der Anteil der Gruppe der *Interessierten* ist. Diese bilden die potenziellen Umsteigenden auf das Fahrrad, wenn sich die bauliche Infrastruktur vor allem hinsichtlich der subjektiven Sicherheit verbessert. Die Ergebnisse dieser Arbeit liefern die Erkenntnis, dass an vielen Stellen noch Verbesserungspotenzial bezüglich des Sicherheitsempfindens herrscht.

### *Debatten um neue Radinfrastrukturen*

Der Bau von neuen Radwegen – vor allem in Grünanlagen – wird aufgrund des Eingriffs in die Natur in der Öffentlichkeit kontrovers diskutiert (FRANZ 2021, PIEPER 2017). Der Plan einen Radschnellweg durch die Bonner Rheinaue zu bauen, rief Widerstand von Naturschutzorganisationen auf und wurde durch einen Naturschutzbeirat gekippt. Für einen vier Meter breiten Radweg hätten 44 Bäume gefällt werden müssen (TITTELBACH 2021). Auch die Errichtung von Straßenbeleuchtung führt immer wieder zu Debatten zum Thema Lichtverschmutzung, denn künstliches Licht stört den Hormonspiegel und verändert die Aktivitätsmuster von Tieren (SANDERS et al. 2020: 74).

Zum Überwinden von natürlichen und infrastrukturellen Barrieren kann der Bau von Ingenieurbauwerken wie Brücken oder Tunnel eine Lösung sein. Häufig wird allerdings kritisiert, dass der Bau hohe Kosten veranschlagt. Ein Beispiel ist der Neubau der Rad- und Fußwegbrücke über die Bundesstraße 1 in Dortmund, die mit 4,67 Millionen Euro teurer wird als angenommen (RUHR24 GMBH & Co. KG 2021). In Schwerin wurde 2021 eine Radwegbrücke eröffnet, deren Kosten 3,6 Millionen Euro betragen und die auch für einen Eintrag in das Schwarzbuch der Steuerzahler sorgte (SCHÜTTPELZ 2021). Damit können neu errichtete Zufahrtswege wie beispielsweise in das Gewerbegebiet Am Kaisergarten durch Brückenbauten über Barrieren wie den dort vorhandenen Eisenbahnstrecken sehr kostenintensiv werden und zu politischen und gesellschaftlichen Debatten führen. Die angelegten Radwege in den Untersuchungsgebieten benötigen oftmals eine Verbreiterung, da sie nicht den Standards entsprechen und das Sicherheitsempfinden senken. Die Verbreiterung dieser Anlagen ist allerdings nicht immer möglich, da neben Baukosten zusätzlich Personalressourcen anfallen. Einige Straßenquerschnitte sind nicht breit genug, sodass gegebenenfalls der Abbau von Parkplätzen neuen Raum schaffen muss, was zu

Diskussionen in der Bevölkerung führt (INHOFFEN 2019, SCHULTHEISS 2020). Zu Fuß Gehende können sich durch den Neu- und Ausbau von Radwegen bedrängt fühlen (HASSELMANN 2021). In Nebenstraßen mit einem geringen Verkehrsaufkommen können Tempo-30-Zonen eingeführt werden, in denen sich auch unsichere Radfahrende wohlfühlen, obwohl sie die Fahrbahn mit Kraftfahrzeugen teilen. In den Niederlanden wurde die Höchstgeschwindigkeit auf Nebenstraßen innerorts auf 30 km/h gesenkt (ADFC SACHSEN 2020). Der Bau von neuen Radwegen sollte dabei auch immer das Kosten-Nutzen-Verhältnis im Blickfeld haben. Durch Beteiligungsverfahren mit Organisationen und Verkehrsteilnehmenden unterschiedlicher Art können im Vorfeld relevante Debatten entstehen, die Konfliktpotenziale entschärfen können (KRAUSE 2017: 12).

### 6. Fazit und Ausblick

Gewerbegebiete sind bedeutsame Arbeitsstandorte. Im Zuge der Verkehrswende möchte immer mehr Kommunen den Radverkehrsanteil in der Bevölkerung verändern. Forschungsarbeiten aus den USA zeigen, dass viele Radfahrende öfter Radfahren möchten, aber durch unsichere Infrastrukturen das Fahrrad nicht nutzen. Diese Radfahrende, die als *Interessierte* in dieser Arbeit bezeichnet werden, geraten stärker in den Fokus der Radverkehrsplanung. Sie gelten als diejenigen, die das höchste Potenzial haben, auf das Fahrrad umzusteigen. Damit vor allem *Interessierte* umsteigen, muss eine Fahrradinfrastruktur einladend gestaltet werden. In dieser Arbeit wurde gezeigt, welche Faktoren eine einladende Fahrradinfrastruktur beeinflussen. Eine einladende Infrastruktur muss demnach *schnell, komfortabel* und *auffallend* sein. Sie muss auch das subjektive Sicherheitsempfinden der Radfahrenden stärken. Anhand der aus der Literatur entnommenen Faktoren wurden in vier Gewerbegebieten die Fahrradfreundlichkeit durch Vorort-Erhebungen und GIS-Analysen erhoben. Die Ergebnisse zeigen, dass bei vielen Faktoren noch ein großer Handlungsbedarf besteht. Besonders häufig wird in Gewerbegebieten geparkt, was die subjektive Sicherheit der Radfahrenden senkt. Weiterhin mangelt es an baulich getrennten Radwegen in Gewerbegebieten. Oftmals entsprechen die baulich angelegten Radwege nicht der empfohlenen Breite und sind zu schmal, um das Sicherheitsempfinden der *Interessierten* zu stärken. Auch wird dadurch das schnelle Erreichen eines Zieles gefährdet. Zu einer Fahrradfreundlichkeit müssen allerdings nicht nur die Gewerbegebiete selbst untersucht werden, sondern auch die Verbindungsstraßen in die Gebiete. So wurde in dieser Arbeit auch Durchfahrtsstraßen in die Gewerbegebiete bewertet, da Lücken im Radwegenetz zu einem erhöhten Stressempfinden bei Radfahrenden führen können. Ein lückenhaftes Netz kann dabei das Umsteigepotenzial der *Interessierten* verhindern. Einige Untersuchungsgebiete zeigen ein uneinheitliches Radwegenetz, in denen es unterschiedliche Radwegetypen gibt. Insgesamt



bewegt sich die Fahrradfreundlichkeit der Gebiete im mittleren Bereich. Das Umsteigepotenzial ist aktuell sehr gering, sodass nicht davon ausgegangen werden kann, dass in näherer Zukunft Pendelnde in diesen Gewerbegebieten vom Auto auf das Fahrrad umsteigen.

Bei der Errichtung von neuen Radwegen sollte das Verhältnis zwischen Kosten und Nutzen betrachtet werden. Der Bau von Radwegen kann einen Eingriff in die Natur bedeuten und zu kontroversen Diskussionen in der Öffentlichkeit führen. Kosten-Nutzen-Analysen können das Umsteigepotenzial von Verkehrswechselnden ermitteln und in den Kontext mit den Baukosten stellen. Öffentlichkeitsarbeit durch Akteurs- und Bürgerbeteiligungen können schon früh Konfliktpotenziale ermitteln.

Trotz Verbesserungen in der baulichen Infrastruktur kann nur ein gewisser Anteil an Menschen zu einem Verkehrsmittelwechsel gewonnen werden. Sozio-ökologische Modelle zeigen, dass das Verhalten der Mensch durch individuelle, psychologische, biologische oder Faktoren des sozialen Umfelds geprägt ist. Die Entscheidung mit dem Fahrrad zu fahren, bedingt sich somit aus einer Vielzahl an Faktoren. In dieser Arbeit wurden lediglich die baulichen Faktoren analysiert, Studien zu Akteuren (Politik, Planung, Verbände, Arbeitgebende, Arbeitnehmende) in Gewerbegebieten können wertvolle Beiträge zur Untersuchung der Fahrradfreundlichkeit leisten. Durch Umfragen bei Arbeitnehmenden in den Gewerbegebieten könnte das Umsteigepotenzial ermittelt werden. Die Einteilung der Radfahrenden nach GELLER (2009) ist dabei eine hilfreiche Methode.

## Literaturverzeichnis

- ABADI, M., HURWITZ, D., 2018. Bicyclist's perceived level of comfort in dense urban environments: How do ambient traffic, engineering treatments, and bicyclist characteristics relate? *Sustainable Cities and Society* 40, 101-109.
- ADFC SACHSEN, 2020. Niederlande führen Tempo 30 innerorts ein. (Abrufbar unter: <https://www.adfc-sachsen.de/797-niederlande-fuehren-tempo-30-innerorts-ein>) (letzter Abruf: 02.12.2021)
- AKAR, G., CLIFTON, K., 2009. Influence of Individual Perceptions and Bicycle Infrastructure on Decision to Bike. *Journal of the Transportation Research Record* 2140, 165-172.
- ALLGEMEINER DEUTSCHER FAHRRAD-CLUB (ADFC), 2021. ADFC Fahrradklima-Test 2020. Bremen.
- AL KINDI, S., BROOK, R., BISWAL, S., RAJAGOPALAN, S., 2020. Environmental determinants of cardiovascular disease: lessons learned from air pollution. *Nature Reviews Cardiology* 17, 656-672.
- ALRUTZ, D., BOHLE, W., MAIER, R., ENKE, M., POHLE, M., ZIMMERMANN, F., ORTLEPP, J., SCHREIBER, M., 2015. Einfluss von Radverkehrsaufkommen und Radverkehrsinfrastruktur auf das Unfallgeschehen. Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft. Berlin.
- ARELLANA, J., SALTARÍN, M., LARRANAGA, A., GONZÁLEZ, V., HENAO, C., 2020. Developing an urban bikeability index for different types of cyclists as a tool to prioritise bicycle infrastructure investments. *Transportation Research Part A* 139, 310-334.
- BAI, L., LIU, P., CHAN, C., LI, Z., 2017. Estimating level of service of mid-block bicycle lanes considering mixed traffic flow. *Transportation Research Part A* 101, 203-217.
- BECKER, T., 2019. Die Gestaltung des Erfolgsmodells Fahrradstraße – Weiterentwicklung für Tempo-30-Zonen. In: *Straßenverkehrstechnik* 5/2019, 332-340.
- BÍL, M., ANDRÁSIK, J., KUBECEK, J., 2015. How comfortable are your cycling tracks? A new method for objective bicycle vibration measurement. *Transportation Research Part C* 56, 415-425.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (BMVI), 2021. Nationaler Radverkehrsplan 3.0. Bonn, Berlin.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, INNOVATION UND TECHNOLOGIE (BMVIT), 2016. Der Faktor Zeit im Radverkehr. Daten, Fakten und Maßnahmen zur Beschleunigung des Radverkehrs. Wien.
- BROACH, J., DILL, J., GLIEBE, J., 2012. Where do cyclists ride? A route choice model developed with revealed preference GPS data. *Transportation Research Part A* 46, 1730-1740.
- CABRAL DIAS, G., GOMES RIBEIRO, P., 2020. Cycle Highways: A new concept of infrastructure. *European Planning Studies*.
- CAMPOS-SÁNCHEZ, F, VALENZUELA-MONTES, L., ABARCA-ALVAREZ, F, 2019. Evidence of

green areas, cycle infrastructure, and attractive destinations working together in development on urban cycling. *Sustainability* 11 (17), 4730.

CERVERO, R., SARMIENTO, O., JACOBY, E., GOMEZ, L., NEIMAN, A., 2009. Influences of Built Environments on Walking and Cycling: Lessons from Bogotá. *International Journal of Sustainable Transportation* 3, 203-226.

CHEN, C., ANDERSON, J., WANG, H., WANG, Y., VOGT, R., HERNANDEZ, S., 2017. How bicycle level of traffic stress correlate with reported cyclist accidents injury severities: A geospatial and mixed logit analysis. *Accident Analysis and Prevention* 108, 234-244.

CITY OF COPENHAGEN, 2019. The Bicycle Account 2018 – Copenhagen City of Cyclists. Kopenhagen, Dänemark.

COPENHAGENIZE DESIGN COMPANY, 2019. Copenhagenize Index 2019. Abrufbar unter: <https://copenhagenizeindex.eu/about/methodology>

DE HARTOG, J., BOOGAARD, H., NIJLAND, H., HOEK, G., 2010. Do the Health Benefits of Cycling outweigh the Risks? *Environmental Health Perspectives* 118 (8), 1109-1116.

DELBOSC, A., NAZNIN, F., HASLAM, N., HAWORTH, N., 2019. Dehumanization of cyclists predicts self-reported aggressive behaviour toward them: A pilot study. *Transportation Research Part F* 62, 681-689.

DEUTSCHER VERKEHRSSICHERHEITSRAT (DVR), 2012. Vision Zero – Grundlagen und Strategien. Schriftenreihe Verkehrssicherheit 16. Bonn.

DILL, J., MCNEIL, N., 2016. Revisiting the four types of cyclists – Findings from a national survey. *Transportation Research Record*

*Journal of the Transportation Research Board* 2587 (1), 90-99.

DILL, J., MOHR, C., MA, L., 2014. How can psychological theory help cities increase walking and bicycling? *Journal of the American Planning Association* 80 (1), 36-51.

DÖRING, N., BORTZ, J., 2016. Forschungsmethoden und Evaluationen in den Sozial- und Humanwissenschaften. Springer-Verlag. Berlin.

DStGB, ADFC, 2021. Förderung des Radverkehrs in Städten und Gemeinden. Berlin.

FELDMAN, D., COLLINS, W., GERO, P., TORN, M., MLAWER, E., SHIPPERT, T., 2015. Observational determination of surface radiative forcing by CO<sub>2</sub> from 2000 to 2010. *Nature* 519, 339-345.

FIXMYCITY GMBH, 2020. Forschungsergebnis - Straßencheck. Studie zur subjektiven Sicherheit im Radverkehr Ergebnisse und Datensatz einer Umfrage mit über 21.000 Teilnehmenden. Berlin. Abrufbar unter: <https://fixmyberlin.de/research/subjektive-sicherheit>

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRAßEN- UND VERKEHRSWESEN (FGSV), 2010. Empfehlungen für Radverkehrsanlagen 2010. Köln.

FRANK, L., ENGELKE, P., 2005. Multiple impacts of the Built Environment on Public Health: Walkable Places and the Exposure to Air Pollution. *International Regional Science Review* 28 (2), 193-216.

FRANZ, R., 2021. Streit um Radwege durch die Rheinaue - Stadt Bonn wehrt sich gegen Kritik der Umwelthilfe. General-Anzeiger Bonn. Abrufbar unter: [https://ga.de/bonn/stadt-bonn/bonn-stadt-wehrt-sich-gegen-kritik-der-umwelthilfe-radweg-in-rheinaue\\_aid-63264939](https://ga.de/bonn/stadt-bonn/bonn-stadt-wehrt-sich-gegen-kritik-der-umwelthilfe-radweg-in-rheinaue_aid-63264939) (letzter Abruf: 02.12.2021)

- FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR UMWELT-, SICHERHEITS- UND ENERGIETECHNIK (UMSICHT), 2020. Incentivierung für emissionsarme Mobilität in urbanen Gewerbegebieten. Antrag zum Thema MobilitätsZukunftLabor 2050 im Rahmen der BMBF-Forschungsagenda „Nachhaltige urbane Mobilität“ (unveröffentlichtes Dokument).
- FURTH, P., MEKURIA, M., NIXON, H., 2012. Low-Stress Bicycling and Network Connectivity. Mineta Transportation Institute.
- GENOSKO, J., 2005. Indikatoren. In: RITTER, E.-H. (Hrsg.)<sup>4</sup>: Handwörterbuch der Raumordnung. Hannover.
- GÖSSLING, S., CHOI, A., DEKKER, K., METZLER, D., 2018. The social costs of automobility, cycling and walking in the European Union. *Ecological Economics* 158, 65-74.
- GRAF, T., 2016. Handbuch: Radverkehr in der Kommune. Nutzertypen, Infrastruktur, Stadtplanung, Marketing. Thiemo Graf Verlag. Röthenbach an der Pegnitz.
- GREENCITY E.V., o.J. Initiative Radlhauptstadt München. Abrufbar unter: <https://www.greencity.de/projekt/radlhauptstadt-muenchen/> (letzter Abruf: 01.12.2021)
- GROß, D, ZEILE, P., 2016. EmoCyclingConcept – Potenziale der emotionalen Stadtkartierung. *AGIT – Journal für Angewandte Informatik*, 273-278.
- HÄDER, M., 2019<sup>4</sup>. Empirische Sozialforschung. Eine Einführung. Wiesbaden.
- HANDY, S., XING, Y., BUEHLER, T., 2010. Factors associated with bicycle ownership and use: A study of six small U.S. cities. *Transportation* 37, 967-985.
- HANTSCHHEL, S., GERIKE, R., ENKE, M., 2019. NRVP 2020 – Radfahrende und zu Fuß Gehende auf gemeinsamen und getrennten selbstständigen Wegen. Verträglichkeit, Verkehrsablauf und Gestaltung. Schlußbericht. Dresden.
- HARDINGHAUS, M., NIELAND, S., LEHNE, M., WESCHKE, J., 2021. More than Bike Lanes – A Multifactorial Index of Urban Bikeability. *Sustainability* 13 (21).
- HARTANTO, K., GRIGOLON, A., VAN MAARSEVEEN, M., BRUSSEL, M., 2017. Developing a bikeability index in the context of transit-oriented development (TOD). Department of Urban and Regional Planning and Geo-Information Management, University of Twente.
- HASSELMANN, B., 2021. Zwei Milliarden Euro für den Radverkehr – ADFC will 60.000 Parkplätze pro Jahr abbauen und Gebühren erhöhen. In: Tagesspiegel. Abrufbar unter: <https://www.tagesspiegel.de/berlin/zwei-milliarden-euro-fuer-den-radverkehr-adfc-will-60-000-parkplaetze-pro-jahr-abbauen-und-gebuehren-erhoehen/27156768.html> (letzter Abruf: 02.12.2021)
- HEINEN, E., VAN WEE, B., MAAT, K., 2010. Commuting by Bicycle: An Overview of the Literature. *Transport Reviews* 30 (1), 59-96.
- HÖLZEL, C., HÖCHTL, F., SENNER, V., 2012. Cycling comfort on different road surfaces. *Procedia Engineering* 34, 479-484.
- INHOFFEN, L., 2019. 51 Parkplätze fallen weg – Was sich beim Verkehr in der Bonner Innenstadt ändert. In: General-Anzeiger Bonn. Abrufbar unter: <https://ga.de/bonn/stadt-bonn/parkplaetze-in-bonn-fallen-weg-kaiserstrasse-wird-fuer-autos-zur-einbahnstrasse-aid-44056583> (letzter Abruf: 02.12.2021)
- ISAKSSON-HELLMAN, I., TÖREKI, J., The effect of speed limit reductions in urban areas on cyclists' injuries in collisions with cars. *Traffic Injury Prevention* 20, 39-44.
- ITO, K., BILJECKI, F., 2021. Assessing bikeability with street view imagery and computer vision. Department of Architecture, National University of Singapore, Singapore.
- JOHNSON, M., NEWSTEAD, S., OXLEY, J., CHARLTON J., 2013. Cyclists and open vehicle

doors: Crash characteristics and risk factors. *Safety Science* 59, 135-140.

JONIETZ, D, TIMPF, S., 2015. Entwicklung eines GIS-basierten Bikeability-Index am Beispiel der Stadt Augsburg. Institut für Geographie, Universität Augsburg. Augsburg.

JUSTIZMINISTERIUM DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN, 2021. Baunutzungsverordnung (BauNVO) des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf.

KANG, K., LEE, K., 2012. Development of a Bicycle Level of Service Model from the User's Perspective. *KSCE Journal of Civil Engineering* 16 (6), 1032-1039.

KELLSTEDT, D., SPENGLER, J., FBAI ETOSTER, M., LEE, C., MADDOCK, J., 2021. A Scoping Review of Bikeability Assessment Methods. *Journal of Community Health* 46, 211-224.

KHREIS, H., CIRACH, M., MUELLER, N., DE HOOGH, K., HOEK, G., NIEUWENHUIJSEN, M., ROJAS-RUEDA, D., 2019. Outdoor Air Pollution and the Burden of Childhood Asthma across Europe. *European Respiratory Journal* 54 (4).

KIDD, C., BUCKLAND LEDBETTER, L., MACHI, C., FINE, S., 2015. Google Bike Vision Plan - North Santa Clara County San José.

KRAUSE, J., 2017. Partizipation und Beteiligung bei kommunalen Verkehrsprojekten. In: Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung. Heidelberg.

KRENN, P, 2012. Der Zusammenhang zwischen natürlicher und bebauter Umgebung und körperlicher Aktivität mit Fokus auf das Radfahren. Optimierung der Beurteilung der Verhältnisse durch den Einsatz von Globalen Positionierungssystemen (GPS) und Geographischen Informationssystemen

(GIS). Dissertation, Karl-Franzens-Universität Graz.

KRENN, P, OJA, P., TITZE, S., 2015. Development of a Bikeability Index to assess the Bicycle-Friendliness of Urban Environments. *Open Journal of Civil Engineering* 5, 451-459.

LAMONDIA, J., MCGHEE, J., FISHER, M., CORDERO, F., 2019. Evaluating the Safety and Behavioral Impacts of Green Bike Lanes in Suburban Communities. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2673 (11), 1-9.

LANDIS, B., VATTIKUTI, V., BRANNICK, M., 1997. Real-time human perceptions: Toward a bicycle level of service. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1578, 119-126.

LAWSON, A., PAKRASHI, V., GHOSH, B., SZETO, W., 2013. Perception of safety of cyclists in Dublin City. *Accident Analysis and Prevention* 50, 499-511.

LEE, C., VERNEZ MOUDON, A., 2008. Neighbourhood design and physical activity. *Building Research & Information* 36 (5), 395-411.

LOIDL, M., ZAGEL, B., 2014. Assessing Bicycle Safety in Multiple Networks with Different Data Models. In: Vogler, R., Car, A., Strobl, J., Griesebner G., (Hrsg.): GI-Forum 2014. 144-154.

LOWRY, M., CALLISTER, D., GRESHAM, M., MOORE, B., 2012. Assessment of communitywide bikeability with bicycle level of service. *Transportation Research Record:*

*Journal of the Transportation Research Board* 2314, 41-48.

MANTON, R., RAU, H., FAHY, F., 2016  
SHEAHAN, J., CLIFFORD, E., Using mental mapping to unpack perceived cycling risk. *Accident Analysis & Prevention* 88, 138-149.

MARQUÉS, R., HERNÁNDEZ-HERRADOR, V., CALVO-SALAZAR, M., GARCIA-CEBRIÁN, J., 2015. How infrastructure can promote cycling in cities: Lessons from Seville. *Research in Transportation Economics* 53, 31-44.

MESCHIK, M., 2008. Planungshandbuch Radverkehr. Springer-Verlag Wien. Wien.

MILAKIS, D., ATHANASOPOULOS, K., 2014. What about people in cycle network planning? Applying participative multicriteria GIS analysis in the case of the Athens metropolitan cycle network. *Journal of Transport Geography* 35, 120-129.

MINISTERIUM FÜR VERKEHR IN BADEN-WÜRTTEMBERG (VM BW), 2020. Fahrradwegweisung in Baden-Württemberg. Standards für wegweisende Beschilderung für den Radverkehr in Baden-Württemberg. Stuttgart.

MOHS, C., CLIFTON, K., 2016. Do characteristics of walkable environments support bicycling? Toward a definition of bicycle-supported development. *The Journal of Transport and Land Use* 9 (2), 147-188.

MÖLENBERG, F., PANTER, J., BURDORF, A., VAN LENTHE, F., 2019. A systematic Review of the Effect of infrastructural Interventions to promote Cycling: Strengthening causal Inference from observational Data. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 16 (93).

MONSERE, C., DILL, J., MCNEIL, N., CLIFTON, K., FOSTER, N., 2014. Lessons from the Green Lanes: Evaluating Protected Bike Lanes in the United States.

MOUDON, A., LEE, C., 2003. Walking and Bicycling: An Evaluation of Environmental Audit Instruments. *American Journal of Health Promotion* 18 (1), 21-37.

MUÑOZ LOPEZ, B., MONZÓN, A., LÓPEZ SUÁREZ, E., 2016. Transition to a cycle city: Latent variables affecting bicycle commuting, *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 84, 4-17.

NAIDOO, R., 2019. NO<sub>2</sub> increases the risk for childhood asthma: A global concern. *The Lancet Planetary Health* 3 (4), 155-156.

NOBIS, C., KUHNIMHOF, T., 2018. Mobilität in Deutschland – MiD Ergebnisbericht. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.). Bonn, Berlin.

OHM, D., FIEDLER, F., ZIMMERMANN, F., KRAXENBERGER, T., 2015. Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen* 257 (5).

PIEPER, D., 2017. BUND sieht Konflikte bei Radwegeplanungen. Naturschützer kritisieren Förderpolitik des Landes. General-Anzeiger Bonn. Abrufbar unter: [https://ga.de/region/sieg-und-rhein/henef/naturschuetzer-kritisieren-foerderpolitik-des-landes\\_aid-43189415](https://ga.de/region/sieg-und-rhein/henef/naturschuetzer-kritisieren-foerderpolitik-des-landes_aid-43189415) (letzter Abruf: 02.12.2021)

RAVENSBERGEN, L, BULIUNG, R., LALIBERTÉ, N., 2019. Toward feminist geographers of cycling. *Geography Compass* 13 (7).



- REGIONALVERBAND FRANKFURTRHEINMAIN, 2019. Fahrradfreundliche Gewerbegebiete. Empfehlungen zur Förderung des Radverkehrs am Beispiel Frankfurter Flughafen. Frankfurt.
- REGIONALVERBAND RUHR, 2014. Machbarkeitsstudie Radschnellweg Ruhr RS1. Essen.
- REINER, M., JEKAUC, D., NIERMANN, C., WOLL, A., 2013. Long-term health benefits of physical activity – A systematic review of longitudinal studies. *BMC Public Health* 13, 813-821.
- RUHR24 GMBH & Co. KG, 2021. Dortmund: B1-Brücke zum Stadion wird abgerissen – Neubau wird abgerissen. Abrufbar unter: <https://www.ruhr24.de/dortmund/dortmund-b1-bruecke-bvb-stadion-abriss-neubau-westfalahalle-stadt-messe-westfalahallen-90657603.html> (letzter Abruf: 30.11.2021)
- RYBARCZYK, G., GALLAGHER, L., 2014. Measuring the potential for bicycling and walking at a metropolitan commuter university. *Journal of Transport Geography* 39, 1-10.
- SALLIS, J., OWEN, N., FISHER, E., 2008. Ecological models of health behavior. In: Glanz, K., Rimer, B., Viswanath, K. (Eds.), *Health behavior and health education – Theory, Research and Practice*. Jossey Bass, San Francisco<sup>4</sup>, 465-485.
- SANDERS, R., GRIFFIN, A., MACLEOD, K., 2012. The effects of transportation corridor features on driver and pedestrian behavior and on community vitality: Final study report. Oakland.
- SANDERS, D., FRAGO, E., KEHOE, R., PATTERSON, C., GASTON, K., 2020. A meta-analysis of biological impacts of artificial light at night. *Nature Ecology & Evolution* 5, 74-81.
- SCHMID-QUERG, J., KELER, A., GRIGOROPOULOS, G., 2021. The Munich Bikeability Index: A Practical Approach for Measuring Urban Bikeability. *Sustainability* 428 (13).
- SCHREIBER, M., ORTLEPP, J., BUTTERWEGGE, P., 2013. Unfälle zwischen Kfz und Radfahrern beim Abbiegen. *Unfallforschung kompakt* 37.
- SCHWEDES, O., WACHHOLZ, S., FRIEL, D., 2021. Sicherheit ist Ansichtssache – Subjektives Sicherheitsempfinden: Ein vernachlässigtes Forschungsfeld. Berlin.
- SCHULTHEISS, G., 2020. Neuer Radweg verdrängt 68 Parkplätze. In: Stuttgarter Zeitung. Abrufbar unter: <https://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.verkehr-im-synergiepark-stuttgart-neuer-radweg-verdraengt-68-parkplaetze.0b30d21a-a7ca-4f79-9cf9-1b67fbfb3d86.html> (letzter Abruf: 02.12.2021)
- SCHÜTTPELZ, B., 2021. Umstrittene Dwang-Brücke eröffnet. Schweriner Volkszeitung. Abrufbar unter: <https://www.svz.de/lokales/zeitung-fuer-die-landeshauptstadt/Die-schoenste-Bruecke-von-Schwerin-id33751212.html> (letzter Abruf: 02.12.2021)
- SENER, I., ELURU, N., BHAT, C., 2009. An analysis of bicycle route choice preferences in Texas, US. *Transportation* 36, 511-539.
- SINUS MARKT- & SOZIALFORSCHUNG GMBH, 2019. Fahrrad-Monitor Deutschland 2019. Ergebnisse einer repräsentativen Online-Befragung. Heidelberg.

- SORTON, A., WALSH, T., 1994. Bicycle Stress Level as a Tool to Evaluate Urban and Suburban Bicycle Compability. *Transportation Research Record* 1438, 17-24.
- STADTPLANUNGSAMT DER STADT MÜNSTER, 2021. Die Velorouten der Stadtregion Münster. Abrufbar unter: <https://www.veloregion.de/> (letzter Abruf: 28.11.2021)
- STADT OBERHAUSEN, o.J. Gewerbepark „Am Kaisergarten“ – Bebauungsplan Nr. 418 B. Oberhausen.
- STADT OBERHAUSEN, 2020. Machbarkeitsstudie für einen Radschnellweg Bottrop – Oberhausen-Osterfeld – Neue Mitte Oberhausen – Alt-Oberhausen – Mülheim-Styrum. Abrufbar unter: <https://www.oberhausen.de/de/index/rathaus/buergerbeteiligung/projekte/machbarkeitsstudie-radschnellweg.php> (letzter Abruf: 29.11.2021)
- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2019. Verkehrsunfälle – Kraft- und Fahrradunfälle im Straßenverkehr 2019. Wiesbaden.
- STINSON, M., BHAT, C., 2003. Commuter Bicyclist Route Choice: Analysis Using a Stated Preference Survey. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board* 1828, 107-115.
- TILAHUN, N., LEVINSON, D., KRIZEK, K., 2007. Trails, lanes, or traffic: Valuing bicycle facilities with an adaptive stated preference survey. *Transportation Research Part A* 41, 287-301.
- TITZE, S., STRONEGGER W., JANSCHITZ, S., OJA, P., 2008. Association of built-environment, social-environment and personal factors with bicycling as a mode of transportation among Austrian city dwellers. *Preventive Medicine* 47, 252-259.
- TITTELBACH, S. 2021. Keine Mehrheit für Radschnellweg in Bonner Rheinaue. Westdeutscher Rundfunk (WDR). Abrufbar unter: <https://www1.wdr.de/nachrichten/rheinland/radschnellweg-rheinaue-bonn-100.html> (letzter Abruf: 02.12.2021)
- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (Hrsg.), 2021. Luftqualität 2020 – Vorläufige Auswertung. Reihe Hintergrundpapier. Dessau-Roßlau.
- VAN DER SPEK, C., SCHELTEMA, N., 2015. The importance of bicycle parking management. *Research in Transportation Business & Management*, 39-49.
- VCD – Verkehrsclub Deutschland, 2014. VCD Bahntest 2014/2015. Berlin.
- WAHLGREN, L, SCHANTZ, P., 2012. Exploring bikeability in a metropolitan setting: Stimulating and hindering factors in a commuting route environment. *BMC Public Health* 12 (168).
- WANG, K., AKAR, G., LEE, K., SANDERS, M., 2020. Commuting patterns and bicycle level of traffic stress (LTS): Insights from spatially aggregated data in Franklin County, Ohio. *Journal of Transport Geography* 86.
- WARBURTON, D., BREDIN, S., SHELLINGTON, E., COLE, C., DE FAYE, A., HARRIS, J., KIM, D., ABELSOHN A., 2019. A Systematic Review of the Short-Term Health Effects of Air Pollution in Persons Living with Coronary Heart Disease.
- WINTERS, M., DAVIDSON, G., KAO, D., TESCHKE, K., 2011. Motivators and deterrents of

---

bicycling: Comparing influences on decisions to ride. *Transportation* 38, 153-168.

WINTERS, M., BRAUER, M., SETTON, E., TESCHKE, K., 2013. Mapping bikeability: A spatial tool to support sustainable travel.

*Environment Planning B: Planning and Design* (40), 865-883.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), 2018. Burden of Disease from Ambient Air Pollution for 2016. Genf.

## **Eigenständigkeitserklärung**

Ich versichere, dass ich die vorliegende schriftliche Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Die Stellen, die anderen Werken im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, sind durch Quellenangaben im Text deutlich gemacht.

Ich habe die Arbeit - auch nicht auszugsweise - in keinem anderen Studiengang als Studien- oder Prüfungsleistung verwendet.

Köln, den 03. Dezember 2021



---

Bette, Thomas - Matrikelnummer: 7320024