



Deutsche
Verkehrswissenschaftliche
Gesellschaft e.V.

Journal für Mobilität und Verkehr

Sanierungsbedarf Infrastruktur



Inhaltsverzeichnis

Editorial <i>Assadollah Saighani</i>	1
Baulicher Zustand kommunaler Straßenbrücken <i>Wulf-Holger Arndt</i>	2
Einbindung von Künstlicher Intelligenz in Planung, Unterhaltung und Bau von Straßen <i>Denis Gruber</i>	5
Entwicklung nachhaltiger und ressourcenschonender Erhaltungskonzepte für Asphaltstraßen mit Hilfe von Tragfähigkeitsmessungen (TSD) <i>Tim Schrödter, Pahirangan Sivapatham</i>	15
Sanierung und Ausbau der Fahrradabstellanlagen als wichtiger Bestandteil einer modernen Mobilitätsinfrastruktur <i>Mika Große-Stoltenberg Thomas Schuster</i>	23

Editorial

Dr.-Ing. Assadollah Saighani, Kasseler Verkehrs-Gesellschaft AG

Der Personen- und Güterverkehr ist eine wichtige Grundlage für die soziale Teilhabe und den Wohlstand der Bevölkerung. Der daraus generierte Nutzen ist für die Wirtschaft, der Gesellschaft und für jeden Einzelnen entsprechend vielfältig und groß. Eine wesentliche Voraussetzung dafür stellt eine leistungsfähige und zukunftsfähige Verkehrsinfrastruktur dar. Zum anderen besteht ein enormer Sanierungsbedarf der Verkehrsinfrastruktur in Deutschland. Die Ursachen hierfür sind vielfältig. Neben dem Alter der bestehenden Verkehrsinfrastruktur, dem Investitionsrückstand und den Folgen steigender Verkehrsaufkommen im Güter- und Personenverkehr belasten klimawandelbedingte Extremwetterereignisse die Verkehrsinfrastruktur zusätzlich, da sie häufig nicht für diese klimatischen Belastungen ausgelegt sind.

Unserem Aufruf für diese Ausgabe des Journals für Mobilität und Verkehr zum Thema „Sanierungsbedarf Infrastruktur“ sind viele gefolgt und wir konnten eine spannende Ausgabe zusammenstellen:

Dr. Wulf-Holger Arndt gibt in seinem Beitrag einen Überblick über den baulichen Zustand von kommunalen Straßenbrücken, denn aktuell stehen altersbedingte Schäden an Brückenbauwerken im Fokus der Baulastträger. Der Einsturz der Carolabrücke in Dresden am 11. September 2024 steht exemplarisch für den baulichen Zustand der Verkehrsinfrastruktur.

Vor diesem Hintergrund stehen die Baulastträger vor großen Herausforderungen, die notwendigen Erhaltungs- und Investitionsmaßnahmen an der Verkehrsinfrastruktur vor dem Hintergrund begrenzt zur Verfügung stehender Finanzmittel zu realisieren.

Dr. Denis Gruber gibt in diesem Zusammenhang in seinem Beitrag am Praxisbeispiel des Landkreises Börde Einblicke in den unterstützenden Einsatz von Künstlicher Intelligenz im Rahmen eines Ausbau- und Erhaltungsmanagementprogramms bei der Erstellung langfristiger Erhaltungsmaßnahmen hinsichtlich Zustandserfassung und -bewertung, Priorisierung sowie Dringlichkeit und Wirtschaftlichkeit.

Eine Grundlage für die notwendige Erhaltungsplanung von Straßen ist die Zustandserfassung und -bewertung. *Tim Schrödter* und *Prof. Dr. Pahirangan Sivapatham* stellen in ihrem Beitrag ein innovatives Messfahrzeug vor, das neben den Möglichkeiten zur Erfassung und Bewertung des Straßenzustandes auch über eine zerstörungsfreie Messmöglichkeit zur Erfassung des Schichtenaufbaus verfügt.

Abschließend geben *Mika Große-Stoltenberg* und *Prof. Dr. Thomas Schuster* auf Grundlage von empirischen Erhebungen einen Überblick über die Sanierung und den Ausbau von Fahrradabstellanlagen.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre der verschiedenen Beiträge aus dem Themenfeld Sanierungsbedarf Infrastruktur.

Baulicher Zustand kommunaler Straßenbrücken

Dr.-Ing. Wulf-Holger Arndt

Siehe AutorInnenangaben

Abstract

Die Verkehrsinfrastruktur ist eine wichtige Voraussetzung für sozialen Austausch und Wirtschaftskreisläufe einer Volkswirtschaft. Sie ist somit ein wichtiger Eckpfeiler für das Funktionieren einer Gesellschaft und des Wohlstandes. In Deutschland ist die Verkehrsinfrastruktur stark veraltet. Unterhalt und Ersatzinvestitionen als auch nötiger Ausbau erfolgen seit Jahrzehnten nicht im ausreichenden Maße. Der Einsturz der Carola-Brücke ist symptomatisch für den baulichen Zustand der Straßennetze in deutschen Kommunen. Dabei sind Brücken aufwändige und wichtige Ingenieurbauwerke in der Verkehrsinfrastruktur. Vordergründig dienen sie der Verbindung von Orten. Sie helfen bei der Überwindung von Hindernissen und sie sind zur Organisation verschiedener Verkehre auf Straßen, Schienen und Wasserwegen erforderlich. Schon immer waren Brücken auch der Nukleus für wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. Städtenamen wie Saarbrücken, Osnabrück oder Innsbruck sind dafür historisches Zeugnis.

Schlagwörter / Keywords:

Brücken, Verkehrsinfrastruktur, Ingenieurbauwerke, Straßenzustand

1. Einleitung

Brücken zu bauen ist – im wörtlichen wie im übertragenen Sinne – positiv besetzt, aber oft anspruchsvoll. Während die Neu- oder Wiedereröffnung einer Brücke meist medial aufgegriffen wird und auch in der politischen Kommunikation eine zentrale Rolle spielt, fehlt dem mindestens ebenso wichtigen Erhalt bestehender Brücken häufig die öffentliche und politische Aufmerksamkeit.

Der Verfall der Infrastrukturen ist zum medialen Dauerthema geworden. Im Verkehrsbereich geht es häufig um große Bauwerke, z.B. Autobahnbrücken oder Teilstrecken des deutschen Eisenbahnnetzes. Die große Vielzahl der Brücken in kommunaler Baulast bleibt dagegen bis zum Einsturz der Carola-Brücke im Schatten – auch weil ein umfassendes Monitoring aufgrund der dezentralen Zuständigkeiten besonders herausfordernd ist.

Das Deutsche Institut für Urbanistik (Difu) hat 2013 die Anzahl kommunaler Straßenbrücken erstmalig seit den 1970er Jahren in einem neuartigen Verfahren aus Daten geografischer Informationssysteme (GIS-Daten - OpenStreetMap) ermittelt. Die Gesamtzahl von ca. 67.000 Straßenbrücken in kommunaler Baulast haben

eine Fläche von 2.755 ha (das entspricht einer Fläche von ungefähr 4.000 Fußballfeldern). (vgl. Arndt 2013 und Arndt 2014) In dieser Brückenstudie wurde schon vor zehn Jahren gezeigt, dass es um die Brücken in Deutschland nicht besonders gut aussieht. Der entstandene Investitionsstau und der daraus resultierende schlechte Zustand vieler Brücken wurden erstmals systematisch erfasst und monetär bewertet.

2. Alternde Brücken

Viele Brücken wurden nach kriegsbedingten Zerstörungen und Ausbau der Straßennetze in den Städten in den Nachkriegsjahren bis in die 1960er, 1970er und 1980er Jahre ausgeführt. In einzelnen Fällen stammen die Straßenbrücken aus der Vorkriegszeit sowie aus der Periode gründerzeitlicher Stadterweiterungen (spätes 19./frühes 20. Jahrhundert). Diese Brücken erreichen nun ein Alter, bei dem die Instandsetzungskosten überproportional steigen und zum Teil Abgänge zu verzeichnen sind. Zum Teil ist „bauartbedingt“ bei jüngeren Brücken (z.B. frühe Spannbetonbrücken) die Alterung so weit fortgeschritten, dass kaum Instandhaltung oder Erneuerung möglich sind. Außerdem unterliegen die Brücken beschleunigten

Abnutzungserscheinungen, z.B. durch Zunahme des Verkehrsaufkommens, Last-/ Gewichtszunahmen und Geschwindigkeitssteigerungen, die beim Bau nicht absehbar waren. Die Zunahme - vor allem des Güterverkehrs - auf der Straße, auf die der weitaus größte Teil des Verkehrsleistungswachstums entfiel, führt zu sehr viel größeren Belastungen durch Schwerlastverkehr als bei der Herstellung dieser Bauten in den 1960er und 1970er Jahren oder gar in 50er Jahren angenommen wurde. Dabei belastet ein 40-Tonnen-Lkw eine Straße oder Brücke so stark wie 25.000 Pkw. Somit werden die Instandhaltungskosten für Straßen und Brücken besonders durch die starke Zunahme des Güterstraßenverkehrs, aber auch durch normale Alterungsvorgänge, durch belastende Betriebsformen, durch reduzierte Unterhaltung am Straßenoberbau sowie durch Einsatz besonders alterungskritischer Bauformen und deren mangelnder Kenntnisse in den letzten 20 bis 40 Jahren hervorgerufen. Die Verwendung von Werkstoffen, für die keine ausreichenden Erfahrungen vorlagen, saurer Regen und vor allem der Eintrag von Auftaumitteln verstärken die Instandhaltungsprobleme der Brücken zusätzlich.

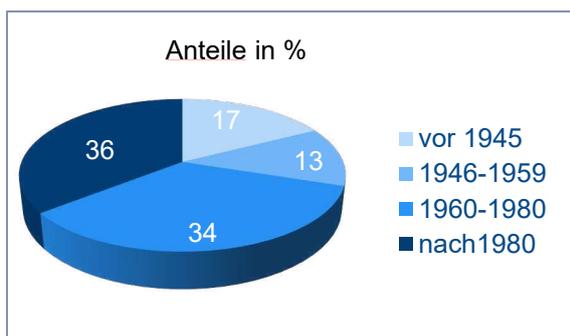


Abbildung 1: Kommunale Straßenbrücken nach Baujahr (2013)

Auf der anderen Seite werden in den Haushalten für die Straßenunterhaltung zu wenig Mittel für die Instandhaltung bereitgestellt. Laut BDI besteht ein jährlicher Mittelbedarf für Brückeninstandhaltung beim Bund von 750 Millionen Euro. Die Bundesregierung hat jedoch 2010 nur 480 Millionen Euro bereitgestellt. Für kommunale Brücken hat die Studie einen Investitionsbedarf bei Instandhaltung und Neubau von 1 Milliarde pro Jahr 2013 bis 2020 prognostiziert. Die kommunalen Investitionspläne sahen für diesen Zeitraum jedoch nur die Hälfte dieser Summe vor. Die vielfache Belastung der kommunalen Haushalte ist ein Grund für die Vernachlässigung der Verkehrsinfrastruktur. Brücken sind dabei als besonders aufwändige Bauwerke und erfordern hohe einmalige Investitionen für den Neubau oder Ersatzneubau, die oft im jährlichen Haushalt schwer darstellbar sind. Kleinere Gemeinden sind dabei überproportional betroffen, weil das Stra-

ßennetz bzw. die Brückenanzahl sich auf eine geringere Anzahl von Einwohnern respektive Steuerzahlern verteilt.

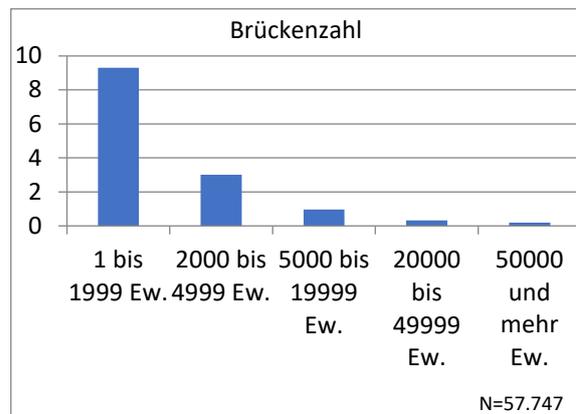


Abbildung 2: Mittlere Brückenzahl pro 10.000 Einwohner (2013)

3. Baulicher Zustand der Straßenbrücken

In einer weiteren Studie hat das Difu 2021 den Umfang, Zustand und Investitionsbedarf der gesamten kommunalen Verkehrsinfrastruktur im Auftrag des Hauptverbandes der Deutschen Bauindustrie, des Verbandes Deutscher Verkehrsunternehmen und des ADAC erfasst. (vgl. Arndt 2023)

Durch eine Zusammenführung und umfassende Auswertung der heute vorliegenden, meist GIS-basierten Daten wurden zunächst die Anzahl und die Länge der kommunalen Brücken in Deutschland ermittelt – genauer, als diese bisherigen Schätzungen leisten konnten. Insgesamt wurden dabei 123.196 Brücken erfasst, mit einer Gesamtlänge von 3.607 Kilometern. Nicht inbegriffen sind dabei die Brücken von straßenunabhängigen Rad- und Fußwegen sowie Wildbrücken.

Der Zustand der kommunalen Verkehrsinfrastruktur wurde in der Studie mittels einer Befragung der Städte und Gemeinden erfasst. Der Zustand dieser Brücken hat sich gegenüber den Erhebungen des Difu aus dem Jahr 2013 kaum verändert. Fast jede zweite kommunale Straßenbrücke ist in keinem guten Zustand. Positiv daran ist, dass die Lage insgesamt zumindest stabil zu sein scheint (vgl. Abbildung 3). Straßenbrücken sind jedoch häufig ein Bottleneck im Verkehrssystem. Bei Ausfällen führt dies oft zu erheblichen Behinderungen und Umwegen für die Nutzenden und damit zu Zeitverlusten und individuellen Kosten. Außerdem geht mit Schäden an Brückenbauwerken auch ein höheres Sicherheitsrisiko einher. Es kann vor diesem Hintergrund nicht zufriedenstellend sein, dass es den Kommunen also offenbar nur gerade so gelingt, eine weitere Zustandsverschlechterung zu verhindern.

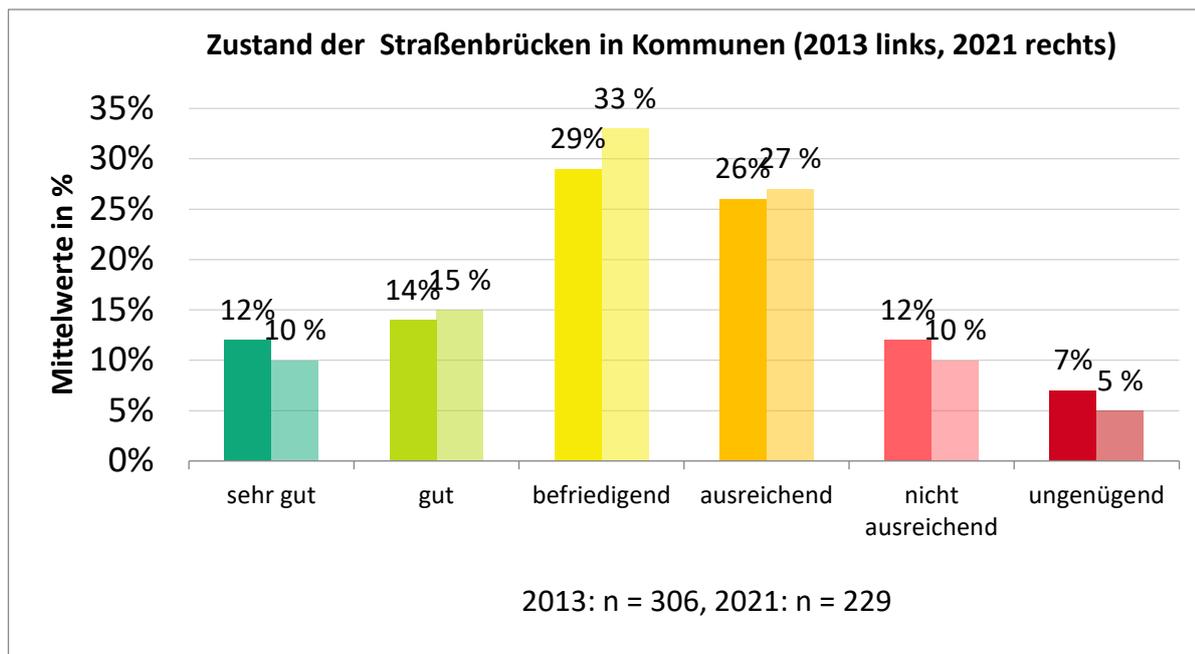


Abbildung 3: Zustand der Straßenbrücken in kommunaler Baulast nach Zustandsnoten (2013 und 2021)

Ein Vergleich mit im Jahr 2021 von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) veröffentlichten Daten zum Zustand der Brücken in Bundesbaulast zeigt, dass die Straßenbrücken der Kommunen in einem etwas schlechteren Zustand sind als die Straßenbrücken in der Baulast des Bundes. Ein Hinweis darauf, dass diesem Bereich zukünftig mehr Aufmerksamkeit zuteilwerden sollte.

In Zahlen ausgedrückt: Bis zum Jahr 2030 müssten die Kommunen fast 49 Mrd. Euro in den Ersatz maroder Brücken sowie zu einem kleinen Teil in den Bau neuer Brücken investieren. Dieser Wert ergibt die vorgenommene Abschätzung des normativen Investitionsbedarfs der Verkehrsinfrastruktur unter der Prämisse, dass die heute geltenden und angestrebten Standards im laufenden Jahrzehnt eingehalten und Defizite abgebaut werden sollen.

Literatur

Arndt, Wulf-Holger; Busso Grabow, Klaus J. Beckmann, Marion Eberlein: Kommunale Straßenbrücken - Zustand und Erneuerungsbedarf, Difu Impulse, 2013

Arndt, Wulf-Holger; Norman Döge; Arman Fathejalali; René Kämpfer (2014): Erstellung einer Geodatenbank aller Brücken und Straßen Deutschlands in kommunaler Baulast auf Basis von Open-Street-Map-Daten, Difu- Sonderveröffentlichungen, Berlin 2014

Arndt, Wulf-Holger; Schnieder, Stefan: Investitionsbedarfe für ein nachhaltiges Verkehrssystem. Schwerpunkt kommunale Netze. Difu Impulse, 2023 <https://difu.de/publikationen/2023/investitionsbedarfe-fuer-ein-nachhaltiges-verkehrssystem>

AutorInnenangaben

Dr.-Ing. Wulf-Holger Arndt

Bereichsleiter "Mobilität und Raum"
Zentrum Technik und Gesellschaft (ZTG)
Technische Universität Berlin
Kaiserin-Augusta-Allee 104, KAI 3.2
10553 Berlin

<http://www.ztg.tu-berlin.de/mobilitaet>
wulf-holger.arndt@tu-berlin.de

Tel.: +49 30 314 - 25 230

orcid.org/0000-0002-9190-5942

Einbindung von Künstlicher Intelligenz in Planung, Unterhaltung und Bau von Straßen. Ein Praxisbeispiel des Landkreises Börde zur Aufstellung des Kreisstraßenausbauprogramms 2023-2030

Dr. Denis Gruber

Abstract

Erhaltungs- und Investitionsmaßnahmen in das Straßennetz stellen Baulastträger vor grundlegende Herausforderungen, denn die hierfür aufzubringenden finanziellen Mittel sind nur in begrenztem Umfang verfügbar. Aufgrund des Einzugs Künstlicher Intelligenz auf der Ebene der Kommunalverwaltung lassen sich Fragen nach Dringlichkeiten und Prioritäten von Straßenbau und -unterhaltungsmaßnahmen objektiv begründen. Am Beispiel des Landkreises Börde wird verdeutlicht, wie Künstliche Intelligenz in Planung, Unterhaltung und Bau von Kreisstraßen eingebunden ist.

Schlagwörter / Keywords:

Straßeninfrastruktur, Künstliche Intelligenz, Straßenbaulastträger, Investitionen, Erhaltungsmaßnahmen

1. Einleitung

Einer leistungsfähigen und optimal vernetzten Infrastruktur kommt eine zentrale Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit als Basis für Arbeitsplätze, Wachstum und Wohlstand zu. Nahezu jeder Bürger ist auf Straßen angewiesen, die eine bedeutende Rolle im Transport und Verkehr sowohl auf Bundes- und Landesebene als auch auf Ebene der Landkreise und Gemeinden einnehmen. Allerdings verschlechterte sich der Zustand der Straßeninfrastruktur in Deutschland in den letzten Jahren zunehmend. Einerseits aufgrund der zunehmenden Verkehrsbelastung durch den motorisierten Verkehr (v.a. Schwerlastverkehr) wird die Verschlechterung der Substanz der Straßeninfrastruktur maßgeblich beeinflusst. Andererseits sorgen äußere Einflüsse wie Niederschläge, niedrige und hohe Temperaturen, UV-Strahlung, etc. für eine Zustandsverschlechterung.

Erschwerend kommt hinzu, dass vor allem kommunale Straßenbaulastträger sich in defizitären Haushaltssituationen befinden und den steigenden Aufwand für Erhaltungsmaßnahmen aufgrund einer unzureichenden Finanzausstattung nur schwer stemmen können. Ebenso stellt der wachsende In-

vestitionsstau, der sich auf den fehlenden grundhaften Neu- und Ausbau der Straßeninfrastruktur bezieht, ebenfalls als monetäre Herausforderung dar.

Laut einer Studie des Deutschen Institut für Urbanistik (DifU) wird allein der Nachhol- und Ersatzbedarf bei der kommunalen Straßenverkehrsinfrastruktur bis zum Jahr 2030 auf 283 Milliarden Euro geschätzt, hinzu kommen 64 Milliarden Euro für den Öffentlichen Nahverkehr.¹ Da Dreiviertel aller Straßen in Deutschland Kommunalstraßen sind, d.h. in Baulastträgerschaft der Landkreise und Gemeinden befinden, forderte der Städte- und Gemeindebund bereits im Jahr 2018 eine deutlich bessere Finanzausstattung der Kommunen und regte hierbei die Ausweitung der Lkw-Maut auf Kommunalstraßen an.²

Das Anlagevermögen Straße unterliegt einem, je nach einwirkendem Belastungsgrad und äußeren Bedingungen, unterschiedlich verlaufendem Alterungsprozess. Aufgrund der sich in den letzten Jahren verstetigten Finanznot deutscher Kommunen stehen sie als Träger öffentlicher Verkehrswege vor dem Problem, die knappen finanziellen Mittel für eine funktionsgerechte und wirtschaftliche Straßen-

¹ DifU (2023)

² DStGB (2018)

erhaltung und für den Straßenneubau effektiv einzusetzen. Weiterhin stellt sich sowohl für kommunale Straßenbaulastträger als auch für politische Entscheidungsträger in den Kommunen regelmäßig die Frage, welcher Straßenabschnitt bzgl. eines grundhaften Ausbaus (investive Maßnahme) bzw. einer Erhaltungsmaßnahme zu welchem Zeitpunkt an der Reihe ist.

Unabdingbar ist es daher für kommunale Straßenbaulastträger Prognosen zum Erhaltungsbedarf vorzulegen und Maßnahmen aufgrund ihrer Dringlichkeit zu priorisieren. Das führt zweifelsohne zu Konflikten und Diskussionen, da die knappen Finanzmittel jeweils nur punktuell in das Straßennetz als Erhaltungs- und/oder Investitionsmaßnahme umgesetzt werden können. In kommunalen Gremien wird häufig über die notwendigen Orte durchzuführender Erhaltungs- und Baumaßnahmen debattiert. Gerade auf der Ebene der Kommunalpolitik ist es wichtig, auf objektive Kriterien bei der Prioritätensetzung zu setzen, um sich gegen ein gewisses, mit der jeweiligen Wohnortnähe politischer Entscheidungsträger im Zusammenhang stehendes, „Kirchturmdenken“ argumentativ zu behaupten.³

Vor dieser Herausforderung, politischen Entscheidungsträgern objektives Datenmaterial bereitzustellen, um über zukünftige investive Maßnahmen an der Kreisstraßeninfrastruktur zu entscheiden und hierbei „Kirchturmpositionen“ entgegen zu können, stand auch der Landkreis Börde im Zuge der Aufstellung seines Kreisstraßenbauprogramms für den Zeitraum 2023-2030. Zielsetzung des Programms war, auf Basis validen Zahlenmaterials Prioritäten für Investitionen in die Kreisstraßeninfrastruktur zu ermitteln. Als wesentlicher Bestandteil der Aufzeigung objektiver Bewertungsgrundlagen erwies sich hierbei der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI), die in den Streckenkontrollfahrzeugen der Kreisstraßenmeisterei genutzt wird und eine automatische Zustandsnotenerfassung der Straßenoberfläche der einzelnen Kreisstraßenabschnitte erbringt. Die durch KI ermittelte Zustandsnote ist nicht subjektiv beeinflussbar, sondern stellt für jeden einzelnen Streckenabschnitt

im Kreisstraßennetz eine objektive aktuelle Bewertung dar.

Im Folgenden wird auf die Einbindung künstlicher Intelligenz in den Bereichen der Planung, des Baus und der Unterhaltung von Straßen eingegangen, die vor allem vor dem Hintergrund limitiert zur Verfügung stehender Finanzmittel kommunaler Straßenbaulastträger und des weiter wachsenden Investitions- sowie Unterhaltungsbedarfs an Straßen eine immer wichtiger werdende Funktion einnimmt und für die Entscheidungsfindung sowohl administrativer als auch politischer Entscheidungsträger von Relevanz ist.

2. Die Last der Straßenbaulast: Sanierungs- und Unterhaltungstau

Mit einer Einwohnerzahl von ca. 172.000 und einer Fläche von 2.3672 km² ist der Landkreis Börde der zwölftgrößte Landkreis Deutschlands. Er verfügt mit ca. 595 Kilometer Kreisstraßen über das größte Kreisstraßennetz aller sachsen-anhaltinischen Landkreise, welches in 111 Kreisstraßen mit 414 Straßenabschnitten gegliedert ist, die sich hinsichtlich inner- und außerörtlicher Abschnitte differenzieren. 484 der insgesamt 595 Kilometer Kreisstraßen verlaufen außerorts.⁴ Die 111 Kilometer innerörtlichen Kreisstraßen teilen sich auf insgesamt 131 verschiedene Ortsdurchfahrten auf.

Zugleich ist der Landkreis Baulastträger für 70 Brückenbauwerken, 645 Durchlässe und 72 Kilometer Radverkehrsanlagen. Von den ca. 595 km Kreisstraßen im Landkreis Börde wurden 455 km nach der politischen Wende 1989/90 grundhaft ausgebaut. Somit ist für noch 140 Kilometer Kreisstraße ein grundlegender Ausbau noch erforderlich.

Die Aufgaben des Landkreises Börde als Straßenbaulastträger ergeben sich aus dem Straßengesetz des Landes Sachsen-Anhalt und einschlägigen Verordnungen, Erlassen und Richtlinien. Bei der Straßenbaulast handelt es sich um eine öffentliche Aufgabe im Bereich der Daseinsvorsorge.⁵ Sie umfasst

³ Die Bezeichnung „Kirchturmdenken“ umschreibt eine Politik, die sich hinsichtlich politischer Entscheidungen nur bestimmte Orte bzw. Regionen bevorzugen. Der politische Entscheidungsträger setzt sich hierbei häufig engstirnig für den lokalen bzw. regionalen Raum ein, zu dem auch sein Wohnort gehört. Die Auswirkungen dieser von lokalpatriotischen Motiven bestimmten Verhaltensweise werden nur so weit bedacht, wie man den eigenen Kirchturm sieht. Aufgrund der primären Betrachtung des lokalen/regionalen Raumes mit dem man verhaftet ist, werden weitergehende Auswirkungen für andere Gebiete/Kommunen in den Hintergrund gerückt, was negative Auswirkungen auf Maßnahmen haben kann, die eine höhere Umsetzungspriorität besitzen.

⁴ Als den Bundes- und Landesstraßen nachgeordnetes Netz übernehmen Kreisstraßen regionale und überregionale verbindende Funktionen. Vielfach sind Kreisstraßen aber auch die einzigen Verbindungsstraßen, hauptsächlich im ländlichen Raum. Aufgrund ihrer Zubringerfunktion erbringen Kreisstraßen einen unentbehrlichen Anschluss an das übergeordnete Netz und stellen Verbindungen zwischen Orten und Ortsteilen dar. In seiner Struktur ist das Kreisstraßennetz zersplittert und nicht durchgängig, wie dies bei Bundes- und Landesstraßen der Fall ist.

⁵ Baulastträgerschaft umfasst alle mit dem Bau und der Unterhaltung der Verkehrsflächen zusammenhängenden Aufgaben wie beispielsweise Verkehrssicherungspflicht, Erhaltung, Erneuerung, Reinigung, Grünpflege, Winterdienst und Verwaltungsaufgaben, die den Betrieb und das Eigentum organisieren.

alle mit dem Bau und der Unterhaltung zusammenhängenden Aufgaben. Zwar ermöglicht das Straßengesetz Einschränkungen, weil die eigene (finanzielle) Leistungsfähigkeit Maßstab dabei sein soll, die Straßen in einem dem regelmäßigen Verkehrsbedürfnis genügenden Zustand zu bauen und zu unterhalten, entbindet den Straßenbaulastträger jedoch nicht von der Verpflichtung, Straßen so herzustellen und zu unterhalten, dass sie den Erfordernissen der öffentlichen Sicherheit und Ordnung genügen.⁶ Diese Verkehrssicherungspflicht zielt auf die Notwendigkeit der gefahrlosen Benutzung einer Straße ab.

Das Kreisstraßennetz mit seinen Brückenbauwerken und Radwegen stellt ein Anlagevermögen in erheblichem Umfang dar. Um dieses Anlagevermögen des Landkreises Börde entsprechend den infrastrukturellen und verkehrlichen Erfordernissen unter umweltrelevanten und technischen Gesichtspunkten zu erhalten, müssen jährlich erhebliche Haushaltsmittel aufgebracht werden. Straßen unterliegen einem, je nach einwirkendem Belastungsgrad und äußeren Bedingungen, unterschiedlich verlaufendem Alterungsprozess. Die fortlaufende Erfassung des Straßenzustandes mittels einheitlicher Betrachtungsweise ist daher zentrale Voraussetzung für einen optimalen Einsatz der zur Verfügung stehenden finanziellen und personellen Ressourcen. Bezogen auf die Doppik kommunaler Haushalte sind hinsichtlich notwendiger Investitionen und Erhaltungsmaßnahmen am Straßennetz sind zwei unterschiedliche Sphären betroffen. Einerseits, im Falle von Investitionen (grundhafter Neu- und Ausbau von Straßen, Ingenieurbauwerken und Radverkehrsanlagen), die kommunale Finanzplanung, andererseits im Falle von Erhaltungsmaßnahmen, die sich in betrieblicher und baulicher Erhaltung unterscheiden, der kommunale Ergebnishaushalt.

Bauliche Erhaltung hat die Instandhaltung (Unterhaltung), Instandsetzung und Erneuerung von Straßen und Brücken zum in kleinerem Umfang zur Substanzerhaltung von Verkehrsflächen zum Gegenstand, die mit eigenem Aufwand i.d.R. sofort nach dem Auftreten eines lokal begrenzten Schadens von Hand oder maschinell ausgeführt werden.⁷

Der Erhaltungsbedarf für Straßen wird mit Hilfe empirisch ermittelter Nutzungsdauern bestimmt, wodurch konkrete Erhaltungsmaßnahmen unter Einbeziehung festgelegter Erhaltungsziele (z.B. Befahrbarkeit, Substanzerhalt, Sicherheit) eruiert werden.⁸ Erhaltung bezieht sich auf Maßnahmen, die der Erhaltung der Substanz und des Gebrauchswertes von Verkehrsflächen einschließlich Nebenflächen sowie

der Umweltverträglichkeit dienen.⁹ Bei Investitionen sollen neu gebaute Straßen über 30 Jahre, Brücken über 80 Jahre abgeschrieben werden. Dabei soll angestrebt werden, dass diese mindestens für diese bezifferten Zeiträume in Nutzung bleiben sollten, besser noch länger. Hierfür ist ein effektives Erhaltungsmanagement erforderlich. Zum Beispiel ergibt sich je Brückenbauwerk im Laufe ihres Lebenszyklus ein Erhaltungsaufwand, der in Summe noch einmal dem Anschaffungswert entspricht bzw. auch höher sein kann. Es ist davon auszugehen, dass nach 30 bis 40 Jahren Nutzung der Brücke ca. ein Drittel der Gesamtinvestitionssumme für eine Grundinstandsetzung einer Brücke fällig werden.

3. Bewertungsgrundlagen des Kreisstraßenbauprogramms

Der Landkreis Börde hat im Zuge der Aufstellung des Investitionsprogramms 2023-2030 Kreisstraßen, Ingenieurbauwerke und Radverkehrsanlagen in seiner Baulast durch den Kreistag eine Bedarfsliste investiver Maßnahmen beschließen lassen, die auf validen und objektiven Bewertungsgrundlagen beruht und Dringlichkeiten per vorgenommener Priorisierung bestimmt. Mit der Prioritätenliste sollen politische Gremien frühzeitig über den im Landkreis bestehenden Investitionsbedarf informiert und in die Diskussion um die Rangfolge bei der Umsetzung der investiven Maßnahmen einbezogen werden. Hierbei war es von besonderer Wichtigkeit, dass die verwendeten Bewertungsgrundlagen von den politischen Entscheidungsträgern klar nachvollzogen werden können. Diesbezüglich war die Kreisverwaltung bei der Erarbeitung des Kreisstraßenbauprogramms aufgefordert, die Entscheidungsfindungsprozesse transparent zu gestalten und gegenüber den politischen Entscheidungsträgern erläutern und vermitteln zu können. In der erarbeiteten Prioritätenliste wird der mittel- und langfristige Investitionsbedarf des Landkreises dargestellt und Prioritäten in Bezug auf Notwendigkeit und Dringlichkeit bei deren Realisierung untersetzt.

Der Katalog an möglichen Bewertungsgrundlagen ist weit gefächert. Neben der Analyse der Straßenzustandserfassung gibt es zahlreiche weitere wichtige Kriterien, die von erheblicher Bedeutung sein können. Neben der softwarebasierten Zustandserfassung der Straßenoberfläche, auf die im nächsten Abschnitt eingegangen wird, wurde sich auf folgende

⁶ § 10 Abs. 2 StrG LSA

⁷ BAST (2023b), S.11

⁸ Institut für Verkehrswirtschaft, Systemwesen und Städtebau (2020)

⁹ § 48 SächsSVwNG

Bewertungsgrundlagen gestützt: Verkehrsbelastungen, Raumordnungskriterien und sonstige fachliche Belange.

Hohe Verkehrsbelastungen verweisen darauf, dass der Verschleiß an der Straßenoberfläche die Nutzungsdauer der Straße einschränken kann und die Dringlichkeit baulicher Maßnahmen an diesen Streckenabschnitten wächst. Grundlage für die Bewertung der Verkehrsbelastungen durch Personenkraftwagen und Schwerlastverkehr bilden umfangreiche Verkehrsmessungen entlang der ca. 600 Kilometer Kreisstraßen. Durch die vorliegenden automatischen Zählungen über 24 Stunden mittels Zählplatten konnten in den vergangenen Jahren aussagefähige Belastungszahlen für die einzelnen Abschnitte des Kreisstraßennetzes erhoben werden. Das gesamte Kreisstraßennetz wurde in drei Verkehrsstufen mit hohen, mittleren und geringen Verkehrsbelastungen unterteilt. Zur Unterteilung der Straßen wurden etwa je ein Drittel der gesamt untersuchten Straßennetzlänge gebildet.

Die Bedeutung der Raumordnung ergibt sich hinsichtlich spezifischer Netzkriterien der einzelnen Kreisstraßenabschnitte.

Tabelle 1: Einteilung der Kreisstraßenabschnitte hinsichtlich Raumordnungskriterien

TYP	Funktion	Netzbedeutung	Punkte
A	Zubringer für Orte oder Ortsteile zum klassifizierten Netz (innere Erschließung des Landkreises)	Keine	0
		gering	1
		mittel	2
		hoch	3
B	Zubringer der Orte oder Ortsteile zum Mittelzentrum, bzw. Kreisstadt oder Grundzentrum oder Mittelzentrum außerhalb des Landkreises	Keine	0
		gering bis	1
		mittel bis	2
		hoch	
C	Wichtige Ortsverbindung (auch über die Kreisgrenze hinaus) Verbindungsfunktion zwischen Bundes- und Landesstraße	Keine	0
		gering bis	1
		mittel bis	2
		hoch	
D	Wichtige Ortsdurchfahrt (innerörtliche Hauptverkehrsstraße)	Nein	0
		Ja	1
E	Bedeutung für den Erholungsverkehr	Nein	0
		ja	1

Quelle: Eigene Datenerhebung

Die funktionale Gliederung des Straßennetzes stellt für die Verkehrsplanung eine Rahmenkonzeption dar. Die Raumordnung ermöglicht, das Straßennetz in Abhängigkeit von der Bedeutung der jeweiligen Netzabschnitte zu gestalten.

Hierbei wurde eine Typisierung bestehender Kreisstraßenabschnitte vorgenommen, die sich auf Standardisierungen bezog und die Straßenart bzw. den Straßentyp hinsichtlich Funktion und Bedeutung im Netzzusammenhang bewertete. Unterschieden wurden die einzelnen Streckenabschnitte hinsichtlich fünf Typen (Tabelle 1)

Schließlich bilden sonstige fachliche Belange eine weitere Bewertungsgrundlage. Hiermit sind gemeint: Aufwendungen für regelmäßige Unterhaltungsaufwendungen; Beschwerden der Nutzer und Anlieger; Zustand und Dimensionierung des Kanalnetzes; Zustand der Versorgungsleitungen; Vorhaben Dritter im Straßenraum (auch korrespondierende Planungen); Umweltschutzkriterien (z.B. Wasserschutzgebiet) und zur Verfügung stehende finanzielle Mittel (auch hinsichtlich Fördermöglichkeiten und Refinanzierungsaspekten sowie Finanzierungsmöglichkeiten im Falle von Gemeinschaftsaufgaben bei geteilter Baulast, auch im Hinblick auf Kostenbeteiligungen von Versorgungsträgern).

4. Zustandsbewertung und -erfassung von Straßen

Für die Fahrbahnoberflächen der Bundesfernstraßen wird seit Anfang der 1990er Jahre die Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) durchgeführt. Die ZEB ist ein amtlich festgelegtes Untersuchungsverfahren öffentlicher Straßen zur Ermittlung der Qualität des Straßennetzes und den damit verbundenen Unterhalts- bzw. Erhaltungskosten.¹⁰ Bei der Zustandserfassung und -bewertung wird nur der Zustand der Fahrbahnoberfläche erfasst.

Die ermittelten Werte sind damit nur ein Indikator für die Erneuerungswürdigkeit eines Streckenabschnittes und geben Hinweise auf tieferliegende Schäden der Fahrbahnbefestigung. Durch die Einbeziehung von weiteren Erkenntnissen zum Zustand des gesamten Fahrbahnaufbaus lassen sich Schadensursachen genauer ableiten. Um konkrete Erneuerungsmaßnahmen zu planen und durchzuführen, sind weitere spezielle straßenbautechnische Untersuchungen erforderlich.

Im Zuge einer Wertesynthese werden die Zustandswerte miteinander zu einem Gebrauchswert, einem Substanzwert und einem Gesamtwert ver-

¹⁰ Schmid (2019), S.64

knüpft. Der Gebrauchswert ergibt sich aus der Griffbarkeit sowie den Längs- und Querebenenmerkmalen. Dieser Wert ist wesentlich für den Fahrkomfort und die Fahrsicherheit.¹¹ Der Substanzwert ergibt sich neben den Längs- und Querebenenmerkmalen auch aus den Substanzmerkmalen (Oberfläche) und spiegelt den Zustand einer Straßenoberfläche wider. Der Gesamtwert wird aus dem Maximum von Gebrauchs- und Substanzwert gebildet.¹²

Aus den Daten der Messsysteme werden physikalische Zustandsgrößen berechnet, die über ein Normierungserfahren in dimensionslose Zustandswerte in einen Notenbereich von 1,0 bis 5,0 überführt werden. Die Zustandswerte werden in Zustandsklassen mit Intervallbreiten aufgeteilt und farblich gekennzeichnet. Im Rahmen einer Normierung werden diese Zustandsgrößen nachfolgend in dimensionslose, einheitlich skalierte Zustandswerte in einen Notenbereich überführt.

Zu diesem Zweck wird ein Bewertungsschlüssel angewendet, der den Zustand der Kreisstraßen im Landkreis Börde mit Hilfe von Zustandsnoten im Intervall von 1,0 bis 5,0 bewertet. Hierbei bedeutet der Wert 1,0 den besten anzunehmenden Zustand unmittelbar nach Herstellung der Straße und der Wert 5,0 den schlechtmöglichen Zustand. Ist letzter Wert erreicht, kann die Verkehrssicherheit nicht mehr durchgängig gewährleistet und der Straßenabschnitt muss grundhaft erneuert werden.

Innerhalb dieser Einteilung wird zwischen Zustandswerten unterschieden. Zum einen spielt der Zielwert mit der Note von 1,5 eine wichtige Rolle. Zum anderen der Warnwert mit einer Note 3,5 und der Schwellenwert mit einer Note von 4,5. Ist bei Straßenabschnitten der Warnwert von 3,5 erreicht, ist für Straßenbaulastträger Anlass zur intensiven Beobachtung und zur Analyse der Ursachen für den schlechten Zustand gegeben. Gegebenenfalls ist auch die Planung von geeigneten Maßnahmen zur Verbesserung des Zustandes notwendig.¹³ Der Schwellenwert, der ab einer Note von 4,5 vorliegt, beschreibt einen Zustand, bei dessen Erreichen die Einleitung von verkehrsbeschränkenden oder baulichen Maßnahmen zur Erhaltung des Straßenabschnittes geprüft werden muss.¹⁴

Da die durchschnittliche Nutzungsdauer bei Kreisstraßen bei 30 Jahren liegt, ergibt sich eine rechnerische Minderung der Zustandsnote der Straße von 0,133 pro Jahr.¹⁵ Über die Dauer von 30 Jahren würde sich somit eine Straße bis auf den Zustandswert von 4,0 verschlechtern. Hierbei handelt es sich

um einen Wert, welcher die verschiedenen Randbedingungen wie Reparatur- und Instandhaltungsmaßnahmen, zusätzliche Verkehrsbelastungen der Straße durch Umleitungs- und Schwerverkehre sowie die Schädigung durch Umwelt- oder sonstige äußere Einflüsse nicht berücksichtigt und somit ausschließlich eine Aussage über eine notwendige grundlegende Erneuerung trifft.¹⁶

5. Softwarebasierte Zustandsbewertung und -erfassung von Straßen mittels KI

Eine umfassende Erhaltung der Straßeninfrastruktur ist für eine lange Lebens- und Nutzungsdauer essentiell notwendig. Grundlegende Kenntnisse der konkreten Schadensursachen sind für die Auswahl technisch und ökonomisch zweckmäßiger Erhaltungsmaßnahmen erforderlich. Die fortlaufende Erfassung des Straßenzustandes mittels einheitlicher Betrachtungsweise ist eine wesentliche Voraussetzung für einen optimalen Einsatz zur Verfügung stehender finanzieller und personeller Ressourcen.

Hierfür müssen Informationen über den Straßenzustand gesammelt, um eine relativ zuverlässige Abschätzung des Erhaltungsbedarfes vorzuhalten. Aufgrund der fortschreitenden Technisierung greifen die jeweiligen Baulastträger häufig auf visuell-sensitive oder messtechnische Erfassungsverfahren zurück. Auf den Kreisstraßen im Landkreis Börde wird die Zustandserfassung mit Hilfe Künstlicher Intelligenz auf Basis einer softwarebasierten Lösung durch Smartphones vorgenommen, die den Zustand der Straßenoberfläche aufnehmen.

Bei jeder Befahrung der einzelnen Streckenabschnitte werden neue Aufnahmen des Straßenoberbaus aufgenommen, wodurch sich auch über unterschiedliche Zeiträume Vergleichsergebnisse erheben lassen, um den realen Verschlechterungswert im Laufe der Zeit durch automatische Zustandsbewertung zu erfassen. Die Zustandserfassung und -bewertung der Künstlichen Intelligenz bezieht sich auf die Erhebung und Analyse der Quer- und Längsebenenheiten, Griffbarkeit, Substanz und Oberflächenbild.

Hierdurch ergibt sich für den Straßenbaulastträger ein Mehrwert, denn er kann aufgrund der Vergleichsergebnisse für sich eruieren, wie der spezifische Straßenabschnitt sich hinsichtlich gegebener Randbedingungen (u.a. Witterung, Verkehr, Schadensbild) verändert und welche konkreten Maßnahmen zum Erhalt der Straße erforderlich sind. Weiterhin ist

¹¹ ebd., S.65

¹² ebd., S.68

¹³ BAST (2023b), S.19

¹⁴ ebd., S.19

¹⁵ Landkreis Potsdam-Mittelmark (2018), S.9

¹⁶ ebd., S.9

es zeitlich planbar, die notwendigen Maßnahmen zu fixieren und zu priorisieren.

Die Nutzung Künstlicher Intelligenz für die Zustandserfassung und -bewertung sowie Planung baulicher und betrieblicher Erhaltung hilft dem kommunalen Straßenbaulastträger, um sein Streckennetz flächendeckend anhand aktualisierter Daten zur Straßeninfrastruktur zu bewerten. Durch die Datenerhebung und -auswertung mittels Künstlicher Intelligenz konnte der Detaillierungsgrad gegenüber dem bisherigen Stand der Technik im Landkreis Börde deutlich gesteigert werden, da unterschiedliche Schadensklassen objektscharf ausgewertet werden und die einzelnen Rissarten individuell gewichtet in die Gesamtnote einfließen.

Analog des oben beschriebenen Systems der ZEB werden die Schadensflächen auf den jeweiligen Streckenabschnitten in einer Gesamtnote ausgedrückt. Auch hierbei gelten die drei charakteristischen Grenzwerte Zustandswert (1,5), Warnwert (3,5) und Schwellenwert (4,5) als Bewertungskriterium. Im Rahmen der Erhaltung und der Entscheidungsfindung zur Priorisierung zukünftiger grundhafter Aus- und Neubauvorhaben sind die durch den Einsatz der Künstlichen Intelligenz erkannten unterschiedlichen Schadensklassen von hoher Relevanz, da Aufschluss über das Aufkommen u.a. von Ausbrüchen, Schlaglöchern, Rissen, Abplatzungen und Schichtablösungen, Flickstellen, Fugen und Nähte erlangt wird.

Für die Fahrbahnoberflächen der Bundesfernstraßen wird seit Anfang der 1990er Jahre die Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) durchgeführt. Die ZEB ist ein amtlich festgelegtes Untersuchungsverfahren öffentlicher Straßen zur Ermittlung der Qualität des Straßennetzes und den damit verbundenen Unterhalts- bzw. Erhaltungskosten.¹⁷ Bei der Zustandserfassung und -bewertung wird nur der Zustand der Fahrbahnoberfläche erfasst.

Die ermittelten Werte sind damit nur ein Indikator für die Erneuerungswürdigkeit eines Streckenabschnittes und geben Hinweise auf tieferliegende Schäden der Fahrbahnbefestigung. Durch die Einbeziehung von weiteren Erkenntnissen zum Zustand des gesamten Fahrbahnaufbaus lassen sich Schadensursachen genauer ableiten. Um konkrete Erneuerungsmaßnahmen zu planen und durchzuführen, sind weitere spezielle straßenbautechnische Untersuchungen erforderlich.

6. Auswirkungen der mangelnden Finanzausstattung auf den Sanierungsstau

Insgesamt wurden durch die auf Künstliche Intelligenz beruhende softwarebasierende automatische Benotung 61,4 Kilometer des gesamten Kreisstraßennetzes mit der Note 1,0-1,4 bewertet. 121,4 Kilometer sind mit der Note 1,5-1,9 bewertet und 93,7 Kilometer liegen im Bereich der Note 2,0-2,4.

Im Intervall 2,5-2,9 finden sich 82,9 Kilometer wieder und mit 3,0-3,4 wurden 82,6 Kilometer bewertet. Der Warnwert mit der Note ab 3,5 (Intervall bis 3,9) ergibt sich für 59,1 Kilometer Kreisstraßen. Im Bereich der Note 4,0-4,4 finden sich 34,0 Kilometer wieder. Der Schwellenwert mit Zustandswert von 4,5 (Intervall bis 4,9) liegt insgesamt auf 33,2 Kilometern Kreisstraße vor. Mit 5,0 wurden 26,93 Kilometer benotet. In den Bereich dieser Zustandsnote fallen nicht nur Straßenabschnitte, die durch die Software eine sehr schlechte Zustandsanalyse erhalten haben, sondern auch Abschnitte, die über keine Asphalt- oder Betonbauweise verfügen, sondern aus Split, Schotter, Pflastersteinen oder als Feldweg bestehen.

Die hinsichtlich der einzelnen Intervalle ermittelte Straßenzustandserfassung belegt, dass 153,23 Kilometer bzw. 25,7 Prozent oberhalb des Warnwertes von 3,5 liegen. Hiervon fallen 93,15 Kilometer in den Zustandsbereich zwischen 3,5 bis 4,5. Für diese Kreisstraßenabschnitte ist somit Anlass zur intensiven Beobachtung und zur Ursachenanalyse des mangelnden Zustandes gegeben, wobei der Baulastträger gefordert ist, nach geeigneten Maßnahmen zur Verbesserung des Ist-Zustandes zu suchen.

Tabelle 2: Rohpunktevergabe der baulichen Zustandsnote je Kreisstraßenabschnitt

Punkte	Intervall	Anzahl Kreisstraßenabschnitte	Länge Straßenkilometer
1	1,0-1,4	49	61,4
2	1,5-1,9	40	121,4
3	2,0-2,4	69	93,7
4	2,5-2,9	55	82,9
5	3,0-3,4	66	82,6
6	3,5-3,9	39	59,1
7	4,0-4,4	42	34,0
8	4,5-4,9	26	33,2
9	5,0	4	26,93

Quelle: Eigene Datenerhebung

Eine umfassende Erhaltung der Straßeninfrastruktur ist für eine lange Lebens- und Nutzungsdauer essentiell notwendig. Grundlegende Kenntnisse der konkreten Schadensursachen sind für die Auswahl technisch und ökonomisch zweckmäßiger Erhal-

¹⁷ Schmid (2019), S.64

tungsmaßnahmen erforderlich. Die fortlaufende Erfassung des Straßenzustandes mittels einheitlicher Betrachtungsweise ist eine wesentliche Voraussetzung für einen optimalen Einsatz zur Verfügung stehender finanzieller und personeller Ressourcen.

Das Erreichen der technischen Nutzungsdauer des Straßenoberbaus tritt dann ein, wenn dieser durch die verursachten Witterungs- und Verkehrsbelastungen in seiner Substanz so stark zerstört ist, dass der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) erreicht und eine bestimmungsgemäße Funktion und Nutzung nicht mehr gewährleistet ist.¹⁸ Die wirtschaftliche Lebensdauer einer Straße ist somit der Zeitraum, in dem eine wirtschaftliche Nutzung ohne oder auch mit Erhaltungsmaßnahmen möglich ist, wobei die finanzielle Mittelvorhaltung für Erhaltungsmaßnahmen die wirtschaftliche Nutzungsdauer maßgeblich beeinflusst.

Die Aufwendungen der Kreisstraßenmeisterei des Landkreises Börde für Instandsetzung und Unterhaltung der Kreisstraßen und aller zugehörigen Fahrbahnteile belaufen sich auf ca. 2,6 Mio. Euro jährlich (einschließlich Maschinenteknik und Personal). Mit diesen Mitteln müssen sowohl Unterhaltungsmaßnahmen, Instandsetzungen, Baumpflege, Markierungsarbeiten etc. finanziert werden. Ein weiteres Schwerpunktproblem sind die jährlichen nicht kalkulierbaren Aufwendungen des Winterdienstes und die Beseitigung der Winterschäden. Die benannte Summe ist bei weitem nicht ausreichend, um auf den bestehenden Sanierungsbedarf, der sich durch das Erreichen des Warnwertes ergeben hat, zu reagieren. Folglich fallen in den Folgejahren zahlreiche Streckenabschnitte in einen Zustandsbereich, der schlechter als die Note 4,5 (Schwellenwert) ausfällt und folglich einen grundhaften Ausbau erforderlich macht.

Instandhaltungsmaßnahmen wie Oberflächenbehandlungen, Decken- und Rissanierungen oder Asphaltkonservierungen dienen ausschließlich dem Ziel über den gesamten Zeitraum der Nutzungsdauer von 30 Jahren eine höchstmögliche Verkehrssicherheit bei gleichzeitig möglichst geringen Reparatur- und Instandhaltungskosten zu gewährleisten. Vor allem Deckenerneuerungen werden in den kommenden Jahren immer wichtiger, denn viele Fahrbahndecken, die in den 1990er Jahren gebaut wurden, sind an ihre Verschleißgrenze gelangt.

Deckensanierungsmaßnahmen sind notwendig, um durch die Erneuerung von verschlissenen Asphaltdeckschichten einer tiefgehenden Zerstörung von Tragschichten und damit der Notwendig-

keit von vorzeitigen grundhaften Erneuerungen vorzubeugen. Gefahr bergen jedoch die Folgen einer unzureichenden Finanzierung sowohl für Unterhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen als auch beim Aus- und Neubau. Aufgrund der unzureichenden Finanzmittelausstattung kommunaler Straßenbaulastträger wächst der Unterhaltungs- und Instandsetzungsaufwand für die Straßeninfrastruktur weiter an. Der Aufwand für die Instandhaltung steht im engen Zusammenhang mit dem Neubau von Straßen und Brücken. Hier spielt der Investitionsrückstau an Straßen eine entscheidende Rolle.

In der Folge kommt es aufgrund von Zustandsverschlechterungen und unzureichender finanzieller Mittel zum Nicht-Erreichen geplanter Lebensdauern von Straßen und Brücken, notwendigen Sonderabschreibungen und Nutzungseinschränkungen, was wiederum zum Anwachsen des Investitionsstaus führt, der sich ebenfalls darin ausdrückt, dass die Investitionsfähigkeit der Kommunen aufgrund fehlender finanzieller Mittel gering ist.

60,08 Kilometer bzw. 10,1 Prozent des gesamten Kreisstraßennetzes sind mit einer Note schlechter gleich 4,5 (Schwellenwert) bewertet. Für diese Abschnitte besteht ein dringender Investitionsbedarf. Kurz- und mittelfristig wurden im Rahmen des Investitionsprogramms 2023-2030 somit jene Kreisstraßenabschnitte als prioritär eingestuft, die eine Zustandsbewertung schlechter gleich 4,5 Notenpunkte aufweisen, da der Schwellenwert bereits erreicht bzw. überschritten wurde.

Für diese dann erforderlichen Investitionen (grundhafter Ausbau) stehen dem sich in Haushaltskonsolidierung befindlichen Landkreis Börde aufgrund seiner defizitären Haushaltslage keine Eigenmittel zur Verfügung, sondern nur Landeszuweisungen i.H.v. derzeit ca. 4,11 Millionen Euro. Würde sich die Landeszuweisung innerhalb der Zeitspanne 2023 bis 2030 verstätigen, stünden für den grundhaften Ausbau maximal 32,88 Millionen Euro zur Verfügung, um den Investitionsbedarf zu verringern. Problematisch ist aber, dass die Landeszuweisungen nicht nur für Kreisstraßenabschnitte zu veranschlagen sind, bei denen ein grundhafter Ausbau erforderlich ist, sondern auch für den Neu- und Ausbau von Ingenieurbauwerken und Radverkehrsanlagen verwendet werden müssen.

Mit Datum vom 31.10.2024 ergibt sich hinsichtlich des ca. 600 Kilometer langen Kreisstraßennetzes des Landkreises Börde eine Durchschnittsnote von 2,65. Selbst unter Berücksichtigung aller geplanten Straßenausbauvorhaben ist diese Zustandsnote nicht

¹⁸ Fehling, E. / Leutbecher, T. (2001), S.1

dauerhaft zu halten und wird sich durch die derzeitigen Rahmenbedingungen (Baupreisentwicklung, Rückgang der Fördermittelzuweisung/Landeszuwendung) jährlich verschlechtern.

Aus einer Grobkostenschätzung geht hervor, dass allein für die 60,08 Kilometer inner- und außerörtlichen Kreisstraßenabschnitte, für die ein dringlicher Investitionsbedarf vorliegt, ein Investitionsstau im oberen zweistelligen Millionenbereich vorliegt. Würden die ca. 33 Millionen Euro Landeszuweisungen allein dafür verwendet werden, um den bezifferten Investitionsstau zu entgegnen, müsste sich der Investitionsstau verringern.

Allerdings ist diese Rechnung fehlerhaft, denn wie oben beschrieben, werden sich die Zustandsnoten diverser Kreisstraßenabschnitte, die sich derzeit im Benotungsintervall zwischen 3,5 und 4,4 befinden, aufgrund ihrer zunehmenden Abnutzungen weiter verschlechtern und prognostisch aus dem Warnbereich in den Bereich schlechter des Warnwertes fallen. Hierdurch nimmt der Investitionsstau nicht ab, sondern steigt vielmehr an. Für diesen erweiterten Bedarf, also Kreisstraßenabschnitte, die eine Benotung von 3,5 bis 4,4 aufweisen, was aktuell für 93,15 Kilometer der Fall ist, liegt der potentielle Investitionsbedarf nach Grobkostenschätzung im unteren dreistelligen Millionenbereich.

Insgesamt sind also 153,23 Kilometer Kreisstraßen bzw. 25,7 Prozent des gesamten Netzes mit Stichtag zum 31.10.2024 schlechter gleich 3,5 Notenpunkten bewertet. Diese Zahlen verdeutlichen, dass sich die Spirale des Sanierungs- und Investitionsstaus unaufhaltbar weiterdreht. Kommunen versuchen sich diesem Sog entgegenzustellen, aber wie verdeutlicht, reichen die finanziellen Ressourcen nicht für eine Trendwende aus. Zudem bewirken die im Bausektor deutlich gestiegenen Preise und der Fachkräftemangel in den Kommunalverwaltungen, vor allem an Bauingenieuren, weitere Herausforderungen für kommunale Baulastträger, die seit Jahren vor der fast unlösbaren Aufgabe stehen, ihren Haushalt zusammenzuhalten.

Des Weiteren konkurrieren im Zuge der Haushaltsplanungen Investitionen in die Straßeninfrastruktur mit anderen investiven Baumaßnahmen wie z.B. im Hochbaubereich (u.a. Investitionen in Schulen und Kindertageseinrichtungen) und werden auch aufgrund von Krisenkosten (u.a. Klimaanpassung, Corona-Pandemie, Flüchtlingsunterbringung), die sich für die Kommunen ergeben haben, weiter eingeschränkt. Letztlich zeigt sich in den Schlaglöchern der Straßenbaulasten die chronische Unterfinanzierung der Kommunen, die seit Jahren von den Ländern eine deutlich bessere finanzielle Grundausstattung einfordern.

7. Ermittlung von Dringlichkeiten und Festlegung von Prioritäten

Im weiteren Schritt war es bei der Aufstellung des Kreisstraßenausbauprogramms notwendig, die ermittelten Resultate hinsichtlich der verwendeten Bewertungsgrundlagen in ein lineares Rohpunktesystem zu überführen. Beispielhaft wird dies an der Stelle für die Bewertung des baulichen Zustandes der jeweiligen Kreisstraßenabschnitte verdeutlicht.

Da die Benotungen der einzelnen Abschnitte extrem divergieren, wurde im Investitionsprogramm folgender Bewertungsrahmen verwendet: Kreisstraßen mit einer baulichen Note von 5,0 erhielten die Maximalpunktzahl von 9 Rohpunkten. Abgestuft erhielten alle Kreisstraßenabschnitte mit einer Benotung von 4,5-4,9 8 Rohpunkte. Mit einer weiteren analogen Verringerung von jeweils 0,5 Benotungspunkten, die sich aus den Ergebnissen des baulichen Zustands mit Hilfe der Künstlichen Intelligenz ergaben, wurden die einzelnen Straßenabschnitte mit entsprechenden Rohpunkten versehen. Dementsprechend erhielten Kreisstraßenabschnitte mit einer baulichen Zustandsnote von 1,0 1 Rohpunkt.

Ausgehend von den vier Rohpunkteergebnissen der einzelnen vier Säulen der Bewertungsgrundlage wurde im weiteren Schritt festgelegt, dass die Verkehrsbelastung mit 2,5-facher Punktzahl bewertet wird, so dass sich für den Abschnitt mit der höchsten Verkehrsbelastung ausgehend von der maximalen Rohpunktzahl 10 eine Gesamtpunktzahl von 25 Punkten ergibt. Die drei anderen Säulen Raumordnung, bauliche Zustandsnote und sonstige fachliche Belange wurden mit dem Faktor 1,0 bewertet. Ausschlaggebend für die Festlegung der Faktorisierung von 2,5 für die Verkehrsbelastung sind die Auswirkungen des Verkehrs auf den Straßenzustand, die die durch die Künstliche Intelligenz ermittelten Schadensarten auf der Straßenoberfläche zum großen Teil verursachen.

Die Festlegung von Dringlichkeiten (Priorisierungen) richtet sich nach der baulichen Zustandsnote (Schadensschwere) und dem Nutzen für den Verkehrsteilnehmer in Form der Verkehrsbelastung der Kreisstraßenabschnitte. Ausgehend vom Schwellenwert von 4,5 und der Notwendigkeit, bei Erreichen dieser Zustandsnote verkehrsbeschränkende oder bauliche Maßnahmen zur Erhaltung des Straßenabschnittes zu prüfen, wurde das Tabellenwerk hinsichtlich der Dringlichkeit investiver Maßnahmen nachbewertet. Diesbezüglich wurden kurz- und mittelfristig jene Kreisstraßenabschnitte prioritär eingestuft, die schon aktuell eine Benotung schlechter gleich 4,5 Notenpunkte erhalten haben.

Unter Berücksichtigung der weiteren Verkehrsentwicklung und -belastung sollten die hier ermittelten dringlichen Maßnahmen zeitnah umgesetzt werden. Als weiterer Bedarf sind Maßnahmen an Kreisstraßenabschnitte heranzuziehen, die vorerst nicht bis 2030 investiv umgesetzt werden können. Diese Abschnitte, die mit einer aktuellen Benotung von schlechter gleich 3,5 vorliegen (Warnwert) werden jedoch verstärkt beobachtet. Wird eine nicht vorhersehbare Verschlechterung festgestellt, muss der jeweilige Abschnitt vorgezogen und das Programm angepasst werden. Dies macht eine jährliche Überarbeitung des vorliegenden Kreisstraßenbauprogrammes notwendig.

8. Zusammenfassung

Bei der Beschlussfassung über das Kreisstraßenbauprogramm 2023-2030 des Landkreises Börde zeigte sich, dass die politischen Entscheidungsträger, denen die Ergebnisse im Rahmen der Gremiensitzungen erläutert wurden, sich mit den Vorschlägen der Verwaltung einverstanden zeigten, welche Kreisstraßenabschnitte in den zukünftigen Jahren mit Priorität neu- bzw. ausgebaut werden müssen. Dieses Beschlussverhalten lässt sich in einem klaren Zusammenhang mit den verwendeten Bewertungsgrundlagen bringen. Nicht nur die verdeutlichten Verkehrsbelastungen auf den einzelnen inner- und außerörtlichen Kreisstraßenabschnitten waren ein entscheidender Faktor, sondern zuvorderst die durch Künstliche Intelligenz erbrachte automatische Benotung der Straßenoberfläche trugen zum Beschlussverhalten bei.

Straßenschäden und ihre Prävention sowie Behebung bleiben für Kommunen eine Daueraufgabe. Einen besseren Überblick über den Zustand der Straßen sowie die Dringlichkeit und Wirtschaftlichkeit des Instandsetzungs-, Unterhaltungs- und Investitionsbedarfs können sich kommunale Baulasträger mittels einer softwarebasierten Künstlichen Intelligenz verschaffen. Aufgrund der Fähigkeit der KI, Schäden auf der Straße per Bildauswertung zu erkennen und in verschiedene Schadenskategorien einzuteilen, bekommen sowohl Mitarbeiter der Verwaltungen als auch politische Entscheidungsträger einen umfassenden Überblick über den Zustand der Straßen. Darüber hinaus erbringt der Einsatz der Software in den Streckenkontrollfahrzeugen der Kreisstraßenmeisterei wesentliche Erkenntnisse für die Unterhaltung der einzelnen Straßenabschnitte.

Ziel dieses Erhaltungsmanagements ist, die vorhandenen finanziellen und personellen Ressourcen des Landkreises Börde für Straßenunterhalt und Straßensanierung möglichst gezielt, effektiv und effizient einzusetzen. Weiterhin ist auch die Beschilderung, die

Markierung und das Straßenbegleitgrün in die Dokumentation aufgenommen. Hierdurch lassen sich grundlegende Fragen nach dem Zustand der einzelnen Streckenabschnitte, Schadensmerkmale, Priorität bei Instandsetzung bzw. Unterhaltung beantworten. Im Ergebnis wird sowohl das Management der Planung von Erhaltungsmaßnahmen vereinfacht und beschleunigt als auch die Begründung investiver Maßnahmen im Falle des erforderlichen grundhaften Ausbaus von Straßenabschnitten.

Literatur

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) (2016): Zustandserfassung und-bewertung (ZEB) auf Bundesfernstraßen, in: <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/StB/zustandserfassung-und-bewertung.html>, letzter Zugriff 23.09.2024)

Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) (2023a): Leistungsheft für den Straßenbetrieb auf Bundesfernstraßen, in: https://www.bast.de/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/Daten/Leistungsheft-Strassenbetrieb.pdf?__blob=publicationFile&v=3, letzter Zugriff am 13.10.2024

Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) (2023): Verfahren zur Bildung und Beschreibung zustandshomogener Abschnitte und repräsentativer Kennzahlen für das Erhaltungsmanagement, Heft S 195, in: <https://bast.opus.hbz-nrw.de/opus45-bast/frontdoor/deliver/index/docId/2810/file/S195+BA+Gesamtversion.pdf>, letzter Zugriff 23.10.2024

Deutsches Institut für Urbanistik (Difu) (2023): Verkehrswende mit Investitionen in die Infrastruktur der Kommunen vorantreiben, in: difu.de/17207, letzter Zugriff 11.11.2024

Deutscher Städte- und Gemeindebund (StGB) (2018): DStGB fordert Lkw-Maut auf Kommunalstraßen, in: <https://www.dstgb.de/aktuelles/archiv/archiv-2018/dstgb-fordert-lkw-maut-fuer-kommunale-strassen/>, letzter Zugriff am 08.11.2024

Fehling, E. / Leutbecher, T. (2001): Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit nach DIN 1045-1:2001-07, in https://www.bau.uni-siegen.de/subdomains/massivbau/publikationen/download/nachweise_in_den_grenzzustanden_der_gebrauchstauglichkeit_nach_din_1045-1_2001-07.pdf, 17.10.2024

Institut für Verkehrswirtschaft, Systemwesen und Städtebau (2020): Erhaltungsbedarf von Bundes- und Landesstraßen in Niedersachsen anhand von Zustandsbewertungen ausgewählter Strecken, in:

https://www.bauindustrie-nord.de/fileadmin/bauindustrie-nord.de/Dateien/Stiftung/20001009_Erhaltungsbedarf_von_Bundes-und_Landestras-sen_in_Niedersachsen.pdf, 11.10.2024

Landkreis Potsdam-Mittelmark (2018): Kreisstraßenbauprogramm 2028, in: https://www.potsdam-mittelmark.de/fileadmin/user_upload/Landkreis___Kreisverwaltung/Strategische_Fachkonzepte/Fachkonzepte/Kreisstrassenbauprogramm_2028.pdf, letzter Zugriff am 30.10.2024

Landkreis Schaumburg (2002): Verkehrsplan Kreisstraßen einschließlich Radwegebedarfsplan, Hannover (Ingenieurgemeinschaft Dr.-Ing. Schubert)

Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und -verkehr (2024): Erhaltungsmanagement, in: https://www.strassenbau.niedersachsen.de/startseite/aufgaben/strassenunterhaltung_und_strassenbetrieb/erhaltungsmanagement/erhaltungsmanagement-133353.html, 26.10.2024

Sächsisches Verwaltungsneuordnungsgesetz (SächsVwNG) vom 29.01.2008, in: https://www.umwelt-online.de/regelwerk/cgi-bin/suchausgabe.cgi?pfad=/allgemei/laender/sa/z08_0138.htm&such=Wassergesetz%20DDR, letzter Zugriff am 12.10.2024

AutorInnenangaben

Dr. Denis Gruber
Dezernent für Umwelt und Infrastruktur
Anschrift (Landkreis Börde, Bornsche Straße 2,
39340 Haldensleben, Deutschland)

E-Mail: denis.gruber@landkreis-boerde.de

Entwicklung nachhaltiger und ressourcenschonender Erhaltungskonzepte für Asphaltstraßen mit Hilfe von Tragfähigkeitsmessungen (TSD)

Tim Schrödter*, Pahirangan Sivapatham

Siehe AutorInnenangaben

Abstract

Die Erhaltung der Straßeninfrastruktur zur Sicherung der Mobilität ist eine große Herausforderung unserer Zeit. In Zeiten knapper öffentlicher Finanzmittel, eines gestiegenen Umweltbewusstseins in der Gesellschaft und der begrenzten Verfügbarkeit von Baustoffen gewinnen nachhaltige und ressourcenschonende Erhaltungskonzepte an Bedeutung. Für die Beurteilung des Erhaltungszustandes von Asphaltstraßen ist die explizite Kenntnis des strukturellen Zustandes der Schichten im Straßenaufbau von besonderer Bedeutung.

Schlagwörter / Keywords:

Straßenerhaltung, Tragfähigkeit, strukturelle Substanz, Pavement-Scanner, Asphaltstraßen

1. Einleitung

Für die Straßenbaulastträger ist die Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) (FGSV 2018) eine Grundlage für die Erhaltungsplanung. Im Rahmen des standardisierten ZEB-Verfahrens werden alle vier Jahre netzweite Messungen zur Beurteilung des Zustands von Straßen durchgeführt. Dabei werden bisher ausschließlich Merkmale und Eigenschaften der Fahrbahnoberfläche erfasst. Der strukturelle Zustand bzw. die Tragfähigkeit als dessen Merkmal bleibt bislang unberücksichtigt. Die Miteinbeziehung von Tragfähigkeitsmessungen ermöglicht es, die gesamte

Straßenkonstruktion, die einzelnen Schichten sowie deren Zusammenwirken im Verbund zu bewerten und oberflächlich nicht sichtbare Schäden sowie Schwachstellen innerhalb der Verkehrsflächenbefestigung zu erkennen.

Das Lehr- und Forschungsgebiet Straßenbau und Straßenerhaltung in der Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen der Bergischen Universität Wuppertal (BUW) betreibt seit dem Jahr 2019 das innovative Messfahrzeug Pavement-Scanner (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Pavement-Scanner der Bergischen Universität Wuppertal (Quelle: BUW)

Seine Grundfunktion ist das schnellfahrende Tragfähigkeitsmesssystem Traffic Speed Deflectometer (TSD), über das die BUW als einzige Hochschule weltweit verfügt. Darüber hinaus ist das Messfahrzeug mit einer multifunktionalen messtechnischen Zusatzausstattung ausgerüstet. Neben den Möglichkeiten zur Erfassung und zur Bewertung des Straßenzustandes anhand der Oberflächenmerkmale Längs- und Querebenheit, verfügt der Pavement Scanner über zerstörungsfreie Messmöglichkeiten zur Erfassung des Schichtenaufbaus. Alle Messungen können während einer Befahrung im fließenden Verkehr mit bis zu 80 km/h durchgeführt werden. Mit Hilfe dieser einzigartigen Messsystemkombination können im Rahmen des Straßenerhaltungsmanagements zuverlässige Bewertungen der Straßensubstanz vorgenommen werden, die über die üblicherweise erhobenen oberflächlich erkennbaren Substanzmerkmale hinausgehen.

Die Tragfähigkeit ist definiert als der mechanische Widerstand einer Straßenbefestigung gegen kurzzeitige Verformungen infolge einer kurzzeitigen Belastung. Bei Tragfähigkeitsmessungen wird die Verformung bzw. die Verformungsmulde infolge einer einwirkenden Belastung ermittelt. Die Tragfähigkeit dient als Maß für den strukturellen Zustand einer Straße und ermöglicht die zerstörungsfreie Erkennung von nicht sichtbaren Fehlstellen oder Mängeln. Die Kenntnis der Tragfähigkeit ermöglicht eine Priorisierung des Handlungsbedarfs und eine nachhaltige Maßnahmenplanung. Beides ist Voraussetzung für eine ökonomisch und ökologisch effiziente Erhaltungsplanung.

Abbildung 2 zeigt das Verformungsverhalten einer Straße über ihren Lebenszyklus. Ein Ziel von Tragfähigkeitsmessungen ist es, durch kontinuierliche Messungen den Zeitpunkt vor Eintreten der Ermüdungsphase zu bestimmen, um rechtzeitig, aber nicht zu früh, Erhaltungsmaßnahmen einleiten zu können.

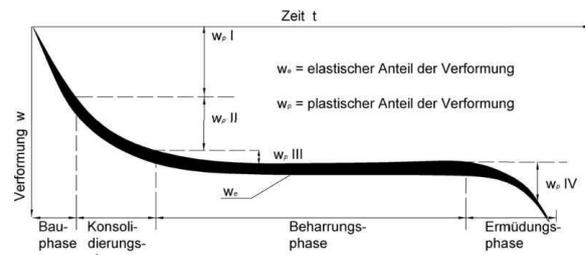


Abbildung 2: Verformungsverhalten einer Straße über den Lebenszyklus (Quelle: Durth, Grätz 1996)

Für die Bewertung der strukturellen Substanz der vorhandenen Befestigung im Rahmen einer Fahrbahnerneuerung ist gemäß den Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12/24) auch die Tragfähigkeit heranzuziehen. Damit können z. B. visuell nicht erkennbare Schwachstellen ermittelt, Erneuerungsabschnitte gleicher Tragfähigkeit festgelegt und homogene Abschnitte für die Festlegung von Bohrkernentnahmestellen bestimmt werden. (FGSV, 2024)

2. Pavement-Scanner der Bergischen Universität Wuppertal

Der Pavement-Scanner der BUW dient zur zerstörungsfreien und berührungslosen Erfassung der Qualitätsmerkmale von Netzabschnitten oder Streckenzügen des betrachteten Straßennetzes. Diese erfolgt im fließenden Verkehr bei Fahrgeschwindigkeiten bis zu 80 km/h mit Hilfe verschiedener, im Pavement-Scanner fest eingebauter Messsysteme (siehe *Abbildung 3*).

Die verschiedenen Messsysteme sind in einem Lastkraftwagen, bestehend aus Sattelzugmaschine und Sattelaufleger, installiert, wobei der Sattelaufleger die eigentlichen Messsysteme enthält. Die Sattelzugmaschine beinhaltet die Bedienelemente für den Operator.

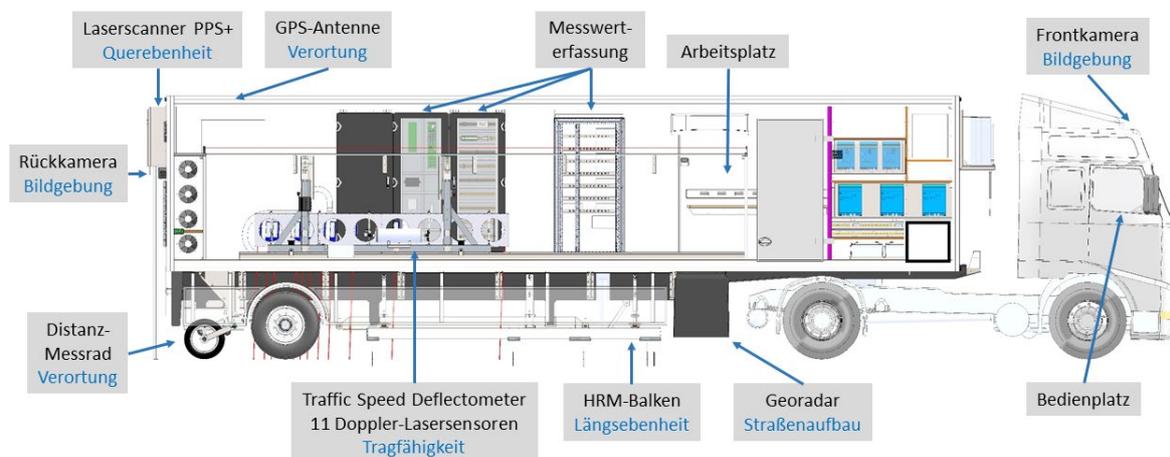


Abbildung 3: Prinzipskizze des Pavement-Scanners und der enthaltenen Messsysteme (Quelle: Greenwood Engineering A/S)

Die Messsysteme werden simultan betrieben und sind für Messgeschwindigkeiten im Bereich von ca. 30 km/h bis 80 km/h ausgelegt. Somit kann der der Pavement-Scanner sowohl auf Projekt- als auch auf Netzebene eingesetzt werden. Alle Messsysteme sind mit dem gleichen Zeitstempel synchronisiert und über ein präzises GPS-System eindeutig georeferenziert.

Traffic Speed Deflectometer (TSD)

Kernstück des Pavement-Scanners ist das Messsystem Traffic-Speed-Deflectometer (TSD). Der Sattelaufleger belastet die Straßenkonstruktion im normalen Messbetrieb mit einer statischen Achslast von 10 t. Für spezielle Messungen sind auch Achslasten von 11,5 t und 13 t möglich. Während der Fahrt werden die dynamischen Achslasten kontinuierlich aufgezeichnet. Die Last wird über die Zwillingbereifung in die Straße eingeleitet. Die Reaktion der Straße darauf ist eine kurzzeitige und nahezu vollständig elastische Verformung der Fahrbahnoberfläche. In der rechten Rollspur wird diese Reaktion vor und nach der Lastachse im Be- und Entlastungsast, mit insgesamt 11 Doppler-Lasersensoren erfasst, indem die Verformungsgeschwindigkeiten der Fahrbahnoberfläche im Abstand der Doppler-Lasersensoren gemessen werden. Durch Lösung physikalisch-mathematischer Zusammenhänge wird die Verformungsmulde ermittelt.

Die in sehr kurzen zeitlichen Messpunktabständen ermittelten Daten werden als 10-m-Mittelwerte weiterverarbeitet. Von besonderer Bedeutung ist, dass durch die Erfassung des Be- und Entlastungsastes auch die Phasenverschiebung zwischen dem Auftreten der maximalen Achslast und der maximalen Deformation erfasst und bei der Tragfähigkeitsanalyse berücksichtigt werden kann.

Tragfähigkeitsmessungen mit dem TSD werden bisher nur auf Asphaltstraßen durchgeführt. Die Anwendung auf Betonstraßen ist grundsätzlich möglich und Gegenstand laufender Forschungsarbeiten. Um die mit dem Pavement-Scanner auf Netzebene erfassten Daten auswerten und bewerten zu können, werden speziell auf den Pavement-Scanner zugeschnittene Softwareprodukte für die Erfassung, das Datenmanagement, die Auswertung und die Qualitätssicherung eingesetzt.

Ground Penetrating Radar (GPR)

Zur Bestimmung des Schichtenaufbaus des Straßenoberbaus wird parallel zu allen anderen Messsystemen das Messsystem Georadar eingesetzt. Dieses Messsystem, international Ground Penetrating Radar (GPR) genannt, ermöglicht bei relativ hohen Ge-

schwindigkeiten die zerstörungsfreie Charakterisierung des Oberbaus sowie des Untergrundes mittels hochfrequenter elektromagnetischer Wellen. Im Pavement-Scanner wird das Verfahren nach dem Georadar Impulssystem (2 GHz Hornantenne) eingesetzt, um den Schichtenaufbau der Straße abzuschätzen und Inhomogenitäten zu detektieren.

Die Informationen zum Schichtenaufbau sowie zu Anomalien erlauben in Verbindung mit den Tragfähigkeitskennwerten des TSD eine vertiefte Interpretation. Im Gegensatz zu dem Substanzmerkmal Oberfläche aus der ZEB sind die inneren Substanzmerkmale des Straßenaufbaus, die aus den TSD- und GPR-Informationen abgeleitet werden können, wesentlich aussagekräftiger und zuverlässiger.

Ebenheitsmesssysteme

Der Pavement-Profile Scanner (PPS+) ist ein Laserscanner neuester Bauart, der im Heck des Pavement-Scanners integriert und für das ZEB-Teilprojekt Ebenheit im Querprofil (TP1a) zugelassen ist. Der PPS+ dient in erster Linie der Erfassung von Informationen über die Ebenheit der Fahrbahnoberfläche mit sehr dichten Messpunktabständen mittels Lasertechnologie. Aus diesen Messdaten können weitere Informationen zur Geometrie und zur Längsebenheit abgeleitet werden.

Ebenfalls in der rechten Rollspur des Pavement-Scanners wird die Ebenheit im Längsprofil, ZEB-Teilprojekt Ebenheit im Längsprofil (TP1b), nach dem Prinzip der Mehrfachabtastung (HRM-Prinzip) erfasst. Zusätzlich wird der International-Roughness-Index (IRI) mit einem Punktlaser mit Beschleunigungssensor bestimmt.

Bewertung

Der Pavement-Scanner der Bergischen Universität Wuppertal ist ein schnellfahrendes, multifunktionales, zerstörungsfrei arbeitendes Messsystem, das auf der Netzebene insbesondere zur Bewertung der vorhandenen Straßensubstanz eingesetzt werden kann. Aufgrund der innovativen Mess- und Auswertetechnik soll der Pavement-Scanner mittelfristig als Element der Forschungsinfrastruktur eingesetzt werden, um Verfahren und Methoden zu entwickeln, die letztlich die Straßenerhaltungsplanung durch Erfassung und Bewertung der Straßensubstanz unterstützen sollen. Innovative Fortschritte in größerem Umfang werden dabei in der Verknüpfung von zeit- und ortsgleich erhobenen Daten unterschiedlicher Messsysteme und Kenngrößen gesehen.

3. Tragfähigkeitsmessungen

Tragfähigkeitsmessungen werden bereits seit den 1950-Jahren durchgeführt. In den Arbeitspapieren zur Tragfähigkeit von Verkehrsflächenbefestigungen (AP Trag) (FGSV, 2020a) werden die verschiedenen Messsysteme, deren Messdurchführung sowie die Auswertung und Bewertung der Messergebnisse beschrieben.

Das TSD ist das sicherste Messsystem zur Bestimmung der Tragfähigkeit von Straßen, da es mit dem Verkehr mitschwimmt, dadurch keine Verkehrshinderungen verursacht und verkehrsgefährdende Situationen vermieden werden. Aufgrund seiner Messgeschwindigkeit ist es das einzige Messsystem, das für eine netzweite Erfassung geeignet ist.

Da es sich bei dem TSD um ein vergleichsweise junges Messsystem handelt, gibt es in Deutschland noch kein standardisiertes Verfahren zur Aus- und Bewertung der Messergebnisse. Auf der Grundlage nationaler und internationaler TSD-Kennwerte können jedoch fundierte Aussagen über den qualitativen Zustand der gebundenen und ungebundenen Schichten einer Verkehrsflächenbefestigung getroffen werden.

Geeignete Kenngrößen sind die Deflexionswerte in verschiedenen Abständen von der Lasteinleitungsachse, wie z. B. der D_0 -Wert, der die Deflexion unter dem Lasteinleitungspunkt darstellt. Darüber hinaus gibt es verschiedene Oberflächenkrümmungsindizes (engl.: Structural Capacity Indicator; SCI-Werte), die Aussagen über verschiedene Schichten treffen können (siehe Abbildung 4). Der SCI_{200} gibt Auskunft über die Tragfähigkeit der oberen Asphalt-schichten. Der SCI_{300} beschreibt das gesamte Asphaltpaket. Für die darunterliegenden Schichten, d. h. die ungebundenen Schichten und den Untergrund, wird der SCI_{SUB} verwendet. Die Berechnung der einzelnen Kenngrößen ist im AP Trag Teil C 5 „Traffic Speed Deflectometer (TSD): Auswertung und Bewertung – Asphaltbauweise“ beschrieben. (FGSV, 2020b)

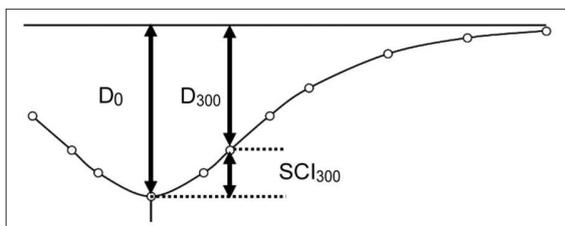


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Berechnung des SCI_{300} (Quelle: FGSV, 2020b)

Die Tragfähigkeitszahl T_z wurde für das Messverfahren Falling Weight Deflectometer (FWD) aufgestellt. Eine Übertragung des Verfahrens auf das Messverfahren TSD ist unter Berücksichtigung einzelner

Einschränkungen möglich. Die Ergebnisse können den Belastungsklassen (vgl. Abbildung 5) nach den RStO 12/24 (FGSV, 2024) zugeordnet werden und liefern somit eine wichtige Aussage über den strukturellen Zustand einer Straße.

Dimensionierungsrelevante Beanspruchung Äquivalente 10-t-Achsübergänge in Mio.		Belastungsklasse
über	32 ¹⁾	Bk100
über	10 bis 32	Bk32
über	3,2 bis 10	Bk10
über	1,8 bis 3,2	Bk3,2
über	1,0 bis 1,8	Bk1,8
über	0,3 bis 1,0	Bk1,0
	bis 0,3	Bk0,3

Abbildung 5: Dimensionierungsrelevante Beanspruchung und zugeordnete Belastungsklasse (Quelle FGSV, 2024)

4. Erkenntnisse aus abgeschlossenen Zuwendungsprojekten

Gemeinsam mit dem Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg hat das Lehr- und Forschungsgebiet Straßenbau und Straßenerhaltung zwei Zuwendungsprojekte durchgeführt. Im ersten Projekt, das von Oktober 2020 bis September 2021 lief, wurde untersucht, wie Straßenerhaltungskonzepte auf der Grundlage von TSD-Messungen entwickelt werden können. Im zweiten Projekt, das von Oktober 2022 bis September 2024 lief, wurde der Einfluss des Erhaltungszustandes von Straßen auf die Tragfähigkeit untersucht. Im Rahmen der Projekte wurden in den Jahren 2020, 2022 und 2023 Messfahrten auf insgesamt 31 Streckenabschnitten auf 17 verschiedenen Bundes- und Landesstraßen durchgeführt. Es wurden Wiederholungsmessungen sowie auf einzelnen Streckenabschnitten Messungen vor und nach Erhaltungsmaßnahmen umgesetzt.

Der Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg betreut mehr als 8.300 km Bundes- und Landesstraßen. Seit den 1990er Jahren wurden in Brandenburg jahrelang Tragfähigkeitsmessungen mit dem Deflectograph Lacroix durchgeführt und für die Straßenerhaltungsplanung eingesetzt (Weist, Plehm, Spahr, 2005). Der Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg ist vom Nutzen von Tragfähigkeitsmessungen, insbesondere im Bereich der unteren Belastungsklassen, überzeugt und war daher an Tragfähigkeitsmessungen mit dem schnell fahrenden Messsystem TSD im Pavement-Scanner der BUW interessiert.

Im Folgenden werden die Ergebnisse und Erkenntnisse eines Teils der im Rahmen der Zuwendungsprojekte durchgeführten Messungen dargestellt.

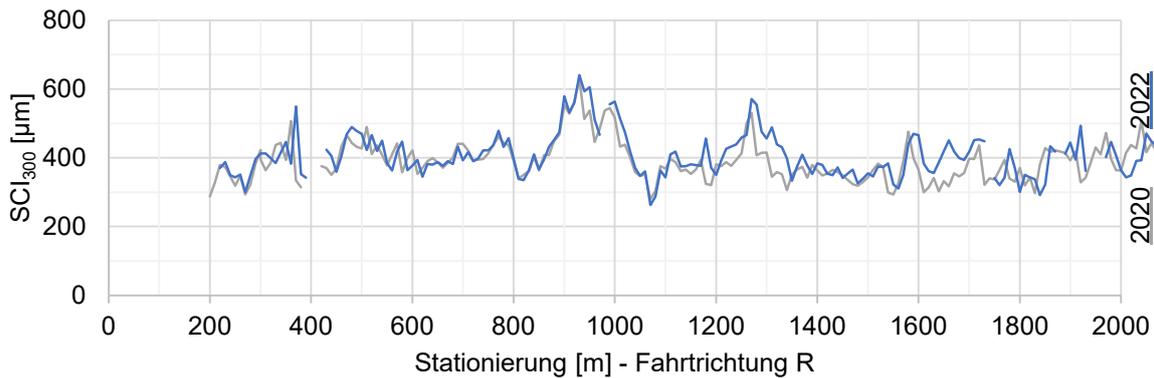


Abbildung 6: SCI₃₀₀-Werte der Wiederholungsmessungen 2020 (grau) und 2022 (blau)

Wiederholgenauigkeit

Es wurden zahlreiche Wiederholungsmessungen durchgeführt, um die Wiederholgenauigkeit zu untersuchen. Bei den Messungen wurden Straßen mit unterschiedlichen Erhaltungszuständen berücksichtigt.

Abbildung 6 zeigt den Vergleich von zwei Messungen einer Landesstraße. Dargestellt sind die SCI₃₀₀-Werte der Messungen im Jahr 2020 (grau) und im Jahr 2022 (blau) dar. Zwischen den Messungen wurden keine Erhaltungsmaßnahmen durchgeführt und die Messungen fanden unter vergleichbaren Bedingungen statt. Die Straße weist oberflächliche Schäden wie Unebenheiten, Risse und Ausbrüche auf. Die Ergebnisse zeigen eine hohe Übereinstimmung, was für eine gute Wiederholbarkeit spricht. Grundsätzlich liegen die SCI₃₀₀-Werte auf einem hohen Niveau, was auf eine geringe Tragfähigkeit des gebundenen Oberbaus der Straße schließen lässt.

Eine wichtige Erkenntnis aus diesem Vergleich ist, dass die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse auch bei Straßen mit Oberflächenschäden und geringer Tragfähigkeit gegeben ist. Die hohe Wiederholgenauigkeit auf Straßen mit unterschiedlichen Erhaltungszuständen wurde durch weitere Messungen bestätigt.

Einfluss von Erhaltungsmaßnahmen

Auf vier Streckenabschnitten wurden zwischen den Wiederholungsmessungen verschiedene Erhaltungsmaßnahmen durchgeführt. Ein Vergleich der Vorher-Nachher-Messungen dient der Einordnung des Einflusses der verschiedenen Erhaltungsmaßnahmen auf die Tragfähigkeit der Verkehrsflächenbefestigung.

In Abbildung 7 sind die SCI₃₀₀-Werte der Messungen auf einer Landesstraße in den Jahren 2020 (grau) und 2022 (blau) dargestellt. Zwischen den Messungen wurde eine Erhaltungsmaßnahme durchgeführt, bei der ein Teil der vorhandenen Straßenbefestigung abgefräst und mit einer neuen Asphalttragschicht und einer neuen Asphaltdeckschicht überbaut wurde. Die SCI₃₀₀-Werte haben sich nach der Erneuerungsmaßnahme deutlich verbessert und liegen in einem niedrigen Bereich.

Die Verbesserung der strukturellen Substanz der Straße lässt sich auch an der Tragfähigkeitszahl ablesen. In Abbildung 8 sind die T_Z-Werte mit den zugehörigen Belastungsklassen nach RStO (vgl. Abbildung 5) dargestellt. Während die T_Z-Werte vor der Erhaltungsmaßnahme im Bereich einer Bk_{0,3} lagen, orientieren sie sich nun im Bereich einer Bk_{3,2} oder höher.

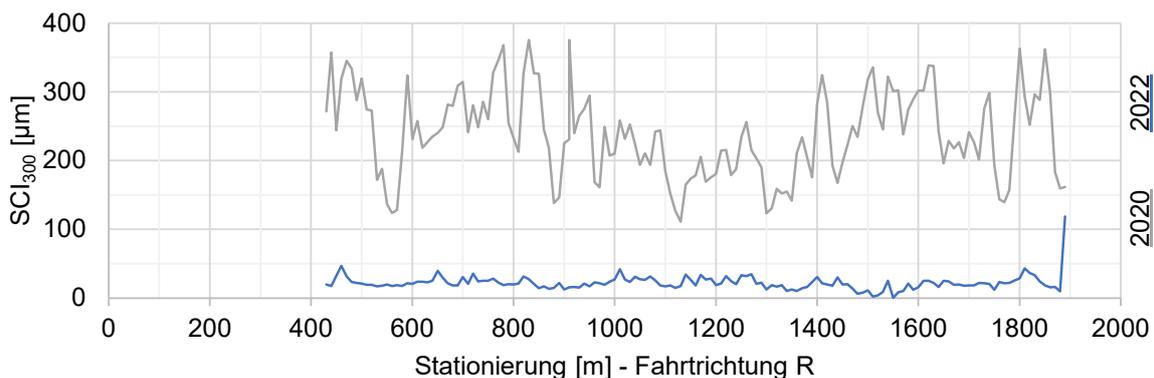


Abbildung 7: SCI₃₀₀-Werte der Wiederholungsmessungen 2020 (grau) und 2022 (blau)

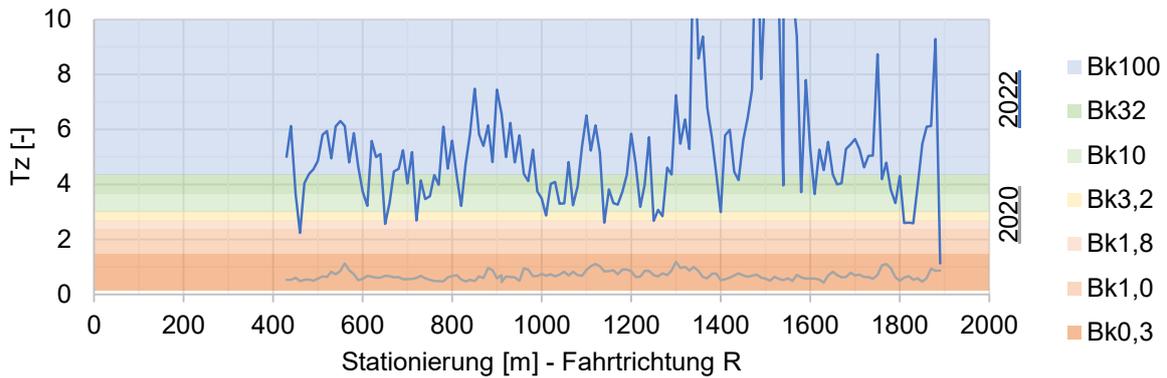


Abbildung 8: T_Z-Werte einer Wiederholungsmessung in den Jahren 2020 (grau) und 2022 (blau)

Der Vergleich zeigt, dass durch Tragfähigkeitsmessungen die durchgeführte Erhaltungsmaßnahme identifiziert und deren Wirkung auf die gesamte Straßenkonstruktion bewertet werden kann.

Der Umfang der durchgeführten Erhaltungsmaßnahmen spiegelt sich deutlich in der Ausprägung der einzelnen Tragfähigkeitskenngrößen wider. So haben weitere Messungen gezeigt, dass sich reine Instandsetzungsmaßnahmen, wie z. B. der Austausch der Asphaltdeckschicht, keine tragfähigkeitserhöhende Wirkung haben. Die Straße zeigt an der Oberfläche ein einwandfreies Erscheinungsbild, während die darunterliegenden Schichten auf Grundlage der Tragfähigkeitsmessungen weiterhin Schwachstellen aufweisen, die mit der Zeit wieder bis an die Oberfläche durchbrechen können.

Räumliche Anpassung von Erhaltungskonzepten

Abbildung 9 zeigt eine Messung vom Oktober 2023 auf einer Landesstraße. Dargestellt sind die SCL₂₀₀-, SCL₃₀₀- und SCL_{SUB}-Werte für die Fahrtrichtung links (oben) und die Fahrtrichtung rechts (unten). Obwohl die Fahrbahnoberfläche über die gesamte Breite ein gleichmäßiges Bild zeigt, weichen Tragfähigkeitskenngrößen deutlich voneinander ab. In Fahrtrichtung links liegen die Werte ab der Station 600 in einem sehr niedrigen Bereich und weisen auf eine hohe Tragfähigkeit der Straßenkonstruktion hin. Die Tragfähigkeitszahl orientiert sich in Fahrtrichtung links fast ausschließlich im Bereich einer Bk10 oder höher. In Fahrtrichtung rechts liegen die Tragfähigkeitskenngrößen deutlich höher und die Tragfähigkeitszahl orientiert sich bis auf wenige Ausnahmen im Bereich einer Bk0,3.

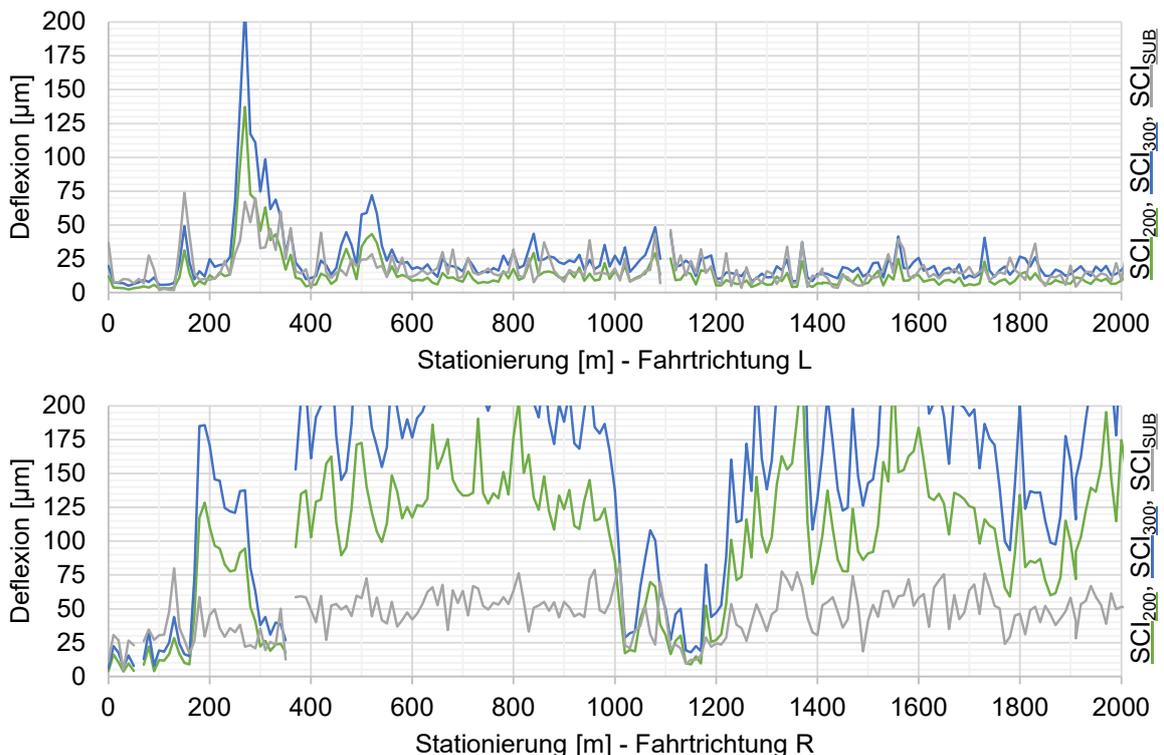


Abbildung 9: SCL₂₀₀-, SCL₃₀₀- und SCL_{SUB}-Werte der Messung 2023, Fahrtrichtung links (oben) Fahrtrichtung rechts (unten)

Da Mess- oder Auswertefehler ausgeschlossen werden konnten, wurde Rücksprache mit dem Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg gehalten. Dabei stellte sich heraus, dass es sich hier um eine historisch gewachsene Straße handelt. Ursprünglich war nur ein Teil der Straße befestigt und daneben befand sich ein unbefestigter Sommerweg. Später wurden sowohl der befestigte als auch der unbefestigte Teil überbaut, was die unterschiedlichen Tragfähigkeitskenngrößen erklärt. Unabhängig von den Tragfähigkeitsmessungen durchgeführte Bohrkernentnahmen bestätigen die Messergebnisse.

Ein auf Grundlage der Tragfähigkeitsmessungen erstelltes Erhaltungskonzept kann die unterschiedlichen strukturellen Zustände der Straßenkonstruktion berücksichtigen und räumlich differenzieren. So ist in Fahrtrichtung links eine Instandsetzung der Asphaltdeckschicht ausreichend, während in Fahrtrichtung rechts eine grundlegende Erneuerung vorzusehen ist. Die Tragfähigkeitsmessungen geben zusätzliche Sicherheit um ein ressourcenschonendes, weil räumlich angepasstes Erhaltungskonzept zu erarbeiten.

Ergebnisdarstellung

Um die Ergebnisse der Tragfähigkeitsmessungen übersichtlich darzustellen und die Anwendung zu vereinfachen, wurde das Darstellungsformat weiterentwickelt. Zunächst wurden auf Grundlage der SCI_{300} -Werte homogene Abschnitte gebildet. Für jeden so gebildeten homogenen Abschnitt wurde dann der Median der Tragfähigkeitszahl T_z berechnet und grafisch dargestellt (siehe Abbildung 10). Auf diese Weise können Erhaltungsabschnitte identifiziert, sinnvoll zusammengefasst und priorisiert werden.

5. Fazit

Aus den oben beschriebenen Zuwendungsprojekten konnten wichtige Erkenntnisse für die Anwendung von Tragfähigkeitsmessungen mit dem TSD zur Entwicklung nachhaltiger und ressourcenschonender Erhaltungskonzepte gewonnen werden.

Auf der Grundlage von Wiederholungsmessungen konnte gezeigt werden, dass eine gute Reproduzierbarkeit der Ergebnisse auf Straßen mit unterschiedlichen Erhaltungszuständen und insbesondere auf Straßen mit oberflächlichen und strukturellen Schäden gegeben ist. Für eine netzweite Erfassung der Tragfähigkeit und ein damit verbundenes kontinuierliches Monitoring sind zuverlässige Messergebnisse auf Straßen aller Erhaltungszustände unabdingbar.

Die zwischen den Messungen durchgeführten unterschiedlichen Erhaltungsmaßnahmen können durch Tragfähigkeitsmessungen präzise identifiziert und hinsichtlich ihrer Wirkung auf den gesamten Straßenoberbau bewertet werden. Die Instandsetzungsmaßnahmen der Asphaltdeckschicht zeigten erwartungsgemäß keine signifikanten Auswirkungen auf die strukturelle Substanz des gebundenen Oberbaus. Erneuerungsmaßnahmen, die über die Deckschicht hinausgingen, führten hingegen zu einer Verbesserung der Tragfähigkeit, die sich in einer positiven Veränderung der maßgebenden Kenngrößen niederschlug. Anhand der Ausprägung der Tragfähigkeitskenngrößen konnten unterschiedliche Umfänge der betrachteten Erneuerungsmaßnahmen (z. B. unterschiedliche Verstärkungsdicken) festgestellt werden. Die gewonnenen Daten sind für die Forschung im Hinblick auf die Entwicklung neuer Bewertungsgrundlagen von großer Bedeutung.

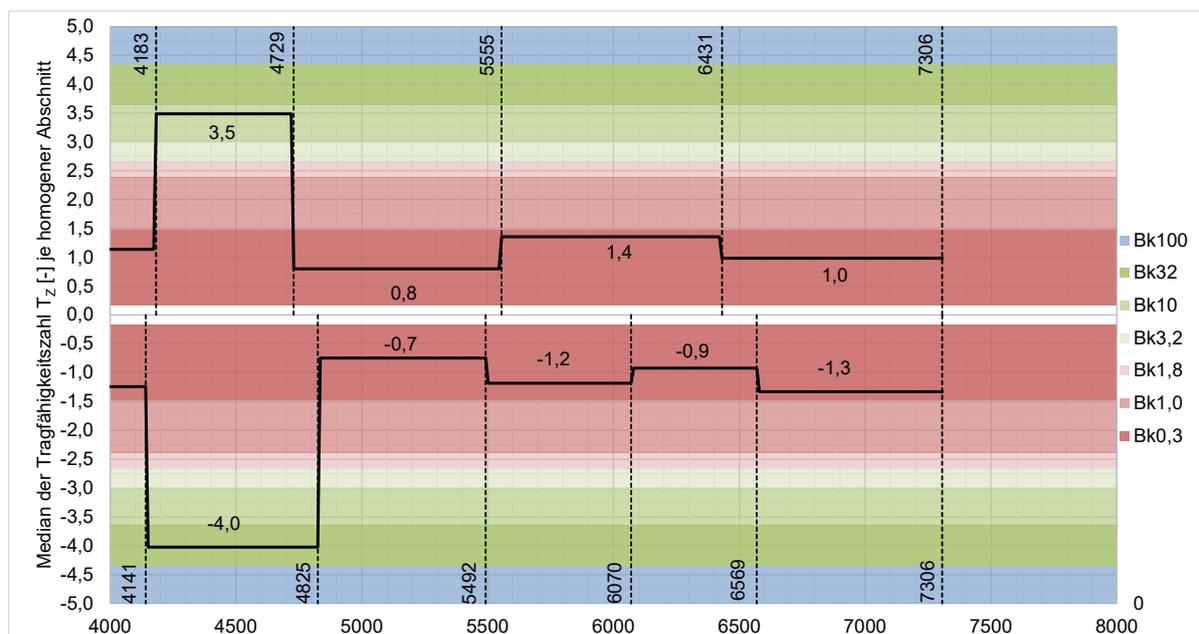


Abbildung 10: Beispiel für die Darstellung des Medians der Tragfähigkeitszahl T_z je homogenem Abschnitt

Schließlich konnte gezeigt werden, dass mit Hilfe von Tragfähigkeitsmessungen Erhaltungsmaßnahmen räumlich, d. h. fahrstreifenbezogen oder abschnittsweise, begrenzt und angepasst werden können. Darüber hinaus kann der Umfang der erforderlichen Erhaltungsmaßnahmen (Instandhaltung oder Erneuerung) durch das schnell fahrende und zerstörungsfreie Messsystem TSD präzise bestimmt werden was zu einer besseren Entscheidungsfindung führt. Bohrkernentnahmen können somit reduziert und hinsichtlich des Entnahmeortes optimiert werden.

Literatur

FGSV (2018): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Zustandserfassung und -bewertung von Straßen (ZTV ZEB-StB), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, FGSV-Verlag, Köln.

Durth, Walter; Grätz, Bernd (1996): Überprüfung praktischer Methoden zur Messung der Tragfähigkeit und Einschätzung der Restnutzungsdauer, insbesondere für Straßen auf dem Gebiet der neuen Bundesländer (in Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 723), Bonn.

FGSV (2024): Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12/24), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, FGSV-Verlag, Köln.

Greenwood Engineering A/S (2024): Traffic Speed Deflectometer (TSD) - Project Level Assessment on the whole Network, Brøndby, Dänemark.

FGSV (2020a): Arbeitspapier Tragfähigkeit von Verkehrsflächenbefestigungen, Teil A Messsysteme (AP Trag Teil A), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, FGSV-Verlag, Köln.

FGSV (2020b): Arbeitspapier Tragfähigkeit von Verkehrsflächenbefestigungen, Teil C 5: Traffic Speed Deflectometer (TSD): Auswertung und Bewertung – Asphaltbauweise (AP Trag Teil C 5), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, FGSV-Verlag, Köln.

Weist, Winfried; Plehm, Thomas; Spahr, Herbert (2005): Der Deflektograph „Lacroix“ 12 Jahre im Dienst der Straßenbauverwaltung Brandenburgs (in Straße und Autobahn, 56. Jahrgang, Ausgabe 4/2005), Bonn.

AutorInnenangaben

Tim Schrödter
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Bergische Universität Wuppertal / Lehr- und Forschungsgebiet Straßenbau und Straßenerhaltung
Pauluskirchstraße 7, 42285 Wuppertal

E-Mail: t.schroedter@uni-wuppertal.de

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Pahirangan Sivapatham
Universitätsprofessor
Bergische Universität Wuppertal / Lehr- und Forschungsgebiet Straßenbau und Straßenerhaltung
Pauluskirchstraße 7, 42285 Wuppertal

E-Mail: psivapatham@uni-wuppertal.de

<https://www.strassenbau.uni-wuppertal.de/>

Sanierung und Ausbau der Fahrradabstellanlagen als wichtiger Bestandteil einer modernen Mobilitätsinfrastruktur

Mika Große-Stoltenberg, Prof Dr. Thomas Schuster¹

Abstract

Der Fahrradmarkt befindet sich im starken Wachstumstrend, wodurch die Bedeutung einer qualitativ hochwertigen Fahrradinfrastruktur, insbesondere von Fahrradabstellanlagen, zunimmt. Für ein modernes Mobilitätskonzept ist es wichtig, dass auch der ruhende Radverkehr auf die Ziele der Mobilitätswende ausgelegt ist. Aus diesen Anforderungen ergibt sich der Sanierungs- und Ausbaubedarf der Fahrradabstellanlagen in Deutschland.

Zunächst wird das Marktumfeld für Fahrradabstellanlagen auf Basis einer Literaturrecherche und von durchgeführten Experteninterviews beschrieben. Um die Bedürfnisse der Käufer von Fahrradabstellanlagen zu erörtern, wurde zudem eine Umfrage unter verschiedenen Käufergruppen von Fahrradabstellanlagen durchgeführt. Dabei wurden Kommunen, Unternehmen, Eigentümergemeinschaften, Hausverwaltungen, Parkhausbetreiber und Privatpersonen befragt.

Basierend auf den Ergebnissen der Umfrage wurden Marktsegmente identifiziert. Die Umfrageergebnisse zeigen, dass die Bedürfnisse der Käufer von Fahrradabstellanlagen zwar ähnlich sind, jedoch nach dem Kaufzweck eine geeignete Segmentierung des Marktes vorgenommen werden kann.

Aufbauend auf den Interview- und Umfrageergebnissen werden Empfehlungen erarbeitet, die bei der Gestaltung des Infrastrukturbausteins Fahrradabstellanlagen im Rahmen eines modernen Mobilitätskonzepts von Bedeutung sind.

Schlagwörter / Keywords:

Fahrradabstellanlage, Fahrradparken, Fahrradinfrastruktur; Mobilität, Radverkehr; Marktanalyse, Deutschland

1. Notwendigkeit des Ausbaus deutscher Fahrradabstellanlagen

Die Mobilitätswende ist ein umfassendes Vorhaben, das einen praktikablen Wandel von fossilen Brennstoffen hin zu nachhaltigen respektive emissionsfreien Antriebsquellen anstrebt. Dabei liegt der Fokus nicht nur auf den Fortbewegungsmitteln selbst, sondern auch auf der Gestaltung einer optimierten Verkehrsinfrastruktur für umweltfreundliche Transportmittel. Insbesondere das Fahrrad steht im Zentrum des Interesses einer nachhaltigen Stadt- und Verkehrsentwicklung. Fahrräder erzeugen keine direkten CO₂-Emissionen, reduzieren die Lärmbelastung,

fördern die Gesundheit der Radfahrer und verringern den Platzbedarf für Verkehr. Das Beispiel Hamburg zeigt, dass dem Autoverkehr in urbanen Gebieten daher sukzessive Flächen entzogen und dem Fahrradverkehr zugeordnet werden, um ihm mehr Raum zu bieten (vgl. NDR 2023, o. S.). Zudem gilt in Deutschland und auch in anderen Ländern weltweit das Prinzip eines lückenlosen Radverkehrs. Dieses Prinzip beschreibt eine fahrradfreundliche und gut ausgebaute Infrastruktur, um die Fortbewegung mit dem Fahrrad zu erleichtern (vgl. BMDV 2022, S. 21; vgl. Caulfield u. a. 2012, S. 413). Eine Grundvoraussetzung, um die Mobilitätswende vollständig umzusetzen, sind Fahrradabstellanlagen, die

¹ Korrespondierender Autor: Prof. Dr. Thomas Schuster

Die Transkripte der Experteninterviews, den Fragebogen und die Häufigkeitstabellen der Umfrageergebnisse sind beim korrespondierenden Autor auf Nachfrage erhältlich.

Zur besseren Lesbarkeit wird das generische Maskulinum verwendet. Die in diesem Artikel verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich – sofern nicht anders kenntlich gemacht – auf alle Geschlechter.

sowohl im öffentlichen Raum als auch an Schulen, Universitäten, Sporteinrichtungen, am Arbeitsplatz oder zu Hause vorhanden sein sollten.

Inzwischen gibt es in Deutschland circa 80 Millionen Fahrräder, wobei elektrische Fahrräder (Pedelecs) einen Anteil von etwa 9 % ausmachen (vgl. ZIV 2021, S. 10). Dennoch besteht ein substantieller Mangel an Fahrradabstellanlagen, insbesondere im öffentlichen Raum. Dies soll mit der Vision verändert werden, Deutschland bis zum Jahr 2030 zum Fahrradland umzugestalten (vgl. BMDV 2022, S. 8).

Über die Art der Fahrradabstellanlagen in Deutschland liegen keine gesicherten Kenntnisse vor. Eine Analyse des ADFCs für die Stadt Hamm ergab, dass 50 % der Abstellanlagen an Supermärkten in Hamm Vorderradhalter sind, gefolgt von 42 % Anlehnbügel und 8 % Vorderradhalter mit Bügel (ADFC Hamm 2022, S. 5).

Um die Sanierung und den Ausbau von geeigneten Fahrradabstellanlagen voranzutreiben, bedarf es allerdings ihrer Beschaffung und Installation. In diesem Artikel wird daher eine eingehende Untersuchung der Präferenzen potenzieller Käufer durchgeführt. Darüber hinaus werden Empfehlungen für die Sanierung und den Ausbau von Abstellanlagen gegeben, die für Käufer, aber auch Hersteller, relevant sind.

2. Beschreibung und Analyse des Marktes für Fahrradabstellanlagen

Um den Markt für Fahrradabstellanlagen aus Käufer- und Herstellersicht zu bewerten, ist ein fundiertes Wissen und Verständnis des Marktumfelds notwendig. Dabei kann in die Makro-Umwelt und die Mikro-Umwelt unterschieden werden. Diese sind nicht als voneinander unabhängig zu verstehen, sondern unterscheiden sich im Betrachtungsfokus. Sie ergänzen sich zu einem umfassenden Bild des Marktumfeldes (vgl. Ginter u. a. 1992, S. 254 f.).

Die Analyse der Makro-Umwelt beinhaltet die Untersuchung branchenübergreifender, externer Einflussfaktoren (vgl. Gilligan, Wilson 2003, S. 343). Diese Faktoren liegen außerhalb der direkten Kontrolle eines Unternehmens und haben Auswirkungen, die über den spezifischen Markt hinausgehen. Um diese Faktoren zu identifizieren und aktuelle Trends zu erfassen, wurden drei Experteninterviews durchgeführt, auf die im weiteren Verlauf des Artikels Bezug genommen wird.

Die Mikro-Umwelt hingegen beschreibt eher die Branchenbetrachtung sowie eine kundenorientierte Perspektive. Kunden sind der wichtigste Akteur in der Mikro-Umwelt eines Unternehmens (vgl. Kotler u. a. 2020, S. 74; Parniangtong 2017, S. 90). Hersteller von

Fahrradabstellanlagen müssen ihre Ressourcen demnach dafür einsetzen, die Kundenbedürfnisse und -wünsche zu erfüllen. Dies ist vor allem auch bei der Entwicklung neuer Produkte oder Dienstleistungen wichtig (vgl. Sanuri, Mokhtar 2013, S. 68).

2.1 Makro-Ebene

Der nachhaltige Verkehr spielt in der politischen Agenda eine wichtige Rolle, was auch die Bereitstellung einer qualitativ hochwertigen Fahrradinfrastruktur einschließt (vgl. BMDV 2022, S. 38 f.). In der Literatur wurde bereits festgestellt, dass es eine signifikante Korrelation zwischen dem Angebot an Radstellplätzen und der Wahrscheinlichkeit gibt, dass das Fahrrad als Verkehrsmittel genutzt wird (vgl. Appleyard 2012, S. 44; Pucher, Buehler 2006, S. 273). Diese Meinung deckt sich mit den Aussagen der Interviewpartner. Giebeler (2023, S. 20) betrachtet den Punkt aus einer entgegengesetzten Perspektive und ergänzt, dass durch erhöhte Radnutzung ebenso mehr Abstellanlagen benötigt werden. Gemäß einer Schätzung der PTV Group (2019, S. 2) werden in Deutschland bis zum Jahr 2030 allein an Bahnhöfen circa 1,5 Millionen neue Fahrradstellplätze benötigt. Im Jahr 2019 waren insgesamt nur 400.000 Abstellplätze vorhanden. Deshalb hat das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur im ersten Quartal 2023 ein Förderangebot bis 2026 aufgelegt. Dieses stellt bis zu 110 Millionen Euro an Fördermitteln für die Planung und den Bau von Fahrradparkhäusern oder Sammelschließanlagen an zentralen Stationen des öffentlichen Nahverkehrs bereit (BMDV 2023, o. S.). Zur Förderung der Intermodalität existiert ebenfalls die Bike + Ride-Offensive der Deutschen Bahn, die gemeinsam mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) neue Fahrradstellplätze an Bahnhöfen baut. Das BMWK gewährt den Kommunen Zuschüsse von bis zu 70 % für die Planung und den Bau der Anlagen. Finanzschwache Gemeinden können sogar bis zu 85 % der Planungs- und Baukosten gefördert bekommen (vgl. DB Station & Service AG 2023, S. 7; BMWK 2023, o. S.). Die Deutsche Bahn als Grundstückseigentümer unterstützt die Kommunen dabei, geeignete Standorte zu finden und die Anlagen zu realisieren.

Darüber hinaus wird der Fahrradmarkt als Wachstumsmarkt eingeschätzt (Frank 2023, S. 2; Giebeler 2023, S. 17; Huhn 2023, S. 33 f.). Auch wenn das Wachstum nach den Auswirkungen der Corona-Pandemie leicht stagniert, zeigt die Trendkurve nach oben (vgl. Destatis 2023a o. S.; Frank 2023, S. 2). Die Gesellschaft legt vermehrte auf Gesundheit und Nachhaltigkeit Wert und trägt dadurch maßgeblich zum Wachstum des Fahrradmarkts bei (vgl. Umweltbundesamt 2022; Frank 2023, S. 5).

Den demografischen Wandel schätzen die Interviewpartner als indirekten Einfluss ein. Er sei daher schwierig zu beziffern. Frank (2023, S. 5 f.) vermutet, dass die Alterung der Bevölkerung in Deutschland dazu führen könnte, dass mehr Pedelecs verkauft werden. Diese werden immer schwerer und teurer, was die Anforderungen an die Abstellanlagen verändert (Giebeler 2023, S. 20). Ebenso müssen Abstellanlagen an die hohe Ballungsdichte in Großstädten angepasst werden, wofür eine effiziente Flächennutzung erforderlich ist (Frank 2023, S. 6).

Technologische Anwendungen wie Apps spielen bei Fahrradboxen bereits eine Rolle, um die Verfügbarkeit einer freien Box abzufragen, diese zu reservieren und zu bezahlen (Frank 2023, S. 7; Giebeler 2023, S. 22). Ebenso existieren hochautomatisierte Fahrradparktürme, die wie ein Hochregallager funktionieren und die Fahrräder automatisch auf mehreren Ebenen abstellen. Diese haben sich in Deutschland bislang allerdings noch nicht durchgesetzt (vgl. Huhn 2023, S. 43 f.; Frank 2023, S. 7). Sonstigen technologischen Einfluss sehen die Interviewpartner nicht. Eher werden bekannte Anlagen verwendet (vgl. Frank 2023, S. 7).

Zudem gibt es Anforderungen an Abstellanlagen, wie zum Beispiel die DIN 79008, die Funktion und Gestaltung der Abstellanlagen beinhaltet (vgl. Huhn 2023, S. 43). Eine Norm des Deutschen Instituts für Normung e.V. ist jedoch keine Pflicht, sondern eine Empfehlung. Sie kann aber einen gewissen Qualitätsstandard vermitteln (vgl. Deutsches Institut für Normung e.V. 2023, o. S.). Hersteller, die diesen Standard erfüllen, haben laut Experten auf dem Markt bessere Chancen (vgl. Huhn 2023, S. 48).

2.2 Kundenbedürfnisse

Der Markt für Fahrradabstellanlagen ist bereits von etablierten Marktführern dominiert, doch trotzdem drängen stets neue Anbieter auf den Markt. Um hierbei erfolgreich zu sein, ist es wichtig, die Bedürfnisse der Kunden und letztlich der Nutzer zu berücksichtigen. Um die potenziellen Käufer von Fahrradabstellanlagen zu charakterisieren, wurde eine Querschnittsstudie durchgeführt, wobei die Bedürfnisse und die Kaufmotivation erfragt wurden. Die Umfrage ergab eine Teilnehmeranzahl von n = 231. Den größten Anteil an den Umfrageteilnehmern bilden Kommunen, gefolgt von Privatpersonen und Unternehmen (s. Abbildung 1). Es hat sich als schwierig herausgestellt, Hausverwaltungen und Eigentümergemeinschaften zu animieren, an der Umfrage teilzunehmen, sodass hier eine Antwortquote von unter n = 30 erzielt wurde. Die niedrige Antwortzahl der Parkhausbetreiber lässt sich darauf zurückführen, dass die Anzahl eigenständiger Parkhausbetreiber begrenzt ist und viele Parkhäuser großen Unternehmen

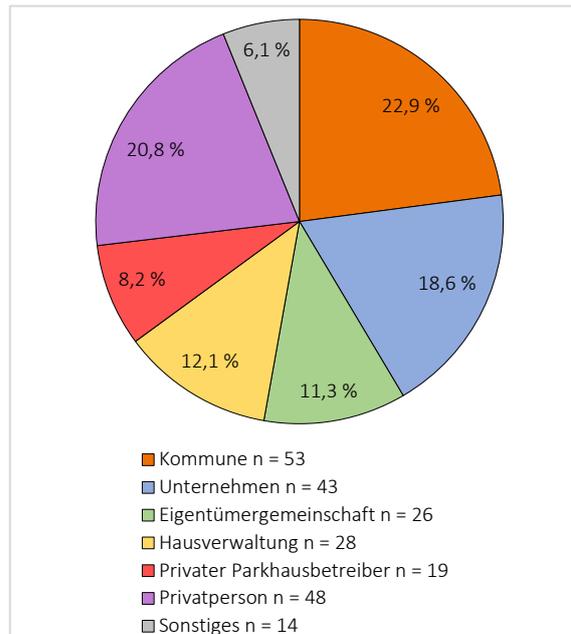


Abbildung 1: Herkunft der Umfrageteilnehmer (n = 231) (Eigene Darstellung)

wie APCOA Parking angehören. Die Antworten der Kategorie *Sonstiges* kamen vor allem von Einrichtungen auf Bundes- oder Landesebene.

Bewertung von Fahrradabstellanlagen aus Benutzersicht

Die Bewertung verschiedener Fahrradparksysteme aus Benutzersicht zeigt eindeutig, dass der Anlehnbügel (81,4 %) und der klassische Vorderradhalter (72,5 %) unter den Befragten, die bereits Erfahrungen mit Fahrradabstellanlagen gemacht haben, die bekanntesten Systeme sind.



Abbildung 2 (links): Anlehnbügel
Abbildung 3 (rechts): Vorderradparker
(Eigene Bilder)

Auch der Vorderradhalter mit integriertem Anlehnbügel (45,6 %) und der Doppelstockparker (42,6 %) sind durchaus bekannt.



Abbildung 4 (links): Doppelstockparker
Abbildung 5 (rechts): Vorderradhalter mit Anlehnbügel
(Eigene Bilder)

Am zufriedensten sind die Nutzer mit der Fahrradbox, gefolgt vom normalen Anlehnbügel. Auch der Fahrradlift schneidet sehr gut ab und liegt auf einer Skala von eins bis fünf mit einem Mittelwert von 4,03 über dem des Doppelstockparkers (3,23).



Abbildung 6 (links): Fahrradbox
Abbildung 7 (rechts): Fahrradlift/Vertikalparksystem
 (Eigene Bilder)

Wichtigste Eigenschaften von Fahrradabstellanlagen

Zur Ermittlung der wichtigsten Produkteigenschaften mussten die Umfrageteilnehmer die drei wichtigsten Eigenschaften ankreuzen. Dabei zeigt sich, dass die Platzeffizienz (54,5 %) und der Preis (48,5 %) die wichtigsten Faktoren aus Käufersicht sind. Diese sind gefolgt von der Langlebigkeit/Robustheit (45,5 %), der einfachen Bedienbarkeit (43,3 %) und dem Diebstahlschutz (42,0 %) einer Abstellanlage.

Abbildung 8 zeigt jedoch auch individuelle Abweichungen von den Durchschnittswerten. Insbesondere sticht hervor, dass für 75,6 % der Privatpersonen der Preis eine wichtige Eigenschaft ist. Bei Kommunen könnte die etwas geringere Preissensibilität unter anderem mit der Förderung des Bundes bei der Beschaffung von Fahrradabstellanlagen zusammenhängen. Hingegen legen Parkhausbetreiber und

Hausverwaltungen eher Wert auf geringe Wartungskosten als auf den Produktpreis (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 9 f.). Ebenso fällt auf, dass Hausverwaltungen, Unternehmen und Eigentümergemeinschaften die Platzeffizienz bei Fahrradparksystemen sehr wichtig sind. Platzeffiziente Systeme werden vor allem bevorzugt, weil der verfügbare Platz begrenzt ist (70,6 %). Darüber hinaus sind die Aspekte wichtig, mehr Fahrräder auf einer bestimmten Fläche unterzubringen (57,9 %) und mehr Raum für andere Zwecke zu haben (45,2 %) (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 13). Was die Kommunen betrifft, wird Platzeffizienz überwiegend von den Mittelstädten und insbesondere den Großstädten genannt (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 8). Die durchschnittliche Kommune scheint jedoch mehr Wert auf die Qualitätsfaktoren wie Diebstahlschutz, einfache Bedienbarkeit, Langlebigkeit und Robustheit als auf den Preis und den Platz zu legen.

Bei Unternehmen ist die Tendenz für Abweichungen vom Durchschnittswert nicht so stark. Es zeichnet sich jedoch ab, dass der Preis bei höherer Beschäftigungszahl weniger eine Rolle spielt und die Platzeffizienz an Bedeutung gewinnt. Die wichtigsten Qualitätskriterien für Unternehmen sind primär Platzeffizienz, Langlebigkeit beziehungsweise Robustheit und bei kleineren Unternehmen der Preis. Andere Faktoren wie Wartungskosten, Montage oder Ästhetik sind diesen untergeordnet (vgl. für diesen Abschnitt Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 8). Bei den Eigentümergemeinschaften fällt auf, dass die Bedeutung von Preis und Platzeffizienz über dem

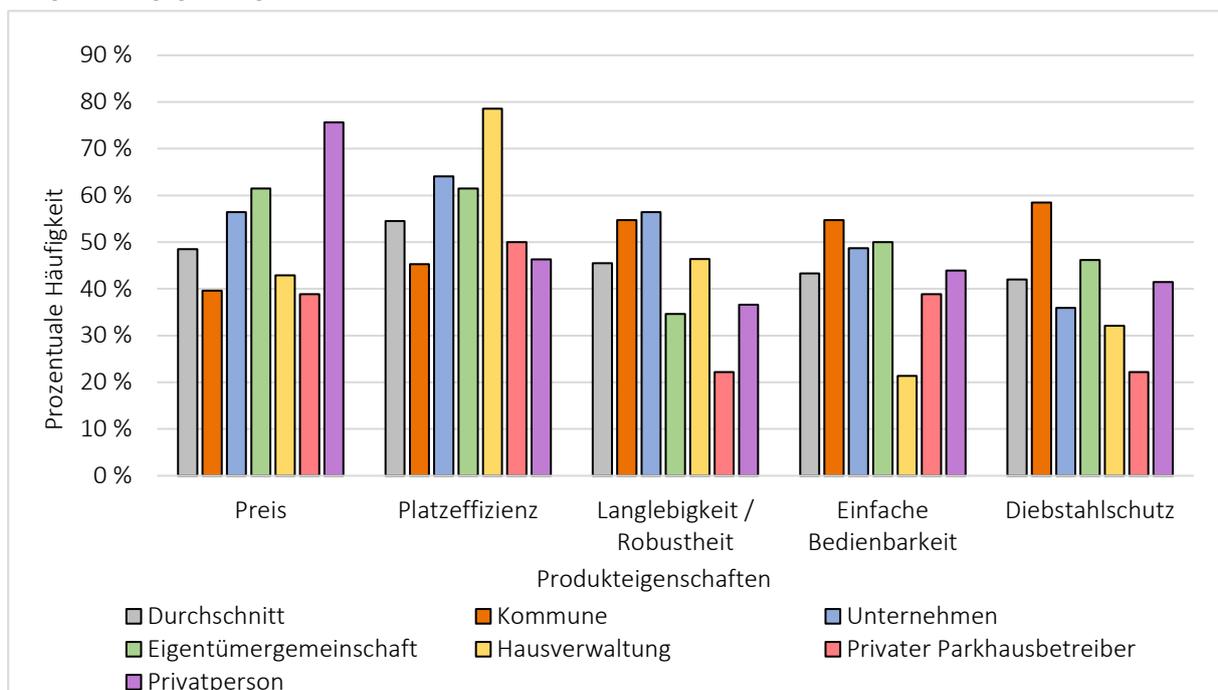


Abbildung 8: Wichtige Produkteigenschaften im Kundengruppenvergleich (Dreifachauswahl, n = 231)
 (Eigene Darstellung)

Durchschnitt liegt. Zudem ist die Bedienbarkeit wichtig, die Robustheit der Anlage hingegen weniger (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 9). Ein Erklärungsansatz hierfür ist, dass die Anlage nur von ausgewählten Personen benutzt und ein pfleglicher Umgang mit der Anlage erwartet wird. Noch deutlicher wird dies bei privaten Parkhausbetreibern (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 10). Es ist zu vermuten, dass Parkhausbetreiber dem ruhenden Fahrradverkehr einen abgeschlossenen Bereich widmen, der nur zahlenden Personen zugänglich ist. Dies könnte vor allem eine Möglichkeit für Langzeitparker sein, ihr Fahrrad sicher abzustellen. Diese Interpretation wird durch die Feststellung gestützt, dass es für Parkhausbetreiber in ihrer überwiegenden Rolle als Vermieter an Dritte wichtig ist, dass Hersteller ein abschließbares Gehäuse im Sortiment haben (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 18). Im Falle einer Zutrittsregulierung wäre der Diebstahlschutz einer Anlage selbst weniger bedeutsam.

Zahlungsbereitschaft für Fahrradabstellanlagen

Die Frage nach der maximalen Preisvorstellung ergibt ein Gesamtbild, in dem insgesamt 85 % der Werte unter 5.000 € für zehn Fahrradstellplätze liegen (s. Abbildung 9). Anhand der Auswertung können drei Preissegmente identifiziert werden:

- Niedrigpreisiges Segment: 0 € - 999 €
- Mittelpreisiges Segment: 1.000 € - 4.999 €
- Hochpreisiges Segment: 5.000 € und mehr

In Kombination mit demografischen Merkmalen der Kundengruppen zeigt sich, dass bei Kommunen vor allem Großstädte bereit sind, mehr finanzielle Mittel für Fahrradabstellanlagen aufzuwenden. Ländliche Gegenden und Kleinstädte geben tendenziell eher weniger Geld für Fahrradabstellanlagen aus (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 11). Es wird vermutet, dass diese mit der Anschaffung von Fahr-

radboxen zusammenhängen, da diese viel Platz in Anspruch nehmen und gleichzeitig sehr teuer sind. Bei Unternehmen zeigt sich eine ähnliche Tendenz, sodass vor allem Unternehmen mit größerer Beschäftigungsanzahl teurere Abstellanlagen erwerben. Jedoch zeigen sich zwei Ausnahmen bei Unternehmen mit weniger als zehn Beschäftigten. Diese Ausreißer sind allerdings Antworten von Weiterverkäufern von Fahrradabstellanlagen und daher kein Eigenbedarf (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 11). Bei den restlichen Kundengruppen scheint die Preisbarriere überwiegend bei 5.000 € zu liegen (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 12 f.).

3. Segmentierung des Marktes für Fahrradabstellanlagen

Aus der Erkenntnis, dass Konsumenten unterschiedliche Bedürfnisse und Wünsche haben, ergibt sich für Anbieter von Abstellanlagen die Notwendigkeit, gezielt auf diese einzugehen. Aus diesem Grund werden Produkte heutzutage nicht mehr an alle Kunden vertrieben, sondern an einzelne Marktsegmente (vgl. Dibb, Simkin 1991, S. 7; Fifield 2007, S. 164). Die einzelnen Marktsegmente reagieren aufgrund ihrer Bedürfnisse überwiegend gleich auf ein bestimmtes Angebot, weisen aber untereinander hinreichende Unterschiede auf, um als einzelne Segmente betrachtet zu werden (vgl. Goyat 2011, S. 45; Rothman 1964, S. 13). Aus der Analyse der Umfrageergebnisse wurde festgestellt, dass der Kaufzweck von Fahrradabstellanlagen ein geeignetes Segmentierungskriterium ist. Dabei geht folgende Segmentteilung hervor:

I. Öffentliche Nutzung

Öffentliche Nutzung in Kleinstädten und ländlichen Gebieten

Dieses Segment beschreibt hauptsächlich öffentliche Auftraggeber in Regionen mit geringer Siedlungsdichte (unter 20.000 Einwohner) (Destatis 2023b, o.

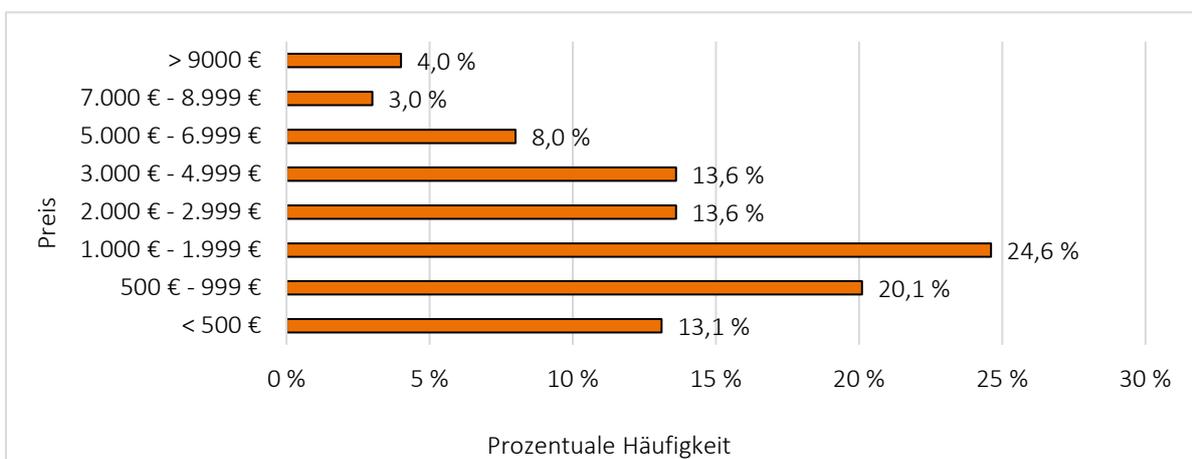


Abbildung 9: Maximale Preisvorstellung für zehn Fahrradstellplätze (n = 199) (Eigene Darstellung)

S.). Die preisliche Vorstellung in diesem Segment bewegt sich im unteren bis mittleren Bereich (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 11). Ausnahmen können einige gering besiedelte Kommunen sein, die beispielsweise Fahrradboxen an Bahnhöfen oder anderen Zielpunkten aufstellen sowie sonstige Technologien einbringen wollen, um sich als Kommune modern darzustellen. Hohe Bedeutung wird der Langlebigkeit, der einfachen Bedienbarkeit und dem Diebstahlschutz beigemessen. Die Systeme müssen außerdem insbesondere den geltenden Normen entsprechen (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 8). Ferner besteht für dieses Segment eine Förderung des Bundes für die Errichtung von Fahrradabstellanlagen.

Öffentliche Nutzung in mittel- und großstädtischen Gebieten

Diesem Segment werden öffentliche Auftraggeber in dichter besiedelten Gebieten zugeordnet (20.000 und mehr Einwohner) (Destatis 2023b, o. S.). Die Fokussierung auf Langlebigkeit, einfache Bedienbarkeit und Diebstahlschutz unterscheidet sich kaum zum vorherigen Segment. Allerdings wird die Bedeutung des Vandalismus- und Diebstahlschutzes etwas höher eingeschätzt. Besonders hervorzuheben ist auch die wachsende Relevanz der Platzeffizienz (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 8). Die Zahlungsbereitschaft von siedlungsdichten Kommunen ist ebenfalls höher und variiert zwischen Mittel- und Hochpreissegment (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 11). Ebenfalls geben größere Kommunen im Schnitt jährlich mehr Geld für Fahrradabstellanlagen aus (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 2). Die Hauptbeschaffungsmethode in diesem Segment sind – bedingt durch größere Auftragsvolumina – öffentliche Ausschreibungen (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 20). Nach Abschluss der Ausschreibung erfolgt dann gewöhnlich der direkte Herstellerkontakt. In zahlreichen Fällen handelt es sich bei Großstädten auch um größere Bauvorhaben oder sogar Fahrradparkhäuser (s. Abbildung 10), die mit passenden Systemen ausgestattet werden sollen. Die Bedeu-

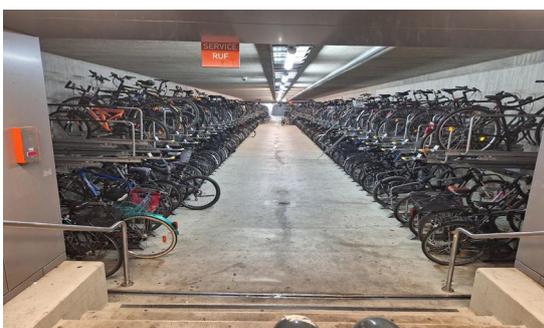


Abbildung 10: Ausschnitt aus Fahrradparkhaus am Bahnhof München-Pasing (Eigenes Bild)

tung normgerechter Systeme mit zertifiziertem Qualitätsstandard und die Förderung des Bundes gilt auch für dieses Segment.

II. B2B-Eigenbedarf

Unter 50 Beschäftigte vor Ort

In diesem Segment sind hauptsächlich Kleinst- und Kleinorganisationen (unter 50 Beschäftigte) vertreten (Destatis 2022, o. S.), die Fahrradabstellanlagen für die eigene Nutzung erwerben. Die umgebende Siedlungsstruktur könnte auch bei Unternehmen Einfluss auf die Präferenzen haben. Diese wurde bei der Auswertung der Umfrage aber nicht in Betracht gezogen. Der Preis spielt eine etwas wichtigere Rolle als der benötigte Platz, während der Wunsch nach Qualität, einfacher Bedienbarkeit und Diebstahlschutz ausgewogen sind (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 8). Die Beschaffung erfolgt überwiegend direkt beim Hersteller (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 20) und die Preise bewegen sich im unteren bis mittleren Preissegment (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 11). Ein zertifizierter Qualitätsstandard ist nicht zwingend erforderlich, aber auch nicht abträglich (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 18).

50 und mehr Beschäftigte vor Ort

Dieses Segment ist von mittelständischen Unternehmen und Großunternehmen geprägt (Destatis 2022, o. S.). Es wird vermutet, dass bei höherer Mitarbeiteranzahl ein Zusammenhang zu erhöhtem Fahrradverkehrsaufkommen besteht. Die preisliche Orientierung liegt größtenteils im oberen Mittelpreissegment. Es zeigt sich, dass mit steigender Unternehmensgröße die Bereitschaft zunimmt, mehr Geld für Fahrradabstellanlagen auszugeben (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 11). Diese Unternehmen würden zum Teil auch Fahrradabstellanlagen aus dem hochpreisigen Segment erwerben. Zudem sind für größere Unternehmen vor allem die Langlebigkeit und eine einfache Bedienbarkeit von Bedeutung. Platzeffizienz wird bei höherer Beschäftigungsanzahl tendenziell eher zu einem wichtigen Thema, wenn die Kapazitätsauslastung erhöht werden soll (d. h. wenn mehr Fahrräder auf eine bestimmte Fläche untergebracht werden sollen) oder weil der verfügbare Platz begrenzt ist (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 8). Die Beschaffung erfolgt ebenfalls vorzugsweise direkt über einen Hersteller und die Möglichkeit sonderangefertigte Produkte beziehen zu können wird wertgeschätzt (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 18 ff.).

III. Kommerzielle Drittbeziehungen

Vermietung an Dritte

Dieses Segment beschreibt Kunden, die Fahrradabstellanlagen kaufen, um sie an Dritte gegen ein Nutzungsentgelt anzubieten. Hausverwaltungen und private Parkhausbetreiber fallen vermehrt in dieses Segment (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 16). So kann eine geeignete Abstellanlage zum Beispiel einen Anstieg der Mietpreise begründen (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 9). Bei Vermietern von Abstellanlagen besteht aber weniger die Bereitschaft, Anlagen im höherpreisigen Segment zu beschaffen (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 12). Neben den üblichen Qualitätsaspekten wird hier eher Wert auf geringe Wartungskosten gelegt, da große Parkhausunternehmen oder Hausverwaltungen mehrere Abstellanlagen instand halten müssen (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 9 f.). Der Diebstahlschutz der Anlage selbst wird mit mittelmäßiger Relevanz eingestuft (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 9 f.). Es wird vermehrt angegeben, dass ein abschließbares Gehäuse wichtig ist (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 19). Bei den Hausverwaltungen könnte es jedoch auch Tiefgaragen oder Innenhöfe mit gesicherten Zugangswegen geben. Dies bedeutet, dass die Anforderungen an Abstellanlagen von den individuellen Gegebenheiten vor Ort abhängen, wie beispielsweise einem vorgegebenen Raumangebot.

Weiterverkauf an Dritte

Dieses Segment ist vergleichsweise klein und umfasst Zwischenhändler, die verschiedene Abstellanlagen von Herstellern erwerben und weiterverkaufen. Trotz der begrenzten Datenbasis von nur sechs Umfrageteilnehmern zeichnet sich ab, dass die maximale Preisvorstellung der Weiterverkäufer eher hochpreisig ist (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 11). Ebenso wird vermutet, dass Zwischenhändler vor allem auf wettbewerbsfähige Konditionen im Einkauf setzen. Auch die Angebotsvielfalt eines Herstellers sowie Überdachungen im Sortiment spielen eine wichtige Rolle (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 17 f.). Dieses Segment bietet den Vorteil, dass Zwischenhändler Wiederholungskäufe tätigen und diese nicht nur für ein einziges Bauvorhaben dienen. Dies unterstreicht auch die Relevanz einer schnellen Lieferung und Installation (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 19).

IV. B2C-Eigenbedarf

Der B2C-Eigenbedarf beschreibt das Segment, das Fahrradabstellanlagen für eigene Zwecke an Häusern oder Wohnungsgemeinschaften kauft. Das Segment wird nicht weiter unterteilt, da grundlegende Gemeinsamkeiten vorliegen. Preis und Platz sind die

beiden vorherrschenden Treiber (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 9). Das Segment zeichnet sich größtenteils durch eine niedrigpreisige Zahlungsbereitschaft aus (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 12). Aber auch in diesem Segment gibt es vereinzelte Ausreißer, typischerweise von größeren Eigentümergeinschaften. Des Weiteren fällt auf, dass ein zertifizierter Qualitätsstandard nicht zwingend notwendig ist, vermehrt online gekauft wird und eine kurze Lieferzeit ein essenzielles Kriterium darstellt (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 18 f.). Der Platz ist in Wohnbereichen zwar knapp, aber für Platzeffizienz wird nur das Nötigste gezahlt (s. Große-Stoltenberg, Schuster 2023, S. 9 f.).

4. Empfehlungen für die Sanierung und den Ausbau der Fahrradabstellanlagen

Die Marktanalyse und die Durchführung der Umfrage sowie die anschließende Marktsegmentierung haben wertvolle Erkenntnisse über die Bedürfnisse und Anforderungen der potenziellen Käufer und auch von Fahrradabstellanlagen geliefert. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass die Käufer von Fahrradabstellanlagen häufig nicht selbst deren Nutzer sind. Die Abstellanlagen werden vielmehr für die Radfahrer bereitgestellt, was dazu führen kann, dass deren Perspektive bei der Auswahl der Abstelllösungen unzureichend berücksichtigt wird. Die beschaffenden Stellen müssen daher ein ausgewogenes Verständnis sowohl für ihre eigenen Anforderungen als auch für die Bedürfnisse der Radfahrer entwickeln, um eine optimale Lösung zu finden.

Die Generalisierung von Empfehlungen für alle Marktsegmente ist nur bedingt möglich, da zahlreiche Faktoren berücksichtigt werden müssen, um den ruhenden Radverkehr effizient auszubauen. Entscheidende Aspekte sind unter anderem der Diebstahlschutz, die Erreichbarkeit, ein Witterungsschutz, die Benutzungsfreundlichkeit, die Zugänglichkeit, die Einsehbarkeit und Übersichtlichkeit, die Gestaltung der Abstellanlage, die Stromversorgung sowie die durchschnittliche Parkdauer (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg, 2020, S. 9 ff.). Selbst kleinere Kommunen können finanziell in der Lage sein, hochwertige Abstellanlagen zu erwerben, die nicht nur funktional sind, sondern auch ästhetisch zum Stadtbild passen.

Technologische Innovationen wie Apps zur Reservierung von Abstellplätzen und hochautomatisierte Fahrradparktürme sind weitgehend verfügbar, werden aber noch zu selten verwendet. Moderne Lösungen steigern allerdings die Attraktivität des Fahrradfahrens und bieten den Nutzern ein komfortables Nutzungserlebnis. Bei der Entwicklung und Vermarktung neuer Lösungen können die verschiedenen

Tabelle 1: Durchschnittliche Empfehlung von Abstellanlagen je Marktsegment (Eigene Darstellung)

Marktsegmente		Wichtigste Anforderungen	Grundsätzlich empfohlene Abstellanlage(n)
Öffentliche Nutzung	Kleinstädte und ländliche Gebieten	Preis Normkonformität/ Förderfähigkeit Langlebigkeit Diebstahlschutz	Vorderradparker mit integriertem Anlehnbügel Anlehnbügel An Bahnhöfen: Fahrradboxen
	mittel- und großstädtische Gebiete	Normkonformität/ Förderfähigkeit Platzeffizienz Langlebigkeit Einfache Bedienbarkeit	Doppelstockparker Doppelseitige Vorderradparker mit integriertem Anlehnbügel Reihenanlehnbügel An Bahnhöfen: Fahrradboxen oder Doppelstockparker mit Zugangssicherung
B2B-Eigenbedarf	< 50 Beschäftigte	Preis Diebstahlschutz Einfache Bedienbarkeit	Vorderradparker mit integriertem Anlehnbügel Anlehnbügel <i>Anmerkung: Zugangsgesichertes Gehäuse für Abstellanlage</i>
	> 50 Beschäftigte	Platzeffizienz Langlebigkeit Einfache Bedienbarkeit	Doppelstockparker Vertikalparksysteme mit Fahrradlift <i>Anmerkung: Alle Varianten mit Ladepunkten für Pedelecs</i>
Kommerzielle Drittbeziehungen	Vermieter	Preis Platzeffizienz Langlebigkeit Geringe Wartungskosten	Reihenanlehnbügel Doppelseitige Vorderradparker mit integriertem Anlehnbügel <i>Anmerkung: keine mechanischen Teile</i>
	Weiterverkäufer	Qualität Günstige Konditionen	Keine klare Empfehlung möglich
B2C-Eigenbedarf		Preis Platzeffizienz Online-Kauf möglich	Fahrradlift für Wandmontage Vorderradparker mit integriertem Anlehnbügel

Marktsegmente als Anhaltspunkt dienen, um sich auf bestimmte Anforderungen zu spezialisieren.

urbanen Ballungsräumen platzsparende Abstellösungen zunehmend gefragt.

Basierend auf den Umfrageergebnissen lassen sich Empfehlungen für passende Abstellanlagen für spezifische Kundengruppen ableiten, die sowohl die Bedürfnisse der Radfahrer als auch die Anforderungen der beschaffenden Stellen berücksichtigen (s. Tabelle 1). Für Kommunen ist beispielsweise die Einhaltung der DIN 79008 von besonderer Bedeutung, da diese Norm häufig Voraussetzung für die Inanspruchnahme von Fördermitteln ist und geprüfte Qualitätsstandards garantiert. Während in ländlichen Regionen und Kleinstädten kostengünstige, langlebige und diebstahlsichere Anlagen bevorzugt werden, sind in

Für Kommunen ist beispielsweise die Einhaltung der DIN 79008 von besonderer Bedeutung, da diese Norm häufig Voraussetzung für die Inanspruchnahme von Fördermitteln ist und geprüfte Qualitätsstandards garantiert. Während in ländlichen Regionen und Kleinstädten kostengünstige, langlebige und diebstahlsichere Anlagen bevorzugt werden, sind in urbanen Ballungsräumen platzsparende Abstellösungen zunehmend gefragt. Hier ist es vorteilhaft, Fahrradabstellanlagen mit höherer Kapazität zu installieren, um sicherzustellen, dass alle Radfahrer ei-

nen geeigneten Stellplatz finden und das wilde Abstellen von Fahrrädern minimiert wird (s. Abbildung 11).



Abbildung 11 Ausschnitt von wild abgestellten Fahrrädern in München
(Eigenes Bild)

Diese Empfehlungen können nicht pauschalisiert werden, sondern dienen lediglich als Anhaltspunkte. Beispielsweise sind Doppelstockparker zwar teurer in der Anschaffung als herkömmliche Anlehnbügel, können jedoch mehr Fahrräder unterbringen. Die dadurch gewonnene Fläche kann anderweitig genutzt werden. An Bahnhöfen sind Fahrradboxen eine sinnvolle Option, insbesondere wenn viele Langzeitparker vorhanden sind, ausreichend Platz zur Verfügung steht und die Kommune bereit ist, in diese Lösung zu investieren.

Für kleinere Unternehmen mit begrenztem Platzangebot eignen sich kostengünstige Abstellmöglichkeiten wie Anlehnbügel oder Vorderradparker mit integrierter Anlehnmöglichkeit. Großunternehmen hingegen, die eine hohe Anzahl an Fahrrädern unterbringen müssen, profitieren von platzsparenden Systemen wie Doppelstockparkern oder Vertikalparksystemen. Letztere sind für Kommunen weniger geeignet, da bislang noch keine DIN-zertifizierte Varianten verfügbar sind, womit die Förderfähigkeit entfällt. Für Unternehmen, die solche Fördermittel nur bedingt in Anspruch nehmen können, sind Vertikalparksysteme dennoch eine praktikable Lösung. Um die Nutzung des Fahrrads als Verkehrsmittel zusätzlich zu fördern, sollten Unternehmen Stellplätze mit E-Ladepunkten bereitstellen, an denen Pedelecs während der Arbeitszeit aufgeladen werden können.

Vermieter hingegen bevorzugen günstige und wartungsarme Lösungen wie Fahrradhaken oder einfache Vorderradhalter. Diese Systeme sind jedoch wenig nutzerfreundlich, nicht sehr langlebig und werden von Radfahrern oft gemieden (vgl. Huhn 2023, S. 46; vgl. ADFC Aurich 2022, o. S.). Attraktivere Alternativen sind fest montierte beziehungsweise einbetonierte Reihenanlehnbügel oder doppelseitige Vorderradparker mit integriertem Anlehnbügel. Beide können bei Bedarf durch eine Überdachung ergänzt werden.



Abbildung 12 (links): Verbogener Vorderradhalter
Abbildung 13 (rechts): Kaputte, aufgedübelte Anlehnbügel
(Eigene Bilder)

Für Privatpersonen stellen platzsparende und gleichzeitig kostengünstige Lösungen wie wandmontierte Fahrradlifte eine effiziente Möglichkeit dar, Fahrräder sicher in Garagen oder anderen Räumen zu verstauen. Im Hof eignen sich auch Vorderradparker mit integriertem Anlehnbügel. Wenn ausreichend Platz und finanzielle Mittel vorhanden sind, kann auch eine abschließbare Fahrradgarage eine attraktive Alternative sein (vgl. Huhn 2023, S. 39). Dies ist insbesondere für schwere Pedelecs vorteilhaft, da das mühsame Tragen in den Keller entfällt (vgl. Huhn 2023, S. 36).

5. Schlussbetrachtung

Die Sanierung und der Ausbau von Fahrradabstellanlagen erfordern individuelle Ansätze, die sich an den Bedürfnissen der Nutzer, den baulichen Gegebenheiten und den Anforderungen der jeweiligen Marktsegmente orientieren. Allgemeine Empfehlungen lassen sich nur schwer formulieren, doch dieser Artikel gibt wesentliche Anhaltspunkte, wie die Fahrradabstellinfrastruktur zielgruppengerecht durch gezielte Maßnahmen attraktiver gestaltet werden kann.

Eine bedarfsgerechte Planung ist dabei unverzichtbar, um das Fahrrad als nachhaltiges Verkehrsmittel zu fördern. Angesichts des zunehmenden Anteils von Pedelecs und hochwertigeren Fahrrädern müssen geeignete Abstellanlagen bereitgestellt werden. Veraltete Systeme wie Vorderradparker, die den Anforderungen moderner Fahrräder nicht mehr genügen und häufig als „Felgenkiller“ betitelt werden, sollten durch zeitgemäße Lösungen ersetzt werden. Optionen wie E-Ladepunkte an Abstellanlagen, appgesteuerte und abschließbare Radboxen, Anlehnbügel für Lastenräder oder ganze Fahrradparkhäuser bieten zukunftsfähige Alternativen, die den gestiegenen Ansprüchen gerecht werden.

Fahradabstellanlagen sind ein zentraler Bestandteil nachhaltiger Mobilitätsstrategien. Ihre Realisierung erfordert jedoch eine gezielte Abstimmung von Erreichbarkeit, Funktionalität, Benutzerfreundlichkeit und Design. Entscheidend ist, dass die beschaffenden Stellen die Perspektive der Radfahrer stärker berück-

sichtigen, um Anlagen zu schaffen, die langfristig akzeptiert und genutzt werden. Über die Sanierung hinaus muss der Ausbau von Fahrradabstellanlagen der steigenden Nachfrage gerecht werden und als strategisches Ziel verfolgt werden, die Mobilitätswende aktiv zu unterstützen. Nur durch eine fortschrittliche und durchdachte Infrastruktur kann das Fahrrad seinen immer wichtiger werdenden Platz im Verkehrssystem einnehmen.

6. Literaturverzeichnis

ADFC Hamm (2022): Fahrradabstellanlagen bei ausgewählten Discountern, Supermärkten, Bau- und Gartenmärkten in Hamm, in: https://hamm.adfc.de/fileadmin/Gliederungen/Pedale/hamm/user_upload/ADFC_Hamm/FahRad/Fahrradstellplaetze/Studie-Fahrradstellplaetze-Einzelhandel-in-Hamm.pdf (abgerufen am 25.11.2024).

ADFC Aurich (Hrsg.) (2022): Oktober 2022 – Fahrradparken: „Felgenkiller“ aus den 1950er Jahren, in: <https://aurich.adfc.de/artikel/oktober-2022-fahrradparken-felgenkiller-aus-den-1950er-jahren-1> (Abgerufen am 21.11.2024), o. S.

Appleyard, B. (2012): Sustainable and healthy travel choices and the built environment: Analyses of green and active access to rail transit stations along individual corridors, in: Transportation Research Record, Vol. 2303 (2012), No. 1, pp. 38-45.

BMDV (Hrsg.) (2022): Fahrradland Deutschland 2030 – Nationaler Radverkehrsplan 3.0, Berlin 2022.

BMDV (Hrsg.) (2023): Pressemitteilung vom 06.03.2023 – BMDV startet neues Förderangebot für Fahrradparkhäuser an Bahnhöfen, in: <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2023/018-wissing-fahrradparken-an-bahnhoefen.html> (abgerufen am 03.07.2023), o. S.

BMWK (Hrsg.) (2023): Errichtung von Radabstellanlagen im Rahmen der Bike + Ride-Offensive, in: <https://www.klimaschutz.de/de/foerderung/foerderungsprogramme/kommunalrichtlinie/ma%C3%9Fnahme-n-zur-foerderung-klimafreundlicher-mobilitaet/errichtung-von-radabstellanlagen-im-rahmen-der-bikeride-offensive> (abgerufen am 19.07.2023), o. S.

Caulfield, B.; Brick, E.; McCarthy, O. T. (2012): Determining bicycle infrastructure preferences – A case study of Dublin, in: Transportation Research

Part D: Transport and Environment, Vol. 17 (2012), No. 5, pp. 413-417.

DB Station & Service AG (Hrsg.) (2023): Details zu der vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz veröffentlichten novellierten Kommunalrichtlinie, in: https://bikeandride.bahnhof.de/resource/blob/10756934/71afa69dc664d2e8f7213f2c8a99f445/Infobroschuere_final_lang-1--data.pdf (abgerufen am 27.08.2023).

Destatis (Hrsg.) (2022): Anteile kleine und mittlere Unternehmen 2020 nach Größenklassen in %, in: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Unternehmen/Kleine-Unternehmen-Mittlere-Unternehmen/Tabellen/wirtschaftsabschnitte-insgesamt.html> (abgerufen am 22.08.2023, o. S.)

Destatis (Hrsg.) (2023a): Pressemitteilung vom 26.04.2023 – Umsatz im Fahrrad-Einzelhandel 2022 real um 2,4% gegenüber Vorjahr gestiegen, in: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/04/PD23_NO25_45_63.html (abgerufen am 19.07.2023), o. S.

Destatis (Hrsg.) (2023b): Grad der Verstädterung, in: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Methoden/Erlauterungen/verstaedterung.html#:~:text=Gr%C3%B6%C3%9Fere%20Mittelst%C3%A4dte%20mit%20Zentrum%2050,000%20Einwohnern%20oder%20grundzentraler%20Funktion> (abgerufen am 22.08.2023), o. S.

Deutsches Institut für Normung (Hrsg.) (2023): DIN – kurz erklärt, in: <https://www.din.de/de/ueber-normen-und-standards/basiswissen#:~:text=Sin%20Normen%20Pflicht%3F,zwingend%20vorschreibt%2C%20werden%20Normen%20bindend> (abgerufen am 24.07.2023), o. S.

Dibb, S.; Simkin, L. (1991): Targeting, segments and positioning, in: International Journal of Retail & Distribution Management, Vol. 19 (1991), No. 3, pp. 4-10.

Fifield, P. (2007): Marketing strategy. The difference between marketing and markets, 3rd Ed., Oxford 2007.

Frank, Eduard (2023): Interview über die Umweltanalyse des Markts für Fahrradabstellanlagen, Dielheim 2023.

Freie und Hansestadt Hamburg (2020): Leitfaden-Fahrradparken im Quartier. Empfehlungen für die Planung von Fahrradabstellanlagen auf privaten Flächen, Hamburg 2020.

Giebler, Bertram (2023): Interview über die Umweltanalyse des Markts für Fahrradabstellanlagen, Dielheim 2023.

Gilligan, C.; Wilson, R. M. S. (2003): Strategic marketing planning, London 2003.

Ginter, P. M.; Duncan, W. J.; Capper, S. A. (1992): Keeping strategic thinking in strategic planning: Macro-environmental analysis in a state department of public health, in: Public Health, Vol. 106 (1992), No. 4, pp. 253-269.

Goyat, S. (2011): The basis of market segmentation: a critical review of literature, in: European Journal of Business and Management, Vol. 3 (2011), No. 9, pp. 45-54.

Große-Stoltenberg, Mika; Schuster, Thomas (2023): Ergebnisse der Umfrage zu den Befürfnissen und Anforderungen an Fahrradabstellanlagen, Mannheim 2023.

Huhn, Roland (2023): Interview über die Umweltanalyse des Markts für Fahrradabstellanlagen, Dielheim 2023.

Kotler, P.; Armstrong, G.; Harris, L. C.; He, H. (2020): Principles of marketing, 8th European Ed., Harlow 2020.

NDR (Hrsg.) (2023): Hunderte Parkplätze werden in Hamburg abgebaut; in: <https://www.ndr.de/nachrichten/hamburg/Hundert-e-Parkplaetze-werden-in-Hamburg-abgebaut,parken288.html> (abgerufen am 31.05.2024).

Parniangtong, S. (2017): Competitive advantage of customer centricity, Singapore 2017.

Pucher, J.; Buehler, R. (2006): Why Canadians cycle more than Americans: A comparative analysis of bicycling trends and policies, in: Transport Policy, Vol. 13 (2006), No. 3, pp. 265-279.

PTV Group (Hrsg.) (2019): Wissenschaftliche Beratung des BMVI zur Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie. Schlussbericht zur Studie „Fahrradparken an Bahnhöfen“, in: https://kommunsense.de/wp_16/wp-content/uploads/newsmappen/radparken-kurzbericht.pdf (abgerufen am 01.07.2023).

Rothman, F. (1964): Intensive competitive marketing, in: Journal of Marketing, Vol. 28 (1964), No. 3, pp. 10-17.

Sanuri, S.; Mokhtar, M. (2013): The effects of customer focus on new product performance, in: Business Strategy Series, Vol. 14 (2013), No. 2-3, pp. 67-71.

Umweltbundesamt (Hrsg.) (2022): Umweltbewusstsein in Deutschland, in: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeit-strategien-internationales/umweltbewusstsein-in-deutschland> (abgerufen am 20.07.2023), o. S.

ZIV (Hrsg.) (2021): Wirtschaftspressekonferenz am 10.03.2021 in Berlin, Zahlen-Daten-Fakten zum Fahrradmarkt in Deutschland 2020, in: https://www.ziv-zweirad.de/wp-content/uploads/2023/09/PM_2021_10.03._ZIV-Praesentation_10.03.2021_mit_Text-1.pdf (abgerufen am 29.06.2023).

Autorenangaben

Mika Große-Stoltenberg
SOPREMA GmbH

Mallaustraße 59
D-68219 Mannheim

E-Mail: mikags@online.de

Prof. Dr. Thomas Schuster
Duale Hochschule Baden-Württemberg Mannheim

Studiengang International Business
Coblitzallee 1-9
D-68163 Mannheim

Tel.: +49 (0)621 4105-1708

E-Mail: thomas.schuster@dhbw.de

Über die DVWG

Die Deutsche Verkehrswissenschaftliche Gesellschaft e. V. (DVWG) ist eine unabhängige und föderal strukturierte, gemeinnützige Vereinigung von Verkehrsfachleuten aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Verwaltung. Seit über 100 Jahren verfolgt die DVWG das Ziel, aktuelle und perspektivische Fragestellungen im Verkehr aufzugreifen, zu diskutieren und zu publizieren. Dabei befasst sie sich als neutrale Plattform Verkehrsträger übergreifend mit allen Belangen des Verkehrs und orientiert sich an einer nachhaltigen Verkehrsentwicklung.

Die DVWG wirkt im besonderen Maße für die Förderung des Nachwuchses über das Junge Forum und verleiht verkehrswissenschaftliche Nachwuchspreise. Auf europäischer Ebene widmet sie sich der Zusammenführung von Verkehrsfachleuten aus allen europäischen Staaten unter dem Dach einer Europäischen Plattform der Verkehrswissenschaften (EPTS).

Mitglieder der DVWG sind Studierende und junge Akademiker, Berufstätige und Senioren, aber auch Ingenieurbüros, Verkehrsverbände, Klein- und Mittelstandsunternehmen der Transport- und Verkehrswirtschaft, Kommunen sowie Verwaltungs-, Bildungs- und Forschungseinrichtungen. Den Mitgliedern der DVWG bieten sich hervorragende Möglichkeiten für einen fachspezifischen Informations- und Wissensgewinn, für berufliche Qualifizierung und Weiterbildung und nicht zuletzt auch für den Auf- und Ausbau von Karriere-, Berufs- und Partnernetzwerken.

Impressum

Herausgeberin:
Deutsche Verkehrswissenschaftliche Gesellschaft e.V.
Hauptgeschäftsstelle
Weißener Str. 16
13595 Berlin

Tel.: (0) 30 65852 792
E-Mail: hgs@dvwg.de
Internet: www.dvwg.de

Präsident:
Prof. Dr. Jan Ninnemann

Vereinsregister Amtsgericht Berlin-Charlottenburg VR 23784 B
USt.-IdNr.: DE 227525122

Kontakt Redaktion:
E-Mail: journal@dvwg.de