

CO₂-neutraler Straßenbau am Beispiel einer Fahrradstraße

1. Ausgangslage und Einordnung in die kommunalen Ziele

Die Stadt Rheine verfolgt seit mehreren Jahren das Ziel, den Radverkehr im Alltagsverkehr systematisch zu stärken. Grundlage hierfür ist das vom Rat der Stadt beschlossene Klimaschutzteilkonzept Radverkehr, das den Ausbau eines durchgängigen, sicheren und komfortablen Radverkehrsnetzes vorsieht. Ziel ist es, den Anteil des Radverkehrs weiter zu erhöhen und damit einen wirksamen Beitrag zur kommunalen Klimaschutzstrategie zu leisten.

Mit einem Radverkehrsanteil von rund 31 % am Modal Split verfügt Rheine bereits über einen vergleichsweise hohen Anteil klimafreundlicher Mobilität. Aufgrund der flachen Topographie, der kompakten Stadtstruktur und kurzer Wege bestehen zugleich weitere Potenziale, insbesondere im Alltagsverkehr zusätzliche Verlagerungseffekte zu erzielen. Voraussetzung hierfür sind leistungsfähige, direkte und gut wahrnehmbare Radverkehrsachsen, die ein sicheres und komfortables Vorankommen ermöglichen.

Die Krumme Straße übernimmt in diesem Zusammenhang eine wichtige Verbindungsfunktion und eignet sich somit in besonderem Maße für die Ausweisung als Fahrradstraße.



Abbildung 1: Projekt Umbau der Krummen Straße zu einer Fahrradstraße

Mit dem Projekt „CO₂-neutraler Straßenbau am Beispiel einer Fahrradstraße“ verfolgt die Stadt Rheine das Ziel, eine klassische kommunale Asphalt-Straßenbaumaßnahme erstmals konsequent unter Klimaschutzgesichtspunkten weiterzuentwickeln. Am konkreten Beispiel des Ausbaus der Krumme Straße soll gezeigt werden, wie Treibhausgasemissionen im Straßenbau systematisch reduziert und verbleibende Emissionen unmittelbar im Projekt selbst gebunden werden können. Klimaschutz soll

dabei dem Grundsatz „*Insetting* statt *Offsetting*“ folgend, nicht über externe Kompensation, sondern durch technisch integrierte Lösungen im Bauwerk und im Straßenraum selbst erreicht werden.

Der Ausbau als Fahrradstraße bietet darüber hinaus die besondere Chance, Klimaschutz nicht nur über Verkehrsverlagerung, sondern auch über eine klimabewusste Bauweise selbst zu adressieren.

2. CO₂-optimierter Straßenaufbau – Ausgangszustand, Regelaufbau und emissionsrelevante Optimierung

Das Pilotprojekt bezieht sich auf den Ausbau eines rund 350 m langen Abschnitts. Im Zuge der geplanten Umgestaltung zur Fahrradstraße wird der gebundene Oberbau vollständig erneuert, ergänzt durch Anpassungen an angrenzende Nebenflächen und die Begrünung. Mit einer Fahrstreifenbreite von 5,50 m ergibt sich eine asphaltierte Fläche von etwa 1.850 m².

Ausgangspunkt der Betrachtung ist ein konventioneller Straßenaufbau gemäß den geltenden technischen Regelwerken. Dieser Referenzzustand dient als Vergleichsmaßstab, um die Wirkungen der im Projekt umgesetzten CO₂-optimierten Bauweise nachvollziehbar darzustellen. Der klassische gebundene Oberbau für die Belastungskategorie Bk 1,0 besteht aus einer Asphaltdeckschicht aus Asphaltbeton AC 8 DN sowie einer Asphalttragschicht aus AC 32 TN. Die Herstellung und der Einbau dieser Asphaltmischgüter erfolgen üblicherweise bei Mischguttemperaturen von deutlich über 160 °C. Diese Bauweise ist technisch bewährt, langlebig und verkehrssicher, geht jedoch mit einem hohen Energieeinsatz in der Mischgutherstellung und entsprechend hohen Treibhausgasemissionen einher.

Gerade der gebundene Asphaltoberbau erweist sich damit als emissionsrelevantester Bestandteil des Straßenkörpers. Ein erheblicher Teil der CO₂-Emissionen entsteht nicht auf der Baustelle selbst, sondern bereits in den vorgelagerten Prozessen der Baustoffproduktion. Insbesondere die energieintensive Herstellung bituminöser Asphaltmischgüter, die hohen Misch- und Einbautemperaturen sowie der Einsatz großer Mengen CO₂-intensiver Materialien prägen die Klimabilanz des Straßenbaus.

Vor diesem Hintergrund setzt das Projekt gezielt an den Hauptemissionsquellen an. Ziel ist es, die Emissionen durch eine angepasste Bauweise von vornherein zu reduzieren. Aus der Analyse des konventionellen Regelaufbaus ergeben sich dabei zwei zentrale Hebel zur Emissionsminderung. Zum einen die Reduktion des Anteils energieintensiver Asphaltmischgüter durch eine konstruktive Anpassung des Regelaufbaus, zum anderen die Verringerung des Energieeinsatzes bei Herstellung und Einbau durch eine gezielte Absenkung der Mischguttemperaturen.

Die CO₂-optimierte Bauweise kombiniert beide Ansätze. Im ersten Schritt wurde geprüft, wie sich der gebundene Oberbau reduzieren lässt, ohne die Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit des Straßenkörpers zu beeinträchtigen. Grundlage ist ein alternativer Aufbau in Anlehnung an die RStO 12/24 für die Belastungsklasse Bk 1,0. Dieser sieht eine schlankere Asphaltkonstruktion mit einer 3 cm starken Asphaltdeckschicht und einer 11 cm starken Asphalttragschicht vor, ergänzt durch eine deutlich verstärkte ungebundene Frost- und Schottertragschicht. Tragfähigkeitsreserven werden damit gezielt in den ungebundenen Bereich verlagert. Hierbei handelt es sich um unmittelbare CO₂-Reduzierungen aus der Herstellung und dem Einbau der Asphaltmischgüter selbst.

Ein zweiter Baustein betrifft den Energieeinsatz bei der Asphaltproduktion. Während konventionelle Asphaltmischgüter bei Temperaturen von über 160 °C hergestellt und eingebaut werden, wird im Pilotprojekt eine gezielte Absenkung dieser Temperaturen umgesetzt. Durch den Einsatz geeigneter Technologien und Additive kann die Mischguttemperatur um rund 30 °C reduziert werden. Für die Asphaltdeckschicht wird eine Einbautemperatur von etwa 140 °C angesetzt, für die Asphalttragschicht rund 145 °C. Diese Temperaturabsenkung führt zu einer Energieeinsparung im Asphaltmischwerk und damit zu einer unmittelbaren Reduktion der CO₂-Emissionen, ohne die Anforderungen an Verarbeitbarkeit, Verdichtung oder Dauerhaftigkeit zu beeinträchtigen.

3. CO₂-Senke im Asphalt – Technische Kohlenstoffspeicherung im Straßenoberbau

Auch bei einem konsequent CO₂-optimierten Straßenaufbau lassen sich Treibhausgasemissionen nicht vollständig vermeiden. Ein Teil der Emissionen entsteht zwangsläufig durch Materialherstellung, Transporte und Bauprozesse. Das Projekt geht daher bewusst über reine Vermeidungsstrategien hinaus und verfolgt einen integrierten Ansatz. Der Straßenoberbau selbst wird so gestaltet, dass er zusätzlich als dauerhafte CO₂-Senke wirkt.

Kern dieses Ansatzes ist der Einsatz eines biogenen Carbon-Additivs auf Basis von Biokohle im Asphalt. Der im Additiv enthaltene Kohlenstoff stammt aus biogenen Reststoffen und wird durch pyrolytische Verfahren in eine chemisch stabile, langlebige Form überführt. Wird diese Biokohle in den Asphalt eingebracht, verbleibt der Kohlenstoff dauerhaft im Baustoff und ist der Atmosphäre langfristig entzogen. Der Asphalt übernimmt damit neben seiner verkehrlichen Funktion eine zusätzliche klimarelevante Aufgabe. Er wird selbst zu einem technischen Kohlenstoffspeicher.

Die eingesetzte Biokohle wird aus biogenen Reststoffen hergestellt, die nicht in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion stehen. Durch die pyrolytische Behandlung wird der enthaltene Kohlenstoff in eine hochstabile Struktur überführt, die sich durch eine

sehr geringe biologische Abbaurate auszeichnet. Diese Stabilität ist die entscheidende Voraussetzung für eine langfristige Kohlenstoffbindung. Untersuchungen und Zertifizierungen belegen, dass der in Biokohle gebundene Kohlenstoff dauerhaft im Material verbleibt. Damit eignet sich Biokohle nicht nur für bodenbezogene Anwendungen, sondern auch für technische Baustoffe mit langen Nutzungsdauern, wie sie im Straßenbau typisch sind.

Für das Projekt wird ein biogenes Carbon-Additiv eingesetzt, dessen Umweltwirkungen transparent über eine Umweltproduktdeklaration dokumentiert sind. Diese weist ein negatives Emissionspotenzial aus, da die Menge des gebundenen Kohlenstoffs die Emissionen aus Herstellung und Transport des Additivs übersteigt. Die CO₂-Senke ist damit nicht rein rechnerischer Natur, sondern physisch im Material verankert.

Der Einsatz des Carbon-Additivs erfolgt gezielt im Asphaltoberbau, konkret in der Asphalttragschicht. Vorgesehen ist eine Dosierung von rund 2 % Biokohle. Diese Menge ist so gewählt, dass einerseits eine relevante Kohlenstoffbindung erreicht wird und andererseits sämtliche technischen Anforderungen an den Asphalt uneingeschränkt eingehalten werden. Neben der Speicherwirkung erfüllt das Additiv zugleich eine funktionale Rolle im Asphaltgefüge. Aufgrund seiner materialtypischen Eigenschaften kann es Einfluss auf das Bindemittel-Gesteins-Gefüge nehmen und zur Stabilisierung der inneren Struktur beitragen. Klimaschutz und technische Leistungsfähigkeit sind damit unmittelbar miteinander verknüpft.

Der Einbau der Biokohle erfolgt innerhalb eines regelwerkskonformen Asphaltaufbaus. Anforderungen an Tragfähigkeit, Dauerhaftigkeit, Verformungsbeständigkeit und Verkehrssicherheit bleiben vollständig gewahrt. Der Straßenoberbau ist damit funktional mindestens gleichwertig zu einer konventionellen Ausführung, weist jedoch eine deutlich verbesserte Klimabilanz auf.

Das Projekt grenzt sich bewusst von klassischen Kompensations- und externen CCS-Modellen ab. Die Kohlenstoffspeicherung erfolgt direkt im Asphaltbauwerk selbst, ohne Zertifikatehandel oder externe Speicherlösungen. Klimaschutz wird damit physisch und dauerhaft in der Verkehrsinfrastruktur umgesetzt.

Im Gesamtkonzept ergänzt die integrierte CO₂-Senke die Maßnahmen zur Emissionsvermeidung aus Kapitel 2 und ermöglicht es, die verbleibenden, technisch nicht vollständig vermeidbaren Emissionen gezielt zu berücksichtigen.

Die konkrete Quantifizierung der Speicherwirkung sowie die Zusammenführung mit den Reduktionseffekten erfolgt im folgenden Kapitel im Rahmen der CO₂-Gesamtbilanz.

4. Zusammenführung der CO₂-Bilanz – Straßenbau

Die CO₂-Bilanz erfasst die Treibhausgasemissionen, die bei der Herstellung der Asphaltdeck- und Asphalttragschicht entstehen. Grundlage ist eine sogenannte Vorbilanzierung nach dem „cradle-to-site“-Ansatz. Das bedeutet, dass alle Emissionen von der Rohstoffgewinnung über Aufbereitung, Rohstofftransport, Asphaltproduktion im Mischwerk, Transport zur Baustelle bis zum Einbau berücksichtigt werden. Nicht einbezogen sind Emissionen aus dem späteren Betrieb der Straße, aus Instandhaltung oder aus dem Lebensende des Asphalts. Diese bewusste Abgrenzung dient der Vergleichbarkeit und methodischen Klarheit.

Die Berechnung stützt sich auf anerkannte Referenzwerte aus der Fachliteratur sowie auf veröffentlichte Umweltkennwerte für Asphalt und Pyrolysekohle. Methodisch basiert die Bilanzierung auf den ISO-Normen 14067 und 14071. Berücksichtigt werden unter anderem unterschiedliche Recyclinganteile im Asphalt, emissionsbezogene Kennwerte der Asphaltproduktion sowie die Netto-Kohlenstoffbindung der eingesetzten Pyrolysekohle.

Für konventionellen Asphalt werden in der Literatur Emissionswerte zwischen rund 31 und 54 kg CO₂-Äquivalent pro Tonne Asphalt angegeben, abhängig von Zusammensetzung und Recyclinganteil. Bei Asphalt mit Pyrolysekohle ergibt sich die Klimabilanz aus zwei Komponenten. Einerseits aus den Emissionen bei der Rohstoffgewinnung und Produktion sowie andererseits aus dem gegenzurechnenden Kohlenstoffspeicherpotenzial der Pyrolysekohle. Vergleichbare Projekte zeigen, dass bei einem Asphalttragschichtmischgut mit hohem Recyclinganteil und einem Pyrolysekohleanteil von wenigen Prozent rechnerisch sogar eine negative CO₂-Bilanz möglich ist. Dabei handelt es sich um Referenzwerte, die je nach Mischwerk und Standort variieren können und nicht eins zu eins auf jedes Projekt übertragbar sind.

Für das vorliegende Projekt wurde ein spezifisches, zertifiziertes Berechnungstool eingesetzt, das inklusive aller Transporte sowohl die Emissionen aus Rohstoffgewinnung, Asphaltproduktion und Einbau als auch das Kohlenstoffspeicherpotenzial der Pyrolysekohle berücksichtigt. Das Tool stellt sicher, dass Emissionsvermeidung und Kohlenstoffbindung nicht doppelt angerechnet werden, und ermöglicht eine transparente und nachvollziehbare Vorbilanzierung. Es bildet damit eine belastbare Grundlage für die vergleichende Bewertung der im Pilotprojekt umgesetzten Bauweise.

Aus der Zusammenführung aller Maßnahmen ergeben sich für den Ausbauabschnitt deutliche Reduktionswirkungen. Der Einsatz von Biokohle in der Asphalttragschicht trägt maßgeblich zur CO₂-Minderung bei, ergänzt durch die Absenkung der Mischguttemperaturen sowie den angepassten Straßenaufbau mit reduziertem Asphaltanteil. In der Kombination führen diese Maßnahmen zu einem CO₂-Reduktionspotenzial von rund 71 % gegenüber einem konventionellen gebundenen

Straßenbau. Bezogen auf den konkreten Ausbauabschnitt sinken die vorbilanzierten Emissionen von etwa 55 t auf rund 15 t CO₂-Äquivalent. Das entspricht einer absoluten Einsparung von rund 40 t CO₂-Äquivalent.

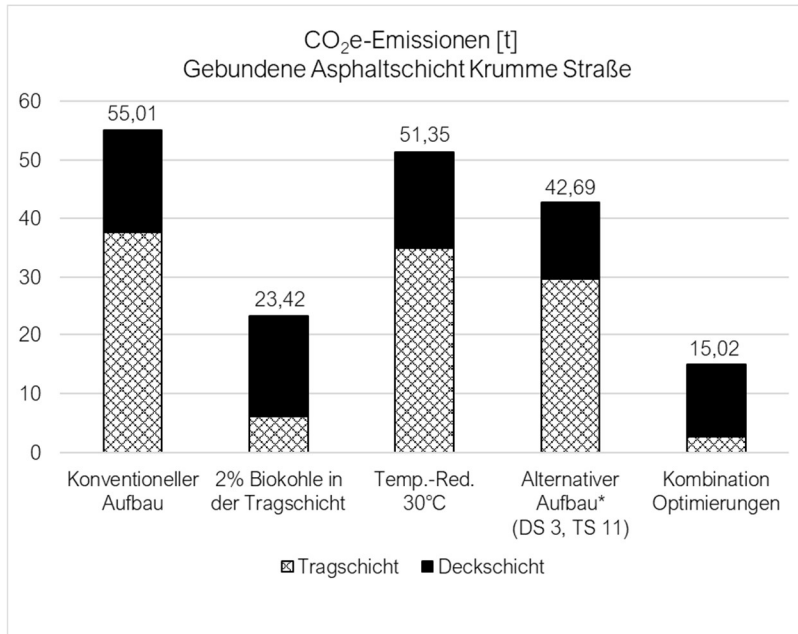


Abbildung 2: CO₂-Bilanz – Straßenbau

Zur besseren Einordnung dieser Größenordnung lässt sich die Einsparung mit bekannten Alltagsbeispielen vergleichen. Sie entspricht in etwa der Fahrleistung von rund 260.000 bis 280.000 Kilometern mit einem durchschnittlichen Pkw, was etwa sieben Erdumrundungen gleichkommt. Alternativ entspricht sie rund 22 bis 28 Hin- und Rückflügen zwischen Berlin und Mallorca oder dem jährlichen CO₂-Ausstoß von etwa 18 bis 22 durchschnittlichen Haushalten. Würde dieselbe Menge CO₂ durch natürliche Prozesse gebunden, müssten mehrere tausend Bäume ein Jahr lang wachsen.

Die CO₂-Bilanz zeigt damit unter konservativen Annahmen das erhebliche Reduktions- und Speicherpotenzial des Projekts. Durch die klare Abgrenzung der Systemgrenzen, die Nutzung anerkannter Referenzwerte und den Einsatz eines zertifizierten Berechnungsverfahrens ist die Bilanz transparent und nachvollziehbar. Zugleich wird deutlich, dass zukünftige Erkenntnisse zur Langzeitstabilität und zum Lebenszyklus von Pyrolysekohle-Asphalt die Bewertungsmöglichkeiten weiter vertiefen können.

5. CO₂-Senke im Straßenraum – Biokohle in öffentlichen Beeten

Die in Kapitel 4 dargestellte CO₂-Bilanz zeigt, dass durch die emissionsarme Bauweise und die technische Kohlenstoffspeicherung im Asphalt bereits ein erheblicher Teil der Treibhausgasemissionen des Straßenbaus vermieden oder gebunden werden kann. Für die vollständige projektinterne Neutralisierung der verbleibenden Emissionen von rund 15 t CO₂-Äquivalent wird dieser Ansatz konsequent weitergeführt.

Ergänzend zur technischen CO₂-Senke im Asphalt wird im Projekt eine zweite, biologische CO₂-Senke im Straßenraum geschaffen. Diese entsteht nicht losgelöst vom Straßenbau, sondern ist integraler Bestandteil der neu angelegten öffentlichen Beete und Grünflächen entlang der Krümmen Straße. Der Straßenraum wird damit bewusst als multifunktionaler Raum verstanden, der Verkehr, Klimaschutz und Klimaanpassung miteinander verbindet.

Im Zuge des Straßenumbaus werden die Straßenseitenräume neugestaltet und bestehende Grünflächen aufgewertet. In diesen Bereichen wird Biokohle gezielt in die Baum- und Pflanzsubstrate eingebracht. Die Biokohle erfüllt dabei eine doppelte Funktion: Sie bindet Kohlenstoff langfristig im Boden und verbessert zugleich die physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften. Aufgrund ihrer porösen Struktur kann sie Wasser speichern, die Durchlüftung des Bodens verbessern und Nährstoffe pflanzenverfügbar halten. Dies unterstützt das Wurzelwachstum, erhöht die Vitalität der Vegetation und stärkt die Widerstandsfähigkeit gegenüber Trockenperioden.

Die öffentlichen Beete übernehmen damit weit mehr als eine gestalterische Aufgabe. Sie werden zu funktionalen Bausteinen der Klimaanpassung im Straßenraum. Durch gesündere Vegetation, verbesserte Wasserrückhaltung und Verdunstung tragen sie zur Milderung von Hitze, zur Stabilisierung des Wasserhaushalts und zur Verbesserung des Mikroklimas bei.

Um die Wirkung der Biokohle belastbar bewerten zu können, ist vorgesehen, einzelne Bäume ohne Biokohleanteil als Vergleich heranzuziehen. Die Entwicklung der Vegetation soll über mindestens zwei Vegetationsperioden beobachtet werden. Dabei stehen insbesondere das Pflanzenwachstum, der Wasserhaushalt und die Standfestigkeit im Fokus.

Neben den positiven Effekten auf Boden und Vegetation leistet die Biokohle auch einen messbaren Beitrag zur Kohlenstoffbindung. Für aktivierte Pflanzenkohle im Baumsubstrat kann für eine konservative Berechnung von einer projektspezifischen Bindungsleistung von etwa 2 t CO₂ pro t eingebrachter Biokohle ausgegangen werden. Im Projekt werden rund 450 m³ strukturstabiles Baumsubstrat mit etwa 12,5 t Biokohle eingebaut. Daraus ergibt sich eine zusätzliche CO₂-Bindung von etwa 25 t CO₂. Diese biologische Senke ergänzt gezielt die im Straßenbau erzielten Reduktions- und Speicherwirkungen.

In der Gesamtschau entsteht so eine ausgewogene Klimabilanz. Durch Kombination aus emissionsarmer Bauweise, technischer CO₂-Senke im Asphalt und biologischer CO₂-Senke in den Straßenseitenräumen können die CO₂ Emissionen vollständig innerhalb des Projekts ausgeglichen werden.

Der Ausbau der Krümmen Straße kann damit CO₂-neutral realisiert werden – ohne externe Kompensationsmaßnahmen, ohne Zertifikatehandel und ohne Verlagerung von Emissionen außerhalb des Projekts.

6. Fazit, Pilotcharakter und Übertragbarkeit

Das Projekt „CO₂-optimierter Ausbau der Krümmen Straße“ zeigt, dass klassischer Straßenbau konsequent unter Klimaschutzgesichtspunkten weiterentwickelt werden kann. Durch die systematische Kombination aus emissionsarmer Bauweise, technischer Kohlenstoffspeicherung im Asphalt und biologischer CO₂-Senke im Straßenraum wird der Straßenbau selbst zu einem aktiven Instrument des Klimaschutzes.

Der gewählte Ansatz folgt in zwei Schritten. Zunächst werden die Treibhausgasemissionen des Straßenbaus durch konstruktive und prozessuale Maßnahmen so weit wie möglich reduziert. Die verbleibenden, technisch nicht vollständig vermeidbaren Emissionen werden anschließend nicht extern kompensiert, sondern projektintern durch dauerhaft wirksame CO₂-Senken im Bauwerk und im Straßenraum gebunden. Klimaneutralität wird damit nicht rechnerisch behauptet, sondern physisch im Projekt umgesetzt.

Der Pilotcharakter des Vorhabens liegt insbesondere in der direkten Integration der CO₂-Senken in die Verkehrsinfrastruktur. Asphalt und Straßenseitenräume übernehmen neben ihrer verkehrlichen und gestalterischen Funktion eine zusätzliche klimarelevante Aufgabe. Klimaschutz, Klimaanpassung und Straßenbau werden nicht getrennt betrachtet, sondern als zusammenhängendes System verstanden. Damit wird der Straßenraum von einem reinen Emittenten zu einem gestaltbaren Baustein kommunaler Klimastrategien.

Die Maßnahme befindet sich unmittelbar vor der baulichen Umsetzung. Planung, Ausschreibung und Vergabe sind abgeschlossen, sodass die entwickelten Ansätze zeitnah unter realen Bedingungen erprobt und bewertet werden können. Es handelt sich ausdrücklich nicht um ein Forschungs- oder Demonstrationsprojekt mit Sonderstatus, sondern um eine klassische kommunale Straßenbaumaßnahme, die aus Mitteln des kommunalen Haushalts finanziert wird.

Bei der Umsetzung arbeitet die Stadt Rheine mit regionalen Partnern zusammen. Als Kooperationspartner ist die Gieseke Gruppe eingebunden, die ebenfalls ihren Sitz in Rheine hat. Die Gieseke Gruppe verfügt über langjährige Erfahrung im Asphalt- und

Straßenbau und bringt damit praxisbewährte technische Kompetenz in das Projekt ein. Darüber hinaus hat sie sich bereits frühzeitig und intensiv mit Fragestellungen eines CO₂-optimierten und perspektivisch CO₂-neutralen Bauens auseinandergesetzt.

Begleitend zur Umsetzung soll das Projekt auch der Öffentlichkeit transparent vermittelt werden. Vorgesehen ist eine politische Vorstellung im zuständigen Bauausschuss sowie eine Information der örtlichen Presse, unter anderem durch eine Pressemitteilung und eine Begehung während der Bauphase. Ergänzend kann eine gezielte Baustellenkommunikation erfolgen, um die Hintergründe und Ziele der Maßnahme nachvollziehbar darzustellen. Darüber hinaus ist vorgesehen, die gewonnenen Erkenntnisse im Rahmen von Fachveranstaltungen und Kongressen vorzustellen und damit über den lokalen Kontext hinaus in den fachlichen Austausch einzubringen.

In der Gesamtschau leistet das Projekt nicht nur einen konkreten Beitrag zum Klimaschutz in Rheine, sondern zeigt exemplarisch, wie Infrastrukturmaßnahmen durch technische Innovationen Teil der Lösung werden können.