

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR MATERIALFLUSS UND LOGISTIK IML

WIRTSCHAFTSVERKEHRSGUTACHTEN FÜR DIE STADT AACHEN

Wirtschaftsverkehrsgutachten für die Stadt Aachen

Daniela Kirsch

Andreas Gade

Sebastian Stütz

Jan-Philip Kopka

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML
Dortmund

Stadt Aachen
Der Oberbürgermeister
Fachbereich 68 Mobilität und Verkehr
Lagerhausstraße 20
52058 Aachen
mobilitaet.verkehr@mail.aachen.de

Dortmund, April 2026

Inhalt

1	Einleitung.....	4
2	Methodische Vorgehensweise	6
2.1	Datenbasis der Analyse	7
2.2	Methodische Annahmen und Einschränkungen der verkehrlichen Analysen ..	8
2.3	Methodische Grundlagen zur Emissionsabschätzung	9
2.4	Einbindung praxisrelevanter Perspektiven durch Experteninterviews und Stakeholderbeteiligung	10
3	Analyse des Wirtschaftsverkehrs und Darstellung des Status Quo.....	11
3.1	Status Quo des Aachener Wirtschaftsverkehrs auf Grundlage öffentlich verfügbarer Daten	11
3.1.1	Flottenzusammensetzung	11
3.1.2	Segmente des urbanen Wirtschaftsverkehrs	14
3.2	Analyse des Status Quo im Aachener Wirtschaftsverkehr anhand lokaler Messdaten	18
3.2.1	Basisdaten und Informationen	18
3.2.2	Darstellung der Ist-Situation	24
3.2.3	Identifikation von Hotspots	39
3.2.4	Einfluss Baustellen und Straßensperren.....	49
3.2.5	Grenzüberschreitende Verkehre im Länderdreieck	55
3.2.6	Status Quo ausgewählter Wirtschaftsverkehrszweige	60
3.3	Ist-Situation ökologische Bewertung.....	64
4	Verkehrliche Prognosen.....	68
4.1	Ableitung verschiedener Entwicklungspfade	68
4.2	Analyse der Entwicklungsszenarien	71
4.3	Einordnung der Szenarienergebnisse	73
5	Potenzielle Maßnahmen im Wirtschaftsverkehr	75
5.1	Maßnahmen im Aachener Wirtschaftsverkehr	75
5.1.1	Systematik der Einflussnahme auf urbane Wirtschaftsverkehre	75
5.1.2	Relevante Maßnahmen aus dem Beteiligungsprozess	76
5.1.3	Bestimmungsfaktoren der Emissionen im Wirtschaftsverkehr.....	79
5.1.4	Beispielhafte Anwendung der Methodik zur Findung emissionsenkender Maßnahmen	81
5.1.5	Schlussbemerkungen zur Findung und Umsetzung von Maßnahmen zur Erreichung eines emissionsarmen Wirtschaftsverkehrs	84
5.2	Maßnahmen zur Datenerfassung	84
6	Zusammenfassung und Fazit.....	87
7	Anhang.....	91
7.1	Gesprächsleitfaden.....	91
7.2	Lage der temporären Messstellen	93
7.3	Ganglinien ausgewählter temporärer Messstellen.....	96
7.4	Ergebnistabellen zu den Entwicklungsszenarien	99
8	Literaturverzeichnis.....	102

1 Einleitung

Ein leistungsfähiger und zugleich stadtverträglicher Wirtschaftsverkehr ist zentrale Voraussetzung für die sichere Ver- und Entsorgung urbaner Räume. Die Stadt Aachen steht wie viele andere Kommunen vor der Herausforderung steigender Verkehrsaufkommen, einem sich wandelnden Mobilitätsverhalten und durch den Verkehr überlastete und häufig auch veraltete Infrastruktur. Baustellen, Straßensperrungen und notwendige Instandhaltungsmaßnahmen wirken sich auch unmittelbar auf die Verlässlichkeit und Planbarkeit gewerblicher Verkehre aus. Parallel steigen die Anforderungen an Verkehrssicherheit, Klimaschutz und Emissionsminderung. Als übergeordnetes Ziel hat sich die Stadt Aachen auch die Halbierung der CO₂-Emissionen des städtischen Wirtschaftsverkehrs bis zum Jahr 2030 gegenüber dem Wert von 1990 gesetzt.

Vor diesem Hintergrund verfolgt dieses Wirtschaftsverkehrsgutachten für die Stadt Aachen das Ziel, eine belastbare Datengrundlage zu schaffen, die sowohl den Ist-Zustand als auch Entwicklungsszenarien des Wirtschaftsverkehrs in Aachen abbildet. Dies ist Voraussetzung für die Ableitung konkreter Maßnahmen zur Optimierung des Wirtschaftsverkehrs in Aachen im Sinne einer nachhaltigen, wirtschaftsfreundlichen und stadtverträglichen Entwicklung.

Das Untersuchungsgebiet umfasst das gesamte Stadtgebiet Aachen (vgl. Abbildung 1), differenziert nach der Kernstadt (innerhalb des Grabenrings), dem Außenring und den Gewerbegebieten mit dem Außenring.

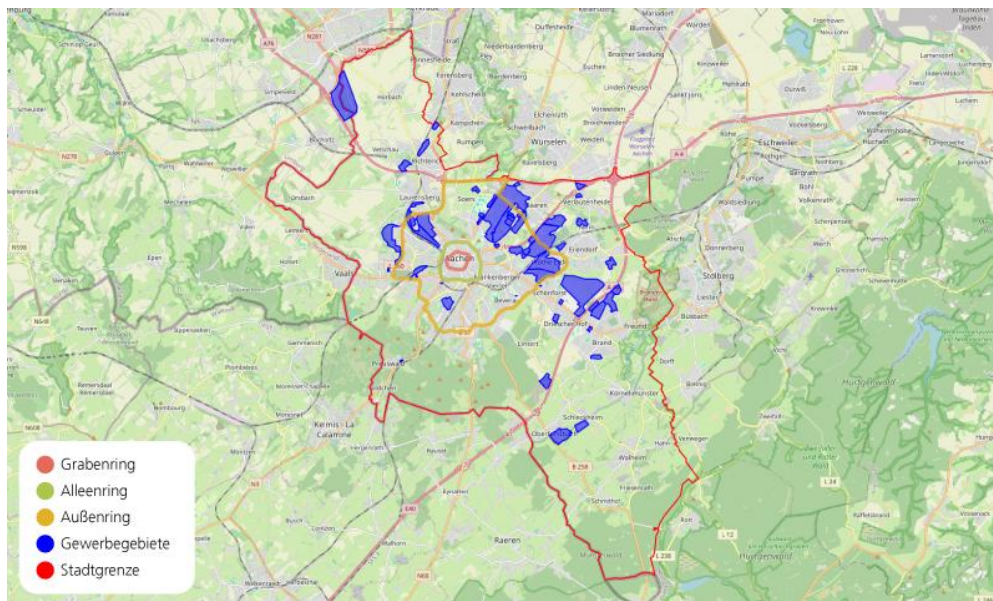


Abbildung 1: Untersuchungsraum Aachen (OSM Contributors)

Der Fokus liegt dabei, aufgrund der Relevanz für den Wirtschaftsverkehr, auf dem Innenstadtbereich, d. h. dem Gebiet innerhalb des Außenrings mit seinen Zubringerstraßen und den Gewerbegebieten (vgl. Abbildung 2). Hierbei werden, in Abhängigkeit der Datengrundlagen, alle Fahrzeugklassen ab 3,5 Tonnen zulässigem Gesamtgewicht bzw. der entsprechenden Fahrzeuglängenklassifizierung, die im gewerblichen Lieferverkehr fahren, betrachtet. In einzelnen, ausgewiesenen Fällen werden auch als Lkw zugelassene Fahrzeuge unter 3,5 Tonnen zulässigem Gesamtgewicht über den bundesweiten Durchschnitt an Lkw-Zulassungen mitberücksichtigt. Dies ist entsprechend ausgewiesen.



Abbildung 2: Ausschnitt des Untersuchungsraums mit Fokus auf den Innenstadtbereich (OSM Contributors)

Die Untersuchung bedient sich empirischer Verkehrsdaten aus verschiedenen Quellen, modellgestützter Analysen und Stakeholderbefragungen. In Verbindung mit kartografischen Darstellungen ermöglicht dies eine fundierte Bewertung bestehender Belastungen und Potenziale sowie eine belastbare Prognose zukünftiger Entwicklungen. Das Gutachten bildet damit die Grundlage für konkrete Maßnahmen, wie bspw. Einrichtung von Ladezonen, alternative Antriebe, Null-Emissionszonen (0-EMZ) oder digitaler Steuerungsansätze, zur Optimierung des Wirtschaftsverkehrs in Aachen.

Da sich die bereitgestellten Daten der temporären Messtellen größtenteils auf den Innenstadtbereich beschränken, stellt das Folgekapitel sowohl Vorgehensweise als auch Grenzen, die sich aus den verfügbaren Daten ergeben, dar.

Die Erstellung des Wirtschaftsverkehrsgutachtens für die Stadt Aachen basiert auf einem methodisch mehrdimensionalen Ansatz, der quantitative Verkehrsdaten, umweltbezogene Wirkungen sowie praxisnahe Einschätzungen durch relevante ExpertInnen des Wirtschaftsverkehrs kombiniert. Der Hintergrund dieser Vorgehensweise ist die auch Aachen betreffende typischerweise unzureichende Verfügbarkeit repräsentativer Daten zum (urbanen) Wirtschaftsverkehr. Hierzu in Deutschland verfügbare Daten sind lückenhaft, fragmentiert und oft nur in national aggregierter Form (bspw. enthalten im Bundesverkehrswegeplan, Publikationen wie „Kraftverkehr in Deutschland“ oder Auswertungen des Kraftfahrtbundesamts), aus vereinzelten Forschungsprojekten oder Branchenpublikationen (bspw. „KEP-Studie“ des Bundesverbands Paket und Expresslogistik) verfügbar. Für die Analyse des (Wirtschafts-)Verkehrsgeschehens einer Stadt wie Aachen entscheidende Mikrodaten sind kaum oder allenfalls in kleinen Ausschnitten verfügbar. Dies liegt vor allem daran, dass sie von Unternehmen entweder gar nicht erst systematisch erfasst und gespeichert oder dass sie als geschäftskritische Daten nicht für Analysezwecke freigegeben werden. Für die Analyse lokaler Wirtschaftsverkehrsaktivitäten, insbesondere in Bezug auf Anzahl Fahrten, Geschwindigkeiten, Routen und Stopps, ist es daher der Regel- und nicht der Ausnahmefall, mit einer Kombination aus öffentlich verfügbaren Daten, lokal erhobenen Daten und Modellannahmen eine synthetische Datengrundlage zu schaffen.

Der Begriff „Wirtschaftsverkehr“ wird in Praxis und Literatur uneinheitlich verwendet. Dieses Gutachten lehnt sich an das Verständnis des Bundesministeriums für Verkehr an, nach dem unter Wirtschaftsverkehr gewerblicher und gemeinwirtschaftlicher Güter- und Personentransport verstanden wird. Abweichend von diesem Verständnis werden Personentransporte nur in Verknüpfung mit Gütertransport (z. B. Fahrten von Handwerkern mit Werkzeugen) einbezogen und reine Personentransporte (z. B. per Bus oder Taxi) oder Dienstreisen nicht erfasst.

Ziel ist eine Analyse der Ist-Situation des Wirtschaftsverkehrs sowie eine Prognose kurz- und mittelfristiger Entwicklungsperspektiven bis 2030. Grundlage der quantitativen Analysen ist die Auswertung verfügbarer Datenquellen, wie bspw. gezielte Erhebungen der Stadt Aachen an relevanten Zählstellen im Stadtgebiet, historische Floating Car Data (FCD) sowie weitere öffentliche Datenquellen. Zur Einschätzung der Umweltwirkungen wird eine Methode zur Bilanzierung der relevanten Emissionen entwickelt. Die praxisnahe Perspektive wird durch Ergebnisse leitfadengestützter Interviews mit relevanten Akteuren des Wirtschaftsverkehrs ergänzt.

Dabei werden für die Abbildung der Ist-Situation des Wirtschaftsverkehrs der Stadt Aachen die folgenden Analyseziele konsekutiv verfolgt:

- **Ermittlung räumlicher Schwerpunkte des Verkehrs:** Nach Konvertierung der Daten in ein maschinenlesbares Format stehen zunächst auf den gesamten Analysetag aggregierte, rein räumlich beschriebene Ist-Daten im Fokus. Ohne Berücksichtigung tageszeitlicher Schwankungen werden die Gesamtmengen des erfassten Verkehrs visualisiert. Dabei entsteht ein erstes Bild der räumlich heterogen verteilten Verkehrsbelastung im Stadtgebiet Aachen, des Kraftverkehrs insgesamt sowie des enthaltenen Wirtschaftsverkehrs.
- **Ermittlung raum-zeitlicher Schwerpunkte des Verkehrs:** Um die tageszeitliche Dynamik des Verkehrsaufkommens abzubilden, werden die rein räumlichen Darstellungen für verschiedene Zeitintervalle erneut analysiert.
- **Ökologische Bewertung des Wirtschaftsverkehrs:** Auf Grundlage der vorherigen Analysen werden Fahrleistungen des Wirtschaftsverkehrs abgeleitet

und daraus mithilfe geeigneter Normwerte (u. a. HBEFA) Emissionen und Schadstoffmengen des Aachener Wirtschaftsverkehrs berechnet.

- **Identifikation punktueller Besonderheiten und Engpässe (Hotspots):** Ziel ist es Auffälligkeiten, z. B. räumliche und/oder zeitliche Ballungen, als Quelle besonderer verkehrlicher Probleme auszuweisen. Dies erfolgt zum einen auf Basis der vorliegenden Daten, wobei Daten oder Datenkonstellationen identifiziert werden, die im Vergleich zu den übrigen Daten in besonderer Weise herausstechen und zum anderen auf Basis der qualitativen Aussagen aus den Expertengesprächen.

Aufsetzend auf der Ist-Analyse erfolgt die verkehrliche Prognose, welche anhand von Annahmen bzw. verschiedener Entwicklungspfade unterschiedliche Zukunftsszenarien für den Wirtschaftsverkehr in Aachen aufzeigt.

2.1 Datenbasis der Analyse

Die quantitative Analyse des Wirtschaftsverkehrs basiert grundlegend auf realen Verkehrsdaten der Stadt Aachen. Hierzu wurden von der Auftraggeberin Daten aus 39 temporären Zählstellen bereitgestellt. Diese erzeugten zu verschiedenen Tagen und an verschiedenen Verkehrsknoten im Stadtgebiet Messdaten über einen Zeitraum zwischen 7 Uhr und 19 Uhr (Viertelstundentakt) für alle Verkehrsflüsse des Knotens. Es handelt sich dabei um automatisch aufgenommene Messdaten, deren Genauigkeit die Auftraggeberin anhand stichpunktartiger manueller Nachzählungen auf 95% bezifferte. Diese Daten unterscheiden verschiedene Kraftfahrzeugtypen nach Länge in fünf Klassen und enthalten Daten zum Personen- als auch Wirtschaftsverkehr (vgl. Kapitel 3.2.1).

Die Daten dieser temporären Messstellen stellen nahezu eine Vollerhebung¹ dar. Als ortsfeste Messungen erlauben sie aber nur begrenzte Aussagen über reale Fahrzeugbewegungen und Fahrleistungen innerhalb des Innenstadtbereichs. Um diesen Mangel auszugleichen, wird ein zweiter Datentopf herangezogen, der aus kontinuierlichen Positionsdaten realer Fahrzeuge (FCD) besteht. Diese Daten unterscheiden sich fundamental von den Messstellendaten, da sie einzelne Fahrten eines Fahrzeugs räumlich und zeitlich genau dokumentieren. Drei inhärente Schwachpunkte sind in Abgrenzung von den Daten der temporären Messstellen zu nennen:

- **Repräsentativität:** Während die Daten der temporären Messstellen als Vollerhebung betrachtet werden, sind die FCD deutlich lückenhaft. Sie stellen einen Ausschnitt der Realität dar. Es ist anzunehmen, dass diese Untermenge nicht repräsentativ für die Gesamtmenge ist. Dies ist bei der Nutzung der FCD zu beachten, wenn daraus gewonnene Erkenntnisse skaliert werden.
- **Vollständigkeit:** Die Zählstellendaten sind insofern vollständig, als zu jedem Viertelstundenintervall einer jeden temporären Zählstelle Daten vorliegen. Die FCD bestehen jedoch aus einer Folge „digitaler Spuren“ einer Fahrt eines Fahrzeugs. Die Rekonstruktion einer Fahrt erfordert eine maschinelle Verknüpfung dieser Spuren, wobei nicht bestimmbar ist, ob ein Fahrzeug gestoppt hat, weil eine Arbeit zu verrichten ist (z. B. Belieferung) oder ob ein Halt aus anderen Gründen nötig war (z. B. rote Ampel, Stau). Die Information, warum ein Fahrzeug eine bestimmte Route genommen hat oder ob und warum es angehalten hat, fehlt. Auswertungen von Belieferungsfahrten sind mit gewissen Annahmen möglich, aber von dieser Schwäche betroffen.

¹ Eine Validierung der Stadt Aachen hat eine Genauigkeit von 95% Genauigkeit bei allen Fahrzeugen ergeben.

- **Technisch bedingte Ungenauigkeiten:** Die automatische Positionserfassung der Fahrten erfolgte für FCD mithilfe eines GPS-Systems. Letzteres ist gerade im urbanen Raum von kurzen Empfangs- und Kalibrierungsproblemen betroffen („Jitter“), die dazu führen können, dass eine Position entweder gar nicht oder offensichtlich unrealistisch (weil von vorherigen Positionen zu weit weg) aufgezeichnet wird. Diese Lücken der Daten innerhalb einer Fahrt wirken sich unmittelbar auf die maschinelle Rekonstruktion realer Fahrten aus. Des Weiteren enthalten FCD aus Datenschutzgründen künstliche Unschärfen. Dazu werden zu Beginn und am Ende jeder Fahrt systematisch Datenlücken implementiert, um eine präzise Nachverfolgbarkeit und personelle bzw. organisatorische Zuordnung der Fahrten zu verhindern.¹

Zur belastbaren Abbildung des wirtschaftsverkehrlichen Ist-Zustands im Stadtgebiet wurden Daten aus beiden Datentöpfen systematisch aufbereitet, ausgewertet und methodisch ergänzt. Zudem wurde für bestimmte Analysen (z. B. des grenzüberschreitenden Verkehrs) auf weitere öffentliche Datenquellen (u. a. Lkw-Verkehrsportal der Toll Collect GmbH) zurückgegriffen. Insgesamt wird auf diese Weise der fließende Wirtschaftsverkehr betrachtet. Eine Analyse des ruhenden Wirtschaftsverkehrs ist nicht Gegenstand des vorliegenden Gutachtens.

2.2 Methodische Annahmen und Einschränkungen der verkehrlichen Analysen

Bei der Verwendung der Daten der temporären Zählstellen wurde vereinfachend angenommen, dass es sich tatsächlich um eine Vollerhebung des Innenstadtverkehrs während des Messzeitraums handelt und eine Mischung bzw. gleichwertige Verwendung der Daten verschiedener Messstellen zulässig ist, auch wenn die Messtage nicht identisch sind. Vereinfacht: Es wird unterstellt, dass die Daten die gesamte Verkehrsmenge der Innenstadt an den jeweiligen Messpunkten innerhalb des Messzeitraumes beschreiben. Die Innenstadt und ihre Zubringerstraßen stehen aufgrund dieses Datenschwerpunkts auch im Mittelpunkt der Analysen. Für Betrachtungen der Verkehre zwischen Innenstadt und Gewerbegebieten im Stadtgebiet Aachens muss auf FCD zurückgegriffen werden, auf deren wesentliche Unschärfen bereits das vorherige Unterkapitel 2.1 hinwies.

Die Unterteilung der Fahrzeuge in verschiedene Klassen erfolgt je nach Datengrundlage auf Basis der Fahrzeuglänge oder des Gewichts. Hierdurch existieren Klassen (bspw. Pkw), die sowohl Fahrzeuge des Personen- als auch des Wirtschaftsverkehrs enthalten und dadurch nicht klar einem Verkehrszweck zugeordnet werden können. Aus diesem Grund wird bei der Pkw-Zählung angenommen, dass der in dieser Klasse enthaltene Wirtschaftsverkehr mithilfe eines festen Korrekturfaktors abgespalten werden kann.

Quell- und Zielverkehre, d. h. Fahrten aus dem und in den Innenstadtbereich, d. h. innerhalb des Alleerings können über die temporären Daten erfasst werden. Auch wenn die FCD gewisse Einblicke über ausgewählte Fahrten durch den Innenstadtbereich anbieten, wird aufgrund mangelnder Repräsentativität dieses Datentopfs der Innenstadtbereich als eine Verkehrszelle modelliert („Black Box“-Ansatz).

¹ Der Floating Car Data-Lieferant Mobito Technology SRL aus Belgien gibt beispielsweise an, dass eine Maßnahme zur Unkenntlichmachung darin besteht, bewusst Datenlücken einzusetzen, um bei einem Lieferstopp eine räumliche Unschärfe von 50-500 m bzw. eine zeitliche Unschärfe von 1-3 Minuten zu schaffen. Der Verkehr ist durch FCD bei kleinstmöglicher Betrachtung also potenziell inkorrekt abgebildet, um datenschutzkonform arbeiten zu können, auf einer höheren Aggregationsebene aber noch hinreichend genau (Mobito 2025).

2.3 Methodische Grundlagen zur Emissionsabschätzung

Die Ermittlung umweltrelevanter Auswirkungen des Verkehrs erfolgt durch die Berechnung der verkehrsbezogenen Treibhausgas- (THG) und Stickstoffoxidemissionen (NO_x). Die Treibhausgasemissionen werden in Anlehnung an die Norm DIN EN ISO 14083 (Treibhausgase – Quantifizierung und Berichterstattung über Treibhausgasemissionen von Transportvorgängen) ermittelt. Die Ausweisung der Emissionen erfolgt in der Einheit Kohlendioxid-Äquivalente (CO_2e). Zur Ermittlung werden zunächst die anfallenden Energieverbräuche des Verkehrs modelliert und anschließend mit passenden Emissionsfaktoren für die jeweiligen Fahrzeugtypen kombiniert, um eine Berechnung der Gesamtemissionen zu erhalten. Hierbei erfolgt analog zu den Vorgaben der Norm eine kombinierte Betrachtung der gesamten THG-Emissionen aus der Energiebereitstellung und dem Betrieb (siehe Erläuterung: Well-to-Wheel).

Die Berechnung und Ausweisung der Stickstoffoxidemissionen erfolgt ebenfalls analog zur Norm DIN EN ISO 14083. Auch wenn es sich bei diesem Luftschadstoff um keine Treibhausgasemission handelt, ist die Methodik übertragbar und sorgt darüber hinaus für Vergleichbarkeit der Entwicklung der Werte in verschiedenen Szenarien wie bspw. der Betrachtung einer potenziellen 0-EMZ in Aachen. Um methodisch konsistent zu bleiben, werden auch für die Stickstoffoxidemissionen die Gesamtemissionen ausgewiesen, die jedoch im Falle der Energiebereitstellung am Ort der Erzeugung anfallen und dort die Luftqualität beeinflussen. Dies ist insbesondere für die Erzeugung von Strom relevant. Eine Einordnung der Ergebnisse findet sich im entsprechenden Kapitel.

WTT-, TTW- und WTW-Emissionen aus Vorketten, Betrieb und Gesamtemissionen¹

- **WTT (Well-to-Tank)** bzw. THG-Emissionen aus der Bereitstellung: Bezeichnet die Emissionen, die bis zum Betrieb entstehen, die sogenannte Vorkette, z. B. durch das Gewinnen von Treibstoff oder Strom.
- **TTW (Tank-to-Wheel)** bzw. THG-Emissionen aus dem Betrieb: Bezeichnet die Emissionen, die während des Betriebs einer Energiequelle, z. B. Emissionen durch das Verbrennen des Treibstoffs bei einem Auto, entstehen.
- **WTW (Well-to-Wheel)** bzw. gesamte THG-Emissionen: Ist die Summe aus WTT und TTW und bezeichnet die Emissionen, die während des gesamten Lebenszyklus eines Brennstoffs entstehen.

¹ Biemann et al. 2024

2.4 Einbindung praxisrelevanter Perspektiven durch Experteninterviews und Stakeholderbeteiligung

Zur Sicherstellung einer praxisnahen Analyse wurde im Rahmen des Gutachtens ein Dialogprozess mit relevanten Akteuren des Wirtschaftsverkehrs durchgeführt. Nach einer Vorstellung des Vorhabens auf dem Runden Tisch Wirtschaftsverkehr der Stadt Aachen im November 2024 wurden zu Beginn des Jahres 2025 interessierte und relevante Akteure zu diesen Gesprächen angefragt. Hierbei kamen leitfadengestützte Interviews zum Einsatz, die eine strukturierte und vergleichbare Erhebung der verschiedenen Perspektiven ermöglichten. Durch die Einbindung dieser Stakeholder konnten wertvolle Erkenntnisse aus Perspektive der betroffenen Akteure gewonnen werden. Die Erhebung ergänzt die quantitativen Daten und ermöglicht eine bessere Einschätzung der Anforderungen und Potenziale im Wirtschaftsverkehr. Die Ergebnisse dieser Beteiligung flossen in die Erstellung des Gutachtens mit ein.

Die Auswahl der GesprächspartnerInnen erfolgte in Abstimmung mit der Stadt Aachen, mit dem Ziel, eine möglichst breite Abdeckung der verschiedenen Segmente des Wirtschaftsverkehrs sicherzustellen. Berücksichtigt wurden dabei insbesondere Akteure aus den Bereichen KEP-Dienstleister, Stückgutdienstleister sowie weitere lokal ansässige Transport- und Logistikdienstleistungen. Zudem wurden städtische Akteure wie bspw. die IHK Aachen mit einbezogen. Mit Blick auf die identifizierten GesprächspartnerInnen wurde, in Abstimmung mit der Stadt Aachen, ein strukturierter Leitfaden (Gesprächsleitfaden siehe Anhang 7.1 (beispielhaft für KEP- und Stückgutdienstleister)) entwickelt, der die wesentlichen Fragestellungen systematisch auflistete und in der Ausgestaltung je Gesprächsgruppe in wenigen Aspekten variierte. Insgesamt wurden 15 Anfragen für Interviews gestellt, wovon zehn Gespräche im ersten Halbjahr 2025 durchgeführt werden konnten. Ein Schwerpunkt lag dabei mit sechs Gesprächen bei den KEP-Dienstleistern, wo es durchweg positive Rückmeldungen auf die Gesprächsanfragen gab. Hinzu kamen zwei Stückgutdienstleister und ein lokales Unternehmen sowie städtische Akteure.

Zum Ende des Projekts wurden die aus diesen Gesprächen identifizierten Maßnahmen auf dem Runden Tisch Wirtschaftsverkehr im November 2025 allen Teilnehmenden präsentiert und gemeinsam diskutiert. Die Ergebnisse sind ebenfalls in die Erstellung dieses Gutachtens mit eingeflossen.

3

Analyse des Wirtschaftsverkehrs und Darstellung des Status Quo

3.1 Status Quo des Aachener Wirtschaftsverkehrs auf Grundlage öffentlich verfügbarer Daten

Als wesentliche Einflüsse auf die Rahmenbedingungen des urbanen Wirtschaftsverkehrs in der Städteregion Aachen werden im Folgenden zwei Themen anhand öffentlicher Statistiken bzw. Erhebungen näher aufbereitet: die aktuelle Flottenzusammensetzung in Deutschland mit Schwerpunkt auf dem Elektrifizierungsgrad der Lkw sowie charakteristische Segmente und deren Anteile bei urbanen Wirtschaftsverkehren.

3.1.1 Flottenzusammensetzung

Bei einem in Aachen angenommenen, dem Bundesdurchschnitt entsprechenden Flottenmix, stellt sich die Frage nach der Durchdringung der Flotte mit emissionsfreien Nutzfahrzeugen. Hierzu wurde anhand der Meldestatistiken des Kraftfahrbundesamts (KBA) der Gesamtbestand an Nutzfahrzeugen analysiert und für die Stichtage 1. Januar 2015 bis zum 1. Januar 2025 aufbereitet. Dabei wurden nur eindeutig als batterieelektrisch registrierte Fahrzeuge (BEV) von übrigen Motorisierungen unterschieden. Die Stichtage wurden separat für alle Lkw (vgl. Abbildung 3), nach typischen Lkw-Gewichtsklassen (vgl. Abbildung 4 bis Abbildung 6) sowie für Sattelzugmaschinen (vgl. Abbildung 7) einheitlich in Bezug auf die Menge vorhandener Fahrzeuge dargestellt. Zur Verbildlichung der Gesamtmasse wurden die Begriffe „Klein-Lkw“, „Paketwagen“ und „Stückgut-Lkw“ gewählt, die sich an der typischen Erscheinungsform der Fahrzeuge im praktischen Einsatz orientieren.

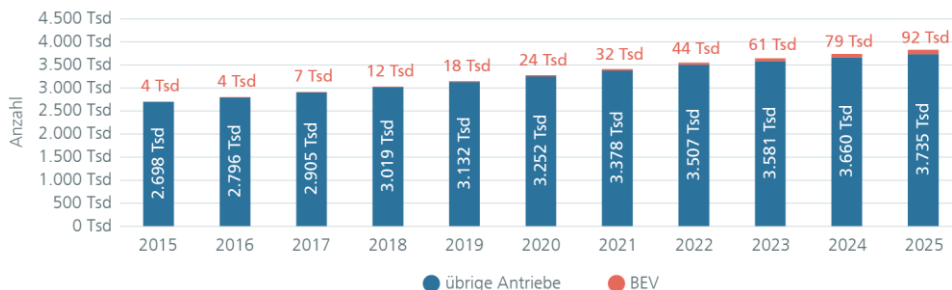


Abbildung 3: Lkw-Bestand in Deutschland zum 1. Januar (gesamt), Fahrzeugbestand gemäß KBA 2015-2025

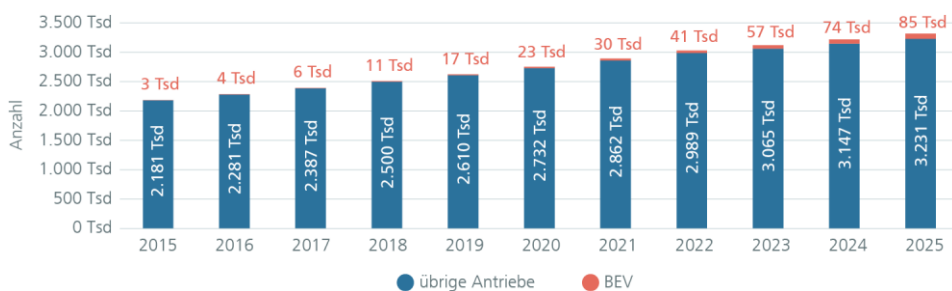


Abbildung 4: Lkw-Bestand (< 3,5t) in Deutschland zum 1. Januar („Klein-Lkw“), Fahrzeugbestand gemäß KBA 2015-2025

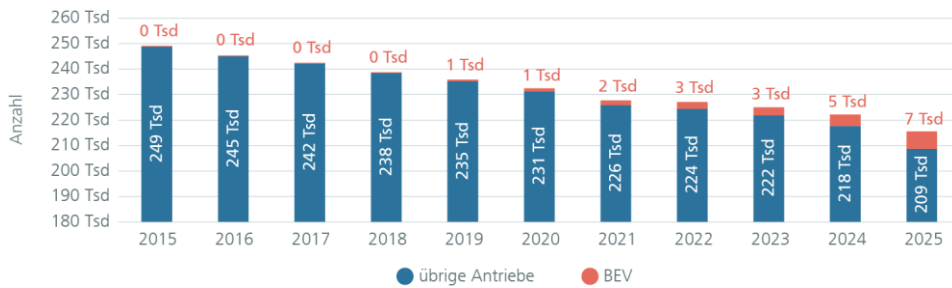


Abbildung 5: Lkw-Bestand (3,5 – 7,5t) in Deutschland zum 1. Januar („Paketwagen“), Fahrzeugbestand gemäß KBA 2015-2025

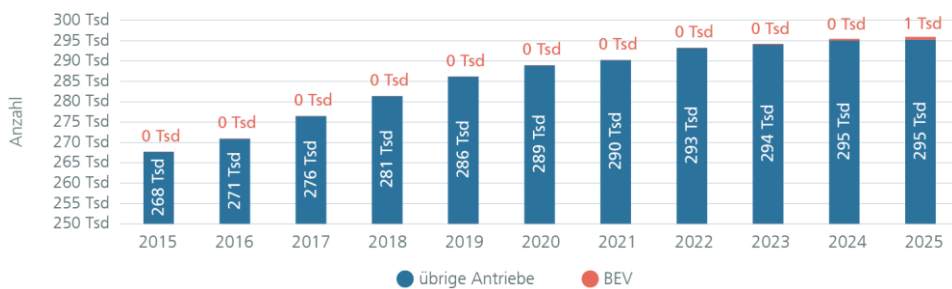


Abbildung 6: Lkw-Bestand (> 7,5t) in Deutschland zum 1. Januar („Stückgut-Lkw“), Fahrzeugbestand gemäß KBA 2015-2025

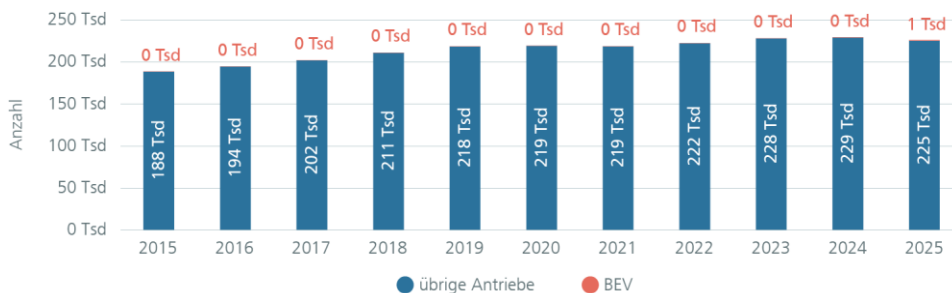


Abbildung 7: Lkw-Bestand (Sattelzugmaschinen) in Deutschland zum 1. Januar, Fahrzeugbestand gemäß KBA 2015-2025

Der in Deutschland zugelassene Bestand an Nutzfahrzeugen beläuft sich (Stand: 1. Januar 2025) auf etwa 3,8 Mio. Fahrzeuge, von denen ca. 3,2 Mio. Fahrzeuge eine Nutzlast von unterhalb von 2 t bieten. Es handelt sich typischerweise um Maschinen, für die eine Fahrerlaubnis der Klasse B ausreichend ist (daher die Verbilligung als „Klein-Lkw“). Diese Klasse an Nutzfahrzeugen dominiert mit etwa 88% aller zugelassenen Einheiten den Lkw-Bestand. Noch bis 2024 gehörten 99% aller Lkw mit Elektro-Antrieb in diese Klasse und verantworteten praktisch ausschließlich alle Fortschritte in der Elektrifizierung des Wirtschaftsverkehrs. Die Elektrifizierung zeigt sich bei leichten Fahrzeugen (<3,5t) bereits vor 2015.

Seit 2022 wächst der Bestand jedes Jahr um mehr als 10.000 Stück. Bei schweren Fahrzeugen (>3,5t) setzt die Elektrifizierung etwa 2019 ein und zeigt seitdem einen deutlich steigenden Trend (gegenwärtig 2.000 bis 3.000 Fahrzeuge pro Jahr), während die Anzahl von Fahrzeugen mit anderen Antriebsformen ebenfalls seit 2019 jedes Jahr schrumpft (seit 2019 um insgesamt 17.000 Fahrzeuge). Ebenso fällt auf, dass noch 2023 weit weniger als 100 elektrische Sattelzugmaschinen in Deutschland registriert waren, zum 1. Januar 2025 aber schon fast 900. Seit 2023 vervielfacht sich hier der Bestand jedes Jahr.

Der gesamte Fahrzeugbestand ist nahezu stabil und wächst zwischen 0 und 1% pro Jahr, wobei das Wachstum maßgeblich von leichten Nutzfahrzeugen (<3,5t) getrieben wird (ca. 4% p.a.). Bei Fahrzeugen zwischen 3,5t und 7,5t ist klar ein rückläufiger Trend erkennbar. Diese Fahrzeugklasse durfte mit der ehemaligen Fahrerlaubnisklasse III noch geführt werden, die ebenfalls Pkw einschloss. Eine separate Lkw-Fahrerlaubnis war erst ab einer zulässigen Gesamtmasse von über 7,5t erforderlich. Mit der Umstellung auf EU-Fahrzeugklassen (nach Richtlinie 2006/126/EG) wurde eine Gewichtsbegrenzung der für Pkw nötigen Fahrerlaubnisklasse B wirksam und trug zu einer Verschärfung des Mangels qualifizierten Fahrpersonals im Gewichtsbereich zwischen 3,5t und 7,5t bei. Dies bietet einen Erklärungsansatz für den merklichen Rückgang der Gesamtzahl der Fahrzeuge in dieser Klasse. Parallel wird in dieser Klasse offenbar ein Teil der aus betrieblichen Gründen stillgelegten Fahrzeuge durch elektrische Alternativen ersetzt. Es ist zu vermuten, dass das Personal mit den für Unternehmen besonders wertvollen Fahrerlaubnissen für Fahrzeuge ab 7,5t (Klasse C1 und C) bevorzugt auf schwereren (und damit potenziell produktiveren) Fahrzeugen eingesetzt wird und die Aufgaben der stillgelegten Fahrzeuge tendenziell von leichteren Fahrzeugen übernommen werden (vgl. die merkliche und kontinuierliche Zunahme an Fahrzeugen in dieser Gewichtsklasse). Gleichwohl bieten Fahrzeuge zwischen 3,5t und 7,5t gerade im urbanen Raum einen Kompromiss zwischen Transportkapazität und Manövrierbarkeit, wenn schwerere Fahrzeuge technisch nicht eingesetzt werden können. Mittlerweile liegt der Elektrifizierungsanteil in dieser Klasse bei über 3 % und damit geringfügig höher als bei leichten Lkw.

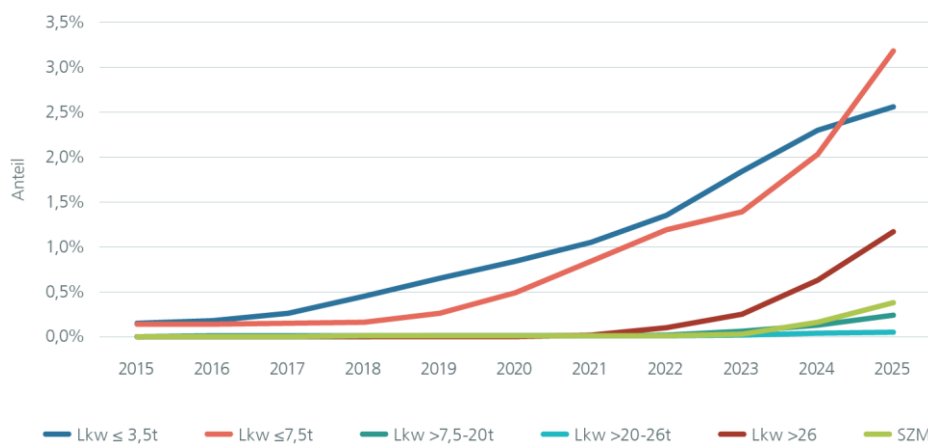


Abbildung 8: Anteil batterieelektrischer Nutzfahrzeuge (BEV) am Gesamtbestand der jeweiligen Fahrzeuggewichtsklasse in Deutschland (Fahrzeugbestand gemäß KBA 2015-2025)

Der Bestand elektrischer Nutzfahrzeuge erlebt ein überproportionales, bisweilen exponentielles Wachstum (vgl. Abbildung 8). Eine gleichbleibende Dynamik vorausgesetzt kann bereits im Jahr 2030 damit gerechnet werden, dass (konservativ geschätzt) etwa 10-12% der im urbanen Raum verkehrenden Nutzfahrzeuge lokal emissionsfrei arbeiten.

In den Betrachtungen wurden hybridisierte sowie wasserstoffelektrische Fahrzeuge aufgrund ihrer sehr geringen Durchdringung nicht explizit ausgewiesen. Auch Analogien zum Pkw-Bereich werden an dieser Stelle aufgrund der geringen Modellvielfalt (wenige Hybrid-Lkw bzw. wenige Wasserstoff-Pkw) vermieden.

Ob die für Gesamtdeutschland auszumachenden Trends in der Flottenzusammensetzung für die Stadt Aachen repräsentativ sind, ist nicht garantiert, da aufgrund der Lage am Dreiländer-Eck ein reger Warenaustausch mit den Niederlanden und Belgien an der Tagesordnung ist. Jedoch zeigen Transportstatistiken der EU, dass ein wesentlicher Teil des in Aachen endenden Güterverkehrs seinen Ursprung in der Bundesrepublik Deutschland hat. Die Dynamik der Elektrifizierung von

Sattelzugmaschinen in Deutschland wird sich daher auch vor Ort im Aachener Wirtschaftsverkehr bemerkbar machen.

3.1.2 Segmente des urbanen Wirtschaftsverkehrs

Der urbane Wirtschaftsverkehr stellt einen spezifischen Teilbereich des Wirtschaftsverkehrs dar und umfasst alle Verkehrsfahrten, die sowohl dem Transport von Waren, u. a. zur Ver- und Entsorgung urbaner Räume dienen als auch dienstleistungsbezogene Fahrten. Zur Analyse des urbanen Wirtschaftsverkehrs auf Stadtebene existieren keine belastbaren statistischen Informationen zu Transportmengen oder Transportleistungen bzw. Anteile der verschiedenen Segmente. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Abgrenzung zum gesamten Wirtschaftsverkehr unscharf ist und bislang keine standardisierte Methodik zur systematischen Erfassung vorliegt. Aus diesem Grund ist es nicht möglich, die Anteile der einzelnen Segmente innerhalb Aachens auf Basis statistischer Daten auszuweisen.

Zudem existiert keine einheitliche Definition zu den verschiedenen Segmenten des urbanen Wirtschaftsverkehrs. Die Studie „Lieferrn ohne Lasten“¹ der Agora Verkehrswende orientiert sich bspw. an den jeweiligen Transportzwecken und verwendet sieben Segmente: Kurier-, Express- und Paketdienste (KEP), Stückguttransporte, Belieferung von Gastronomiebetrieben, Versorgung mit Lebensmitteln, handwerkliche Tätigkeiten, Abfalllogistik sowie sonstige Dienstleistungen (vgl. Abbildung 9).



Abbildung 9: Segmente des urbanen Wirtschaftsverkehrs in Anlehnung an Agora Verkehrswende²

Da keine statistischen Daten für das Aachener Stadtgebiet vorliegen, erfolgt eine grobe Einordnung der Anteile auf Grundlage von Datenaufnahmen in den drei Städten Wuppertal, Düsseldorf und Wiesbaden.

Für die Analyse des Wirtschaftsverkehrs, im Rahmen einer Studie der Frankfurt University of Applied Science, in der Innenstadt Wiesbadens wurde im November 2018 eine Vor-Ort-Erhebung durchgeführt. Die Datenerhebung erstreckte sich über drei aufeinanderfolgende Werktagen (Samstag, Montag und Dienstag) und umfasste sowohl eine Verkehrszählung des ruhenden Verkehrs als auch Kurzbefragungen der im Untersuchungsgebiet tätigen Fahrerinnen und Fahrer. Die Erhebung fand jeweils in einem sechsstündigen Zeitfenster von 07:00 bis 13:00 Uhr statt, welches in Abstimmung mit dem Ordnungsamt Wiesbaden gewählt wurde, um die Zeiträume mit hohem Konfliktpotenzial bei der Versorgung der Innenstadt abzubilden. Zudem wurde die Zufahrtsbeschränkung der Fußgängerzone für Lieferverkehre zwischen 06:00 und

¹ Leerkamp et al. 2020

² Leerkamp et al. 2020

11:00 Uhr mit in Betracht gezogen. Insgesamt konnten bei dieser Erhebung 2.780 Halte- und Parkvorgänge erfasst und den hier unterschiedenen Verkehrsarten (Lieferanten, Taxi, Handwerker, KEP, sonstiger Wirtschaftsverkehr, Privatverkehr und ohne Angabe) zugeordnet werden (vgl. Abbildung 10).¹

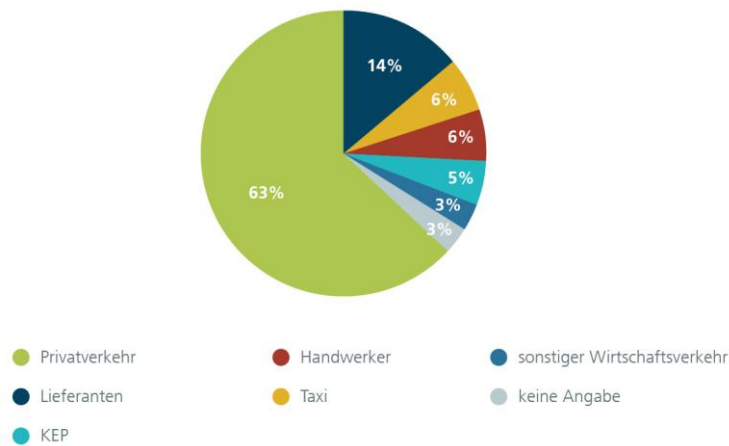


Abbildung 10: Anteile des Wirtschaftsverkehrs am Gesamtverkehr in der Wiesbadener Innenstadt²

Im Jahr 2018 untersuchte eine Studie mittels einer Kordonenerhebung (d. h. mit Hilfe einer Kennzeichenerkennung aller ein- und ausfahrenden Fahrzeuge im fließenden Verkehr) den Wirtschaftsverkehr in der Düsseldorfer Altstadt, die als besonders verkehrsintensives Areal gilt.³ Die Datenerfassung erfolgte an einem Erhebungstag und umfasste die systematische Zählung aller ein- und ausfahrenden Nutzfahrzeuge an den definierten Kordonpunkten. Die Zuordnung zu den Segmenten erfolgte im Nachgang der Zählung und der im urbanen Wirtschaftsverkehr etablierten Marktsegmente (u. a. KEP, Stückgut, Handwerker und Dienstleistungen). Die Zählungen wurden im Zeitraum zwischen 6:00 und 13:00 Uhr durchgeführt, um die maßgebliche Zeit innerstädtischer Wirtschaftsverkehre abzudecken und das Lieferzeitfenster in der Düsseldorfer Altstadt mit zu berücksichtigen. Im Rahmen der Erhebung wurden sämtliche einfahrenden Nutzfahrzeuge segmentiert und nach Marktsegmenten des urbanen Güterverkehrs klassifiziert.

Ein zentrales Ergebnis ist der vergleichsweise geringe Anteil des KEP-Segments, das lediglich 6 % der erfassten Fahrzeuge ausmachte, während das Stückgutsegment mit 27 % dominierte und damit seine Bedeutung für die Belieferung der Düsseldorfer Altstadt zeigt (vgl. Abbildung 11).

Im Juni 2022 wurde in Wuppertal ebenfalls eine flächendeckende Kordonenerhebung durchgeführt. An einem Erhebungstag wurden zwischen 6:00 und 13:00 Uhr über 8.300 Fahrzeuge gezählt, die in das Untersuchungsgebiet ein- oder ausfuhren. Dieser Ansatz erfasste, analog zur Erhebung in der Düsseldorfer Altstadt, ausschließlich Bewegungsdaten der Fahrzeuge.

Wie in Düsseldorf zeigte sich auch in Wuppertal ein sehr geringer Anteil des KEP-Segments (ca. 3 %), während die Stückgutlogistik etwa 11 % aufweist (vgl. Abbildung 11).

¹ Frankfurt University of Applied Science 2019

² Frankfurt University of Applied Science 2019

³ Goebels et al. 2019

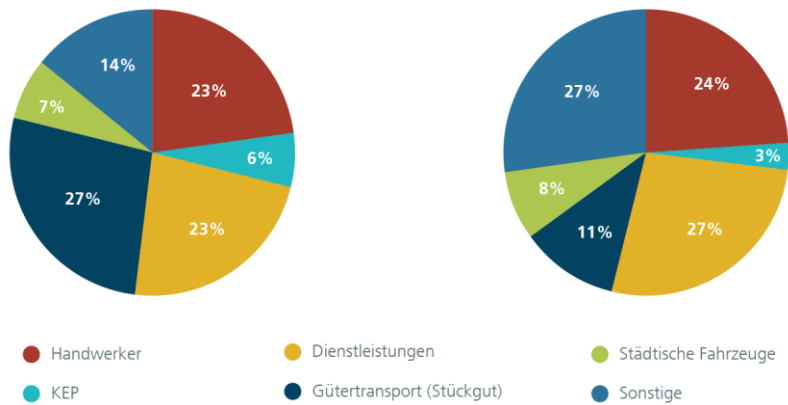


Abbildung 11: Anteile des Wirtschaftsverkehrs in der Düsseldorfer Altstadt und Wuppertal¹

Die Erkenntnisse aus den Innenstädten von Düsseldorf und Wuppertal lassen auch für Aachen eine ähnliche Anteilsverteilung im urbanen Wirtschaftsverkehr vermuten. Dort weisen KEP-Dienste mit etwa 3–6 % geringe Anteile am Fahrzeugaufkommen auf, während die Stückgut- und Kontraktlogistik mit etwa 11–27 % deutlich stärker vertreten ist. Demnach ist auch für Aachen anzunehmen, dass KEP-Dienste hinsichtlich der Anzahl an Fahrzeugen einen eher geringen Anteil am Gesamtverkehrsaufkommen aufweisen, während die Stückgut- und Kontraktlogistik, die in der Regel größere Fahrzeuge einsetzt, einen deutlich höheren Anteil an der innerstädtischen Versorgung trägt. Diese Einschätzung beruht auf einer Analogiebetrachtung. Für eine valide Quantifizierung der segmentspezifischen Anteile am Wirtschaftsverkehr in Aachen wäre eine eigene empirische Erhebung erforderlich.

Belastbare Aussagen zur Elektrifizierung einzelner Segmente des Wirtschaftsverkehrs sind auf Grundlage von Zulassungsdaten des KBA nicht möglich, da diese keine Branchenzuordnung vornehmen.² Auch eine Ausweisung auf Basis der Ergebnisse der Experteninterviews ist nicht zwingend repräsentativ. Tenor der Gespräche mit KEP-Dienstleistern deuten jedoch auf Bestrebungen zur Flottenelektrifizierung hin, die um mehrere Größenordnungen über den für Gesamtdeutschland in 3.1.1 ausgewiesenen Zahlen liegen.

Die wesentlichen Ergebnisse in Kürze:

- Der Bestand in Deutschland registrierter Nutzfahrzeuge wächst jährlich kaum, der Bestand an Fahrzeugen zwischen 3,5t und 7,5t zulässiger Gesamtmasse ist klar rückläufig.
- Der Anteil batterieelektrischer Nutzfahrzeuge am bundesdeutschen Bestand wächst deutlich, am stärksten bei Fahrzeugen bis 7,5t zulässiger Gesamtmasse.
- Der Anteil batterieelektrischer Nutzfahrzeuge liegt gegenwärtig bei ca. 3-4%.
- Batterieelektrische schwere Fahrzeuge ab 26t zulässiger Gesamtmasse sowie Sattelzugmaschinen folgen dem Trend leichter Fahrzeuge um ca. 6-8 Jahre verzögert und liegen bei ca. 1%.

¹ Leerkamp et al. 2024

² Der KBA-Datensatz enthält alle in Deutschland zugelassenen Fahrzeuge. Eine Einschränkung auf in NRW zugelassene Fahrzeuge würde zu einem verzerrten Bild führen, da beispielsweise zwei große KEP-Dienste ihre Fahrzeuge bundesweit einsetzen, aber zu einem Großteil in NRW registrieren lassen (DHL und UPS).

- Die Zusammensetzung innerstädtischer Wirtschaftsverkehre hängt stark von der lokalen Wirtschaftsstruktur ab. Zudem existiert zur Analyse urbaner Segmente des Wirtschaftsverkehrs kein einheitliches Erhebungs- und Analyseverfahren.
- Studien identifizieren Lieferanten- bzw. Stückgutverkehre und ebenso Fahrten von Handwerksbetrieben und Dienstleistern als wesentliche Bausteine urbaner Wirtschaftsverkehre, deren Zahl die der KEP-Dienste teilweise um ein Vielfaches übersteigt.

Analyse des Wirtschaftsverkehrs
und Darstellung des Status Quo

3.2 Analyse des Status Quo im Aachener Wirtschaftsverkehr anhand lokaler Messdaten

3.2.1 Basisdaten und Informationen

Daten temporärer Zählstellen

Grundlage der quantitativen Darstellungen bilden Zählzeiten temporärer Zählstellen, die mittels eines kamerabasierten Geräts zur Erfassung von Verkehrsdaten (Miovision Scout) durch die Stadt Aachen zwei Mal pro Woche an verschiedenen Stellen im Stadtgebiet erhoben werden. Die Verkehrserhebungen finden an repräsentativen Wochentagen (dienstags und donnerstags) außerhalb von Schulferien und Feiertagen statt und erfolgen in 15-Minuten-Intervallen zwischen 7 Uhr und 19 Uhr. Bei diesen Verkehrszählungen handelt es sich um Knotenstromzählungen an Kreuzungen, die die Verkehrsmengen für unterschiedliche Fahrzeugarten erfassen. Hierbei werden die Fahrrichtungen und auch Abbiegebeziehungen berücksichtigt. Für die Analysen und Interpretationen ist zu beachten, dass die erhobenen Daten immer von externen Einflüssen, wie bspw. saisonale Schwankungen, Baustellen oder Unfällen, betroffen sein können, deren Auswirkungen nicht exakt bestimmbar sind. Zudem handelt es sich um rein punktuelle Knotenzählungen, die keine Rekonstruktion von Fahrten über das unmittelbare Umfeld des Messknotens hinaus gestatten, sondern nur Auskunft über lokale Verkehrsstärken geben können.

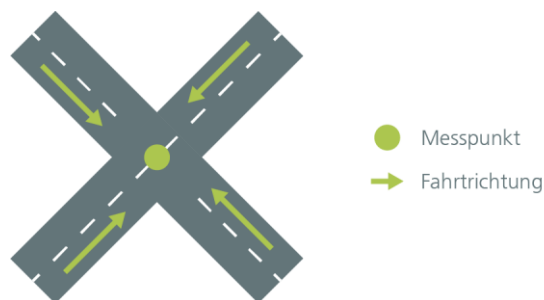


Abbildung 12: Schematische Darstellung der Verkehrszählung, eigene Darstellung

Für die folgenden Untersuchungen wurden ausschließlich Messungen verwendet, die fünf Fahrzeugkategorien unterscheiden (vgl. Tabelle) und nicht vor dem Jahr 2022 durchgeführt wurden (vgl. Abbildung 13 und siehe Lage der temporären Messstellen Anhang 7.2) Die Gründe hierfür sind die notwendige Aktualität der Messungen und die damit einhergehende höhere Belastbarkeit und Aussagekraft der Daten. Die Daten der 39 analysierten temporären Zählstellen wurden durch die Stadt Aachen als Excel-Dateien zur Verfügung gestellt und im Anschluss durch den Auftragnehmer umfangreich aufbereitet. Ziel der Aufbereitung (pre-processing) war die automatisierte Verarbeitung aller zur Verfügung gestellten Zählungen und die Schaffung einer einheitlichen Datenbasis als Grundlage für die weiteren Analysen.

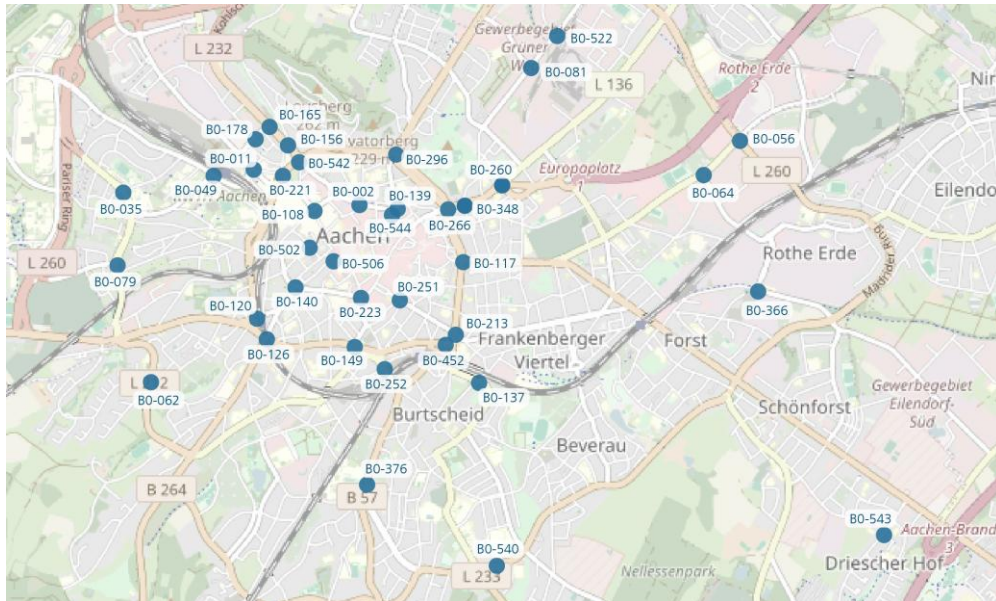


Abbildung 13: Lage der 39 temporären Messstellen im Aachener Stadtgebiet (OSM Contributors)

Darüber hinaus ist über die fünf Fahrzeugkategorien eine detailliertere Aufschlüsselung nach Fahrzeugen möglich. Insbesondere die Unterteilung der Schwerverkehre in die drei Kategorien Bus, Lastkraftwagen (Lkw) und Lkw mit Anhänger bzw. Sattelzüge ist für die Untersuchung des Wirtschaftsverkehrs von Relevanz. Aber auch die Kategorie Pkw und Lieferwagen (Lfw) enthält zum Teil relevante Verkehre für den Wirtschaftsverkehr. Die genaue Unterteilung der Fahrzeugarten entsprechend der Zählraten mit Hilfe von Miovision Scout ist Tabelle 1 zu entnehmen. Sollten mehrere Zählungen an einer Position durchgeführt worden sein, werden nur die Zählraten der aktuellen Zählung verwendet.

Tabelle 1: Fahrzeugkategorien nach Miovision Scout¹

Kategorie	Beschreibung	Fahrzeuflänge	Relevanz für Wirtschaftsverkehr
Krad	Alle Motorräder, Mopeds u. ä.	–	nein
Pkw & Lfw	Alle Personenkraftfahrzeuge, normalerweise < 6 m ohne Anhänger	< 6 m	teilweise
Bus	Einschließlich Schulbusse und Gelenkbusse	–	nein
Lkw	Lastkraftwagen, Wohnwagen, große Rettungsfahrzeuge	normalerweise < 6 m	ja
Lkwa & Sattel-Kfz	Alle Sattelzüge mit Zugmaschinen und Lkw mit Anhängern	normalerweise > 9 m	ja

Die in Tabelle 1 beschriebenen fünf Fahrzeugkategorien sind aufgrund der Betrachtung des Wirtschaftsverkehrs nicht alle relevant für die weitere Analyse. Die Kategorien

¹ Klasseneinteilung und -benennung nach zur Verfügung gestellten Datensätzen und Mail der Stadt Aachen vom 12.09.2024

„Krad“ und „Bus“ entfallen in der weiteren Betrachtung, da sie ausschließlich der Personenmobilität zuzurechnen sind. Im Fokus des Wirtschaftsverkehrsgutachtens stehen alle Fahrzeuge des Wirtschaftsverkehrs, wobei diese Unterteilung nach Personen- und Wirtschaftsverkehr nicht ohne weiteres in jeder Kategorie möglich. In der Kategorie „Pkw & Lfw“ können die Daten beiden Verkehrszwecken zugeordnet sein. Aus diesem Grund wurde diese Kategorie weiter unterteilt, da hierin neben Pkw des motorisierten Individualverkehrs (MIV) auch für den innerstädtischen Wirtschaftsverkehr relevante Fahrzeugmengen enthalten sind. Zur Aufteilung wurde der deutschlandweite Flottenmix des Kraftfahrtbundesamts für das Jahr 2024 verwendet und der Anteil von Lkw unter 3,5 Tonnen im Verhältnis zum Bestand an Pkw bestimmt¹. Dieser beläuft sich auf rund 6 %. Die Verwendung deutschlandweiter Daten ist methodisch notwendig, da insbesondere im Wirtschaftsverkehr die Fahrzeuge typischerweise über den Zulassungsort hinaus eingesetzt werden.

Auf dieser Grundlage wurde die Fahrzeugart „Pkw & Lfw“ für die Analysen unterteilt, indem die viertelstündlich erfasste Fahrzeuganzahl mit diesem Anteil multipliziert wurde. Aufgrund der Ganzzahligkeitsbedingung treten geringe Rundungsfehler auf (0,03 % an den insgesamt gemessenen Fahrzeugen). Aus Gründen der Transparenz und da es sich um kalkulatorische Werte handelt, werden die daraus berechneten Fahrzeugmengen immer gesondert ausgewiesen. Für den Wirtschaftsverkehr genutzte Pkw, die nicht als Lkw zugelassen sind (z. B. Pflegedienste oder Essenslieferanten) können aufgrund der Datenlage nicht gesondert ausgewiesen werden und sind daher nicht Teil des vorliegenden Gutachtens.

Floating Car Data

Neben den temporären Verkehrszählungen sind historische FCD Teil der Datengrundlage. Das grundlegende Prinzip von FCD ist, dass Verkehrsdaten in Echtzeit gesammelt werden, indem das Fahrzeug selbst oder Mobiltelefone geortet und an zentrale Verarbeitungszentren anonym übermittelt werden². Die Daten werden während des Betriebs von Fahrzeugen anonymisiert erhoben und beinhalten mindestens einen Zeitstempel sowie die Position (Geokoordinaten) der Fahrzeuge. Durch die Verwendung zusätzlicher Sensoren am Fahrzeug bzw. durch die Nutzung von Daten des CAN-Bus oder der FMS-Schnittstelle können die FCD um weitere Informationen, wie bspw. die Geschwindigkeit oder die Richtung des Fahrzeugs, angereichert werden. Dies wird in der Literatur auch als Extended Floating Car Data (XFCD) bezeichnet. Durch den Einsatz von (X)FCD-Daten können beispielsweise Bewegungs-, Verkehrs- und Transportmuster von Einzelfahrzeugen, Quell-Ziel-Beziehungen oder auch Haltezeiten analysiert werden, die über andere Verkehrserhebungsmethoden nur schwer zu erfassen sind.^{3 4 5} Durch den Einsatz von FCD können Analysen realer Fahrbewegungen, Verkehrsströme und Reisezeiten auf feineräumlicher Ebene analysiert werden (vgl. ^{6, 7, 8}). Zu beachten ist jedoch, dass immer

¹ Kraftfahrt-Bundesamt 2024

² Kalinic und Krisp 2021

³ Nuzzolo et al. 2020

⁴ Budimir et al. 2019

⁵ Comi und Polimeni 2022

⁶ Liu et al. 2012

⁷ Goncalves et al. 2018

⁸ Neun et al. 2023

nur eine Teilmenge des Gesamtverkehrs abgedeckt bzw. erfasst wird, da nicht alle Fahrzeuge mit benötigten Sendern ausgestattet sind und die Datenanbieter i.d.R. keine Angaben über die genaue Zusammensetzung der Datenquellen geben¹. Somit ist eine vollständige Erfassung von allen Fahrzeugen des Verkehrs nicht möglich ist ².

Die Stadt Aachen verwendet FCD, die vom Anbieter INRIX beschafft werden. Insgesamt werden in dieser Analyse 77 Tage, d. h. elf ausgewählte Kalenderwochen berücksichtigt. Die ausgewählten Kalenderwochen und Schulferien in NRW sind in Abbildung 14 dargestellt.

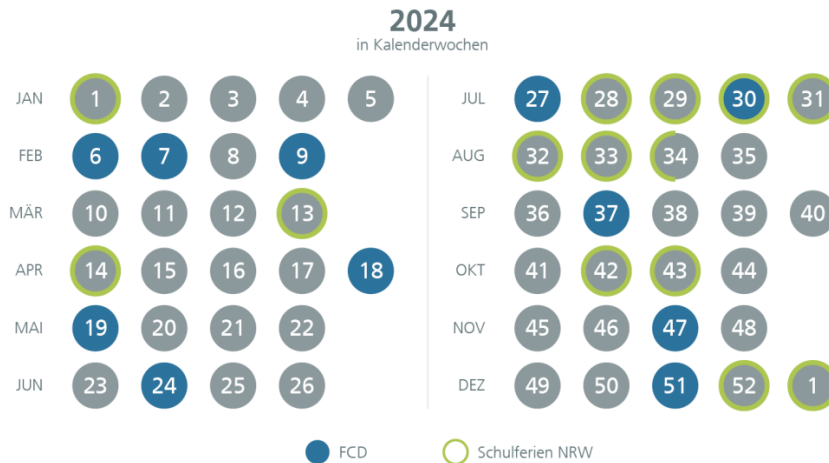


Abbildung 14: Ausgewählte Datengrundlage FCD nach Kalenderwochen und Schulferien NRW

Bei der Auswahl der Wochen wurden besondere Ereignisse wie Karneval, Heimspiel von Alemannia Aachen und der Weihnachtsmarkt berücksichtigt. Ebenso wurde eine Woche während der Sommerferien ausgewählt, eine sogenannte kurze Woche mit Feiertag unter der Woche und ebenso Wochen ohne besondere Ereignisse außerhalb der Ferien als Vergleich hierzu. Der gesamte Datensatz wurde so zusammengestellt, dass die analysierten Zahlen sowohl verkehrsschwache wie auch verkehrstarke Tage (besondere Ereignisse) enthalten, um eine möglichst aussagekräftige Datenbasis zu erhalten. Der besondere Wert der FCD zeigt sich vor allem bei der Analyse von Geschwindigkeiten, der zeitlichen Struktur des Verkehrsgeschehens über den Messzeitraum der temporären Messstellen hinaus sowie bei Bewegungsmustern, die von örtlich fixen Messungen nicht erfasst werden können.

Die Unterscheidung der Fahrzeugarten erfolgt bei den FCD auf Grundlage der Fahrzeuggewichte. Es werden insgesamt drei Gewichtsklassen unterschieden (vgl. Tabelle 2).

¹ Mobito 2025

² House of Logistics & Mobility (HOLM) GmbH 2025

Tabelle 2: Fahrzeugkategorien der FCD (INRIX)

Gewichtsklasse	Beschreibung	Relevanz für Wirtschaftsverkehr
1	leichte Nutzfahrzeuge/ Personenkraftwagen (<3,5t)	teilweise
2	mittelschwere Lkw/ Lieferwagen (3,5t-7,5t)	ja
3	schwere Lkw (>7,5t)	ja

Ähnlich wie bei den Daten der temporären Zählstellen enthält die Gewichtsklasse 1 sowohl Pkw des MIV als auch für den innerstädtischen Wirtschaftsverkehr relevante Fahrzeugmengen an leichten Nutzfahrzeugen. Da die FCD jedoch nur eine Teilmenge des Gesamtverkehrs (vgl. oben) und somit nur einen kleinen Ausschnitt der Realität darstellen, wird auf eine Skalierung der Daten der Gewichtsklasse 1 verzichtet, so dass bei Betrachtung der FCD immer nur die Gewichtsklassen 2 und 3 berücksichtigt werden.

Kombination der Daten temporärer Zählstellen und FCD

Die temporären Zählstellendaten dienen als präzise, von der Stadt Aachen manuell validierte Grundlage zur quantitativen Analyse des Wirtschaftsverkehrs und zeichnen sich durch eine hohe zeitliche Genauigkeit in Bezug auf den jeweiligen Messknoten aus. Ergänzend hierzu werden FCD genutzt, deren Analyse detaillierte Bewegungsmuster einzelner Fahrten liefern (hohe räumliche wie zeitliche Genauigkeit). Die FCD bieten wertvolle Einblicke in Fahrtbewegungen, Geschwindigkeitsprofile und Stopps, sind jedoch nur für eine Teilmenge des Gesamtverkehrs verfügbar, wobei der exakte Durchdringungsgrad der FCD nicht eindeutig bestimmbar ist, was an der unbekanntem Bildung der Teilmenge liegt.

Um die jeweiligen Schwächen der Einzelquellen zu kompensieren, erfolgt eine gezielte Verschneidung der lokalen Messdaten mit den FCD. Die Verarbeitung der FCD umfasst ein Pre-Processing sowie die Filterung auf den Wirtschaftsverkehr. Analysiert werden sowohl einzelne Wegpunkte (Waypoints) als auch komplette Fahrten (Trips) über einen Zeitraum von 77 Tagen (11 Kalenderwochen). Durch die Kombination beider Datenquellen können zuverlässigere und umfassendere Aussagen über das Verkehrsaufkommen und die Charakteristika des Wirtschaftsverkehrs getroffen werden.

Bei den 39 Messungen handelt es sich um temporäre Kamerazählungen dienstags und donnerstags zwischen 7 Uhr bis 19 Uhr, so dass auf dieser Grundlage keine Tagesganglinien über 24 Stunden abgeleitet werden können. Für eine Verkehrsanalyse kann es notwendig sein, diese Daten auf einen Tag, d. h. 24 Stunden, zu erweitern, um auch Aussagen über die Zeiträume treffen zu können, die nicht erhoben werden und um bspw. Tagesganglinien darstellen zu können (vgl. Abbildung 15).

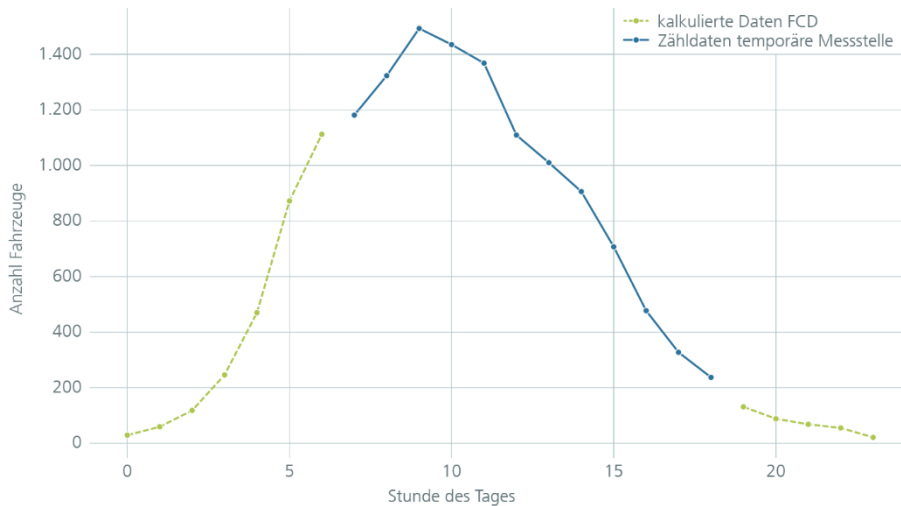


Abbildung 15: Exemplarische Darstellung des zeitlichen Aufkommensverlaufs einer temporären Messstelle und der kalkulierten Ergänzung mit Hilfe von FCD

Für diese kalkulatorische Ergänzung werden mithilfe der über 24 Stunden reichenden FCD Umrechnungsfaktoren pro Tagesstunde bestimmt, die für die Stunden-Zeiträume 0 Uhr bis 6 Uhr und 20 Uhr bis 24 Uhr eine Interpolation der lokalen Messdaten erlauben (vgl. Abbildung 16), d. h. für den Zeitraum der durch die Messungen der temporären Messstellen nicht abgedeckt werden kann.

Hierzu werden aus dem Datentopf der FCD zuerst alle Fahrten von Fahrzeugen >3,5 Tonnen im Stadtgebiet extrahiert. Diese Fahrten werden anschließend nach Wochentagen gefiltert und dann in 24 separaten Stundenintervallen aggregiert, so dass sich eine Häufigkeitsverteilung des durch FCD erfassten Wirtschaftsverkehrs nach Tag und Stunde in Aachen ableiten lässt. Gegenüber Literaturwerten hat dieses Vorgehen den Vorteil, dass es sich um konkrete, stadt-spezifische und zeitlich genaue Umrechnungsfaktoren handelt.

Stunde	Anteil
0	0,003269
1	0,005513
2	0,010449
3	0,021444
4	0,040483
5	0,076095
6	0,096064
19	0,011571
20	0,008013
21	0,006058
22	0,004776
23	0,002212

Abbildung 16: Umrechnungsfaktoren zur Aufkommensberechnung auf Basis von FCD

Durch diesen Aufbereitungsschritt liegen mithilfe der Umrechnungsfaktoren im Anschluss für jeden der 39 betrachteten Messpunkte Verkehrsaufkommensdaten für einen Tag über 24 Stunden vor. Diese setzen sich aus den Daten der einzelnen

temporären Messstellen, den Echtzeitdaten für den Zeitraum zwischen 7 Uhr und 19 Uhr und den synthetischen Daten, auf Basis der FCD, für die Zeiträume von 0 Uhr bis 6 Uhr und 20 Uhr bis 24 Uhr zusammen.

3.2.2 Darstellung der Ist-Situation

Das Vorgehen zur Darstellung der Ist-Situation folgt dem Grundsatz, die Analyse schrittweise vom Groben zum Feinen durchzuführen. Zunächst wird daher das Gesamtfahrzeugaufkommen an den 39 Messstellen erfasst, um einen Überblick über das Verkehrsaufkommen an den verschiedenen Orten innerhalb der gesamten Messzeit zu erhalten. Aufbauend auf dieser Grobanalyse erfolgen differenzierte Analysen von für diese Studie relevanten Fahrzeugkategorien, wobei insbesondere die Anteile von Lkw sowie Lkwa & Sattel-Kfz ausgewertet werden. Anschließend werden zeitliche Aspekte mitberücksichtigt, um die Verkehrsbelastung raum-zeitlich aufzuschlüsseln zu können. Abschließend erfolgt eine detaillierte Untersuchung von ausgewählten Stadtbereichen, um spezifische Belastungsschwerpunkte („Hotspots“) herauszuarbeiten. Durch dieses schrittweise Vorgehen wird der Wirtschaftsverkehr in Aachen strukturiert fundiert analysiert.

Räumliche Verteilung des Verkehrsaufkommens

Die Gesamtmenge aller Verkehrselemente ohne Fahrräder je Messstelle¹ ist in



Abbildung 17 dargestellt. Hierfür wurden je Messstelle die Anzahl gezählter Fahrzeuge aufaddiert, um die gesamte Verkehrsbelastung am jeweiligen Knotenpunkt aufzuzeigen. Insgesamt haben im Messzeitraum zwischen 7 und 19 Uhr

- 22 Messstellen ein geringes Verkehrsaufkommen (< 13.000 Fahrzeuge),
- elf Messstellen ein mittleres Verkehrsaufkommen (<= 13.000 Fahrzeuge < 25.000) und
- sechs Messstellen ein hohes Verkehrsaufkommen (>= 25.000 Fahrzeuge).

¹ Begrifflichkeit „Gesamtmenge“ wurde gemäß den Unterlagen der Stadt Aachen gewählt und beschreibt die zwischen 07 – 19 Uhr erfasste Verkehrsstärke.

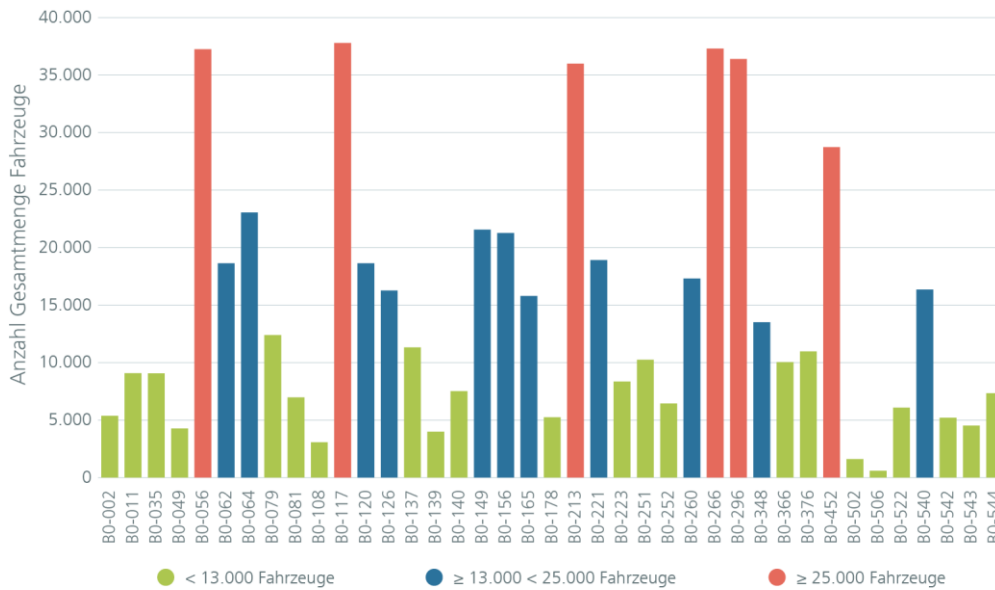


Abbildung 17: Verkehrsaufkommen nach Gesamtmenge je Messstelle innerhalb des Messzeitintervalls

Die an den 39 Messstellen gezählten Tages-Verkehrsmengen zeigen eine breite Streuung, von zahlreichen Messstellen mit weniger als 5.000 Fahrzeugen im Messzeitintervall bis hin zu einem halben Dutzend Messstellen, die eine Belastung von mehr als 35.000 Fahrzeugen im Messintervall aufweisen.

Beim Vergleich der gemessenen Spitzenwerte von Aachen mit Messwerten aus anderen Städten, die als Universitätsstadt mit einem hohen Studierendenanteil geprägt sind, zwischen 200.000 und 300.000 EinwohnerInnen aufweisen und sich nicht in einem Großballungsraum wie dem Ruhrgebiet befinden (z. B. Freiburg im Breisgau, Karlsruhe, Kiel oder Würzburg), zeigen viel befahrene Bundesstraßen und Ortsdurchfahrten ebenfalls typische tägliche Verkehrsstärken von 20.000 Fahrzeugen pro Tag¹ (vgl. Abbildung 18). Die für Aachen erfassten Daten zeichnen ein vergleichbares Bild und erscheinen somit plausibel.

Bei einem direkten Vergleich der Messstellen sind zwei Aspekte zu beachten:

- **Zeitversatz:** Die Daten der Messstellen stammen zwar aus verkehrlich vergleichbaren Zeiträumen, sind jedoch nicht alle am selben Messtag aufgezeichnet worden.
- **Auslastung:** Die Daten stellen absolute Werte dar und geben daher allenfalls einen ersten Hinweis in Bezug auf die kapazitätsmäßige Belastung einer Straße. Mitunter weisen die Messpunkte eine abweichende Zahl an Fahrstreifen auf. Die Darstellung absoluter Werte kann dazu verleiten, kapazitätsmäßig stark belastete Straßen zu übersehen, wenn diese über wenige Fahrstreifen und damit über eine geringere Gesamtmenge verfügt als Straßen mit zahlreichen Fahrstreifen.²

¹ Bundesanstalt für Straßenwesen 2021

² Die verwendeten Geodaten von OpenStreetMap gestatteten zum Zeitpunkt der Analyse keine Berechnung eines fahrspurbezogenen Durchschnittswertes.

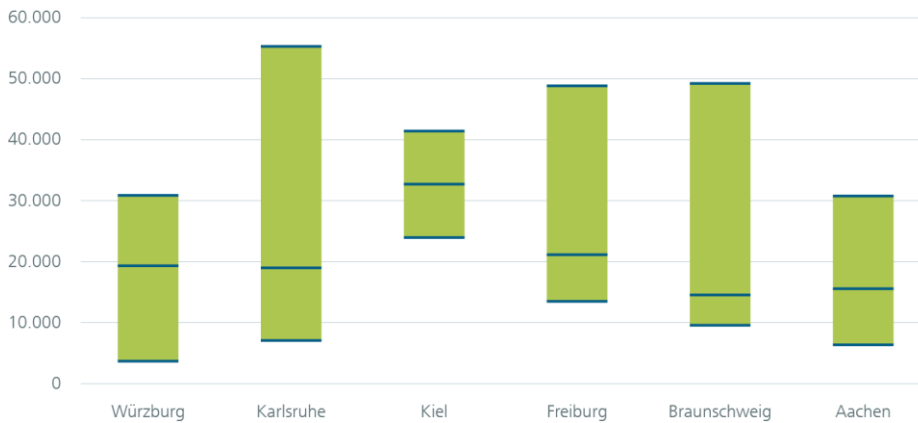


Abbildung 18: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) verkehrlich besonders belasteter Straßen ausgewählter Vergleichsstädte (Minimum, Median, Maximum) gemäß Straßenverkehrszählung 2021 der Bundesanstalt für Straßenwesen¹

Bei der Lokalisierung der verschiedenen temporären Messstellen (siehe Lage der temporären Messstellen Anhang 7.2) auf einer Karte der Stadt Aachen und Visualisierung der entsprechenden Verkehrsaufkommen in Form verschieden farbiger Kreise (vgl.



Abbildung 19), fällt unmittelbar die hohe Verkehrsbelastung des östlichen Alleinrings auf. Die Messstelle BO-056 auf dem Außenring zwischen Aachen-Haaren und Aachen-Rothe Erde nahe der BAB 544 zeigt im Osten der Stadt ebenfalls ein der östlichen Innenstadt vergleichbares Verkehrsaufkommen. Hierbei ist zu beachten, dass während dieser Zählung die BAB 544 bereits in beide Richtungen gesperrt war und kein Auf- oder Abfahren in diesem Bereich möglich war. Deutlich geringer, auch in Nähe von Gewerbegebieten, fallen die Belastungen im westlichen Bereich des Rings aus. Bei der Betrachtung der Karte ist zu berücksichtigen, dass die Turmstraße im Bereich des westlichen Alleinrings vom 02.05.2022 bis zum 09.10.2024 wegen Brückenbauarbeiten gesperrt war. Es gab in diesem Zeitraum keinerlei

¹ Bundesanstalt für Straßenwesen 2021

Querungsmöglichkeiten über diese Brücke, weder für Fahrzeuge noch für Fahrräder oder FußgängerInnen.

 Analyse des Wirtschaftsverkehrs
 und Darstellung des Status Quo

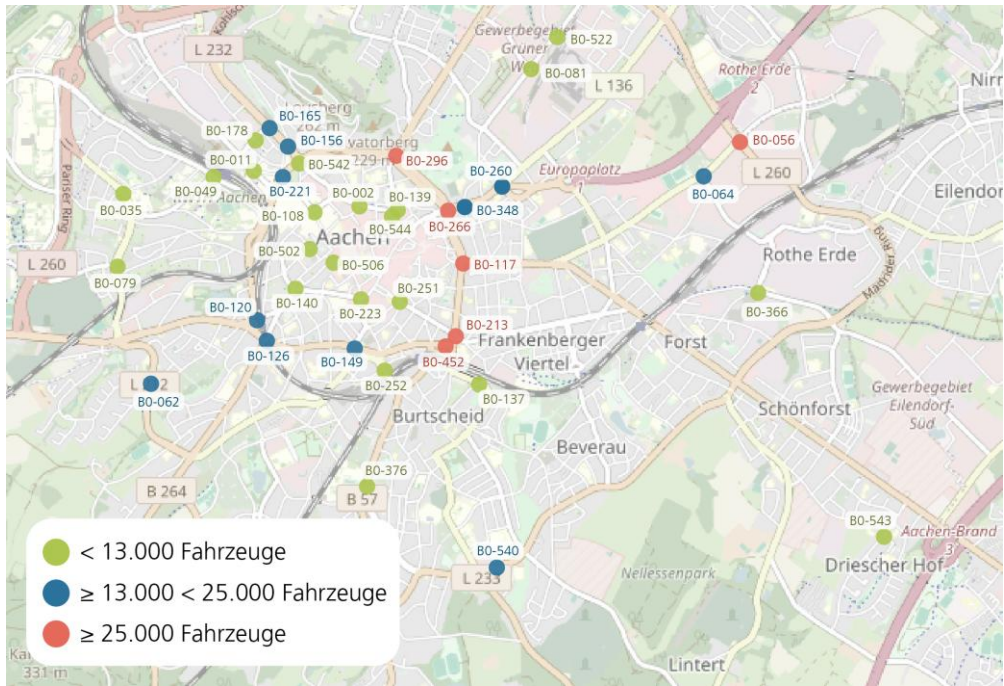


Abbildung 19: Visualisierung der an den temporären Messstellen gemessenen Verkehrsaufkommen (OSM Contributors)

Zeitliche Verteilung des Verkehrsaufkommens

Die Betrachtung zeitlicher Verläufe ermöglicht es, Schwankungen im Tagesverlauf und somit Belastungsspitzen und verkehrsarme Zeiträume zu identifizieren. Eine relevante Kenngröße zur Beschreibung des Verkehrs ist die Verkehrsstärke¹.

Abbildung 20 zeigt auf Basis der FCD den zeitlichen Aufkommensverlauf aller Fahrzeuge, d. h. inklusive des MIV, je Wochentag und Stunde. Hierbei sind die typischen Pendlerspitzen, morgens zwischen 6 und 9 Uhr und nachmittags zwischen 15 und 17 Uhr deutlich zu erkennen.

¹ Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) 2012

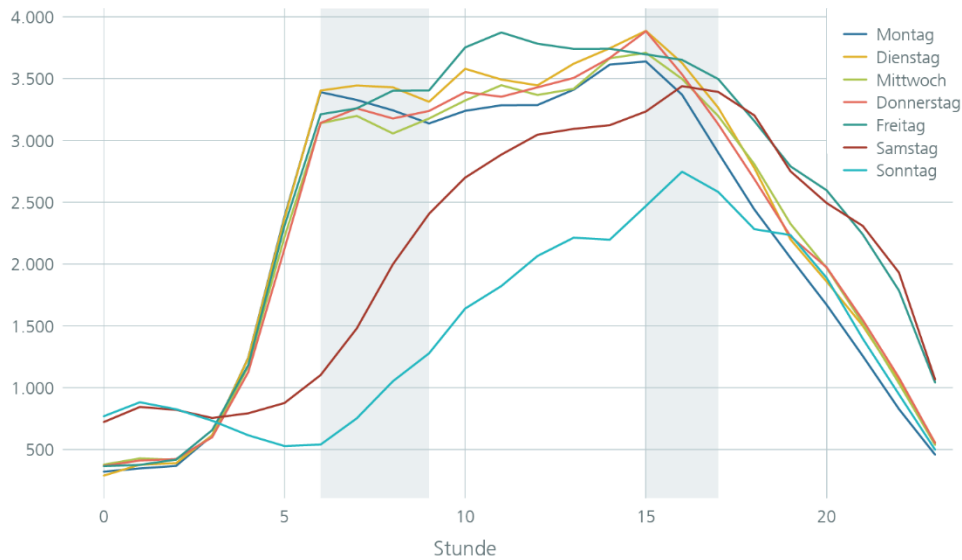


Abbildung 20: Anzahl aller Fahrzeuge auf dem Alleenring je Wochentag und Stunde

Da der Fokus der Analysen auf den Wirtschaftsverkehr ausgerichtet ist, wird nur der Teil der Verkehrsstärke ausgewiesen, der auf Lkw zurück geht. Einen ersten Überblick über die Dynamik des Lkw-Verkehrs, anhand der FCD-Gewichtsklassen 2 und 3, zu verschiedenen Wochentagen gibt Abbildung 21. Sie zeigt, dass der Beginn der temporären ortsfesten Messungen um 7 Uhr am Morgen in Bezug auf die Erfassung des Wirtschaftsverkehrs etwas restriktiv wirkt (vgl. Abbildung 22), denn bereits deutlich vor 7 Uhr am Morgen wächst die Verkehrsstärke montags bis freitags deutlich. Zudem ist zu erkennen, dass die morgendliche Spitze der im Gesamtverkehr entspricht, wohingegen der Lkw-Verkehr am Nachmittag (zwischen 15 und 17 Uhr), entsprechend der typischen Logistikabläufe, bereits deutlich abgenommen hat.

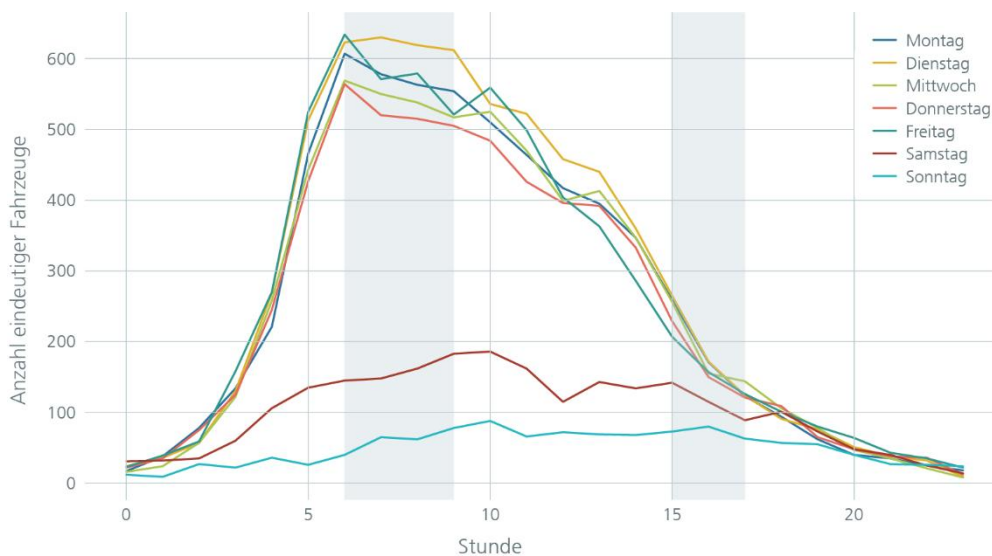


Abbildung 21: Anzahl schwerer Fahrzeuge (Klasse 2 und 3) auf dem Alleenring je Wochentag und Stunde

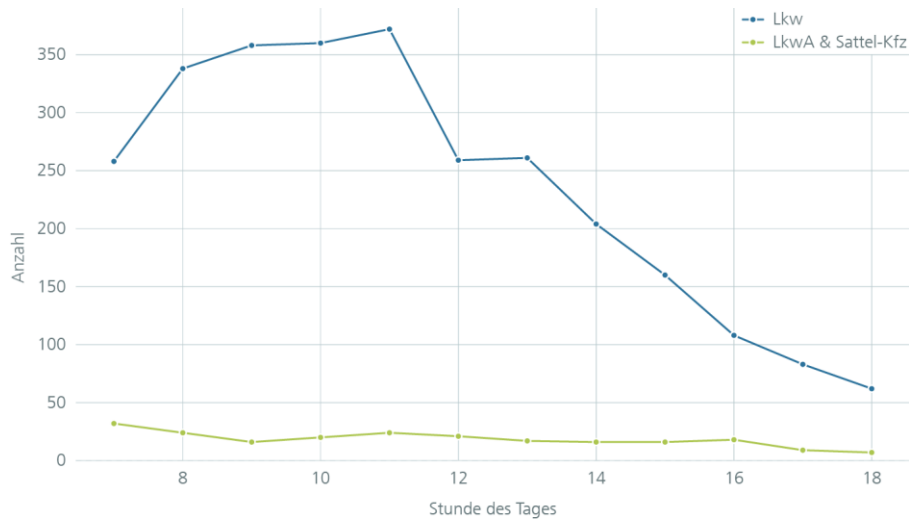


Abbildung 22: Zeitlicher Aufkommensverlauf der temporären Zählstellen über einen Tag

Abbildung 23 stellt die stündliche Verkehrsstärke als Beispiel für den Fahrzeugtyp Lkw über alle Messstellen als Heatmap dar. Hierfür wurden die Zählungen stundenweise aggregiert. Auf der x-Achse sind die Stundenintervalle des Tages angegeben und auf der y-Achse sind die im Rahmen des Projekts betrachteten Messstellen abgebildet. Je höher die stündliche Verkehrsstärke einer Messstelle ist, desto intensiver ist die Einfärbung der Zelle (je dunkler, desto höher die Verkehrsstärke). Messstellen innerhalb des Alleinrings werden in roter Schrift und Messstellen, die eine Einfahrt innerhalb des Alleinrings ermöglichen in blauer Schrift dargestellt. Die zuvor bereits besprochene Messstelle B0-056 auf dem Außenring an der Ortsteilgrenze Mitte/Haaren weist mit Verkehrsstärken zwischen 26 bis 165 Lkw pro Stunde das höchste Verkehrsaufkommen auf. Die Spitzenbelastungen treten zwischen 09 Uhr bis 13 Uhr auf. Insgesamt werden bis 14 Uhr über 100 Lkw pro Stunde erfasst (zwischen 14-15 Uhr sind es noch 99 Lkw pro Stunde) und erst ab 16 Uhr ist ein Rückgang zu verzeichnen.

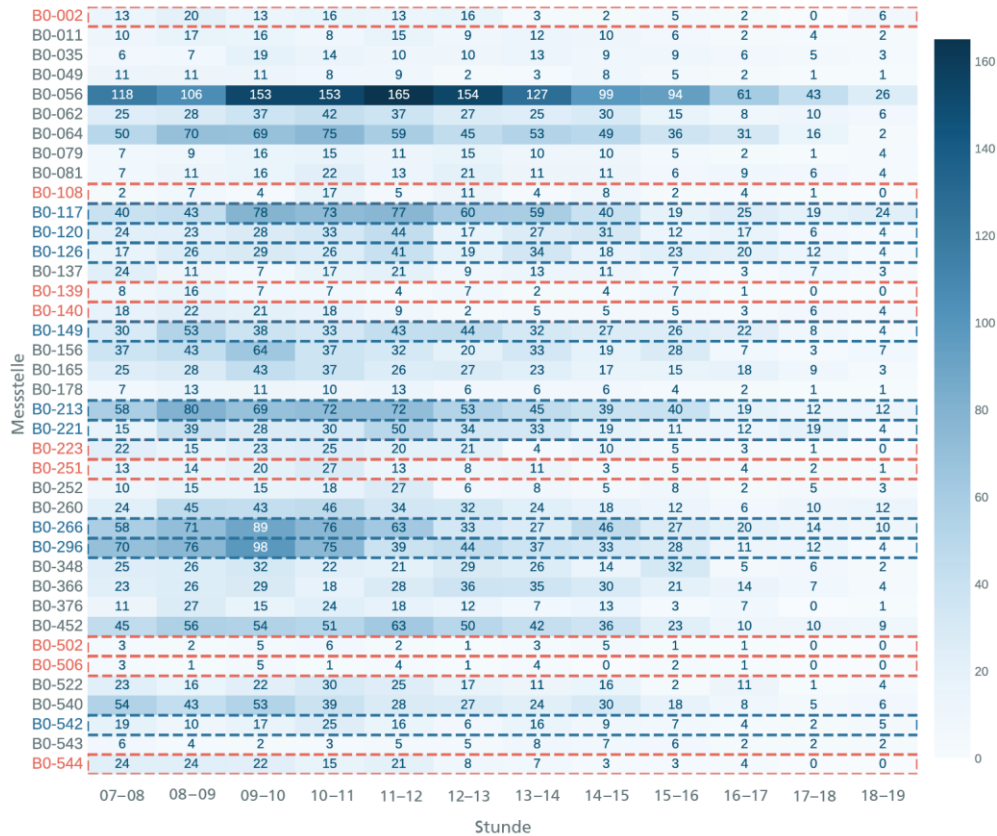


Abbildung 23: Lkw-Verkehrsstärke [Fzg./h], Hervorhebung der Messstellen innerhalb des Alleerings (rot) und der Messstellen, die eine Einfahrt innerhalb des Alleerings ermöglichen (blau)

Die Ergebnisse der temporären Messstellen können jeweils als Ganglinien (über die Messzeit 7-19 Uhr) dargestellt werden. Exemplarisch zeigt Abbildung 24 die Messstelle B0-056. Die Messergebnisse zeigen deutlich ein bis in den Nachmittag hinein reichendes durchgängiges Aufkommen an Lkw mit Anhängern bzw. Sattel-Kfz. Demgegenüber wächst das Aufkommen der Kategorie Lkw nach 8 Uhr am Morgen auf ein Niveau bis über 40 Fzg/h, zeigt aber bereits ab 12 Uhr mittags eine bis zum Abend sinkende Tendenz. Insbesondere diese Kategorie zeichnet den typischen Frühschicht-Zeitraum (6 Uhr bis 14 Uhr) nach.

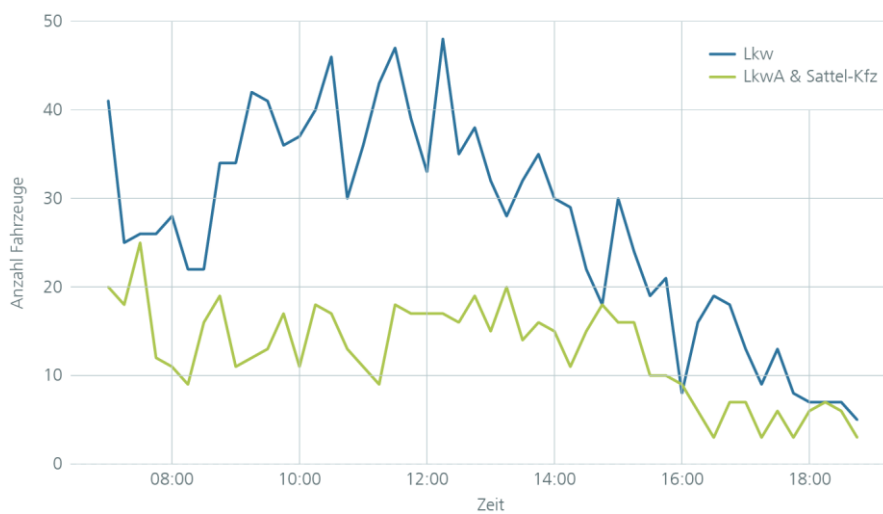
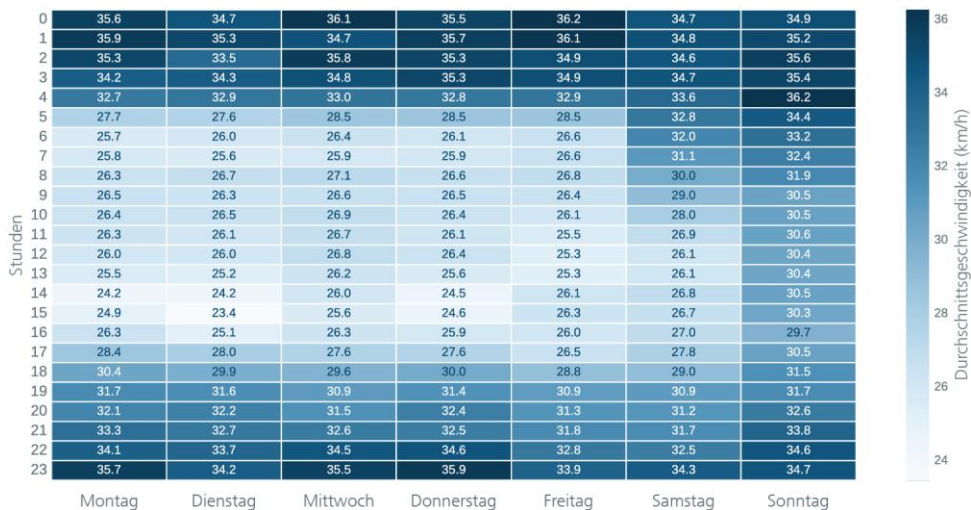


Abbildung 24: Ganglinie der Messstelle B0-056, Breslauer Straße-Berliner Ring-Charlottenburger Straße vom 12.03.2024 mit viertelstündlichen Werten

Bei weiteren Messstellen mit hoher Verkehrsbelastung B0-064, B0-117, B0-213, B0-266, B0-296 und B0-452 (Ganglinien siehe Anhang 7.3) ist erkennbar, dass die höchsten Verkehrsstärken bis ca. 14 Uhr beobachtet werden können, mit anschließender Abnahme der Verkehrsstärke bis 19 Uhr. Die Messstellen mit den geringsten Verkehrsstärken, B0-502 und B0-506, befinden sich beide innerhalb des Alleenrings und verzeichnen als höchste Verkehrsbelastung lediglich 6 Lkw pro Stunde im Zeitraum zwischen 10 Uhr und 11 Uhr.

Durch Verwendung der FCD ist es möglich, die Dynamik des Verkehrsgeschehens auf dem Alleenring in Form tagesbezogener Geschwindigkeitsprofile abzubilden. Dazu wurden die FCD, deren Koordinaten sich auf dem oder innerhalb des Alleenrings befinden, extrahiert und je Wochentag und Tagesstunde die einzelnen Fahrzeuggeschwindigkeiten gemittelt. Der bereits erwähnte Schwachpunkt der FCD, nur einen Ausschnitt des Verkehrsgeschehens abzubilden, fällt hier kaum ins Gewicht, da sämtliche nicht per FCD erfassten Verkehrselemente ebenso auf die vom Verkehrsfluss erreichte Geschwindigkeit wirken. Die anhand von FCD berechneten Durchschnittsgeschwindigkeiten auf dem Alleenring können daher als hinreichend präzise Abbildung des Verkehrsgeschehens angesehen werden. Abbildung 25 zeigt das dadurch entstehende Gesamtbild des Verkehrsgeschehens in Form mittlerer Verkehrsflussgeschwindigkeiten.



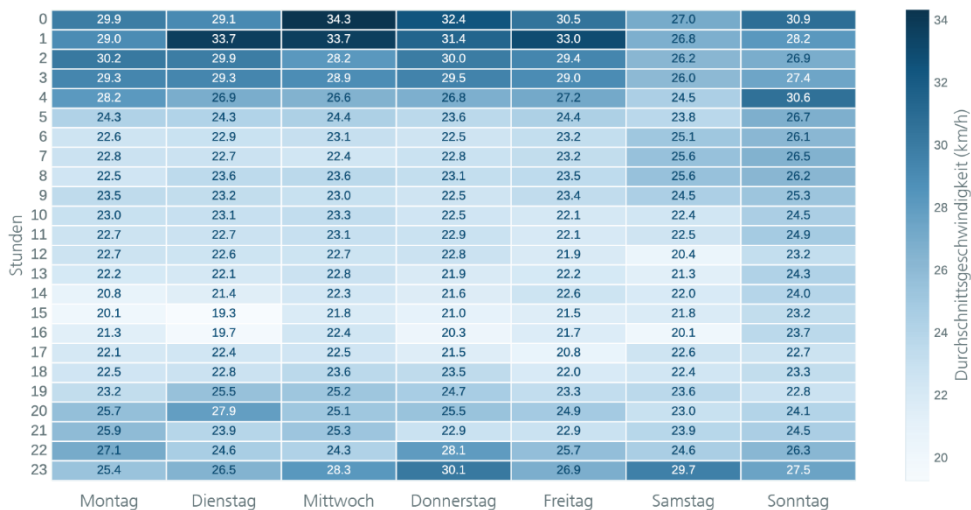
 Analyse des Wirtschaftsverkehrs
 und Darstellung des Status Quo

Abbildung 25: Heatmap der mittleren Flussgeschwindigkeit aller Fahrzeuge (Klassen 1-3) auf dem Alleenring

Auf dem Alleenring gilt eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 30 km/h. In Abbildung 25 ist gut erkennbar, dass in verkehrsschwachen Zeiten des Tages (z. B. frühe Morgenstunden um 2 Uhr) eine mittlere Flussgeschwindigkeit ausgewiesen wird, die leicht oberhalb von 30 km/h liegt. Ab dem frühen Morgen fällt die mittlere Flussgeschwindigkeit ab, montags bis freitags bereits zwischen 4 und 5 Uhr, was auf einen schnellen Anstieg des Verkehrsgeschehens hinweist, den die temporären Messstellen nicht zu erfassen in der Lage sind (Zählbeginn 7 Uhr). Dieser Anstieg vollzieht sich an Samstagen langsamer (zwischen 4 und 10 Uhr). Auch an Sonntagen ist ein Sinken zu erkennen, jedoch wird eine mittlere Geschwindigkeit etwa in Höhe der Geschwindigkeitsbegrenzung erreicht, was auf weitgehend flüssigen Verkehr hindeutet.

. Ab 16 Uhr ist wieder ein Anstieg der mittleren Geschwindigkeiten zu bemerken, jedoch wird das Niveau von 4 Uhr am Morgen erst etwa wieder gegen 20 Uhr erreicht. Der Verkehr lässt also ab den Nachmittagsstunden nach, aber deutlich langsamer (weil bis in den Abend dauernd), als es am Morgen zum Anstieg kommt. Auffällig ist, dass sich diese Brüche an Samstagen und Sonntagen nicht in der gleichen Intensität zeigen. Hier sinkt die mittlere Geschwindigkeit zwischen 5 Uhr am Morgen und 16 Uhr am Nachmittag ebenfalls und deutet ein steigendes Verkehrsaufkommen an, jedoch nur ab Samstagmittag 12 Uhr scheint das Verkehrsgeschehen den übrigen Werktagen vergleichbar.

Beim Vergleich der in Abbildung 25 dargestellten Heatmap mit der Darstellung in Abbildung 26 sind dieselben grundsätzlichen Muster bei geringeren Durchschnittsgeschwindigkeiten erkennbar, so etwa eine montags bis freitags ab den frühen Morgenstunden sichtbare Abnahme oder ein Wiederanstieg gegen 17 bis 18 Uhr oder der am Samstag zeitlich später einsetzende Rückgang der mittleren Geschwindigkeiten. Abbildung 26 fokussiert sich nur auf schwere Fahrzeuge, d. h. die Gewichtsklassen 2 und 3 der FCD, die im Vergleich zu Pkw eine geringere Anfahr- und Bremsbeschleunigung erreichen können. Damit müssen diese Betriebsbremsungen früher einleiten und können aus dem Stillstand nur langsamer die gewünschte Geschwindigkeit erreichen. Die geringeren Durchschnittsgeschwindigkeiten sind damit plausibel. Dies unterstreicht nochmals die zuvor betonte Eigenschaft des Verkehrsflusses, dass auch eine Betrachtung von Teilmengen die Dynamik der Gesamtmenge klar abbilden kann.



 Analyse des Wirtschaftsverkehrs
 und Darstellung des Status Quo

Abbildung 26: Heatmap der mittleren Geschwindigkeit aller schweren Fahrzeuge (Klasse 2 und 3) auf dem Alleenring

Quell- und Zielverkehre Alleenring über temporäre Messstellen

Zur Identifizierung der Quell- und Zielverkehre der Verkehrszelle Alleenring werden in einem ersten Schritt die temporären Messstellen identifiziert, die eine direkte Straßenanbindung zum Alleenring aufweisen. Insgesamt sind damit neun Messstellen mit einer direkten Anbindung für diese Analysen relevant (vgl. Abbildung 13). Zu beachten ist, dass die Messungen nur an ausgesuchten Kreuzungen durchgeführt wurden. Weitere Ein- und Abfahrtmöglichkeiten in bzw. aus der Innenstadt sind weiterhin möglich, aber messtechnisch nicht erfasst und daher nicht analysierbar. Die Begriffe „Einfahrt“ und „Ausfahrt“ bezeichnen im Folgenden das Einfahren von Fahrzeugen auf den Alleenring („Einfahrt“) sowie das Verlassen des Alleenrings („Ausfahrt“) in Richtung stadtauswärts. Bei den Diagrammdarstellungen ist zu beachten, dass hier die Betriebszeiten der temporären Messstellen einen Zeitraum von 7 bis 19 Uhr vorgeben. Da ab 7 Uhr eine rollierende Summierung auf Stundenwerte vorgenommen wird, wird in den Diagrammen 18 Uhr als letzte Uhrzeit aufgeführt.

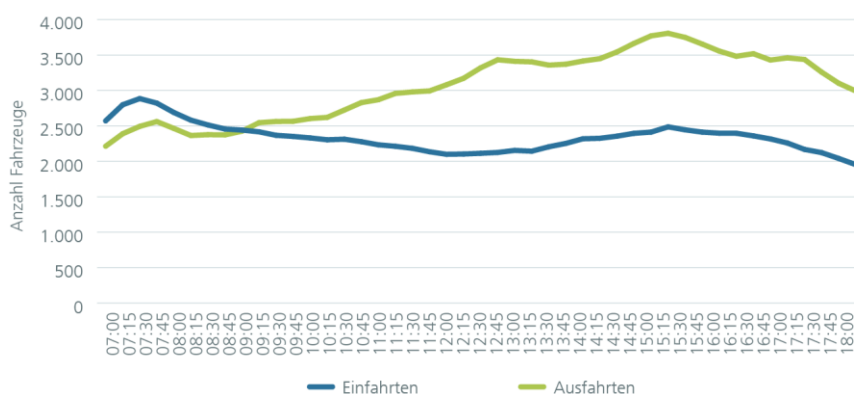


Abbildung 27: Ein- und Ausfahrten Gesamtverkehr auf den Alleenring bzw. vom Alleenring (rollierend stundenweise zusammengefasst)

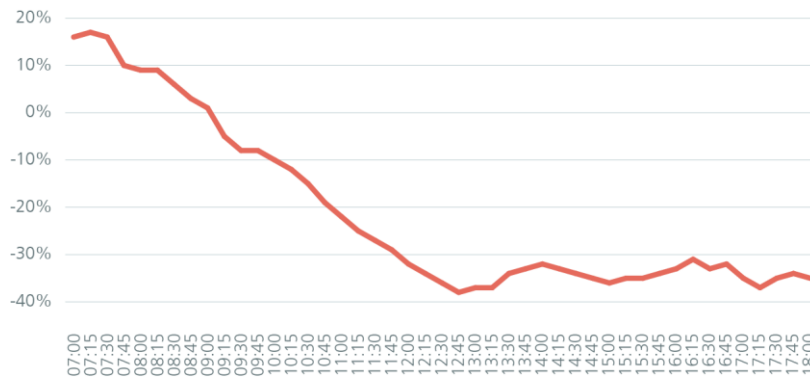


Abbildung 28: Verhältnis der Ein- und Ausfahrten Gesamtverkehr von Zubringern auf den Alleenring bzw. vom Alleenring auf Zubringerstraßen (rollierend stundenweise zusammengefasst)

Abbildung 27 stellt dar, wie viele Einfahrten auf bzw. Ausfahrten vom Alleenring über alle Messstellen im Messzeitraum registriert wurden. Es ist zu beachten, dass die Summen der beobachteten Ein- und Ausfahrten sich nicht die Waage halten müssen. Dies liegt vor allem daran, dass die temporären Messstellen nicht jede Möglichkeit der Ein- und Ausfahrt des Alleenrings erfassen, so dass Verkehrsaktivität an „unbeobachteten Stellen“ Einfluss auf die Messungen haben kann. Zudem überspannt die Messzeit nicht 24 Stunden, sondern nur den Zeitraum zwischen 7 und 19 Uhr.

Abbildung 28 visualisiert die von Abbildung 27 erfassten Messungen in relativer Form. Halten sich Ein- und Ausfahrten exakt die Waage, liegt die Kurve bei 0%. Ein Wert von X% bedeutet, dass die Anzahl der registrierten Einfahrten um X% über der Zahl registrierter Ausfahrten liegt. Der Verkehr auf dem Alleenring nimmt zu, und zwar umso deutlicher, je höher die Kurve liegt. Negative Werte beschreiben den umgekehrten Fall. Je weiter die Kurve fällt, umso stärker zeigt sich, dass der Verkehr in Summe eher vom Alleenring abfließt.

Die Messungen zeigen, dass der Alleenring im Laufe des Tages zunehmend befahren wird (Abbildung 27) und dass der Berufsverkehr auf dem Alleenring zwischen 7:30 Uhr und 8:30 Uhr offenbar einen Hochpunkt erreicht und anschließend nachlässt. Das Einfahrtssaldo verzeichnet gegen 9:30 Uhr mehr Ab- als Zufahrten (Abbildung 28), was bedeutet, dass sich der Verkehr des Alleenrings schwerpunktmäßig an der Innenstadt entlang und von ihr wegbewegt. Das über den Tag ab 9:30 Uhr negative Bewegungssaldo kann damit erklärt werden, dass die Messknoten nicht sämtliche Zuwegungen zum Alleenring erfassen. Über den gesamten Messzeitraum liegt das Verhältnis der Ein- und Ausfahrten bei -24%, d. h. die Messstellen verzeichneten durchschnittlich 24% weniger Zu- als Abfahrten auf den Alleenring.

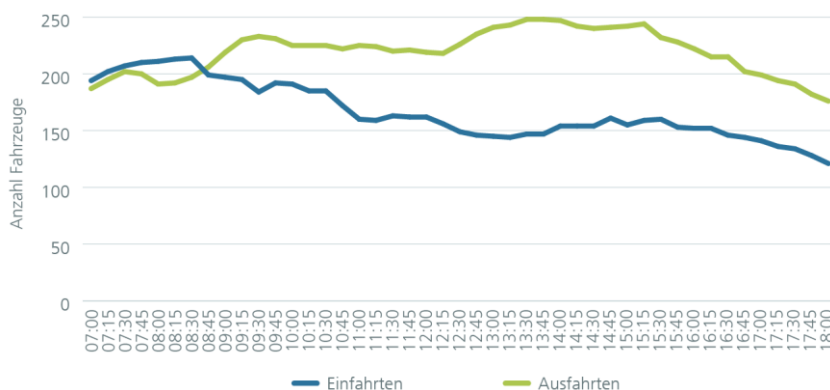


Abbildung 29: Ein- und Ausfahrten (nur Wirtschaftsverkehr) von Zubringern auf den Alleenring bzw. vom Alleenring auf Zubringerstraßen (rollierend stundenweise zusammengefasst)

Der auf dem Alleinring gemessene Wirtschaftsverkehr folgt einem ähnlichen Bewegungsmuster wie der Gesamtverkehr (vgl. Abbildung 29). Bis etwa 9 Uhr bewegt sich der Wirtschaftsverkehr eher in Richtung des Alleinrings, danach an ihm entlang bzw. von ihm weg. In relativer Darstellung (vgl. Abbildung 30) ist diese Richtungsumkehr deutlicher erkennbar.

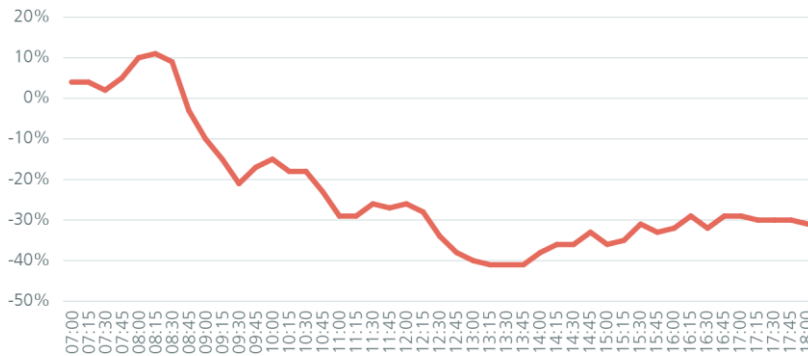


Abbildung 30: Verhältnis der Ein- und Ausfahrten (nur Wirtschaftsverkehr) Ausfahrten von Zubringern auf den Alleinring bzw. vom Alleinring auf Zubringerstraßen (rollierend stundenweise zusammengefasst)

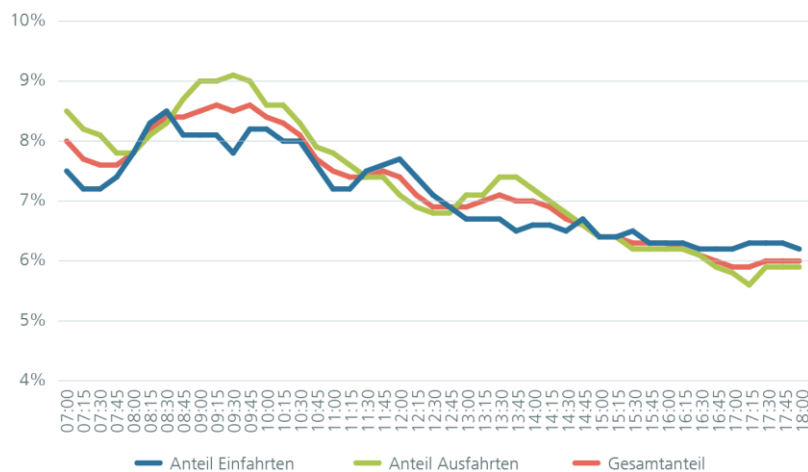


Abbildung 31: Wirtschaftsverkehrsanteil insgesamt und nach Ein- und Ausfahrten von Zubringerstraßen auf den Alleinring bzw. vom Alleinring auf Zubringerstraßen (rollierend stundenweise berechnet)

Abbildung 31 stellt die Entwicklung des Wirtschaftsverkehrsanteils auf dem Alleinring insgesamt (Ein- und Ausfahrten zusammen) sowie nach Ein- und Ausfahrten getrennt dar.¹ Mit „Anteil Einfahrten“ (bzw. „Ausfahrten“) wird der Anteil des Wirtschaftsverkehrs an allen Einfahrten auf den (bzw. Ausfahrten vom) Alleinring beschrieben. Mit anderen Worten lässt sich daran erkennen, welcher Teil der zum oder vom Alleinring weg gerichteten Verkehrsströme vom Wirtschaftsverkehr bestimmt

¹ Die Abbildung basiert auf rollierenden Stundenwerten, die nicht zwingend gleich groß sein müssen, selbst wenn die temporären Messstellen jede mögliche Ein- und Ausfahrtsmöglichkeit überwacht hätten. Bei einer höheren Zahl an Einfahrten als Ausfahrten erhöhte sich in der Folge die Verkehrsdichte des Alleinrings, während eine höhere Zahl an Ausfahrten diese senkt.

wird. „Gesamtanteil“ stellt den Wirtschaftsverkehrsanteil unabhängig davon dar, ob in den Alleinring ein- oder ausgefahren wird. So lässt sich darstellen, ob der Wirtschaftsverkehrsanteil zu einem bestimmten Zeitpunkt eher von Ein- oder Ausfahrten beeinflusst wird.¹ Eine ausgeprägte Aufwärtsbewegung des Anteils ab ca. 08:00 Uhr mit Spitzenwert gegen 09:30 Uhr und anschließendem kontinuierlichem Absinken zeigt, dass der Wirtschaftsverkehr im Vormittagsbereich überdurchschnittlich hoch ausfällt, was auch durch Analysen der FCD bestätigt wird (vgl. Abbildung 21).

Abbildung 32 zeigt für den Innenstadtbereich ein bis zur Mittagszeit (ca. 13:30 Uhr) kontinuierlich zunehmendes Verkehrsgeschehen (Einfahrten wie Ausfahrten), das erst gegen Ende des Messzeitraums (17 Uhr und später) deutlich nachlässt.

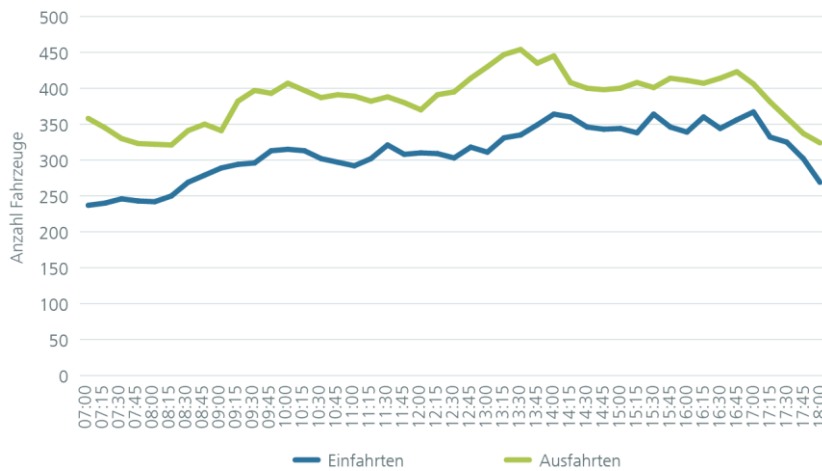


Abbildung 32: Ein- und Ausfahrten Innenstadt Gesamtverkehr (rollierend stundenweise zusammengefasst)

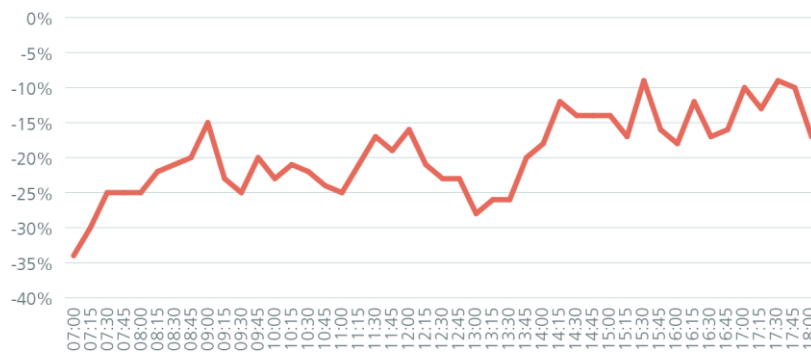


Abbildung 33: Verhältnis der Ein- und Ausfahrten Innenstadt Gesamtverkehr (rollierend stundenweise zusammengefasst)

¹ In Phasen besonders ungleicher Bewegungen auf dem Alleinring (besonders viele Einfahrten im Verhältnis zu den Ausfahrten oder andersherum) kann es dazu kommen, dass sich der gesamte Wirtschaftsverkehrsanteil in einem Zeitpunkt anders entwickelt als der separat für Ein- oder Ausfahrten bestimmte Wirtschaftsverkehrsanteil. Gegen 12:00 Uhr dominieren bspw. insgesamt Verkehre, die vom Alleinring ausfahren, innerhalb der zahlenmäßig geringeren Einfahrten steigt aber der Anteil des Wirtschaftsverkehrs. Aufgrund der wesentlich häufigeren Ausfahrten fällt dies insgesamt („Gesamtanteil“) nicht ins Gewicht. Ein umgekehrtes Beispiel erkennt man um 13:30 Uhr: die Ausfahrten dominieren den Gesamtverkehr, ihr Wirtschaftsverkehrsanteil nimmt zu, während der Anteil des Wirtschaftsverkehrs bei einfahrenden Fahrzeugen sinkt.

Die temporären Messstellen verzeichneten deutlich überwiegend aus der Innenstadt abfließenden als zufließenden Verkehr (Abbildung 33). Im Durchschnitt wurden 18% weniger Zu- als Abfahrten erfasst. Es ist auffällig, dass im Bereich bis 09:00 Uhr am Morgen sowie um die Mittagszeit (12:30 Uhr bis 14:30 Uhr) besonders viele Ausfahrten im Verhältnis zu Einfahrten registriert wurden. Dies lässt vermuten, dass die Verkehrselemente zu diesen Uhrzeiten verstärkt andere Zufahrtmöglichkeiten in den Innenstadtbereich suchen, bspw. aufgrund erwarteter Engpässe im Verkehrsnetz.

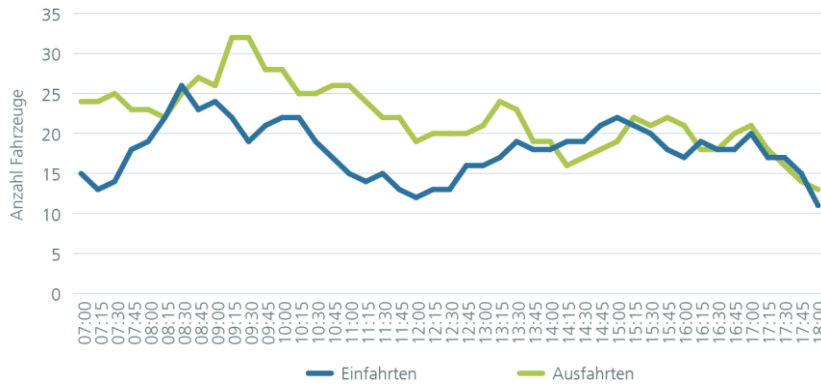


Abbildung 34: Ein- und Ausfahrten (nur Wirtschaftsverkehr) Innenstadt (rollierend stundenweise zusammengefasst)

Die Zu- und Abfahrten des Wirtschaftsverkehrs zur bzw. aus der Innenstadt (Abbildung 34) zeigen einen Hochpunkt zwischen 08:30 Uhr und 09:30 Uhr, danach eine nachlassende Intensität des Verkehrsgeschehens mit einem leichten Anstieg bis 15:00 Uhr und gegen Ende des Messzeitraums ab 17:00 Uhr eine deutlich nachlassende Aktivität.

Anhand von Abbildung 35 ist zudem zu erkennen, dass der Wirtschaftsverkehr ab dem Nachmittag (14:00 Uhr) die betrachteten Messpunkte überwiegend zur Einfahrt in die Innenstadt nutzt, was auf eine höhere Zufahrtsaktivität im Nachmittagsbereich deutet und zu dem beschriebenen Aktivitätsanstieg bis 15:00 Uhr passt.



Abbildung 35: Verhältnis der Ein- und Ausfahrten (nur Wirtschaftsverkehr) Innenstadt (rollierend stundenweise zusammengefasst)

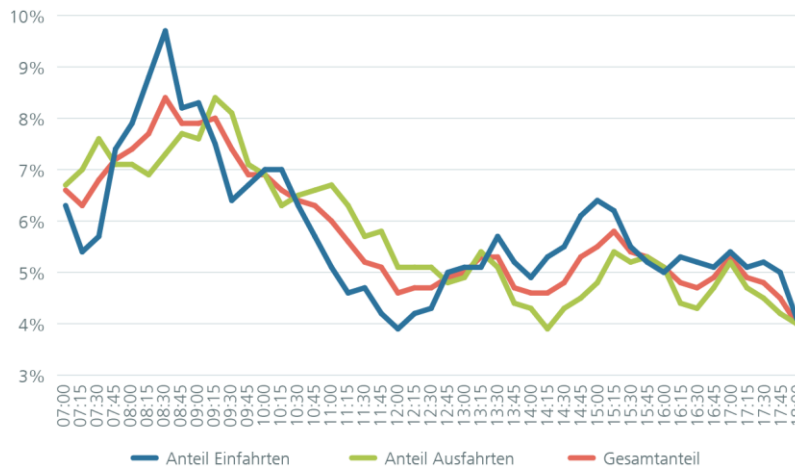


Abbildung 36: Wirtschaftsverkehrsanteil insgesamt und nach Innenstadt-Ein- und -Ausfahrt (rollierend stundenweise berechnet)

Bestimmt man für die Ein- und Ausfahrten der Innenstadt den Wirtschaftsverkehrsanteil ergibt sich im Tagesverlauf ein Anteil von 5,7%, sodass bereits ab 07:00 Uhr bis ca. 11:30 Uhr überdurchschnittlich hohe Wirtschaftsverkehrsaktivität zu verzeichnen ist (Abbildung 36). Zwischen 15:00 Uhr und 15:30 Uhr ist nochmals überdurchschnittliche Aktivität erkennbar. Ab 17:00 Uhr sinkt der Anteil kontinuierlich ab.

Die Einfahrtszeiten am Alleenring sind morgens zwischen 7 und 11 Uhr am höchsten. Dieses Muster deutet auf den morgendlichen Zulieferverkehr hin, da insbesondere für die Fahrzeugkategorie Lkw zwischen 7 und 13 Uhr durchgängig zwischen 40 - 63 Lkw pro Stunde einfahren. Nach 13 Uhr reduziert sich die Anzahl der einfahrenden Lkw deutlich auf maximal 26 pro Stunde. Dieser Trend ist im weiteren Tagesverlauf deutlich erkennbar, da die Werte für alle Fahrzeugtypen sinken. Für die kalkulatorisch ermittelten Lfw gilt dieser Trend eingeschränkt. Bei dieser Fahrzeugkategorie werden zwischen 15 und 17 Uhr Verkehrsstärken erfasst, die vergleichbar zu denen des Vormittagszeitraums sind. Bei den Ausfahrten am Alleenring kann festgestellt werden, dass bis 15 Uhr über 40 Lkw pro Stunde ausfahren und es erst danach zu einem Rückgang der Werte kommt. Die untersuchten Messstellen weisen darüber hinaus für den Alleenring mehr Ausfahrten als Einfahrten aus. Für die Ausfahrt Alleenring wurden 659 und für die Einfahrt 458 Lkw und Lkwa & Sattel-Kfz erfasst. Dies kann zum einen mit dem zeitlichen Versatz der Messungen, die an verkehrlich vergleichbaren, aber dennoch unterschiedlichen Tagen durchgeführt wurden und mit der Abdeckung der Messstellen, die nicht jede Ein- bzw. Ausfahrtstraße umfassen, erklärt werden.

Die wesentlichen Ergebnisse in Kürze:

- Die Datengrundlage wird gebildet von Knotenzählungen an 39 temporären Messstellen im Stadtgebiet sowie einem Floating Car Data-Datensatz.
- Die Analyse des ruhenden Wirtschaftsverkehrs ist nicht Gegenstand des vorliegenden Gutachtens.
- Vielbefahrene Bundesstraßen und Ortsdurchfahrten sind im Aufkommen zu Städten ähnlicher Größe auf vergleichbarem Niveau.
- Das stärkste Aufkommen an den 39 temporären Messstellen an Lkw wird in unmittelbarer Nähe des Autobahnanschlusses „Rothe Erde“ registriert.
- Die mittlere Flussgeschwindigkeit des Verkehrs zeigt montags bis freitags zwischen 5 Uhr am Morgen und 18 Uhr am Abend deutlich geringere Werte als zu den anderen Tageszeiten.
- Zeitliche Spitzen des Gesamtverkehrs auf dem Alleenring befinden sich zwischen 6 und 9 Uhr (nur Montag bis Freitag) sowie 15 und 17 Uhr.

- Zeitliche Spitze des Verkehrs schwerer Fahrzeuge auf dem Alleenring deckt sich mit der morgendlichen Spitze im Gesamtverkehr, so dass es zu einer Überschneidung der Verkehre kommt. Anhand der vorliegenden Daten ist keine zeitliche Entzerrung zwischen MIV und Wirtschaftsverkehr erkennbar, was zu verstärkter Staubildung, höherer (Gesamt-)Verkehrsbelastung und höherer lokaler Abgas- und Lärmbelastung führen kann.
- An den Messknoten ließ sich in Bezug auf den Wirtschaftsverkehr feststellen, dass diese bis ca. 9 Uhr am Morgen überwiegend für die Erreichung der Innenstadt als für das Verlassen der Innenstadt überquert wurden. Nach 9 Uhr nimmt der Anteil des Wirtschaftsverkehrs am Gesamtverkehr stetig ab. Gegen 12 Uhr und 15 Uhr ist kurz eine Erhöhung des Wirtschaftsverkehrs gegen den Tagestrend erkennbar.

3.2.3 Identifikation von Hotspots

Mit dem Begriff „Hotspot“ werden Auffälligkeiten und Besonderheiten bezeichnet, die im Rahmen der explorativen Analyse der verarbeiteten Verkehrsdaten zutage getreten sind und auf besondere Problemlagen hinweisen können. Es werden Hotspots in Bezug auf

- verkehrliche Hotspots nach Verkehrsaufkommen,
- Hotspots nach Verkehrsfluss im Tagesverlauf,
- verkehrsbedingter Antriebsemissionen sowie
- Unfallgeschehen mit Beteiligung des Wirtschaftsverkehrs

unterschieden.

Verkehrliche Hotspots nach Verkehrsaufkommen

Zur Identifikation der verkehrlichen Hotspots nach Verkehrsaufkommen werden die Daten der temporären Messstellen zunächst über den gesamten Erfassungszeitraum betrachtet und jene Orte identifiziert, die sich im Vergleich durch ein besonders hohes tägliches Verkehrsaufkommen auszeichnen. Fünf der Top 6 Messstationen (nach Anzahl Fahrzeugen) befinden sich am östlichen Teil des Alleenrings (vgl. Abbildung 37). Die Messstelle B0-117 verfügt mit über 37.000 Fahrzeugen über die höchsten Werte von allen betrachteten Messungen und verbindet den Alleenring mit der B 258 (Adalbertsteinweg bzw. Trierer Straße). Im Nordöstlichen Bereich, Messstellen B0-266 (Rang 2) und B0-296 (Rang 4), handelt es sich um Knotenpunkte, deren Straßenabschnitte als Zubringer zu den Autobahnen A 544 und A 4 fungieren. Die Messstelle B0-056 mit den höchsten Gesamtmengen, die nicht auf dem Alleenring ist, befindet sich ebenfalls in unmittelbarer Nähe zur Autobahnauffahrt A 544 (vgl. Abbildung 13) auf dem Berliner Ring in unmittelbarer Nähe zum Gewerbegebiet Rothe Erde.



Abbildung 37: Hotspot-Messstellen am östlichen Teil des Alleinrings (OSM Contributors)

Die Auswertung der Verkehrszählungen ergeben, dass die höchste Verkehrsbelastung in diesem Zeitraum am östlichen Teil des Alleinrings auftritt und insbesondere die Kreuzungen im Nord-Osten betroffen sind. Hierbei ist zu beachten, dass die meisten Zählungen während der Sperrung der Turmstraße im Zeitraum vom Mai 2022 bis Oktober 2024 durchgeführt wurden und es in diesem Zeitraum keinerlei Querungsmöglichkeiten über diese Brücke gab.

Die Analyse der Verkehrsbelastung an Knotenpunkten für die Fahrzeugtypen Lkw sowie Lkwa & Sattel-Kfz ergibt, verglichen mit der beschriebenen Gesamtbetrachtung, ein ähnliches Muster. Von den zehn Messstellen mit dem höchsten Gesamtfahrzeugaufkommen befinden sich neun Messstellen ebenfalls unter den Top 10 der Messstellen mit dem höchsten Aufkommen der Fahrzeugtypen Lkw und Lkwa & Sattel-Kfz. Mit deutlichem Abstand weist die Messstelle BO-056 mit 1.907 Lkw und Lkwa & Sattel-Kfz den höchsten Wert auf (vgl. Abbildung 38).

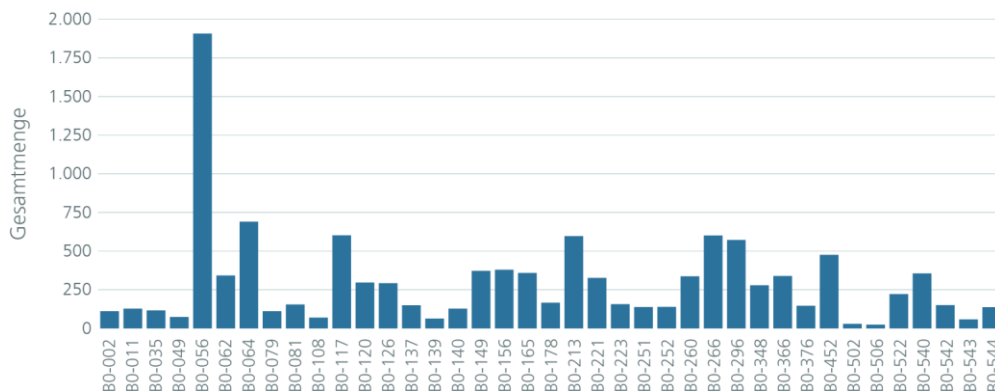


Abbildung 38: Hotspots nach Lkw und Lkwa & Sattel-Kfz je Messstelle

Abbildung 39 beschränkt die Darstellung des täglichen Aufkommens auf die zehn aufkommensstärksten temporären Messstellen (Position im Stadtgebiet Aachens vgl. Abbildung 40) Messstelle BO-056 auf dem Berliner Ring in unmittelbarer Nähe des Autobahnzugangs zur A544 fällt mit einer im Vergleich besonders hohen Verkehrsbelastung von 1.907 Fahrzeugen (Lkw, Auflieger-Lkw, Sattel-Kfz) auf. Dieser

Wert liegt fast dreimal so hoch wie an Messstelle B0-064, die sich in der Nähe an der Breslauer Straße befindet.

 Analyse des Wirtschaftsverkehrs
 und Darstellung des Status Quo

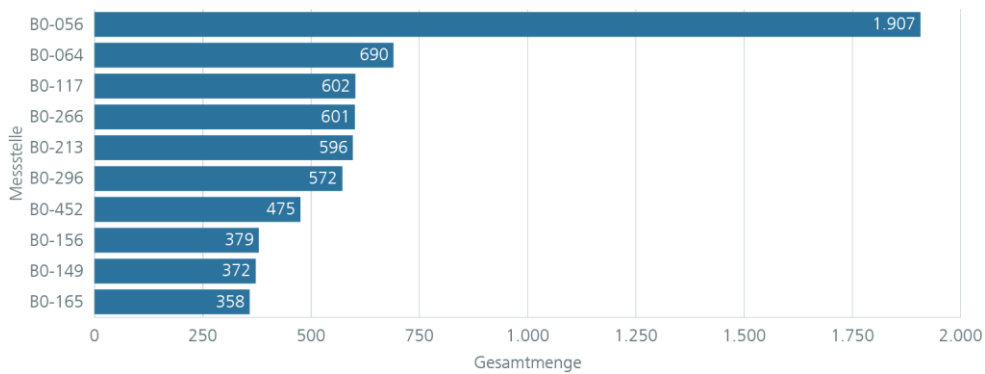


Abbildung 39: Hotspots nach Lkw und LkWA & Sattel-Kfz je Messstelle

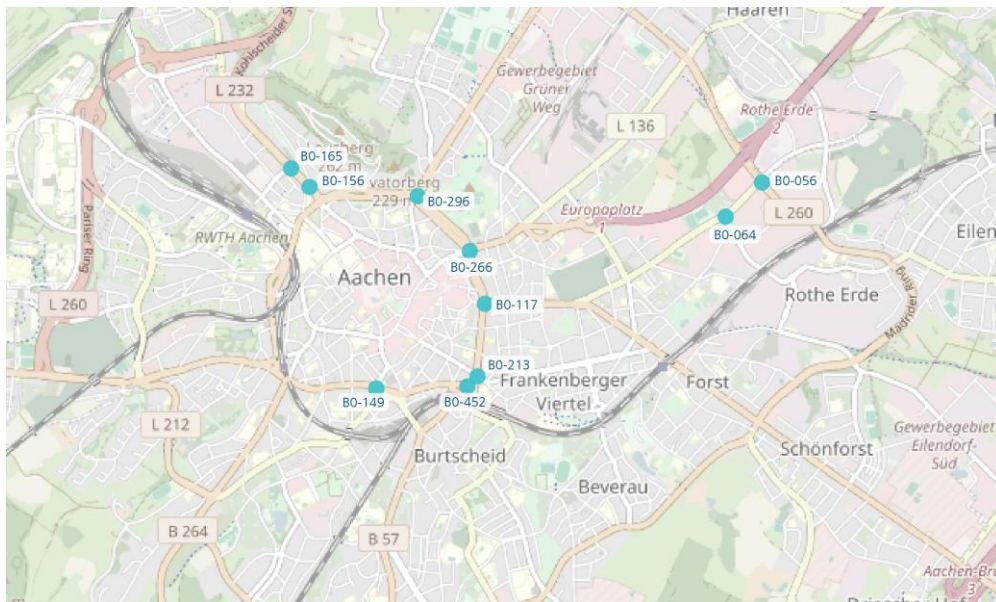


Abbildung 40: Hotspots nach Lkw und LkWA & Sattel-Kfz je Messstelle (OSM Contributors)

Die tägliche Verkehrsbelastung auf dem östlichen Alleenring entspricht etwa dem Niveau der Messstelle B0-64, was immer noch etwa 50% über dem Aufkommen der temporären Messstellen am nordwestlichen und südlichen Alleenring entspricht. Die Messungen weisen damit darauf hin, dass eine Befahrung der Aachener Innenstadt mit Nutzfahrzeugen vornehmlich aus östlicher Richtung über B1 bzw. B258 bzw. nord-östlich über die B57 erfolgt. Diese Verhältnisse erscheinen plausibel, da die Autobahn 544 östlich der Innenstadt am Europaplatz endet und die Autobahn in Ost-West-Richtung nördlich der Innenstadt verläuft. Der Zufluss über die südlich verlaufende Autobahn 44 (Abfahrt Lichtenbusch via B57 in nördlicher Richtung) wird an der temporären Messstelle B0-452 erfasst und fällt etwas schwächer aus. Die Abfahrt Lichtenbusch ist mit ca. 9 km Fahrdistanz zum Alleenring deutlich weiter entfernt als die Abfahrt Zentrum (im Norden, Autobahn 4, ca. 3 km) oder Europaplatz (im Osten, Autobahn A544, ca. 1,5 km). Zu beachten ist weiterhin, dass die meisten Messungen während der Sperrung der Turmstraße durchgeführt wurden.

Der Anteil des Wirtschaftsverkehrs wird auf Grundlage der erfassten Fahrzeuge der Fahrzeugkategorien Lkw und LkWA & Sattela (vgl. Tabelle 1) für jede Messstelle

bestimmt. Das Ergebnis ist in Abbildung 41 visualisiert. Abbildung 42 visualisiert den Anteil Wirtschaftsverkehr inklusive des kalkulierten Anteils Lfw (vgl. Kapitel 3.2.1) der Gesamtmenge.

 Analyse des Wirtschaftsverkehrs
 und Darstellung des Status Quo

Die Anteile des Wirtschaftsverkehrs variieren von unter 1 % bis über 5 %. An der Messstelle B0-056 wurde der höchste Anteil des Wirtschaftsverkehrs erfasst. Hierbei handelt es sich um die Messstelle mit der höchsten erfassten Gesamtmenge, die daher auch ein Hotspot des Wirtschaftsverkehrs ist. Danach folgen die Messstellen B0-506 und B0-522 mit über 3,5 % Anteil am Wirtschaftsverkehr. Die häufigsten Ausprägungen der Messstellen liegen zwischen 1-2 % Anteil des Wirtschaftsverkehrs.

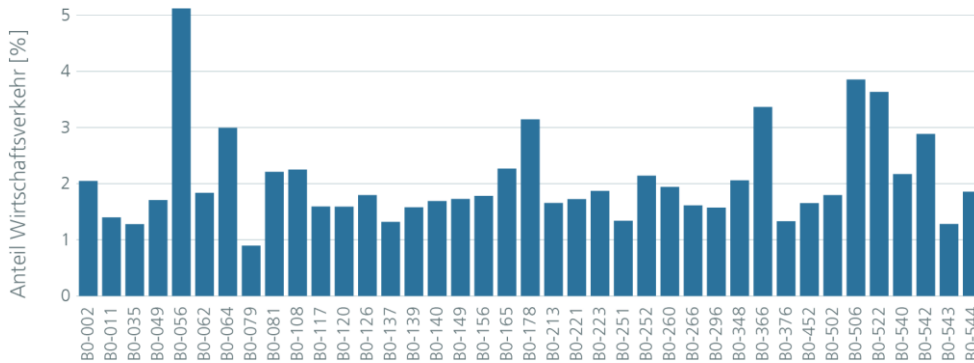


Abbildung 41: Anteil Wirtschaftsverkehr (Lkw und Lkwa & Sattela) an der Gesamtmenge

Werden die kalkulatorisch ermittelten Lfw einbezogen, verschieben sich die Anteile am Wirtschaftsverkehr, wobei die Messstelle B0-056 weiterhin den höchsten Anteilen am Wirtschaftsverkehr hat (vgl. Abbildung 42). Der Wertebereich variiert zwischen 4 % und rund 11 % Anteil am Wirtschaftsverkehr der Messpunkte.

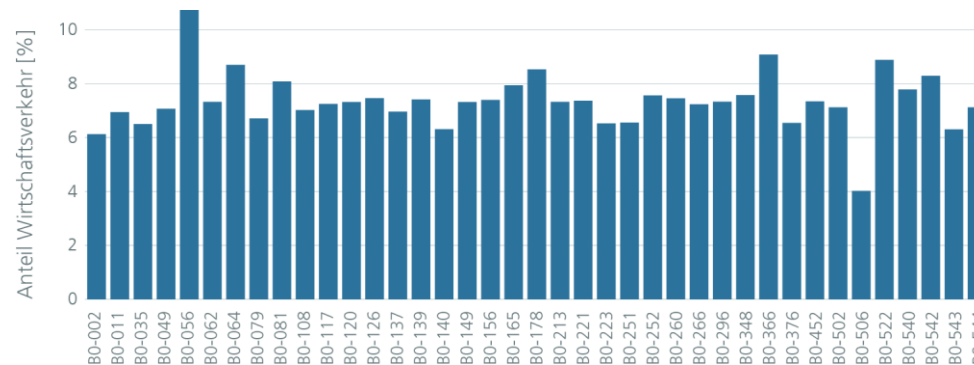


Abbildung 42: Anteil Wirtschaftsverkehr inklusive kalkulierter Anteil Lfw der Gesamtmenge

Der Schwerpunkt des Wirtschaftsverkehrsaufkommens speist sich damit aus einem Gebiet, das zwischen A57 im Norden und A544 bzw. B1 im Osten des Alleinrings aufgespannt wird.

Hotspots nach Verkehrsfluss im Tagesverlauf

Die temporären Messstellen bieten eine hohe lokale Genauigkeit im Hinblick auf tatsächliche Verkehrsstärken, erlauben aber keine Aussagen zum Flussverhalten des Verkehrs. Aus diesem Grund basiert die Analyse der Dynamik des Verkehrsflusses auf FCD. Die verwendeten Daten sind im Gegensatz zur temporären örtlichen Messung keine Vollerhebungen, sondern nicht repräsentative Untermengen des Verkehrs. Dennoch gestatten sie eine Analyse in Bezug auf die Geschwindigkeit des Verkehrs als

Ganzes, da sich die per FCD erfassten und die nicht per FCD erfassten Fahrzeuge dieselben Verkehrswege teilen. Das Verkehrsverhalten aller spiegelt sich damit in den gewählten Geschwindigkeiten der per FCD abgebildeten Fahrzeuge dar.

Die Analyse auffälliger Geschwindigkeitsmuster im Sinne der Hotspot-Betrachtung legt einen logischen Kordon um den Alleenring, so dass die dort registrierten Momentangeschwindigkeiten über einzelne Tagesstunden aggregiert und tages- wie stundenbezogen gemittelt werden können. Der Kordon umfasst alle FCD-Fahrzeugbewegungen innerhalb und auf dem Alleenring (inklusive Grabenring) sowie angrenzende Straßen und Zubringer. Hier zeigt sich noch einmal ein weiterer entscheidender Unterschied zu den temporären Zählstellen in Form des abgedeckten Zeitintervalls. Die FCD decken alle 24 Stunden eines Tages ab, während die temporären Zählstellen nur zwischen 7 und 19 Uhr aktiv gemessen haben. Abbildung 43 zeigt die Ergebnisse dieser ersten Auswertung. Zwischen 6 Uhr und 17 Uhr ist ein von Montag bis Freitag nahezu durchgehend niedriges mittleres Geschwindigkeitsniveau von 20 km/h festzustellen, das in den Morgenstunden um 8 Uhr noch unterschritten wird. Diese Auswertungen zeigen aus anderer Perspektive als lokale Verkehrsstärkenmessungen die im Tagesverlauf hohe Verkehrsbelastung des Alleenrings und seiner Zubringerwege an. Zudem fällt eine besonders niedrige mittlere Geschwindigkeit im Bereich um 8 Uhr morgens auf, welche aufgrund der hohen Verkehrsbelastung entsteht.

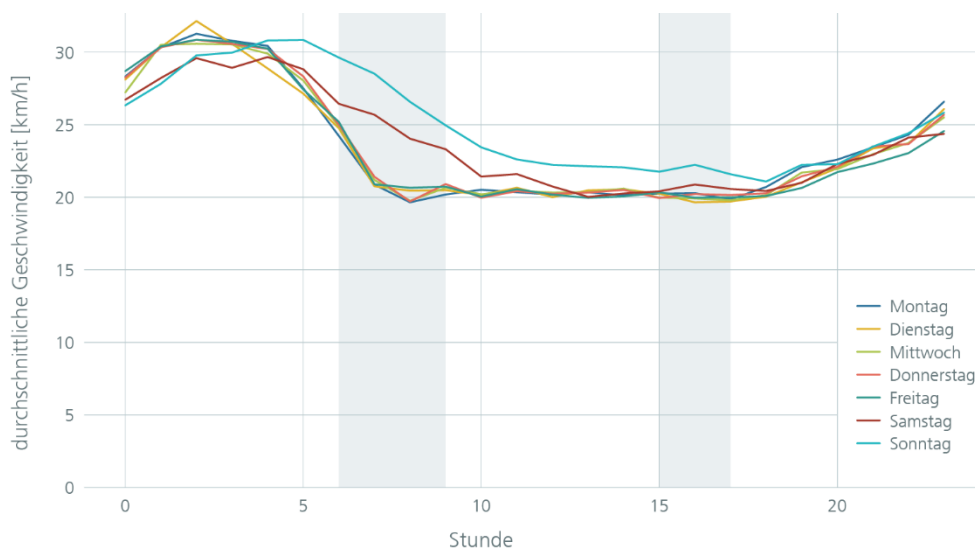


Abbildung 43: Geschwindigkeitsprofil Alleenring und Zubringer-Straßen nach Wochentag auf Grundlage der FCD

Hotspots nach verkehrsbedingten Antriebsemissionen

Verkehrsbedingte Emissionen von Luftschadstoffen und Treibhausgasen nehmen in Bereichen mit dichtem Verkehr und höherem Anteil von Stop-and-go-Verkehren zu¹. Niedrigere oder zu gewissen Tageszeiten absinkende Durchschnittsgeschwindigkeiten sind ein typischer Indikator für solche Bereiche. Es kann davon ausgegangen werden, dass Emissions-Hotspots dort existieren, wo diese Absenkungen erkennbar sind und der Verkehr häufig unterbrochen wird bzw. unet fließt. Diese Effekte treten sowohl bei Treibhausgasemissionen als auch bei Luftschadstoffen auf. In letzterem Fall sind sie besonders unerwünscht, da sie die lokale Luftqualität beeinträchtigen.

¹ vgl. Barth und Boriboonsomsin (2008).

Hotspots im Unfallgeschehen mit Beteiligung des Wirtschaftsverkehrs

Analyse des Wirtschaftsverkehrs
und Darstellung des Status Quo

Zur Analyse des Unfallgeschehens in der Stadt Aachen werden Unfalldaten mit Beteiligungen von Fahrzeugtypen, die dem Wirtschaftsverkehr zugeordnet werden, ausgewertet. Der durch die Stadt Aachen bereitgestellte Datensatz umfasst den Zeitraum 11.01.2022 bis 24.12.2024 und 173 erfasste Unfallvorgänge. Um aus diesen Informationen Hotspots zu identifizieren, wird ein analoges Vorgehen zur Analyse der Hotspots des Verkehrsaufkommens gewählt, so dass zunächst eine geographische Analyse der Unfälle und danach eine zeitliche Analyse der Unfälle durchgeführt wird.

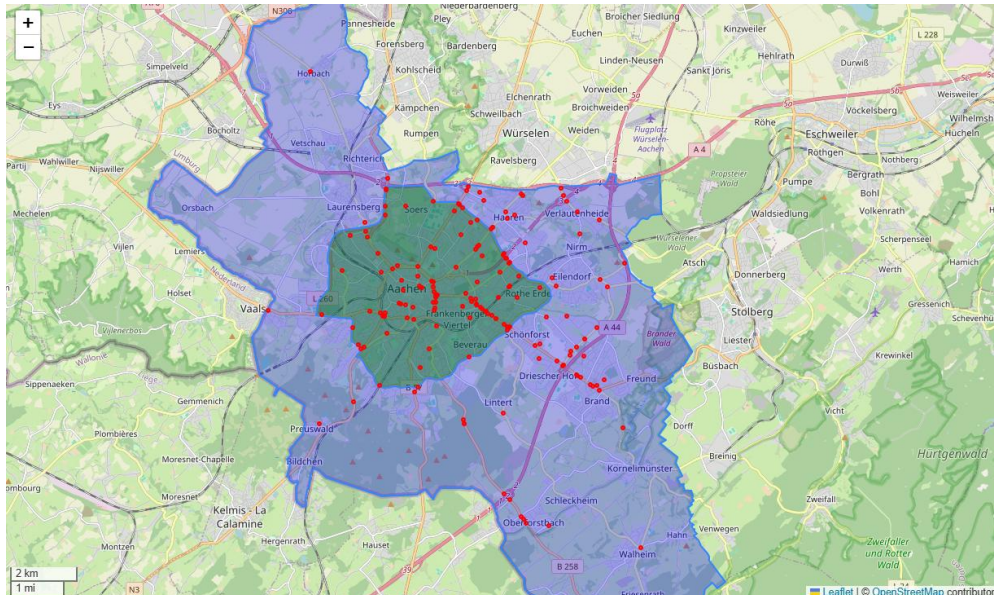


Abbildung 44: Verortung der Unfälle mit Beteiligung Wirtschaftsverkehr (OSM Contributors)

Abbildung 44 zeigt die geographische Verortung der Unfallvorgänge im gesamten Aachener Stadtgebiet bzw. hervorgehoben innerhalb und auf dem Alleenring. Bei der Zuordnung der 173 Unfallvorgänge auf die Aachener Ortsteile zeigt sich, dass mit insgesamt 126 erfassten Unfällen, was rund 73% aller Unfälle entspricht, der Ortsteil Aachen-Mitte am stärksten von Unfällen mit Beteiligung des Wirtschaftsverkehrs betroffen ist (vgl. Tabelle 3). Danach folgt mit großem Abstand der Ortsteil Haaren, in dem elf Unfälle (ca. 6 %) auftreten. Auffällig sind die räumlichen Häufungen der Unfälle auf der Trierer Straße sowie auf dem östlichen Alleenring. Dies deckt sich mit den Erkenntnissen aus der Analyse der Hotspots nach dem Verkehrsaufkommen und des Verkehrsflusses.

Tabelle 3: Verortung der Unfälle mit Beteiligung Wirtschaftsverkehr je Ortsteil vom 11.01.2022 bis 24.12.2024

Ortsteil	Kategorie	Häufigkeit
Aachen	Unfall mit Personenschaden (leicht verletzt)	91
	Schwerwiegender Unfall mit Sachschaden	29
	Unfall mit Personenschaden (schwer verletzt)	4
	Unfall mit Personenschaden (Person getötet)	2
Brand	Unfall mit Personenschaden (leicht verletzt)	6
	Schwerwiegender Unfall mit Sachschaden	3
Eilendorf	Unfall mit Personenschaden (leicht verletzt)	5
	Unfall mit Personenschaden (Person getötet)	1
Haaren	Unfall mit Personenschaden (leicht verletzt)	7
	Schwerwiegender Unfall mit Sachschaden	2
	Unfall mit Personenschaden (schwer verletzt)	3
Horbach	Unfall mit Personenschaden (schwer verletzt)	1
Laurensberg	Schwerwiegender Unfall mit Sachschaden	3
	Unfall mit Personenschaden (leicht verletzt)	2
	Unfall mit Personenschaden (schwer verletzt)	1
Lichtenbusch	Unfall mit Personenschaden (leicht verletzt)	3
	Schwerwiegender Unfall mit Sachschaden	2
Oberforstbach	Unfall mit Personenschaden (leicht verletzt)	1
Vaalsequartier	Unfall mit Personenschaden (leicht verletzt)	1
Verlautenheide	Unfall mit Personenschaden (leicht verletzt)	3
	Schwerwiegender Unfall mit Sachschaden	1
	Unfall mit Personenschaden (schwer verletzt)	1
Walheim	Unfall mit Personenschaden (leicht verletzt)	1

Bei detaillierter Betrachtung der Unfallkategorien ist erkennbar, dass Unfälle mit Personenschaden (leicht verletzt) fast 70% aller Unfälle sind. Diese machen auch den Großteil der Unfälle in den Hotspots (Trierer Straße und östlicher Alleenring) aus. Danach folgt die Kategorie schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden (ca. 23%) und Unfall mit Personenschaden (schwer verletzt) (rund 6%) sowie Unfall mit Personenschaden (Person getötet) mit knapp 2%.

Die zeitliche Analyse des Unfallgeschehens, aggregiert auf die Stunden des Tages über den gesamten Zeitraum, offenbart, dass in der Nacht- und der frühen Morgenzeit Unfälle selten sind. Eine Häufung von Unfällen ist zwischen 11 und 12 Uhr mittags, bei der auch die höchste Anzahl Unfall-Beteiligte auftreten (vgl. Abbildung 45), erkennbar. Bei differenzierter Analyse der Daten wird ersichtlich, dass es insbesondere Unfälle mit Personenschaden (leicht verletzt) in diesem Zeitraum sind und darüber hinaus auch die meisten Unfälle mit Personenschaden (schwer verletzt) in diesem Zeitraum auftreten (vgl. Abbildung 46).

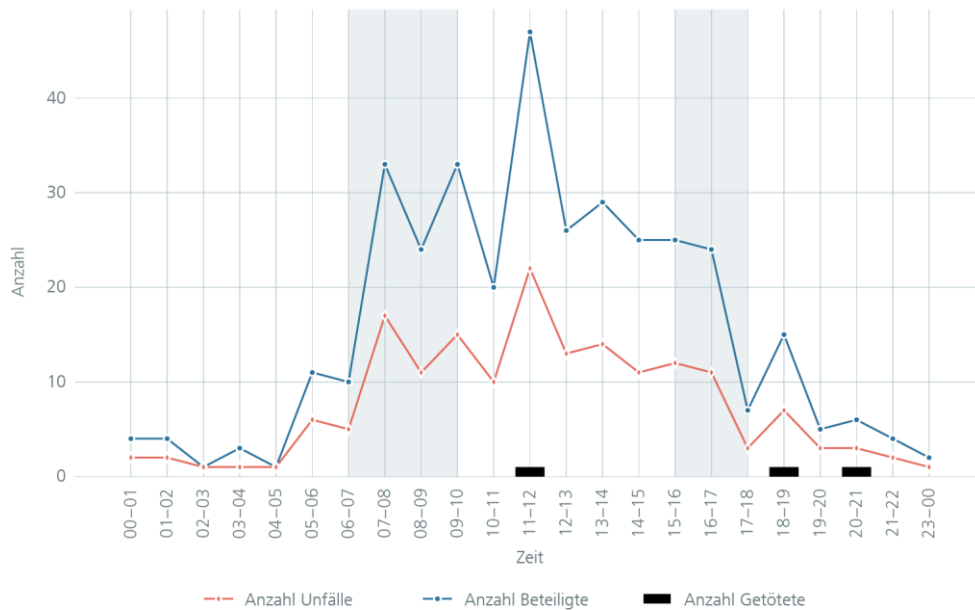


Abbildung 45: Verteilung Unfälle im Tagesverlauf

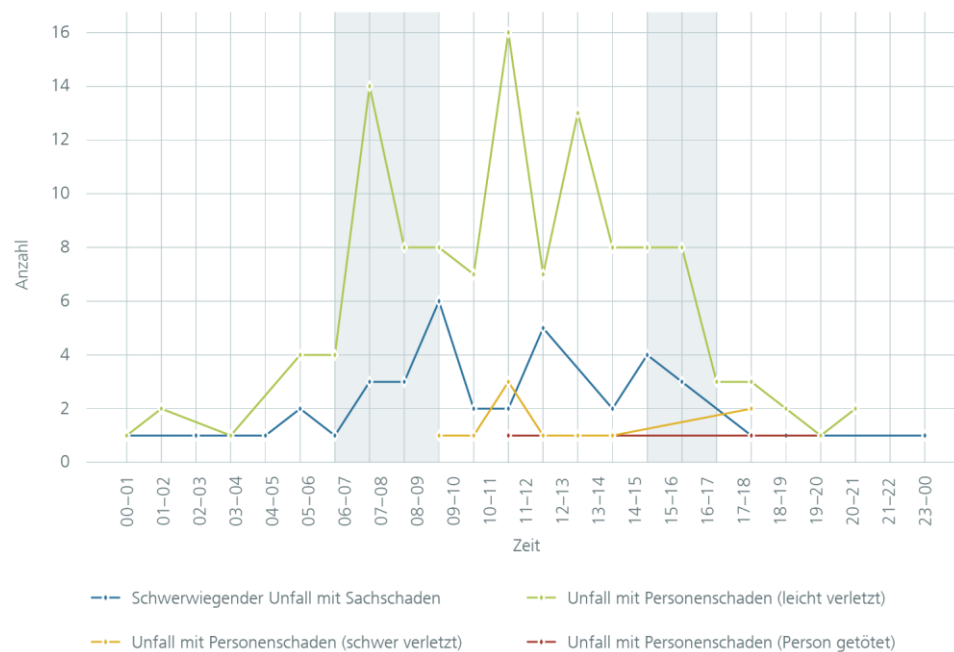


Abbildung 46: Verteilung Unfälle im Tagesverlauf nach Unfallkategorien

Insgesamt dominieren Unfälle mit Personenschaden gegenüber reinem Sachschaden das Unfallgeschehen des Wirtschaftsverkehrs im Stadtgebiet Aachen. Schwere Personenschäden treten nur vereinzelt auf und konzentrieren sich um die Spitzenzeiten. Nach der Mittagszeit und dem Peak zwischen 11 – 12 Uhr nimmt die Zahl der Unfälle insgesamt ab.

Zusammengefasste Erkenntnisse aus den Experteninterviews:

Im Rahmen der Experteninterviews wurde auch eine Frage zur Verkehrssicherheit bzw. dem Unfallgeschehen im Stadtgebiet gestellt. Vier der neun am Wirtschaftsverkehr direkt beteiligten Gesprächspartner sehen keine speziellen Unfallschwerpunkte bzw.

Gefahrenstellen. Jedoch nennen diese vier Teilnehmer das teilweise notwendige Halten in zweiter Reihe infolge fehlender oder blockierter Lade-/Lieferzonen als ein generell erhöhtes Risiko für Unfälle, insbesondere für Fußgänger und Radfahrende. Die anderen Gesprächsteilnehmer benannten jeweils unterschiedliche einzelne Straßen, die ein erhöhtes Risiko aufweisen. Am Adalbertsteinweg würden bspw. Haltevorgänge angesichts der Spurgeometrie auf Busspur oder Schutzstreifen zu potenziellen Gefahrenlagen führen. In der Burtscheider Straße im Bereich Bahnhof am Marschierort würde eine Baustellensituation dazu führen, dass durch die geänderte Straßenführung der Radverkehr kurz vor der Ampel den Straßenverkehr kreuzen muss, wodurch das Unfallrisiko erhöht würde. An der Theaterstraße würden Lade-/Lieferzonen für Lkw fehlen, was hier zu einem vermehrten Halten in zweiter Reihe führt.

Neben diesen speziell für den Wirtschaftsverkehr beispielhaft genannten Straßenverkehrssituationen, wurde auch die Ausfahrt aus dem Parkhaus des Einkaufszentrums Aquis Plaza (Heinrichsallee/Stiftstraße) als sicherheitskritisch genannt. Häufige Rückstaus bei der Ausfahrt würden zu ungeduldfähigen Fahrmanövern und Konflikten führen, weshalb eine optimierte Ampelschaltung und eine Änderung der Verkehrsführung (Wendemöglichkeit mit U-Turn) aus Sicht des Gesprächspartners wünschenswert wäre. Des Weiteren wurde von zwei Gesprächsteilnehmenden auch der Lastenradverkehr und seine speziellen Anforderungen an die Radinfrastruktur angesprochen. Zu schmale Durchfahrbreiten, bedingt durch zu eng stehende Poller, würden es Lastenrädern teilweise erschweren die Radwege zu nutzen und sie zwingen in den Straßenverkehr auszuweichen.

Spezifische Bewegungsmuster

Zur Erkennung und Analyse besonderer Bewegungsmuster des Wirtschaftsverkehrs sind die Verkehrszählstellen nicht geeignet, da diese den Verkehr nur punktuell und nicht in Etappen oder Wegekettens erfassen. Daher werden die FCD (vgl. Beschreibung und Einschränkungen des Datensatzes in Kapitel 3.2.1) analysiert. Eine Fahrt wird in der Nomenklatur der FCD als „Trip“ bezeichnet. Der hierfür verwendete Zeitraum ist in Abbildung 14 dargestellt. Nach Gewichtsklassen aufgeteilt ergibt sich die in Tabelle 4 dargestellte Verteilung von identifizierten Trips.

Tabelle 4: Verteilung der Fahrzeuge auf Basis der FCD nach Gewichtsklassen

Gewichtsklasse	Anzahl	Anteil [%]
leichte Nutzfahrzeuge/ Personenkraftwagen (<3,5t)	2.326.100	82
mittelschwere Lkw/ Lieferwagen (3,5t-7,5t)	517.200	18
schwere Lkw (>7,5t)	2.500	0,1

Trips der Gewichtsklassen mittelschwere Lkw/Lieferwagen (3,5t-7,5t) und schwere Lkw (>7,5t) sind in den FCD unterrepräsentiert und machen nur rund 18% aus.

Der Datensatz umfasst Trips mit Geokoordinaten im Aachener Stadtgebiet, d.h. es sind sowohl Quell-, Ziel- als auch Binnenfahrten enthalten. Bei den folgenden Analysen werden die Gewichtsklassen mittelschwere Lkw/Lieferwagen (3,5t-7,5t) und schwere Lkw (>7,5t) betrachtet. Eine Einbeziehung der leichten Nutzfahrzeuge/Personenkraftwagen (<3,5t) erfolgt nicht, da der kalkulatorische Ansatz, der bei der Unterteilung der Miovision Scout Kategorie „Pkw & Lfw“ (6 %) gewählt wurde, nur für die Bestimmung einer Gesamtmenge von Fahrzeugen nutzbar ist, aber

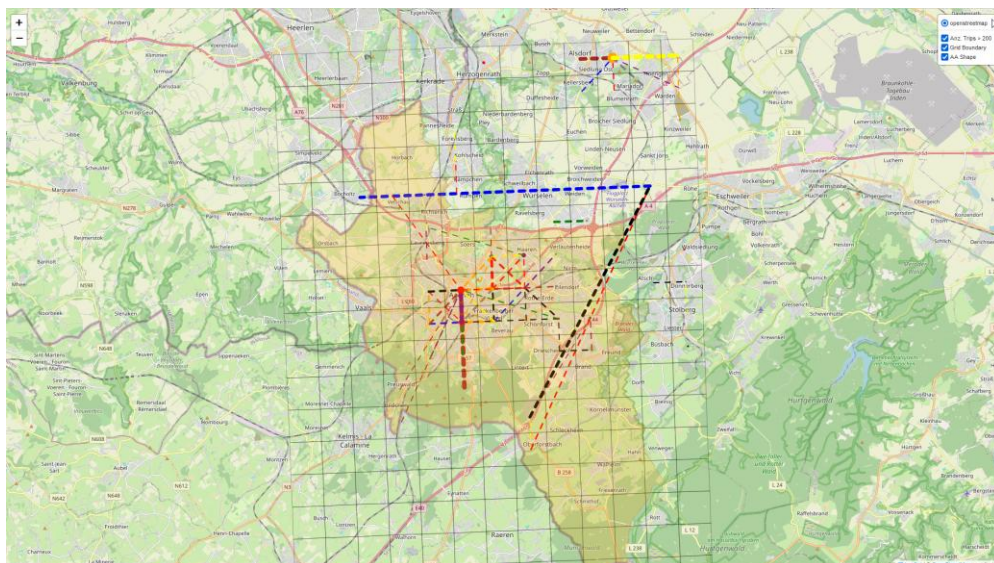
im Folgenden zeitliche und distanzbasierte Analysen der Daten auf Ebene von Trips durchgeführt werden.

Die Analyse der Trip-Dauern und der Trip-Distanzen weisen unterschiedliche Bewegungsmuster auf. Für mittelschwere Lkw/Lieferwagen (3,5t-7,5t) beträgt die durchschnittliche Trip-Dauer rund 1:12 Stunden und für schwere Lkw (>7,5 t) sind dies 2:46 Stunden und damit mehr als doppelt so lang. Der Vergleich der Medianwerte verstärkt den Eindruck der unterschiedlichen Nutzung der unterschiedlichen Gewichtsklassen. Bei mittelschweren Lkw/Lieferwagen (3,5t-7,5t) beträgt der Median der Trip-Dauer 44 Minuten und bei schweren Lkw (>7,5t) 2:52 Stunden, was auf unterschiedliche Einsatzmuster der Fahrzeuge schließen lässt. Auch bei den Trip-Distanzen ist ein ähnliches Muster erkennbar. Durchschnittlich beträgt die Trip-Distanz für mittelschwere Lkw/Lieferwagen (3,5t-7,5t) 81 km (Median 36,5 km) und bei schweren Lkw (>7,5t) beträgt die durchschnittliche Trip-Distanz 210 km (Median 215 km). Eine typische distanzbasierte Unterteilung ist Nahverkehr (bis 50 km), Regionalverkehr (51 bis 150 km) und Fernverkehr (über 150 km)¹. Somit sind die mittelschwere Lkw/Lieferwagen, die von INRIX erhoben und das Stadtgebiet Aachen (teilweise) befahren, im Nah- und Regionalverkehr unterwegs, während die schweren Lkw (>7,5t) klar dem Fernverkehr zuzuordnen sind. Neben der Analyse der Fahrzeiten und der Fahrdistanzen, ist eine geographische Betrachtung für die Beantwortung der Fragestellungen des Wirtschaftsverkehrsgutachten von Bedeutung, d.h. die Größe der Anteile von Trips, die in einem Gewerbegebiet oder innerhalb des Alleenrings (vgl. Abbildung 1) beginnen oder enden.

Die Analyse der räumlichen Trip-Verteilung zeigt, dass 6,33% (n = 32.913) der Trips mittelschwere Lkw/Lieferwagen (3,5t-7,5t) und schwerer Lkw (>7,5t) in Gewerbegebieten ihren Ursprung haben, während 6,20% (n = 32.221) in einem Gewerbegebiet enden. Bei den Gewerbegebieten ist eine minimale Asymmetrie mehr beginnende als endende Trips, identifizierbar. Trips mit Bezug zum Alleenring sind mit 2,51% (n = 13.037) beginnenden und 2,59% (n = 13.461) endenden Trips deutlich geringer vertreten und weisen eine im Vergleich zu den Gewerbegebieten umgekehrte, leichte Asymmetrie (mehr endende als beginnende Trips) auf. Insgesamt ist der Anteil gewerbegebietsbezogener Trips, im Vergleich zu den Alleenring-Trips, um den Faktor 2,47 höher. Dieses Ergebnis ist plausibel, da Gewerbegebiete aufgrund der logistikaffineren Struktur höheres Lkw-Verkehrsaufkommen erzeugen und als wesentliche Quell- und Zielgebiete des in der Analyse betrachteten mittleren bis schweren Wirtschaftsverkehrs fungieren. Die verkehrliche Bedeutung der Innenstadt für den Wirtschaftsverkehr wird durch die vorliegenden Ergebnisse jedoch unterschätzt, da der für die urbane Logistik charakteristische Transporte insbesondere KEP-Dienste oder handwerksnaher Serviceverkehr – überwiegend mit leichten Nutzfahrzeugen (<3,5t) abgewickelt wird, die im Datensatz nicht differenziert sind. Zu beachten sind hierbei die in Kapitel 3.2.1 beschriebenen Einschränkungen bezüglich der FCD-Daten.

Aus diesen Ergebnissen ist ableitbar, dass der Großteil der Trips nicht in den Gewerbegebieten und innerhalb des Alleenrings beginnen oder enden. Eine durchgeführte Rasteranalyse (vgl. Abbildung 47) visualisiert diese Erkenntnisse und stellt die Hauptrelationen des Wirtschaftsverkehrs dar. In der Abbildung sind die Relationen zwischen zwei Rastern dargestellt, die über 200 Trips aufweisen, um die Hauptverflechtungen zu visualisieren. Die Linienstärke korreliert mit dem Relationsaufkommen. Im Zentrumsbereich des Alleenrings sind starke Bündelungen mit multiplen Relationen erkennbar. In den Außenbereichen gibt es eine geringere Verflechtungsdichte, die unterhalb der Darstellungsschwelle liegen. Der in den FCD-Daten erhobene Wirtschaftsverkehr durchquert das Aachener Stadtgebiet auf den Autobahnen A4 im Norden und A44 im östlichen Teil des Stadtgebiets.

¹ Bundesministerium für Digitales und Verkehr 2025



 Analyse des Wirtschaftsverkehrs
 und Darstellung des Status Quo

Abbildung 47: Rasteranalyse der Verkehrsverflechtungen über 200 Trips pro Relation (OSM Contributors)

3.2.4 Einfluss Baustellen und Straßensperren

Die Einrichtung von Baustellen und die damit verbundene (vorübergehende) Sperrung von Verkehrswegen können verschiedene Auswirkungen auf Verkehre haben. Ohne Baustelleneinfluss durchgeführte Verkehrsbewegungen können...

- ...vollständig unterbleiben. Ein Beispiel dafür ist reduzierter Berufspendlerverkehr durch Mehrnutzung von Telearbeit oder die verstärkte Bildung von Fahrgemeinschaften (höherer Pkw-Besetzungsgrad).
- ...zeitlich verschoben werden, bspw. bei Verzicht auf unterwöchige Lebensmittelkäufe zugunsten eines (größeren) Einkaufs am Wochenende.
- ...mit anderen Verkehrsmitteln durchgeführt werden, etwa durch Verzicht auf Fahrten mit Kraftfahrzeugen zugunsten von Fuß-, Rad- oder Busverkehr.

Beim Vergleich der Verkehre im Stadtgebiet über zwei verschiedene Zeiträume, von denen einer durch eine größere Baustelle gekennzeichnet ist, muss daher beachtet werden, dass die Einrichtung der Baustelle nicht allein einen „Hindernis-Charakter“ hat, also nur zu Umwegen oder längeren Reisezeiten führt. Mit den vorliegenden Daten lassen sich jedoch keine Rückschlüsse auf die Veränderungen vor Fahrtantritt führen, sondern lediglich mit (motorisierten) Fahrzeugen realisierte Wege betrachten.

Die Sperrung der Turmstraße vom 02.05.2022 bis zum 09.10.2024, die keine Querung für Verkehrsteilnehmer zuließ, wird daher als reines Hindernis betrachtet, das Fahrten räumlich wie zeitlich beeinflusst. Die Analysen nutzen die FCD, weil diese raumzeitliche Informationen bieten. Die bereits genannten Unsicherheiten bezüglich dieses Datenpools gelten unverändert (vgl. Kapitel 3.2.1). Insbesondere ist zu beachten, dass zahlreiche Einflüsse auf die Durchführung des Straßenverkehrs wirken und die hier betrachtete Baustelle nur einen mehrerer Faktoren darstellt. Beobachtete Veränderungen müssen daher nicht zwingend auf die Brückenspernung zurückgehen.

Um die FCD zur Auswertung einsetzen zu können, werden im Stadtgebiet vier Verkehrszellen gebildet. Abbildung 48 illustriert diese durch blaue Färbung und zeigt in Rot die Lage der gesperrten Brücke auf der Turmstraße. Das unmittelbar an die Turmstraße angrenzende Gebiet (im Folgenden kurz „West“) wird spiegelbildlich eine weitere Verkehrszelle zugeordnet, die ungefähr von der aus Osten kommenden Eisenbahnlinie, Wilhelmstraße/Heinrichstraße sowie dem Europaplatz begrenzt wird (im

Folgenden kurz „Ost“). Analog zum Paar Ost-West wird ein Nord-Süd-Paar gebildet (vgl. Abbildung 48).

 Analyse des Wirtschaftsverkehrs
 und Darstellung des Status Quo

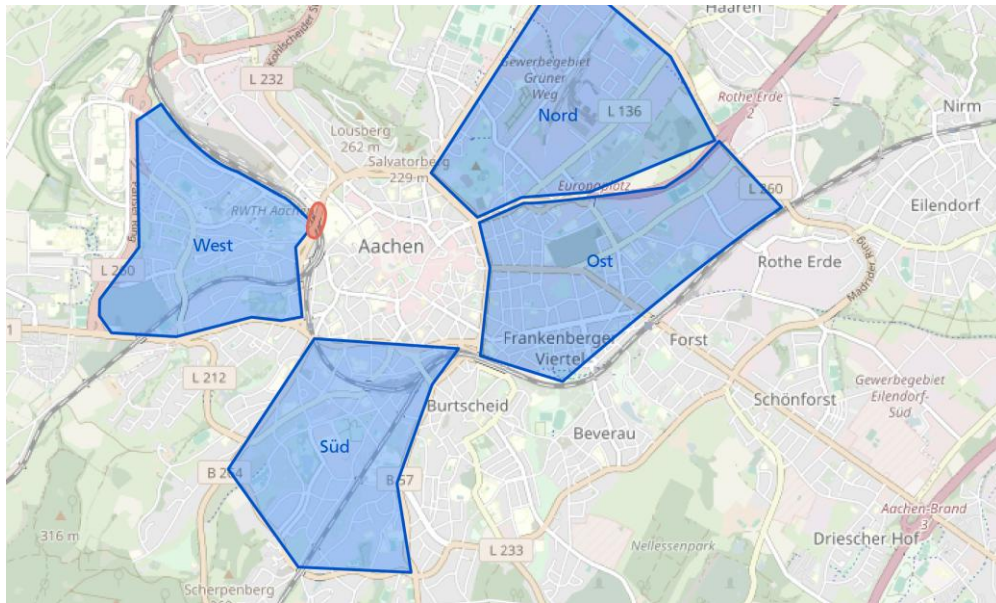


Abbildung 48: Für Analysen zum Baustelleneinfluss gebildete Teilgebiete Aachens (OSM Contributors)

Zusätzlich werden zwei Zeiträume definiert, zum einen der Zeitraum „Baustelle“, der die von den FCD erfassten Tage erfasst, die innerhalb des Sperrungszeitraums vom 02.05.2022 bis zum 09.10.2024 liegen.¹ Zum anderen wird zeitlich disjunkt der Zeitraum „frei“ definiert, also alle von den FCD erfassten Tage, die eben nicht dem Sperrungszeitraum entsprechen.

Mithilfe dieser räumlichen und zeitlichen Eingrenzung ist es möglich, Veränderungen

- der Binnenverkehre aller vier Zellen sowie
- der Verkehre auf der Ost-West-Relation und der Nord-Süd-Relation

in Bezug auf mittlere Reisedauern und mittlere Reiseentfernungen zu vergleichen. Verkehre, die außerhalb der definierten Zellen beginnen oder enden, werden nicht betrachtet. Dabei wird in Bezug auf den Binnenverkehr der Vergleich zwischen der Verkehrszelle „West“ und den Binnenverkehren der übrigen drei Verkehrszellen gezogen und in Bezug auf innerstädtische Verkehre der Vergleich der Quell-/Zielverkehre auf den Relationen Ost-West (als von der Baustelle betroffenes Gebiet) sowie Nord-Süd (als Vergleichsgebiet). Der Vergleich findet in relativer Form statt, d. h. beantwortet die Frage, wie sich die mittlere Reisedauer und die mittlere Fahrtstrecke zwischen den Zeiträumen „Baustelle“ und „frei“ verändert. Zusätzlich werden diese Vergleiche nach Fahrzeugmasse unterteilt, d. h. in die Verkehre von Fahrzeugen bis unter 3,5 t und von 3,5 bis 7,5 t. Die Aussagekraft der Ergebnisse ist eingeschränkt, weil neben den untersuchten baustellenbezogenen Parametern weitere Einflussfaktoren zu den beobachteten Effekten beigetragen haben.

¹ Die genauen Zeiträume, in denen die Daten aufgezeichnet wurden, zeigt Abbildung 14 im Abschnitt 3.2.1.

Tabelle 5: Veränderung von mittlerer Wegdauer und Weglänge auf den zwei Vergleichsrelationen (nur Fahrzeuge bis unter 3,5t zGM)

Verkehrsart	Von Baustelle betroffenes Gebiet		Vergleichsgebiet	
	Dauer	Weglänge	Dauer	Weglänge
Binnenverkehr	-6,8%	-3,4%	-4,2%	-2,1%
Quell-/Zielverkehr	+5,6%	+10,1%	-4,0%	-1,7%

Tabelle 6: Veränderung von mittlerer Wegdauer und Weglänge auf den zwei Vergleichsrelationen (nur Fahrzeuge von 3,5t bis unter 7,5t zGM)

Verkehrsart	Von Baustelle betroffenes Gebiet		Vergleichsgebiet	
	Dauer	Weglänge	Dauer	Weglänge
Binnenverkehr	-24,1%	-20,2%	-3,7%	-4,4%
Quell-/Zielverkehr	+35,9%	+43,8%	-69,3%	-76,1%

Die Ergebnisse der Berechnungen zeigen Tabelle 5 und Tabelle 6. Unabhängig von der Fahrzeugklasse lässt sich feststellen, dass die Veränderungen von mittlerer Wegdauer und mittlerer Weglänge das folgende gemeinsam haben:

- Im Binnenverkehr schwanken mittlere Dauer und mittlere Weglänge zu einem gewissen Teil zufällig. Das Ausmaß der Schwankung im von der Baustelle betroffenen Gebiet fällt deutlich stärker aus.
- Während der Zeit der Baustelle wird im Gebiet „West“ offenbar auf längere Binnenverkehre verzichtet, sodass nur zeitlich und räumlich kurze Verkehre verbleiben. Oder bisher als Binnenverkehr mögliche Wege mussten den Bereich der Verkehrszelle verlassen.
- Der Verkehr zwischen den Gebieten „Ost“ und „West“ sowie „Nord“ und „Süd“, dessen kürzeste Wege durch das Stadtzentrum und über den Alleenring führen, verändert sich gegenläufig. Die Vergleichsrelation weist für leichte Fahrzeuge eine geringe, für schwerere Fahrzeuge eine deutliche Reduktion aus. Demgegenüber nehmen Dauer und Weglänge der Fahrten, die das Baustellengebiet „West“ betreffen“, deutlich zu.

Werden die zu Beginn dargestellten Einschränkungen außer Acht gelassen und die berechneten Werte als auf sämtliche Verkehre im Stadtgebiet übertragbar angenommen, ergeben sich vorläufig die folgenden Schätzwerte:

- Baustellenbedingter Umwegefaktor Weglänge: zwischen 1,1 und 1,4
- Baustellenbedingter Umwegefaktor Fahrzeit: zwischen 1,05 und 1,3

Es stellt sich jedoch die Frage, ob die prozentual beschriebenen Veränderungen wirklich baustellenbedingt sind, da der Verkehr zahlreichen Einflüssen unterliegt. Um

einschätzen zu können, ob die Schwankungen durch die Baustelle zu erklären sind oder eher auf normale Schwankungen zurückgehen, wird die Effektgröße „Cohens d“ berechnet¹, anstatt statistische Signifikanztests durchzuführen.²

Cohens d ist dem aus der Nachrichtentechnik bekannten Begriff des „Signal-Rausch-Verhältnisses“ vergleichbar und berechnet sich wie folgt:

$$d = \left| \frac{\text{Mittelwert im Zeitraum "Baustelle"} - \text{Mittelwert im Zeitraum "frei"}}{\text{gepoolte Standardabweichung beider Zeiträume}} \right|$$

Nach Cohen (1988) muss der Wert für *d* eine Schwelle von 0,2 übersteigen, um überhaupt einen wahrnehmbaren Effekt zu haben. Ab einem Wert von *d* ≈ 0,5 liegen eine deutliche Beeinflussung und bei Werten von *d* > 0,8 große Auswirkungen auf das Verkehrsgeschehen vor.

Für Fahrzeuge bis unter 3,5 t zulässiger Gesamtmasse wurden im von der Baustelle betroffenen Gebiet und den Vergleichsgebieten Rückgänge bei mittlerer Dauer und Weglänge im Binnenverkehr festgestellt. Wie

Tabelle 7 zeigt, liegen die gemessenen Schwankungen nach Cohen nicht im wahrnehmbaren Bereich. Dies bedeutet, dass die festgestellten Effekte in der Realität durch die übliche Volatilität des Verkehrs und weniger durch die Baustelle zu erklären sind.

Tabelle 7: Cohens d bezogen auf die Auswertungen mit Fahrzeugen bis unter 3,5t

	Dauer	Weglänge
Binnenverkehr Zelle West (Verkehrszelle mit Baustelle)	0,117	0,078
Binnenverkehr Zelle Ost	0,018	0,02
Binnenverkehr Zelle Nord	0,036	0,029
Binnenverkehr Zelle Süd	0,036	0,094
Relation Ost-West gesamt	0,028	0,067
Relation Nord-Süd gesamt	0,032	0,01

¹ Cohen 1988

² Anmerkung zu klassischen Signifikanztests: Bei umfangreichen Datensätzen (wie die FCD) beantworten diese Tests die (eher akademisch relevante) Frage, ob überhaupt Unterschiede zwischen Messdaten während der beiden Zeiträume bestehen. Auch kleine Abweichungen ohne besondere Aussagekraft auf den vorliegenden Anwendungsfall können als „signifikanter Unterschied“ ausgewiesen werden.

Tabelle 8: Cohens d bezogen auf die Auswertungen mit Fahrzeugen zwischen 3,5t und unter 7.5t

	Dauer	Weglänge
Binnenverkehr Zelle West (Verkehrszelle mit Baustelle)	0,063	0,081
Binnenverkehr Zelle Ost	0,12	0,098
Binnenverkehr Zelle Nord	0,024	0,004
Binnenverkehr Zelle Süd	0,065	0,324
Relation Ost-West gesamt	0,247	0,291
Relation Nord-Süd gesamt	0,901	0,9

In Tabelle 8 ist erstmals festzustellen, dass der Indikator nach Cohen nennenswert ansteigt. Zu Beginn sei darauf hingewiesen, dass zur Berechnung der letzten Zeile nur insgesamt 7 Trips im Zeitraum „frei“ zur Verfügung standen, für den Zeitraum „Baustelle“ jedoch über 100, so dass die Belastbarkeit der in der letzten Tabellenzeile gelisteten Werte zu hinterfragen ist. Für die Analyse der Ost-West-Relation konnten in beiden Zeiträumen die Daten aus 56 bzw. über 200 Trips verwendet werden. Für diese Relation kann nach Cohen also ein eine deutlich wahrnehmbare Verlängerung von Fahrtdauer und -weg festgestellt werden. Ebenso hat sich im Zeitraum der Baustelle die Dauer der Binnenverkehre in Zelle „Süd“ merklich verlängert, während sich die typischen Wege kaum verändert haben. Dies könnte ein Beispiel für eine Entwicklung innerhalb der Verkehrszelle „Süd“ sein, die lediglich zeitlich parallel auftritt, aber nicht zwingend kausal auf das Baustellengeschehen zurückgehen muss.

Die Baustelle hat nach diesen Erkenntnissen also im Wesentlichen Wirkungen auf den Wirtschaftsverkehr gehabt, während der MIV kaum merklich beeinflusst worden ist.

Abschließend wird daher noch einmal das Augenmerk auf die von der Baustelle betroffene Zelle gelegt und die Analyse auf Fahrzeuge ab 3,5 t und unterhalb von 7,5 t zulässiger Gesamtmasse gelegt. Für diese Fahrzeuge wird berechnet, wie sich Quellverkehre¹ und Zielverkehre² zwischen den Zeiträumen „frei“ und „Baustelle“ in Bezug auf Fahrtdauer und Weglänge veränderten (vgl. Tabelle 9).

Tabelle 9: Veränderung von Fahrtdauer und Weglänge sowie Cohens d für Quell- und Zielverkehre der Zelle „West“, nur Fahrzeuge zwischen 3,5t bis unter 7,5t zulässiger Gesamtmasse

Quelle(n)	Ziel(e)	Dauer	Weglänge
West	Nord, Ost, Süd	+16% (d = 0,169)	+34% (d = 0,305)
Nord, Ost, Süd	West	+42% (d = 0,359)	+54% (d = 0,333)

¹ Hier zu verstehen als Fahrten mit Quelle „West“ und Ziele in den übrigen drei Verkehrszellen.

² Hier zu verstehen als Fahrten mit Quelle in der Zelle „Nord“, „Süd“ oder „Ost“ und Ziel in „West“.

Es lässt sich resümieren, dass für Fahrzeuge zwischen 3,5 t bis unter 7,5 t zulässiger Gesamtmasse sehr wohl nachweisliche lokale Auswirkungen der Brückensperrung beziffern lassen. Diese fallen bei Quellverkehren schwächer aus als bei Zielverkehren. Sämtliche Veränderungen sind nach Cohen bereits im wahrnehmbaren Bereich, wobei dies für Zielverkehre in stärkerem Maße gilt. Dauer und Weglänge nehmen zu, wie in Tabelle 9 nachzulesen. Wieder sind Zielverkehre in Bezug auf eine höhere mittlere Dauer und Weglänge stärker betroffen. Unter Vernachlässigung der Unvollkommenheiten der Datenbasis sowie des explorativen Charakters der Analysen können die folgenden Schätzwerte für die Wirkungen der Baustelle auf den Wirtschaftsverkehr angenommen werden:

- Baustellenbedingter Umwegefaktor Weglänge: zwischen 1,3 und 1,5
- Baustellenbedingter Umwegefaktor Fahrzeit: zwischen 1,2 und 1,4

Zusammengefasste Erkenntnisse aus den Experteninterviews:

Ein Thema der Expertengespräche waren auch die aktuellen Baustellen und Straßensperrungen in Aachen und inwiefern die Unternehmen von bspw. den Sperrungen der A544 oder Turmstraße betroffen sind bzw. waren. Hier lag der Fokus vor allem auf den acht Gesprächen mit Stückgut- und KEP-Dienstleistern, die das Stadtgebiet täglich über verschiedene Einfahrtswege befahren. Sechs von ihnen verfügen über keinen Depotstandort, abgesehen von einem Mikrodepot, innerhalb Aachens, so dass es, abhängig von der Lage des Zustelldepots unterschiedliche Auswirkungen auf die täglichen Touren zu berichten gab. Nur zwei der Gesprächsteilnehmer, einmal mit einem Depot in und einmal außerhalb Aachens, berichteten, dass sie keine gravierenden Auswirkungen durch die Sperrungen der A544 oder Turmstraße bei ihren täglichen Zustellungen bemerken würden.

Je nach Einfahrtsstraße ins Aachener Stadtgebiet wurde vor allem die Sperrung der A544 als zentraler Belastungsfaktor genannt, aber auch die im Berufsverkehr überlastete Abfahrt Zentrum von der A4. Durch die Sperrung der A544 wurden die täglichen Umwege von einem Unternehmen mit etwa 4–5 km pro Tour beziffert, was durch frühere Abfahrten am Depot und eine bessere Tourenplanung versucht wurde zu kompensieren. Andere Unternehmen berichteten von einer Mehrdauer pro Tour von 10-15 Minuten bis hin zu 40 Minuten, was die effektive Zustellzeit pro Tour um bis zu 15 % reduziert. Versuche eine alternative Route zu fahren, hätten zum Teil zu einer Erhöhung der Kilometer bei ähnlichem Zeitverlust geführt. Im Einzelfall werden Sendungen deswegen verspätet oder sogar erst am nächsten Tag zugestellt.

Die Sperrung der Turmstraße wurde in fast allen Gesprächen mit kaum spürbaren bis keine Auswirkungen benannt. Jedoch wurden generelle Zeitverluste je nach Verkehrslage im gesamten Stadtgebiet genannt. Insgesamt vermerkten vier bis fünf der Gesprächspartner von der Baustellensituation in Aachen stark betroffen zu sein, was zu Mehraufwänden führen würde. Vor allem die KEP-Dienstleister berichteten, aufgrund einer Vielzahl täglicher innerstädtischer Touren, von diesen Auswirkungen (u. a. Mehrfahrten, frühere Startzeiten, kleinere Zustellzeitfenster). Die Stückgutdienstleister benannten ebenfalls Zeitverluste und punktuelle Einschränkungen für den schweren Lkw-Verkehr.

Um dem entgegenzuwirken, wird von drei Gesprächspartnern ein verbessertes, frühzeitiges Baustellen- und Veranstaltungsmonitoring (inklusive digitaler Vorabinformationen) als Voraussetzung für einen effizienten Wirtschaftsverkehr angesprochen. Hierbei wird die Stadt Aachen aber auch von zwei Unternehmen für ihre bislang bereits proaktive Kommunikation in Bezug auf bevorstehende Straßensperrungen positiv hervorgehoben. Für einige Unternehmen ist ein gewisser Vorlauf von mindestens drei Tagen notwendig, damit solche Sperrungen im Routingsystem bzw. in der Tourenplanung überhaupt berücksichtigt werden können.

Zuletzt wurde noch die Vermeidung von parallelen Baumaßnahmen und hierdurch bedingten Verkehrseinschränkungen bzw. Sperrungen angesprochen und in solchen Fällen eine bessere Koordination dieser gewünscht.

3.2.5 Grenzüberschreitende Verkehre im Länderdreieck

Durch die Lage der Stadt Aachen im Länderdreieck Deutschland, Belgien und der Niederlande kommt dem grenzüberschreitenden Wirtschaftsverkehr eine besondere Bedeutung zu. Die Analyse der grenzüberschreitenden Lkw-Verkehre erfolgt zum einen auf Basis von Mautdaten an den zentralen Grenzübergängen der Bundesautobahnen und mautpflichtigen Bundesstraßen und zum anderen anhand von Quell- und Zielregionen öffentlicher statistischer Daten. Zusätzlich werden Ergebnisse aus den Expertengesprächen aufgezeigt.

Anzahl grenzüberschreitender Verkehre im Länderdreieck

Für die Analyse des grenzüberschreitenden Wirtschaftsverkehrs werden vor allem Daten aus dem Open-Data-Angebot des Lkw-Verkehrsportal verwendet, über das anonymisierter Mautdaten des Bundes bereitgestellt werden¹. Der Datensatz umfasst ausschließlich mautpflichtige Strecken und mautpflichtige Fahrzeuge. Dabei werden nicht mautpflichtige (zulässige Gesamtmasse < 3,5 t) bzw. mautbefreite Fahrzeuge (u.a. gemäß § 1 Abs. 2 BFStrMG) nicht erfasst und können somit auch nicht ausgewertet werden. Hierzu zählen bspw. batterieelektrische Fahrzeuge unabhängig von ihrer Gewichtsklasse und Handwerkerfahrzeuge bis 7,5 t zulässigem Gesamtgewicht. Die Daten liegen auf Tagesebene aggregiert vor.

In einem ersten Schritt wurden die relevanten Grenzübergänge in der Region Aachen identifiziert (vgl. Tabelle 10) und die Daten für diese Mautknoten gefiltert und ausgewertet.

Tabelle 10: Mautknoten in der Grenzregion Aachen

Mautknoten Lkw-Verkehrsportal	Lage
Vetschau, Bundesgrenze	A4 (D) A76 (NL)
Lichtenbusch, Bundesgrenze	A44 (D) A3 (B)
B1 Aachen, Bundesgrenze	B1 (D) N278 (NL) Vaals
B57 Aachen, Bundesgrenze	B57 (D) N68 (B)
B264 Aachen, Bundesgrenze	B264 (D) N3 (B) Kelmis

In Tabelle 11 ist die Summe aller erfassten Fahrzeuge nach Ein- und Ausfahrten im Betrachtungszeitraum vom 01.01.2025 bis 31.12.2025 aufgeschlüsselt, dargestellt. Hierbei beschreiben Einfahrten, die Einfahrten ins deutsche Mautnetz, d. h. in diesem Fall die Einfahrt nach Deutschland und Ausfahrten das Verlassen des deutschen Mautnetzes, d. h. die Ausfahrten aus Deutschland. Die häufigsten Grenzübergänge

¹ Toll Collect GmbH 2025

finden, aufgrund der Lage an einer Bundesautobahn, mit großem Abstand an den Mautknoten Lichtenbusch und Vetschau statt.

Tabelle 11: Summe der Ein- und Ausfahrten an den Mautknoten im Betrachtungszeitraum

Mautknoten	Summe Einfahrten	Summe Ausfahrten
Lichtenbusch, Bundesgrenze	1.337.380	1.380.880
Vetschau, Bundesgrenze	935.470	913.570
B1 Aachen, Bundesgrenze	9.550	5.830
B264 Aachen, Bundesgrenze	7.730	6.230
B57 Aachen, Bundesgrenze	4.410	3.660

Tabelle 12: Durchschnittliche Ein- und Ausfahrten an den Mautknoten im Betrachtungszeitraum pro Tag

Mautknoten	durchschnittliche Einfahrten pro Tag	durchschnittliche Ausfahrten pro Tag
Lichtenbusch, Bundesgrenze	3.664	3.783
Vetschau, Bundesgrenze	2.563	2.503
B1 Aachen, Bundesgrenze	26	15
B264 Aachen, Bundesgrenze	21	17
B57 Aachen, Bundesgrenze	12	10

Abbildung 49 zeigt am Beispiel des Grenzübergangs Lichtenbusch die täglichen Ein- und Ausfahrten der mautpflichtigen Fahrzeuge nach Wochentagen. Hierbei ist deutlich zu erkennen, dass der Verkehr an den Wochenenden, auch bedingt durch das Lkw-Fahrverbot an Sonn- und Feiertagen, deutlich abnimmt. Der höchste Wert wird hierbei zur Mitte der Woche erreicht.

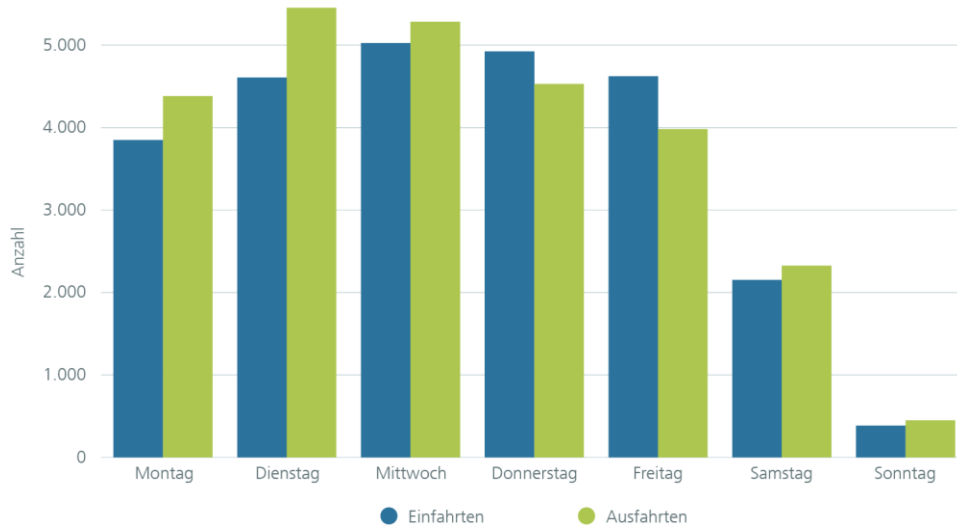


Abbildung 49: Tägliche Einfahrten und Ausfahrten nach Wochentagen am Grenzübergang Lichtenbusch

Die Differenz der Einfahrten zu Ausfahrten gibt Hinweise auf die Paarigkeit der grenzüberschreitenden Verkehre. Positive Differenzen beschreiben, dass mehr Fahrzeuge nach Deutschland fahren und negative Differenzen bedeuten, dass mehr Fahrzeuge aus Deutschland heraus erfasst werden.

> 0: mehr Einfahrten als Ausfahrten (positiver Saldo)

< 0: mehr Ausfahrten als Einfahrten (negativer Saldo)

Nach Wochentagen aufgeschlüsselt lässt sich identifizieren, ob Muster in den Daten erkannt werden können. Am Mautknoten Lichtenbusch ist ein Muster erkennbar. An diesem Grenzübergang wurden von Montag bis einschließlich Mittwoch mehr Ausfahrten aus Deutschland erfasst, während Donnerstag und Freitag mehr Einfahrten registriert wurden. Hieran ist erkennbar, dass Anfang der Woche mehr Lkw von Deutschland nach Belgien gefahren sind und am Ende der (Arbeits-)Woche vermehrt Lkw von Belgien nach Deutschland einfahren (vgl. Abbildung 50). Die größte tägliche Differenz tritt dabei dienstags auf.

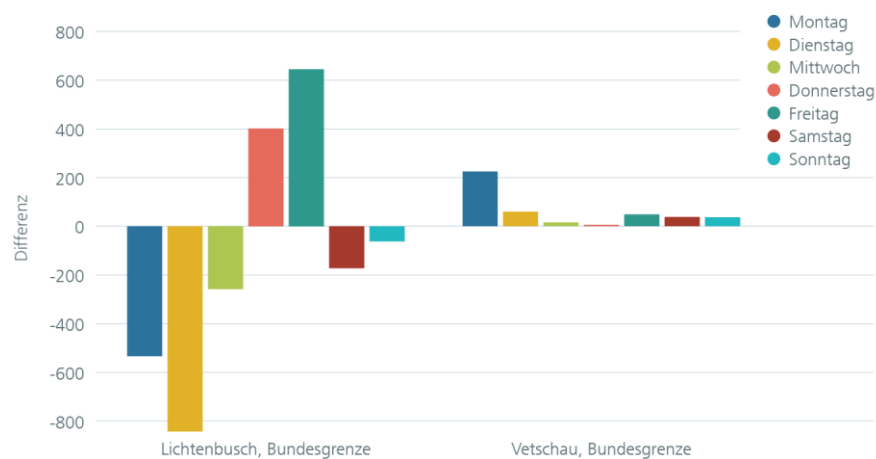


Abbildung 50: Differenz der täglichen Einfahrten und Ausfahrten nach Wochentagen

Grenzüberschreitender Verkehr nach Quell- und Zielregionen

Auswertungen zum grenzüberschreitenden Straßengüterverkehr mit dem Ziel Aachen bzw. mit dem Ursprung aus Aachen wurden auf Grundlage von Daten des Statistikamts der Europäischen Union (Eurostat) erstellt. Zur Darstellung des Güterverkehrs in der Städtereion Aachen bietet Eurostat mit den Datenbanken „Straßengüterverkehr nach Beladeregionen“ bzw. „Straßengüterverkehr nach Entladeregionen“ („road_go_ta_rl“ sowie „road_go_ta_ru“) jahresgenaue Informationen über Transportleistung, -fahrten und -mengen an.¹

Die Datenbank „road_go_ta_rl“ erlaubt es, die Beladungsregion durch Angabe eines NUTS3-Schlüssels zu spezifizieren, während „road_go_ta_ru“ die Entladeregionen mithilfe der NUTS3-Klassifikation unterscheidet. Aus beiden Datenbanken wurde für die StädteRegion Aachen ermittelt, welches jährliche Mengenaufkommen die Region in den Jahren 2015, 2019 und 2023² per Lkw verlassen (Export) bzw. erreicht (Import) hat.³ Da eine reine Tonnagedarstellung wenig über (straßen-)verkehrliche Realitäten aussagt, wurden jeweils die Anzahl Lkw-Fahrten in gleicher Weise ausgewertet. Die Tabelle 13 bis Tabelle 16 zeigen die entsprechenden Daten für den Export und Import auf.

Tabelle 13: Exportmenge aus Aachen mit den Top 3-Zielgebieten⁴

Jahr	2015	2019	2023
Exportmenge (in 1.000 t)	11.822	12.038	10.589
1. Ziel	DE (91,2%)	DE (92,4%)	DE (89,8%)
2. Ziel	NL (4,2%)	PL (2,8%)	PL (4,4%)
3. Ziel	BE (1,5%)	NL (2,5%)	NL (3,7%)

¹ Die Datenbanken beziehen sich auf NUTS3-Gebiete, so dass nur Daten den Kommunalverbund „StädteRegion Aachen“ (NUTS3-Code: DEA2D), nicht aber die Stadt allein vorliegen (Eurostat 2025 und Eurostat 2025a).

² Das Jahr 2023 ist zum Zeitpunkt des Verfassens dieses Berichts (April 2025) das neueste vorhandene Berichtsjahr der genannten Datenbanken.

³ Eurostat 2025 und Eurostat 2025a

⁴ Eigene Berechnungen auf Grundlage von Eurostat 2025

Tabelle 14: Anzahl Exportfahrten aus Aachen mit den Top 3-Zielgebieten¹

Jahr	2015	2019	2023
Exportfahrten (in 1.000 Fahrten)	1.199	1.108	998
1. Ziel	DE (93,6%)	DE (94,5%)	DE (91,5%)
2. Ziel	NL (4%)	NL (2,1%)	NL (4,3%)
3. Ziel	PL (1%)	PL (1,7%)	PL (2,9%)

Tabelle 15: Importmenge nach Aachen mit den Top 3-Quellgebieten²

Jahr	2015	2019	2023
Importmenge (in 1.000 t)	14.156	13.331	12.016
1. Quelle	DE (90,5%)	DE (89,9%)	DE (87,3%)
2. Quelle	NL (5,3%)	NL (3,7%)	NL (5,3%)
3. Quelle	BE (2%)	BE (2,5%)	PL (4,4%)

Tabelle 16: Importfahrten nach Aachen mit den Top 3-Quellgebieten³

Jahr	2015	2019	2023
Importfahrten (in 1.000 Fahrten)	1.306	1.142	1.055
1. Quelle	DE (93%)	DE (93,8%)	DE (89,6%)
2. Quelle	NL (4,4%)	NL (2,6%)	NL (4,9%)
3. Quelle	BE (1%)	PL (1,5%)	PL (3,2%)

Die Mengen- und Fahrtinformationen von Eurostat zeigen eine leicht rückläufige Tendenz sowohl in Bezug auf Export als auch in Bezug auf den Import. Daneben lassen sich Strukturverschiebungen in Bezug auf die häufigsten Ziele des Exports bzw. Quellen des Imports feststellen. Der Anteil zu bzw. aus deutschen Regionen gelieferten Mengen

¹ Eigene Berechnungen auf Grundlage von Eurostat 2025

² Eigene Berechnungen auf Grundlage von Eurostat 2025a

³ Eigene Berechnungen auf Grundlage von Eurostat 2025a

zeigen eine leicht fallende Tendenz, was eine zunehmende Bedeutung internationaler wirtschaftlicher Aktivitäten für Aachener Unternehmen zeigt. Dennoch dominieren deutsche Handelspartner mit weitem Abstand den Handel mit anderen EU-Ländern. Die Niederlande stellen den wichtigsten Partner im Warenverkehr für Aachener Unternehmen dar. Seit Beginn der 2020er Jahre hat jedoch rein mengenbezogen der Export zu polnischen Kunden einen den Niederlanden vergleichbaren Stellenwert erreicht. Sowohl im Import- als auch Exportgeschäft verantworten Geschäfte mit sowohl niederländischen als auch polnischen Partner einen intensiveren Warenaustausch als belgische. Dies betrifft sowohl die Häufigkeit als auch den mengenmäßigen Umfang der Transporte.

Zusammengefasste Erkenntnisse aus den Experteninterviews

Die Lage der Stadt Aachen im Dreiländereck und die damit verbundenen, besonderen Anforderungen waren ebenfalls Themen der Expertengespräche. Hier berichteten sieben von neun Gesprächspartnern, dass die geografische Lage Aachens zum einen für sie relevant sei und/oder zum anderen Einfluss auf das operative Tagesgeschäft habe. Lediglich zwei berichteten von einer geringen bis keiner unmittelbaren Relevanz. Bei den KEP-Dienstleistern bejahten vier von sechs die Bedeutung: genannt wurden bspw. grenzüberschreitende Abholungen und die Notwendigkeit, unterschiedliche Regelungen der verschiedenen Länder in den Prozessen zu beherrschen. Eine Besonderheit ist der Avantis-Gewerbepark, ein grenzüberschreitender Gewerbepark der Gemeinden Heerlen in den Niederlanden und Aachen in Deutschland, dessen Zufahrt über die Niederlande erfolgt und eine gesonderte Lizenz erfordert. Alle Dienstleister, die im grenzüberschreitenden Verkehr tätig sind, berichteten zudem von gelegentlichen Verzögerungen an den Grenzübergängen wegen der Grenzkontrollen. Dies erschwert die Planbarkeit von Touren und führt zu Störungen in den grenznahen Zustellturen. Dies betrifft aber nicht alle Dienstleister, da nicht alle einen grenzüberschreitenden Zustellbetrieb betreiben.

Bei den Stückgutdienstleistern sind länderübergreifende Verkehre ein wichtiges Thema. Beide nennen die operativen Verknüpfungen zu Belgien und den Niederlanden, wobei einer seine Touren nach Aachen sogar aus einem der Nachbarländer zustellt. Hierbei wird zudem auf uneinheitliche Feiertagsregelungen und den hiervon abhängigen Fahrverboten, administrative Anforderungen (EU-Lizenzen, Maut), den Einfluss von Sprachbarrieren und Compliance-Anforderungen sowie die Störanfälligkeit bei Grenzkontrollen verwiesen. Aus der Perspektive der Einzelhändler beeinflusst die Lage im Dreiländereck eindeutig die Nachfrage, da ein großer Anteil der Kundschaft aus den Niederlanden und Belgien stammt. Dies ist besonders samstags und an länderübergreifend nicht einheitlichen Feiertagen bemerkbar.

3.2.6 Status Quo ausgewählter Wirtschaftsverkehrsweige

Der Wirtschaftsverkehr ist zentraler Bestandteil der städtischen Daseinsvorsorge, da er die Ver- und Entsorgung für Bevölkerung und Unternehmen sichert. Hierbei lassen sich, wie in Kapitel 3.1 beschrieben, unterschiedliche Segmente mit spezifischen Anforderungen, Fahrzeugtypen und Logistikkonzepten unterscheiden. Zwei relevante Bereiche sind dabei die KEP- und Stückgutlogistik sowie der Lebensmitteleinzelhandel, dessen flächendeckende Versorgung relevant für die Bevölkerung der Stadt Aachen ist. Vor diesem Hintergrund werden die Spezifika dieser Segmente und ihre verkehrlichen Anforderungen und Herausforderungen näher betrachtet. Die anonymisierten und aggregierten Daten für das Aachener Stadtgebiet basieren auf den im Rahmen der Untersuchung geführten Expertengesprächen.

KEP- und Stückgutverkehre

Der KEP-Bereich umfasst Sendungen mit vergleichsweise geringem Gewicht und kleiner Größe (Pakete bis 31,5 kg gemäß Postgesetz), die in der Regel von einer Person ohne

technische Hilfsmittel gehandhabt werden können. Im Kurierbereich werden aber auch größere Abmessungen und Gewichte transportiert. Empfänger sind Privat- und Geschäftskunden, wobei sich die Dienstleister meist auf einen Bereich, B2B oder B2C, fokussieren. Die Transporte erfolgen überwiegend mit Fahrzeugen der Klasse N1 im Vor- und Nachlauf, wobei zwischen den Depots im Hauptlauf oder zur Belieferung von Mikrodepots größere Fahrzeuge eingesetzt werden. Im Gegensatz zum KEP-Bereich bedient die Stückgutlogistik überwiegend B2B-Sendungen von einer Palette bis wenigen Lademetern. Der Umschlag erfolgt in der Regel mit technischen Hilfsmitteln wie Gabelhubwagen oder Gabelstaplern. Sendungen an Privatpersonen sind die Ausnahme. Eingesetzt werden Fahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse von 7,5 bis 40 t, wobei im urbanen Raum insbesondere Fahrzeuge zwischen 7,5 und 18 t dominieren.

Die für die Zustellung in das Aachener Stadtgebiet relevanten Depots der KEP- und Stückgutdienstleister befinden sich überwiegend im Aachener Umland. Zudem betreiben drei Dienstleister jeweils ein innerstädtisches Mikrodepot für die Zustellung per Lastenrad. Die verkehrliche Anbindung des Stadtgebiets erfolgt dabei überwiegend über die Autobahnachsen A4 und A44 sowie in der Verlängerung über die A544 und die Bundesstraßen (vgl. Abbildung 51). Aus diesem Grund hat besonders die baustellenbedingte, temporäre Sperrung der A544 für Umwege und Zeitverluste in den Zustellturen einiger Dienstleister geführt.

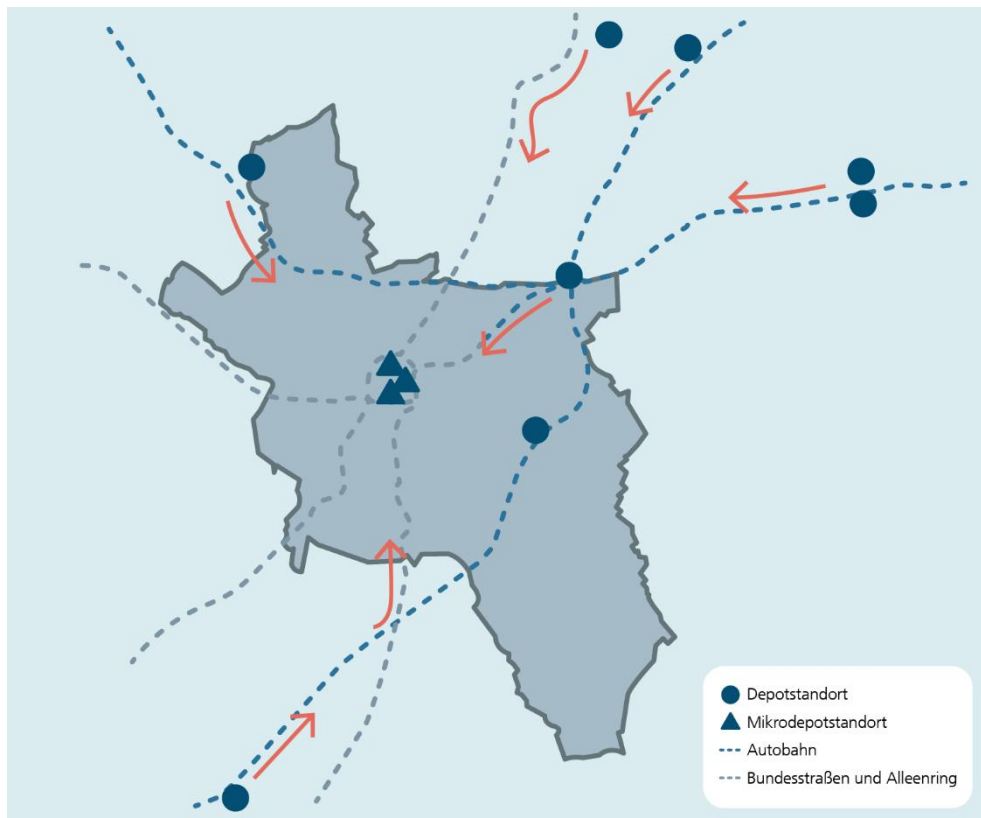


Abbildung 51: Ausgewählte KEP- und Stückgutdepots zur Belieferung der Stadt Aachen und deren Einfahrtswege in das Stadtgebiet

Für die Belieferung des Aachener Stadtgebiets setzen die KEP-Dienstleister nahezu ausschließlich leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t ein. Die Anzahl der täglich eingesetzten Fahrzeuge variiert hierbei erheblich, von kleineren Flotten mit vier bis fünf Fahrzeugen bis hin zu größeren Flotten mit über 50 Fahrzeugen. Ergänzt werden diese Fahrzeuge durch die im Innenstadtbereich eingesetzten Lastenräder sowie einzelne schwere Lkw, die überwiegend die Gewerbegebiete beliefern. Bei den Stückgut-Dienstleistern liegt die Zahl der eingesetzten Lkw je Unternehmen deutlich niedriger mit etwa sieben bis

zehn Lkw, wobei hier ausschließlich schwere Lkw zum Einsatz kommen. Insgesamt reicht die in Aachen eingesetzte Fahrzeugpalette dieser Dienstleister von Lastenrädern über leichte Nutzfahrzeuge bis hin zu Lkw der 7,5 bis 26 t-Klasse.

Der aktuelle Elektrifizierungsgrad unterscheidet sich dabei deutlich zwischen dem KEP- und Stückgutsegment in Aachen. Bei den KEP-Diensten liegt der Anteil batterieelektrischer Fahrzeuge bei denjenigen Dienstleistern, die Elektromobilität bereits einsetzen, zwischen 65 % und 95 % bei den leichten Nutzfahrzeugen (N1). Einzelne Dienstleister setzen bereits nahezu vollständig auf Elektromobilität während zwei Dienstleister in Aachen bislang noch komplett mit konventionell angetriebenen Fahrzeugen zustellen. Zwei Unternehmen ergänzen ihre innerstädtische Zustellung zudem durch den Einsatz von Lastenrädern. Im Stückgutsegment erfolgt die Zustellung bei den beiden interviewten Akteuren derzeit noch vollständig mit konventionellen Antrieben. Unabhängig vom aktuellen Stand verfolgen jedoch alle Unternehmen strategische Elektrifizierungsziele, meist mit Umsetzungshorizonten bis 2030 bzw. 2040.

Die Tourlängen variieren in Aachen je nach Lage des Depots und dem räumlichen Zielgebiet (Innenstadt, Alleinring, Gewerbegebiete oder das restliche Stadtgebiet), stark. Sie reichen von vergleichsweise kurzen Distanzen von etwa 60 bis 80 km je Tour bis hin zu 120 bis 140 km je Tour. Die weiteren Kennzahlen verdeutlichen die Unterschiede zwischen der KEP- und Stückgutlogistik. Im KEP-Segment liegt der Stoppfaktor deutlich höher und variiert bei den genannten Daten zwischen durchschnittlich 90 bis 120 Stopps pro Tour. Die Stückgutlogistik weist demgegenüber deutlich geringere Stoppzahlen auf. Gleichzeitig ist der Anteil des Innenstadtverkehrs am Transportvolumen gering, da der Schwerpunkt der Zustellungen überwiegend auf gewerblichen Empfängern in den Gewerbegebieten liegt.

Insgesamt zeigt sich, dass die Elektrifizierung der leichten Nutzfahrzeuge im KEP-Segment bereits weit fortgeschritten ist und ein Großteil der Innenstadtzustellungen hierdurch emissionsfrei erfolgt. Im Bereich der Stückgutlogistik und bei den schweren Lkw besteht weiterer Transformationsbedarf, wobei die Unternehmen in anderen Städten bereits batterieelektrische Lkw einsetzen. Die weitere Dekarbonisierung hängt dabei auch vom Ausbau der Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum und auf den Unternehmensgeländen bzw. Depots ab. Hier ist die Stadt Aachen bereits mit dem Förderprogramm „Aachen fährt elektrisch“ aktiv den Ausbau von Ladeinfrastruktur auch für den Wirtschaftsverkehr im Bereich Pkw, Lnf und Lfw voranzutreiben. Gleichzeitig verfolgen nahezu alle Akteure konkrete Strategien zur nachhaltigen Stadtlogistik.

Lebensmitteleinzelhandel

Der Lebensmitteleinzelhandel versorgt die Bevölkerung flächendeckend über Verbrauchermärkte, Discounter, Supermärkte und sonstige Lebensmittelgeschäfte. Die Belieferung erfolgt entweder als Direktbelieferung vom Produzenten, bspw. wenn es sich um größere Mengen, wie bei Getränken, oder Frische- oder Regionalprodukte, wie bspw. Backwaren, handelt oder über Regionallager mit regelmäßigen Touren sowie in einigen Fällen über Zentrallager. Hierbei wird zwischen verschiedenen Sortimenten mit unterschiedlichen logistischen Anforderungen unterschieden: Trockensortiment ohne Kühlung, Obst und Gemüse, Molkereiprodukte mit Kühlung und Tiefkühlwaren. Entsprechend dieser Anforderungen werden entweder getrennte Fahrzeuge oder kombinierte Lösungen mit geeigneten Behältern eingesetzt. Hierdurch ist die Anzahl an täglichen Anlieferungen pro Filiale abhängig vom Logistikkonzept, d. h. Belieferung des Sortiments kombiniert in einem Lkw oder getrennte Anlieferung der Sortimente. Der hohe Preisdruck im Einzelhandel bedeutet für die den Handel versorgende Logistik ebenfalls hohen Kostendruck. Da Lebensmittel kontinuierlich verbraucht werden und zu den Gütern gehören, deren Konsum durch Handel und Produzenten gut prognostizierbar ist, sind die Logistikstrukturen sowohl durch besondere

Kostenoptimierungs- und Standardisierungsmaßnahmen als auch durch regelmäßige Transporte geprägt. Umfangreiche Lagerung von Lebensmitteln am Ort des Verkaufs findet - abgesehen von Mengen zur Überbrückung zweier Belieferungen - nicht statt.

Typisch sind Touren mit vier bis zehn Stopps, wobei große Märkte häufig täglich beliefert werden und kleinere ein- bis zweimal pro Woche. Die Ver- und Entsorgung des Lebensmitteleinzelhandels erfolgt aufgrund der zu transportierenden Volumina und des hohen Gewichts daher mit schweren Lkw, so dass in diesem Segment Fahrzeuge der Klasse N3 mit 26 bis 40 t zGG dominieren.¹ Diese Bündelung trägt ebenfalls dazu bei, die Belieferungskosten je beförderter Einheit zu senken.

Abbildung 52 zeigt die Lage der Geschäfte verschiedener Lebensmittelunternehmen in Aachen. Die Auswahl orientiert sich an einem Ranking der zehn größten Unternehmen im Lebensmitteleinzelhandel in Deutschland nach ihrem Umsatz aus dem Jahr 2020², wovon sieben dieser Unternehmen im Aachener Stadtgebiet vertreten sind.

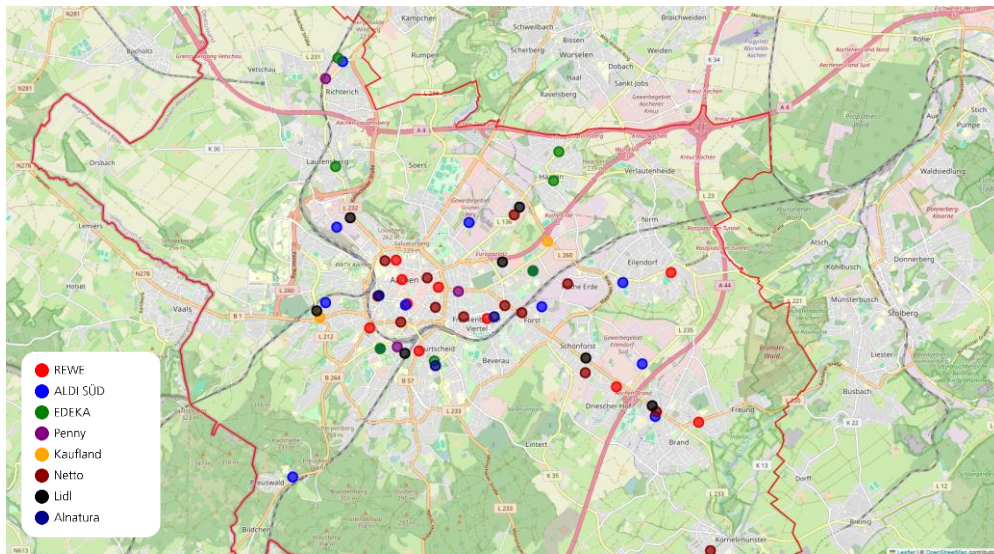


Abbildung 52: Lage Lebensmitteleinzelhändler im Aachener Stadtgebiet (OSM Contributors)

Charakteristisch für den Lebensmitteleinzelhandel ist seine flächige Verteilung über das gesamte Stadtgebiet mit einer Konzentration auf dichtbesiedelte Gebiete, um eine wohnortnahe Versorgung für die Einwohnenden sicherzustellen. Hierfür ist es aus verkehrlicher Sicht unerlässlich, dass diese Standorte von schweren Lkw angefahren werden können. Im Aachener Stadtgebiet ist eine Konzentration der Geschäfte im Innenstadtbereich und entlang des Alleenringes und der Zufahrtsstraßen zu erkennen. Der Lieferverkehr läuft vor allem morgens weitgehend parallel zum Pendlerverkehr und trifft damit auf die gleichen Verkehrsspitzen. Abbildung 25 zeigt die sinkenden Durchschnittsgeschwindigkeiten auf dem Alleenring ab den Morgenstunden. Für die Liefertouren bedeutet das längere Fahr- und Haltezeiten sowie geringere Planbarkeit.

Um den Verkehr bzw. die Stadt zu entlasten, gibt es verschiedene Ansätze: Durch den Einsatz von Elektromobilität können beispielsweise die lokalen Emissionen und die Lärmbelastung im Stadtgebiet gesenkt werden und die Verkehre somit stadtverträglicher abgewickelt werden. Dies würde, je nach Gebietsausweisung der Filiale, durch die geräuschärmere Anfahrt auch eine Entzerrung der Verkehre und Verlagerung aus den Verkehrsspitzen in die Tagesrandzeiten ermöglichen. Für die effiziente Tourenplanung ist zudem eine frühzeitige, verlässliche Information über

¹ Umweltbundesamt 2024

² EHI Retail Institute 2020

Baustellen und temporäre Sperrungen erforderlich, um Routen und Belieferungszeitfenster vorausschauend planen zu können. Des Weiteren ist es sinnvoll, an Filialen, die über keine eigenen Park- oder Anlieferflächen verfügen und auf eine Entladung im öffentlichen Straßenraum angewiesen sind, entsprechende Lade- und Lieferzonen zur Verfügung zu stellen, um eine sichere Entladung ohne Störungen des Verkehrsflusses zu ermöglichen und um Suchverkehre auf ein Minimum zu reduzieren.

3.3 Ist-Situation ökologische Bewertung

Die Grundlage für die Abschätzung der Emissionen des Wirtschaftsverkehrs bildet das Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA), veröffentlicht von INFRAS (CH) in der Version 4.2. Es stellt Kennwerte für verschiedene Fahrzeugtypen, Fahrzustände und Straßenkategorien bereit. Grundlage der Emissionsfaktoren sind Messergebnisse aus realen Fahrzyklen sowie Simulationen, die regelmäßig aktualisiert und erweitert werden. Hierbei handelt es sich um die umfangreichste Sammlung derartiger Emissionsdaten für Deutschland.

Zur Ermittlung der Emissionsfaktoren werden die in Kapitel 3.2.1 dargestellten Fahrzeuglängen der temporären Zählstellen und die Gewichtsklassen aus der Floating Car Data mit den in HBEFA verfügbaren Fahrzeugkategorien verschnitten. Aus den Fahrzeuglängen und -gewichten der realen Messdaten werden dann folgende Kategorien gebildet:

- Lnf: Fahrzeuge bis 3,5 t (N1 II und N1 III)
- Lkw: Fahrzeuge bis 26 t
- Lkwa: Last- und Sattelzüge >26 t

Diese Einteilung findet aufgrund der Vorgaben aus den temporären Zählstellen und Floating Car Data, die in der Analyse des Status quo (Kap.3.2.2) ausgeführt werden und einer allgemeinen Klassifizierung von Nutzfahrzeugen statt.¹

Informationen in der Datenbank HBEFA werden differenziert nach den Straßenkategorien »Autobahn«, »innerorts« und »außerorts« sowie verschiedenen Verkehrssituationen. So wird bei der Modellierung der Emissionsfaktoren eine projektspezifische Verkehrssituation ausgewählt: Verkehr in einem Agglomerationsraum, innerorts, mit städtischen Magistralen auf welchen bis 50 km/h erlaubt sind. Weiterhin wird der Verkehrszustand »gesättigt«² ausgewählt. Diese Annahme basiert auf den Analyseergebnissen zur durchschnittlichen Geschwindigkeit im Aachener Stadtverkehr (Heatmap, Abbildung 25). Aus der Datenbank HBEFA werden zudem die Energiebedarfe pro Kilometer Fahrleistung in Megajoule (MJ) für Nutzfahrzeuge für die Jahre 2025, 2027 und 2030 entnommen. Für die oben beschriebenen Kategorien wird jeweils mit der Motorisierung Diesel und mit dem Anteil an der jeweiligen Euroklassen des jeweiligen Bezugsjahres 2025, 2027 und 2030 ein durchschnittlicher Energiebedarf gebildet. Dieser Energiebedarf wird pro Fahrzeug-Kilometer berechnet und mit Emissionsfaktoren für Diesel (97,82 g CO₂e/MJ) aus dem Leitfaden des Umweltbundesamtes zur Anwendung der der ISO 14083³ und für elektrische Fahrzeuge mit einem Emissionsfaktor für den deutschen Strommix 2024

¹ Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) 2012

² Definition: Unstetiger Verkehrsfluss mit starken Geschwindigkeitsschwankungen bei gesättigtem/ gebundenen Verkehrsfluss. Erzwungene Zwischenstopps möglich. Geschwindigkeitsbandbreiten: 15-30 km/h auf Straßen mit Tempolimit 50 km/h (HBEFA 4.2)

³ Biemann et al. 2024

(Daten für 2025 liegen noch nicht vor) in CO₂e umgerechnet¹. Für den Anteil elektrisch angetriebener Nutzfahrzeuge werden die in Kapitel 3.1 ausgewiesenen Werte verwendet. Da gewerblich eingesetzte Fahrzeuge nicht notwendigerweise schwerpunktmäßig am Ort ihrer Zulassung verkehren (so sind bspw. die Dienstfahrzeuge der Fraunhofer-Gesellschaft in München zugelassen, auch wenn sie an Instituten in Dortmund oder Aachen genutzt werden), werden die ermittelten Werte für den durchschnittlichen deutschen Fuhrpark zugrunde gelegt. Die Emissionsfaktoren sowie die Anteile elektrischer Fahrzeuge in den jeweiligen Fahrzeugklassen werden mit den ermittelten Fahrleistungen multipliziert, um jährliche Emissionsmengen je Fahrzeugklasse zu errechnen.

Es ergeben sich für die Emissionen je Nutzfahrzeugklasse die in der folgenden Tabelle ausgewiesenen, jährlichen Emissionsmengen in Tonnen CO₂e.

Tabelle 17: Jährliche Treibhausgasemissionen [t CO₂e] je Nutzfahrzeugklasse

	WTT THG-Emissionen aus der Bereitstellung [t CO₂e]	TTW THG-Emissionen aus dem Betrieb [t CO₂e]	WTW THG-Gesamt- emissionen [t CO₂e]
LNF	5.248	17.506	22.754
Lkw	2.636	8.793	11.429
LkwA	429	1.430	1.859
Summe Verbrenner	8.313	27.729	36.042
LNF elektrisch	578	0	578
Lkw elektrisch	422	0	422
LkwA elektrisch	13	0	13
Summe elektrisch	1.013	0	1.013
Summe gesamt	9.326	27.729	37.055

Die Emissionen aus dem Betrieb treten lokal in Aachen auf, wohingegen die Emissionen aus der Bereitstellung im Regelfall nicht bzw. nur zu sehr geringen Teilen in Aachen entstehen. Ein Beispiel für in Aachen entstehende Emissionen aus der Bereitstellung der Kraftstoffe ist der Anteil des Transportprozesses der Anlieferung von Kraftstoffen an eine Tankstelle, der auf das Aachener Stadtgebiet entfällt.

Für die Interpretation der Werte für elektrische Nutzfahrzeuge sind zwei Aspekte zu beachten. Erstens entstehen lokal keine Treibhausgasemissionen (Werte 0 in der Spalte TTW) durch den elektrischen Antrieb, die Werte der Spalten WTT und WTW sind entsprechend identisch. Zweitens ist der für alle Fahrleistungen zugrunde gelegte

¹ Icha und Lauf 2025

Emissionsfaktor für die Stromerzeugung derjenige für den deutschen Strommix des Jahres 2024. Da Aachen in einer Grenzregion liegt, ist davon auszugehen, dass ein nicht genauer bestimmbarer Anteil der Fahrzeuge nicht im deutschen Stromnetz geladen wurde und entsprechend andere Emissionsfaktoren gelten müssten.

Zur groben Einordnung der wirtschaftsverkehrsbedingten Treibhausgasemissionen kann die Emissionsmenge des gesamten Straßenverkehrs herangezogen werden. Diese lag 2024 bei rund 140 Millionen Tonnen¹. Da die Berechnung der Emissionen auf nationaler Ebene methodisch anders erfolgt als die hier durchgeführte Berechnung, ist prinzipbedingt eine direkte Gegenüberstellung der Werte nicht möglich. Dennoch ist ersichtlich, in welchem groben Verhältnis diese Werte zueinanderstehen.

Analog dazu werden die Stickstoffoxidemissionen für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren aus dem Handbuch für Emissionsfaktoren HBEFA ermittelt. Für elektrisch angetriebene Fahrzeuge wurde ein Emissionsfaktor für Stickstoffoxidemissionen aus der Stromproduktion (»medium voltage«, also kein Industriestrom) ermittelt, der hier Anwendung findet. Die Berechnung der jährlichen Emissionsmengen für Stickstoffoxide erfolgt analog zur oben beschriebenen Vorgehensweise durch Multiplikation der ermittelten jährlichen Fahrleistung mit den Emissionsfaktoren.

Tabelle 18: Jährliche Stickstoffoxidemissionen [t NOx] je Nutzfahrzeugklasse

	NOx
LNF	30,3
Lkw	34,5
LkwA	2,3
Summe Verbrenner	67,1
LNF elektrisch	0,5
Lkw elektrisch	0,4
LkwA elektrisch	0
Summe elektrisch	0,9
Summe gesamt	68

Der für die Kategorie LkwA elektrisch ermittelte Wert beträgt aufgrund des geringen Anteils batterieelektrischer Fahrzeuge in dieser Fahrzeugkategorie und der daraus resultierenden geringen Fahrleistung lediglich 0,01 t NOx und wird in der Tabelle aufgrund der Rundung auf eine Nachkommastelle als Null angezeigt. Stickstoffoxidemissionen werden bei der Verbrennung von Kraftstoffen freigesetzt. Die

¹ Umweltbundesamt 2026

obigen Emissionen von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren entstehen lokal in Aachen und beeinträchtigen dort die Luftqualität. Die Emissionen für die Stromerzeugung entstehen am Ort der Stromerzeugung, der in der Regel außerhalb geschlossener Ortschaften liegt. Bei elektrisch angetriebenen Fahrzeugen erfolgt also keine mobilitätsbedingte lokale Beeinträchtigung der Luftqualität durch die Stickstoffoxidemissionen.

Analyse des Wirtschaftsverkehrs
und Darstellung des Status Quo

Zur Prognose der künftigen verkehrlichen Entwicklung des Wirtschaftsverkehrs in Aachen sowie der damit verbundenen Emissionen wird eine Szenarioanalyse durchgeführt. Diese dient dazu, unter variierenden, plausiblen Annahmen unterschiedliche Entwicklungspfade systematisch abzubilden und deren Wirkungen vergleichend zu bewerten. Hierzu werden als Einflussgrößen die Entwicklung des Verkehrsaufkommens, der Hochlauf batterieelektrischer Nutzfahrzeuge sowie die Treibhausgasintensität des deutschen Strommixes zunächst getrennt betrachtet. Auf dieser Grundlage werden drei Entwicklungsszenarien abgeleitet und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf das Verkehrsaufkommen und die Emissionsentwicklung für die Jahre 2027 und 2030 analysiert und eingeordnet.

4.1 Ableitung verschiedener Entwicklungspfade

Für die Entwicklung der Aktivität des Wirtschaftsverkehrs besteht grundsätzlich die Möglichkeit, die in der BVWP2040 angenommene Entwicklung der Güterverkehrsleistung zu verwenden. Eine Auswertung mehrerer Ausgaben des von den Industrie- und Handelskammern im Rheinland unregelmäßig publizierten „Verkehrsleitbilds Rheinland“¹ zeigt jedoch

1. eine von der BVWP2040 (und ihrem Vorgänger) abweichende erwartete Verkehrsentwicklung, die eine wesentlich stärkere Zunahme des Güterverkehrs beschreibt, und
2. eine systematische Lücke zwischen (historischen) Verkehrsprognosen des „Verkehrsleitbilds Rheinland“ und den Erwartungen der BVWP2040.

Aus diesem Grund werden drei mögliche Varianten des Szenario-Parameters für den künftigen Wirtschaftsverkehr in der Stadt Aachen gebildet:

- Variante 1: Entwicklung gemäß BVWP2040
- Variante 2: Entwicklung gemäß „Verkehrsleitbild Rheinland“
- Variante 3: Entwicklung gemäß BVWP2040, korrigiert um die o. g. systematische Unterschätzung der Verkehrsentwicklung

Die Ist-Analyse erfolgt in diesem Gutachten auf Grundlage von Daten, die im Jahr 2024 gewonnen wurden, sodass auch genau dieses Jahr das Basisjahr der Prognosen darstellt. Für das Jahr 2027 und 2030 werden Prognosewerte indexiert entwickelt, was bedeutet, dass das Jahr 2024 (Basisjahr) mit dem Indexwert 100 versehen wird und die übrigen Jahre in den drei Verkehrsszenarien als Indexwert angegeben werden.

Die Daten der BVWP2040, die im Jahr 2019 beginnen, werden wie folgt auf das Jahr 2024 interpoliert. Es wird ein gleichbleibendes Wachstum des Güterverkehrs zwischen 2019 und dem Prognosejahr 2040 unterstellt und dieser Wachstumsfaktor genutzt, um die BVWP-Werte für 2019 auf das Jahr 2024 hochzurechnen. Mit demselben Wachstumsfaktor entstehen in Variante 1 die Indexwerte für 2027 bzw. 2030. Variante 2 legt den Wachstumsfaktor der „Verkehrsleitbilder Rheinland“ zugrunde, der bei ca. 4,1% p.a. liegt, um aus dem Basiswert für 2024 (100) die indexierten Prognosewerte für 2027 und 2030 zu berechnen. Für Variante 3 wird die Wachstumsrate der BVWP2040 (vgl. Variante 1) um die in der Verarbeitung der Dokumente zum „Verkehrsleitbild Rheinland“ ermittelte systematische Abweichung zur BVWP korrigiert

¹ Verwendet wurden die Ausgaben 2009, 2014, 2016 und 2023 des „Verkehrsleitbilds Rheinland“.

(ca. 0,49% p.a.). Mithilfe dieser neuen Wachstumsrate entstehen die indexierten Prognosewerte für 2027 und 2030.

Die Ergebnisse der Varianten für den Themenbereich „Entwicklung der Aktivität des Wirtschaftsverkehrs“ sind in Tabelle 19 dargestellt.

Tabelle 19: Ergebnisdarstellung zu den drei Szenarien im Themenbereich „Entwicklung der Aktivität des Wirtschaftsverkehrs“

Varianten	2024	2027	2030
V1: Gemäß BVWP2040	100	104,3	108,7
V2: Gemäß Verkehrsleitbild Rheinland	100	112,8	127,3
V3: BVWP2040 korrigiert	100	105,8	111,9

Die Varianten zum Anteil batterieelektrischer Antriebe innerhalb der in Deutschland registrierten Nutzfahrzeugflotte nutzen Detaildaten¹ aus dem „Bestand im Zentralen Fahrzeugregister (ZFZR)“ der Jahre 2015 bis 2025. Hierfür werden die Bestandszahlen und Durchdringungsgrade pro Jahr sowie die daraus abgeleiteten Wachstumsraten verwendet. Der Datenbestand lässt insbesondere bei batterie-elektrisch angetriebenen Nutzfahrzeugen (Filterung im KBA-Datensatz Energiequelle (F_Energiequelle) = [104] Elektro (BEV)), klare Tendenzen erkennen (vgl. Unterkapitel 3.1). Die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten sind im

- 5-Jahres-Durchschnitt: 31 %
- 4-Jahres-Durchschnitt: 31 %
- 3-Jahres-Durchschnitt: 29 %
- 2-Jahres-Durchschnitt: 24 %

Es handelt sich um ein typisches Wachstumsmuster. Mit zunehmender Grundgesamtheit nimmt die prozentuale Wachstumsrate ab, die absoluten Fahrzeugzahlen steigen weiter. Entsprechend bestehen in Bezug auf die Frage nach dem Durchdringungsgrad batterieelektrischer Nutzfahrzeug drei Varianten im Vordergrund:

- Variante 1: Fortschreibung der durchschnittlichen Wachstumsrate der jüngeren Vergangenheit von 24% (Jahre 2023 und 2024) auf die Zieljahre 2027 und 2030
- Variante 2: Verwendung einer optimistischen Wachstumsrate von 30% (entspricht dem 5-Jahres-Durchschnitt 2021 - 2025) auf die Zieljahre 2027 und 2030
- Variante 3: Verwendung einer konservativen Wachstumsrate von 15% auf die Zieljahre 2027 und 2030

Für die Jahre 2027 und 2030 ergibt sich durch lineare Fortschreibung die in Tabelle 20 dargestellten Bestandszahlen für BEV-Lastkraftwagen und BEV-Sattelzugmaschinen.

¹ Bemerkung: Es handelt sich dabei um Daten (Scientific Use File zur Off-Site-Nutzung), die für die wissenschaftliche Verwendung beim KraftfahrBundesamt beschafft wurden, und nicht um die auf der Website des KBA abrufbaren aggregierten Bestandszahlen.

Tabelle 20: Ergebnisdarstellung (gerundet) zu den drei Varianten im Themenbereich „Hochlauf elektrischer Antriebe im Lkw-Bereich“

Varianten	2025	2027	2030
E1: Fortschreibung der jüngeren Vergangenheit	93.000	138.000	205.000
E2: Optimistische Wachstumsrate	93.000	149.000	233.000
E3: Konservative Wachstumsrate	93.000	121.000	163.000

Der dritte Themenbereich befasst sich mit der Treibhausgas-Intensität des deutschen Strommix. Für die rein lokale Emissionsfreiheit eines Fahrzeugs, das in Aachen für wirtschaftliche Aktivitäten genutzt wird, genügt es, dass dieses Fahrzeug elektrisch angetrieben ist. Die Erweiterung der Perspektive auf die Stromerzeugung bezieht die Frage mit ein, ob die Emissionsfreiheit in Aachen verkehrender Fahrzeuge nicht etwa auf Kosten zusätzlicher Emissionen der Stromerzeugung an einem anderen Ort erkaufte wird.

Das Ziel des Erneuerbare Energien-Gesetzes (EEG) besteht in einer Bruttostromerzeugung, die zu mindestens 80% aus erneuerbaren Quellen („EE“) erfolgt. Nach aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen¹ ist dieses politische Ziel erreichbar, wobei die Erreichbarkeit von politischen Weichenstellungen abhängt. Die Auswertungen verwenden zusätzlich zu einer angenommenen Erfüllung des EEG-Ziels für 2030 ein Szenario des Reports „Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem – Bundesländer im Transformationsprozess“:

- Variante 1: „EE Zielerreichung 2030“ mit 80% EE-Anteil 2030
- Variante 2: „Technologieoffenheit“ mit <80% EE-Anteil 2030

Für beide Varianten wurde der Verlauf des Ausbaus erneuerbarer Energien an der deutschen Bruttostromerzeugung unter Zuhilfenahme des gegenwärtigen Anteils linear interpoliert. Hieraus ergeben sich die in Tabelle 21 dargestellten Emissionsfaktoren für die Stromerzeugung in Gramm CO₂e pro erzeugter kWh.²

Tabelle 21: Ergebnisdarstellung zu den zwei Varianten im Themenbereich „deutscher Strommix“ (gCO₂e/kWh)

Varianten	2024	2027	2030
S1: „EE Zielerreichung 2030“	427	264,5	102
S2: „Technologieoffenheit“	427	268,5	110

¹ Thelen et al. 2024

² Dies ist erforderlich, da Verbrennungsmotoren neben Kohlendioxid noch andere Klimaschadstoffe emittieren, vor allem Lachgas und Methan. Letztere wirken je Gramm deutlich stärker beschleunigend auf den Treibhauseffekt als Kohlendioxid, sodass ihre klimaschädigende Wirkung umgerechnet und damit über alle relevanten Treibhausgase zusammengerechnet werden kann.

4.2 Analyse der Entwicklungsszenarien

Aus den beschriebenen Themenbereichen und Varianten werden insgesamt neun Szenarien gebildet und nachfolgend beschrieben und analysiert. Für jedes Szenario werden ausgehend, von dem in Kapitel 3.3 ermittelten Basiswert verkehrsbedingte Emissionen ermittelt und als absolute Werte sowie prozentuale Veränderung zum Basiszenario angegeben.

Die insgesamt neun betrachteten Szenarien ergeben sich im Kern aus zwei Bausteinen. Erstens aus verschiedenen Entwicklungen für die Entwicklung des Verkehrs (Varianten V1 bis V3) sowie aus Kombinationen der Varianten für den Strommix und den Elektrifizierungsgrad der Flotte. Hierbei werden drei Kombinationen von Varianten für die Berechnung zugrunde gelegt:

- Best Case Szenario: hohe Elektrifizierung (Variante E2), Erfüllung des EEG-Ziels 2030 (Variante S1)
- Worst Case: geringe Elektrifizierung (Variante E3), Nichterfüllung des EEG-Ziels 2030 (Variante S2)
- Middle: durchschnittliche Elektrifizierung (Variante E1), Erfüllung des EEG-Ziels 2030 (Variante S1)

Das Basisjahr 2024 wird als gegeben angenommen und in der Szenarienberechnung die Werte für die Jahre 2027 und 2030 entsprechend der ausgewählten Modellierungsvarianten ermittelt. Um die Interpretation zu erleichtern, wird auf die Antriebsart aggregiert und die prozentuale Veränderung zum Basiswert 2024 ermittelt, da auf diese Weise die Effekte der Szenarien einfacher zu erfassen sind. Tabellen mit den absoluten Emissionswerten für die berechneten Szenarien finden sich im Anhang 7.4 (Ergebnistabellen zu den Entwicklungsszenarien).

Best-Case-Szenario

Im Best-Case-Szenario werden optimistische Annahmen zugrunde gelegt. Die Elektrifizierungsquote des Fuhrparks nimmt deutlich zu und der Strommix 2030 erfüllt die Vorgaben des Erneuerbare-Energien-Gesetzes. Mit den Annahmen dieses Szenarios wird im nächsten Schritt für jedes der drei Verkehrsszenarien dargestellt, wie sich die verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen entwickeln. Als Ergebnisse werden für die Jahre 2027 und 2030 jeweils die entstehenden Emissionen sowie die auf das Niveau von 2024 bezogenen prozentualen Veränderungen ausgewiesen (siehe Tabelle 22).

Tabelle 22: Ergebnisse des Best-Case-Szenarios

Verkehrsentwicklung	2027		2030	
	Emissionen [t CO ₂ e]	Relativ zu 2024	Emissionen [t CO ₂ e]	Relativ zu 2024
V1 (BVWP2040)	36.342	-1,9%	34.048	-8,1%
V2 (Verkehrsleitbild)	39.303	6,1%	41.523	12,1%
V3 (BVWP korrigiert)	36.864	-0,5%	36.500	-1,5%

Je nach unterstellter Verkehrsentwicklung (V1 bis V3) ergeben sich in Summe sinkende oder steigende Emissionen. Verkehrsentwicklung V2 orientiert sich am Verkehrsleitbild Rheinland und führt im Best Case-Szenario durchweg zu steigenden Emissionen. Diese in Summe steigenden Emissionen sind darin begründet, dass es bei der Verkehrsentwicklung V2 zu einer Zunahme des Aufkommens kommt, die nicht durch

die Elektrifizierung des Fuhrparks, Effizienzsteigerungen bei den Verbrennungsmotoren und die Entwicklung des Strommixes kompensiert werden kann. Vereinfacht ausgedrückt steigt die Verkehrsaktivität schneller als der Gesamtfuhrpark elektrifiziert werden kann. Bei den BVWP2040-basierten Modellierungen (Verkehrsentwicklungen V1 und V3) können die jeweiligen geringeren Zunahmen des Verkehrsaufkommens durch die Elektrifizierung und den Fuhrparkmix kompensiert werden. Die Emissionen sinken gegenüber 2024 zunehmend, wobei die Flottenelektrifizierung in Kombination mit der weiter abnehmenden Emissionsintensität des Strommixes erst ab 2030 zu einer spürbaren Emissionssenkung führt. Im Jahr 2027 tritt der Effekt ein, dass die Zunahme elektrischer Fahrzeuge die Emissionen der Stromerzeugung stärker steigen lässt als der Anteil erneuerbarer Energien im Strommix den Fahrstrom dekarbonisieren kann.

Worst-Case-Szenario

Im Worst-Case-Szenario werden pessimistische Annahmen zugrunde gelegt. Die Elektrifizierungsquote des Fuhrparks entwickelt sich langsamer und der Strommix 2030 folgt einem technologieoffenen Pfad, der zu einer (knappen) Nichterreichung des Ziels eines Anteils von 80% erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung führt. Hieraus ergeben sich die prozentualen Veränderungen der Emissionen für die Jahre 2027 und 2030 wie in Tabelle 23 dargestellt.

Tabelle 23: Ergebnisse des Worst-Case-Szenarios

Verkehrsentwicklung	2027		2030	
	Emissionen [t CO ₂ e]	Relativ zu 2024	Emissionen [t CO ₂ e]	Relativ zu 2024
V1 (BVWP2040)	36.789	-0,7%	34.962	-4,3%
V2 (Verkehrsleitbild)	39.787	7,4%	43.266	16,8%
V3 (BVWP korrigiert)	37.318	0,7%	38.032	2,6%

Im Gegensatz zum Best-Case-Szenario können in diesem Szenario nur noch bei der geringsten Zunahme des Verkehrsaufkommens (V1 – BVWP2040) die entstehenden verkehrsaktivitätsbedingten Zunahmen durch Effizienzgewinne und Elektrifizierung kompensiert werden. Da die zu erwartenden Treibhausgasemissionen der Stromerzeugung dieses technologieoffenen Szenarios vergleichsweise dicht an denen der EEG-Zielerreichungs-Variante liegen, ist davon auszugehen, dass der Einfluss der Entwicklung des Fuhrparks größer ist als der Einfluss der Entwicklung des Strommixes. Ein weiterer Hinweis ist die Veränderung der Emissionen der Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor im Vergleich zum Best-Case-Szenario. Da beiden Szenarien die gleiche Modellierung hinsichtlich der Effizienzentwicklung bei Verbrennungsmotoren zugrunde liegt und die relativen Veränderungen der Emissionen aus Verbrennungsmotoren größer ausfallen, ist insgesamt von einem größeren Einfluss der Fuhrparkzusammensetzung auszugehen.

Most-Likely-Szenario

Dem Most-Likely-Szenario liegt für die Elektrifizierungsquote des Fuhrparks eine Fortschreibung der aktuellen Entwicklung zugrunde. Zusätzlich wird davon ausgegangen, dass der Strommix 2030 den Zielen des EEG entspricht. Hieraus ergeben sich die in Tabelle 24 ausgewiesenen prozentualen Veränderungen der Emissionen für die Jahre 2027 und 2030.

Tabelle 24: Ergebnisse des Most-Likely-Szenarios

Verkehrsentwicklung	2027		2030	
	Emissionen [t CO ₂ e]	Relativ zu 2024	Emissionen [t CO ₂ e]	Relativ zu 2024
V1 (BVWP2040)	35.528	-1,5%	34.602	-6,6%
V2 (Verkehrsleitbild)	39.488	6,6%	42.203	13,9%
V3 (BVWP korrigiert)	37.037	0,0%	37.098	0,1%

Die bereits in den vorherigen Szenarien herausgearbeiteten Einflüsse von Fuhrparkzusammensetzung und Entwicklung des Verkehrsaufkommens sind auch in diesem Szenario erkennbar, allerdings in insgesamt weniger dramatischen Ausschlägen. Während das auf der Variante V2 basierende Ergebnis weiterhin zu steigenden Emissionen führt, ist bei der BVWP2040-basierten Variante in Summe ein Sinken der Emissionen zu erwarten, die sich aus den positiven Entwicklungen bei Fuhrpark und Strommix ergeben. Bei Verkehrsentwicklung V3 heben sich in beiden Betrachtungszeitpunkten die Emissionssenkungen je Fahrzeug (durch Elektrifizierung und weitere Dekarbonisierung des Strommixes) und die Steigerungen der Emissionen durch ein Anwachsen der Flotten praktisch genau auf. Die Gesamtemissionen bleiben konstant.

4.3 Einordnung der Szenarienergebnisse

Anhand der modellierten Szenarien und der daraus resultierenden Veränderungen der wirtschaftsverkehrsbedingten Emissionen können verschiedene übergeordnete Schlüsse gezogen werden. Zunächst kann festgestellt werden, dass in allen Szenarien Konstellationen entstehen können, in denen die Emissionen des Wirtschaftsverkehrs im Jahr 2030 über denen des Jahres 2024 liegen, auch dann, wenn eine optimistische Entwicklung von Strommix und Elektrifizierungsgrad angenommen wird. Der Grund hierfür liegt im wachsenden Verkehrsaufkommen sowie dem weiterhin hohen Anteil von Verbrennerfahrzeugen in der Flotte. Der Einfluss der modellierten Varianten zum Strommix ist vergleichsweise gering, da die Werte nah beieinander liegen und zudem aufgrund des geringen Elektrifizierungsgrades der Flotte nicht so stark ins Gewicht fallen wie die durch Verbrennerfahrzeuge verursachten Emissionen. Das gilt grundsätzlich auch für den theoretischen Fall einer Übererfüllung der EEG-Ziele, wie sie in vereinzelt Modellierungen zum Thema grundsätzlich für möglich gehalten wird.

Wenn der Strommix ausgeklammert wird, verbleiben mit Verkehrsaufkommen und Flotte zwei Faktoren, auf die die Stadt Aachen grundsätzlich direkt oder indirekt Einfluss nehmen kann. Die Elektrifizierung der Flotte ist wie zuvor schon beschrieben über die Zulassungszahlen hergeleitet. Lokal und regional sind die Anteile elektrischer Fahrzeuge an den jeweiligen Flotten unterschiedlich. Es bestehen grundsätzlich auch für Kommunen Möglichkeiten die Nutzung elektrischer Nutzfahrzeuge attraktiver zu machen, ohne direkt auf Angebotsportfolio und Preispolitik der Hersteller Einfluss nehmen zu können (vgl. Kapitel 5).

Auswirkungen der Implementierung von 0-Emissionszonen

Zusätzlich zu den beschriebenen Einflussmöglichkeiten existiert die insbesondere aus dem europäischen Ausland bekannte Möglichkeit der Einrichtung sogenannter 0-Emissionszonen (0-EMZ), in denen die Zufahrt nur mit emissionsfreien Fahrzeugen gestattet ist. Die Effekte der Einführung derartiger Zonen lassen sich nicht direkt

quantifizieren, da verschiedene Aspekte zu berücksichtigen sind, die einen Einfluss auf die tatsächlich erzielbare Emissionsreduktion haben können. Existierende Zonen umfassen teilweise nur wenige, kurze Straßenzüge, auch wenn durchaus Ambitionen erkennbar sind, die Zonen auf größere Bereiche der jeweiligen Städte auszuweiten¹.

Folgende Aspekte machen die Quantifizierung der Effekte der Einrichtung von 0-EMZ herausfordernd:

- Verlagerungseffekte entstehen dadurch, dass sich wirtschaftliche Aktivität aus der 0-EMZ heraus verlagert. Je nach Ort, an den sich die Aktivität verlagert, kann daraus ein erhöhtes Verkehrsaufkommen ergeben, wenn bspw. längere Strecken in Kauf genommen werden müssen.
- Vermeidungsverkehre können durch die Einführung von 0-EMZ induziert werden und dazu führen, dass z. B. Parksuchverkehre von Fahrzeugen erfolgen, wenn diese nicht in die 0-EMZ einfahren dürfen.
- Die Bestandsfuhrparks von Unternehmen und die mit diesen Fahrzeugen verknüpften Wieder- bzw. Ersatzbeschaffungszyklen führen dazu, dass die beiden zuvor genannten Effekte auftreten können.²

¹ International Council on Clean Transportation 2021

² Die Niederlande arbeiten bspw. mit gleitenden Fristen für das Ende Nutzung von Verbrennerfahrzeugen in 0-EMZ in Abhängigkeit von Fahrzeugtyp, Euroklasse und Fahrzeugalter. <https://business.gov.nl/sustainable-business/sustainable-business-operations/zero-emission-zones-in-the-netherlands/#art:exemptions-and-dispensations>

Zur emissionsärmeren und stadtverträglichen Gestaltung des Wirtschaftsverkehrs sowie zur Verbesserung der Informations- und Datengrundlage stehen unterschiedliche Maßnahmen zur Verfügung. Im Folgenden werden zunächst die im Rahmen der Expertengespräche sowie des Runden Tisches Wirtschaftsverkehr diskutierten Maßnahmen für die Stadt Aachen dargestellt. Das anschließende Kapitel zeigt Ansätze zur Verbesserung der zur Analyse und Bewertung der Verkehre erforderlichen Datengrundlagen.

5.1 Maßnahmen im Aachener Wirtschaftsverkehr

5.1.1 Systematik der Einflussnahme auf urbane Wirtschaftsverkehre

Maßnahmen, die den Wirtschaftsverkehr beeinflussen, lassen sich grundsätzlich in Verkehrsvermeidung, Verkehrsverlagerung sowie der stadtverträglichen Abwicklung unterteilen.¹ Diese drei Ansätze bilden einen Rahmen für die Analyse und Bewertung von Wirtschaftsverkehrsmaßnahmen. Maßnahmen der Verkehrsvermeidung zielen darauf ab, das Verkehrsaufkommen im Wirtschaftsverkehr zu reduzieren, ohne die Leistungsfähigkeit von Liefer- und Dienstleistungsprozessen einzuschränken (bspw. durch die Optimierung von Touren, Substitution einzelner Wege oder die Bündelung von Zustellungen). Maßnahmen der Verkehrsverlagerung setzen an der Wahl der Verkehrsmittel und Fahrzeugtypen an. Dies umfasst im urbanen Raum typischerweise Verlagerungen auf andere (oft emissionsärmere oder elektrisch betriebene) Fahrzeuge in der Zustellung oder die Veränderung der letzten Abschnitte von Transportketten. Hierzu zählt bspw. der Einsatz von Lastenrädern und Mikrohubstrukturen. Die stadtverträgliche Abwicklung bildet eine weitere Ansatzmöglichkeit. Hierzu zählen auch Ansätze der Digitalisierung. Sie umfasst Maßnahmen zur Reduzierung von Lärm- und Schadstoffemissionen sowie die Minimierung von Nutzungskonflikten im Straßenraum. Hierzu zählen unter anderem der Einsatz alternativer Antriebstechnologien, eine angepasste zeitliche und räumliche Steuerung von Lieferverkehren (bspw. geräuscharme Nachtlogistik), intelligente Verkehrsmanagementsysteme sowie die Bereitstellung von Daten bzw. Informationen über eine Plattformlösung. Ziel ist es, die negativen Auswirkungen des Wirtschaftsverkehrs zu begrenzen und gleichzeitig dessen Funktionsfähigkeit langfristig sicherzustellen.

Maßnahmen zur Einflussnahme auf urbane Transportketten lassen sich allgemein in die Kategorien „Steuerung der Kapazität des Verkehrssystems“, „Bepreisung der Nutzung des Verkehrssystems“ und „Steuerung von Verkehrsflüssen“ unterteilen.² Kapazitäten, also das Verkehrsangebot, stehen ebenfalls im Fokus der klassisch städtischen Verkehrsplanung. Maßnahmen zur Bepreisung (z. B. durch Erhebung von Nutzungsgebühren für Parkflächen) zielen auf eine Beeinflussung einer nach Kostenkriterien entscheidenden Nachfrageseite. Die letzte Kategorie beschreibt die im urbanen Raum eher selten vorkommende operative Lenkung von Verkehren.

¹ Gertz und Holz-Rau 2020

² Stütz und Clausen 2022



Abbildung 53: Einteilung von Maßnahmen zur Einflussnahme auf urbane Wirtschaftsverkehr¹

5.1.2 Relevante Maßnahmen aus dem Beteiligungsprozess

Bei den Expertengesprächen wurden vor allem Maßnahmen zur Verkehrsverlagerung, stadtverträglichen Abwicklung und Digitalisierung adressiert. Diese Themen wurden auf dem Runden Tisch Wirtschaftsverkehr im November 2025 teilweise vertiefend weiter diskutiert. Hierbei wurden vor allem die folgenden Maßnahmen angesprochen.

Lade- und Lieferzonen

Lade- und Lieferzonen zählen zu den Maßnahmen, die auf die Kapazität des Verkehrssystems wirken. Die gezielte Freigabe besonderer Flächen soll ein regelkonformes Halten von Fahrzeugen während der Zustellung bzw. Abholung sichern. Sie dienen dazu, Suchverkehre zu reduzieren und das Halten in zweiter Reihe zu vermeiden. In einigen Fällen ist eine Kombination aus Lade- und Lieferzone mit integrierter Ladeinfrastruktur sinnvoll, um hierdurch den Einsatz elektrischer Zustellfahrzeuge zu stärken. Die gewünschte Wirkungskette einer solchen Maßnahme besteht darin, dass eine verlässlich verfügbare Haltemöglichkeit wertvolle Arbeitszeit spart und so von Unternehmen als wirtschaftlich sinnvoll bewertet und aktiv genutzt wird. Die Ergänzung dieser Flächen mit elektrischer Ladeinfrastruktur bietet Lieferungen mit längerer Standzeit zusätzliche Flexibilität in der Einsatzplanung elektrischer Fahrzeuge.

Die Stadt Aachen hat bereits einige Lade- und Lieferzonen ausgewiesen und steht hierzu mit den relevanten Nutzern im Austausch. Die Gespräche haben gezeigt, dass häufige Fehlbelegungen durch bspw. Privatfahrzeuge oder Belegungen durch andere Zusteller weiterhin zu einem erhöhten Parksuchverkehr und Halten in zweiter Reihe vor allem im Aachener Innenstadtbereich führen. Ein wesentlicher Erfolgsfaktor der Einrichtung von Lade- und Lieferzonen besteht darin, unsachgemäße Belegungen (speziell durch Fahrzeuge des privaten Personenverkehrs) zu unterbinden.² Die Besonderheiten der Aachener Innenstadt mit engen Gassen und Einbahnstraßen erhöhen die Anforderungen an die Ausweisung und Dimensionierung dieser Zonen.

Für die weitere Implementierung zusätzlicher Lade- und Lieferzonen ist daher ein fortgesetzter Austausch mit potenziellen Nutzern erforderlich, um gemeinsam Standorte zu identifizieren, die sowohl den Nutzeranforderungen entsprechen als auch aus kommunaler Sicht realisierbar sind. Hierbei ist auch die Dimensionierung für schwerere Lkw (7,5 t bis 26 t) zu berücksichtigen. Der Austausch der Stadt Aachen mit den interviewten Akteuren wird von diesen insgesamt positiv bewertet und sollte daher in dieser Form fortgeführt werden. Einige Akteure würden digitale

¹ Stütz und Clausen 2022

² Heleyn 2012

Reservierungsmöglichkeiten sowie eine klarere Beschilderung der Lade- und Lieferzonen begrüßen. Dies ist jedoch nicht mit den betrieblichen Abläufen aller Unternehmen kompatibel. Insbesondere Dienstleister im Bereich Express- und Terminzustellungen legen ihre Tourenplanung häufig erst kurzfristig fest, so dass eine frühzeitige Reservierung von Zeitfenstern dem Planungsprozess für den operativen Tourverlauf widersprechen würde.

Mikrodepots und Lastenräder

Mikrodepots unterteilen die letzte Meile und ermöglichen hierdurch den Einsatz von Lastenrädern oder anderen dem unmittelbaren Stadtumfeld angepasster Transportmöglichkeiten bis hin zum Fußverkehr. Es handelt sich dabei um eine Maßnahme zur Verkehrsverlagerung, die von Unternehmen als Reaktion auf lokale verkehrliche Herausforderungen getroffen werden.¹ Per Transporter oder Lkw werden die Sendungen zu innerstädtischen Umschlagpunkten transportiert, um von dort meist mit Lastenrädern, aber auch Elektrokleinstfahrzeugen zugestellt zu werden. Dies reduziert auf der einen Seite das Halten von Zustellfahrzeugen meist in zweiter Reihe und senkt die Emissionen auf den letzten Metern. Das Lastenrad ist besonders in dichtbesiedelten Gebieten mit hoher Stoppfrequenz effizient einsetzbar. Jedoch sind nicht alle Sendungen, aufgrund ihrer Größe, Gewicht oder Menge je Zieladresse, geeignet, um mit einem Lastenrad zugestellt zu werden.

Der Flächenmangel, gerade im Innenstadtbereich, stellt eine zentrale Hürde für die Umsetzung von Mikrodepots dar. Für den Betrieb werden geeignete Flächen oder Immobilien benötigt, die eine Anlieferung, auch für schwere Lkw, ermöglichen, über ausreichende Stromanschlüsse zum Laden der Lastenräder verfügen und sichere Abstellmöglichkeiten bieten. Der konkrete Flächenbedarf variiert dabei je nach Logistikdienstleister und dessen betrieblichem Konzept. Neben einzelnen Mikrodepots besteht auch die Möglichkeit zur Umsetzung von Multi-User-Mikrodepots, im Sinne einer dienstleisterübergreifenden Flächenkooperation bei Beibehaltung der eigenen Prozesshoheit. Gegenüber mehreren einzelnen Mikrodepots sollen Multi-User-Mikrodepots ermöglichen, den gesamten Flächenverbrauch und Betriebskosten durch gemeinsame Nutzung technischer Vorrichtungen und Räumlichkeiten (z. B. Einrichtungen zur Aufrechterhaltung des Fahrbetriebs, Sozialräume, Zugangssicherung) zu senken. Hierbei stellt die Findung einer geeigneten Fläche bzw. Immobilie, die sowohl eine gewisse Größe besitzt als auch von der Lage für die Zustellung aller Nutzenden passt, die größte Herausforderung dar. Zudem benötigt diese Variante einen neutralen Betreiber.

Einige Akteure setzen bereits Lastenräder in Aachen für die Zustellung ein und würden dies auch gerne ausbauen. Wohingegen andere Akteure kein Interesse an solch einer Nutzung zeigen und lieber ihre Fahrzeuge für eine emissionsarme Zustellung elektrifizieren würde. Der Austausch mit der Stadt Aachen zur Findung geeigneter Flächen wird positiv wahrgenommen und sollte in dieser Form fortgesetzt werden.

Paketboxen

Paketboxen bzw. Paketstationen verlagern Zustellungen von der Haustür zu öffentlich oder halböffentlich zugänglichen Abholpunkten. Hierbei werden bei den Dienstleistern die Zustellzeiten reduziert, da mehr Sendungen an eine Adresse geliefert werden und es entfallen die Fehlzustellversuche, da eine Belieferung solcher Abholpunkte nicht mehr die Anwesenheit einer empfangenden Person erfordert. Für den Empfangenden bedeutet dies, dass er seine Sendung zu einem von ihm gewählten Zeitpunkt abholen kann. Hierbei besteht ein Risiko, dass verkehrliche und ökologische Einsparungen auf

¹ Maes 2017, Melo und Baptista 2017

der Belieferungsseite durch die Abholverkehre der Empfangsseite teils wieder aufgehoben werden.

Potenzielle Maßnahmen im
Wirtschaftsverkehr

Innerhalb der Stadt Aachen existieren bereits einige dieser Zustellsysteme unterschiedlicher Anbieter. Eine Ausweitung dieses Netzes liegt grundsätzlich im Interesse der Dienstleister, entspricht jedoch nicht in jedem Fall den Zielsetzungen der Kommune. Eine Vielzahl einzeln betriebener Systeme kann zu einer Beeinträchtigung im Stadtbild und somit der Aufenthaltsqualität führen. Zudem werden hierdurch viele Flächen benötigt und in Anspruch genommen. Ein kooperatives, anbieterübergreifendes System und die Integration in bestehende Mobilitäts- oder Parkinfrastrukturen sollten Ziel einer solchen Umsetzung sein. Bei der Standortwahl sollten Erreichbarkeit zu Fuß und per Rad, soziale Sicherheit (Beleuchtung, Einsehbarkeit) und Barrierefreiheit berücksichtigt werden.

Privilegierung elektrischer Antriebe und Lastenräder

Elektrische Zustellfahrzeuge sowie Lastenräder können im Rahmen einer kommunalen Steuerungsstrategie durch privilegierte Zufahrtsrechte, erweiterte Lieferzeitfenster oder die bevorzugte Nutzung ausgewiesener Lade- und Lieferzonen begünstigt werden. Hierzu zählen auch Ausnahmen von Zufahrtsbeschränkungen in sensiblen Bereichen, wie bspw. der Fußgängerzone. Ziel ist die Stärkung des Einsatzes lokal emissionsfreier Fahrzeuge, besonders im Innenstadtbereich. Im Vergleich zu einer 0-EMZ kann dies auf diese Weise durch Anreize statt Verbote initiiert werden.

Die Gespräche haben gezeigt, dass einige Dienstleister über einen Umstieg auf elektrische Fahrzeuge bereits nachdenken bzw. sie in anderen Städten bereits einsetzen. Adressiert wurde von den Akteuren die Ideen bspw. zusätzliche Lade- und Lieferzonen für emissionsfreie Fahrzeuge zu schaffen oder verlängerte Zeitfenster zur Einfahrt in zufahrtsbeschränkte Bereiche mit emissionsfreien Fahrzeugen zu ermöglichen.

Off-Peak- und Nachtlogistik

Die Verlagerung von Lieferverkehren in Off-Peak- und Nachtzeiten nutzt die freien Räume und Ressourcen in diesen Zeitfenstern und entlastet gleichzeitig die Spitzenzeiten im Verkehr. Zudem werden Anlieferungen durch reduzierte Stauzeiten effizienter.

Voraussetzungen für eine Tagesrandzeiten- und Nachtlogistik sind eine geräuscharme Anlieferung, Zugangsmöglichkeiten bei der Zustellung und der Einsatz elektrischer Nutzfahrzeuge um die Anforderungen der TA Lärm (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm) einzuhalten.¹ In Abhängigkeit von der Lage einer Filiale bzw. der Gebietsausweisung im Flächennutzungsplan besteht die Möglichkeit, Anlieferverkehre teilweise in die Tagesrand- und Nachtstunden zu verlagern. Eine notwendige Voraussetzung hierfür ist, dass das jeweilige Unternehmen filialbezogene Schallprognosen beauftragt, um nachzuweisen, dass die Belieferung unter Einhaltung der maßgeblichen Immissionsrichtwerte der TA Lärm geräuscharm durchgeführt werden kann. Die Stadt kann Unternehmen hierzu informieren und bei der Auswahl von Filialen in geeigneten Lagen unterstützen. Voraussetzung für eine entsprechende Verlagerung ist der Einsatz elektrisch betriebener Nutzfahrzeuge, da diese für geräuscharme nächtliche Anlieferungen notwendig sind und hierdurch auch tagsüber zu einer Reduktion von Lärm- und Schadstoffemissionen beitragen. In Gesprächen signalisierten einzelne Akteure Interesse an einer entsprechenden Umsetzung.

In den Gesprächen haben einzelne Dienstleister angesprochen, dass sie bereits versuchen für ihre Zustellungen die morgendlichen Verkehrsspitzen zu meiden und erst

¹ TA Lärm 2017

danach mit ihren Touren beginnen. Dies ist nicht in allen Fällen umsetzbar, entzerrt den Verkehr aber bereits ein wenig und sorgt dafür, dass diese Touren bspw. weniger im Stau stehen und Arbeitszeiten effizienter genutzt werden können.

Potenzielle Maßnahmen im
Wirtschaftsverkehr

5.1.3 Bestimmungsfaktoren der Emissionen im Wirtschaftsverkehr

Zielen Maßnahmen speziell auf die Senkung der Verkehrsemissionen ab, ist es hilfreich, die Entstehung der Emissionen systematisch zu untersuchen. Üblicherweise werden hierbei vier Bestimmungsfaktoren genannt:¹

- Räumliche Verteilung des Transportaufkommens
- Fahrzeugwahl und Modal Split
- Energiebedarf je tkm
- Kohlenstoffgehalt des eingesetzten Kraftstoffs

Um emissionsenkende Maßnahmen zu identifizieren, kann jeder dieser vier Bestimmungsfaktoren als Zielgröße verwendet werden, um anhand der in Abbildung 53 dargestellten Systematik zu entscheiden, welcher Mechanismus genau eingesetzt werden soll.

Im Folgenden wird anhand von konkreten Beispielen illustriert, wie mithilfe der vier dargestellten Faktoren Maßnahmen zur Emissionsenkung entwickelt werden können, welche gestalterischen Grenzen sich dabei zeigen und welche rechtlichen Regelwerke für die Ausarbeitung in Betracht gezogen werden müssen. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf emissionsfrei angetriebenen Fahrzeugen. Der Hintergrund ist, dass zwar in weiten Teilen des Stadtgebiets bereits eine Umweltzone in Kraft ist, die nur mit grüner Plakette befahren werden darf, aber trotzdem in den vergangenen Jahren wiederholt Grenzwertüberschreitungen für die Konzentration von Stickstoffoxiden in der Luft auftraten. Aktuell liegen die Messwerte innerhalb der zulässigen Grenzen, jedoch werden ab dem Jahre 2030 strengere Grenzwerte gelten, so dass vorausschauendes Handeln nötig ist, um die Luftqualität im Rahmen des rechtlich Zulässigen zu halten.

Bestimmungsfaktor „räumliche Verteilung des Transportaufkommens“

Dieser Faktor steht am Anfang der Kausalkette der Entstehung von Verkehrsemissionen. Nur wenn es Ware zu transportieren gibt, folgt daraus, dass ein Transportmittel eingesetzt wird. Die räumliche Distanz zwischen Quelle und Senke sowie die Aufkommensmenge wirken unmittelbar auf die von Unternehmen gebildeten Transportketten. Allerdings gilt für deutsche Kommunen wie Aachen, dass sie die Aufkommensmengen im Transport nur mittelbar über lokale Wirtschaftspolitik beeinflussen können. Eine direkte Beeinflussung des Verhaltens der Warenempfänger, die wirtschaftlichen Verursacher des Lieferverkehrs durch gezielte Anreize würde den stärksten Hebel zur Veränderung der urbanen Logistik darstellen. So könnte eine Maßnahme darin bestehen, Anreize für die Nachfrage emissionsarmer Lieferketten durch reduzierte Gewerbesteuerhebesätze für die wirtschaftlichen Verursacher von Transporten (z. B. Handelsfilialen im Stadtgebiet) zu schaffen. Allerdings ist eine steuerrechtliche Ungleichbehandlung von Unternehmen nach Art der Belieferung rechtlich nicht zulässig, da nach §16 GewStG ein einheitlicher Hebesatz zu gelten hat.

Das typische kommunale Instrument der Stellplatzablösegebühren könnte hingegen in Betracht gezogen werden. Eine weitere Beispielmaßnahme, die direkt an der Entstehung des Transportaufkommens ansetzen würde, besteht darin, Unternehmen bei Neu- und Umbauten über Stellplatzablösegebühren Anreize zu bieten, Lieferanten mit E-Fahrzeugen günstige Bedingungen zu bieten. Unternehmen, die im Rahmen von Mobilitätskonzepten Stellplätze mit Ladeinfrastruktur aufbauen, die auch dem

¹ Schipper und Marie 1999

Wirtschaftsverkehr zur Verfügung stehen, könnte die Stadt Aachen diese Stellplätze mit Lademöglichkeit insgesamt stellplatzreduzierend anrechnen. Hier ist jedoch genau zu definieren, wie die Nutzung durch den Wirtschaftsverkehr sichergestellt, gemessen und nachgewiesen werden kann.

Tritt die Stadt Aachen selbst als Auslöser für Belieferungsverkehr auf (bspw. durch Beschaffungsaufträge), erzeugt sie selbst einen Teil des Transportaufkommens und infolgedessen einen Teil des Wirtschaftsverkehrsaufkommens. Hier kann die Stadt selbst aktiv werden und bei Beschaffungsaufträgen ökologische Kriterien in den Katalog der Zuschlagskriterien mit aufnehmen. Der rechtliche Rahmen lässt die Definition ökologischer Kriterien neben reinen monetären Größen zu (§127 (1) Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen [GWB]). Eine Beispielmaßnahme könnte also konkret festlegen, dass bei ausgeschriebenen Beschaffungsaufträgen, in denen mit Wirtschaftsverkehr durch den Auftragnehmer zu rechnen ist, Angaben zu Treibhausgasemissionen des Transports gemäß DIN EN ISO 14083:2024-06 oder den Anteil der emissionsfreien Transportmittel im Fuhrpark eingefordert werden und als Zuschlagskriterium verankert werden.

Bestimmungsfaktor „Fahrzeugwahl und Modal Split“

Um auf Fahrzeugwahl und Modal Split im Güterverkehr einzuwirken, haben Städte wie Oslo oder London City-Maut-Systeme etabliert, die Betreibern von Fahrzeugen mit hohem Schadstoffausstoß eine tägliche Einfahrtsgebühr abverlangen, während lokal emissionsfreie Fahrzeuge entweder gebührenfrei oder zu deutlich geringeren Gebühren Einfahrt gewährt wird.

Diese Maßnahmen haben sich als wirksam erwiesen, jedoch stehen derartige Mittel Kommunen in NRW ohne Änderung des Kommunalabgabengesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (KAG NRW) nicht als Handlungsoption zur Verfügung wie ein durch die Deutsche Umwelthilfe initiiertes Rechtsgutachten zeigt.¹

In Bezug auf den Modal Split im Güterverkehr wird gesellschaftlich bspw. eine stärkere Bündelung von Last-Mile-Aktivitäten auch über Dienstleister hinweg diskutiert, um über eine Erhöhung der individuellen Fahrzeugauslastungen mit insgesamt weniger Fahrzeugen auskommen zu können. Eine weitere Möglichkeit ist die Verlagerung auf andere Verkehrsmittel wie bspw. Lastenräder. Für die erfolgreiche Umsetzung einer kollaborativen konsolidierten Stadtbefahrung (White Label-Logistik) gibt es jedoch praktisch keine Erfolgsbeispiele.² Für die unter hohem Kostendruck operierenden Lieferketten und ihre beteiligten Unternehmen ist es allein aus wirtschaftlichem Eigeninteresse naheliegend, Fahrzeuge und Fahrpersonal bestmöglich zu beschäftigen, d. h. von sich aus eine hohe Auslastung von Fahrzeugen und möglichst geringe Fahrzeiten anzustreben.

Bestimmungsfaktor „Energiebedarf je tkm“

Der Ansatz, den Energiebedarf je tkm im Lieferverkehr zu senken, entspricht dem klassischen verkehrsplanerischen Vorhaben einer Verkehrsverflüssigung. Die Verkehrsverflüssigung reduziert vermeidbare Start-Stopp-Situationen und senkt den Energiebedarf jeder Art von Antrieb. Ferner fallen in diesen Bereich durch die Stadt

¹ Deutsche Umwelthilfe 2016

² Im italienischen Vicenza, einer Stadt in der Region Venetien, zwischen Venedig und dem Gardasee gelegen, existiert eine solche „White Label“-Lösung zur Ver- und Entsorgung der historischen Altstadt: https://www.accessibilitacentristorici.it/ztl/Veneto_en/vicenza/mappa. Der Zugang ist exklusiv dem Dienstleister „Vicenza Eco Logistics Center“ (Veloce) gestattet, der Waren an einem Übergabepunkt in der westlichen Innenstadt umschlägt und ausschließlich mit Elektro-Fahrzeugen in die Altstadt einfährt: <https://www.velocelogistic.it/>

Aachen nicht direkt beeinflussbare Aspekte wie bspw. die in neueren Fahrzeuggenerationen realisierbaren Effizienzgewinne durch neue Antriebstechnologien. Es sind sowohl bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren als auch bei elektrisch angetriebenen Fahrzeugen weiterhin Effizienzgewinne zu beobachten.

Potenzielle Maßnahmen im
Wirtschaftsverkehr

Bestimmungsfaktor „Kohlenstoffgehalt des eingesetzten Kraftstoffs“

Für den Verkehr im Innenstadtbereich besteht die Möglichkeit, den Einsatz emissionsfreier Fahrzeuge zu forcieren. Wie eine solche Forcierung, die über die Wirkungen der Umweltzone hinaus reicht, aussehen könnten, zeigen die in Kapitel 5.1.4 beschriebenen Beispiel-Maßnahmen. Für Fahrzeuge bis 3,5 t zulässiger Gesamtmasse (Pkw und leichte Lieferwagen) können nach dem Elektromobilitätsgesetz (EmoG) die Zufahrtsmöglichkeiten für Fahrzeuge der Klassen M1 und N1 nach Emissionsfreiheit differenziert werden. §3 Abs. 4 Nr. 2 und 3 EmoG erlauben ausdrücklich, emissionsfreie Fahrzeuge bei der Nutzung von Straßen sowie bei Zufahrtsbeschränkungen zu bevorzugen. Nutzfahrzeuge jenseits der Klasse N1, insbesondere die für Belieferungsverkehre relevanten Klassen N2 und N3, fallen aktuell noch nicht unter den Anwendungsbereich des EmoG (§2 Nr. 1 EmoG beschränkt sich auf M1 und N1). Die in §3 EmoG normierten Bevorrechtigungen gelten daher nicht automatisch für schwere Nutzfahrzeuge, auch wenn diese faktisch ein E-Kennzeichen tragen. Auf Grundlage von §40(1) Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) kann die Stadt Aachen zur Luftreinhaltung jedoch Verkehrsbeschränkungen verhängen und dabei nach Emissionsklassen differenzieren. Voraussetzung ist der Nachweis, dass verkehrsbedingte Grenzwertüberschreitungen vorliegen oder drohen (dokumentiert im Luftreinhalteplan). In diesem Rahmen kann eine abgestufte Privilegierung zugunsten emissionsfreier schwerer Nutzfahrzeuge herbeigeführt werden.

5.1.4 Beispielhafte Anwendung der Methodik zur Findung emissionsenkender Maßnahmen

Abschnitt 5.1.3 dient dazu, die grundlegenden Handlungsmöglichkeiten zu strukturieren, die eine Stadt wie bspw. Aachen hat, um auf Unternehmen mit dem Ziel einzuwirken, dass die Emissionen der lokalen Wirtschaftsverkehre zurückgehen. Die konkrete Ausgestaltung von Maßnahmen in der Verkehrsplanung ist üblicherweise das Ergebnis eines Prozesses, der sich am Leitfaden der FGSV für eine „Zielorientierte Verkehrsplanung“ orientiert. Innerhalb dieses Prozesses sind u. a. Maßnahmen zu entwickeln, ihre intendierten Wirkungen zu beschreiben und als Vorbereitung einer demokratischen Entscheidung zu bewerten. Dieser Prozess soll stets die relevanten Interessensgruppen einbinden. Vor diesem Hintergrund sind die folgenden Ausführungen zu verstehen, die beispielhafte Maßnahmen anbieten, so dass

- für den Prozessschritt zur Entwicklung von Maßnahmen bereits eine erste Diskussionsgrundlage besteht,
- eine Beschreibung der Wirkungsweise vorhanden ist, die den Ausgangspunkt einer Wirkungsabschätzung bilden kann,
- eine grobe Darstellung der Maßnahmenumsetzung den Prozessschritt der Maßnahmenbewertung unterstützen kann.

Die dargestellten Maßnahmen sind daher weder als Idealbild noch Handlungsanweisung, sondern als mögliches Rohmaterial für den verkehrsplanerischen Prozess zu verstehen.

Maßnahme „Attraktive Einfahrtszeitfenster für emissionsfreie Fahrzeuge“

Diese Beispielmaßnahme besteht darin, die heute geltenden Einfahrtszeitfenster nur noch emissionsfreien Fahrzeugen zu gewähren und für die übrigen Fahrzeuge die Befahrung des Innenstadtbereichs durch Verkleinerung der Zeitfenster weniger attraktiv

zu machen. Dies steigert den Nutzen emissionsfreier Fahrten im Innenstadtbereich. Für diese Fahrzeugklasse ist die Durchsetzung dieser Maßnahme vergleichsweise einfach möglich, denn gemäß §11 (2) Fahrzeug-Zulassungsverordnung (FZV) darf das amtliche Kennzeichen den Zusatz „E“ tragen. Eine solche Maßnahme könnte kurzfristig umgesetzt werden. Da Fahrzeuge der Klassen N2 und N3 nicht vom EmoG reguliert werden, muss auf eine andere Lösung als das E-Kennzeichen zurückgegriffen werden. Um ein Unterlaufen der Maßnahme zu verhindern, sind Kontrollen unumgänglich. Um diese zu erleichtern, empfiehlt es sich, die zu privilegierenden Fahrzeuge bei der Stadt Aachen gesondert registrieren und ggf. mit einem gut sichtbaren, ggf. maschinenlesbaren Symbol zu kennzeichnen.

Diese Beispielmaßnahme unterstellt, dass günstigere Zeitfenster zu einem intensiveren Einsatz emissionsfreier Fahrzeuge im betroffenen Bereich führen. Ein Risiko besteht darin, dass Unternehmen ihre Fahrten zeitlich verdichten (mehrere Fahrzeuge parallel), statt auf E-Antrieb umzustellen. Ein anderes Risiko besteht darin, dass eine Verkleinerung des Einfahrtszeitfensters Unternehmen nicht betrifft, da ihre Belieferungsverkehre bereits heute gezielt abseits der verkehrlichen Spitzen durchgeführt werden.

Die zeitliche Umgehung von Einfahrtszeitfenstern stellt für diese Beispielmaßnahme ein Problem dar, das bei ausbleibender Elektrifizierung möglicherweise Verkehrsbelastungen nur zeitlich verschiebt und Emissionsprobleme kaum löst. Daher wird im Folgenden bewusst ein Bündel sehr ambitionierter Maßnahmen beschrieben, die diesem Umstand Rechnung trägt.

Maßnahme „Zufahrtsverbot kombiniert mit Ausnahmegenehmigung“

Die Beispielmaßnahme besteht darin, dem motorisierten Wirtschaftsverkehr grundsätzlich die Zufahrt im Innenstadtbereich zu verbieten und nur über Ausnahmegenehmigungen wieder zu öffnen. Kernstück dieser Beispiel-Maßnahme ist eine Satzung, die

- Fahrzeugen mit batterie- oder wasserstoffelektrischem Antrieb eine unbefristete Ausnahmegenehmigung (Kategorie 1),
- Fahrzeugen mit Erdgas-Antrieb (LNG, CNG) und EURO VI-Dieselantrieb eine befristete Ausnahmegenehmigung (Kategorie 2), und
- Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor unterhalb von EURO VI keine Ausnahmegenehmigung (Kategorie 3)

gestattet (vgl. Tabelle 25).

Tabelle 25: Übersicht der Antriebskategorien und Einfahrtserlaubnis

	Antriebstyp	Ausnahmegenehmigung
Kategorie 1	Lokal emissionsfrei (batterieelektrisch oder wasserstoffelektrisch)	Zeitlich unbegrenzt
Kategorie 2	Moderner Verbrennungsmotor (Erdgas CNG, Erdgas LNG, Diesel EURO VI)	Zeitlich begrenzt
Kategorie 3	sonstige Verbrennungsmotoren	Nicht verfügbar

Diese Beispielmaßnahme kommt einem Fahrverbot von Fahrzeugen unterhalb der Abgasnorm EURO VI im Innenstadtbereich gleich. Für Unternehmen, die Fahrzeuge der Kategorie 2 einsetzen wollen, entsteht ein wiederholter Beantragungsaufwand, da die Ausnahmegenehmigungen zeitlich begrenzt sind. Die Reduzierung dieses Aufwands ist nur durch stärkeren Einsatz lokal emissionsfreier Fahrzeuge zu erreichen.

Bei der Ausarbeitung derartiger Maßnahmen ist abgesehen vom tagespolitischen Diskurs Rücksicht auf verschiedene organisatorische, rechtliche und technische Anforderungen und Grenzen zu nehmen. Insbesondere zählen dazu:

Potenzielle Maßnahmen im
Wirtschaftsverkehr

- Festlegung einer geeigneten zeitlichen Befristung der Ausnahmegenehmigungen für Kategorie 2, die eine hinreichende Lenkungswirkung entfaltet und die Verwaltung bei der Bearbeitung der Anträge nicht überlastet.
- Bei Erhebung einer Verwaltungsgebühr für die Erteilung einer Ausnahmegenehmigung muss die Verhältnismäßigkeit gewahrt bleiben.
- Die Wirksamkeit einer Maßnahme erfordert auch eine glaubwürdige Entdeckung und Sanktionierung von Fehlverhalten. Aktive Kontrollen durch die Ordnungsbehörden sind erforderlich und binden Personalressourcen. Die Einrichtung eines Registrierungssystems für genehmigte Fahrzeuge bedeutet zudem laufende Kosten für die dafür nötige technische Infrastruktur.
- Der Prozess zur genauen Ausarbeitung und praktischen Umsetzung einer solchen Maßnahme sollte Übergangsfristen genauso berücksichtigen wie die Dauer der erforderlichen demokratischen Prozesse.

Auch wenn die Maßnahme auf die Formel „freie Fahrt nur für lokal emissionsfreien Wirtschaftsverkehr“ vereinfacht wird, wäre eine effektive Realisierung dennoch mit hohem Aufwand verbunden.

Die folgende Beispielmaßnahme skizziert unter Nutzung von Messdaten dieser Studie einen einfacher umsetzbaren Zwischenschritt, der die reine Beispielmaßnahme „Attraktive Einfahrtszeitfenster nur für emissionsfreie Fahrzeuge“ konkretisiert.

Maßnahme „Attraktive Einfahrtszeitfenster nur für emissionsfreie Fahrzeuge“, konkretisiert mithilfe der Analyseergebnisse

Mit Rückgriff auf die Auswertungen des Abschnitts 3.2.2 ist erkennbar, dass Wirtschaftsverkehr auf dem Alleenring bevorzugt im Vormittagsbereich registriert wird (vgl. z.B. Abbildung 22 sowie Abbildung 23). Der Verkehr insgesamt geht ab ca. 10 Uhr zurück, nach 15 Uhr sogar besonders deutlich (vgl. Abbildung 20). Hier kann die Stadt Aachen ansetzen und zwei verschiedene Zufahrtszeitfenster für emissionsfreie Fahrzeuge und Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor festlegen. Legt man die in Abbildung 34 veranschaulichten Daten (Ein- und Ausfahrten Innenstadt vom bzw. auf Alleenring) zugrunde, ergibt sich bspw., dass eine Zeitfensterregelung, in der nicht-emissionsfreie Fahrzeuge erst ab 10 Uhr in die Innenstadt einfahren dürfen, bereits ca. 30 % aller Fahrten dieser Fahrzeuge betrifft. Das verkehrspolitische Signal, emissionsfreie Fahrzeuge durch Privilegierung fördern zu wollen, kann also sichtbar und wirksam gesetzt werden, ohne weitreichende und pauschale Zufahrtsbeschränkungen umzusetzen. Zur Erhöhung der Akzeptanz empfehlen sich zudem Regelungen für Ausnahme- und Härtefälle, bspw. für im Innenstadtbereich ansässige Betriebe, deren Fahrzeuge dort üblicherweise abgestellt werden. Zugleich bietet sich an, die Verkehrsaktivität nach Einführung einer solchen Maßnahme detailliert durch Primärerhebungen zu beobachten und auf die Wirksamkeit hin zu überprüfen. An dieser Stelle sei auf die Experteninterviews verwiesen. Zwei der befragten (Groß-)Unternehmen wären durch eine solche Zeitfensterregelung nicht betroffen, da ihre Verkehre der morgendlichen Spitze bereits gezielt aus dem Weg gehen. Für sie erzeugt diese Maßnahme demnach keinen zusätzlichen Elektrifizierungsanreiz.

5.1.5 Schlussbemerkungen zur Findung und Umsetzung von Maßnahmen zur Erreichung eines emissionsarmen Wirtschaftsverkehrs

Potenzielle Maßnahmen im
Wirtschaftsverkehr

Es ist zu beachten, dass eine Elektrifizierung von Nutzfahrzeugflotten ein Prozess ist, der vor allem von finanziellen Mitteln der Betreiber und technischen Voraussetzungen vor Ort (elektrische Netzkapazität) abhängt. Kleine und mittlere Unternehmen sehen sich hier höheren wirtschaftlichen Risiken und technischen Hürden gegenüber als große Flottenbetreiber. Die Verfügbarkeit der für den Flottenbetrieb erforderlichen elektrischen Anschlussleistung ist ebenso eine notwendige Grundvoraussetzung für den Umstieg auf batterieelektrische Antriebe wie finanzielle Mittel und Bereitschaft des Unternehmens. Jedoch ist der elektrische Netzanschluss eine Ressource, bei der ein Unternehmen vom Netzbetreiber abhängig ist und woran im Zweifel die Pläne zur Flottenelektrifizierung zu orientieren sind.

Die lokale Energiewirtschaft und Netzbetreiber sollten zudem aufgrund der künftigen Nutzung von Fahrzeugbatterien als flexibler Energiespeicher bei einer forcierten Elektrifizierung des Wirtschaftsverkehrs eingebunden werden. Perspektivisch wird netzdienliches Ladeverhalten Unternehmen mit (teil-)elektrifizierten Flotten eine zusätzliche Einnahmequelle verschaffen, die eine Hinwendung zu E-Antrieben noch attraktiver machen wird.

Bevor zu einer vollständigen Null-Emissions-Zone übergegangen wird, sollten klare Übergangsfristen für lokale Flottenbetreiber benannt werden, die typische Beschaffungszyklen der Unternehmen, Eignung des elektrischen Netzes und Verfügbarkeit sowie Lieferzeiten geeigneter Fahrzeugtypen berücksichtigen. Hier bieten sich auch Chancen für eine gemeinsame Beschaffung zur Erzielung günstiger Einkaufskonditionen.

Zur konkreten Gestaltung bietet sich der interkommunale Austausch an, da sich die Privilegierung emissionsfreier Fahrzeuge durch kommunale Maßnahmen als wirksam erwiesen hat. Einen strukturierten Überblick über in der EU gegenwärtig wirksame und künftig geplante regionale/ kommunale Regularien zu innerstädtischen Verkehren bietet die Internetseite „Urban Access Regulations“, ein wesentliches Projektergebnis des CLARS-Projekts (Charging, Low Emission Zones, other Access Regulation Schemes) der EU.¹

5.2 Maßnahmen zur Datenerfassung

Zielsetzung dieser Maßnahmen sind die Schaffung und Verbesserungen einer fundierten Datengrundlage für evidenzbasierte Verkehrsanalysen und -planung mit Schwerpunkt auf den Wirtschaftsverkehr. Das ist die Grundlage, um den Verkehr und Maßnahmenauswirkungen datenbasiert zu erfassen und messbar zu machen.

Die Maßnahmen sind in folgende Kategorien aufgeteilt:

- Erhebungen und Datengranularität
- Segmentierung

Unter der Kategorie Erhebungen und Datengranularität werden Maßnahmen zusammengefasst, bei denen der Fokus auf der quantitativen Datenerfassung liegt. Für die temporären Messungen sollten die Erfassungszeiträume ausgeweitet werden. Die temporären Messungen sollten zeitlich vor 07:00 Uhr ansetzen, um den (Wirtschafts-) Verkehr umfassender erheben zu können. Darüber hinaus sind die Messungen aktuell

¹ Eine Überblickskarte, die eine Identifikation so genannter „Zero Emission Zones“ gestattet, wird unter <https://urbanaccessregulations.eu/userhome/map> bereitgestellt.

zeitlich und räumlich getrennt. Das bedeutet, dass die derzeitige Datenbasis aus unterschiedlichen Tagen, Monaten und zum Teil Jahren sowie unterschiedlichen Positionen im Stadtgebiet für die Messpunkte gebildet werden. Dies erschwert sowohl die Vergleichbarkeit und die Interpretation und Langzeitbetrachtungen der erhobenen Verkehre.

Aus diesem Grund wird die von der Stadt Aachen bereits begonnene Maßnahme der Implementierung von Dauermessstellen als sinnvoll betrachtet, die weiterverfolgt und schrittweise ausgeweitet werden sollte. Dauerzählstellen haben den Vorteil, dass die Gesamtheit der Messungen keine isolierten Stichproben mehr darstellt und langfristige Entwicklungen, wie saisonale Schwankungen, Entwicklung des Wirtschaftsverkehrsanteils etc. untersuchbar werden. Die Ausrollung der Dauermessstellen sollte schrittweise entlang der Hauptverkehrsachsen erfolgen und dabei auch den Wirtschaftsverkehr berücksichtigen. Hierbei sollten, neben der Erfassung des Alleinrings auch die Industrie- und Gewerbegebiete sowie die Aachener Straßen, die unmittelbar zum übergeordneten Straßennetz führen, in die Verkehrserhebung miteinbezogen werden. Konkret geht es hierbei um die Zubringerstraßen zum Alleinring und die Hauptverbindungsstraßen für die Gewerbegebiete im nordöstlichen Bereich (Gewerbegebiet Grüner Weg, Rothe Erde und Grüenthal) (vgl. Abbildung 1 sowie Hotspotsanalyse in Kapitel 3.2.3). Dabei sollte der Fokus auf einer Messstellenverortung liegen, die eine umfassende Abdeckung und Erfassung entlang der Hauptverkehrsachsen gewährleistet, anstatt auf isolierten Einzelmessstellen im gesamten Stadtgebiet. Ein weiterer Vorteil ist, dass die erfassten Realdaten, im Gegensatz zu Verkehrssimulationen, das tatsächliche Verkehrsgeschehen abbilden und auch kurzfristige Änderungen und Anomalie erfasst werden können. Die mittels Dauermessstellen erfassten Verkehre können wiederum als Validierungs- und Kalibrierungsgrundlage der Simulations-Verkehrsmodelle dienen, um die Übertragbarkeit der Verkehrssimulationen auf Bereiche, in denen keine Dauerzählstellen implementiert wurden, sicherzustellen, da keine lückenlose Abdeckung existieren kann. Die eingesetzte Sensortechnik zur Dauerverkehrserfassung muss mindestens die Anforderungen umfassen, dass Fahrtrichtungen (+ Abbiegerichtungen) unterschieden sowie Fahrzeugklassifizierungen (vgl. Tabelle 1) möglich sind.

Der Aufbau einer einheitlichen Datenbasis aus den Dauermessstellen sollte angestrebt werden und stellt die Grundlage für die weitergehende Verwendung der Daten dar. Auf Basis dieser Grundlage können bspw. Dashboards für Verkehrsplaner oder standardisierte Auswertungen zur Erhöhung der Transparenz geschaffen werden. Gleichzeitig sollten die beiden im Einsatz befindlichen mobilen Messgeräte für Detailbetrachtungen, Maßnahmenevaluationen oder bei kurzfristigen ad-hoc Messungen an Positionen, die nicht über Dauermessstellen abgedeckt sind, beibehalten werden.

Unter der Kategorie Segmentierung werden Maßnahmen zusammengefasst, die den Wirtschaftsverkehr detaillierter aufschlüsseln. Insbesondere eine Differenzierung nach Logistiksegmenten, wie bspw. KEP-Dienste, Stückgut oder Handwerk bietet Mehrwerte, da die unterschiedlichen Logistiksegmente auch andere Maßnahmen benötigen. Eine Kombination klassischer Erhebungsmethoden der stichprobenartigen Verkehrsbeobachtung, Kordonzählungen und Unternehmensbefragungen zur Ermittlung von Fahrtzwecken und -zielen sollte mit Daten automatisierter Zählstellen kombiniert werden, um eine fundierte Segmentzuordnung¹ des fließenden Verkehrs vornehmen zu können.

Ein solches Vorgehen ergibt ein eingeschränktes Bild der Segmentierung so dass, neben den beschriebenen Maßnahmen zur Erfassung des fließenden Verkehrs, auch eine

¹ vgl. hierzu die Vorgehensweise bei der Segment-Erhebung in Kapitel 3.1.2

Erfassung und Analyse des arbeitenden (Wirtschafts-) Verkehrs erfolgen sollte. Hiermit lassen sich bspw. typische Verweildauern, oder örtliche Anforderungen einzelner Branchen erfassen und die Segmentierung mit Blick auf Flächenbedarfe zu ermitteln. Die Auslastung vorhandener Lade- und Lieferzonen ist zu identifizieren, ggf. Fehlbelegungen zu dokumentieren und ihre Ursachen analysiert werden. Die Stadt Aachen hat bereits eine technische Überwachung für drei Lade- und Lieferzonen (Pontstraße 154-156, Pontstraße 68-72 und Jülicher Straße 27-35) umgesetzt und wertet diese aus. Die technische Ausstattung zur Überwachung von Lade- und Lieferzonen sollte weitergeführt werden, um datengetriebene Entscheidungsunterstützungen zu ermöglichen. Hierdurch werden quantitative Grundlagen geschaffen und Entscheidungen, wie die bestehenden Lade- und Lieferzonen durch den Wirtschaftsverkehr angenommen werden und ob mehr oder weniger Bedarf an unterschiedlichen Lade- und Lieferzonen gibt, kann identifiziert werden. Die Problematik der Fehlbelegung von Lade- und Lieferzonen durch private Pkw legt nahe, ebenfalls Informationen aus den in unmittelbarer Nähe gelegenen Haushalten bzw. Unternehmen zu erfassen.

Mit Blick auf die Flächenkonkurrenz von arbeitendem Verkehr und parkenden Privat-Pkw sollte darauf hingewirkt werden, die Nutzung von Lade- und Lieferzonen zu dynamisieren, d.h. eine zeitliche Freigabe für bspw. Anwohnerparken zu schaffen, an denen keine Nutzung durch den Wirtschaftsverkehr stattfindet und umgekehrt.¹

Die beschriebenen Maßnahmen können dazu beitragen, ein differenziertes Bild des (Wirtschafts-)Verkehrs zu erstellen und darauf aufbauend eine verbesserte Verkehrsplanung zu unterstützen. Diese Verbesserungen hängen von der Umsetzung ab, insbesondere von der validen Erfassung der Verkehre, der Verortung der Dauermessstellen sowie der systematischen Auswertung.

Potenzielle Maßnahmen im
Wirtschaftsverkehr

¹ Ein Beispiel für so eine Aufteilung sind die „Espace Logistique de Proximité (ELP)“ in Bordeaux. Dort befinden sich Logistikflächen im Innenstadtbereich, die innerhalb bestimmter Tageszeiten für den Belieferungsverkehr freigehalten werden, aber außerhalb der Nutzungszeiten regulär als Parkplätze dienen (Buffoli et al. 2020).

Das zentrale Anliegen dieses Wirtschaftsverkehrsgutachtens bestand darin, den Wirtschaftsverkehr der Stadt Aachen auf Basis der vorhandenen Daten in seinem Ist-Zustand abzubilden und Entwicklungsszenarien abzuleiten, so dass die Stadt Aachen darauf aufbauend Maßnahmen zur Optimierung des Wirtschaftsverkehrs im Sinne einer nachhaltigen, wirtschaftsfreundlichen und stadtverträglichen Entwicklung konzipieren und umsetzen kann.

Die datenbasierte Analyse basiert primär auf zwei unterschiedlichen Datenquellen, nämlich Daten von 39 vornehmlich im Innenstadtbereich aufgestellten temporären Zählstellen sowie einem Satz zugekaufter Bewegungsdaten (Floating Car Data). Mithilfe der (lokal aufgenommenen) Zählstellendaten gelang es, die verkehrliche Belastung des Alleenrings in zeitlicher Hinsicht im Sinne des Verkehrsaufkommens zwischen 7 Uhr und 19 Uhr mit hoher Genauigkeit abzubilden. Die Qualität des Verkehrsflusses zeigte sich mittelbar in den auf Grundlage der Floating Car Data bestimmten mittleren Flussgeschwindigkeiten, die an Werktagen zwischen 5 Uhr und 18 Uhr gegenüber den restlichen Tagesstunden sinken. Zeitliche und mengenmäßige Aufkommensmuster sind mit Städten ähnlicher Größe vergleichbar.

Als Ergebnisse einer explorativen Datenanalyse wurden als Hotspots bezeichnete Auffälligkeiten identifiziert. Hinsichtlich der Verkehrsbelastung wurden der östliche Bereich des Alleenrings als Hotspot identifiziert, wobei zu bemerken ist, dass die analysierten Daten zeitlich mit dem Zeitraum der Sperrung der Turmstraße stark überlappen. Wenig überraschend zeigten sich zwei weitere Hotspots in unmittelbarer Nähe des Autobahnzugangs zur A544 (Rothe Erde). Bezüglich der Verkehrsqualität wurde anhand der Flussgeschwindigkeit sichtbar, dass auf dem Alleenring gegen 8 Uhr am Morgen die niedrigste Durchschnittsgeschwindigkeit erreicht wird und auf einen hohen Anteil besonders emissionsstarken Stop-and-Go-Verkehrs deutet. Ergänzend wurden Unfalldaten analysiert, die Hotspots auf der Trierer Straße und dem östlichen Alleenring zeigten. In zeitlicher Hinsicht ragte die Mittagszeit (11 Uhr bis 12 Uhr) mit einer auffällig hohen Zahl an Unfällen im Vergleich zu den übrigen Tageszeiten heraus. Expertengespräche ergaben aus Sicht des Wirtschaftsverkehrs, dass sich oft das Halten in zweiter Reihe schwer vermeiden ließe, so dass hieraus ein besonders Gefahrenpotenzial resultiere. Die Nutzung von Floating Car Data erlaubte Einblicke in spezifische Bewegungsmuster der in diesem Datensatz vorhandenen Nutzfahrzeuge.

Besonderes Augenmerk der Analysen galt der zwischenzeitlich gesperrten Turmstraße und der naheliegenden Frage, ob und wie sich diese Sperrung auf den innerstädtischen Verkehrsfluss ausgewirkt hat. Anhand ausgewählter Floating Car Daten konnten Verschiebungen bei Weglängen und Wegdauern festgestellt werden. Merkliche baustellenbedingte Veränderungen des MIV-Verhaltens konnten nicht nachgewiesen werden, wohl aber bei Fahrten mit schweren Fahrzeugen. Weglängen haben sich schätzungsweise um 30 bis 50 % und Fahrzeiten zwischen 20 bis 40 % verlängert. Die Expertengespräche bestätigten diese Ergebnisse nicht, betonten stattdessen die Auswirkungen der Sperrung der Autobahn 544 für die Einfahrt ins Stadtgebiet.

Eine Analyse grenzüberschreitender und langlaufender Verkehre erfolgte aufgrund von Maut-Daten sowie verschiedener Datensätze des Europäischen Statistikamts Eurostat. Die Bundesautobahn 44 stellt gemessen am jährlichen Verkehrsaufkommen mautpflichtiger Fahrzeuge die bedeutendste internationale Verkehrsanbindung Aachens dar (Grenzübergang Lichtenbusch, Grenze zu Belgien) mit einem etwa 50 % höheren Aufkommen als die Bundesautobahn 4 (Grenzübergang Vetschau, Grenze zu den Niederlanden). Das Verkehrsaufkommen auf den Bundesstraßen B1, B57 und B264 liegt mehrere Größenordnungen darunter. Nach Wochentagen betrachtet zeigt sich am

Grenzübergang Lichtenbusch ein auffälliges Muster. Über das Jahr betrachtet sind montags bis mittwochs mehr Fahrten nach Belgien als in Richtung Aachen beobachtbar, donnerstags und freitags kehrt sich dieser Saldo um. An diesen Tagen ist eher Verkehr in Richtung Aachen als in Richtung Belgien messbar. Ähnliches zeigt sich in Vetschau nicht.

Eine Analyse der Ziele des in Aachen beginnenden Güterverkehrs zeigte, dass diese im Wesentlichen entweder Ziele in Deutschland, den Niederlanden oder Polen ansteuern. Polen hat etwa seit der 2010er Jahre Belgien als präferiertes Ziel Aachener Güterverkehrs abgelöst. Der in Aachen endende Güterverkehr hat ebenfalls größtenteils seinen Ursprung in Deutschland. Bei ausländischen Quellen sind die Niederlande das wichtigste Ursprungsland gefolgt von Polen. Auch hier hat Polen Belgien als zweitwichtigsten Partner abgelöst, wobei dies in der Statistik etwa um 2020 auftritt. Sowohl für eingehenden als auch ausgehenden Güterverkehr zeigen sich zwei gemeinsame Trends, nämlich ein leichtes Nachlassen von Menge und Fahrten insgesamt sowie ein leicht wachsender Anteil der Gütertransporte ins bzw. aus dem Ausland. Qualitative Informationen über Güternahverkehre im Raum Aachen konnten über Experteninterviews gewonnen werden. Die in Aachen tätigen KEP-Dienste arbeiten demnach bereits überwiegend mit elektrischen Fahrzeugen und streben in den nächsten Jahren eine noch stärkere Elektrifizierung an. Branchen, die in der Abholung und Zustellung auf schwerere Fahrzeuge angewiesen sind als KEP-Dienste, zeigen keinen so hohen Elektrifizierungsgrad.

Die Verknüpfung von Informationen des Handbuchs für Emissionsfaktoren HBEFA, Informationen zu umweltbezogenen Merkmalen der in Deutschland angemeldeten Fahrzeuge sowie den Daten der temporären Messstellen führten zu einer Abschätzung der jährlich im Aachener Verkehr lokal emittierten Schadstoffe von ca. 27,7 tausend. t Treibhausgase (CO₂e) sowie ca. 68 t Stickoxide (NO_x).

Die szenarienbasierte Analyse entwickelte drei alternative verkehrliche Entwicklungen unter Verwendung der BVWP und des Verkehrsleitbilds Rheinland und ebenfalls drei alternative emissionsrelevante Entwicklungen, die Strommix und Flottenelektrifizierung einbeziehen. Das Verkehrsaufkommen bzw. sein Wachstum stellt den wesentlichen Treiber der Emissionen in Aachen dar. Die Analysen legen nahe, dass sich 2027 und 2030 nur dann Emissionsrückgänge einstellen, wenn der Verkehr nur bescheiden wächst und die Stromerzeugung 2030 zugleich mindestens zu 80 % aus erneuerbaren Energien gespeist wird (Ziel des Erneuerbare Energien-Gesetzes).

Die wesentlichen Handlungsoptionen, einer Zunahme lokaler Verkehrsemissionen entgegenzuwirken, bestehen neben klassischen verkehrsplanerischen Zielen einer Vermeidung und Verlagerung in Maßnahmen, die zugleich das Signal setzen, dass emissionsfreier Wirtschaftsverkehr von der Stadt präferiert wird und für Unternehmen wirtschaftliche Anreize zum Umstieg bieten.

Aus Expertengesprächen wurde deutlich, dass Flächen für Lade- und Lieferzonen sowie für die Einrichtung von Umschlagsflächen bzw. Mikrodepot-Strukturen seitens der Unternehmen als wesentliche Bausteine für eine Verbesserung der urbanen Logistik in Aachen darstellen. Für von der Stadt Aachen selbst ausgelöste Wirtschaftsverkehre können bei der Beschaffung ökologische Zuschlagskriterien eingesetzt werden.

Da die Entwicklung verkehrsplanerischer Maßnahmen ein Prozess ist, der nach FGSV die relevanten Beteiligten und Interessensgruppen einbeziehen sollte, skizziert die Analyse, wie dieser Beteiligungsprozess Maßnahmen nach Emissionen abgestufte Zufahrtsprivilegien entwerfen und für eine Wirkungsabschätzung vorbereiten könnte.

Im Rahmen dieses Gutachtens zeigten sich verschiedene Eigenschaften der zugrundeliegenden Messdaten. Diese bilden den Ausgangspunkt für Vorschläge, künftig aussagekräftigere Verkehrsdaten mithilfe von Dauerzählstellen zu gewinnen. Der Messzeitraum von 7 Uhr bis 19 Uhr sollte mindestens nach vorn ausgedehnt werden, da um 7 Uhr am Morgen bereits ein vergleichsweise hohes Verkehrsaufkommen

herrscht. Zudem sollte eine systematische Erhebung des ruhenden und arbeitenden (Wirtschafts-)Verkehrs angestrebt werden. Die Verwendung von Floating Car Data empfiehlt sich trotz vermeintlicher Präzision nicht für die räumlich fein aufgelöste Analyse von Belieferungsverkehren, da die Daten erstens keine repräsentative Stichprobe darstellen und zweitens von bewussten Unkenntlichmachungen (z. B. räumlichen Unschärfen) aus Datenschutzgründen betroffen sein können.

Eine substantielle Senkung der vom Aachener (Wirtschafts-)Verkehr freigesetzten Luft- und Klimaschadstoffmengen kann angesichts des zu erwartenden Verkehrswachstums nur durch eine deutlich beschleunigte Hinwendung zu emissionsfreien Antrieben erreicht werden. Wirtschaftsverkehr, gerade wenn er in historischen Strukturen wie dem Aachener Innenstadtgebiet stattfindet, weist häufig Ineffizienzen hinsichtlich der Arbeitszeit und des Energieeinsatzes auf. Planungssicherheit für die Durchführung von Transporten in zeitlicher und räumlicher Hinsicht, d. h. das sichere Erreichen eines bestimmten Ortes zu einem bestimmten Zeitpunkt, sind besonders in Zeiten des Fachkräftemangels für Unternehmen wertvoll.

Der zentrale Hebel besteht für die Stadt Aachen darin, Unternehmen Anreize zu setzen, durch Einsatz emissionsfreier Fahrzeuge wirtschaftliche Vorteile gegenüber Verbrennungsmotoren zu realisieren, so dass das Streben nach höherer Wirtschaftlichkeit dazu führt, sich verstärkt emissionsfreien Antrieben hinzuwenden. Maßnahmen, die Unternehmen mit emissionsfreien Antrieben dabei helfen, ihre Belieferungsfahrten zeitlich zu optimieren und wertvolle Arbeitszeit zu sparen, verbinden das städtische Ziel der Luftreinhaltung mit dem wirtschaftlichen Kalkül von Unternehmen. Abbildung 54 ordnet die in der Studie angesprochenen Maßnahmen nach geschätztem Implementierungsaufwand und ihrer Wirkungsweise. Die im europäischen Ausland effektiv genutzte Maßnahme einer City-Maut (S. 80) ist ebenso wie ein Nachlass bei Gewerbesteuern für E-Mobilisten (S. 79) nach gegenwärtiger Rechtslage in NRW nicht umsetzbar.

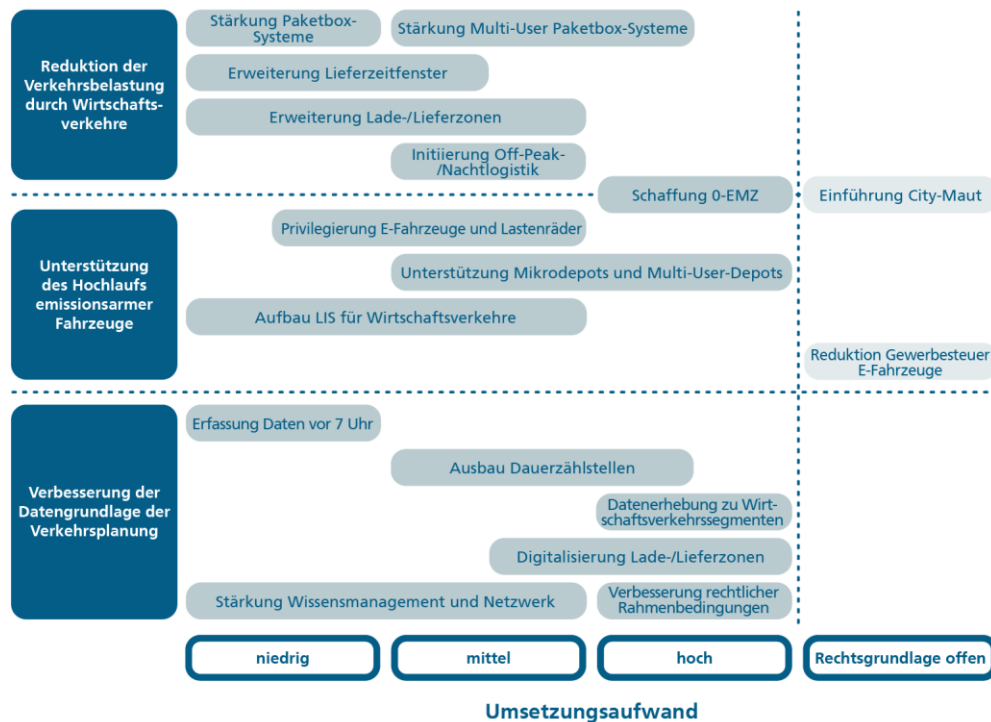


Abbildung 54: Einordnung möglicher Maßnahmen nach Wirkmechanismus und Umsetzungsaufwand

Maßnahmen, die dafür sorgen, dass Unternehmen aus Eigeninteresse dazu beitragen, Belastungen durch Wirtschaftsverkehr zu reduzieren, tun dies,

- indem eine gebündelte Lieferung an einen (statt zu mehreren) Ort attraktiv gemacht wird (z. B. durch Paketboxen, vgl. S. 76),
- die Notwendigkeit für Suchverkehre durch ein erweitertes Angebot von Lade-/Lieferzonen (vgl. S. 75) reduziert wird,
- indem zusätzliche Planungsflexibilität für emissionsfrei arbeitende Verkehre angeboten wird, etwa durch attraktivere Einfahrtszeitfenster (vgl. S. 81-83) bis hin zur Off-Peak- oder Nachtlogistik (vgl. S. 77)


Maßnahmen, die unmittelbar auf emissionsfreie Verkehre fokussieren und den Hochlauf emissionsfreier Fahrzeuge unterstützen, können ebenfalls mithilfe attraktiver Einsatzbedingungen solcher Fahrzeuge verwirklicht werden:

- Privilegierungen fahrender, arbeitender und ruhender Verkehre emissionsfreier Fahrzeuge, einschließlich Lastenräder, bieten Unternehmen größeren Handlungsspielraum im Gegenzug für den Einsatz emissionsfreier Fahrzeuge (vgl. S. 77)
- Die aktive Unterstützung mehrstufiger Innenstadtdistributionssysteme wie Mikrodepots (vgl. S. 76) setzt einen indirekten Anreiz, für die Nahbereichsverteilung (ab Mikrodepot) besonders stadtverträgliche Lösungen zu finden und kann mit den zuvor genannten Privilegierungen verbunden werden.
- Der Aufbau lokaler Ladeinfrastruktur dient dazu, bei Unternehmen Bedenken bezüglich der Einsetzbarkeit und Einsatzflexibilität der Fahrzeuge zu nehmen. Hierbei ist ausdrücklich zu berücksichtigen, dass neben Ladepunkten auch das elektrische Verteilnetz vor Ort hinreichenden Ausbau erfährt, um Kapazitätsengpässen vorzugbeugen (vgl. S. 83).

Schließlich kann nach Abschluss der Analysen festgestellt werden, dass eine Verbesserung der verkehrsplanerischen Datengrundlagen und Handlungsmöglichkeiten angestrebt werden sollte. Mit Blick auf Anreizsetzung durch kommunales Steuerrecht können gemeinsam mit anderen Kommunen politische Bestrebungen initiiert werden, den rechtlichen Freiraum so zu erweitern, dass stadtverträgliche Verkehre fiskalisch belohnt werden können (vgl. S. 79), Vorbedingung dafür sollte jedoch sein, die Erfahrungen mit anderen Kommunen durch gezielte Vernetzung auszutauschen und abgestimmte Positionen zu entwickeln. Die technische Dimension wies darauf hin, dass insbesondere die Beschneidung des Messzeitraums für Verkehrszählungen die Phase des morgendlichen Berufs- und Wirtschaftsverkehrs betrifft. Daten sollten also zeitlich (S. 83) und qualitativ (z. B. Bezogen auf die Segmente des Wirtschaftsverkehrs, S. 85, oder auf arbeitende Verkehre (S. 86)) differenzierter und systematischer aufgezeichnet werden.

Dieser Bericht zeigt verschiedene Wege auf, wie solche Anreize grundsätzlich bei der Entwicklung verkehrsplanerischer Maßnahmen integriert werden können und welche Konzepte sich in der Praxis bislang etablieren konnten.

7.1 Gesprächsleitfaden



Gesprächsleitfaden Wirtschaftsverkehrsgutachten Aachen

Allgemeine Liefersituation

1) Anzahl und Adressen der Depots/Standorte zur Bedienung der Stadt Aachen:

Adresse: _____

Adresse: _____

2) Zusammensetzung Fuhrpark je Standort zur Bedienung der Stadt Aachen:

	GESAMTE FAHRZEUGE IM EINSATZ (INKL. SUBS)	DAVON MIT ELEKTRO- ANTRIEB	DAVON MIT WEITEREN ALTERNATIVEN ANTRIEBEN
Lastenrad			
Pkw			
LNF bis 3,5t			
zwischen 3,5t und 7,5t			
zwischen 7,5 und 12t			
zwischen 12 und 26 t			
über 26t			

3) Beschreibung der Ist-Situation Belieferung und Abholung (Innenstadt/Stadtgebiet):

	INNENSTADT	ALLENRING	GEWERBE- GEBIETE	GESAMTES STADTGEBIET
Fahrzeuge/ Touren pro Tag				
Prozentuale Verteilung auf die Zielgebiete				
Typische Tourlänge pro Fahrzeug und Tag				
Typisches Volumen/ Sendungen pro Tag				
Typische Stoppzahl pro Tag				

4) Wie setzt sich ihre Kundenstruktur zusammen B2B und/oder B2C? Wie ist der Split B2B/B2C?

1

Abbildung 55: Gesprächsleitfaden Expertengespräche mit KEP- und Stückgutdienstleistern (1/2)

- 5) Gibt es Schwerpunktkunden im (Innen-)Stadtgebiet? Entweder als einzelne Unternehmen oder Branchen (Abholung/Belieferung)?
- 6) Wann müssen Sie Ihre Kunden im Innenstadtbereich bedienen (grobe Uhrzeit)? Wie lange halten sich Ihre Fahrzeuge dann ungefähr im Innenstadtbereich auf?
- 7) In wie viele Tourgebiete ist die Stadt Aachen bei Ihnen aufgeteilt? Wie setzen sie sich zusammen?
- 8) Planen Sie eine Erweiterung Ihres Fuhrparks bis 2027 bzw. 2030 für die Bedienung der Stadt Aachen?
- 9) Planen Sie in Ihrer Flotte bis 2027 bzw. 2030 vermehrt alternative Antriebe einzusetzen? Falls ja, welche Antriebsenergie und für welche Fahrzeugtypen (bspw. Elektromobilität oder Wasserstoff)?

Qualitative Fragen

- 10) Gibt es in der Stadt Aachen besondere Herausforderungen/Problemlagen bzgl. der Belieferung/Abholung? Was stört bei der Zustellung besonders? Betrifft dies bestimmte Straßen/Stadtgebiete?
- 11) Sind/Waren Sie von den aktuellen Baustellen und Straßensperrungen in Aachen betroffen (bspw. Sperrung A544 oder der inzwischen wieder befahrbaren Turmstraße)? Falls ja, welche Auswirkungen hat/hatte dies für Ihre Verkehre?
- 12) An welchen Stellen im Stadtgebiet muss aus Ihrer Sicht die Verkehrssicherheit verbessert werden? Warum? Was könnte getan werden?
- 13) Welche Verkehrsentwicklung erwarten Sie im (Wirtschafts-)Verkehr für die Stadt Aachen bis 2027 bzw. 2030?
- 14) Beeinflusst die geographische Lage im Dreiländereck den Wirtschaftsverkehr? Welche besonderen Anforderungen an grenzüberschreitende Verkehre gibt es?
- 15) Rechnen Sie in der Stadt Aachen mit einer Nullemissionszone (0-EMZ) bzw. sind Sie davon in den benachbarten Ländern bereits betroffen? Falls ja, gibt es von Ihrer Seite Überlegungen / Ideen / Konzepte zum Umgang mit 0-EMZ? Wie stehen Sie zu 0-EMZ?
- 16) Gibt es für die Stadt Aachen bereits Überlegungen zur innovativen Gestaltung der letzten Meile, Einsatz urbaner Konzepte oder gab es bereits Testphasen bestimmter Konzepte?
- 17) Was würde den Wirtschaftsverkehr in Aachen aus Ihrer Sicht verbessern?
- 18) Welche Unterstützung würden Sie sich im Wirtschaftsverkehr seitens der Stadt Aachen wünschen?
- 19) Welche Maßnahmen würden zu einem erfolgreichen Umstieg bspw. zu batterie-elektrischen Antrieben in Aachen beitragen?

Abbildung 56: Gesprächsleitfaden Expertengespräche mit KEP- und Stückgutdienstleistern (1/2)

7.2 Lage der temporären Messstellen

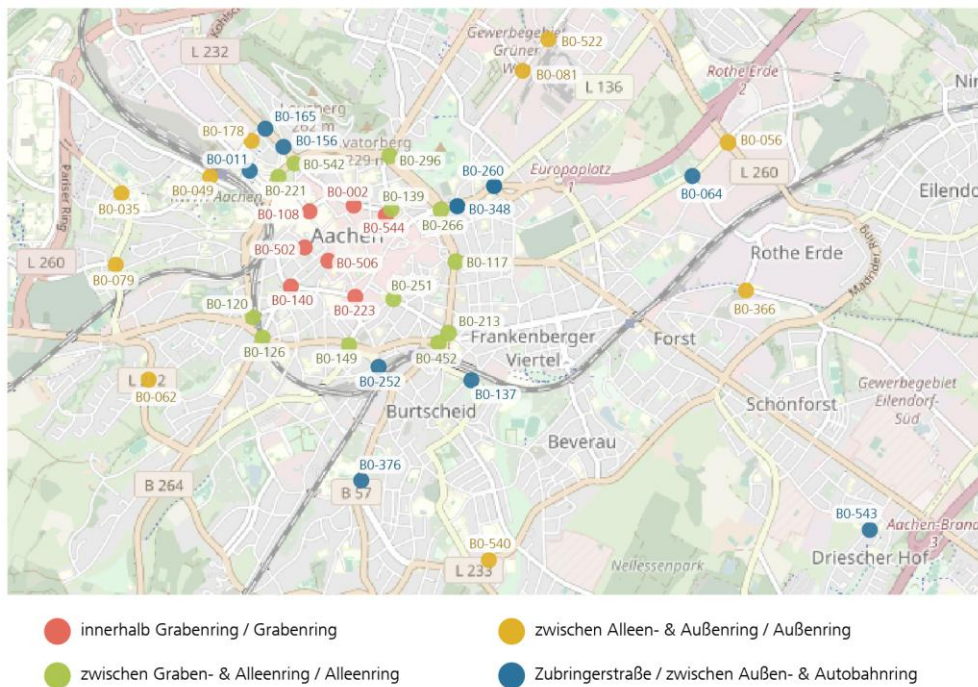


Abbildung 57: Verortung der temporären Messstellen im Stadtgebiet (OSM Contributors)

Tabelle 26: Erläuterungstabelle Miovision Messstellen

Anhang

Messstelle	Straßennamen der Messstelle	Datum der Messung	Lage im Stadtgebiet
B0-002	Bergdriesch Hirschgraben Neupforte Seilgraben	21.01.2025	Grabenring
B0-011	Bunsenstraße Claßenstraße Seffenter Weg Süsterfeldstraße	19.11.2024	Zubringerstraße
B0-035	Ahornstraße Halifaxstraße	30.01.2024	Außenring
B0-049	Mies-van-der-Rohe-Straße Seffenter Weg	14.11.2024	zwischen Alleen- und Außenring
B0-056	Berliner Ring Breslauer Straße Charlottenburger Allee	12.03.2024	Außenring
B0-062	Amsterdamer Ring Hanbrucher Straße Kronenberg	12.09.2024	Außenring
B0-064	Breslauer Straße Dresdener Straße Zufahrt Kaufland	22.11.2022	Zubringerstraße
B0-079	Halifaxstraße Valkenburger Straße	26.09.2024	Außenring
B0-081	Am Gut Wolf Grüner Weg	30.03.2023	zwischen Alleen- und Außenring
B0-108	Eilfschornsteinstraße Templergraben Wüllnerstraße	16.03.2023	Grabenring
B0-117	Adalbertsteinweg Adalbertstraße Heinrichsallee Wilhelmstraße	10.01.2023	Alleenring
B0-120	An der Schanz Junkerstraße Vaalser Straße	23.01.2025	Alleenring
B0-126	An der Schanz Boxgraben Jakobstraße Lütticher Straße	01.02.2024	Alleenring
B0-137	Friedrich-Ebert-Allee Kurbrunnenstraße Michaelsbergstraße	16.04.2024	Zubringerstraße
B0-139	Alexanderstraße Sandkalustraße	21.01.2025	zwischen Graben- und Alleenring
B0-140	Jakobstraße Karlsgraben Löhergraben	08.05.2025	Grabenring
B0-149	Boxgraben Karmeliterstraße Mozartstraße	05.09.2024	Alleenring
B0-156	Roermonder Straße Rütscher Straße Turmstraße	14.11.2024	Zubringerstraße
B0-165	Kühlwetterstraße Roermonder Straße	19.09.2024	Zubringerstraße

Messstelle	Straßennamen der Messstelle	Datum der Messung	Lage im Stadtgebiet
B0-178	Henricistraße Kühlwetterstraße Paul-Röntgen-Straße	04.06.2024	zwischen Alleen- und Außenring
B0-213	Kurbrunnenstraße Theaterstraße Wilhelmstraße Zollernstraße	10.09.2024	Alleenring
B0-221	Kleine Turmstraße Pontwall Turmstraße Wüllnerstraße	19.11.2024	Alleenring
B0-223	Alexianergraben Franzstraße Kapuzinergraben Kleinmarschierstraße	29.08.2024	Grabenring
B0-251	Borngasse Theaterstraße	05.09.2024	zwischen Graben- und Alleenring
B0-252	Burtscheider Straße Reumontstraße	24.09.2024	Zubringerstraße
B0-260	Blücherplatz Jülicher Straße Thomashofstraße	12.12.2024	Zubringerstraße
B0-266	Heinrichsallee Jülicher Straße Monheimsallee Peterstraße	15.03.2022	Alleenring
B0-296	Krefelder Straße/Rolandstraße Ludwigsallee/Saarstraße Monheimsallee	13.05.2025	Alleenring
B0-348	Jülicher Straße Ottostraße Robenstraße	28.05.2024	Zubringerstraße
B0-366	Eisenbahnweg Philipstraße Zufahrt Industriebetrieb	17.08.2023	zwischen Alleen- und Außenring
B0-376	Eupener Straße Rhein-Maas-Straße	25.06.2024	Zubringerstraße
B0-452	Kurbrunnenstraße Römerstraße	26.11.2024	Alleenring
B0-502	Annuntiantebach Beginenstraße Lindenplatz	17.03.2022	innerhalb Grabenring
B0-506	Bendelstraße Klappergasse Rennbahn	04.02.2025	innerhalb Grabenring
B0-522	Grüner Weg Lukasstraße	13.06.2023	zwischen Alleen- und Außenring
B0-540	Adenauerallee Kalverbenden	04.06.2024	Außenring
B0-542	Malteserstraße Pontstraße Saarstraße	07.11.2024	Alleenring
B0-543	Danziger Straße Königsberger Straße	10.12.2024	zwischen Außen- und Autobahnring
B0-544	Alexanderstraße Komphausbadstraße Seilgraben	04.02.2025	Grabenring

Anhang

7.3 Ganglinien ausgewählter temporärer Messstellen

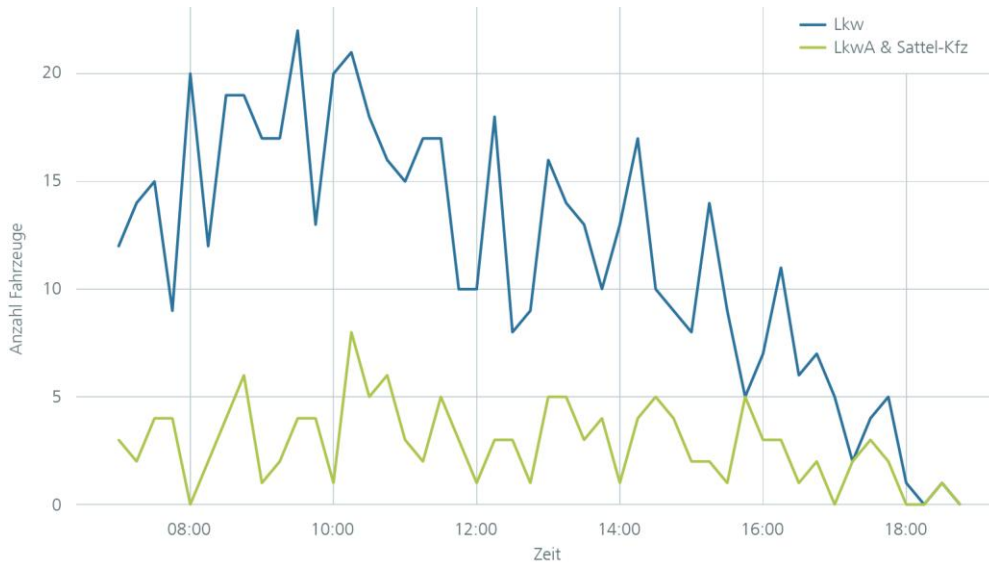


Abbildung 58: Ganglinie der Messstelle B0-064, Breslauer Straße, Dresdener Straße und Zufahrt Kaufland vom 22.11.2022

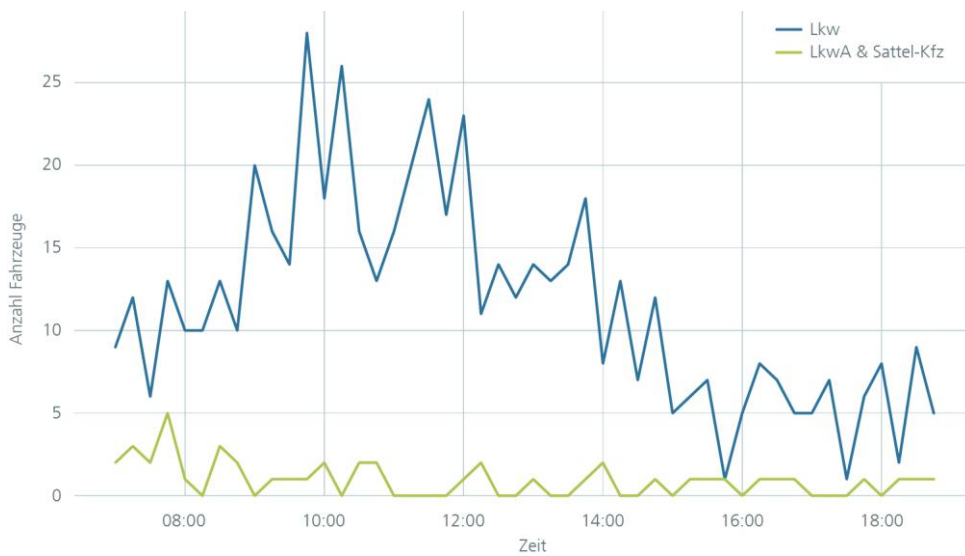


Abbildung 59: Ganglinie der Messstelle B0-117, Adalbertsteinweg, Adalbertstraße, Heinrichsallee und Wilhelmstraße vom 10.01.2023

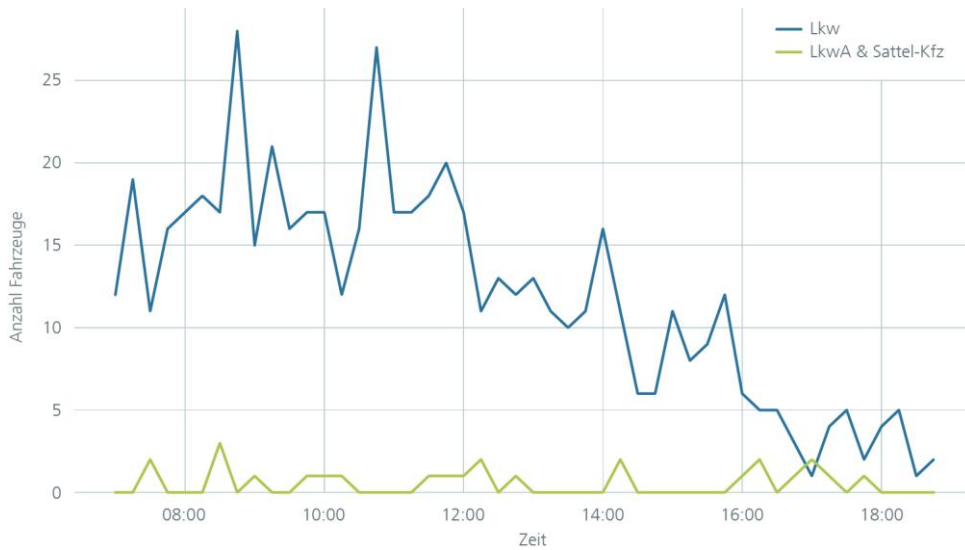


Abbildung 60: Ganglinie der Messstelle B0-213, Kurbrunnenstraße, Theaterstraße, Wilhelmstraße und Zollernstraße vom 10.09.2024

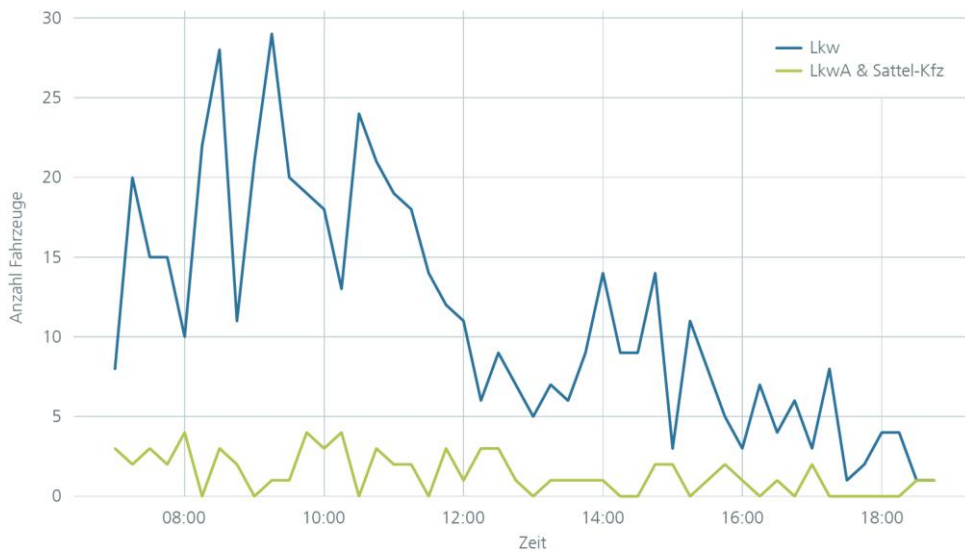


Abbildung 61: Ganglinie der Messstelle B0-266, Heinrichsallee, Jülicher Straße, Monheimsallee und Peterstraße vom 15.03.2022

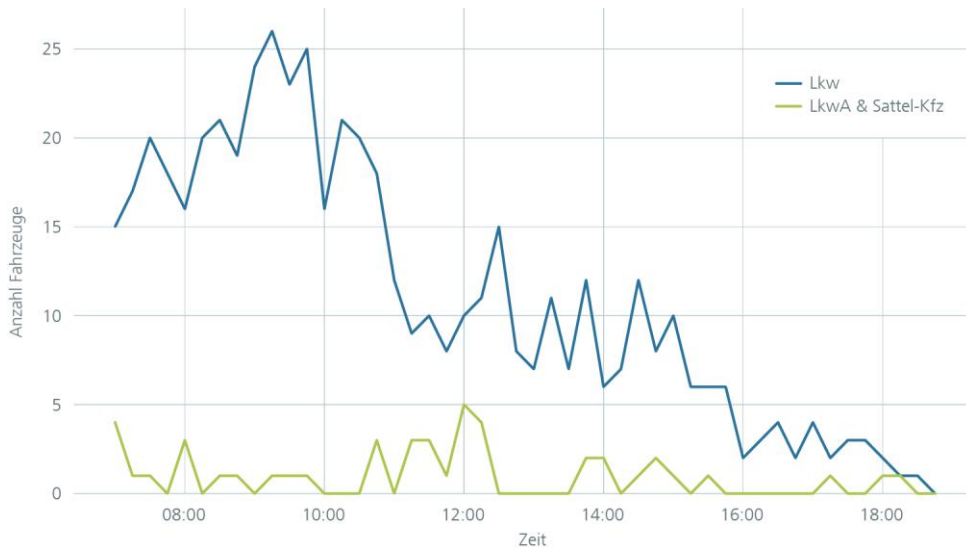


Abbildung 62: Ganglinie der Messstelle B0-296, Krefelder Straße/Rolandstraße, Ludwigsallee/Saarstraße und Monheimsallee vom 13.05.2025

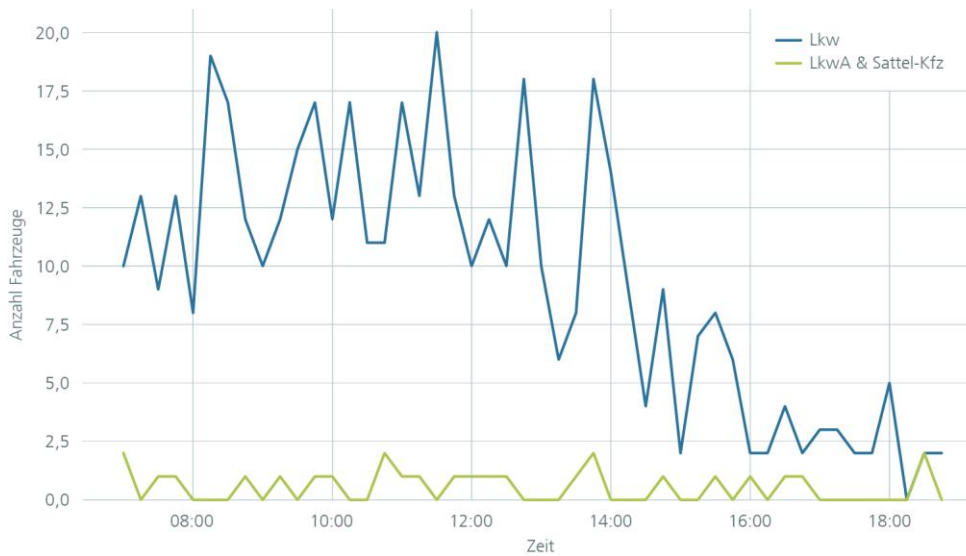


Abbildung 63: Ganglinie der Messstelle B0-452, Kurbrunnenstraße und Römerstraße vom 26.11.2024

7.4 Ergebnistabellen zu den Entwicklungsszenarien

Anhang

Tabelle 27: Detaillierergebnisse Best-Case-Szenario

	2024	2027		2030	
	Basiswert [t CO ₂ e]	absolut [t CO ₂ e]	Veränderung ggü. 2024	absolut [t CO ₂ e]	Veränderung ggü. 2024
Verbrenner V1	36.041	35.279	-2,1%	33.376	-7,4%
Elektrisch V1	1.014	1.062	4,8%	672	-33,7%
Summe V1	37.054	36.342	-1,9%	34.048	-8,1%
Verbrenner V2	36.041	38.154	5,9%	40.736	13,0%
Elektrisch V2	1.014	1.149	13,3%	787	-22,4%
Summe V2	37.054	39.303	6,1%	41.523	12,1%
Elektrisch V3	1.014	1.078	6,3%	692	-31,7%
Summe V3	37.054	36.864	-0,5%	36.500	-1,5%

Tabelle 28: Detaillerggebnisse Most-Likely-Szenario

Anhang

	2024	2027		2030	
	Basiswert [t CO ₂ e]	absolut [t CO ₂ e]	Veränderung ggü. 2024	absolut [t CO ₂ e]	Veränderung ggü. 2024
Verbrenner V1	36.041	35.528	-1,4%	34.011	-5,6%
Elektrisch V1	1.014	984	-3,0%	591	-41,7%
Summe V1	37.054	36.512	-1,5%	34.602	-6,6%
Verbrenner V2	36.041	38.424	6,6%	41.510	15,2%
Elektrisch V2	1.014	1.064	5,0%	693	-31,7%
Summe V2	37.054	39.488	6,6%	42.203	13,9%
Verbrenner V3	36.041	36.039	0,0%	36.489	1,2%
Elektrisch V3	1.014	998	-1,6%	609	-40,0%
Summe V3	37.054	37.037	0,0%	37.098	0,1%

Tabelle 29: Detaillerggebnisse Worst-Case-Szenario

Anhang

	2024	2027		2030	
	Basiswert [t CO ₂ e]	absolut [t CO ₂ e]	Veränderung ggü. 2024	absolut [t CO ₂ e]	Veränderung ggü. 2024
Verbrenner V1	36.041	35.914	-0,4%	34.962	-3,0%
Elektrisch V1	1.014	876	-13,6%	507	-50,0%
Summe V1	37.054	36.789	-0,7%	35.469	-4,3%
Verbrenner V2	36.041	38.840	7,8%	42.672	18,4%
Elektrisch V2	1.014	947	-6,6%	594	-41,4%
Summe V2	37.054	39.787	7,4%	43.266	16,8%
Verbrenner V3	36.041	36.430	1,1%	37.510	4,1%
Elektrisch V3	1.014	888	-12,4%	522	-48,5%
Summe V3	37.054	37.318	0,7%	38.032	2,6%

Barth und Boriboonsomsin 2008

Barth, M.; Boriboonsomsin, K. (2008): Real-World Carbon Dioxide Impacts of Traffic Congestion. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2058(1), 163-171.

Biemann et al. 2024

Biemann, K., Dobers, K., Jarmer, J.-P., Knör, W. (2024): Treibhausgasemissionen im Transportsektor. Leitfaden zur ISO 14083, Leitfäden und Handbücher. Umweltbundesamt.

Budimir et al. 2019

Budimir, D., Jelušić, N., Perić, M. (2019): Floating Car Data Technology. Scientific Journal of Maritime Research, 33, 22–32.

Buffoli et al. 2020

Buffoli, M., Cerati, D., Mangili, S., Mosca, E. I., & Rebecchi, A. (2020): EIT Urban Mobility - Mobility for more liveable urban spaces, Activity deliverable „[DEL03 - Tested scenarios of liveable urban spaces“. Online unter: https://www.behavioralchange4sustainability.polimi.it/wp-content/uploads/2021/02/EIT-UM-Deliverable-03_31-12-20_aggiornamento-2021-01-19.pdf (letzter Abruf: 31.03.2026)

Bundesanstalt für Straßenwesen 2021

Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt): Datenbericht in Tabellenform herunterladbar auf der Website der Bundesanstalt für Straßenwesen. Online unter: <https://www.bast.de/DE/Statistik/Verkehrsdaten/2021/Bundesstrassen-2021.html> (letzter Abruf: 28.07.2025)

Bundesministerium für Digitales und Verkehr 2025

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (Hrsg.) (2025): Verkehr in Zahlen 2024/2025. Berlin.

Cohen 1988

Cohen, J. (1988): The effect size. In: Statistical power analysis for the behavioural sciences.

Comi und Polimeni 2022

Comi, A., Polimeni, A. (2022): Estimating Path Choice Models through Floating Car Data. Forecasting, 4(2), 525–537. online unter: <https://doi.org/10.3390/forecast4020029>

Deutsche Umwelthilfe 2016

Deutsche Umwelthilfe (2016): Klinger, R., & Klein, A. (2016): Rechtsgutachten zur Zulässigkeit einer City-Maut durch Bundesländer und Kommunen, erstellt im Auftrag der Deutschen Umwelthilfe, online unter: https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Verkehr/Umweltzonen/DUH_Rechtsgutachten_City-Maut_2016.pdf

EHI Retail Institute 2020

EHI Retail Institute (2020): Ranking der größten Lebensmitteleinzelhändler in Deutschland nach Umsatz (2020), online unter:
<https://www.handelsdaten.de/ranking-der-grossten-lebensmitteleinzelhaendler-deutschland-nach-umsatz-2020>

Literaturverzeichnis

Eurostat 2025

Eurostat (2025): Straßengüterverkehr nach Beladeregionen (t, tkm, Fahrten) - jährliche Daten, Online Datencode: road_go_ta_rl, online unter:
https://doi.org/10.2908/ROAD_GO_TA_RL

Eurostat 2025a

Eurostat (2025a): Straßengüterverkehr nach Entladeregionen (t, tkm, Fahrten) - jährliche Daten, Online Datencode: road_go_ta_ru, online unter:
https://doi.org/10.2908/ROAD_GO_TA_RU

Frankfurt University of Applied Science 2019

Frankfurt University of Applied Science (2019): Analyse des Wirtschaftsverkehrs in der Innenstadt der Landeshauptstadt Wiesbaden. Frankfurt am Main, Februar 2019. online unter: https://www.frankfurt-university.de/fileadmin/standard/Hochschule/Fachbereich_1/FFin/Neue_Mobilitaet/Veroeffentlichungen/2019/Analyse_des_Wirtschaftsverkehrs_in_der_Innenstadt_der_Landeshauptstadt_Wiesbaden.pdf

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) 2012

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (Hrsg.) (2012): Empfehlungen für Verkehrserhebungen (EVE). Ausgabe 2012. Köln: FGSV Verlag.

Gertz und Holz-Rau 2020

Gertz, C. & Holz-Rau, C. (2020): Ziele, Strategien und Maßnahmen einer integrierten Verkehrsplanung – Planungsverständnis des Arbeitskreises. In: Wechselwirkungen von Mobilität und Raumentwicklung im Kontext gesellschaftlichen Wandels. Forschungsberichte der ARL, Hannover, online unter:
https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/fb/fb_014/02_gertz-holzrau.pdf

Goncalves et al. 2018

Goncalves, R., Almeida, R. J. D., Dijkman, R. M. (2018): Predicting stochastic travel times based on high-volume floating car data. arXiv, Article 1808.06610v1. online unter: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1808.0661>

Goebels et al. 2019

Goebels et al. (2019, unveröffentlicht): zitiert nach Leerkamp, B., Schlott, M., Auffenberg, M., Thiemermann, A., Kuchhäuser, J., & Puslat, S. (2024): Metastudie städtischer Güterverkehr in NRW. Wuppertal. online unter:
<https://doi.org/10.25926/zh18-qy27>

Heleyn 2012

Heleyn, A. (2012): Implementation status report on the loading spots. ELAN Deliverable No. 7.3-D1, online unter:
http://www.civitas.eu/sites/default/files/7_3_d1_implementation_status_report_on_the_loading_spots_revised.pdf

House of Logistics & Mobility (HOLM) GmbH 2025

House of Logistics & Mobility (HOLM) GmbH (2025): Floating Car Data. Abgerufen am 23.06.2025, online unter: <https://blog.frankfurt-holm.de/beitrag/floating-car-data>

Literaturverzeichnis

Icha und Lauf 2025

Icha, P., Lauf, T. (2025): Entwicklung der spezifischen Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990–2024. Climate Change. Umweltbundesamt.

International Council on Clean Transportation 2021

International Council on Clean Transportation (Hrsg.) (2021): A global overview of zero-emission zones in cities and their development process. online unter: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/12/global-cities-zez-dev-EN-aug21.pdf>

Kalinic und Krisp 2021

Kalinic, M., Krisp, J. M. (2021): Determining traffic congestion utilizing a fuzzy logic model and Floating Car Data (FCD). Proceedings of the International Cartographic Association, 4. ICC 2021, Florence. online unter: <https://doi.org/10.5194/ica-proc-4-55-2021>

Kraftfahrt-Bundesamt 2024

Kraftfahrt-Bundesamt (2024): Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umweltmerkmalen, 1. Januar 2024 (FZ 13). online unter: https://www.kba.de/SharedDocs/Downloads/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ13/fz13_2024.xlsx?__blob=publicationFile&v=2

Leerkamp et al. 2020

Leerkamp, B. Thiemermann, A., Schlott, M., Holthaus, T, Aichinger, W., Wittenbrink, P. (2020): Lieferrn ohne Lasten. Berlin. Online unter: https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2019/Staedtischer-Gueterverkehr/Agora-Verkehrswende_Lieferrn-ohne-Lasten_1-1.pdf

Leerkamp et al. 2024

Leerkamp, B. Schlott, M., Auffenberg, M., Thiemermann, A., Kuchhäuser, J., & Puslat, S. (2024): Metastudie städtischer Güterverkehr in NRW. Wuppertal. online unter: <https://doi.org/10.25926/zh18-qy27>

Liu et al. 2012

Liu, X., Chien, S., Kim, K. (2012): Evaluation of floating car technologies for travel time estimation. Journal of Modern Transportation, 20, 49–56.

Maes 2017

Maes, J. (2017): The potential of cargo bicycle transport as a sustainable solution for urban logistics. Dissertation Universität Antwerpen.

Melo und Baptista 2017

Melo, S., Baptista, P. (2017): Evaluating the impacts of using cargo cycles on urban logistics: Integrating traffic, environmental and operational boundaries. European transport research review, 9(2), S. 1-10.

Mobito 2025

Mobito (2025): Mobito Data Anonymisation Processing, online unter: <https://support.mobito.io/en/articles/10617488-mobito-data-anonymisation-processing>

Neun et al. 2023

Neun, M., Eichenberger, C., Xin, Y., Fu, C., Wiedemann, N., Martin, H., Tomko, M., Ambühl, L., Hermes, L., Kopp, M. (2023): Metropolitan Segment Traffic Speeds from Massive Floating Car Data in 10 Cities. online unter: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.08761>

Nuzzolo et al. 2020

Nuzzolo, A., Comi, A., Polimeni, A. (2020): Urban Freight Vehicle Flows: an Analysis of Freight Delivery Patterns through Floating Car Data. online unter: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.116>

Schipper und Marie 1999

Schipper, L., Marie, C. (1999): Transport and CO2 Emissions, Washington, DC: World Bank.

Stütz und Clausen 2022

Stütz, S., Clausen, U. (2022): Urbane Logistik, in: Trojahn, S., Dittrich, I., & Frindik, R. (Hrsgs.): Grundlagen der Logistik – Theorie und Praxis logistischer Systeme, S. 414-449.

TA Lärm 2017

TA Lärm (2017): Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm). GMBI 1998 Nr. 26, S. 503, geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BAV AT 08.06.2017 B5)

Thelen et al. 2024

Thelen, C., Nolte, H., Kaiser, M., Jürgens, P., Müller, P., Senkpiel, C., & Kost, C. (2024): Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem – Bundesländer im Transformationsprozess. online unter: <https://doi.org/10.24406/publica-4564>

Toll Collect GmbH 2025

Toll Collect GmbH (Hrsg.) (2025): Toll Collect WebGIS Dashboard. Berlin. online unter: <https://webgis.toll-collect.de/portal/apps/dashboards/562b5db5dafb48e99aa43613dad99357>

Umweltbundesamt 2024

Umweltbundesamt (2024): Biemann, K., Bolte, V., Fehrenbach, H., Heidt, C., Spathelf, F., Kirsch, D., Bernsmann, A., Gade, A., Horstmann, K., & Stütz, S. (2024): Lokaler, nationaler und internationaler umweltschonender Güterverkehr – Datenbericht zum Transformationsdialog und UBA Forum mobil und nachhaltig, online unter: <https://www.uba.de/n110418de>

Umweltbundesamt 2026

Literaturverzeichnis

Umweltbundesamt (2026): Emission von Treibhausgasen nach den Sektoren des Klimaschutzgesetzes (KSG), online unter:
[https://datacube.uba.de/vis?lc=de&tm=treibhausgase&pg=0&snb=10&df\[ds\]=ds-dc-release&df\[id\]=DF_CLIMATE_EMISSIONS_GHG_TRENDS_KSG&df\[ag\]=UBA&df\[vs\]=2026.0](https://datacube.uba.de/vis?lc=de&tm=treibhausgase&pg=0&snb=10&df[ds]=ds-dc-release&df[id]=DF_CLIMATE_EMISSIONS_GHG_TRENDS_KSG&df[ag]=UBA&df[vs]=2026.0)

Verkehrsleitbild Rheinland 2009

IHK im Rheinland (Hrsg.): Verkehrsleitbild Rheinland 2009 – Mobilität ist Zukunft.
Online unter: <https://epflucht.ulb.uni-bonn.de/download/pdf/76209>

Verkehrsleitbild Rheinland 2014

IHK Initiative Rheinland (Hrsg.): Verkehrsleitbild Rheinland 2014 – Leistungsfähige Verkehrsinfrastruktur für die Wettbewerbsfähigkeit des Rheinlands. Online unter:
<https://www.ihk.de/blueprint/servlet/resource/blob/1401682/35a9fab298b646e7e8feb8a360847d96/verkehrsleitbild-ihk-rheinland-2014-data.pdf>

Verkehrsleitbild Rheinland 2016

IHK Initiative Rheinland (Hrsg.): Verkehrsleitbild Rheinland 2016 – Leistungsfähige Verkehrsinfrastruktur für die Wettbewerbsfähigkeit der Region. Online unter:
https://www.ihk-bonn.de/fileadmin/dokumente/Downloads/Standortpolitik/Verkehrspolitik/Verkehrsleitbild_Text_2016.pdf

Verkehrsleitbild Rheinland 2023

IHK Initiative Rheinland (Hrsg.): Verkehrsleitbild Rheinland 2023 - Verkehrswege nachhaltig sichern. Online unter: https://mittlerer-niederrhein.ihk.de/fileadmin/IHK_Mittlerer_Niederrhein/Dokumente/Verkehr_Mobilitaet_Logistik/verkehrsleitbild-rheinland-2023-positionen_sig.pdf