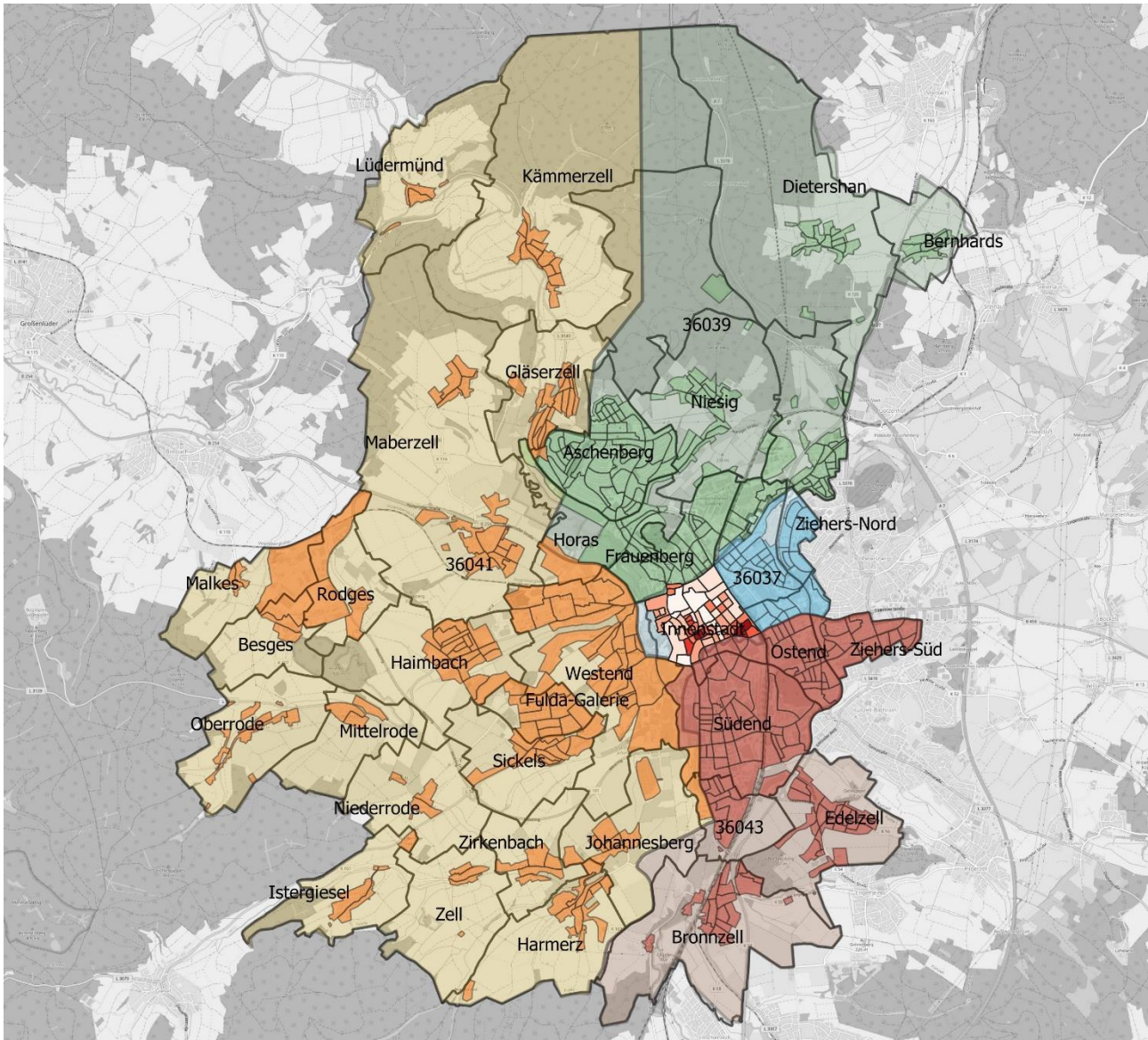


Effiziente und nachhaltige städtische Logistik für die Stadt Fulda



Auftraggeber

Magistrat der Stadt Fulda
Schlossstraße 1
36037 Fulda

Auftragnehmer

PB Consult GmbH
Rothenburger Straße 5
904443 Nürnberg

Impressum

PB Consult
Planungs- und Betriebsberatungsgesellschaft mbH
Rothenburger Str. 5
90443 Nürnberg
Telefon: +49-911 32239-0
Telefax: +49-911 32239-10
www.pbconsult.de
info@pbconsult.de

Weitergabe an Dritte

Alle von der PB Consult GmbH zur Verfügung gestellten Unterlagen (Berichte, Pläne, Tabellen etc.) oder Teile daraus dürfen nur zum eigenen Gebrauch verwendet werden. Eine Veröffentlichung oder Weitergabe dieser Dokumente / Dateien an Dritte bedarf einer gesonderten, schriftlichen Zustimmung der PB Consult GmbH.

*Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im Bericht nur die männliche Form verwendet. Gemeint sind stets sowohl die weibliche als auch die männliche Form.

*Alle Hintergrundkarten stammen aus OpenStreetMap und stehen unter der Open Data Commons Open Database Lizenz (ODbL).

Inhalt

1.	Hintergrund	4
2.	Ziel- und Anforderungsdefinition	5
2.1.	Stakeholder	5
2.2.	Untersuchungsrelevante Themenbereiche	8
3.	Bestandsanalyse und Rahmenbedingungen	9
3.1.	Übergeordnete Entwicklungstrends	9
3.2.	Planungsinstrumente der Stadt Fulda (Sekundäranalyse)	10
3.3.	Strukturdatenanalyse	11
3.4.	Sendungsdatenanalyse	14
3.5.	Gebietstypeneinteilung	16
3.6.	Expertengespräche	17
4.	Ladezonenkonzept	20
4.1.	Grundlagen	20
4.2.	Potentialanalyse für die Stadt Fulda	23
4.3.	Analyse ausgewählter Straßenzüge	26
5.	Mikro-Hub-Konzept	28
5.1.	Standortanalyse	30
5.2.	Potentialermittlung	31
5.3.	Fördermöglichkeiten	33
5.4.	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	35
5.5.	Auswirkungen auf die Umwelt –CO ₂ -Ausstoß	42
5.6.	Empfehlungen für mögliche Umsetzung	43
6.	Handlungsempfehlungen Logistikkonzept Innenstadt	46
6.1.	Ausweitung der Fußgängerzone	46
6.2.	Einführung einer Kernstadtzone	47
6.3.	Einschränkung der Lieferzeiten	49
6.4.	Ausgewiesene Parkplätze für Lastenfahrräder	51
7.	Zeitliche Umsetzung des Logistikkonzepts	53
8.	Projektsteuerung und Beteiligung	54
9.	Fazit	55

1. Hintergrund

Die dynamische Entwicklung städtischer Gebiete und Agglomerationsräume geht einher mit einem wachsenden Wirtschafts- und Lieferverkehrsaufkommen. Durch den begrenzten Verkehrsraum innerhalb der Städte kommt es daher immer häufiger zu Überlastungen des Straßennetzes und der Ladezonen, zu Beeinträchtigungen der Verkehrssicherheit und zu Behinderungen im Fuß- und Radverkehr. Auch die Lärm- und Schadstoffemissionen sind zunehmend problematisch.

Auch die Stadt Fulda ist von diesen Entwicklungen betroffen. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, werden mit dem vorliegenden Logistikkonzept mögliche Maßnahmen zur effizienten und nachhaltigen Gestaltung des städtischen Wirtschaftsverkehrs gezeigt. Im Fokus des vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) geförderten Vorhabens steht dabei neben der Vermeidung lokaler Emissionen, der Erhöhung der Aufenthaltsqualität, der Reduktion von Konfliktflächen und der Erhöhung der Verkehrssicherheit, die Förderung der nachhaltigen Erschließung des Stadtgebietes für den Wirtschaftsverkehr. Die im Rahmen des Vorhabens untersuchten Maßnahmen konzentrieren sich auf einen definierten Untersuchungsraum, welcher westlich der Bahnanlagen im Wesentlichen den gesamten Kernstadtbereich der Stadt Fulda umfasst (s. Abbildung 1).

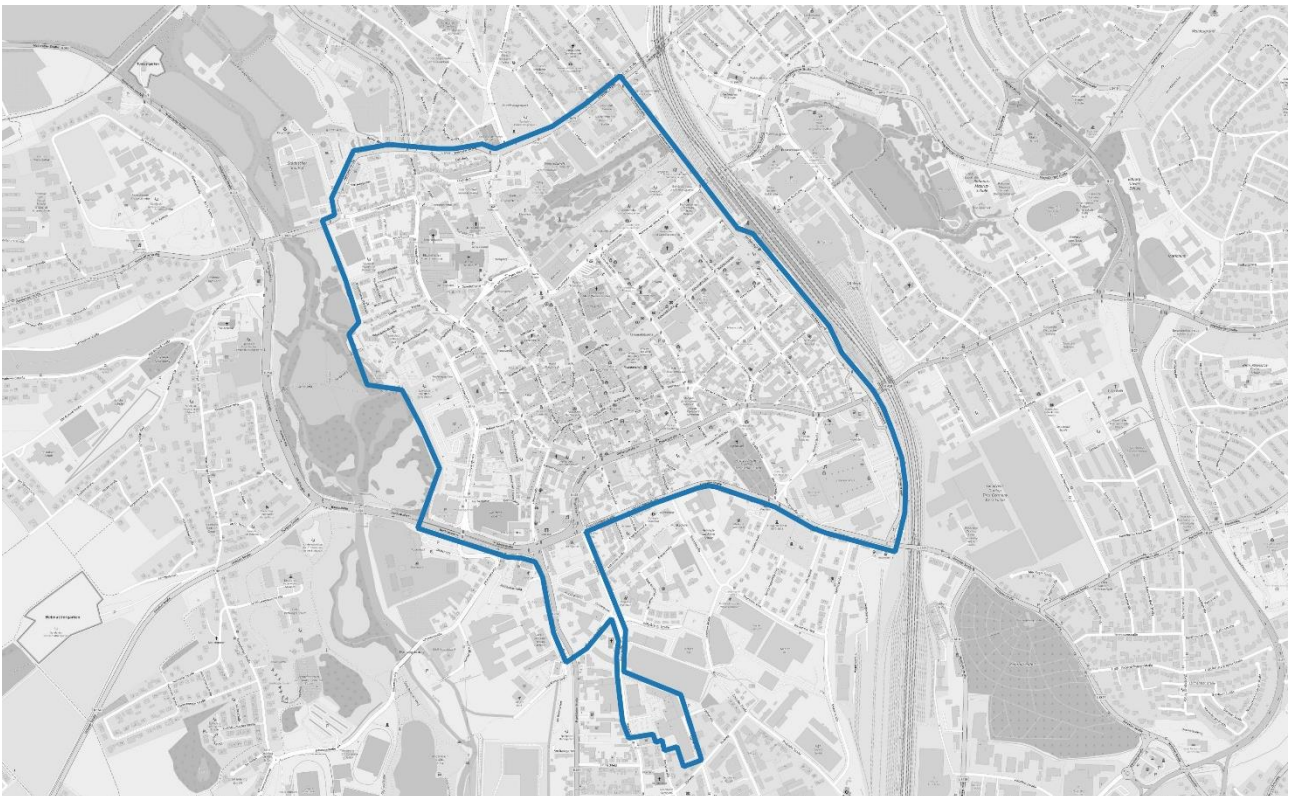


Abbildung 1: Umgriff des Untersuchungsgebiets

Im iterativen Austausch mit dem Magistrat der Stadt Fulda wurden die konkreten Maßnahmenbausteine zur Erstellung eines Logistikkonzeptes für die Stadt Fulda entwickelt und hinsichtlich der wirtschaftlichen Tragfähigkeit des Konzeptes, als auch dessen ökologischer wie sozialer Vorteile geprüft und bewertet.

2. Ziel- und Anforderungsdefinition

Ziel der Untersuchung zur effizienten und nachhaltigen städtischen Logistik für die Stadt Fulda ist die Erarbeitung eines gesamtstädtischen Logistikkonzepts, welches den Weg zu einem emissionsfreien Wirtschaftsverkehr ebnet. Die erarbeiteten Maßnahmen bleiben in Synergie mit den Leitlinien der Stadt Fulda bzw. dem bestehenden Stadtentwicklungskonzept mit dem Verkehrsentwicklungsplan (VEP), dem Green City Masterplan und dem Elektromobilitätskonzept. Des Weiteren wird den Anforderungen der Förderrichtlinie entsprochen und ein Konzept zur ökologischen und verkehrlichen Entlastung im Bereich des Wirtschaftsverkehrs entwickelt. Dabei werden folgende Aspekte berücksichtigt:

- Vermeidung lokaler Emissionen
- Erhöhung der Aufenthaltsqualität
- Reduktion von Konfliktflächen
- Erhöhung der Verkehrssicherheit
- Förderung der nachhaltigen Erschließung des Stadtgebietes für den Wirtschaftsverkehr
- Unterstützung für elektrische Antriebe im Nutzfahrzeugbereich

2.1. Stakeholder

Bei der Umsetzung eines gesamtstädtischen Logistikkonzepts müssen die Ansprüche aller relevanten Stakeholder berücksichtigt werden. Dies sind die Bürgerinnen und Bürger, Handel und Gewerbe, die KEP-Dienstleister sowie die Stadt Fulda als Gebietskörperschaft (s. Abbildung 2). Jede dieser Interessengruppen hat unterschiedliche Anforderungen an ein Logistikkonzept, aus denen sich wiederum verschiedene Zielkonflikte ableiten. Durch die Integration der Stakeholder in den Planungsprozess können Ansätze zur Lösung dieser Konflikte gefunden werden.

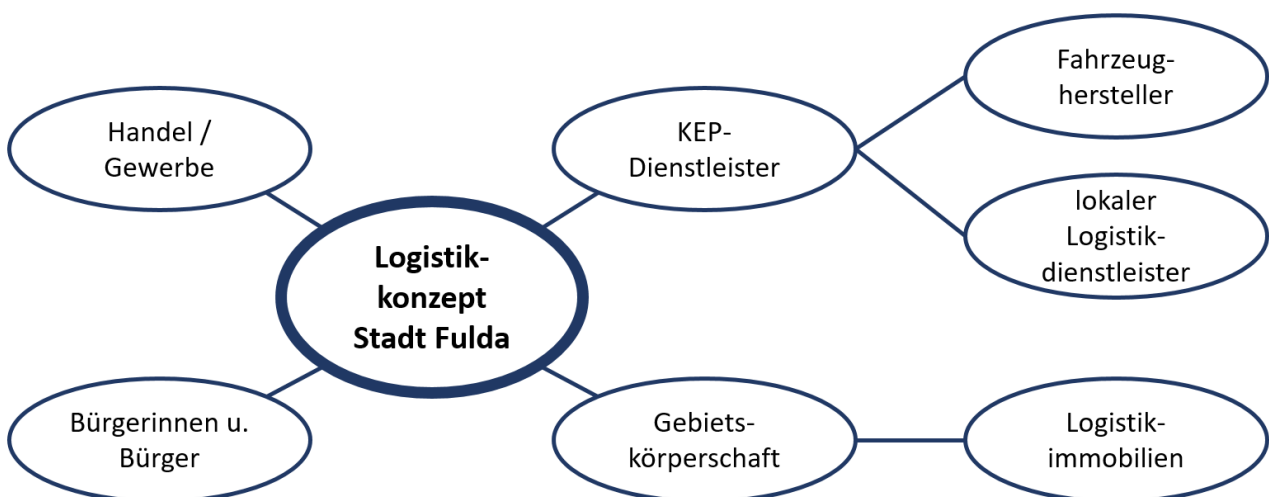


Abbildung 2: Stakeholder-Cluster zum Logistikkonzept Stadt Fulda

Anforderungen an das Logistikkonzept

- Versorgungssicherheit
- Verkehrssicherheit
- Geringe Verkehrsbelastung im Stadtgebiet
- Geringe Lärm- und Schadstoffemissionen
- Preiswerte Dienstleistungen

Konflikte

Zwischen den unterschiedlichen Personengruppen bestehen verschiedene Grundlagenkonflikte. So steht die angestrebte geringe Verkehrsbelastung im Stadtgebiet im Gegensatz zu Einschränkungen der individuellen Mobilität. Zudem sind eine geringe Verkehrsbelastung und damit einhergehende geringe Lärm- und Schadstoffemissionen schwierig mit den Anforderungen von Handel und KEP-Dienstleistern nach Flexibilität und Versorgungssicherheit vereinbar. Der Wunsch nach preiswerten Dienstleistungen steht ebenfalls im Konflikt mit der Versorgungssicherheit.

Ansätze zur Konfliktlösung

Aufklärungs- und Informationskampagnen können die Akzeptanz für Umsetzung konkreter Maßnahmen erhöhen und entsprechend vorbereiten. Verschiedene Beteiligungsformate wie Runde Tische, Workshops oder Beteiligungsplattformen ermöglichen die Belange von Bürgerinnen und Bürgern stärker sichtbar zu machen und in der Konzeptentwicklung zu berücksichtigen.

Integration in den Planungsprozess

Da es sich in erster Linie um ein Logistikkonzept handelt, wurden die Bürgerinnen und Bürger während der Konzeption noch nicht eingebunden. Die Information der Bevölkerung hat jedoch einen hohen Stellenwert und sollte unter anderem durch Pressemitteilungen und Erörterungen geschehen. Außerdem wird empfohlen, im Nachgang den Bürgerinnen und Bürgern Besprechungstermine auf Grundlage des Logistikkonzepts Innenstadt (s. Kap. 6, Seite 46) und den damit einhergehenden Handlungsempfehlungen anzubieten.

Handel und Gewerbe

Anforderungen an das Logistikkonzept

- Versorgungssicherheit
- Uneingeschränkte Flexibilität bei der Logistik
- Störungsfreier Ladenbetrieb
- Erreichbarkeit der Ladenflächen für den Kundenverkehr

Konflikte

Ein Kernkonflikt für Handel und Gewerbe entsteht durch den Wunsch nach uneingeschränkter Flexibilität, wobei gleichzeitig ein störungsfreier Ladenbetrieb gewährleistet werden soll. Es ist nicht auszuschließen, dass die Anlieferung von Waren den Ladenbetrieb stört, gerade wenn bei kleineren Geschäften keine separaten Eingänge zur Anlieferung vorhanden sind. Außerdem gehört zu einem störungsfreien Ladenbetrieb auch die Zufriedenheit der Kundinnen und Kunden. Diese haben den

Wunsch nach einem geringen Verkehrsaufkommen, was ebenfalls im Konflikt zur geforderten Flexibilität in der Logistik steht.

Ansätze zur Konfliktlösung

Durch transparente Prozessketten in der Logistik und den wechselseitigen Erwartungsaustausch zwischen Handel und KEP-Dienstleistern, lassen sich dezidierte Untersuchungen zur integrierten Zustell- und Abholkonzepten vornehmen, durch welche Versorgungsunsicherheiten reduziert und die Lagegunst gesteigert werden können.

Integration in den Planungsprozess

Konkret werden lokaler Handel und Gewerbe durch das Angebot eines Workshops mit Beteiligungsanreizen sowie eine Befragung einbezogen. Die Ergebnisse dieser beiden Beteiligungsformate werden in die Planungen einbezogen.

KEP-Dienstleister

Anforderungen an das Logistikkonzept

- Flexibilität in Zustellung und Abholung
- Geringe Kosten
- Terminalsicherheit

Konflikte

Aktuell bestehen durch die KEP-Dienstleister eigens erstellte, funktionierende Logistikkonzepte. Durch den Mehraufwand und eventuelle Mehrkosten wird oftmals kein Augenmerk darauf gelegt, etwas zu verändern. Dies steht im Gegensatz zu den übergeordneten Planungszielen eines nachhaltigen städtischen Logistikkonzeptes. Durch die streng gehütete Sendungsstruktur (Betriebsgeheimnis), das komplexe Netzwerk aus Dienstleistern und Subdienstleistern sowie die geringe Kooperationsbereitschaft fehlt die benötigte Transparenz zur Erarbeitung eines Logistikkonzeptes, das auch den Anforderungen der KEP-Dienstleister zu 100 % gerecht wird. Es könnte ein kostengünstigerer Betrieb mithilfe von gemeinsam genutzten Mikro-Depots erreicht werden. Ein solcher White-Label-Ansatz wird jedoch von vielen KEP-Dienstleistern abgelehnt, da bei der Zustellung die Kundensichtbarkeit und der Kundenservice einen besonders hohen unternehmerischen Stellenwert haben.

Ansätze zur Konfliktlösung

Zur Erreichung übergeordneter ökologischer, stadtstruktureller und verkehrlicher Ziele, können Anreize geschaffen sowie Maßnahmen mit Lenkungswirkung beschlossen werden. In der Analyse werden die Berechnungen, die auf Basis unvollständiger Informationen durchgeführt werden müssen durch entsprechende Annahmen bzw. Hoch- bzw. Umrechnungsfaktoren ergänzt. Hierdurch können trotz unvollständiger Datengrundlage plausible Aussagen zur Potential- und Wirtschaftlichkeitsabschätzung konkreter Maßnahmen getroffen werden.

Integration in den Planungsprozess

Schon früh im Projekt wurden Gespräche mit den KEP-Dienstleistern geführt, um deren Sendungsstruktur zu modellieren und die strategische Ausrichtung in Bezug auf Flottenzusammensetzung und Zustellkonzept in der Konzeptentwicklung berücksichtigen zu können.

Gebietskörperschaft Stadt Fulda

Zur Gebietskörperschaft Stadt Fulda zählen im Einzelnen das Stadtplanungsamt und dessen Abteilung Verkehrsplanung sowie das Amt für Stadtmarketing und Wirtschaftsförderung.

Anforderungen an das Logistikkonzept

- Vermeidung lokaler Emissionen
- Erhöhung der Aufenthaltsqualität
- Reduktion von Konfliktflächen
- Erhöhung der Verkehrssicherheit
- Förderung der nachhaltigen Erschließung des Stadtgebietes für den Wirtschaftsverkehr
- Unterstützung der Marktdurchdringung elektrischer Antriebe im Nutzfahrzeugbereich
- Versorgungssicherheit
- Einhaltung von Haushalt/Budget
- Akzeptanz gegenüber den verschiedenen Interessensgruppen

Konflikte

Wesentlicher Konflikt ist die Moderation und Integration der verschiedenen, teils divergierenden Interessenlagen.

Ansätze zur Konfliktlösung

Durch gezielte Moderation und Kompromissfindung sowie die Einbindung von Interessensvertretungen kann für erhöhte Akzeptanz innerhalb der verschiedenen Interessensgruppen gesorgt werden. Langfristig sollte ein konkreter Umsetzungsplan mit Meilensteinen und Finanzierungsplan aufgestellt werden, um die Empfehlungen aus diesem Logistikkonzept zu realisieren.

Integration in den Planungsprozess

Durch regelmäßige Lenkungsgruppentreffen mit Vertretern der Stadt Fulda war diese beim Aufbau des Logistikkonzeptes ständig involviert und somit komplett in den Planungsprozess integriert.

2.2. Untersuchungsrelevante Themenbereiche

Im Austausch mit dem Magistrat der Stadt Fulda wurde der Untersuchungsschwerpunkt für das Logistikkonzept auf die folgende Auswahl konkreter Maßnahmenbausteine fokussiert:

Ladezonenkonzept

- Erhöhung der Verkehrssicherheit
- (Reduktion der Konfliktflächen)

Mikro-Hub-Konzept

- Förderung der nachhaltigen Erschließung des Stadtgebietes für den Wirtschaftsverkehr
- Vermeidung lokaler Emissionen
- Reduktion der Konfliktflächen

Logistikkonzept Innenstadt (Handlungsempfehlungen)

- Unterstützung der Marktdurchdringung elektrischer Antriebe im Nutzfahrzeugbereich
- Erhöhung der Aufenthaltsqualität
- Reduktion der Konfliktflächen
- Erhöhung der Verkehrssicherheit

3. Bestandsanalyse und Rahmenbedingungen

Um eine robuste Untersuchungsgrundlage zu schaffen, wird zunächst eine umfassende Bestandsanalyse und Analyse der Rahmenbedingungen vorgenommen. Dazu gehören übergeordnete Entwicklungstrends (zum Teil auf die Stadt Fulda und zum Teil auf Deutschland bezogen), die verschiedenen Planungselemente des Stadtentwicklungskonzepts, eine Analyse der Strukturdaten sowie die Einteilung der Gebiete in Quartierstypen.

3.1. Übergeordnete Entwicklungstrends

Entwicklung des Wirtschaftsstandorts

Unter anderem durch die zentrale Lage im Bundesgebiet hat sich die Region Fulda seit der Wiedervereinigung zu einem erfolgreichen Wirtschaftsstandort ausgebildet¹. Seit 1989 bis 2018 hat sich die Firmenanzahl mehr als verdoppelt (von 6.100 auf 14.000), die Anzahl der Beschäftigten ist von 60.600 auf 95.200 gestiegen und die Arbeitslosenquote von 6,3 auf 2,8 gesunken.

Mithilfe einer Zukunftsstudie zur Entwicklung der Wirtschaft² wurden im Jahr 2021 Projektideen zur Stärkung der Wirtschaft herausgefiltert. Hierbei wird auch die Veränderung der Wirtschaft bezüglich der Mobilitätswende und der Digitalisierung berücksichtigt.

Da die Stadt Fulda mit ihrem Landkreis einen großen Einzugsbereich besitzt, ist das Verhältnis zwischen dem Einzelhandelsumsatz der Stadt und deren Einwohnern (Zentralitätskennziffer) sehr hoch (zweithöchster Wert für mittelgroße Städte). Zusammen mit der Kaufkraft, die im Mittelfeld liegt, lässt sich ableiten, dass Fulda als attraktive Einkaufsstadt gelten kann³.

Verkehrsentwicklung und Prognose

Der bereits im Jahr 2014 bei der Verkehrsprognose 2030⁴ festgestellte Trend, dass sich das Verkehrsaufkommen im Personen- und im Güterverkehr in Deutschland weiter steigern wird, bestätigt sich durch den „Transport Outlook 2021“⁵. Hier wird eine Steigerung des Personenverkehrs um das 2,3-Fache und des Güterverkehrs um das 2,6-Fache prognostiziert.

Wirtschaftsverkehr und Sendungsaufkommen

Pro Zustelltag werden durch KEP-Dienstleister mehr als 13 Millionen Sendungen an mehr als acht Millionen Empfängerinnen und Empfänger zugestellt⁶. Im Jahr 2020 gab es einen Anstieg im Sendungsvolumen von 10,9 % auf 4,05 Milliarden Sendungen pro Jahr. Dabei nahmen die B2B-Sendungen (Versender und Empfänger sind Unternehmen) ab, während die B2C-Sendungen (Versender sind Unternehmen, Empfänger Privatpersonen) einen Anstieg von 18,6 % (im nationalen Paketmarkt) verzeichneten. Für die kommenden Jahre wird prognostiziert, dass das Sendungsvolumen weiter steigt und im Jahr 2025 knapp 5,7 Milliarden Sendungen erreicht⁷. Dafür wird hauptsächlich das erwartete weitere Wachstum des Online-Handels verantwortlich gemacht.

¹ <https://www.region-fulda.de/show.php?ID=8070#:~:text=Die%20rasante%20regionale%20Wirtschaftsentwicklung%20spiegelt,von%2014%2C5%20Prozent%20entspricht>

² <https://mit-fulda.de/innovaeditor/assets/2021-09-16%20-%20Region%20Fulda%20-Zukunftsstudie%20als%20Startschuss.pdf>

³ <https://www.region-fulda.de/show.php?ID=8070#:~:text=Die%20rasante%20regionale%20Wirtschaftsentwicklung%20spiegelt,von%2014%2C5%20Prozent%20entspricht>

⁴ https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/verkehrsverflechtungsprognose-2030-schlussbericht-los-3.pdf?__blob=publicationFile

⁵ <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/transport-outlook-executive-summary-2021-german.pdf>

⁶ [BIEK – Über 4 Mrd. transportierte Sendungen – Paketdienste halten den Alltag am Laufen](#)

⁷ [Prognose: Sendungsmenge der Kurier-, Express- und Paketdienste | Statista](#)

3.2. Planungsinstrumente der Stadt Fulda (Sekundäranalyse)

Die Stadt Fulda besitzt ein Stadtentwicklungskonzept, das auf folgenden Einzelkonzepten basiert:

- Verkehrsentwicklungsplan (VEP)
- Masterplan Green City Fulda
- Elektromobilitätskonzept

Im **Verkehrsentwicklungsplan**⁸ der Stadt Fulda wird im Handlungsfeld „Mobilität und Wirtschaft“ wird für den Transport der „letzten Meile“ folgender Handlungsansatz gegeben: „Neben dem Einsatz von (autonomen) Elektrofahrzeugen, können insbesondere sogenannte Mikro-Hubs für eine flexiblere und umweltschonendere Zustellung von Lieferungen sorgen. Hier gilt es Anreize für den Einsatz für solche neuen Lösungsansätze zu schaffen (Parkmöglichkeiten, Lieferzonen, Ladestationen) und Innovationen in Unternehmen zu unterstützen (Umstellung des Fuhrparks, vermehrter Einsatz von Lastenrädern etc.)“ (S. 227). Unterstützt wird dies durch die Wunsch nach „verträglicheren Verkehrsarten und Fahrzeugtypen (z.B. Lastenfahrräder, E-Lkws)“ für die Ver- und Entsorgung der Innenstadt (S. 81). Generell nimmt das Thema Elektromobilität im Verkehrsentwicklungsplan einen großen Stellenwert ein: „Strategien für eine nachhaltige, klimafreundliche Entwicklung der Mobilität und Verkehrsinfrastruktur“ sind in dessen Leitziel verankert (s. 153). Zudem soll Elektromobilität im Rahmen des von Bund geförderten „**Elektromobilitätskonzepts Stadt Fulda**“ ausgebaut werden⁹.

Der **Masterplan Green City Fulda** sieht Handlungsbedarf in der Urbanen Logistik vor. Als Maßnahmen werden hier sowohl der Aufbau von Mikro-Hubs als auch der Ausbau von Ladezonen vorgestellt (S. 50, 51). Für die Umsetzung der Mikro-Hubs wird die „Entwicklung eines City-Logistik-Konzepts für die Stadt Fulda in Kooperation mit den lokalen Akteuren“ vorgeschlagen. Zu diesem City-Logistik-Konzept sollen die „Identifizierung von geeigneten Hub-Punkten“ sowie „Aufbau und Konstituierung eines Netzwerks an Kooperationspartnern“ gehören. Als Standorte für die Einrichtung von Mikro-Hubs werden das Emailierwerk, der Parkplatz Weimarer Straße und die Ochsenwiese zur Prüfung vorgeschlagen. Die Umsetzung des Ausbaus von Ladezonen soll „unter Beteiligung aller Akteure (Logistikfirmen, lokaler Einzelhandel, Wirtschaftsförderung/City-Marketing)“ geschehen. Hierbei sollen „Lage bzw. Standort; Größe; statische oder flexible Regelung in Form von Lieferzeitfenstern“ geprüft werden. Der Masterplan Green City Fulda sieht zwei Umsetzungsstufen vor: erst sollen Ladezonen in der Kernstadt errichtet und danach ggf. eine Ausweitung in weitere Stadtteile geschehen.

⁸ Verkehrsentwicklungsplan Fulda – Endbericht (Stand August 2018)

⁹ Leistungsbeschreibung für einen Dienstleistungsauftrag im Kontext der Erstellung eines umsetzungsfähigen Elektromobilitätskonzepts für die Stadt Fulda

3.3. Strukturdatenanalyse

Im Rahmen der Strukturdatenanalyse wurde der Gesamtumgriff der Stadt Fulda auf unterschiedlichen Aggregationsniveaus betrachtet. Dabei wurden folgende Zelleinteilungen berücksichtigt (wie in Abbildung 3 dargestellt):

- Postleitzahl (PLZ) – 4 Zellen
- Statistische Bezirke – 35 Zellen
- Statistische Blöcke – 538 Zellen

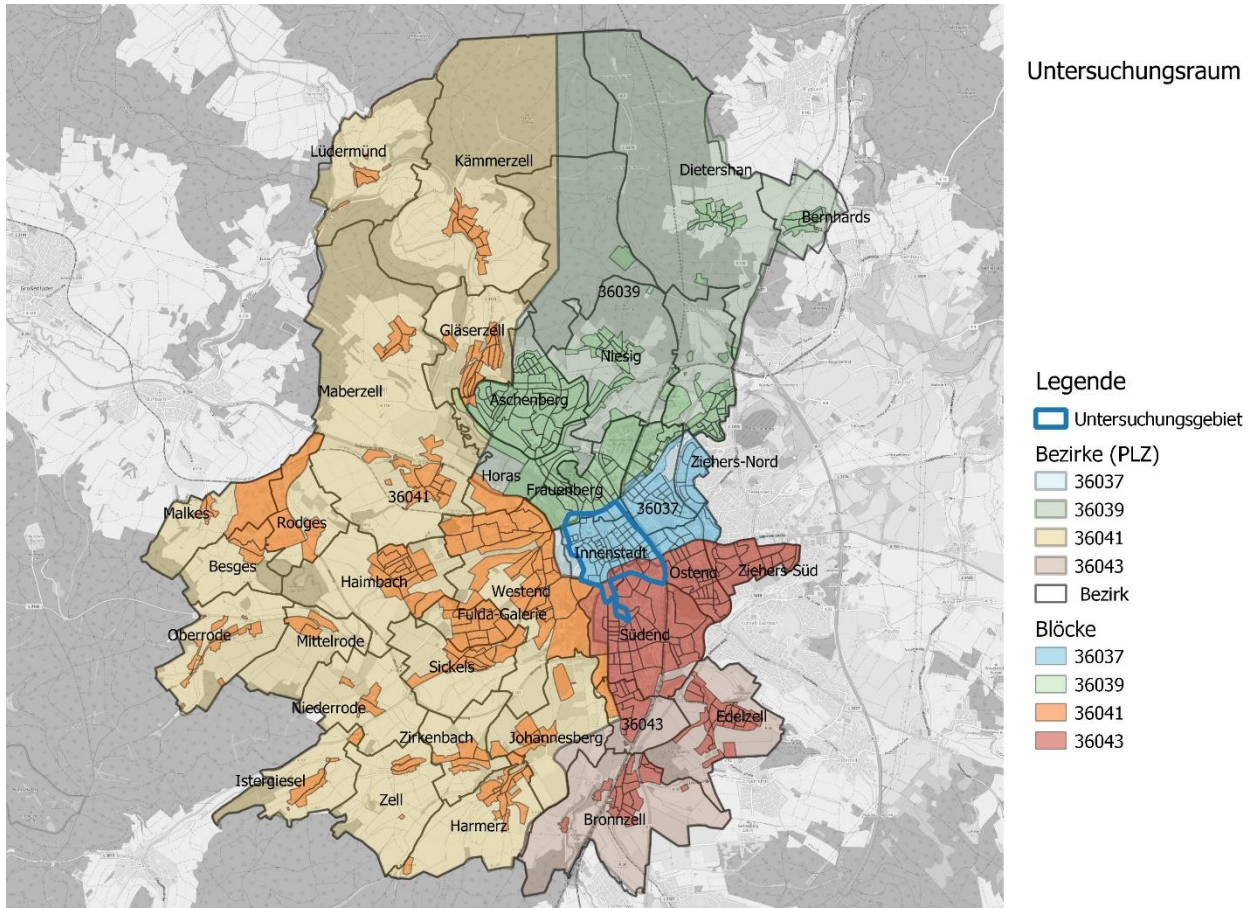


Abbildung 3: Strukturdatenanalyse (Zelleinteilung nach PLZ, statistischer Bezirk, Block)

Die feingranulare Unterteilung des Untersuchungsgebietes auf den unterschiedlichen fragmentierungsebenen erlaubt die dezidierte Auswertung der Strukturdaten mit Blick auf den konkreten Zuschnitt des primär betrachteten Innenstadtbezirks. Darüber hinaus bildet die Strukturdatenanalyse die Grundlage für die Abschätzung des Sendungsaufkommens und die Validierung der Potentialanalyse zum Mikro-Hub-Konzept anhand der Sendungsdaten auf Metaebene.

Neben der Einwohnerdichte ist auch die Dichte der einzelnen Adresspunkte relevant für die Potentialabschätzung zum Einsatz von Lastenfahrrädern in einem Untersuchungsgebiet. Hier gilt, dass vor allem in Gebieten mit einer hohen Adressdichte und einer hohen Einwohnerzahl wirtschaftlich vorteilhafte Einsatzprofile für Lastenräder entwickelt werden können.

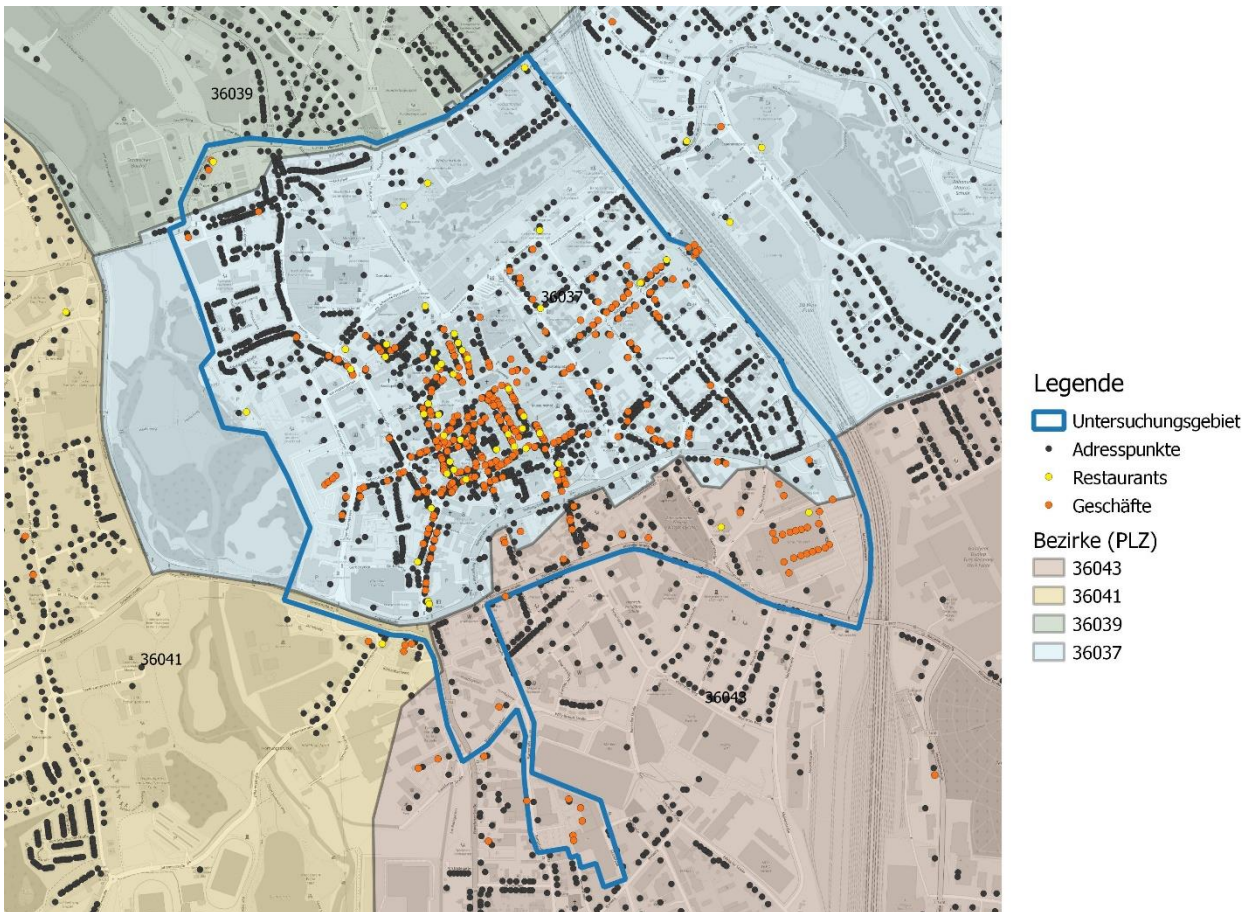


Abbildung 4: Strukturdatenanalyse (Adresspunkte, Restaurants, Geschäfte)

Abbildung 4 zeigt die Analyse der Adresspunkte zu:

- Einwohneradressen
- Gastronomieadressen
- Einzelhandelsadressen

Die Strukturdatenanalyse ist ein zentrales Element zur Abschätzung des Sendungsaufkommens, wobei die stadtspezifischen Gegebenheiten berücksichtigt werden können. Nach Bereinigung der gesammelten Adressdaten (wie bspw. das Herausfiltern von Kirchen, Parkplätzen, Bahnhof), wird von den relevanten Gewerbe- und Wohnflächen das Sendungsaufkommen abgeschätzt.

Über die Einwohnerzahlen und Adressdaten lassen sich Rückschlüsse über die Bewohner pro Wohnadresse erzielen. Anhand der in den Adressdaten hinterlegte Anzahl an Wohneinheiten werden die Anzahl der Bewohner nach der jeweiligen Adresse gewichtet auf die einzelnen Adressen umgelegt. In Abbildung 5 ist die Einwohnerdichte nach statistischen Blöcken innerhalb des Untersuchungsgebiets angezeigt. Während sich das Sendungsaufkommen proportional zur Einwohnerdichte verhält, wird das Sendungsaufkommen darüber hinaus durch die Dichte der Gewerbeadressen in einem Block bestimmt.

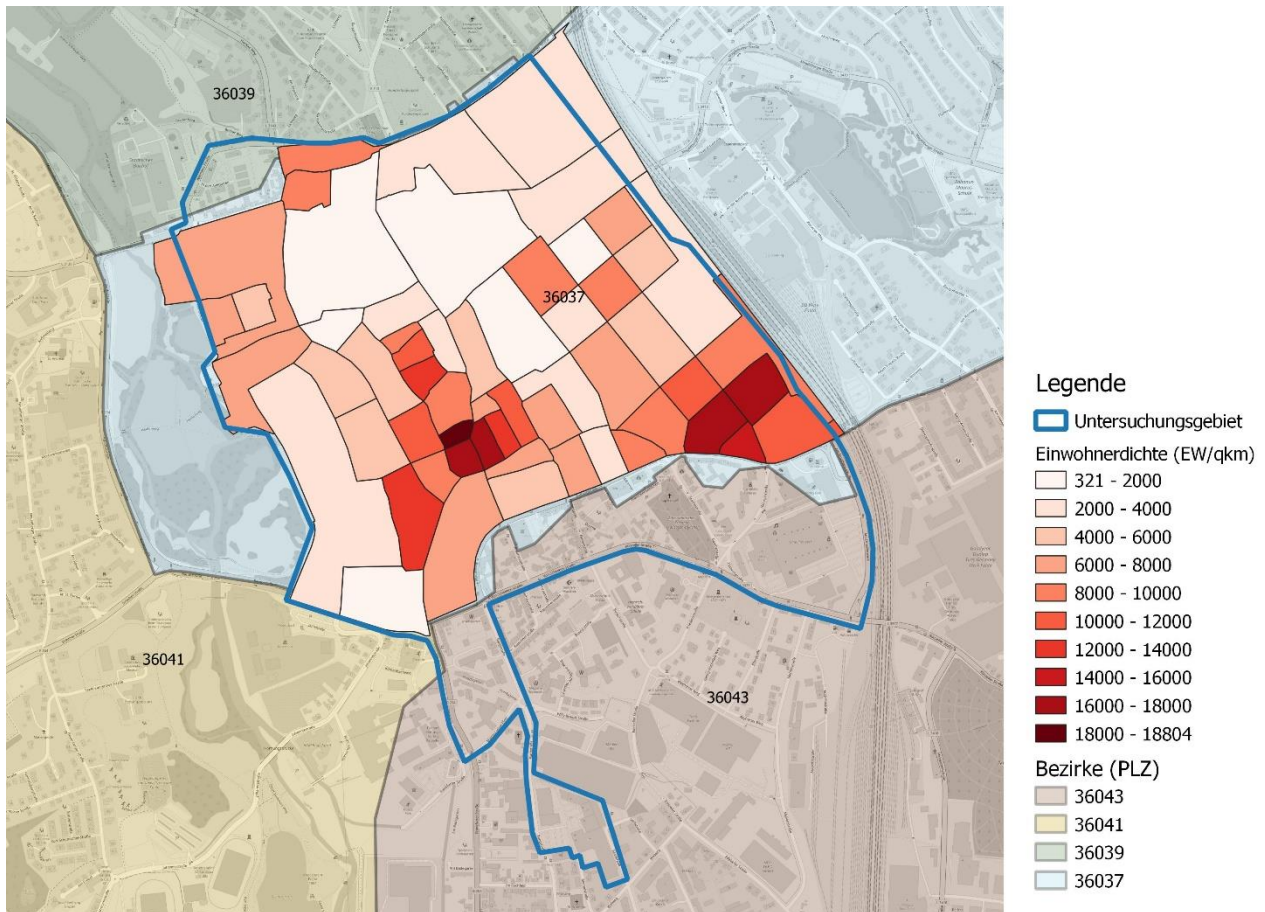


Abbildung 5: Strukturdatenanalyse (Einwohnerdichte)

Für das Untersuchungsgebiet zeigt sich eine hohe Einwohnerdichte vor allem in den Innenstadtbereichen rund um die Fußgängerzonen, sowie in den Wohnquartieren südlich des Bahnhofs.

Verdichtete Innenstadtbereiche und eine entsprechende Besiedlung ziehen in Teilen Konflikte mit sich, die aus den begrenzten Flächen und den sich daran anknüpfenden Flächenkonkurrenzen resultieren.

Konfliktflächen

Im Rahmen der Strukturdatenanalyse lassen sich bereits einige Konfliktflächen herausfiltern. Insbesondere in der Innenstadt, wo die Geschäfts- und Gastronomiedichte besonders hoch ist, leidet die Aufenthaltsqualität zu Lasten des Wirtschaftsverkehrs. Die Zufahrtsbeschränkungen der Fußgängerzone vermindern dort Konfliktflächen, allerdings werden im Umkreis der bestehenden Fußgängerzone weitere Straßenzüge mit ähnlich hoher Geschäfts- und Gastronomiedichte erkannt, die dementsprechend weitgehende Konfliktflächen aufweisen.

3.4. Sendungsdatenanalyse

Das Sendungsaufkommen in der Zustellung lässt sich im Wesentlichen auf die Einwohnerzahl und die genutzten Gewerbe- und Einzelhandelsflächen zurückführen. Dabei verursacht das Gewerbe einen Großteil des Sendungsaufkommens. Zur Abschätzung des Sendungsaufkommens im Einzelhandel wurden zunächst die Einzelhandels Adressen aus Openstreetmap ausgelesen und differenziert betrachtet. Dabei wurde u.a. zwischen Einzelhandel, Bürogebäude, Gesundheit und Gastronomie unterschieden.

Das auf Grundlage der Strukturdatenanalyse abgeschätzte Sendungsaufkommen wird über die Abfrage der tatsächlichen Sendungsmengen der KEP-Dienstleister validiert. Es wurden im Projektverlauf alle fünf großen KEP-Dienstleister angeschrieben und zum Expertengespräch eingeladen. Zu den fünf großen KEP-Dienstleistern gehören: DHL, Hermes, DPD, GLS und UPS. Zwei der Unternehmen haben sich mit der Bereitstellung von Daten an der Untersuchung beteiligt. Die Daten wurden auf metaebene zur Verfügung gestellt, d.h. in aggregierter Form für die einzelnen Zustellgebiete dargestellt. Über die Strukturdatenanalyse wurden die zur Verfügung gestellten Sendungsdaten entsprechend der Marktanteile der KEP-Dienstleister auf das Gesamtvolumen der Sendungen skaliert und auf die einzelnen statistischen Blöcke umgelegt (s. Abbildung 6).

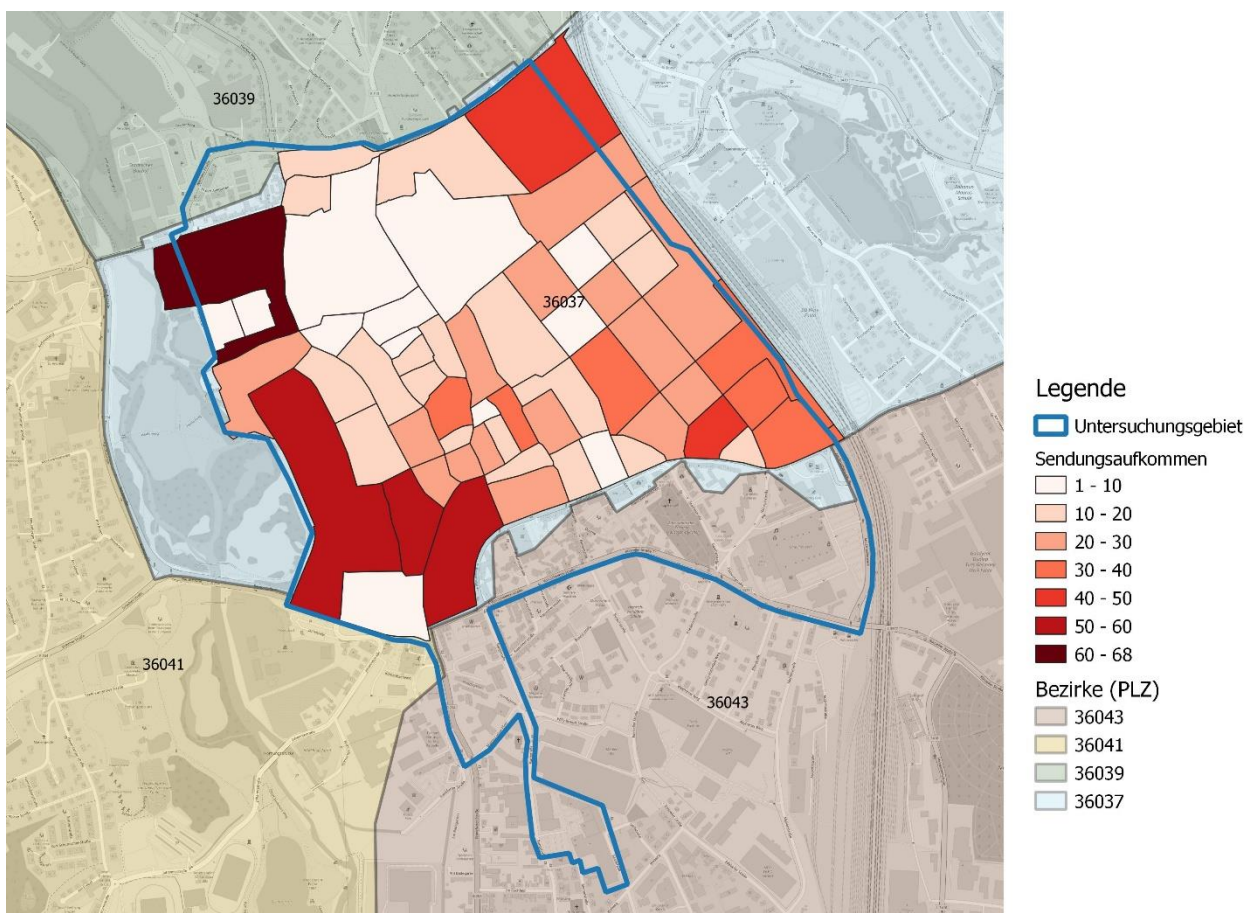


Abbildung 6: Absolutes Sendungsaufkommen auf Blockebene

Während sich das absolute Sendungsaufkommen über die Blöcke relativ gleichmäßig über das Untersuchungsgebiet verteilt, wird anhand der spezifischen Untersuchung der Sendungsdichte deutlich, dass eine deutliche räumliche Konzentration des Sendungsaufkommens in den innenstadtlagen rund um die Fußgängerzone zu erkennen ist (s. Abbildung 7).

Der Analyse zufolge konzentriert sich das Zustellungsvolumen der Einzelhändler im Zentrum der Stadt Fulda. Die Gewerbeflächen verteilen sich hingegen großräumiger in der Stadt. Hierbei erzeugt lediglich der nördliche Bereich des Untersuchungsgebiets wenig Sendungsaufkommen.

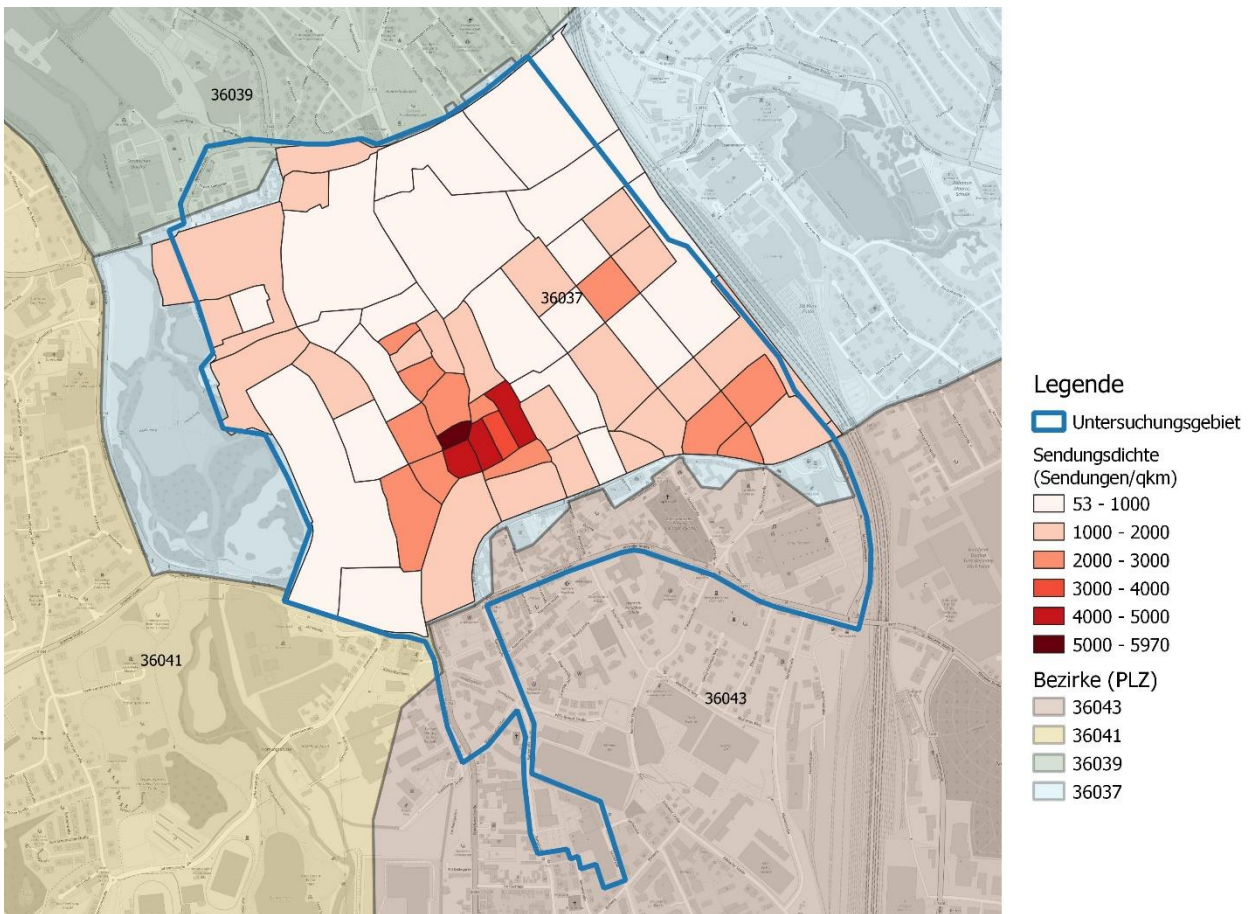


Abbildung 7: Sendungsdichte auf Blockebene

In Tabelle 1 ist das kumulierte Sendungsvolumen dargestellt, welches aus den Einwohnern sowie Gewerbe erzeugt wird. Abgeschätzt ergeben sich in dieser Betrachtung etwa 1.230 Paketzustellungen pro Tag.

	Anzahl	Faktoren	Zustellungen
Einwohner	7.786 Einwohner im Untersuchungsgebiet	24 Sendungen pro EW pro Jahr bei 301 Sendungstagen	620
Einzelhandel (als Shops in OSM definiert)	320 Adressen	1,0 Zustellungen pro Adresse und Tag	320
Sonstiges Gewerbe	580 Adressen	0,5 Zustellungen pro Adresse und Tag	290

Tabelle 1: Angenommene Faktoren und resultierende Zustellungen aus Einwohner und Gewerbe

3.5. Gebietstypeneinteilung

Um einen Überblick über die Stadtstrukturen zu erlangen werden Quartiere eingeteilt und zu definierten Quartierstypen zugeordnet (s. Abbildung 8). Dabei wird zwischen folgenden Quartierstypen unterschieden:

- Wohngebiet, Innenstadt
- Wohn- und Gewerbegebiet Innenstadt
- Wohngebiet, städtisch, MFH
- Wohngebiet, städtisch
- Wohngebiet, ländlich
- Gewerbe/Industrie
- Landwirtschaft
- Grünfläche
- Parkplätze
- Sonstiges

Im Innenstadtbereich wird unterschieden zwischen reinen Wohngebieten („Wohngebiet, Innenstadt“) sowie Gebieten mit gewerblicher und Wohnnutzung („Wohn- und Gewerbegebiet Innenstadt“). Die Einteilung hier erfolgt auf Grundlage von Strukturdaten (Geschäftsstandorte) und Kartendaten (Luftbild). Abbildung 8 zeigt die Analyse der Quartierstypen im gesamten Stadtgebiet.

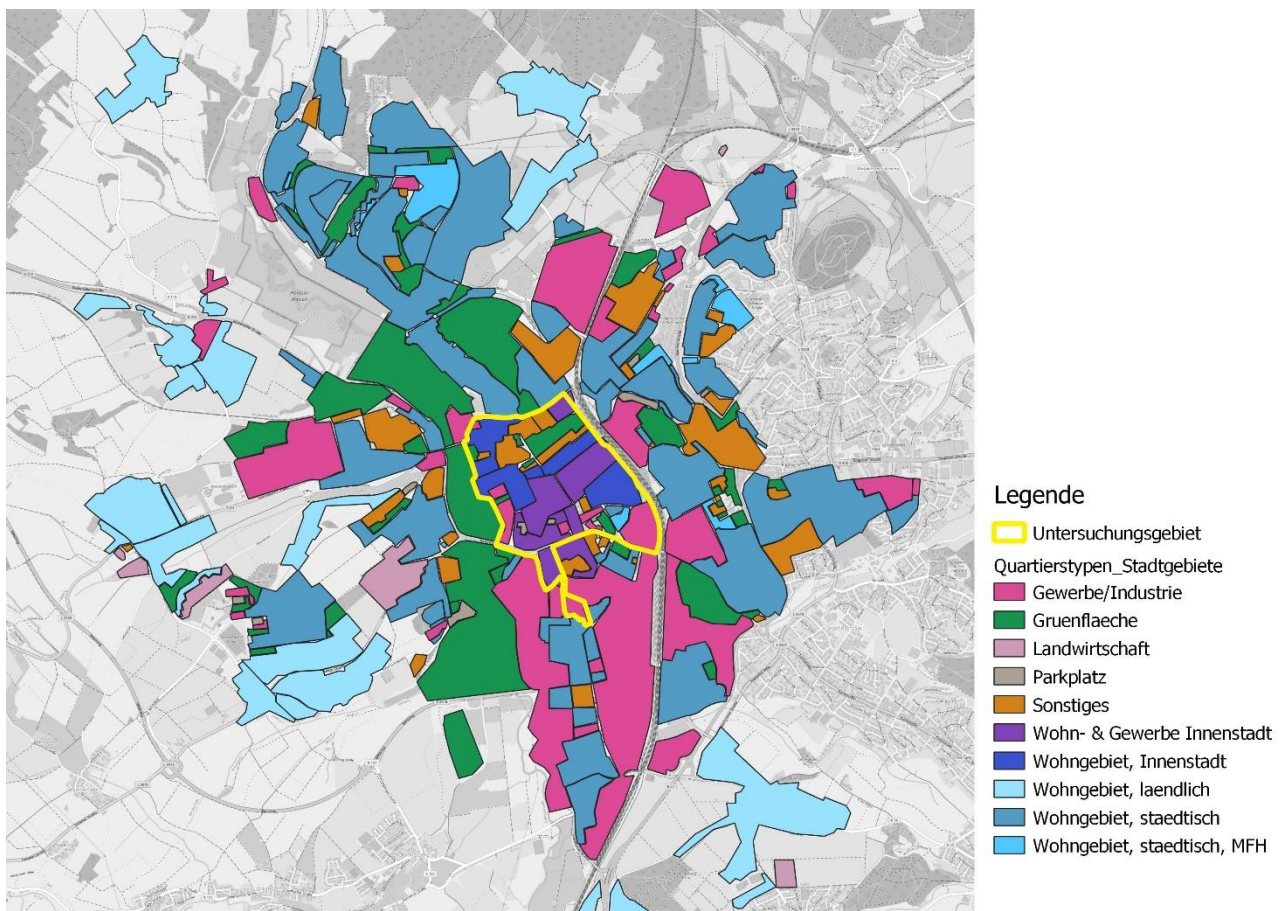


Abbildung 8: Analyse der Quartierstypen

In den äußeren städtischen Gebieten wird aufgrund der Strukturdaten (Einwohnerzahlen, Einwohnerdichte) und der Kartendaten (Luftbild) eine Unterteilung in Wohngebiete mit Mehrfamilienhäusern („Wohngebiet, städtisch, MFH“) und Wohngebiete mit Ein- bzw. Zweifamilienhäusern („Wohngebiet, städtisch“) vorgenommen.

Aufgrund der Einwohnerdichte und der Umgebung (Kartendaten, Luftbild) lässt sich ableiten, welche Wohngebiete eher ländlicher Natur sind. Diese sind mit „Wohngebiet, ländlich“ betitelt. Mithilfe von Strukturdaten (Industriestandorte, Gewerbestandorte) und Kartendaten (Luftbild) werden im gesamten Stadtgebiet kleinere und größere Gewerbe- bzw. Industriegebiete definiert („Gewerbe/Industrie“). Landwirtschaftliche Gewerbe bekommen die Sonderbetitelung „Landwirtschaft“.

Um einen besseren Überblick über die weitere Flächennutzung zu erlangen werden außerdem Grünflächen (angelegte und natürliche) und Parkflächen als einzelne „Quartierstypen“ geführt. Zur Kategorie „Sonstiges“ gehören unter anderem Schulen, Kirchen, Ämter, die Hochschule, Museen, Sportanlagen und Theater.

Die Unterscheidung des Stadtgebietes mit der Einteilung der Gebietstypen ermöglicht es zielgerichtet konkrete Maßnahmenpakete für einzelne Stadtteile zu entwickeln, da die Wirkung einzelner Maßnahmenbausteine stark vom spezifischen Untersuchungsraum abhängig ist. Die Gebietstypenanalyse bildet darüber hinaus die Grundlage für einen Ausbau bzw. Stufenplan zur räumlichen Erweiterung des Logistikkonzeptes und die Weiterentwicklung einzelner Maßnahmen.

3.6. Expertengespräche

Im Rahmen der Recherche zur Bestandsanalyse wurden alle größeren KEP-Dienstleister kontaktiert und nach ihren Einschätzungen zum Mikro-Depot-Konzept und zu Ladezonen gefragt. Außerdem wurde ein Gespräch mit dem Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation über deren Erfahrungen mit dem Ladezonenkonzept SmartZone in Stuttgart geführt.

3.6.1. KEP-Dienstleister

Es wurden mit verschiedenen Unternehmen der KEP-Branche bilaterale Expertengespräche geführt, über welche sowohl Einblicke in die Prozesse und strategische Ausrichtung der Branche gewonnen, als auch die konkreten Maßnahmen zur Entwicklung eines Logistikkonzeptes für die Stadt Fulda diskutiert wurden. Am Expertenaustausch waren DPDHL, Hermes, GLS und DPD beteiligt. Aus den Gesprächen können folgende allgemeine Kernthesen zusammengefasst werden:

- Bei allen KEP-Dienstleistern bestehen generelle **Vorbehalte gegenüber kooperativen Nutzungskonzepten**, da hier Risiken der Wahrung von Geschäftsgeheimnissen und datenschutzrechtlicher Belange gesehen werden.
- Bei allen KEP-Dienstleistern werden bereits Zustellfahrzeuge von konventionellen Antrieben auf **e-Antriebe** umgestellt bzw. ist die Umstellung geplant. Herausforderungen in diesem Prozess sind sowohl die Verfügbarkeit von entsprechenden Fahrzeugen am Markt, als auch das Angebot an Logistikimmobilien mit einem entsprechenden Netzanschluss zum Aufbau einer leistungsfähigen **Ladeinfrastruktur**.

- **Begleitende regulative Maßnahmen** werden unterstützt, wenn sie Handlungsspielräume für die Erfüllung der logistischen Leistungen ermöglichen. D.h., dass zum Beispiel die Einschränkung von Lieferzeiten als unproblematisch angesehen wird, wenn entsprechende Ausnahmeregelungen für leichte und emissionsarme Fahrzeuge bestehen.
- Der **Bedarf zur Einrichtung eines Mikro-Hubs** ist primär von den bestehenden Depotstandorten sowie den zusätzlichen begleitenden Maßnahmenbausteinen abhängig und unterscheidet sich somit maßgebend zwischen den KEP-Dienstleistern.

Tabelle 2 Zeigt die Zusammenschau der Notizen zu den geführten Expertengesprächen mit den KEP-Dienstleistern.

Tabelle 2: Zusammenfassung der Gesprächsprotokolle mit den KEP-Dienstleistern

KEP-Dienstleister	Mikro-Depot	Ladezone	Zusätzliche Informationen
DPDHL	<ul style="list-style-type: none"> • Im 2B Geschäft geringes Potential durch wenig lastenradfähige Sendungen (Größe und Gewicht der Sendungen) • Kleinformatige Pakete werden bereits mit Lastenrad transportiert • Betreiben Mikro-Hub an der Rangstraße, Vorschlag: Mikro-Hub Ausschreibung für andere KEP-Dienste • Auf der Suche nach Logistikimmobilien (mit Möglichkeiten für Ladeinfrastruktur) 	<ul style="list-style-type: none"> • Erhöhung des Verkehrsflusses • Reduzierung der Unfallgefahr 	<ul style="list-style-type: none"> • Verbundzustellung (Brief + Paket) im ländlichen und suburbanen Raum • Sendungsmengenvariabilität von 70 bis 200 % (je nach Wochentag und Jahreszeit)
Hermes	<ul style="list-style-type: none"> • Swobb-Box als Austauschsystem für Lastenradakkus in der Stadt 	<ul style="list-style-type: none"> • Ladezonen können die Produktivität auch senken (je nach Konzept) 	<ul style="list-style-type: none"> • Anschaffung von E-Transportern • Wichtiges Thema aktuell: Ladeinfrastruktur
GLS	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Kooperationsbereitschaft 	<ul style="list-style-type: none"> • Bsp. Aachen: Ladezonen mit Lademöglichkeit, mit App zu blocken 	
DPD	<ul style="list-style-type: none"> • Paketstruktur sehr 2B-lastig (große Pakete) • Bereits nahes Depot, deswegen eher E-Transporter 	<ul style="list-style-type: none"> • Ladezonen hohe Priorität • Aktuell: viele Ladezonen fremdbelegt 	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Priorität: eingeschränkte Einfahrtszeiten der Innenstadt

KEP-Dienstleister	Mikro-Depot	Ladezone	Zusätzliche Informationen
		<ul style="list-style-type: none"> • Kombination Ladezonen mit Schnellladensäulen denkbar 	
UPS	<ul style="list-style-type: none"> • Sendungsstruktur sehr 2B-lastig (große Pakete) • Geringes Potential für Lastenradeinsatz 		<ul style="list-style-type: none"> • Generell aufgeschlossen für innovative Konzepte

3.6.2. Fraunhofer IAO (SmartZone, Stuttgart)

In Stuttgart wird im Projekt SmartZone, das vom Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation betreut wird, ein digitales Lieferzonenmanagement mithilfe der App „Parkunload“ getestet (s. Abbildung 9). Hierbei werden vorhandene Ladezonen genutzt und registriert. Die Fahrerinnen und Fahrer der Lieferfahrzeuge können über eine App ihre Ladezonen im Voraus buchen und die Belegung der Ladezonen überprüfen. Durch den Feldversuch in Stuttgart wurden folgende Herausforderungen bei der Umsetzung eines digitalen Ladezonenkonzeptes deutlich:

- Im Feldversuch wurden ausschließlich bereits bestehende Ladezonen (Eingeschränktes Halteverbot) in das Konzept des digitalen Buchungssystems integriert. Dabei sind digitale Buchungszeitfenster für diese Zonen aus dem Grund der Diskriminierungsfreiheit nicht zulässig. Dementsprechend können auch ohne App die Ladezonen genutzt werden.
- In die Erarbeitung des Ladezonenkonzeptes wurden alle KEP-Dienstleister mit einbezogen, um so die Potentiale der einzelnen Ladezonen bestmöglich abschätzen zu können.
- Ohne Begleitmaßnahmen zur Überwachung der Ladezonen, verpuffen die angestrebten verkehrsentlastenden Effekte, da Ladezonen widerrechtlich zugesperrt werden.
- Ziel ist es beste Buchungszeiten einzuführen (in anderen Pilotprojekten konnten hier bereits positive Erfahrungen gesammelt werden).

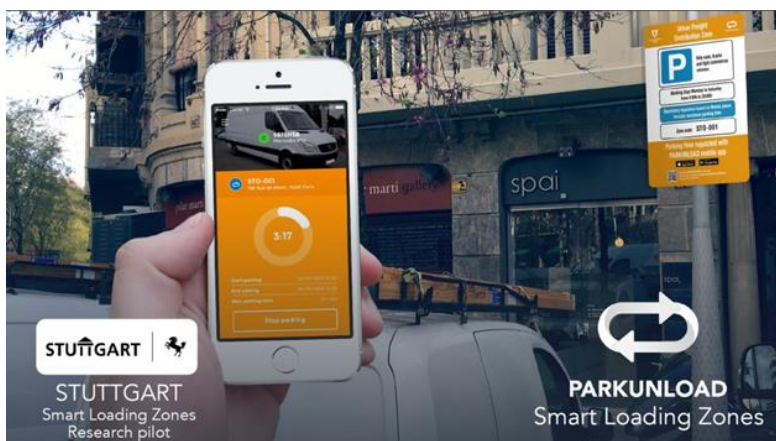


Abbildung 9: Smart Loading Zones mit Parkunload¹⁰

¹⁰ <https://www.kodis.iao.fraunhofer.de/de/projekte/smartzone.html>

4. Ladezonenkonzept

Durch ein stetiges Verkehrswachstum, vor allem im Bereich des Wirtschaftsverkehrs, kann es vor dem Hintergrund begrenzter Verkehrsflächen zu häufigeren Überlastungen der Infrastruktur kommen. Dabei werden die für Zu- und Ablieferverkehre eingesetzten Fahrzeuge häufig falsch abgestellt und es kann somit zu Behinderungen des fließenden Verkehrs kommen. Das Ziel eines Ladezonenkonzepts ist es, die Anzahl falsch parkender Lieferfahrzeuge zu reduzieren, um so den Verkehrsfluss und die Verkehrssicherheit zu verbessern (s. Abbildung 10).



Abbildung 10: Schaubild Ladezone¹¹

4.1. Grundlagen

Als Ladezonen werden Flächen im öffentlichen Raum bezeichnet, die in der Regel im Bereich der Parkspuren zur Verfügung gestellt werden und nur für Ladetätigkeiten genutzt werden dürfen. Dabei ist jedoch in der geltenden Straßenverkehrsordnung der Begriff der Ladezone weder definiert noch gibt es eine einheitliche Beschilderung. Ausgewiesen werden die entsprechenden Bereiche häufig durch die Kombination eines Parkverbots- bzw. Halteverbotschildes mit einer Ausnahmeregelung (s. Abbildung 11). Dabei können Ladezonen auf Dauer oder für bestimmte Zeiten eingerichtet sein. Die Haltedauer ist üblicherweise auf kürzere Haltezeiten ausgerichtet, die für das Be- und Entladen von Waren benötigt werden.

¹¹ <https://www.biek.de/themen-und-positionen/initiative-ladezone.html>



Abbildung 11: Bsp. Beschilderung von Ladezonen

Durch das Einrichten von Ladezonen im Seitenraum der Straße lassen sich Be- und Entladevorgänge in zweiter Reihe oder auf Radverkehrsanlagen vermeiden sowie der Verkehrsfluss und die Verkehrssicherheit verbessern. Dabei sind das Potential und die Wirkung eines Ladezonenkonzeptes mit Blick auf die einzelnen KEP-Dienstleister sehr stark von der konkreten Konzeptausgestaltung (Lage der Ladezonen im Netz, Abstand zwischen den einzelnen Ladezonen, Befahrbarkeit u. s. w.) abhängig. Dementsprechend können Ladezonen sowohl konterkarierend auf die Produktivität der KEP-Dienstleister wirken, wenn die Abstände zwischen den Ladezonen zu groß gewählt wurde oder die Ladezonen schlecht befahrbar sind, als auch die Effizienz des Lieferverkehrs steigern, indem die Parkplatzsuche und Ladevorgänge planbarer und beschleunigt werden. Abbildung 12 zeigt Beispiele für die Kennzeichnung von Ladezonen im Seitenraum.

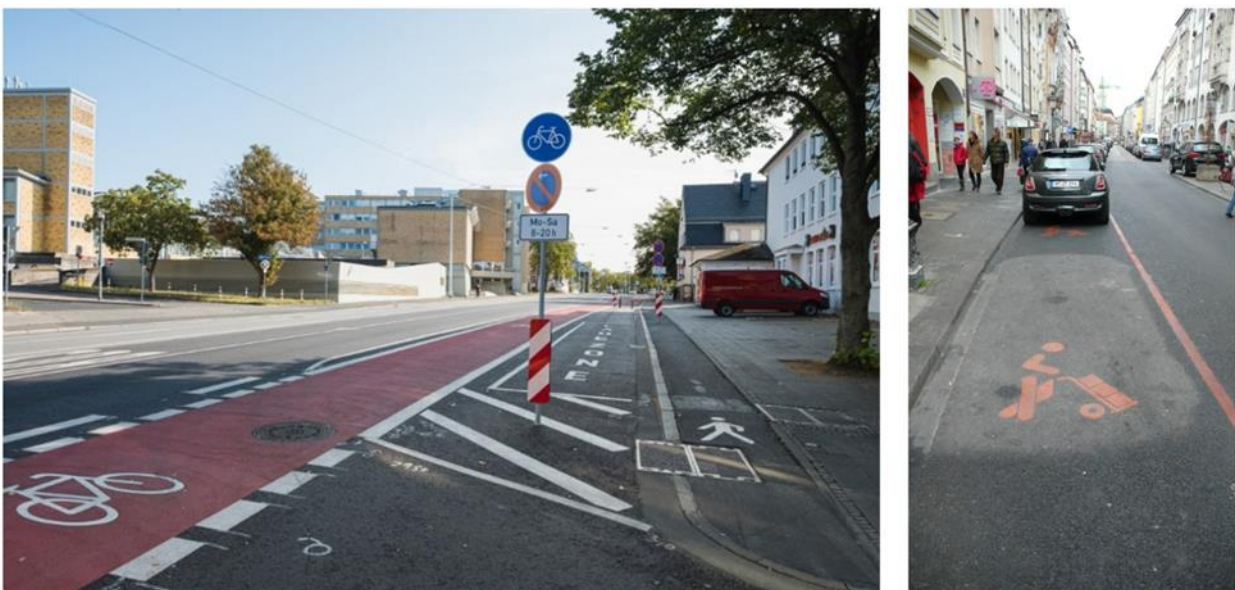


Abbildung 12: Bsp. Ladezone in Darmstadt (l.) Bspl. Ladezone in München (r.)

Aus der Betrachtung verschiedener Pilotversuche zur Einführung von Ladezonen, wie dem Projekt SmartZone in Stuttgart, können verschiedene umsetzungsrelevante Aspekte abgeleitet werden. Hierzu zählen u. a.:

1) Kontrollmechanismen

Ohne eine Überwachung der Ladezonenbelegung durch das Ordnungsamt und die Ahndung von Ordnungswidrigkeiten bei Falschparkern, besteht die Gefahr, dass Potentiale der

Ladezonen nicht gehoben und Lieferfahrzeuge trotz Ladezone in Zweiter-Reihe abgestellt werden.

2) **Umsetzung muss durch eine entsprechende Öffentlichkeitsarbeit begleitet werden**

Damit die Entwicklung im Stadtgebiet der Öffentlichkeit bekannt ist und entsprechende Unsicherheiten in Bezug auf die Flächenstrukturierung vermieden werden, wird empfohlen die Umsetzung eines entsprechenden Konzeptes frühzeitig zu kommunizieren und die relevanten Stakeholder in den Diskurs einzubinden.

3) **Rahmenbedingungen**

Für die Umsetzung müssen entsprechende Rahmenbedingungen geschaffen werden. Dies betrifft u. a. die Widmung der verfügbaren Flächen im Straßenraum und die Bereitstellung entsprechender Haushaltsmittel für die Umsetzung konkreter Maßnahmen.

4) **Beleg-/ Digitales Buchungssystem erforderlich**

Digitale Buchungssysteme können helfen die Auslastung der Ladezone zu steigern und die Fahrleistung durch eine entsprechend angepasste Tourenplanung zu reduzieren. Verschiedene Systemlösungen und deren technologischer Reifegrad werden in Abbildung 13 dargestellt.

Anbieter	TRL	Anwendungsbeispiele
Parkunload	Einsatz	Spanien (Vic, ...), Dublin, Belfast, Stuttgart, Paris
Coord	Einsatz	Aspen, Nashville, Omaha, West Palm Beach
SyGAL	Entwicklung	Lyon, Poitiers
SmaLa	Entwicklung	Hamburg
DUM	Entwicklung	Barcelona
i-Ladezone	Entwicklung	Wien

Abbildung 13: Technologischer Reifegrad verschiedener Anbieterlösungen für digitale Ladezonenkonzepte

Digitale Buchungs- und Belegsysteme können sich aus unterschiedlichen Systemkomponenten zusammensetzen. Wie häufig die einzelnen Komponenten in aktuellen Ladezonenkonzepten eingesetzt werden, zeigt Abbildung 14.

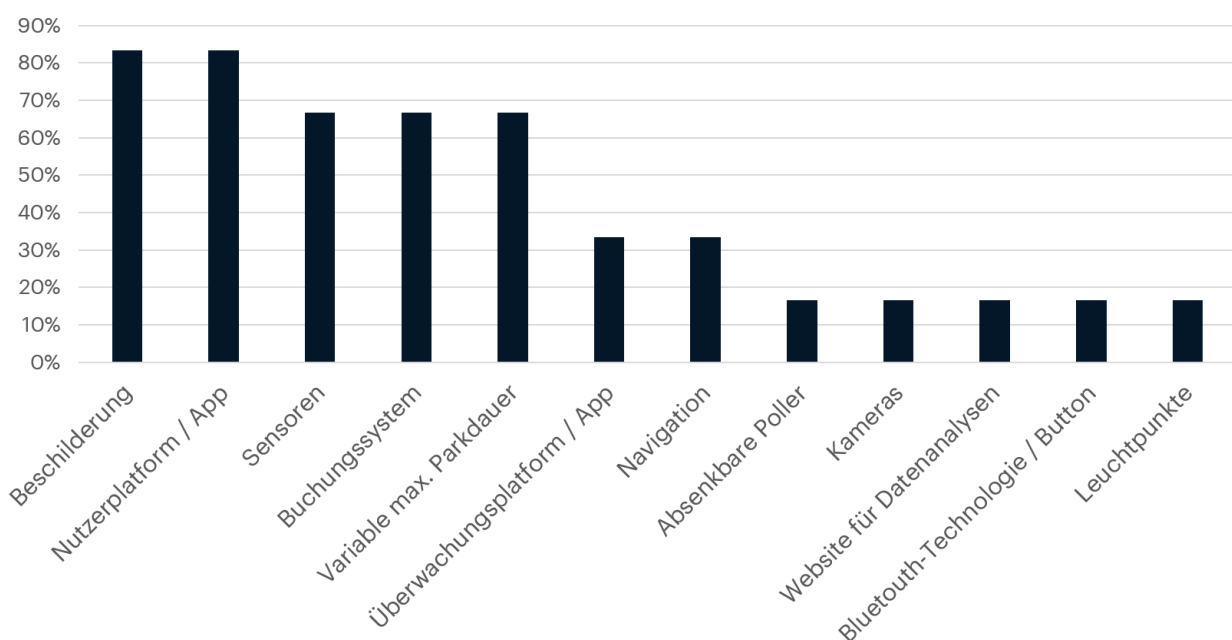


Abbildung 14: Anwendungshäufigkeit einzelner Systemkomponenten bei Feldversuchen (eigene Darstellung)

4.2. Potentialanalyse für die Stadt Fulda

Für die Potentialabschätzung eines Ladezonenkonzeptes für die Stadt Fulda wurden zunächst vier Straßenzüge innerhalb des Untersuchungsgebietes vorausgewählt (s. Abbildung 15). Die Auswahl der Straßenzüge orientiert sich dabei sowohl an der Einwohnerdichte, als auch an der Adressdichte in Bezug auf Gewerbe- und Einzelhandelsadressen. Um eine hohe Auslastung der Ladezonen zu gewährleisten, werden Standorte bevorzugt, die sich in unmittelbarer Nähe zu Fußgängerzonen oder sonstigen Bereichen mit Einfahrbeschränkungen befinden.



Abbildung 15: Vorauswahl untersuchungsrelevanter Straßenzüge für ein Ladezonenkonzept

Das Potential einer Ladezone in Bezug auf die Verkehrs- und Emissionsentlastung ist stark vom Straßenquerschnitt und der spezifischen Verkehrsbelastung abhängig (s. Abbildung 16). Anhand einer Simulation mit PTV Vissim wurde von PBC im September 2021 die verkehrliche Wirkung anhand der Reiseverlustzeiten und der durchschnittlichen Staulänge untersucht. Dadurch wurde deutlich, dass der Verkehrsfluss bei Querschnitten mit mehr als einem Fahrstreifen je Richtung relativ unempfindlich für das Parken in Zweiter-Reihe ist bzw., dass durch die zweite Fahrspur in der Regel genug Kapazität zum Überholen vorhanden ist. Dagegen wirkt sich das Parken in Zweiter-Reihe besonders negativ auf den Verkehrsfluss aus, wenn es sich um einen Querschnitt mit nur einem Fahrstreifen je Richtung handelt. Hier wachsen sowohl die durchschnittliche Verlustzeit je Fahrzeug, als auch die durchschnittliche Staulänge exponentiell mit der Grundbelastung im Netz (s. Abbildung 17).

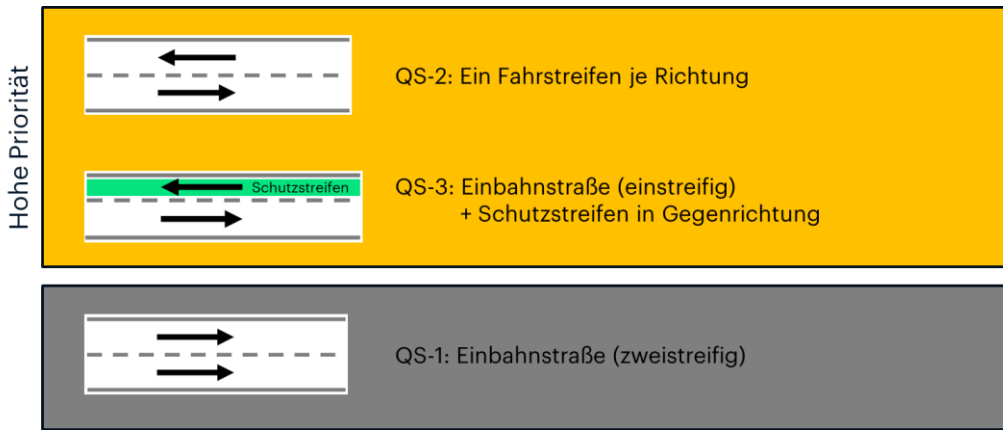


Abbildung 16: Priorisierung von Straßenquerschnitten für Standorte von Ladezonen

Es wurden verschiedene Straßenausführungen bei unterschiedlichen Verkehrsbelastungen simuliert. Als Ergebnisse wurden die durchschnittlichen Verlustzeiten je Fahrzeug und die durchschnittliche Rückstaulänge ausgewertet (s. Abbildung 17).

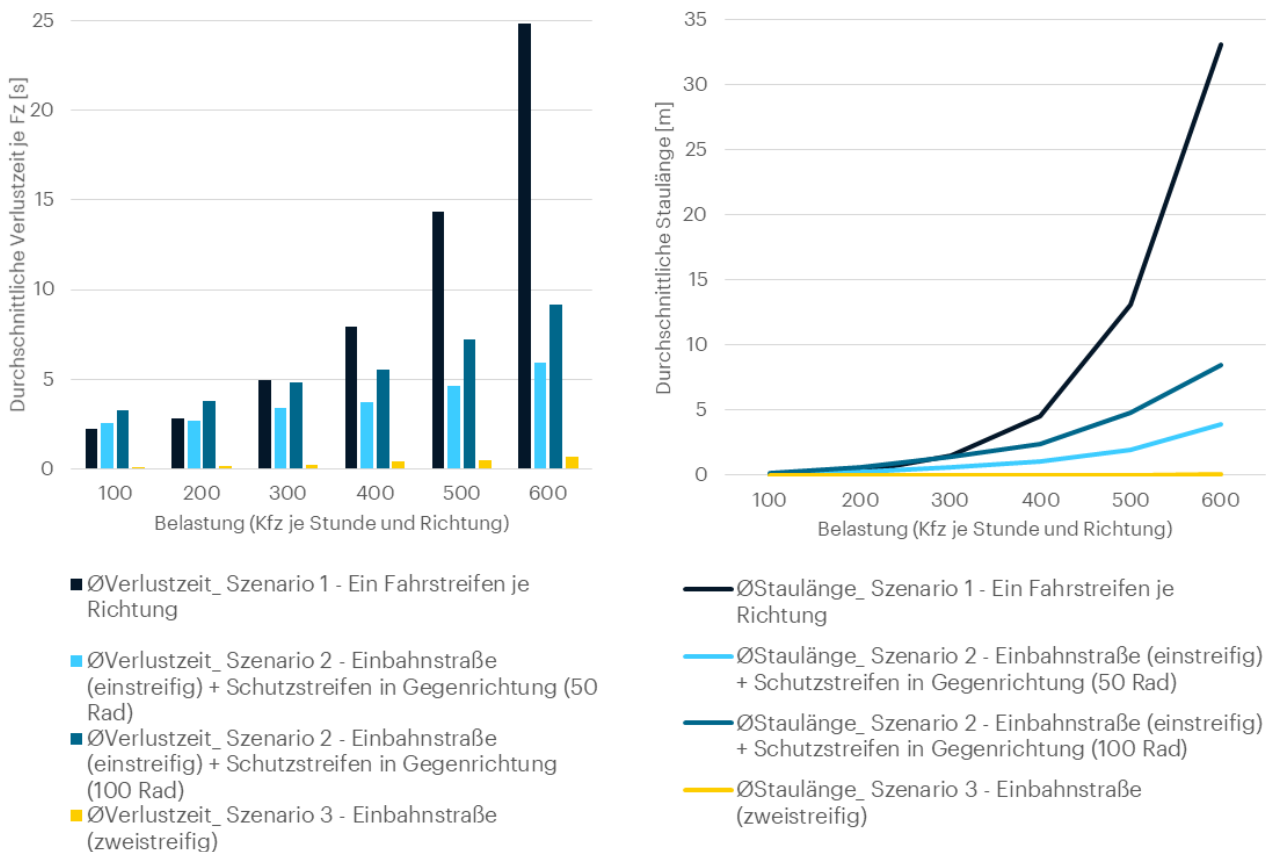


Abbildung 17: Durchschnittliche Verlustzeiten und durchschnittliche Rückstaulänge durch Ladevorgänge auf der Straße, Simulationsergebnisse von PBC von September 2021

Aus der Simulation lässt sich ableiten, dass primär bei Querschnitten mit nur einem Richtungsfahrstreifen ab einer Verkehrsbelastung von ~400 Kfz/h das Parken in zweiter Reihe einen signifikanten Einfluss hat, der sich negativ auf den Verkehrsfluss auswirkt. Dementsprechend bieten Ladezonen bei vergleichbarer Ausgangssituation und in Verbindung mit einem entsprechenden Aufkommen an Zweite-Reihe-Parkern ein entsprechendes Verbesserungspotential für den Verkehrsfluss. Die konkrete Ausgestaltung des Ladezonenkonzeptes hängt dabei von der Anzahl der Liefervorgänge sowie der abschnittsbezogenen Konzentration der Liefervorgänge im Straßenzug ab.

Mit der Verbesserung des Verkehrsflusses einhergehend werden nicht nur die Verlustzeiten je Fahrzeug reduziert und Staubbildungen vermieden, sondern gleichzeitig auch das Risiko für Auffahrunfälle gesenkt und somit die Verkehrssicherheit erhöht.

In der Simulation wurden die Auswirkungen des Parkens in zweiter Reihe anhand eines modellhaften Straßenzuges von 350 Meter Länge untersucht. Für den untersuchten Abschnitt wurden anhand von drei Szenarien die CO₂-Emissionen und der Kraftstoffverbrauch über eine Stunde berechnet und für den Fall des Liefervorgangs mit parken in zweiter Reihe und für den Fall des Liefervorgangs mit parken auf der Ladezone untersucht. Die im Rahmen der Untersuchung quantifizierten Einsparungspotentiale für CO₂-Emissionen und den Kraftstoffverbrauch werden in Abbildung 18 dargestellt. Während die Szenarien 2 und 3 nur marginale Einspareffekte durch das Ladezonenkonzept zeigen, wird der positive Effekt der Ladezone vor allem im Szenario 1 (bei Querschnitten mit nur einem Richtungsfahstreifen) deutlich.

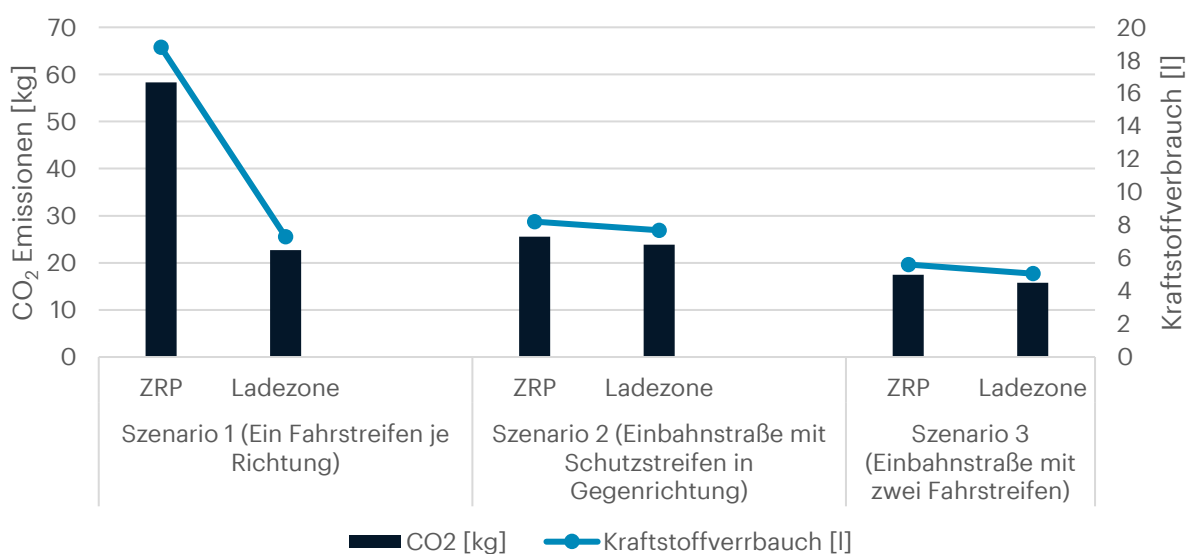


Abbildung 18: Vergleich der CO₂-Emissionen und des Kraftstoffverbrauchs zwischen Zweite-Reihe-Parken (ZRP) und dem Halten in Ladezonen bei verschiedenen Verkehrsführungen (Grundlage: 200 Kfz je Richtung), Simulationsergebnisse von PBC von September 2021

Die Klimawirkung wird damit begründet, dass sich im Querschnitt mit nur einem Fahrstreifen je Richtung die Verlustzeiten sowie die Beschleunigungsvorgänge nach dem Abbremsen hinter einem in zweiter Reihe parkenden Fahrzeug, besonders deutlich im Kraftstoffverbrauch und somit auch in den CO₂ Emissionen niederschlagen.

Im Folgenden werden eine Auswahl möglicher in Frage kommender Straßenzüge für die Einrichtung eines Ladezonenkonzeptes diskutiert. Die Auswertung wurde in Abstimmung mit dem Magistrat der Stadt Fulda vorgenommen.

4.3. Analyse ausgewählter Straßenzüge

Die vorausgewählten Straßenzüge wurden hinsichtlich deren potentieller Eignung für die Umsetzung eines Ladezonenkonzeptes analysiert. Dabei wurden sowohl die Rückmeldungen aus den Expertengesprächen mit KEP-Dienstleistern, als auch die Einschätzungen des Amtes für Straßenverkehr & Parken des Magistrat der Stadt Fulda berücksichtigt.

Friedrichstraße/Mittelstraße/Brauhausstraße

Entlang der Friedrichstraße/Mittelstraße/Brauhausstraße befinden sich einige Restaurants, Cafés und Geschäfte sowie ein Hotel, die allesamt einen Bedarf für An- und Ablieferungsverkehre aufweisen. Die Fußgängerzone wird am Marktplatz und an der Karlstraße gekreuzt. Auf Grund der überschaubaren Verkehrsbelastung sowie der für die Friedrichstraße geplanten Ausweitung der Fußgängerzone (Kapitel 6.1, Seite 46) wird der Straßenzug Friedrichstraße / Mittelstraße / Brauhausstraße nicht weiter für ein mögliches Ladezonenkonzept berücksichtigt.

Löhnerstraße

Entlang der Löhnerstraße befinden sich einige Restaurants, Cafés und Geschäfte, was einen Bedarf für Lieferverkehre auf dieser Straße zeigt. Aufgrund dessen wird für diese Straße jedoch in Abschnitt 6.1 die Weiterführung der Fußgängerzone (Anschließend an die Karlstraße) empfohlen, weshalb hier keine Eignung für Ladezonen mehr besteht.

Königstraße/Abtstor/Kronhofstraße

Der Straßenzug Königstraße/Abtstor/Kronhofstraße führt von der Fußgängerzone bis zum nördlichen Rand der Innenstadt. Nach genauerer Analyse zeigt sich, dass sich die Einkaufsmöglichkeiten sowie die die Bewohnerdichte auf den Kernbereich der Innenstadt (zwischen Robert-Kirchner-Straße und Löhnerstraße/Karlstraße) konzentrieren, wo sich somit auch ein entsprechendes Sendungsaufkommen konzentriert. Für ein Ladezonenkonzept ist dieser Abschnitt jedoch auf Grund der marginalen Verkehrsbelastung von eher nachgeordneter Relevanz.

Rabanusstraße

Entlang der Rabanusstraße befinden sich vereinzelt Geschäfte und Restaurants, die allerdings größtenteils durch Hinterhöfe beliefert werden. Auf der Fußgängerzone direkt an der Kreuzung mit der Rabanusstraße befindet sich ein Kaufhaus mit separater Lieferzufahrt. Auf Grund der bereits vorhandenen Anliefermöglichkeiten, wird für die Rabanusstraße ein entsprechendes Ladezonenkonzept verworfen.

Heinrichstraße

Entlang der Heinrichstraße befinden sich wenige Gaststätten und Geschäfte, lediglich im Umkreis der Fußgängerzone (Bahnhofstraße) konzentrieren sich Gewerbe- und Wohnadressen derart, dass sich ein gewisses Potential für Ladezonen ableiten lässt. Da die Heinrichstraße jedoch als zweistreifige Einbahnstraße ausgeführt ist, wird jedoch der Verkehrsfluss trotz Zweite-Reihe-Parkern nur marginal beeinträchtigt (s. Kapitel 4.2, weiter oben). Für die Heinrichstraße bietet die Umsetzung eines Ladezonenkonzeptes somit kaum Verbesserungspotentiale, weshalb dieser Abschnitt auch für die eventuelle Umsetzung eines Ladezonenkonzeptes nicht weiter berücksichtigt werden soll.

Generell wird dem Ladezonenkonzept von Amtsseite (für Straßenverkehr und Parken) nur ein geringes Potential zur Verbesserung des Verkehrsflusses und zur Reduzierung von Emissionen zugeschrieben. Darüber hinaus wurde aus der Diskussion im Rahmen der Lenkungsgruppe deutlich, dass auch der lokale Einzelhandel keine Bedarfe zur Einführung von Ladezonen angemeldet hat, die auf eine Problemsituation in Bezug auf An- und Abliefervorgänge hindeuten. Aus den Fachgesprächen mit der Auftraggeberin wurde ebenfalls bestätigt, dass seitens des lokalen Einzelhandels nur ein geringes Interesse an der Umgestaltung des Straßenraums besteht.

In einer konkreten Einzelfallbetrachtung wurden einzelne vorausgewählte Straßenzüge mit Blick auf eine mögliche Einführung eines Ladezonenkonzeptes im Rahmen der Lenkungsgruppentreffen diskutiert. Das Ergebnis dieser Vorüberlegungen zeigt deutlich, dass der überwiegende Teil der betrachteten Straßenzüge auf Grund verschiedener Kriterien nicht für die Errichtung von Ladezonen geeignet ist. Eine weitere Vertiefung der Untersuchung zum aktuellen Zeitpunkt und im Rahmen des vorliegenden Logistikkonzeptes wurde jedoch einstimmig durch den Magistrat der Stadt Fulda abgelehnt.

5. Mikro-Hub-Konzept

Das Mikro-Hub-Konzept ist eine Möglichkeit, um die Belieferung von eng besiedelten Gebieten verträglicher und umweltfreundlicher zu gestalten. Hierbei werden kleine und dezentrale Umschlagpunkt in unmittelbarer Nähe zum Zustellgebiet errichtet. Hier werden dann kleine und mittelgroße Sendungen für die Feinverteilung auf leichte und emissionsarme Zustellfahrzeuge umgeschlagen. Die Belieferung dieses Mikro-Hubs erfolgt mit Transportern vom regulären Depot (s. Abbildung 19).

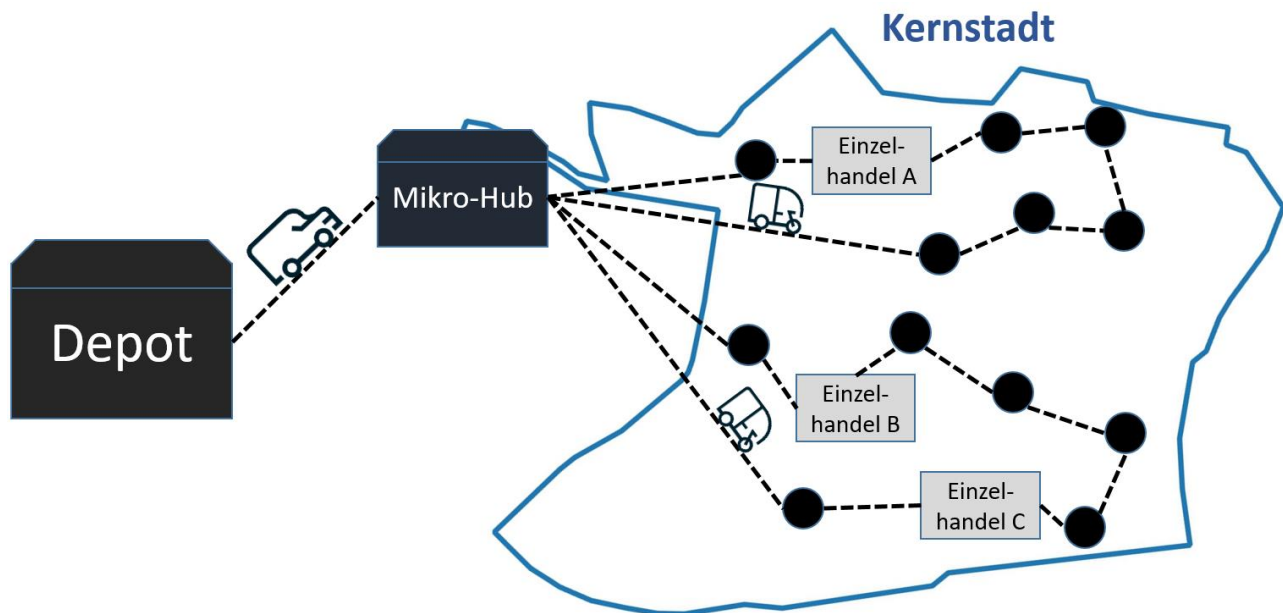


Abbildung 19: Schema des Mikro-Hub-Systems

Generell gibt es drei verschiedene Umsetzungsmöglichkeiten für Mikro-Hubs: stationär, mobil oder als Haltestellenkonzept. Für stationäre Mikro-Hubs können gewerbliche Bestandsimmobilien, bestehende Paketshops oder auch geeignete Parkhäuser oder Tiefgaragen genutzt werden¹². Bei mobilen Mikro-Hubs werden Container im öffentlichen Raum abgestellt. Diese können entweder dauerhaft oder nur für ein bestimmtes Umschlagzeitfenster abgestellt werden. Hier ist zum Beispiel die Nutzung von Parkflächen mit dem Resultat einer besseren Ausnutzung von Parkhäusern möglich¹³. Bei einem Haltestellenkonzept gibt es in einem zeitlichen Abstand von etwa 30 Minuten feste Haltestellen zwischen Versorgungs-Lkw und Lastenrädern, die die Pakete im Zustellgebiet ausfahren. Auch eine dynamische Variante mit Echtzeit-Daten ist hier möglich.

Der Betrieb von Mikro-Hubs ist entweder als Multi-User-Mikro-Hub, also die Nutzung eines Standortes durch verschiedene KEP-Dienstleister, oder als Single-User-Mikro-Hub, bei der ein Standort von einem einzigen KEP-Dienstleister betrieben wird. Bei der Bündelung von verschiedenen KEP-Dienstleistern in einem Depot ist auf Wunsch der Dienstleister allerdings kein White-Label-Ansatz mit vermischten Paketen möglich, sondern lediglich eine räumlich getrennte, gemeinsame Nutzung eines Standortes¹⁴.

¹² [https://www.th-nuernberg.de/fileadmin/thn_forschung-innovation/Vorlauforschung/2017/1 Mikro-DepotKonzept.pdf](https://www.th-nuernberg.de/fileadmin/thn_forschung-innovation/Vorlauforschung/2017/1_Mikro-DepotKonzept.pdf)

¹³ https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/staedtische-logistik-praxisbeispiele-veraenderungen-lieferverkehr.pdf?__blob=publicationFile

¹⁴ <https://logistik-aktuell.com/2021/06/01/trends-der-urbanen-logistik/>

Ein Mikro-Hub kann außer dem Umschlag von Paketen auf Lastenfahrräder noch weitere Funktionen erfüllen (s. Abbildung 20). So sollten zum Beispiel Lademöglichkeiten für E-Fahrzeuge und zusätzliche Lagerflächen für Pakete gegeben sein. Außerdem ist die Kombination des Mikro-Hubs mit einem Paketshop möglich, in welchen sowohl Pakete durch Kunden abgeholt als auch versendet werden können¹⁵. Zudem ist ein kleinräumiger Versand von Paketen möglich, bei denen Pakete vom lokalen Einzelhandel abgeholt werden und nach einem lokalen Umschlag im Mikro-Hub an Bewohner des Gebietes oder einen anderen Einzelhandel geliefert werden. Generell sind Zustellung und Abholung mehrmals täglich möglich, da die Tourenlänge deutlich geringer als bei konventioneller Zustellung ist.



Abbildung 20: Zusätzliche Funktionen von Mikro-Hubs

Es gibt aktuell bereits einige Pilotprojekte der verschiedenen KEP-Dienstleister, in denen Mikro-Hub-Konzepte umgesetzt werden¹⁶. Hierbei werden verschiedene Umsetzungsmöglichkeiten und Betreibermodelle genutzt. Beispiele hierfür sind u. a.:

GLS: Düsseldorf

- Integration von Mikro-Depots in bestehende Paketshops
- Single-User, dauerhafte Nutzung, feste Depots ohne Laderampe

UPS: München

- Hydraulisch absenkbare Wechselbrücken und Container im Stadtgebiet
- Single-User, temporäre Nutzung, mobil mit Wechselbrücken

DHL: Frankfurt a.M.

- Umgebauter Bürocontainer auf 3 Parkplatzstellplätzen, Lastenräder bleiben über Nacht im Mikro-Depot, Akkus werden im Depot geladen
- Single-User, temporäre Nutzung (für den Projektzeitraum dauerhaft), mobiles Depot

Hermes: Hamburg

- Absenkbarer Anhänger als mobiles Mikro-Depot
- Single-User, temporäre Nutzung, mobiles Depot

DPD: Konstanz

- Angemietete Stellplatzfläche für Wechselbrücke → Lastenräder werden zukünftig dort über Nacht geladen (aktuell werden Akkus zum Depot gefahren und dort geladen)
- Single-User, dauerhafte Nutzung, mobiles Depot

¹⁵ <https://logistik-aktuell.com/2021/06/01/trends-der-urbanen-logistik/>

¹⁶ https://www.ihk-krefeld.de/de/media/pdf/verkehr/final_ihk_studie_cityhubs_191104.pdf

5.1. Standortanalyse

Als Bediengebiet für ein Mikro-Hub-Konzept wird im ersten Schritt die Innenstadt in Betracht gezogen. Im Zuge der Ermittlung eines geeigneten Mikro-Hub-Standorts wurden zusammenfassend u.a. folgende Punkte berücksichtigt:

- Stadtstruktur
- Sendungsstruktur
- Ausdehnung des Bediengebiets
- Verkehrliche Aspekte

Gemeinsam mit dem Auftraggeber wurde so ein Standort für das Mikro-Hub vorausgewählt (s. Abbildung 21).

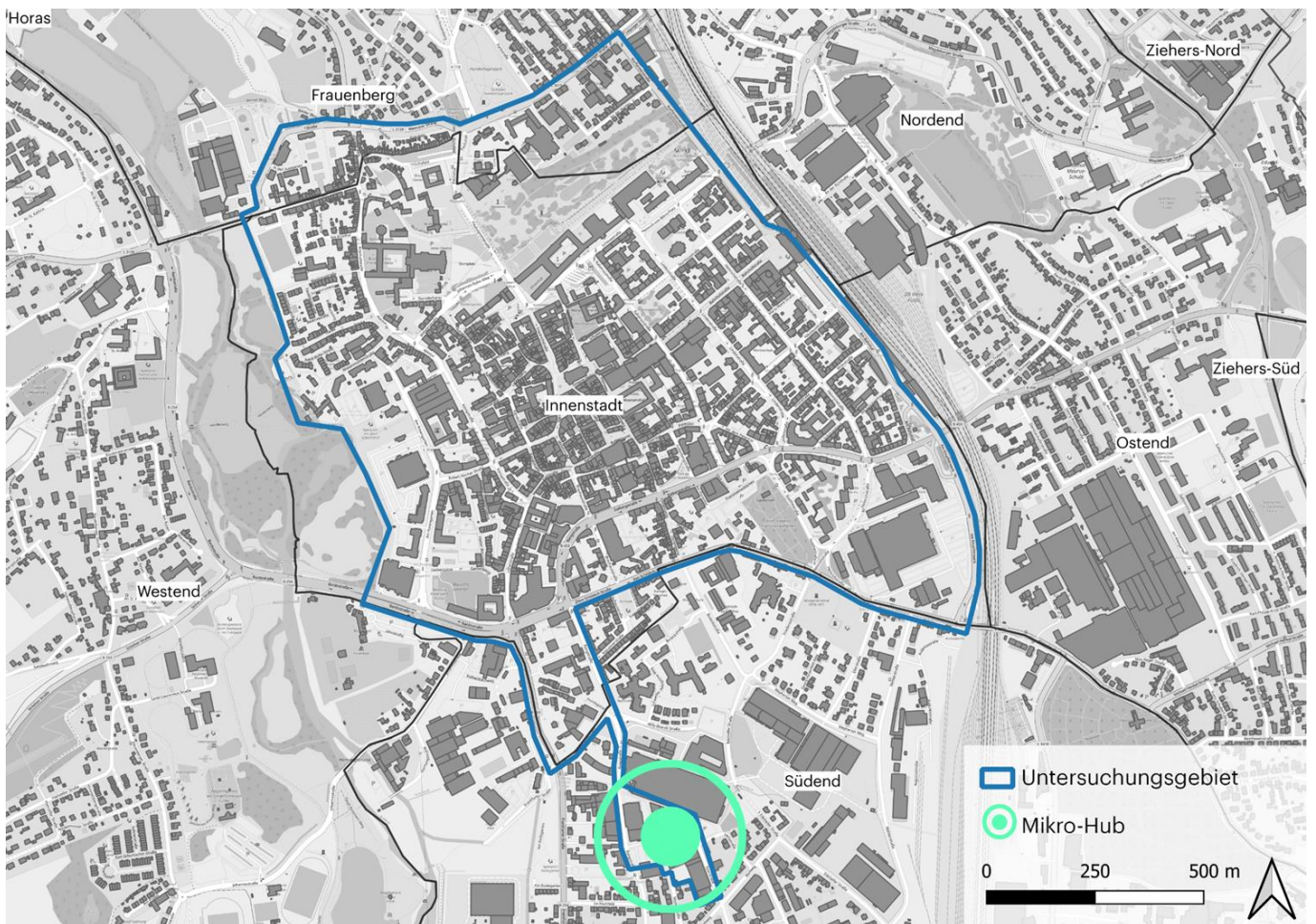


Abbildung 21: Bediengebiet und möglicher Standort für ein Mikro-Hub für die Fuldaer Innenstadt

Der anvisierte Mikro-Hub-Standort befindet sich südlich der Innenstadt, die in unter fünf Minuten mit dem Lastenfahrrad zu erreichen ist. Im Bereich des Mikro-Hub-Standorts befindet sich ein Gewerbegebiet, weshalb kein Flächennutzungskonflikt mit Wohnbebauung entsteht. Darüber hinaus eröffnet sich durch den avisierten Mikro-Hub Standort die Möglichkeiten für Mehrwertdienste wie Lagern, Kommissionieren vor Ort oder ein integrierter Paketshop.

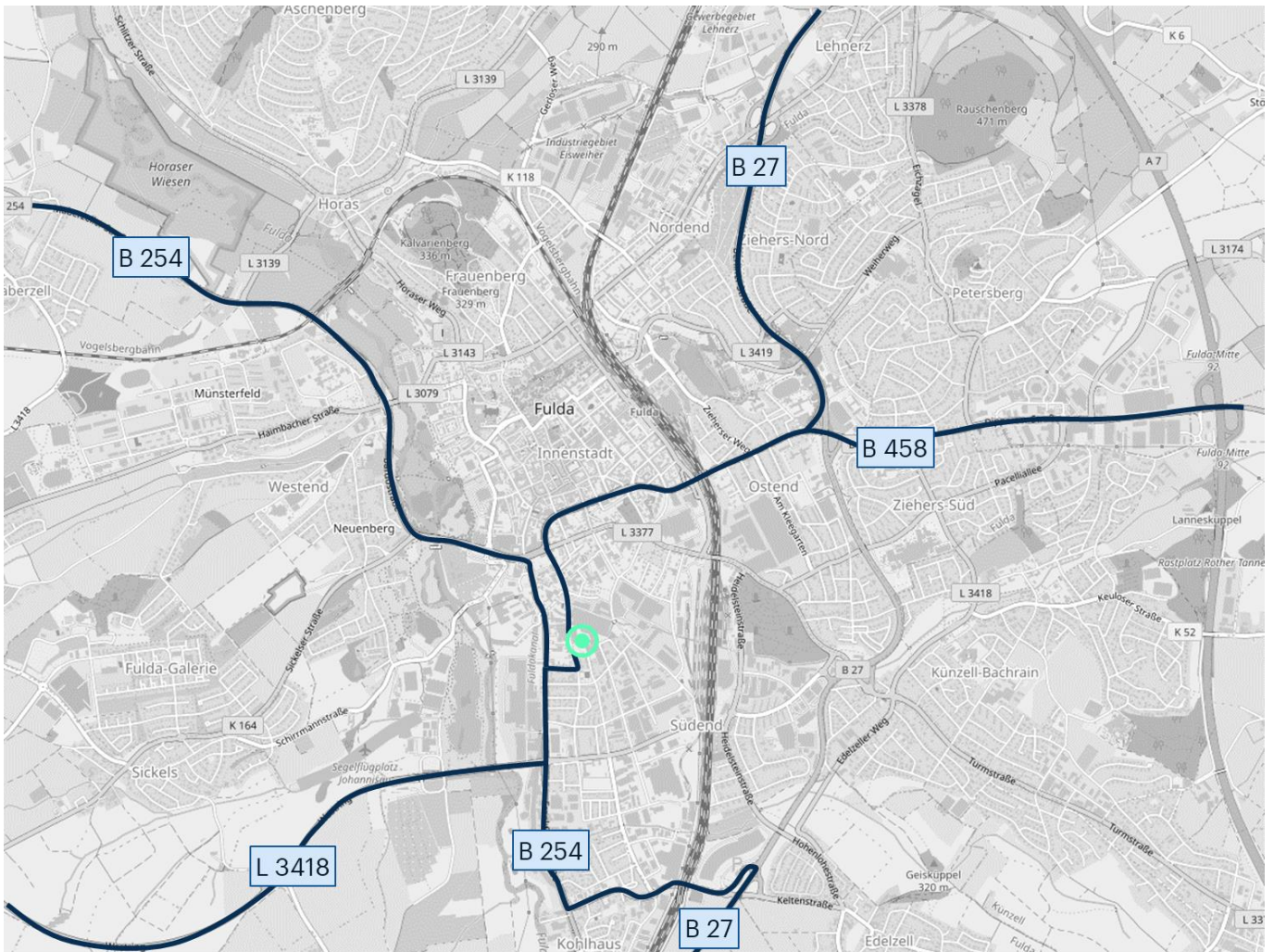


Abbildung 22: Anbindung des potentiellen Mikro-Hub-Standorts an die Umgebung

Der der potentielle Mikro-Hub-Standort befindet sich in unmittelbarer Nähe zu den Bundesstraßen 254 und 458 und ist somit von allen Himmelsrichtungen aus gut erreichbar (s. Abbildung 22).

5.2. Potentialermittlung

Ziel der Einführung des Mikro-Hub-Konzeptes ist es, einen Beitrag zur verkehrlichen Entlastung sowie zur Reduktion der verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen in den entsprechenden Zustellgebieten zu leisten. Grundvoraussetzung hierfür ist eine entsprechende Sendungsstruktur, welche die Umstellung konventioneller Zustellfahrzeuge auf den Betrieb von Lastenfahrrädern und Elektrofahrzeugen in einem wirtschaftlich tragfähigen Konzept ermöglicht. Entscheidend hierfür sind die folgenden Kriterien:

- Aufkommen an Lastenradfähigen Sendungen (Anzahl, Volumen und Gewicht)
- Adressdichte
- Dropfaktor (Verhältnis von Sendungen je Zustellstopp)
- Topographie (starke Steigungen als Hemmnis für den Lastenradeinsatz)
- Immobilienpreise für zentrumsnahe Logistikflächen

Da sich die Potentialermittlung für das Mikro-Hub-Konzept zunächst auf ein konkret eingegrenztes Untersuchungsgebiet konzentriert, wird die Potentialabschätzung auf Grundlage vereinfachter Annahmen durchgeführt. Rechtfertigung hierfür sind die hohe Adress- und Sendungsdichte und ein

kompakter Umgriff des Untersuchungsraums von $\sim 1,3 \text{ km}^2$. Die getroffenen Annahmen konzentrieren sich dabei u.a. auf durchschnittliche Tourenlänge und das durchschnittliche Zustellvolumen je Fahrzeug. Die weitere Berechnung mit vereinfachten Annahmen ist insofern zu tolerieren, als dass im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung primär das Szenario der Einführung des Mikro-Hubs mit dem IST-Szenario anhand einer Kostenschätzung verglichen wird. In Hinblick auf eine konkrete Umsetzung des Mikro-Hub Konzeptes wird empfohlen ausgehend von der vorliegenden Potential- und Wirtschaftlichkeitsabschätzung im Austausch mit den KEP-Dienstleitern weiterführende Optimierungen entsprechend der realen Sendungsstruktur vorzunehmen (s. Abbildung 23).

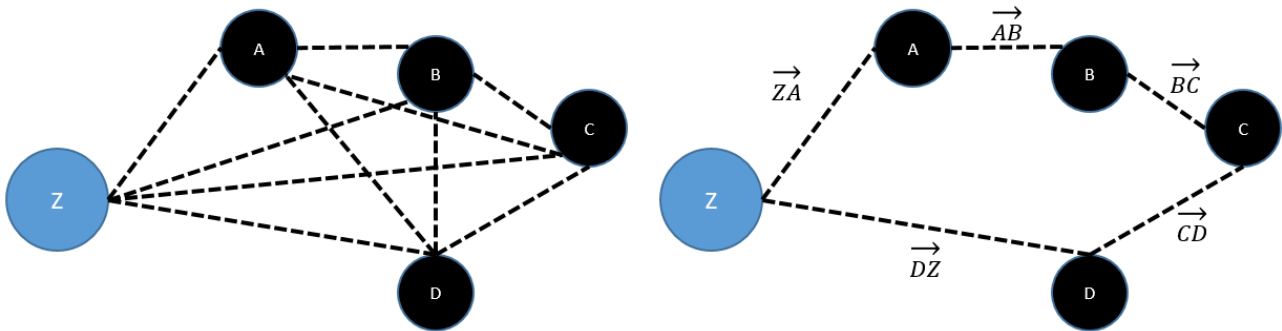


Abbildung 23: Routing als Optimierungsproblem

Aus den angenommenen mittleren Fahrprofilen der Zustellfahrzeuge und dem Anteil lastenradfähiger Sendungen, wurde das Potential zur Umstellung von drei konventionellen Zustellfahrzeugen auf den Lastenradeinsatz ermittelt. Je nach Lastenradtyp und realer Sendungsverteilung könnten 2 bis 4 Lastenräder im Untersuchungsgebiet eingesetzt werden (s. Abbildung 24). Daraus ergibt sich ein Flächenbedarf von $75 - 135 \text{ m}^2$ für das Mikro-Hub.



Abbildung 24: Ersetzungspotential (Vergleich Szenario IST und Szenario Mikro-Hub)

Für die Umsetzung wird ein kooperativer Ansatz empfohlen, bei dem in der konkreten Umsetzung zwei Varianten denkbar sind:

1. Durch mehrere KEP-Dienstleister gemeinschaftlich betriebenes Mikro-Hub
2. Durch einen Drittanbieter (lokaler Logistikdienstleister) betriebenes Mikro-Hub

In der Variante 1 wird die Fläche der Logistikimmobilie des Mikro-Hubs zwischen den sich beteiligenden KEP-Dienstleistern aufgeteilt. Durch die klar abgegrenzten Bereiche für Lade- und Kommissionierungsvorgänge, kommt es bei der Variante 1 zu einem höheren Flächenbedarf im Vergleich zur Variante 2. Darüber hinaus ergeben sich aus den getrennten Tourenplanungsmodellen Wirkungsgradverluste für den Fahrzeugeinsatz, wodurch wiederum mit einer Höheren Transportleistung zu rechnen ist. Aus den skizzierten Nachteilen der Variante 1 ergibt sich die Variante 2 als Vorzugsvariante für die Umsetzung des Mikro-Hub Konzeptes. In dieser Variante übergeben die KEP-Dienstleister ihre Sendungen am Mikro-Hub an einen lokalen Logistikdienstleister, der wiederum in einer konsolidierten Zustelltourplanung die Sendungen an den Zielort liefert. Sowohl die Logistikimmobilie, als auch die eingesetzten Fahrzeuge können somit optimal ausgelastet werden.

5.3. Fördermöglichkeiten

Gegenstand der Förderung	Träger	Antragszeitraum	Förderungsvolumen	Antragsberechtigigt	Auflagen	Website
Lastenfahrräder und -anhänger	BAFA		25% der Anschaffungskosten, maximal 2.500€ pro Lastenfahrrad	Private Unternehmen, Unternehmen mit kommunaler Beteiligung, Kommunen, Körperschaften / Anstalten des öffentlichen Rechts, rechtsfähige Vereine und Verbände	Serienmäßig & fabrikneu, mind. 120 kg Nutzlast, kein Leasing	https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/E-Lastenfahrrad/e-lastenfahrrad_node.html
Elektro-Lastenräder und -anhänger	Land Hessen		200€ für Elektro-Lastenräder bzw. 1000€ für Elektro-Anhänger	Unternehmen mit max. 10 Mitarbeiter:innen und einem Jahresumsatz von < 2 Mio. €		https://www.klimaschutzplan-hessen.de/lastenrad
Elektromobilitätskonzepte (Umweltstudien)	BMVI		Nicht spezifiziert	juristische Personen des öffentlichen Rechts und des Privatrechts, natürliche Personen, ggf. Bonus für kleine & mittelständige Unternehmen	Kein Anfang vor Bewilligung, Ergebnisse der Umweltstudie müssen mit BMVI geteilt werden	https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMVI/elektromobilitaet-bund.html
Beschaffung von Elektrofahrzeugen (Flottenprogramm)	BMVI		Nicht spezifiziert	Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft, Hochschulen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, Gebietskörperschaften und gemeinnützige Organisationen, ggf. Bonus für kleine & mittelständige Unternehmen	Kein Anfang vor Bewilligung, Fahrzeuge bleiben mind. 24 Monate in der Flotte	https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMVI/elektromobilitaet-bund.html

Gegenstand der Förderung	Träger	Antragszeitraum	Förderungsvolumen	Antragsberechtigigt	Auflagen	Website
Mikro-Depots (Infrastrukturmaßnahmen, Anschaffung von Containern, bauliche Sanierung, Sicherheitstechnik, Maßnahmen für Arbeitsschutz)	BMU	Jeweils 01.03. bis 31.05. in den Jahren 2021-2023	Bis 40% der zuwendungsfähigen Ausgaben, Mindestzuwendung: 20.000€	Private Unternehmen, Unternehmen mit kommunaler Beteiligung	Aussagekräftige Projektskizzen, max. 3000€ für Schließenanlagen	https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMU/mikro-depot-richtlinie.html

5.4. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit des Mikro-Hub Konzeptes wurde ein TCO-Kostenrechner entwickelt, um die Gesamtkosten der Zustellung auf der letzten Meile für folgende Szenarien zu berechnen und miteinander vergleichen zu können:

Szenario – IST

Im IST-Zustand, d.h. dem Status quo, erfolgt die Zustellung auf der letzten Meile ausschließlich mit konventionellen Zustellfahrzeugen vom bisherigen Depot aus. Die Zustelltouren werden nicht angepasst.

Szenario – Mikro-Hub

Mit der Einführung des Mikro-Hubs, wird ein Teil der Sendungen auf das Lastenrad verlagert. Dieser Teil der Sendungen wird auf der letzten Meile nochmals gebrochen und im Mikro-Hub erneut umgeschlagen. Für dieses progressive Szenario wird gleichzeitig unterstellt, dass der nicht-lastenradfähige Teil der Sendungen ebenfalls klimaneutral mit Hilfe von Elektrofahrzeugen zugestellt wird. Das Mikro-Hub wird darüber hinaus von einem separaten Versorgungsfahrzeug beliefert.

Szenario – BEV

Im Szenario Batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) wird eine umfassende Flottenelektrifizierung unterstellt. Dementsprechend werden alle Sendungen auf der letzten Meile mit Elektrofahrzeugen ausgeliefert. Ein Umschlag im Mikro-Hub wird hierbei jedoch nicht angenommen.

Für die tatsächliche Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Szenarien wurden in der Kostenabschätzung alle relevanten Kostenblöcke berücksichtigt. Hierzu zählen u. a.:

- Fahrzeuganschaffungskosten
- Betriebskosten
- Personalkosten
- Depot-Kosten
- Investitionskosten für Ladeinfrastruktur
- Umschlagskosten

Im Folgenden werden sowohl die einzelnen Komponenten des TCO-Rechners beschrieben, als auch die Ergebnisse des Szenarien-Vergleichs auf Grundlage der Potentialanalyse dargestellt. Aus der Potentialanalyse wurde für den Umgriff des Untersuchungsgebietes ein tägliches Sendungsaufkommen in der Zustellung von ~1.200 Paketen pro Tag ermittelt. Es wird angenommen, dass 40 % dieses Sendungsvolumens lastenradfähig sind.

5.4.1. Fahrzeugdatenbank

Die Basis des TCO-Rechners ist eine Fahrzeugdatenbank mit verschiedenen Lastenfahrrädern, E-Sprintern und konventionellen Kastenwägen. Wichtige Daten hierbei sind das Ladevolumen der Lastenfahrräder, die Listenpreise, Reichweite, Akku-Kapazität und bei konventionellen Fahrzeugen der Spritverbrauch. Diese Fahrzeugdatenbank kann bei Bedarf erweitert werden.

5.4.2. Betriebskosten

Die jährlichen Betriebskosten der verschiedenen Szenarien setzen sich aus den jährlichen Flottenkosten (Anschaffung, Versicherung, Wartung), den jährlichen Gehaltskosten und den Kilometerkosten pro Jahr zusammen.

Jährliche Flottenkosten

Bei Lastenfahrrädern ist beim Anschaffungspreis einberechnet, dass der Bund Lastenfahrräder aktuell mit 25 % bezuschusst. Für die Versicherungen der Lastenfahrräder ist mit etwa 250 € pro Fahrzeug und Jahr zu rechnen, die Wartungs- und Instandhaltungskosten belaufen sich auf 80 € pro 1.000 km für Bremsbeläge, Bremsen, Reifen, Kette & Kassette, Werkstattkosten und Akkus. Bei den E-Sprintern werden pauschal Versicherungskosten von 2.000 € sowie Wartungs- und Instandhaltungskosten von 1.000 € pro Fahrzeug und Jahr angenommen. Die Versicherungskosten für konventionelle Fahrzeuge belaufen sich ebenfalls auf 2.000 € pro Fahrzeug und Jahr, bei Wartung und Instandhaltung ist hierbei mit 1.500 € zu rechnen.

Wie viele Fahrzeuge benötigt werden hängt von der Anzahl der Pakete pro Tag, der Menge an Paketen, die pro Fahrzeug und Tour befördert werden kann und der Anzahl an Touren pro Tag ab.

Jährliche Gehaltskosten

Es wird davon ausgegangen, dass genauso viele Mitarbeiter wie Fahrzeuge benötigt werden. Die jährlichen Gehaltskosten hängen somit von den Betriebsstunden und der Anzahl an Fahrzeugen ab. Der Umschlag im Mikro-Depot wird nicht extra berechnet, weil dieser sich innerhalb der Betriebsstunden befindet und kein zusätzliches Personal benötigt wird. D. h. die Fahrer der Lastenräder kommissionieren die Sendungen im Mikro-Depot selbst. Hierdurch wird die Produktivität in der Zustellung erhöht, da der Fahrer seine Ladung „kennt“ und weiß wo und wie die Sendungen geladen sind. Es wird davon ausgegangen, dass der Arbeitgeber pro Stunde und Mitarbeitendem 22,72 € zahlt, unabhängig davon welches Fahrzeug geführt wird. Der Umschlag im herkömmlichen Depot wird nicht extra berechnet, weil dieser in jedem Szenario anfällt. Es wird mit 300 Werktagen pro Jahr gerechnet.

Jährliche Kilometerkosten

Die jährlichen Kilometerkosten hängen vom Strom- bzw. Kraftstoffpreis und den daraus abgeleiteten Kosten pro 100 km ab. Berechnet werden sie mit der Summe an Touren pro Tag und der durchschnittlichen Tourenlänge.

5.4.3. Depotkosten (Mikro-Hub)

Die Mietkosten für das Mikro-Hub sind abhängig vom benötigten Flächenbedarf. Es wird angenommen, dass pro Lastenfahrrad ein Flächenbedarf für Lagerung und Umschlag von 30 m² benötigt wird. Für Sozialräume werden 15 m² angesetzt. Zur Herrichtung des Depots wird pauschal mit 300.000 € gerechnet, das ist allerdings abhängig von den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten. Die Förderung für ein Mikro-Hub beträgt aktuell 10 % der Herrichtungskosten. Die Herrichtungskosten werden über den festgesetzten Mietzeitraum linear abgeschrieben. Es wird mit monatlichen Mietkosten von 9,00 € pro m² gerechnet. Dazu kommen Verwaltungskosten (4 %), Betriebskosten (4 %) und Instandsetzungskosten (2 %), die den Mietkosten als Nebenkosten zugerechnet werden. Es wird bei kleineren Depots kein zusätzliches Personal (z.B. Pförtner) benötigt. Wenn ein Depot von

verschiedenen KEP-Dienstleistern gleichzeitig genutzt wird oder sonstige Mehrwertdienste angeboten werden, können hier noch weitere Personalkosten hinzukommen.

5.4.4. Kosten der Ladeinfrastruktur für E-Sprinter

Während die Lastenfahrräder mit herkömmlichen Stromanschlüssen geladen werden können, wird für die E-Sprinter eine zusätzliche Ladeinfrastruktur benötigt. Es wird eine Ladesäule mit einer Ladeleistung von 22 kW pro E-Sprinter benötigt. Die Investitionskosten werden pauschal mit 6.250 € pro Ladesäule angesetzt, was sich aus Hardwarekosten (1.000 €), Netzkosten (4.240 €) und Kosten für die Bauleistung (1.000 €) zusammensetzt. Die Gesamtkosten für die Ladeinfrastruktur werden über eine Nutzungsdauer von 10 Jahren linear abgeschrieben.

5.4.5. Vergleichsrechnung

Die Vergleichsrechnung wird in zwei Varianten durchgeführt. Während in beiden Varianten unterstellt wird, dass sich die Gehaltskosten um 1 % pro Jahr erhöhen, unterscheiden sich die beiden Varianten hinsichtlich der angenommenen Strom- und Dieselpreisentwicklung:

- In **Variante 1** wird von einer moderaten Strompreiserhöhung von 2 % pro Jahr und einer Dieselpreiserhöhung von 3 % pro Jahr ausgegangen.
- In einer konservativen Betrachtung wird in **Variante 2** eine jährliche Strompreiserhöhung von 8 % und eine moderate Dieselpreiserhöhung von 1 % pro Jahr unterstellt. Die Dieselpreiserhöhung beruht dabei auf den bereits beschlossenen CO₂-Pauschalen.

Beispielhaft werden Vergleichsrechnungen für beide Varianten mit jeweils zwei verschiedenen Fahrzeugkonstellationen (s. Abbildung 25 und Abbildung 26) gezeigt. In beiden Fahrzeugkonstellationen werden für die Zustellung mit dem Mikro-Depot zwei Lastenfahrräder, vier elektrische Kastenwagen und ein Versorgungsfahrzeug gebraucht. Bei der konventionellen Zustellung werden für das Untersuchungsgebiet sieben Fahrzeuge benötigt. Dadurch, dass alle lastenradfähigen Pakete gesammelt mit einem größeren LKW in das Mikro-Depot gebracht werden und dort nur noch kurze Wege zurücklegen müssen, können Zeit- und somit auch Gehaltskosten eingespart werden.

Fahrzeugkonstellation 1

Lastenfahrrad: Lademeister von Tricargo eG, 2 Stück

E-Sprinter: Vivaro-e Cargo L_1 von Opel, 4 Stück bei Mikro-Depot bzw. 7 Stück bei BEV-Zustellung

Versorgungsfahrzeug: Eurocargo von Iveco, 1 Stück

Sprinter: Sprinter von Mercedes, 7 Stück



Abbildung 25: Fahrzeugsteckbriefe für die Fahrzeugkonstellation 1¹⁷

Fahrzeugkonstellation 2

Lastenfahrrad: RadBurro von Rad Power Bikes, 2 Stück

E-Sprinter: E-Expert Kastenwagen L2H1 von Peugeot, 4 Stück bei Mikro-Depot bzw. 7 Stück bei BEV

Versorgungsfahrzeug: Eurocargo von Iveco, 1 Stück

Sprinter: Sprinter von Mercedes, 7 Stück



Abbildung 26: Fahrzeugsteckbriefe für die Fahrzeugkonstellation 2¹⁸

¹⁷ Bilderquellen: www.tricargo.de/transportfahrraeder, www.opel.de/microapps/gewerbeangebote/vivaro-e, <https://www.flickr.com/photos/iveco/20325054993/in/album-72157657453452278/>, www.mercedes-benz.de/vans/de/sprinter/panel-can/technical-data

¹⁸ Bilderquellen: <https://electricbikereview.com/rad-power-bikes/radburro/>, www.professional.peugeot.de, <https://www.flickr.com/photos/iveco/20325054993/in/album-72157657453452278/>, www.mercedes-benz.de/vans/de/sprinter/panel-can/technical-data

Variante 1 – Fahrzeugkonstellation 1

Mit der ausgewählten Flotte und der progressiveren Abschätzung der Strom- und Dieselpreiserhöhungen bleiben die Kosten des Szenario mit Mikro-Hub bereits im ersten Jahr unter denen des IST-Szenarios (s. Abbildung 27). Im Zeitvergleich erhöht sich die jährliche Kostendifferenz zwischen den Szenarien. Hier spiegeln sich die Betriebskostenvorteile von Lastenrädern und E-Fahrzeugen im Vergleich zu den konventionellen Antrieben wieder. Die höheren Investitionskosten im Szenario BEV spiegeln sich dagegen in den zunächst höheren jährlichen Gesamtkosten wieder. Diese werden jedoch über die Betriebskostenvorteile im Zeitverlauf amortisiert.

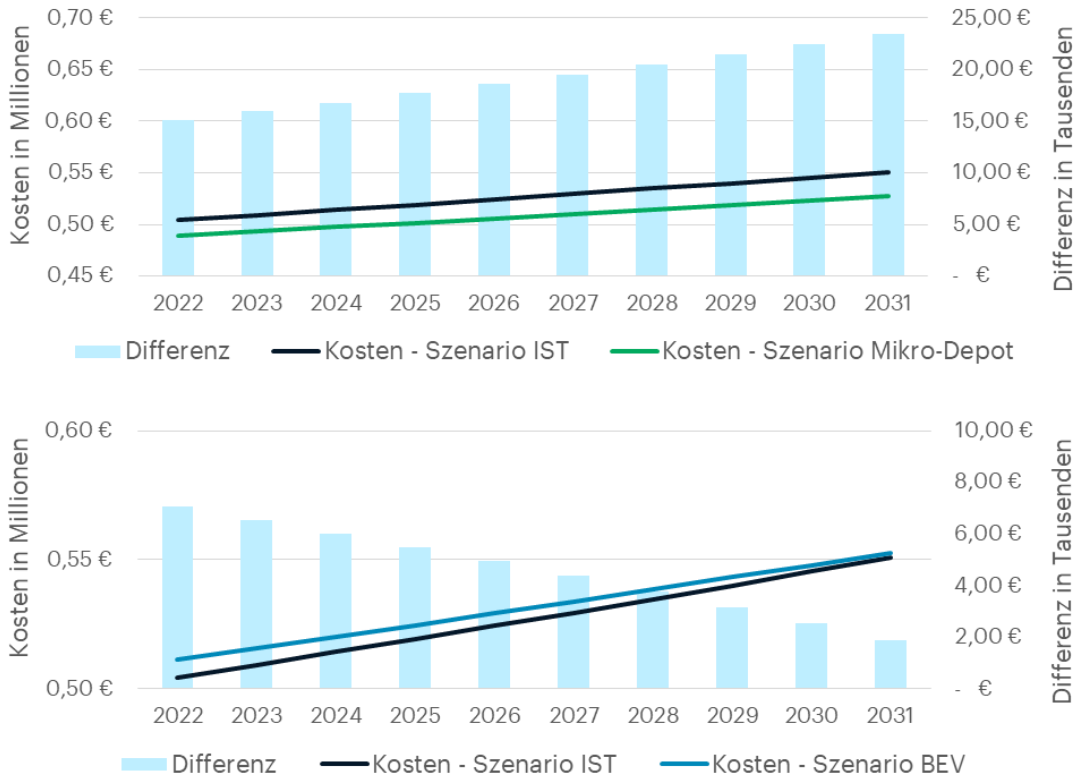


Abbildung 27: Diagramm zur Vergleichsrechnung (Variante 1 - Fahrzeugkonstellation 1)

Variante 1 – Fahrzeugkonstellation 2

Bei der Fahrzeugkonstellation 2 liegen die Kosten im Szenario Mikro-Hub bereits im ersten Jahr sogar nochmal etwas niedriger, als mit der Fahrzeugkonstellation 1. Dies liegt an dem niedrigeren Listenpreis der eingesetzten Fahrzeuge bei der gleichen Anzahl benötigter Fahrzeuge in der Flottenzusammensetzung (s. Abbildung 28). Zwar liegen auch hier im Vergleich der Szenarien IST und BEV die Kosten im Ist-Zustand zunächst noch unter denen des Szenarios mit Umstellung auf Batteriefahrzeuge, allerdings wird auch hier Kostenparität erreicht.

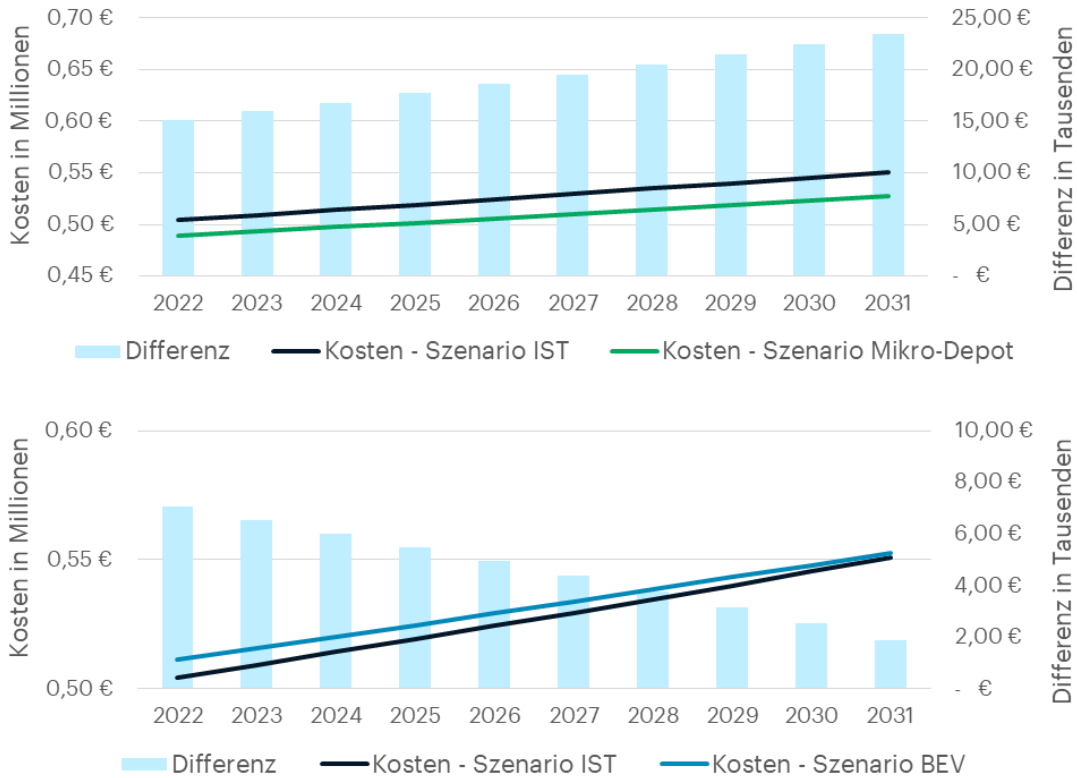


Abbildung 28: Diagramm zur Vergleichsrechnung (Variante 1 - Fahrzeugkonstellation 2)

Variante 2 – Fahrzeugkonstellation 1

Auch bei konservativer Abschätzung der Strom- und Dieselpreisentwicklung zeigt das Mikro-Hub Konzept gegenüber dem Ist-Zustand einen klaren Kostenvorteil (s. Abbildung 29). Die Betriebskostenvorteile auf Grund der Effizienz elektrischer Antriebe werden in der Kostenbetrachtung der Variante 2 jedoch zu teilen durch die konservativen Annahmen zur Energiepreisentwicklung bei Strom und Diesel wieder aufgezehrt. Besonders deutlich zeigt sich der Einfluss der Energiepreise auch im Vergleich des Status quo mit dem Szenario einer rein batterieelektrischen Flotte (BEV). Durch das starke Wachstum beim Strompreis und der moderaten Dieselpreisentwicklung, liegen die Kosten im Szenario-BEV über die gesamte Nutzungszeit über denen des IST-Szenarios.

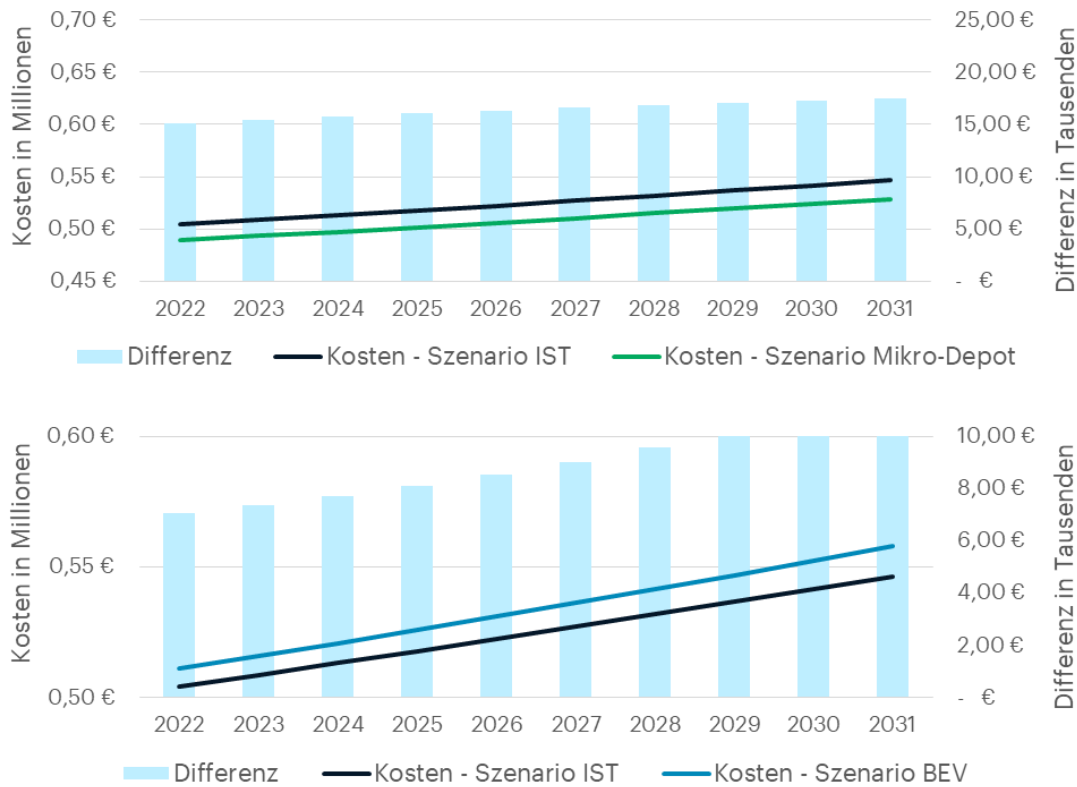


Abbildung 29: Diagramm zur Vergleichsrechnung (Variante 2 - Fahrzeugkonstellation 1)

Variante 2 – Fahrzeugkonstellation 2

Auch bei der alternativen Fahrzeugkonstellation, in welcher Fahrzeuge mit einem niedrigeren Listenpreis zusammengestellt sind, bleiben im Vergleich von IST-Szenario und der Umstellung auf Elektrofahrzeuge die Gesamtkosten im Szenario-BEV über denen des IST-Szenario (s. Abbildung 30).

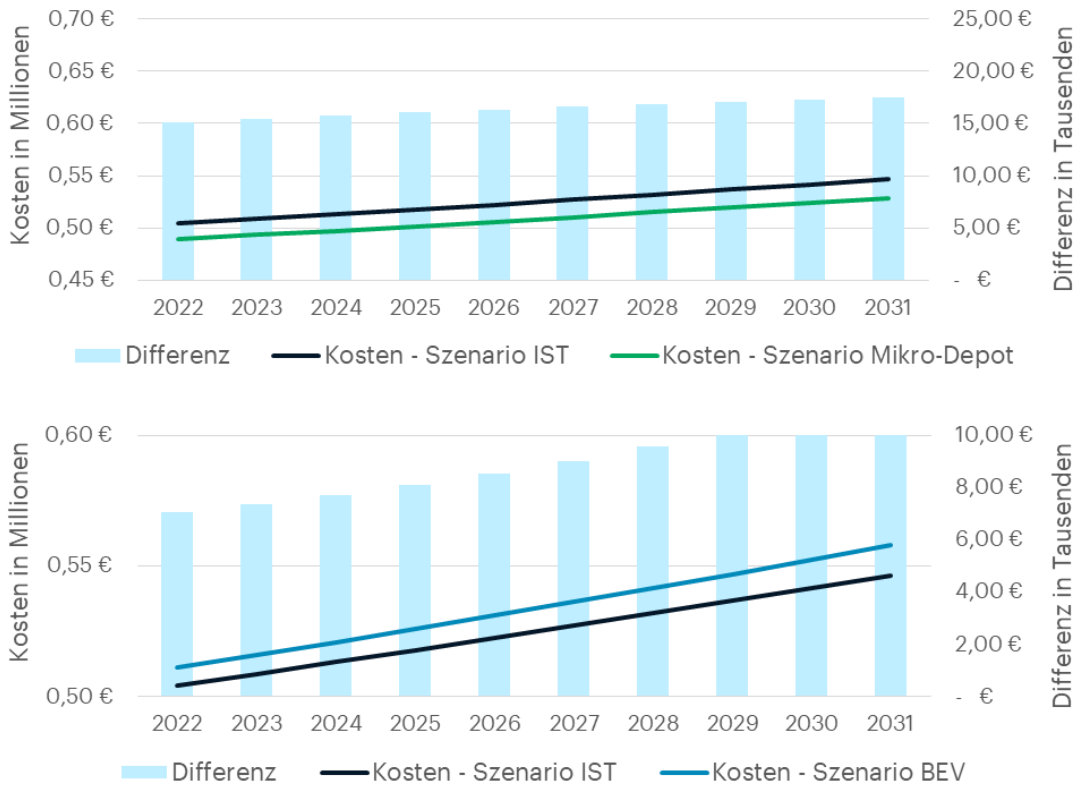


Abbildung 30: Diagramm zur Vergleichsrechnung (Variante 2 - Fahrzeugkonstellation 2)

5.5. Auswirkungen auf die Umwelt –CO₂-Ausstoß

Die Umweltauswirkungen können anhand des jährlichen CO₂-Ausstoßes der Fahrzeuge abgeschätzt werden. Hierbei wird von einem aktuellen Strommix (Jahr 2022) ausgegangen, bei dem für die Produktion einer Kilowattstunde etwa 420 g CO₂ ausgestoßen werden. Für einen Liter Diesel wird ein CO₂-Ausstoß von 2,65 kg angesetzt.

Mithilfe des TCO-Kostenrechners kann der jährliche CO₂-Verbrauch für die Zustellung im IST-Zustand, mit batterieelektrischen Fahrzeugen und mit dem Mikro-Depot abgeschätzt werden. Dabei werden die Verbrauchswerte der ausgewählten Fahrzeuge als Grundlage genommen. Abbildung 31 zeigt den jährlichen CO₂-Ausstoß für die Fahrzeugkonstellation 1 (s. Seite 38).

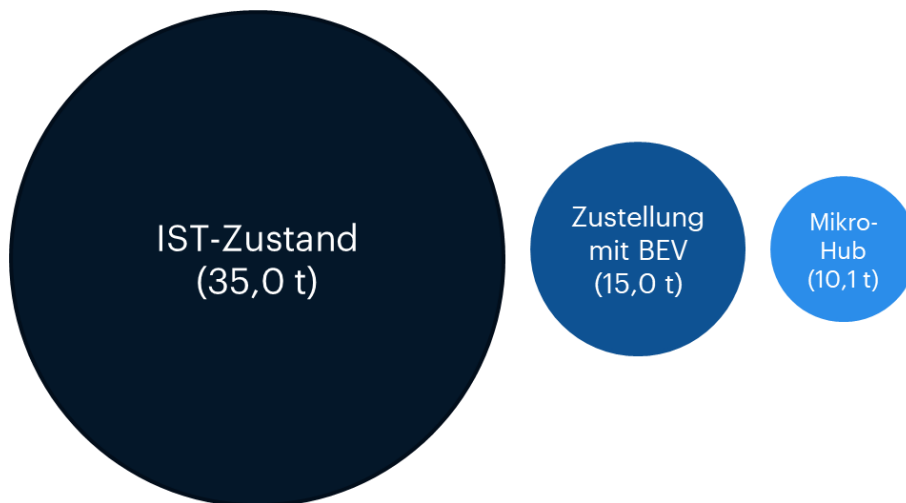


Abbildung 31: Jährlicher CO₂-Ausstoß für den IST-Zustand, die Zustellung mit batterieelektrischen Fahrzeugen und die Zustellung mit Mikro-Hub, Beispielhaft für die Fahrzeugkonstellation 1

Bei der Fahrzeugkonstellation 1 wird im IST-Zustand etwa 3,5 Mal so viel CO₂ ausgestoßen wie mit dem Mikro-Depot. Auch durch die Umstellung auf batterieelektrische Fahrzeuge würden sich die CO₂-Emissionen im Vergleich zum IST-Zustand mehr als halbieren.

Neben den Treibhausgasen hat auch Lärm negative Auswirkungen auf die Umwelt. Batterieelektrische Kfz müssen aus Gründen der Verkehrssicherheit (um von den übrigen Verkehrsteilnehmern wahrgenommen zu werden) bei niedrigen Geschwindigkeiten (<20 km/h) Mindestschallpegel erfüllen. Ab Geschwindigkeiten zwischen 20 und 30 km/h dominieren die Abrollgeräusche der Fahrzeuge und künstlich erzeugte Geräusche der Elektroautos werden wieder runterreguliert. Während die künstlich erzeugten Geräusche von E-Fahrzeugen bei einer Geschwindigkeit von 20 km/h laut EU-Verordnung 540/2014 einen Schallpegel zwischen 56 und 75 dB einhalten müssen¹⁹, erreichen Verbrennerfahrzeuge im Vorbeifahren einen durchschnittlichen Schallpegel zwischen 70 und 90 dB (Motoren- und Abrollgeräusche)²⁰. Hierbei sind erhöhte Anfahrtsgeräusche noch nicht mit einbezogen. Ein Lastenfahrrad hat keine Mindestlautstärken, weshalb hier hauptsächlich Rollgeräusche vorhanden sind. Diese unterscheiden sich je nach Reifenart und Untergrund stark, weshalb sich eine Vorabschätzung schwierig gestaltet.

Zusammenfassend wird deutlich, dass im Szenario mit Lastenrädern und batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) die lokalen Emissionen (CO₂ und Lärm) deutlich reduziert werden können. Die exakte Quantifizierung der Einsparpotentiale hängt ab von der konkreten Ausdifferenzierung der Umsetzungsvariante und kann mit der räumlichen Ausweitung des Konzeptes weiter gesteigert werden.

5.6. Empfehlungen für mögliche Umsetzung

Der Ablaufplan einer konkreten Umsetzung des Mikro-Hub Konzeptes, mit den einzelnen, aufeinanderfolgenden Aufgabenschritten, wird schematisch in Abbildung 32 dargestellt. Dabei umfasst eine konkrete Umsetzung u.a. im Rahmen eines Pilot- oder Feldversuches folgende Aufgabenschritte:

¹⁹ <https://www.ewe-go.de/blog/magazin/geraeusch-pflicht-fuer-e-autos/>

²⁰ <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/2952.pdf>

Flächenanalyse

Der Flächenbedarf für das Mikro-Hub hängt im Wesentlichen von der Umsetzungsvariante sowie dem lastenradfähigen Sendungsaufkommen ab. Umsetzungsvarianten sind: (1) ein durch KEP-Dienstleister gemeinschaftlich betriebenes Mikro-Hub oder (2) ein durch einen Drittanbieter betriebenes Mikro-Hub. Darüber hinaus fließen die erforderlichen Abstell- und Rangierflächen in die Dimensionierung des Mikro-Hubs mit ein. Die konkrete Quantifizierung des Flächenbedarfs sowie der weiteren Anforderungen an die Logistikimmobilie wie Netzanschlussleistung etc. muss in einem direkten Dialog der sich beteiligenden Akteure definiert werden. Um eine verbindliche Planungsgrundlage zu ermöglichen wird empfohlen von den einzelnen Nutzer offizielle Interessensbekundungen („Letter of Interest“) einzuholen.

Standortwahl

Auf Basis der Flächenanalyse und der Flächennutzungspläne vom Stadtplanungsamt können mithilfe des Flächenbedarfs für ein Mikro-Hub verschiedene mögliche Standorte untersucht werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Interessen der Bürgerinnen und Bürger sowie von Handel und Gewerbe bezüglich der Konfliktpotentiale und Standortprüfung gewahrt werden. Der Flächenbedarf hängt zu großen Teilen von der Anzahl der Nutzerparteien und dem konkreten Leistungsumfang ab. Zentrale Fragen hierbei sind: Werden vor Ort Waren neu kommissioniert? Soll das Mikro-Hub auch als Warenlager bzw. Zwischenlager fungieren? Werden darüber hinaus weitere Mehrwertdienste angeboten?

Immobilienuche

Die Voraussetzungen für eine geeignete Immobilie werden von den KEP-Dienstleistern oder von Logistik-Immobilienentwicklern festgelegt. Nach diesen Voraussetzungen werden durch die gleichen Akteure Bestandsimmobilien, Neubauf Flächen oder Flächen für mobile Mikro-Hubs untersucht und bewertet. Die benötigten Genehmigungen (Lärmschutz, Brandschutz, Baurecht, Flächennutzungsplan bzw. Bebauungspläne, Denkmalschutz) und Sondergenehmigungen (z.B. für Einfahrt in die Fußgängerzone oder Mitbenutzung einer Busspur) werden durch das Ordnungsamt erteilt, wobei die Kriterien teilweise durch die Wirtschaftsförderung bzw. das Stadtplanungsamt festgelegt werden.

Betriebsform

Anschließend muss entschieden werden, ob das Mikro-Hub durch einen einzigen oder mehrere KEP-Dienstleister genutzt werden soll. Des Weiteren wird entschieden, ob eine Kommissionierung vor Ort oder im herkömmlichen Depot stattfindet. Dies ist hauptsächlich abhängig von der Fahrzeugwahl: bei manchen Lastenfahrrädern können vorsortierte Container eingeschoben werden, andere müssen vor Ort beladen werden. Durch die KEP-Dienstleister wird zudem entschieden, ob es sich um einen reinen Logistikstandort handeln soll oder zusätzliche Serviceleistungen angeboten werden sollen. Dies kann in Kooperation mit Anbietern von Logistikinfrastruktur und lokalen Logistikdienstleistern geschehen.

Ausstattung/Fahrzeuge

Durch die KEP-Dienstleister wird sich ggf. in Zusammenarbeit mit (lokalen) Fahrzeugherstellern für eine oder mehrere Fahrzeugarten entschieden. Die Ausstattung des Mikro-Hubs (Strom, Ladeinfra-

struktur, IT-Anbindung, Sozialräume) wird in der Regel durch ein Facility-Management erhalten. Zusätzliche Ausstattungen wie Reparatur- bzw. Servicepunkte liegen entweder in der Hand der KEP-Dienstleister oder der Stadt.

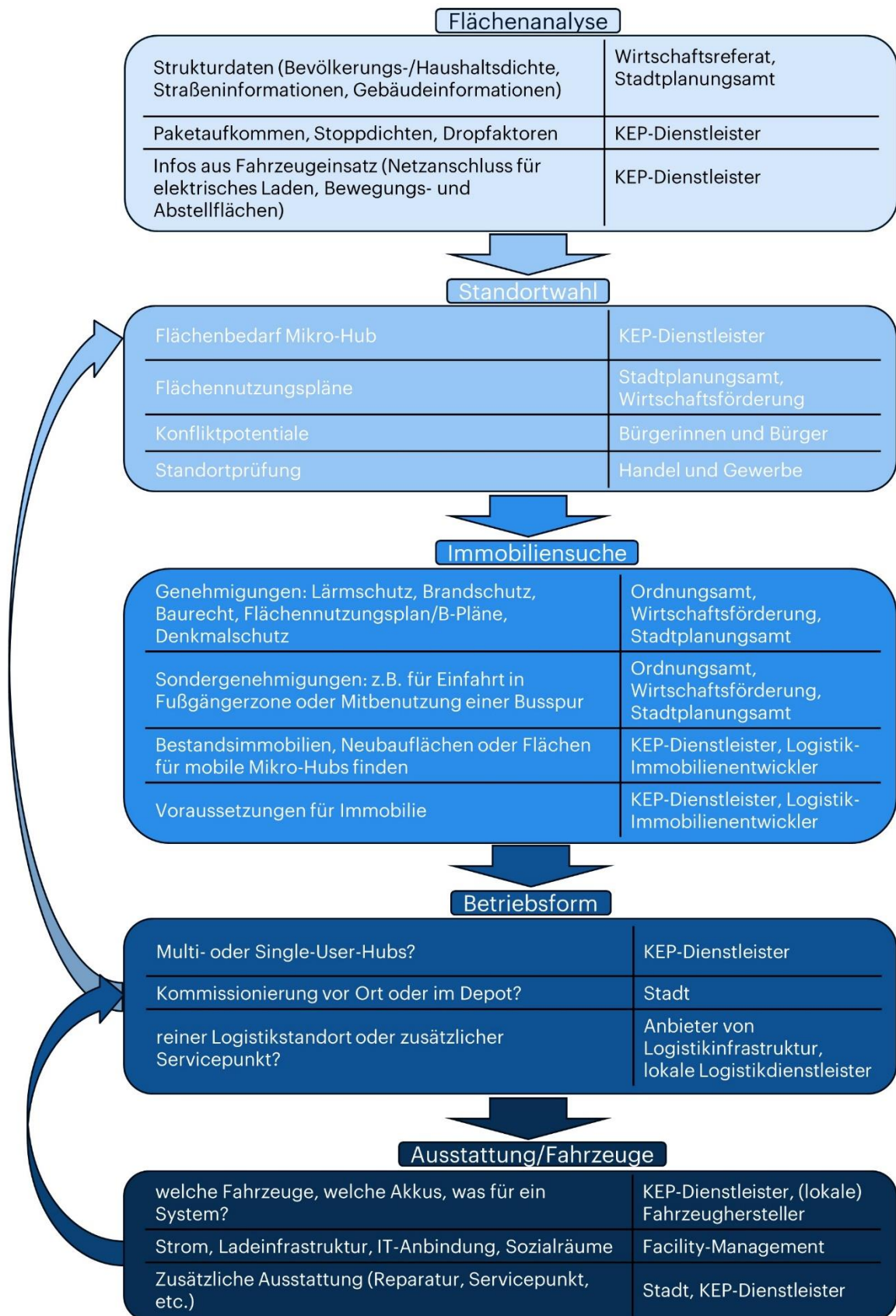


Abbildung 32: Ablaufdiagramm für die Umsetzung eines Mikro-Hub-Konzepts (inkl. Stakeholder-Einbindung)

6. Handlungsempfehlungen Logistikkonzept Innenstadt

Von politischer Seite aus gibt es einige begleitende Maßnahmen, die den Aufbau eines effizienten und nachhaltigen städtischen Logistikkonzepts unterstützen können. Dazu gehören unter anderem preispolitische Instrumente wie Steuernachlässe, Kaufprämien, die Bepreisung der Schadstofffracht oder verschiedene Mautsysteme. Während diese Maßnahmen jedoch primär auf Bundesebene verankert sind, werden im Folgenden Maßnahmenbausteine für eine konkrete Initiierung auf Kommunalen Ebene gezeigt. Zu diesen Maßnahmen gehören u. a. die Verlagerung von Lieferverkehr in Tagrandzeiten, die Sperrung von Straßenzügen für Lieferverkehr, Kfz-Verkehr oder alle Fahrzeuge ab einem gewissen Gesamtgewicht oder das Errichten von Be- und Entladezonen. Im Logistikkonzept der Stadt Fulda werden folgende Maßnahmenbausteine vorgeschlagen und entsprechend dargestellt:



Abbildung 33: Handlungsempfehlungen Logistikkonzept Innenstadt

6.1. Ausweitung der Fußgängerzone

In Ergänzung der bestehenden Fußgängerzonen, werden zur Erweiterung bzw. Ergänzung dieser drei zusätzliche Straßenzüge für die Umwidmung zur Fußgängerzone vorgeschlagen (s. Abbildung 34). Wesentliche Kriterien für die konkrete Auswahl der einzelnen Straßenzüge sind eine hohe Dichte an Außengastronomie und Einzelhandel. Dementsprechend wird die Ausweitung der Fußgängerzone für die folgenden Straßenzüge vorgeschlagen:

- **Friedrichstraße** (Markierung 1: Schlossstr. bis Pfandhausstr.)
- **Löherstraße** (Markierung 2: Königstr. – Gerbergasse)
- **Kanalstraße** (Markierung 3: Robert-Kirchner-Str. – Mühlstr.)

Wichtig für die Erweiterung der Fußgängerzone ist der Anschluss an die bestehenden Fußgängerzonen und der Bedarf aufgrund von hohen Fußgängerdichten oder einer großen Außengastronomiedichte. Die Zwischenstücke „Pfandhausstraße“ und „Unterm Heilig Kreuz“ werden nicht in die Planungen zur Ausweitung der Fußgängerzone einbezogen, da ansonsten aufgrund der Verkehrsführung (Einbahnstraßen) sowohl die Nonnengasse als auch die Schulstraße

verkehrlich nicht mehr angeschlossen wären. Eine Ausweitung der Fußgängerzone wirkt sich nicht nur positiv auf die Verkehrssicherheit aus, sondern führt auch zur Reduktion von Konfliktflächen und zur Erhöhung der Aufenthaltsqualität im Kernstadtbereich. Für eine mittelfristige Umsetzung der Ausweitung der Fußgängerzone wird eine konkrete Machbarkeitsstudie bzw. die Planung eines Pilotvorhabens empfohlen.

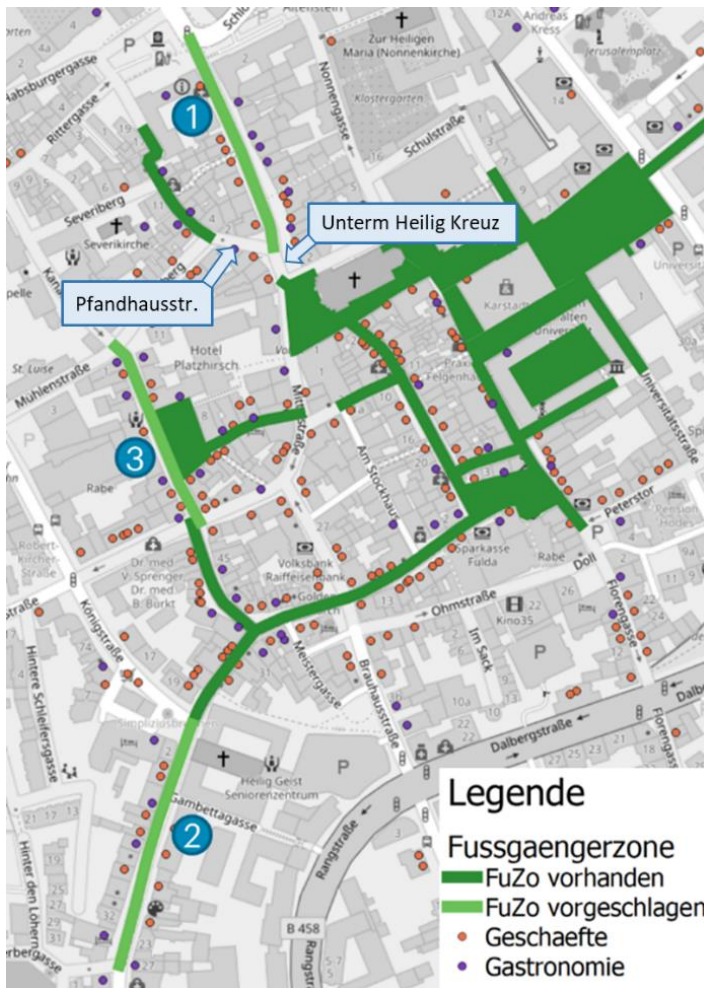


Abbildung 34: Erweiterung der Fußgängerzone

6.2. Einführung einer Kernstadtzone

Um die Aufenthaltsqualität zu verbessern und die Belieferung der Innenstadt über das Mikro-Depot zu unterstützen, wird vorgeschlagen, eine Kernstadtzone zu errichten. Innerhalb dieser Kernstadtzone gelten Einfahrbeschränkungen für bestimmte Fahrzeugklassen (abhängig der zulässigen Fahrzeuggesamtmasse). Vorgeschlagen werden dabei folgende Regelungen, welche u. a. als Synthese aus den verschiedenen Expertengesprächen abgeleitet wurden:

- Während der Lieferzeiten sind Fahrzeuge bis 7,5 Tonnen zulässiges Gesamtgewicht erlaubt.
- Außerhalb der Lieferzeiten sind lediglich Fahrzeuge bis zu 3,5 Tonnen zugelassen.
- Für Lebensmittel- oder Getränkelieferungen, die nicht mit Fahrzeugen bis 7,5 Tonnen möglich sind, können gegebenenfalls Sondergenehmigungen erteilt werden.

Außerdem wird die zulässige Höchstgeschwindigkeit innerhalb der Kernstadtzone auf maximal 20 km/h herabgesetzt. Es wird erwartet, dass sich durch die resultierenden längeren Fahrtzeiten

der Durchgangsverkehr verringert, was bedeutet, dass die gesamte Verkehrsbelastung im Innenstadtbereich reduziert wird. Durch das geringere Verkehrsaufkommen und die Herabgesetzte zulässige Geschwindigkeit, werden sowohl die Anzahl der Unfälle reduziert, als auch die Unfallschwere herabgesetzt. Somit bewirkt die Maßnahme eine Verringerung der Konflikte zwischen den verschiedenen Verkehrsteilnehmern und eine Erhöhung der Verkehrssicherheit. Damit einhergehend verringern sich ebenfalls die lokalen Lärm- und Treibhausgasemissionen, was wiederum zu einer Verbesserung der Aufenthaltsqualität innerhalb der Kernstadtzone führt.

Eine Herabsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 10 km/h würde diese Effekte noch verstärken, zumal aktuell bereits ein paar Straßenzüge vorhanden sind, auf denen maximal 10 km/h zulässig sind. Da diese Zonen mit einer maximal zulässigen Geschwindigkeit von 10 km/h jedoch nach aktuellem Kenntnisstand (Amt für Straßenverkehr und Parken) gekippt werden, wird hier eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 20 km/h empfohlen.

Folgende Kriterien werden für die Einführung einer Kernstadtzone in Fulda festgelegt:

- Es handelt sich um den Innenstadtkern
- Die Kernstadtzone beinhaltet keine Hauptverkehrsstraßen
- Es sind ausreichende und gut verteilte Parkhäuser oder Parkplätze von außerhalb erreichbar

Der vorgeschlagene Bereich (s. Abbildung 35) befindet sich inmitten des Untersuchungsgebietes. Er beinhaltet einen Großteil der Innenstadt und befindet sich außerhalb von Busrouten. Außerdem sind ringsherum Parkhäuser oder Parkplätze angesiedelt, die eine Erreichbarkeit der Innenstadt für den MIV sicherstellen. Aktuell wird geprüft, ob die Rabanusstraße (östliche Begrenzung) zu einem Teil ebenfalls zur Fußgängerzone umgestaltet wird²¹. Dies hätte zur Folge, dass die Kernstadtzone ebenfalls ausgeweitet werden muss. Falls die Buslinien im Zuge der Erweiterung der Fußgängerzone auch umgelegt werden, könnten diese weiterhin als Begrenzung genutzt werden, die Situation an der Rabanusstraße müsste aber in jedem Fall noch einmal genauer untersucht werden.

Zusätzlich wird angeraten, den Umstieg auf elektrische Antriebe im Nutzfahrzeugbereich durch die Einführung der Kernstadtzone zu unterstützen, um einen emissionsfreien Wirtschaftsverkehr zu ermöglichen. Dieser Wunsch ist seitens der Stadt auch durch die Ziele des Verkehrsentwicklungsplans gedeckt (vgl. Absatz 3.2). Umgesetzt werden kann dies durch eine zusätzliche Beschränkung für Verbrennungskraftfahrzeuge in der Kernstadtzone. Als erster Schritt sollten, nach einem Übergangszeitraum, Lieferfahrzeuge über 3,5 Tonnen nur noch als batterieelektrische Fahrzeuge in die Kernstadtzone einfahren dürfen. Danach können sukzessive auch weitere Kraftfahrzeuggruppen folgen.

Die Implementierung einer Kernstadtzone mit Zufahrtsbeschränkungen sollte als Pilotprojekt geschehen. Eine Übergangslösung kann mittelfristig errichtet werden, die vollständige Umsetzung geschieht langfristig. Die Verkehrliche und ökologische Entlastung der Kernstadtzone durch entsprechende Einfahrbeschränkungen lässt sich nicht quantitativ prognostizieren, da es hier eine Vielzahl von unbekanntem Einflussfaktoren wie u. a. den Ausnahmeregelungen gibt.

²¹ <https://osthessen-news.de/n11662650/stadt-prueft-ob-rabanusstrasse-zur-fussgangerzone-umgestaltet-wird.html>

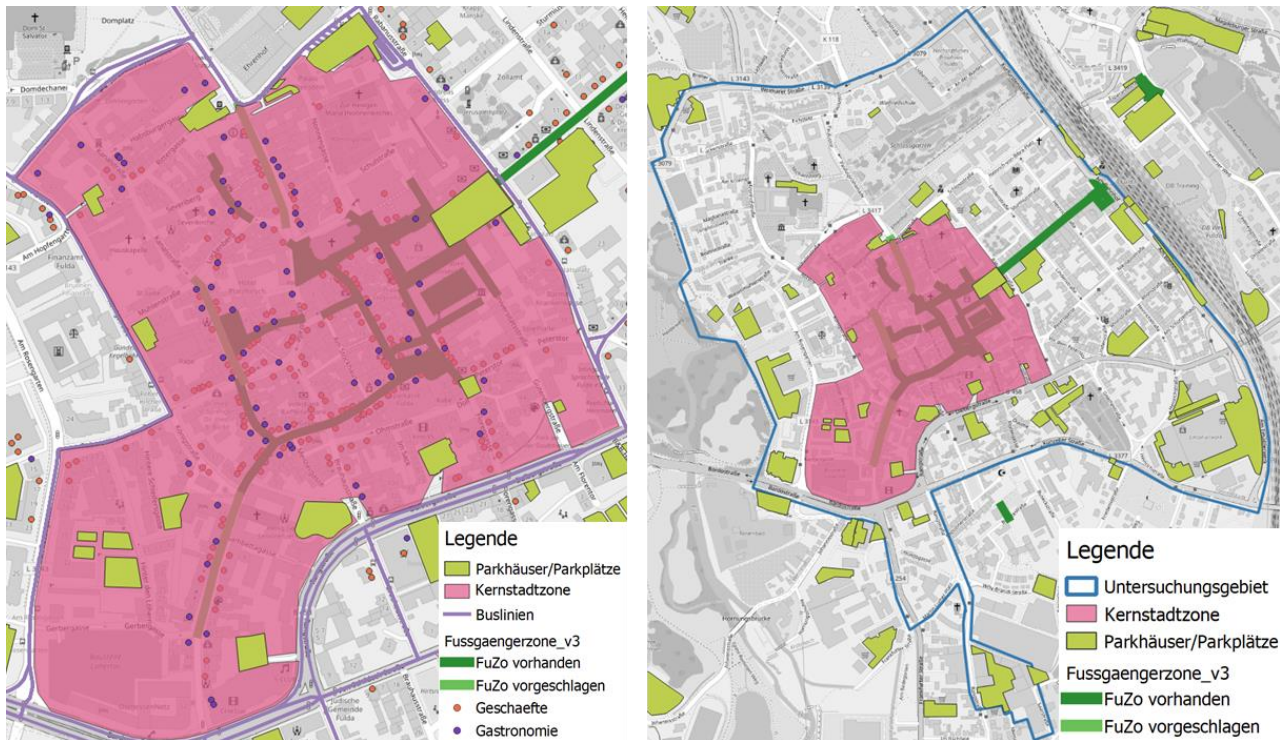


Abbildung 35: links: Bereich der Kernstadtzone, rechts: Position der Kernstadtzone im Untersuchungsgebiet

6.3. Einschränkung der Lieferzeiten

Aktuell ist die Fußgängerzone montags bis freitags von 06:00 bis 12:00 Uhr und samstags von 06:00 bis 10:00 Uhr für Lieferverkehr freigegeben (s. Abbildung 36). Um das Anliefern mit Lastenfuhrädern zu unterstützen und gleichzeitig die Aufenthaltsqualität in der Innenstadt durch weniger große und laute Fahrzeuge und die damit einhergehende Schadstoffbelastung zu erhöhen, sollten die Zeitfenster für den Lieferverkehr mit Transportern wie folgt verringert werden:

Montag – Freitag 07:00 – 11:00 Uhr

Samstag 07:00 – 10:00 Uhr

Aufgrund der Transportketten der KEP-Dienstleister, bei denen der Hauptlauf im „Nachtsprung“ (zwischen 21 und 6 Uhr) erledigt wird, sind Anlieferungen am frühen Morgen noch nicht möglich. Im Hinblick auf den Berufsverkehr wird der Anfang des Lieferzeitfensters jedoch um eine Stunde nach hinten verschoben, um die umliegenden Straßen zu entlasten. Für den Einzelhandel ist es wichtig, dass sich die Anlieferungszeiten mit den Öffnungszeiten der Geschäfte überlappen, damit die Pakete angenommen werden können. Jedoch sollen gleichzeitig die Geschäftskunden so wenig wie möglich beim Einkaufen gestört werden, sodass z. B. samstags der Lieferverkehr bis 10 Uhr beendet sein sollte. Unter der Woche kann zwischen 09:00 und 11:00 Uhr von einem geringen Fußverkehrsaufkommen ausgegangen werden, sodass die Anlieferung bis 11 Uhr erlaubt werden kann.

Eine Einschränkung der Lieferzeiten kann durch die Veränderung der Beschilderung kurzfristig als Pilotprojekt umgesetzt werden. Falls sich herausstellt, dass gegen die erlaubten Lieferzeitfenster verstoßen wird, kann die Installation von Pollern in Betracht gezogen werden.



Abbildung 36: Einfahrt Fußgängerzone mit Beschilderung (aktuell)

Lastenfahrräder werden von den Lieferverkehrseinschränkungen ausgenommen. Dies wird durch den Zusatz „Fahrrad frei“ bereits ausgedrückt, kann aber durch „Lastenfahrrad frei“ bzw. das entsprechende Piktogramm verdeutlicht werden (s. Abbildung 37).

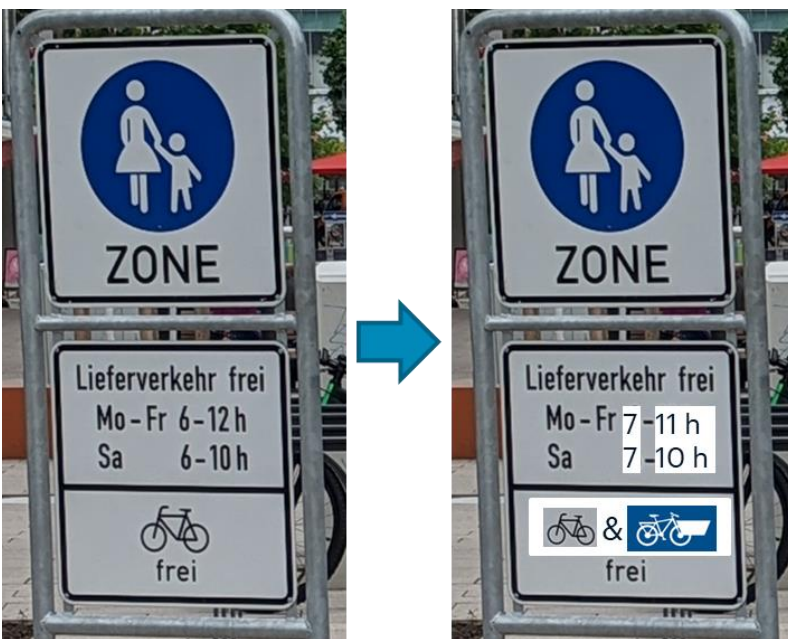


Abbildung 37: Anpassung der Lieferzeiten und Zusatz "Lastenrad frei"

Als Ausgleich für die Verkürzung des Lieferzeitfensters bleibt die Möglichkeit, außerhalb der Fußgängerzone Ladezonen zu errichten. Hierdurch könnte der Innenstadtbereich trotz Zufahrtbeschränkungen in vergleichsweise kurzen Entfernungen logistisch erschlossen werden.

6.4. Ausgewiesene Parkplätze für Lastenfahrräder

Zur Unterstützung des Anlieferungskonzeptes mit Lastenfahrrädern und der generellen Stärkung dieses Verkehrsmittels sollten ausreichende Lastenradparkplätze ausgewiesen werden. Dies ist im gesamten Liefergebiet des Mikro-Depots mit Ausnahme der Fußgängerzone nötig. Um die Verkehrssicherheit zu erhalten und den Ansprüchen an eine intakte Verkehrsinfrastruktur zu genügen sollten folgende Kriterien eingehalten werden:

- Lastenfahrräder sollen nicht auf Radverkehrsanlagen abgestellt werden
- Abgestellte Lastenfahrräder sollen den Fußverkehr nicht beeinträchtigen (-> 2,40 m Gehwegbreite)
- Befahrung der Abstellflächen soll ohne Hindernisse geschehen können

Generell sollte innerhalb des Zustellgebietes zum Mikro-Hub Konzept ein ausreichendes Angebot für ein kurzzeitiges Abstellen der Lastenfahrräder gegeben sein. In der Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) wird das Abstellen von Fahrrädern oder Lastenfahrrädern auf dem Gehweg nicht verboten²². Auf der Grundlage von § 25 wird ein von Fußgängern mitgeführtes Fahrrad als Gegenstand gesehen, der auf dem Gehweg abgestellt werden darf, sofern der Fußverkehr dadurch nicht behindert wird. Ist der Seitenraum ausreichend dimensioniert und ohne Probleme durch den Radverkehr erreichbar (also entweder durch eine Führung des Radverkehrs im Seitenraum oder einem hindernisfreien Übergang in den Seitenraum), müssen keine gesonderten Park- bzw. Halteplätze für Lastenfahrräder errichtet werden. Bei anhaltenden Engstellen sollten in regelmäßigen Abständen Pkw-Parkplätze zu gesonderten Lastenradparkplätzen umgeändert werden, um zu gewährleisten, dass dem durchgehenden Fuß- und Radverkehr ausreichend Platz zur Verfügung steht. Als Engstelle werden Stellen definiert, an denen eine Person mit „normalem“ Lichtraumprofil (0,80 m Breite + beidseitiger Sicherheitsraum von 0,20 m) noch an einem abgestellten Lastenfahrrad (1,00 bis 1,20 m Breite) vorbeikommt. Dies fügt sich zu einer Mindestgehwegbreite von 2,40 m zusammen. Aufgrund der kurzen Abstelldauer muss nicht zwangsläufig auf alle verschiedenen Nutzungsansprüche des Seitenraums Rücksicht genommen werden.

Je nach Größe der Lastenfahrräder können bis zu drei Lastenfahrräder auf einem Pkw-Längsparkplatz aufgestellt werden (s. Abbildung 38 und Abbildung 39). Die Lastenfahrräder, die für die Anlieferung von Paketen genutzt werden, sind zwischen 2,70 und 3,40 m lang und zwischen 1,00 und 1,20 m breit. Eine Schrägaufstellung mit einem Winkel von 45°, wie in Abbildung 39 dargestellt, ist deswegen nicht möglich, da mit einer Breite und Tiefe pro Lastenfahrrad von 2,60 bis 3,25 m zu rechnen ist und ein typischer Pkw-Längsstellplatz lediglich eine Breite von 2,00 bis 2,50 m aufweist. Aufgrund der unterschiedlichen Abmessungen verschiedener Lastenfahrräder kann nicht eindeutig definiert werden, wie viele Lastenfahrräder auf einem Pkw-Stellplatz Platz finden. Durch das hohe Gewicht der Lastenfahrräder und das damit einhergehende geringere Diebstahlrisiko werden Anlehnbügel als optional eingestuft. Gerade in Gebieten mit zu wenigen herkömmlichen Radabstellanlagen kann es sich jedoch als sinnvoll erweisen, vorne einen Anlehnbügel für Fahrräder anzubringen und dahinter genügend Platz für die Abstellung von Lastenfahrrädern vorzubehalten. Um die Stellplätze auch ohne Anlehnbügel vor falschparkenden Pkw zu schützen, können Leitbaken (s. Abbildung 39) eingesetzt werden.

²² https://www.gesetze-im-internet.de/stvo_2013/_25.html

Extra eingerichtete Lastenradparkplätze empfehlen sich für die Errichtung von Akkutauschautomaten für gängige Akkusysteme. Diese können sowohl von der Bevölkerung als auch von den KEP-Dienstleistern genutzt werden und vereinfachen die Planung von Lieferwegen, unter anderem weil die Reichweite der Akkus stark witterungsabhängig ist.

In der Fuldaer Innenstadt sowie in weiteren städtischen Gebieten befinden sich aktuell einige Bereiche, in denen nur Anwohnern das Parken gestattet ist. Da für eine Anlieferung das Halten (3 Minuten) oftmals nicht ausreicht, wird empfohlen, zumindest Lastenfahräder von den Beschränkungen einer Anwohnerparkzone auszunehmen. Dies kann entweder nur für die Anlieferung erlaubt werden oder aber, um nachhaltige Transportmittel zu unterstützen, auf alle Lastenfahräder ausgeweitet werden.

Die Ausweisung von Lastenradparkplätzen sowie die Ausnahmeregelung für Lastenfahräder in Anwohnerparkzonen können als Pilotprojekt kurzfristig beschlossen werden.



Abbildung 38: links: Beispiel Lastenradparkplatz mit zwei Stellplätzen²³, rechts: Lastenradparkplätze in Nürnberg

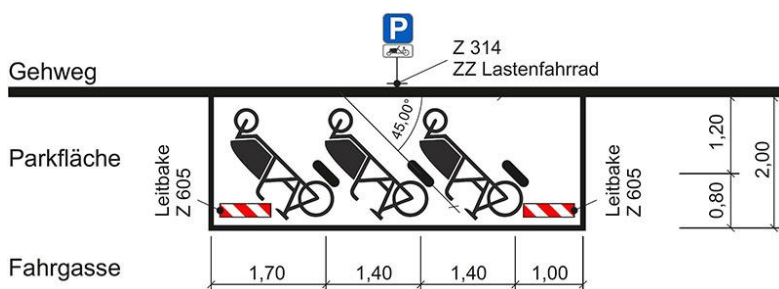


Abbildung 39: Platzbedarf Lastenradparkplatz mit drei Stellplätzen²⁴

²³ <https://nationaler-radverkehrsplan.de/de/praxis/erstellung-eines-regelplans-zum>

²⁴ <https://nationaler-radverkehrsplan.de/de/praxis/erstellung-eines-regelplans-zum>

7. Zeitliche Umsetzung des Logistikkonzepts

Es wird empfohlen, die Umsetzung des Logistikkonzepts in drei Stufen durchzuführen. Kurzfristige Maßnahmen können innerhalb der nächsten drei Jahre umgesetzt werden, mittelfristige in drei bis zehn Jahren und langfristige Maßnahmen werden auf Grund längerer Planungsvorläufe ab einem Planungshorizont von zehn Jahren realisiert. Die Einordnung der Maßnahmen innerhalb der im Folgenden dargestellten Umsetzungsstufen orientiert sich zum einen an den spezifischen Planungs- und Umsetzungshorizonten der konkreten Maßnahmen und zum anderen an den zeitlichen Zusammenhängen und wechselseitigen Abhängigkeiten der Maßnahmen untereinander.

Stufe 1 – kurzfristig (2023 bis 2026)

In der ersten Stufe sollte ein **Pilotprojekt zum Mikro-Hub-Konzept** umgesetzt werden. Für Ausschreibung, Planung und einjährige Pilotphase wird insgesamt ein Zeithorizont von drei Jahren angesetzt. Es wird empfohlen, mit Anlaufen der Pilotphase (voraussichtlich 2025/2026) die **Einschränkung der Lieferzeiten der Fußgängerzone** umzusetzen. Diese Maßnahme sollte bereits zu Beginn der Konzeptentwicklung für den Pilotversuch zum Mikro-Hub-Konzept öffentlich kommuniziert werden, um so einen indirekten Anreiz für die KEP-Dienstleister zu schaffen, sich am Pilotvorhaben zu beteiligen. Spätestens zu Anfang der Pilotphase sollten außerdem **Lastenradparkplätze im Kernstadtgebiet** ausgewiesen werden.

Stufe 2 – mittelfristig (2026 bis 2033)

In der zweiten Stufe sollte die Pilotphase des Mikro-Hub-Konzepts analysiert werden und mit den Ergebnissen eine phasenweise **Ausweitung des Mikro-Hub-Konzepts auf das gesamte Stadtgebiet** umgesetzt werden. Außerdem soll in diesem Zeitraum die **Erweiterung der Fußgängerzone** durchgeführt werden. Es wird eine Phasenweise Umsetzung dieser Maßnahme empfohlen. Es wird zudem empfohlen, die Standorte der Lastenradparkplätze zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen. Außerdem sollte eine **Ausweitung der Lastenradparkplätze auf das gesamte Stadtgebiet** durchgeführt werden.

Stufe 3 – langfristig (ab 2033)

In der dritten Stufe soll die **Kernstadtzone** als erweiterte Verkehrsberuhigung der Innenstadt (nach der Ausweitung der Fußgängerzone in Stufe 2) umgesetzt werden.

8. Projektsteuerung und Beteiligung

Die gesamte Arbeitsphase im Projektverlauf wurde durch regelmäßige Treffen der Lenkungsgruppe begleitet (ca. alle 6 Wochen). Die Lenkungsgruppe war aus Vertreterinnen und Vertretern der verschiedenen Fachabteilungen des Magistrat der Stadt Fulda zusammengesetzt (Stadtplanungsamt, Amt für Straßenverkehr und Parken, Amt für Stadtmarketing und Wirtschaftsförderung). In den Sitzungen der Lenkungsgruppe wurden die aktuellen Arbeitsstände sowie das weitere Vorgehen im Projektverlauf diskutiert. In diesem Kontext wurden auch die konkreten Ziel- und Fragestellungen in Bezug auf die einzelnen Maßnahmenbausteine nachgeschärft.

In verschiedenen Expertengesprächen mit KEP-Dienstleistern, Anbietern von Drittlösungen sowie Forschungsinstituten, wurden der Aufbau und die Ausrichtung der Sendungsstrukturen erhoben und für die weiteren Analysen aufbereitet. Unter Berücksichtigung entsprechender Vertraulichkeitsvereinbarungen zur Wahrung von Geschäfts- und Datenschutzgeheimnissen, werden die Ergebnisse in aggregierter Form präsentiert.

Als wesentliche Quellen und Senken für Paketsendungen wurde der lokale Einzelhandel sowie Gewerbetreibende der Stadt Fulda in einer breit angelegten Onlinebefragung in die Untersuchung integriert. Auf Grund geringer Rücklaufquoten wurde hier ein zusätzliches Angebot über einen öffentlichen Online-Workshop zum Thema „Logistikkonzept für die Stadt Fulda“ angeboten. Auch hier blieb jedoch die Beteiligung der eingeladenen Stakeholder aus, sodass eine Auswertung bzw. Berücksichtigung entsprechender Praxiserfahrungen im Rahmen des vorliegenden Projektes nicht möglich war.

Abbildung 40 zeigt den Zeitplan zur Projektdurchführung. Der Zeitplan konnte mit Ausnahme der Expertengespräche und Umfrage, wo es zu Verzögerungen auf Grund der komplexen Terminfindung kam, eingehalten werden.

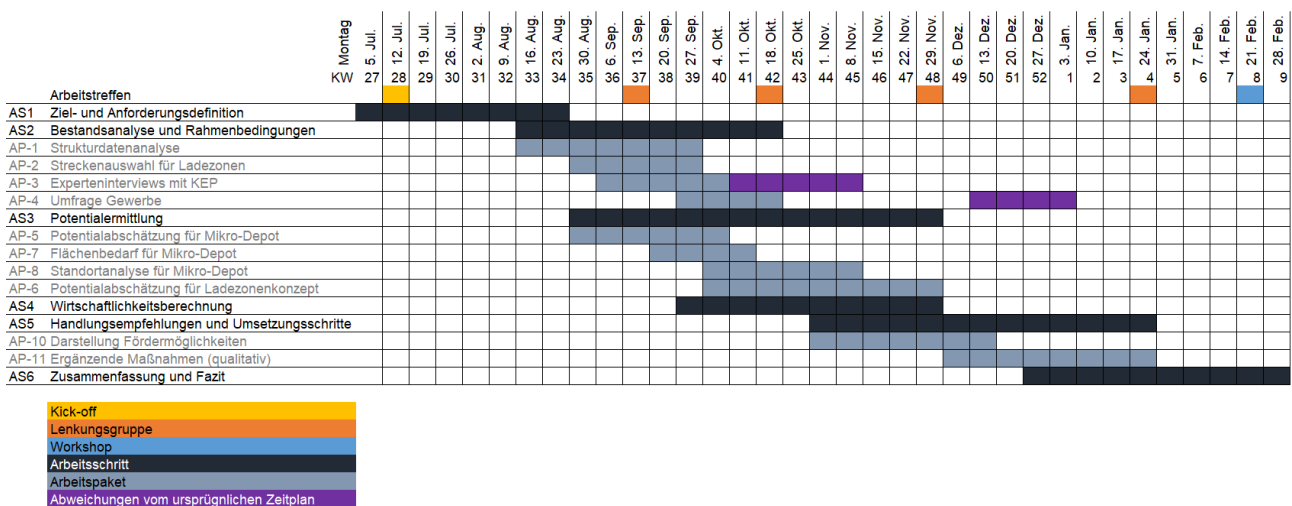


Abbildung 40: Zeitplan

9. Fazit

Nicht zuletzt durch die hohen Wachstumsraten im Bereich der Kurier-, Express- und Paket-Logistik (KEP) hat der innerstädtische Wirtschaftsverkehr einen wachsenden Anteil an den negativen Begleiterscheinungen der entsprechend zunehmenden Verkehrsbelastungen. Hierzu zählen u.a. die Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit und die Zunahme der lokalen Treibhausgasemissionen. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, hat das Magistrat der Stadt Fulda die Erarbeitung eines Logistikkonzeptes beauftragt.

Aufbauend auf einer dezidierten Analyse der Ausgangssituation wurden im Rahmen des Vorhabens konkrete Maßnahmenbausteine für den innerstädtischen Untersuchungsraum der Stadt Fulda entwickelt und bewertet. Dabei wurden neben den verfügbaren wirtschaftsgeographischen und stadtstrukturellen Daten auf die Informationen der verschiedenen Datenerhebungs- und Beteiligungsformate zurückgegriffen. Hierzu zählen neben dem projektbegleitenden Lenkungsgruppentreffen auch die bilateralen Expertengespräche mit den Praktikern der Branche sowie die Befragung zur Erhebung der konkreten Sendungsstruktur. Auf dieser Grundlage wurden im Einzelnen die in Tabelle 3 dargestellten Maßnahmenbausteine untersucht und hinsichtlich deren zeitlicher Umsetzungspotentiale bewertet.

Tabelle 3: Logistikkonzept für die Stadt Fulda - Übersicht der Maßnahmenbausteine

Maßnahme	Zeithorizont	Betroffene Verkehrsarten
Einschränkung Lieferzeiten	Kurzfristig	Güterverkehr
Ausgewiesene Lastenfahrradparkplätze	Kurzfristig	Personen- & Güterverkehr
Mikro-Hub-Konzept	Mittelfristig	Güterverkehr
Ausweitung Fußgängerzone	Mittelfristig	Personen- & Güterverkehr
Einführung Kernstadtzone	Mittel- bis langfristig	Güterverkehr

Ausgehend von den Untersuchungen zu den einzelnen Maßnahmenbausteinen werden für das Logistikkonzept der Stadt Fulda konkrete Hinweise und Empfehlungen zur Umsetzbarkeit, dem Potential und der Akzeptanz einzelner Maßnahmen gegeben. Die Ergebnisse lassen sich dabei zu den folgenden Kernthesen zusammenfassen:

- Einzelne Maßnahmenbausteine können nicht losgelöst von einem integrierten Gesamtkonzept betrachtet werden, da sich verschiedene Maßnahmenbausteine wechselseitig bedingen bzw. unterstützen. Z. B. wird die Umstellung von Zustellfahrzeugen auf den Einsatz von Lastenrädern durch die Einführung einer Kernstadtzone mit entsprechenden Einschränkungen für den Lieferverkehr unterstützt.
- Die Umsetzung eines Ladezonenkonzeptes zeigt auf Grund der Voruntersuchungen für die Stadt Fulda lediglich marginale Potentiale zur Verbesserung der Verkehrsqualität und zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen und wird daher innerhalb des zu priorisierenden Maßnahmenkatalogs nicht weiter berücksichtigt.
- Für das Mikro-Hub-Konzept wurde mit Hilfe der Potential- und Umweltbetrachtungen gezeigt, dass die Umstellung konventioneller Zustellfahrzeuge auf Lastenräder und Batteriefahrzeuge zu einen Beitrag zur verkehrlichen Entlastung sowie zur Einsparung lokaler Emissionen leisten kann. Für die Umstellung der logistischen Prozesse wurde darüber hinaus in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gezeigt, dass diese in den verschiedenen betrachteten Szenarien mit einem Kostenvorteil, verglichen mit dem Istzustand, verbunden ist.

- Als langfristiges Zielkonzept, begleitet durch weitere kurz- und mittelfristig umsetzbare Maßnahmen, wird die Einführung einer verkehrsberuhigten Kernstadtzone empfohlen. Durch die Eingrenzung der Zone auf die Innenstadtlagen mit einer hohen Dichte an Außen-gastronomie und Einzelhandelsadressen, werden hier die aus einer hohen Verkehrsdichte resultierenden Konfliktfelder angesprochen und entsprechend reguliert.
- Flankierende bzw. vorbereitende Maßnahmen zur Umsetzung der Kernstadtzone sind u. a. die Einschränkung der Lieferzeiten, die Ausweitung der Fußgängerzone sowie der Aufbau von zusätzlichen Abstellanlagen für Lastenräder.

Im Rahmen des Projektes wurden verschiedene Angebote für den direkten projektbegleitenden Austausch mit Interessenvertretungen aus Einzelhandel und Gewerbe geschaffen. Dabei wurde u.a. eine Onlineumfrage durchgeführt sowie ein offener Online-Workshop angeboten. Trotz der besonderen Relevanz der Thematik, fanden die Angebote nur geringfügige Beachtung und Resonanz. Es wird daher empfohlen alle restriktiv wirkenden Maßnahmen nochmals öffentlich zu kommunizieren und dann gegebenenfalls in einer Pilotphase zu erproben und die hierausresultierenden Lerneffekte in die Weiterentwicklung der konkreten Maßnahmenbausteine zu integrieren. Für die Neuausrichtung der Logistik in Fulda lautet daher abschließend die Empfehlung, Einzelne kurz- bis mittelfristig umsetzbare Maßnahmen im „Realversuch“ zu erproben und das Thema der Kernstadtzone sukzessive weiterzuerfolgen.

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
BEV	Batterieelektrische Fahrzeuge
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
KEP	Kurier-Express-Paket
TCO	Total cost of ownership (Gesamtkosten)
THG	Treibhausgas

Tabelle 4: Abkürzungsverzeichnis

Abbildungen

Abbildung 1: Umgriff des Untersuchungsgebiets.....	4
Abbildung 2: Stakeholder-Cluster zum Logistikkonzept Stadt Fulda.....	5
Abbildung 3: Strukturdatenanalyse (Zelleinteilung nach PLZ, statistischer Bezirk, Block)	11
Abbildung 4: Strukturdatenanalyse (Adresspunkte, Restaurants, Geschäfte).....	12
Abbildung 5: Strukturdatenanalyse (Einwohnerdichte)	13
Abbildung 6: Absolutes Sendungsaufkommen auf Blockebene.....	14
Abbildung 7: Sendungsdichte auf Blockebene	15
Abbildung 8: Analyse der Quartierstypen	16
Abbildung 9: Smart Loading Zones mit Parkunload.....	19
Abbildung 10: Schaubild Ladezone	20
Abbildung 11: Bsp. Beschilderung von Ladezonen	21
Abbildung 12: Bsp. Ladezone in Darmstadt (l.) Bspl. Ladezone in München (r.)	21
Abbildung 13: Technologischer Reifegrad verschiedener Anbieterlösungen für digitale Ladezonenkonzepte.....	22
Abbildung 14: Anwendungshäufigkeit einzelner Systemkomponenten bei Feldversuchen (eigene Darstellung)	22
Abbildung 15: Vorauswahl untersuchungsrelevanter Straßenzüge für ein Ladezonenkonzept.....	23
Abbildung 16: Priorisierung von Straßenquerschnitten für Standorte von Ladezonen	24
Abbildung 17: Durchschnittliche Verlustzeiten und durchschnittliche Rückstaulänge durch Ladevorgänge auf der Straße, Simulationsergebnisse von PBC von September 2021	24
Abbildung 18: Vergleich der CO ₂ -Emissionen und des Kraftstoffverbrauchs zwischen Zweite-Reihe-Parken (ZRP) und dem Halten in Ladezonen bei verschiedenen Verkehrsführungen (Grundlage: 200 Kfz je Richtung), Simulationsergebnisse von PBC von September 2021.....	25
Abbildung 19: Schema des Mikro-Hub-Systems	28
Abbildung 20: Zusätzliche Funktionen von Mikro-Hubs.....	29
Abbildung 21: Bediengebiet und möglicher Standort für ein Mikro-Hub für die Fuldaer Innenstadt.....	30
Abbildung 22: Anbindung des potentiellen Mikro-Hub-Standorts an die Umgebung	31
Abbildung 23: Routing als Optimierungsproblem	32
Abbildung 24: Ersetzungspotential (Vergleich Szenario IST und Szenario Mikro-Hub)	32
Abbildung 25: Fahrzeugsteckbriefe für die Fahrzeugkonstellation 1	38
Abbildung 26: Fahrzeugsteckbriefe für die Fahrzeugkonstellation 2.....	38
Abbildung 27: Diagramm zur Vergleichsrechnung (Variante 1 - Fahrzeugkonstellation 1).....	39

Abbildung 28: Diagramm zur Vergleichsrechnung (Variante 1 - Fahrzeugkonstellation 2).....	40
Abbildung 29: Diagramm zur Vergleichsrechnung (Variante 2 - Fahrzeugkonstellation 1).....	41
Abbildung 30: Diagramm zur Vergleichsrechnung (Variante 2 - Fahrzeugkonstellation 2).....	42
Abbildung 31: Jährlicher CO ₂ -Ausstoß für den IST-Zustand, die Zustellung mit batterieelektrischen Fahrzeugen und die Zustellung mit Mikro-Hub, Beispielhaft für die Fahrzeugkonstellation 1	43
Abbildung 32: Ablaufdiagramm für die Umsetzung eines Mikro-Hub-Konzepts (inkl. Stakeholder-Einbindung).....	45
Abbildung 33: Handlungsempfehlungen Logistikkonzept Innenstadt	46
Abbildung 34: Erweiterung der Fußgängerzone	47
Abbildung 35: links: Bereich der Kernstadtzone, rechts: Position der Kernstadtzone im Untersuchungsgebiet	49
Abbildung 36: Einfahrt Fußgängerzone mit Beschilderung (aktuell)	50
Abbildung 37: Anpassung der Lieferzeiten und Zusatz "Lastenrad frei"	50
Abbildung 38: links: Beispiel Lastenradparkplatz mit zwei Stellplätzen, rechts: Lastenradparkplätze in Nürnberg	52
Abbildung 39: Platzbedarf Lastenradparkplatz mit drei Stellplätzen	52
Abbildung 40: Zeitplan	54