





Impressum

Herausgeber Stadt Leipzig

Der Oberbürgermeister Amt für Umweltschutz Technisches Rathaus

Prager Straße 118 – 136, 04317 Leipzig

Tel.: 0341 123-3409 Fax: 0341 123-3405

E-Mail: umweltschutz@leipzig.de

Verantwortlich i. S. d. P.: Angelika von Fritsch

Redaktion: Abt. Umweltvorsorge

Frau Dr. Weber Frau Zimmer

Druck: Hauptamt/Zentrale Vervielfältigung

Redaktionsschluss: 31.07.2018

Vervielfältigungen, auch auszugsweise, sind nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers und unter Quellenangabe gestattet.

Der Bericht verweist auf Links zu externen Webseiten Dritter. Auf diese Inhalte nimmt die Stadt Leipzig keinen Einfluss. Aus diesem Grund kann die Stadt Leipzig für diese fremden Inhalte auch keine Gewähr übernehmen. Für die Inhalte dieser Seiten ist stets der jeweilige Anbieter oder Betreiber der Seiten verantwortlich. Die Links wurden zum Zeitpunkt ihrer Aufnahme in das vorliegende Dokument auf mögliche Rechtsverstöße überprüft. Rechtswidrige Inhalte waren zum Zeitpunkt der Aufnahme dieser Links nicht erkennbar. Eine permanente inhaltliche Kontrolle der mit dieser Verlinkung angegebenen Seiten ist jedoch ohne konkrete Anhaltspunkte einer Rechtsverletzungen wird die Stadt Leipzig derartige Links umgehend entfernen.

Im Bericht wurde die männliche Form zur besseren Verständlichkeit des Textes gewählt. Die weibliche Form ist grundsätzlich miteingeschlossen.

#### aefördert durch:



#### **VORWORT**

#### Liebe Leipzigerinnen und Leipziger,

die Stadt Leipzig wächst. Zum Ende des Jahres 2017 stieg die Einwohnerzahl auf über 590.000 gemeldete Einwohner. Vor diesem Hintergrund ist es eine besondere Herausforderung die Luftreinhaltung für unsere Bürgerinnen und Bürger zu verbessern, um unser Wachstum nachhaltig zu gestalten.

Auch wenn die Stadt Leipzig in den vergangenen Jahren durch ihre Luftreinhaltepolitik bereits einen signifikanten Gesundheitsgewinn, insbesondere bei der Rußbelastung, für ihre Bürgerinnen und Bürger herbeiführen konnte, so verbleibt dennoch eine enorme Herausforderung hinsichtlich der Reduzierung der Stickstoffdioxidbelastung und der verkehrsinduzierten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Hier sind intelligente Wege gefragt.

Leipzig hat in seinem kommunal-politischen Leitbild die "Lebensqualität" in unserer Stadt als zentrale Zielgröße verankert. Durch eine vorsorgende Klima-, Umwelt- und Energiepolitik, welche auch die Themen Luft und Lärm einschließen, soll diese gesichert und weiterentwickelt werden. Ein wesentlicher Baustein des nachhaltigen Wachstums der Stadt Leipzig ist die Etablierung nachhaltiger Mobilitätslösungen, auch im Rahmen der mitteldeutschen Metropolregion. Diese sollen durch Erhalt, Anpassung und Ausbau von Infrastrukturen, Vernetzung der Verkehrsmittel, Verkehrsmanagement und gezieltes Marketing, sowie Lösungen im ruhenden Verkehr, erreicht werden.

Ein elementarer Bestandteil der Luftreinhaltung ist die Förderung und Attraktivitätssteigerung des Umweltverbundes, der im Green City Plan mit zahlreichen Maßnahmen im Bereich des ÖPNV, des Rad- und Fußverkehrs eine zentrale Rolle einnimmt.

Der Bund hat auf dem zweiten Kommunalgipfel am 28. November 2017 das "Sofortprogramm Saubere Luft 2017 - 2020" mit einem Volumen von 1 Milliarde Euro aufgelegt. Dieses richtet sich an die von Grenzwertüberschreitungen und NO<sub>2</sub>-Belastungen betroffenen Regionen und Kommunen. Um von Fördermitteln im Bereich der Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme profitieren zu können, ist auch ein individueller Masterplan ("Green City Plan") zur Reduktion der Luftschadstoffbelastung zu erarbeiten. Die darin formulierten Maßnahmen sind zeitnah bis 2020 umzusetzen. Aufgrund des umfassenden Planungsaufwandes und den mit der Maßnahmenumsetzung verbundenen hohen Kosten ist der Umsetzungshorizont als wenig realistisch einzuschätzen. Hinzu kommen Lieferengpässe, z. B. für Elektrofahrzeuge.

Die Kommunen haben, trotz des sehr knappen Erarbeitungszeitraums, ihren Teil erfüllt und die "Green City Pläne" vorgelegt.

Es ist Aufgabe der Bundesregierung dafür Sorge zu tragen, dass zukünftig, auch über das "Sofortprogramm Saubere Luft 2017 - 2020" hinaus, weitere Fördermittel für die Umsetzung der Maßnahmen zur Einhaltung der NO<sub>2</sub>-Grenzwerte und damit zum Schutz unserer Bürgerinnen und Bürger, zur Verfügung gestellt werden. Die Kommunen können nicht als Leidtragende des Abgasskandals die alleinige Verantwortung übernehmen und den überwiegenden Teil der damit verbundenen Kosten schultern. Zudem sollte die Automobilindustrie nicht aus ihrer Verantwortung entlassen werden.

Luc

Heiko Rosenthal Bürgermeister Umwelt, Ordnung, Sport

## Inhalt

1	Ei	inführung	1
2	A	Ilgemeine Informationen	2
	2.1	Rechtsgrundlagen	2
	2.2	Einordnung des Green City Plans	3
3	M	aßnahmen	7
	3.1	Verkehrsorganisatorische Maßnahmen an Hotspots/Verknüpfung der Leitsysteme MIV/ÖPNV	8
	3.2	Mobility as a Service	16
	3.3	Konzepterstellung zur Erweiterung und Integration der Plattform Leipzig mobil in deutschlandweite Mobilitätsanwendungen (Apps)	26
	3.4	Abgasoptimierte Busflotte und kommunaler Fuhrpark	34
	3.5	Konzepterstellung für den Ausbau einer öffentlichen Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge (inkl. Schnellladestationen)	41
	3.6	Einsatz autonomer Fahrzeuge	47
	3.7	Logistik für den Wirtschaftsverkehr im Stadtgebiet und in Pilotquartieren	50
4	В	ewertung der Maßnahmen	59
	4.1	Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis	60
	4.2	Priorisierung der Maßnahmen	62
	4.3	Bedeutung für die Luftreinhaltung in Leipzig	65
5	A	usblick	66
6	Q	uellenverzeichnis	67
7	A	nhang	I
		Anhong 1 Ahkürzungen	11.7
		Anhang 1 - Abkürzungen	
		Anhang 2 - Quellen und Grundlagen zu den einzelnen Arbeitspaketen	
		Anhang 3 - Übersicht über die RBLSA-Maßnahmen	
		Anhang 4 - Maßnahmenblätter	IX

## 1 Einführung

Die Stadt Leipzig, als Antragstellerin, ist mit derzeit über 590.000 Einwohnern die größte Stadt im Freistaat Sachsen und mit einer jährlichen Zunahme von 10.000 Einwohnern eine der dynamischsten Großstädte in Deutschland. Bis 2030 wird Leipzig voraussichtlich 722.000 Einwohner aufweisen (Stadt Leipzig 2015a).

Dieses enorme städtische Wachstum stellt gerade aus lufthygienischer Sicht eine große Herausforderung Insbesondere die absehbar wachsende dar. Verkehrsteilnehmenden in einer sich weiter baulich verdichtenden Stadt erfordert eine langfristige umwelt- und verkehrspolitische Weichenstellung. Ziel ist eine möglichst Verkehrsabwicklung, lärmarme und emissionsfreie, klimaneutrale innerstädtische einhergehend mit einer Umverteilung des Modal-Split auf 30 % motorisierter 70 % Individualverkehr (MIV) und Umweltverbund (UV). Kern der zukünftigen konzeptionellen und strategischen Ausrichtung im Mobilitätsbereich ist eine Attraktivitätsund Angebotssteigerung im ÖPNV sowie die Digitalisierung und Vernetzung der verschiedenen Verkehrsarten. Um die Luftschadstoffbelastung zu reduzieren und den dynamischen Wachstumsprozessen gerecht zu werden, bedarf es intelligenter Maßnahmen in Umsetzung eines integrativen Ansatzes hin zu einem zukunftsgewandten nachhaltigen Mobilitätskonzept.

Luftschadstoffe wie Feinstaub, Stickstoffdioxid oder Ozon können sich gesundheitsbelastend auswirken und Krankheiten hervorrufen. Insbesondere Stickstoffdioxid vermag aufgrund seiner Wasserlöslichkeit und sauren Reaktion mit Wasser die Schleimhäute im gesamten Atemtrakt anzugreifen und Augenreizungen zu verursachen. Bei langfristig erhöhter NO<sub>2</sub>-Belastung wurde eine erhöhte Sterblichkeit und ein vermehrtes Auftreten von Lungenkrebs beobachtet. Nach einem gemeinsamen Bericht der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) aus dem Jahr 2015 sterben jährlich weltweit 7 Mio. Menschen vorzeitig an den Folgen von Luftverschmutzung. In Europa führt die Belastung vor allem durch Feinstaub jährlich zu etwa 500.000 - 600.000 Todesfällen, davon 42.000 in Deutschland (WHO/OECD 2015). Laut einer Untersuchung der Max-Planck-Gesellschaft sind 20 % der Todesfälle auf Emissionen aus dem Straßenverkehr zurückzuführen. Demnach sterben in Deutschland etwa doppelt so viele Personen an den Folgen der Emissionen aus dem Straßenverkehr als an Verkehrsunfällen (Lelieveld et al. 2015).

Die Vielzahl der verfrüht auftretenden Todesfälle verursacht zudem einen wirtschaftlichen Schaden, welcher durch die Steigerung der medizinischen Ausgaben und die Reduktion der Produktivität zustande kommt. Das Umweltbundesamt (UBA) beziffert die volkswirtschaftlichen Kosten in Deutschland im Durchschnitt auf jährlich 153 Milliarden Euro (Kallweit und Bünger 2015). Neben den volkswirtschaftlichen Auswirkungen ist die Thematik auch von sozial-gesellschaftlicher Relevanz. Untersuchungen zeigen, dass das Risiko einer Gesundheitsschädigung bei Menschen u. a. davon abhängig ist, wie weit sie von einer viel befahrenen Straße entfernt wohnen.

Dieser Herausforderung stellt sich die Stadt Leipzig, gerade auch in Umsetzung ihres zentralen kommunalpolitischen Ziels eine hohe Lebensqualität für Bürgerinnen und Bürger zur Sicherung eines möglichst nachhaltig gestalteten Wachstums, auch als Vorbild für andere Wachstumsregionen.

## 2 Allgemeine Informationen

Die kreisfreie Stadt Leipzig befindet sich im Westen des Freistaates Sachsen, begrenzt von den Landkreisen Leipzig und Nordsachsen. Zusammen mit der Stadt Halle bildet sie einen länderübergreifenden Ballungsraum, die Metropolregion Mitteldeutschland. Das Stadtgebiet selbst umfasst dabei eine Fläche von 297 km² und ist in 10 Stadtbezirke mit 63 Ortsteilen gegliedert.

Die Einwohnerzahl der Stadt wächst seit Ende der Neunziger Jahre kontinuierlich und besonders stark seit 2010 auf aktuell 590.337 (Stadt Leipzig, 2018a). Für das Jahr 2020 wird in der Bevölkerungsvorausschätzung 2016 des Amtes für Statistik und Wahlen eine weitere Zunahme prognostiziert, wonach in der Hauptvariante 633.700 Einwohner erwartet werden. Entsprechend dieser Entwicklung ist in der Stadt Leipzig mit einer Steigerung des Mobilitätsaufkommens zu rechnen, verbunden mit entsprechenden Auswirkungen auf Umwelt- und Lebensqualität.

#### 2.1 Rechtsgrundlagen

#### Luftreinhalteplan

Die Beurteilung der Luftqualität erfolgt u. a. nach der Richtlinie über Luftqualität und saubere Luft für Europa (RL 2008/50/EG). Schutzzweck ist insbesondere die Abwehr von Gefahren für die menschliche Gesundheit. Die Richtlinien wurden mit der Novellierung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) und Erlass der Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BlmSchV) im August 2010 in Deutschland in nationales Recht umgesetzt. Die 39. BImSchV formuliert zum Schutz der menschlichen Gesundheit rechtlich verbindliche **Immissionsgrenzwerte** für die Luftschadstoffe Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), Partikel (PM<sub>10</sub>,  $PM_{2,5}$ ), Blei, Benzol und Kohlenmonoxid. Darüber hinaus wird eine Alarmschwelle für Stickstoffdioxid und zum Schutz der Vegetation ein kritischer Wert für Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>) sowie Zielwerte, langfristige Ziele, Informationsschwellen und Alarmschwellen zum Schutz der menschlichen Gesundheit vor bodennahem Ozon festgelegt. Tabelle 1 zeigt die Immissionsgrenzwerte für Feinstaub und Stickstoffdioxid, welche die gesundheitlich relevanten und teils von Grenzwertverletzung betroffenen Schadstoffe in Leipzig darstellen.

Tabelle 1: Grenzwerte für Feinstaub (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) (Stadt Leipzig, 2018b)

Schadstoff	Kenngröße	Einheit	Grenzwert (Überschreitungen im Kalenderjahr)	Frist für die Einhaltung
Feinstaub (PM <sub>10</sub> )	24-Stunden-Wert		50 (35)	01.01.2005
	Jahresmittelwert		40	01.01.2000
Feinstaub (PM <sub>2,5</sub> )	Jahresmittelwert	μg/m³	25	01.01.2015
Sticketoffdioxid (NO.)	1-Stunden-Wert		200 (18)	01.01.2010
Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )	Jahresmittelwert		40	01.01.2010

In der Stadt Leipzig wurde der für die Belastung mit Stickstoffdioxid gesetzlich fixierte Grenzwert für das Jahresmittel an der verkehrsnahen Messstation Leipzig - Mitte in den zurückliegenden Jahren nahezu durchgängig überschritten. An der zweiten verkehrsnahen Messstation Leipzig - Lützner Straße kam es zuletzt ebenfalls zu Überschreitungen. Die stadtweite rechnerische Analyse der Luftbelastung zeigt bezogen auf das Jahr 2015, dass in Leipzig insgesamt 2009 Einwohner auf einer Straßenlänge von rund 3,1 km von einer  $NO_2$ -Grenzwertüberschreitung betroffen waren. Die höchsten rechnerisch in der Stadt ermittelten Belastungen für Stickstoffdioxid wurden mit 49  $\mu$ g/m³ festgestellt, womit diese deutlich höher als die messtechnisch ermittelten Ergebnisse der Luftqualitätsüberwachung der drei Leipziger Stationen lagen (Stadt Leipzig, 2018b).

Aufgrund der Überschreitungen der in Tabelle 1 genannten Immissionsgrenzwerte wurde der bereits 2009 erarbeitete Luftreinhalteplan fortgeschrieben und befindet sich gerade in der Beschlussphase.

#### **Green City Plan**

Im Ergebnis des 1. Nationalen Forums Diesel am 2. August 2017 wurde zur Unterstützung der Kommunen bei der längerfristigen Gestaltung nachhaltiger und emissionsfreier Mobilität zum ersten Kommunalgipfel am 4. September 2017 ein Fonds "Nachhaltige Mobilität für die Stadt" aufgelegt. Dieser richtet sich an die von Grenzwertüberschreitungen und NO<sub>2</sub>-Belastungen betroffenen Regionen und Kommunen.

Für einen Teil der Fördermittel muss ein individueller Masterplan (Green City Plan) zur Reduktion der Luftschadstoffbelastung und entsprechenden Maßnahmen (Umsetzung bis 2020) zur Digitalisierung von Verkehrssystemen und intermodalen Mobilitätslösungen von den Kommunen erstellt werden. Die Erstellung der Masterpläne konnten im Rahmen der Förderrichtlinie "Automatisiertes und vernetztes Fahren" (Stand 30. August 2017) mit dem Sonderprogramm zur Masterplanerstellung zur Automatisierung und Vernetzung im Straßenverkehr Zuwendungen beantragt werden. Das BMVI gewährt nach Maßgabe der genannten Förderrichtlinie sowie der Allgemeinen Verwaltungsvorschriften zu den §§ 23 und 44 der Bundeshaushaltsordnung (VV-BHO) Zuwendungen für Vorhaben von Gebietskörperschaften. Die Stadt Leipzig hat für die Erarbeitung des Green City Plans am 20. Dezember 2017 einen Zuwendungsbescheid in Höhe von 530.878,00 Euro erhalten.

#### 2.2 Einordnung des Green City Plans

Das von der Bundesregierung im Rahmen des zweiten Kommunalgipfels am 28. November 2017 initiierte "Sofortprogramm Saubere Luft 2017 bis 2020" ist ein Maßnahmenpaket zur Verbesserung der Luftqualität in den Städten. Dieses soll den Kommunen möglichst schnelle Maßnahmenumsetzungen ermöglichen.

Gegenstand des Programms sind Maßnahmen für den Ausbau der Elektromobilität, zur Digitalisierung von Verkehrssystemen und zur Nachrüstung von Diesel-Bussen im ÖPNV. Die Umsetzung des Sofortprogramms erfolgt auf Grundlage bestehender Förderrichtlinien, welche finanziell aufgestockt wurden, sowie erforderlicher neuer Förderprogramme des Bundes.

Für den Abruf von Fördermitteln zur Umsetzung von Maßnahmen im Bereich der Digitalisierung des Verkehrs, ist die Erstellung eines "Green City Plans" für die Antragsberechtigung eine notwendige Voraussetzung. Der Green City Plan für die Stadt Leipzig fügt sich in ein Netz städtischer Planungen zur nachhaltigen Mobilität ein (Abbildung

1) und greift zahlreiche inhaltliche Aspekte auf, welche weiter konkretisiert und mit Kosten untersetzt werden.

Mit dem Beschluss (VI-DS-01293) zur Entwicklung Leipzigs zur "Stadt für intelligente Mobilität" soll die zukünftige Mobilität in der Stadt Leipzig abgasarm, leise, elektrisch, effizient, intermodal und wirtschaftlich nachhaltig umgesetzt werden. Dies entspricht auch den Zielen der Luftreinhaltung (Beschluss Nr. RBV/4318 und Nr. VI-Ifo-04887-DS-01), der Lärmaktionsplanung (Beschluss-Nr. RBV-1914/13) sowie des Klimaschutzes (EKSP-Beschluss Nr. RBV-2072/14).



Abbildung 1: Green City Plan im Kontext zu anderen städtischen Planungen

Die Stadt Leipzig hat sich zum Ziel gesetzt, den Umweltverbund zu stärken. Diesem Ansinnen folgend, sind kommunale Planungen, wie beispielsweise die Ausweisung neuer Wohngebiete oder Einrichtungen der Daseinsvorsorge, so auszurichten, dass möglichst viele Wege zu Fuß, mit dem Fahrrad oder öffentlichen Verkehrsmitteln bewältigt werden können.

Der Modal Split stellt einen messbaren Indikator dar, anhand dessen sich das Mobilitätsverhalten der Bevölkerung beurteilen lässt. Er beschreibt die Verkehrsmittelwahl der Leipziger für ihre täglichen Wege. Mit Beschluss des Stadtentwicklungsplanes "Verkehr und öffentlicher Raum" (Step VöR) (Nr. DS-00523/14-DS-008) im Jahr 2015 (Stadt Leipzig, 2015b) wurden die in Tabelle 2 dargestellten Zielwerte bezogen auf das Jahr 2025 formuliert. Erklärtes Ziel ist es, bis 2025 den Anteil des Umweltverbundes auf 70 % zu erhöhen. Um dem gesamtstädtischen Leitbild einer nachhaltigen Mobilität zur Sicherung einer hohen Lebensqualität in unserer Stadt zu entsprechen, bedarf es zur Zielerreichung weiterer Anstrengungen und entsprechender Investitionen.

Die aufgezeigten Maßnahmen im vorliegenden Dokument stehen größtenteils unter Finanzierungsvorbehalt, beziehungsweise sind nicht ohne Fördermittel umsetzbar. Für eine Umsetzung ist damit eine Bereitstellung und Bewilligung von Bundes- und Landesmittel erforderlich.

Tabelle 2: Orientierungs-/Zielwerte für den Modal Split im Jahr 2015 und 2025

Mahilitätafarm	Modal Split in %	
Mobilitätsform	IST (2015)	SOLL (2025)
zu Fuß	25,4	27
Fahrrad	17,3	20
ÖPNV	17,6	23
MIV- Mitfahrer	9,3	8
MIV- Fahrer	30,4	22

#### **Erarbeitung des Green City Plans**

Die Erarbeitung der Maßnahmen innerhalb der Arbeitspakete zur umweltfreundlichen und emissionsfreien Mobilität erfolgte arbeitsteilig durch das Verkehrs- und Tiefbauamt (VTA), das Amt für Wirtschaftsförderung (AfWiFö), das Hauptamt (HA), der Leipziger Versorgungsund Verkehrsgesellschaft mbH (LVV) und dem Amt für Umweltschutz (AfU). Die fachliche Erarbeitung erfolgte durch das VTA, das AfWiFö, das HA und der LVV. Zudem wurden zur Bewältigung des Arbeitsaufwandes verschiedene Büros beauftragt und somit Expertenmeinungen erfolate hinzugezogen. lm Amt für Umweltschutz Gesamtkoordinierung sowie die Zusammenführung der Ergebnisse und Maßnahmenbewertung.

Um einen schnellen Überblick über die Maßnahmen zu erhalten, wurde eine einheitliche Darstellung in Form von Maßnahmenblättern (Anhang 4) entwickelt. In diesen sind die wichtigsten Informationen, u. a. zum Wirkungspotential, den Kosten und der Umsetzung dargelegt, um eine möglichst hohe Effizienz in der Zielerreichung, der Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionsbelastung bei der Maßnahmenumsetzung zu gewährleisten.

Tabelle 3: Übersicht über Bezeichnung und Ziele der Arbeitspakte

Arbeits- paket	Titel	Ziel des AP
AP 1	verkehrsorganisatorische Maßnahmen/Verknüpfung Leitsysteme MIV/ÖPNV	Verbesserung der Verkehrsflüsse und dadurch Verringerung verkehrsbedingter Emissionen (NO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , Lärm)
AP 2	Mobility as a Service (MaaS)	Konzepterstellung zur Errichtung neuer und Erweiterung vorhandener P&R-Plätze unter Berücksichtigung und Erweiterung des Netzes an Mobilitätsstationen und –punkten
AP 3	Konzept zur Erweiterung zur Erweiterung und Integration von Leipzig mobil in deutschlandweite Mobilitätsanwendungen	Erwerb von Tickets, Anzeige der Verfügbarkeit und Buchung von E-Fahrzeugen und Fahrrädern/E-Bikes/Lastenrädern in bundesweit funktionierenden und bekannten Anwendungen
AP 4	abgasoptimierte Busflotte/kommunaler Fuhrpark	Konzepterstellung zur Erweiterung der E-Bus-Flotte zur Minimierung des Schadstoffausstoßes
AP 5	Konzepterstellung für den Ausbau einer öffentlichen Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge	Erstellung einer Informationsgrundlage hinsichtlich der benötigten Ladeinfrastruktur in Abhängigkeit von Markthochlaufszenarien, affinen Nutzergruppen, baulichen Vorrausetzungen, technologischen Entwicklungen/ Vorrausetzungen und möglichem Finanzbedarf
AP 6	Einsatz autonomer Fahrzeuge	Voruntersuchung zum Einsatz eines autonomen E- Shuttlebusses im Leipziger Norden
AP 7	emissionsarme Logistik für den Wirtschaftsverkehr	Konzepterstellung für eine emissionsarme Gestaltung der Logistik im Wirtschaftsverkehr und in Pilotquartieren

Entsprechend des vorausgegangenen Projektantrags wurde der Green City Plan in sieben verschiedene Arbeitspakete (AP) (siehe Tabelle 3) plus eine Maßnahmenbewertung untergliedert und inhaltlich unter den verschiedenen Projektpartnern aufgeteilt. Während der Erarbeitungsphase waren der Austausch und die Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten von zentraler Bedeutung. Um Synergien zwischen den Arbeitspaketen bzw. den Maßnahmen zu identifizieren und ggf. vorhandene Problemfelder zu erkennen wurden Schnittmengen der einzelnen Arbeitspakete festgehalten.

Die Aufschlüsselung der Kosten ist in den jeweiligen Maßnahmenpaketen (Kapitel 3) genauer beschrieben. Für einige Maßnahmen (z. B. für E-Busse, Ladesäulen) können konkrete Kosten benannt werden. Andere Maßnahmen werden dagegen nur mit Kostenschätzungen untersetzt. Diese gründen auf Erfahrungswerten aus ähnlichen Ausführungen (z. B. Umsetzungsmaßnahmen RBLSA) und aus Projekterfahrungen. Mit der Beschreibung der Maßnahmen samt Kostendarstellung schafft der Masterplan die Voraussetzung für die Inanspruchnahme von Fördermitteln des Bundes. Sofern es möglich ist, werden die für eine Umsetzung der Maßnahmen erforderlichen Fördermittelprogramme samt Förderquote benannt.

Das Wirkungspotential einer Maßnahme bzw. eines Maßnahmenpaketes zeigt die emissionsreduzierende Wirkung bzgl. NO<sub>x</sub>/NO<sub>2</sub> bei Maßnahmenumsetzung. Die Darstellung erfolgt stufenweise und orientiert sich je Stufe an der Wirkungsbreite des Luftreinhalteplans der Stadt Leipzig. Quantitative Informationen zu den erwarteten Immissionsentwicklungen werden plausibel und nach dem aktuellen Stand der Wissenschaft dargelegt und begründet. Zur Abschätzung der Wirksamkeit einer Maßnahme wird in Anlehnung an den Luftreinhalteplan der Stadt Leipzig (Stadt Leipzig, 2018b) der Nullfall als Vergleichsprognose herangezogen. Dieser bildet die prognostizierte Luftqualität bis 2020 ab, wenn keine weiteren Maßnahmen zur Senkung der Emissionen ergriffen würden. Dem Prognosenullfall steht im Green City Plan die Prognose unter Berücksichtigung der jeweiligen Maßnahme(n) gegenüber. Aufgrund der Wirkungsbreite der Maßnahmen sowie getroffener Annahmen, der Querbezüge und Synergien zwischen den Maßnahmen sowie der knappen Erarbeitungszeit kann das beschriebene Wirkungspotential z. T. nur als Richtgröße zur Abschätzung dienen. Während einige Maßnahmen einen direkten Einfluss auf die NO<sub>x</sub>/NO<sub>2</sub>-Entwicklung zeigen (z. B. Austausch von Dieselbussen durch E-Busse), können andere Maßnahmen nur ein indirektes Reduktionspotential wiederspiegeln (z. B. E-Ticketing, Attraktivitätssteigerung des ÖPNV, Ladesäuleninfrastruktur), das auch entsprechend schwieriger abbildbar ist.

Grundsätzlich wird für jede Maßnahme das stadtweite Emissionsminderungspotential (NO $_x$ ) angegeben. Für einzelne Maßnahmen wurden straßenbezogene Angaben ergänzt. Die Emissionsminderungen wurden von den Projektpartnern bzw. beauftragten Büros entsprechend der bestehenden Datenbasis und auf Grundlage der Wissenschaft sowie praktischer Erfahrung erarbeitet und dargestellt. Die Ermittlung der Emissionsminderung erfolgt in Kilogramm je Jahr (kg/a). Auf Basis dieser Werte wurden die NO $_2$ -Immissionsminderungspotentiale ermittelt und in Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu$ g/m³) angegeben.

Die einzelnen Maßnahmen haben unterschiedliche Umsetzungshorizonte. Während einige Maßnahmen schrittweise umgesetzt werden und damit eine längerfristige Wirkungsentfaltung aufweisen (z. B. Elektrifizierung des Fuhrparkes) haben andere Maßnahmen eine sofortige Wirkung ab dem Zeitpunkt der Umsetzung (z. B. Verkehrsflussdosierung).

Die Maßnahmen können aus finanziellen, personellen und logistischen Gründen nicht alle zeitgleich umgesetzt werden. Dies gilt sowohl innerhalb der Arbeitspakete als auch maßnahmenübergreifend. Sofern darstellbar, erfolgt eine Angabe in Jahresscheiben. In Anlehnung an den LRP wird 2020 als Bezugsjahr zugrunde gelegt.

#### 3 Maßnahmen

Der größte Verursacher von  $NO_x$ -Emissionen in Leipzig stellt mit einem Anteil von 79 % der Verkehrssektor (Straße, Eisenbahn, Schiff, Flug) dar. Allein 71 % der Emissionen entstehen motorbedingt durch den Straßenverkehr (Stadt Leipzig, 2018b). Damit verbunden ist eine zunehmende Gesundheitsbelastung der Leipziger Bevölkerung. Ein Großteil der Maßnahmen zielt daher auf die Reduktion des Straßenverkehrs ab. Das bedeutet aber nicht automatisch einen Verlust an persönlicher und gesellschaftlicher Mobilität. Vielmehr muss diese durch die Nutzung alternativer Verkehrsmittel, wie dem Rad, den ÖPNV oder auch zu Fuß, sowie neue intelligente Mobilitätsformen, wie das Sharing, erbracht und gewährleistet werden. Die Etablierung einer nachhaltigen Mobilität ist daher für unsere und zukünftige Generationen von zentraler Bedeutung.

Der Green City Plan für die Stadt Leipzig beinhaltet 26 Einzelmaßnahmen zur Reduzierung des gesundheitsschädlichen NO<sub>2</sub>. Dazu gehören u. a. Maßnahmen in den Bereichen umweltsensitive Verkehrssteuerung, Elektromobilität, abgasoptimierte Busflotte, Attraktivitätssteigerung im ÖPNV (z. B. E-Ticketing) und autonomes Fahren (Abbildung 2).

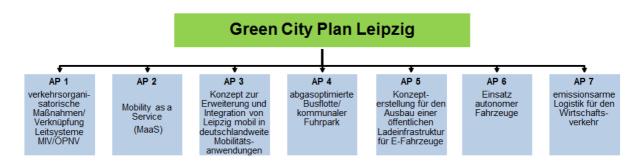
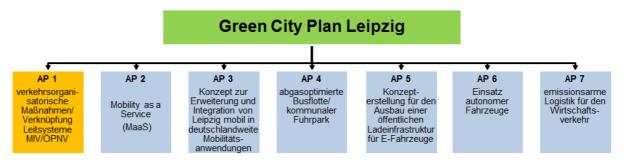


Abbildung 2: Arbeitspakete des Green City Plans der Stadt Leipzig

Die Maßnahmen sind zum großen Teil nur vorbehaltlich der Bewilligung von Fördermitteln realisierbar. 17 der dargestellten Maßnahmen können im Rahmen der Förderrichtlinie "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme" und 9 weitere Maßnahmen z. T. über andere Förderrichtlinien des "Sofortprogramms Saubere Luft 2017 - 2020 gefördert werden.

Die Angabe des NO<sub>2</sub>-Minderungspotentials bezieht sich auf das stadtweite Jahresmittel für das Jahr 2020.

# 3.1 Verkehrsorganisatorische Maßnahmen an Hotspots/Verknüpfung der Leitsysteme MIV/ÖPNV



Das Arbeitspaket 1 beinhaltet folgende Maßnahmen:

- a) umweltorientierte Verkehrssteuerung an Hotspots
- b) dynamische Routenführung und Verkehrsinformation
- c) Monitoring/Verkehrslageerfassung MIV
- d) Verkehrslageerfassung auf Basis von ÖPNV-Daten mit alternativer Linienführung
- e) RBLSA-Maßnahmen
- f) Verkehrssteuerung in der Innenstadt

#### a) Umweltorientierte Verkehrssteuerung an Hotspots

Durch reduzierte Freigabezeiten an den Lichtsignalanlagen (LSA) wird eine Verbesserung des Verkehrsflusses auf den von Grenzwertverletzung betroffenen Abschnitten angestrebt. Gleichzeitig sinkt insbesondere durch eine geänderte Routenwahl die Kfz-Belegung in den sensiblen Straßenabschnitten.

Eine konkrete umweltsensitive Steuerung (Verkehrsflussdosierung) soll an vier Hotspots (vgl. Entwurf LRP, Stadt Leipzig, 2018b) umgesetzt werden:

- Jahnallee,
- Eutritzscher Straße,
- · Berliner Straße und
- Harkortstraße

Da die verkehrliche Reduzierung und Verkehrsverstetigung insbesondere zur Verringerung der  $PM_{10}$ -Belastung alleine nicht ausreicht, soll in der Berliner Straße zusätzlich zur Verkehrsflussdosierung eine Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h angeordnet werden.

Die Maßnahmen an den Hotspots bezwecken eine gleichmäßige Verkehrsverringerung, diese soll durch eine umweltsensitive Steuerung unter Berücksichtigung von Umwelt- und Wetterdaten aufgewertet werden. Die erhobenen Daten sollen die Basis für situativ angepasste und automatisiert geschaltete Strategien, auch stadtweit, sein.

#### Wirkungspotential

Das durchschnittliche Minderungspotential beträgt für die NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung im Jahresmittel 3 bis 4 µg/m³ bezogen auf das Jahr 2020.

Tabelle 4: Minderungspotential durch Verkehrsflussdosierung

Hotspot	Minderung NO <sub>2</sub> in µg/m <sup>3</sup>
Jahnallee	3
Eutritzscher Straße	3
Berliner Straße	4
Harkortstraße	4

#### Kosten

Zur Umsetzung der Maßnahme sind für Planung und Umsetzung Finanzmittel in Höhe von 596.500 Euro erforderlich. Zudem werden für die Erfassung von Umweltdaten Gesamtkosten in Höhe von 500.000 Euro kalkuliert.

Tabelle 5: Kosten – Verkehrsflussdosierung an Hotspots

Hotspot	Koste	n in Euro	Jahr
поізрої	Planung	Umsetzung	Planung/Umsetzung
Jahnallee	20.000	45.000	2018/2019
Eutritzscher Straße	25.000	160.000	2018/2019
Berliner Straße	15.000	115.000	2018/2019
Harkortstraße	15.000	201.500	2018/2019
Erhebung von Umweltdaten für eine umweltsensitive Verkehrssteuerung	50	00.00	2019

#### b) Dynamische Routenführung und Verkehrsinformation

Die Maßnahmen unter 1 a sollen in ein stadtweites System eingebunden werden. Dazu sollen im Umfeld der Hotspots (Vgl. Maßnahme 1 a) LED-Informationstafeln mit aktuellen Informationen zur Verkehrsführung sowie ggf. Wechselwegweiser errichtet werden.

Zudem sollen weitere LED-Informationstafeln an den Haupteinfahrtsstraßen mit Informationen grundsätzlicher Art, z. B. Verweis auf Park+Ride-Plätze installiert werden.

#### Wirkungspotential

Es wird davon ausgegangen, dass die  $NO_2$ -Minderung stadtweit im Jahr 2020 unter 1  $\mu g/m^3$  beträgt.

#### Kosten

Für die Installation der Informationstafeln wird ein Finanzbedarf in Höhe von 1,50 Mio. Euro kalkuliert.

#### c) Monitoring/Verkehrslageerfassung MIV

Nach der Umsetzung der unter a) genannten Maßnahmen ist es erforderlich, zu überprüfen, ob die beabsichtigte verkehrliche Entlastung erreicht wurde. Hierzu bedarf es einer Überwachung der Kfz-Verkehrsstärke. Dies kann durch Verkehrszählungen sichergestellt werden. Zudem ist es erforderlich, die Verkehrssituationen, die im Zuge der rechnerischen

Modellierung der Emissionen angenommen wurden, zu verifizieren sowie eine Verkehrslageerfassung durchzuführen.

#### Wirkungspotential

Das Monitoring selbst bewirkt keine Minderung der  $NO_2$ -Immissionen. Es dient aber der Wirksamkeitskontrolle der unter a) benannten Maßnahmen und zeigt einen ggf. erforderlichen Nachsteuerungsbedarf an.

#### Kosten

Ab 2019 sind für die Umsetzung dieser Maßnahme 510.000 Euro erforderlich.

Tabelle 6: Kosten – Monitoring/Verkehrslageerfassung

und 73 generiert.

Sachverhalt	Kosten in Euro	Jahr
Verkehrszählung/-auswertung	20.000/Jahr	ab 2019
Ermittlung Verkehrssituation/ Luftschadstoffberechnung	40.000	ab 2019
Verkehrslageerfassung	450.000	ab 2019

# d) Verkehrslageerfassung auf Basis von ÖPNV-Daten mit alternativer Linienführung

Fahrzeuge des öffentlichen Verkehrs (ÖV) senden kontinuierlich ihre Position an das rechnergestützte Betriebsleitsystem (RBL). Auf den zu befahrenden Streckenabschnitten befinden sich definierte Meldepunkte, über die es möglich ist, mit Hilfe der benötigten Fahrtzeit zwischen ihnen auf die mittlere Geschwindigkeit der Fahrzeuge zu schließen. Ergänzend dazu lassen sich auch zeitlich und räumlich variabel getaktete Positionsdaten von Fahrzeugen des öffentlichen Verkehrs für die Schätzung der Verkehrslage auf dem jeweiligen Streckenabschnitt verwenden. Diese Anwendung eignet sich im besonderen Maße auf Mischverkehrsstrecken, auf denen die Durchfahrt der ÖV-Fahrzeuge behindert ist. Anhand der Kenntnis über die Verkehrslage des öffentlichen Verkehrs werden nachfolgende ÖV-Fahrzeuge von der Nominal- auf eine Alternativroute geleitet. Das hätte zur Folge, dass die Verfügbarkeit des öffentlichen Verkehrsangebots bestehen bliebe und der öffentliche Verkehr zuverlässig auch im Falle eines Staus agieren könnte.

Folgende Mischverkehrsstrecken eignen sich zur Verkehrslageerfassung auf Basis von ÖPNV-Daten:

- 1) Bereich Eisenbahnstraße zwischen dem Torgauer Platz und dem Friedrich-List-Platz: Der Standardlinienweg der Linien 3 und 8 führt zwischen dem Torgauer Platz und dem Friedrich-List-Platz über die Eisenbahnstraße. Als alternativer Linienweg können beide oder nur eine Linie über die Torgauer Straße, Wurzener Straße, Dresdner Straße und Kohlgartenstraße geleitet werden.
  Auf der Eisenbahnstraße verkehrt weiterhin die Linie 1 zur Bedienung der betroffenen Haltestellen. Die Verkehrslage auf der Alternativstrecke wird durch die Linien 7, 72
- 2) Bereich Dresdner Straße zwischen Johannisplatz und der Kohlgartenstraße: Der Standardlinienweg der Linien 4 und 7 führt zwischen Hauptbahnhof und Kohlgartenstraße über die Dresdner Straße zur Haltestelle Reudnitz, Koehlerstraße. Als alternativer Linienweg können beide oder nur eine Linie zwischen den Haltestellen Hauptbahnhof und Reudnitz, Koehlerstraße die Eisenbahnstraße befahren. Bei dieser Linienführung entfällt die Haltestelle Gerichtsweg. Die Haltestelle

- Augustusplatz wird weiterhin mit zahlreichen Linien bedient. Die Verkehrslage auf der Alternativroute wird durch die Linien 1, 3, 8, 72 und 73 ermittelt.
- 3) Bereich Georg-Schumann-Straße zwischen der Haltestelle Chausseehaus und dem Knotenpunkt Georg-Schumann-Straße/Lützowstraße:

  Der Standardlinienweg der Linien 10 und 11 verläuft zwischen dem Wilhelm-Liebknecht-Platz und dem Knotenpunkt Georg-Schumann-Straße/Lindenthaler Straße über die Eutritzscher Straße und die Georg-Schumann-Straße. Im Staufall besteht die Möglichkeit, beide oder nur eine Linie alternativ über die Michaelisstraße, den Nordplatz, die Gohliser Straße, die Menckestraße, die Wolfener Straße zum Knotenpunkt Georg-Schumann-Straße/Lindenthaler Straße zu führen. Die Haltestelle Georg-Schumann-Straße/Lützowstraße wird in dem Falle weiterhin durch die Linie 12 und die Haltestelle Chausseehaus durch die Linie 16 bedient. Die Verkehrslage auf der Alternativroute kann mit Ausnahme des kurzen Abschnitts Michaelisstraße (Betriebsstrecke) durch die Linien 4 und 12 ermittelt werden.
- 4) Bereich Jahnallee zwischen den Haltestellen Leibnitzstraße und Waldplatz: Der Standardlinienweg der Linien 3, 4, 7, 15 und des Busses 131 führt zwischen den Knotenpunkten Goerdelerring und Waldplatz über die Jahnallee. Bei verkehrlichen Einschränkungen kann eine alternative Führung der Linien oder ausgewählter Linien über den Goerdelerring, die Käthe-Kollwitz-Straße, den Westplatz und die Friedrich-Ebert-Straße geführt werden. Die Haltestelle Leibnizstraße kann in diesem Fall nicht bedient werden, was aufgrund der kurzen Entfernungen zu den Haltestellen Waldplatz, Gottschedstraße und Goerdelerring seitens der Leipziger Verkehrsbetriebe als vertretbar angesehen und bspw. über entsprechende Fahrgastinformationen dem Fahrgast vermittelt wird. Die Verkehrslage auf dem alternativen Linienweg kann über die Linien 1, 8 und 14 ermittelt werden.

Die Verbindung der Maßnahmen 1 c und 1 d ermöglicht eine Optimierung der Verkehrslagebestimmung und der Verkehrssteuerung für die verschiedenen Verkehrsarten. Die Maßnahmenumsetzung setzt einen Abwägungsprozess bzgl. der Linienzuverlässigkeit und Benutzerfreundlichkeit an den betroffenen Haltepunkten voraus. Inwieweit der MIV verlagert werden kann oder muss, ist im Rahmen weiterer Prüfungen zu untersuchen.

#### Wirkungspotential

Es wird davon ausgegangen, dass die  $NO_2$ -Minderung stadtweit im Jahr 2020 unter 1  $\mu g/m^3$  beträgt.

#### Kosten

Für die Umsetzung der Maßnahme 1 d werden Kosten in Höhe von 440.000 Euro angenommen. Eine Aufschlüsselung der Kosten nach Jahresscheiben kann der Tabelle 7 entnommen werden.

Für eine Verknüpfung der Maßnahmen 1 c und 1 d werden Kosten in Höhe von 250.000 Euro kalkuliert.

Tabelle 7: Kosten – Verkehrslageerfassung auf Basis von ÖPNV-Daten

Jahr	2018	2019	2020	2021ff
Kosten in Euro	220.000	100.000	80.000	40.000

#### e) RBLSA-Maßnahmen

Das Projekt "Adaptive RBL-gekoppelte LSA - Steuerung zur Qualitätsverbesserung des Verkehrs in Leipzig" (RBLSA) verfolgt den Ansatz, die Bevorrechtigung des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) unter Abwägung aller Verkehrsarten zu ermöglichen, um z. B. den Fahrplan einzuhalten und die Anschlusssicherung im ÖPNV zu gewährleisten.

Seitens des ÖPNV besteht das Ziel, durch die situationsgerechte Beeinflussung der Lichtsignalsteuerung betriebstechnologische Vorgaben zu gewährleisten. Zudem sollen Wartezeiten und Halte vor Lichtsignalanlagen (Behinderungszeiten) reduziert oder vermieden werden, welche zurzeit rund 10 bis 18 Prozent der Gesamtfahrzeit aller Straßenbahnlinien ausmachen. Durch die Empfehlung einer zu fahrenden Geschwindigkeit, unter Berücksichtigung der BOStrab (Verordnung über den Bau und Vertrieb der Straßenbahnen) und DF Strab (Dienstanweisung für den Fahrdienst mit Straßenbahnen), kann unter Verwendung eines Fahrerassistenzsystems zusätzlich Traktionsenergie durch eine vorausschauende und energieeffiziente Fahrweise eingespart werden.

Im Rahmen des Projektes RBLSA sollen, über die Entwicklung eines neuartigen technischen und technologischen Ansatzes, Werkzeuge und Methoden bereitgestellt werden, die eine wirksame Beschleunigung und Qualitätsverbesserung im ÖPNV ermöglichen. Wesentliche Leistungsmerkmale sind:

- Sicherung von Anschlussbeziehungen an relevanten Verknüpfungspunkten
- bedarfs- und fahrplangerechtes Einfädeln an Knoten mit Linienzusammenführung und an eingleisigen Streckenabschnitten
- effektivere Gestaltung der ÖPNV-Sondereingriffe in die LSA-Steuerung
- Reduzierung unnötiger Wartezeiten an Kreuzungspunkten auf eingleisigen Streckenabschnitten
- sinnvolle ÖPNV-Bevorrechtigung in Abhängigkeit der Fahrplanlage und der MIV-Verkehrslage
- Prognose der Reihenfolge und Halteposition von ÖPNV-Fahrzeugen an Doppelhaltestellen

Im Anhang 3 sind weitere relevante RBLSA-Maßnahmen aufgeführt. Die Umsetzung der Maßnahme soll schrittweise erfolgen. Prioritär sollen die Einzelmaßnahmen

- Johannisplatz,
- Odermannstraße/Demmeringstraße,
- Lützner Straße/Saalfelder Straße,
- Hauptbahnhof,
- ab Leibnizstraße bis Waldplatz,
- ab Johannisplatz bis Franzosenallee und
- ab Theodor-Heuss-Straße bis Paunsdorfer Allee

umgesetzt werden.

Im Zuge von RBLSA-Maßnahmen sind weitere Schnittmengen betroffen und werden innerhalb der Maßnahmen neu- oder weiterentwickelt (Tabelle 8).

Tabelle 8: Schnittstellen im Zuge der RBLSA-Maßnahmen

Maßnahme	Kosten in Euro	Minderungspotential in μg/m²
Schnittstellenerweiterung zur Qualifizierung des dynamischen Fahrgastinformation	220.000	< 1
Fahrassistenzsystem - Bordrechnerintegration	400.000	<1
Ergänzung der ÖPNV- Bevorrechtigung auf Funkbasis an	1.920.000	< 1

Maßnahme	Kosten in Euro	Minderungspotential in µg/m²
allen ÖV-LSA		
Ausbau des Qualitätsmanagements für den ÖV an LSA	200.000	< 1
Software-gestützte Erfassung, Analyse und Dokumentation von LSA- Daten/LSA-Verkehrsqualitäten	1.000.000	< 1
Anzeige des Niederfluranteils von Straßenbahnen an Haltestellen	50.000	< 1
Ermittlung des Besetzungsgrades und der Stellplätze für Fahrräder/ Kinderwagen etc. Informations- bereitstellung und Kommunikation zum Fahrgast (z. B. App-Integration)	200.000	< 1

#### Wirkungspotential

Es wird davon ausgegangen, dass gegenüber dem Jahr 2017 aufgrund des Bevölkerungswachstums bis zum Jahr 2020 rund 17.000 mehr Fahrgäste pro Tag die Straßenbahn und rund 4.000 Fahrgäste mehr pro Tag den Bus nutzen werden. Diese Entwicklung wird durch die Maßnahmen im vorliegenden Arbeitspaket gefördert. Darüber hinaus wird angenommen, dass sich durch den Ausbau der RBLSA-Technik der Anteil des ÖPNV am Modal Split erhöht und dem gegenüber der Anteil des MIV am Modal Split sinkt. Aufgrund der überwiegend im PKW-Verkehr verringerten Fahrleistung ist von einer Minderung der NO<sub>x</sub>-Emissionen in Höhe von 1.498 kg im Jahr 2020 auszugehen.

Bei der rechnerisch prognostischen Abschätzung der Minderung der NO<sub>2</sub>-Zusatzbelastung werden die Einzelmaßnahmen zusammenfassend betrachtet.

Zunächst wurde das Ergebnis von den modellierten  $NO_x$ -Gesamtemissionen des Leichtverkehrs im luftreinhalteplanungsrelevanten Straßennetz in der Stadt Leipzig im Jahr 2020 (ca. 510.456 kg ohne Bundesautobahnen) subtrahiert. Fortfolgend wurde die relative Minderung, welche mit Umsetzung der genannten Maßnahmen einhergeht, auf die Emissionen des Leichtverkehrs auf den einzelnen Straßenabschnitten umgelegt. Auf Basis der neu berechneten Emissionen wurde über eine Ausbreitungsrechnung die Belastung für  $NO_x$  bzw.  $NO_2$  ermittelt. Durch Differenzbildung zwischen Nullfall und Planfall kann die mit den Maßnahmen im Jahr 2020 zu erwartenden Reduktion der  $NO_2$ -Gesamtbelastung mit kleiner 1  $\mu$ g/m³ eingeschätzt werden.

#### Kosten

Die Umsetzungskosten werden mit 100.000 Euro pro RBSLA-Anlage angenommen. Diese Angabe beruht auf Erfahrungswerten für Ausführungen in Dresden und Leipzig und umfasst die Kosten für Planung, Umsetzung, Versorgung und Inbetriebnahme.

#### f) Verkehrssteuerung in der Innenstadt

Im Rahmen einer Verkehrspotentialanalyse wurden, unter Berücksichtigung der Quell-, Zielund Durchgangsverkehre, für die Entlastung des Promenadenrings mehrere Szenarien der Verkehrsverlagerung erstellt und im Ergebnis eine Vorzugsvariante ("Zuflussmodifikation aller Richtungen") ermittelt. Der Analyse liegt ein Teilnetz des Integrierten Verkehrsmodells der Stadt Leipzig (Stand Analyse 2015) zugrunde.

Im ersten Schritt wurde geprüft, inwiefern eine Attraktivierung des Tangentenvierecks eine Entlastung des Promenadenrings bewirkt. Hierzu wurden an allen signalisierten Knoten des

Tangentenvierecks die Freigabezeiten zugunsten des Verkehrsflusses in der Hauptrichtung (entlang des Tangentenvierecks) und zu Ungunsten des Verkehrsflusses der Querrichtung umverteilt. In der Analyse wurden Anpassungen der Signalsteuerung, der Signalsteuerung mit Umwandlung von Fahrstreifen (bzgl. Markierung und Bau) sowie Einrichtung einer Signalanlage berücksichtigt.

Für die Umsetzung der Vorzugsvariante werden Anpassungen an 16 Knotenpunkten für erforderlich angesehen.

- Einrichtung einer LSA am Knotenpunkt Brandenburger Straße/Mecklenburger Straße
- Umverteilung von Freigabezeiten am Knotenpunkt Ludwig-Erhard-Straße/Dresdner Straße/Gerichtsweg
- Umwandlung eines Geradeausfahrstreifens in einen zweiten Rechtsabbiegestreifen aus nördlicher Richtung am Knotenpunkt Brandenburger Straße/Am Gothischen Bad
- Umverteilung von Freigabezeiten und Umwandlung eines Geradeausfahrstreifens in einen zweiten Rechtsabbiegestreifen aus östlicher Richtung am Knotenpunkt B2 (Lagerhofstraße)/Mecklenburger Straße
- Umverteilung von Freigabezeiten und Anpassung der Fahrstreifenaufteilung aus östlicher Richtung am Knotenpunkt Eutritzscher Straße/Parthenstraße/Gerberstraße/ Berliner Straße
- Umverteilung von Freigabezeiten am Knotenpunkt Berliner Straße/Wittenberger Straße/Rackwitzer Straße
- Umverteilung von Freigabezeiten am Knotenpunkt Prager Straße/Gerichtsweg
- Umverteilung von Freigabezeiten und Umwandlung des reinen Geradeausfahrstreifens in einen zweiten Linksabbiegestreifen aus westlicher Richtung am Knotenpunkt Jahnallee/Marschnerstraße/Am Sportforum
- Umverteilung von Freigabezeiten und Umwandlung des reinen Geradeausfahrstreifens in einen Linksabbiegestreifen aus westlicher Richtung am Knotenpunkt Käthe-Kollwitz-Straße/Marschnerstraße
- Umverteilung von Freigabezeiten am Knotenpunkt Gerichtsweg/Täubchenweg
- Umverteilung von Freigabezeiten am Knotenpunkt Kurt-Eisner-Straße/Karl-Liebknecht-Straße
- Umverteilung von Freigabezeiten am Knotenpunkt Semmelweisstraße/Zwickauer Straße
- Umwandlung des reinen Geradeausfahrstreifens in einen zweiten Linksabbiegestreifen aus südlicher Richtung am Knotenpunkt Prager Straße/Schönbachstraße/Ludolf-Colditz-Straße/An der Tabaksmühle
- Anpassung der Fahrstreifenaufteilung aus südöstlicher Richtung am Knotenpunkt Straße des 18. Oktober/Johannisallee
- Umverteilung von Freigabezeiten am Knotenpunkt Kurt-Eisner-Straße/Arthur-Hoffmann-Straße
- Umverteilung von Freigabezeiten und Freigabe des Linksabbiegens aus n\u00f6rdlicher Richtung am Knotenpunkt Wundtstra\u00dfe/Kurt-Eisner-Stra\u00dfe/Schleu\u00dfiger Weg

#### Wirkungspotential

Die verkehrsorganisatorischen Anpassungen im Straßennetz bewirken eine Minderung der Verkehrsbelegung auf dem Promenadenring, zugleich aber auch eine Erhöhung der Verkehrsbelegung auf dem so genannten Tangentenviereck. Abbildung 3 visualisiert den Promenadenring um das Innenstadtzentrum von Leipzig und im Weiteren das Tangentenviereck. Farblich dargestellt ist die Differenzbelastung der Jahresmittelwerte Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), wie sie sich aus der rechnerischen Modellierung des Planfalls (Netzfall 2020 mit Zuflussmodifikation aller Richtungen) und des Nullfalls ergibt. Hierbei handelt es sich um eine orientierende rechnerische Abschätzung mit alleinigem Fokus auf die zum Promenadenring und zum Tangentenviereck gehörenden Straßenabschnitte und aus

zeitlichen Gründen ohne nähere Betrachtung verkehrssituativer Änderungen. Vor Umsetzung der Planung ist eine netzfeine Untersuchung der Wirkung des Maßnahmenpakets unter Betrachtung der verkehrssituativen Änderungen erforderlich. Die Entlastung des Promenadenrings wird im Planfall durch überwiegend grün eingefärbte Abschnitte mit einer Reduktion der NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung um bis zu 1 µg/m³ deutlich sichtbar.

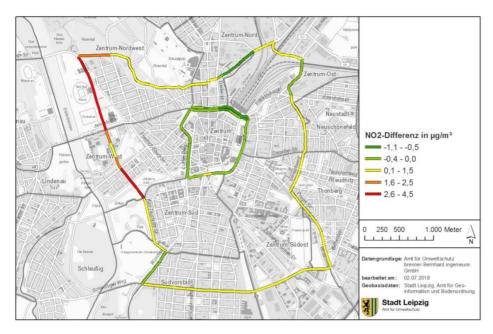


Abbildung 3: Differenz aus den Jahresmittelwerten der Gesamtbelastung mit Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) – Netzfall 2020 mit Zuflussmodifikation aller Richtungen (Planfall) minus Netzfall 2020 (Nullfall)

Die Umsetzung der Maßnahme ist derzeit nicht mit der Realisierung der Verkehrsflussdosierung in der Berliner Straße (vgl. Maßnahme 1 a) vereinbar. Hierfür ist eine vertiefende Untersuchung notwendig. Zudem sind flankierende Maßnahmen erforderlich, die eine Zusatzbelastung im Bereich des Tangentenvierecks vermeiden. Hierbei ist auch der ÖPNV zu berücksichtigen.

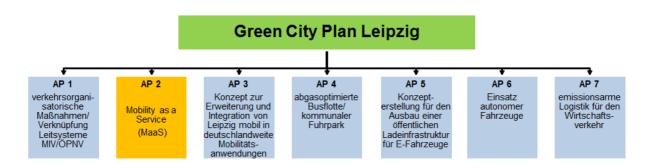
#### Kosten

Für die Maßnahme werden Gesamtkosten in Höhe von 510.000 Euro angenommen.

Tabelle 9: Kostenaufteilung – Verkehrssteuerung in der Innenstadt

Knotenpunkt	Kosten in Euro
B 2/Mecklenburger Straße	100.000
Ludwig-Erhard-Straße/Dresdner Straße	50.000
Berliner Straße/Rackwitzer Straße/Wittenberger Straße	50.000
Prager Straße/Gerichtsweg	20.000
Brandenburger Straße/Am Gothischen Bad	5.000
B 2 (Lagerhofstraße)/Mecklenburger Straße	30.000
Parthenstraße/Berliner Straße/Eutritzscher Straße/Gerberstraße	40.000
Marschnerstraße/Am Sportforum/Jahnallee	30.000
Marschnerstraße/Käthe-Kollwitz-Straße	30.000
Gerichtsweg/Täubchenweg	30.000
Kurt-Eisner-Straße/Karl-Liebknecht-Straße	20.000
Semmelweisstraße/Zwickauer Straße	20.000
Prager Straße/Schönbachstraße/Ludwig-Colditz-Straße	20.000
Straße des 18. Juni/Johannisallee	5.000
Kurt-Eisner-Straße/Arthur-Hoffmann-Straße	20.000
Kurt-Eisner-Straße/Wundtstraße/Schleußiger Weg	40.000

#### 3.2 Mobility as a Service



Mobilitätsstationen sowie Bike+Ride- und Park+Ride-Anlagen sind infrastrukturelle Angebote an die Verkehrsteilnehmer, die ein komfortables Umsteigen zwischen den Verkehrsträgern ermöglichen sollen und damit die Nutzung des Umweltverbundes attraktiver machen. Mobilitätsstationen verfolgen dabei den weitreichendsten Ansatz in der Verknüpfung des öffentlichen Verkehrs mit Car- und Bike-Sharing, Stellplätzen für (Lasten-)Fahrräder sowie Lademöglichkeiten für elektrische Fahrzeuge.

Das Arbeitspaket zwei beinhaltet dazu vier Einzelmaßnahmen:

- a) Mobilitätsstationen
- b) Ausbau Bike+Ride
- c) Verbesserung und Erweiterung Park+Ride
- d) Wachstum elektromobil gestalten

#### a) Mobilitätsstationen

In der Analyse wurden neben statistischen Daten der Bestand des Angebots zum öffentlichen Verkehr, Carsharing und Bikesharing, die Planungen der Leipziger Verkehrsbetriebe für weitere Mobilitätsstationen, die Pläne der in Leipzig tätigen Anbieter von Car- und Bikesharing sowie die Masterarbeiten von Marius Dörner (2017) und Lisa Marie Otto (2017) berücksichtigt. Frau Otto hat ihr Carsharing-Konzept für Leipzig auf der Basis einer Nutzwertanalyse zur Bestimmung geeigneter und weniger geeigneter Quartiere in Leipzig aufgebaut und daraus eine Potentialabschätzung für den Bereich Carsharing entwickelt.

Die Planung sieht vor, im Förderzeitraum 25 Mobilitätsstationen, vorbehaltlich der Fördermittelbereitstellung, aus einer Liste mit 30 möglichen Standorten (siehe Tabelle 10) zu realisieren.

Tabelle 10: Mögliche Standorte für Mobilitätsstationen

Ortsteil	Standort	Priorität
Zentrum-Südost	Johannisplatz	2
Zentrum-Süd	Mozartstraße/Grassistraße	2
Zentrum-West	Sebastian-Bach-Straße/Marschnerstraße (Mobilpunkt)	3
Zentrum-Nordwest	Zoo	3
	Feuerbachstraße/Waldstraße	4
Schönefeld-Abtnaundorf	Stöckelplatz	4
Neustadt-Neuschönefeld	Einertstraße/Eisenbahnstraße	4
	Hermann-Liebmann-Straße/Eisenbahnstraße	2
Reudnitz-Thonberg	Koehlerstraße	3

Ortsteil	Standort	Priorität
	Breite Straße	2
	Ostplatz	4
	Kurt-Günther-Straße/Holsteinstraße (Mobilpunkt)	3
Stötteritz	Breslauer Straße/Papiermühlstraße	3
	Weißestraße/Arnoldstraße	4
	Rathaus Stötteritz	2
Südvorstadt	Schenkendorfstraße	2
	Karl-Liebknecht-Straße/Kurt-Eisner-Straße	1
	Kurt-Eisner-Straße/Lößniger Straße	1
	Steinplatz	3
Connewitz	Wolfgang-Heinze-Straße/Basedowstraße	2
Schleußig	Könneritzstraße/Schnorrstraße (Mobilpunkt)	3
· ·	Karlbrücke	1
Plagwitz	Elsterpassage	3
· ·	S-Bahnhof Plagwitz	2
Lindenau	Felsenkeller	2
Altlindenau	Diakonissenkrankenhaus	1
	Friesenstraße/William-Zipperer-Straße (Mobilpunkt)	4
	Henriettenstraße/Tapetenwerk	2
Gohlis-Süd	Kirschberstraße/Laubestraße (Mobilpunkt)	1
Gohlis-Mitte	Viertelsweg/Landsberger Straße	3

Zur Umsetzung empfiehlt sich aufgrund der dynamischen Entwicklung der Dienstleistungen in diesem Bereich eine Strategie zur schnellen Sicherung der Flächen mit nachfolgendem Ausbau. Das bedeutet, dass eine möglichst große Zahl von Mobilitätsstationen in Basisausstattung schnellstmöglich eingerichtet und mit mindestens zwei Carsharing-Fahrzeugen besetzt werden sollte. Der weitere Ausbau (LIS, Möblierung, weitere Services, weitere Carsharing-Fahrzeuge) erfolgt nach und nach während des Förderzeitraums.

Zur Verbesserung der Sichtbarkeit und Erhöhung der Akzeptanz wird die Errichtung einzelner Mobilitätsstationen mit "Flagshipstore"-Charakter empfohlen. Diese sollte neben den Car- und Bikesharing-Angeboten insbesondere ein erweitertes Angebot rund ums Fahrrad anbieten. Dies empfiehlt sich, weil das Fahrrad der wichtigste Zubringer zu weiteren Sharing-Angeboten und für Menschen, die sich multimodal fortbewegen, das wichtigste Verkehrsmittel ist. Weitere Services erhöhen die Attraktivität.

Aufgrund der zu erwartenden hohen Nachfrage an den ausgewählten Standorten sollen die Stationen mit durchschnittlich acht Carsharing-Fahrzeugen besetzt werden. Hinzu kommen Fahrradbügel für das Abstellen von Fahrrädern. An allen ausgewählten Standorten gibt es bereits Bike-Sharing oder eine Bike-Sharing-Station ist seitens des aktiven Anbieters in Leipzig gewünscht. Bikesharing sollte künftig an festen Stationen in räumlichem Zusammenhang mit den anderen Services angeboten werden. Zudem sollten die Voraussetzungen für das zukünftige E-Bikesharing, z. B. Abstellbügel mit Lademöglichkeit, geschaffen werden. Je nach räumlichen und städtebaulichen Gegebenheiten sollen die Mobilitätsstationen so dimensioniert werden, dass die Anzahl der Carsharing-Stellplätze je Station bei Inbetriebnahme mindestens zwei Stellplätze beträgt und bedarfsgerecht auf bis zu zehn Fahrzeuge erweitert werden kann.

In Ortsteilen mit hoher prognostizierter Nachfrage soll eine Abdeckung mit Stationen erreicht werden, deren Distanz 500 Meter nicht überschreitet. In den zentralen Ortsteilen kann diese Abdeckung problemlos erreicht werden. Um schnell messbare Effekte hinsichtlich der Reduktion von  $NO_x$ -Emissionen zu erreichen, sollen Standorte, an denen die Nachfrage das vorhandene Carsharing- und Bikesharing-Angebot besonders stark übersteigt, prioritär realisiert werden.

Da alle empfohlenen Standorte in der Innenstadt von Leipzig liegen, erfolgt eine durchgehende Ausrüstung mit Ladesäulen mit zwei Ladepunkten. Nach Rücksprache mit dem Carsharing-Anbieter teilAuto ist die Belegung der Ladepunkte durch je einen öffentlichen Ladepunkt sowie einen Carsharing-Ladepunkt eine praktikable Variante. Ausgewählte Standorte sollen zusätzlich mit Lademöglichkeiten für kleinere Fahrzeuge wie E-Bikes und Lastenfahrräder ausgestattet werden.

Um eine schnelle und nachhaltige Akzeptanz sicherzustellen, ist darauf zu achten, dass die Mobilitätsstationen stets gut sicht- und identifizierbar und hochwertig ausgestattet sind. Eine gute Beschilderung, die über die vorgehaltenen Angebote informiert, ist ebenso wichtig wie die enge räumliche Verbindung derselben. Zur Akzeptanzsteigerung empfiehlt es sich zudem an den Mobilitätsstationen weitere Services vorzuhalten, wie z. B. gesicherte Mietplätze für Fahrräder, Schließfächer, öffentliche Luftfüllstationen oder Paketstationen. Die Anwohner werden in den Prozess der Standortfindung eingebunden und mit "Schnupperangeboten" an die Angebote herangeführt mit dem Ziel der Kundengewinnung sowie der Schaffung einer stadtweiten gesellschaftlichen Akzeptanz.

#### Wirkungspotential

Zur Ermittlung der Einsparpotentiale durch eine verstärkte Carsharing-Nutzung in Leipzig wurde auf die Studie "Auswirkungen des Carsharings in Bremen" (2018) Bezug genommen. Dort wurden die Carsharing-Kunden sowie eine Kontrollgruppe zu ihrem Mobilitätsverhalten befragt. Anhand der Befragungsdaten wurden durch Carsharing bedingte Verlagerungseffekte der jährlichen Fahrleistungen je genutzter Verkehrsmittelart abgeleitet. In der Kalkulation mit berücksichtigt wurden dabei sowohl die mit den Carsharing-Fahrzeugen zurückgelegten Wegstrecken als auch Verlagerungseffekte auf andere Verkehrsmittel wie z. B. den ÖPNV.

Basierend auf den durch das Umweltbundesamt mit dem Computerprogramm TREMOD (Transport Emission Model) ermittelten Emissionswerten der Verkehrsmittel (UBA, 2018a) wurden aus den Verlagerungseffekten der jährlichen Fahrleistungen die Effekte auf die  $NO_x$ -Emissionen hochgerechnet. Im Ergebnis kann je Carsharing-Nutzer und Jahr eine Einsparung von 1,8 kg  $NO_x$  bilanziert werden. Bei einer Belegung der geplanten 25 Mobilitätsstationen mit je acht Carsharing-Fahrzeugen, ergeben sich für Leipzig bei einer durchschnittlichen Nutzerzahl von 40 Personen pro Fahrzeug (Otto, 2017) die in Tabelle 11 benannten Einsparpotentiale.

Tabelle 11: Einsparpotentiale Carsharing

Jahr	neue Nutzer	NO <sub>x</sub> -Einsparung in kg
2018	1.600	1.477
2019	3.200	5.909
2020	3.200	11.818

Die Berechnung der durch Bikesharing vermiedenen  $NO_x$ -Emissionen ist sehr aufwändig. Da die Wege zumeist nicht sehr lang sind (Durchschnitt in Nürnberg: 2,6 km), sind die Reduktionspotentiale vergleichsweise überschaubar. Bei geschätzt 20.000 zusätzlichen Ausleihen an den geplanten 30 Stationen werden bei 2,6 km Fahrtweite knapp 4 kg  $NO_x$  pro Jahr vermieden.

Der in diesem Kontext entscheidendere Wert ist die Veränderung des Verhaltens der Nutzer. Die verkehrlichen Verlagerungseffekte von Bikesharing wurden im Rahmen der Modellprojekte "Innovative öffentliche Fahrradverleihsysteme" des Bundesverkehrs-

ministeriums untersucht. Für das Modellvorhaben in Nürnberg wurden dabei unter den Nutzern des Verleihsystems höhere Modal-Split-Anteile für den Radverkehr (+7,6 %) und öffentliche Verkehrsmittel (+7,4 %) und entsprechend geringere Anteile für den MIV (-14,1 %) ermittelt. Dies zeigt, dass die Verfügbarkeit und Nutzung eines Fahrradverleihsystems einen positiven Einfluss auf das Nutzerverhalten hat und das Verkehrswahlverhalten zugunsten des Umweltverbunds ändert.

Es wird davon ausgegangen, dass die aus den Einsparpotentialen (Tabelle 11) ermittelte  $NO_2$ -Minderung stadtweit im Jahr 2020 unter 1  $\mu$ g/m³ beträgt.

#### Kosten

Die Einrichtungskosten für einen Mobilpunkt mit der derzeit in Leipzig üblichen Ausstattung betragen rund 10.000 Euro. Werden Stationen, wie vorgeschlagen, mit je einer Schnellladesäule sowie mit einem Witterungsschutz für das Fahrradparken ausgestattet, ist mit Kosten von 40.000 bis 55.000 Euro je Mobilitätsstation zu rechnen. Nicht enthalten sind die Kosten der Infrastruktur für feste Verleihstationen eines Bikesharing-Anbieters. Für Unterhaltungskosten werden jährlich 10 % der Errichtungskosten angenommen.

Tabelle 12: Kostenaufschlüsselung pro Mobilpunkt

Element	Kosten in Euro	Unterhaltungskosten in Euro
Infosäule Leipzig mobil ohne Buchungsterminal	2.500	
Bodenmarkierung + Beschilderung Carsharing	1.000	 1.070
Fahrradbügel (inkl. Montage und Setzen)	400/Bügel	1.070
Tiefbauarbeiten (bei Bedarf)	4.000	

Tabelle 13: Kostenaufschlüsselung pro Mobilitätsstation

Element	Kosten in Euro	Unterhaltungskosten in Euro
Infosäule Leipzig mobil ohne Buchungsterminal	2.500	
Bodenmarkierung + Beschilderung Carsharing	1.000	
Ladesäule 2x22 kW	10.000	
Ladesäule 2x40 kW	30.000	1.470
Ladepunkte E-Bikes (Säule)	1.000	
Fahrradbügel (inkl. Montage und Setzen)	400/Bügel	
Tiefbauarbeiten (bei Bedarf)	4.000	
optionale Elemente		
Überdachung je 10 Stellplätze	3.000	
Beschilderung Leipzig mobil	250	
eingehauste Fahrradabstellanlage (für 10 Räder)	10.000	
Schließfachanlage mit Ladeoption für Pedelecs (10 Schließfächer)	2.500	
Fahrradreparaturstation	10.000	
öffentliche Luftfüllstation	1.250	_

#### b) Ausbau Bike+Ride

Bike+Ride-Anlagen besitzen eine wichtige Funktion im Vor- und Nachtransport zu bzw. von Haltestellen des ÖPNV. Durch die Verknüpfung des Fahrrades mit dem ÖPNV vergrößert sich das Einzugsgebiet der Haltestellen auf 3 bis 5 Kilometer. Es ist daher sinnvoll, bereits überlastete Bike+Ride-Anlagen zu erweitern und insbesondere in Ortsteilen mit geringerer Abdeckung sowie an Punkten des öffentlichen Verkehrs in der Nähe größerer Arbeitgeber weitere Bike+Ride-Anlagen vorzusehen. Die Anlagen werden überwiegend für Ausbildungsund Berufsverkehre genutzt. Nutzungen im Rahmen des Freizeitverkehrs und für Besorgungen sollten im Vortransport nicht vernachlässigt werden.

Entscheidend für die Akzeptanz sind Lage und Ausstattung. Die Anlagen sollten überdacht und gut einsehbar sein (soziale Kontrolle), die Distanz von überdachten Anlagen zu Haltepunkten des öffentlichen Verkehrs sollte weniger als 50 Meter betragen. Eine einheitliche Beschilderung unter dem Label Leipzig mobil erhöht die Wiedererkennung des Angebots. Auch eine gut sichtbare Wegweisung über Schilder an und Markierungen auf den Radwegen hat große Bedeutung. Zusätzliche Mietplätze in Sammelschließanlagen sollten als Premiumangebot für Pendelnde verfügbar sein, um hochwertige Räder über mehrere Stunden oder über Nacht sicher einstellen zu können. Der Anteil der Mietplätze an allen Abstellanlagen an Bike+Ride-Anlagen sollte bei 10 bis 20 % liegen. Moderne Sammelschließanlagen oder Fahrradboxen lassen sich zudem gut mit Schließ- und Gepäckfächern kombinieren und städtebaulich gut integrieren. Die Boxen werden zumeist für ein Jahr vermietet und können üblicherweise über Keycard-Systeme oder Smartphone-Apps geöffnet werden. Lademöglichkeiten für Akkus von Elektrofahrrädern sind integrierbar.

Einzelne hoch frequentierte Anlagen können z. B. durch SB-Reparaturstände oder Schließfächer ergänzt werden. Denkbar sind darüber hinaus sogenannte "öffentliche Luftfüllstationen".

Für die Bedarfsabschätzung und Potentialanalyse wurde eine Zählung abgestellter Räder an 49 Bike+Ride-Anlagen im Stadtgebiet durchgeführt und exemplarisch fotografisch dokumentiert. Zudem wurden die Netzbedeutung und die Fahrgastzahlen bestimmter Haltestellen betrachtet.

Die Überprüfung erfolgte im Hinblick auf folgende Faktoren:

- Sichtbarkeit und Sauberkeit
- Ausstattung
- · Wegweisung und Beschilderung
- Nachfrage und Auslastung

Folgende Standorte kommen für Bike-Ride-Anlagen mit zusätzlichen Services in Frage:

- Tram-Haltestellen Knautkleeberg-Knauthain, Thekla, Meusdorf, Franzosenallee, Sommerfeld, Lausen, Mockau-Post, Lindenau-Bushof
- S-Bahnhöfe Messe, Engelsdorf, Coppiplatz, Landsberger Straße, Lützschena, Burghausener Straße, Connewitz
- Bahnhof Mölkau

Bis 2020 sollen ca. 2.000 zusätzliche Stellplätze an Bike+Ride-Anlagen errichtet werden. Am Hauptbahnhof soll zudem ein Fahrradparkhaus errichtet werden, das zunächst Abstellmöglichkeiten für 500 Fahrräder bietet und perspektivisch auf bis zu 2.000 Stellplätze erweitert werden soll.

#### Wirkungspotential

Für die Abschätzung der Verlagerungseffekte von Fahrleistungen durch Bike+Ride-Anlagen fehlt es bisher an detaillierten Studien. Daher wurde auf Daten der Studie "Mobilität in Deutschland 2008" (MiD 2008) zurückgegriffen.

Für Städte mit 500.000 und mehr Einwohnern wurden eine durchschnittliche Wegelänge von 23,6 km bei Bike+Ride-Fahrten sowie ein durchschnittlicher Weganteil des Fahrrads von 3,6 km abgeleitet. Auf der Basis der SrV ("System repräsentativer Verkehrsbefragungen") wird zudem angenommen, dass 50 % der neu gewonnenen Nutzer zuvor die komplette Wegstrecke mit dem Pkw zurücklegten.

Unter Zuhilfenahme der TREMOD-Werte wird von einem jährlichen NO<sub>x</sub>-Reduktionseffekt von 2,05 kg pro Person und Jahr ausgegangen werden. Hochgerechnet auf die durch die Umsetzung der Maßnahme zu erwartenden 1.000 zusätzlichen Bike+Ride-Nutzer kann so von einem jährlichen Reduktionseffekt von rund 2.000 kg NO<sub>x</sub> ausgegangen werden.

Es wird davon ausgegangen, dass die aus den Einsparpotentialen ermittelte NO<sub>2</sub>-Minderung stadtweit im Jahr 2020 unter 1 µg/m³ beträgt.

#### Kosten

Bis 2020 besteht ein Bedarf an 5 großen Bike+Ride-Anlagen mit insgesamt 260 Fahrradabstellplätzen. Dafür werden Gesamtkosten in Höhe von 415.750 Euro kalkuliert. Zudem sind bis 2020 weitere 15 mittlere (Gesamtkosten 656.100 Euro, 600 Stellplätze) sowie 71 kleine Bike+Ride-Anlagen (Gesamtkosten 903.120 Euro, 1.140 Stellplätze) erforderlich.

Tabelle 14: Kostenaufschlüsselung pro Bike+Ride-Station, groß

Element	Kosten/Stellplatz in Euro	Gesamtkosten/Anlage in Euro
20 Fahrradabstellplätze mit Überdachung	1.170	23.400
10 Fahrradabstellplätze ohne Überdachung	170	1.700
6 Anlehnbügel in Sammelschließanlage (12 Stellplätze)	1.900	22.800
Mietboxen (10 Stellplätze)	950	9.500
Schließfachanlage mit Ladeoption für Pedelec- Batterien für 12 Stellplätze	250	13.000
öffentliche Luftfüllstation		1.250
Fahrradreparaturstation		10.000
Beschilderung/Leitsystem		1.500
Summe		83.150

Tabelle 15: Kostenaufschlüsselung Bike+Ride-Anlage, mittel

Element	Kosten/Stellplatz in Euro	Gesamtkosten/Anlage in Euro
10 Fahrradabstellplätze mit Überdachung	1.170	11.700
12 Fahrradabstellplätze ohne Überdachung	170	2.040
6 Anlehnbügel in Sammelschließanlage (12 Stellplätze)	1.900	22.800
Mietboxen (6 Stellplätze)	950	5.700
Beschilderung/Leitsystem		1.500
Summe	-	43.740

Tabelle 16: Kostenaufschlüsselung Bike+Ride-Anlage, klein

Element	Kosten/Stellplatz	Gesamtkosten/Anlage
	in Euro	in Euro
10 Fahrradabstellplätze mit Überdachung	1.170	11.700
6 Fahrradabstellplätze ohne Überdachung	170	1.020
Summe		12.720

Die Aufteilung der Kosten nach Jahresscheiben ist in Tabelle 17 dargestellt.

Tabelle 17: Investitionskosten in Euro Bike+Ride-Anlagen

Jahr	Bike-Ride- Anlagen in Euro	Fahrradparkhaus Leipzig Hbf in Euro
2018	394.994	10.000
2019	789.988	50.000
2020	789.988	1.500.000
Summe	1.974.970	1.560.000

#### c) Verbesserung und Erweiterung Park+Ride

Auf dem Leipziger Stadtgebiet sind 13 Park+Ride-Anlagen (ohne Leipzig Hauptbahnhof) mit insgesamt 3.179 Stellplätzen verfügbar. Eine Zählung im Mai 2018 hat gezeigt, dass einige Anlagen nur sehr gering ausgelastet und sechs kleinere Anlagen hingegen voll ausgelastet waren. Der Zubau von weiteren Anlagen auf den Verkehrsachsen nach Nordosten, Nordwesten und Süden ist geplant, allerdings gibt es keine verbindlichen Zeit- und Investitionsplanungen.

Im Fokus stehen die bessere Auslastung der Standorte, der Zubau von Anlagen an Zufahrtsstraßen, die bisher kein Angebot haben sowie ein Pilotprojekt zum Aufbau von sensorgesteuerten, "virtuellen" Park+Ride-Möglichkeiten in Wohngebieten, die tagsüber freie Plätze für Park+Ride-Nutzer signalisieren. Die Erhöhung der Auslastung soll durch kommunikative und partnerschaftsbasierte Ansätze erfolgen. Hierfür sollen Unternehmen mit Sitz in der Innenstadt ihren Mitarbeitern die Nutzung von Park+Ride-Plätzen empfehlen. Von diesen Park+Ride-Plätzen kann der Arbeitsplatz mit dem ÖPNV oder dem Rad schnell und kostengünstig erreicht werden.

Die Nutzung von Sensoren zur Meldung freier Parkplätze soll ausgebaut werden. Die freien Kapazitäten, die durch die vorhandenen Zählgeräte erfasst werden, sollen in die App Leipzig mobil eingesteuert und mit der Fahrplanauskunft verknüpft werden.

Als weitergehender innovativer Ansatz soll das "virtuelle Parken" im Umfeld von S-Bahnhöfen getestet werden. Hierzu werden an einem noch auszuwählenden Pilotbahnhof rund 200 Parkplätze im öffentlichen Straßenraum im direkten Umfeld mit Sensoren ausgestattet, die die Parkplatzverfügbarkeit ebenfalls an die App Leipzig mobil melden. Die auf der Achse verkehrenden Pendelnden werden mit geeigneten Maßnahmen auf das Angebot hingewiesen, die Nutzung wird kontinuierlich gemessen und der Aufwand evaluiert. Im Erfolgsfall ist das Potential sehr groß, da tendenziell alle S-Bahnhöfe mit einem derartigen System ausgestattet werden können.

#### Wirkungspotential

Es wird angenommen, dass durch eine bessere Vermarktung der Anlagen bis zu 500 Pkw-Nutzer pro Tag von dem Angebot überzeugt werden können, in 2019 weitere 1.000 und in 2020 weitere 1.500 Personen. Bei einer durchschnittlichen angenommenen Fahrtweite ab

Park+Ride-Platz bis zum Arbeitsplatz von ca. neun Kilometern (entspricht der mittleren Entfernung zwischen den 13 Park+Ride-Plätzen und der Innenstadt) ergibt sich die Tabelle 18 dargestellte potentielle Einsparung.

Tabelle 18: NO<sub>x</sub>-Minderung durch Park+Ride

Jahr	neue Nutzer	NO <sub>x</sub> in kg
2018	500	168
2019	1.000	673
2020	1.500	1.683

Es wird davon ausgegangen, dass die aus den Einsparpotentialen ermittelte NO<sub>2</sub>-Minderung stadtweit im Jahr 2020 unter 1 µg/m³ beträgt.

#### Kosten

Für die Verbesserung der Park+Ride-Plätze wird bis 2020 mit einer Gesamtsumme von 65.000 Euro gerechnet.

Tabelle 19: Kostenübersicht in Euro Park+Ride

Jahr	sensorgesteuertes virtuelles Park+Ride	Park+Ride-Firmen- partnerschaft
2018	25.000	20.000
2019	5.000	5.000
2020	5.000	5.000
Summe	35.000	30.000

#### d) Wachstum elektromobil gestalten

Die Leipziger Verkehrsbetriebe GmbH ist der Mobilitätsdienstleister für die Stadt Leipzig und die Bürger Leipzigs. Mit aktuell 296 Straßenbahnfahrzeugen und 158 Omnibussen auf 13 Straßenbahn- und 59 Buslinien wurden in 2017 insgesamt 156 Mio. Fahrgäste befördert. Dazu wurden insgesamt 12,6 Mio. Fahrplan-Kilometer Straßenbahn und 10,6 Mio. Fahrplan-Kilometer Bus als Verkehrsangebot bereitgestellt. Das radial aufgebaute Straßenbahnnetz ist eines der größten Deutschlands und bildet für den ÖPNV das Rückgrat in Leipzig. Etwa 80 % der Fahrgäste sind mit der Straßenbahn und somit heute bereits elektromobil unterwegs. Dabei setzen die Leipziger Verkehrsbetriebe 100 % zertifizierten aus Wasser-Windkraft erzeugten Ökostrom ein, so dass diese Fahrgäste klimaneutral befördert werden.

Im Rahmen verschiedener Projekte (z. B. eBus-Skorpion, Eliptic, eBus-Batterfly) haben die Leipziger Verkehrsbetriebe auch für den Busbereich Untersuchungen angestellt, wie eine Elektrifizierung wirtschaftlich umgesetzt werden kann. Auf Basis dieser Erkenntnisse findet aktuell auf der Linie 89, mittels durch das Fraunhofer IVI bereitgestelltem Bus sowie Ladeinfrastruktur, ein Test für den realen Betrieb elektrischer Batteriebusse statt. Mit Hilfe einer Machbarkeitsstudie wird aus den Rahmenbedingungen ein realistisch umsetzbares Konzept zur Einführung von E-Bussen im Leipziger Netz abgeleitet (Vgl. AP 4).

Mit dem Beschluss des Step "Verkehr und öffentlicher Raum" wurde auch die Zielstellung, den ÖPNV auf einen Anteil der Wege von 23 % am Modal Split zu erhöhen, formuliert. Dies bedeutet gegenüber dem aktuellen Modal Split (Ist 2015, Tabelle 2) ein Zuwachs von 5,4 %-Punkten.

Dazu bedarf es einerseits eines attraktiven ÖPNVs hinsichtlich moderner Fahrzeuge, leistungsfähiger Infrastruktur aber auch bezüglich eines entsprechenden Angebotes und attraktiver Reisezeiten sowie einer dazu passenden Rahmensetzung im Verkehrsmanagement (Vgl. AP 1).

Um das rasante Bevölkerungswachstum abzusichern und damit den hohen bereits erreichten Anteil der Elektromobilität in Leipzig weiter zu festigen, ist es zunächst notwendig in den Jahren 2019 und 2020 die geplante Fahrzeugbeschaffung um 20 zusätzliche Straßenbahnfahrzeuge des Typs NGT10 auszuweiten. Bei einem Wachstum der Bevölkerung im prognostizierten Umfang, werden ab 2023 weitere Straßenbahnen benötigt. Eine Beschaffung von 6 bis 10 zusätzlichen Fahrzeugen pro Jahr ist notwendig, um für das Wachstum adäquate Kapazitäten bereit zu stellen. Dabei stellen sich die Leipziger Verkehrsbetriebe auf mögliche Schwankungen im Bedarf mit einem modularen und hinsichtlich Änderungen flexibel anpassbaren Beschaffungsprogramm ein.

Bis 2024 bedarf es stetiger Investitionen auf hohem Niveau, um die Erneuerung des Bestandsnetzes voranzutreiben und so die notwendige Leistungsfähigkeit abzusichern. Neben dem Ausbau barrierefreier Haltestellen (Zugang für Behinderte, schnellere Fahrgastwechsel) wird mit diesen Maßnahmen die Fertigstellung von Teilnetzen umgesetzt. Damit werden die Voraussetzungen für zusätzliche Kapazitäten ohne wesentliche Netzerweiterungen geschaffen und damit ein wesentlicher Beitrag zur Elektromobilität geleistet.

Mit dem Projekt ABSOLUT (Vgl. AP 6) soll der Einstieg in autonomes Fahren auf Basis elektrischer Antriebe stattfinden. Das Projekt ist ein zentraler Baustein Mobilität weiter zu denken. Nach erfolgreichem Abschluss Ende 2021 wäre eine Ausdehnung der Anwendung auf Wohnquartiere ein nächster Schritt, um im städtischen Raum die Reduzierung der Anzahl von Privat-Pkws und damit die Reduzierung von Emissionen aber auch die Reduzierung des Platzbedarfes für Mobilität umzusetzen. Hierzu ist eine genaue Voraussage zur Entwicklung aktuell nicht möglich. Das Potential ist aber aufgrund der breiten Anwendungsmöglichkeiten als sehr hoch einzuschätzen.

#### Wirkungspotential

Es wird davon ausgegangen, dass gegenüber dem Jahr 2017 aufgrund des Bevölkerungswachstums bis zum Jahr 2020 rund 17.000 mehr Fahrgäste pro Tag die Straßenbahn und rund 4.000 Fahrgäste mehr pro Tag den Bus nutzen werden. Diese Entwicklung wird durch die Maßnahmen im vorliegenden Arbeitspaket gefördert. Darüber hinaus wird angenommen, dass durch den Ausbau der Elektromobilität im ÖPNV weitere rund 27.000 Fahrgäste mehr pro Tag mit Bus und Bahn unterwegs sein werden und sich hierdurch der Anteil des ÖPNV am Modal Split erhöht und dem gegenüber der Anteil des MIV am Modal Split sinkt. Aufgrund der überwiegend im Pkw-Verkehr verringerten Fahrleistung ist von einer Minderung der NO $_{\rm x}$ -Emissionen in Höhe von 7.488 kg im Jahr 2020 auszugehen.

Es wird davon ausgegangen, dass die NO₂-Minderung stadtweit im Jahr 2020 unter 1 μg/m³ beträgt.

#### Kosten

Zunächst sind allein für die Fahrzeugbeschaffung von 20 Straßenbahnen vom Typ NGT10 (Solaris Tramino) Investitionen in Höhe von 60 Mio. Euro in den Jahre 2019 und 2020 erforderlich. Bis 2024 sind für die Anschaffung weiterer Straßenbahnen zusätzlich 60 Mio. Euro notwendig. Für eine Erneuerung des Bestandsnetzes, um die zukünftig erforderliche

Leistungsfähigkeit abzusichern bedarf es bis 2024 zusätzlicher Investitionen in Höhe von 35 Mio. Euro jährlich.

Im Zusammenhang mit dem Fahrgastwachstum sind insgesamt die in Tabelle 20 benannten Investitionskosten für die einzelnen Jahre erforderlich. In den Kosten wurden zusätzlich erforderliche ergänzende Maßnahmen (z. B. Umstellung der Bahnstromanlagen von 600 V auf 750 V und Unterwerke) berücksichtigt.

Tabelle 20: Investitionskosten der LVB im Zusammenhang mit dem Fahrgastwachstum (LVB, 2018)

Investitionskosten der LVB in Euro	Jahr
36.600.000	2018
64.800.000	2019
59.900.000	2020
257.100.000	2021ff.

# 3.3 Konzepterstellung zur Erweiterung und Integration der Plattform Leipzig mobil in deutschlandweite Mobilitätsanwendungen (Apps)



Ein erfolgsversprechender und nachhaltiger Ansatz, das Mobilitätsverhalten hin zum Umweltverbund zu ändern, ist die Nutzung des aktuellen Digitalisierungstrends. Dabei kann der Nutzer weiterhin selbstbestimmt agieren und bleibt frei in seinen Entscheidungen. Dies führt zu einer wesentlich höheren Nutzerakzeptanz und -zufriedenheit, sofern die Alternativen des Umweltverbundes als attraktive Wahlmöglichkeiten wahrgenommen werden.

Ein Teil der Angebote des Umweltverbundes wird bereits über die etablierten regionalen digitalen Informations- und Buchungsplattformen Leipzig mobil (ÖPNV, Carsharing, Bikesharing, Taxi) und easy.GO (ÖPNV) den Mobilitätsnachfragern zentralisiert zugänglich gemacht. Daneben existiert aber auch ein zunehmender "Wildwuchs" an Insellösungen digitaler Informations- und Buchungsplattformen überregional agierender Mobilitätsanbieter. Dieser erschwert, aufgrund der fehlenden Ausrichtung auf regionale verkehrs- und umweltpolitische Interessen, die Organisation und Sichtbarkeit vernünftiger umweltfreundlicher, nachhaltiger multimodaler Mobilität in der Region.

Als zentrales Steuerungsinstrument und Werkzeug zur Motivation soll die digitale Plattform Leipzig mobil dienen, welche zur zentralen Kundenschnittstelle für alle Mobilitätsteilnehmer in Leipzig und in relevanten Randlagen ausgebaut und etabliert werden soll. Diese muss als attraktives digitales Informations- und Buchungssystem (inklusive Clearing) alle relevanten Mobilitätsformen abbilden und vor allem Anreize zur Nutzung des Umweltverbundes als Alternative zum MIV schaffen.

Um die dafür notwendige Mächtigkeit des Leipzig mobil Systems zu erreichen, wurden mehrere zentrale Handlungsfelder identifiziert, die bei der Systemerweiterung und -anpassung Berücksichtigung finden müssen. Aus den Handlungsfeldern wiederum leiten sich konkrete Maßnahmen ab.

Um den skizzierten Funktionsumfang der Zielvorstellung abbilden zu können, muss das bestehende Leipzig mobil System technisch erweitert und angepasst werden. Dies umfasst sowohl die Analyse und ggf. Anpassung der bestehenden Architektur, als auch die Funktionserweiterung für zusätzliche Anwendungsfälle, die im ursprünglichen Konzept noch keine Berücksichtigung gefunden haben. Die Schaffung der notwendigen digitalen Infrastruktur ist unumgänglich, da alle weiteren Maßnahmen auf dieser beruhen. Alle Ausund Umbauten müssen höchstflexibel entwickelt werden, um zukünftige Änderungen mit einem geringen Aufwand schnell umsetzen zu können. Dies umfasst sowohl die Technologiewahl, als auch die Reaktionsfähigkeit auf neue Mobilitätsformen und die Ein-/ Anbindung weiterer Regionen.

Funktional muss das Gesamtsystem befähigt werden, neben den bisher implementierten Mobilitätsformen ÖPNV, Bikesharing, Carsharing und Taxi auch weitere Partner technisch anzubinden und zu integrieren. Dies beinhaltet Auskunftsdienste, Buchungs- und Clearingfunktion sowie die organisatorische und tarifliche Verknüpfung multimodaler und

überregionaler Angebote. Darüber hinaus sind Funktionen zur Angebotspriorisierung und -steuerung sowie weitreichender Analysen des Bedarfs und der Nutzung von Mobilitätsangeboten zur Angebotsverbesserung und Ausrichtung auf die Kundenbedürfnisse nötig. Ergänzend müssen sämtliche Kunden-Benutzeroberflächen (Apps, Web, Terminals) an den neuen Funktionsumfang angepasst und um weitere, der Nutzererwartung entsprechende, Zugangspunkte ergänzt sowie Integrationslösungen in Benutzeroberflächen geeigneter Multiplikatoren (bspw. Messe, Zoo) entwickelt werden. Organisatorisch geht mit der technologischen Bearbeitung einher, das Partnermanagement auszubauen und auch wirtschaftliche und juristische Regelungen mit den zusätzlichen Partnern zu erarbeiten also auch passende Clearing-Verträge zwischen den Leipziger Verkehrsbetrieben und den Partnern zu entwickeln.

Der Zugang zum ÖPNV ist, jenseits der vorhandenen Lösungen für Vertragskunden, im Status quo geprägt durch eine Ausrichtung auf ein papierbasiertes Nutzermedium. Diese Ausrichtung bestimmt im Wesentlichen die bei allen Verkehrsunternehmen zwingend vorzuhaltenden Vertriebs- und Kontrollsysteme und stellt damit den zentralen limitierenden Faktor für die Gestaltung zeitgemäßer, kundenorientierter Vertriebs- und Tariflösungen dar. Die Schaffung einer technischen und digitalen Infrastruktur ist daher die Grundlage für die geplante Umstellung des Nutzerzugangs zu den Leistungen des ÖPNV. Sie muss zur Abbildung des bestehenden Tarifsystems in digitaler Form (eTicket) und für die Schaffung neuer Tarifsysteme (bspw. Entfernungs- und/oder zeitabhängiger Tarife) befähigt werden.

Konkret sollen folgende Einzelmaßnahmen umgesetzt werden:

- a) Erweiterung und Umbau der grundlegenden Systemarchitektur von Leipzig mobil und Ausbau des Partnermanagements
- b) Aufbau einer multimodalen Verkehrsführung
- c) Automatisierte und aufwandsgerechte Abrechnung von Mobilitätsdienstleistungen
- d) Aufbau eines Ergänzungsmoduls Parkraummanagement
- e) Integration eines Bonussystems
- f) Integration von Steuerungsroutinen zur Bestellung, Verwaltung und Optimierung von Bedarfsverkehren (Pilotierung Ridepooling, Carsharing, Sonderfahrten)
- g) Überarbeitung und Ergänzung der Benutzeroberflächen
- h) Umstellung auf elektronische Ticketver- und -bearbeitung

# a) Erweiterung und Umbau der grundlegenden Systemarchitektur von Leipzig Mobil und Ausbau des Partnermanagements

Der Aus- und Umbau der bestehenden Plattformarchitektur zielt darauf ab, das Basissystem von einer eher speziellen hin zu einer universellen Infrastruktur zu entwickeln. Hierbei liegt der Fokus auf der Schaffung einer flexiblen, mandantenfähigen (beteiligte Partner teilen sich einen Server ohne gegenseitig Einblick in ihre Daten etc. zu haben) und leicht wartbaren Infrastruktur, mit der auf die veränderlichen Anforderungen schnell und kosteneffizient reagiert werden kann.

Die bestehende Software-Architektur ist sehr optimiert auf die Schnittstellen-Anbindung und zugrundeliegenden Prozesse der initialen Mobilitätspartner (teilAuto, nextbike, easy.GO) zugeschnitten. Diese stark auf die bestehenden Anwendungsfälle zugespitzte Implementierung soll auf eine universellere Architektur, unter Verwendung von Microservices (unabhängige Bearbeitung von Aufgaben in kleinen Einheiten möglich) für die Anbindung einzelner Mobilitätsservices, gehoben werden. Dadurch wird die Plattform Leipzig mobil unabhängiger von Änderungen der Systemumgebung, zusätzliche Dienste können sehr viel einfacher und kosteneffizienter angebunden und bereitgestellt werden.

Darüber hinaus erlaubt die Trennung die funktionale und vorausschauende Weiterentwicklung des Kernsystems, unabhängig der zeitpunktbezogenen Leistungsfähigkeit möglicher Mobilitätspartner. Neben der zusätzlichen Absicherung des Gesamtsystems gegen Umgebungsänderungen wird hierdurch die nötige Flexibilität und Daten-Grundlage geschaffen, um weiterführende Mobilitätsservices wie intelligente Routenplanung, prädiktive Verkehrssteuerungsmaßnahmen und dynamische Angebotserweiterung zu ermöglichen. Zusätzlich bietet der Architektur-Ansatz den großen Vorteil, auch bidirektionalen Austausch von Mobilitätsdaten im Konzern- und Partnernetzwerk zu ermöglichen, also die Grundlage für intelligente Vernetzung von Mobilitätsdaten wie Verkehrslagen, Prognosen und Bereitstellung eigener Angebote an Dritte. Als Nebenprodukt entsteht eine für Mobilitätsdienste optimierte Beschreibungssprache, die geeignet ist, sowohl intern als auch extern als Quasi-Standard zu fungieren.

Die aufzubauende Logik sieht neben der generell notwendigen Erfassung und Erstellung von Produktvariationen vor allem eine Dynamisierung der Produktlandschaft in Abhängigkeit von Real- und Prognosedaten vor. Dies umfasst vor allem verkehrsbeeinflussende Faktoren, wie die Nachfrage nach Mobilitätsleistungen, die Auslastung von Verkehrsträgern, Berücksichtigung von Verkehrslagen und Parkraumverfügbarkeit, Wetterlagen sowie individueller Nutzer-Präferenzen. Durch eine variable Angebotsgestaltung (Nutzung verschiedener Verkehrsmittel) übernimmt das Produkt- und Partnermanagement hierbei wesentliche Steuerungsaufgaben der Bewegungsströme.

#### Wirkungspotential

Es wird davon ausgegangen, dass die NO₂-Minderung stadtweit im Jahr 2020 unter 1 μg/m³ beträgt.

#### Kosten

Die Umsetzung der Maßnahme kostet insgesamt 1,01 Millionen Euro.

Tabelle 21: Kosten - Erweiterung und Umbau der grundlegenden Systemarchitektur von Leipzig mobil und Ausbau des Partnermanagements

Jahr	Kosten in Euro
2019	380.000
2020	630.000

#### b) Aufbau einer multimodalen Verkehrsführung

In einem mehrstufigen iterativen Prozess soll schrittweise eine multimodale Verkehrsführung (Routing) auf Basis der verfügbaren Auskunftssysteme aufgebaut werden. Da unterschiedlichste Berechnungslogiken und Berücksichtigungen von Umweltfaktoren der Auskunftsbasis zugrunde liegen, muss sich dem angestrebten Zielergebnis mittels Erfahrungswerten und Nutzerfeedback angenähert werden. Hierfür ist neben der Analyse von Fokusgruppen und Anwendung theoretischer Modelle besonders viel Potential im maschinellen Lernen zu sehen, um eine hohe Ergebnisqualität bei der zunehmenden Diversifikation des Mobilitätsverhaltens und der nutzerindividuellen Erwartung zu erreichen. Dies erfordert ein qualitativ hochwertiges Datenmanagementsystem und den Aufbau eines intelligenten Regelwerks. Für die Umsetzung sollen gezielt Partner aus den Bereichen Telematik, Logistik, Routing, Business Intelligence und Machine Learning eingebunden werden, die bereits positive Erfahrungen bei vergleichbaren Problemstellungen erzielen konnten. Im Zuge einer ausführlichen initialen Analyse- und Konzeptionsphase werden

geeignete Anbieter identifiziert und adressiert, um gemeinsame Lösungsszenarien zu entwickeln.

Im Ergebnis wird dem Nutzer ein kontextabhängiges und individuelles multimodales Routing aus MIV und Umweltverbund bereitstehen, welches gleichzeitig auch gesellschaftliche Interessen der Umweltverträglichkeit, Verkehrsvermeidung und Verkehrsflusssteuerung berücksichtigt und gezielt steuert.

#### Wirkungspotential

Es wird davon ausgegangen, dass die  $NO_2$ -Minderung stadtweit im Jahr 2020 unter 1  $\mu g/m^3$  beträgt.

#### Kosten

Die Umsetzung der Maßnahme kostet insgesamt 0,56 Millionen Euro.

Tabelle 22: Kosten - Integration kontextbezogener Routing- und Prognosealgorithmen

Jahr	Kosten in Euro
2019	130.000
2020	430.000

# c) Automatisierte und aufwandsgerechte Abrechnung von Mobilitätsdienstleistungen

Zur Nutzungsintensivierung und für einen Abbau von Zugangshürden ist die automatisierte und aufwandsgerechte Abrechnung der Inanspruchnahme von Mobilitätsleistungen, verbunden mit Leistungs-Garantien (unproblematische Rückabwicklung) und Kostenbremsen (Best-Price-Behandlung) geeignet. Hierfür muss eine flächendeckende Infrastruktur von Sensoren geschaffen werden. Diese bietet neben der korrekten Erfassung von Nutzerbewegungen auch die Grundlage für weiterführende Qualitätssteigerungen der Auskunftsdienste, bspw. in Form von Unterstützungsfunktionen für die barrierefreie Nutzung durch Location based Services (LBS) an Haltepunkten oder Tarifwarnfunktion bei Verlassen des Gültigkeitsbereiches von Fahrberechtigungen.

Mittels leicht wartbarer und kostengünstiger Hardware-Infrastruktur, bspw. der Beacon-Technologie (ein Sender oder Empfänger, welcher auf der Bluetooth-Technologie basiert) oder vergleichbarer autarker Sensorik, soll im gesamten Bediengebiet der Leipziger Verkehrsbetriebe ein haltepunkt- sowie fahrzeugscharfes passives Netz aus Sensoren installiert werden. Dieses erlaubt eine präzise Positionsbestimmung der mobilen Endgeräte der Nutzer und gemeinsam mit nachfolgenden Systemerweiterungen einen maßgeblichen Anstieg der Servicequalität.

#### Wirkungspotential

Es wird davon ausgegangen, dass die NO<sub>2</sub>-Minderung stadtweit im Jahr 2020 unter 1 μg/m³ beträgt.

#### Kosten

Die Umsetzung der Maßnahme kostet insgesamt 0,48 Millionen Euro.

Tabelle 23: Kosten - Aufbau der Sensorik-Infrastruktur für weiterführende Dienste

Jahr	Kosten in Euro
2019	110.000
2020	370.000

#### d) Aufbau eines Ergänzungsmoduls Parkraummanagement

Als Ergänzungsmodul zur bestehenden Softwarelösung soll ein Parkraummanagementsystem implementiert werden, welches möglichst umfänglich öffentliche Parkräume mit deren Belegung (Echtzeit und Prognose) erfasst und für Auskunftsdienste und Vertriebsfunktionen nutzbar macht.

Das zu entwickelnde Parkraumauskunftssystem soll Parkflächen entsprechend der bereits verfügbaren Infrastruktur mit ihrem Belegungsstand erfassen. Dies erfolgt automatisiert bei Flächen mit digital verfügbaren Auslastungen, die bspw. aus dem Parkleitsystem von Leipzig abgeleitet werden können. Bei nicht digital erfassten Flächen des öffentlichen Raums sollen Nutzerdaten und existente Erfahrungswerte sowie Meldungen dritter Quellen (bspw. Ordnungsamt, Parkraumbelegung in der Umgebung, Veranstaltungsinformationen) erfasst und mit selbstlernenden Prognose-Berechnungen geglättet werden. Auf Grundlage der Daten entsteht ein flächendeckendes Raster der Parkraumsituation, auf deren Grundlage zuverlässige multimodale Routingangebote unter Einbeziehung von MIV und Carsharing sowie verfügbarer Abstellflächen erstellt werden. Hierbei geht es zentral um die Steuerung, welcher Parkraum zur Nutzung angezeigt wird und eine Lenkungswirkung zum ÖPNV sichergestellt werden kann.

Über Leipzig mobil soll dem Kraftfahrzeugfahrer eine Parkmöglichkeit am Stadtrand aufgezeigt werden, die zugleich eine gute ÖPNV-Anbindung hat.

#### Wirkungspotential

Es wird davon ausgegangen, dass die  $NO_2$ -Minderung stadtweit im Jahr 2020 unter 1  $\mu g/m^3$  beträgt.

#### Kosten

Die Umsetzung der Maßnahme kostet insgesamt 0.46 Millionen Euro.

Tabelle 24: Kosten - Aufbau eines Ergänzungsmoduls Parkraummanagement

Jahr	Kosten in Euro
2019	130.000
2020	330.000

#### e) Integration eines Bonussystems

Zur Ausnutzung der positiven Effekte von Belohnungssystemen soll Leipzig mobil um ein Bonussystem erweitert werden, welches die kostenpflichtige Inanspruchnahme von Mobilitätsleistungen aus dem Umweltverbund über ein Punktesystem (Umweltpunkte) belohnt. Das zugrundeliegende Bonussystem beruht auf einer virtuellen Währung in Form von Mobilitätspunkten, die gegen Angebote des Umweltverbundes eingetauscht werden können. Konzeptionell ist vorgesehen, das System schrittweise so auf das Gesamtsystem zu

erweitern, dass es sowohl zur Incentivierung als auch für Partnerangebote eingesetzt werden kann.

#### Wirkungspotential

Es wird davon ausgegangen, dass die  $NO_2$ -Minderung stadtweit im Jahr 2020 unter 1  $\mu g/m^3$  beträgt.

#### Kosten

Die Umsetzung der Maßnahme kostet insgesamt 0,24 Millionen Euro.

Tabelle 25: Kosten - Integration eines Bonus- und erweiterten Abrechnungssystems

Jahr	Kosten in Euro
2019	70.000
2020	170.000

# f) Integration von Steuerungsroutinen zur Bestellung, Verwaltung und Optimierung von Bedarfsverkehren

Zur Schließung von Versorgungslücken in weniger urbanen Bereichen (Stadtrand) oder für Tageszeiten mit niedriger Taktung des ÖV soll ein Verwaltungs- und Steuerungssystem für einen Ridepooling (Fahrgemeinschafts)-Pilotbetrieb entwickelt, bzw. sofern in geeigneter Form am Markt erwerbbar, adaptiert und in Leipzig mobil integriert werden. In einer ersten 24-monatigen Pilotphase mit Partnern liegt der Fokus darauf, Erfahrungen im Betrieb eines solchen Systems zu sammeln und die Relevanz für den Verkehrsraum Leipzig zu evaluieren sowie mögliche Seiteneffekte, wie bspw. Substitutionsverhalten, zu analysieren. Hierfür sind die nachfolgenden, für den Betrieb notwendigen, Anwendungskomponenten umzusetzen oder zu beschaffen. Dies erfolgt unter der Maßgabe, die Integration aller bestehender und zukünftiger Ridepooling Anbieter in Leipzig zu ermöglichen.

#### Wirkungspotential

Es wird davon ausgegangen, dass die NO<sub>2</sub>-Minderung stadtweit im Jahr 2020 unter 1 μg/m³ beträgt.

#### Kosten

Die Umsetzung der Maßnahme kostet insgesamt 0,43 Millionen Euro.

Tabelle 26: Integration von Steuerungsroutinen zur Bestellung, Verwaltung und Optimierung von Bedarfsverkehren

Jahr	Kosten in Euro
2019	180.000
2020	250.000

#### g) Überarbeitung und Ergänzung der Benutzeroberflächen

Zur Gewährleistung des nutzerfreundlichen und umfänglichen Zugangs zum Angebot des Umweltverbundes, sollen alle bestehenden Benutzeroberflächen (Nutzerfrontends) von

Leipzig mobil überarbeitet bzw. bei Bedarf neu konzipiert und an die neue Systemarchitektur angepasst werden. Darüber hinaus ist die Entwicklung optimierter Zugänge für relevante Nutzergruppen, die einer alternativen Ansprache bedürfen, vorgesehen. Diese bilden die Grundlage für ein überregionales Whitelabeling (Dienstleistung, die nicht unter der eigenen Marke angeboten wird).

Die mobilen Nutzerfrontends sind der wichtigste Kundenzugang. Alle Prognosen zur Digitalisierung bestätigen die weiterhin zunehmende Relevanz mobiler Applikationen und mobil optimierter Webimplementierungen. Durch die Erweiterung der Systemlogik von Leipzig mobil rücken neue Anwendungsfälle und Möglichkeiten der Standardnutzung des Prozesses von der Suche über die Buchung zur Zahlung in den Vordergrund. Daneben bildet die individuelle Nutzung und ständige Begleitung der Nutzer durch ihre Smartphones mit der Sensorik auch die Grundlage für Datenerfassung und -analyse zur Entwicklung von mehrwertgenerierende Assistenzfunktionen.

Analog der mobilen Frontends müssen auch die bestehenden Oberflächen funktional und visuell an den erweiterten Funktionsumfang mit neuen Anwendungsfällen angepasst werden. Daneben sollen auch neue Bedienkonzepte und Zugänge auf Basis marktrelevanter und verbreiteter Technologien konzipiert und entwickelt werden. Dies umfasst die Anbindung des Leipzig mobil Systems an sprachgesteuerte Assistenten (Siri, Alexa, Google Assistant, u. ä.), die Entwicklung von SmartTVAnwendungen sowie in Abhängigkeit der technologischen Entwicklung und Markt-Relevanz auch weitere Zugänge wie bspw. Social Media Apps.

#### Wirkungspotential

Es wird davon ausgegangen, dass die  $NO_2$ -Minderung stadtweit im Jahr 2020 unter 1  $\mu g/m^3$  beträgt.

#### Kosten

Die Umsetzung der Maßnahme kostet insgesamt 0,8 Millionen Euro.

Tabelle 27: Kosten - Überarbeitung und Ergänzung der Nutzerfrontends

Jahr	Kosten in Euro
2019	290.000
2020	510.000

#### h) Umstellung auf elektronische Ticketver- und -bearbeitung

Das Gesamtsystem muss befähigt werden, jegliche Nutzerinteraktion vom Fahrscheinkauf bzw. der Erfassung des Fahrtbeginns, die Fahrscheinentwertung, den Wechsel des Verkehrsmittels, die Prüfung der Fahrtberechtigung, das Erfassen des Fahrtenendes und die Übertragung der Nutzungsdaten an ein geeignetes Hintergrund- und Abrechnungssystem als vollständig digitalen Vorgang abzubilden.

Dabei setzten sämtliche nachfolgenden Maßnahmen auf den offenen Daten- und Schnittstellen-Standard der VDV-Kernapplikation (Kurzform: VDV-KA) für ein Electronic Ticketing bzw. Elektronisches Fahrgeldmanagement (EFM) im Öffentlichen Personenverkehr auf. Es handelt sich um das technologische Herzstück des elektronischen Fahrkartensystems eTicket Deutschland, auf dem deutschlandweit eingeführte EFMSysteme von Verkehrsverbünden und -unternehmen basieren.

Die VDV-Kernapplikation ist faktisch der einzige anerkannte nationale Standard für elektronische ÖPNV-Tickets in Deutschland.

Alle bereits heute im Mitteldeutschen Verkehrsverbund eingeführten elektronischen Ticketformen (Abo-Chipkarte, Handy- Onlineticket) basieren auf diesem Standard.

Folgende Schritte sind für eine Umstellung erforderlich:

- 1) Umstellung bzw. Erweiterung der vorhandenen Entwertertechnologie auf ein Check-In-Check-Out-System
- 2) Befähigung der Vertriebshintergrundsysteme zur Nutzerkontenverwaltung
- 3) Anpassung der Prüf- und Kontrollgeräte
- 4) Weiterentwicklung des Berechtigungssystems
- 5) Erweiterung der ÖPNV-Ticketing-Apps
- 6) Überführung des Trägermedien basierenden Systems auf ID-basierendes Ticketing

### Wirkungspotential

Es wird davon ausgegangen, dass die NO₂-Minderung stadtweit im Jahr 2020 unter 1 μg/m³ beträgt.

### Kosten

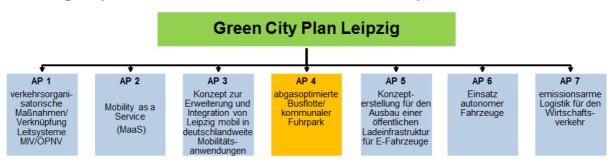
Für die Umsetzung der Maßnahme als Minimalkonfiguration bedarf es eines Investitionsvolumens in Höhe von 6,25 Mio. Euro.

Eine Aufschlüsselung der Investitionskosten kann der Tabelle 28 entnommen werden.

Tabelle 28: Kostenübersicht - Umstellung auf E-Ticketing

Arbeitsschritt		Koste	n in Euro	
Arbeitsschritt	2019	2020	2021ff.	Folgekosten
Umstellung bzw. Erweiterung der vorhandenen Entwertertechnologie auf ein Check-In-Check-Out-System	2.250.000	2.250.000		400.000
Befähigung der Vertriebshintergrundsysteme zur Nutzerkontenverwaltung	200.000			40.000
Anpassung der Prüf- und Kontrollgeräte		200.000		40.000
Weiterentwicklung des Berechtigungssystems		150.000		30.000
Erweiterung der ÖPNV-Ticketing-Apps	200.000			40.000
Überführung des Trägermedien- basierenden Systems auf ID-basierendes Ticketing			1.000.000	200.000

### 3.4 Abgasoptimierte Busflotte und kommunaler Fuhrpark



Im Zusammenhang mit den Forderungen nach Luftreinhaltung der Innenstädte untersuchen die Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH, als kommunales Unternehmen der Stadt Leipzig und Betreiber des ÖPNV in der Stadt und Umgebung, die Umstellung dieselbetriebener Buslinien auf Elektrobusbetrieb. Parallel erfolgt durch das Hauptamt der Stadt Leipzig die Analyse des kommunalen Fuhrparks nach Elektrifizierungsmöglichkeiten und aktuellen Bestrebungen diesbezüglich.

Es werden folgende Maßnahmen betrachtet:

- a) Abgasoptimierte Busflotte
- b) Umrüstung des kommunalen Fuhrparks

### a) Abgasoptimierte Busflotte

Im Folgenden wird durch die Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH dargestellt, wie mittels der Einführung von E-Bussen und über das aktuelle Programm zum Ersatz von Dieselbussen durch E-Busse ein Beitrag zur Senkung der Schadstoffbelastung geleistet werden kann. Damit werden sowohl die lokalen Emissionen des ÖPNV reduziert, als auch die Lärmbelastungen durch den Busverkehr verringert.

Neben der Beschaffung von Batteriebussen ist auch die Installation der Depot- und Streckennachladung Gegenstand der Betrachtung bei Umstellungsmöglichkeiten auf E-Busse. Im Vorfeld wurden die technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Potentiale für einen zielgerichteten und zweckdienlichen Investitionsmitteleinsatz auch im Hinblick möglicher Fördergegenstände überprüft. Die Untersuchung soll Einsatzbedingungen der Verkehrsleistung in der Stadt Leipzig abbilden. Dadurch wird ermöglicht, ein repräsentatives und zuverlässiges Bild darüber zu erhalten, wo und mit welchen Mitteln (sowohl technisch als auch finanziell) der Elektrobuseinsatz sinnvoll ist. Gegenstand der Machbarkeitsstudie der Leipziger Verkehrsbetriebe ist Betriebseinführungskonzept elektrisch angetriebener Batteriebusse in den möglichen Anwendungsfällen Normal- sowie Gelenkbussen. Es dient der Entwicklung eines gesamtstädtischen Entscheidungsprozesses für den Einstieg in einen elektrischen Busbetrieb in Leipzig.

Es handelt sich bei der initialen Beschaffung von Elektrobussen um eine umfängliche Systemumstellung im Betrieb. Diese Umstellung tangiert nahezu Unternehmensbereiche. Neben der Neubeschaffung der Busse ist eine Anpassung der Streckenausrüstung, des Wartungsequipments und der Infrastruktur in den Abstellanlagen notwendig. Weiterhin sind Personalschulungen erforderlich, Umläufe der Busse müssen unter Umständen angepasst und die nötigen Ladeeinrichtungen geschaffen werden. Eine Systemumstellung unterliegt einem Entscheidungsfindungsprozess, welcher sich direkt am praktischen Untersuchungs- bzw. Einsatzfall orientiert. In diesem sollen Verkehrskonzept, Systemdefinition, die Wirtschaftlichkeitsanalyse und das die Umsetzungskonzept über eine entsprechende Systemarchitektur miteinander verknüpft werden. Die Prüfung, inwieweit der Einsatz von Batteriebussen in ihrem Liniennetz technisch

möglich und wirtschaftlich realisierbar ist lies die Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH durch einen externen Gutachter untersuchen.

Die Untersuchungen erfolgten für die mittelfristig geplanten Linien bzw. Linienkombinationen anhand von Umlaufplänen für den Planungsstand 2020. Basierend auf Voranalysen hinsichtlich wesentlicher Fahrzeugparameter (z. B. spezifischer Energieverbrauch) sowie der jeweiligen Verspätungsanfälligkeit wurden alle Umlaufpläne einer sog. Energiebilanzierung unterzogen. Deren Ergebnis diente der Bewertung der technischen Machbarkeit eines Batteriebuseinsatzes. Dabei orientieren sich die Aussagen an bereits heute am Markt verfügbaren Fahrzeugen und Ladestationen, indem deren Möglichkeiten mit den energetischen Anforderungen verglichen wurden. Wo der Einsatz von Batteriebussen entweder technisch nicht möglich oder wirtschaftlich nicht vertretbar ist, wird zunächst der Weiterbetrieb von möglichst abgas- und lärmarmen Dieselbussen empfohlen. Neben der technischen und wirtschaftlichen Bewertung erfolgte auch eine Betrachtung hinsichtlich der Auswirkungen auf die Umwelt. Als Ladestrategien wurden sowohl das Gelegenheitsladen an Endhaltestellen als auch das ausschließliche Laden im Betriebshof (Depotlader) sowohl für Fahrzeuge mit Brennstoffheizung als auch elektrischer Heizung untersucht.

Im Ergebnis der Machbarkeitsstudie werden innerhalb der Leipziger Verkehrsbetriebe den entsprechenden Gremien Vorschläge zur Umstellung unterbreitet. Dabei wird in der Machbarkeitsstudie zunächst die Umstellung von 3 Linien mit Gelegenheitsladung empfohlen. Eine Darstellung des Umstellungszeitplanes ist in Abbildung 4 dargestellt. Zur Umsetzung bedarf es der entsprechenden Gremienbefassung innerhalb der Leipziger Verkehrsbetriebe.



Abbildung 4: Umstellungszeitplan der Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH auf E-Busse bei Zustimmung der Gremien

### Elektrifizierung von 3 Buslinien

Die Linie 89 ist die einzige Innenstadt-Linie, die nicht den die Leipziger City umschließenden Innenstadtring nutzt, sondern das verkehrsberuhigte Stadtzentrum durchquert und das Gebiet rund um den Markt erschließt. Die Umstellung der Linie ist bis 2020 in der Planung und misst einen Fahrzeugbedarf von 7 Standardbussen. Die Querung des Stadtzentrums stellt erhöhte Anforderungen an die Fahrzeugqualität, da mit Ausnahmegenehmigung auch Fußgängerbereiche gekreuzt oder befahren werden. Auch im weiteren Linienverlauf dient die Linie 89 der kleinräumigen Erschließung von Wohnstandorten und es bestehen damit besondere Anforderungen hinsichtlich Schadstoff- und Lärmemissionen.

Die Linie 74/76 ist eine Linie, die den Leipziger Westen mit dem Leipziger Süden verbindet. Eine Umstellung könnte hier 2021 erfolgen und es werden 18 Standardbusse benötigt. Neben der Anbindung der dichtbesiedelten genannten Stadtteile befährt die Linie u. a. den Schleußiger Weg, der mit rund 8.000 Fahrgästen pro Werktag am stärksten belastete Straßenabschnitt im Leipziger Busnetz.

Die Linie 60 ist eine Tangentiallinie, die den Leipziger Westen mit dem Leipziger Süden und Osten verbindet und könnte im Jahr 2023 mit 13 Fahrzeugen ausgestattet werden. Aufgrund des hohen Fahrgastaufkommens werden auf der Linie 60 ausschließlich Gelenkbusse eingesetzt und es werden überwiegend Hauptverkehrsstraßen befahren. Nur an den westlichen und östlichen Linienenden fährt die Linie 60 direkt in Quartiere und nutzt dort auch kleinere Straßen. Gemeinsam mit der Linie 74 befährt die Linie 60 den Schleußiger Weg, den am stärksten belasteten Abschnitt im Leipziger Busnetz.

### Ersatzbeschaffungen für die Dieselflotte

Durch Ersatz der bisher im Fuhrpark verwendeten Busse durch einen Bus der neuesten Abgastechnologie (mindestens EURO 6) ergeben sich somit weitere Potentiale zur Senkung der Schadstoffemissionen. Zusätzlich zur Einrichtung der Elektrobuslinien ist der Ersatz bestehender Busse durch Dieselbusse der neuesten Abgastechnologie geplant. Mittelfristig ergibt sich ein Bedarf zur Ersatzbeschaffung von Dieselbussen.

Das aktuelle Beschaffungsprogramm (Tabelle 29) sieht die Beschaffung von 38 E-Bussen und einen Tausch in der Fahrzeugflotte hin zu abgasärmeren Dieselfahrzeugen von 60 Dieselbussen.

Tabelle 29: Beschaffungsszenario der LVB GmbH (LVB, 2018)

Jahr	NB <sup>1)</sup> Diesel	GB <sup>2)</sup> Diesel	KB <sup>3)</sup> Diesel	Summe Diesel	NB <sup>1)</sup> E-Bus	GB <sup>2)</sup> E-Bus	Summe E-Bus
2019	17	17		34		-	- <del>-</del>
2020	18		6	24	11		11
2021					14		14
2022		2		2			
2023						13	13
Summe	35	19	6	60	25	13	38

<sup>&</sup>lt;sup>1)</sup> Normalbus, <sup>2)</sup> Gelenkbus, <sup>3)</sup> Kleinbus

#### Wirkungspotential

Um eine Darstellung der Stickstoffdioxidminderung vorzunehmen erfolgte durch die Leipziger Verkehrsbetriebe eine umfassende Berechnung. Es wurden die Emissionen entsprechend der Beschaffungsszenario (Tabelle 29) errechnet. Dabei sind Emissionen der Fahrzeuge die durch Neufahrzeuge ersetzt werden sollen, den Emissionen der Neufahrzeuge gegenübergestellt worden. Die Berechnungen wurden nach HBEFA 3.3 in Bezug auf vorhandene Fahrzeuge (überwiegend EURO 5) und dem Beschaffungsszenario bei Jahresfahrleistungen von 70.000 km für Normalbusse und 55.000 km für Gelenkbusse vorgenommen. Selbiges Vorgehen wurde mit der Emissionsberechnung zur Einführung der Elektro-Buslinien in Leipzig vollzogen. Zudem wurde angenommen, dass keine fossile Heizung in den Fahrzeugen betrieben wird. Die Elektrobusse würden zudem mit 100 % Ökostrom fahren, daher wurde von einer Einberechnung der Emissionen für den Energiebedarf der E-Busse verzichtet.

Mit der vorgeschlagenen E-Bus-Einführung auf 3 Linien nach dem beschriebenen Szenario summiert sich die Emissionsminderung bis zum Jahr 2023 mit jedem neuen E-Bus (siehe Tabelle 30). Ab 2023 könnte sich der  $NO_x$ -Ausstoß mit dieser Maßnahme pro Jahr um mindestens 10.547 kg reduzieren. Bereits 2020 wird mit der Einführung der Linie 89 eine  $NO_x$ -Reduktion von 1.892 kg wirksam. Durch die Einführung der Elektrobuslinien könnten ab 2023 jährlich 2.622 Tonnen  $CO_2$ , 2.566 kg  $NO_2$  (Direktemissionen der Fahrzeuge) und 26 kg Feinstaub reduziert werden.

Die Planungen der Leipziger Verkehrsbetriebe sehen daneben auch eine Modernisierung der Dieselbusflotte vor. Es sind für den gesamten Fuhrpark durch Ersatz bestehender Busse durch Dieselbusse der neuesten Abgastechnologie zusätzliche Einsparungen errechnet worden. Bei geplanter Umsetzung ist ab 2023 jährlich eine Minderung des NO<sub>x</sub>-Ausstoßes um 39.822 kg/a. Die Umstellung auf die bessere Dieselnorm ist bereits 2020 mit 27.512 kg/a wirksam (Tabelle 30).

Darüber hinaus wurden auch für die Dieselflottenerneuerung die Bilanzierungen für andere Schadstoffe vorgenommen. Es könnten ab 2023 jährlich 3.137 Tonnen CO<sub>2</sub>, 9.592 kg NO<sub>2</sub> (Direktemissionen der Fahrzeuge) und 41 kg Feinstaub reduziert werden.

Tabelle 30: Emissionseinsparung nach Jahren durch E-Bus Einführung und Ersatzbeschaffung durch Dieselneufahrzeuge (EURO 6) (LVB, 2018)

Jahr	Einführung Elektrobuslinien NO <sub>x</sub> in kg/a	Ersatzbeschaffung von Dieselbussen EURO 6 NO <sub>x</sub> in kg/a
2019	0	14.701
2020	1.892 (Linie 89)	27.512
2021	7.110 (Linie 89 + 74/76)	34.876
2022	7.110 (Linie 89 + 74/76)	35.494
2023 (ab 2023 jährlich)	10.547 (Linie 89 + 74/76 + 60)	39.822

Zur Abschätzung der immissionsseitigen Wirkung der Modernisierung der Busflotte wurden die eingesetzten Fahrzeuge entsprechend der Fahrzeugkategorie und des Abgasstandards linienfein aufgelöst dem luftreinhalteplanungsrelevanten Straßennetz überlagert. Dies wurde sowohl für den Nullfall (kein Fahrzeugtausch) als auch für den Planfall (Fahrzeugtausch entsprechend der aktuellen Investitionsplanung der LVB) durchgeführt. Für beide Szenarien erfolgte daraufhin die Berechnung der NO<sub>x</sub>-Emissionen bezogen auf das Jahr 2020. Mittels Ausbreitungsrechnung wurden für den Null- und Planfall die NO<sub>x</sub>- bzw. NO<sub>2</sub>-Zusatzbelastungen im Jahr 2020 ermittelt. Anschließend wurde aus der Differenz zwischen dem Null- und dem Planfall das NO<sub>2</sub>-Minderungspotential berechnet. Die Vorgehensweise macht sich insofern eine Annahme zu eigen, da mit Blick auf das Jahr 2020 der konkrete Fahrzeugeinsatz auf den jeweiligen Linien u. a. vom Fahrgastaufkommen abhängig und aktuell noch nicht vorhersehbar ist. Zudem wurde der reine Fahrzeugtausch ohne ein Anwachsen der Flotte betrachtet.

Durch die Modernisierung der Busflotte würde sich die  $NO_2$ -Zusatzbelastung an den Straßen mit Linienbusverkehr um bis zu etwa 5  $\mu$ g/m³ verringern. Hierdurch würde die stadtweite  $NO_2$ -Gesamtbelastung um bis zu etwa 3  $\mu$ g/m³ bezogen auf das Jahr 2020 gemindert.

#### Kosten

Zur Umsetzung der Elektrifizierung der benannten drei Buslinien sind umfangreiche Investitionen zu tätigen. Diese sind in Tabelle 31 dargestellt und beziehen sich auf das Beschaffungsszenario in Tabelle 29. Das Gesamtvolumen für die Umstellung bis 2023 beträgt demnach 37 Mio. Euro. Weiterhin wird für die Ersatzbeschaffung von 60 Diesel-Bussen (mindestens EURO 6) eine Aufwendung in Höhe von 18,7 Mio. Euro, die ebenfalls bis 2023 erfolgen soll. Als Gesamtvolumen kann für eine abgasoptimierte Busflotte für E-Busse und Dieselbusse damit ein Gesamtkostenumfang von 55,7 Mio. Euro angenommen werden.

Tabelle 31: Kosten zum Beschaffungsszenario für E-Busse und Dieselbusse (in Mio. EUR, LVB, 2018)

Jahr	Umstellung auf E-Busse	Ladeinfra- struktur	Ausrüstung Betriebshof	Summe	Ersatzbeschaffung Euro 6 Diesel- Busse	Summe
2019	-	0,5	-	0,5	11,1	11,6
2020	7,0	1,2	0,6	8,8	6,9	15,7
2021	9,0	2,1	0,2	11,3	-	11,3
2022	-	-	-		0,7	0,7
2023	11,4	1,7	3,3	16,4	-	16,4
Summe	27,4	5,5	4,1	37,0	18,7	55,7

### b) Umrüstung des kommunalen Fuhrparks

Es wird eine Umrüstung des Fuhrparks der Stadtverwaltung Leipzig von Dienstfahrzeugen mit Verbrennungsmotoren auf Elektro- und Hybridfahrzeuge angestrebt.

Der Fuhrpark der Stadtverwaltung Leipzig (ohne Feuerwehrfahrzeuge und Fahrzeuge der Eigenbetriebe Stadtreinigung) umfasst derzeit 258 Dienstfahrzeuge (Stand 2018), siehe Tabelle 32). Hierzu zählen die Einsatzfahrzeuge des Ordnungsamtes, der Bauhöfe sowie die Fahrzeuge des Verkehrs- und Tiefbauamtes und des Amtes für Stadtgrün und Gewässer (Straßenbau- und Gartenbaufahrzeuge).

Der Anteil an Elektrofahrzeugen liegt mit 39 Fahrzeugen (siehe Tabelle 32) derzeit noch bei 15,1 % der Fahrzeugflotte. Davon werden 29 monovalente Elektrofahrzeuge im Moment für die Stadtverwaltung angemietet. Erfolgreich konnte zudem die Fahrzeugflotte seit 2003 verkleinert werden. Die Carsharing-Nutzung durch die Mitarbeiter/-innen der Stadtverwaltung ermöglichte es, zuletzt 47 Fahrzeuge des Fuhrparkes durch 21 gebundene Carsharing-Fahrzeuge zu ersetzen und somit neue und für die Stadt kosteneffiziente Wege zu beschreiten. Dadurch wurden die Standzeiten der Fahrzeuge reduziert und die Fahrzeuge besser ausgenutzt als zuvor. Carsharing soll auch weiterhin die Fahrzeugflotte ergänzen und damit ein multimodales, weniger auf den Pkw ausgerichtetes Mobilitätsverhalten der Stadtverwaltung fördern.

Tabelle 32: Übersicht zum Fuhrpark der Stadtverwaltung (Stand Januar 2018)

Fahrzeug klasse	Einsatzbereich (Amt)	Anzahl	Benziner/ Diesel	Elektrifizierungs- perspektive
	Hauptamt	5	4 Elektro 1 Benziner	2020
де	Ordnungsamt	29	12 Elektro 17 Benziner	2021 (7 Hybrid), 2025
nezu	Sozialamt	2	1 Elektro 1 Benziner	2023
äh	Amt für Sport	1	1 Elektro	
Kleinstfahrzeuge	Gebäudemanagement	3	1 Elektro 2 Benziner	2023
호	Verkehrs- und Tiefbauamt	20	14 Elektro 6 Benziner	2025
	Amt für Stadtgrün und Gewässer	6	4 Elektro 2 Benziner	2023
Kompak tfahrzeu ge	Hauptamt	11	1 Plug-in-Hybrid 10 Diesel	2030
omp ahrz ge	Ordnungsamt	15	15 Benziner	2021 (9 Hybrid), 2030
ス #=	Amt für Umweltschutz	2	2 Benziner	2025

Fahrzeug klasse	Einsatzbereich (Amt)	Anzahl	Benziner/ Diesel	Elektrifizierungs- perspektive
	Amt für Sport	1	1 Diesel	2018
	Veterinär- und Lebensmittelaufsicht		3 Benziner	2023
	Amt für Stadtgrün und Gewässer	2	2 Benziner	2030
	Hauptamt	17	17 Diesel	2030
	Ordnungsamt	8	8 Benziner	2030
	Amt für Umweltschutz	1	1 Diesel	2027
	Kulturamt	1	1 Diesel	2025
	Volkshochschule	1	1 Diesel	2030
ge	Bibliotheken	1	1 Diesel	2030
īen	Sozialamt	7	7 Diesel	2030
Leichte Nutzfahrzeuge	Amt für Jugend, Familie und Bildung	2	2 Diesel	2025
Ž	Amt für Sport	7	7 Diesel	2030
ichte	Veterinär- und Lebensmittelaufsicht	3	3 Diesel	2030
Le	Amt für Geoinformation und Bodenordnung	4	4 Diesel	2030
	Gebäudemanagement	12	12 Diesel	2030
	Verkehrs- und Tiefbauamt	24	24 Diesel	2030
	Amt für Stadtgrün und Gewässer	12	12 Diesel	2030
	Hauptamt	21	21 Diesel	2040
ge	Bibliotheken	1	1 Diesel	2040
Sonderfahrzeuge	Amt für Sport	5	1 Elektro 4 Diesel	2040
ərfe	Verkehrs- und Tiefbauamt	16	16 Diesel	2030
Sond	Amt für Stadtgrün und Gewässer	14	14 Diesel	2040
	Marktamt	1	1 Diesel	2030

Eine hohe Fahrzeugauslastung im Drei-Schichten-System kann nur durch eine schnelle Ladung der E-Fahrzeuge abgedeckt werden, d. h. die Errichtung und der Ausbau von Schnellladestationen ist dringend erforderlich. Daneben sind auch robuste Batterien notwendig, um Ladeausfälle zu vermeiden. Für Langstrecken bleibt der Einsatz von Hybridfahrzeugen im Moment notwendig.

Bis 2020 sollen die bislang 29 angemieteten E-Dienstfahrzeuge durch eigene monovalente Elektrofahrzeuge, vorbehaltlich der Bewilligung der Fördermittel, ersetzt werden. Zusätzlich sollen 16 Dienstfahrzeuge mit Verbrennungsmotor durch (Plug-in-) Hybridfahrzeuge ersetzt werden. Hierzu ist ein Fördermittelantrag zur anteiligen Finanzierung der Infrastruktur und Beschaffung der Fahrzeuge zur Fördermaßnahme "Projektförderung Elektromobilität des BMVI im Förderbereich Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur" vom 31.01.2018 erfolgt.

Damit erhöht sich bis 2020 der elektrisch betriebene Fahrzeuganteil auf insgesamt 22 %. Ab 2020 sind weitere Fahrzeugwechsel - insbesondere Lieferwagen - durch monovalente Elektrofahrzeuge vorgesehen. Das angestrebte Ziel ist es, den städtischen Fuhrpark bis 2030 zu einem Anteil von 80 % zu elektrifizieren (Primärantrieb), samt der notwendigen Ladeinfrastruktur. Zur Zielerreichung werden weitere Fördermittel notwendig.

Zusätzlich wird die Nutzung alternativer Mobilitätsformen wie ÖPNV, Rad und E-Rad bzw. E-Lastenrad unterstützt. Die Stadtverwaltung stellt gemeinsam mit den Leipziger

Verkehrsbetrieben übertragbare Zeitkarten und Jobtickets für die Mitarbeiter zur Verfügung. Durch zahlreiche Sensibilisierungsmaßnahmen wird ein Wechsel vom Individualverkehr auf den Umweltverbund angestrebt. Hierzu zählen beispielsweise das Stadtradeln, das Projekt MoveCit (Schulungen) und zahlreiche Aktivitäten im Rahmen der Europäischen Mobilitätswoche.

### Wirkungspotential

Es wird davon ausgegangen, dass die  $NO_2$ -Minderung stadtweit im Jahr 2020 unter 1  $\mu g/m^3$  beträgt.

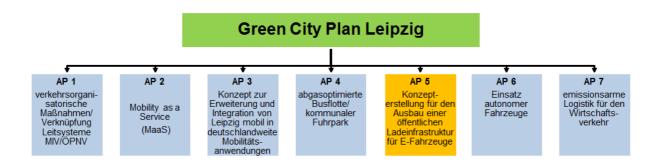
### Kosten

Für die Umstellung des kommunalen Fuhrparks auf E-Fahrzeuge wird ein Gesamtkostenumfang von 6,25 Mio. Euro angenommen.

Tabelle 33: Kosten für die Umstellung des kommunalen Furparks

Jahr	Kleinstfahrzeuge Kosten in Euro	Kompaktfahrzeuge Kosten in Euro	Leichte Nutzfahrzeuge Kosten in Euro
bis 2020	160.000	80.000	0
2021ff.	800.000	480.000	5.000.000
Summe	960.000	560.000	5.000.000

# 3.5 Konzepterstellung für den Ausbau einer öffentlichen Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge (inkl. Schnellladestationen)



Ausgehend von zahlreichen Konzepten zur Elektromobilität, insbesondere von dem 2016 beschlossenen Konzept "Leipzig - Stadt der intelligenten Mobilität" soll mit dem folgenden Konzept eine Grundlage für eine bedarfsgerechte Ladeinfrastruktur geschaffen werden, basierend auf drei Varianten eines Markthochlaufszenarios. Diese Szenarien führen zu einer nachhaltigen Substitution von bisher fossil betriebenen Kraftfahrzeugen durch elektrisch betriebene Fahrzeuge und leisten damit einen Beitrag zur Verminderung der NO<sub>2</sub>-Emissionen.

Das Konzept beinhaltet eine Abschätzung der Entwicklung privater und betrieblich genutzter E-Pkw auf Ebene der 63 Leipziger Ortsteile sowie von sechs Sondergebieten, sowie eine dafür angemessene Dimensionierung der Ladeinfrastruktur.

#### Ausgangssituation

Zum 1. Januar 2018 waren in Leipzig 303 elektrisch betriebene Pkw sowie 195 Plug-in-Hybrid-Pkw gemeldet. Etwas mehr als die Hälfte der 303 E-Pkw entfiel auf gewerbliche oder öffentliche Betreiber, die mehrere Fahrzeuge in Leipzig angemeldet hatten. Eine ungleiche Verteilung auf die Ortsteile bringt es mit sich, dass in zwölf von 63 Leipziger Ortsteilen noch kein E-Pkw gemeldet ist.

Dem steht eine Ladeinfrastruktur aus aktuell (Stand April 2018) 101 öffentlichen, 101 halböffentlichen und mindestens 58 privaten Ladepunkten gegenüber, diese insgesamt 260 Ladepunkte verteilen sich auf 125 Standorte im Stadtgebiet (meist Ladesäulen). Die Gesamtleistung aller Ladepunkte beträgt 3.424 kW.

Da in Deutschland mittelfristig das Verhältnis von einem öffentlichen Ladepunkt für zehn Fahrzeuge angestrebt wird, erfordert das Markthochlaufszenario bei der Zahl der Fahrzeuge eine noch stärkere Steigerung als bei der Zahl der Ladepunkte. Diese Steigerung bei der Fahrzeugzahl wird gegenwärtig u. a. durch besonders lange Lieferzeiten (fünf bis zwölf Monate), hohe Anschaffungskosten und eine eingeschränkte Modellauswahl gebremst.

Mehrere Studien beschreiben derzeit den absehbaren bzw. geplanten Markthochlauf für die Elektrofahrzeuge in Deutschland in den kommenden Jahren. Das Trendszenario entspricht einem Wachstum von rund 54.000 Elektrofahrzeugen zum Jahresende 2017 auf rund 480.000 bis 2020 und rund 1.600.000 Elektrofahrzeuge bis 2023, wobei jeweils die Hälfte rein elektrisch und die andere Hälfte als Plug-In-Hybrid-Pkw betrieben werden. Die bundesweiten Steigerungsraten wurden auf Leipzig übertragen. Bis 2023 bedeutet dies eine Steigerung von aktuell 303 auf dann ca. 5.100 rein elektrische Pkw sowie eine gleich hohe

Zahl von Plug-In-Hybrid-Pkw. Im Minimalszenario sind es rund halb so viele (jeweils ca. 2.270), im Maximalszenario etwa doppelt so viele (jeweils ca. 11.400).

#### Methodik

Das Planungstool SIMONE ermittelt den Bedarf anhand von acht Gebietstypen (Wohngebiete, Kerngebiete, Gebiete mit Arbeitsplätzen mit und ohne relevantes Besucheraufkommen etc.). Diese Kategorien wurden aus dem Flächennutzungsplan der Stadt entnommen bzw. abgeleitet. Bei Wohngebieten hängt die Berechnung dabei von zwei Stellgrößen wesentlich ab:

- Gebieten mit hohem Anteil an Ein- und Zweifamilienhäusern wird ein deutlich niedrigerer Bedarf zugewiesen, da von der Existenz privater Stellplätze ausgegangen wird
- Gebieten mit einem erhöhten Erstnutzerpotential wird ein deutlich erhöhter Bedarf zugewiesen.

Zusätzlich zu dem Bedarf, der sich aus den Kennwerten für die Wohngebiete und Zielgebiete des Arbeitens, Einkaufens etc. ergibt, sieht das Planungstool SIMONE

- je intermodalem Verknüpfungspunkt (Bahnhöfe und Mobilitätsstationen) eine Ladesäule mit zwei Ladepunkten
- und auf öffentlichen bzw. halböffentlichen Stellplatzanlagen (z. B. Parkhäuser, Tiefgaragen) einen entsprechenden Anteil an Stellplätzen mit Ladeinfrastruktur

vor.

Unter Vorgabe des Trendszenarios mit insgesamt 10.206 Elektrofahrzeugen im Jahr 2023 (davon die Hälfte als Plug-in-Hybride) berechnet das Planungstool einen Bedarf von 1.632 Ladepunkten, darunter 1.026 im Stadtgebiet und 494 auf Stellplatzanlagen. In 10 der 69 untersuchten Gebiete ergibt sich aus dem Planungstool jedoch kein einziger Stellplatz, insbesondere dann, wenn dort ein hoher Anteil an Ein- und Zweifamilienhäusern eingetragen ist.

Um den konkreten Leipziger Bedarf differenzierter zu berücksichtigen, wurden die Ergebnisse anschließend mit der E-Pkw-Bestandsprognose abgeglichen, die sich aus einer genaueren Einschätzung sozioökonomischer Aspekte ergibt. Hierbei wurde die Zahl der zu erwartenden Fahrzeuge anhand von Kennwerten wie der aktuellen Zahl privater Pkw, Altersstruktur der Einwohner, Einkommen, Bildungsstand (für private Pkw) und für gewerbliche Pkw aus Kennwerten wie der Zahl gewerblicher Fahrzeuge oder der Beschäftigten am Arbeitsort abgeleitet.

Die Verhältnisse, die sich so zwischen der Zahl der Fahrzeuge je Ortsteil und der vom Planungstool SIMONE dafür vorgesehenen Zahl der Ladestationen ergaben, wurden anschließend kritisch überprüft. Dabei wurde z. B. der Anteil der Ein- und Zweifamilienhäuser differenzierter betrachtet, so dass das Verhältnis flexibel an die Menge der Mehrfamilienhäuser und der dort ansässigen Pkw-Halter angepasst werden konnte. Bei den gewerblichen Pkw wurden zudem die bereits im Ansatz bekannten Planungen bestehender Flottenbetreiber berücksichtigt. Auf dieser Grundlage wurde die Zahl der Ladestationen je Ortsteil, die im ersten Schritt direkt aus dem Planungstool SIMONE abgeleitet worden war, an die konkreten Verhältnisse der Stadt Leipzig angemessen angepasst.

Unter dem Begriff Elektroauto werden Batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) und Plug-in Hybride (PHEV) zusammengefasst.

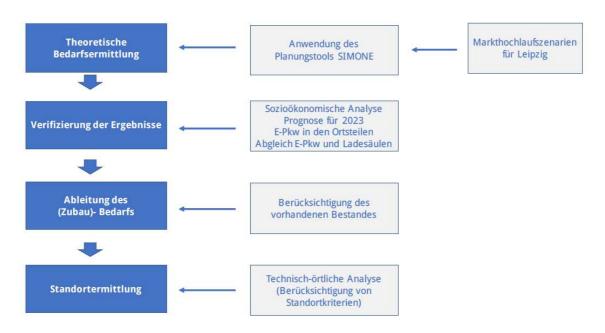


Abbildung 5: Methodik zur Erarbeitung des Ladeinfrastrukturkonzepts für die Stadt Leipzig (IE Leipzig, 2018)

Das Arbeitspaket beinhaltet zwei konkrete Maßnahmen.

- a) Installation von öffentlich nutzbarer Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge im Stadtgebiet Leipzigs
- b) Installation von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge an Stellplatzanlagen und intermodalen Verknüpfungspunkten in Leipzig

Den generellen Bedarf an Ladestationen zeigt die Abbildung 6.

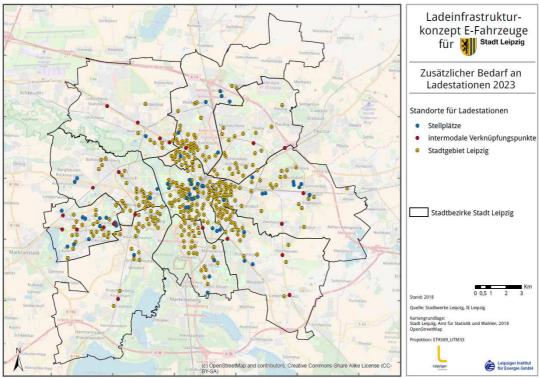


Abbildung 6: Standorte für zukünftig nötige Ladeinfrastruktur in Leipzig – Zubaubedarf (IE Leipzig, Stadtwerke Leipzig, 2018)

# a) Installation von öffentlich nutzbarer Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge im Stadtgebiet Leipzigs

Im Rahmen des Trendszenarios wurde für 2023 das Stadtgebiet betreffend ein Bedarf von 732 Ladepunkten für 333 Standorte ermittelt. Davon sollen 373 Ladesäulen mit 11 kW und 2 Ladesäulen mit 50 kW ausgestattet werden.

### Wirkungspotential

Ausgangspunkt der Berechnung zur Emissionsminderung ist der Pkw-Bestand in Leipzig nach Kraftstoffarten zum 01.01.2018 aus einer Statistik vom Kraftfahrbundesamt (KBA, 2018b) und das Hochlaufszenario mit Jahreswerten bis 2023 über die Zunahme der Plug In-Hybrid- und Elektro-Pkws in Leipzig. Durch eine Verrechnung der nach Kraftstoffart aufgeteilten Fahrzeuge mit den durch die BASt (Bundesanstalt für Straßenwesen) ermittelten jeweiligen durchschnittlichen Fahrleistungen (BASt, 2017) konnten im folgenden Schritt die zurückgelegten Kilometer je nach Kraftstoffart ermittelt werden. Mit Hilfe des Hochlaufszenarios der Plug-in-Hybrid- und Elektro-Pkw konnten für diese beiden Pkw-Arten die jährlich zurückgelegten Entfernungen bis 2023 ermittelt werden. Das Hochlaufszenario gliedert sich in drei Subszenarien - dem Minimalszenario, dem Trendszenario und dem Maximalszenario, welche von niedrigen, mittelhohen und sehr hohen Wachstumsraten ausgehen.

Tabelle 34: Bestandzahlen für Elektroautos in Leipzig, Hochlaufszenarien (IE Leipzig/LSW)

Jahresende	Minimalszenario	Trendszenario	Maximalszenario
2018	972	1.144	1.293
2019	1.381	1.907	2.537
2020	1.922	3.075	4.804
2021	2.617	4.765	8.557
2022	3.485	7.098	14.373
2023	4.547	10.206	22.839

Bezogen auf das jeweilige Szenario ergeben sich die in Tabelle 35 dargestellten Minderungspotentiale für  $NO_x$  und  $NO_2$ . Die Berechnung erfolgte für das gesamte Arbeitspaket 5.

Tabelle 35: Minderungspotential durch den Ausbau der Ladeinfrastruktur (IE Leipzig, 2018)

Pozugojohr	Minimalszenario		ario Trendszenario		Maximalszenario	
Bezugsjahr	NO <sub>x</sub> in kg	NO <sub>2</sub> in kg	NO <sub>x</sub> in kg	NO <sub>2</sub> in kg	NO <sub>x</sub> in kg	NO <sub>2</sub> in kg
2020	7.135,52	2.254,34	12.620,46	3.959,41	19.363,51	6.060,99
2023	24.726,04	7.593,95	53.848,84	16.416,87	107.467,07	32.650,60

Zur Abschätzung der immissionsseitigen Minderungen wurden die in Tabelle 36 in den einzelnen Szenarien ausgewiesenen  $NO_x$ -Einsparungen von den modellierten  $NO_x$ -Gesamtemissionen des Leichtverkehrs im luftreinhalteplanungsrelevanten Straßennetz in der Stadt Leipzig im Jahr 2020 (ca. 510.456 kg ohne Bundesautobahnen) subtrahiert. Fortfolgend wurde die relative Minderung, welche mit Umsetzung der jeweiligen Szenarien einhergeht, auf die Emissionen des Leichtverkehrs auf den einzelnen Straßenabschnitten umgelegt. Auf Basis der neu berechneten Emissionen wurde über eine Ausbreitungsrechnung die Zusatzbelastung für  $NO_x$  bzw.  $NO_2$  ermittelt.

Durch Differenzbildung zwischen Nullfall und Planfall kann die mit den jeweiligen Szenarien im Jahr 2020 zu erwartende Reduktion der  $NO_2$ -Gesamtbelastung mit kleiner 1  $\mu$ g/m³ eingeschätzt werden. Erst im Jahr 2023 ist im Maximalszenario eine Minderung der  $NO_2$ -Gesamtbelastung von bis zu rund 3  $\mu$ g/m³ zu erwarten.

Im luftreinhalteplanungsrelevanten Straßennetz würden im Jahr 2023 rund 21.400 Bewohner von einer Reduzierung der NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung zwischen 1 μg/m³ und 3 μg/m³ profitieren.

#### Kosten

Eine Aufschlüsselung der Kosten pro Ladesäule kann der Tabelle 36 entnommen werden.

Tabelle 36: Übersicht der Kosten für Ladesäulen (Stadtwerke Leipzig 2018)

	AC Ladesäule einphasig	AC Ladesäule dreiphasig	DC Ladestation bis 20 kW	DC Ladestation über 50 kW
Ladedauer (20 - 80 %)	3 - 6 h	2 - 3 h	20 - 45 min	10 - 30 min
realistische Kapazität	2 Fahrzeuge/Tag	4 - 6 Fahrzeuge/Tag	10 Fahrzeuge/Tag	15 - 20 Fahrzeuge/Tag
Hardwarekosten pro Ladepunkt in Euro	2.500 - 3.000	2.500 - 3.000	7.000 - 9.000	8.000 - 10.000
Installationskosten pro Ladestation in Euro	1.000 - 1.500	2.000 - 3.000	2.500 - 3.500	5.000 - 6.000

Aufgeteilt nach Jahresscheiben entstehen die in Tabelle 37 benannten Kosten.

Tabelle 37: Kosten für die Installation von Ladeinfrastruktur im Stadtgebiet Leipzigs (IE Leipzig, 2018)

Jahr	Kosten in Euro
2019	800.000
2020	800.000
2021ff.	2.400.000

# b) Installation von öffentlich nutzbarer Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge an Stellplatzanlagen und intermodalen Verknüpfungspunkten in Leipzig

Das Trendszenario weist für 2023 einen Bedarf von 524 Ladepunkten auf Stellplatzanlagen (57 Standorte) sowie 46 für intermodale Verknüpfungspunkte (23 Standorte) aus. Die Stellplatzanlagen sollen mit 239 Ladesäulen mit 11 kW sowie 59 Schnellladesäulen (50 kW) ausgestattet werden. Für die intermodalen Verknüpfungspunkte sind 23 Ladesäulen mit 11 kW vorgesehen.

#### Wirkungspotential

Das Minderungspotential wurde für das Arbeitspaket 5 insgesamt ermittelt (siehe Maßnahme 5 a).

Es wird davon ausgegangen, dass die aus den Einsparpotentialen (Tabelle 35) ermittelte  $NO_2$ -Minderung im Jahr 2020 stadtweit 1 bis 5  $\mu$ g/m³ beträgt.

#### Kosten

Eine Aufschlüsselung der Kosten pro Ladesäule kann der Tabelle 36 entnommen werden. Aufgeteilt nach Jahresscheiben entstehen folgende Kosten:

Tabelle 38: Kosten für die Installation von Ladeinfrastruktur an Stellplatzanlagen und intermodalen Verknüpfungspunkten (IE Leipzig, 2018)

Jahr	Kosten in Euro
2019	1.440.000
2020	1.440.000
2021ff.	4.310.000

### Gesamtbetrachtung

Insgesamt wird bis zum Jahr 2023 der Zubaubedarf von 1.302 öffentlichen Ladepunkten quantifiziert, der sich wie folgt aufteilt.

Tabelle 39: Zubaubedarf an öffentlichen Ladepunkten

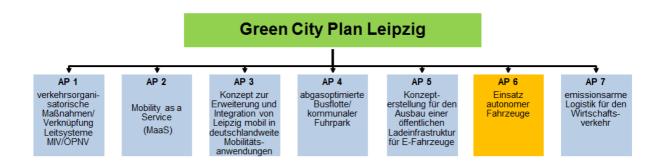
	Anzahl Ladepunkte	Anzahl Ladesäulen		Anzahl Standorte
	·	11 kW	50 kW	
LIS im Stadtgebiet Leipzig	732	373	2	333
LIS an Stellplatzanlagen	524	239	59	57
LIS an Verknüpfungspunkten	46	23	-	23
gesamt	1302	635	61	413

Das Gesamtinvestitionsvolumen zur Errichtung der geplanten 696 Ladesäulen beträgt 11,18 Mio. Euro. Für den Betrieb der 696 Ladesäulen muss mit Kosten von rund 626.400 € jährlich gerechnet werden.

Dem genannten Betrag für öffentlich nutzbarer Ladeinfrastruktur steht ein Investitionsbedarf von rund 8,03 Mio. Euro für private Lademöglichkeiten gegenüber.

Mit diesem Betrag können die benötigten 3.344 Ladepunkte im privaten und gewerblichen Bereich errichtet werden.

### 3.6 Einsatz autonomer Fahrzeuge



Mit Porsche, BMW, DHL (mit Hub/Frachtflughafen) und Amazon haben sich Großkonzerne angesiedelt, die weitere, mehrheitlich mittelständische Zulieferer und Dienstleister in ihrem Umfeld im Industriepark Nordraum Leipzig (IPN) konzentrieren.

Die räumliche Verlagerung der Leipziger Industrie in den Nordraum hat vollkommen neue Verkehrsströme mit weiter zunehmender Tendenz erzeugt. Dafür werden innovative Verkehrskonzepte benötigt, um den derzeit dominierenden motorisierten Individualverkehr (MIV) zu substituieren.

Die derzeitigen Lösungsansätze im IPN mittels Omnibus-ÖPNV (öffentlicher Personennahverkehr) durch die Linien 82 und 86 ist vor allem außerhalb der Schichtwechselzeiten und insbesondere für Angestellte mit flexiblen Arbeitszeiten nicht attraktiv (reines Grundangebot 30-min-Takt). Aus diesen Gründen ist der Anteil der öffentlichen Verkehrsmittel an allen zurückgelegten Wegen vom und zum Industriepark Nord mit unter 10 % extrem gering. Eine Taktverdichtung mit zusätzlichen Bussen und Fahrpersonal ist jedoch für das Verkehrsunternehmen mit klassischen, für Schwachlastzeiten überdimensionierten Fahrzeugen (anteilige Lohnkosten je Fahrgast) wirtschaftlich nicht darstellbar.

Daher soll der Einsatz eines autonomen E-Shuttlebusses im Leipziger Norden, zwischen Leipziger Messe und BMW-Areal, umgesetzt werden.

Hier bietet das Projekt "ABSOLUT" ("Automatischer Busshuttle selbstorganisierend zwischen Leipzig und dem BMW-Terminal") die Chance, ein neues, zukunftsweisendes ÖPNV-Angebot mit reduzierter, anforderungsgerechter Fahrzeuggröße - hochautomatisiert und integriert zur Absicherung der bedarfsgerechten Mobilität im IPN zu entwickeln. Die Konkurrenzfähigkeit zu anderen Verkehrsträgern und hohe Nutzerakzeptanz soll im Gegensatz zu anderen Projekten zum hochautomatisierten Fahren (HAF) im ÖPNV durch optimale Fahrzeiten mittels ausreichend hoher Fahrgeschwindigkeit (> 50 km/h) und einem nutzerorientierten Gesamtkonzept erreicht werden. Das Projekt ergänzt zudem die bestehenden Aktivitäten der Stadt Leipzig und der Projektpartner im Bereich der Dekarbonisierung, des elektrifizierten ÖPNV sowie dem vernetzten und automatisierten Fahren. Dieses Projekt besitzt Pilotcharakter und bietet die Chance, die Technologien und Erfahrungen (neben suburbanen Räumen) für die Sicherstellung der Mobilität in infrastrukturschwachen, ländlichen Räumen zu nutzen.

Das Projekt "ABSOLUT" zielt auf eine integrierte, automatisierte und vernetzte 24/7-Mobilität im Innovationsraum Leipzig Nord ab. Neben der Entwicklung geeigneter Fahrzeuge und deren Interaktion mit der intelligenten Verkehrsinfrastruktur, stellen die Einbettung in die Leitstelle und die Erweiterung der Benutzeroberfläche wesentliche Ziele des Vorhabens dar, um im Ergebnis ein neues Verkehrsmittel mit hoher Nutzerakzeptanz zu etablieren.

Dies umfasst die folgenden Punkte:

- flexible, zuverlässige und sichere verkehrliche Anbindung des IPN mit öffentlichem Verkehr durch Automatisierung des Busverkehrs für ein großes Einzugsgebiet und tageszeitlich und mengenmäßig stark schwankender Nachfrage
- Nachweis der Realisierbarkeit, Sicherheit und Gewinnung praktischer Betriebserfahrung hochautomatisierter Elektrofahrzeuge mit attraktiver Fahrgeschwindigkeit im ÖPNV
- Bedarfsgerechte, energie-, zeit- und kosteneffiziente Mobilitätsbereitstellung insbesondere bei Schwachlast (Mobility on Demand mit Hop-on-Hop-off-Option)
- Reduktion des Verkehrsaufkommens via Substitution des MIV durch HAF im ÖPNV
- Sicherstellung hoher Verkehrsqualität durch Integration von Fahrzeug-Routen- und Verkehrsmanagement mit einer optimierten und synchronisierten Steuerung während der Fahrt (Anforderung Grünfenster an Lichtsignalanlage - LSA)
- Barrierefreiheit und Ergonomie von Verkehrsmitteln (Fahrzeug) und der im LVB-Portal integrierten Benutzerschnittstelle (App) mit synchroner Echtzeit-Information zur Minimierung der Wartezeiten
- Steigerung der Nutzerakzeptanz der HAF-Fahrzeuge im ÖPNV durch Online-Kommunikationsinterface
- Minimierung der Ein-, Ausrück- und Servicefahrten (u. a. Laden) und bedarfsgerechte Bereitstellung der Transportkapazitäten durch Algorithmen des Maschinenlernens (KI) zur Bedarfsprognose und dem prädiktiven System- und Flottenmanagement

Das Projekt "ABSOLUT" fokussiert damit die Schaffung einer hohen Angebotsqualität für den Kunden durch Kombination der individuellen Vorzüge des MIV (Flexibilität, Punkt-zu-Punkt-Verbindung) mit den Vorteilen des ÖPNV.

Mit dem Einsatz automatisiert fahrender Busse erweitert und ändert sich die Funktion des rechnergestützten Betriebsleitsystems (RBL/ITCS/Leitstelle) im ÖPNV. Gegenwärtig steuert und überwacht die Leitstelle über VDV 423 Kommunikation zum/vom Boardrechner des Fahrzeugs den Einsatz der Fahrzeuge im ÖPNV-Netz nach einem fest vorgegebenem Fahrplan (VDV 452/453/454). Wenn zukünftig die Einsatzplanung des Busfahrers entfällt, können flexible, bedarfsgerechte Fahrpläne zum Einsatz kommen.

Die Realisierbarkeit der technischen Infrastruktur der Leitstelle (Server, Netzwerk, Redundanz, Sicherheit, Intranet/Internet, Schnittstellen) ist in seiner Grundfunktionalität gegeben und kann aus ähnlichen Projekten und Anwendungen im Ansatz übernommen werden. Die physische Installation und Integration der Leitstelle wird durch die IT-Infrastruktur des ÖPNV bestimmt.

Für die flexible, bedarfsgerecht optimierte Einsatzplanung durch die Leitstelle sind neue Algorithmen (prognostische Verfahren, KI-basiert, Anforderung gesteuert, Ad-Hoc Verfahren) zu entwickeln. Insbesondere sind Verfahren zur automatisierten Überwachung, Kommunikation und Steuerung der Fahrgäste als Fahrerersatzfunktionen zu entwickeln, z. B. zur Behandlung von Störungen im Fahrbetrieb. Basistechnologien (Videoüberwachung, Bilderkennung, Text-to-Speech u. a.) für die Realisierung sind bekannt.

Die Ertüchtigung der Infrastruktur umfasst die Vernetzung der LSAs und die Ausstattung mit leistungsfähiger Rechen- und Kommunikationstechnik (Road-Side-Units - RSU), wobei auf Kenntnisse u. a. in der Ausstattung der Testkorridore in Dresden zurückgegriffen werden kann.

Die Bereitstellung anforderungsgerechter automatisierter Fahrzeuge für den ÖPNV erfolgt einerseits funktional (Routenplanung, strategische Fahrmanöver, Umgebungswahrnehmung, Datenfusion, Längs- und Querregelung) auf Basis einer existierenden Fahrzeugplattform durch sensor- und softwaretechnische Erweiterungen und Neuentwicklungen. Andererseits erfolgt parallel hierzu durch Entwicklung und Aufbau einer neuen Fahrzeugplattform mit

optimiertem Chassis, Antriebsstrang, Energiespeicher, Ladesystem und E/E-Architektur. Die Entwicklung und Erprobung der fahrzeugexternen Kommunikation (Car2X) erfolgt dabei frühzeitig am Versuchsträger zur Funktionsentwicklung mit den Pilotanlagen der Infrastruktur.

Das Projekt "ABSOLUT" umfasst folgende Meilensteine:

- 1) Fertigstellung eines Konzepts
- 2) Erstellung der Kommunikationsmatrix
- 3) Fahrzeuginbetriebnahme (Prototyp)
- 4) Inbetriebnahme der Leitstelle
- 5) Inbetriebnahme der öffentlichen Infrastruktur
- 6) Systemintegration und nichtöffentlicher Test
- 7) Zulassung
- 8) Start des öffentlichen Feldtests
- 9) Evaluation und Projektabschluss

Nach einem positiven Abschluss des Projektes, ist der Einsatz autonomer Fahrzeuge perspektivisch auch in weiteren Stadtquartieren denkbar.

### Wirkungspotential

Wird der typische Besetzungsgrad für Linienbusse [UBA, 2018b] von 21 % (15 Fahrgäste) als konservative Annahme zugrunde gelegt, ergibt sich ein jährliches Emissionsreduktionspotential (3.900 Umläufe, je 2 x 7,16 km) von 125,30 kg Stickoxid.

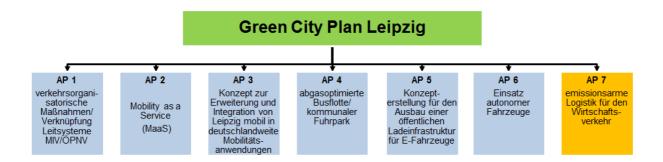
Es wird davon ausgegangen, dass die  $NO_2$ -Minderung im Jahr 2020 stadtweit unter 1  $\mu g/m^3$  beträgt.

Das entscheidende Wirkungspotential des Projektes greift erst nach 2020. Die Etablierung der Maßnahme hat jedoch wegbahnenden Pilotcharakter und Bedarf einer entsprechend langen Vorlaufzeit.

#### Kosten

Die Projekt-Gesamtkosten (Personal- und Sachkosten) werden auf 22,2 Millionen Euro geschätzt. Davon entfallen 1,5 Mio. Euro auf die Leipziger Verkehrsbetriebe.

### 3.7 Logistik für den Wirtschaftsverkehr im Stadtgebiet und in Pilotquartieren



Das Konzept für Urban-Hubs soll als Grundlage für die Entwicklung einer nachhaltigen Logistik in Leipzig dienen. Zudem beinhaltet es erste Handlungsempfehlungen für die Umsetzung der Urban-Hubs zur Bündelung von Paketlieferungen der letzten Meile. Der Wirtschaftsverkehr ist vor dem Hintergrund des dynamischen Wachstums der Stadt sowie dem nicht minder dynamischen Anstieg der Lieferungen eine entscheidende Größe bei den verursachten Schadstoffemissionen in Leipzig. Im Rahmen des INSEK 2030 findet sich zudem im Fachkonzept "Nachhaltige Mobilität" ein Maßnahmenbündel zur Entwicklung effizienter Citylogistik um den Wirtschaftsstandort Leipzig zu stärken. Hierin werden Logistikkonzepte für die Innenstadt, gemeinsame Ladehöfe und urbane Logistik-Hubs sowie "Quartiersboxen" zur Zustellung und die Förderung des Lastenradverkehrs benannt.

Auf Grund der Anstiege bei Kurier-, Paket- und Express-Lieferungen (KEP-Dienste) im Stadtgebiet liegt neben der Betrachtung der Urban-Hubs ein besonderer Fokus vor allem auf Mikro-Depots und der Bündelung von Paketlieferungen auf der letzten Meile mit Lastenrädern oder kleinen elektrisch angetriebenen Fahrzeugen. Der (innerstädtische) Handel birgt große Potentiale für Urban-Hubs. Die Konsolidierung des Warenverkehrs am Stadtrand könnte zu einer erheblichen Verringerung des Verkehrsaufkommens führen und damit Luft- und Lärmemissionen mindern.

#### **Urban-Hubs**

Der Urban-Hub ist ein zentraler Umschlagspunkt, über den Warenlieferungen unternehmensund sortimentsübergreifend für die zukünftige Versorgung von Städten und Ballungsräumen gebündelt werden können. Er wird kooperativ genutzt, von einem neutralen Dienstleister betrieben und eignet sich daher besonders als Einlieferungspunkt für (KEP-)Dienstleister, die kein eigenes Umschlagsterminal in der Region besitzen sowie für Kuriere mit nur geringen Mengen. Es können weitere Services, wie Lagerflächen, Kommissionierung oder Mobilitätsdienste eingebunden werden.

### Mikro-Depots

Mikro-Depots sind Anhänger, Container, Wechselbrücken oder geeignete Immobilien, in denen Pakete zwischengelagert werden können. Sie stellen somit einen letzten Umschlagsort nahe dem Empfänger (oder auch Versender, z. B. bei Retouren) dar.

Eine zentrale Lage mit guter Verkehrsanbindung innerhalb dicht bebauter Gebiete, stellt die Anlieferung mit größeren Fahrzeugen sicher und ermöglicht von dort eine effiziente Feinverteilung über die Zustellung mit kleinen (E-)Fahrzeugen oder Lastenrädern in einem engen Radius von ca. einem halben bis maximal anderthalb Kilometern. Der Ausbau kann sehr unterschiedlich gestaltet sein, von offenen Mikro-Depots mit einer kooperativen Nutzung der Ablagelogistik bis hin zu geschlossenen Mikro-Depots der einzelnen Dienstanbieter.

Einen Sonderfall stellen mobile Mikro-Depots dar, bei denen mobile Container oder ein Transporter als Hub fungiert und je nach errechneten Routen der Endzustellung den

günstigsten zentralen Punkt einnehmen kann. Konkrete Projekterfahrungen hierzu gibt es noch nicht.

Das grundlegende Prinzip von Urban-Hubs und Mikro-Depots ist die Bündelung von Lieferungen zur Effizienzsteigerung der Lieferkette (Abbildung 7).

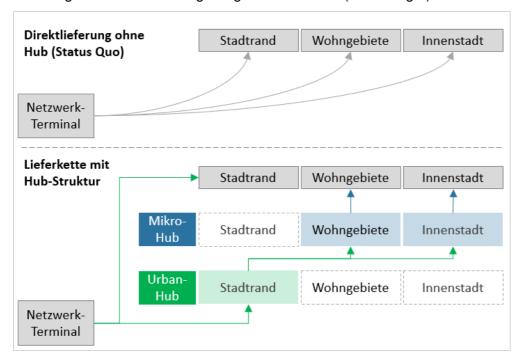


Abbildung 7: Gegenüberstellung Direktlieferung und Lieferkette mit Hub-Struktur (inno2grid, 2018)

#### Methode

Die Erarbeitung der Maßnahmen erfolgt methodisch in zwei aufeinanderfolgenden Teilen. Zum einen wurde eine ausführliche Recherche der vorhandenen Konzepte sowie von Good-Practice-Beispielen aus dem In- und Ausland durchgeführt und daraus Maßnahmen für den Aufbau von Hubs abgeleitet. Zum anderen wurden Logistiker und Empfänger verschiedener Warengruppen telefonisch interviewt, da diese maßgeblich für die Art und Weise der Belieferung sind, und zu ihren konkreten Bedarfen befragt.

Für die potentiellen Interviewpartner erfolgte eine Auflistung in die Bereiche Logistiker und Empfänger. Die Logistiker umfassten sowohl große Speditionen als auch KEP-Dienstleister bis hin zu lokalen Unternehmen und Kurierdiensten. Die Empfänger wurden ihrerseits den Branchen Handel, Industrie, Gewerbe, öffentliche Einrichtungen und private Haushalte zugeordnet und anschließend Warengruppen mit entsprechenden Anforderungen an die Lieferung innerhalb der Branchen definiert. Zusätzlich wurden vereinzelt Gespräche mit Akteuren der Wohnungswirtschaft sowie Experten aus der Wissenschaft geführt. Die Ergebnisse der Befragung wurden ausgewertet, geclustert und gewichtet. Es folgte eine Verschneidung mit den Erkenntnissen aus der Recherche, um für Leipzig mögliche Maßnahmen im Sinne der vorhandenen Akteure zu bestimmen.

Für die Definition unterschiedlicher Modelle und deren Verortung wird eine räumliche Einteilung in drei Ringe bzw. Lagetypen vorgenommen. Für jedes dieser Lagetypen werden Maßnahmen identifiziert und ein entsprechendes Modell für den Aufbau von Hubs vorgeschlagen.

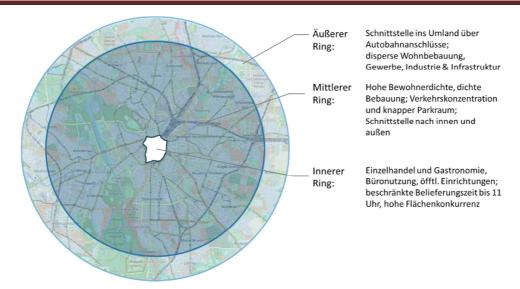


Abbildung 8: Räumliche Einteilung der Stadt Leipzig in drei Ringe bzw. Lagetypen (Kartendaten: openstreetmap)

Als Resultat werden für den Green City Plan drei Maßnahmen inkl. einer Berechnung der jeweiligen Kosten und Emissionseinsparpotential ausgewählt und im Arbeitspaket 7 näher betrachtet:

- a) Urban-Hubs
- b) Mikro-Depots im Innenstadtring
- c) Mikro-Depots außerhalb des Innenstadtrings

### a) Urban-Hubs

Für die Errichtung von Urban-Hubs werden große Flächen mit guter Anbindung an die Stadt und Autobahn benötigt. Der Stadtrand (mit Autobahnanschluss) bietet hier als Schnittstelle zum Umland einen idealen Standort für die Nachkonsolidierung der Lkw. Der äußere Ring ist neben eher disperser Wohnbebauung durch Gewerbe- und Industriegebiete sowie Infrastruktureinrichtungen (Ent- und Versorgungseinrichtungen, Park-and-Ride-Plätze) gekennzeichnet.

Für ein Urban Hub wird von ca. 2.000 m² Flächenbedarf plus Reserveflächen ausgegangen, die kooperativ genutzt werden. Etwa 50 % dieser Flächen entfallen auf Wege- und Verkehrsflächen. Mit einem Hub dieser Größe können ca. 15.000 Pakete umgeschlagen werden. Eine Ausstattung der Hubs mit Solaranlagen ist eine sinnvolle Ergänzung im Rahmen des Klimaschutzes.

Über entsprechende Anreizprogramme und Restriktionen werden für die Feinverteilung ab dem Urban-Hub zu Mikro-Depots ins Stadtgebiet E-Fahrzeuge unterschiedlicher Größe vorgesehen. Diese sind maßgeblich für die Emissionsreduzierung. Zudem werden mit optimaler Positionierung der Hubs kürzere und effizientere Wege ermöglicht und damit Fahrzeugkilometer gespart.

Sofern eine mittelfristige Erprobung eines (betreiber-)offenen Urban-Hubs dieser Art angestrebt wird, empfiehlt sich der Aufbau eher im Süden des Stadtgebiets, da hier auf Grund der nordlastigen Verteilung der Verteilzentren mit größten Effekten für die KEP-Dienstleister (UPS, GLS, DHL, DPD, TNT, Hermes) zu rechnen ist. Ideal sind Standorte in der Nähe zur südlichen BAB 38 und den Bundestraßen 186, 2 oder 87. Aber auch Standorte östlich von Leipzig, in der Nähe der BAB 14 an der B 87 oder der B 6, z. B. am Rande von Leipzig-Paunsdorf oder auf dem Gelände des Paunsdorfer-Centers. Die BAB 9 führt westlich an Leipzig vorbei, die Entfernungen zum Stadtgebiet sind etwas größer als von der BAB 14.

Wichtige Zufahrtsstraßen nach Leipzig sind die B 181 und die B 87. Ein möglicher Standort wäre das Gelände des Löwen-Centers in Leipzig-Rückmarsdorf direkt an der B 181.

### Wirkungspotential

Für die Berechnung des Emissionsminderungspotentials wurde ein Szenario mit folgenden Annahmen entwickelt:

- Modellierung der Dimension des Urban-Hubs in Relation zu den konzipierten Mikro-Depots im Stadtgebiet
  - o im Innenstadtring: ein Mikro-Depot
  - o außerhalb des Innenstadtrings: ein Mikro-Depot
- der Urban-Hub übernimmt hauptsächlich die Funktion des Umschlags für die Belieferung von Mikro-Depots
- Belieferung der Mikro-Depots durch E-Lkws
- die durchschnittliche Entfernung bzw. Wegestrecken vom Stadtrand bis zu den Mikro-Depots außerhalb des Innenstadtrings beträgt 8,17 km und zum Innenstadtring 10,20 km
- Betrieb eines Urban-Hubs erfolgt an 300 Tagen im Jahr
- der Urban-Hub geht im Jahr 2021 in Betrieb

Werden die Lieferungen zu den Mikro-Depots ab dem Urban-Hub am Stadtrand per E-Transporter durchgeführt, ergeben sich folgende Emissionsminderungen (Tabelle 40).

Tabelle 40: Emissionsminderungen durch elektrische Belieferung zu Mikro-Depots im Innenstadtring und außerhalb des Innenstadtrings

Jahr	NO <sub>2</sub> kg	NO <sub>x</sub> kg
elektrische Belie	eferung zu Mikro-Depot i	m Innenstadtring
2020	0	0
2023	7,43	23,64
jährl. Durchschnitt (2021-2023)*	8,36	26,70
elektrische Belieferung	zu Mikro-Depot außerh	alb des Innenstadtrings
2020	0	0
2023	6,74	21,45
jährl. Durchschnitt (2021-2023)*	7,59	24,22

<sup>\*</sup> Der jährliche Durchschnitt aus den Jahren 2021-2023 ist höher als die Einsparung im Jahr 2023, da sich die Emissionsfaktoren jedes Jahr etwas verringern. Somit wird im ersten Jahr 2021 mehr emittiert, als im Jahr 2023.

Eine immissionsseitige Wirkung ist aufgrund der geringen Einsparungen bei den  $NO_x$ -Emissionen kaum ableitbar. Auch unter Berücksichtigung dessen, dass 10 Mikro-Depots außerhalb des Innenstadtrings errichtet werden und der Warenlieferverkehr den längsten Teil der Strecke vom Urban-Hub am Stadtrand über die gleichen Straßenabschnitte erfolgt (bspw. über die Maximilianallee bis zur Straße Am Gotischen Bad mit einer Streckenlänge von 8,1 km) bewirkt der Einsatz von E-Fahrzeugen auf diesen Straßenabschnitten eine Minderung der  $NO_2$ -Gesamtbelastung im Jahr 2023 von deutlich weniger als 1  $\mu$ g/m³ im Jahresmittel.

#### Kosten

Die Kosten variieren stark je nach Dimensionierung des Hubs. Das Konzept zeichnet sich beim Neubau eines Umschlagszentrums durch hohe Investitionskosten aus. Wird ein bestehendes Zentrum/Objekt gemietet, sinken ggf. auch die Investitionskosten, dafür steigen die laufenden Kosten für Miete usw. Im vorliegenden Beispiel wurde der Neubau eines Urban-Hubs berücksichtigt. Weitere Kosten fallen für den Kauf von E-Transporter oder E-Lkws, die Projektorganisation und dem Erstellen einer Software zur Organisation der logistischen Abläufe an. Um die Spannbereite der möglichen Kosten aufzuzeigen, wurden die Kosten für zwei unterschiedlich große Urban-Hubs ermittelt:

- Hub 1: Belieferung von 1 Mikro-Depot außerhalb des Innenstadtrings und 1 Mikro-Hub im Innenstadtring; insgesamt ca. 25 Transporter-Lieferungen pro Tag
- Hub 2: Belieferung von 10 Mikro-Depots außerhalb des Innenstadtrings und 1 Mikro-Hub im Innenstadtring; insgesamt ca. 150 Transporter Lieferungen pro Tag

Eine Kostenübersicht ist in Tabelle 41 dargestellt.

Tabelle 41: Kosten für den Betreiber eines Urban-Hubs

	Hub 1		Hub 2	
	Investitionskosten Euro	laufende Kosten Euro/Jahr	Investitionskosten Euro	laufende Kosten Euro/Jahr
Projektorganisation	30.000		75.000	
Bau des Urban-Hub	1.250.000		4.500.000	
Wartung (Hub + Software)		10.000		20.000
Personalkosten		300.000		1.500.000
Summe	1.280.000	310.000	4.575.000	1.520.000

### b) Mikro-Depot im Innenstadtring

Der innere Ring bzw. die Innenstadt ist innerhalb dieses Konzeptes durch den Innenstadt-Ring (Martin-Luther-Ring, Dittrichring, Goerdelerring, Georgiring, Augustusplatz...) definiert. Er ist von einem hohen Anteil an Einzelhandel, Dienstleistungsgewerbe/Büronutzung und Gastronomie sowie von öffentlichen und wissenschaftlichen Einrichtungen geprägt.

Der größte Teil des innerstädtischen Warenverkehrs entfällt auf den Handel. Paketlieferungen hingegen werden von allen Einzelhändlern regelmäßig entgegengenommen,
unabhängig von der Unternehmensgröße oder Branche. Auch Versendungen von Einzelhändlern verursachen innerstädtischen Lieferverkehr, weil viele Einzelhandelsgeschäfte
mittlerweile einen Online-Shop betreiben und Pakete teilweise direkt versenden. Auch für
Retouren fällt Lieferverkehr an. Eine Feindistribution in der Innenstadt kann daher nur für
bestimmte Warengüter (KEP) erfolgen. Es wird die Etablierung von bis zu vier Mikro-Depots
in Kombination mit Lastenrädern empfohlen. Hierdurch kann die Belieferung der Depots über
die gut ausgebauten Verkehrswege bis zum Ring erfolgen und die Fahrzeuge werden aus
der Innenstadt herausgehalten. Die Erschließung der Innenstadt durch Lastenräder ist auf
Grund des geringen Durchmessers von maximal einem guten Kilometer problemlos möglich.

Innerhalb des Innenstadtrings kann dieses Modell durch anbieteroffene Packstationen und Paketbriefkästen ergänzt werden. Sowohl die Mikro-Depots als auch die Paketstationen sollten zusätzlich für Sendungen und Retouren genutzt werden können.

Die Mikro-Depots können in ihrer Größe variieren, sollten jedoch ca. 500 bis 750 m² groß sein, um das hohe Sendungsaufkommen in die Innenstadt abzufangen. 20 bis 30 % der Fläche entfallen auf Wege- und Verkehrsflächen, sodass letztlich beim Ausbau von vier Depots die Feinverteilung von ca. 24.000 Paketen (entspricht 50 % des errechneten aktuellen Aufkommens) über die Mikro-Depots erfolgen kann.

Als Standorte bieten sich der Hauptbahnhof sowie der Wilhelm-Leuschner-Platz an. Grundsätzlich kommen als Standort auch Parkplätze, städtische Flächen sowie Kaufhäuser, Hotels oder Supermärkte in Frage.

Als weitere flankierende Maßnahme muss das Fahrradwegnetz ausgebaut werden, um eine sichere und zügige Zustellung per Lastenrad zu ermöglichen. Hierzu zählen zum einen Lückenschlüsse im bestehenden Netz und zum anderen der Ausbau bzw. die Anpassung an die Anforderungen von Lastenrädern, inklusive der Einrichtung von Lastenrad-Ladezonen in der Innenstadt und Ladepunkte für die Akkus der E-Bikes. Die Zustellung mit Lastenrädern entschärft zudem die Probleme mit möglichen Zufahrtsbeschränkungen für größere Fahrzeuge in die Innenstadt.

### Wirkungspotential

Für die Emissionsberechnung wurden folgende Annahmen getroffen:

- in den Innenstadtring fahren an jedem Liefertag etwa 24 Transporter und legen ca.
   3 km zurück
- 50 % der Touren werden durch Zustellungen per Lastenrad ersetzt
- somit entfallen zwölf Touren pro Transporter täglich
- mit dem Ersetzungsgrad von 1,2 (Transporter zu Lastenrädern) (Bogdanksi, 2017) sind 14,4 bzw. 15 Lastenräder für die Zustellung in den Innenstadtring notwendig

Täglich könnten so etwa 36 Fahrzeugkilometer reduziert werden. Dies bedeutet eine Einsparung im Jahr 2020 von ca. 1,6 kg. Als Summe der Jahre 2020 bis 2023 könnten somit etwa 5,24 kg NO<sub>2</sub> reduziert werden. Im Durchschnitt werden jährlich 1,3 kg NO<sub>2</sub> eingespart (siehe Tabelle 42). Die Belieferung erfolgt nach wie vor durch konventionelle Transporter, weshalb die Minderungen gering ausfallen.

Tabelle 42: Emissionsmind		

Jahr	NO₂ kg	NO <sub>x</sub> kg
2020	1,55	4,94
2030	1,09	3,48
Durchschnitt/Jahr	1,31	4,18

Um weitere Minderungen zu erzielen, besteht die Möglichkeit, die Zulieferungen zu den Mikro-Depots ab einem Urban-Hub am Stadtrand mit E-Fahrzeugen durchzuführen. Dadurch könnten im Jahr 2023 weitere 7,43 kg NO<sub>2</sub> eingespart werden.

Es wird nur von einer äußerst geringen Wirkung der Maßnahme bezogen auf das Jahresmittel der NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung ausgegangen. Gleichwohl vermag die Maßnahme jedoch kurzfristige vorübergehende Luftschadstoffbelastungen von Anwohnern der Innenstadt oder Passanten zu vermeiden, womit eine Aufwertung der Aufenthaltsqualität einhergeht.

Es wird erwartet, dass die aus den Einsparpotentialen (Tabelle 42) ermittelte NO<sub>2</sub>-Minderung im Jahr 2020 stadtweit deutlich unter 1 μg/m³ beträgt.

#### Kosten

Die Kosten pro Mikro-Depot im Innenstadtring belaufen sich auf 234.000 Euro. Dabei wurden die Investitionskosten für den Bau eines Depots in Tabelle 43 nicht berücksichtigt.

Tabelle 43: Kosten pro Mikro-Depot im Innenstadtring

	Investitionskosten (2019) Euro	laufende Kosten Euro/Jahr
Projektorganisation	80.000,00	
Umbau der Mikro-Depot Standorte	10.000,00	
E-Lastenräder	144.000,00	
Miete Mikro-Depot		18.000,00
Personalkosten		535.899,00
Wartung (Depots + E-Lastenräder)		11.140,00
Koordinierung		25.000,00
Summe	234.000,00	590.039,00

### c) Mikro-Depots außerhalb des Innenstadtrings

Die dritte Maßnahme bezieht sich auf die Einrichtung von Mikro-Depots außerhalb des Innenstadtrings (übriges Stadtgebiet, mittlerer Ring). Es werden vor allem Wohngebiete (z. B. in der Südvorstadt oder im Waldstraßenviertel), die durch eine hohe Bewohnerdichte und eine dichte Bebauung gekennzeichnet sind sowie Mischgebiete, in denen Wohnen eine vorwiegende Funktion hat, aber auch Gewerbe (besonders Einzelhandel) vertreten sind, einbezogen.

Die Mikro-Depots weisen eine durchschnittliche Größe von ca. 500 m² auf. Bei diesen Depots wird von ca. 30 % Wege- und Verkehrsfläche ausgegangen, wodurch pro Depot ca. 5.250 Pakete umgeschlagen werden könnten. Die Lage sollte möglichst zentral innerhalb dicht bebauter Gebiete (z. B. einzelner Stadtteile) liegen und über eine gute Straßenanbindung verfügen. So kann die Anlieferung mit größeren Fahrzeugen ebenso sichergestellt werden, wie eine effiziente Feinverteilung in Form der Zustellung mit kleinen Fahrzeugen oder Lastenrädern in einem engen Radius von ca. einem halben bis maximal anderthalb Kilometern.

Als mögliche Standorte bieten sich beispielsweise Parkflächen an, auf denen auch flexible Containerlösungen realisiert und pilotiert werden können. Mittelfristig sollten potenzielle Standorte jedoch für einen möglichst effizienten Umschlag ausgebaut und entsprechend ausgestattet werden. Zu einer solchen Ausstattung können zählen: Überwachungskameras, Lagerräume für Lieferungen inkl. Kühlung, Stellflächen für Fahrzeuge, insbesondere sichere und witterungsgeschützte Radabstellanlagen für Lastenräder, Ladestationen für E-Fahrzeuge und E-Räder, Überdachung für die Ent- und Beladevorgänge sowie Räume für die Angestellten.

Zunächst soll die Einrichtung eines quartiersbezogenen Mikro-Depots und neuer "Letzte-Meile-Logistik" mit kleinen Lieferfahrzeugen und alternativen Antrieben (wie E-Lastenrädern und Street Scooter) erprobt werden. Eine hohe Bevölkerungsdichte und Einzelhandel sind wichtige Faktoren um eine ausreichende Haltedichte für ein Depot zu erzielen. Die Ortsteile Gohlis-Mitte, Südvorstadt, Neustadt-Neuschönefeld, Volkmarsdorf, Grünau und Plagwitz sind für die Einrichtung von Mikro-Depots geeignet. Die Ortsteile werden von großen Tangenten bzw. Hauptverkehrsstraßen (Georg-Schumann-Straße, Karl-Liebknechtstraße und Zschochersche Straße sowie Eisenbahnstraße) durchquert, in denen auch Einzelhandel vorhanden ist. Geeignete Standorte können hier z. B. Parkplätze von Einkaufscentern an Hauptverkehrsstraßen oder an bereits vorhandenen oder geplanten Mobilitätsstationen mit entsprechenden verfügbaren Platzkapazitäten sein.

### Wirkungspotential

Für die Berechnung des Emissionsminderungspotentials wird angenommen, dass außerhalb des Innenstadtrings zunächst ein Mikro-Depot im Jahr 2020 in Betrieb geht. Dieses Mikro-Depot beliefert in einem Radius von ca. 0,7 km (entspricht etwa dem Stadtteil Gohlis-Mitte) eine Fläche von 1,54 km². Weiterhin wurde eine Einwohnerdichte von 10.000 Einwohner/km² unterstellt, was ca. 15.400 Einwohnern im Belieferungsgebiet entspricht. Weiterhin wurden folgende Annahmen getroffen:

- 53 Pakete pro Person pro Jahr, d. h. 2.720 Pakete pro Tag (300 Liefertage/Jahr) im Belieferungsgebiet
- 100 Pakete pro Fahrzeug, d. h. 27,2 bzw. 27 Fahrzeuge im Belieferungsgebiet
- 50 % der Belieferung erfolgt durch Lastenräder, damit können 13,6 bzw. 14 Fahrzeuge ersetzt werden
- bei einem Ersetzungsgrad von 1,2 (Bogdanksi et. al., 2017) werden 16,3 bzw.
   16 Lastenräder benötigt
- die tägliche Distanz beträgt 20 km pro Fahrzeug im Belieferungsgebiet
- es entfallen 272 Fahrzeugkilometer der Diesel-Fahrzeuge durch den Einsatz von Lastenrädern

Im Jahr 2020 werden 11,7 kg NO<sub>2</sub> reduziert. Als Summe der Jahre 2020 bis 2023 können somit 39,6 kg NO<sub>2</sub> reduziert werden. Dies entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Einsparung von 9,9 kg (Tabelle 44). Würden die Hin- und Rückfahrten der Zulieferungen zu dem Mikro-Depot aus einem Urban-Hub am Stadtrand durch Elektro-Fahrzeuge durchgeführt werden, entfallen täglich weitere 222,13 Fahrzeugkilometer (FZkm). Daraus ergeben sich im Jahr 2023 weitere Einsparungen von 6,74 kg NO<sub>2</sub>.

Tabelle 44: Emissionsminderungen - Mikro-Depot außerhalb des Innenstadtrings

	NO₂ kg	NO <sub>x</sub> kg
2020	11,73	37,33
2023	8,26	26,27
jährl. Durchschnitt	9,90	31,58

Außerhalb des Innenstadtrings besteht ein Potential für bis zu 10 Mikro-Depots. Das Gesamtpotential der Emissionsminderungen durch Mikro-Depots beträgt jährlich 82,6 kg  $NO_2$  bei einer Verteilung ab dem Mikro-Depot mit E-Fahrzeugen und Lastenräder. Weitere 67,4 kg können durch die Zulieferung von einem Urban-Hub am Stadtrand zum Mikro-Depot ebenfalls durch E-Fahrzeuge eingespart werden.

Es wird davon ausgegangen, dass die aus den Einsparpotentialen (Tabelle 44) ermittelte  $NO_2$ -Minderung im Jahr 2020 stadtweit unter 1  $\mu g/m^3$  beträgt.

#### Kosten

Da insbesondere die Errichtungskosten stark variieren, werden im Folgenden keine Investitionskosten für den Bau/Kauf des Mikro-Depots aufgeführt. Stattdessen wird zur Veranschaulichung die Einrichtung eines Depots in einem Bestandsgebäude angenommen und laufende Kosten in Form von Mietzahlungen berücksichtigt. Die Kosten setzen sich aus den folgenden Bestandteilen zusammen (Tabelle 45):

Tabelle 45: Kosten pro Mikro- Depot - außerhalb des Innenstadtrings

	Investitionskosten (2019) Euro	laufende Kosten Euro/Jahr
Projektorganisation	80.000,00	
Umbau des Mikro-Depot Standorts	10.000,00	
E-Lastenräder	163.200,00	
ggf. Miete Mikro-Depot		18.000,00
Personalkosten		607.352,00
Wartung (Depots + E-Lastenräder)		12.292,00
Koordinierung		20.000,00
Summe	253.200,00	657.644,00

Die Investitionskosten setzen sich aus der Projektorganisation, ggf. dem Bau des Depots sowie den Anschaffungskosten für Fahrräder, Komponenten und Ausrüstung zusammen. Der größte Teil der laufenden Kosten entsteht durch Personalkosten. Diese entstehen in einem etwas höheren Umfang als durch die herkömmliche Zustellung per Transporter, da mit dem Faktor 1,2 (Lastenräder pro Transporter) gerechnet wurde. Des Weiteren entstehen Kosten für Arbeiten am Depot, Wartungen an den Fahrrädern und für die Koordinierung und Organisation. Dabei ist anzumerken, dass die Unterhaltungskosten der Lastenräder geringer sind, als die für Transporter. Somit sind bei dem Faktor 1,1-1,3 (Lastenräder pro Transporter) die laufenden Kosten der Zustellung per Lastenräder nicht höher als bei Zustellung per Transporter (Bogdanski et. al., 2017).

### 4 Bewertung der Maßnahmen

Eine Bewertung der Maßnahmen erfolgt nach den folgenden Faktoren

- Kosten (bis 2020),
- Wirkungspotential (2020),
- innovativer Charakter,
- Wirkungseintritt und
- Wirkung bzgl. Lärm und Klimaschutz.

#### Kosten

Die Kosteneinteilung der Maßnahmen kann Tabelle 46 entnommen werden.

Tabelle 46: Kosteneinteilung

Kosten	Erläuterung
- über 20 Mio. Euro	Maßnahmen mit besonders hohen Investitionskosten
+ > 10 bis 20 Mio. Euro	Maßnahmen mit hohen Investitionskosten
++ > 1 bis 10 Mio. Euro	Maßnahmen mit mittleren Investitionskosten
+++ bis 1 Mio. Euro	Maßnahmen mit geringen Investitionskosten

### Wirkungspotential

Die Einteilung des Wirkungspotentials wird in Tabelle 47 untersetzt.

Tabelle 47: Qualitative Wirkungseinschätzung zur Minderung der NO<sub>2</sub>-Belastung (Stadt Leipzig, 2018b)

Wirkungspotenti	al (NO₂) Erläuterung
- keine oder neg	die Maßnahme hat keine Wirkung oder der Effekt der Maßnahme ist evtl. kontraproduktiv (dies könnte der Fall sein, wenn die Maßnahme bspw. eine Minderung bei PM <sub>10</sub> und gleichzeitig eine Erhöhung bei NO <sub>2</sub> bewirkt)*
+ gering	der Effekt der Maßnahme ist nicht/kaum nachweisbar (Belastungsreduktion bis 1µg/m³)*
++ mittel	der Effekt der Maßnahme ist teilweise nachweisbar (Belastungsreduktion > 1 bis 5µg/m³)
+++ hoch	der Effekt der Maßnahme ist nachweisbar (Belastungsreduktion 5 bis 10µg/m³)*

<sup>\*</sup> Belastungsreduktion bezogen auf den Jahresmittelwert

#### Innovativer Charakter

Der innovative Charakter gibt Auskunft zum Neuheitsgrad einer Maßnahme (Tabelle 48). Werden bekannte bzw. bewährte Techniken, Produkte oder Dienstleistungen als Maßnahmen benannt, handelt es sich nicht um Innovation, sondern um den Stand der Technik. Es wird auf vorhandenes Wissen und umfangreiche Erfahrung zurückgegriffen.

Sofern Veränderungen an bestehenden Techniken, Produkten oder Dienstleistungen angewendet werden, handelt es sich um eine Verbesserungs- oder auch Anpassungsinnovation. Es liegt eine klare Verbesserung zu Bestehendem vor, die Maßnahme zeigt einen mittleren Innovationsgrad.

Als Neuheit gelten Innovationen die auf neuem Wissen beruhen und größere technologische Veränderungen darstellen. Diese sind auch mit größerer Unsicherheit behaftet. Hier eröffnen

sich u. U. neue Handlungsfelder für den Standort Leipzig, die sich positiv auf den Umweltschutz, aber auch die Wirtschaft auswirken können.

Tabelle 48: Kategorisierung des innovativen Charakters der Maßnahmen

Innovativer Charakter	Erläuterung
+ gering	Stand der Technik
++ mittel	Verbesserungs-/Anpassungsinnovation
+++ hoch	Neuheit/Invention

### Wirkungseintritt

Der Wirkungseintritt bezieht sich auf die theoretisch mögliche Wirksamkeit ab Maßnahmenrealisierung. Sofern bereits ein Zeithorizont hinterlegt ist, wird dieser als Basis der Annahme herangezogen.

Tabelle 49: Kategorisierung des Wirkungseintritts der Maßnahmen

Wirkungseintritt	Erläuterung
- langfristig	mehr als 5 Jahre
+ mittelfristig	3 bis 5 Jahre
++ kurzfristig	1 bis 2 Jahre
+++ sofort	weniger als 1 Jahr

### Wirkung bzgl. Lärm und Klimaschutz

Ziel der Maßnahmen ist vordergründig die Vermeidung oder Verringerung der Emissionen, die aber in direkten oder indirekten Zusammenhang mit den Schutzgütern im Allgemeinen (Flora, Fauna, Klima, biologische Vielfalt, Boden, Wasser) sowie mit der Gesundheitsvorsorge, Nachhaltigkeit bis hin zur Lebensqualität stehen.

Tabelle 50: Kategorisierung des Mehrwertes der Maßnahmen

Mehrwert		Erläuterung
-	kein	kein Mehrwert
+	gering	geringer Mehrwert, (nur Lärm oder nur Klima)
++	mittel	hoher Mehrwert, (Lärm + Klima)
+++ hoch		sehr hoher Mehrwert, (Lärm + Klima + Sonstige)

### 4.1 Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

In der Kosten-Wirksamkeits-Analyse wird zunächst nur den Kosten das zu erwartende NO<sub>2</sub>-Minderungspotential gegenübergestellt. Tabelle 51 beinhaltet nur Maßnahmen, die im Rahmen der Förderrichtlinie "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme" gefördert werden. Weitere Maßnahmen, die über andere FRL beantragt werden können, werden in Tabelle 52 aufgeführt.

Das Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis wird wie folgt bewertet:

- 4 oder mehr Punkte → sehr gut
- 2 bis 3 Punkte → gut
- weniger als 2 Punkte → schlecht

Tabelle 51: FRL "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme" - Gegenüberstellung Kosten - Minderung NO<sub>2</sub>

AP	Maßnahme	Kosten (bis 2020) - über 20 Mio. € +> 10 bis 20 Mio. € ++> 1 bis 10 Mio. € +++ bis 1 Mio. €	Minderung NO <sub>2</sub> (2020) - keine + bis 1 µg/m³ ++> 1 bis 5 µg/m³ +++> 5 µg/m³	Punkte
	a) umweltorientierte Verkehrs- steuerung an Hotspots	++	++	4
	<ul> <li>b) dynamische Routenführung und Verkehrsinformation</li> </ul>	++	+	3
4	<ul><li>c) Monitoring/Verkehrslageerfassung MIV</li></ul>	+++	-	3
1	<ul> <li>d) Verkehrslageerfassung auf Basis von ÖPNV-Daten mit alternativer Linienführung</li> </ul>	+++	+	4
	e) RBLSA-Maßnahmen	+++	+	4
	f) Verkehrssteuerung in der Innenstadt	+++	+	4
	a) Mobilitätsstationen	+++	+	4
2	b) Ausbau Bike+Ride	++	+	3
_	<ul><li>c) Verbesserung und Erweiterung Park+Ride</li></ul>	+++	+	4
	a) Erweiterung und Umbau der grundlegenden Systemarchitektur von Leipzig mobil und Ausbau des Partnermanagements	++	+	3
	b) Aufbau einer multimodalen Verkehrsführung	+++	+	4
	c) Automatisierte und aufwands- gerechte Abrechnung von Mobilitätsdienstleistungen	+++	+	4
3	d) Aufbau eines Ergänzungsmoduls Parkraummanagement	+++	+	4
	e) Integration eines Bonussystems	+++	+	4
	<ul> <li>f) Integration von Steuerungs- routinen zur Bestellung, Verwaltung und Optimierung von Bedarfsverkehren</li> </ul>	+++	+	4
	g) Überarbeitung und Ergänzung der Benutzeroberflächen	+++	+	4
	h) Umstellung auf elektronische Ticketver- und -bearbeitung	++	+	3

Das Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis ist für die in der Tabelle 51 hervorgehobenen Maßnahmen positiv zu bewerten.

Ebenso konnte für die in Tabelle 52 hervorgehobenen Maßnahmen ein positives Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis ermittelt werden.

Tabelle 52: Weitere Maßnahmen - Gegenüberstellung Kosten - Minderung NO<sub>2</sub>

AP	Maßnahme	Kosten (bis 2020) - über 20 Mio. € +> 10 bis 20 Mio. € ++> 1 bis 10 Mio. € +++ bis 1 Mio. €	Minderung NO <sub>2</sub> (2020) + bis 1 μg/m³ ++ > 1 bis 5 μg/m³ +++ > 5 μg/m³	Punkte
2	d) Wachstum elektromobil gestalten	-	++	2
	a) Abgasoptimierte Busflotte	+	++	3
4	<ul><li>b) Ausbau der kommunalen E- Fahrzeugflotte</li></ul>	+++	+	4
	<ul> <li>a) Installation von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge im Stadtgebiet Leipzig</li> </ul>	++	++	4
5	<ul> <li>b) Installation von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge an Stellplatzanlagen und intermodalen Verknüpfungspunkten in Leipzig</li> </ul>	++	++	4
6	Einsatz eines autonomen E- Shuttlebusses im Leipziger Norden	++	+	3
	a) Urban-Hubs	++	+	3
7	b) Mikro-Depots im Innenstadtring	+++	+	4
	c) Mikro-Depots außerhalb des Innenstadtrings	+++	+	4

### 4.2 Priorisierung der Maßnahmen

Eine endgültige Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen erfolgt unter Berücksichtigung der Faktoren Innovation, Wirkungseintritt sowie dem Mehrwert für die Umweltbelange Lärm und Klimaschutz.

Die einzelnen Faktoren werden mit Punkten belegt, sodass zum Schluss eine Gesamtpunktzahl ermittelt wird, welche als Grundlage für die Umsetzungspriorität der einzelnen Maßnahmen herangezogen wird:

- 9 oder mehr Punkte → Priorität 1
- 7 bis 8 Punkte → Priorität 2
- weniger als 7 Punkte → Priorität 3

Tabelle 53: FRL "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme" - Bewertung der Maßnahmen nach Innovation, Wirkungseintritt und Mehrwert für Lärm und Klimaschutz

AP	Maßnahme	Innovation  + gering ++ mittel +++ hoch	Wirkungs- eintritt - langfristig + mittelfristig ++ kurzfristig +++ sofort	Lärm/ Klimaschutz - kein + gering ++ mittel +++ hoch	Punkte (inkl. Kosten & Wirkung)
12	<ul> <li>a) umweltorientierte Verkehrs- steuerung an Hotspots</li> </ul>	+	+++	++	6 (10)
	<ul><li>b) dynamische Routenführung und Verkehrsinformation</li></ul>	+	+++	++	6 (9)
	<ul><li>b) Monitoring/ Verkehrslageerfassung MIV</li></ul>	++	++	+	5 (8)
	d) Verkehrslageerfassung auf Basis von ÖPNV-Daten mit alternativer Linienführung	++	++	+	5 (9)
	e) RBLSA-Maßnahmen	++	+++	++	7 (11)
	<ul><li>g) Verkehrssteuerung in der Innenstadt</li></ul>	+	++	+	4 (8)
	a) Mobilitätsstationen	++	++	++	6 (10)
2	b) Ausbau Bike+Ride	+	+++	++	6 (9)
1	c) Verbesserung und Erweiterung Park+Ride	++	++	++	6 (9)
	a) Erweiterung und Umbau der grundlegenden Systemarchi- tektur von Leipzig mobil und Ausbau des Partnermanage- ments	++	+	+	4 (7)
	b) Aufbaue einer multimodalen Verkehrsführung	++	+	+	4 (8)
	<ul> <li>c) Automatisierte und aufwands- gerechte Abrechnung von Mobilitätsdienstleistungen</li> </ul>	++	+	+	4 (8)
3	<ul> <li>d) Aufbau eines Ergänzungs- moduls Parkraummanagement</li> </ul>	++	+	+	4 (8)
	e) Integration eines Bonus- systems	++	+	+	4 (8)
	f) Integration von Steuerungs- routinen zur Bestellung, Verwaltung und Optimierung von Bedarfsverkehren	++	+	+	4 (8)
	g) Überarbeitung und Ergän- zung der Benutzerober- flächen	++	++	+	5 (9)
	h) Umstellung auf elektronische Ticketver- und -bearbeitung	++	+	+	4 (7)

Hervorgehoben sind alle Maßnahmen mit einer Gesamtpunktzahl von 9 oder mehr. Diese Maßnahmen sollten unter Berücksichtigung des Kosten-Wirksamkeits-Verhältnisses (Tabelle 51) sowie der weiteren Faktoren prioritär umgesetzt und daher für eine Förderung im Rahmen der FRL "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme" beantragt werden.

Tabelle 54: Weitere Maßnahmen - Bewertung der Maßnahmen nach Innovation, Wirkungseintritt und Mehrwert für Lärm und Klimaschutz

AP	Maßnahme	Innovation  + gering ++ mittel +++ hoch	Wirkungs- eintritt - langfristig + mittelfristig ++ kurzfristig +++ sofort	Lärm/ Klimaschutz - kein + gering ++ mittel +++ hoch	Punkte (inkl. Kosten & Wirkung)
2	d) Wachstum elektromobil gestalten	++	+	++	5 (7)
4	a) Abgasoptimierte Busflotte	++	++	++	6 (9)
	<ul><li>b) Ausbau der kommunalen E- Fahrzeugflotte</li></ul>	+	++	+	5 (9)
	a) Installation von Ladeinfra- struktur für Elektro- fahrzeuge im Stadtgebiet Leipzig	++	+	++	5 (9)
5	b) Installation von Ladeinfra- struktur für Elektro- fahrzeuge an Stellplatzan- lagen und intermodalen Verknüpfungspunkten in Leipzig	++	+	++	5 (9)
6	Einsatz eines autonomen E- Shuttlebusses im Leipziger Norden	+++	+	+	5 (8)
	a) Urban-Hubs	+	-	+	2 (5)
7	<ul><li>b) Mikro-Depots im Innenstadtring</li></ul>	++	+	+	4 (8)
	<ul><li>c) Mikro-Depots außerhalb des Innenstadtrings</li></ul>	++	+	+	4 (8)

Als weitere Maßnahmen sollten primär die abgasoptimierte Busflotte sowie die Installation von Ladeinfrastruktur in Leipzig realisiert werden.

In Auswertung der Tabelle 51 bis Tabelle 54 können die Einzelmaßnahmen wie folgt priorisiert werden:

#### Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme:

#### Priorität 1

- 1 a) umweltorientierte Verkehrssteuerung an Hotspots
- 1 b) dynamische Routenführung und Verkehrsinformation
- 1 d) Verkehrslageerfassung auf Basis von ÖPNV-Daten mit alternativer Linienführung
- 1 e) RBLSA-Maßnahmen
- 2 a) Mobilitätsstationen
- 2 b) Ausbau Bike+Ride
- 2 c) Verbesserung und Erweiterung Park+Ride
- 3 g) Überarbeitung und Ergänzung der Benutzeroberflächen (App Leipzig mobil)

#### Priorität 2

- 1 c) Monitoring/Verkehrslageerfassung MIV
- 1 f) Verkehrssteuerung in der Innenstadt
- 3 a) Erweiterung und Umbau der grundlegenden Systemarchitektur von Leipzig mobil und Ausbau des Partnermanagements (App Leipzig mobil)
- 3 b) Aufbau einer multimodalen Verkehrsführung (App Leipzig mobil)
- 3 c) Automatisierte und aufwandsgerechte Abrechnung von Mobilitätsdienstleistungen (App Leipzig mobil)

- 3 d) Aufbau eines Ergänzungsmoduls Parkraummanagement (App Leipzig mobil)
- 3 e) Integration eines Bonussystems (App Leipzig mobil)
- 3 f) Integration von Steuerungsroutinen zur Bestellung, Verwaltung und Optimierung von Bedarfsverkehren (App Leipzig mobil)
- 3 h) Umstellung auf elektronische Ticketver- und -bearbeitung

#### Weitere Maßnahmen:

#### Priorität 1

- 4 a) Abgasoptimierte Busflotte
- 4 b) Ausbau der kommunalen E-Fahrzeugflotte
- 5 a) Installation von öffentlich nutzbarer Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge im Stadtgebiet Leipzig
- 5 b) Installation von öffentlich nutzbarer Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge an Stellplatzanlagen und intermodalen Verknüpfungspunkten in Leipzig

#### Priorität 2

- 2 d) Wachstum elektromobil gestalten
- 6 Einsatz eines autonomen E-Shuttlebusses im Leipziger Norden
- 7 b) Mikro-Depots im Innenstadtring
- 7 c) Mikro-Depots außerhalb des Innenstadtrings

#### Priorität 3

7 a) - Urban Hubs

### 4.3 Bedeutung für die Luftreinhaltung in Leipzig

Neben der strategischen Verkehrsverlagerung sind insbesondere Strategien zur Verkehrsverminderung bzw. -vermeidung notwendig, um die Schadstoffbelastung im Stadtgebiet und insbesondere an den Hotspots zu reduzieren.

Ein Großteil der im Green City Plan enthaltenen 26 Maßnahmen haben ein  $NO_2$ -Minderungspotential von weniger als 1  $\mu$ g/m³. Das komplette Wirkungspotential kann sich damit erst bei einer kombinierten Umsetzung entfalten.

Werden die in Tabelle 53 hervorgehobenen Maßnahmen der Priorität 1 umgesetzt, kann von einem stadtweiten  $NO_2$ -Minderungspotential bis 5  $\mu$ g/m³ im Jahr 2020 ausgegangen werden.

#### Die vier Maßnahmen

- 1 a) Verkehrsflussdosierung,
- 4 a) abgasoptimierte Busflotte,
- 5 a) Installation von öffentlich nutzbarer Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge im Stadtgebiet Leipzig und
- 5 b) Installation von öffentlich nutzbarer Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge an Stellplatzanlagen und intermodalen Verknüpfungspunkten bewirken eine jeweils stadtweite Minderung um 1 bis 5 µg/m³.

Werden alle vier Maßnahme bis 2020 umgesetzt, kann eine stadtweite  $NO_2$ -Minderung größer 5  $\mu$ g/m³ erreicht werden.

### 5 Ausblick

Der vorliegende Green City Plan berücksichtigt zum großen Teil Maßnahmen, deren Umsetzung über die "Sofortprogramm Saubere Luft 2017 bis 2020" enthaltene Förderrichtlinie "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme" gefördert wird. Der nächste Schritt muss daher die Beantragung entsprechender Fördermittel für die Maßnahmen der Priorität 1 sein. Dazu zählen die Maßnahmen:

- 1 a) umweltorientierte Verkehrssteuerung an Hotspots
- 1 b) dynamische Routenführung und Verkehrsinformation
- 1 c) Monitoring/Verkehrslagerfassung MIV
- 1 d) Verkehrslageerfassung auf Basis von ÖPNV-Daten
- 1 e) RBLSA-Maßnahmen
- 2 a) Mobilitätsstationen
- 2 b) Ausbau Bike+Ride
- 2 c) Verbesserung und Erweiterung Park+Ride
- 3 g) Überarbeitung und Ergänzung der Benutzeroberflächen (Leipzig mobil)

Zu bedenken ist, dass, realistisch betrachtet, eine Vielzahl der Maßnahmen des Green City Plans nur über einen längeren Zeithorizont (über 2020 hinaus) umgesetzt werden können und eine Verstetigung der Fördermittel zwingend erforderlich ist.

Zukünftig sollten im "Sofortprogramm Saubere Luft 2017 - 2020" auch weitere Themen angemessen berücksichtigt werden, z. B.

- die betriebliche Mitarbeitermobilität,
- der Aufbau und die Schaffung von optimalen Rahmenbedingungen für die Etablierung einer privaten Ladeinfrastruktur,
- Förderung alternative Antriebe, wie die Brennstoffzellentechnologie,
- der Fußverkehr,
- die Infrastruktur f
   ür den Radverkehr,
- On-Demand-Ergänzungssysteme,
- die Kommunikation zur Verhaltensänderung (Zukunftsdialog, Akzeptanzforschung, etc.) und
- die Verhaltenserziehung.

### 6 Quellenverzeichnis

- Bogdanski, R. et. al. (2017): Pilotprojekt zur nachhaltigen Stadtlogistik durch KEP-Dienste mit dem Mikro-Depot Konzept auf dem Gebiet der Stadt Nürnberg; Projektsteckbrief. Stand März 2017. Georg-Simon-Ohm & CNA e. V. und IHK Nürnberg für Mittelfranken. Nürnberg.
- Dörner, M. (2017): Fahrradverleihsysteme Anwendung einer GIS-gestützten Potentialanalyse für Fahrradverleih-Stationen am Beispiel der Firma nextbike in Leipzig. Masterarbeit. MLU. Halle-Wittenberg.
- FGSV (2011): Hinweise zur Strategieanwendung im dynamischen Verkehrsmanagement. Köln.
- Kallweit, D., Bünger, B. (2015): Feinstaub mach krank und kostet Leben. Berechnung jährlich entstehender Kosten durch die Feinstaubbelastung in Deutschland. UMID 02/2015. S. 69-72.
- Lelieveld, J. et al. (2015): The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. J. Nature 525. S. 367-371.
- Ninnemann, Jan et. al. (2017): Last-Mile-Logistics Hamburg Innerstädtische Zustelllogistik; Städte sind die Zentren des Konsums und des urbanen Lebens. Wie Hotspots in Europa und Übersee ihre Logistik organisieren und was deutsche Logistikmanager davon lernen können.; HTC Hanseatic Transport Consultancy
- Otto, L.-M. (2017): Carsharing-Konzept Leipzig. Masterarbeit. TU Dresden. Dresden.
- Stadt Leipzig (1996): Umweltqualitätsziele. Beschluss der 27. Ratsversammlung vom 20.06.1996. Nr. 561/96.
- Stadt Leipzig (2003): Fortschreibung der Umweltqualitätsziele. Beschluss der 49. Ratsversammlung vom 18.06.2003. Nr. RBIII-1356/03.
- Stadt Leipzig (2015a): Bevölkerungsvorausschätzung 2016. Amt für Statistik und Wahlen. Leipzig.
- Stadt Leipzig (2015b): Mobilität 2020. Stadtentwicklungsplan Verkehr und öffentlicher Raum. Grundlagen für die Fortschreibung. Dezernat Stadtentwicklung und Bau. Leipzig.
- Stadt Leipzig (2018a): Statistischer Quartalsbericht IV/2017. Amt für Statistik und Wahlen. Leipzig.
- Stadt Leipzig (2018b): Entwurf der Fortschreibung des Luftreinhalteplans für die Stadt Leipzig. Leipzig.
- UBA (2018a): TREMOD. Im Internet unter https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten#textpart-2. Abgerufen am 25.06.2018.
- UBA (2018b): Emissionen im Personenverkehr.

  https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/366/bilder/vergleich\_der\_
  emissionen\_einzelner\_verkehrstraeger\_im\_personenverkehr\_-bezugsjahr\_2016.png.
  Abgerufen am 08.07.2018)
- WHO/OECD (2015): Economic cost of the health impact of air pollution in Europe: Clean air, health and wealth. WHO Regional Office for Europe. Copenhagen.

# 7 Anhang

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Green City Plan im Kontext zu anderen städtischen Planungen	4
Abbildung 2: Arbeitspakete des Green City Plans der Stadt Leipzig	7
Abbildung 3: Differenz aus den Jahresmittelwerten der Gesamtbelastung mit Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ) – Netzfall 2020 mit Zuflussmodifikation aller Richtungen (Planfall) minus Netzfall 2020 (Nullfall)	15
Abbildung 4: Umstellungszeitplan der Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH auf E- Busse bei Zustimmung der Gremien	35
Abbildung 5: Methodik zur Erarbeitung des Ladeinfrastrukturkonzepts für die Stadt Leipzig (IE Leipzig, 2018)	43
Abbildung 6: Standorte für zukünftig nötige Ladeinfrastruktur in Leipzig – Zubaubedarf (IE Leipzig, Stadtwerke Leipzig, 2018)	43
Abbildung 7: Gegenüberstellung Direktlieferung und Lieferkette mit Hub-Struktur (inno2grid, 2018)	51
Abbildung 8: Räumliche Einteilung der Stadt Leipzig in drei Ringe bzw. Lagetypen (Kartendaten: openstreetmap)	52

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Grenzwerte für Feinstaub (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> ) und Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ) (Stadt Leipzig, 2018b)	2
Tabelle 2: Orientierungs-/Zielwerte für den Modal Split im Jahr 2015 und 2025	5
Tabelle 3: Übersicht über Bezeichnung und Ziele der Arbeitspakte	5
Tabelle 4: Minderungspotential durch Verkehrsflussdosierung	9
Tabelle 5: Kosten – Verkehrsflussdosierung an Hotspots	
Tabelle 6: Kosten – Monitoring/Verkehrslageerfassung	10
Tabelle 7: Kosten – Verkehrslageerfassung auf Basis von ÖPNV-Daten	11
Tabelle 8: Schnittstellen im Zuge der RBLSA-Maßnahmen	12
Tabelle 9: Kostenaufteilung – Verkehrssteuerung in der Innenstadt	15
Tabelle 10: Mögliche Standorte für Mobilitätsstationen	16
Tabelle 11: Einsparpotentiale Carsharing	18
Tabelle 12: Kostenaufschlüsselung pro Mobilpunkt	19
Tabelle 13: Kostenaufschlüsselung pro Mobilitätsstation	19
Tabelle 14: Kostenaufschlüsselung pro Bike+Ride-Station, groß	21
Tabelle 15: Kostenaufschlüsselung Bike+Ride-Anlage, mittel	21
Tabelle 16: Kostenaufschlüsselung Bike+Ride-Anlage, klein	22
Tabelle 17: Investitionskosten in Euro Bike+Ride-Anlagen	22
Tabelle 18: NO <sub>x</sub> -Minderung durch Park+Ride	23
Tabelle 19: Kostenübersicht in Euro Park+Ride	23
Tabelle 20: Investitionskosten der LVB im Zusammenhang mit dem Fahrgastwachstum (LVB, 2018)	25
Tabelle 21: Kosten - Erweiterung und Umbau der grundlegenden Systemarchitektur von Leipzig mobil und Ausbau des Partnermanagements	28
Tabelle 22: Kosten - Integration kontextbezogener Routing- und Prognosealgorithmen	29
Tabelle 23: Kosten - Aufbau der Sensorik-Infrastruktur für weiterführende Dienste	30
Tabelle 24: Kosten - Aufbau eines Ergänzungsmoduls Parkraummanagement	30
Tabelle 25: Kosten - Integration eines Bonus- und erweiterten Abrechnungssystems	31
Tabelle 26: Integration von Steuerungsroutinen zur Bestellung, Verwaltung und Optimierung von Bedarfsverkehren	31
Tabelle 27: Kosten - Überarbeitung und Ergänzung der Nutzerfrontends	32
Tabelle 28: Kostenübersicht - Umstellung auf E-Ticketing	33
Tabelle 29: Beschaffungsszenario der LVB GmbH (LVB, 2018)	36
Tabelle 30: Emissionseinsparung nach Jahren durch E-Bus Einführung und Ersatzbeschaffung durch Dieselneufahrzeuge (EURO VI) (LVB, 2018)	37
Tabelle 31: Kosten zum Beschaffungsszenario für E-Busse und Dieselbusse (in Mio. EUR, LVB, 2018)	38
Tabelle 32: Übersicht zum Fuhrpark der Stadtverwaltung (Stand Januar 2018)	38
Tabelle 33: Kosten für die Umstellung des kommunalen Furparks	40

Tabelle 34: Bestandzahlen für Elektroautos in Leipzig, Hochlaufszenarien (IE Leipzig/LSW)	44
Tabelle 35: Minderungspotential durch den Ausbau der Ladeinfrastruktur (IE Leipzig, 2018)	44
Tabelle 36: Übersicht der Kosten für Ladesäulen (Stadtwerke Leipzig 2018)	45
Tabelle 37: Kosten für die Installation von Ladeinfrastruktur im Stadtgebiet Leipzigs (IE Leipzig, 2018)	45
Tabelle 38: Kosten für die Installation von Ladeinfrastruktur an Stellplatzanlagen und intermodalen Verknüpfungspunkten (IE Leipzig, 2018)	46
Tabelle 39: Zubaubedarf an öffentlichen Ladepunkten	46
Tabelle 40: Emissionsminderungen durch elektrische Belieferung zu Mikro-Depots im Innenstadtring und außerhalb des Innenstadtrings	53
Tabelle 41: Kosten für den Betreiber eines Urban-Hubs	54
Tabelle 42: Emissionsminderungen - Mikro-Depot im Innenstadtring	55
Tabelle 43: Kosten pro Mikro-Depot im Innenstadtring	56
Tabelle 44: Emissionsminderungen - Mikro-Depot außerhalb des Innenstadtrings	57
Tabelle 45: Kosten pro Mikro- Depot - außerhalb des Innenstadtrings	58
Tabelle 46: Kosteneinteilung	59
Tabelle 47: Qualitative Wirkungseinschätzung zur Minderung der NO₂-Belastung (Stadt Leipzig, 2018b)	59
Tabelle 48: Kategorisierung des innovativen Charakters der Maßnahmen	60
Tabelle 49: Kategorisierung des Wirkungseintritts der Maßnahmen	60
Tabelle 50: Kategorisierung des Mehrwertes der Maßnahmen	60
Tabelle 51: FRL "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme" - Gegenüberstellung Kosten - Minderung NO <sub>2</sub>	61
Tabelle 52: Weitere Maßnahmen - Gegenüberstellung Kosten - Minderung NO <sub>2</sub>	62
Tabelle 53: FRL "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme" - Bewertung der Maßnahmen nach Innovation, Wirkungseintritt und Mehrwert für Lärm und Klimaschutz	63
Tabelle 54: Weitere Maßnahmen - Bewertung der Maßnahmen nach Innovation, Wirkungseintritt und Mehrwert für Lärm und Klimaschutz	64

#### Anhang 1 - Abkürzungen

% Prozent

a Jahr

ABSOLUT Automatischer Busshuttle selbstorganisierend zwischen Leipzig und dem

**BMW-Terminal** 

AC alternating current (Wechselstrom)

AfU Amt für Umweltschutz

AIL Auswerte- und Informationszentrum Sachsen

AP Arbeitspaket

App application software (Anwendungssoftware)

B+R Bike and Ride

B2B Business to Business
B2C Business to Consumer

B Bundesstraße
BAB Bundesautobahn

BASt Bundesanstalt für Straßenwesen

BEV battery electric vehicles (batterieelektrische Fahrzeuge)

BImSchG Bundes-Immissionsschutzgesetz

BImSchV Bundes-Immissionsschutzverordnung

BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

BMVI Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

BMW Bayerische Motoren Werke

BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

BOStrab Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen

Bsp. Beispiel

bspw. beispielsweise bzgl. bezüglich

bzw. beziehungsweise CO<sub>2</sub> Kohlenstoffdioxid

DC direct current (Gleichstrom)

DF Strab Dienstanweisung für den Fahrdienst mit Straßenbahnen

DHL Adrian **D**alsey, Larry **H**illblom und Robert **L**ynn (Gründer von DHL)

DPD Dynamic Parcel Distribution

DTV durchschnittliche tägliche Verkehrsmenge

e-Bike Elektrorad e-Bus Eletrobus

e-Pkw Elektro-Personenkraftwagen

e-Rad Elektrorad

e-Ticket elektronisches Ticket

E/E-Architektur elektrisch-elektronische Architektur
EFM Elektronisches Fahrgeldmanagement

EG Europäische Gemeinschaft

EKSP Energie- und Klimaschutzprogramm etc. et cetera ("und die übrigen [Dinge]")

EURO 6 Abgasnorm ff. fortfolgend

FZkm Fahrzeugkilometer
FRL Förderrichtlinie
FQ Förderquote

GCP Green City Plan

GLS General Logistics Systems

GRETA Gridding Emission Tool for ArcGIS

HAF hochautomatisiertes Fahren

HBEFA Handbuch Emissionsfaktoren für den Straßenverkehr

Hbf Hauptbahnhof

IE Leipziger Institut für Energie

inkl. inklusive

INSEK Integriertes Stadtentwicklungskonzept

IPN Industriepark Nordraum

ITCS Intermodal Transport Control System

IVI Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme

KA Kernapplikation

KBA Kraftfahrt-Bundesamt

KEP Kunden-Express-Paket-Dienstleistungen (KEP)

kg Kilogramm

KI künstliche Intelligenz

km/km² Kilometer/ Quadratkilometer

kW Kilowatt

LAP Lärmaktionsplan

LfULG Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

LIS Ladeinfrastruktur
Lkw Lastkraftwagen
LRP Luftreinhalteplan
LSA Lichtsignalanlage

LVB Leipziger Verkehrsbetriebe GmbH

LVV Leipziger Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft mbH

m Meter

m<sup>2</sup> Quadratmeter

MaaS Mobility as a Service
MiD Mobilität in Deutschland

Mio. Million

MIV Motorisierter Individualverkehr
μg/m³ Mikrogramm pro Kubikmeter
NGT Niederflurgelenktriebwagen

NMIV Nichtmotorisierter Individualverkehr

NO StickstoffmonoxidNO<sub>2</sub> StickstoffdioxidNO<sub>x</sub> Stickstoffoxide

OECD Organisation for Economic Co-operation and Development

(Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung)

ÖPNV Öffentlicher Personennahverkehr

ÖV Öffentlicher Verkehr

P+R Park and Ride

PHEV plug-in hybrid electric vehicle

Pkw Personenkraftwagen

PM<sub>2,5</sub> Feinstaub mit einem Durchmesser von 2,5 μm (Mikrometer)
PM<sub>10</sub> Feinstaub mit einem Durchmesser von 10 μm (Mikrometer)

PUM Plattform Urbane Mobilität

RBL rechnergestütztes Betriebsleitsystem

RBLSA Adaptive RBL-gekoppelte LSA –Steuerung zur Qualitätsverbesserung des

Verkehrs in Leipzig

RL Richtlinie

RSU Road-Side-Units
SB Selbstbedienung

SIMONE Siedlungsorientiertes Modell für nachhaltigen Aufbau und Förderung der E-

Ladeinfrastruktur

SrV System repräsentativer Verkehrsbefragungen

Step VöR Stadtentwicklungsplan Verkehr und öffentlicher Raum

TNT Thomas Nationwide Transport

TREMOD Transport Emission Model

TV Television

u. a. unter anderemUBA UmweltbundesamtUPS United Parcel Service

UV Umweltverbund

VDV Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
VDA Verband der Deutschen Automobilindustrie

vgl. vergleiche

VTA Verkehrs- und Tiefbauamt

VV-BHO Verwaltungsvorschriften zur Bundeshaushaltsordnung
WHO World Health Organisation (Weltgesundheitsorganisation)

z. B. zum Beispiel

## Anhang 2 - Quellen und Grundlagen zu den einzelnen Arbeitspaketen

Arbeits- paket	Institution	Titel	Ort	
AP 1	INAVET GmbH Institut für angewandte Verkehrstelematik TU Dresden	"Unterstützung bei der Erstellung des Green-City- Masterplans Leipzig"	Dresden, Leipzig	
	Verkehrs- und Tiefbauamt der Stadt Leipzig brenner BERNARD ingenieure GmbH	"Masterplan Green City Verkehrspotentialanalyse"		
AP2	team red GmbH Verkehrs- und Tiefbauamt der Stadt Leipzig	"Mobility as a Service"	Leipzig	
	Leipziger Verkehrsbetriebe GmbH	"Wachstum elektromobil gestalten"		
AP3	Leipziger Verkehrsbetriebe GmbH	"Erweiterung der Plattform Leipzig mobil"	Leipzig	
	Leipziger Verkehrsbetriebe GmbH	"Abgasoptimierte Busflotte"	Leipzig	
AP4	Hauptamt	"Elektrifizierung des kommunalen Fuhrparkes"	Leipzig	
AP5	Leipziger Institut für Energie GmbH Stadtwerke Leipzig GmbH	Ladeinfrastrukturkonzept für E-Fahrzeuge in Leipzig	Leipzig	
AP6	Leipziger Verkehrsbetriebe GmbH INAVET GmbH Institut für angewandte Verkehrstelematik TU Dresden	Projektskizze "Automatischer Busshuttle selbstorgani- sierend zwischen Leipzig und dem BMW-Terminal – ABSOLUT"	Dresden, Leipzig	
AP7	inno2grid GmbH Leipziger Institut für Energie GmbH	"Erstellung eines Konzeptes für Urban Hubs in Leipzig"	Berlin, Leipzig	

Anhang 3 - Übersicht über die RBLSA-Maßnahmen (INAVET, 2018)

Kriterium für GCP-Leipzig	Abschnitt von Haltestelle	Abschnitt bis Haltestelle	Linie	Anzahl betroffene LSA (VTA)
Prioritätsstufe 1: Straßenbahnlinien oder Abs	schnitte mit hohen Fah	rgastzahlen		
Attraktivierung ÖPNV: Pünktlichkeit/Beförderungsgeschwindigkeit	Taucha	Bautzner Straße	3	10
Vermeidung zusätzlicher Spitzenkurs (u. a. Linien 4 und 15)	Leibnizstraße	Waldplatz	3	4
Vermeidung zusätzlicher Spitzenkurs	Joahnnisplatz	Franzosenallee	15	17
Vermeidung zusätzlicher Spitzenkurs (Linien 1 und 2)	Lausen	Westplatz	1	20
Vermeidung zusätzlicher Spitzenkurs (Linie 10)	Wahren	Connewitz, Kreuz	10	33
Attraktivierung ÖPNV: Pünktlichkeit/Beförderungsgeschwindigkeit	Roßplatz	Altes Messegelände	2	7
Attraktivierung ÖPNV: Pünktlichkeit/Beförderungsgeschwindigkeit	Grünau-Nord	Schönauer Ring	8	1
Vermeidung zusätzlicher Spitzenkurs (Linie 4)	Gohlis, Lands- berger Straße	Stötteritz	4	35
Attraktivierung ÖPNV: Pünktlichkeit/Beförderungsgeschwindigkeit	Theodor-Heuss- Straße	Paunsdorfer Allee/ Permoserstraße	7	8
Attraktivierung ÖPNV: Pünktlichkeit/Beförderungsgeschwindigkeit	Deutsche National- bibliothek		16	8
Prioritätsstufe 2: aufkommensstarke Buslinie	-		-	
Vermeidung zusätzlicher Spitzenkurs (Linie 60)	Lindenau, Bushof	Riebeckstraße/ Oststraße	60	20
Attraktivierung ÖPNV: Pünktlichkeit/Beförderungsgeschwindigkeit	Mockau, Post	Connewitz, Kreuz	70	34
Vermeidung zusätzlicher Spitzenkurs (Linie 74)	Angerbrücke, Straßenbahnhof	Stötteritz	74	29
Attraktivierung ÖPNV: Pünktlichkeit/Beförderungsgeschwindigkeit	Thekla	Lindenau, Bushof	80	21
Vermeidung zusätzlicher Spitzenkurs (Linie 90)	Georg-Schumann- Straße/Linden- thaler Straße	Paunsdorf-Center	90	27
Prioritätsstufe 3: weitere wichtige Straßenbal	nn- und Buslinien oder	Abschnitte		
Attraktivierung ÖPNV: Pünktlichkeit/Beförderungsgeschwindigkeit	Innenstadtring	Innenstadtring	Alle	12
Vermeidung zusätzlicher Spitzenkurs (Linie 1)	Hermann- Liebmann-Straße	Mockauer Straße/ Vollbedingstraße	1	10
Attraktivierung ÖPNV: Pünktlichkeit/Beförderungsgeschwindigkeit	Adler	Knautkleeberg	3	9
Attraktivierung ÖPNV: Pünktlichkeit/Beförderungsgeschwindigkeit	Böhlitz-Ehrenberg	Lindenauer Markt	7	11
Attraktivierung ÖPNV: Pünktlichkeit/Beförderungsgeschwindigkeit	Koehlerstraße	Sellerhausen	7	8
Attraktivierung ÖPNV: Pünktlichkeit/Beförderungsgeschwindigkeit	Connewitz, Kreuz	Markkleeberg-Ost	11	10
Vermeidung zusätzlicher Spitzenkurs	Mockau, Post	Connewitz, Kreuz	9	27
Attraktivierung ÖPNV: Pünktlichkeit/Beförderungsgeschwindigkeit	Gohlis-Nord	Goerdelerring	12	10
Attraktivierung ÖPNV: Pünktlichkeit/Beförderungsgeschwindigkeit	S-Bahnhof Plagwitz	Nonnenstraße	14	4
Vermeidung zusätzlicher Spitzenkurs	Plovdiver Straße	Schönauer Ring	15	3

### Anhang 4 - Maßnahmenblätter

# Arbeitspaket 1 (Verkehrsorganisatorische Maßnahmen an Hotspots/Verknüpfung Leitsysteme MIV/ÖPNV) Maßnahme 1 a) "Umweltorientierte Verkehrssteuerung an Hotspots"

#### Maßnahmenbeschreibung

Reduzierung der Freigabezeiten an LSA in der Jahnallee, Eutritzscher Straße, Berliner Straße und Harkortstraße und Etablierung einer umweltsensitiven Verkehrssteuerung unter Berücksichtigung von Umweltdaten

#### Wirksamkeit

#### Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

1 bis 5

#### Wirkungseintritt

sofort

#### weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

mittel

#### Kosten

#### Gesamtkosten

596.500 Euro (Verkehrsflussdosierung) 500.000 Euro (umweltsensitive Verkehrssteuerung)

#### Fördermöglichkeiten

FRL "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme", BMVI (FQ 50 %)

#### Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

sehr gut

#### **Umsetzung**

#### Zeitplan

2019/2020

#### innovativer Charakter

gering

#### Verantwortliche

Stadt Leipzig

# Arbeitspaket 1 (Verkehrsorganisatorische Maßnahmen an Hotspots/Verknüpfung Leitsysteme MIV/ÖPNV) Maßnahme 1 b) "Dynamische Routenführung und Verkehrsinformation"

#### Maßnahmenbeschreibung

Errichtung von LED-Informationstafeln und ggf. Wechselwegweisern

#### Wirksamkeit

#### Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

bis 1

#### Wirkungseintritt

sofort

#### weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

mittel

#### Kosten

#### Gesamtkosten

1.500.000 Euro

#### Fördermöglichkeiten

FRL "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme", BMVI (FQ 50 %)

#### Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

gut

## Umsetzung

#### Zeitplan

2019

#### innovativer Charakter

gering

#### Verantwortliche

Stadt Leipzig

# Arbeitspaket 1 (Verkehrsorganisatorische Maßnahmen an Hotspots/Verknüpfung Leitsysteme MIV/ÖPNV) Maßnahme 1 c) "Monitoring/Verkehrslageerfassung MIV"

#### Maßnahmenbeschreibung

Kontrolle der Wirksamkeit der Maßnahme 1 a)

#### Wirksamkeit

#### Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

keine

#### Wirkungseintritt

kurzfristig

#### weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

gering

#### Kosten

#### Gesamtkosten

60.000 Euro (Monitoing) 450.000 Euro (Verkehrslageerfassung MIV)

#### Fördermöglichkeiten

FRL "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme", BMVI (FQ 50 %)

#### Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

sehr gut

#### Umsetzung

#### Zeitplan

ab 2019

#### innovativer Charakter

mittel

#### Verantwortliche

Stadt Leipzig

# Arbeitspaket 1 (Verkehrsorganisatorische Maßnahmen an Hotspots/Verknüpfung Leitsysteme MIV/ÖPNV) Maßnahme 1 d) "Verkehrslageerfassung auf Basis von ÖPNV-Daten mit alternativer Linienführung"

#### Maßnahmenbeschreibung

- anhand der Kenntnis über die Verkehrslage des öffentlichen Verkehrs werden nachfolgende ÖV-Fahrzeuge von der Nominal- auf eine Alternativroute geleitet
- Verknüpfung der Maßnahmen 1 c und 1 d zur Optimierung der Verkehrslagerfassung

#### Wirksamkeit

#### Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

bis 1

#### Wirkungseintritt

kurzfristig

#### weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

gering

#### Kosten

#### Gesamtkosten

440.000 Euro (Verkehrslageerfassung ÖPNV)

250.000 Euro (Verknüpfung der Verkehrslagerfassung ÖPNV und MIV)

#### Fördermöglichkeiten

FRL "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme", BMVI (FQ 50 %)

#### Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

sehr gut

#### Umsetzung

#### Zeitplan

ab 2018

#### innovativer Charakter

mittel

#### Verantwortliche

LVB

# Arbeitspaket 1 (Verkehrsorganisatorische Maßnahmen an Hotspots/Verknüpfung Leitsysteme MIV/ÖPNV) Maßnahme 1 e) "RBLSA-Maßnahmen"

#### Maßnahmenbeschreibung

Beschleunigung und Qualitätsverbesserung im ÖPNV - unter Berücksichtigung der Belange anderer Verkehrsteilnehmer (Anlagen siehe Anhang 3)

#### Wirksamkeit

Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

bis 1

Wirkungseintritt

sofort

weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

mittel

#### Kosten

#### Gesamtkosten

100.000 Euro/Anlage

#### Fördermöglichkeiten

FRL "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme", BMVI (FQ 50 %)

Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

gut

#### **Umsetzung**

Zeitplan

ab 2019

innovativer Charakter

mittel

Verantwortliche

LVB/Stadt Leipzig

# Arbeitspaket 1 (Verkehrsorganisatorische Maßnahmen an Hotspots/Verknüpfung Leitsysteme MIV/ÖPNV) Maßnahme 1 f) "Verkehrssteuerung in der Innenstadt"

#### Maßnahmenbeschreibung

Verkehrsverlagerung vom Promenadenring auf das Tangentenviereck

## Wirksamkeit

#### Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

bis 1

#### Wirkungseintritt

kurzfristig

#### weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

gering

#### Kosten

#### Gesamtkosten

510.000 Euro

#### Fördermöglichkeiten

FRL "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme", BMVI (FQ 50 %)

#### Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

gut

## Umsetzung

#### Zeitplan

ab 2020

#### innovativer Charakter

gering

#### Verantwortliche

Stadt Leipzig

# Arbeitspaket 2 (Mobility as a Service) Maßnahme 2 a) "Mobilitätsstationen"

#### Maßnahmenbeschreibung

Errichtung von bis zu 25 weiteren Mobilitätsstationen bis 2020

#### Wirksamkeit

#### Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

bis 1

#### Wirkungseintritt

kurzfristig

#### weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

mittel

#### Kosten

#### Gesamtkosten

850.000 Euro

#### Fördermöglichkeiten

FRL "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme", BMVI (FQ 50 %)

#### Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

sehr gut

#### Umsetzung

#### Zeitplan

ab 2019

#### innovativer Charakter

mittel

#### Verantwortliche

LVB

## Arbeitspaket 2 (Mobility as a Service) Maßnahme 2 b) "Ausbau Bike+Ride"

#### Maßnahmenbeschreibung

Errichtung von bis zu 2.000 Stellplätzen in Bike+Ride-Anlagen sowie 500 Stellplätze in einem Fahrradparkhaus am Hauptbahnhof (bis 2020)

#### Wirksamkeit

#### Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

bis 1

#### Wirkungseintritt

sofort

#### weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

mittel

#### Kosten

#### Gesamtkosten

- 1.970.000 Euro Bike+Ride-Anlagen
- 1.560.000 Euro Fahrradparkhaus Leipzig Hauptbahnhof

#### Fördermöglichkeiten

FRL "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme", BMVI (FQ 50 %)

#### Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

sehr gut

#### **Umsetzung**

#### Zeitplan

2018 bis 2020

#### innovativer Charakter

gering

#### Verantwortliche

Stadt Leipzig

# Arbeitspaket 2 (Mobility as a Service) Maßnahme 2 c) "Verbesserung und Erweiterung Park+Ride"

#### Maßnahmenbeschreibung

Attraktivierung der Park+Ride-Plätze bis 2020 durch Nutzung als externe Firmenparkplätze sowie Installation eines Sensornetzes zur Ermittlung freier Kapazitäten

#### Wirksamkeit

Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

bis 1

Wirkungseintritt

kurzfristig

weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

mittel

#### Kosten

#### Gesamtkosten

65.000 Euro

#### Fördermöglichkeiten

FRL "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme", BMVI (FQ 50 %)

#### Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

gut

#### Umsetzung

#### Zeitplan

ab 2020

#### innovativer Charakter

mittel

#### Verantwortliche

Stadt Leipzig

# Arbeitspaket 2 (Mobility as a Service) Maßnahme 2 d) "Wachstum elektromobil gestalten"

#### Maßnahmenbeschreibung

Anschaffung von 20 weiteren Straßenbahnen vom Typ NGT10 bis 2020 (inkl. ergänzender Maßnahmen)

#### Wirksamkeit

#### Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

1 bis 5

#### Wirkungseintritt

mittelfristig

#### weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

mittel

#### Kosten

#### Gesamtkosten

161.300.000 Euro (bis 2020) 257.100.000 Euro (ab 2021ff.)

#### Fördermöglichkeiten

Richtlinie des Sächsischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Verkehrs über die Gewährung von Fördermitteln im öffentlichen Personennahverkehr (RL-ÖPNV), "Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz" des Bundes (GVFG)

#### Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

gut

#### Umsetzung

#### Zeitplan

ab 2020

#### innovativer Charakter

mittel

#### Verantwortliche

LVB

Arbeitspaket 3 (Konzepterstellung zur Erweiterung und Integration der Plattform Leipzig mobil in deutschlandweite Mobilitätsanwendungen (Apps)) Maßnahme 3 a) "Erweiterung und Umbau der grundlegenden Systemarchitektur von Leipzig mobil und Ausbau des Partnermanagements"

#### Maßnahmenbeschreibung

Entwicklung des Basissystems von einer speziellen zu einer universellen Infrastruktur, wodurch in Leipzig mobil einfacher und kosteneffizienter zusätzliche Dienste angebunden und bereitgestellt werden können

#### Wirksamkeit

Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

bis 1

Wirkungseintritt

mittelfristig

weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

gering

#### Kosten

Gesamtkosten

1.010.000 Euro

#### Fördermöglichkeiten

FRL "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme", BMVI (FQ 50 %)

Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

gut

#### Umsetzung

Zeitplan

ab 2019

innovativer Charakter

mittel

Verantwortliche

LVB

Arbeitspaket	3	(Konzepterstellung	zur	Erweiterung	und	Integration	der
<b>Plattform Leip</b>	zig	mobil in deutschlan	dweit	te Mobilitätsan	wend	ungen (Apps	3))
Maßnahme 3 b)	) "Ă	ufbau einer multimoda	len V	erkehrsführung	"		

#### Maßnahmenbeschreibung

Bereitstellung einer individuellen Empfehlung bzgl. der Nutzung verschiedener Verkehrsmittel

#### Wirksamkeit

Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

bis 1

Wirkungseintritt

mittelfristig

weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

gering

#### Kosten

#### Gesamtkosten

560.000 Euro

#### Fördermöglichkeiten

FRL "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme", BMVI (FQ 50 %)

#### Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

sehr gut

## Umsetzung

#### Zeitplan

ab 2019

#### innovativer Charakter

mittel

#### Verantwortliche

LVB

Arbeitspaket 3 (Konzepterstellung zur Erweiterung und Integration der Plattform Leipzig mobil in deutschlandweite Mobilitätsanwendungen (Apps)) Maßnahme 3 c) "Automatisierte und aufwandsgerechte Abrechnung von Mobilitätsdienstleistungen"

#### Maßnahmenbeschreibung

Installation eines haltepunkt- sowie fahrzeugscharfen passiven Netzes aus Sensoren im Bediengebiet der LVB

#### Wirksamkeit

Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

bis 1

Wirkungseintritt

mittelfristig

weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

gering

#### Kosten

#### Gesamtkosten

480.000 Euro

#### Fördermöglichkeiten

FRL "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme", BMVI (FQ 50 %)

#### Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

sehr gut

#### **Umsetzung**

#### Zeitplan

ab 2019

#### innovativer Charakter

mittel

#### Verantwortliche

LVB

# Arbeitspaket 3 (Konzepterstellung zur Erweiterung und Integration der Plattform Leipzig mobil in deutschlandweite Mobilitätsanwendungen (Apps)) Maßnahme 3 d) "Aufbau eines Ergänzungsmoduls Parkraummanagement"

#### Maßnahmenbeschreibung

Implementierung eines Parkraummanagementsystems, welches möglichst umfänglich öffentliche, halböffentliche und private Parkräume mit deren Belegung (Echtzeit und Prognose) erfasst und für Auskunftsdienste und Vertriebsfunktionen nutzbar macht (über die App kann ein Angebot für eine Parkmöglichkeit am Stadtrand mit ÖPNV-Zugang erfolgen)

#### Wirksamkeit

Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

bis 1

Wirkungseintritt

mittelfristig

weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

gering

#### Kosten

#### Gesamtkosten

460.000 Euro

#### Fördermöglichkeiten

FRL "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme", BMVI (FQ 50 %)

Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

sehr gut

#### **Umsetzung**

Zeitplan

ab 2019

innovativer Charakter

mittel

Verantwortliche

LVB

Arbeitspaket	3	(Konzepterstellung	zur	Erweiterung	und	Integration	der
<b>Plattform Leip</b>	zig	mobil in deutschlan	dweit	e Mobilitätsan	wend	ungen (Apps	s))
Maßnahme 3 e)	"In	tegration eines Bonus	syste	ms"			

#### Maßnahmenbeschreibung

Erweiterung von Leipzig mobil um ein Bonussystem, welches die kostenpflichtige Inanspruchnahme von Mobilitätsleistungen aus dem Umweltverbund über ein Punktesystem (Umweltpunkte) belohnt

#### Wirksamkeit

Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

bis 1

Wirkungseintritt

mittelfristig

weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

gering

#### Kosten

#### Gesamtkosten

240.000 Euro

#### Fördermöglichkeiten

FRL "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme", BMVI (FQ 50 %)

#### Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

sehr gut

#### Umsetzung

#### Zeitplan

ab 2019

#### innovativer Charakter

mittel

#### Verantwortliche

LVB

Arbeitspaket 3 (Konzepterstellung zur Erweiterung und Integration der Plattform Leipzig mobil in deutschlandweite Mobilitätsanwendungen (Apps)) Maßnahme 3 f) "Integration von Steuerungsroutinen zur Bestellung, Verwaltung und Optimierung von Bedarfsverkehren"

#### Maßnahmenbeschreibung

Entwicklung eines Verwaltungs- und Steuerungssystems zur Optimierung von Bedarfsverkehren zur Schließung von Versorgungslücken und für Tageszeiten mit niedriger Taktung des ÖV (berücksichtigt Fahrgemeinschaften (Ridepooling), Carsharing, Sonderfahrten)

#### Wirksamkeit

Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

bis 1

Wirkungseintritt

mittelfristig

weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

gering

#### Kosten

#### Gesamtkosten

430.000 Euro

#### Fördermöglichkeiten

FRL "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme", BMVI (FQ 50 %)

#### Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

sehr gut

#### **Umsetzung**

#### Zeitplan

ab 2019

#### innovativer Charakter

mittel

#### Verantwortliche

LVB

# Arbeitspaket 3 (Konzepterstellung zur Erweiterung und Integration der Plattform Leipzig mobil in deutschlandweite Mobilitätsanwendungen (Apps)) Maßnahme 3 g) "Überarbeitung und Ergänzung der Benutzeroberflächen"

#### Maßnahmenbeschreibung

zur Gewährleistung eines nutzerfreundlichen und umfänglichen Zugangs zum Angebot des Umweltverbundes sollen alle bestehenden Benutzeroberflächen von Leipzig mobil überarbeitet und bei Bedarf neu konzipiert werden

#### Wirksamkeit

Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

bis 1

Wirkungseintritt

kurzfristig

weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

gering

#### Kosten

#### Gesamtkosten

800.000 Euro

#### Fördermöglichkeiten

FRL "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme", BMVI (FQ 50 %)

#### Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

sehr gut

#### **Umsetzung**

#### Zeitplan

ab 2019

#### innovativer Charakter

mittel

#### Verantwortliche

LVB

# Arbeitspaket 3 (Konzepterstellung zur Erweiterung und Integration der Plattform Leipzig mobil in deutschlandweite Mobilitätsanwendungen (Apps)) Maßnahme 3 h) "Umstellung auf elektronische Ticketver- und -bearbeitung"

#### Maßnahmenbeschreibung

Entwicklung eines Gesamtsystems, in dem jegliche Nutzerinteraktion vom Fahrscheinkauf bzw. der Erfassung des Fahrtbeginns, die Fahrscheinentwertung, den Wechsel des Verkehrsmittels, die Prüfung der Fahrtberechtigung, das Erfassen des Fahrtenendes und die Übertragung der Nutzungsdaten an ein geeignetes Hintergrund- und Abrechnungssystem als vollständig digitaler Vorgang abgebildet werden kann

#### Wirksamkeit

Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

bis 1

Wirkungseintritt

mittelfristig

weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

gering

#### Kosten

#### Gesamtkosten

6.250.000 Euro

#### Fördermöglichkeiten

FRL "Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme", BMVI (FQ 50 %)

Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

gut

## Umsetzung

#### Zeitplan

ab 2019

innovativer Charakter

mittel

Verantwortliche

LVB

# Arbeitspaket 4 (Abgasoptimierte Busflotte/Kommunaler Fuhrpark) Maßnahme 4 a) "Abgasoptimierte Busflotte"

#### Maßnahmenbeschreibung

- Einführung von E-Bussen auf 3 Linien mit insgesamt 38 Fahrzeugen (Beschaffung von 11 E-Bussen bis 2020)
- Ersatz von 60 älteren Dieselbussen durch schadstoffarme Dieselbusse (mind. Euro-Norm 6 oder besser) (Ersatz von 58 Fahrzeugen bis 2020)

#### Wirksamkeit

#### Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

1 bis 5

#### Wirkungseintritt

kurzfristig

#### weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

mittel

#### Kosten

#### Gesamtkosten

55.700.000 Euro

#### Fördermöglichkeiten

E-Bus:

FRL "Richtlinie zur Förderung der Anschaffung von Elektrobussen im öffentlichen Personennahverkehr", BMU

Ergänzungsförderung E-Bus Land Sachsen

#### Diesel-Abgasnormverbesserung:

Richtlinie des Sächsischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Verkehrs über die Gewährung von Fördermitteln im öffentlichen Personennahverkehr (RL-ÖPNV)

#### Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

gut

#### **Umsetzung**

#### Zeitplan

ab 2019

#### innovativer Charakter

mittel

#### Verantwortliche

LVB

## Arbeitspaket 4 (Abgasoptimierte Busflotte/Kommunaler Fuhrpark) Maßnahme 4 b) "Ausbau der kommunalen E-Fahrzeugflotte"

#### Maßnahmenbeschreibung

- Ersatz von 29 angemieteten Carsharing-Fahrzeugen durch eigene monovalente Elektro-Dienstfahrzeuge bis 2020
- Ersatz von 16 Dienstfahrzeugen mit Verbrennungsmotor durch (Plug-in-) Hybridfahrzeuge bis 2021
- Elektrifizierung des städtischen Fuhrparks bis zu einem Anteil von 80 % (inkl. LIS)

#### Wirksamkeit

#### Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

hie 1

#### Wirkungseintritt

kurzfristig

weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

gering

#### Kosten

#### Gesamtkosten

6.250.000 Euro

#### Fördermöglichkeiten

FRL "Elektromobilität", BMVI (FQ 75 %)

#### Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

gut

#### Umsetzung

#### Zeitplan

ab 2019

#### innovativer Charakter

gering

#### Verantwortliche

Stadt Leipzig

Arbeitspaket 5 (Ladeinfrastrukturkonzept für E-Fahrzeuge in Leipzig)
Maßnahme 5 a) "Installation von öffentlich nutzbarer Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge im Stadtgebiet Leipzigs"

#### Maßnahmenbeschreibung

Errichtung von 373 Ladesäulen mit 11 kW und 2 Ladesäulen mit 50 kW Ausstattung

#### Wirksamkeit

#### Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

1 bis 5

#### Wirkungseintritt

mittelfristig

#### weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

mittel

#### Kosten

#### Gesamtkosten

4.000.000 Euro

#### Fördermöglichkeiten

FRL "Erneuerbar Mobil", BMU (FQ 40 bis 60 %) FRL "Elektromobilität", BMVI (FQ bis 80 %)

#### Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

sehr gut

#### **Umsetzung**

#### Zeitplan

ab 2019

#### innovativer Charakter

mittel

#### Verantwortliche

Stadtwerke Leipzig/Stadt Leipzig

Arbeitspaket 5 (Ladeinfrastrukturkonzept für E-Fahrzeuge in Leipzig)
Maßnahme "Installation von öffentlich nutzbarer Ladeinfrastruktur für
Elektrofahrzeuge an Stellplatzanlagen und intermodalen Verknüpfungspunkten in
Leipzig"

#### Maßnahmenbeschreibung

Ausstattung von Stellplatzanlagen mit 239 Ladesäulen (11 kW) und 59 Schnellladesäulen (50 kW) sowie von intermodalen Verknüpfungspunkten mit 23 Ladesäulen (11 kW)

#### Wirksamkeit

#### Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

1 bis 5

#### Wirkungseintritt

mittelfristig

#### weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

mittel

#### Kosten

#### Gesamtkosten

7.190.000 Euro

#### Fördermöglichkeiten

FRL "Erneuerbar Mobil", BMU (FQ 40 bis 60 %)

FRL "Elektromobilität", BMVI (FQ bis 80 %)

#### Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

sehr gut

#### **Umsetzung**

#### Zeitplan

ab 2019

#### innovativer Charakter

mittel

#### Verantwortliche

Stadtwerke Leipzig/Stadt Leipzig

## **Arbeitspaket 6 (Einsatz autonomer Fahrzeuge)**

Maßnahme "Einsatz eines autonomen E-Shuttlebusses im Leipziger Norden (Projekt "ABSOLUT")"

#### Maßnahmenbeschreibung

Entwicklung einer integrierten, automatisierten und vernetzten 24/7-Mobilität im Innovationsraum Leipzig Nord

#### Wirksamkeit

#### Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

bis 1

#### Wirkungseintritt

langfristig

#### weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

gering

#### Kosten

#### Gesamtkosten

22.200.000 Euro (Gesamtprojekt) 1.500.000 Euro (LVB-Anteil)

#### Fördermöglichkeiten

Technologieprogramm "Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) für Elektromobilität III", BMWi

#### Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

schlecht

#### **Umsetzung**

#### Zeitplan

ab 2021

#### innovativer Charakter

hoch

#### Verantwortliche

LVB, Stadt Leipzig, TU Dresden

## Arbeitspaket 7 (Emissionsarme Logistik für den Wirtschaftsverkehr) Maßnahme "Urban-Hubs"

#### Maßnahmenbeschreibung

Entwicklung eines Urban-Hubs im Stadtrandgebiet Leipzigs

#### Wirksamkeit

#### Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

bis 1

#### Wirkungseintritt

mittelfristig

weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

gering

#### Kosten

#### Gesamtkosten

1.280.000 Euro

#### Fördermöglichkeiten

Bundeswettbewerb "Nachhaltige Urbane Logistik", BMU (70.000 Euro) Nationale Klimaschutzinitiative - Bundeswettbewerb "Klimaschutz durch Radverkehr", BMU (FQ 70 %)

#### Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

gut

#### **Umsetzung**

#### Zeitplan

ab 2021

#### innovativer Charakter

gering

#### Verantwortliche

Stadt Leipzig

## Arbeitspaket 7 (Emissionsarme Logistik für den Wirtschaftsverkehr) Maßnahme "Mikro-Depots im Innenstadtring"

#### Maßnahmenbeschreibung

Entwicklung eines Mikro-Depots im Innenstadtring

#### Wirksamkeit

#### Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

bis 1

#### Wirkungseintritt

mittelfristig

#### weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

gering

#### Kosten

#### Gesamtkosten

234.000 Euro pro Mikro-Depot

#### Fördermöglichkeiten

Bundeswettbewerb "Nachhaltige Urbane Logistik", BMU (70.000 Euro) Nationale Klimaschutzinitiative - Bundeswettbewerb "Klimaschutz durch Radverkehr", BMU (FQ 70 %)

#### Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

sehr gut

#### **Umsetzung**

#### Zeitplan

ab 2021

#### innovativer Charakter

mittel

#### Verantwortliche

Stadt Leipzig

## Arbeitspaket 7 (Emissionsarme Logistik für den Wirtschaftsverkehr) Maßnahme "Mikro-Depots außerhalb des Innenstadtrings"

#### Maßnahmenbeschreibung

Entwicklung von bis zu 10 Mikro-Depots außerhalb des Innenstadtrings

#### Wirksamkeit

#### Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen (in µg/m³)

bis 1

#### Wirkungseintritt

mittelfristig

#### weitere Wirkungen (Lärm, Klimaschutz)

gering

#### Kosten

#### Gesamtkosten

253.200 Euro pro Mikro-Depot

#### Fördermöglichkeiten

Bundeswettbewerb "Nachhaltige Urbane Logistik", BMU (70.000 Euro) Nationale Klimaschutzinitiative - Bundeswettbewerb "Klimaschutz durch Radverkehr", BMU (FQ 70 %)

#### Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

sehr gut

#### **Umsetzung**

#### Zeitplan

ab 2021

#### innovativer Charakter

mittel

#### Verantwortliche

Stadt Leipzig

