

**Green-City-Plan Marburg
der Universitätsstadt Marburg
zum BMVI-Sonderprogramm
“Green-City-Plan (GCP)”**

31.07.2018



Green City Plan Marburg

Stand 31.07.2018

Auftraggeber:

Universitätsstadt Marburg
Referat für Stadt-, Regional- und Wirtschaftsentwicklung
Rathaus, Markt 1, 35037 Marburg

Inhaltliche Bearbeitung Teilpläne:

Teilplan 1 – Auf- und Ausbau von intelligenten Verkehrsinformationssystemen für den ÖPNV, MIV und Radverkehr

Siemens Mobility GmbH	Tel.: 069 – 797 3127	Yves Hecht
Lyoner Straße 27	Fax: 069 – 797 3814	Andreas Batzer
60528 Frankfurt am Main	www.siemens.com	Michael Gerdes

Teilplan 2 – intelligent vernetzte Mobilitätsdienste

PGN Planungsgruppe Nord	Tel.: 0561- 807 5 8-0	Wolfgang Nickel
Dörnbergstraße 12	Fax: 0561 – 807 58-58	Jens Gertsen
34119 Kassel	www.pgn-kassel.de	Dennis Behrami
		Daniel Cöster

Teilplan 3 – Elektrifizierung des Verkehrs

Mobilitätswerk GmbH	Tel.: 0351 – 275 606 69	Philip Randt
Liebigstraße 26	www.mobilitaetswerk.de	Martin Lindner
01187 Dresden		

Teilplan 4 – öffentliche Flotten

PricewaterhouseCoopers GmbH	Tel.: 069 – 9585-5517	Christine Henrich-Köhler
Friedrich-Ebert-Allee 35-37	Fax: 069 - 981-2610	Hendrik Reinhardt
60327 Frankfurt am Main	www.pwc.de	

Teilplan 5 – urbane Logistik

PricewaterhouseCoopers GmbH	Tel.: 069 – 9585-5517	Dr. Georg Teichmann
Friedrich-Ebert-Allee 35-37	Fax: 069 - 9585-933554	Dr. Christian Gudd
60327 Frankfurt am Main	www.pwc.de	

Koordination und Berichterstellung – Teilplan 6:

PGN Planungsgruppe Nord	Tel.: 0561- 807 5 8-0	Jana Fischer
Dörnbergstraße 12	Fax: 0561 – 807 58-58	Wolfgang Nickel
34119 Kassel	www.pgn-kassel.de	

Hinweis: Zur besseren Lesbarkeit wurde nur die männliche Schreibweise genutzt.

Diese Schreibweise schließt alle Personen jeden Geschlechts ein.

Copyright für Text, Fotos und Abbildungen und Verantwortung für die Inhalte der Teilpläne liegt bei den jeweiligen Teilplanbearbeitern.

EINLEITUNG.....	13
1 TEILPLAN 1 (T1) – AUF- UND AUSBAU VON INTELLIGENTEN VERKEHRSINFORMATIONSSYSTEMEN FÜR DEN ÖPNV, MIV UND RADVERKEHR	20
1.1 T1_Maßnahme 1: Dynamische Fahrgastinformation	20
1.2 T1_Maßnahme 2: Busbeschleunigung	31
1.3 T1_Maßnahme 3: Fahrradbeschleunigungsprogramm – <i>SiBike</i>	46
1.4 T1_Maßnahme 4: Ausbau des Parkleitsystems.....	59
1.5 T1: Wirkungsdimension der Umsetzbarkeit	71
2 TEILPLAN 2 (T2) – INTELLIGENTE VERNETZTE MOBILITÄTSDIENSTE.....	72
2.1 T2a_ Fahrradverleih – Bike-Sharing: Ausgangssituation	72
2.2 T2a_ Fahrradverleih – Bike-Sharing: Maßnahme 1 Ausbau Sharingangebot für Fahrräder	73
2.3 T2a_ Fahrradverleih – Bike-Sharing: Maßnahme 2 Integration von Elektrofahrrädern	79
2.4 T2a_ Fahrradverleih – Bike-Sharing: Maßnahme 3 Integration Elektro-Lastenräder in das Sharing- Angebot	81
2.5 T2a_ Fahrradverleih – Bike-Sharing: Handlungsempfehlungen Bike-Sharing	83
2.6 T2a_ Fahrradverleih – Bike-Sharing: Maßnahme 4 Ausbau Carsharing und E-Carsharing.....	88
2.7 NOx-Minderung durch die Maßnahmen T2a	93
2.8 T2b_Radverkehr: Situation und Perspektive des Radverkehrs in Marburg	96
2.9 T2b_Radverkehr: Maßnahme 1 – Pendlerströme Innenstadt – Campus Lahnberge	98
2.10 T2b_Radverkehr: Maßnahme 2 – Priorisierung von Maßnahmen des Radverkehrsplans.....	106
2.11 T2b_Radverkehr: Wirkungsdimension der Umsetzbarkeit	123
2.12 T2_intelligent vernetzte Mobilitätsdienste: Handlungs-empfehlungen und Förderoptionen.....	133
3 TEILPLAN 3 (T3) – ELEKTRIFIZIERUNG DES VERKEHRS	137
3.1 T3_Maßnahme 1: Umstellung der kommunalen Fahrzeuge auf elektrische Antriebe – Prüfung und praktische Realisierung	137
3.2 T3_Maßnahme 2: Ausbau Ladeinfrastruktur (LIS) für Elektroautos.....	168
3.3 T3_Maßnahme 3: Ausbau Ladeinfrastruktur (LIS) für Elektroräder	192
3.4 T3: Wirkungsdimension der Umsetzbarkeit	196

4	TEILPLAN 4 (T4) – ÖFFENTLICHE FLOTTEN	199
4.1	Einführung.....	199
4.2	Auswahl der zu analysierenden Fahrzeuge	200
4.3	T4_Maßnahme 1: Umrüstung von dieselbetriebenen Fahrzeugen auf Euro 6 (ÖPNV, Nutz- und Sonderfahrzeuge)	200
4.4	T4_Maßnahme 2: Neubeschaffung von erdgas- und dieselbetriebenen Fahrzeugen (ÖPNV, Nutz- und Sonderfahrzeuge)	205
4.5	T4: Wirkungsdimension der Umsetzbarkeit	208
5	TEILPLAN 5 (T5) – URBANE LOGISTIK	209
5.1	Ausgangslage	209
5.2	Methodisches Vorgehen	210
5.3	Maßnahmenbewertung	214
5.4	Zusammenfassung.....	220
6	GESAMTDARSTELLUNG ALLER TEILPLANMAßNAHMEN	222
6.1	Zielkongruenz und Widerspruchsfreiheit	223
6.2	Wirkungsdimension aller Teilpläne (NOx und Kosten).....	224
6.3	Wirkungsdimension auf Maßnahmen-Ebene.....	230
7	PRIORITÄTEN UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN	232
7.1	Kurzfristige Maßnahmen (2019-2020)	235
7.2	Mittelfristige Maßnahmen (2021-2023)	241
7.3	Langfristige Maßnahmen (2024 und Folgejahre)	246
7.4	Fördermöglichkeiten der GCP-Teilplanmaßnahmen	250
	VERZEICHNIS DER ANLAGEN.....	4
	VERZEICHNIS DER TABELLEN.....	5
	VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN.....	7
	VERZEICHNIS DER FACHLICHEN ABKÜRZUNGEN.....	10
	LITERATUR UND MATERIALVERZEICHNIS.....	257

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1 (T1)	Übersicht Standorte Parkwegweiser PLS
Anlage 2 (T1)	Übersicht Parkmöglichkeiten Universitätsstadt Marburg
Anlage 3 (T2a)	Relationen Quell-/ Zielgebiete
Anlage 4 (T2a)	Vorschlag für neue Fahrradausleihstationen
Anlage 5 (T2b)	Priorisierung Maßnahmen Radverkehrsplan Karte Gesamtstadt
Anlage 6 (T2b)	Priorisierung Maßnahmen Radverkehrsplan Kartenausschnitt Innenstadt
Anlage 7 (T2b)	Tabelle Priorisierung Radwegeplan Streckenabschnitte und punktuelle Maßnahmen
Anlage 8 (T4)	Muster Fahrzeugerhebungsbogen
Anlage 9 (T4)	Übersicht über erhobene Fahrzeuge und deren Eingrenzung
Anlage 10 (T4)	Instandhaltungskosten
Anlage 11 (T4)	Restwerte
Anlage 12 (T4)	Umzurüstende Fahrzeuge
Anlage 13 (T4)	Neubeschaffung Fahrzeuge
Anlage 14 (T5)	Maßnahmensteckbriefe
Anlage 15 (T5)	Interviewleitfäden
Anlage 16 (T6)	Gesamtschau alle Teilplanmaßnahmen im kurz-, mittel- und langfristigen Umsetzungshorizont

Tabellenverzeichnis:

TABELLE 1 (T6): NO ₂ -BELASTUNGSWERTE AN DEN MARBURGER MESSSTATIONEN IN DEN JAHREN 2009-2016.....	13
TABELLE 2 (T6): BERECHNETE NO ₂ -GESAMTBELASTUNG IN VERSCHIEDENEN STRAßENZÜGEN IN MARBURG (2015)	14
TABELLE 3 (T6): VERURSACHERANTEIL DER EMITTENTEN AN DER IMMISSIONSGESAMTBELASTUNG AUF BASIS VON MODELLBERECHNUNGEN.....	14
TABELLE 4 (T6): EMISSIONSBILANZ VON NO _x FÜR MARBURG UND DAS GEBIET MITTEL- UND NORDHESSEN.....	14
TABELLE 5 (T6): AUSGANGSSITUATIONEN DER EINZELNEN TEILPLÄNE	18
TABELLE 6 (T1): NEUE DFI-STANDORTE UND IHRE MERKMALE, EIG. DARSTELLUNG.....	26
TABELLE 7 (T1): ÜBERSICHT KOSTENSCHÄTZUNG DFI, EIG. DARSTELLUNG.....	28
TABELLE 8 (T1): ÜBERSICHT KNOTENPUNKTE BUSLINIEN SOLL-IST-VERGLEICH, EIG. DARSTELLUNG	34
TABELLE 9 (T1): REDUZIERUNG GEMESSENE NO _x -WERTE (G) IM SIMULATIONSNETZ, EIG. DARSTELLUNG	37
TABELLE(N) 10 (T1): ÜBERSICHT KOSTENSCHÄTZUNG ÖV-BESCHLEUNIGUNG, EIG. DARSTELLUNG.....	42
TABELLE(N) 11 (T1): ÜBERSICHT KOSTENSCHÄTZUNG LAUFENDE KOSTEN SiTRAFFIC STREAM, EIG. DARSTELLUNG	43
TABELLE(N) 12 (T1): ÜBERSICHT KOSTENSCHÄTZUNG SiBIKE, EIG. DARSTELLUNG.....	54
TABELLE 13 (T1): ÜBERSICHT KOSTENSCHÄTZUNG ALLGEMEINE/ JÄHRLICHE KOSTEN SiBIKE, EIG. DARSTELLUNG	55
TABELLE 14 (T1): PRIORITÄTEN MAßNAHME SiBIKE, EIG. DARSTELLUNG	57
TABELLE 15 (T1): STANDORTE PARKLEITSYSTEM, EIG. DARSTELLUNG.....	60
TABELLE 16 (T1): ÜBERSICHT KOSTENSCHÄTZUNG AUSBAU VERNETZUNG PARKLEITSYSTEM, EIG. DARSTELLUNG	68
TABELLE 17 (T1): PRIORITÄRE MAßNAHMEN AUSBAU VERNETZUNG PARKLEITSYSTEM, EIG. DARSTELLUNG	69
TABELLE 18 (T1): WIRKUNGSDIMENSION DER UMSETZBARKEIT ALLER MAßNAHMEN, EIG. DARSTELLUNG	71
TABELLE 19 (T2A): BEMESSUNG NEUE VERLEIHSTATIONEN, EIG. DARSTELLUNG.....	84
TABELLE 20 (T2A): KOSTENABSCHÄTZUNG NEUE VERLEIHSTATIONEN, EIG. DARSTELLUNG.....	85
TABELLE 21 (T2A): KOSTENSCHÄTZUNG ANSPRACHE NEUER NUTZERGRUPPE, EIG. DARSTELLUNG.....	88
TABELLE 22 (T2A): SCHWELLENWERTE ZUR ERWEITERUNG VON CARSHARING-STATIONEN.....	90
TABELLE 23 (T2A): AUSBAUSZENARIO CARSHARING-STATIONEN, EIG. DARSTELLUNG	90
TABELLE 24 (T2A): KOSTENABSCHÄTZUNG ZUM CARSHARING-AUSBAU UND UMSTELLUNG AUF E-FAHRZEUGE, EIG. DARSTELLUNG ..	93
TABELLE 25 (T2A): WIRKUNGEN DER MAßNAHMEN (SUBSTITUIERTE PKM UND NO _x -EINSPARUNG), EIG. DARSTELLUNG	94
TABELLE 26 (T2A): MAßNAHMENWIRKUNG, EIG. DARSTELLUNG	95
TABELLE 27 (T3): NUTZFAHRZEUGBESTAND DER KOMMUNALEN BETRIEBE NACH FAHRZEUGKLASSE, EIG. DARSTELLUNG.....	138
TABELLE 28 (T3): KATEGORISIERUNG DER EIN- UND AUFBAUTEN, EIG. DARSTELLUNG	139
TABELLE 29 (T3): MARKTÜBERSICHT ELEKTRISCHER LEICHTER NUTZFAHRZEUGE ≤ 3,5 T. , EIG. DARSTELLUNG AUF GRUNDLAGE VON HERSTELLERANGABEN	140
TABELLE 30 (T3): MARKTÜBERSICHT ELEKTRISCHER SCHWERER NUTZFAHRZEUGE > 3,5 T.; , EIG. DARSTELLUNG AUF GRUNDLAGE VON HERSTELLERANGABEN	142
TABELLE 31 (T3): SZENARIEN ZUM ELEKTRIFIZIERUNGSPOTENTIAL, EIG. DARSTELLUNG	143
TABELLE 32 (T3): ERGEBNIS DER ANALYSE FÜR LEICHTE NUTZFAHRZEUGE, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG.....	145
TABELLE 33 (T3): ERGEBNIS DER ANALYSE FÜR SCHWERE NUTZFAHRZEUGE, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG	145
TABELLE 34 (T3): ZUSAMMENFASSUNG DES ELEKTRIFIZIERUNGSPOTENTIALS ALLER KLASSEN UND SZENARIEN, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG	147
TABELLE 35 (T3): FAHRLEISTUNGEN ÜBER DIE FAHRZEUGKLASSEN IM FUHRPARK (IST-STAND), EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG	148
TABELLE 36 (T3): JÄHRLICHE EMISSIONEN ÜBER DIE FAHRZEUGKLASSEN IM FUHRPARK (IST-STAND), EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG	148
TABELLE 37 (T3): REDUKTION DER NO _x - UND CO ₂ -EMISSIONEN IM VERGLEICH ZUM VORSZENARIO NACH FAHRZEUGKLASSEN, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG.....	149
TABELLE 38 (T3): GESAMTMEHRKOSTEN UND GESAMTKOSTEN NACH SZENARIEN INKL. LIS, EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG	153
TABELLE 39 (T3): AKTUELLE BUNDESWEITE FÖRDERMÖGLICHKEITEN FÜR ELEKTROMOBILITÄT, EIG. DARSTELLUNG	154
TABELLE 40 (T3): FAHRZEUGBESTAND IM LINIENVERKEHR, EIG. DARSTELLUNG	155
TABELLE 41 (T3): MARKTANALYSE ZU ELEKTROBUSSEN, EIGENE DARSTELLUNG AUF GRUNDLAGE VON HERSTELLERANGABEN	156
TABELLE 42 (T3): ANFORDERUNGEN DES OPPORTUNITY CHARGING, EIGENE DARSTELLUNG	157
TABELLE 43 (T3): ERFAHRUNGEN AUS PRAXISPROJEKTEN MIT ELEKTROBUSSEN	158
TABELLE 44 (T3): REGELFAHRZEUGGATTUNG MO-FR OHNE VERSTÄRKER	159
TABELLE 45 (T3): IDENTIFIZIERTE LINIEN FÜR DIE POTENTIALBESTIMMUNG, EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG	160
TABELLE 46 (T3): ERGEBNIS UMLAUFANALYSE, EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG	162

TABELLE 47 (T3): FAHRLEISTUNGEN ÜBER DIE FAHRZEUGKLASSEN IM FUHRPARK (IST-STAND) , EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG	163
TABELLE 48 (T3): JÄHRLICHE EMISSIONEN ÜBER DIE FAHRZEUGKLASSEN IM FUHRPARK (IST-STAND) , EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG.....	163
TABELLE 49 (T3): REDUKTION DER NOX- UND CO2-EMISSIONEN IM VERGLEICH ZUM VORSZENARIO NACH FAHRZEUGKLASSEN, EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG.....	163
TABELLE 50 (T3): GESAMTMEHRKOSTEN UND GESAMTKOSTEN NACH SZENARIEN INKL. LIS, EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG	166
TABELLE 51 (T3): AKTUELLE HESSISCHE UND BUNDESWEITE FÖRDERMÖGLICHKEITEN FÜR ELEKTROMOBILITÄT	167
TABELLE 52 (T3): LIS UNTER ANGABE DER LADELEISTUNG UND ANZAHL AN LP IN DER STADT MARBURG, EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG.....	170
TABELLE 53 (T3): ALLGEMEINE MÖGLICHKEITEN VON VERGABE-VERFAHREN, EIGENE DARSTELLUNG	181
TABELLE 54 (T3): ALLGEMEINE MÖGLICHKEITEN VON VERGABE-VERFAHREN, EIG. DARSTELLUNG	187
TABELLE 55 (T3): AKTUELLE BUNDESWEITE FÖRDERMÖGLICHKEITEN FÜR DIE ERRICHTUNG VON LIS, EIG. DARSTELLUNG	188
TABELLE 56 (T3): INVESTITIONSKOSTEN IN 1.000 € FÜR DIE STADT MARBURG BEIM AUSBAU VON LIS, EIG. DARSTELLUNG	190
TABELLE 57 (T3): LESEHILFE WIRKUNGSDIMENSION DER UMSETZBARKEIT, EIGENE DARSTELLUNG	196
TABELLE 58 (T3): WIRKUNGSDIMENSION DER UMSETZBARKEIT (MAßNAHME 1-3), EIGENE DARSTELLUNG	197
TABELLE 59 (T3) WIRKUNGSDIMENSION DER UMSETZBARKEIT (MAßNAHME 4-6), EIGENE DARSTELLUNG	197
TABELLE 60 (T3): WIRKUNGSDIMENSION DER UMSETZBARKEIT (MAßNAHME 7-8), EIGENE DARSTELLUNG	198
TABELLE 61 (T4): ÜBERBLICK ERHOBENE FAHRZEUGE NACH FAHRZEUGTYPEN, EIGENE DARSTELLUNG	199
TABELLE 62 (T4): ÜBERBLICK UMRÜSTENDE FAHRZEUGE NACH FAHRZEUGTYPEN, EIGENE DARSTELLUNG.....	202
TABELLE 63 (T4): NOx-EINSPARPOTENZIAL DURCH UMRÜSTUNG NACH FAHRZEUGTYPEN, EIGENE DARSTELLUNG	202
TABELLE 64 (T4): UMRÜSTUNGSKOSTEN NACH FAHRZEUGTYPEN, EIGENE DARSTELLUNG	203
TABELLE 65 (T4): ÜBERBLICK NEUANSCHAFFENDE FAHRZEUGE NACH FAHRZEUGTYPEN, EIGENE DARSTELLUNG.....	205
TABELLE 66 (T4): NO _x -EINSPARPOTENZIAL DURCH NEUANSCHAFFUNG NACH FAHRZEUGTYPEN, EIGENE DARSTELLUNG	206
TABELLE 67 (T4): ANSCHAFFUNGSKOSTEN NACH FAHRZEUGTYP, EIGENE DARSTELLUNG	206
TABELLE 68 (T6): SYNERGIEN UND ABHÄNGIGKEITEN UNTER DEN EINZELNEN MAßNAHMEN ALLER TEILPLÄNE, EIGENE DARSTELLUNG	223
TABELLE 69 (T6): GESAMTE NOx-EINSPARUNG IN TONNEN UND KOSTEN IN EURO DER GCP MARBURG TEILPLÄNE, EIGENE DARSTELLUNG	226
TABELLE 70 (T6): TEILPLÄNE SORTIERT NACH NOx-EINSPARPOTENZIAL, KOSTEN UND KOSTEN/ TONNE NOx, EIGENE DARSTELLUNG	227
TABELLE 71 (T6): BEWERTUNG ALLER GCP MASSNAHMEN, EIGENE DARSTELLUNG	233
TABELLE 72 (T6): KURZFRISTIGE NOx-EINSPARUNG IN TONNEN UND KOSTEN IN EURO DER GCP MARBURG TEILPLÄNE, EIGENE DARSTELLUNG	235
TABELLE 73 (T6): NOx- UND KOSTENANTEILE KURZFRISTIG PRIORITÄRER MAßNAHMEN IN DER ÜBERSICHT, EIGENE DARSTELLUNG	235
TABELLE 74 (T6): KURZFRISTIGE WIRKUNGSDIMENSION (< 2 JAHRE) DER MAßNAHMEN IM GCP MARBURG, EIGENE DARSTELLUNG	236
TABELLE 75 (T6): MITTELFRISTIGE NOx-EINSPARUNG IN TONNEN UND KOSTEN IN EURO DER GCP MARBURG TEILPLÄNE, EIGENE DARSTELLUNG	241
TABELLE 76 (T6): NOx- UND KOSTENANTEILE MITTELFRISTIG PRIORITÄRER MAßNAHMEN IN DER ÜBERSICHT, EIGENE DARSTELLUNG	242
TABELLE 77 (T6): MITTELFRISTIGE WIRKUNGSDIMENSION (2-5 JAHRE) DER MAßNAHMEN IM GCP MARBURG, EIGENE DARSTELLUNG	242
TABELLE 78 (T6): LANGFRISTIGE NOx-EINSPARUNG IN TONNEN UND KOSTEN IN EURO DER GCP MARBURG TEILPLÄNE, EIGENE DARSTELLUNG	246
TABELLE 79 (T6): NOx- UND KOSTENANTEILE LANGFRISTIG PRIORITÄRER MAßNAHMEN IN DER ÜBERSICHT, EIGENE DARSTELLUNG	246
TABELLE 80 (T6): LANGFRISTIGE WIRKUNGSDIMENSION (>5 JAHRE) DER MAßNAHMEN IM GCP MARBURG, EIGENE DARSTELLUNG	247
TABELLE 81 (T6): ÜBERSICHT DER FÖRDERMÖGLICHKEITEN ZU DEN TEILPLANMAßNAHMEN, EIGENE DARSTELLUNG	251
TABELLE 82 (1-14) (T6): INFORMATIONEN UND HINWEISE ZU DEN FÖRDERPROGRAMMEN, EIGENE DARSTELLUNG	255

Abbildungsverzeichnis:

ABBILDUNG 1 (T6):	ZUSAMMENSETZUNG DER EINZELBEITRÄGE ZUR SCHADSTOFFBELASTUNG.....	13
ABBILDUNG 2 (T6):	ÜBERSICHT ALLER TEILPLÄNE UND MAßNAHMENBEREICHE DES GCP MARBURG.....	16
ABBILDUNG 3 (T1):	BSP. DFI AN DER HST KONRAD-ADENAUER BRÜCKE UND ZEICHNUNG	20
ABBILDUNG 4 (T1):	ÜBERSICHT HALTESTELLEN MIT DFI IM BESTAND	21
ABBILDUNG 5 (T1):	BEISPIELDARSTELLUNGEN DYFIS TALK	22
ABBILDUNG 6 (T1):	ÜBERSICHT HALTESTELLEN MIT DFI BESTAND (GRÜN) UND NEUE STANDORTE	24
ABBILDUNG 7 (T1):	ÜBERSICHT SIMULATIONSSTRECKE, EIG. DARSTELLUNG	36
ABBILDUNG 8 (T1):	DETAIL NOX-BELASTUNG [$\mu\text{g}/\text{M}^3$] UNIVERSITÄTSSTRAßE, ABSCHNITT MR12 $\Leftrightarrow$ MR08	37
ABBILDUNG 9 (T1):	NOX-BELASTUNG [$\mu\text{g}/\text{M}^3$] GESAMTNETZ SZENARIO 2.....	38
ABBILDUNG 10 (T1):	FUNKTIONSPRINZIP SITRAFFIC STREAM	40
ABBILDUNG 11 (T1):	SCHAUBILD SiBIKE.....	47
ABBILDUNG 12 (T1):	KNOTENPUNKTE NORDSTADT	48
ABBILDUNG 13 (T1):	KNOTENPUNKTE ERLERING (BESTAND)	49
ABBILDUNG 14 (T1):	LINKS: KNOTENPUNKTE SCHWANALLEE; RECHTS: KNOTENPUNKTE BIEGENSTRAßE	49
ABBILDUNG 15 (T1):	BSP. DARSTELLUNG PWW, STANDORT NR. 6	59
ABBILDUNG 16 (T1):	AUSZUG INHALT DATENSCHNITTSTELLE PLS-RECHNER UND WEB-SERVER MARBURG, EIG. DARSTELLUNG ..	62
ABBILDUNG 17 (T1):	DARSTELLUNG VERFÜGBARE RESTPLÄTZE	62
ABBILDUNG 18 (T1):	FUNKTIONSWEISE SITRAFFIC MESSENGER	64
ABBILDUNG 19 (T1):	SITRAFFIC MESSENGER BSP. VERKEHRSMELDUNG.....	66
ABBILDUNG 20 (T1):	SITRAFFIC MESSENGER BSP. PARKPLATZÜBERSICHT UND DETAILSTATUS.....	66
ABBILDUNG 21 (T2A):	ANALYSE DER NUTZERPOTENZIALE	74
ABBILDUNG 22 (T2A):	QUELL/ZIELGEBIETE UND RADAFFINITÄT	75
ABBILDUNG 23 (T2A):	FAHRZEITVERGLEICH RAD/ ÖPNV/ MIV AUF AUSGEWÄHLTEN RELATIONEN (PGN 2018)	76
ABBILDUNG 24 (T2A):	NEXTBIKE-STATIONEN MIT BELASTUNG.....	77
ABBILDUNG 25 (T2A):	VERTEILUNG DER AUSLEIHVORGÄNGE BEIM BIKE-SHARING IN MARBURG NACH AUSLEIHDAUER, EIG. DARSTELLUNG.....	78
ABBILDUNG 26 (T2A):	PEDELEC AFFINE RELATIONEN	80
ABBILDUNG 27 (T2A):	ÜBERSICHT TRANSPORTRAD-VERLEIHSYSTEM, EIG. DARSTELLUNG	81
ABBILDUNG 28 (T2A):	NUTZERWEGE IN KONZEPTION MIT TRANSPORTRADVERLEIH AM ORT DES EINKAUFES UND WOHNORT, EIG. DARSTELLUNG.....	82
ABBILDUNG 29 (T2A):	KONZEPTION NEUE VERLEIHSTATIONEN.....	83
ABBILDUNG 30 (T2A):	OBEN: RADAUSLEIHE MIT ÖV-CHIPKARTE IN KÖLN; UNTEN: MULTIMODALE INFO-APP	86
ABBILDUNG 31 (T2A):	AUSLEIHSTATIONEN VON SCOUTER-CARSHARING UND AUSLASTUNG.....	89
ABBILDUNG 32 (T2A):	ENTWICKLUNG DES ELEKTRIFIZIERUNGSGRADS DER CARSHARING-FLOTTE, EIG. DARSTELLUNG	92
ABBILDUNG 33 (T2B):	EINWOHNERVERTEILUNG UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG NACH STADTTHEILEN, STAND JUNI 2015	97
ABBILDUNG 34 (T2B):	VERKEHRSMITTELNUTZUNG BEWOHNER UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG 2013, BINNENVERKEHR NACH WEGEANTEILEN, GESAMTVERKEHR WEGEANTEILEN, KILOMETERLEISTUNG UND NACH ENTFERNUNGSKLASSEN.....	98
ABBILDUNG 35 (T2B):	STANDORT LAHNBERGE: VERKEHRSAUFGKOMMEN UND VERKEHRSLEISTUNG LAHNBERGE UND ANTEILE DER VERKEHRSMITTEL AM MODAL SPLIT IM BESTAND, JAHRESWERTE FÜR 2018	101
ABBILDUNG 36 (T2B):	LAGE DER DREI RADVERKEHRSANBINDUNGEN LAHNTAL-LAHNBERGE: NÖRDLICHE VERBINDUNG ÜBER PANORAMAstraße (BLAUE STRECKE 109), MITTLERE VERBINDUNG ÜBER ALTER KIRCHHAINER WEG (ROTE STRECKE 100-104), SÜDLICHE STRECKE ÜBER GROßSEELHEIMER STRAßE (ROTE/VIOLETTE STRECKE 71-74) IM RADVERKEHRSNETZPLAN DER UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG	105
ABBILDUNG 37 (T2B):	BLICK AUF DIE BEWEGTE TOPOGRAFIE MARBURGS IN SÜD-NORD-RICHTUNG (VORDERGRUND: LAHNTAL MIT B3, BILDMITTE: SCHLOSSBERG UND OBERSTADT. HINTERGRUND RECHTS: LAHNBERGE).....	107
ABBILDUNG 38 (T2B):	ÜBERSICHT ÜBER DAS RADVERKEHRSNETZ (ZIELNETZ) DER UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG, BESTAND 2017 UND MAßNAHMEN DER 3. FORTSCHREIBUNG DER RADVERKEHRSPLANUNG, BESCHLUSS 2017) NACH BAUART (STRECKENBESTANDTEILE), NICHT PRIORISIERT, EIG. DARSTELLUNG	107
ABBILDUNG 39 (T2B):	ÜBERSICHT ALLE MAßNAHMEN DES RADVERKEHRSWEGENETZES DER 3. FORTSCHREIBUNG DER RADVERKEHRSPLANUNG, (STRECKENABSCHNITTE, PUNKTUELLE MAßNAHMEN), OHNE PRIORISIERUNG, JULI 2017, EIG. DARSTELLUNG	108
ABBILDUNG 40 (T2B):	STRECKENMAßE DER PRIORISIERTEN MAßNAHMEN (RADVERKEHRSACHSEN UND PRIORITÄRE NETZERGÄNZUNGEN), JULI 2018, EIG. DARSTELLUNG.....	109

ABBILDUNG 41 (T2B):	NORD-SÜD-HAUPTVERKEHRSACHSE CÖLBE-CAPPEL, BESTAND, BEISPIEL ABSCHNITT 134/CAPPELER STRAßE	110
ABBILDUNG 42 (T2B):	ÜBERSICHT ÜBER DAS RADVERKEHRSNETZ (ZIELNETZ) DER UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG, MAßNAHMEN DER 3. FORTSCHREIBUNG DER RADVERKEHRSPLANUNG, BESCHLUSS 2017) NACH PRIORISIERUNG DER STRECKENBESTANDTEILE ZUR MINDERUNG DER NOX-BELASTUNG DURCH MÖGLICHST KURZFRISTIGE SUBSTITUTION VON MIV-PERSONENKILOMETER DURCH FAHRRADVERKEHR, JULI 2018.....	114
ABBILDUNG 43 (T2B):	AUSSCHNITT INNENSTADT DES RADVERKEHRSNETZES (ZIELNETZ) DER UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG, MAßNAHMEN DER 3. FORTSCHREIBUNG DER RADVERKEHRSPLANUNG, BESCHLUSS 2017) NACH PRIORISIERUNG DER STRECKENBESTANDTEILE ZUR MINDERUNG DER NOX-BELASTUNG DURCH MÖGLICHST KURZFRISTIGE SUBSTITUTION VON MIV-PERSONENKILOMETER DURCH FAHRRADVERKEHR, JULI 2018...	115
ABBILDUNG 44 (T2B):	ÜBERSICHT ERGEBNIS DER PRIORISIERUNG ALLER MAßNAHMEN DES RADVERKEHRSWEGENETZES DER 3. FORTSCHREIBUNG DER RADVERKEHRSPLANUNG, (STRECKENABSCHNITTE, PUNKTUELLE MAßNAHMEN), JULI 2018, EIG. DARSTELLUNG	116
ABBILDUNG 45 (T2B):	ÜBERSICHT KOSTEN NACH MAßNAHMEN UND ZEITABSCHNITTEN, EIG. DARSTELLUNG	122
ABBILDUNG 46 (T2B):	BESCHÄFTIGTE IN DER UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG UND AUSPENDLER, EIGENE BEARBEITUNG	123
ABBILDUNG 47 (T2B):	EIN- UND AUSPENDLER UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG NACH HERKUNFTS-/ZIELGEBIETEN, EIGENE DARSTELLUNG	124
ABBILDUNG 48 (T2B):	SCHEMATISIERTE ÜBERSICHT DER LAGE DER UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG IM LANDKREIS MARBURG-BIEDENKOPF, NAMEN DER GEMEINDEN UND PLZ-KENNNUMMERN, EIGENE DARSTELLUNG	124
ABBILDUNG 49 (T2B):	DIE 20 BEDEUTENDSTEN WOHNORTE DER SOZIALVERSICHERUNGSPFLICHTEN EINPENDLER IN DIE UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG, EIGENE DARSTELLUNG	125
ABBILDUNG 50 (T2B):	DIE 20 BEDEUTENDSTEN ZIELORTE DER SOZIALVERSICHERUNGSPFLICHTEN AUSPENDLER AUS DER UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG, EIGENE DARSTELLUNG	125
ABBILDUNG 51 (T2B):	BESTAND VERKEHRSAUFKOMMEN UND VERKEHRSLEISTUNG DES VERKEHRSMITTELS FAHRRAD DER EINWOHNER MARBURGS, EIGENE BERECHNUNGEN	126
ABBILDUNG 52 (T2B):	VERGLEICHENDE ABSCHÄTZUNG DER VERKEHRSLEISTUNG AUF GRUNDLAGE DER BESTANDSZAHLEN PRIVATER KRAFTFAHRZEUGE IN DER UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG UND IM LANDKREIS MARBURG-BIEDENKOPF INSGESAMT.....	126
ABBILDUNG 53 (T2B):	BESTAND VERKEHRSAUFKOMMEN UND VERKEHRSLEISTUNG DES PRIVATEN PERSONENVERKEHRS IM STADTGEBIET DER UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG (OHNE DURCHGANGSVERKEHR), EIGENE BERECHNUNG, JULI 2018	127
ABBILDUNG 54 (T2B):	ANTEILE AN DER ENTSTEHUNG VON NOX, PRIVATER KFZ-VERKEHR (OHNE DURCHGANGSVERKEHR), EIGENE BERECHNUNG, JULI 2018	128
ABBILDUNG 55 (T2B):	ÜBERSICHT DER ERREICHBAREN WIRKUNGEN, EIGENE BERECHNUNG.....	130
ABBILDUNG 56 (T2):	MINDERUNG NOX ZU 2018 NACH MASSNAHMEN T2A UND T2B IN ZEITABSCHNITTEN WIE INSGESAMT, EIG. DARSTELLUNG	136
ABBILDUNG 57 (T3):	ÜBERBLICK FAHRZEUGSEITIGE GRUNDGESAMTHEIT ZUR DATENANALYSE, EIG. DARSTELLUNG	144
ABBILDUNG 58 (T3):	STICKOXID-EMISSIONEN IM SZENARIENVERGLEICH, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG	150
ABBILDUNG 59 (T3):	TREIBHAUSGASEMISSIONEN IM SZENARIENVERGLEICH, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG.....	151
ABBILDUNG 60 (T3):	KLIMABILANZ VON BATTERIEELEKTRISCHEN FAHRZEUGEN DER KOMPAKTKLASSE BEI DURCHSCHNITTLICHER NUTZUNG VERGlichen MIT KONVENTIONELLEN NEUFahrZEUGEN.....	152
ABBILDUNG 61 (T3):	STICKOXID-EMISSIONEN IM SZENARIENVERGLEICH, EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG	164
ABBILDUNG 62 (T3):	TREIBHAUSGASEMISSIONEN IM SZENARIENVERGLEICH, EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG.....	165
ABBILDUNG 63 (T3):	LADEINFRASTRUKTUR UND DEREN ERREICHBARKEIT IN DER STADT MARBURG, EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG	169
ABBILDUNG 64 (T3):	VORHANDENE LIS, DEREN ERREICHBARKEIT UND NUTZUNG IN DER STADT MARBURG UND UMGEBUNG, EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG	171
ABBILDUNG 65 (T3):	NUTZUNGSHÄUFIGKEIT AUSGEWÄHLTER LIS IN DER STADT MARBURG (ROT UMRANDET) UND UMGEBUNG (10 KM RADIUS)	171
ABBILDUNG 66 (T3):	VERWENDETE DATEN FÜR DAS LIS-MODELL GISELIS, EIGENE DARSTELLUNG	172
ABBILDUNG 67 (T3):	KONZEPT DES LIS-MODELLES GISELIS, EIGENE DARSTELLUNG.....	173
ABBILDUNG 68 (T3):	KONZEPT DER STANDORTANALYSE AUF QUARTIERSEBENE, EIGENE DARSTELLUNG	175
ABBILDUNG 69 (T3):	PROGNOSTIZIERTE ANZAHL DER PRIVAT UND GEWERBLICH ZUGELASSENEN ELEKTROFAHRZEUGE IN MARBURG	175
ABBILDUNG 70 (T3):	PROGNOSE DER PRIVAT ZUGELASSENEN ELEKTROFAHRZEUGE OHNE STELLPLATZ IM JAHR 2030, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG	176

ABBILDUNG 71 (T3):	PROGNOSTIZIERTE ANZAHL DER (HALB-)ÖFFENTLICHEN AC-LADEVORGÄNGE PRO TAG IM JAHR 2030, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG	177
ABBILDUNG 72 (T3):	PROGNOSTIZIERTE ANZAHL AN (HALB-)ÖFFENTLICHEN DC-LADEVORGÄNGEN PRO TAG IM JAHR 2030, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG	178
ABBILDUNG 73 (T3):	PROGNOSTIZIERTE ANZAHL DER TÄGLICHEN LADEVORGÄNGE (UNTERSCHIEDEN NACH AC-, DC-LADEN) IN MARBURG	179
ABBILDUNG 74 (T3):	POTENTIAL VON BEHÖRDEN-PARKPLÄTZEN ALS STANDORT VON ANWOHNER-LIS, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG.....	184
ABBILDUNG 75 (T3):	POTENTIAL VON GEWERBE-PARKPLÄTZEN ALS STANDORT VON ANWOHNER-LIS, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG.....	185
ABBILDUNG 76 (T3):	POTENTIAL VON CARSHARING-STATIONEN ALS STANDORT VON ANWOHNER-LIS, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG.....	186
ABBILDUNG 77 (T3):	NUTZERGRUPPEN UND RELEVANTE STANDORTFAKTOREN, EIG. DARSTELLUNG.....	193
ABBILDUNG 78 (T3):	AUSGEWÄHLTE STANDORTFAKTOREN FÜR DIE NUTZERGRUPPE ‚TOURISTEN‘ IN MARBURG, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG	193
ABBILDUNG 79 (T3):	STANDORTANALYSE DER LIS FÜR ELEKTROFAHRRÄDER IN MARBURG (DIFFERENZIERT NACH NUTZERGRUPPEN), EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG	194
ABBILDUNG 80 (T4):	KOSTENVERGLEICHSMETHODE, EIGENE DARSTELLUNG	201
ABBILDUNG 81 (T4):	GEGENÜBERSTELLUNG NO _x -EINSARPOTENZIAL UND KOSTEN BEI UMRÜSTUNG, EIGENE DARSTELLUNG	204
ABBILDUNG 82 (T4):	KOSTEN JE EINGESPARTEM KG NO _x BEI NACHRÜSTUNG, EIGENE DARSTELLUNG.....	204
ABBILDUNG 83 (T4):	GEGENÜBERSTELLUNG NO _x -EINSARPOTENZIAL UND KOSTEN BEI NEUANSCHAFFUNG, EIGENE DARSTELLUNG	207
ABBILDUNG 84 (T4):	KOSTEN JE EINGESPARTEM KG NO _x BEI NEUANSCHAFFUNG, EIGENE DARSTELLUNG	207
ABBILDUNG 85 (T5):	BETRACHTUNGSGEBIET DER UNTERSUCHUNG	211
ABBILDUNG 86 (T5):	ABSCHÄTZUNG DER NO _x -BELASTUNG IN DER MARBURGER INNENSTADT, EIGENE DARSTELLUNG	212
ABBILDUNG 87 (T5):	KURZEINSCHÄTZUNG DER EXPERTEN ZUR AKTUELLEN SITUATION IN DER STADT MARBURG (INSB. OBERSTADT), EIG. DARSTELLUNG	214
ABBILDUNG 88 (T5):	UMSETZBARKEIT-NO _x -EINSARPOTENTIAL-MATRIX, EIG. DARSTELLUNG AUF GRUNDLAGE DER EXPERTENINTERVIEWS 2018	221
ABBILDUNG 89 (T6):	TEILMAßNAHMEN ALLER TEILPLÄNE QUALITATIVER UND QUANTITATIVER ART, EIGENE DARSTELLUNG	222
ABBILDUNG 90 (T6):	NO _x -EINSARPOTENZIAL IN TONNEN UND GESAMTKOSTEN IN MIO. EURO JE TEILPLAN, EIGENE DARSTELLUNG	225
ABBILDUNG 91 (T6):	KOSTEN IN MIO. EURO JE TONNE NO _x -EINSPARUNG ALLER TEILPLÄNE, EIGENE DARSTELLUNG	226
ABBILDUNG 92 (T6):	KURZ-, MITTEL-, LANGFRISTIGE WIRKUNGSDIMENSION ALLER TEILPLÄNE – NO _x IN TONNEN, EIGENE DARSTELLUNG	228
ABBILDUNG 93 (T6):	VERLAUF DER KURZ-, MITTEL-, LANGFRISTIGEN WIRKUNGSDIMENSION ALLER TEILPLÄNE – NO _x IN TONNEN, EIGENE DARSTELLUNG.....	228
ABBILDUNG 94 (T6):	KURZ-, MITTEL-, LANGFRISTIGE WIRKUNGSDIMENSION ALLER TEILPLÄNE – KOSTEN IN MIO. EURO, EIGENE DARSTELLUNG	229
ABBILDUNG 95 (T6):	VERLAUF DER KURZ-, MITTEL-, LANGFRISTIGEN WIRKUNGSDIMENSION ALLER TEILPLÄNE – KOSTEN IN MIO. EURO, EIGENE DARSTELLUNG	229
ABBILDUNG 96 (T6):	TEILPLANMAßNAHMEN MIT NO _x -EINSPARUNG IN TONNEN UND DAZUGEHÖRIGEN KOSTEN IN MIO. EURO - GESAMT, EIGENE DARSTELLUNG	230

Verzeichnis aller fachlichen Abkürzungen

AC	Alternating Current (Wechselstrom)
AfA	Absetzung für Abnutzung
App	Application Software, Anwendungssoftware für mobile Betriebssysteme
AST	Anruf-Sammeltaxi
B2B	Business-to-Business (Geschäftsbeziehung zwischen zwei Unternehmen)
B2C	Business-to-Customer (Geschäftsbeziehung zw. Unternehmen u. Konsumenten)
B3	Bundesstraße 3
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
BAV	Bundesanstalt für Verwaltungsdienstleistungen
BEV	battery electric vehicle (Batterieelektrisches Fahrzeug)
BIEK	Bundesverbandes Paket und Express Logistik
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
B-Pläne	Bebauungspläne
B & R	Bike and Ride
C800/900	Siemens Steuergeräteserien
CS	Carsharing
DBM	Dienstleistungsbetrieb der Stadt Marburg
DC	Direct Current (Gleichstrom)
DFI	Dynamische Fahrgastinformation
DHL	Dalsey, Hillblom und Lynn (KEP-Dienstleister)
Dpd	Dynamic Parcel Distribution (KEP-Dienstleister)
E-...	Elektrisch betrieben
E-Bike	Schnelle Pedelecs bzw. S-Klasse-Pedelecs, keine Fahrräder sondern Kleinkrafträder, motorische Unterstützung des Fahrers beim Treten in die Pedale mittels Elektromotor bis max. 4.000 Watt und 45 km/h, Haftpflicht-Versicherung vorgeschrieben (Versicherungskennzeichen), Helmtragepflicht
ELA	elektronische Lautsprecheranlage
E-Scooter	Electro-Scooter (Elektromotorrad)
EV	Electric vehicle (elektrisches Fahrzeug)
Fzg.	Fahrzeug/e
GeWoBau	GeWoBau - Gemeinnützige Wohnungsbau GmbH Marburg/Lahn
GIS	Geoinformationssystem
GLS	General Logistics Systems (KEP-Dienstleister)
GPS	Global Positioning System

GVZ	Güterverkehrs/verteilzentrum
GWF	Gemeinnützige Wohnungsfürsorge
HBEFA	Handbook emission factors for road transport
HLNUG	Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie
HST	Haltestelle
IB	Ingenieurbüro
IHK	Industrie- und Handelskammer
ITCS	Intermodal Transport Control System
KBA	Kraftfahrtbundesamt
KEP	Kurier-Express-Paket
kg	Kilogramm
km	Kilometer
KP	Knotenpunkte
Krad	Kraftrad (Motorräder, Mopeds, E-Bikes), min. 45 km/h, min. 50 ccm
LIS	Ladeinfrastruktur
Lkw	Lastkraftwagen, Nutzfahrzeug, das nach seiner Bauart und Einrichtung zum Transport von Gütern bestimmt ist
LOS	Level of Service
LP	Ladepunkt
LSA	Lichtsignalanlage
LWL	Lichtwellenleiter
MDM	Mobilitäts Daten Marktplatz
mg	Milligramm
mg/km	Milligramm pro Kilometer
Min.	Minuten
Mio.	Million
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MR"X"	Marburg, X: Nummer Knotensteuergerät Lichtsignalanlage
MSB	Marburger Spar- und Bauverein eG
NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus
NO _x	Stickstoffoxide, Sammelbegriff für gasförmige Oxide des Stickstoffs, Stickstoffoxide (NO _x) können als Stickstoffdioxid (NO ₂) oder Stickstoffmonoxid (NO) auftreten, überwiegend wird Stickstoffmonoxid (NO) emittiert. NO tritt aber großräumig nicht in Erscheinung, da dieses Gas relativ schnell von Luftsauerstoff (O ₂) und Ozon (O ₃) zu NO ₂ oxidiert wird
NVV	Nordhessischer Verkehrsverbund, schließt nördlich an das Bedienungsgebiet des RMV an
OCIT-C	Open Communication Interface for Road Traffic Control Systems, Center to Center

OCPI-2	Open Charge Point Interface 2.0
ÖA	Öffentlichkeitsarbeit
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
p. a.	per annum
Pedelec	(Pedal Electric Cycle), Fahrrad mit motorischer Unterstützung des Fahrers mittels Elektromotor bis maximal 250 Watt beim Treten in die Pedale und nur bis max. 25 km/h
PHEV	Plug-in hybrid electric vehicle (Plug-in Hybridelektrisches Fahrzeug)
PIN	Persönliche Identifikationsnummer
Pkm	Personenkilometer, Maßeinheit für Verkehrsleistung
Pkw	Personenkraftwagen
PLS	Parkleitsystem
POI	Point of Interest
PoS	Point of Sale
P & R	Park and Ride
PWW	Parkwegweiser
RMV	Rhein-Main-Verkehrsverbund
RV	Radverkehr
RVP	Radverkehrsplan
SOAP	Simple Object Access Protocol
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
SrV	System repräsentativer Verkehrsbefragungen der TU Dresden
SWMR	Stadtwerke Marburg GmbH
s-X	Siemens Steuergeräteserie
t	Tonnen
Tg.	täglich
Tx_My	Teilplan x_Maßnahme y
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UPS	United Parcel Service (KEP-Dienstleister)
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V.
VSR	Verkehrsrechner
VT	Verkehrstechnik, Verkehrstechnisch
VW	Volkswagen
WLAN	Wireless Local Area Network
XML	Extensible Markup Language

Einleitung

Anlass und fachlicher Hintergrund

In vielen Kommunen werden die zulässigen Jahresmittelwerte für den Luftschadstoff „Stickstoffdioxid“ (Grenzwert NO₂ im Jahresmittel: derzeit 40 µg/m³/a) überschritten. In Hessen erfolgt die Messung der Luftschadstoffe seitens des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG). In der Universitätsstadt Marburg werden seitens des HLNUG zwei Luftmessstationen betrieben. Eine dient der Erfassung der verkehrlichen Belastung, die zweite der Erfassung der Hintergrundbelastung. An der Luftmessstation Universitätsstraße (verkehrliche Belastungsstation) werden die zulässigen Jahresmittelwerte für NO₂ seit vielen Jahren überschritten, wie es in nachfolgender Tabelle anhand der Werte für NO₂ für die Jahre 2009 bis 2016 ersichtlich ist.¹

Jahr	Messstation Universitätsstraße (verkehrliche Belastung) NO ₂ in µg/m ³ /a	Messstation Gutenbergstraße (Hintergrundbelastung) NO ₂ in µg/m ³ /a
2009	52,6	26,7
2010	46,0	23,0
2011	45,5	24,6
2012	45,3	23,3
2013	45,1	21,9
2014	44,6	23,0
2015	47,1	24,5
2016	47,1	23,6

TABELLE 1 (T6): NO₂-BELASTUNGSWERTE AN DEN MARBURGER MESSSTATIONEN IN DEN JAHREN 2009-2016

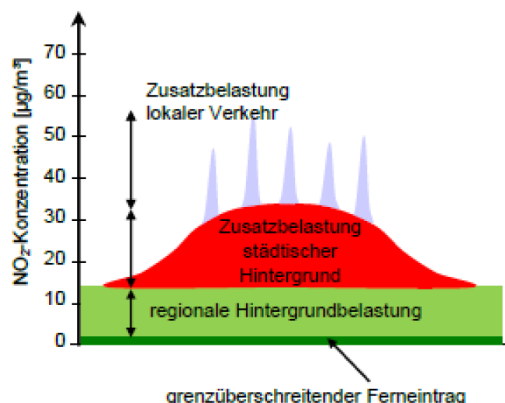


Abbildung 1 zeigt aus welchen Einzelbeiträgen sich die Schadstoffbelastung grundsätzlich zusammensetzt. Zur Verdeutlichung der Marburger Verhältnisse bzgl. dieser Einzelbeiträge zeigt Tabelle 2 die Zusammensetzung für ausgewählte Straßenzüge in Marburg. Darin nimmt die verkehrsbedingte Zusatzbelastung an der Universitätsstraße mit knapp 50 % den Spitzenplatz ein.

ABBILDUNG 1 (T6): ZUSAMMENSETZUNG DER EINZELBEITRÄGE ZUR SCHADSTOFFBELASTUNG

¹ Projektskizze Universitätsstadt Marburg vom 27.09.2017 zum Förderprogramm des Diesel-Gipfels

Gesamtbelastung [µg/m³]			Fern- eintrag [%]	Industrie [%]	Gebäude- heizung [%]	Städtischer u. überregionaler Kfz-Verkehr [%]	Zusatz lokaler Verkehr	
	2008	2015	2008	2008	2008	2008	2008	2015
Elisabethstraße 13	36,3	34,7	16	2	7	19	50	31,1
Universitätsstraße 8	43,1	44,7	14	1	7	17	57	48,5
Biegenstraße 24	30,1	31,1	20	2	9	28	35	23,2
Schwanallee	26,3	30,9	22	2	10	30	28	22,7
B 3 (St. Jost 24)	28,6	33,9	20	2	9	29	32	30,0

2008: aus Ausbreitungsberechnungen für Nord- und Mittelhessen [21]

2015: aus gemessenem städtischen Hintergrund zzgl. berechneter lokaler verkehrlicher Zusatzbelastung

TABELLE 2 (T6): BERECHNETE NO₂-GESAMTBELASTUNG IN VERSCHIEDENEN STRAßENZÜGEN IN MARBURG (2015)

Die Quellen der Verursachung, die Emittentengruppen, sind neben dem Verkehr die Industrie und Gebäudeheizungen. Mit Blick auf die Werte in die Tabellen 3 und 4 wird deutlich, wie stark die Belastung Marburgs durch den Verkehr im Vergleich der Einzelbeiträge zur Belastung wie auch unter den Emittentengruppen bedingt ist.

Gesamtbelastung [µg/m³]			Fern- eintrag [%]	Industrie [%]	Gebäude- heizung [%]	Städtischer u. überregionaler Kfz-Verkehr [%]	Zusatz lokaler Verkehr	
	2008	2015	2008	2008	2008	2008	2008	2015
Elisabethstraße 13	36,3	34,7	16	2	7	19	50	31,1
Universitätsstraße 8	43,1	44,7	14	1	7	17	57	48,5
Biegenstraße 24	30,1	31,1	20	2	9	28	35	23,2
Schwanallee	26,3	30,9	22	2	10	30	28	22,7
B 3 (St. Jost 24)	28,6	33,9	20	2	9	29	32	30,0

2008: aus Ausbreitungsberechnungen für Nord- und Mittelhessen [21]

2015: aus gemessenem städtischen Hintergrund zzgl. berechneter lokaler verkehrlicher Zusatzbelastung

TABELLE 3 (T6): VERURSACHERANTEIL DER EMITTENTEN AN DER IMMISSIONSGESAMTBELASTUNG AUF BASIS VON MODELLBERECHNUNGEN

Denn vor allem durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe entstehen Stickstoffoxide, d. h. Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂). Weil die Schadstoffe des Straßenverkehrs direkt über Flur emittiert werden, können sich die Straßenschluchten mit den Emissionen anreichern. Beeinflusst wird die Emissionsentwicklung dabei außer von den Verkehrszahlen selbst auch von der

- Struktur des Straßennetzes
- Zusammensetzung des motorisierten Fahrzeugbestandes (Pkw, Krafträder, leichte/ schwere Lkw, Busse etc.)

Emittenten- gruppe	Jahr	Marburg		Mittel- und Nordhessen	
		t/a	%	t/a	%
Gebäudehei- zung	2012	82	18,6	2.938	10,8
Industrie	2012	65	14,8	3.651	13,3
<i>darunter Großfeue- rungsanlagen [7]</i>	2012	0	0	824	3,0
Kfz-Verkehr	2010	293	66,6	20.783	75,9
Summe		440		27.372	

TABELLE 4 (T6): EMISSIONSBILANZ VON NO_x FÜR MARBURG UND DAS GEBIET MITTEL- UND NORDHESSEN

- Verkehrsdichte über den Tag und den Wochenverlauf
- Antriebsart, Motorleistung als auch das Fahrzeugalter, Schadstoffklasse
- Bebauungssituation.²

Topographische Ausgangssituation in Marburg

Die Ausgangsbedingungen im Allgemeinen sind in Marburg aufgrund der Topographie der Stadt durchaus speziell. Marburgs Lage im Lahntal in ausgeprägter Nord-Süd-Ausdehnung prägt auch den Verlauf der Hauptverkehrsachsen. Hier ist vor allem die autobahnähnliche Bundesstraße „B 3“ zu nennen, die insbesondere Durchgangsverkehre nach Kassel und Gießen fasst. Dagegen stellt die Landesstraße „L 3094“ vor allem Verbindung zu einem der großen Arbeitgeberstandorte der Stadt sowie Richtung Biedenkopf her.

Der Quell-, Ziel- und Binnenverkehr in Marburg ist bei der Betrachtung der verkehrlichen Ausgangsbedingungen ebenso von Bedeutung, insbesondere weil hierdurch in den morgen- und abendlichen Berufsverkehrsspitzen die verkehrsbedingte Freisetzung von Emissionen am stärksten ist. Daher sind auch Kennzahlen wie Ein- und Auspendler bei der Untersuchung umweltfreundlicherer Verkehrslösungen von Relevanz, wie es im Besonderen im Teilplan 2 „intelligent vernetzte Mobilitätsdienste“ eine Rolle spielen wird.³

Bisherige Maßnahmen zur Luftreinhaltung

Für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung sind daher geeignete Maßnahmen für die Reduzierung der Luftbelastung zu ergreifen. Für die Stadt Marburg wurden dazu bereits folgende Pläne erstellt, die alle einen Beitrag zur Emissionsreduzierung leisten. Im Wesentlichen sind dies:

- Lärmaktionsplan Hessen, <https://www.marburg.de/laerm> 2. Stufe, Teilplan Straßenverkehr, Regierungsbezirk Gießen, 2015
- Luftreinhalteplan für das Gebiet Mittel- und Nordhessen, Teilplan Marburg, aktuell: 1. Fortschreibung, in Kraft seit 02.02.2016, www.marburg.de/luft
- Lokaler Nahverkehrsplan 2016 – 2021, <https://www.marburg.de/leben-in-marburg/umwelt-klima/mobilitaet/>
- Radverkehrsplanung Marburg, 3. Fortschreibung (2017) <https://www.marburg.de/leben-in-marburg/umwelt-klima/mobilitaet/>
- Integriertes Klimaschutzkonzept (2011) <https://www.marburg.de/portal/seiten/klimaschutzkonzept-900000629-23001.html>

Für das weitere Vorgehen werden die Ziele und Maßnahmen dieser Pläne auf die zügige Umsetzbarkeit im Sinne der Reduzierung der Luftschadstoffe überprüft und eingebunden. Alle mit Luftschadstoffen belasteten Kommunen benötigen dringend Hilfestellungen für die Umsetzung geeigneter Maßnahmen zur Reduktion der Schadstoffe und damit zum effektiven Schutz der Bevölkerung.

Neben den kommunalen Maßnahmen zur Minderung der Stickoxide wurde als eine bedeutsame verkehrsbeschränkende Maßnahme für die Innenstadt von Marburg die „grüne Umweltzone“ zum 01.04.2016 angeordnet. Weitere verkehrsbeschränkende Maßnahmen, wie Einfahrtverbote für Dieselfahrzeuge, werden bundesweit diskutiert. Hierzu bedarf es aus kommunaler Sicht einer bundesweit gültigen Regelung, wie beispielsweise durch die Einführung der vielfach angeregten Einführung einer „blauen Plakette“ für besonders

² Vgl. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Luftreinhalteplan für das Gebiet Mittel- und Nordhessen, Teilplan Marburg, 1. Fortschreibung, 2016

³ Vgl. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Luftreinhalteplan für das Gebiet Mittel- und Nordhessen, Teilplan Marburg, 1. Fortschreibung, 2016

schadstoffarme Fahrzeuge. Die Kommunen selbst wollen weitgehende Fahrverbote möglichst nicht einführen, werden teilweise von den Gerichten hierzu dennoch für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung verpflichtet. Um die Luftschadstoffe insgesamt zu senken gilt es, die verkehrsbedingten Emissionen zu reduzieren. Dies soll insbesondere ermöglicht werden durch die Erweiterung der Angebote sowie Verbesserung der Zugänglichkeit zu emissionsfreien und emissionsarmen Verkehrsträgern (Fahrrad, Elektrofahrrad, Elektrofahrzeuge beim Carsharing, ÖPNV, ...) sowie dem Ausbau der Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge. Hierbei benötigt die Universitätsstadt Marburg dringend Fördermittel für die Umsetzung kurzfristig realisierbarer, praktikabler Projekte, die ohne Förderung nicht bzw. nicht schnell genug realisierbar wären. Zusätzlich bedarf es mittel- und langfristig weiterer flankierender Maßnahmen, z.B. für den Ausbau der Radinfrastruktur (Fahrradparkhaus, Radwege, ...) und vernetzter Beschleunigungsprogramme für Busse und Fahrräder.⁴

Die nachfolgend als eigenständige Kapitel und zugleich in sich geschlossenen Teilpläne bzw. –berichte setzen sich daher mit Lösungen in diesen konkreten Handlungsfeldern des Verkehrs in Marburg auseinander. Handlungsfelder des Green-City-Plan Marburg sind dabei:

- T1: Intelligente Verkehrsinformationssysteme für den ÖPNV, MIV, RV
- T2a/b: Intelligent vernetzte Mobilitätsdienste im Bike/Car-Sharing und Radverkehr
- T3: Elektrifizierung des kommunalen Fuhrparks und Ladeinfrastruktur (e-Bike/Car)
- T4: Umrüstung bzw. Neubeschaffung kommunaler ÖPNV-/ Nutz-/ Sonderfahrzeuge
- T5: Urbane Logistik

T1: Auf- u. Ausbau intelligenter Verkehrsinfosysteme (ÖPNV, MIV, RV)

T1_M1: Dynamische FGI
 T1_M2: Busbeschleunigung
 T1_M3: Fahrradbeschleunigungsprogramm – *SiBike*
 T1_M4: Ausbau Parkleitsystem

T2: intelligent vernetzte Mobilitätsdienste

T2_A) Bike-/Car-Sharing

T2a_M1: Ausbau Sharing-Angebot Fahrräder
 T2a_M2: Integration E-Fahrräder in Sharing-Angebot
 T2a_M3: Integration E-Lastenräder in Sharing-Angebot
 T2a_M4: Ausbau car-sharing und e-car sharing

T2_B) Radverkehr

T2b_M1: Pendlerströme Innenstadt – Campus Lahnberge
 T2b_M2: Priorisierung Maßnahmen Radverkehrsplan

T3: Elektrifizierung des Verkehrs (E-Antrieb im kommunalen Fuhrpark, Ausbau öffentlicher Ladeinfrastruktur)

T3_M1: Umstellung der kommunalen Fzg. auf elektr. Antriebe – Prüfung u. praktische Realisierung
 T3_M1-1: Umstellung kommunaler Nutzfahrzeuge
 T3_M1-2: Umstellung städt. ÖPNV-Flotte auf elektrische Antriebe durch Neubeschaffung
 T3_M2: Ausbau Ladeinfrastruktur für Elektroautos
 T3_M3: Aufbau Ladeinfrastruktur für Elektrofahrräder

T4: Öffentliche Flotten (Neubeschaffung Euro 6 u. Umrüstung darauf)

T4_M1: Umrüstung dieselbetrieb. ÖPNV, Nutz- u. Sonderfahrzeuge auf Euro 6
 T4_M2: Neubeschaffung erdgas- u. dieselbetrieb. ÖPNV; Nutz- u. Sonderfahrzeuge

T5: Urbane Logistik

Mikro-Hubs sowie Güterverteilzentren in Verbindung mit emissions-armen Zustellfahrzeugen

ABBILDUNG 2 (T6): ÜBERSICHT ALLER TEILPLÄNE UND MAßNAHMENBEREICHE DES GCP MARBURG

Die Abbildung 2 zeigt die einzelnen Teilpläne untersetzt mit den jeweiligen Maßnahmen, die in den Kapiteln eins bis fünf im einzelnen Teilplan näher untersucht werden, und Tabelle 5 bildet wiederum ab, was bereits existiert bzw. welche Ausgangssituation Grundlage der Teilpläne war.

⁴ Stadt Marburg, Projektskizze Universitätsstadt Marburg vom 27.09.2017 zum Förderprogramm des Diesel-Gipfels

Teilplan-Maßnahme	Ausgangssituation
T1_M1 - Dynamische Fahrgastinformationssysteme	58 DFI (2016), optisch wie akustisch inkl. offene WLAN Hotspots App „DyFisTalk“: dynamische haltestellenbezogene Fahrplanauskunft → Positiv von Bevölkerung angenommen, subjektiv Pünktlichkeit verbessert
T1_M2 – Busbeschleunigung	Busbeschleunigungssystem aus 90er Jahren, seither diverse Linien umbenannt, verlegt (auch Haltestellen) u. neu eingerichtet; aktuell 35 LSA integriert → hoher Optimierungs- und Überarbeitungsbedarf
T1_M3 - Sibike	2017 Pilotprojekt SiBike umgesetzt: App zur Beschleunigung des Radverkehrs (RV) an Lichtsignalanlagen (LSA) an 6 LSA auf Erlenring mit wiss. Begleitung durch TU München Effekt: signifikante Verbesserung für RV-Fluss
T1_M4 - Ausbau Parkleitsystem	Bestehendes PLS zuletzt 2017 erweitert auf: 20 dynamische Parkwegweiser, 2 statische Parkwegweiser für 10 Parkanlagen mit insg. 2.529 Stellplätzen; digital via diverser Apps o. Webinfo/ Hotline vor Fahrtantritt zwar abrufbar, Aktualität jedoch mangelhaft
T2a_M1-3 - Ausbau Bike-Sharing	Aktueller Anbieter in Marburg: Nextbike mit 250 Fahrrädern an 29 Verleihstationen (innere Stadtteile, Bahnhof, Südbahnhof) Nutzungsschwerpunkt: Innenstadt u. nördl. Stadtteile in Tallage 90% derzeitiger Nutzer sind Studenten, da 1. Verleihstunde kostenfrei ü. Semesterbeitrag abgedeckt ist E-bikes saisonal ü. personenbedienten Verleih verfügbar; 7 e-cargobikes über e.V. ausleihbar
T2a_M4 - Ausbau Car-Sharing	Aktueller Anbieter in Marburg: Scouter mit 24 Standorten (Zentrum, Südviertel, Ockershausen) u. 42 Fahrzeugen (davon 1 E-Car), 1,5 Tsd. Kunden und mit 35 Kunden je Fahrzeug eine hohe Auslastung, Stadt nutzt Angebot für Dienstfahrten
T2b_M1 – Pendlerströme Lahntal-Lahnberge	Dem hohen Verkehrsaufkommen zum Standort Lahnberge des UKGM-Universitätsklinikums (ca. 4.500 Arbeitsplätze) und Universitäts-Campus Lahnberge (rund 1.700 Arbeitsplätze und 8.000 Studierende) steht unzureichende Radverkehr-Infrastruktur zur Verfügung (lückenhaftes Netz, fehlende kurze/schnelle Verbindung Innenstadt-Lahnberge). Buslinie mit Radanhänger seit 2014 erschließt nur geringes Potenzial.
T2b_M2 - Radverkehrsplan	2013 Modal Split-Anteil Radverkehr Bewohner 9%. Ausbau Radverkehrsinfrastruktur wird honoriert, 2017 im Fahrradklima-Test des ADFC bundesweit erster Platz in der Kategorie „Aufholer“. Investitionsbedarf v.a. für Pendlerstrecken mittlerer Weite, Schnittstellen und bergige Verbindungen, Vergrößerung Fahrradradius durch bessere Wege, kürzere Reisezeit, Pedelec-Nutzung. Ausbauplanung Wegenetz (256 Streckenabschnitte/Knotenpunkte), Schnittstellen, ergänzende Infrastruktur und Mobilitätsmanagement im Radverkehrsplan 2017 beschlossen.

Teilplan-Maßnahme	Ausgangssituation
T3_M1.1 - Umrüstung Nutzfahrzeuge	195 Fahrzeuge im Bereich leichte bis schwere Nutzfahrzeuge mit einem Anteil Dieselfahrzeugen von 99,98 %, die jährlich Emissionen von etwa 4,7 t NO _x und 1.000 t CO ₂ verursachen
T3_M1.2 - Umrüstung ÖV-Flotte	73 Fahrzeuge verschiedenen Typs, , die jährlich Emissionen von etwa 20 t NO _x und 6.000 t CO ₂ verursachen
T3_M2 - Ausbau Ladeinfrastruktur	44 Ladepunkte an 11 Ladeorten im Bereich: Innenstadt, Campus Lahnberge, Lahntal bei mittlerer Fahrstrecke zu nächstem Ladeort von 2,3 km (deutscher Durchschnitt: 6,1km) Durchschnittl. 72 Ladevorgänge je Ladeort/Monat (Landkreis Marburg-Biedenkopf: 14 Ladevorgänge)
T4_M1.2 - Umrüstung/ Neubeschaffung kommunaler Fuhrpark	295 Fahrzeuge (ÖV, Nutz- u. Sonderfahrzeuge verschiedenster Art (Pkw, Lkw, Busse, Bagger) mit einer Fahrleistung gesamt von 4,15 Mio. km/a
T5 - urbane Logistik	Aktuelle Marktakteure in Marburg: Kurier-Express-und Paket-Dienstleister (KEP): dpd, DHL, GLS, Hermes, UPS Innenstadt von 6-11 u. 18-20 Uhr belieferbar; enge Gassen, hohes Verkehrsaufkommen auch wg. Mehrfachlieferungen an 1 Empfänger durch verschiedene KEP-Dienstleister

TABELLE 5 (T6): AUSGANGSSITUATIONEN DER EINZELNEN TEILPLÄNE

Um den Anteil der verkehrlichen Zusatzbelastung zu verringern und somit die Luftsituation in Marburg insgesamt zu verbessern, stellen die in nachfolgenden Kapiteln behandelten Maßnahmen je nach fachlichem Fokus und konkretem Lösungsansatz zur möglichst schnellen und nachhaltigen Verringerung der Luftbelastung, vor allem in der Innenstadt, auf die Prinzipien der Verkehrsvermeidung, Verlagerung (auf umweltfreundlichere Alternativen) und verträglichere Gestaltung des Kraftfahrzeugverkehrs ab. Die bessere Vernetzung der verschiedenen Verkehrsmittel und die gezielte Förderung attraktiver, präsenter, vielfältiger und innovativer Handlungsoptionen schafft die notwendigen Anreize und Entscheidungsgrundlagen für individuelle Verhaltensänderung und betriebliche Entscheidungen zur Gestaltung der Mobilitätsnachfrage. Infrastrukturelle und organisatorische Maßnahmen ergänzen sich. Neue und verbesserte Mobilitätsangebote erhöhen in ihrem sichtbaren und erfahrbaren Zusammenwirken die Wirkungseffizienz. Mit umfassender Ansprache, Mitwirkung und Berücksichtigung aller relevanten Zielgruppen und Verkehrssegmente, insbesondere auch der die Innenstadt belastenden ein- und ausströmenden Pendlerverkehre, kann die notwendige Quantität der Reduktion von verkehrsbedingten Luftschadstoffen erreicht werden.

Marburg ist zudem eine zunehmend attraktive Einpendlerstadt (Arbeit, Ausbildung, Versorgung, Kultur) mit hoher Zentralität in der umgebenden ländlich geprägten Mittelgebirgsregion. Auch diese Stadt-Umlandverkehrsströme mit Kraftfahrzeugen belasten in besonderer Weise die im Lahntal gelegene Innenstadt. Zudem ist der starke Durchgangsverkehr, der die Innenstadt vor allem über die B3 in Nord-Süd-Richtung quert, nicht direkt durch Maßnahmen der Universitätsstadt beeinflussbar.

Topografisch und naturräumlich (Lahnaue) bedingt sind hohe Investitionen in spezifische Verkehrsinfrastruktur und gleichzeitig schnell wirksame verkehrliche, ordnungsrechtliche und besonders auch kommunikative, kooperative und unkonventionelle Maßnahmen erforderlich, um attraktive neue und verbesserte Mobilitätsangebote für alle Zielgruppen zu schaffen. Die gute Kooperation zwischen allen Mobilitätsdienstleistern, Verkehrsteilnehmern und

handelnden Akteuren in der Universitätsstadt und im Umland ist dabei der wichtigste Erfolgsfaktor für die Erreichung der optimalen und besonders schnellen Wirksamkeit der Maßnahmen des Masterplans.

Der Masterplan konzipiert das Handlungsprogramm und begründet spezifisch im Hinblick auf die notwendige kurzfristige Zielerreichung der Luftschadstoffreduktion nachvollziehbare Prioritäten.

1 Teilplan 1 (T1) – Auf- und Ausbau von intelligenten Verkehrsinformationssystemen für den ÖPNV, MIV und Radverkehr

1.1 T1_Maßnahme 1: Dynamische Fahrgastinformation

1.1.1 Ausgangslage

Die Universitätsstadt Marburg verfolgt das Ziel, den öffentlichen Nahverkehr zu stärken und dessen Qualität und Komfort kontinuierlich zu verbessern. Von 2014 bis 2016 wurden von den Stadtwerken Marburg u.a. dazu 58 dynamische Fahrgastinformationstafeln (DFI) installiert.

1.1.1.1 Fahrgastinformationsanzeiger

In 2,4,6 oder 10-zeiliger Ausführung informieren die Anzeiger die Fahrgäste über die Ankunft der Busse und die nächsten Fahrmöglichkeiten. Die einzelnen Standorte wurden auf Basis einer Fahrgasterhebung in 2008 nach Höhe des Fahrgastaufkommens ausgewählt.



ABBILDUNG 3 (T1): Bsp. DFI AN DER HST KONRAD-ADENAUER BRÜCKE UND ZEICHNUNG⁵

Neben der optischen Fahrgastinformation wurden auch akustische Fahrgastinformation zur Berücksichtigung der Bedürfnisse von Sehbehinderten Fahrgästen realisiert. Hierzu enthält der Haltestellenrechner eine ELA-Steuerungskomponente. Das ist eine elektrische

⁵ Quelle: lumino

DFI- Standorte, die mit LWL angebunden wurden, sind mit einem offenen WLAN-Hotspot ausgerüstet. Damit erhalten Fahrgäste die Möglichkeit, die Informationen die per Internet bzw. über die Apps zum ÖPNV-Angebot bereitstehen, komfortabel zu nutzen. Etwaige vorhandene Nutzungsbarrieren die auf Verbindungsprobleme oder Kosten für die Datennutzung beim Mobilfunkdienst des Fahrgastes beruhen, können somit ausgeräumt werden.

1.1.1.2 Haltestellenbezogenes Auskunftssystem

Mit der Anwendung DyFisTalk von Lumino existiert bereits ein haltestellenbezogenes Auskunftssystem für mobile Endgeräte mit Android oder iOS Betriebssystem.

Nutzer können sich damit über die aktuelle Fahrplanlage an ausgewählten Haltestellen informieren. Die App verfügt über folgende Funktionen:

- Auswahl der Haltestelle aus einer Liste (inkl. Such-/Filter-Funktion)
- optische Anzeige der aktuellen Abfahrtszeiten an der ausgewählten Haltestelle
- akustische Ansage der aktuellen Abfahrtszeiten an der ausgewählten Haltestelle

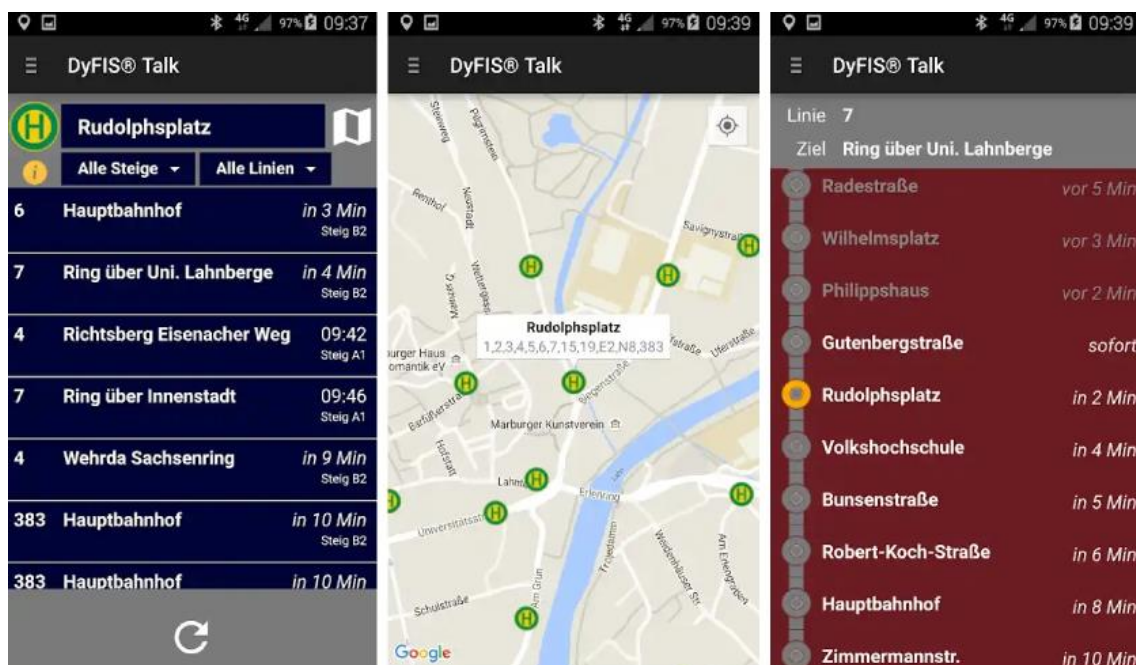


ABBILDUNG 5 (T1): BEISPIELDARSTELLUNGEN DYFIS TALK⁸

Die Fahrplanauskunft des RMV-Verkehrsverbundes (Webseite oder RMV-App) und andere Webdienste wie die der Deutschen Bahn oder die efa-Fahrplanauskunft bieten den Fahrgästen des Marburger ÖPNV zusätzliche Möglichkeiten zur Reiseplanung.

⁸ Quelle: Lumino Licht Elektronik GmbH

1.1.2 Ausbau des DFI-Systems

Die bestehenden DFI-Anzeigen haben die Akzeptanz des ÖPNV lt. Angabe der Stadtwerke Marburg erheblich verbessert und sind von den Fahrgästen sehr positiv aufgenommen worden. Gemäß den Rückmeldungen der Fahrgäste hat sich auch die empfundene Pünktlichkeit erheblich verbessert. Durch die Installation der Anzeigen im Straßenraum rückt der ÖPNV darüber hinaus offensichtlicher in den Fokus und wird als verfügbares Verkehrssystem deutlicher wahrgenommen.

Nach den durchweg positiven Erfahrungen sollen weitere Fahrgäste von den DFI-Anzeigen profitieren und einen höheren Komfort bei der Nutzung des ÖPNV erfahren. Im Idealfall sollen neue Fahrgäste von der Fahrt mit dem Bus überzeugt und hinzugewonnen werden. Potentielle Nutzer, die hinzugewonnen werden könnten, sind alle Personen mit Wegelängen >3km bis 10km (darunter fallen 30% aller Wege), die das Rad nicht nutzen wollen oder können (z.B. witterungsbedingt, große Höhenunterschiede,...). Etwa 65% aller Wege in diesem Entfernungsintervall werden mit dem Kraftfahrzeug zurückgelegt⁹.

In Zusammenarbeit mit der Stadtwerke Marburg Consult GmbH wurden insgesamt 35 neue DFI-Standorte ausgewählt. Die wesentlichen Kriterien für die Auswahl waren:

- Nähe der zugehörigen Haltestellen zu Bildungseinrichtungen (Schulen, Universitätsstandorte)
- Lückenschließung bzgl. bestehender DFI-Standorte
- Nähe zu Arbeitgebern mit hoher Beschäftigungszahl (z.B. CSL Bering GmbH OT Marbach, Gewerbegebiet Görzhausen)
- Anbindung Haltestellen für P+R

Das Abbildung 6 zeigt die bestehenden Standorte in Grün. Neue Standorte sind aufgeteilt nach Prioritäten für die Umsetzung in den Farben Rot (hoch), Violett (normal/mittel) und Blau (gering) aufgeführt.

Die Tabelle 6 gibt eine Übersicht zu den geplanten DFI-Standorten. Alle Anzeigen sollen 4-zeilig ausgeführt werden. Die Möglichkeit für die Datenanbindung per LWL ist mit den Stadtwerken Marburg abgestimmt. Dort, wo kein LWL möglich ist, ist eine Anbindung über Mobilfunk (UMTS) vorgesehen.

⁹ Quelle: SrV 2013

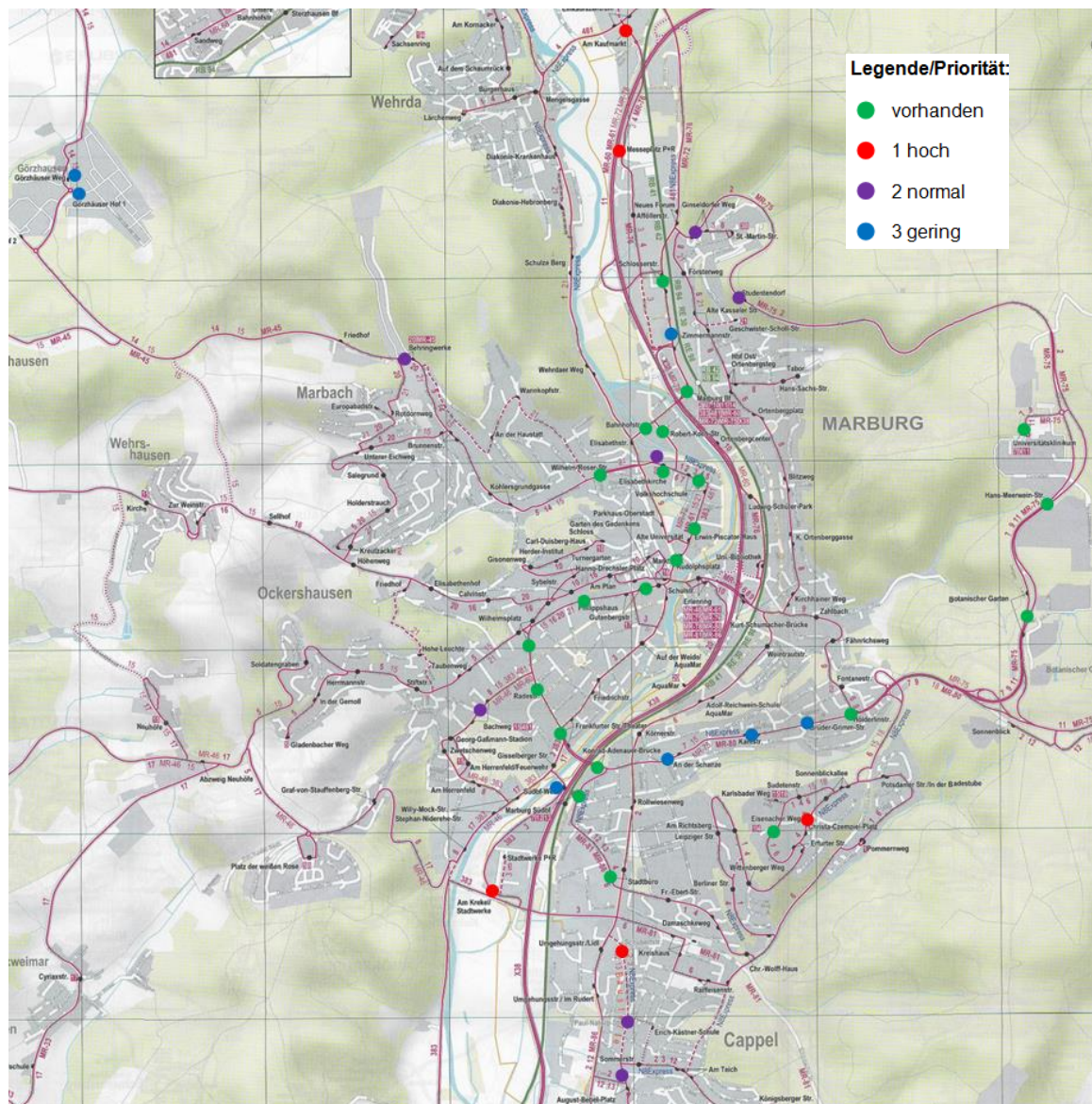


ABBILDUNG 6 (T1): ÜBERSICHT HALTESTELLEN MIT DFI BESTAND (GRÜN) UND NEUE STANDORTE ¹⁰

¹⁰ Quelle: Stadtwerke Marburg Consult GmbH

Nr.	Haltestelle	Fahrtrichtung	Grund	Datenanbindung	W-LAN	Prio
1	Am Kaufmarkt	Innenstadt	Einkaufszentrum	LWL	j	1
2	Am Kaufmarkt	Wehrda	Einkaufszentrum	LWL	j	1
3	Christa-Czempiel-Platz	Innenstadt	Einkaufszentrum	UMTS	n	1
4	Christa-Czempiel-Platz	Richtsberg	Einkaufszentrum	UMTS	n	1
5	Messeplatz	Innenstadt	P+R-Platz	LWL	j	1
6	Messeplatz	Wehrda	P+R-Platz	LWL	j	1
7	Schubertstraße	Innenstadt	Einkaufszentrum	LWL	j	1
8	Schubertstraße	Gleiche	Einkaufszentrum	LWL	j	1
9	Stadtwerke / Am Krekel	Innenstadt	P+R-Platz	LWL	j	1
10	Stadtwerke / Am Krekel	Cappel	P+R-Platz	LWL	j	1
11	A.-Bebel-Platz	Innenstadt	Netzausbau	LWL	j	2
12	A.-Bebel-Platz	Gleiche	Netzausbau	LWL	j	2
13	Bachweg	Innenstadt	Schulzentrum	LWL	j	2
14	Bachweg	Stadtwald	Schulzentrum	LWL	j	2
15	Behringwerke	Michelbach	Industrie-/ Gewerbstandort	LWL	j	2
16	Behringwerke	Wendescheife	Industrie- / Gewerbstandort	LWL	j	2
17	Elisabethkirche	Marbach	Netzausbau	LWL	j	2

Nr.	Haltestelle	Fahrtrichtung	Grund	Datenanbindung	W-LAN	Prio
18	Ginseldorfer Weg	Innenstadt	Netzausbau	LWL	j	2
19	Ginseldorfer Weg	Lahnberge	Netzausbau	LWL	j	2
20	Paul-Natorp-Straße	Gleiche	Netzausbau	LWL	j	2
21	Paul-Natorp-Straße	Innenstadt	Netzausbau	LWL	j	2
22	Studentendorf	Innenstadt	Netzausbau	LWL	n	2
23	Studentendorf	Lahnberge	Netzausbau	LWL	n	2
24	An der Schanze	Innenstadt	Netzausbau	UMTS	j	3
25	An der Schanze	Lahnberge	Netzausbau	UMTS	j	3
26	Brüder-Grimm-Str.	Innenstadt	Netzausbau	UMTS	j	3
27	Brüder-Grimm-Str.	Lahnberge	Netzausbau	UMTS	j	3
28	Görzhäuser Hof I	Innenstadt und Michelbach	Industrie- / Gewerbestandort	LWL	j	3
29	Görzhäuser Hof II	Innenstadt und Michelbach	Industrie- / Gewerbestandort	LWL	j	3
30	Kantstraße	Innenstadt	Netzausbau	UMTS	n	3
31	Kantstraße	Lahnberge	Netzausbau	UMTS	n	3
32	Südbahnhof/West	Innenstadt	Netzausbau	LWL	j	3
33	Südbahnhof/West	Cappel	Netzausbau	LWL	j	3
34	Zimmermannstraße	Innenstadt	Netzausbau	LWL	j	3
35	Zimmermannstraße	Lahnberge	Netzausbau	LWL	j	3

TABELLE 6 (T1): NEUE DFI-STANDORTE UND IHRE MERKMALE, EIG. DARSTELLUNG

1.1.3 Wirkungspotenziale und Realisierungsmöglichkeiten

86% der Marburger nutzen den ÖV mindestens einmal pro Jahr. Das ÖV-Angebot ist also unter der Marburger Bevölkerung gut bekannt. Etwa 15% aller Wege (3,2 Wege/Person+Tag) werden in Marburg mit den öffentlichen Verkehrsmitteln zurückgelegt. Beim MIV sind es 35% im Binnenverkehr¹¹.

Es liegen aktuell keine Untersuchungen vor, die die Wirkung des bestehenden Fahrgastinformationssystems auf den Modal-Split der Stadt Marburg betrachten. Außerdem ist eine Steigerung des ÖPNV Marktanteils nicht nur auf isolierte Maßnahmen neuer Informationstechnologien zurückzuführen, sondern ist immer auch das Ergebnis eines verbesserten Gesamtangebotes des ÖPNV mit verzahnten Linien- und Flächenverkehren.

Die zu erwartenden Auswirkungen, die allein mit Installation der zusätzlichen 35 DFI-Standorte auf den Modal-Split entstehen, sind daher kaum abschätzbar. Unstrittig ist aber, dass sowohl für Fahrgäste als auch für den Verkehrsdienstleister Vorteile entstehen. Das zeigen auch die Erfahrungen aus dem bestehenden System. Im Nachfolgenden werden einige qualitative Effekte beschrieben deren Wirkung durch den Systemausbau weiter verstärkt wird.

Bei der Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln spielt die jeweilige Erfahrung, Gewohnheit und Informiertheit der Fahrgäste eine große Rolle. Fahrgastinformationssysteme an Haltestellen erfüllen in diesem Zusammenhang für die Fahrgäste u.a. folgende Aufgaben:

- Präsentation des Verkehrsangebots
- Erfüllung des Bedürfnisses nach Information über:
 - Fahrtmöglichkeiten
 - Fahrtzeitpunkt
 - Fahrtalternativen
 - Störungen (Verspätung, Ausfall, Haltestellenverlegung,...)

Die zur Verfügung gestellte Information kann Korrekturen der individuellen Wahrnehmung und ein verändertes Entscheidungsverhalten auslösen. Die Verknüpfung von dynamischen Fahrplaninformationen und ereignisorientierten Informationen verschafft den Fahrgästen eine höhere Planungssicherheit und einen Komfortgewinn. Selbst bei negativen Erlebnissen kann eine positive Kundenzufriedenheit erzielt werden, da der Fahrgast frühzeitig eine Verhaltensreaktion einleiten kann. Die effektive Reisezeit kann beispielsweise verkürzt werden, wenn der Fahrgast über eine spätere Ankunft informiert ist und statt zu warten, die Zeit für andere Tätigkeiten nutzen kann. Darüber hinaus rückt der Fahrplanaushang an den Haltestellen aufgrund der DFI in den Hintergrund, sodass geringe Verspätungen als solche gar nicht wahrgenommen werden. Für den Fahrgast verbessert sich damit subjektiv die Zuverlässigkeit des ÖPNV¹².

Aus Sicht des Verkehrsdienstleisters ergeben sich mit Fahrgastinformationssystemen folgende Vorteile:

- DFI als Marketinginstrument zur sozialen Imageförderung
- Erhöhung der Kundenzufriedenheit und damit
- Festigung der Kundenbindung
- Förderung der Bereitschaft zur Multimodalität
- Abbau von Nutzungsbarrieren, die sonst durch Unsicherheit oder Vermutung aufgrund von fehlender Information entstehen

¹¹ Quelle: SrV 2013

¹² Quelle: Dynamische Informationsdienste im ÖPNV – Nutzerakzeptanz und Modellierung, Schriftenreihe Hft 68/09, TH Karlsruhe, 2009

Da bereits ein System für die dynamische Anzeige von Fahrgastinformationen existiert, ist die Realisierbarkeit des Ausbaus grundsätzlich gegeben. Die zusätzlichen Anzeigestandorte können in das bestehende System integriert werden. Die Umsetzung für alle Standorte ist ab Projektstart innerhalb von 2 Jahren möglich. Der Nutzen für die Fahrgäste tritt mit der Installation der ersten weiteren Fahrgastinformationsanzeige ein und vergrößert sich mit dem weiteren Ausbau kontinuierlich.

Eine Erweiterung der Informationsverfügbarkeit für Fahrgäste über die aktuellen Möglichkeiten des Internets oder die verfügbaren Smartphone-Apps (DyFIS Talk, RMV-App) hinaus wird derzeit nicht als notwendig angesehen.

1.1.4 Kosten der Umsetzung und Förderung

Für die Ermittlung der Kosten wurde auf Erfahrungen aus der Installation der bestehenden Standorte zurückgegriffen.

Die technische Ausstattung der Fahrgastinformationsanzeiger ist durch die unterschiedliche Art der Datenanbindung und durch den Verbau des W-LAN Routers unterschiedlich. Für die Kostenschätzung wurde ein Mittelwert pro Standort gebildet.

Die Aufwände für den Tiefbau sowie die Herstellung des Stromanschlusses und die Anbindung per LWL waren gemäß den bisherigen Erfahrungen zu den bestehenden Standorten sehr unterschiedlich. Eine exakte Prüfung der erforderlichen Leitungswege, Kabellängen und dafür relevante spezifischen örtliche Gegebenheiten ist sehr aufwändig und konnte im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht geleistet werden. Für einige Standorte existieren grobe Schätzungen der zu erwartenden Tiefbaulängen. Außerdem sind die Aufwände für die bestehenden Standorte bekannt. Aus diesen Größen wurde ein Mittelwert errechnet und auf die geplante Standortstückzahl umgelegt.

Für die Installation der Fahrgastinformationsanzeiger entstehen einmalige Kosten. Für den Betrieb und die Wartung kommen weitere jährliche Kosten hinzu.

Kostenpunkt	Stückzahl	Kostenschätzung
Fahrgastinformationsanzeiger inkl. Systemanbindung und -konfiguration	35	595.000,- EUR
Tiefbau, inkl. Verkabelung und Anschluss	35	150.000,- EUR
Summe geschätzte einmalige Kosten		745.000,- EUR

Kostenpunkt	Stückzahl	Kostenschätzung
Strom	35	3.500,- EUR p.a.
Mobilfunk	8	600,- EUR p.a.
Wartung/Instandhaltung/Systempflege	1	6.900,- EUR p.a.
Summe geschätzte laufende Kosten		11.000,- EUR p.a.

TABELLE 7 (T1): ÜBERSICHT KOSTENSCHÄTZUNG DFI, EIG. DARSTELLUNG

Zur Förderung kann der Dritte Aufruf zur Antragstellung gemäß der Förderrichtlinie „Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme“ vom 31.01.2018 verwendet werden. Die Anträge zur Förderung sind bis spätestens 31.08.2018 einzureichen. Das Kumulierungsverbot ist aufgehoben. Die Zuwendung wird in Form einer nicht rückzahlbaren Anteilsfinanzierung gewährt und bei der Bewilligung auf einen Höchstbetrag, entsprechend der anerkannten Ausgaben, begrenzt. Für eine Förderung aus diesem Aufruf stehen bis zu 350 Mio. € zur Verfügung. Es werden Vorhaben mit einer Laufzeit bis längstens 31.12.2020 gefördert. Die Bewilligungsbehörde entscheidet nach pflichtgemäßem Ermessen und unter Berücksichtigung der verfügbaren Haushaltsmittel im jeweiligen Einzelfall über die konkrete Förderhöhe bzw. -summe. Der Fördersatz beträgt grundsätzlich 50 Prozent (Basisfördersatz) der zuwendungsfähigen Ausgaben. Der Basisfördersatz kann erhöht werden, wenn es sich bei der antragsberechtigten Stadt oder Gemeinde um ein Gebiet mit einer geringen Wirtschaftskraft handelt. Ein Eigenmittelbetrag des Zuwendungsempfängers in Höhe von mindestens 10 Prozent der zuwendungsfähigen Ausgaben ist zu gewährleisten. Soweit neben der Förderung nach diesem Programm eine Ko-Finanzierung durch andere Fördermaßnahmen erfolgt, wird der Fördersatz des Bundes erforderlichenfalls so weit reduziert, dass es in Kombination mit den weiteren Fördermaßnahmen nicht zu einer Überförderung kommt und der Mindesteigenanteil des Zuwendungsempfängers in Höhe von 10 Prozent erhalten bleibt. Ersatzweise kann der Eigenmittelbetrag auch von den Ländern geleistet werden, wenn die antragsberechtigende Stadt oder Gemeinde Anordnungen im Rahmen eines Haushaltssicherungsverfahrens unterliegt.

1.1.5 Handlungsempfehlungen und Prioritäten

Bei der Auswahl des Lieferanten für die neuen Fahrgastinformationsanzeiger wird empfohlen, auf dem bisherigen Hersteller zurückzugreifen. Das stellt zum einen sicher, dass die neuen Anzeigen hinsichtlich des Designs gleich sind und zusammen mit den bestehenden Standorten ein einheitliches Systembild widerspiegeln. Zum anderen wird damit erreicht, dass die einzubindenden neuen Systemkomponenten technisch nahtlos in den Bestand eingefügt werden können. Für den Aufbau und die Konfiguration der technischen Einrichtungen kann auf bewährte Prozesse zurückgegriffen werden, was den Umsetzungsprozess effizienter gestaltet und Zeit und Kosten spart.

Hinsichtlich der Bedeutung und damit auch ausschlaggebend für die Umsetzungsabfolge wurden die neuen Standorte in 3 Prioritätenkategorien aufgeteilt. Abbildung 6 und Tabelle 6 zeigen die entsprechenden Zuordnungen. Mit hoher Wichtigkeit (Prio 1, Abbildung 6 Rot markiert) wurden 10 Standorte ausgewählt. Diese Standorte sind insbesondere für die P+R-Parkflächen sowie für größere Ansammlungen von Einkaufsmöglichkeiten mit entsprechendem Fahrgastaufkommen von Bedeutung. Die mit violett (Prio 2) und blau (Prio 3) markierten Standorte wurden im Vergleich mit mittlerer und geringerer Umsetzungspriorität eingestuft. Die Haltestellen selbst sind aber dennoch u.a. für die Erschließung von Schulstandorten, größeren Sportstätten oder aufgrund der Nähe zu Gewerbestandorten mit hohen Beschäftigungszahlen wichtig.

1.1.6 Zusammenfassung

Erweiterung des bestehenden DFI-Systems um 35 weitere Standorte in gleicher Bauausführung.

Steigerung und Festigung der Attraktivität des ÖPNV durch Verbesserung des Komforts und der Kundenzufriedenheit durch:

- Präsentation des Verkehrsangebots mit und durch die DFI-Anzeigen
- Erfüllung des Bedürfnisses nach Information für die Fahrgäste
- Förderung der Bereitschaft zur Multimodalität
- Abbau von Nutzungsbarrieren

Zielgruppe Personen:

- aktuelle ÖV-Nutzer (Kundenbindung, Kundenzufriedenheit), Modal-Split 15% (Wegeanteil)
- spontane Nutzer mit Weglänge von 3km bis 10km (30% aller Wege), die bislang aufgrund von fehlenden Informationen auf die ÖV-Nutzung verzichtet haben (Nutzungsbarriere)
- Sehbehinderte (ELA)
- Fahrgäste ohne Smartphone, die keine Möglichkeit haben über andere Quellen an Echtzeitinformationen zu gelangen

Umsetzung:

- schrittweise Installation der Standorte nach Priorisierung
- Integration in das Bestandsystem als Systemerweiterung
- Realisierung innerhalb 2 Jahren ab Bearbeitungsstart möglich

geschätzte Gesamtkosten einmalig:

745.000,-EUR

geschätzte jährliche Kosten:

11.000,-EUR p.a.

1.2 T1_Maßnahme 2: Busbeschleunigung

1.2.1 Ausgangslage

In Marburg wurde Mitte der 90er Jahre ein Busbeschleunigungssystem an mehreren Lichtsignalanlagen (LSA) in der Innenstadt eingerichtet. Seitdem wurde die LSA-Technik erneuert, die Verkehrsmengen haben sich erhöht und für den ÖPNV haben sich die Linienwege und -nummerierungen teilweise erheblich verändert und neue Verbindungen wurden für die ÖPNV-Kunden geschaffen. Dies wird vom System nur noch teilweise berücksichtigt und spiegelt sich an spürbaren Verzögerungszeiten an den Knotenpunkten für den ÖPNV wider. Diese Verzögerungen führen lt. Angaben der Stadtwerke Marburg Consult GmbH zu einer Verlängerung der Fahrzeiten innerhalb der Stadt und damit zu einer Verringerung der Attraktivität sowie zu einer Kostensteigerung im ÖPNV.

Aktuell verkehren 75 Busse im Marburger Stadtgebiet die sich über analoge Funktelegramme an den Lichtsignalanlagen anmelden. Die Fahrzeugortung erfolgt per GPS. Die entsprechend ausgerüsteten Fahrzeuge befinden sich im Besitz der Stadtwerke Marburg GmbH. Die damit bedienten Linien stellen den weitaus überwiegenden Teil des Buslinienangebots der Stadt. Darüber hinaus verkehren verschiedene Buslinien des Regionalverkehrs der Betreiber Becker und Bender Busverkehr GbR und ALV Oberhessen. Die betreffenden Fahrzeuge senden derzeit keine Telegramme und greifen dementsprechend nicht in die LSA-Steuerungen ein.

Aus einer Untersuchung zur Qualität im ÖV aus dem Jahr 2013¹³ über 31 Lichtsignalanlagen mit integrierter Busbeschleunigungslogik geht hervor, dass "ein hoher Optimierungs- und Überarbeitungsbedarf bei der Datenversorgung in den Bussen" besteht. Insgesamt ist derzeit an 36 Lichtsignalanlagen eine Busbeschleunigung integriert. Einige Anlagen konnten lt. Verfasser zum damaligen Zeitpunkt nicht im Detail untersucht werden, da keine Daten vorlagen. Es ist aber aus der Fehlerhäufigkeit der ausgewerteten Anlagen zu vermuten, dass auch hier Unstimmigkeiten auftreten.

Durch die Umbenennung, Verlegung und Neueinrichtung von Linien sowie der Verlegung von Haltestellen passen zudem viele Steuergeräteversorgungen der Lichtsignalanlagen nicht mehr zur aktuellen Situation im ÖPNV.

Im Ergebnis werden aktuell:

- falsche Richtungen beschleunigt
- bestimmte Richtungen überhaupt nicht beschleunigt
- MIV-Richtungen unnötig benachteiligt, weil sich Busse nach dem Eingriff nicht abmelden
- Buseingriffe zum falschen Zeitpunkt geschaltet, weil die im LSA-Steuergerät hinterlegten Fahrzeiten nicht mehr zur realen Situation passen

Bis heute haben sich gegenüber dem Stand aus 2013 im Busnetz weitere Änderungen ergeben. Maßnahmen zur Fehlerkorrektur wurden bislang nicht durchgeführt.

¹³ Quelle: Aktualisierung und Erweiterung der Busbeschleunigung in Marburg, IB Heinz+Feier, 2014

Nr.	Bezeichnung der LSA	Buslinien gemäß Busbeschleunigung	Buslinien gemäß ÖV-Speicher	Buslinien gemäß Fahrplan 2018	Typ
R 1	Neue Kasseler Straße/ Zimmermannstraße	3, 4, 5, C	3, 4, 7, 19	2, 3, 4, 11, 19	MS
R 2	Bahnhofstraße/ Krummbogen/ Bahnhofsvorplatz	nicht im Detail untersucht			C940ES 3.1
R 3	Bahnhofstraße/ Robert- Koch-Straße	1, 2, 3, 4, 5, 6, C	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14, 19	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, (10), 14, 19, 22	C900V 3.1
R 4	Elisabethstraße/ Ketzerbach (E-Kirche)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, C	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14, 15, 19	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, (10), 14, 15, 19, 22	C900V 3.1
R 5	Deutschhausstraße/ Bunsenstraße	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, C	1, 2, E2 (22), 3, 4, 5, 6, 7, 9, 15, 19	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, (10), 14, 15, 19, 22	C900V 3.1
R 6	Biegenstraße/ Heusingerstraße	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, C	1, 2, E2 (22), 4, 5, 6, 7, 15, 19	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 15, 19, 22	MSK
R 7	Biegenstraße/ Pilgrimstein	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, C	1, 2, E2 (22), 3, 4, 5, 6, 7, 9, 13, 15, 19	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 15, 18, 19, 22	C900V 3.1
	Biegenstraße/ Lahn- Center	keine Linien angegeben	1, 2, 4, 5, 6, 7, 13, 15, 19	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 15, 18, 19, 22	
R 8	Rudolphsplatz	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, C	1, 2, E2 (22), 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 17, 20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 16, 18, 19, 20, 22	C900V 3.0
R 9	Erlenring/Abfahrt Mitte (von Norden)	4, 8	6, 8, 9, 10, 15, 19, 20	6, 8, 9, (10,) 15, 19, 20	C900V 3.1
R 10	Erlenring/ Wilhelm-Röpke- Straße	4, 8	6, 8, 9, 10, 15, 19, 20	6, 8, 9, (10,) 15, 19, 20	C940V 3.1
R 11	Alter Kirchhainer Weg/ Georg-Voigt-Str.	nicht im Detail untersucht, Linie 9 fehlt			C940V 3.1
R 12	Universitätsstraße/ Gutenbergstraße	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, C	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 17, 20	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 15, 16, 18, 19, 20, 22	C800V 5/5
R 13	Wilhelmsplatz	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8	1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 13, 15, 17, 20	1, 2, 22, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22	C900V 3.1
R 14	Schwanallee/ Leopold- Lucas-Straße	1, 2, 3, 6, 7, 8	1, 2, E2 (22), 4, 7, 8, 13, 15, 17	1, 2, 4, 7, 8, 11, 15, 17, 18, 19, 22	MS
R 15	Schwanallee/ Friedrich- Naumann-Straße	1, 2, 3, 6, 7	1, 2, E2 (22), 4, 7, 13, 15, 17, 19	1, 2, 4, 7, 11, 13, 15, 17, 18, 19, 22	MS
R 16	Gisselberger Straße/ Konrad-Adenauer-Brücke	1, 2, 3, 6, 7, A1, A2, A3, C, RKH	1, 2, E2 (22), 3, 4, 7, 13, 15, 17, 19	1, 2, 3, 4, 7, 11, 13, 15, 17, 18, 19, 22	MSX

Nr.	Bezeichnung der LSA	Buslinien gemäß Busbeschleunigung	Buslinien gemäß ÖV-Speicher	Buslinien gemäß Fahrplan 2018	Typ
R 17	Cappeler Straße/ Zeppelinstraße	4, 6, 7	2, E2 (22), 6, 7, 11, 12, 15, 19	2, 6, 7, 11, 15, 18, 19, 22	C900V 3.1
R 18	Alter Kirchhainer Weg/ Weintrautstr.	nicht im Detail untersucht, Linie 9 fehlt			C940V 3.1
R 19	Universitätsstraße/ Landgericht	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8	1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 15, 17, 19	1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 15, 16, (17,) 18, 19, 20, 22	C940V 2.0
R 20	Erlenring/Mensa	4, 8	1, 6, 8, 9, 10, 15, 19, 20	6, 8, 9, (10,) 15, 19, 20	C900V 3.1
R 22	Schwanallee/ Wilhelmstraße	nicht im Detail untersucht			MS
R 24	Schwanallee/ Frankfurter Straße	1, 2, 3, 6, 7, A1, A2, A3, C, RKH	1, 2, E2 (22), 3, 4, 7, 13, 15, 19	1, 2, 3, 4, 7, 11, 18, 15, 17, 19, 22	C800 4/5
R 25	Konrad-Adenauer-Brücke/ Zeppelinstraße	1, 2, 3, 4, 6, 7	1, 2, E2 (22), 4, 6, 7, 11, 12, 13, 15, 19	1, 2, 4, 6, 7, 11, 13, 15, 18, 19, 22	MS
R 26	Bahnhofstraße/ Alte Hauptpost	1, 2, 3, 4, 5, 6, C	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, (10,) 14, 19, 22	C800XS 4/5
R 27	Deutschhausstraße/ Biegenstraße	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, C	1, 2, E2 (22), 3, 4, 5, 6, 7, 9, 15, 19	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, (10,) 15, 19, 22	MS
R 28	Weidenhäuser Brücke/ Trojedamm	4, 8	1, 6, 8, 9, 10, 15, 19, 20	6, 8, 9, 10, 15, 19, 20	MS
R 29	Universitätsstraße/ Haspelstraße	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8	1, 2, 4, 5, 7, 8, 17, 20	1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 15, 16, 18, 19, 20, 22	C940V 2.0
R44	Biegenstraße/ Wolffstraße/ Savignystraße	1, 2, 3, 4, 5, 7	1, 2, 4, 5, 6, 7, 13, 15, 19	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 15, 19, 22	C940ES 3.1
R 32	Gisselberger Straße/ Schützenpfehlbrücke	RKH, C	3	3, 17	MS
R 33	Schlosserstraße/ Neue Kasseler Str.	nicht im Detail untersucht			MS
R 34	Schlosserstraße/Afföllerstr aße	keine Linien angegeben	3 (nur 1 Fahrt)	3, 4, 11	MS
R 36	Erlenring/Auffahrt Gießen (K.-Schumacher-Brücke)	4, 8	6, 8, 9, 10, 15, 20	6, 8, 9, (10,) 15, 19, 20, 22	C900V 3.1
R 38	Neue Kasseler Straße/ Mauerstraße	keine Linien angegeben	1, 3, 4, 5, 7, 19	2, 3, 4, 11, 19	C940ES 3.0

Nr.	Bezeichnung der LSA	Buslinien gemäß Busbeschleunigung	Buslinien gemäß ÖV-Speicher	Buslinien gemäß Fahrplan 2018	Typ
R 40	Cappeler Straße/ Frauenbergstr./ Friedrich- Ebert-Str.	1, 2, 3, 4, 42, 43	1, 2, E2 (22), 4, 6, 13	1, 2, 4, 6, 13, 22	MS
R 41	Cappeler Straße/ Beltershäuser Straße/ Umgehungsstraße	keine Linien angegeben	2, E2 (22), 6, 13	2, 3, 6, 13, 22	??

TABELLE 8 (T1): ÜBERSICHT KNOTENPUNKTE BUSLINIEN SOLL-IST-VERGLEICH, EIG. DARSTELLUNG

1.2.2 Erneuerung und Ausbau des Busbeschleunigungssystems

Von Seiten der Stadtwerke Marburg Consult GmbH wird statt einer punktuellen Verbesserung eine Gesamtmaßnahme angestrebt, die zum einen die vorhandenen Unstimmigkeiten in der Busversorgung als auch in den Geräteversorgungen der LSA-Steuergeräte aufgreift. Folgende Ansatzpunkte zur Verbesserung wurden in Zusammenarbeit mit der Stadtwerke Marburg Consult GmbH erstellt:

- Vereinfachung und Flexibilisierung der Konfiguration zur Busbeschleunigung
- Prüfen der Datenversorgung von Lichtsignalanlagen und Bussen hinsichtlich der Konformität zum ÖPNV-Netz (LSA-Standort, HST-Lage, Buslinienverläufe, Haltestellenbedienung)
- Erweiterung der Busbeschleunigung auf 6 weitere Knotenpunkte an denen derzeit teilweise hohe Verlustzeiten für die Busse entstehen
- Aufzeigen einer Möglichkeit zum Wechsel auf Mobilfunk zur Vermeidung von Fehlern die durch unzureichende Funkabdeckung des analogen Funks entstehen und zur Verbesserung der Systemzuverlässigkeit

1.2.3 Wirkungspotenziale und Realisierungsmöglichkeiten

Durch Fehler in der Systemkonfiguration zeigen sich heute deutlich spürbare negative Auswirkungen auf den Busverkehr. Die positiven Effekte, die sich zum Zeitpunkt der Einführung der Busbeschleunigung für den ÖPNV ergaben, sind spürbar reduziert.

Dieser Umstand zeigt zum einen die Wichtigkeit einer regelmäßigen Systempflege, weist aber vor allem auch die konkreten positiven Wirkungen im praktischen Betrieb für die Stadt Marburg für ein funktionierendes Busbeschleunigungssystem nach.

Untersuchungen zeigen, dass durch die Optimierung der Busbeschleunigung eine Verringerung der Variationsbreite der Beförderungszeit um etwa 30% zu erzielen ist. Damit wird das für den Fahrgast wichtige Kriterium der Pünktlichkeit aufgegriffen. Zudem ist eine Verkürzung der LSA-bedingten Wartezeiten um 60%-85% ausgegangen werden¹⁴. An einigen Knotenpunkten sind bis zu 100% möglich. Der verstetigte Busverkehr (weniger Stop&Go)

¹⁴ Quelle: Handbuch für Verkehrssicherheit und Verkehrstechnik, Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen, 2007

verringert die lokalen Emissionen¹⁵. Durch die Erhöhung der Zuverlässigkeit und Attraktivität des ÖPNV kann von einem Zuwachs der Fahrgäste von etwa 1,5% ausgegangen werden¹⁶.

Die Voraussetzungen für die Realisierbarkeit der nachfolgend erläuterten Vorschläge sind vorhanden bzw. können durch entsprechende technische Maßnahmen geschaffen werden. Für die Umsetzung aller Maßnahmen ist ein Zeithorizont von 2-3 Jahren realistisch.

1.2.3.1 ÖV-Optimierung Lichtsignalanlagen

Notwendige Maßnahmen zur Optimierung an den in Tabelle 8 genannten Knotenpunkten:

- Prüfung aller ÖV-relevanten Lichtsignalanlagen vor dem Hintergrund ihres aktuellen Standorts (teilw. wurden in der Vergangenheit Knotenpunkte verschoben) und die Lage der zugehörigen Haltestellen (wurden teilw. ebenfalls verschoben)
- Prüfung und Definition aktueller und zukünftig möglicher Linienwege (z.B. aufgrund von Umleitungen von Baumaßnahmen) für jeden Knotenpunkt
- Verzicht auf knotenübergreifend wirkende Meldekette, Aufbau jeweils eigener Meldekette
- Prüfung auf möglichen Verzicht von Linienkennungen/Linienfilter in der Steuergerätekonfiguration zur Erfassung verschiedener Fahrwege (unterschiedliche Haltestellenbedienung, unterschiedliche Fahrt)
- verkehrstechnische Überplanung der Knotensteuerungen bzw. Erweiterung der Knotensteuerungen für

Um die Wirkung der Maßnahmen abschätzen zu können, wurde ein mikroskopisches Simulationsnetz erstellt. Die hinterlegten Verkehrsstärken basieren auf zusammengeführten und plausibilisierten Knotenstromzählwerten über die Jahre 2009 bis 2017 für die Nachmittagsspitze. Die hinterlegten Fahrpläne der ÖV-Linien basieren auf dem Stand 10/2017, d.h. unmittelbar vor der Sperrung der Weidenhäuser Brücke. Aufgrund dieser Sperrung musste auf historische Werte zurückgegriffen werden, da durch die derzeitige Umleitungssituation für die Zukunft nicht verwertbare Daten entstanden wären. Das Netz beinhaltet folgende Streckenzüge (Abbildung 7):

- Bahnhofstraße
- Elisabethstraße/ Robert-Kochstraße/ Bunsenstraße
- Deutschhausstraße
- Biegenstraße
- Universitätsstraße (Luftmessstation)
- Erlenring

Die Streckenauswahl erfolgte nach folgenden Kriterien:

- hohe Verkehrsstärke
- hohe Dichte im ÖV-Netz
- hohe Dichte an Lichtsignalanlagen

¹⁵ Quelle: Landesamt für den Umweltschutz Baden-Württemberg: Emissionsmindernde Maßnahmen im Straßenverkehr; 2005

¹⁶ Quelle: Dynamische Informationsdienste im ÖPNV-Nutzerakzeptanz und Modellierung, Schriftenreihe 68/09, TH Karlsruhe, 2009

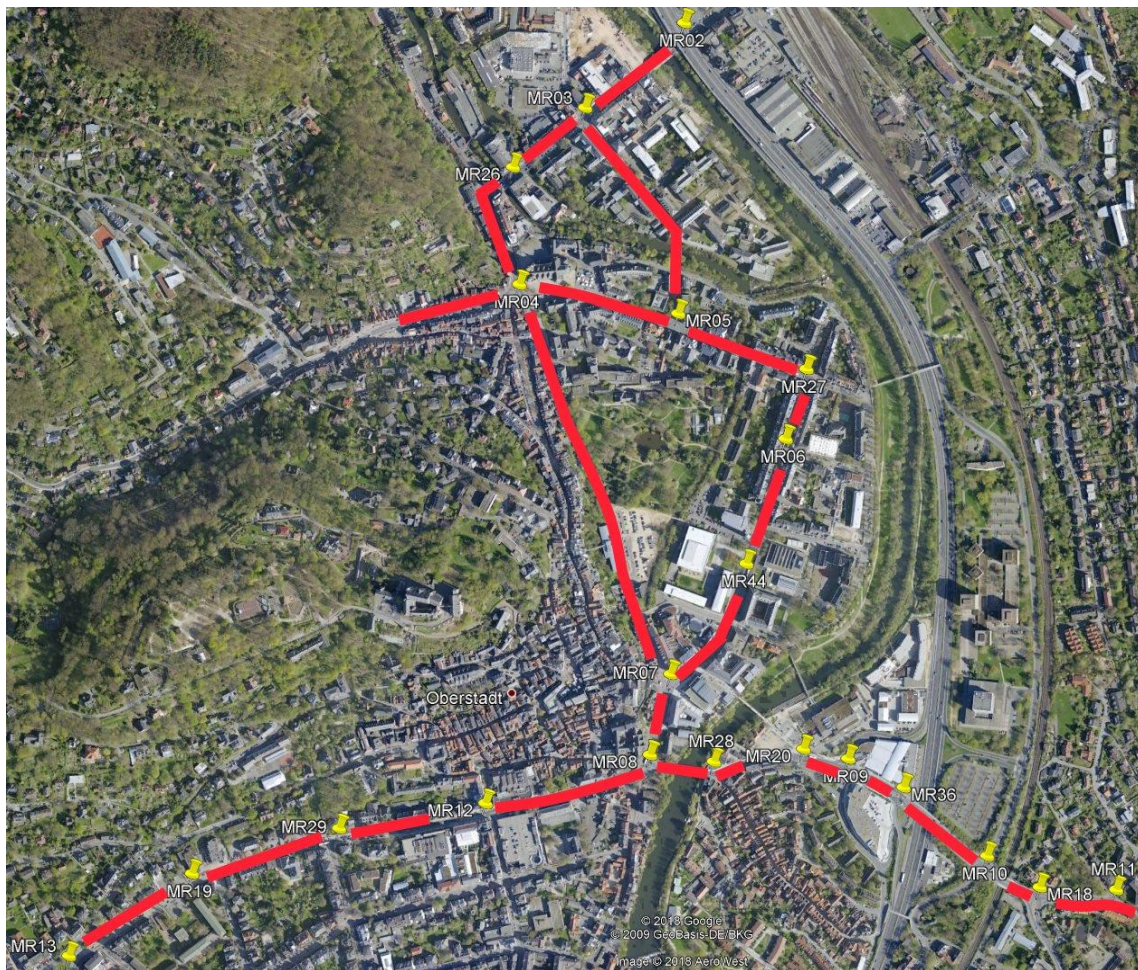


ABBILDUNG 7 (T1): ÜBERSICHT SIMULATIONSSTRECKE, EIG. DARSTELLUNG ¹⁷

Zum Vergleich wurde zunächst das Bestandsnetz, inkl. fehlerhafter Meldepunktversorgungen aus¹⁸ simuliert und die NOx-Werte ermittelt. Anschließend wurde von einer optimalen Beschleunigung an den Lichtsignalanlagen ausgegangen und erneut die Wirkung aus der Simulation festgehalten. In einem 3. Schritt wurde die gesteigerte Attraktivität des ÖPNV aufgrund verkürzter Fahrzeiten hinterlegt. Die Tabelle 9 zeigt die prozentualen Veränderungen im jeweiligen Szenario.

¹⁷ Bildquelle: google earth

¹⁸ Quelle: Aktualisierung und Erweiterung der Busbeschleunigung in Marburg, IB Heinz+Feier, 2014

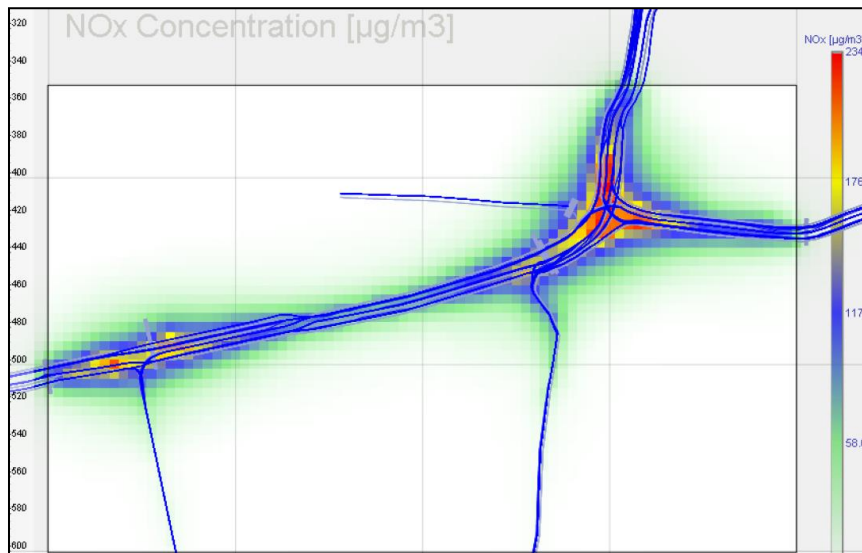


ABBILDUNG 8 (T1): DETAIL NO_x-BELASTUNG [µG/M³] UNIVERSITÄTSSTRAßE, ABSCHNITT MR12 ⇌ MR08¹⁹

Szenario 0 Bestand	Szenario 1 optimierter ÖV	Szenario 2 optimierter ÖV und Modal-Shift
4871,950 g/h	4763,749 g/h	4718,464 g/h
-	- 0,947 t/a	- 1,344 t/a
-	- 2,2%	- 3,1%
Hochrechnung Gesamtnetz		
-	- 1,42 t/a	- 2,24 t/a

TABELLE 9 (T1): REDUZIERUNG GEMESSENE NO_x-WERTE (G) IM SIMULATIONSNETZ, EIG. DARSTELLUNG

Die Werte basieren auf der Annahme, dass die Optimierung der Busbeschleunigung vollständig umgesetzt wird und die Wirkungen auf den Binnenverkehr beschränkt bleiben.

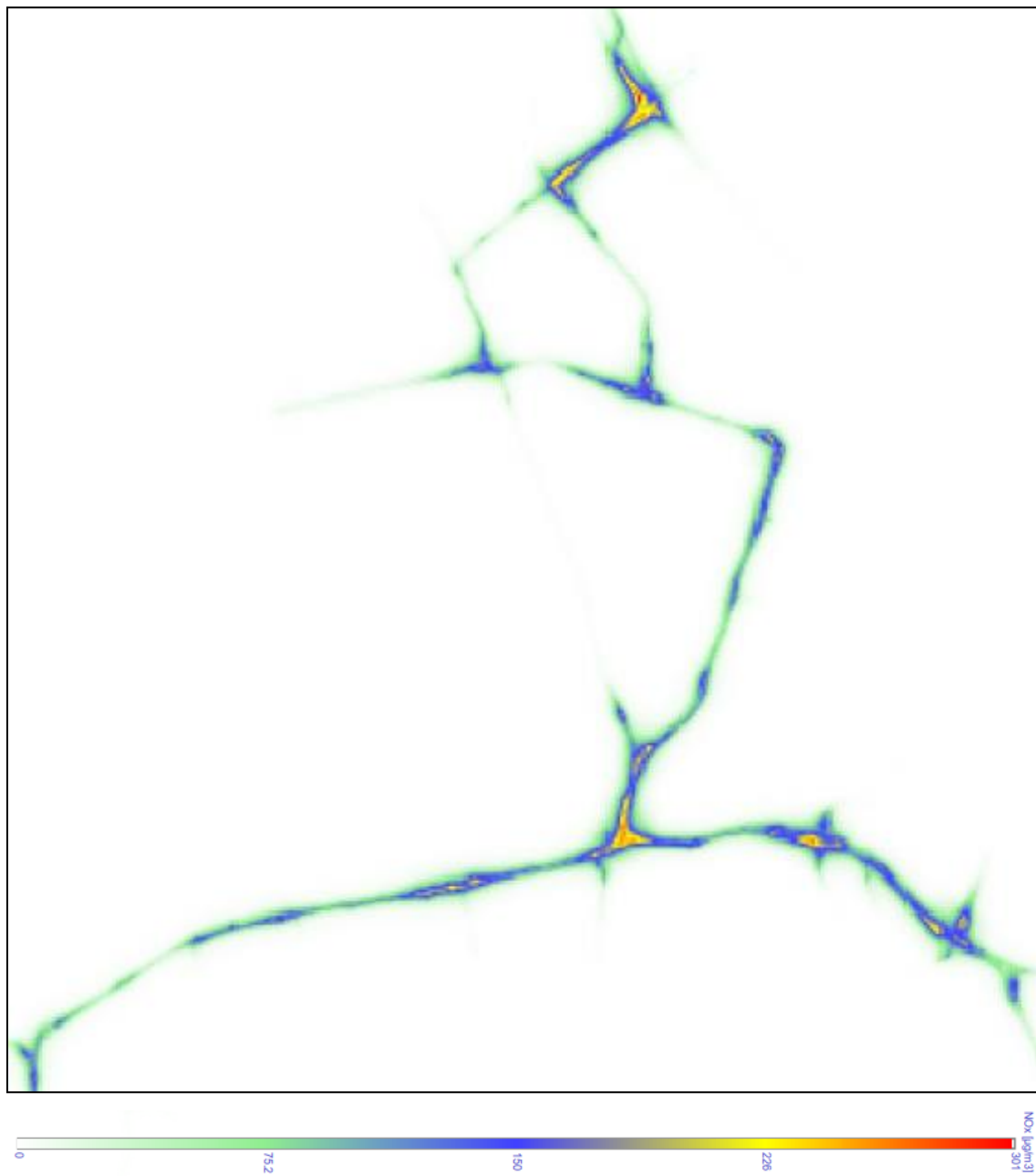


ABBILDUNG 9 (T1): NOX-BELASTUNG [$\mu\text{G}/\text{M}^3$] GESAMTNETZ SZENARIO 2²⁰

1.2.3.2 Erweiterung Busbeschleunigung auf weitere 6 Knotenpunkte

Die folgenden Knotenpunkte sollen zur Vermeidung häufig auftretender hoher Wartezeiten für eine Busbeschleunigung erweitert werden:

- Südspange/ Am Krekel (Typ unbekannt)
- Cölber Str./Am Kaufmarkt (LSA-Kennung MR829, C900V, Stufe 3.1)
- Graf-von-Stauffenberg-Str./Gisselberger Straße (LSA-Kennung D0935, C840V, Stufe 4.2/5.0)
- Gisselberger Str./Willy-Mock-Str. (LSA-Kennung D3358, C840V Stufe 5/5)
- Großseelheimer Str./Hölderlinstr. (LSA-Kennung MR811, C800NV Stufe 4.2/5.0)
- Beltershäuser Str./Sonnenblickallee (LSA-Kennung D0205, C800NV, Stufe 4.1/5.0)

Die neu zu integrierenden Knotenpunkte arbeiten als Freiläufer und sind nicht mit anderen LSA-Knoten koordiniert. Für die Realisierung wird von einer absoluten Beschleunigung ausgegangen. Bei entsprechender Konfiguration können die

Wartezeiten der Busse bis auf 0s, d.h. ohne Halt, reduziert werden.

Je nach Verkehrssituation und geschalteter Phase können die Wartezeiten heute zwischen 20s und 70s betragen. Zusätzliche Wartezeiten, die durch gegenseitig konkurrierende Busse unverträglicher Richtungen entstehen können, wurden nicht berücksichtigt. Je nach Verkehrssituation können für Folgebusse höhere Wartezeiten entstehen, sofern unmittelbar nach einem Buseingriff Maßnahmen zum Freigabezeitausgleich für den MIV aufgrund der Leistungsfähigkeit erforderlich sind.

1.2.3.3 Busbeschleunigung über Mobilfunk

Aktuell müssen die Faktoren:

- LSA- Konfiguration
- Bus-Datenkonfiguration
- Funkempfangsqualität

fehlerfrei zusammenspielen, um eine funktionierende Busbeschleunigung herzustellen.

Eine Lösung dafür ist der Einsatz der mobilfunkbasierten Lösung Sitraffic Stream darstellen. Bei Sitraffic Stream werden die Anforderungstelegramme ohne zusätzliche Infrastruktur über die Zentrale an Steuergeräte der C900-Serie bzw. an sX-Geräte übertragen. Es entfällt die Notwendigkeit zur Installation der Funkempfänger, da die GPS-basierte Lokalisierung der Busse durchschnittlich auf 5m genau erfolgt. Lediglich On-Board Units müssen im Fahrzeug installiert und die Stream-Software in der Zentrale konfiguriert werden. Alle anderen Komponenten wie die Verkehrs-rechnerzentrale Scala und die Verbindung zu den Steuergeräten der Serie C900 und sX sind bereits vorhanden.

Die Software für die Kommunikation zwischen Scala und On-Board-Unit wurde speziell für Sitraffic Stream optimiert, um

- minimalen Aufwand bei der Inbetriebnahme der On-Board-Unit zu gewährleisten,
- eine hohe Verfügbarkeit der Kommunikation sicherzustellen und
- um die Echtzeit-Übertragung der Meldepunktinformation an den VSR zu ermöglichen

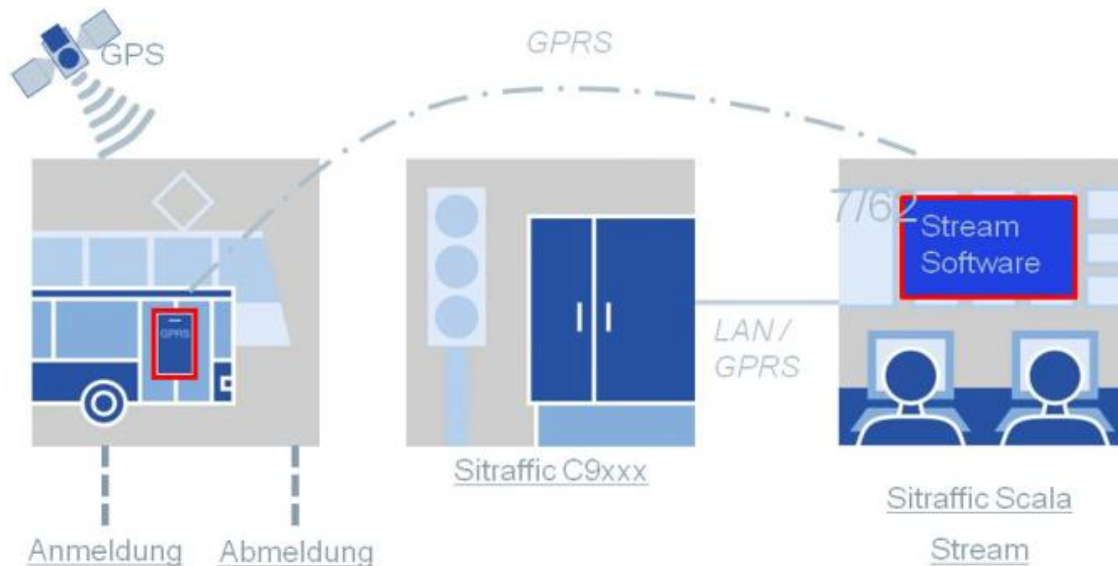


ABBILDUNG 10 (T1): FUNKTIONSPRINZIP SITRAFFIC STREAM ²¹

Benötigte Systemkomponenten:

- Verkehrsrechner SCALA (vorhanden)
- Stream-Server (in Teilen durch SiBike-Pilotprojekt vorhanden)
- On-Board-Unit in jedem Bus (GPS, Datenfunk zum VSR)
- Siemens- Steuergerät C9xx/s-X, teilweise vorhanden

Sittraffic Stream bietet gegenüber der bisherigen Methode zur Bevorrechtigung folgende Vorteile:

- Per Software lassen sich bestimmte räumliche Punkte festlegen, so dass Meldepunkte flexibel gesetzt werden können.
- Jeder Bus erhält alle Meldepunkte des Systems, sodass geänderte Fahrtverläufe automatisch wirken, sofern entsprechende Meldepunkte auf der Ausweichstrecke versorgt sind.
- Eine Einzelversorgung der Busse/Buslinien mit entsprechenden Meldepunkten ist nicht nötig.
- künftig kann auf Installation der analogen Funkempfänger an den LSA'n (sonst ca. 1500€/LSA) verzichtet werden
- Erweiterungsmöglichkeit für die besondere Berücksichtigung von Einsatzfahrzeugen der Feuerwehr oder anderer Rettungsdienste für einen zeitlich optimierten Eingriff (derzeit werden Feuerwehrstraßen mit fester Ablaufzeit geschaltet) an der LSA
- Durch eine Kopplung mit dem ITCS-System können die DFI-Anzeigen weiterhin mit Echtzeitdaten versorgt werden.
- Der Parallelbetrieb eines konventionellen Systems zur Busbeschleunigung (R09-Telegramm über Analogfunk) und Sittraffic Stream ist möglich.
- Die On-Board Unit des Fahrzeugs benötigt nur Stromanschluss und Antenne, es ist keine aufwändige Installationsarbeit erforderlich.
- Sofern der Anschluss an den Verkehrsrechner vorhanden ist, wird keine zusätzliche Hardware im Steuergerät benötigt. Sonst Anbindung per UMTS sofern keine Kabelverbindung möglich ist.
- Aus Zentralensicht ist die Anwendung durch eine Aktivierung des Stream-Moduls möglich.

²¹ Quelle: Siemens Mobility GmbH

- Außerdem sind Fahrtverlaufsanalysen und eine Zugangskontrolle zu bestimmten Bezirken möglich.
- Zusätzlich für die Bevorrechtigung von Einsatzfahrzeugen (Feuerwehr und Rettungsdienst) erweiterbar

Nötige Maßnahmen:

- Update und Konfiguration Verkehrsrechner (Stream-Server und Stream-Portal)
- Installation Onboard-Unit in den Bussen, Schnittstelle zu IVU.Ticket-box (gesonderte Prüfung erforderlich, Entwicklungsaufwand für Schnittstelle)
- Schnittstelle Verkehrsrechner ↔ ITCS-System
- Definition der Meldepunkte in einem GIS-System
- Update Steuergeräte C8xx → C9xx oder sX
- Hochrüstung Steuergeräte M(S) → C9xx oder sX

1.2.4 Kosten der Umsetzung und Förderung

12 Steuergeräte der betroffenen Knotenpunkte sind mit veralteten Geräteserien ausgerüstet. Für diese Anlagen wird von Seiten des Herstellers kein Änderungssupport mehr geleistet. D.h. alle Änderungen an den Anlagen gehen mit der Notwendigkeit einher, die Steuergeräte auszutauschen.

Kostenpunkt	Beschreibung	Kosten-schätzung
Überprüfung und Korrektur der Busdatenversorgung	durch Stadtwerke Marburg	5.000 EUR
Überprüfung und Änderung/ Erweiterung der LSA-Steuer- geräteversorgung	Erneuerung LSA'n: MR01, MR06, MR14, MR15, MR16, MR22, MR25, MR27, MR32, MR33, MR34, MR40 inkl. VT-Überplanung/ÖV-Konfiguration	370.000 EUR
	VT-Änderung/Änderung ÖV-Konfiguration LSA'n: MR02, MR03, MR04, MR05, MR07, MR08, MR09, MR10, MR11, MR12, MR13, MR17, MR18, MR19, MR20, MR24, MR26, MR29, MR36, MR38, MR41	75.000 EUR
Summe geschätzte Kosten ÖV-Optimierung LSA		445.000 EUR

Für die Lichtsignalanlagen MR14, MR22, MR16 und MR32 sind bereits organisatorische Vorbereitungen für einen Gerätetausch getroffen worden. Hier ergeben sich ggf. geringere Kosten aufgrund von Synergieeffekte, die zum aktuellen Zeitpunkt jedoch nicht genau beziffert werden können. Der Knotenpunkt MR28 soll in naher Zukunft als Teilknoten der LSA MR08 (Rudolphsplatz) betrieben werden. Die Aufwände für die Erneuerung und Überplanung der LSA MR28 entfallen daher.

VT-Überarbeitung Nachrüstung ÖV- Beschleunigung 6 LSA'n (inkl. nötiger Hardware)	Südspange/ Am Krekel; Cölber Str./Am Kaufmarkt; Graf-von-Stauffenberg-Str./Gisselberger Straße; Gisselberger Str./Willy-Mock-Straße; Großseelheimer Straße/ Hölderlinstr. Beltershäuser Straße/ Sonnen-blickallee	50.000,- EUR
Summe geschätzte Kosten Nachrüstung ÖV-Beschleunigung		50.000,- EUR

Kostenpunkt	Beschreibung	Kosten-schätzung
Onboard-Unit (Einbau, Konfiguration); Stream-Server bereitstellen und konfigurieren, Meldepunktkonfiguration	75 Busse der Stadtwerke; VSR-Infrastruktur weitestgehend vorhanden	150.000,- EUR
autom. Linienkennung		10.000,- EUR
Schnittstelle VSR an ITCS-System bzw. DyFIS-Datenbankserver	im Gegenzug ggf. Entfall Analogempfänger DFI	15.000,- EUR
Hochrüstung Steuergeräte	Erneuerung Altgeräte bereits Bestandteil ÖV-Optimierung, verbleibende Anlagen für Hochrüstung auf kompatible Gerätestufe: MR08, MR12, MR19, MR24, MR26, MR29, MR38, D0935, D3358, MR811, D0205	60.000,- EUR
	Austausch LSA inkl. Außenanlage Cappeler Straße/Beltershäuser Straße/Umgehungsstraße und Südspange/ Am Krekel durch Steuergeräte der Siemens-Serie	100.000,- EUR
Summe geschätzte Kosten SiTraffic Stream		335.000,- EUR
Summe geschätzte Gesamtkosten ÖV-Beschleunigung		835.000,- EUR

TABELLE(N) 10 (T1): ÜBERSICHT KOSTENSCHÄTZUNG ÖV-BESCHLEUNIGUNG, EIG. DARSTELLUNG

Die Lichtsignalanlagen Cappeler Straße/Beltershäuser Straße/Umgehungsstraße und Südspange/ Am Krekel sind nicht Stream-kompatibel. Die Steuergeräte müssten für einen Einsatz durch Siemens-Geräte der Serien C9xx/sX getauscht werden.

Die Verkehrsdienstleister der Regionalbuslinien wurden bezüglich der Bereitschaft zum Einsatz des SiTraffic-Stream Systems befragt. Bis dato wurde hier keine Aussage getroffen. Grundsätzlich ist aber auch für die betroffenen Fahrzeuge eine Realisierung der Busbeschleunigung über SiTraffic Stream möglich.

Durch den Einsatz von Stream ist die Verwendung eines analogen Funkempfängers für die Steuergeräte nicht mehr erforderlich. Für den Gerätetausch der insgesamt 14 Anlagen ergeben sich damit Einsparungsmöglichkeiten.

Wenn das DFI-System ähnlich wie im Bestand aufgebaut wird, werden auch hier u.U. einige analoge Empfänger entbehrlich.

Einsparungspotenzial analoger Funkempfänger für 14 LSA im Zuge Gerätetausch	- 20.000,- EUR
geschätztes mögliches Einsparungspotential analoger Funkempfänger DFI	- 14.000,- EUR

Systemteil	Kostenschätzung
Softwarepflege Stream-ÖPNV-Zentrale	3600,- EUR p.A.
Softwarepflege; Onboard-Unit 75 Busse, inkl. Mobilfunkkosten (300MB/Mon.)	5400,- EUR p.A.
Kommunikationskosten LSA (6xVSR-Anbindung Canto-UMTS)	1500,- EUR p.A.
SUMME geschätzte laufende Kosten SiTraffic Stream	10500,- EUR p.A.

TABELLE(N) 11 (T1): ÜBERSICHT KOSTENSCHÄTZUNG LAUFENDE KOSTEN SiTRAFFIC STREAM, EIG. DARSTELLUNG

Zur Förderung kann der Dritte Aufruf zur Antragstellung gemäß der Förderrichtlinie „Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme“ vom 31.01.2018 verwendet werden. Die Anträge zur Förderung sind bis spätestens 31.08.2018 einzureichen. Das Kumulierungsverbot ist aufgehoben. Die Zuwendung wird in Form einer nicht rückzahlbaren Anteilsfinanzierung gewährt und bei der Bewilligung auf einen Höchstbetrag, entsprechend der anerkannten Ausgaben, begrenzt. Für eine Förderung aus diesem Aufruf stehen bis zu 350 Mio. € zur Verfügung. Es werden Vorhaben mit einer Laufzeit bis längstens 31.12.2020 gefördert. Die Bewilligungsbehörde entscheidet nach pflichtgemäßem Ermessen und unter Berücksichtigung der verfügbaren Haushaltsmittel im jeweiligen Einzelfall über die konkrete Förderhöhe bzw. -summe. Der Fördersatz beträgt grundsätzlich 50 Prozent (Basisfördersatz) der zuwendungsfähigen Ausgaben. Der Basisfördersatz kann erhöht werden, wenn es sich bei der antragsberechtigten Stadt oder Gemeinde um ein Gebiet mit einer geringen Wirtschaftskraft handelt. Ein Eigenmittelbetrag des Zuwendungsempfängers in Höhe von mindestens 10 Prozent der zuwendungsfähigen Ausgaben ist zu gewährleisten. Soweit neben der Förderung nach diesem Programm eine Ko-Finanzierung durch andere Fördermaßnahmen erfolgt, wird der Fördersatz des Bundes erforderlichenfalls so weit reduziert, dass es in Kombination mit den weiteren Fördermaßnahmen nicht zu einer Überförderung kommt und der Mindesteigenanteil des Zuwendungsempfängers in Höhe von 10 Prozent erhalten bleibt. Ersatzweise kann der Eigenmittelbetrag auch von den Ländern geleistet werden, wenn die antragsberechtigende Stadt oder Gemeinde Anordnungen im Rahmen eines Haushaltssicherungsverfahrens unterliegt.

1.2.5 Handlungsempfehlungen und Prioritäten

1. Überarbeitung und Festlegung der Meldestrecken/Meldepunkte anhand der aktuellen Lage der Knotenpunkte, Haltestellen sowie aktueller und möglicher künftiger Linienverläufe an allen Lichtsignalanlagen mit ÖV-Beschleunigung
2. Einrichtung von SiTraffic-Stream mit allen nötigen Komponenten. Parallelbetrieb mit bisherigem System in der Übergangsphase möglich.
3. Anpassung/Erweiterung verkehrstechnische ÖV-Planung für Neugeräte und Umsetzung
4. Anpassung/Erweiterung verkehrstechnische ÖV-Planung sowie Aktualisierung Softwarestände bzw. Hochrüstung auf aktuellen Geräteserienstand für vorhandene Geräte der Serien C8xx und C9xx
5. Realisierung Busbeschleunigung für die vorgesehenen 6 weiteren Lichtsignalanlagen (Hochrüstung/Gerätetausch bei Einsatz von SiTraffic Stream)
6. Gerätetausch sowie Anpassung/Erweiterung verkehrstechnische ÖV-Planung für Altgeräte mit abgekündigtem Support (M-Geräte-Serie)

Neben der Beeinflussung durch Fahrzeuge des ÖV greifen aktuell auch die Rettungsfahrzeuge der Feuerwehr in den Steuerungsablauf der Lichtsignalanlagen ein. Bei einer Einsatzfahrt werden entlang vordefinierter Wege die entsprechenden Richtungen an den Knotenpunkten auf Grün geschaltet bzw. auf Grün gehalten. Die Maßnahme soll die Durchfahrt der Rettungsfahrzeuge beschleunigen und die Sicherheit für alle Verkehrsteilnehmer erhöhen. Die Schaltung dieser "Feuerwehrstraßen" erfolgt derzeit nach statisch ablaufenden Zeitmustern mit hohen zeitlichen Reserven, da dem System derzeit die genaue Position der Rettungsfahrzeuge unbekannt ist. Das führt im praktischen Betrieb zu hohen Wartezeiten für die Verkehrsteilnehmer.

Es wird empfohlen, SiTraffic Stream auch für Rettungsfahrzeuge einzusetzen. Das System wird zu diesem Zweck bereits in einigen deutschen Städten erfolgreich verwendet. Das Funktionsprinzip und die eingesetzte Hardware unterscheidet sich dabei nicht von der Busbeschleunigung. Mit Hilfe der Fahrzeugortung per GPS und speziellen Meldepunkten für An- und Abmeldungen an den LSA ist ein optimierter Eingriff an den Lichtsignalanlagen möglich. Damit kann weiterhin die behinderungsfreie Durchfahrt der Rettungsfahrzeuge gewährleistet werden. Gleichzeitig kann das System dazu beitragen, die Wartezeiten für die übrigen Verkehrsteilnehmer während des Feuerwehreingriffs auf das tatsächlich nötige Maß zu reduzieren.

Staus und Haltevorgänge in benachteiligten Zufahrten werden reduziert und damit auch ein zusätzlicher positiver Beitrag zur Schadstoff- und Lärmbelastung geleistet.

1.2.6 Zusammenfassung

Verbesserung der Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit sowie Reduzierung von Reisezeiten durch:

- Vereinfachung und Flexibilisierung der Konfiguration zur Busbeschleunigung
- Fehlerkorrektur/Erweiterung der Datenversorgung von 35 Lichtsignalanlagen und 75 Bussen
- Erweiterung der Busbeschleunigung auf 6 weitere Knotenpunkte an denen derzeit teilweise hohe Verlustzeiten für die Busse entstehen
- Wechsel auf Mobilfunk zur Vermeidung von Fehlern durch unzureichende Funkabdeckung des analogen Funks
- Möglichkeit zur einfachen Systemerweiterung für den Einsatz in Rettungsfahrzeugen (Feuerwehr) zur optimierten LSA-Beeinflussung bei Rettungsfahrten

Reduzierung der Wartezeiten gegenüber dem unbeschleunigten Zustand von 60%-85%, in Einzelfällen bis zu 100%.

Reduzierung von NO_x in Höhe von ca. -3% für hoch belastete Streckenabschnitte mit hohem IV- und ÖV-Anteil gegenüber dem Iststand durch Verstetigung des Busverkehrs und Modal-Shift vom Pkw zum ÖPNV.

Positive Effekte für den ÖPNV bereits mit Beginn der Maßnahmeneinführung sichtbar.

Umsetzung:

- Realisierbarkeit gegeben, Bearbeitung kann mit der Entscheidung für die Umsetzung beginnen
- Zeithorizont für die Umsetzung: 2-3 Jahre

geschätzte laufende Kosten für Mobilfunklösung SiTraffic Stream:

10500,-EUR p.a.

geschätzte Gesamtkosten, einmalig:

835.000,- EUR

1.3 T1_Maßnahme 3: Fahrradbeschleunigungsprogramm – SiBike

1.3.1 Ausgangslage

Die Universitätsstadt Marburg hat in den vergangenen Jahren viel für eine Steigerung der Attraktivität des Radverkehrs getan und plant diesen Weg auch weiterhin fortzusetzen. Etwa 9% aller Wege werden aktuell mit dem Rad zurückgelegt. Betrachtet man nur den Binnenverkehr, liegt der Wert um ca. 2% höher²².

Neben verschiedenen anderen Maßnahmen wurde nach zusätzlichen innovativen Möglichkeiten gesucht, den Radverkehr in der Stadt weiter zu fördern.

Einer dieser Ansätze besteht in der Nutzung des Produktes SiBike, das im Jahr 2017 in Marburg erfolgreich pilotiert wurde und seit 2018 offiziell am Markt verfügbar ist. SiBike ist eine App-basierte Lösung (für Android und iOS) und dient zur Beschleunigung von Radverkehr an Lichtsignalanlagen. Die Anwendersoftware ist speziell auf Smartphones zugeschnitten. In 2013 verfügten etwa 46% aller Marburger über ein Smartphone. Es ist zu vermuten, dass der Anteil inzwischen weiter gestiegen ist. Unter den Radfahrern ist der Anteil der Smartphone-Besitzer und Smartphone-Nichtbesitzer etwa gleich verteilt²³.

In Marburg wurde das System auf dem koordinierten Streckenzug Erlenring mit 6 beteiligten Lichtsignalanlagen installiert. Randbedingung war hier, eine spürbare Reduzierung der Anzahl der Halte und der Verlustzeiten für die Radfahrer zu erzielen, ohne die übrigen Verkehrsarten unverhältnismäßig negativ zu beeinflussen. Eine wissenschaftliche Begleituntersuchung²⁴ weist trotz der komplexen Randbedingungen aus hoher IV- und ÖV-Belastung sowie teilweise hohem Fußgängerverkehrsaufkommen eine signifikante Verbesserung nach.

Die Universitätsstadt Marburg plant den Ausbau des Systems, um die Vorteile für die Radfahrer auf weitere wichtige Radverkehrsstrecken auszuweiten.

1.3.2 Funktionsweise von SiBike

Per Satellitenortung wird die Position, Geschwindigkeit und Richtung der Radfahrer ermittelt. Die Anmeldung der Radfahrer wird mit dem Überfahren von Triggerlines ausgelöst [Abbildung 11]. Diese Triggerlines sind virtuelle Ortspunkte, die neben der Positionskennung auch eine Richtungskennung und eine Anmeldeummer beinhalten.

Die Konfiguration erfolgt über die Bedienoberfläche des Verkehrsrechners. Bei Auslösung sendet der VSR die Anmeldeummer an die zuvor entsprechend konfigurierte Lichtsignalanlage. In der Programmlogik des LSA- Steuergerätes wird entschieden, ob und in welcher Form die Anmeldung der Radfahrer in die Steuerung eingreift.

Denkbar sind moderate Eingriffe, die durch Grünzeitverlängerung oder –verschiebung die Wahrscheinlichkeit eines Halts und die Wartezeiten reduzieren. Möglich sind aber auch hochrangige Eingriffe, die ähnlich einer absoluten ÖV-Beschleunigung, Halte und Wartezeiten möglichst gänzlich vermeiden.

²² Quelle: SrV2013 Bericht Marburg

²³ Quelle: SV2013]

²⁴ Quelle: Siemens SiBike Marburg, Ergebnisse der Bewertung, TU München, 2016



ABBILDUNG 11 (T1): SCHAUBILD SiBIKE²⁵

1.3.3 Auswahl geeigneter Streckenabschnitte für den Systemausbau

Auf der Basis des Radfahrplanes²⁶ und in Abstimmung mit den Verantwortlichen für Radverkehrsplanung der Stadt, wurden weitere Streckenzüge ausgewählt, die für eine Systemerweiterung in Frage kommen:

- Abschnitt "Nordstadt", Relation Bahnhofstraße ⇔ Deutschhausstraße
- Abschnitt "Biegenstraße" Relation Rudolphsplatz ⇔ Deutschhausstraße
- Abschnitt "Schwanallee" Relation Wilhelmsplatz ⇔ Gisselberger Straße

Auf dem Streckenzug Erlenring ist SiBike bereits vollständig implementiert. Nach einiger Zeit der praktischen Erfahrung und Auswertung der wissenschaftlich erhobenen Daten ist es sinnvoll, auf weitere Optimierungsmöglichkeiten zu prüfen und eine Feinjustierung durchzuführen. Für den Doppelknoten MR12-Universitätsstraße/Gutenbergstraße in der Universitätsstraße ist ein radfahrerfreundlicher Umbau geplant. Radfahrer sollen künftig die Gutenbergstraße auch entgegen der Fahrtrichtung befahren können. In diesem Zuge ist bereits eine Prüfung und ggf. Realisierung als SiBike-Knoten vorgesehen.

Für die Auswahl der neuen Streckenzüge kamen folgende Kriterien zur Anwendung:

- geplanter oder vorhandener Ausbau der Infrastruktur für Radfahrer
- Bedeutung der Strecken für den Radverkehr
 - Streckenabschnitt ist Bestandteil des Radwegenetzes

²⁵ Quelle: Siemens Mobility GmbH

²⁶ Quelle: Radverkehrsplan

- Nähe zu Institutionen und Gewerbe die erfahrungsgemäß den Radverkehr anziehen bzw. im Gegenzug als Quelle von Radverkehr gelten (im Wesentlichen Einrichtungen für Ausbildung und Forschung, größere Sportstätten, innenstadtnahe Einkaufsmöglichkeiten)
- geschätztes aktuelles und künftiges Radverkehrsaufkommen aus Erfahrungswerten (exakte Erhebungen liegen nur begrenzt und punktuell vor)
- der Streckenabschnitt muss lichtsignalgesteuerte Knotenpunkte beinhalten bzw. auf der Strecke müssen LSA geplant sein
- Anschluss an bestehende/geplante SiBike-Strecke(n)

Der jeweilige Streckenabschnitt und die involvierten Lichtsignalanlagen sind in den Abbildung 12 bis Abbildung 14 dargestellt.



ABBILDUNG 12 (T1): KNOTENPUNKTE NORDSTADT²⁷

²⁷ Quelle: google earth, eig. Darstellung

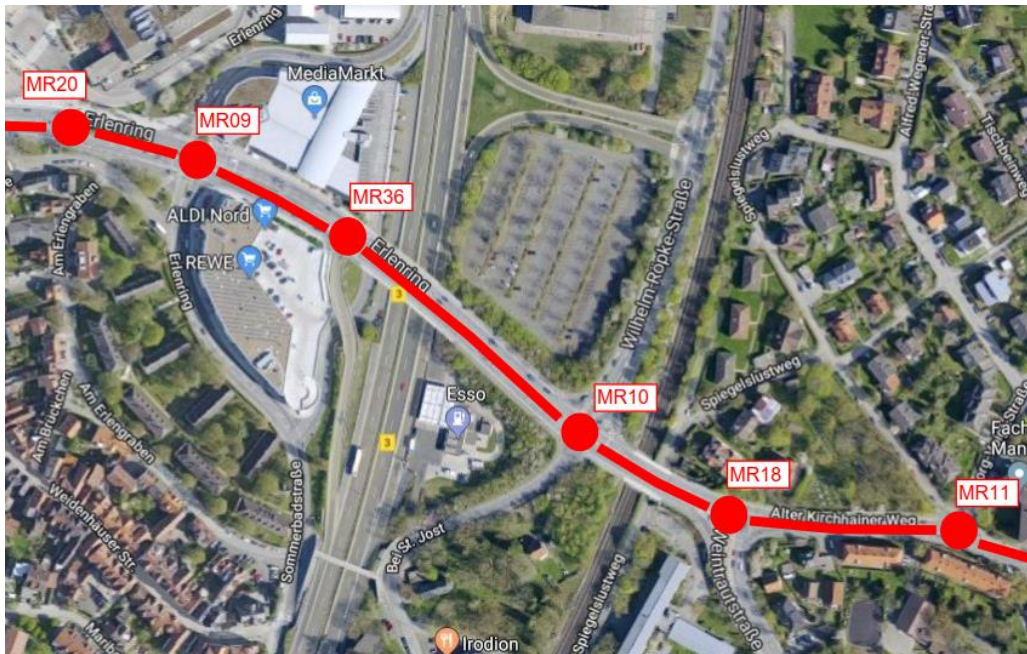


ABBILDUNG 13 (T1): KNOTENPUNKTE ERLERING (BESTAND)²⁸

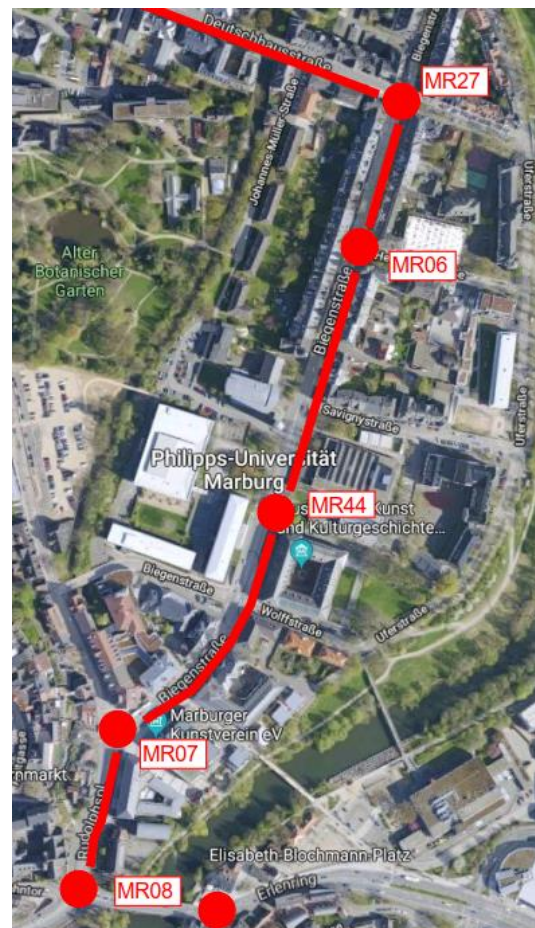
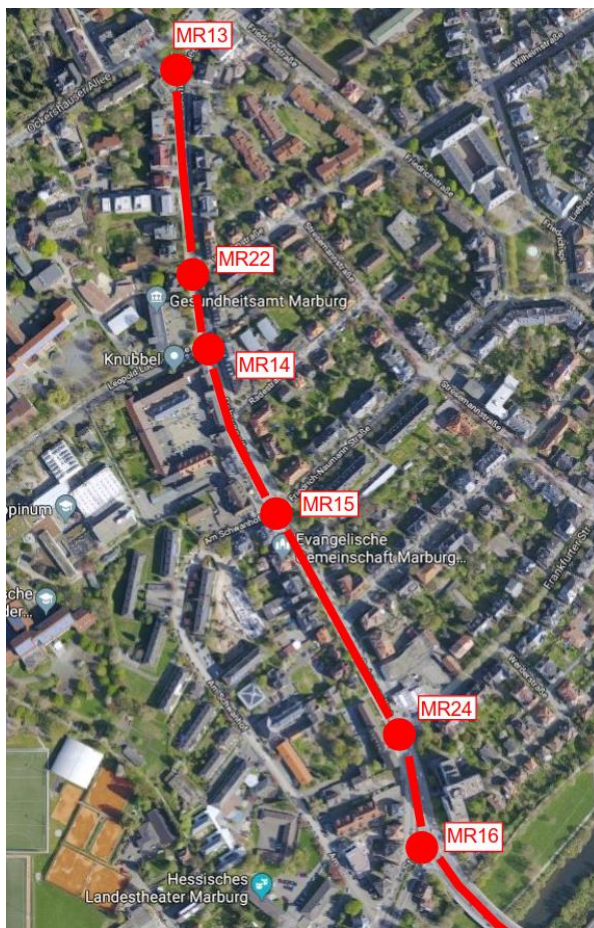


ABBILDUNG 14 (T1): LINKS: KNOTENPUNKTE SCHWANALLEE; RECHTS: KNOTENPUNKTE BIEGENSTRASSE²⁹

²⁸ Ebd.

²⁹ Ebd.

1.3.4 Wirkungspotenzial und Realisierungsmöglichkeiten

Der Einsatz und die Wirkung von SiBike muss immer im Zusammenhang mit der verfügbaren Radverkehrsinfrastruktur und den verkehrstechnischen Gegebenheiten der Lichtsignalsteuerungen gesehen werden. Die nachfolgenden Ausführungen stellen diese Verbindung für die ausgewählten Streckenabschnitte her. Als potentielle Zielgruppe werden alle Personen mit MIV-Fahrten mit den Wegezwecken Freizeit und Einkaufen (70% aller MIV-Wege) sowie einer Weglänge von 1km bis 5km (41% aller Wege) angesehen³⁰.

1.3.4.1 Abschnitt Nordstadt

Die Stadt Marburg strebt eine deutliche Entlastung der Elisabethstraße vom MIV an. Gleichzeitig wird das Ziel verfolgt, die Verkehrsbeziehung Bahnhofstraße-Elisabethstraße für den Radverkehr attraktiver und sicherer zu gestalten. Aktuell werden Radfahrer in dem Bereich weder separat erfasst noch signalisiert. Insbesondere durch den Neubau der Universitätsbibliothek ist zu erwarten, dass das Radverkehrsaufkommen um den Knoten Elisabethstraße/Ketzerbach/Deutschhausstraße sowie die zuführenden Strecken Bahnhofstraße, Elisabethstraße und Pilgrimstein als Verbindung zur Altstadt, in Richtung Süden und zum Bahnhof spürbar steigt.

Zu diesem Zweck sollen Teile der Bahnhofstraße und der Elisabethstraße zugunsten neuer Radverkehrsanlagen umgebaut werden. Radfahrer können künftig auf Schutzstreifen und Radfahrstreifen verkehren – auch entgegen der Fahrtrichtung der Einbahnstraße. In Richtung Süden geht die Elisabethstraße in den Pilgrimstein über. Der gesamte Pilgrimstein soll künftig von Radfahrern in Richtung Norden, entgegen der Fahrtrichtung des MIV, durchgängig verkehren können.

Die betroffenen Knotenpunkte MR03 (Bahnhofstr./Robert-Koch-Str.), MR26 (Bahnhofstraße/Alte Post) und MR04 (Elisabethstraße/Ketzerbach/Deutschhausstr.) sollen dazu umgebaut werden. Die Signalschaltungen der Lichtsignalanlage MR05 (Deutschhausstr./Bunsenstraße) sind aktuell mit den Anlagen MR04 und MR03 für den MIV abgestimmt. Für die Lichtsignalanlagen MR26 und MR04 ist eine separate Radfahrersignalisierung vorgesehen.

Für die Radfahrer entstehen teilweise vom übrigen Verkehr separierte Signalquerschnitte. Eine Anmeldung der Radfahrer mit SiBike kann dazu beitragen, den Anteil der Verlustzeiten und die Wahrscheinlichkeit eines Halts an den jeweils 3 Signalquerschnitten pro Fahrtrichtung zu reduzieren.

Aufgrund der Koordinierung der Anlagen MR03 und MR26 kann in Verbindung mit SiBike ein erneuter Halt an der LSA MR26 vermutlich beinahe vollständig vermieden werden. In der Gegenrichtung ist durch Grünzeitbeeinflussung an der LSA und eine koordinierte Schaltung der aufeinander folgenden Signalquerschnitte an der LSA eine Wartezeitreduzierung um 50% möglich.

Die Knotenpunkte MR03, MR04 und MR05 sind in den Verkehrsspitzenzeiten regelmäßig hoch belastet bzw. überlastet. Hier kann ein Eingriff der Radfahrer überwiegend nur moderat erfolgen, um den MIV nicht übermäßig negativ zu beeinflussen. Darüber hinaus werden die Knoten stark von ÖV frequentiert, wovon teilweise auch die Radfahrer, die in gleicher Richtung verkehren, profitieren. Eine zusätzliche Reduzierung der Halte im Bereich von 7-10% sind aber dennoch erzielbar, wenn man davon ausgeht, dass die Freigabezeiten der beeinflussten Signalgruppen ab Radanmeldung um durchschnittlich etwa 6s erhöht werden können.

³⁰ Quelle SrV2013

1.3.4.2 Abschnitt Schwanallee

Der Abschnitt Schwanallee erstreckt sich vom Wilhelmsplatz im Norden bis zur Konrad-Adenauerbrücke im Süden. Der Streckenzug ist ca. 850m lang und enthält 7 Signalquerschnitte pro Richtung. Die Koordinierung der Lichtsignalanlagen ist derzeit im Wesentlichen für den MIV ausgelegt.

Östlich der Straße liegen in unmittelbarer Nähe zahlreiche Einrichtungen für Bildung und Sportstätten. Westlich schließen sich laut Radverkehrsplan³¹ mehrere Radverkehrsverbindungen in das Südviertel und in Richtung Altstadt an. Im Radverkehrsplan wurde die Verbesserung der Bedienungsqualität für Radfahrer auf dem Teilstück Wilhelmsplatz-Wilhelmstraße-Leopold-Lucas-Straße als einer der Schwerpunkte festgestellt. Im Knoten Wilhelmsplatz wurde 2015 bereits damit begonnen die Situation für den Radverkehr mit Hilfe einer teilweise eigenen Signalisierung zu verbessern. In der Perspektive sind Anpassungen für weitere Knotenpunkte auf dem Streckenzug vorgesehen.

Neben der geplanten Anpassung der Lichtsignalsteuerung, kann SiBike einen zusätzlichen positiven Beitrag durch die Erfassung einzelner Radfahrer und Radfahrerpuls leisten, um die Knotensteuerungen für die Radfahrer an den Lichtsignalanlagen MR13 (Wilhelmsplatz), MR22 (Schwanallee/Wilhelmstraße) und MR14 (Schwanallee/ Leopold-Lucas-Straße) zu optimieren.

Auf Basis der Unterlagen zur aktuellen Grünen Welle lässt sich mit durch den Einsatz von SiBike für die Gesamtstrecke eine potentielle Einsparung von durchschnittlich 2 Halten pro Richtung und eine mittlere Reisezeitreduzierung von etwa 1-2 Minuten ableiten (abhängig von der Radfahrgeschwindigkeit und dem Eintreffzeitpunkt an der Streckengrenze).

1.3.4.3 Abschnitt Biegenstraße

Der Straßenabschnitt Biegenstraße-Rudolphsplatz wurde 2015/2016 bereits bis Höhe Heusingerstraße umfassend umgebaut. Es wurden u.a. Radfahrstreifen und Umweltpuren (gemeinsame Fahrstreifen für Bus und Rad) markiert sowie die Bushaltestellen ausgebaut.

Der Streckenzug ist ca. 730m lang und enthält 8 Signalquerschnitte pro Richtung. Die Koordinierung der Lichtsignalanlagen ist derzeit im Wesentlichen für den MIV ausgelegt. Das gilt vor allem für die Abstimmung zwischen den Knotenpunkten Rudolphsplatz (MR08) und Biegenstraße/Pilgrimstein (MR07). Am Knoten MR07 werden Radfahrer aufgrund der separaten Führung auf Radfahrstreifen oder Umweltpuren separat signalisiert. An allen übrigen Anlagen fahren Radfahrer nach den Signalen des Kraftfahrzeugverkehrs.

Der Streckenzug ist umsäumt von Wohngebäuden, öffentlichen Einrichtungen für Bildung und Kultur sowie zahlreichen Einkaufsmöglichkeiten. Das bedeutet auch dementsprechend viele potenzielle Ziele für Radfahrer. Das SiBike-System ist aufgrund der Erfassung der Radfahrer in einiger Entfernung vor dem Knotenpunkt darauf angewiesen, dass der prognostizierte Weg entlang der Straße bis zum Passieren des beeinflussten Signalquerschnitts an der Lichtsignalanlage eingehalten wird. Für den Abschnitt Höhe Pilgrimstein bis Höhe Heusingerstraße ist damit zu rechnen, dass Radfahrer auch zwischen den Lichtsignalanlagen den Weg aus Sicht des Systems verlassen, um straßenbegleitende Ziele oder Ziele in den Nebenstraßen anzusteuern. Der Nutzen von SiBike geht hierbei verloren und verkehrt sich u.U. sogar ins Gegenteil.

Übrig bleiben der Straßenabschnitt zwischen den Knoten MR08 (Rudolphsplatz) und MR07 (Biegenstraße/Pilgrimstein) sowie der nördliche Teil der Biegenstraße.

³¹ Quelle: Radverkehrsplan

Der Knotenpunkt Rudolphsplatz soll umgebaut werden. Dazu existieren verschiedene Vorschläge, die derzeit geprüft werden. Der Einsatz und die Möglichkeiten von SiBike sind auch davon abhängig, ob und in welcher Weise die Knotenpunktsignalisierung künftig gestaltet wird. Sofern eine vollständig oder teilweise eine LSA erhalten bleibt, ist vor dem Hintergrund der engen Knotenpunktabstände zwischen MR07 und MR08 mit einer Anmeldung der Radfahrer über SiBike eine Beeinflussung der Versatzzeiten an den Knotensteuerungen denkbar. Es ist möglich die Steuerungen so zu gestalten, dass Radfahrer zwischen den Signalquerschnitten nicht zum Halten gezwungen werden. Der größte Effekt ist hier außerhalb der Verkehrsspitzenzeiten zu erwarten, da hier die Radfahrer seltener von der MIV-gesteuerten Freigabezeitbeeinflussung der verkehrsabhängig gesteuerten Knoten profitieren.

Auf dem Teilstück Heusingerstraße bis Deutschhausstraße bietet SiBike in Verbindung mit der verkehrsabhängigen Beeinflussung der Lichtsignalsteuerungen das Potential ca. 80% aller Folgehalte für Radfahrer zu vermeiden.

1.3.4.4 Allgemeines

Im Zuge der Pilotierung des SiBike- Projekts in der Stadt Marburg wurden neben Messungen im Verkehr auch Nutzerbefragungen durchgeführt. Dabei gaben 91% der Nutzer an, dass sich die Situation der Radfahrer verbessert hat. 69% machten die Erfahrung, nur selten oder manchmal bei Rot warten zu müssen. Vor der Überarbeitung der Grünen Welle und der Einführung von SiBike gaben 100% der Radfahrer an, (fast) immer oder häufig bei Rot gehalten zu haben.

93% der Radfahrer gaben zudem an, dass der Einsatz eines Rückmeldesignals (zusätzliches weißes Radfahrersymbol neben dem Signalgeber) hilfreich bei der Nutzung des Systems ist. Die Radfahrer bekommen dadurch eine direkte Rückmeldung, ob die Anmeldung erfolgreich zur LSA gesendet wurde.

Die Möglichkeit des aktiven Eingriffs in den Verkehrsablauf wertet die Situation für die Radfahrer sowohl objektiv als auch subjektiv spürbar auf.

Die Erfahrungen (eigene Umfrage), auch aus anderen Städten, zeigen, dass sich Maßnahmen in der Radverkehrsinfrastruktur nach ca. 2-5 Jahren zählbar auf das Radverkehrsaufkommen auswirken. Bei entsprechender Vermarktung kann davon ausgegangen werden, dass sich die SiBike-App mindestens im ähnlichen Zeitraum, vermutlich aber schneller, bei den Marburger Radfahrern verbreiten wird. Aufgrund der erst kürzlich erfolgten Markteinführung des Produkts liegen aktuell noch keine Untersuchungen zum erzielbaren Model-Shift vom MIV hin zum Rad vor.

1.3.5 Kosten der Umsetzung und Förderung

Nicht alle im Feld installierten Steuergeräte der Stadt Marburg sind mit dem SiBike-System kompatibel. Je nach Steuergeräteserie ist ein Austausch einzelner Hardwarekomponenten oder auch der Austausch des kompletten Steuergerätes erforderlich. Desweiteren muss die Steuerungslogik für die Auswertung der Radfahreranforderung und den Radfahrereingriff in das Signalprogramm verkehrstechnisch überplant und programmiert werden. Die Voraussetzungen und der daraus resultierende Aufwand für die Umsetzung sind daher für die Streckenzüge sehr unterschiedlich.

LSA	Einzelmaßnahmen	SiBike kompatibel	Kosten-schätzung
MR20, MR09, MR36, MR10, MR18, MR11	Planung Feinjustierung, Programmierung der Änderungen	ja	15.000,- EUR
SUMME geschätzte Kosten Streckenabschnitt Erlenring 15.000,- EUR			

MR03	SiBike-Planung, Softwareanpassung, Nachrüstung Radsignale	ja	6.000,- EUR
MR05	SiBike-Planung, Softwareanpassung, Nachrüstung Radsignale	ja	6.000,- EUR
MR04	SiBike-Planung, Softwareanpassung, Nachrüstung Radsignale; Ergänzung zum bereits geplanten Umbau	ja	3.000,- EUR
MR26	SiBike-Planung, Softwareanpassung, Nachrüstung Radsignale; Ergänzung zum bereits geplanten Umbau	(ja)	3.000,- EUR
SUMME geschätzte Kosten Streckenabschnitt Nordstadt 18.000,- EUR			

LSA	Einzelmaßnahmen	SiBike kompatibel	Kostenschätzung
MR13	SiBike-Planung, Softwareanpassung, Nachrüstung Radsignale	ja	6.000,- EUR
MR16	SiBike-Planung, Softwareanpassung, Nachrüstung Radsignale; Ergänzung zum bereits geplanten Gerätetausch	Ja (nein)	3.000,- EUR (36.000,- EUR)*
MR14	SiBike-Planung, Softwareanpassung, Nachrüstung Radsignale; Ergänzung zum bereits geplanten Gerätetausch	Ja (nein)	3.000,- EUR (36.000,- EUR)*
MR22	SiBike-Planung, Softwareanpassung, Nachrüstung Radsignale; Ergänzung zum bereits geplanten Gerätetausch	Ja (nein)	3.000,- EUR (36.000,- EUR)*
MR24	Austausch Altgerät, VT-Planung SiBike-Anteil, Nachrüstung Radsignale	Ja (nein)	4.000,- EUR (9.000,- EUR)*
MR15	Austausch Altgerät, VT-Planung SiBike-Anteil, Nachrüstung Radsignale	Ja (nein)	4.000,- EUR (36.000,- EUR)*
SUMME gesch. Kosten Streckenabschnitt Schwanallee		23.000,-EUR	(159.000,-EUR)*

MR08	SiBike-Planung, Softwareanpassung, Nachrüstung Radsignale; Ergänzung zum bereits geplanten Umbau	ja	4.000,- EUR
MR07	SiBike-Planung, Softwareanpassung	ja	4.000,- EUR
MR06	Austausch Altgerät, VT-Planung SiBike-Anteil, Nachrüstung Radsignale	Ja (nein)	4.000,- EUR (35.000,- EUR)*
MR27	Austausch Altgerät, VT-Planung SiBike-Anteil, Nachrüstung Radsignale	Ja (nein)	3.000,- EUR (35.000,- EUR)*
SUMME geschätzte Kosten Streckenabschnitt Biegenstr.		15.000,- EUR	(78.000,- EUR)*

SUMME GESCHÄTZTE KOSTEN SiBIKE GESAMT	71.000,- EUR	(270.000,- EUR)*
--	---------------------	-------------------------

TABELLE(N) 12 (T1): ÜBERSICHT KOSTENSCHÄTZUNG SiBIKE, EIG. DARSTELLUNG

*Die Werte in Klammern gelten für den Fall, dass der Vorschlag zur Geräteerneuerung/Hochrüstung aus T1 Maßnahme 2 nicht umgesetzt wird und demzufolge für den Einsatz von SiBike keine Synergieeffekte entstehen.

Das bereits installierte SiBike-System auf dem Verkehrsrechner der Stadt Marburg ist auf eine Erweiterung vorbereitet. Die Einbindung von zusätzlichen Triggerlines für die Anmeldung der Radfahrer an weiteren Lichtsignalanlagen ist kostenneutral. Neue Hardwarekomponenten werden nicht benötigt.

Die Nutzung der SiBike-App ist für die Radfahrer kostenlos.

Für die Softwarewartung, die Weiterentwicklung der Software und den laufenden Serverbetrieb entstehen Kosten.

Die Tabelle 13 zeigt eine Kostenschätzung für den allgemeinen Kostenanteil des Systemausbaus. Die dargestellten Zahlen beziehen sich allein auf den Anteil von SiBike.

Systemteil	Kostenschätzung
zusätzliche Triggerlines	keine Kosten (in VT-Planung enthalten)
Nutzung SiBike-App (Anwender)	keine Kosten
Softwarepflege SiBike-App	1.500,- EUR p.A.
Betriebskosten SiBike-Server	1.500,- EUR p.A.
Betriebskostenanteil LSA'n	5.000,- EUR p.A.
SUMME geschätzte laufende Kosten SiBike	8.000,- EUR p.A.

TABELLE 13 (T1): ÜBERSICHT KOSTENSCHÄTZUNG ALLGEMEINE/ JÄHRLICHE KOSTEN SiBIKE, EIG. DARSTELLUNG

Zur Förderung kann der Dritte Aufruf zur Antragstellung gemäß der Förderrichtlinie „Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme“ vom 31.01.2018 verwendet werden. Die Anträge zur Förderung sind bis spätestens 31.08.2018 einzureichen. Das Kumulierungsverbot ist aufgehoben. Die Zuwendung wird in Form einer nicht rückzahlbaren Anteilsfinanzierung gewährt und bei der Bewilligung auf einen Höchstbetrag, entsprechend der anerkannten Ausgaben, begrenzt. Für eine Förderung aus diesem Aufruf stehen bis zu 350 Mio. € zur Verfügung. Es werden Vorhaben mit einer Laufzeit bis längstens 31.12.2020 gefördert. Die Bewilligungsbehörde entscheidet nach pflichtgemäßem Ermessen und unter Berücksichtigung der verfügbaren Haushaltsmittel im jeweiligen Einzelfall über die konkrete Förderhöhe bzw. -summe. Der Fördersatz beträgt grundsätzlich 50 Prozent (Basisfördersatz) der zuwendungsfähigen Ausgaben. Der Basisfördersatz kann erhöht werden, wenn es sich bei der antragsberechtigten Stadt oder Gemeinde um ein Gebiet mit einer geringen Wirtschaftskraft handelt. Ein Eigenmittelbetrag des Zuwendungsempfängers in Höhe von mindestens 10 Prozent der zuwendungsfähigen Ausgaben ist zu gewährleisten. Soweit neben der Förderung nach diesem Programm eine Ko-Finanzierung durch andere Fördermaßnahmen erfolgt, wird der Fördersatz des Bundes erforderlichenfalls so weit reduziert, dass es in Kombination mit den weiteren Fördermaßnahmen nicht zu einer Überförderung kommt und der Mindesteigenanteil des Zuwendungsempfängers in Höhe von 10 Prozent erhalten bleibt. Ersatzweise kann der Eigenmittelbetrag auch von den Ländern geleistet werden, wenn die antragsberechtigende Stadt oder Gemeinde Anordnungen im Rahmen eines Haushaltssicherungsverfahrens unterliegt.

Eine weitere Möglichkeit ergibt sich mit der "Förderung von nicht investiven Maßnahmen zur Umsetzung des Nationalen Radverkehrsplans, BMVI". Ziel ist es, die Verkehrsverhältnisse für den Radverkehr in Deutschland zu verbessern und eine nachhaltige Mobilität zu sichern. Frist für Anträge: 01.08.2018. Die Höhe der Förderung beträgt für alle nichtinvestiven Ausgaben bzw. Kosten

- für juristische Personen des öffentlichen Rechts bis zu 80% der zuwendungsfähigen Gesamtausgaben,
- für juristische Personen des privaten Rechts für Informations- und Kommunikations-kampagnen bis zu 80%, maximal 100.000 EUR je Förderjahr und für technische Innovationen, Forschungs- und Entwicklungsvorhaben nicht investiver Art, Machbarkeitsstudien und sonstige Vorhaben bis 50%, maximal 200.000 EUR je Förderjahr.

Die "Förderung der Nahmobilität" des Landes Hessen fördert investive Maßnahmen zur Erhöhung der Attraktivität und Verkehrssicherheit des Fuß- und Radverkehrs, Planungen und Konzepte sowie Öffentlichkeitsarbeit. Ziel ist die Stärkung der Nahmobilität zu Fuß und mit dem Rad im Sinne der Gleichberechtigung aller Verkehrsteilnehmer. Frist für Anträge: keine Angabe. Die Förderung erfolgt in Form eines Zuschusses. Die Höhe der Förderung beträgt grundsätzlich bis zu 70%, bei Vorhaben von besonderem Landesinteresse auch bis zu 80%, der zuwendungsfähigen Ausgaben. Im Fall von Gemeinden, Gemeindeverbänden und Zweckverbänden kann die Höhe der Förderung abhängig von der finanziellen Leistungsfähigkeit um 10% erhöht oder verringert werden. Die Bagatellgrenze liegt bei 20.000 EUR für investive Maßnahmen und bei 2.000 EUR für Planungsvorhaben und Öffentlichkeitsarbeit.

1.3.6 Handlungsempfehlungen und Prioritäten

Der Streckenabschnitt Erlenring ist durch den Einsatz als Pilotstrecke bereits mit allen nötigen Komponenten für den Einsatz von SiBike ausgerüstet. Auf eine Feinjustierung wurde aufgrund des Pilotcharakters bislang noch verzichtet. Es wird empfohlen, zunächst das bestehende erfolgreiche SiBike-Netz auf weitere Optimierungsmöglichkeiten für Radfahrer zu prüfen und mit den gesammelten Erfahrungen auf eine Systemerweiterung überzugehen. Vor dem Hintergrund der anstehenden Umgestaltung der Nordstadt erscheint es anschließend sinnvoll, zunächst diesen Teil mit SiBike zu erweitern.

In der Schwanallee steht die Erneuerung alter Steuergeräte an (MR16, MR32, MR14, MR22, MR24). Außerdem ist der Streckenzug aufgrund von Bildungseinrichtungen und Sportstätten radfahreraffin. Hinsichtlich verkehrstechnischer Planung und Umbau der Hardware ergeben sich Synergien, wenn SiBike bei der Umsetzung von Beginn an Berücksichtigt wird.

Die Prioritätenreihenfolge für eine schrittweise Ausweitung des SiBike-Systems wird aufgrund einer effizienteren Umsetzbarkeit eher durch die Faktoren Aufwand und Kosten bestimmt als durch die Bedeutung für die Radfahrer. Eine schrittweise Umsetzung ist jedoch nicht zwingend erforderlich. Eine parallele Umsetzung auf mehreren Streckenzügen ist ebenfalls denkbar.

Priorität	SiBike-Maßnahme	Kommentar
1	Erlenring	Pilotbestand, Feinjustierung
2	Nordstadt	Erweiterung im Zuge Umgestaltung Elisabethstraße
3	Schwanallee	Erweiterung im Zuge LSA- Steuergerätetausch und Ausbau Radwegenetz
4	Biegenstraße	Nachrüstung SiBike an MR27 und MR06 bei evtl. künftigen Steuergerätetausch; Nachrüstung SiBike an MR07 und MR08 in Abhängigkeit der künftigen Gestaltung des Rudolfsplatzes (derzeit noch offen)

TABELLE 14 (T1): PRIORITÄTEN MAßNAHME SiBIKE, EIG. DARSTELLUNG

Als zusätzliche Systemkomponente hat sich im Rahmen des Pilotprojektes ein einfeldiges Rückmeldesignal mit Radfahrersymbol in jeder beeinflussten Fahrtrichtung als hilfreich erwiesen. Es wird empfohlen, diese Praxis fortzuführen.

Die Umsetzung aller Maßnahmen ist bei entsprechender Vorbereitung und Abstimmung innerhalb 1 Jahr möglich.

1.3.7 Zusammenfassung

Steigerung Attraktivität des Radverkehrs durch:

- mobilfunkbasierte Lösung per App und GPS-Ortung, Blick auf Mobilgerät nicht erforderlich
- kostenlose Nutzbarkeit der App für die Verkehrsteilnehmer
- Möglichkeit des aktiven Eingreifens in die Lichtsignalsteuerung für den Radfahrer an Knotenpunkten
- direkte Rückmeldung über Sondersignale
- höheren Fahrkomfort durch weniger Halte
- Reisezeitgewinn für Radfahrer aufgrund Grünzeitbeeinflussung

Das Radfahren rückt durch Installation der Sondersignale und das Nutzungsprinzip per App noch weiter in den öffentlichen Fokus.

Zielgruppe Personen mit:

- Wegen zwischen 1km und 5km = 41% aller Wege
- Wegezweck Einkaufen und Freizeit = 70% aller MIV-Wege

Umsetzung:

- Feinjustierung bestehende Politstrecke für 6 Lichtsignalanlagen
- Verkehrstechnische Planung und Nachrüstung an 14 weiteren Anlagen auf Strecken mit hoher LSA-Dichte und Verbindungsfunktion für den Radverkehr
- Realisierung innerhalb 2 Jahren ab Bearbeitungsstart möglich

laufende Kosten:

8.000,- EUR p.a.

geschätzte Gesamtkosten einmalig:

71.000,- EUR bei Nutzung von Synergieeffekten mit Masterplan T1 Maßnahme 2

270.000,- EUR ohne Synergieeffekte mit T1 Maßnahme 2

1.4 T1_Maßnahme 4: Ausbau des Parkleitsystems

1.4.1 Ausgangslage

Die Stadt Marburg verfügt über ein bestehendes Parkleitsystem, das von der Stadtwerke Marburg GmbH betrieben wird. Mit dem System soll erreicht werden, dass sich der innerstädtische Parksuchverkehr verringert, die Auslastung der Stellplätze optimiert wird und Besucher und Kunden der Stadt über das Stellplatzangebot informiert werden.

Um diesem Ziel noch näher zu kommen und den positiven Effekt auf die Verkehrsverringern und Verkehrsverteilung zu erhöhen, wurde das Parkleitsystem zwischen 2015-2017 erweitert und erneuert.

Darüber hinaus sollen nun weitere Maßnahmen vorgeschlagen werden, die Verkehrsteilnehmer während und vor der Fahrt umfassender und genauer über die Lage der Stellplatzsituation am gewünschten Zielort zu informieren. Eine möglichst frühzeitige und umfassende Information über die Verhältnisse am Zielort soll dazu beitragen, vermeidbaren Parksuchverkehr noch weiter zu reduzieren.

Zusatz Begrifflichkeiten: Für Parkstände und Stellplätze wird im Folgenden einheitlich der Begriff Stellplatz verwendet, da er auf die meisten der behandelten Parkmöglichkeiten zutrifft.

1.4.1.1 Parkleitsystem Bestand

Derzeit existieren insgesamt 20 Standorte mit dynamischen und 2 mit statischen Parkwegweisern. Im Parkleitreechner werden die Daten der angeschlossenen Parkieranlagen gesammelt, aufbereitet und archiviert. Die Ansteuerung der einzelnen Parkwegweiser erfolgt zentral durch den Parkleitreechner. Die Lage der einzelnen Standorte sind der Anlage 1 zu entnehmen.



ABBILDUNG 15 (T1): Bsp. DARSTELLUNG PWW, STANDORT NR. 6³²

Nr.	Standort Nr.	Lage	Typ
1	1	Erlenring/Lingelgasse, vor der Weidenhäuserbrücke, FR Rudolphsplatz	dynamisch
2	2	Universitätsstraße, FR Wilhelmsplatz	dynamisch
3	3	Gutenbergstraße/Ecke Schulstraße	dynamisch
4	4	Universitätsstraße, Höhe Kaufhaus Ahrens, FR Rudolphsplatz	dynamisch
5	5	Erlenring, FR Rudolphsplatz, Höhe Universitätsbibliothek	dynamisch
6	6	Erlenring, FR Rudolphsplatz, Höhe Erlenringcenter	dynamisch
7	7	Erlenring, FR Rudolphsplatz, vor Feuerwache	dynamisch
8	8	Erlenring, FR B3, vor PH Marktdreieck	dynamisch
9	9	Biegenstraße 9, FR Nord	dynamisch
10	10	Bahnhofstraße 20, FR Elisabethkirche	dynamisch
11	11	Deutschhausstraße, FR Elisabethstraße	dynamisch
12	12	Ketzerbach	dynamisch
13	13	B3, FR Süd, vor der Ausfahrt Bahnhofstraße	dynamisch
14	14	B3, FR Süd, in der Ausfahrt Bahnhofstraße	dynamisch
15	18	B3, FR Nord, vor Abfahrt Marburg Süd	dynamisch
16	19	B3, FR Nord, vor Abfahrt Marburg Mitte	dynamisch
17	20	B3, FR Süd, vor Abfahrt Marburg Mitte	dynamisch
18	21	B3, FR Nord, Ausfahrt Marburg Mitte/Wilhelm-Röpke-Straße	dynamisch
19	22	Universitätsstraße 4, FR Rudolphsplatz	dynamisch
20	23	B3, FR Süd, in der Ausfahrt Bahnhofstraße	dynamisch
21	24	Wilhelm-Röpke-Straße/Kurt-Schumacher-Brücke	statisch
22	25	B3, FR Süd, in der Ausfahrt Marburg Mitte	statisch

TABELLE 15 (T1): STANDORTE PARKLEITSYSTEM, EIG. DARSTELLUNG

Folgende Parkieranlagen sind im PLS integriert:

- P1, Parkplatz Afföllerwiesen (280 Plätze) statische Anzeiger
- P2, Parkdeck Bahnhof (288 Plätze) dynamische Anzeiger
- P3, Parkhaus Furthstraße (204 Plätze) dynamische Anzeiger
- P6, Parkhaus Oberstadt (235 Plätze) dynamische Anzeiger
- P7, Parkhaus Lahncenter (168 Plätze) dynamische Anzeiger
- P9, Parkhaus Erlenringcenter (409 Plätze) dynamische Anzeiger
- P10, Parkplatz Universitätsbibliothek (280 Plätze) statische Anzeiger
- P11, Parkhaus Marktdreieck (280 Plätze) dynamische Anzeiger
- P12, Parkhaus Ahrens (225 Plätze) dynamische Anzeiger
- P14, Parkhaus City-Center (160 Plätze) dynamische Anzeiger

Die Darstellung in der Anlage 2 zeigt die Lage der aufgeführten Parkmöglichkeiten. Insgesamt werden mit dem Parkleitsystem 2529 Stellplätze verwaltet.

Für die PKW-Fahrer wird das Stellplatzangebot der Universitätsstadt Marburg bereits an der B3, sowohl von Süden (vor der Ausfahrt Marburg-Süd und vor der Ausfahrt Marburg-Mitte), als auch von Norden her kommend (vor der Ausfahrt Marburg-Bahnhofstraße und vor der Ausfahrt Marburg-Mitte), präsentiert. Damit wird bereits eine wichtige Verteilung auf die Stadtteile vorgenommen.

Sowohl für Ortskundige als auch Ortsunkundige liefert das System Informationen über den Namen und die aktuelle Auslastung der nächstgelegenen Parkmöglichkeiten sowie teilweise über weitere Parkmöglichkeiten und deren aktuelle Auslastungssituation über Sammelanzeigen.

1.4.1.2 Vernetzung nach außen

Das derzeit bestehende Parkleitsystem (PLS) setzt mit den Zielangaben auf den Parkwegweisern eine zumindest grobe Ortskenntnis voraus. Bei den Bewohnern der Stadt und bei den täglich etwa 25.000 Einpendlern kann das für einen großen Teil angenommen werden. Für Besucher der Stadt, wie z.B. Geschäftsreisende oder Touristen (ca. 370.000 Übernachtungen/Jahr)³³, trifft dies ggf. nicht im erforderlichen Maße zu. Darüber hinaus steht den Verkehrsteilnehmern systembedingt keine detaillierte Information über den Zustand aller Parkieranlagen zur Verfügung.

Um hier Abhilfe zu schaffen, wurde der Internetauftritt der Stadt Marburg bereits um die Belegungsanzeige der an das PLS angeschlossenen Parkbauten erweitert. Zusammen mit dem Hersteller des Parkleitsystems wurde eine Schnittstelle vom Parkleitreehner zum städtischen Server hergestellt. Der Datenaustausch erfolgt über eine XML-Datei, die im 5-Min-Intervall abgerufen wird. Die Anzeige auf der Webseite wird im gleichen Zeitabstand aktualisiert. Interessierte erhalten somit die Möglichkeit sich vor Fahrtantritt über die aktuelle Parkplatzsituation zu informieren.

³³ Quelle Universitätsstadt Marburg, Wirtschaftsstandort Marburg, Daten und Fakten, 2016

```

<Parkhaus>
<ID>1</ID>
<Name>Hauptbahnhof </Name>
<Gesamt>288</Gesamt>
<Aktuell>241</Aktuell>
<Frei>4</Frei>
<Trend>0</Trend>
<Status>OK</Status>
<Geschlossen>0</Geschlossen>
</Parkhaus>

```

ABBILDUNG 16 (T1): AUSZUG INHALT DATENSCHNITTSTELLE PLS-RECHNER UND WEB-SERVER MARBURG, EIG. DARSTELLUNG

Parkleitsystem Marburg

Die Anzeige wird automatisch alle 5 Minute aktualisiert. ([Info zur Anzeige](#))
 Stand: 21.06.2018 12:04:00

PARKHAUS	FREI	ROUTE	max. Einfahrtshöhe
Ahrens	18	Route	2,00 m
City - geschlossen	---	Route	2,00 m
Erlenring-Center	78	Route	2,00 m
Furthstraße	2	Route	2,00 m
Hauptbahnhof	80	Route	1,80 m
Lahncenter	32	Route	1,80 m
Marktdreieck	60	Route	2,00 m
Marktdreieck - Parkdeck	34	Route	2,00 m
Oberstadt	73	Route	1,80 m

Ein Service der [Universitätsstadt Marburg](#) und der [Stadtwerke Marburg](#)

ABBILDUNG 17 (T1): DARSTELLUNG VERFÜGBARE RESTPLÄTZE ³⁴

Auf diversen Internetportalen wie parkopedia.de, contipark.de, parkme.com oder mit Hilfe von verschiedenen Smartphone-Apps wie ADAC Parkinfo oder ParkMe, aber auch über die Info-Hotline der Stadtwerke Marburg können weitere Informationen zu den Parkmöglichkeiten in der Stadt abgerufen werden. Im Wesentlichen werden weitere Informationen zu Parkgebühren und Ausstattung der Parkieranlagen angeboten. Ein durchgängiger Bezug zwischen dem aktuellen Standort des Verkehrsteilnehmers, der aktuellen Auslastung der Parkierungseinrichtung und der Information zur Ausstattung existiert meist nicht. Die Aktualität der Angaben ist nur eingeschränkt gegeben. Sofern bspw. Informationen über den Auslastungsgrad oder die genaue Anzahl freier Plätze angeboten werden, stimmen die Informationen nicht mit der aktuellen Lage überein. Ein Zugriff auf die Daten des PLS kann nicht erfolgen. Die Informationen werden aus anderen Quellen bezogen. Bei zufällig gewählten Tests wurden beispielsweise für die Parkbauten Bahnhof und Furthstraße teilweise noch mehr als 50 freie Plätze auf parkme.com angezeigt. Tatsächlich waren jeweils aber nur noch weniger als 5 frei. In solchen Fällen würde in der gegenwärtigen Situation selbst eine Vorinformierung der Stellplatzsuchenden vermutlich zu unerwünschtem Parksuchverkehr führen.

³⁴ Quelle: www.marburg.de

1.4.2 Ausbau der Qualität der Informationsbereitstellung

Für eine umfassendere Information vor Fahrtantritt, müssen aktuell verschiedene Informationsquellen abgerufen werden. Dies setzt voraus, dass man die jeweiligen Quellen kennt und, im Falle einer App für mobile Endgeräte, auch bereit ist, diese zu nutzen. Ein weiteres Kriterium ist der schnelle und unkomplizierte Zugriff. Das gilt sowohl für Diejenigen, die einen Parkplatz suchen, als auch für die Betreiber, die die Informationen bereitstellen und ggf. Aktualisierungen des Angebots vornehmen wollen.

Die Stadt Marburg verfügt über einen leistungsfähigen Verkehrsrechner. Dieser dient aktuell im Wesentlichen dazu, die Lichtsignalanlagen und Verkehrszählstellen der Stadt zu administrieren. Grundsätzlich verfügt das System als Verkehrsmanagementzentrale über die Möglichkeiten, weitere Elemente der Verkehrsinfrastruktur anzubinden. Die Verwaltung von Parkdaten ist dabei Standard. Es erscheint sinnvoll, die verfügbaren Daten vom bestehenden Parkleitrechner per OCIT-C an den VSR als Verkehrsmanagementzentrale zu transferieren und die gesammelten Informationen von dort aus weiteren Medien und Schnittstellen zur Verfügung zu stellen.

1.4.2.1 Webseite

Erweiterungsmöglichkeiten für die bisherige Darstellung auf www.marburg.de:

- Gesamtdarstellung der Parkmöglichkeiten über interaktive Karte als Orientierungshilfe und für leichten Zugriff auf Zusatzinformationen
- zusätzliche Informationen zu: Adresse, Gesamtkapazität, Öffnungszeiten, Preise, Bezahlungsmöglichkeiten vor Ort, Service-Leistungen (Videoüberwacht, WC,...) Typ (Tiefgarage, Parkhaus, Parkplatz, Straßenrand), Foto des Einfahrtsbereiches und Innenansicht
- Stellplatzübersicht für eCars und Lademöglichkeiten (gesamt, freie Plätze), Reservierungsmöglichkeit
- Kontaktangaben für Ansprechpartner zur Parkierungsanlage: E-Mail, Telefonnummer für Auskünfte
- Link für Routenführung (existiert bereits, funktionierte bei Tests aber nicht immer fehlerfrei)

1.4.2.2 Schnittstelle zu Mobilitäts-Daten-Marktplatz

Der Mobilitäts Daten Marktplatz (MDM) ist ein zentrales Online-Portal, das Verkehrsdaten bereitgestellt. Durch den vereinfachten Datenaustausch mit Dritten sowie den Zugang für private Dienstleistungsanbieter eröffnen sich Möglichkeiten im Bereich des Verkehrsmanagements und weitere Serviceangebote.

Über den MDM können Daten zwischen allen Beteiligten – öffentliche Hand und private Dienstleister – ausgetauscht werden. Der Mobilitäts Daten Marktplatz wird bereits vom Bundeskartellamt für die Markttransparenzstelle für Kraftstoffpreise genutzt. Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) nutzt die Daten für ein bundesweites Baustelleninformationssystem.

Der MDM ist Teil des Innovationsprogramms der Bundesregierung und wird vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur gefördert. Die Projektsteuerung liegt bei der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt).³⁵

Der Verkehrsrechner stellt die Parkdaten (und ggf. weitere Informationen, wenn gewünscht) zentral für eine Publikation im MDM zur Verfügung. Der Datenabruf erfolgt gemäß dem Nutzerprinzip des MDM kostenfrei oder nach individuellen bilateralen Vereinbarungen zwischen dem Datenlieferanten und dem Dateninteressenten. Hersteller von Navigationssystemen (z.B. tomtom) oder Software-/Datendienstleister (z.B. Here [Partner u.a. Daimler AG, BMW AG, Volkswagen AG, Pioneer, Intel], Siemens/VMZ Berlin oder inrix) greifen bereits heute auf die Daten des MDM zu und entwickeln Lösungen wie umweltfreundliche Routenführungen für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor oder energiesparende Routenführung für Elektrofahrzeuge.

1.4.2.3 Sitraffic Messenger (virtuelle Schilder)

Der Sitraffic Messenger ist ein Siemens-Dienst für mobile Endgeräte und bietet aktuelle Stadt- und Verkehrsinformationen. In der Perspektive sind weitere Zielgeräte wie tragbare Navigationssysteme oder Fahrzeug- Bordrechner vorgesehen. Entsprechende Versuche laufen aktuell.

Die anzuzeigenden Informationen werden am Verkehrsrechner (Concert) erstellt und via Geofencing auf den mobilen Endgeräten ausgelöst. Grundlage für die Meldungen können Verkehrsinformationen aus dem Concert-Verkehrsrechner und externen Datenquellen wie Polizei, Wetterdienste oder Stadtverwaltung sein. Neben einer textuellen Ausgabe erfolgt auch eine Sprachausgabe der Meldung, sodass der Fahrer im geringstmöglichen Umfang von seiner Fahraufgabe abgelenkt wird.

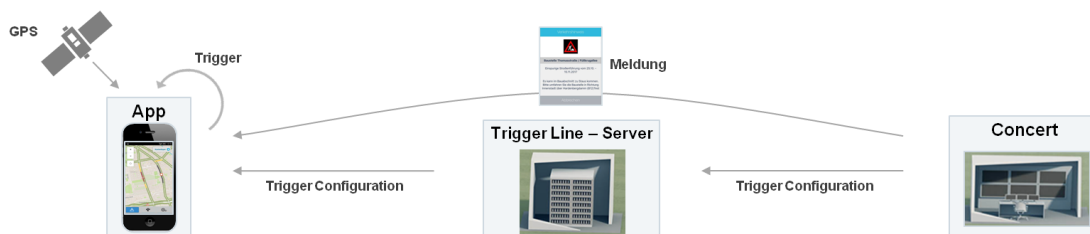


ABBILDUNG 18 (T1): FUNKTIONSWEISE SITRAFFIC MESSENGER³⁶

Sitraffic Messenger ergänzt herkömmliche statische Schilder sowie Wechselverkehrszeichen mit weitergehenden Informationen zum aktuellen und zukünftigen Verkehrsgeschehen.

³⁵ Quelle: www.mdm-portal.de

³⁶ Siemens Mobility GmbH

Die Erstellung der Meldungen folgt dabei nachstehender Informationsstrategie:

Allgemeine Hinweise

- Informationen zu nächstgelegenen Parkeinrichtungen (Verfügbarkeit Stellplätze, Routenführung)
- Hinweise zu Park + Ride Einrichtungen und ÖPNV Anbindung
- Schützenswerte Infrastrukturen (z.B. Schulen, Kindergärten)
- Geschwindigkeitsempfehlungen zur Grünen Welle
- Informationen für Elektrofahrzeuge (kostenfreies Parken, Position Ladestationen, etc.)
- Informationen zur aktuellen Feinstaubbelastung und Empfehlung zur Nutzung des ÖPNV

Routenführung/Reisezeiten

- Umleitungsempfehlung/Reisezeitinformationen
- Störungsinformation mit Verlustzeitangabe ohne Umleitungsempfehlung
- Umleitungsempfehlung/Reisezeitinformation regionale Netze
- Reisezeitservice POI (Parkeinrichtungen, Flughäfen, etc.)
- Baustellen
- Sperrungen (z.B. Brückenabbruch)
- Verkehrseinschränkungen (z.B. Wartungsarbeiten, Tunnelsperrungen)
- Bauarbeiten (Arbeitsstellen kürzerer und längerer Dauer)

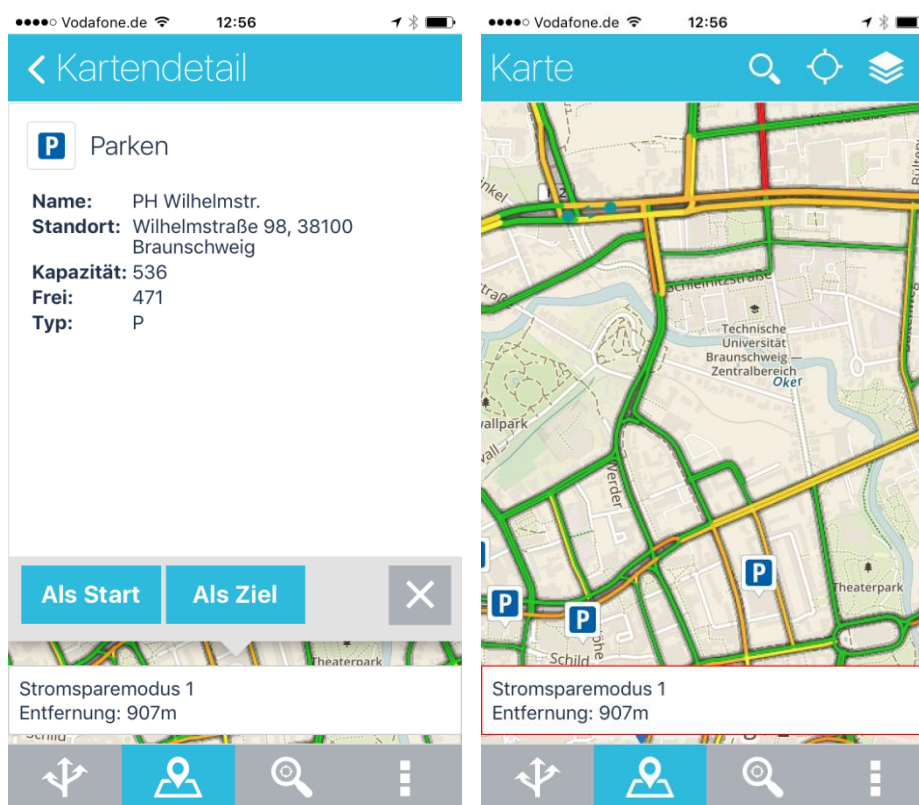
Ereignisse

- Unfälle
- Gefährliche Situationen (z.B. Mäharbeiten, Wartungsarbeiten, etc.)
- Großveranstaltungen (Messen, Marathon, Fußball, etc.)

Verkehrssicherheit

- Allgemeine Sicherheitshinweise
- Wetter (überflutete Straßen/Unterführungen, umgestürzte Bäume, etc.)
- Straßenzustand (Straßenschäden, verschmutzte Fahrbahn, etc.)
- Unfallschwerpunkte (gefährliche Ausfahrten, eingeschränkte Sichtverhältnisse, etc.)
- Brückendurchfahrtshöhen
- gefährliche Bahnübergänge (keine Schranken, etc.)

Die Anwendung bietet damit eine Fülle zusätzlicher Möglichkeiten, über die Virtualisierung des Parkleitsystems hinaus. Für den Anwendungsfall Parkwegweisung in Marburg werden die dynamischen Parkhausdaten aus dem Verkehrsrechner in die Oberfläche der Ziel-App integriert.

ABBILDUNG 19 (T1): SITRAFFIC MESSENGER Bsp. VERKEHRSMELDUNG³⁷ABBILDUNG 20 (T1): SITRAFFIC MESSENGER Bsp. PARKPLATZÜBERSICHT UND DETAILSTATUS³⁸

Die Software basiert auf den Mobilitäts- und Routingplattformen der VMZ Berlin (www.v mzberlin.com), die für den Produktivbetrieb von professionellen Verkehrsinformationszentralen und Mobilitätsdiensten ausgelegt sind. Aufgabe der Mobilitätsplattform ist die Anbindung der unterschiedlichen Schnittstellen und Bereitstellung der Dienste zur Routenplanung und Visualisierung (Routing und Anzeige LOS) im Internet und auf mobilen Endgeräten. Integraler Bestandteil der Mobilitätsplattform ist der WebMapService-Dienst zur Generierung von transparenten Bildern zur Visualisierung von Mobilitätsinformationen auf einer Karte. Zur Berechnung von Routen des motorisierten Individualverkehrs ist der dynamische Routenplaner der Firma tomtom angebunden. Das Routing wird initiiert durch Eingabe von Start- und Zieladresse oder durch Auswahl eines POI aus der Kartenansicht.

37 ebd.

38 Ebd.

1.4.3 Wirkungspotenziale und Realisierungsmöglichkeiten

Der Ausbau des Informationsgehaltes zur Parkplatzsituation auf der Webseite, die Möglichkeit zur Datenbereitstellung für externe Dienste sowie der innovative Einsatz von individuellen Verkehrsinformationen bis in das Fahrzeug hinein, sorgt für eine möglichst weite Verbreitung der Informationen bei den Verkehrsteilnehmern. Die Kenntnis über Ort und Status der Parkieranlagen über Internetdienste und die optimale Routenführung zum Ziel erweitert die Möglichkeiten zur Vermeidung und Beeinflussung des Parksuchverkehrs über die ortsfesten Anzeigen im Straßenraum hinaus.

Die Wegezwecke Einkaufen/Dienstleistung (ca. 30%) und Freizeit (ca.40%) machen den weitaus überwiegenden Teil der MIV-Fahrten in Marburg aus³⁹. Dies sind damit auch die beiden Gruppen, die potentiell den höchsten Anteil des Parksuchverkehrs ausmachen. Vermeidbarer Verkehr entsteht nur dann, wenn bei der Parksuchfahrt am Ende nicht sofort ein freier Stellplatz gefunden wird. Genaue Erhebungen zum Anteil des Parksuchverkehrs in der Stadt liegen nicht vor.

vor der Fahrt

Ergebnisse von Untersuchungen⁴⁰ zeigen, dass die persönliche Präferenz bei der Auswahl der angesteuerten Parkieranlage eine erhebliche Rolle spielt. Die meisten Verkehrsteilnehmer wissen bereits vor Fahrtantritt, welche Parkieranlage sie ansteuern. Die Kriterien für die Auswahl sind im Wesentlichen die Nähe zum eigentlichen Reiseziel und die Gewohnheit der Personen.

Die Verkehrsteilnehmer können sich mit den vorgeschlagenen Maßnahmen vor der Fahrt über dem Internetauftritt der Stadt Marburg über freie Stellplätze und weitere Kriterien, wie Lademöglichkeiten für e-Cars, vorhandene Aufzüge, Bezahlungsmöglichkeiten, WC usw., die für die Stellplatzsuche eine Rolle spielen können, informieren. Über die Anbindung an den Mobilitätsdatenmarktplatz wird der Zugriff für weitere Webportale aber auch für Mobilitätsanwendungssoftware für tragbare Geräte ermöglicht und damit der Anteil der gut informierten Verkehrsteilnehmer potenziell weiter erhöht. Volle, geschlossene oder hinsichtlich der technischen Eigenschaften ungeeignete Parkieranlagen werden nicht angesteuert und damit unnötiger Parksuchverkehr vermieden.

während der Fahrt

Ändert sich die Belegungssituation der angesteuerten Parkieranlage während der Fahrt oder erreicht ein bis dahin uninformerter Verkehrsteilnehmer den Standort, informieren derzeit die ortsfesten dynamischen Parkwegweiser über die aktuelle Situation. Sie bieten allerdings systembedingt nur eingeschränkt Alternativen und darüber hinaus keine Detailinformationen bzgl. zur Verkehrssituation auf der nachfolgenden Route, die Lage innerhalb des angesteuerten Zielgebietes oder zur Ausstattung der Parkieranlagen. Außerdem setzt die Beschilderung voraus, dass sich der Parksuchverkehr entlang der beschilderten Route bewegt.

Zusätzliche Lösungen wie Sitraffic Messenger oder per MDM-Daten gespeiste Navigationssysteme in Fahrzeugen bieten diese fehlenden Informationen und stellen dem Parkplatzsuchenden umfassende, individuelle Auskünfte zur Verfügung. Darüber hinaus können über virtuelle Schilder Informationen auch an derzeit noch nicht berücksichtigten Routen abgegeben werden, ohne weitere Kosten in der Infrastruktur zu verursachen.

³⁹ Quelle SrV2013

⁴⁰ Quelle: Wirksamkeit und Akzeptanz von PLS, TU , 2009

1.4.4 Kosten der Umsetzung und Förderung

Einzelmaßnahme	Kostenschätzung
Anbindung PLS mit Standard Schnittstelle (SOAP/XML / OCPI2); VSR-Modul zur Erfassung/Anbindung von Belegungsgrad und Betriebszustand von Parkierungseinrichtungen wie Parkleitsystemen, Parkmanagementsystemen	15.000,- EUR
Webservice-Interface zur Datenausgabe an einen Internet-Server	5.000,- EUR
SUMME Anbindung PLS an den VSR und Webservice-Interface	20.000,- EUR
Webservice-Interface zur <u>Datenausgabe</u> über SOAP/XML, Lizenzkosten Subsystem	5.000,- EUR
Hardware, Netzwerkeinrichtung	5.000,- EUR
SUMME Anbindung Mobilitäts Daten Marktplatz (MDM)	10.000,- EUR
Einrichtung Server VMZ, Einrichtung und Konfiguration VSR, einmalig	20.000,- EUR
kundenspezifische Anpassung/Implementierung Sitraffic Messenger-Oberfläche	49.000,- EUR
SUMME SiTraffic Messenger (Virtuelle Schilder)	69.000,- EUR
SUMME Gesamt	99.000,- EUR

Sitraffic Messenger Serverbetrieb und Support, laufend	15.000,- EUR p.a.
---	--------------------------

TABELLE 16 (T1): ÜBERSICHT KOSTENSCHÄTZUNG AUSBAU VERNETZUNG PARKLEITSYSTEM, EIG. DARSTELLUNG

Zur Förderung kann der Dritte Aufruf zur Antragstellung gemäß der Förderrichtlinie „Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme“ vom 31.01.2018 verwendet werden. Die Anträge zur Förderung sind bis spätestens 31.08.2018 einzureichen. Das Kumulierungsverbot ist aufgehoben. Die Zuwendung wird in Form einer nicht rückzahlbaren Anteilsfinanzierung gewährt und bei der Bewilligung auf einen Höchstbetrag, entsprechend der anerkannten Ausgaben, begrenzt. Für eine Förderung aus diesem Aufruf stehen bis zu 350 Mio. € zur Verfügung. Es werden Vorhaben mit einer Laufzeit bis längstens 31.12.2020 gefördert. Die Bewilligungsbehörde entscheidet nach pflichtgemäßem Ermessen und unter Berücksichtigung der verfügbaren Haushaltsmittel im jeweiligen Einzelfall über die konkrete Förderhöhe bzw. -summe. Der Fördersatz beträgt grundsätzlich 50 Prozent (Basisfördersatz) der zuwendungsfähigen Ausgaben. Der Basisfördersatz kann erhöht werden, wenn es sich bei der antragsberechtigten Stadt oder Gemeinde um ein Gebiet mit einer geringen Wirtschaftskraft handelt. Ein Eigenmittelbetrag des Zuwendungsempfängers in Höhe von mindestens 10 Prozent der zuwendungsfähigen Ausgaben ist zu gewährleisten. Soweit neben der Förderung nach diesem Programm eine Ko-Finanzierung durch andere Fördermaßnahmen erfolgt, wird der Fördersatz des Bundes erforderlichenfalls so weit reduziert, dass es in Kombination mit den weiteren Fördermaßnahmen nicht zu einer Überförderung kommt und der Mindesteigenanteil des Zuwendungsempfängers in Höhe von 10 Prozent erhalten bleibt. Ersatzweise kann der Eigenmittelbetrag auch von den Ländern geleistet werden, wenn die

antragsberechtigte Stadt oder Gemeinde Anordnungen im Rahmen eines Haushaltssicherungsverfahrens unterliegt.

1.4.5 Handlungsempfehlungen und Prioritäten

Basis für die breitere Verteilung von Verkehrsinformationen ist die zusätzliche Vernetzung der Systeme untereinander. Die Zusammenführung von Verkehrsinformationen am vorhandenen Verkehrsrechner der Stadt bietet die Möglichkeit, über eine zentrale Stelle auf die Daten zuzugreifen und sie von dort aus weiterverteilen zu können. Daher wird die folgende Vorgehensweise empfohlen.

Priorität	Maßnahme	Kommentar
1	Anbindung PLS an den VSR (Verkehrsmanagementsystem) der Stadt	Datenquelle: Parkleitrechner Datenziel: VSR
2	Erweiterung Informationsangebot zur Parkplatzsituation und Details zu den Parkmöglichkeiten gem. Abschnitt 1.4.2.1	Datenquelle: VSR Datenziel: marburg.de
3	Einrichtung Schnittstelle und Bereitstellung der Parkdaten für den MDM	Datenquelle: VSR Datenziel: MDM (angeschlossene Webdienste, Navigationsgeräte)
4	Einrichtung und Umsetzung der Verkehrsanwendung Sitraffic Messenger	Datenquelle: VSR Datenziel: Applikation für mobile Endgeräte mit GSP über Mobilfunk

TABELLE 17 (T1): PRIORITÄRE MAßNAHMEN AUSBAU VERNETZUNG PARKLEITSYSTEM, EIG. DARSTELLUNG

1.4.6 Zusammenfassung

Optimierung der Wirkung des bestehenden Parkleitsystems durch weitere Verbreitung der Parkplatzinformationen mit Hilfe:

- der Anbindung des Parkleitrechners an die Verkehrsmanagementzentrale und Vernetzung der Systeme
- des Ausbaus bzgl. Layout und Informationsvielfalt der Parkplatzinformation auf www.marburg.de
- der Anbindung der Verkehrsmanagementzentrale an den Mobilitäts-Daten-Marktplatz (MDM) der BAST zur Datenbereitstellung für weitere Webdienste und Navigationssysteme
- Bereitstellung und Einrichtung der Mobilitäts-Dienst Sitraffic Messenger für Stellplatzinformationen und der Möglichkeit zur virtuellen Erweiterung des PLS sowie Bereitstellung weiterer Verkehrsinformationen über konfigurierbare Nachrichten

Zielgruppe Personen:

- mit Wegezweck Einkaufen und Freizeit = 70% aller MIV-Wege
- Besucher/Touristen

Umsetzung:

- Anbindung PLS an den vorhandenen Verkehrsrechner (Verkehrsmanagementsystem) der Stadt
- Erweiterung Informationsangebot zur Parkplatzsituation und Details zu den Parkmöglichkeiten gem. Abschnitt 1.4.2.1 auf der Webseite der Stadt Marburg
- Einrichtung Schnittstelle und Bereitstellung der Parkdaten für den MDM
- Einrichtung und Umsetzung der Verkehrsanwendung Sitraffic Messenger
- individuelle Anpassung Sitraffic Messenger nach Kundenwunsch und Ziel-App
- Realisierung innerhalb 1 Jahr ab Bearbeitungsstart möglich

geschätzte Gesamtkosten einmalig:

99.000.-EUR

laufende Kosten Serverbetrieb und Support:

15.000.-EUR p.a.

1.5 T1: Wirkungsdimension der Umsetzbarkeit

Maßnahme	Umsetzbarkeit	Wirkungsentfaltung		
		1 Jahr	> 1 – 2 Jahre	> 2 – 3 Jahre
dyn. Fahrgast- informationsanzeiger	+++	+	++	+++
ÖV- Beschleunigung	+	+	+++	+++
SiBike	+++	+	+++	+++
Vernetzung Parkleitsystem, Verkehrsinformationen	++	+++	+++	+++

TABELLE 18 (T1): WIRKUNGSDIMENSION DER UMSETZBARKEIT ALLER MAßNAHMEN, EIG. DARSTELLUNG

+++ volle Wirkung/ keine Umsetzungshindernisse

++ deutliche Wirkung/ wenig Umsetzungshindernisse (techn. Absprachen zwischen beteiligten Partnern erforderlich)

+ punktuell wahrnehmbare Wirkung/ überwindbare Umsetzungshindernisse (Herstellung Systemkompatibilität Hardware/Software zwischen beteiligten Partnern erforderlich)

Die Wirkung der vorgeschlagenen Maßnahmen tritt bei allen Teilbereichen sofort mit dem Beginn der Umsetzung ein und erhöht sich sukzessive mit zunehmender Erreichung der vollen Umsetzung.

2 Teilplan 2 (T2) – Intelligente vernetzte Mobilitätsdienste

2.1 T2a_ Fahrradverleih – Bike-Sharing: Ausgangssituation

Die Bereitschaft zur Nutzung des Öffentlichen Verkehrs ist in Marburg hoch und fast auf dem Niveau südhessischer Großstädte⁴¹. Dennoch kann das öffentliche Verkehrsangebot – typisch für eine Mittelstadt - nicht alle Verkehrsbedürfnisse abdecken. Zum Beispiel

- bietet das radiale ÖV-Netz unattraktive Fahrzeiten auf Tangentialverbindungen⁴²,
- passen Taktdichten von 30 min oder 60 min nicht immer zu Anschlussverbindungen oder Anfangszeiten von Arbeit, Ausbildung oder Erledigungen⁴³,
- ist die Mitnahme von Fahrrädern zeitlich und kapazitativ beschränkt⁴⁴,
- erfüllen die Bedienzeiten (kein Angebot zwischen 00:30 und 05:00 Uhr) nicht alle Anforderungen z. B. von Schichtarbeitern oder Studenten.

Für ein umfassendes Mobilitätsangebot des Umweltverbundes sind Sharing-Angebote daher ein wichtiger Baustein: Sie sind spontan nutzbar, ermöglichen multimodale Wegeketten und ergänzen so das Angebot des ÖPNV sowie die Nutzung eigener Fahrräder und Fußwege. Dabei geht ihre Wirkung weit über die unmittelbare Nutzung hinaus:

- Wer wegen des Sharing-Angebots keinen eigenen Pkw bzw. Zweitwagen benötigt, legt insgesamt größere Anteile seiner Wege mit dem Umweltverbund zurück.
- Die eingesparte Pkw-Fahrleistung ist daher erheblich größer als die unmittelbar mit dem Sharing-System zurückgelegte Verkehrsleistung.

Voraussetzung ist, dass die Sharing-Angebote auch auf Personengruppen ausgerichtet sind, für die ein eigener Pkw in Frage käme („aufgeschlossene Wahlfreie“).

Die Nutzung der bestehenden Sharing-Angebote in Marburg ist bereits sehr hoch. Allein im Monat Mai 2018 gab es mit über 28 Tsd. Fahrrad- und 1,5 Tsd. Pkw-Ausleihen annähernd 0,4 Sharing-Nutzungen pro Einwohner.

Jedoch entfallen beim Bike-Sharing über 90% der Nutzungen auf Studenten, deren erste Ausleihstunde im Semesterbeitrag inkludiert ist und die auch über ein Semesterticket für den ÖPNV verfügen, welches die Pkw-Nutzung bereits begrenzt, so dass insgesamt fraglich ist, inwieweit die derzeitige Sharing-Nutzung zu einer Netto-Reduktion von NOx-Emissionen beiträgt.

Das Carsharing-System wird von der Stadtverwaltung durch eine Grundlast unterstützt. 11% der Nutzungen auf Dienstfahrten, für welche die bevorzugte Sharing-Nutzung (statt des städtischen Fuhrparks) über eine Dienstreiseverordnung vorgegeben ist,

Die gute Grundlast bietet eine Chance, die etablierten Systeme mit Fokus auf neue und bislang Pkw-affine Zielgruppen auszubauen und damit einen signifikanten Beitrag zur NOx-Minderung in Marburg zu leisten.

41 Vgl. König, Carmen; Schubert, Susanne. Mobilität in Städten SrV 2013 – Ausgewählte Ergebnisse für das RMV-Gebiet. Bericht Marburg. September 2015.

42 Vgl. Klöppinger, Max; Kyrieleis, Stephan; Meinhard, Raphael; Müller, Alex (IG Dreieich Bahn GmbH): Nahverkehrsplan für die Universitätsstadt Marburg 2016-2021. Dreieich und Marburg 2016. S.107.

43 Vgl. ebd.

44 max. 2 Fahrräder pro Bus mit Ausschlusszeiten Mo-Fr 6 -9 Uhr und 16-18 Uhr, in Midi-Bussen (Linien 10, 16, 20) ganztägig

2.2 T2a_Fahrradverleih – Bike-sharing: Maßnahme 1 Ausbau Sharingangebot für Fahrräder

Der Erfolg eines Bike-Sharing-Angebots ist von drei Rahmenbedingungen abhängig:

- Offenheit der Bevölkerung im Einzugsbereich gegenüber Sharing-Systemen,
- Fahrradfreundlichkeit der Stadt und
- Angebots-Parameter des Sharing-Systems.

Diese Erfolgsfaktoren sollen nachfolgend für Marburg untersucht werden, um zusätzlich generierbare Potenziale für das Sharing-System und Maßnahmen zu deren Mobilisierung aufzuzeigen.

Sharing-Affinität der Bevölkerung

Analyse

Die Offenheit der potenziellen Kundinnen und Kunden im Einzugsbereich gegenüber Sharing-Systemen ist u. a. abhängig von sozio-ökonomischen Strukturen und Einstellungsmustern.

In Marburg werden die Sharing-Systeme – insbesondere das Bike-Sharing – derzeit überwiegend von Studenten genutzt. Diese stellen mit 36 % der Bevölkerung⁴⁵ einen vergleichsweise hohen Anteil der Bevölkerung und wohnen überwiegend in den innenstadtnahen Vierteln Marburgs⁴⁶, auf die sich auch das Bike-Sharing-Angebot fokussiert.

Potenziale

Während das Potenzial zur Substitution von NOx-Belastungen aus dem Pkw-Verkehr durch Bike-Sharing bei Studenten aufgrund der bereits hohen Marktdurchdringung und der unterdurchschnittlichen Pkw-Nutzung begrenzt ist, bietet eine stärkere Verankerung der Sharing-Nutzung in nachfolgenden Lebensphasen eine besondere Chance für eine nachhaltige Entwicklung, da diese Bevölkerungsgruppen in der Regel länger in Marburg wohnen bleiben und einmal eingeübte Nutzungsroutinen längerfristig vor Ort leben.

Das Nutzerpotenzial in der Altersgruppe mit der nach Forschungsergebnissen⁴⁷ größten Sharing-Affinität (30-49-Jährige) ist noch unzureichend erschlossen. Auch über 50-Jährige weisen eine Sharing-Affinität auf, die mit dem Studentenalter vergleichbar ist (vgl. Abbildung 21 (T2a): Analyse der Nutzerpotenziale).

⁴⁵ Die Stadt Marburg hat 26.355 Studierende (Stand: 10.11.2017). Quelle: Studierendenstatistik Wintersemester 2017/2018.

⁴⁶ Vgl. Klöppinger, Max; Kyrieleis, Stephan; Moritz, David (IG Dreieichbahn GmbH): Nahverkehrsplan für den Landkreis Marburg-Biedenkopf 2018-2022. Dreieich und Marburg 2018. S.30.

⁴⁷ Vgl. Anschütz, Maria LL.M.; Hentschel, Anja; Mucha, Elena; Roßnagel, Alexander; Sommer, Carsten (2016): Umwelt- und Kostenvorteile ausgewählter innovativer Mobilitäts- und Verkehrskonzepte im städtischen Personenverkehr. Umweltbundesamt (Hg.). Dessau-Roßlau.

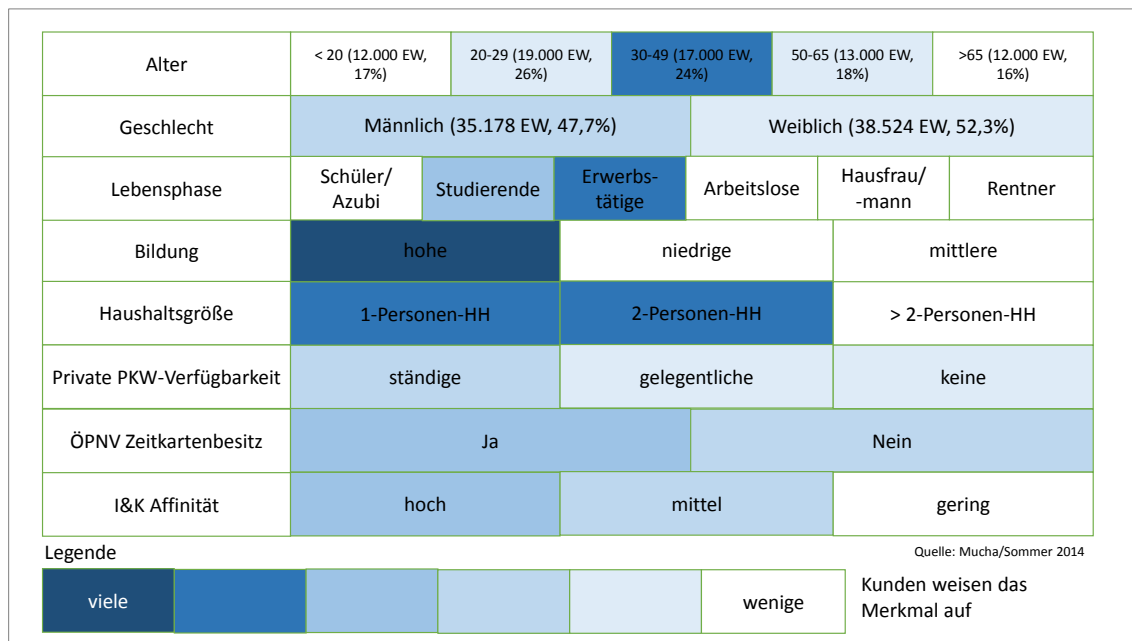


ABBILDUNG 21 (T2a): ANALYSE DER NUTZERPOTENZIALE 48

Fahrrad-Affinität der Stadt

Analyse

Marburg ist zwischen zwei Höhenzügen im Lahntal gelegen.

In Nord-Süd-Richtung verlaufen Siedlungsachsen mit geringen Steigungen im Taleinschnitt, die mit dem Fahrrad leicht zu bewältigen sind. Auf dieser Relation liegen zahlreiche Bevölkerungsschwerpunkte:

- Südviertel: 7,2 Tsd. Einw./ 9,7 %
- Cappel: 6,9 Tsd. Einw./ 9,4 %
- Nordviertel: 4,3 Tsd. Einw./ 5,9 %
- Wehrda: 5,7 Tsd. Einw./ 7,8 %
- Altstadt: 3,9 Tsd. Einw./ 5,3 %.

In Ost-West-Richtung z. B. auf die Lahnberge oder in die Stadtteile Marbach, Wehrshausen oder Ockershausen sind über längere Strecken Steigungen von 3 - 5% zu bewältigen, die zumindest für ungeübte Radfahrer eine Herausforderung darstellen. In Stadtteilen an den Hanglagen befinden sich signifikante weitere Nachfragepotenziale:

- Oberer Richtsberg 5,8 Tsd. Einw./ 7,9%
- Hansenhaus: 5,0 Tsd. Einw./ 6,8 %
- Ockershausen: 4,5 Tsd. Einw./ 6,1 %
- Marbach: 3,2 Tsd. Einw./ 4,4 %.

Für potenziellen Sharing-Bedarf relevante Zielgebiete sind – neben der bereits erschlossenen Innenstadt als Standort von Einzelhandels- und Dienstleistungsbetrieben

- Gewerbestandorte in Görzhausen und Marbach (Pharma- und Medizintechnik), im Stadtteil Cappel sowie entlang der Gisselberger Straße und in Wehrda,
- Einrichtungen der Philipps-Universität in der Innenstadt und im Lahntal (Wilhelm-Röpke-Straße) und insbesondere
- die Universitätseinrichtungen und das Universitätsklinikum auf den Lahnbergen.

Im ADFC-Fahrradklimatest 2016 konnte die Stadt Marburg erhebliche Verbesserungen der Bewertung gegenüber dem Test von 2014 erzielen, die unter anderem auf den Ausbau der Infrastruktur für den Radverkehr zurückgeführt werden können.

Potenziale

Zahlreiche Quelle/Ziel-Beziehungen befinden sich in bis zu 2 km Luftlinienentfernung (Abb. 22). Die realen Wege sind in der Regel nicht länger als 3-4 km und sind damit – auch für ungeübte Nutzer – gut mit dem Fahrrad zu bewältigen.

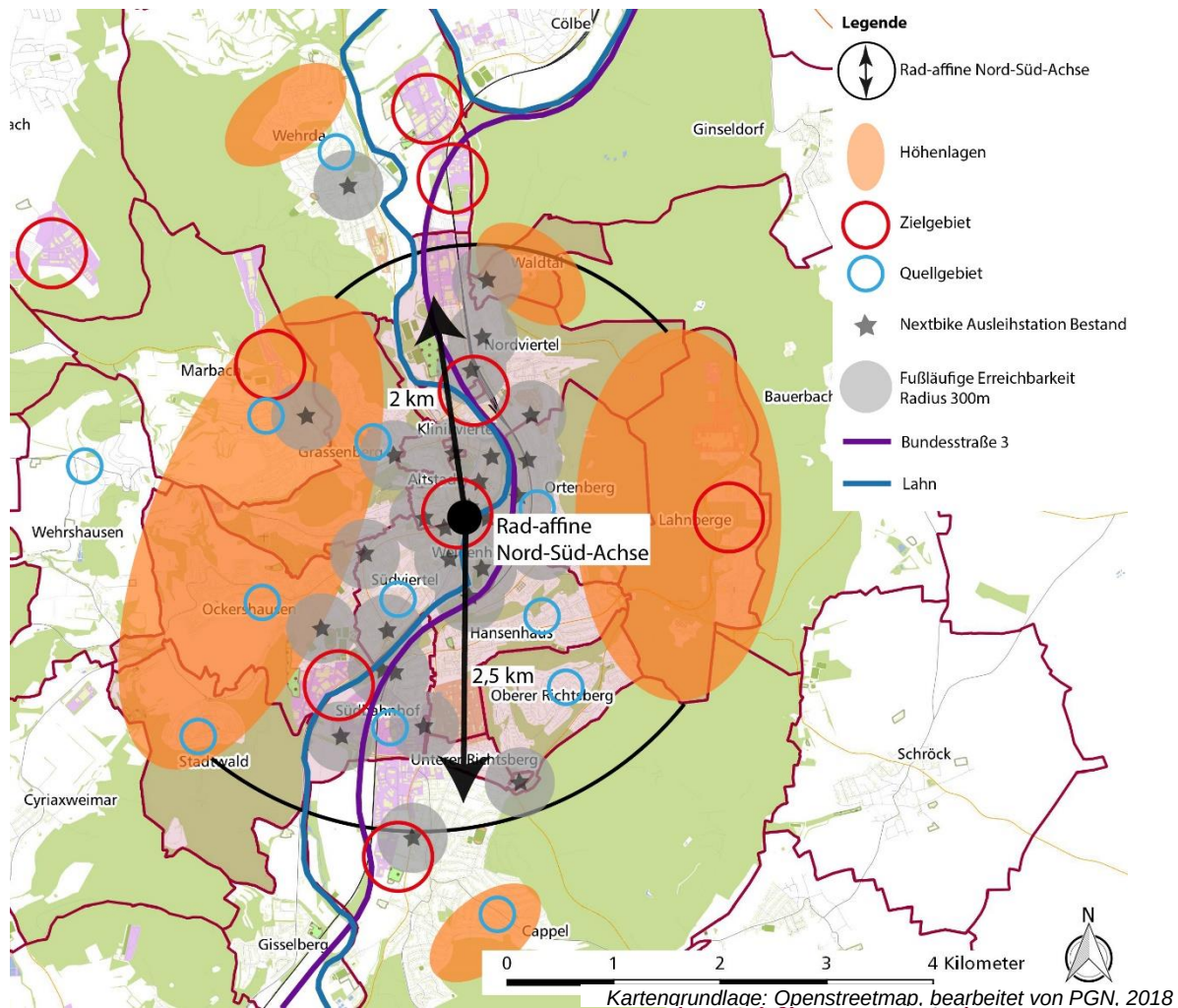


ABBILDUNG 22 (T2A): QUELL/ZIELGEBIETE UND RADAFFINITÄT

Bike-Sharing ermöglicht mindestens auf diesen Relationen multimodale Optimierungen wie eine Fahrradnutzung in eine Richtung und ÖPNV-Nutzung in der Gegenrichtung. Damit wird die Nutzung des Umweltverbundes flexibler. Beispiele:

- mit dem Rad zum Einkaufen und Einkäufe mit dem Bus zurück transportieren,
- mit dem Bus in die Stadt, nach Ende der Betriebszeit oder bei abends ausgedünnten Takten mit dem Rad zurück.

Die Fahrzeit mit dem Fahrrad ist auf vielen Verbindungen attraktiv, da keine Parkplatzsuchzeiten anfallen oder Fahrplanbindungen bestehen (Abb. 23).

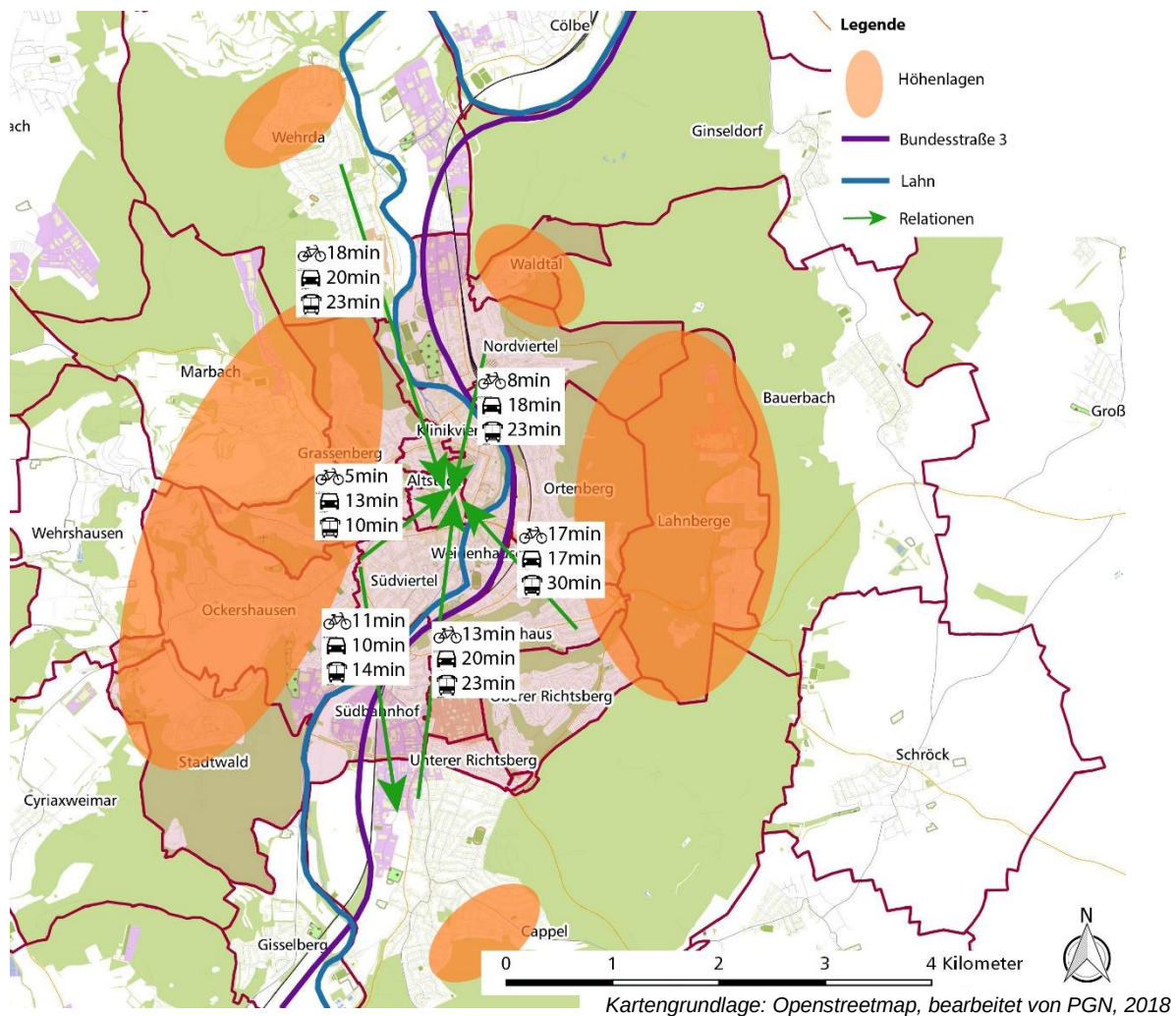


ABBILDUNG 23 (T2a): FAHRZEITVERGLEICH RAD/ ÖPNV/ MIV AUF AUSGEWÄHLTEN RELATIONEN (PGN 2018)⁴⁹

In Abb. 23 sind ausgewählte Relationen dargestellt. Eine vollständige Reisezeitmatrix ist in der Anlage 3 (T2a) beigefügt.

⁴⁹ Rad + MIV: nach Google Maps (MIV + 0-10 min angenommener Parkplatzsuchzeit im Zielgebiet)

Angebots-Parameter des Sharing-Systems

Ein Bike-Sharing in Marburg wurde im Jahr 2015 mit dem Anbieter Call-a-Bike (Deutsche Bahn) eingeführt. Seit 2017 betreibt Nextbike das System mit 29 Ausleihstationen.

Diese befinden sich überwiegend in den inneren Stadtteilen und an wichtigen Umsteigeorten wie dem Bahnhof oder dem Südbahnhof. Zwei von Call-a-bike angebotene Stationen auf den Lahnbergen (Universität, Klinikum) wurden wegen asymmetrischer Ausleihen (überwiegend für Talfahrten) und daraus resultierendem Rücktransportbedarf der Mieträder nicht weiter betrieben.

Nextbike bietet in Marburg derzeit 250 Fahrräder an. Davon werden 150 über den Vertrag mit dem Asta der Universität bereitgestellt und weitere 100 Räder (davon 50 als temporäre Aufstockung) über eine Finanzierung der Stadt.

Der Schwerpunkt der Nutzung liegt in der Innenstadt und den nördlichen Stadtteilen in der städtischen Tallage (Abb. 24).

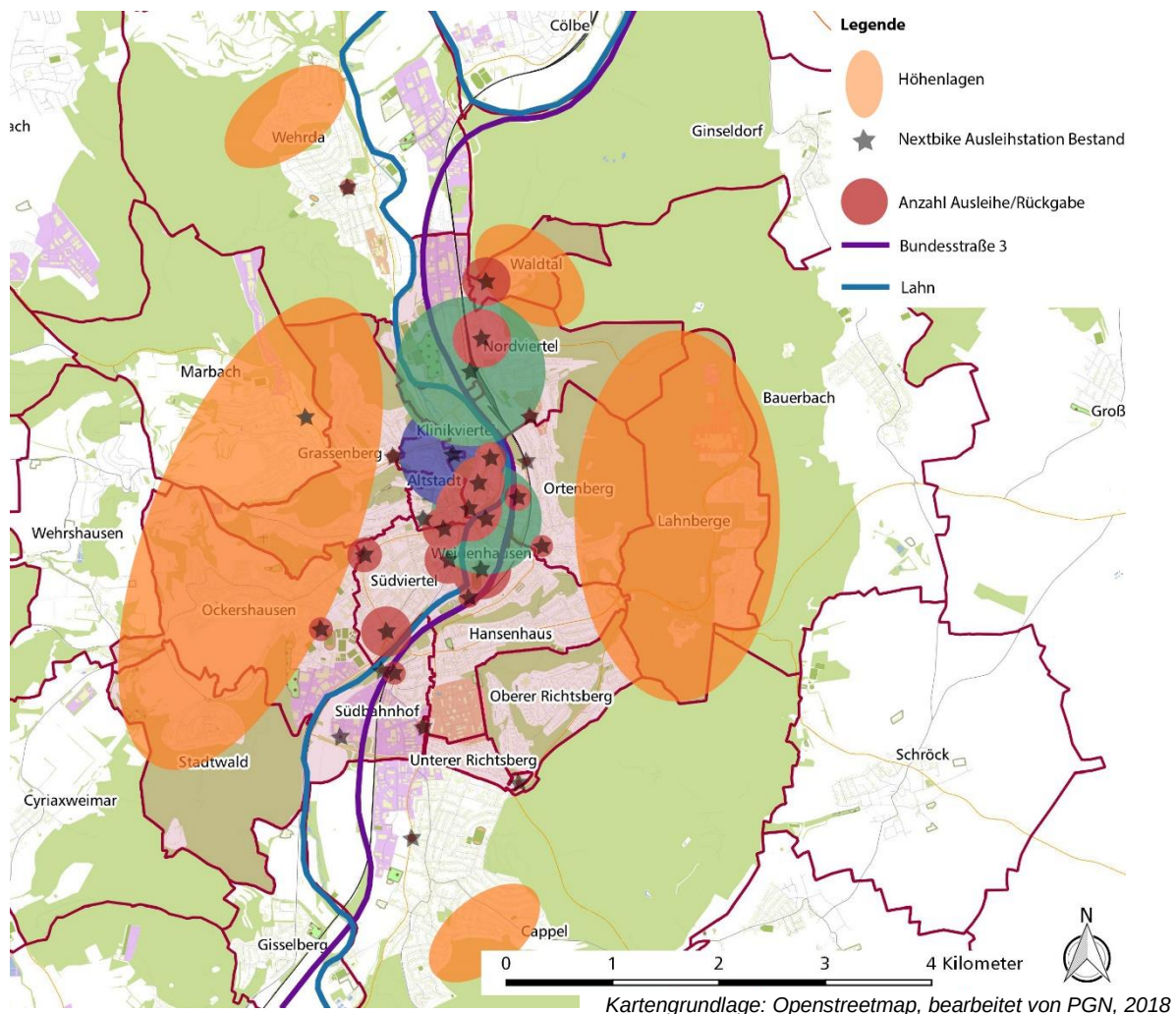


ABBILDUNG 24 (T2A): NEXTBIKE-STATIONEN MIT BELASTUNG

Kreisgröße proportional zu Anzahl Ausleihe/Rückgabe

Für Studenten der Marburger Universität ist die jeweils erste Stunde pro Verleihvorgang im Semesterbeitrag inkludiert. Auf diese Nutzergruppe entfallen über 90% der Verleihvorgänge.

Andere Nutzer können diese Option für eine Jahrespauschale von 48 € erwerben. Ansonsten kostet die erste und jede weiteren 30 min 1 €.

Als Ausgleich für baubedingte Verkehrsbehinderungen im Innenstadtbereich bietet die Stadt Marburg ihren Bürgern seit dem 01.03.2018 ein Kontingent von 24 Tsd. Freifahrten à 30 min an.

Bei längeren Ausleihen fallen Gebühren in Höhe von max. 9 € pro Tag an. Der überwiegende Teil der Ausleihen ist jedoch auf kurze Zeiträume begrenzt (Abb. 25).

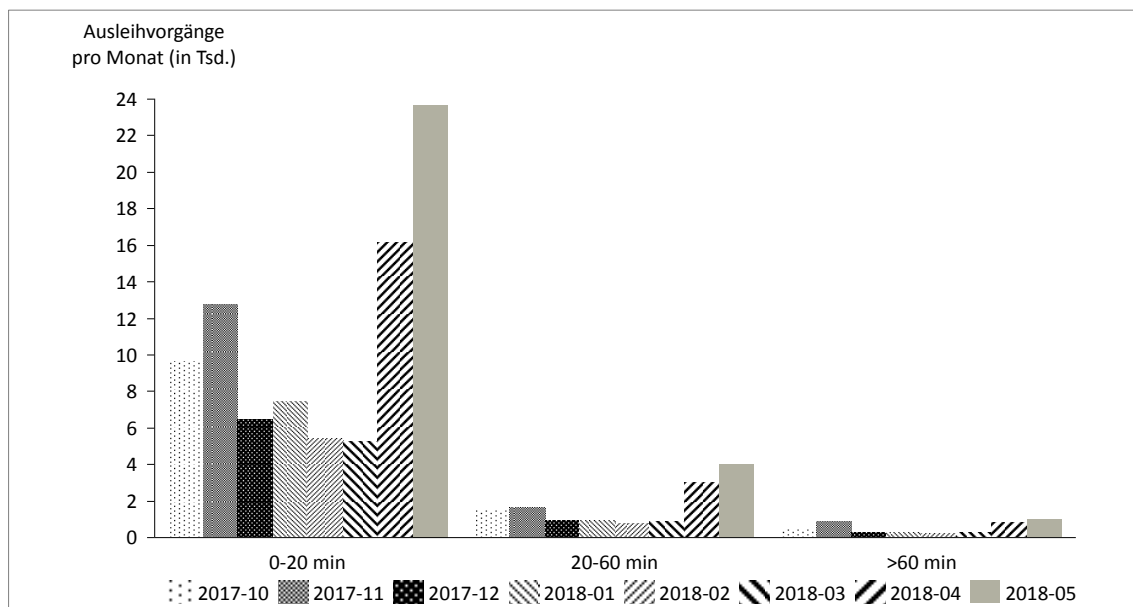


ABBILDUNG 25 (T2A): VERTEILUNG DER AUSLEIHVORGÄNGE BEIM BIKE-SHARING IN MARBURG NACH AUSLEIHDAUER, EIG. DARSTELLUNG

Aus diesen Analysen resultierende Handlungsansätze werden im Zusammenhang mit den Maßnahmen 2 und 3 des Teilprojekts 2a in Kap. 2.5 zusammenfassend dargestellt.

2.3 T2a_Fahrradverleih – Bike-Sharing: Maßnahme 2 Integration von Elektrofahrrädern

Analyse

Elektrofahrräder gibt es in verschiedenen Varianten:

- Pedelecs (Tretunterstützung bis 25 km/h)
- S-Pedelecs (Tretunterstützung bis 45 km/h) sowie
- E-Bikes mit einem tretunabhängigen Zusatzantrieb bis 25 km/h bzw 45 km/h.

Für die Integration in das Sharing-System werden ausschließlich Pedelecs vorgesehen, da die Nutzung von S-Pedelecs und E-Bikes höhere Voraussetzungen an die Nutzer (Führerschein) und Haftungsrisiken für den Verleiher stellt.

Pedelecs wurden bundesweit bislang erst in begrenztem Umfang in Sharing-Systeme integriert, z. B. in Stuttgart (e-call a bike, Aachen (Velocity) und Berlin (BeMobility), da die technischen und organisatorischen Herausforderungen u. a. für den Aufbau der Ladeinfrastruktur erheblich höher sind als beim Verleih konventioneller Fahrräder.

In Marburg bestehen seit 2009 Erfahrungen mit einem touristisch orientierten Konzept. Aktuell können Elektrofahrräder saisonal an einer personenbedienten Station ausgeliehen werden.

Nach einer aktuellen Markterkundung der Stadt Marburg sind mehrere Verleihanbieter interessiert, Sharing-Systeme mit Pedelecs auch für die Alltagsmobilität aufzubauen.

Potenziale

Mit Elektrofahrrädern (Pedelecs) kann der Einzugsbereich des Bike-Sharing-Systems erweitert werden (Abb. 26):

- auf der relativ ebenen Nord-Süd-Achse auf größeren Entfernungen zu den äußeren Stadtteilen (Cappel, Wehrda) und
- auf den steigungsreichen Ost-West-Achsen zur Erschließung von Zielgebieten in den Höhenlagen (Lahnberge, Marbach, Görzhausen).

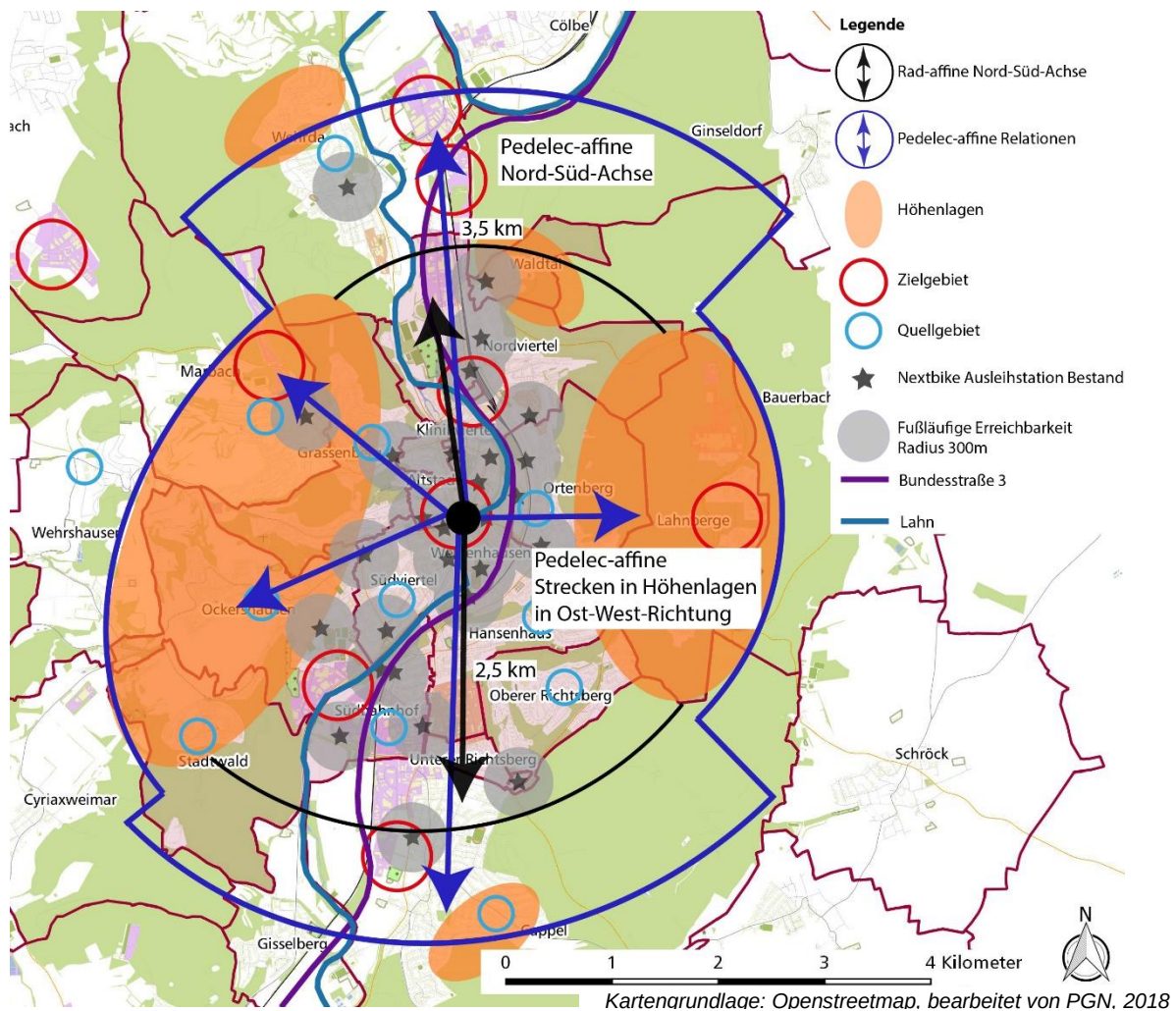


ABBILDUNG 26 (T2A): PEDELEC AFFINE RELATIONEN

Dadurch wird das Nutzerpotenzial des Sharing-Systems erheblich vergrößert.

Aus diesen Analysen resultierende Konzepte werden im Zusammenhang mit den Maßnahmen 1 und 3 des Teilprojekts 2a in Kap. 2.5 zusammenfassend dargestellt.

2.4 T2a_Fahrradverleih – Bike-Sharing: Maßnahme 3 Integration Elektro-Lastenräder in das Sharing-Angebot

Analyse

Transporträder sind Spezialräder, die im öffentlichen Verleihbetrieb Zuladungen bis ca. 100 kg ermöglichen. Sie eignen sich neben dem Transport von Lasten auch für die Mitnahme von Kindern⁵⁰.

Mit der Integration in das Fahrradverleihsystem werden zwei Ziele verfolgt:

- Einsatzzwecke und Nutzerpotenziale für das System erweitern
- Wahrnehmung des Systems steigern durch den hohen Aufmerksamkeitswert von Transporträdern im öffentlichen Straßenraum.

Am Markt angeboten werden einspurige und „mehrspurige“ (dreirädrige) Transporträder mit und ohne E- Antrieb.

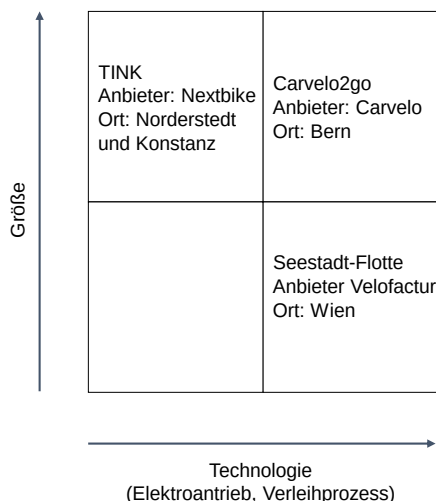
Derzeit werden in Marburg 7 Transporträder von einem Verein vermietet, davon 3 einspurige Ausführungen (Bullit), 3 dreirädrige Ausführungen (davon eine zum Transport von Rollstühlen) und ein selbstgebauter Lastenanhängen.

Der Stadt Marburg liegen mehrere Interessenbekundungen professioneller Anbieter für den Aufbau eines Transportrad-Verleihsystems vor. Empfohlen werden

mehrspurige Modelle, da diese besser abgestellt werden können (kein Kippen)

elektrische Zusatzantriebe, da diese das Fahren erleichtern und so breitere Nutzerschichten ansprechen.

Referenzerfahrungen aus anderen Städten sind im Überblick in Abb. 27 dargestellt.



▪ Quantitativ umfassen diese z. B. beim Projekt TINK⁵¹ jeweils 24 Transporträder an mindestens 12 Standorten oder beim quartiersbezogenen Projekt in Wien 4 Lastenräder, die 34 E-Bikes und 18 konventionelle Räder ergänzen.

▪ Geschäftsmodell ist in der Regel eine öffentliche Basisfinanzierung für die Räder und den Aufbau der Verleihinfrastruktur.

▪ Als Alternative bietet ein Start-up-Unternehmen die Übernahme dieser Aufwendungen gegen Absicherung eines Mindest-Verleihumsatzes über 4 Jahre an.

ABBILDUNG 27 (T2a): ÜBERSICHT TRANSPORTRAD-VERLEIHSYSTEM, EIG. DARSTELLUNG

⁵⁰ Deshalb wird hier die Bezeichnung „Transportrad“ statt „Lastenrad“ gewählt.

⁵¹ Transportrad-Initiative Nachhaltiger Kommunen, Modellprojekt in Norderstedt und Konstanz im Rahmen der Umsetzung des Nationalen Radverkehrsplans; Laufzeit 08/2015 – 07/2018

Potenzial

In Marburg haben gemeinschaftlich genutzte E-Transporträder ein Potenzial insbesondere in der dicht bebauten Innenstadt und Nahversorgungsbereiche im Lahntal mit wenig Parkmöglichkeiten für Pkw sowie als Quartiersräder in Wohngebieten.

Einsatzzwecke sind der Transport von Einkäufen des täglichen und periodischen Bedarfs (Zielgebiete somit Supermärkte und Fachmärkte) sowie der Transport von Kindern (Zielgebiete: Kindertagesstätten und Grundschulen).

Für diese Zwecke ist eine hohe Verfügbarkeit der Räder wichtig.

Da der Transport von E-Lastenrädern durch Verleihanbieter zwischen Ausleihstationen sehr aufwändig ist, werden diese in der Regel ortsfest angeboten, d. h. eine Rückgabe muss an der Ausleihstation erfolgen.

Um den Wegebedarf der Nutzer zu minimieren, sollten Verleihstationen daher wohnortnah angeordnet werden (vgl. Abb. 28). Als Kooperationspartner für dieses Modell eignen sich Wohnungsbaugesellschaften (Quartiers-Transporträder).

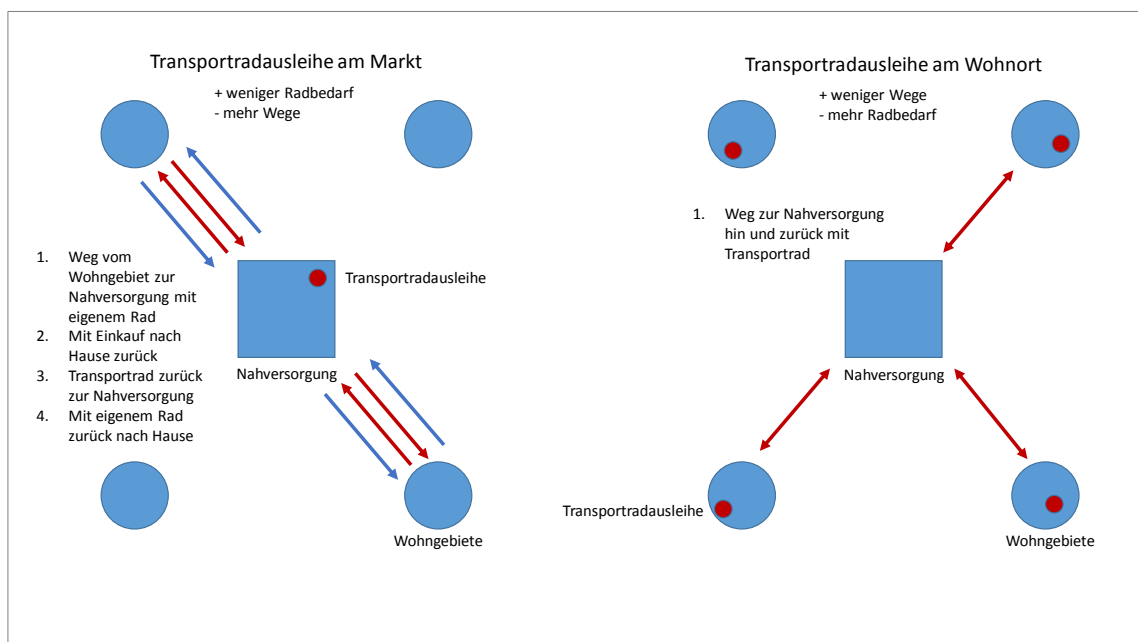


ABBILDUNG 28 (T2A): NUTZERWEGE IN KONZEPTION MIT TRANSPORTRADVERLEIH AM ORT DES EINKAUFES UND WOHNORT, EIG. DARSTELLUNG

2.5 T2a_Fahrradverleih – Bike-Sharing: Handlungsempfehlungen

Bike-Sharing

Um die Nutzung von Bike-Sharing in Marburg als Beitrag zur Luftreinhaltung zu fördern, werden zwei Handlungsansätze vorgesehen:

- erweiterte räumliche Abdeckung durch zusätzliche Verleihstationen (Kap. 2.5.1),
- Ansprache neuer Nutzergruppen über die Studenten hinaus (Kap. 2.5.2).

2.5.1 Erweiterte räumliche Abdeckung

Auf Grundlage der Analysen in Kap. 2.2 bis 2.4 kann die räumliche Abdeckung des Bike-Sharing-Systems durch 14 zusätzliche Fahrradausleihstationen sinnvoll gesteigert werden. Eine Fotodokumentation der neuen Standorte ist in der Anlage 4 (T2a) beigefügt.

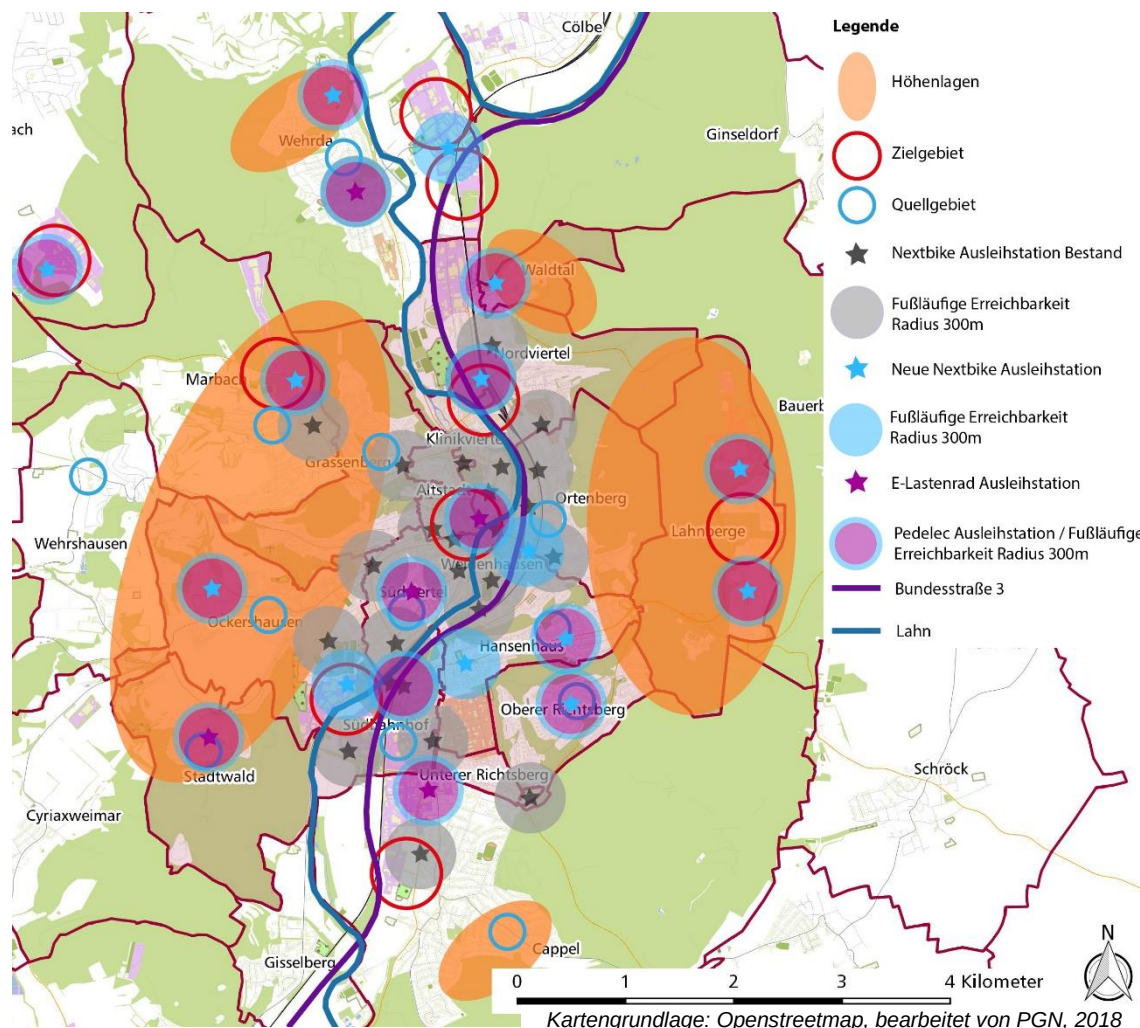


ABBILDUNG 29 (T2A): KONZEPTION NEUE VERLEIHSTATIONEN

An 7 Stationen in höher gelegenen Stadtteilen und in größeren Distanzen zum Stadtzentrum (sowie für die Gegenrichtung in Stationen an Verkehrs-Zielgebieten) werden ergänzend Pedelecs vorgesehen.

E-Lastenräder werden als ergänzendes Angebot an zentralen Stationen in Wohngebieten und in der Innenstadt vorgesehen.

Für die Bemessung werden die in Tab. 19 dokumentierten Annahmen zu Grunde gelegt:

- 5-10 zusätzliche konventionelle Räder pro neuer Stationen (in Anlehnung an den bestehenden Radbestand von 250 Rädern bei 29 Stationen) und
- 5-10 Pedelecs an Stationen, die auch für den Pedelec-Verleih vorgesehen werden (an Standorten ausschließlich mit Pedelecs weitere Räder).

Station	Fahrrad	Pedelec	Transportrad
Biegenstraße/Cineplex	(Bestand)	10	5
Südbahnhof	(Bestand)	5	-
Bahnhof	(Bestand)	10	-
Wehrda Bürgerhaus	(Bestand)	5	5
Fachmarkt/ Einzelhandelsgebiet Wehrda	5	-	5
Wehrda Nord	5	5	-
Ginseldorfer Weg ⁵²	(Bestand)	10	-
Cappel:Lidl	10	5	5
Friedrichsplatz	10	10	5
Oberer Richtsberg	5	5	-
Zeppelinstraße / Großseelheimer Straße	5	-	-
Großseelheimer Str./ Brüder-Grimm-Str.	5	5	-
Gewerbe Gisselberger Straße	5	-	-
Behringwerke	5	10	-
Ockershausen Zentrum	5	5	-
Stadtwald	5	5	5
Lahnberge Mensa	-	30	-
Lahnberge Botanischer Garten	-	30	-
Görzhausen	-	10	-
Parkplatz Erlenring / Wilhelm-Röpke-Straße	5	-	-
Summe	70	160	30

TABELLE 19 (T2A): BEMESSUNG NEUE VERLEIHSTATIONEN, EIG. DARSTELLUNG

⁵² Bestandsstation sollte um 20 Meter in Richtung Hauptstraße verschoben werden, damit eine direkte Wegbeziehung zur Bushaltestelle hergestellt wird.

Kosten und Finanzierung der Umsetzung

Für die Erweiterung des Netzes der Verleihstationen und die Beschaffung zusätzlicher Räder wird der in Tab. 20 dargestellte Aufwand abgeschätzt.

	Anzahl	Stückkosten (Tsd. €)	Summe (Tsd. €)
Invest			
Fahrrad	70+50 ⁵³	1	120
Pedelec	160	3	480
E-Transportrad	30	4	120
Ladeständer	200	1	200
Stationsterminal mit Ladesteuerung	15	4	60
Sonstiges: Systemeinrichtung, Wechselakkus, ..	1	200	200
<u>Summe (netto)</u>			<u>1.180</u>
Lfd. Kosten⁵⁴			
Betriebskosten Fahrrad	120	0,35	42 ⁵⁵
Betriebskosten Pedelec	160	1,2	192
Betriebskosten E-Transportrad	30	1,5	45
<u>Summe p. a.</u>			<u>309</u>

TABELLE 20 (T2A): KOSTENABSCHÄTZUNG NEUE VERLEIHSTATIONEN, EIG. DARSTELLUNG

Die Verteilung der investiven Kosten richtet sich nach anwendbaren Förderquoten.

- Für die Beschaffung von E-Transporträdern ist eine Förderung von 30 % nach der Richtlinie zur Förderung von innovativen marktreifen Klimaschutzprodukten im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (Kleinserien-Richtlinie) möglich.
- Darüber hinaus sollte eine Förderung aus anderen Programmen, z. B. zur Umsetzung des Nationalen Radverkehrsplans (NRVP) geprüft werden.

Betriebskosten können über Nutzerbeiträge, Werbung oder Zuschüsse gedeckt werden.

- Die Zahlungsbereitschaft für einzelne, separat berechnete Nutzungen ist erfahrungsgemäß begrenzt. Besser akzeptiert werden Pauschalpreismodelle wie eine Inkludierung in den Semesterbeitrag von Studenten oder den Zeitkartenpreis von ÖV-Nutzern (siehe dazu nachfolgendes Kapitel).
- Der Erlöswert von Werbeflächen an Fahrrädern kann die Betriebskosten eines konventionellen Fahrrades decken. Zusätzliche Einnahmen sind generierbar, wenn ein Werbepartner seine Beteiligung als Sponsoring des Systems versteht.

⁵³ Überführung der derzeit über eine befristete Aufstockung bereitgestellten Räder in das Regelangebot

⁵⁴ Alternativ werden am Markt Modelle mit ausschließlicher Finanzierung über lfd. Kosten (z. B. Absicherung eines Mindestumsatzes) bei Übernahme des Einmalinvests durch den Betreiber angeboten

⁵⁵ Alternativ Beschaffung der Räder über lfd. Kosten abdecken: Investkostenansatz entfällt, Betriebskosten steigen auf 0,6 T€ pro Rad und Jahr (bei 120 Rädern 72 T€ p.a.)

2.5.2 Ansprache neuer Nutzergruppen

Pendler

Für Einpendler kann die Nutzung von Leihrädern auf der „letzten Meile“ zum Arbeits- oder Ausbildungsplatz das Mobilitätsangebot des Umweltverbundes im Wettbewerb zum Pkw erheblich verbessern.

Voraussetzung sind Ausleih- und Rückgabestationen in der Nähe

- des Umsteigeorts (hier werden primär die Einpendler mit der Bahn und damit die Bahn-Stationen Marburg und Marburg Süd betrachtet)
- des Zielorts. Insofern baut dieser Maßnahmenbaustein auf der Erweiterung des Stationsnetzes (Kap. 2.5.1) auf.

Die Inanspruchnahme der bestehenden Verleihstationen an den Bahnhöfen Marburg und Marburg Süd liegt bei ca. 2% der Reisendenfrequenz.

Da beide Stationen eher am Rand der Innenstadt und nicht unmittelbar an großen Arbeits- und Ausbildungsstandorten liegen, dürfte ein ungenutztes Potenzial für die Inanspruchnahme durch derzeitige Bahn-Nutzer bestehen sowie durch Umsteiger vom Pkw.

Um dies Potenzial zu heben, werden Maßnahmen in den Bereichen Tarif und Information vorgeschlagen:

Tarif:

Variante 1 (Kombination):

Vermarkung der bestehenden Option, Nextbike für einen Jahresbeitrag jeweils für 30min ohne weitere Kosten nutzen zu können, als fakultativ zubuchbarer ÖV-Tarif. Referenzbeispiel: RadCard-Tarif Duisburg (2 € Aufpreis zur Monatskarte)

Variante 2 (Integration):

Nextbike-Nutzung für 30 min in allen ÖPNV-Zeitkarten integriert. Referenzbeispiel: KVB-Bike Köln



Information:

Multimodale App mit ÖV-Fahrplänen, Standorten und Verfügbarkeiten des Bike-Sharing-Angebots und Routenplaner, u. a. zur Navigation während der Fahrradfahrt. Ausrüstung der Verleihräder mit Smartphone-Halterungen am Lenker. Referenz-App: Modalyzer, Südostbahn (CH)

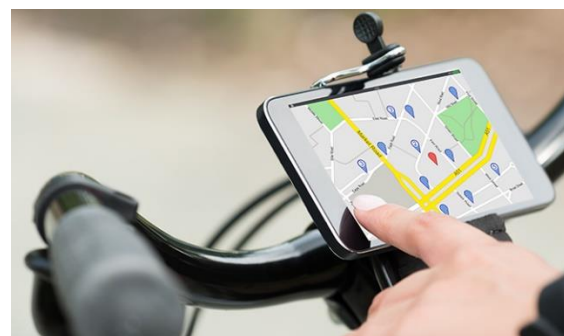


ABBILDUNG 30 (T2A): OBEN: RADAUSLEIHE MIT ÖV-CHIPKARTE IN KÖLN; UNTEN: MULTIMODALE INFO-APP⁵⁶

⁵⁶ Bildquellen: oben: Nextbike; unten: Rydies

Die aufkommensstärksten Einpendler-Relationen über die Marburger Bahnhöfe umfassen Verkehre aus den Landkreisen Kirchhain (2,1 Tsd. Einpendler), Wetter (1,5 Tsd.), Cölbe (1,4 Tsd.), Weimar (1,3 Tsd.) und Stadtallendorf (1,1 Tsd.). Insgesamt ergibt sich daraus ein Pendlerpotenzial von über 7 Tsd. Menschen, die bei Nutzung des Öffentlichen Verkehrs an den Marburger Bahnhöfen umsteigen würden.

Da das Mobilitätsverhalten langfristigen Prägungen unterliegt, wird konservativ ein Anteil von 3 % dieser Pendler (rd. 200 Personen) abgeschätzt, die durch ein kombiniertes Bahn- und Bike-Sharing-Angebot vom Pkw umsteigen könnten.

Dadurch würde die Inanspruchnahme der Verleihstationen an den Marburger Bahnhöfen um 5 % gesteigert.

Innerbetriebliche Mobilität

Der größte Arbeitgeber in Marburg ist die Universität mit den Standorten im Lahntal und auf den Lahnbergen.

Zusammen mit dem Klinikum sind die Lahnberge ein Aufkommensschwerpunkt der Pendlermobilität. Zwischen dieser nicht in die gewachsene Stadtstruktur integrierten Höhenlage und der Innenstadt verläuft der größte innerstädtische Verkehrsstrom in Marburg (Werte siehe Bericht zum TP 2b).

Die Wirkung eines Bike-Sharing-Angebots – aufgrund der Steigungsverhältnisse ausschließlich mit Pedelecs – zur Verminderung des Pkw-Aufkommens kann durch eine Einbindung in das betriebliche Mobilitätsmanagement der Universität und des Klinikums gesteigert werden, z. B.

- durch eine Kostenübernahme für Wege von/ zur Arbeit⁵⁷
- durch eine Dienstanweisung, für betriebliche Wege vorrangig das Sharing-Angebot zu nutzen (wie bereits bei der Stadtverwaltung Marburg realisiert),
- durch Integration eines vorhandenen Dienst-Pedelecs der Universität.

Ein weiterer wichtiger Arbeitgeber ist die Firma Pharmaserv mit dem Hauptwerk (Behringwerke) und einem weiteren Werkteil im Ortsteil Görzhausen. Diese sind auf Höhenzügen westlich der Stadt gelegen und sollen ebenfalls durch neue Verleihstationen, vorwiegend mit Pedelecs, in das Bike-Sharing-Angebot eingebunden werden.

Kosten und Finanzierung der Umsetzung

Die Maßnahmen zur Ansprache neuer Nutzergruppen setzen die Realisierung des ausgeweiteten Netzes von Verleihstationen (Kap. 2.5.1) voraus und bauen auf diesem auf.

Für die Umsetzung wird der in Tab. 21 dargestellte Aufwand abgeschätzt.

Die Verteilung der investiven Kosten richtet sich nach anwendbaren Förderquoten.

Eine Förderung sollte aus Programmen z. B. zur Umsetzung des Nationalen Radverkehrsplans (NRVP) geprüft werden (Zuwendungsquoten für nicht-investive Maßnahmen bis 80 %).

Die Kosten für eine Integration des Bike-Sharing in das ÖV-Ticket für Landesbedienstete ist mit den dafür beteiligten Finanzierungspartnern abzustimmen.

⁵⁷ Integration des Bike-Sharing in das den hessischen Landesmitarbeitern (inkl. Universität) gestellte landesweite ÖV-Ticket

	Anzahl	Stückkosten (Tsd. €)	Summe (Tsd. €)
Invest			
Tarifintegration: Einbindung in Vertriebssysteme, Marketing	psch	50	50
Information: App-Konfiguration	psch	50	50
<u>Summe</u>			<u>100</u>
Lfd. Kosten			
Integration in ÖV-Ticket der Uni-Beschäftigten	1700	0,02	35
<u>Summe p. a.</u>			<u>35</u>

TABELLE 21 (T2A): KOSTENSCHÄTZUNG ANSPRACHE NEUER NUTZERGRUPPE, EIG. DARSTELLUNG

2.6 T2a Fahrradverleih – Bike-Sharing: Maßnahme 4 Ausbau Carsharing und E-Carsharing

Auch Carsharing-Angebote ergänzen den Umweltverbund, indem sie für notwendige Pkw-Fahrten die Verfügbarkeit eines Autos gewährleisten und für gelegentliche Nutzer den Kauf eines eigenen Pkw entbehrlich machen.

2.6.1 Analyse

Carsharing wird in Marburg vom Unternehmen von der einfach mobil Carsharing GmbH unter der Marke Scouter angeboten.

Für 1,5 Tsd. registrierte Kunden werden 45 Fahrzeuge bereitgestellt. Der Fahrzeugbestand liegt mit einem Fahrzeug je 35 Kunden über dem bundesweiten Durchschnitt⁵⁸. Da die Inanspruchnahme in Marburg sehr hoch ist (hinter Bonn zweithöchste Nutzung unter allen Scouter-Angeboten⁵⁹) ist die Auslastung der Fahrzeuge trotzdem überdurchschnittlich, so dass Erweiterungen des Systems vorgeschlagen werden können.

Die Kosten der Nutzung betragen je nach Fahrzeugklasse und gebuchter Zeit 1 – 4,5 € je Stunde zzgl. 0,29 € je gefahrenem Kilometer. Für einen Monatspreis von 5 € reduzieren sich die Kosten um 0,50 € je gebuchter Stunde.

Nach Erfahrungen des Betreibers⁶⁰ ist die Nutzergruppe heterogen und das Carsharing-Angebot wird von allen Altersgruppen genutzt, explizit auch von älteren Nutzern (Ü60). Mitarbeiter der Stadt Marburg nutzen das Carsharing-Angebot regelmäßig für Dienstfahrten.

⁵⁸ Durchschnittswert lt. Anschütz, Maria LL.M.; Hentschel, Anja; Mucha, Elena; Roßnagel, Alexander; Sommer, Carsten (2016): Umwelt- und Kostenvorteile ausgewählter innovativer Mobilitäts- und Verkehrskonzepte im städtischen Personenverkehr. Umweltbundesamt (Hg.). Dessau-Roßlau. Seite 57: 42. registrierte Kunden je Carsharing-Fahrzeug

⁵⁹ Scouter-Pressemeldung vom 15.02.2018

⁶⁰ Telefonat (07.06.2018) mit Tim Pfeleiderer, Geschäftsführer von scouter Carsharing.

Der Schwerpunkt der Ausleihstationen befindet sich im Zentrum sowie in den Stadtteilen Südviertel und Ockershausen (s. Abb. 31). Hier übersteigt die Nachfrage teilweise das Angebot. Die Bereitstellung zusätzlicher Fahrzeuge scheiterte nach Angaben des Betreibers bislang an der Verfügbarkeit weiterer geeigneter Stellflächen. Mit den Lahnbergen, dem Bereich zwischen Nordviertel und Wehrda sowie Teilen von Cappel sind Verkehrsziele in den Außenbereichen nicht versorgt.

Bisher ist ein Elektrofahrzeug Bestandteil des Verleihangebots, für das die Stadt Marburg den Mehraufwand bei der Beschaffung getragen hat.

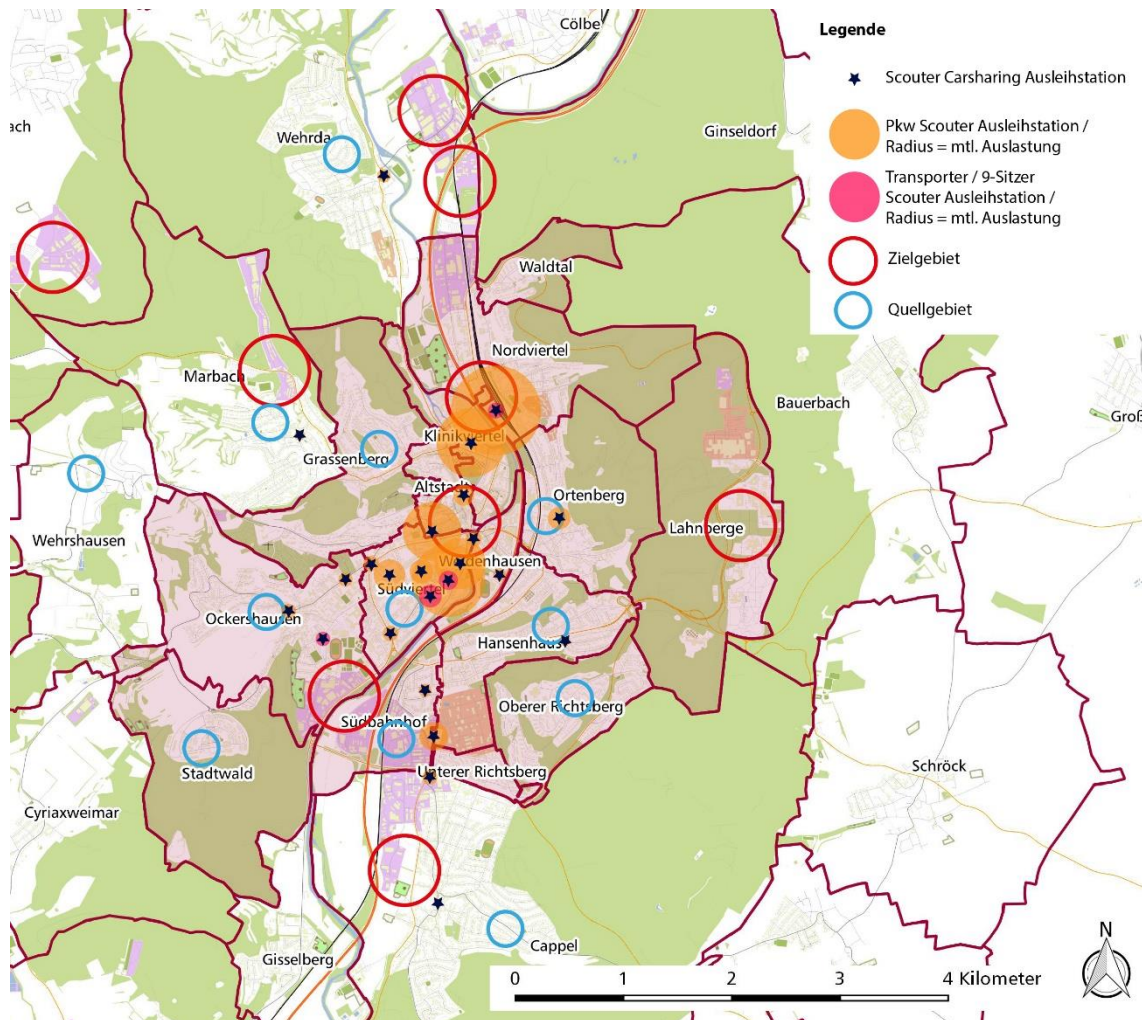


ABBILDUNG 31 (T2A): AUSLEIHSTATIONEN VON SCOUTER-CARSHARING UND AUSLASTUNG⁶¹

⁶¹ Kartengrundlage: openstreetmap, bearb. Von PGN, 2018

2.6.2 Handlungsempfehlungen

2.6.2.1 Ausbau Standorte/ Flotte

Für einen Ausbau der Verleihstandorte und der Fahrzeugflotte werden drei Ansätze untersucht:

Angebotsausbau an bestehenden Nachfrageschwerpunkten

Einige Standorte sind so stark ausgelastet, dass eine relevante nicht realisierte Nachfrage mangels Fahrzeugverfügbarkeit angenommen werden kann.

Um Auslastungsrisiken zu begrenzen, wird als Schwellenwert für Erweiterungen eine Auslastung je Station (inklusive zusätzlicher Fahrzeuge) auf Basis der bestehenden Nachfrage von mindestens 25% angesetzt (Tabelle 22).

Anzahl Pkw/ Station	Ø Auslastung/ Fahrzeug %	Ø Auslastung/ Fahrzeug bei einem zusätzlichen Fahrzeug (ohne Zusatznachfrage)	Relevante Stationen
1	≥ 50%	≥ 25 %	Georg, Haspelstraße
2	≥ 38 %	≥ 25 %	Staatsarchiv
3	≥ 33 %	≥ 25 %	Quod
4	≥ 31 %	≥ 25 %	Am Plan, Elisabethkirche
5	≥ 30 %	≥ 25 %	Bahnhof, Softwarecenter

TABELLE 22 (T2A): SCHWELLENWERTE ZUR ERWEITERUNG VON CARSHARING-STATIONEN

Daraus ergibt sich folgendes Ausbau-Szenario:

Station	Anzahl Fahrzeuge IST	Ø Auslastung/ IST	Anzahl Fahrzeuge PLAN	Ø Auslastung/ PLAN (ohne Zusatznachfrage ⁶²)	Anzahl Zusatzfahrzeuge
Am Plan	4	37 %	5	29 %	1
Elisabethkirche	4	43 %	6	29 %	2
Georg	1	53 %	2	27 %	1
Haspelstraße	1	55 %	2	27 %	1
Bahnhof ⁶³	5	45 %	9	25 %	4
Quod	3	42 %	5	25 %	2
Softwarecenter	5	37 %	7	26 %	2
Staatsarchiv	2	38 %	3	26 %	1
Summe					14

TABELLE 23 (T2A): AUSBAUSZENARIO CARSHARING-STATIONEN, EIG. DARSTELLUNG

⁶² Unterer Auslastungs-Eckwert bei Umverteilung der bestehenden Nachfrage auf die größere Anzahl von Fahrzeuge. Hinzu kommt die durch die erweiterte Fahrzeugverfügbarkeit generierte Zusatznachfrage.

⁶³ Aus Platzgründen und zur differenzierteren Erschließung der Nachfrage wird die Verteilung der Fahrzeuge im Bahnhofsumfeld auf die bestehende Verleihstation auf der Ostseite des Bahnhofs und zwei neu anzulegende Stationen auf der Westseite (Ortenbergsteg und Neue Kasseler Straße) empfohlen.

Neue Stationen

Die bestehenden Stationen umfassen überwiegend die Innenstadt und den Bereich um den Bahnhof.

Zur Erweiterung der räumlichen Abdeckung sind Standorte denkbar

- an den Gewerbegebieten in der Gisselberger Straße sowie in den Stadtteilen Cappel, Wehrda und Marbach
- in Kooperation mit städtischen Wohnungsbaugesellschaften am/ im
 - Waldtal (Wohngebiete GeWoBau),
 - Richtsberg (Wohnungseinheiten Marburger Spar- und Bauverein, GeWoBau und GWH Wohnungsgesellschaft mbH Hessen)
 - Ortenberg (Wohngebiete Marburger Spar- und Bauverein eG); zusätzliches Potenzial durch Zu-/Abbringerverkehre zum Bahnhof durch Lage am östlichen Bahnhofsausgang)
- ggf. Graf-von-Stauffenberg-Straße (GeWoBau) und Afföllerstraße/ Eisenstraße/ Schlosserstraße und August-Bebel-Straße (Nordstadt) (MSB).

Diese Standortvorschläge werden seitens des Betreibers mangels ausreichendem Potenzial als nicht realisierungswürdig angesehen, Daher sind diese in den weiteren Kalkulationen nicht berücksichtigt.

Institutionell unterstütztes Carsharing

Die Stadtverwaltung hat bereits ihren eigenen Fuhrpark zugunsten einer Nutzung des Carsharing-Systems durch ihre Mitarbeiter reduziert.

Ein analoges Vorgehen ist bei anderen öffentlichen Einrichtungen wie der Universität denkbar. Zum Beispiel könnte durch Integration des dortigen Dienstfahrzeugpools von fünf Fahrzeugen ein Verleihstandort auf den Lahnbergen ermöglicht werden.

Während der Bearbeitungszeit dieses Berichts konnte das Umsetzungspotenzial bei den Akteuren nicht verifiziert werden. Daher ist diese Option in den weiteren Kalkulationen nicht berücksichtigt.

2.6.2.2 Elektrifizierung der Flotte

Aufgrund der überwiegend kurzen, innerstädtischen Fahrstrecken sowie des institutionellen Managements der Flotte mit kurzen Fahrzeug-Erneuerungszyklen im Vermietgeschäft sind städtische Carsharing-Systeme besonders geeignet für eine Umstellung auf E-Fahrzeuge.

Voraussetzungen sind

- eine hinreichende Akzeptanz dieser Fahrzeuge bei den Kunden. Diese ist derzeit aufgrund objektiver Einschränkungen und subjektiv empfundener Unsicherheiten, z. B. zur Zuverlässigkeit und Reichweite, noch begrenzt. Im Rahmen dieser Konzeption wird angenommen, dass die Relevanz beider limitierender Faktoren im Rahmen der fortschreitenden Entwicklung und Verbreitung von Elektromobilität mittelfristig deutlich abnimmt.
- eine Wirtschaftlichkeit der fahrzeugseitigen Investitionen für den Betreiber sowie der Investitionen in Ladeinfrastruktur für öffentliche oder private Betreiber. Im Rahmen dieser Konzeption wird angenommen, dass die Aufwendungen nicht vollständig durch öffentliche Förderung ausgeglichen werden und die Geschwindigkeit der Umstellung

auf Elektroautos sich an Möglichkeiten einer Investitionsplanung des Betreibers und einer Haushaltsplanung der Stadt orientieren muss.

- Die Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur (LIS) an den Verleihstationen. Kurzfristig ist diese aufgrund der örtlichen Gegebenheiten für 6 Stationen realistisch (Bestands-Stationen Softwarecenter, Am Plan, Staatsarchiv und Bahnhof; neue Stationen Ortenbergsteg und Neue Kasseler Straße).

E-Carsharing kann einen großen Beitrag zur Entlastung von umweltbelastenden Immissionen leisten und auch auf die Akzeptanz von Elektroautos in weiteren Lebensbereichen ausstrahlen.

Die Stadt als größter Fahrzeugnutzer kann die Flottenumstellung unterstützen, indem die prioritäre Nutzung verfügbarer E-Fahrzeuge über eine Dienstreiseanweisung vorgegeben wird.

Vor diesem Hintergrund werden folgende Annahmen zur Umstellung der Flotte auf E-Antrieb getroffen:

- Kurzfristig Beschaffung von 7 der vorgeschlagenen 14 zusätzlichen Fahrzeuge als E-Fahrzeuge in den Jahren 2019-2021.
- Mittel- und langfristig Umstellung der Bestandsflotte. Bei 45 Bestandsfahrzeugen und 7 zusätzlichen konventionellen Fahrzeugen und einer Haltedauer von 3 Jahren werden jährlich 17 Fahrzeuge neu beschafft. Ab 2022 wird ein Anteil von 50% der Neubeschaffung als Elektrofahrzeug unterstellt. Für die Folgejahre steigt diese Quote um 5% jährlich (Anteil 2030: 90%). Daraus ergibt sich der in Abb. 32 dargestellte Elektrifizierungsgrad der Flotte.

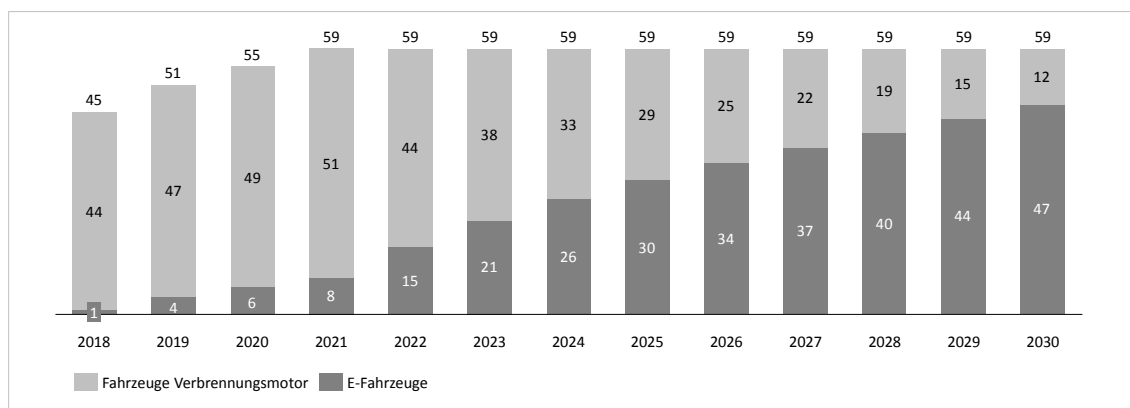


ABBILDUNG 32 (T2A): ENTWICKLUNG DES ELEKTRIFIZIERUNGSGRADES DER CARSHARING-FLOTTE, EIG. DARSTELLUNG

Kosten und Finanzierung der Umsetzung

Für die Maßnahmen zum Carsharing wird der in Tab. 24 dargestellte Aufwand abgeschätzt.

	Anzahl	Stückkosten (Tsd. €)	Summe (Tsd. €)
Invest			
Zusätzliche Carsharing-Pkw (mit Verbrennungsmotor)	7 von 14	20	140
Zusätzliche Carsharing-Pkw (mit E-Antrieb)	7 von 14	30	210
Umstellung von 80% der Bestandsflotte auf E-Fahrzeuge bis 2030 (Zusatzaufwand)	40	10	400
Ausbau Ladeinfrastruktur ⁶⁴ kurzfristig	6	7,5	30
Ausbau Ladeinfrastruktur mittel-/langfristig	6	7,5	30
<u>Summe</u>			<u>810</u>
Lfd. Kosten			
Betrieb Ladesäulen	12	0,75	10
<u>Summe p. a.</u>			<u>10</u>

TABELLE 24 (T2A): KOSTENABSCHÄTZUNG ZUM CARSHARING-AUSBAU UND UMSTELLUNG AUF E-FAHRZEUGE, EIG. DARSTELLUNG

Die Verteilung der investiven Kosten richtet sich nach anwendbaren Förderquoten.

Die Beschaffung von Elektroautos wird über die Richtlinie zur Förderung des Absatzes von elektrisch betriebenen Fahrzeugen (Umweltbonus) mit 4 Tsd. € pro Fahrzeug unterstützt.

Der Aufbau von Ladeinfrastruktur kann über die Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland mit bis zu 60 % der förderfähigen Kosten unterstützt werden. Die Anwendbarkeit auf ganz oder teilweise von Carsharing-Fahrzeugen genutzter Ladeinfrastruktur ist im Einzelfall zu klären.

Die Refinanzierung der laufenden Kosten kann durch Betreiber von Ladeinfrastruktur (vgl. Teilprojekt 3) oder Nutzerbeiträge erfolgen.

2.7 NOx-Minderung durch die Maßnahmen T2a

Die Wirkungen der Maßnahmen auf Einsparungen von Pkw-Verkehrsleistungen und NOx sind für das Teilprojekt 2a in nachfolgender Tabelle dargestellt:

⁶⁴ 1 Ladesäule mit 2 Ladepunkten je Stationen (ausreichend für bis zu 4 Pkw) an 22 Stationen; zweite Ladesäule an 5 Stationen

Maßnahme	Fahrzeug-km mit Sharing-System p.a.	Substitutionsquote	Substituierte Pkm in Pkw mit Verbrennungsmotor p. a.	Einsparung NOx
Ausbau Bike-Sharing um 260 Räder/ Pedelets/ Lastenräder	1,4 Mio. Ø 3 Ausleihen/ +Tag à 5 km	4 % ⁶⁵	0,05 Mio.	0,02 t
		Wirkung auf Verkehrsmittelwahl	0,25 Mio. ⁶⁶	0,1 t
Neue Nutzer: Pendler	0,25 Mio. 200 Pendler * 220 Arbeitstag à 5 – 6 km H+R	300 % ⁶⁷	0,7 Mio.	0,28 t
Neue Nutzer: innerbetriebl. Mobilität Uni	0,36 Mio. 150 Fahrten * 160 Tage ⁶⁸ . * 15 km H+R.	50 % ⁶⁹	0,18 Mio.	0,07 t
Ausbau Carharing		Wirkung auf Verkehrsmittelwahl	0,8 Mio. ⁷⁰	0,32 t
Umstellung Carharing auf E-Fahrzeuge	1,5 Mio. 47 Kfz à 31 Tsd. km	100 % ⁷¹	1,5 Mio.	0,58 t
Summe TP 2a			3,48 Mio.	1,37 t

TABELLE 25 (T2a): WIRKUNGEN DER MAßNAHMEN (SUBSTITUIERTE PKM UND NOx-EINSPARUNG), EIG. DARSTELLUNG

65 Wert analog zur Substitutionsquote beim ähnlich von studentischer Nutzung dominierten Bike-Sharingsystem KONRAD (Kassel) nach: UBA-FB 002419/1, Umwelt- und Kostenvorteile innovativer Mobilitäts- und Verkehrskonzepte, Seite 88

66 Bei 5 Tsd. neuen Nutzern, die 10% der Pkw-Fahrleistung im Stadtgebiet (14 km/Tag) auf den Umweltverbund verlagern

67 Annahme: Die Gesamt-Pendelstrecke, für die aufgrund des Sharing-Angebots auf den ÖV umgestiegen wird, ist im Stadtgebiet Marburg dreimal so lang wie der mit dem Fahrrad zurückgelegte Streckenanteil

68 Vorlesungszeit

69 Abhängig von Flankierung durch Dienstreiseanweisung

70 Bei 500 neuen Nutzern, die 1/3 ihrer Pkw-Fahrleistung im Stadtgebiet (14 km/Tag) auf den Umweltverbund verlagern (ca. 170 substituierte Privat-Pkw gem. Quote lt. Nutzerbefragung Bundesverband Carsharing bcs 2012)

71 Bei zu vernachlässigen Anteilen von E-Antrieben bei privat genutzten Fahrzeugflotten

Die angestrebte Wirkung der Maßnahmen wird in der folgenden Abbildung dargestellt:

Nr.	Maßnahme	Substitution Pkm in Pkw mit Verbrennungsmotor p. a.			
		kurzfristig 2019-2020	+ mittelfristig 2021-2023	+ langfristig 2024-2030	Summe 2030
1	Ausbau Bike-Sharing um 260 Räder/ Pedelecs/Lastenräder	0,05 Mio. ⁷²	0,13 Mio. ⁷³	0,13 Mio.	0,31 Mio.
2	Neue Bike-Sharing-Nutzer: Pendler	-	0,35 Mio. ⁷⁴	0,35 Mio.	0,7 Mio.
3	Neue Bike-Sharing-Nutzer: innerbetriebliche Mobilität Uni	0,14 Mio. ⁷⁵	0,04 Mio.	-	0,18 Mio.
4	Ausbau Carsharing		0,4 Mio. ⁷⁶	0,4 Mio.	0,8 Mio.
5	Umstellung Carsharing auf E-Fahrzeuge	0,22 Mio. ⁷⁷	0,43 Mio. ⁷⁸	0,81 Mio. ⁷⁹	1,46 Mio.
	Gesamt	0,41 Mio.	1,35 Mio.	1,69 Mio.	3,45 Mio.
	Gesamt Minderung NOx Ø p.a. auf Basis von statisch 0,40 g/Pkm	0,16 t NOx	0,54 t NOx	0,68 t NOx	1,37 t NOx

TABELLE 26 (T2A): MAßNAHMENWIRKUNG, EIG. DARSTELLUNG

72 direkte Wirkung (anteilige Substitution von Pkw-Fahrten durch Bike-Sharing-Fahrten)

73 Verhaltensänderungen: Sharing-Nutzer nutzen öfter den Umweltverbund, Hochlauf 50% des kalkulierten Effekts

74 Verhaltensänderungen: multimodale Wege SPNV + Bike-Sharing; Hochlauf 50% des kalkulierten Effekts

75 durch Dienstreiseanweisung beschleunigte Verhaltens-änderung; Hochlauf 75%

76 Verhaltensänderungen: Sharing-Nutzer nutzen öfter den Umweltverbund, Hochlauf 50% mittelfristig / 50 % langfristig

77 7 zusätzliche E-Fahrzeuge * Fahrleistung 31 Tsd. km

78 Weitere 14 Fahrzeuge auf E-Antrieb umgestellt * Fahrleistung 31. Tsd. Km

79 Weitere 26 Fahrzeuge auf E-Antrieb umgestellt * Fahrleistung 31. Tsd. Km

2.8 T2b_Radverkehr: Situation und Perspektive des Radverkehrs in Marburg

Die Universitätsstadt Marburg ist aufgrund ihrer Stadtgröße und Stadtstruktur mit Lage der wichtigsten Versorgungs- und Verwaltungsstandorte und des überwiegenden Teils der Arbeitsplätze in den Stadtteilen entlang des Lahntales eine trotz der topografisch bedingten Anforderungen grundsätzlich fahrradaffine Stadt. Die durchschnittliche Wegelänge, die die Einwohner zurücklegen, beträgt 7 km/Weg. Die meisten Wege, die mit dem Pkw zurückgelegt werden, liegen im Hinblick auf die Wegelänge im Bereich der Erreichbarkeit mit dem Fahrrad. Die durch die bewegte Topographie der Mittelgebirgslandschaft auf vielen Wegen zu überwindenden Höhenunterschiede stellen indes ein großes Hindernis für die intensivere Nutzung dieses Verkehrsmittels im Alltagsverkehr dar.

Dennoch wächst die Nutzung von Fahrrad und Pedelec kontinuierlich an. In 2013 wurde trotz noch lückenhafter Fahrradwegeinfrastruktur bereits fast jeder zehnte Weg der Einwohner mit dem Fahrrad zurückgelegt. Die Potenziale für dieses Verkehrsmittel liegen indes weitaus höher. Die Chancen, innerhalb weniger Jahre eine weitere deutliche Steigerung des Radverkehrsanteils zur Minderung der NOx-Emissionen zu erreichen, sind gut. Es kann gelingen, einen relevanten Anteil der längeren Wege, die heute mit privatem Kraftfahrzeugverkehr (Pkw/Kraftrad) bewältigt werden, durch Modal Shift zum Segment Fahrrad zu ziehen, zumal die ersten Voraussetzungen bereits geschaffen wurden. Die Universitätsstadt Marburg hat mit dem Beschluss zur 3. Fortschreibung der Radverkehrsplanung im Mai 2017 die Grundlage für die flächenhafte Verbesserung der Bedingungen für dieses Verkehrsmittel gelegt und erste Maßnahmen in Umsetzung bzw. in Vorbereitung.

Durch die sprunghafte Zunahme der Zahl der privat verfügbaren Pedelecs sind mittlerweile auch längere Wege und größere Höhenunterschiede besser zu bewältigen. Bereits heute werden Pedelecs für viele topografisch anspruchsvolle Wege genutzt. Beispielsweise aus den höher gelegenen Außenstadtteilen in die Innenstadt oder Wege zu den beiden großen Arbeitsplatzkonzentrationen auf den umliegenden Höhenzügen: dem Universitätsklinikum und dem Campus der Universität auf den Lahnbergen östlich der Innenstadt sowie den gewerblichen Arbeitsplätzen am Pharmaserv-Standort Behringwerke Marburg in den Stadtteilen Marbach und Michelbach (Görzhausen) westlich der Innenstadt.

Um die durch die Innenstadt führenden großen Verkehrsmengen des MIV so schnell wie möglich spürbar zu reduzieren, ist ein Bündel von Maßnahmen erforderlich, welches nicht allein aus der Wegeinfrastruktur besteht. Die Fahrtzeiten mit dem Fahrrad müssen auf vielen Wegen deutlich verkürzt werden, um besser konkurrenzfähig zur Nutzung des Pkw zu werden. Dazu gehören moderne und komfortable Schnittstellen zum ÖPNV ebenso wie sichere und schnelle Kreuzungslösungen über Hauptverkehrsstraßen.

Das Fahrrad als flexibles und potenziell schnelles Verkehrsmittel kann durch gezielte prioritäre Maßnahmen bereits kurzfristig große Wirkungen zur Substitution heutiger Pkw-Wege erreichen. Dies ist durch den in der Radverkehrsplanung beschriebenen Maßnahmen-Mix aus sicheren und schnellen Wegeverbindungen, ergänzender baulicher und technischer Infrastruktur sowie Information, Werbung, Beteiligung, Beratung, Service und Anreize zur intensiveren Nutzung des Fahrrads im Alltag sowie der innovativen Angebote, z.B. im Bereich Bikesharing zunächst prioritär mit Fokus auf die Entlastung der Innenstadt umzusetzen.

Auf der Zeitschiene sind vor allem die großen Potenziale im Einzugsbereich des Lahntals, zu den Arbeitsplatzschwerpunkten und durch Kombination von Fahrrad und ÖPNV (Bike+Ride) möglichst schnell zu erschließen. Marburg ist eine attraktive Einpendlerstadt. Die bedeutende Zielgruppe der Einpendler zur Arbeit und zu allen anderen Zwecken ist von Anbeginn mit

einzu beziehen, da diese einen erheblichen Anteil an der MIV-Verkehrsleistung im Stadtgebiet hat. Die Kooperation mit den Umlandgemeinden und dem Landkreis Marburg-Biedenkopf ist weiter auszubauen, um diese Zielgruppen an der Quelle des Verkehrs anzusprechen und um die Anschlüsse des Radverkehrsnetzes an der Stadtgrenze möglichst schnell zu realisieren.

Besonders das große Potenzial im Segment Einpendler-Verkehre wird von der Stärke der geplanten intelligent vernetzten Verkehrssysteme profitieren, da die „Mobilität vor Ort“ durch vielfältige Angebote gesichert wird. Für viele Wegezwecke wird daher der eigene Pkw für den Weg nach Marburg nicht mehr erforderlich sein. Car- und Bikesharing ermöglicht Wegeketten, sichert die Anschlussmobilität und bietet Fahrzeuge für dienstliche und geschäftliche Wege in der Stadt. Intermodale Wege mit Nutzung des ÖPNV (z.B. Park+Ride, Bike+Ride) können in vielen Fällen Pkw-Wege ersetzen, da sie auch ohne private Fahrzeuge organisiert werden können, weil die Anschlussmobilität in Marburg mit öffentlichen Sharing-Angeboten, ggf. auch in Koppelung mit Lieferdiensten für Waren, gesichert ist.

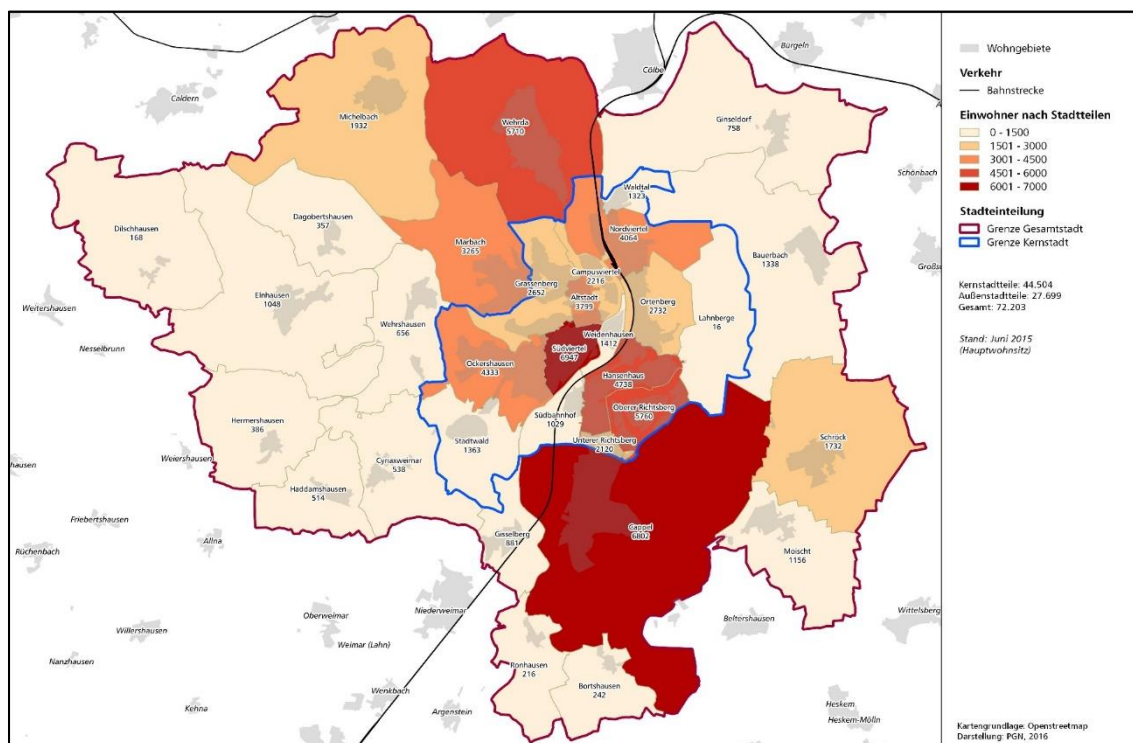


ABBILDUNG 33 (T2B): EINWOHNERVERTEILUNG UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG NACH STADTTEILEN, STAND JUNI 2015

Das Umweltbundesamt schätzt aufgrund einer Studie der TU Dresden aus 2013, dass jeder zweite Weg mit dem Pkw bis zu 10 km sich auf das Fahrrad verlagern lässt. Unter Berücksichtigung des Pedelecs lassen sich demnach auch Strecken bis zu 20 km zurücklegen. Allein im Entfernungsbereich bis zu 10 km sieht das Umweltbundesamt einer eigenen Schätzung zufolge die Möglichkeit, den Radverkehrsanteil in Deutschland im Entfernungsbereich bis 10 km von 14% im Jahr 2008 auf 36% durch Verlagerung von Pkw-Fahrten auf Fahrrad und Pedelec steigern zu können⁸⁰.

Die Verkehrsmittelwahl der Einwohner der Universitätsstadt Marburg wurde für das Jahr 2013 durch die SrV-Erhebung dokumentiert und wird hier auszugsweise wiedergegeben. Sie zeigt, welche großen Potenziale zur Substitution von MIV-Wege die Radverkehrsmaßnahmen in den Entfernungsbereichen unter 10 km Wegelänge ansprechen können.

⁸⁰ Umweltbundesamt: Hintergrund//August 2014, E-Rad macht mobil, Potenziale von Pedelecs und deren Umweltwirkung, Dessau-Roßlau, 2014

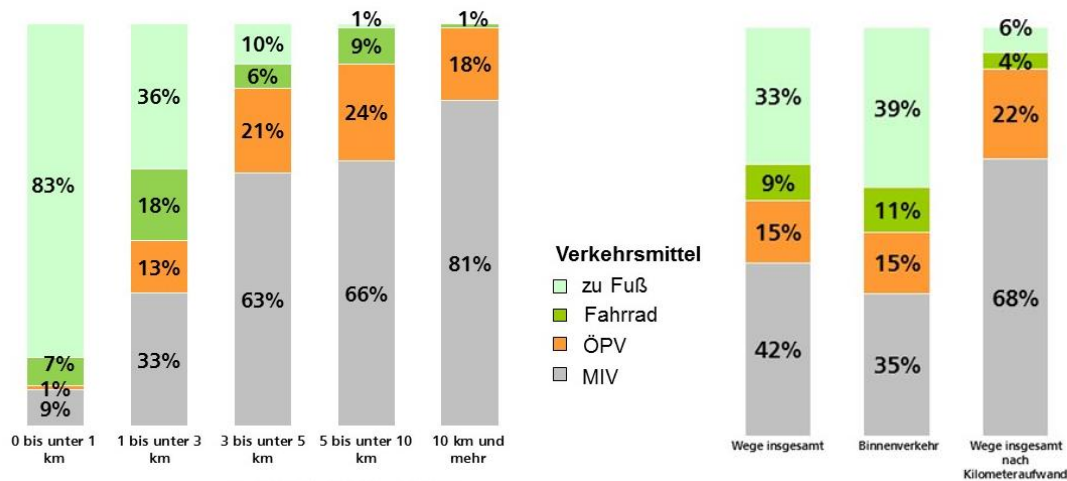


ABBILDUNG 34 (T2b): VERKEHRSMITTELNUTZUNG BEWOHNER UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG 2013, BINNENVERKEHR NACH WEGEANTEILEN, GESAMTVERKEHR WEGEANTEILEN, KILOMETERLEISTUNG UND NACH ENTFERNUNGSKLASSEN⁸¹

Die durchschnittliche Reichweite des Verkehrsmittels Fahrrad war in 2013 mit 2,8 km/Weg (Einwohner, alle Wege im Ziel-/Quell- und Binnenverkehr, alle Wegezwecke) noch eher gering. Die mittlere Geschwindigkeit auf diesen Wegen lag bei 11,5 km/h. Der Pkw-Verkehr erreichte dagegen im Mittel 34,4 km/h. Im Binnenverkehr lagen die Werte bei 10,8 km/h auf Wegen mit Fahrrad und 21,6 km/h auf Wegen mit Pkw.

2.9 T2b_Radverkehr: Maßnahme 1 – Pendlerströme Innenstadt – Campus Lahnberge

2.9.1 Der Standort Lahnberge

Auf dem östlich der Lahn und der Innenstadt gelegenen Höhenzug Lahnberge liegen zwei der bedeutendsten Verkehrserzeuger in Marburg: Das Universitätsklinikum Gießen-Marburg (UKGM⁸²) mit rund 4.500 Arbeitsplätzen und der neben der Innenstadt zweitgrößte Teilstandort Campus Lahnberge der Philipps-Universität Marburg mit rund 1.700 Arbeitsplätzen und 8.000 Studierenden der dort beheimateten naturwissenschaftlichen Institute. Der Höhenunterschied zwischen dem Lahntal und den Lahnbergen beträgt zwar bis zu 200 Meter. Die relevanten Ziele der dortigen Einrichtungen erfordern jedoch, wie an anderer Stelle ausgeführt wird, die Überwindung einer geringeren Zahl Höhenmeter. So ist beispielsweise vom im Lahntal gelegenen Südbahnhof die Mitte des Universitätscampus

⁸¹ Quelle: SrV 2013 – RMV Städte, TU Dresden 2015, eigene Darstellung

⁸² Das Universitätsklinikum Gießen-Marburg (UKGM) wurde im Jahr 2005 von der privaten Rhön-Klinikum AG übernommen, 5% der Anteile hält das Land Hessen. Es handelt sich nach eigenen Angaben um das drittgrößte Universitätsklinikum in Deutschland. Im Jahr 2016 wurden 46.796 Patienten stationär behandelt, die Zahl der ambulanten Patienten betrug in 2015 178.000.

Lahnberge 160 Höhenmeter zu überwinden. Der Quellverkehr aus den Stadtteilen an den westlichen Hanglagen der Lahnberge (z.B. der Wohngebiete an Ortenberg und Richtsberg) erreicht diese Ziele mit deutlich darunter liegenden zu überwindenden Höhenmetern.

Der Campus Lahnberge wird weiter ausgebaut und hat die im Masterplan vorgesehene Größe noch nicht erreicht. Auch das Universitätsklinikum wird sukzessive weiterentwickelt. Der Standort Lahnberge ist monofunktional strukturiert, bis auf die betriebliche Infrastruktur dieser beiden großen Arbeitgeber gibt es keine Angebote für Dienstleistungen, Einzelhandel, Gastronomie, Freizeiteinrichtungen oder weitere soziale und kommerzielle Infrastruktur. Die Lahnberge sind somit als mit nur ca. 10 Einwohnern nahezu unbewohnter Kernstadtteil das Ziel für bereits heute rund 15.000 Personen, die hier arbeiten und studieren. Der weitaus größte Anteil dieser Personen erreicht sein Ziel auf den Lahnbergen auf der Relation Lahntal-Lahnberge. Ein kleinerer Anteil erreicht diesen Standort aus den östlich der Lahnberge gelegenen Außenstadtteilen Marburgs sowie als Einpendler aus den Gemeinden im östlich der Universitätsstadt Marburg gelegenen Hinterland.

2.9.2 Datengrundlage und Verkehrsaufkommen

Das Verkehrsaufkommen zu diesem Standort ist im Wochen- und Jahresverlauf volatil. Für die Berechnung der hier im Fokus stehenden NO_x-Emissionen wurde der mit den Angaben im Luftreinhalteplan methodisch vergleichbare Jahreswert ermittelt. Wichtigste Einflussgröße für die Schwankungen im Jahresverlauf sind die Unterschiede zwischen Vorlesungs- und vorlesungsfreien Zeiten. Schwankungen im Wochenverlauf werden besonders von den betriebsbedingten geringer frequentierten Wochenend- und Feiertagen, Veranstaltungsangeboten sowie Sprechzeiten und Behandlungszeiten für ambulante Patienten bestimmt. Aufgrund der strukturellen Besonderheiten der beiden großen Einrichtungen bzw. Betriebe auf den Lahnbergen war die von diesen ausgehende Verkehrserzeugung spezifisch zu ermitteln, um die verkehrsinfrastrukturellen und verhaltensorientierten Maßnahmen qualitativ und quantitativ bewerten zu können.

Zunächst wurden Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung berechnet. Hierfür konnten die methodischen Vorarbeiten und Berechnungen im Rahmen des Klimaschutzteilkonzepts „Klimafreundliche Mobilität Projekt Lahnberge“⁸³ für das Analysejahr 2013 zugrunde gelegt werden. Seinerzeit waren Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung für das Jahr 2020 berechnet worden, um Wirkungen neuer Verkehrsangebote abschätzen zu können. Im Klimaschutzteilkonzept wurden Bestandsdaten eingesetzt, die zum überwiegenden Teil auch heute noch aktuell sind und daher weiter Verwendung gefunden haben, um einen aktuellen Ausgangswert für den Masterplan für das Jahr 2018 festlegen zu können.

Die im Konzept 2015 einbezogene Annahme, dass der Universitätscampus Lahnberge die Studierendenzahl 8.000 erst in 2030 erreichen wird, wurde zwischenzeitlich durch den bereits im Wintersemester 2017/18 erreichten Wert (8.050 Studierende) realisiert und somit für 2018 eingesetzt. Deutlich unter dem für 2020 angenommenen Wert für die Zahl der Bediensteten der Universität an diesem Standort wurde der Bestand für 2018 mit 1.700 statt seinerzeit 2.500 Personen angesetzt.

⁸³ PGN Planungsgruppe Nord, Klimaschutzteilkonzept Klimafreundliche Mobilität Projekt Lahnberge, Januar 2015. Dieses Konzept wurde im Jahr 2015 durch die Stadtverordnetenversammlung der Universitätsstadt Marburg beschlossen (Beschlussvorlage VO/3893/2015): „1. Das Klimaschutzteilkonzept „Klimafreundliche Mobilität, Projekt Lahnberge“ soll als Grundlage für weitere Maßnahmen und Aktivitäten der Universitätsstadt Marburg im Rahmen des Klimaschutzes und der verkehrlichen Anbindung des Standortes Lahnberge und der Innenstadt Marburg dienen. 2. Die radwege-technische Anbindung der Lahnberge (UKGM-Standort Marburg, Philipps-Universität-Campus Lahnberge) an die Innenstadt soll kurz- bis mittelfristig umgesetzt werden. Die hierfür notwendigen Voraussetzungen sind kurzfristig herbeizuführen.“

Für das Klimaschutzteilkonzept konnte auf eine durch die Philipps-Universität spezifisch erstellte vertiefende Auswertung einer repräsentativen Mobilitätsbefragung der Bediensteten und Studierenden der Universität aus dem Jahr 2011 aufgebaut werden. Eine vergleichbare Untersuchung lag und liegt für das UKGM nicht vor. Nicht aktualisiert wurden daher die für das Klinikum in 2015 getroffenen Annahmen zum Verkehrsverhalten der Zielverkehre der Bediensteten, die analog zu den Werten der Bediensteten der Universität eingesetzt wurden. Vor dem Hintergrund der zwischenzeitlich nur geringfügig geänderten Verkehrsinfrastruktur blieben diese als realistische Annahme unverändert. Gleiches gilt für den Zielverkehr zur Universität, auch wenn es aufgrund der zwischenzeitlichen Zunahme der Pedelec-Nutzung⁸⁴ bereits zu einer leichten Zunahme der Nutzung dieses Verkehrsmittels für die Wege zu den Lahnbergen gekommen ist.

Das dieser Standort infrastrukturell heute noch kein generell fahrradfreundliches Ziel für die Relation Lahntal-Lahnberge darstellt, wird auch vor dem Hintergrund der Entwicklung der Zahl der abgestellten Fahrräder seit 2015 sichtbar. Der seit Mai 2015 verkehrende Bus mit Fahrradanhänger des Stadtverkehrs Marburg („RadZ-Fatz-Fahrradbus“), der die Fahrradmitnahme den Berg hinauf im morgendlichen Berufsverkehr ermöglicht, zeigt allerdings durchaus Nachfragepotenziale auf. In der Zeit zwischen 7.24 und 11.24 Uhr im Stundentakt transportierten in den vier ausgewerteten Wochen zwischen 18.05.2018 und 14.06.2018 durchschnittlich 15,4 Fahrgäste/Betriebstag ihre Fahrräder zum Arbeitsbeginn in diesem Zeitabschnitt auf dem Fahrradanhänger. Diese Nutzung entfaltet ihren besonderen Vorteil in der Option, nach Arbeitsende flexibel und mit wenig Anstrengung den Berg mit dem Fahrrad wieder herunterfahren zu können⁸⁴.

Der weitaus größere Anteil der Fahrradnutzer fährt ohne Zwischennutzung des ÖPNV auf direktem Weg zum Ziel. Aus den in 2011 erfassten Wegelängen kann abgeleitet werden, dass dieses Verkehrsmittel überwiegend auf den kürzeren Relationen zwischen den Wohngebieten östlich der Lahn und den Zielen auf den Lahnbergen genutzt wird. Neben der Wegeinfrastruktur stellten bislang Topografie, größere Wegelängen und fehlende durchgehende Radwege die Haupthemmnisse für die Radnutzung dar. Die mittlere Wegelänge der Fahrradnutzer lag in 2011 dennoch bereits bei 7,1 km für Beschäftigte und 5,5 km für Studierende.

Für das Verkehrsaufkommen waren zwei weitere Einflussgrößen zu beachten: Viele Bedienstete der Philipps-Universität haben neben ihren „Hauptaktionsorten“ im Lahntal oder auf den Lahnbergen auch „Nebenaktionsorte“ am jeweils anderen Standort. Zudem werden zentrale Einrichtungen der Universität im Lahntal, z.B. die in 2017 eröffnete neue Zentralbibliothek, von Beschäftigten und Studierenden beider Standorte genutzt, einzelne Fachbereiche verfügen zudem weiterhin über eigene Fachbibliotheken. Daher entsteht zusätzliche untertägige Verkehrsnachfrage, die aufgrund der Analyseergebnisse der Universitätsbefragung abgeschätzt werden konnte.

Im Hinblick auf die durch den Kraftfahrzeugverkehr verursachten Luftschadstoff-Emissionen ist die mit den Wegen zum oder vom Arbeitsplatz verbundene zusätzliche private Mobilität (z.B. zu Einkauf oder Besorgungen) relevant. Insbesondere Einpendler mit Arbeits- oder Studienplatz auf den Lahnbergen nutzen häufig dieses Muster, um Angebote in der Universitätsstadt Marburg wahrzunehmen, überwiegend mit privaten Kraftfahrzeugen. Spezifisch sind diese zusätzlichen Fahrten für das „Tagespublikum“ der Lahnberge nicht einzeln berechnet worden. Diese Verkehre sind in die Gesamtbilanz der Maßnahme 2 des Teilprojekts 2b pauschaliert integriert worden und für die NOx-Emissionen im Stadtgebiet Marburg berechnet worden. Diese Bilanz ist im Kapitel 2.11 „Wirkungsdimension der Umsetzbarkeit“ dokumentiert.

⁸⁴Auskunft Marburger Verkehrsgesellschaft mbH, Juni 2018, sowie eigene Berechnung

Die Daten zur Zahl der Beschäftigten, ambulanten Patienten und Besucher wurden nach Auswertung von veröffentlichten Geschäftsberichten des UKGM, welches Standorte in Gießen und Marburg umfasst und mit dem „Zentrum für Psychiatrie und Zahnheilkunde“ am westlichen Hang der Lahnberge (Ortenberg) einen weiteren kleinen Standort im Stadtgebiet hat, festgelegt. Zahlreiche kleinere Nachfragegruppen, zu denen z.B. die individuellen Begleitverkehre für Patienten, Fachbesucher und der Personenwirtschaftsverkehr (Dienstleister) gehören, wurden insgesamt im Volumen zurückhaltend eingeschätzt. Eine wesentliche Einflussgröße stellte die tatsächliche Zahl der Beschäftigten in der Klinikbranche dar, da branchentypisch viele Stellen geteilt besetzt werden. Diese „Kopfzahl“ wurde analog zum Klimaschutzteilkonzept Lahnberge 2014 (Beschluss aus 2015) abgeschätzt und daher in der Summe unverändert beibehalten.

Das Ergebnis der im Vergleich zum Klimaschutzkonzept aktualisierten Berechnungen der Jahreswerte ist in der folgenden Tabelle dokumentiert.

Standort Lahnberge: Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung insgesamt und Anteile der Verkehrsmittel am Modal Split im Bestand, Jahreswerte für 2018. Für den jeweils längsten Streckenabschnitt genutztes Verkehrsmittel (Hauptverkehrsmittel), Hin- und Rückwege

Nachfragegruppen	Personen	Pkw-Selbst- und Mitfahrer		ÖPNV		Fahrrad, Pedelec		Gesamt
Studierende PUM 2017/2018	8.050	0,444 Mio. Wege 5,280 Mio. km	14% 19%	2,631 Mio. Wege 21,838 Mio. km	83% 79%	0,095 Mio. Wege 0,523 Mio. km	3% 2%	3,170 Mio. Wege 27,641 Mio. km
Mitarbeiter PUM Campus Lahnberge 2017	1.700	0,535 Mio. Wege 8,726 Mio. km	65% 72%	0,239 Mio. Wege 3,150 Mio. km	29% 26%	0,033 Mio. Wege 0,234 Mio. km	6% 2%	0,823 Mio. Wege 12,110 Mio. km
UKGM Mitarbeiter Klinikum Lahnberge	4.500	1,830 Mio. Wege 29,854 Mio. km	65% 64%	1,149 Mio. Wege 15,159 Mio. km	29% 33%	0,238 Mio. Wege 1,687 Mio. km	6% 4%	3,217 Mio. Wege 46,700 Mio. km
UGKM Besucher, Patienten Klinikum Lahnberge	1.200	0,350 Mio. Wege 7,008 Mio. km	80% 81%	0,079 Mio. Wege 1,577 Mio. km	18% 18%	0,009 Mio. Wege 0,062 Mio. km	2% 1%	0,438 Mio. Wege 8,647 Mio. km
Gesamt	15.450	3,159 Mio. Wege 50,868 Mio. km	41% 54%	4,098 Mio. Wege 41,724 Mio. km	54% 44%	0,375 Mio. Wege 2,506 Mio. km	5% 3%	7,648 Mio. Wege 95,098 Mio. km

ABBILDUNG 35 (T2b): STANDORT LAHNBERGE: VERKEHRSaufKOMMEN UND VERKEHRSLEISTUNG LAHNBERGE UND ANTEILE DER VERKEHRSMITTEL AM MODAL SPLIT IM BESTAND, JAHRESWERTE FÜR 2018⁸⁵

⁸⁵ Personenzahl nachrichtlich dokumentiert. Die Werte zum Verkehrsaufkommen und zur Verkehrsleistung berücksichtigen differenzierte Anwesenheitstage, Wegezahlen und Wegelängen der einzelnen Nachfragegruppen.

Universität: Eigene Berechnungen auf Basis der repräsentativen Mitarbeiter- und Studierendenbefragung der Philipps-Universität Marburg, Prof. Strambach et. al. 2011, sowie ergänzender Annahmen und Aktualisierungen, Daten der Universität zu Studierenden 2017/2018 und Mitarbeitern 2017 (Auskunft Philipps-Universität 13. Juli 2018). Ergänzender Hinweis der Verfasser: Der Modal Split der Studierenden der Institute im Lahntal wird durch die Verfasser mit zwischen 7% (Campus Firmenei) und 10% (übrige Standorte) angenommen.

Informationen zum Universitätsklinikum: Auswertung von Material des UKGM, Qualitätsberichte 2015, 2016, Geschäftsbericht der Rhön-Klinikum AG für 2017 und Internetseite des UKGM (<http://ukgm.info/zahlen.html#c3771>), Zugriff am 12.07.2018.

Die eigene Annahme, dass das Klinikum von 1.200 ambulanten Patienten, Begleitpersonen und Besuchern am Tag aufgesucht wird, bildet den max. Wert ab. Im Jahresmittel wird von 600 Personen/Tag ausgegangen. Für den Modal Split der Mitarbeiter des Klinikums wurde der identische Modal Split der Mitarbeiter der Universität als Annahme gesetzt, da die Erreichbarkeit weitgehend identisch ist, eine mit der Universitätsuntersuchung 2011 vergleichbare Analyse zum Verkehrsverhalten des Zielverkehrs zum Klinikum liegt. Für das Verkehrsaufkommen und die Verkehrsleistung der (ambulanten) Patienten und der Besucher wurden Annahmen aufgrund vorliegender Expertise und Ortskenntnis getroffen. Methode und Ergebnis dieser Abschätzung der Bestandswerte erwies sich auch vor dem Hintergrund von vertiefenden Untersuchungen im Rahmen des Klimaschutzteilkonzepts Mobilität in 2014 für den Gesamtstandort Lahnberge als ausreichend belastbar.

Verkehrsmittel: Pkw umfasst den gesamten MIV, also auch Motorräder, Mopeds und E-Bikes, Fahrrad umfasst auch Pedelec. Das Verkehrsmittel Zufußgehen wurde als Hauptverkehrsmittel aufgrund geringer Relevanz für die äußere Erschließung dieses Standorts in dieser Untersuchung nicht dargestellt. Gleichwohl hat das Zufußgehen für die Anschlussmobilität und die untertägige betriebliche Mobilität sowie die Erreichbarkeit der Mobilitätsstationen der Sharing-Systeme Bedeutung.

Die aufgrund der Besonderheiten der Jahresganglinie der Verkehre zu den Lahnbergen und besonders zwischen Lahntal und Lahnbergen festzustellende große Varianz der Tages-Belastungen ist auch für die NO_x-Tagesbelastung relevant.

Für das gesamte Jahr 2018 wurde ein Verkehrsaufkommen von 8,035 Mio. Wegen sowie eine Verkehrsleistung (Verkehrsaufwand) im Umfang von 98,763 Mio. Pkm errechnet. Würden diese Werte, was zur Einschätzung der Bedeutung dieses Verkehrs erfolgt, jedoch faktisch und methodisch nicht belastbar ist, auf 365 Tage verteilt, ergäbe sich ein Mittelwert über das Gesamtjahr im Umfang (Hin- und Rückwege) von rund 20.950 Wegen/Tag sowie rund 260.500 Pkm/Tag Verkehrsaufwand.

Die im Klimaschutzteilkonzept 2015 angewandte Methodik hatte bereits für die Einpendler in die Universitätsstadt Marburg die Anreisen einpendelnder Studierender und Beschäftigter mit regelmäßigen Wochenend-Wohnstandort weit außerhalb der der Universitätsstadt bei der Berechnung des Verkehrsaufwands berücksichtigt, indem diesen Personen ein spezifisches für die Gesamtheit der Studierenden bzw. Beschäftigten errechnetes durchschnittliches Wegeäquivalent für jeweils eine An- und Abreise/Woche zugerechnet wurde. Dennoch sind weder die Kilometerleistung noch die NO_x-Emissionen des MIV dieser Gruppen ausschließlich dem Stadtgebiet Marburgs zuzurechnen. Die in der vorliegenden Ausarbeitung für den Verkehr zu den Lahnbergen dokumentierten Werte sind daher nicht vollständig als eine Teilmenge der hier dokumentierten Gesamtmengen der im Stadtgebiet gefahrenen Personen-Kilometer im MIV und der daraus resultierenden NO_x-Emissionen zugerechnet worden.

Die Bedeutung dieser Betrachtung ergibt sich aus der Wohnstandortverteilung: 43% der Bediensteten der Universität, Standort Campus Lahnberge, sowie 15% der Studierenden an diesem Standort wohnen (Stand 2011) außerhalb des Stadtgebiets und sind Einpendler, deren Wege wiederum überwiegend durch die Innenstadt führen.

Die max. Belastungswerte werden 2018 an Werktagen Mo.-Fr. in der Vorlesungszeit erreicht: rund 44.200 Wege/Tag bzw. rund 549.700 Pkm/Tag. Der MIV hat daran einen Anteil von rund 23.900 Wegen/Tag (41%) bzw. 296.800 Pkm/Tag (54%), womit dieser Verkehr mit einem großen Teil der von ihm emittierten rund 119 kg/Tag in erheblichem Umfang an der NO_x-Emission des Gesamtverkehrs auch im Stadtgebiet beteiligt ist. Gleiches betrifft den Jahreswert, der 39,51 t/Jahr umfasst.

Aus der Abbildung 35 (T2b) geht hervor, dass der Modal Split des Radverkehrs im Durchschnitt aller Nachfragegruppen Lahnberge für 2018 mit 4,90% (gerundet 5,0%) für den Modal Split Wege bzw. mit 2,64% (gerundet 3,0%) für den Modal Split Personenkilometer (Pkm) errechnet wurde.

Der Zielwert des Klimaschutzteilkonzeptes aus 2015 für den Anteil des Verkehrsmittels Fahrrad war nach Durchführung der vorgeschlagenen Maßnahmen mit 15% für das Jahr 2030 angegeben. Während in 2015 neben den Radverkehrsmaßnahmen, die auch in der vorliegenden Untersuchung zu bewerten waren, auch das betriebliche Mobilitätsmanagement mit Schwerpunkt auf der Bildung von Fahrgemeinschaften konzipiert war, kam es im „Szenario 1“ zu einer deutlichen Abwanderung von Fahrgästen des Busverkehrs zu Alternativen, insbesondere den Fahrgemeinschaften, da diese die weiteren Strecken mit vergleichbarem Zeitaufwand gegenüber der Pkw-Selbstnutzung ermöglichen und der Nachteil des Umsteigens auf zahlreichen Relationen entfielen.

Die vorliegende Untersuchung fokussiert sowohl bei den Maßnahmen als auch den Berechnungen von Potenzialen und Modal Shift vom MIV zum Fahrradverkehr ausschließlich auf diese Alternative. Es wird daher davon ausgegangen, dass der Ausbau der Radverkehrsinfrastruktur nur in weit geringerem Umfang zu einem Rückgang der Nachfrage

Kennwerte zum Verkehrsaufwand der Beschäftigten und Studierenden am Standort Lahnberge aus dem Klimaschutzteilkonzept 2015 (basierend auf der repräsentativen Mobilitätsbefragung), die auch vorliegend für 2018 zugrunde gelegt wurden: Mittlere Länge ein Weg/Beschäftigte: MIV 16,31 km, ÖPNV 13,2 km, Fahrrad 7,1 km; Studierende: MIV 11,9 km, ÖPNV: 8,3 km, Fahrrad: 5,5 km.

im Busverkehr führen wird. Berechnet wurden vorliegend nur die Mengen des Modal Shift vom MIV zum Fahrrad/Pedelec, in den dokumentierten Werten sind daher nur diese Verkehrsmittelwechsler enthalten.

Das Ziel 15% Wege-Anteil des Verkehrsmittels Fahrrad am Modal Split wird auch und gerade ohne die im Szenario I des Klimaschutzteilkonzepts Lahnberge aus dem Jahr 2015 als realistisches Ziel angesehen und gesetzt. Die theoretischen Potenziale für das Fahrrad liegen unter Berücksichtigung der anzunehmenden weiteren Zuwächse der Pedelec-Verfügbarkeit, der Bikesharing-Angebote und bei Herstellung durchgehender attraktiver Radwege, besonders der relevanten kurzen Verbindung Innenstadt-Lahnberge, höher. Deren Ausschöpfung ist jedoch von einer Vielzahl von Einflussfaktoren (z.B. der Entwicklung der ÖPNV-Angebote) abhängig und die zeitliche Entwicklung der Änderung des Verkehrsverhaltens über den gesetzten Zielwert hinaus nicht quantifizierbar.

Das Erreichen von 15%-Anteil des Fahrrades am Modal Split (Wege) des Gesamtverkehrs Lahnberge im Jahr 2030 bedeutet, dass 1,147 Mio. Wege/Jahr mit diesem Verkehrsmittel zurückgelegt würden, in 2018 sind es 0,375 Mio. Wege/Jahr. Es wird angenommen, dass die mittlere Wegelänge der mit dem Fahrrad zurückgelegten Wege zu den Lahnbergen bis 2030 auf min. 7,0 km/Weg zunimmt, womit rund 5,5 Mio. Pkm MIV gegenüber dem Bestand eingespart werden würden.

Es wird darauf hingewiesen, dass der ÖPNV insbesondere aus dem Segment der Einpendler, die zukünftig verstärkt vom MIV auf Alternativen umsteigen werden und nach Marburg dann erst gar nicht mit dem eigenen Pkw einfahren, untertägig und im Jahresverlauf auch zusätzliche neue Potenziale für Hauptwege Anschlusswege gewinnen kann. Erfahrungswerte zeigen, dass der verstärkte Umstieg auf das Fahrrad auch zusätzliche Wege mit dem ÖPNV generiert, weil viele Nutzer als frühere (gelegentliche oder häufige) MIV-Nutzer zur verstärkten Fahrradnutzung ein verstärkt multimodales Verkehrsverhalten zeigen.

2.9.3 Bestand NOx-Belastung der Innenstadt

Der Anteil des MIV am privaten Personenverkehr zum Standort Lahnberge beträgt rund 51 Mio. Pkm/Jahr (54% Anteil am Gesamtverkehrsaufwand). Der Anteil der MIV-Wege zwischen der Innenstadt und den Lahnbergen wird mit 95% eingeschätzt. Diese Wege umfassen nicht nur die Wege der Marburger Einwohner, sondern auch den größeren Teil diejenigen der Einpendler, die das Hauptverkehrsstraßennetz im Lahntal (B3, Landestraßen usw.) nutzen, um das Ziel Lahnberge zu erreichen. Auch die große Zahl der Wege zwischen den universitären und weiteren Arbeitsplatzstandorten im Lahntal und den Lahnbergen verläuft über diese Relation. Welchen Anteil der MIV-Personenkilometer und der davon ableitbaren NOx-Emissionen an den direkten Wegen innerhalb der Innenstadtgebiete bzw. der diese querenden Teilstrecken haben, ist nicht exakt abzugrenzen. Es wird geschätzt, dass von insgesamt rund 51 Mio. MIV-Pkm/Jahr rund 20 Mio. MIV-Pkm/Jahr auf das Gebiet der Innenstadt-Stadtteile entfallen. Die im Jahresgang variablen Belastungen liegen damit zwischen rund 50.000 und rund 170.000 MIV-Pkm/Tag bzw. zwischen 20 und 68 kg NOx/Tag.

2.9.4 Priorisierung der drei Radverkehrsverbindungen zwischen Lahntal und Lahnberge

Die Ziele auf den Lahnbergen können Radfahrer heute über zwei Straßen ansteuern. Von Norden über die Panoramastraße, von Süden über die Großseelheimer Straße. Beide Straßenzüge sind noch nicht bzw. noch nicht vollständig mit Radwegen ausgestattet. Geplant ist die durchgehende Markierung auf der Fahrbahn, verbunden mit kleinen baulichen Maßnahmen. Diese Haupteerschließungsstraßen zu den Lahnbergen erfordern als Landesstraße eine bereits vereinbarte Kooperation zwischen der Universitätsstadt Marburg, dem Land Hessen (Hessen-Mobil) und der Universität. Für einen Teil der Wegebeziehungen zwischen Wohnstandorten in den südlichen und nördlichen Stadtteilen und den Arbeitsplatzstandorten auf den Lahnbergen stellen diese beiden Straßen zwar nahegelegene Verbindungen dar.

Es sind jedoch vor allem über die Panoramastraße von Norden kommend große Höhenunterschiede zu überwinden und die Wegelänge ist erheblich. Für Wegebeziehungen aus den westlich der Lahn gelegenen Stadtteile und besonders aus der Innenstadt und dem dort verorteten Hauptstadort der Universität sind beide Verbindungen umwegig und zeitintensiv zu befahren und ohne Nutzung von Pedelec nur für wenige Radnutzer attraktiv.

Je nach Zielpunkt auf den Lahnbergen sind zwischen dem Startpunkt Erlenring 155-170 Höhenmeter zu überwinden.

Deshalb wurde der radwegetechnischen Erschließung der Lahnberge über eine dritte, mittig gelegene direkte Verbindung von der Innenstadt aus eine hohe Priorität zugewiesen. Im Klimaschutzteilkonzept Lahnberge wurde neben diesen zwei Verbindungen eine dritte Fahrradroute als Hauptradroute konzipiert, die die Innenstadt auf deutlich kürzerem Weg mit Klinikum und Universität auf den Lahnbergen verbindet. Die Streckenlänge vom Startpunkt im Tal an der Straße Erlenring (Mensa) bis zur Universität und zum Klinikum Lahnberge (Zielpunkt Mensa Universität) beträgt 2,9 km. Die Führung des Radverkehrs erfolgt überwiegend über gering vom Kfz-Verkehr frequentierte Wohnstraßen sowie eigenständig geführte Wege im Zuge des historischen Wegs „Alter Kirchhainer Weg“. Diese Maßnahme wird als „Haupt-Radverkehrsachse Lahntal-Lahnberge“ bezeichnet.

Entlang dieses Weges sind kurzfristig zunächst vergleichsweise wenig aufwändige Maßnahmen erforderlich, um die Nutzbarkeit herzustellen. Dazu gehört die Optimierung der Wegebeschaffenheit im Bereich befestigter Straßen, zentral aber vor allem die Herstellung ausreichender Befahrbarkeit im oberen Streckenbereich. Hier liegt heute eine noch unbefestigte, unbeleuchtete 1,3 km lange Teilstrecke des Weges, die den Anforderungen des Radverkehrs so nicht genügt. Zumal hier kurze aber besonders steile Teilabschnitte liegen. Besonders bei nasser Witterung (Regen, Schnee) kann dieses Teilstück derzeit nicht angemessen genutzt werden. Empfohlen wurde der sukzessive Ausbau zu einer Hauptradroute, da allein aufgrund der Kürze des Weges und der direkten Anbindung der wichtigen Nord-Süd-Radrouten durch das Lahntal große Potenziale für den Fahrradverkehr, besonders durch die Zunahme des Pedelec-Verkehrs erschlossen werden können.

Für die erstmalige Herstellung dieser durchgehenden Verbindung kann der vorhandene Weg durch eine bessere Oberflächenbefestigung ertüchtigt werden, hierzu wurde bereits eine Einigung mit der Unteren Naturschutzbehörde und dem Eigentümer des zu durchquerenden Waldgebietes (HessenForst) erzielt. Die aktuell laufenden Abstimmungsgespräche umfassen weitere Aspekte Pflegeaufwand und Instandhaltung im Hinblick auf mögliche Schäden durch die Waldbewirtschaftung. Es ist davon auszugehen, dass die erstmalige Herstellung ausreichender Befahrbarkeit noch im Jahr 2018 gelingt und in der Startphase des Green City

Plans bis 2020 der vollständige Verkehrswert einer umfassend attraktiven Radverkehrsachse erreicht wird.

An zweiter Stelle der drei Wegeverbindungen erschließt die Radverkehrsführung über die Großseelheimer Straße Wege, die ihre Quelle im Stadtteil Cappel und im Stadtteil Richtsberg haben, zunehmend auch als Anschlussmobilität vom Bahnhof Marburg Süd aufnimmt und in den kommenden Jahren weitere Potenziale aus den südlich von Marburg liegenden Gemeinden anziehen kann.

Die kurze Innenstadt-Lahnbergeverbindung gewinnt einerseits mit der Bedeutung der Bike+Ride-Nutzung beider Marburger Bahnhöfe, besonders durch die geplanten Ausbauvorhaben für eine schnelle Nord-Süd-Radwegeverbindung, die zusätzlichen Radverkehr aus westlichen, nördlichen und südlichen Stadtteile im Zuge des Ausbau des Radverkehrsnetzes auf die Verbindung über den Kirchhainer Weg ziehen wird.

Die Panoramastraße hat dagegen das geringste Potenzial. Wesentliche Gründe sind die Länge der Streckenführung, die nach wie vor hohe Verkehrsbelastung im Kfz-Verkehr und die damit wenig attraktive Führung neben der Fahrbahn. Die Hauptpotenziale dieser Route liegen in der Verbindung zwischen den Wohngebieten (teilweise spezifische Studierendenwohnungen), die am Ostrand des Nordviertels die Panoramastraße entlang in Richtung Lahnberge liegen.



ABBILDUNG 36 (T2b): LAGE DER DREI RADVERKEHRSANBINDUNGEN LAHNTAL-LAHNBERGE: NÖRDLICHE VERBINDUNG ÜBER PANORAMAstraße (BLAUE STRECKE 109), MITTLERE VERBINDUNG ÜBER ALTER KIRCHHAINER WEG (ROTE STRECKE 100-104), SÜDLICHE STRECKE ÜBER GROßSEELHEIMER STRAßE (ROTE/VIOLETTE STRECKE 71-74) IM RADVERKEHRSNETZPLAN DER UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG⁸⁶

⁸⁶ Quelle: Auszug aus dem priorisierten Gesamtnetz auf Grundlage der 3. Fortschreibung der Radverkehrsplanung 2017

2.9.5 Entlastung der Innenstadt

Die zu erreichenden Radverkehrspotenziale zwischen Lahntal und Lahnbergen können vorrangig durch die mittig gelegene kurze Verbindung über die Streckenführung „Alter Kirchhainer Weg“ erschlossen werden. Diese Strecke betrifft sowohl eine große Zahl direkter Wege zwischen Wohn- und Arbeitsplatzstandort als auch Anschlusswege zwischen den Bahnhöfen in Marburg und untertägige Wege zwischen den Einrichtungen auf den Lahnbergen und anderen Aktionsorten im Lahntal. Fahrradverkehr reagiert sensibel auf umwegige Führungen und relevante Zeitverluste gegenüber der Nutzung des MIV. Die Hauptradverkehrsachse über den „Alten Kirchhainer Weg“ ermöglicht für viele Relationen sogar Zeitvorteile im Vergleich zum MIV.

Die NO_x-Minderungswirkung durch den Modal Shift vom MIV zum Fahrradverkehr wird wie folgt eingeschätzt: bereits die kurzfristig mögliche Herstellung einer durchgehenden Befahrbarkeit der Haupt-Radverkehrsachse Lahntal-Lahnberge kann bis 2020 bereits bis rund 1,0 Mio. MIV-Pkm aus der Innenstadt substituieren. Bis zum Jahr 2030 steigt dieser Wert auf rund 3,5 Mio. MIV-Pkm an.

Die zusätzlichen Wege mit dem Fahrrad, die über die Großseelheimer Straße generiert werden können, erreichen bis 2030 rund 1,5 Mio. MIV-Pkm, über die nördliche Verbindung Panoramastraße rund 0,5 Mio. MIV-Pkm.

2.10 T2b_Radverkehr: Maßnahme 2 – Priorisierung von Maßnahmen des Radverkehrsplans

2.10.1 Methodik der Priorisierung

Für die Erreichung des Ziels einer möglichst wirkungsvollen Entlastung der Innenstadt wurden die 256 Einzelmaßnahmen (Streckenabschnitte und punktuelle Maßnahmen) des Radverkehrsnetzes sowie die ergänzenden baulichen und organisatorischen Maßnahmen priorisiert. Insgesamt wurden zehn Maßnahmen identifiziert, die jede für sich betrachtet ein hohes Wirkungspotenzial erschließt und im Zusammenwirken zusätzliche Synergieeffekte entfalten.

Die zehn in die 1. Priorität aufgenommen Maßnahmen setzen sich wie folgt zusammen:

- 5 Netzbestandteile des Radverkehrsnetzes aus der 3. Fortschreibung der Radverkehrsplanung der Universitätsstadt Marburg aus 2017
- 5 strukturell definierte Maßnahmenbündel aus den ergänzenden baulichen und organisatorischen Maßnahmen aus der 3. Fortschreibung der Radverkehrsplanung der Universitätsstadt Marburg aus 2017



ABBILDUNG 37 (T2B): BLICK AUF DIE BEWEGTE TOPOGRAFIE MARBURGS IN SÜD-NORD-RICHTUNG (VORDERGRUND: LAHNTAL MIT B3, BILDMITTE: SCHLOSSBERG UND OBERSTADT. HINTERGRUND RECHTS: LAHNBERGE)

Radverkehrsnetz Bestand 2017 und Maßnahmen der 3. Fortschreibung der Radverkehrsplanung der Universitätsstadt Marburg Streckenlängen der Netzbestandteile in km ⁽¹⁾

Art der Radverkehrsanlage	Bestand	Minderung durch Umplanung	Einstufung nach Umplanung	Neu-planung	Prüfmaß-nahme (4)	Zielnetz
Baulich angelegter Radweg	2,4	-0,3	+1,2	56,6	0,4	60,3
Schutz- und Radfahrstreifen	12,0	-1,0	+3,8	20,8	1,0	36,6
Mischverkehr mit Kfz auf der Fahrbahn	<i>n.q.</i>			29,2	0,7	29,9
Haupttradrouten, mit Radschnellweg-Elementen			+9,0	4,6	1,1	14,7
Fahrradstraße			+0,6	4,3	3,7	8,6
Gemeinsamer Geh- und Radweg (2)	36,7	-13,3				23,4
Lahntalradweg (3)	11,3					11,3
Gesamt:	62,4	-14,6	+14,6	115,5	6,9	184,8

(1) Streckenmessung: Zweiseitig geführte Radverkehrsanlagen sind nur einmal kilometriert. Strecken, die über die Stadtgrenze hinaus in benachbarte Orte weitergeführt werden, sind i.d.R. nur mit der Teilstrecke im Stadtgebiet erfasst. Radrouten: Diese Kategorie (Wegweisung) ist nicht mit erfasst, Teile der Radrouten verlaufen über die Strecken bestehender oder geplanter Radverkehrsanlagen. Die Streckenlängen der Radrouten sind daher nicht gesondert dokumentiert. Streckenabschnitte mit Mischverkehr von Kraftfahrzeugen und Radverkehr auf der Fahrbahn wurden im Bestand nicht vermessen.

(2) Gemeinsamer Geh- und Radweg: StVO VZ 240 oder VZ 239 mit Zusatz „Radverkehr frei“

(3) Lahntalradweg: Der 11,3 km lange Lahntalradweg im Stadtgebiet von Marburg ist nicht in den anderen Radverkehrsanlage-Kategorien ausdifferenziert enthalten.

(4) Prüfmaßnahmen werden als Netzbestandteile grundsätzlich für sinnvoll erachtet und daher zur weiteren Berücksichtigung empfohlen. Aufgrund der besonderen örtlichen Situation, z.B. eines besonders beengten Straßenraums, empfindlicher naturräumlicher Rahmenbedingungen oder sensibler städtebaulicher Strukturen sowie besonderer straßenverkehrsrechtlicher Aspekte sind diese Netzbestandteile im Hinblick auf ihre Realisierbarkeit vertiefend zu prüfen.

ABBILDUNG 38 (T2B): ÜBERSICHT ÜBER DAS RADVERKEHRSNETZ (ZIELNETZ) DER UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG, BESTAND 2017 UND MAßNAHMEN DER 3. FORTSCHRIBUNG DER RADVERKEHRSPANUNG, BESCHLUSS 2017) NACH BAUART (STRECKENBESTANDTEILE), NICHT PRIORISIER, EIG. DARSTELLUNG

Radverkehrsnetz Bestand 2017 und Maßnahmen der 3. Fortschreibung der Radverkehrsplanung der Universitätsstadt Marburg

Gesamtübersicht Streckenabschnitte und punktuelle Maßnahmen

Maßnahme	Planung	Prüfmaßnahme*	Gesamt
linear	168	21	189
punktuell	51	6	57
	219	27	246

*Prüfmaßnahmen werden als Netzbestandteile grundsätzlich für sinnvoll erachtet und daher zur weiteren Berücksichtigung empfohlen. Aufgrund der besonderen örtlichen Situation, z.B. eines besonders beengten Straßenraums, empfindlicher naturräumlicher Rahmenbedingungen oder sensibler städtebaulicher Strukturen sowie besonderer straßenverkehrsrechtlicher Aspekte sind diese Netzbestandteile im Hinblick auf ihre Realisierbarkeit vertiefend zu prüfen.

ABBILDUNG 39 (T2B): ÜBERSICHT ALLE MAßNAHMEN DES RADVERKEHRSWEGENETZES DER 3. FORTSCHRIBUNG DER RADVERKEHRSPANUNG, (STRECKENABSCHNITTE, PUNKTUELLE MAßNAHMEN), OHNE PRIORISIERUNG, JULI 2017, EIG. DARSTELLUNG

Jede einzelne der 256 Einzelmaßnahmen des Radverkehrswegenetzes wurde in Hinsicht auf ihre Bedeutung für die Entlastung der Innenstadt Marburgs beurteilt. Hierzu wurden die Erkenntnisse aus der Analysen zum Verkehrsaufkommen der relevanten Zielgruppen herangezogen, um die Wirkungspotenziale für den Modal Shift vom Pkw- zum Fahrradverkehr einschätzen zu können. Die Einzelmaßnahmen wurden in drei Kategorien (1, 2, 3) eingeteilt. Die Kategorie 1 stellt das im Ergebnis prioritäre Radverkehrswegenetz dar.

Die qualitativen und quantitativen Bewertungskriterien wurden nicht einzeln in einem statischen Verhältnis zueinander gewichtet, vor allem da die einzelnen Maßnahmen ihre Wirkung nur im Netzzusammenhang entfalten können. Die Kriterien umfassen:

- Bedeutung im Radverkehrsnetz (Netzschluss, Relevanz des Streckenabschnitts)
- Herstellung oder Verbesserung der Erreichbarkeit wichtiger Verkehrsziele
- Bedeutung für größere Entfernungen (Wegelänge) im Binnenverkehr (Alltagsverkehr alle Zwecke: Arbeit, berufliche Wege, Ausbildung, Freizeit (Sport, Kultur, Besuche), Einkauf und Besorgung
- Bedeutung für größere Entfernungen (Wegelänge) im Ein- und Auspendler-Verkehr (Alltagsverkehr alle Zwecke: Arbeit, berufliche Wege, Ausbildung, Freizeit (Sport, Kultur, Besuche), Einkauf und Besorgung
- Bedeutung für Anschlussmobilität (Intermodalität), z.B. Erreichbarkeit der Bahnhöfe, Mobilitätsstationen (Carsharing, Bikesharing), auch für ein Ein- und Auspendler
- Potenzialausschöpfung bei Pedelec-Nutzung (Überwindung Steigungsstrecken)
- Wirkungspotenzial Substitution MIV-Pkm (Personenkilometer) und NOx-Minderung
- Wirkungspotenzial auf der Zeitschiene (kurzfristig, mittelfristig, langfristig), Substitution MIV-Pkm (Personenkilometer) und NOx-Minderung

- Bewirkung zusätzlicher Synergieeffekte (Sichtbarkeit der Fahrradwegeverbindung/Fahrradinfrastruktur, Förderung der Fahrrad-Nutzung durch stadträumlich attraktive Wegeführung, Vorteile für Lieferverkehre (Lastenfahrräder)

2.10.2 Ergebnis der Priorisierung T2b Maßnahme 2, Teilmaßnahme 1 (Radverkehrswegenetz)

Maßnahme 2: Priorisierung von Maßnahmen des Radverkehrsplans Übersicht Radverkehrsachsen und Streckenabschnitte mit Priorität 1

Teilnetz	Maßnahmen im Radverkehrsnetz Zusammenhängende Verbindungen und Netzergänzungen Priorität 1	Strecken- länge (gesamt)	Strecken- abschnitte (gesamt)	Haupt-Zielgruppen
1.1	Nord-Süd-Haupt-Radverkehrsachse mit Schnellradwegelementen: Cölbe - Cappel (- Bortshausen)	9,6 km (15,2 km)	18 (19)	Alle Wegezwecke, Ein-/Aus-/Binnenpendler, Gewerbe Nordstadt, Gemeinde Cölbe, (gesamt: Ebsdorfergrund)
1.2	Haupt-Radverkehrsachse: Lahntal-Lahnberge (Erlenring - Mensa Lahnberge)	5,4 km (5,4 km)	10 (10)	Beschäftigte, Studierende, Besucher Universität Campus Lahnberge, UKGM-Klinikum Marburg
1.3	Haupt-Radverkehrsachse Bahnhof Marburg - Marbach - Görzhäuser Hof (- Michelbach)	5,8 km (10,1 km)	8 (12)	Ein-/Binnenpendler Standort Behringwerke (Marbach und Görzhäuser). Alle Zielgruppen und Zwecke: Anbindung Bahnhof Marburg
1.4	Anbindung Südbahnhof	5,9 km (5,9)	11 (11)	Alle Zielgruppen und Wegezwecke
1.5	Prioritäre Netzergänzungen Nordviertel, Campusviertel, Südviertel, Ockershausen	14,8 km (14,8)	25 (25)	Alle Zielgruppen und Wegezwecke
Gesamt		41,5 km (51,4)	72 (77)	

Eigene Berechnung auf Basis der 3. Fortschreibung der Radverkehrsplanung der Universitätsstadt Marburg (Beschluss 2017)
Rundungsdifferenzen.

ABBILDUNG 40 (T2b): STRECKENMAßE DER PRIORISIERTEN MAßNAHMEN (RADVERKEHRSACHSEN UND PRIORITÄRE NETZERGÄNZUNGEN), JULI 2018, EIG. DARSTELLUNG

Maßnahme 1.1 Nord-Süd-Hauptradverkehrsachse mit Schnellradwegelementen Cölbe-Cappel (Option Verlängerung nach Bortshausen in Richtung Ebsdorfergrund)

Diese Achse hat eine eigene hohe Erschließungswirkung (Gewerbe, Einwohnerschwerpunkte, Innenstadt, Universität, Bahnhöfe) sowie eine wichtige Bündelungsfunktion für schnelle und lange Wege. Sie hat eine hohe Bedeutung für alle Verkehrszwecke und den Ein-/Auspendlerverkehr. Durch den ebenfalls prioritären Anschluss mit Querung der Lahn in Wehrda wird auch eine schnelle Verbindung aus diesem Stadtteil in Richtung Innenstadt hergestellt.



ABBILDUNG 41 (T2B): NORD-SÜD-HAUPTVERKEHRSACHSE CÖLBE-CAPPEL, BESTAND, BEISPIEL ABSCHNITT 134/CAPPELER STRAßE

Maßnahme 1.2 Haupt-Radverkehrsachse Lahntal-Lahnberge

Erschließung des Standorts Lahnberge mittels kurzer und schneller Verbindung von und zur Innenstadt, hohe Bedeutung für Einpendler.



ABBILDUNG 44 (T2B): ANSICHT KLINIKUM LAHNBERGE VON DER EINMÜNDUNG CONRADSTRASSE IN DIE STRASSE „AUF DEN LAHNBERGEN“ / GEPLANTE HAUPTACHSE LAHTAL-LAHNBERGE, ABSCHNITT ALTER KIRCHHAINER WEG, ABZWEIG ZUM STANDORT LAHNBERGE



Maßnahme 1.3 Haupt-Radverkehrsachse Bahnhof Marburg-Marbach-Pharmaserv-Standorte Behringwerke Marbach und Görzhausen (Option zur Verlängerung nach Michelbach und Gemeinde Lahntal)

Dieses Projekt erschließt zahlreiche Wegebeziehungen zwischen den westlich der Innenstadt gelegenen Wohngebieten und stellt die einzige relevante und attraktiv kurze Wegeverbindung für den Radverkehr aus den nordwestlichen Stadtteilen in Richtung Innenstadt zum Arbeitsplatzschwerpunkt (über 5.000 Beschäftigte) an den Pharmaserv-Standorten in Marbach und Görzhausen dar. Zentrales Element als „Startmaßnahme“ dieser Verbindung ist die Gestaltung eines verträglichen Mischverkehrs von Kfz-Verkehr und Fahrradverkehr auf der Landesstraße Marbacher Weg zwischen Ketzerbach bis zur Zufahrt Behringwerke Standort Marbach dar, da aufgrund der beengten Situation keine eigenständige baulich oder durch Markierung gesicherte Radverkehrsführung im Zuge dieser Straßenverbindung möglich ist. Die Planung für diese Verbindung ist so schnell wie möglich aufzunehmen, mit dem Land Hessen (HessenMobil) ist die Organisation dieses Mischverkehrs, z.B. mittels Verringerung der erlaubten Fahrgeschwindigkeit zur Erhöhung der Verkehrssicherheit z.B. im Rahmen eines Verkehrsversuchs zu vereinbaren.



ABBILDUNG 45.1 (T2b): HEUTIGE SITUATION STRAßENZUG „MARBACHER STRAßE“ / „EMIL-VON-BEHRING-STRASSE“ ALS HAUPTZUFAHRT FÜR DEN FAHRRADVERKEHR ZUM STANDORT PHARMASERV BEHRINGWERKE (BERGAUF VON DER INNENSTADT IN RICHTUNG WESTEN)



ABBILDUNG 45.2 (T2b): HEUTIGE SITUATION STRAßENZUG „MARBACHER STRAßE“ / „EMIL-VON-BEHRING-STRASSE“ ALS HAUPTZUFABRT FÜR DEN FAHRRADVERKEHR ZUM STANDORT PHARMASERV BEHRINGWERKE (BERGAB VON MICHELBACH NACH MARBACH RICHTUNG INNENSTADT)

Maßnahme 1.4 Anbindung Südbahnhof

Diese Radverkehrsverbindungen stellen vor allem die Anbindung der Stadtteile Cappel, Unterer Richtsberg, Oberer Richtsberg, Hansenhaus an den Bahnhof Marburg Süd und an die Nord-Süd-Hauptradverkehrsachse her. Für einen Teil des Quellverkehrs aus den höher gelegenen Wohngebieten entlang der Großseelheimer Straße wird die Erreichbarkeit der Lahnberge verbessert.



ABBILDUNG 46 (T2b): FRAUENBERGSTRASSE, FAHRTRICHTUNG SÜDBAHNHOF / SÜDBAHNHOF, ZUGANG UND FAHRRADABSTELLANLAGEN, BLICKRICHTUNG NORDEN

Maßnahme 1.5 Prioritäre Netzergänzungen, Schwerpunkt Innenstadt

Prioritäre Netzergänzungen im Nordviertel, Campusviertel, Südviertel und Ockershausen. Diese umfassen einzelne Maßnahmen, die den Netzzusammenhang herstellen oder ihn verbessern und somit insgesamt für die Herstellung eines hoch leistungsfähigen Radverkehrsnetzes zur Entlastung der Innenstadt von MIV und NOx besondere Bedeutung haben.

Das dargestellte prioritäre Netz der Kategorie 1 schließt nicht aus, dass bereits vor 2030 auch Maßnahmen aus den Kategorien 2 und 3 umgesetzt werden. Das Netz der Kategorie 1 wurde zur schnellst möglichen Wirkung für eine Minderung der NOx-Emission vor allem in der Innenstadt Marburgs entwickelt. Andere Kriterien, wie die Anbindung aller Außenstadtteile über Radwege an die Innenstadt oder die Verbesserung der Verkehrssicherheit sind nur indirekt eingeflossen. Insbesondere bei punktuellen Maßnahmen, z.B. der Verbesserung der Sicherheit in Knotenpunkten werden demnach auch zeitlich parallel weitere als die bereits aufgenommenen Maßnahmen im Bereich der Streckennetzkategorien 2 und 3 zu realisieren sein.

In die Kategorie 1 aufgenommen wurde auch die Förderung des Bike+Ride zwischen dem Haltepunkt an der Oberen Lahntalbahn in Lahntal-Caldern und den Arbeitsplatzstandorten in Marburg, besonders auch dem Arbeitsplatzschwerpunkt in Marbach und Michelbach (Görzhausen) sowie in der Innenstadt ein. Auch diese für zahlreiche Einpendler und aus den benachbarten Wohnorten im Landkreis Marburg-Biedenkopf bis weit nach Nordrhein-Westfalen für die Verkürzung der Reisezeit zu ihrem Ziel bei Nutzung des SPNV und Anschlussweg mit Fahrrad/Pedelec interessante Variante erfordert netzbezogene Maßnahmen im Stadtgebiet von Marburg.



ABBILDUNG 47 (T2B): DEUTSCHHAUSSTRASSE (CAMPUSVIERTEL), BLICKRICHTUNG LAHNBERGE

Zusätzliche Bedeutung hat der prioritäre Ausbau der Nord-Süd-Radverkehrsachse vor dem Hintergrund der mit großem Engagement vorangetriebenen Weiterentwicklung des regionalen „Radverkehrsnetzes Mittelhessen“⁸⁷

Als „Entwicklungskorridor des Alltagsradverkehrs“ wird nicht nur die Nord-Süd-Hauptradverkehrsachse durch die Universitätsstadt Marburg charakterisiert, sondern auch deren Verlängerung in beide Richtungen, sowie der nördlich des Stadtgebiets unmittelbar hiermit verknüpfte West-Ost-Korridor (parallel zur B 62) und südlich der Universitätsstadt Marburg die Abzweigungen in Richtung Westen (Gladenbach). In der Zusammenwirkung dieser Maßnahmen wird die Erreichbarkeit vieler Ziele in der Universitätsstadt Marburg auch für einen größeren Einzugsbereich in akzeptablem Zeitaufwand möglich werden.

Weitere Details zu diesen Strecken sind dem Bericht zur 3. Fortschreibung der Radverkehrsplanung der Universitätsstadt Marburg, 2017, zu entnehmen.

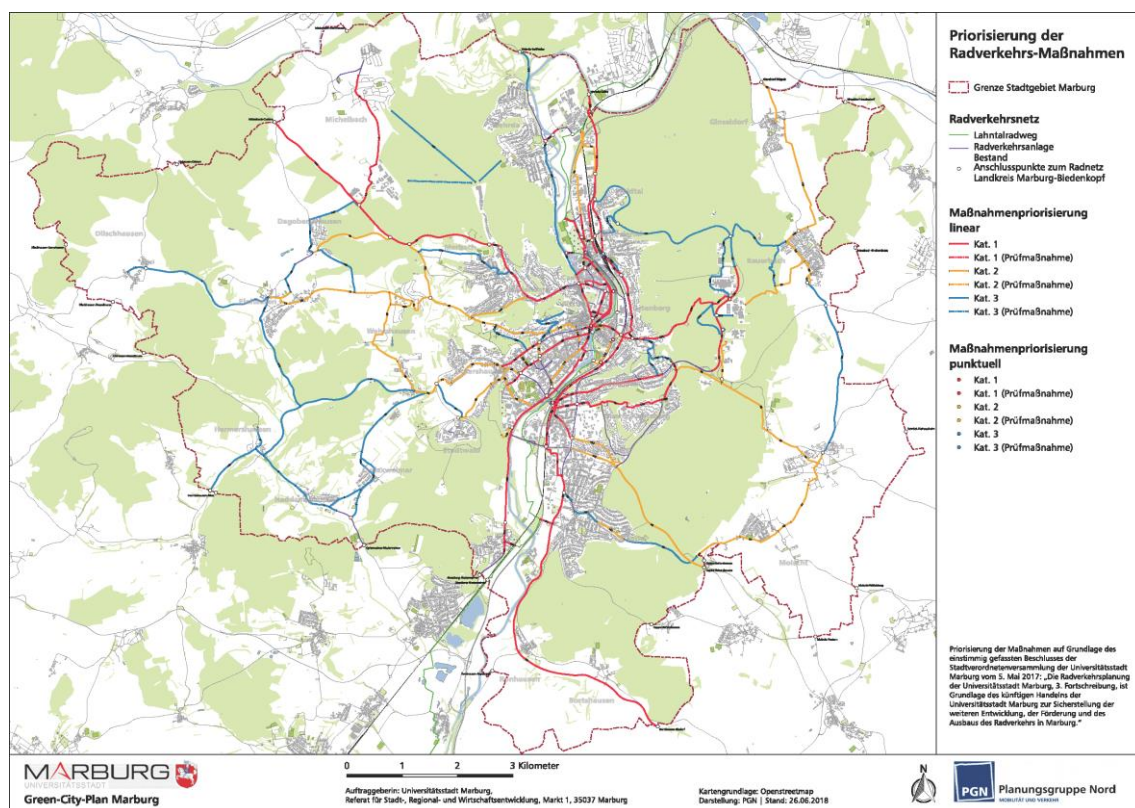


ABBILDUNG 42 (T2b): ÜBERSICHT ÜBER DAS RADVERKEHRSNETZ (ZIELNETZ) DER UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG, MAßNAHMEN DER 3. FORTSCHRIBUNG DER RADVERKEHRSPLANUNG, BESCHLUSS 2017) NACH PRIORISIERUNG DER STRECKENBESTANDTEILE ZUR MINDERUNG DER NOX-BELASTUNG DURCH MÖGLICHT KURZFRISTIGE SUBSTITUTION VON MIV-PERSONENKILOMETER DURCH FAHRRADVERKEHR, JULI 2018

87 TouR GmbH, Marburg Biedenkopf, Radverkehrsnetz Mittelhessen, Stand 2015

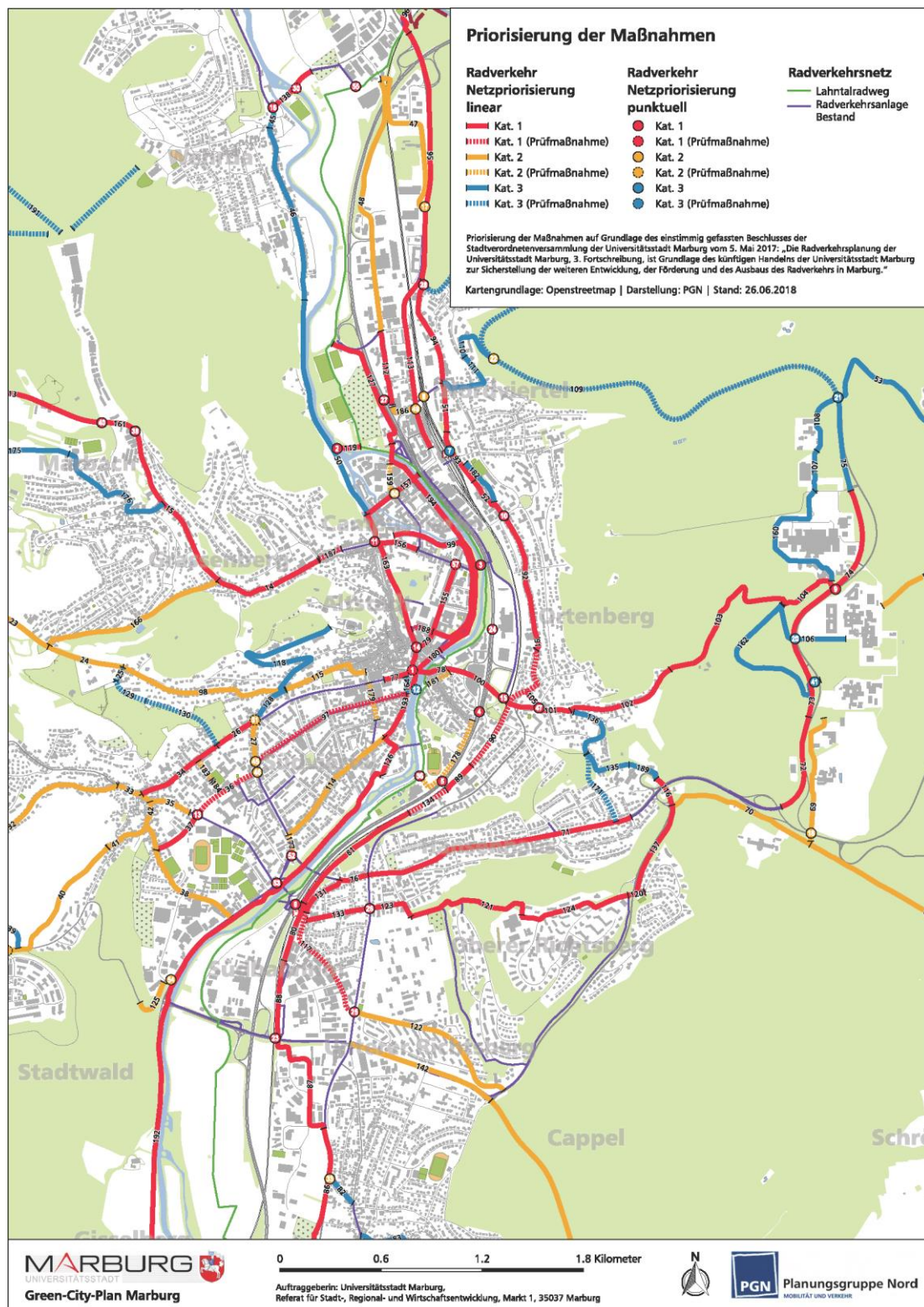


ABBILDUNG 43 (T2b): AUSSCHNITT INNENSTADT DES RADVERKEHRSNETZES (ZIELNETZ) DER UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG, MAßNAHMEN DER 3. FORTSCHRIBUNG DER RADVERKEHRSPLANUNG, BESCHLUSS 2017) NACH PRIORISIERUNG DER STRECKENBESTANDTEILE ZUR MINDERUNG DER NOX-BELASTUNG DURCH MÖGLICHT KURZFRISTIGE SUBSTITUTION VON MIV-PERSONENKILOMETER DURCH FAHRRADVERKEHR, JULI 2018

Green-City-Plan Umsetzungsprogramm für priorisierte Maßnahmen der 3. Fortschreibung der Radverkehrsplanung der Universitätsstadt Marburg
Gesamtübersicht Streckenabschnitte und punktuelle Maßnahmen
(einschl. Prüfmaßnahmen)

Struktur der Maßnahme	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3	gesamt
Streckenabschnitte	77	57	55	189
Punktuelle Maßnahmen	33	16	8	57
Maßnahmen gesamt	105	73	55	246
Gesamtlänge	51,4 km	42,5 km	48,2 km	142,1 km

ABBILDUNG 44 (T2b): ÜBERSICHT ERGEBNIS DER PRIORISIERUNG ALLER MAßNAHMEN DES RADVERKEHRSWEGENETZES DER 3. FORTSCHRIBUNG DER RADVERKEHRSPANUNG, (STRECKENABSCHNITTE, PUNKTUELLE MAßNAHMEN), JULI 2018, EIG. DARSTELLUNG

Das insgesamt 51,4 Kilometer lange prioritäre Radverkehrswegenetz zur NOx-Minderung umfasst zunächst (vgl. Karten) einige bereits fertiggestellte bzw. im Bau bzw. in Planung befindliche Straßenabschnitte, überwiegend im Innenstadtbereich (Nordstadt/Universitätsviertel). Diese Maßnahmen sollen auch erreichen, dass die in 2018 am neuen Standort Firmenei eröffnete Universitätsbibliothek, die rund 6.000 Personen täglich zusätzlich in die Innenstadt zieht, um dort zu lernen und zu arbeiten, möglichst oft das Fahrrad als Verkehrsmittel zu diesem Ziel wählen. Das Gesamtkonzept zur Verbesserung der Erreichbarkeit dieses Standorts mit dem Fahrrad liegt zunächst als Verwaltungsentwurf⁸⁸ für die öffentliche Diskussion und politische Abstimmung vor und ist im Grundsatz mit dem prioritären Radverkehrsnetz des Green City Plans kompatibel.

Weitere Maßnahmen, die in Prüfung und Vorbereitung sind umfassen weitere bereits in der Kategorie 1 des prioritären Netzes im Green City Plan berücksichtigte Streckenabschnitte wie z.B. Alter Kirchhainer Weg, Großseelheimer Straße, Frauenbergstraße, Elisabethstraße und westliche Bahnhofstraße.

Innerhalb der Kategorie 1 wurden einzelne Streckenäste außerhalb der Innenstadtbereiche zwar zur Vervollständigung der konzipierten Hauptstrecken des Radverkehrs mit aufgenommen (jeweils bis zur Stadtgrenze). Diese Abschnitte erreichen ihren beabsichtigten Verkehrswert erst dann, wenn in den jeweiligen Nachbarkommunen die Weiterführung erfolgt. Daher ist die Vervollständigung dieser Maßnahmen nicht in der vorliegenden Konzeption festzulegen, sollte aber so schnell wie möglich erreicht werden.

Es handelt sich um die Teilstrecken Cappel-Bortshausen der Nord-Süd-Hauptradverkehrsachse (Maßnahme 1.1.), die Verlängerung der Hauptradverkehrsachse Bahnhof Marburg-Marbach-Görzhäuser Hof bis Michelbach. Insgesamt wurden diese 10,1 km Streckenlänge daher als Klammerwerte dargestellt.

Die Gliederung des Netzes der Kategorie 1 nach Bauarten zeigt, dass große Teile vergleichsweise kostengünstig herstellbar sind: 7,13 km verlaufen über bestehende Kraftverkehrsstraßen, die für einen Mischverkehr zwischen Kfz- und Fahrradverkehr

⁸⁸ Pressemeldung der Universitätsstadt Marburg vom 25.05.2018: „Radverkehrsführung in der Nordstadt, Stadt legt erste Planungsentwürfe vor“

besonders geeignet sind bzw. die aus Platzgründen keine getrennte Führung ermöglichen. Für alle diese Streckenabschnitte gilt, das Miteinander dieser Verkehrsarten durch Dämpfung der Fahrgeschwindigkeiten der Kraftfahrzeuge und Erhöhung der Verkehrssicherheit mittels direkter Ansprache der Verkehrsteilnehmer, kleinerer baulicher, gestalterischer, verkehrstechnischer und verkehrsorganisatorischer Maßnahmen zu optimieren.

Ähnliches gilt für die Fahrradstraßen, die mit 6,13 km Streckenlänge ebenfalls im Mischverkehr organisiert werden.

Baulich von der Fahrbahn des Kfz-Verkehrs getrennte Radwege sowie auf der Fahrbahn markierte Radstreifen umfassen 10,08 km bzw. 7,66 km Streckenlänge. Diese Anteile sowie die neu herzustellenden 20,36 km langen (14,76 km ohne den Abschnitt Cappel-Bortshausen) Streckenabschnitte zur Herstellung der schnell zu befahrenden östlich der Main-Weser-Bahn geführten Nord-Süd-Achse erfordern den größten Anteil der vorgesehenen Investitionen.

Die Erreichung möglichst zeitnaher Wirkungen erfordert nicht für alle Streckenabschnitte mit baulichen Maßnahmen, dass der bauliche Endzustand sofort herzustellen ist. Einzelne Streckenabschnitte erlauben Interimslösungen, erreichen im Netzzusammengang aber dennoch sehr gute Wirkungen. Diese fachwissenschaftlich fundierte Einschätzung basiert auf zahlreichen Erkenntnissen aus deutschen Städten und bekannten Beispielen im europäischen Ausland. Erste provisorische Markierungen, Absenkung von Hochborden durch Abfräsen, Ausbesserung bestehender Oberflächenbeläge und ähnliche Maßnahmen haben auch in europaweit bekannt gewordenen „Fahrradstädten“ in kurzer Zeit geholfen, zusammenhängende und hoch frequentierte Radverkehrsnetze herzustellen, bevor die abschließende Umbaumaßnahme erfolgen konnte. In Deutschland gilt z.B. die mittels aufgeklebten Borden von der vorhandenen Fahrbahn abgetrennte Hauptradroute zur Erschließung des Schulviertels in der Stadt Ludwigsburg, einseitig als Zweirichtungsradweg in der Alleestraße organisiert als gelungenes Beispiel.

Alle Streckenabschnitte sind kompatibel mit dem Radverkehrswegenetz aus der 3. Fortschreibung in 2017 dargestellt, die Maßnahmen-Nummern sind unverändert geblieben. Somit können die Einzelvorhaben dort nachvollzogen werden und werden im Green City Plan nicht erneut im Detail dokumentiert.

Neben den Streckenabschnitten wurden den Maßnahmen auch die zugehörigen punktuellen Maßnahmen (Knotenpunkte, Querungshilfen usw.) zugeordnet. In der priorisierten Radverkehrsnetzplanung sind diese Maßnahmen durch entsprechende farbliche Unterscheidung den drei Kategorien zugeteilt. Ein Teil dieser punktuellen Maßnahmen liegt nicht in unmittelbarem Anschluss an prioritäre Streckenabschnitte, sie besitzen aber eine hohe Relevanz für den Verkehrswert des prioritären Wegenetzes und die angestrebten Wirkungen.

2.10.3 Ergebnis der Priorisierung T2b Maßnahme 2, Teilmaßnahmen 2-6

Mit der 3. Fortschreibung der Radverkehrsplanung der Universitätsstadt Marburg im Jahr 2017 wurden neben den neu herzustellenden bzw. zu optimierenden streckenbezogenen und punktuellen Maßnahmen des Radverkehrsnetzes ergänzende infrastrukturelle und organisatorische Maßnahmen vorgesehen. Für die Erreichung des angestrebten Ziels sind diese unabdingbar und bewirken teilweise bereits vor Herstellung bzw. Fertigstellung baulicher Infrastruktur eine eigenständige Wirkung.

Diese Maßnahmen werden im Green City Plan neu strukturiert eingearbeitet. Diese Projekte sind Teil der Maßnahme 2 und mit den Ordnungsnummern 1.2 bis 1.6 gekennzeichnet.

In der 3. Fortschreibung aus 2017 sind diese Maßnahmen in den Kapiteln 8.3 (Fahrradabstellanlagen), 8.4 (Fahrradparken an den Marburger Bahnhöfen) sowie 9 (Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit) im Detail beschrieben. Hinzu kommen die Sofortmaßnahmen zur Verbesserung bestehender Fahrradinfrastruktur durch Instandsetzung und Verbesserung der Ausstattung und Wegweisung.

Maßnahme T2b/2

Die bestehende Radverkehrsinfrastruktur (Wege, Markierungen -auch Roteinfärbung von Wegen-, Beschilderung, Wegweisung, Beleuchtung, Belagssanierung, Signalisierung und weitere kleinere baulich-investive und Instandhaltungs-Maßnahmen, einschließlich der bestehenden öffentlichen Fahrradabstellanlagen werden in einem Optimierungsprogramm sukzessive aufgewertet. Diese Maßnahmen umfassen das Gesamtverkehrsnetz und können bereits Bestandteile von Interimslösungen im Zuge der Radverkehrswege der Kategorie 1 beinhalten.

Da einzelne Maßnahmen zunächst planerisch und verwaltungstechnisch längeren Vorlauf benötigen, liegt der zeitliche Schwerpunkt in den Jahren 2021-2023.



ABBILDUNG 51 (T2b): BESTAND DER RADWEGE BESSER SICHTBAR MARKIEREN, BEISPIELE CÖLBER STRAßE (WEHRDA), KETZERBACH (INNENSTADT)

Maßnahme T2b/3

Die Zahl der öffentlichen Fahrradabstellanlagen im Stadtgebiet soll sukzessive erhöht werden, die Anlagen werden sowohl im öffentlichen Verkehrsraum als auch vor kommunalen und weiteren öffentlichen Einrichtungen benötigt, ebenso an Haltepunkten und Haltestellen von SPNV und ÖPNV. Hinzu kommt der Aufwand für Abstellanlagen an zentralen Punkten, die mit Ladefunktion für Pedelec ausgestattet sind (z.B. für den Radtourismus am Lahntalradweg und an den Schnittstellen zum SPNV/ÖPNV). Ein neues Fahrradparkhaus mit ergänzender Infrastruktur am Bahnhof Marburg und eine kleinere Einrichtung am Südbahnhof mit ausreichend wettergeschützten Abstellmöglichkeiten wird ebenfalls vorgesehen. In der Startphase 2019-2020 werden zunächst die weniger aufwendig herzustellenden Anlagen an wichtigen Zielpunkten errichtet. In der Phase von 2021-2023 wird zusätzlich zum kontinuierlich angelegten Programm zur Verbesserung der flächendeckenden Abstellmöglichkeiten das Fahrradparkhaus (Fahrradstation) am Bahnhof Marburg eingeplant. Das Programm berücksichtigt auch eine ausreichende Zahl und Qualität von Unterständen entlang der Hauptradverkehrsachsen, um bei längeren Wegen bei widrigen Wetterbedingungen wie Sturmböen oder kurzzeitigem Starkregen Schutzmöglichkeiten zu bieten.



ABBILDUNG 52 (T2b): BAHNHOF MARBURG: DIE ÖFFENTLICHEN FAHRRADABSTELLANLAGEN AM HAUPTINGANG UND IM UMFELD WERDEN DER WACHSENDEN NACHFRAGE NICHT MEHR GERECHT

Maßnahme T2b/4

Für die gesamte Laufzeit des Projektes sind Maßnahmen zur Unterstützung des Ziels, eine umfassend fahrradfreundliche Stadt zu werden und möglichst schnell Alternativen für größere Anteile des heutigen Pkw-Verkehrs im Bereich Information, Bürgerbeteiligung und der Entwicklung von Imagekampagnen (Arbeitstitel „Marburg radelt“). Grundsätzlich sollen allen Bewohnern, Einpendlern und Gästen sowie den Betrieben in der Stadt zielgruppenspezifische Materialien von Radwegeplänen als Print und Online-Variante, von Neubürgerinfos bis zu App-basierten Angeboten zur Verfügung gestellt werden. Wesentliche Bedeutung haben Materialien, die alle Verkehrsteilnehmer ansprechen, um ein möglichst verträgliches Miteinander und Verständnis für die Notwendigkeiten von Verkehrssicherheit und Rücksichtnahme aller Verkehrsteilnehmer zu fördern, damit auch ein fahrradfreundliches Klima gefördert, aber auch Konflikte zwischen Fußgängern und dem Radverkehr minimiert werden. Diese Maßnahmen sollen gerade auch den Mischverkehr auf den entsprechenden Streckenabschnitten des prioritären Radverkehrsnetzes so verbessern, dass diese Netzbestandteile ihre Wirkung zum Modal Shift entfalten können.



ABBILDUNG 53 (T2b): SCHRITTE AUF DEM WEG ZU EINER FAHRRAD-KAMPAGNE: BEISPIEL-PLAKAT IN EINEM SCHAUFENSTER DER STADTVERWALTUNG / SCHILD AUF DEM PARKPLATZ EINES LEBENSMITTELMARKTES

Maßnahme T2b/5

Es wird ein Programm zur Unterstützung der Wirtschaft unter Einbezug privater und öffentlicher Betriebe aufgelegt, damit sich möglichst viele Betriebe im Bereich des betrieblichen Mobilitätsmanagements engagieren und diese Betriebe bei der Umsetzung von Maßnahmen die notwendige Erstberatung kostenfrei (insbesondere für kleinere Betriebe ist dies relevant) erhalten können. Kleinere Investitionen im Bereich der äußeren Erreichbarkeit der Betriebsstandorte mit dem Fahrrad, die im öffentlichen Raum umzusetzen sind können aufgesetzt werden. Betriebe können auch im Rahmen von Mobilitätstagen, von Mobilitätsbefragungen und –Analysen sowie von Evaluationen zur Verbesserung der Fahrradverkehrsförderung unterstützt werden.

Das betriebliche Mobilitätsmanagement soll auch die innerbetriebliche Mobilität umfassen, um die Potenziale des Fahrrades im Bereich des stetig wachsenden Anteils des Personenwirtschaftsverkehrs (Dienst- und Geschäftswege) am Gesamtverkehr auszuschöpfen. Hierbei würden zusätzliche NOx-Minderungen bewirkt werden, die in die bisherigen Bilanzierungen noch nicht einbezogen werden konnten.

Das Programm soll kontinuierlich durchgeführt werden und alle Branchen einbeziehen. Für den Radverkehr besonders wichtig sind neben den Wegen zum Arbeitsplatz auch die Wege zum Einkauf und im Freizeitverkehr, die z.B. durch Kooperationen mit dem Einzelhandel und den Veranstaltern verstärkt mit dem Fahrrad zurückgelegt werden können.

Maßnahme T2b/6

Trotz der Zunahme der Pedelecs (derzeit bereits über 4 Mio. Fahrzeuge in Deutschland) erfordert gerade in den Mittelgebirgsstädten der große Bedarf der privaten Haushalte auch materielle Anreize und Erleichterungen für alle Bevölkerungsgruppen. Das bisher bereits erfolgreiche Förderprogramm der Stadtwerke ist daher auszubauen. Die Ausgestaltung dieser Maßnahme ist noch zu planen. Denkbar sind z.B. Förderprogramme im Bereich der öffentlichen Verwaltung (z.B. Betriebsdarlehen) ebenso wie direkte Zuschüsse an Dritte, die z.B. auch an Einkommenshöhen gekoppelt werden können oder auch eine Einbeziehung in die Angebote öffentlicher Pedelec-Bikesharing-Systeme oder an den ÖPNV, z.B. durch Förderung von Mietkontingenten. Das aktuell gestartete Pedelec-Programm in einem Modellversuch des NVV zur Verbesserung der Anschlussmobilität an die RegioTram sollte ausgewertet und auf Übertragbarkeit geprüft werden. Denkbar ist auch, dass Vergünstigungen generell nur nutzungsbezogen gewährt werden, um die erwünschten Wirkungen zu sichern. Die eingestellten Mittel des Gesamtprogramms, besonders in T2b4 sollen gerade in der Startphase dafür eingesetzt werden, für Marburg passgenaue Lösungen zu erarbeiten und umzusetzen.



ABBILDUNG 54 (T2b): WERBUNG FÜR DIE NUTZUNG DES FAHRRADES AUF DEM WEG ZUR ARBEIT / MOBILITÄTSTAG AM STANDORT BEHRINGWERKE

Berechnet wurde in der Maßnahme T2b/6, dass jährlich 200.000 € für die Förderung der Verfügbarkeit von Pedelec zur Substitution heutiger MIV-Wege im Umfang von 1.200 km/Jahr eingesetzt werden.

Die Maßnahmen 2.2 – 2.6 geben bis zum Jahr 2030 einerseits eigenständige Impulse zur Veränderung des Verkehrsverhaltens in erheblichem Umfang, was durch zahlreiche Projekte in Deutschland nachweisbar ist. Darüber hinaus verstärken sie die Wirkung des sukzessiv verbesserten Radverkehrsnetzes, z.B. indem sie machen sie auf die vorhandene und neu entstehende Fahrradinfrastruktur durch Zielgruppenansprache aufmerksam und vermitteln kontinuierlich alle erforderlichen Informationen über die Angebote zur Nutzung und Förderung des Fahrradverkehrs und dessen Vorteile. Diese Maßnahmen entwickeln Synergieeffekte, die nur im Bereich des betrieblichen Mobilitätsmanagements durch Evaluation der Änderungen der Verkehrsmittelnutzung gut ermittelbar sind. Die Wirkungen im Hinblick auf den Modal Shift vom MIV zum Fahrradverkehr wurden für alle fünf Maßnahmen von der jeweiligen Intensität des Mitteleinsatzes in den drei Zeitabschnitten und der realisierbaren Dichte der Maßnahmen abgeleitet.

Die von den Maßnahmen T2b2 bis T2b6 zu erwartenden Wirkungen addieren sich unter der Berücksichtigung dieser Vorbemerkungen bis zum Jahr 2030 auf 27,4 Mio. Pkm, die vom MIV substituiert werden. Dies entspräche einen Anteil von 6,9% der in 2018 im Stadtgebiet von Marburg realisierten rund 396,7 Mio. MIV-Pkm.

2.10.4 Kosten der Maßnahmen T2b

Die Gesamtkosten der Maßnahmen für den Ausbau des Radverkehrswegenetzes der primären Kategorie 1 (Maßnahme Nr. T2b1) und der ergänzenden Maßnahmen Nr. T2b2-6 betragen für die kurz-, mittel- und langfristigen Zeitabschnitte sowie insgesamt:

Aufwand Umsetzung prioritärer Maßnahmen des Radverkehrsplans

	Prioritäre Maßnahmen	Start: kurzfristige Umsetzung in den Jahren 2019-2020	+ mittelfristige Umsetzung in den Jahren 2021-2023	+ langfristige Umsetzung in den Jahren 2024-2030	kumuliert bis 2030
T2b 1	Ausbau Radverkehrsnetz Priorität 1	3,0 Mio.	6,0 Mio.	4,0 Mio.	13,0 Mio.
T2b 2	Maßnahmen zur Optimierung vorhandener Radwege, Wegweisung etc. (Gesamtstadt)	0,2 Mio.	0,3 Mio.	0,7 Mio.	1,2 Mio.
T2b 3	öffentliche Fahrradabstellanlagen, Gesamtstadt, Radparkhaus	1,0 Mio.	3,0 Mio.	0,7 Mio.	4,7 Mio.
T2b 4	Information und Beteiligung, Kampagnen	0,4 Mio.	0,6 Mio.	0,7 Mio.	1,7 Mio.
T2b 5	Betriebliches Mobilitätsmanagement	0,2 Mio.	0,3 Mio.	0,3 Mio.	0,8 Mio.
T2b 6	Verfügbarkeit Pedelecs fördern (Einwohner, Beschäftigte), Leasing, Dauermiete usw.	0,05 Mio.	0,075 Mio.	0,175 Mio.	0,3 Mio.
	Gesamt	4,85 Mio.	10,275 Mio.	6,575 Mio.	21,7 Mio.

Anmerkung zur Umsetzung des Radverkehrsnetzes: Die Umsetzung der Maßnahmen im Radverkehrsnetz Kategorien 2 und 3 umfasst überschlägig kalkuliert ca. 17 Mio.€ Investitionskosten. Diese sind hier nicht Bestandteil im prioritären Netz „Saubere Luft“. T2b 1 umfasst daher ausschließlich den Aufwand für die Kategorie 1, die weiteren Maßnahmen T2b 2 – 6 sind vollständig Bestandteil des prioritären Maßnahmenprogramms aus der 3. Fortschreibung der Radverkehrsplanung Marburg

ABBILDUNG 45 (T2b): ÜBERSICHT KOSTEN NACH MAßNAHMEN UND ZEITABSCHNITTEN, EIG. DARSTELLUNG

2.11 T2b_Radverkehr: Wirkungsdimension der Umsetzbarkeit

2.11.1 Basisdaten zur Ermittlung von Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung

Basisdaten Universitätsstadt Marburg:
sozialversicherungspflichtig Beschäftigte, geringfügig Beschäftigte sowie
nicht sozialversicherungspflichtig Beschäftigte

Beschäftigte nach Gruppen	
Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Wohnort	42.763
davon Bewohner Marburg (Binnenpendler)	16.026
davon Einpendler	26.737
Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte, Auspendler	8.807
Selbstständige, weitere nicht soz.-versich. pflichtig Beschäftigte, Auspendler 1)	2.000
Im Nebenerwerb geringfügig Beschäftigte in Marburg	2.918
Ausschließlich geringfügig Beschäftigte in Marburg	8.094
davon Einpendler 1)	4.000
Selbstständige, weitere nicht sozialversicherungspflichtig Beschäftigte 1)	3.500
davon Einpendler 1)	1.500
Einpendler zum Zweck Arbeit insgesamt	32.237

Quelle: Bundesagentur für Arbeit, Arbeitsmarkt kommunal, Stand 30.06.2017
1) eigene Annahmen

ABBILDUNG 46 (T2b): BESCHÄFTIGTE IN DER UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG UND AUSPENDLER, EIGENE BEARBEITUNG

**Basisdaten Universitätsstadt Marburg:
Ein- und Auspendler Universitätsstadt Marburg
(sozialversicherungspflichtig Beschäftigte)
nach Herkunfts-/Zielgebieten**

Herkunfts-/Zielgebiete	Einpendler aus, abs.	v.H.	Auspendler in, abs.	v.H.
Landkreis Marburg-Biedenkopf	17.036	69,7%	2.374	31,9%
Übriges Hessen	5.384	22,0%	3.789	50,9%
Andere Bundesländer	2.012	8,2%	1.275	17,1%
Summen	24.432	100%	7.438	100%

Abweichungen von 100% sind rundungsbedingt.
Ohne geringfügig Beschäftigte, Selbständige und weitere Gruppen,
die nicht sozialversicherungspflichtig beschäftigt sind

ABBILDUNG 47 (T2B): EIN- UND AUSPENDLER UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG NACH HERKUNFTS-/ZIELGEBIETEN, EIGENE DARSTELLUNG

**Übersicht Universitätsstadt Marburg und Gemeinden des
Landkreises Marburg-Biedenkopf (PLZ)**



ABBILDUNG 48 (T2B): SCHEMATISIERTE ÜBERSICHT DER LAGE DER UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG IM LANDKREIS MARBURG-BIEDENKOPF, NAMEN DER GEMEINDEN UND PLZ-KENNNUMMERN, EIGENE DARSTELLUNG

Die 20 bedeutendsten Wohnorte der sozialversicherungspflichtig beschäftigten Einpendler in die Universitätsstadt Marburg

Summe: 17.399 = 71,1% von 24.432 Einpendlern

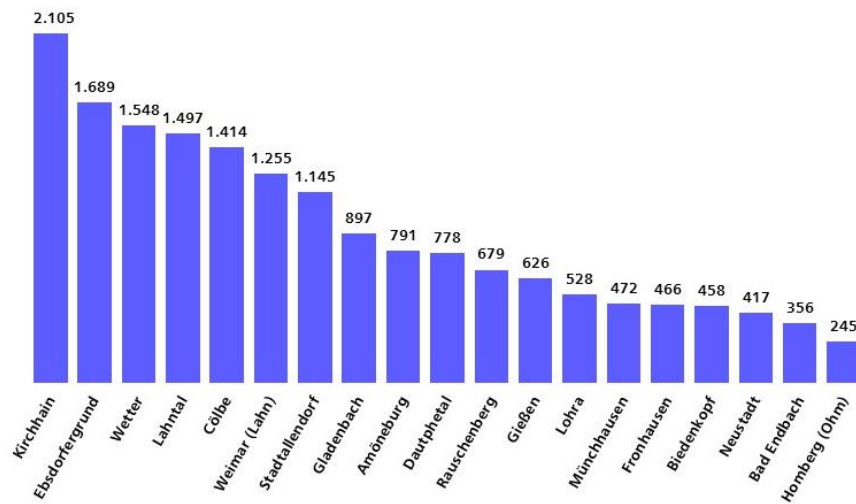


ABBILDUNG 49 (T2b): DIE 20 BEDEUTENDSTEN WOHNORTE DER SOZIALVERSICHERUNGSPFLICHTEN EINPENDLER IN DIE UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG, EIGENE DARSTELLUNG

Die 20 bedeutendsten Zielorte der sozialversicherungspflichtig beschäftigten Auspendler aus der Universitätsstadt Marburg

Summe: 4.427 = 59,5% von 7.438 Auspendlern

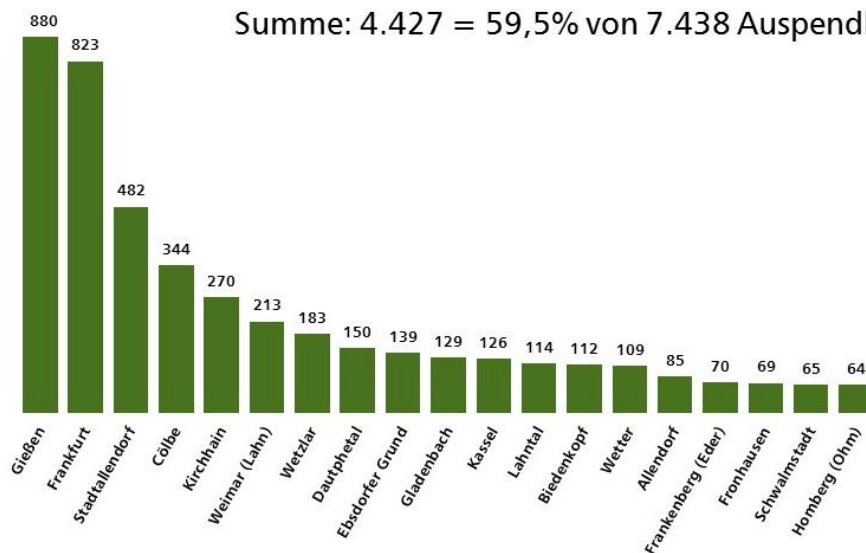


ABBILDUNG 50 (T2b): DIE 20 BEDEUTENDSTEN ZIELORTE DER SOZIALVERSICHERUNGSPFLICHTEN AUSPENDLER AUS DER UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG, EIGENE DARSTELLUNG

Basisdaten Universitätsstadt Marburg: Fahrrad-Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung, Bewohner der Universitätsstadt Marburg

Bewohner der Stadt	Wege Jahr	v.H.	Personen-Kilometer (Pkm) Jahr	v.H.	Ø Länge ein Weg
Alle Wege mit Fahrrad/Pedelec	7,9 Mio.	100%	22,2 Mio.	100%	2,8 km
Anteil am Modal Split	7,9 Mio.	9,0%	22,2 Mio.	3,8%	2,8 km
Anteil am Modal Split Binnenverkehr	7,6 Mio.	10,6%	18,2 Mio.	82%	2,4 km
Anteil am Modal Split Quell-/Zielverkehr	0,3 Mio.	1,8%	4,0 Mio.	18%	n.b.

Eigene Berechnung auf Basis der Berichte zu den Ergebnissen der SrV 2013 Stadt Marburg, ergänzt durch eigene Annahmen. Gerundete Werte

ABBILDUNG 51 (T2b): BESTAND VERKEHRSAUFKOMMEN UND VERKEHRSLEISTUNG DES VERKEHRSMITTELS FAHRRAD DER EINWOHNER MARBURGS, EIGENE BERECHNUNGEN

	Pkw+Kombi private Halter	Krafträder	Kilometerleistung pr. Kfz gesamt / Jahr	Pkw gewerbliche Halter 6)
Stadt Marburg 1)	28.582	2.495	429,6 Mio. km 4)	3.897
Landkreis Marburg-Biedenkopf ohne Stadt Marburg 1)	99.527	10.743	1.487,0 Mio. km 5)	5.148
Annahme Ø Fahrleistung je Kfz/Jahr	14.800 km 2)	2.650 km 3)		
Landkreis Marburg-Biedenkopf pr. Pkw/Krafträder insgesamt	128.109	13.238	1.916,6 Mio. km	9.045

Quellen und Anmerkungen:

1) Daten zum Fahrzeugbestand: Kraftfahrtbundesamt, Stand 01.01.2017

2) BMVI, Verkehr in Zahlen für 2016; TU Dresden SrV Marburg 2013; eigene Berechnungen. Bundesweit nahm die Verkehrsleistung von 14,0 Tsd. km im Jahr 2013 auf 14,2 Tsd. km im Jahr 2016 (+200 km) zu. Die SrV ermittelte für Marburg für das Jahr 2013 14,6 Tsd. km

3) BMVI, Verkehr in Zahlen für 2016: Krafträder 3 Tsd. km, Mopeds 2,3 Tsd. km im Jahr. Eigene Berechnung: Mittelwert 2,65 km/Jahr. Der Anteil gewerblicher Halter an diesen Fahrzeugen liegt nicht vor, ist aber gering und daher in der Km-Betrachtung vernachlässigbar

4) 423,0 Mio. km Pkw, 6,6 Mio. km Krafträder

5) 1.473,0 Mio. km Pkw, 13,6 Mio. km Krafträder

6) Gewerbliche Pkw werden nicht betrachtet, obwohl ein Anteil der Dienstwagen auch den pr. Haushalten zur Verfügung steht. Laut SrV 2013 verfügt die pr. Haushalte im Mittel nur über 0,01 Dienstwagen (Vergleich: 0,86 pr. Pkw), weshalb dieser Aspekt vernachlässigbar ist. Abweichungen von 100% sind rundungsbedingt.

ABBILDUNG 52 (T2b): VERGLEICHENDE ABSCHÄTZUNG DER VERKEHRSLEISTUNG AUF GRUNDLAGE DER BESTANDSZAHLEN PRIVATER KRAFTFAHRZEUGE IN DER UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG UND IM LANDKREIS MARBURG-BIEDENKOPF INSGESAMT.⁸⁹

⁸⁹ Diese eigenen Berechnungen wurden zur Plausibilitätsprüfung der von den Analysen zum Verkehrsverhalten der Einwohner Marburgs auf Basis der SrV 2013 durchgeführt.

2.11.2 Bestand Verkehrsaufkommen, Verkehrsleistung und NOx-Emission im Stadtgebiet der Universitätsstadt Marburg

Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung wurden für die innerhalb des Stadtgebiets der Universitätsstadt Marburg zurückgelegten Wegestrecken errechnet. Diese Mengen stellen die zu beeinflussende Ausgangslage dar.

Verkehrsaufkommen, Verkehrsleistung und NOx-Emissionen des privaten Personenverkehrs im Stadtgebiet der Universitätsstadt Marburg, Bestand					
Verkehrssegmente (Hauptverkehrsmittel)	Wege / Jahr	v.H.	Personen-Kilometer Pkm / Jahr	v.H.	NOx t / Jahr
Bewohner der Stadt (alle Wege, alle Verkehrsmittel)	88,0 Mio.	100%	577,8 Mio.	100%	n.b.
davon Binnenverkehr	71,3 Mio.	81%	n.b.	n.b.	n.b.
davon Quell-/Zielverkehr	16,7 Mio.	19%	n.b.	n.b.	n.b.
Wege Pkw insgesamt	37,2 Mio. (1)	42%	392,9 Mio. (2)	68%	(157,16 t)
Pkw Binnenverkehr	25,3 Mio.	68% von (1)	136,6 Mio.	35% von (2)	54,64 t
Pkw Quell- und Zielverkehr Bewohner Marburgs	11,9 Mio.	32% von (1)	256,3 Mio. (3)	65% von (2)	(102,52 t)
davon Streckenanteil im Stadtgebiet Marburg	11,9 Mio.	32% von (1)	95,3 Mio.	37% von (3)	38,12 t
Einpendler Zweck Arbeit	14,2 Mio.	100%	n.b.	n.b.	n.b.
davon Wege mit Pkw, Streckenanteil im Stadtgebiet	11,4 Mio.	80%	91,2 Mio.	n.b.	36,48 t
Zielverkehr in die Stadt, andere Zwecke	18,3 Mio.	100%	n.b.	n.b.	n.b.
davon Wege mit Pkw, Streckenanteil im Stadtgebiet	9,2 Mio.	50%	73,6 Mio.	n.b.	29,44 t
Summe Pkw Binnen-/Ziel-/Quell-Verkehr	57,7 Mio.	100%	396,7 Mio.	100%	158,68 t

ABBILDUNG 53 (T2b): BESTAND VERKEHRSaufKOMMEN UND VERKEHRSLEISTUNG DES PRIVATEN PERSONENVERKEHRS IM STADTGEBIET DER UNIVERSITÄTSSTADT MARBURG (OHNE DURCHGANGSVERKEHR), EIGENE BERECHNUNG, JULI 2018⁹⁰

90 Hinweise zur Berechnung von Verkehrsaufkommen, Verkehrsleistung und NOx-Emissionen:

1) Einwohner: Daten Stand 30.06.2017 (Stadt Marburg: 75.376)

2) Verkehrsverhalten der Bewohner der Stadt Marburg: Eigene Berechnungen auf Basis veröffentlichter Ergebnisse der SrV Universitätsstadt Marburg 2013 (TU Dresden), eigene Berechnungen. Quellen: Technische Universität Dresden, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, „Mobilitätssteckbrief Marburg“ und „Tabellenbericht zum Forschungsprojekt „Mobilität in Städten – SrV 2013“ in Marburg“, Dresden 2014

3) Zielverkehr in das Stadtgebiet Marburg: Einpendler zum Zweck Arbeit abgeleitet aus der Pendlerstatistik der Bundesagentur für Arbeit, Zielverkehr alle weiteren Zwecke: eigene Annahmen aufgrund vorhandener eigener Kenntnisse.

4) Annahmen zu Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung der Einpendler: Zweck Arbeit Anteil 80% Anteil MIV (mittlere Wegelänge im Stadtgebiet im MIV: 8,0 km). Zielverkehr sonstige Zwecke (Ausbildung, Freizeit, Besucher, Einkauf, Besorgungen, Begleitung etc.): 25.000 Personen, Anteil MIV 50%, mittlere Wegelänge im Stadtgebiet: MIV 8,0 km)

5) Die Berechnung auf Basis der Daten zum Verkehrsverhalten (SrV) umfasst nur die Streckenanteile der Hauptverkehrsmittel, Anschlussmobilität ist daher nicht enthalten (z.B. MIV-Wege auf der Teilstrecke zum/vom P+R-Parkplatz).

6) Zur Prüfung der aus dem Verkehrsverhalten der Bewohner der Stadt Marburg (SrV 2013) abgeleiteten Mengenangaben zu Verkehrsaufkommen (Wege / Modal Split) und Verkehrsleistung (Personenkilometer) wurde unter anderem eine aktuelle Berechnung auf Basis der zugelassenen Pkw und Krafträder in der Stadt Marburg sowie im Landkreises Marburg-Biedenkopf durchgeführt (Daten: Kraftfahrtbundesamt: Fahrzeugzulassungen (FZ) Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Gemeinden 1. Januar 2017 FZ3, Flensburg, 2017) Dieser Vergleich weist das vorliegende Mengengerüst trotz der notwendigen Einschätzungen und Annahmen zum einpendelnden Verkehr als belastbar aus.

7) Alle Werte ohne Personenwirtschafts-, Durchgangsverkehr, ÖPNV, ÖPFV, Lieferverkehr, Schwerlastverkehr, Sonderfahrzeuge. Gerundete Werte, Rundungsdifferenzen.

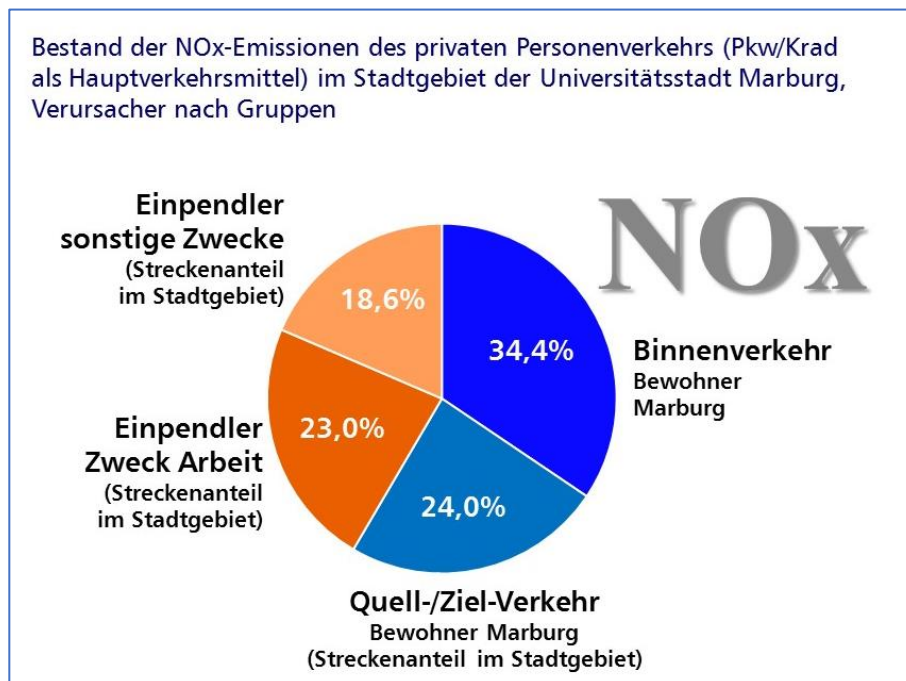


ABBILDUNG 54 (T2b): ANTEILE AN DER ENTSTEHUNG VON NO_x, PRIVATER KFZ-VERKEHR (OHNE DURCHGANGSVERKEHR), EIGENE BERECHNUNG, JULI 2018

2.11.3 NO_x-Minderung durch die Maßnahmen T2b_M1 und T2b_M2

2.11.3.1 T2b_Maßnahme 1

Die zielgruppenspezifische Betrachtung der Modal Shift-Potenziale vom MIV zum Fahrrad wurde für die folgenden Nachfragegruppen durchgeführt. Für jede Gruppe wurden die als realistisch einzuschätzenden erreichbaren Wegepotenziale abgeschätzt und der Verkehrsaufwand innerhalb des Territoriums des Stadtgebiets berechnet. Die Streckenabschnitte außerhalb der Stadt sind in die Berechnungen somit nicht eingeflossen, um ausschließlich die Wirkungen der NO_x-Einsparung für das Stadtgebiet und besonders die Innenstadt beurteilen zu können.

8) NO_x-Emissionsfaktor auf Grundlage Umweltbundesamt, HBEFA 3.3 (2017). Hinweis zum Ergebnis: Der Emissionsfaktor berücksichtigt eine durchschnittliche Pkw-Besetzung mit 1,5 Personen. Für einzelne Verkehrszwecke unterscheidet sich der Besetzungsgrad signifikant, zum Zweck Arbeit liegt er z.B. bei 1,1. Damit liegt der Anteil der MIV-Fahrten zum Zweck Arbeit an den NO_x-Emissionen höher als hier für diesen Zweck berechnet. Es ist zudem davon auszugehen, dass Berufseinpender in erheblichem Umfang auch zusätzliche Wege in der Stadt Marburg anschließen, z.B. zum Einkauf oder zu Dienstleistungen. Bei den weiteren Wegezwecken sind die Besetzungsgrade höher, entsprechend niedriger die NO_x-Emissionen je Pkm. Eine auf die Wegezwecke bezogene Differenzierung und Einbeziehung der zweckspezifischen Besetzungsfaktoren kann in der vorliegenden Betrachtung nicht erfolgen, da für jeden Zweck im Gesamtverkehr ein spezifischer Emissionsfaktor einzurechnen wäre. Aufgrund der vorliegenden Datenbasis, die keine Angaben zu den regionalen Verkehrsverflechtungen für alle Wegezwecke umfasst und keine mit der SrV für die Stadt Marburg vergleichbare Untersuchung zum Verkehrsverhalten der Umlandbewohner (insbesondere des Landkreises Marburg-Biedenkopf), ist eine differenzierte Berechnung in der vorliegenden Bearbeitung nicht möglich. Die Berechnung auf Basis des Mittelwertes erlaubt hiermit eine ausreichende Genauigkeit für Wirkungsuntersuchungen. Die errechnete Gesamtemission NO_x ist mit dem im Luftreinhalteplan für das Stadtgebiet Marburg unter Berücksichtigung oben gegebener Hinweise kompatibel.

Nachfragegruppen:

- Einpendler zum Zweck Arbeiten (Wege zum Arbeitsplatz)
- Einpendler alle anderen Wegezwecke
- Binnenverkehr der Einwohner Marburgs zum Zweck Arbeiten (Wege zum Arbeitsplatz)
- Einwohner Marburgs als Auspendler zum Zweck Arbeiten (Wege zum Arbeitsplatz)
- Einwohner Marburgs als Auspendler alle anderen Zwecke sowie Binnenwege für alle Zwecke außer Wege zum Arbeitsplatz

Die Abbildung 63 (T2b) enthält die Ergebnisse des MIV-Kilometeraufwands, der durch das Verkehrsmittel Fahrrad substituiert werden kann. Die Angaben wurden für jede der drei Zeitabschnitte der Umsetzungen 2019-2020 (2 Jahre, Startphase), 2021-2023 (3 Jahre, Bauschwerpunkt für Maßnahmen mit größerem Zeitaufwand für Planung, Genehmigung usw.) und 2024-2030 (7 Jahre, Verfestigungsphase) berechnet. Die Maßnahmenumsetzung setzt eine ausreichende finanzielle und personelle Ausstattung voraus. Die Abschätzung des Kostenaufwands ist in Abbildung 53 (T2b) dokumentiert.

Der realistisch abgeschätzte, substituierbare MIV-Kilometeraufwand wird in der Abbildung 63 (T2b) jeweils als Jahresmittelwert innerhalb der einzelnen drei Zeitabschnitte angegeben, der durch die in diesen Zeitabschnitten umgesetzten Maßnahmen erzielt wird. Diese Wirkungen kumulieren bis zum Jahr 2030 zu einem in diesem Jahr erzielten Gesamtwert der Substitution. Die in Abbildung 53 (T2b) angegebenen Kosten der Maßnahmen werden als Gesamtwerte für die einzelnen drei Zeitabschnitte und kumuliert für den gesamten Zeitraum von 12 Jahren des Umsetzungsprogramms bis 2030 dokumentiert.

Der Fokus der investiven Maßnahmen liegt in diesen Zeitabschnitten auf der Ausweitung des Erreichbarkeitsradius bei Nutzung des Fahrrads. Hierfür sind Netzschlüsse im prioritären Radverkehrsnetz (die teilweise die Wege auch verkürzen), die Beschleunigung des Radverkehrs, die Verbesserung der ergänzenden Radverkehrsinfrastruktur sowie die deutliche Zunahme der Pedelec-Verfügbarkeit vorgesehen.

Entscheidend ist die Substitution möglichst vieler längerer Wegestrecken, die heute mit dem Pkw zurückgelegt werden, um schnelle und nachhaltige Wirkungen zur NOx-Minderung zu erreichen. Hierfür sollen insbesondere die Wege zum Arbeitsplatz erreicht werden. Direkte Wege Wohnung-Arbeiten mit dem Fahrrad sind im Hinblick auf den Zeitaufwand besonders attraktiv und konkurrenzfähig als Alternative zum MIV, zumal Stauzeiten verkürzt werden und der Parkplatzsuchverkehr bzw. weite Anschlusswege zu Fuß entfallen.

Ein- und Auspendler können sowohl für direkte Wege erreicht werden (z.B. Relationen Lahntal-Marburg, Cölbe-Marburg, Weimar (Lahn)-Marburg), als auch für einen Umstieg auf den ÖPNV mit anschließendem Weg vom Bahnhof in Marburg oder in den unmittelbar an die Stadt angrenzenden Gemeinden mit SPNV-Haltepunkt mit eigenem Fahrrad bzw. Leihfahrrad zum Arbeitsplatz. Diese intermodalen Wegeketten sind in den Berechnungen nur insoweit einbezogen worden, dass die jeweiligen Streckenabschnitte im Stadtgebiet von Marburg berücksichtigt wurden. Erhebliche zusätzliche Effekte der NOx-Minderung liegen somit außerhalb des Stadtgebietes, werden hier aber nicht dokumentiert.

Durch die durchgeführten Maßnahmen werden nicht nur MIV-Wege 1:1 substituiert, sondern durch die Ausweitung des Aktionsraums mit dem Fahrrad (weitere Wege) nehmen auch die durchschnittlichen Wegelängen des Fahrradverkehrs zu. Daher wird die Wegelänge für 2030 dokumentiert. Nicht berücksichtigt werden konnten in dieser Untersuchung die bis 2030 möglichen relevanten Veränderungen der Zahl der Einwohner sowie die Zahl der Ein- und Auspendler und eine Veränderung der physisch realisierten Mobilität (z.B. Zunahme der Wege/Person oder der Kilometerleistung/Person).

Ergebnisse bis zum Jahr 2030 nach Zeitabschnitten (jeweils Hin- und Rückwege im Jahr, gerundete Werte)

Maßnahme 2: Übersicht erreichbare Wirkungen durch Modal Shift vom MIV (Pkw/Krad) zum Fahrrad-/Pedelec-Verkehr, Angaben in abs. Werten des Modal Shift in Personenkilometer (Pkm) und NO_x

Nr.	Prioritäre Maßnahmen	Start: kurzfristige Umsetzung in den Jahren 2019-2020	+ mittelfristige Umsetzung in den Jahren 2021-2023	+ langfristige Umsetzung in den Jahren 2024-2030	2030
	Angestrebte Wirkungen durch die in den drei Zeitabschnitten umzusetzenden Maßnahmen Ø Jahr und gesamt	bis 2020 Ø p.a. in Pkm/Jahr	bis 2023 Ø p.a. in Pkm/Jahr	bis 2030 Ø p.a. in Pkm/Jahr	Pkm/Jahr
1	Ausbau Radverkehrsnetz Priorität 1	1,9 Mio.	6,2 Mio.	14,7 Mio.	22,8 Mio.
2	Flächenhafte Verbesserung vorhandener Radwege, z.B. Markierung, Wegweisung	0,8 Mio.	2,1 Mio.	0,5 Mio.	3,4 Mio.
3	Ergänzung und Verbesserung öffentliche Fahrradabstellanlagen, Radparkhaus Bahnhof	1,9 Mio.	3,8 Mio.	1,1 Mio.	6,8 Mio.
4	Information und Beteiligung, Image-Kampagne „Marburg radelt“, Radwege-Pläne, Apps, Info alle Verkehrsteilnehmer und Zielgruppen	1,0 Mio.	0,5 Mio.	0,5 Mio.	2,0 Mio.
5	Betriebliches Mobilitätsmanagement: Beratung, Kooperationsprojekt mit der Wirtschaft, und für kommunale Verwaltung und Betriebe	1,3 Mio.	5,3 Mio.	2,7 Mio.	9,3 Mio.
6	Verfügbarkeit Pedelegs fördern (Einwohner, Beschäftigte), Besitz, Leasing, Dauermiete	0,2 Mio.	0,2 Mio.	0,8 Mio.	1,2 Mio.
	Gesamt Modal Shift MIV zu Fahrrad/Pedelec (Reduktion MIV zum Basiswert 396,7 Mio. Pkm)	7,1 Mio.	18,1 Mio.	20,3 Mio.	45,5 Mio. (-11,5%)
	Minderung NO_x Ø p.a. zum Bestand 2018 auf Basis von 0,40 g/Pkm	2,840 t NO_x	7,240 t NO_x	8,120 t NO_x	18,200 t NO_x

ABBILDUNG 55 (T2B): ÜBERSICHT DER ERREICHBAREN WIRKUNGEN, EIGENE BERECHNUNG

Mit den Maßnahmen der Umsetzungsphase 2019-2020 können 51.000 Wege der Einpendler zu allen Wegezwecken, 28.000 Wege der Auspendler zur Arbeit, 50.000 Wege der Binnenpendler zur Arbeit sowie 210.000 Wege der Aus- und Binnenpendler zu allen anderen Zwecken substituiert werden.

Mit den Maßnahmen der Umsetzungsphase 2021-2023 können weitere 221.000 Wege der Einpendler zu allen Wegezwecken, 85.000 Wege der Auspendler zur Arbeit, 298.000 Wege der Binnenpendler zur Arbeit sowie 420.000 Wege der Aus- und Binnenpendler zu allen anderen Zwecken substituiert werden.

Mit den Maßnahmen der Umsetzungsphase 2024-2030 können weitere 575.000 Wege der Einpendler zu allen Wegezwecken, 285.000 Wege der Auspendler zur Arbeit, 496.000 Wege der Binnenpendler zur Arbeit sowie 840.000 Wege der Aus- und Binnenpendler zu allen anderen Zwecken substituiert werden.

Bis 2030 können demnach insgesamt 993.000 Wege (Ø 7,3 km/Weg) der Einpendler zu allen Wegezwecken, 398.000 Wege (Ø 8,0 km/Weg) der Auspendler zur Arbeit, 848.000 Wege (Ø 5,8 km/Weg) der Binnenpendler zur Arbeit sowie 1.470.000 Wege (Ø 4,6 km/Weg) der Aus- und Binnenpendler zu allen anderen Zwecken substituiert werden.

Über alle Wegezwecke addiert sich für 2030 die Substitution auf 3,7 Mio. MIV-Wege und 21,2 Mio. MIV-Personenkilometer im Jahr, die mittlere Wegelänge dieser Wege, die neu mit dem Fahrrad zurück gelegt werden, beträgt 5,7 km, was in etwa einer Verdoppelung gegenüber dem Bestand entspricht (2,8 km/Weg).

2.11.3.2 T2b_Maßnahmen 2-6

Über alle Wegezwecke addiert sich für 2030 die Substitution auf 4,3 Mio. MIV-Wege und 24,3 Mio. MIV-Personenkilometer im Jahr, die mittlere Wegelänge dieser Wege, die neu mit dem Fahrrad zurück gelegt werden, beträgt 5,7 km, was in etwa einer Verdoppelung gegenüber dem Bestand entspricht (2,8 km/Weg).

2.11.4 NOx-Minderung durch die Maßnahmen T2b insgesamt

Im Vergleich zu den in Abbildung 61 (T2b) dokumentierten Bestandswerten ergibt sich für den privaten Personenverkehr mit Kraftfahrzeugen im Stadtgebiet Marburg die folgende Entwicklung, die bei eher konservativer Abschätzung der Änderung des Verkehrsverhaltens im Binnen-, Ziel- und Quellverkehr als erreichbar angesehen wird.

Ausgangslage 2018

In 2018 werden 57,7 Mio. Wege bzw. 396,7 Mio. Pkm im Stadtgebiet der Universitätsstadt Marburg im privaten Kraftfahrzeugverkehr zurückgelegt ohne Durchgangsverkehr. Der Fahrradverkehr hat einen Anteil von (geschätzt) 7,0 Mio. privaten Wegen bzw. 19,6 Mio. Pkm ohne Durchgangsverkehr.

An der Gesamtzahl der privaten Wege mit MIV/Fahrrad im Umfang von 64,7 Mio. Wegen bzw. 416,3 Mio. Pkm hat der MIV in 2018 einen Anteil in Höhe von 95,3%, der Fahrradverkehr in Höhe von 10,8%.

Veränderung des Verkehrsaufwands im MIV von 2018 bis 2030:

Basiswert 2018

396,7 Mio. MIV-Personenkilometer/Jahr im Stadtgebiet Marburg.

Emissionen auf Basis der NOx-Emissionen der Fahrzeugflotte 2018: 158,68 t NOx/Jahr

Zielwert 2020

389,6 Mio. MIV-Personenkilometer/Jahr im Stadtgebiet Marburg.

Emissionen auf Basis der NOx-Emissionen der Fahrzeugflotte 2018:

155,86 t NOx/Jahr (-1,8% im Vergleich zu 2018)

Zielwert 2023

371,5 Mio. MIV-Personenkilometer/Jahr im Stadtgebiet Marburg.

Emissionen auf Basis der NOx- Emissionen der Fahrzeugflotte 2018:

148,6 t NOx/Jahr (-4,6% im Vergleich zu 2018)

Zielwert 2030

396,7 Mio. MIV-Personenkilometer/Jahr im Stadtgebiet Marburg.

Emissionen auf Basis der NOx-Emissionen der Fahrzeugflotte 2018:

140,48 t NOx/Jahr (-11,5% im Vergleich zu 2018)

Der Anteil des Fahrradverkehrs an der Verkehrsleistung im Stadtgebiet der Universitätsstadt Marburg (ohne Durchgangsfahrradverkehr des Fernradverkehrs, insbesondere auf dem Lahntalradweg) wird sich von heute rund 20 Mio. Pkm/Jahr um rund 48,5 Mio. Pkm/Jahr bis 2030 auf rund 68,5 Mio. Pkm/Jahr auf das 2,4-fache gegenüber dem Bestandswert (2018) erhöhen.

Ein Globalwert für den Modal Split-Anteil des Fahrradverkehrs kann aus diesen Daten für das Stadtgebiet Marburgs nicht direkt abgeleitet werden, da der erhebliche Einpendler-Verkehr in den Berechnungen enthalten ist.

2.12 T2_intelligent vernetzte Mobilitätsdienste: Handlungsempfehlungen und Förderoptionen

Das umfassende Maßnahmenpaket zur Förderung der Fahrradnutzung trifft auf eine zunehmende Bereitschaft in der Bevölkerung, das Fahrrad als Alltagsverkehrsmittel zu nutzen, sowie auf Förderoptionen, die den Kommunen heute bereits zur Verfügung stehen bzw. in den kommenden Jahren mit hoher Wahrscheinlichkeit weiter ausgebaut werden. Dadurch kann die Umsetzung kurzfristig starten und durch die Substitution bisheriger Pkw-Wege bzw. Pkw-Kilometerleistung Wirkungen erzeugen.

Auf Bundes- und Landesebene werden neben den klassischen Finanzierungshilfen für Kommunen im Bereich Verkehrswegebau (hier Radwegebau) zunehmend innovative und modellhafte Projekte gefördert, um konkret beschriebene Probleme mit quantifizierbaren Wirkungen zu lösen. Ein solches Querschnittsthema ist die Minderung der Schadstoffbelastung der Luft im Marburg, besonders im Innenstadtbereich.

Auf Basis einer qualifizierten Befassung mit den Quantitäten und Strukturen der heutigen Nutzung des MIV (Pkw/Krad) und der Analyse von Wirkungszusammenhängen wurden konsequent auf dieses Ziel ausgerichtete Maßnahmen vorgeschlagen.

Im Fokus der Bestandsanalyse zum heutigen Verkehrsaufkommen stand zunächst das Verkehrsverhalten der privaten Haushalte. Die Verkehrsnachfrage von Unternehmen und öffentlichen Institutionen wurde in die Konzeption einbezogen. Durch die relationsbezogene Betrachtung der Verkehrsnachfrage ((Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistungen) konnten die Prioritäten für die in der intensiv öffentlich und in Gremien diskutierten und im Mai 2017 durch die Stadtverordnetenversammlung einstimmig beschlossenen Radverkehrsplanung festgelegt werden.

Das Ziel kann nur erreicht werden, wenn ein deutlicher Modal Shift vom Pkw- zum Fahrradverkehr gelingt. In der strukturell fahrradaffinen Stadt Marburg selbst müssen hierfür vor allem die mittleren Wegelängen attraktiver (schneller und sicherer) für die Nutzung des Fahrrads werden, flankiert durch ein rundherum fahrradfreundliches Klima. Hierdurch werden viele, noch nicht berechnete, Zusatzwirkungen durch Investitionen und Engagement Dritter geweckt werden können (Arbeitgeber, Einzelhandel, Gastronomie, Privathaushalte etc.), so dass die Ziele durchaus sogar schneller erreicht werden können, als es die Zahlen auf der Zeitschiene dokumentieren.

Begründet wird dies auch damit, dass das wachsende Verkehrsaufkommen im Segment Personenwirtschaftsverkehr (Dienst- und Geschäftswege, z.B. Dienstleistungen wie Pflegedienste) bislang nicht enthalten und bilanziert ist. Auch der Durchgangsverkehr (relevant z.B. für Park+Ride und für Bewohner des Landkreises, die unmittelbar durch die Informationskampagnen erreicht werden), ist bislang nicht enthalten. Beide Segmente werden durch die Maßnahmen indirekt angesprochen und generieren zusätzliche Wirkungen.

Das Maßnahmenprogramm bietet zusätzliche Anreize für alle gesellschaftlichen Akteure, einen Wettbewerb zur besten Unterstützung des Fahrrads zu starten. Für den Erfolg des Programms ist indes gleichermaßen eine gute Kooperation mit dem Landkreis und den weiter umliegenden Einzugsbereichen erforderlich. Zehntausende Menschen, die täglich zur Arbeit, Ausbildung, zum Einkaufen, zu Dienstleistungen und für Freizeitaktivitäten in die Stadt kommen, sind mit zielgruppenspezifischen Informationen und Maßnahmen anzusprechen. In der Region Westhessen ist siedlungs- und landschaftsstrukturell bedingt der Pkw das wichtigste und derzeit meist schnellste Verkehrsmittel.

Die Zielerreichung wird gelingen, wenn neben der Förderung des Fahrrad- und insbesondere des Pedelecverkehrs Intermodalität und Multimodalität gefördert wird. Hier liegen Aufgaben

im Bereich Bike+Ride, des Bikesharing sowie der verkehrsmittelübergreifenden komfortablen und vor allem zeitsparenden Schnittstellenoptimierung für die Einpendler (und Auspendler). Mit den vorliegenden Maßnahmen wird die Mobilität in Marburg auch für diese Pendler-Zielgruppen gesichert: wer nicht mit dem eigenen Pkw, sondern mit Bus, Bahn, Fahrgemeinschaft oder Pedelec aus dem Umland in die Stadt fährt, trifft auf passende Angebote, untertägig in der Stadt für seine Erledigungen ausreichend mobil zu sein. Das wirkt auch, wenn im Jahresverlauf ein Mix der Verkehrsmittelwahl stattfindet. Saubere Luft in der Universitätsstadt kann durch die Förderung dieses flexiblen Verkehrsverhaltens nachhaltig erreicht werden.

In diesem Kontext ist auch der Baustein "Carsharing" zu sehen. Die reine Substitution von Fahrten mit Sharing-Fahrzeugen statt eigener Pkw ist zunächst wirkungsneutral – die Hebel liegen hier in einem gegenüber privaten Flotten höheren Anteil von Elektrofahrzeugen sowie in Verhaltensänderungen (das Verkehrsverhalten von Sharing-Kunden ist nachweislich intermodaler).

Die Stadt kann diese Ziele durch klare Priorisierung erreichen, aber nicht allein. Vielfältige Ansatzpunkte für die Mitwirkung Dritter, sowohl für den Infrastrukturausbau als auch für Maßnahmen für bessere Information, Wegweisung, Werbung und Kampagnen für den Umstieg auf das Fahrrad, Kooperation mit Dritten im Mobilitätsmanagement (Wirtschaft und Institutionen) sind im Programm enthalten.

Dieses setzt sowohl auf Eigenwirksamkeit der Einzelmaßnahmen als auch auf zusätzliche positive Synergien im Zusammenwirken.

Dabei sind oft maßgeschneiderte Lösungen erforderlich, ein einfaches Übertragen guter Beispiele an anderen Orten auf die beengte Innenstadt oder auf schmale Straßen in engen Taleinschnitten nicht überall möglich.

Die prioritären Maßnahmen beinhalten daher auch sehr spezifische, innovative Lösungsansätze:

- a) Der Ausbau der wichtigsten Hauptachse für den Fahrradverkehr in Nord-Süd-Richtung soll hohe Reisegeschwindigkeit, hohe Sicherheit, eine wichtige Sammel- und Verteilerfunktion und Wegelängen von 10-15 km erreichen. Zusammenhängend wird es die schnellste Fahrradroute. Sie wird die Funktion eines Schnellradweges erfüllen, kann aber nicht in allen Teilstrecken als Schnellradweg ausgebaut werden. Daher die Bezeichnung im Radverkehrsplan als „Hauptradverkehrsachse mit möglichst vielen Schnellradwegelementen“.
- b) Die Hauptradverkehrsachse zwischen Bahnhof, Innenstadt und dem gewerblichen Arbeitsplatzschwerpunkt am westlichen Stadtrand (Standort Behringwerke Marbach/Michelbach-Görzhausen mit weit über 5.000 Beschäftigten) erfordert die Feinplanung einer schnellen Lösung im Mischverkehr auf einer zweispurigen, eng angebauten Landesstraße. Rücksichtnahme aller Verkehrsteilnehmer ist hier die Leitlinie. Mit Pedelecs und angepassten Fahrgeschwindigkeiten, die Aufmerksamkeit fördernden baulichen und technischen Details und kleinen baulichen Maßnahmen (z.B. für Überholmöglichkeiten des Kfz-Verkehrs in der Bergauffahrt) soll hier eine modellhafte Gestaltung erprobt werden, wie das Miteinander auf dieser historischen Straßenführung funktionieren kann, vorzugsweise in Form eines Verkehrsversuchs des Landes Hessen, der auch Bedeutung für viele vergleichbare Situationen in den Mittelgebirgsregionen hat.

- c) Im Maßnahmenbereich Bikesharing sind für Teilmaßnahmen Kooperationen mit Dritten (Unternehmen) vorgesehen. Diese können einen bedeutenden Beitrag zum Erfolg des Systems leisten und gleichzeitig eine Entlastung im eigenen Terrain bewirken.

Das Masterplan-Verkehrsnetz für den Fahrradverkehr erreicht das gesetzte Ziel im Bereich Radwegeinfrastruktur vor allem durch die möglichst schnelle Schließung von Lücken im Radwegenetz. Dieses besteht dauerhaft aus vielen Strecken im Mischverkehr (T 30-Zonen, Fahrradstraßen, Erschließungsstraßen mit max. 50 km/h, die aus Platzgründen keine eigenständigen Radwege ermöglichen). Durch die Maßnahmen Wegweisung, Information, Mobilitätsmanagement usw. wird unter anderem auch das Verständnis seitens aller Verkehrsteilnehmer für diesen Verkehrsmittelmix erreicht, eine dauerhaft gemeinsame Nutzung dieser beengten Verkehrswege angenehmer und sicherer, natürlich auch für den Fußgängerverkehr. So greifen diese Maßnahmen ineinander und bewirken letztlich das im gesamten Straßen- und Wegenetz erforderliche Rücksicht und fördern ein fahrradfreundliches Klima in der Stadt.

Die Besonderheiten vieler prioritärer, oft unkonventioneller Maßnahmen sind kompatibel mit verschiedenen Förderoptionen.

Grundsätzlich können alle Maßnahmen Anträge für aktuelle Förderprogramme begründen, die Förderhöhe (Zuwendungen) liegt im Regelfall zwischen 70% und 90% der förderfähigen Kosten, ist in jedem Einzelfall aber mit den Förderbedingungen abzustimmen. Zuschläge zu den regelhaften Fördersätzen können z.B. Kommunen mit besonderem Finanzbedarf ebenso in Anspruch nehmen wie für besonders innovative Maßnahmen. Für Teilmaßnahmen sind zudem Förderprogramme ansprechbar, die (z.B. als Folgeprojekt von **Klimaschutzkonzepten**) erhöhten Personalaufwand erfordern oder Dienstleistungen Dritter, z.B. für Planungsleistungen. Der Umfang der max. Förderhöhe ist grundsätzlich für die vorgesehenen Maßnahmen geeignet. Daher kann hier nur im Überblick darauf hingewiesen werden, welche Förderprogramme derzeit ansprechbar sind. Details hierzu wurden der Stadtverwaltung übermittelt.

Bund, Umsetzung des **Nationalen Radverkehrsplans** (NRVP): Kleinserien-Richtlinie zur Unterstützung der Beschaffung von Transporträdern; Förderung innovativer Modellprojekte (im Projektauftrag 2019: Förderschwerpunkt Nutzerfreundlichkeit); Förderung des Absatzes elektrisch betriebener Fahrzeuge (Umweltbonus)

Land Hessen: Die Förderbestimmungen für **Radverkehrsinfrastruktur** des Landes Hessen sind auf den Stand 29. Juni 2018 aktualisiert worden (Hessen Mobil, Zentrales Handbuch Verkehrsinfrastrukturförderung). Die Förderquoten in den einzelnen genannten Programmen und Förderbereichen sind überwiegend nicht statisch und in besonderem Maß von der konkreten Maßnahme abhängig. Aus dem Landesprogramm Hessen zur Förderung der **Nahmobilität** können Maßnahmen mit 70% gefördert werden, für finanzschwache Kommunen ist ein Zuschlag von 10%, bei besonderem Landesinteresse ein weiterer Zuschlag von 10% möglich (= max. 90%).

Für die Maßnahme 2b2.5 (**Betriebliches Mobilitätsmanagement**) wird derzeit keine explizite Förderoption gesehen, diese wird jedoch aufgrund eines Vorläuferprogrammes („mobil gewinnt“ als gemeinsames Förderprogramm des BMVI und BMU) für die kommenden Jahre erwartet. Für die Maßnahme 2b2.6 (Zuschüsse für den privaten Erwerb von Pedelec (nicht Lastenfahrräder) wird derzeit keine Förderoption gesehen. Grundsätzlich sind auch viele nichtinvestive Maßnahmen förderbar (z.B. Information).

Bundesrepublik Deutschland: **Klimaschutzinitiative, Kommunalrichtlinie** (allgemeine Laufzeit: 01. Juli 2016 bis 31. Dezember 2019), Förderprojekte im Bereich „Klimaschutz und nachhaltige Mobilität“ (aktueller Antragszeitraum 01. Juli bis 30. September 2018). Die Förderhöhe (nicht rückzahlbare Zuwendungen) kann mit i.d.R. 50% angesetzt werden, für finanzschwache Kommunen kann bis zu 40% zusätzlich gefördert werden (= max. 90%).

Hiermit können diverse Maßnahmen im Bereich nachhaltiger Mobilität insbesondere auch zur Förderung des Radverkehrs, z.B. Fahrradstraßen, Fahrradschnellwege, Lückenschlüsse im Radwegenetz, Fahrradabstellanlagen, Mobilitätsstationen usw. gefördert werden. Antragsteller können auch kommunale Betriebe oder Unternehmen mit kommunaler Beteiligung (min. 50,1%) sein.

Für Radabstellanlagen können Fördermittel auch von öffentlichen, gemeinnützigen und religionsgemeinschaftlichen Kindertagesstätten und Schulen bzw. deren Trägern beantragt werden. Ähnliches gilt für Einrichtungen der Kinder- und Jugendhilfe.

Für Radschnellwege ist derzeit eine Förderrichtlinie des Bundes in Abstimmung mit den Bundesländern.

Grundsätzlich können im Bereich der Schnittstellen zwischen ÖPNV und des Fahrradverkehrs auch Fördermittel für Maßnahmen des ÖPNV angesprochen werden, wenn z.B. Fahrradabstellanlagen an Haltestellen oder Fahrradstationen an Bahnhöfen errichtet werden sollen.

Der wachsenden Bedeutung der Förderung des Radverkehrs entsprechend wird davon ausgegangen, dass alle Maßnahmenbereiche, die im vorliegenden Plan enthalten sind, in den kommenden Jahren verstärkt gefördert werden.

In der hohen Dichte und im Zusammenwirken der intelligent vernetzten Maßnahmen, bei möglichst zeitgleicher Implementationen des umfassenden Maßnahmenpakets im Bereich Fahrradverkehr liegt nicht nur ein besonderer Impuls für die gesamte Universitätsstadt, ihres Einzugsbereichs und aller für die Umsetzung relevanten Akteure, sondern auch die große Wirkungskraft begründet. Trotz zurückhaltend angesetzter Annahmen wird als Gesamtwirkung der Maßnahmen aus T2 eine deutliche Reduktion der NO_x-Emissionen erwartet.

Teilplan 2

Minderung NO_x zu 2018 nach Maßnahmen T2a und T2b in Zeitabschnitten sowie insgesamt (nur anteilige Wirkungen im Stadtgebiet der Universitätsstadt Marburg)

	Maßnahmen Teilplan 2	kurzfristig 2019-2020	+ mittelfristig 2021-2023	+ langfristig 2024-2030	2030
T2 a	Minderung NO _x Ø p.a.	0,264 t NO _x	0,752 t NO _x	0,532 t NO _x	1,544 t NO _x
T2 b	Minderung NO _x Ø p.a.	2,840 t NO _x	7,240 t NO _x	8,120 t NO _x	18,200 t NO _x
T2 Σ	Gesamt Minderung NO _x Ø p.a.	3,104 t NO _x	7,992 t NO _x	8,652 t NO _x	19,744 t NO _x

ABBILDUNG 56 (T2): MINDERUNG NO_x ZU 2018 NACH MASSNAHMEN T2A UND T2B IN ZEITABSCHNITTEN WIE INSGESAMT, EIG. DARSTELLUNG

3 Teilplan 3 (T3) – Elektrifizierung des Verkehrs

Der Verkehr hat einen wesentlichen Anteil an den NO_x-Emissionen in Marburg. Rund zwei Drittel der jährlich insgesamt 440 t NO_x werden durch den Verkehr emittiert.⁹¹ Besonders die Stadt Marburg sollte bei der Reduktion der NO_x-Emissionen eine Vorbildrolle einnehmen. Eine effektive Maßnahme, die einen hohen Beitrag zur Reduktion der Vor-Ort-Emissionen erwirken kann, ist die Elektrifizierung des kommunalen Verkehrs.

Im folgenden Teilplan soll daher in Form der ersten Maßnahme geprüft werden, welche kommunalen Fahrzeuge auf elektrische Antriebe umgestellt werden können. Dabei gliedert sich die Untersuchung in die Betrachtungsteile kommunale Nutzfahrzeuge und Fahrzeuge der städtischen ÖPNV-Flotte. Zudem soll in Maßnahme zwei der Aufbau von Ladeinfrastruktur (LIS) für Elektrofahrzeuge untersucht werden. In Maßnahme drei erfolgt abschließend die Analyse zum Aufbau von LIS für Elektrofahrräder.

3.1 T3_Maßnahme 1: Umstellung der kommunalen Fahrzeuge auf elektrische Antriebe – Prüfung und praktische Realisierung

Der Untersuchungsgegenstand zu den kommunalen Nutzfahrzeugen umfasste die Fahrzeuge des Dienstleistungsbetriebs der Stadt Marburg, der Marburger Entsorgungs-GmbH (MEG) und der Marburger Kommunalentsorgungs-GmbH (MKG). Die Untersuchung beschränkte sich hierbei auf die Umstellung rein elektrisch betriebener Fahrzeuge.

3.1.1 T3_M1.1: Umstellung kommunaler Nutzfahrzeuge auf elektrische Fahrzeuge

Der Fahrzeugbestand wurde mittels Fahrzeuglisten erhoben, die von den jeweiligen Fuhrparkverantwortlichen ausgefüllt wurden. Für die Abschätzung des Elektrifizierungspotentials und der Berechnung der daraus resultierenden Wirkungspotentiale wurden fahrzeug- und nutzungsspezifische Kennwerte abgefragt.

Der erhobene Fahrzeugbestand umfasst 213 Fahrzeuge. Da der Fokus dieser Analyse auf Nutzfahrzeugen des Fuhrparks liegt, wurden die darin enthaltenen 18 PKW von der Analyse ausgeschlossen. Insgesamt werden somit 195 Nutzfahrzeuge untersucht. Die DBM betreibt mit 161 Nutzfahrzeugen die größte Flotte. Von der MEG werden 20 und der MKG 14 Nutzfahrzeuge betrieben.

Wie in Tabelle 27 (T3) dargestellt wurden die 195 Fahrzeuge in 14 Fahrzeugklassen kategorisiert. Es erfolgte eine deutlich feingliedrigere Einteilung der Fahrzeuge im Vergleich zu den Fahrzeugsegmenten des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA), da die Fahrzeugsegmente des KBA keine Unterteilung anhand der Aufbauten vornimmt. Aufgrund der Funktionsanforderungen und des Gewichts, besitzen die Aufbauten aber für die Untersuchung zur Elektrifizierung der Fahrzeuge eine hohe Relevanz.

⁹¹ Vgl. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 2016, S. 24

Fahrzeugklasse	Anzahl Fahrzeuge
DBM	
Aufsitzmäher	2
Bagger/Radlader	23
Kanalreiniger	8
Kehrmaschine	7
Kipper	31
Kompakttraktor	11
Leichtes Nutzfahrzeug (Kasten)	16
Leichtes Nutzfahrzeug (Plane)	1
Leichtes Nutzfahrzeug (Pritsche)	31
LKW	13
Müllentsorgungsfahrzeug	0
Multifunktionsfahrzeug	8
Pickup	3
Traktor	7
DBM Fahrzeuge gesamt	161
MEG	
Bagger/Radlader	3
LKW	1
Müllentsorgungsfahrzeug	16
MEG Fahrzeuge gesamt	20
MKG	
Müllentsorgungsfahrzeug	14
MKG Fahrzeuge gesamt	14
Fahrzeugbestand kommunaler Nutzfahrzeuge	195

TABELLE 27 (T3): NUTZFAHRZEUGBESTAND DER KOMMUNALEN BETRIEBE NACH FAHRZEUGKLASSE, EIG. DARSTELLUNG

Zusätzlich erfolgte eine weitere Untergliederung der Fahrzeugklassen mittels der dreigeteilten Kategorisierung in Ein- und Aufbauten (vgl. Tabelle 28 (T3)).

Komplexität Ein-/Aufbau	Beschreibung
gering	Serienfahrzeug ohne Sondereinbauten
mittel	Einfache/leichte Sondereinbauten wie Kran/Abroll- und Absetzkipper/Multicars (ohne spezifische Sondereinbauten); aber auch kleine Kehrmaschinenfahrzeuge, Aufsitzrasenmäher und serienmäßige Traktoren
hoch	Komplexe Sondereinbauten wie Streuvorrichtungen Winterdienst/Radlader/ Abfallentsorgungsfahrzeuge

TABELLE 28 (T3): KATEGORISIERUNG DER EIN- UND AUFBAUTEN, EIG. DARSTELLUNG

Mit zunehmender Komplexität bzw. permanenten Betrieb der Ein- und Aufbauten steigen die Anforderungen an die Fahrzeuge. Zum Beispiel ist der Aufbau eines Kanalreinigers mit Saug- und Spülvorrichtung aufgrund der verbauten Pumpen und Hydraulik technisch komplexer als bei einem Fahrzeug mit einfacher Pritsche. Im Falle einer Elektrifizierung bei gleicher Batteriekapazität wird die praktische Reichweite im Alltag des Pritschenfahrzeugs höher ausfallen als die des Saug- und Spülfahrzeugs, da hier ein zusätzlicher Verbrauch einzukalkulieren ist.

Marktanalyse elektrischer Nutzfahrzeuge

Die Marktanalyse der angekündigten und derzeit verfügbaren Nutzfahrzeuge ist die Basis zur Bestimmung des Elektrifizierungspotentials der kommunalen Flotte.

Auch in der derzeitigen Markthochlaufphase gestaltet sich die Verfügbarkeit von elektrischen Nutzfahrzeugen im Vergleich zum PKW-Bereich deutlich verzögert. Dieser Verlauf ist dadurch zu begründen, dass bei Nutzfahrzeugen das zulässige Gesamtgewicht von hoher Bedeutung ist. Werden Nutzfahrzeuge elektrisch betrieben, erhöht der Batterieeinbau das Eigengewicht erheblich. Dies kann dazu führen, dass die erlaubte Zuladung unter Einhaltung der zulässigen Gesamtmasse auf ein Maß sinkt, welches den Betrieb des Fahrzeugs nicht mehr attraktiv oder alltagstauglich gestaltet.

Leichte Nutzfahrzeuge

Dieser Sachverhalt ist besonders bei elektrisch betriebenen Nutzfahrzeugen mit einer zulässigen Gesamtmasse von bis zu 3,5 t relevant. Nach den Vorgaben der 3. EU-Führerscheinrichtlinie wird hierzu eine Fahrerlaubnis der Klasse B benötigt. Bei Überschreitung der Gesamtmasse wird eine Fahrerlaubnis der Klasse C oder C1 erforderlich.⁹² Die 4. Verordnung über Ausnahmen von den Vorschriften der Fahrerlaubnis-Verordnung schafft hier eine bis Ende 2019 befristete Ausgleichsregelung. Danach dürfen elektrisch betriebene Fahrzeuge bis zu einer zulässigen Gesamtmasse von 4.250 kg mit einer Fahrerlaubnis der Klasse B gefahren werden, wenn diese im Bereich des Gütertransports eingesetzt werden. Die Befristung wird durch eine entsprechende Schlüsselzahl im Führerschein vermerkt. Der Fahrer muss zudem an einer mindestens fünfstündigen Fahrzeugeinweisung teilgenommen haben.⁹³ Nach Beendigung dieser Regelung in 2019 müssten alle Betroffenen den Führerschein der Klasse C kurzfristig nachholen. Ob die bestehende Befristung aufgehoben oder durch eine andere Regelung ersetzt werden soll, ist derzeit unklar.

Einige Fahrzeugmodelle sind dennoch aktuell schon verfügbar. Streetscooter, ein Tochterunternehmen der Deutschen Post AG, hat Fahrzeuge im Angebot, die spezifisch für die Anforderungen von Paketdiensten entwickelt wurden und bereits im Mutterkonzern zum

⁹² Vgl. Richtlinie 2006/126/EG, Artikel 4, Ziffer 4 b) Abs. 1.

⁹³ Vgl. Vierte Verordnung über Ausnahmen von den Vorschriften der Fahrerlaubnis-Verordnung vom 22. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2432).

Einsatz kommen. Renault hat in diesem Jahr mit dem Master Z.E. sein Portfolio im Bereich der Transporter erweitert und Nissan bietet mit dem e-NV200 (2018) das Nachfolgermodell mit größerer Batterie an. Bei der Daimler AG ist derzeit noch kein Elektrofahrzeug erhältlich, jedoch kann der eVito bereits vorbestellt werden. Der eSprinter soll 2019 folgen. VW will bereits im September 2018 mit der elektrischen Variante des Crafters im Segment der leichten Nutzfahrzeuge in den Markt einsteigen (vgl. Tabelle 29 (T3)).

Hersteller	Modellbezeichnung	Kategorie	Zulässiges Gesamtgewicht in t	Leistung in kW	Batteriekapazität in kWh	Reichweite NEFZ in km	UVP in € (brutto)	Verkaufsstatus	Anmerkungen
Iveco	Daily Electric	Transporter	3,2 - 5,9	k. A.	60 / 80	200	ab 83.300,00	Testbetrieb	Kleinbus, Kastenwagen ⁹⁴
SAIC	Maxus EV80	Transporter	3,5	92	56	200	55.000,00	Aktuell nur Miete	887 € je Monat
Mercedes-Benz	eVito	Transporter	< 3,6	84	41,4	150	47.588,00	Vorbestellung möglich	
Mercedes-Benz	eSprinter	Transporter	3,5	k. A.	55	150	k. A.	2019	
Nissan	e-NV200	Transporter	2,25	80	40	280	ab 34.105,00	erhältlich	
Renault	Master Z.E.	Transporter	< 3,5	k. A.	33	200	71.281,00	erhältlich	Kleinbus, Kastenwagen
Streetscooter	Work L	Transporter	2,18	k. A.	40	205	54.085,50	erhältlich	
Streetscooter	Work L Pickup	Pickup	2,18	k. A.	40	205	51.705,50	erhältlich	
Streetscooter	Work L Pure	Transporter	2,18	k. A.	40	je nach Aufbau	49.325,50	erhältlich	
Volkswagen	eCrafter	Transporter	4,2	k. A.	43	208	k. A.	2019	

TABELLE 29 (T3): MARKTÜBERSICHT ELEKTRISCHER LEICHTER NUTZFÄHRZEUGE $\leq 3,5$ T., EIG. DARSTELLUNG AUF GRUNDLAGE VON HERSTELLERANGABEN

Trotz der Aktivitäten der Hersteller sind größere Ladevolumen aktuell nur vorbestellbar, aber nicht verfügbar. Mittelfristig werden weitere Modelle folgen. Trotz Reichweiten im „Neuen Europäischen Fahrzyklus“ (NEFZ) zwischen 150 km und 208 km sind im Praxiseinsatz zwischen 80 km und 120 km denkbar. Bei speziellen Umrüstungen bzgl. Ein- und Aufbauten muss ggf. ein zusätzlicher Reichweitenverlust kalkuliert werden. Die Preise sind noch nicht von allen Modellen veröffentlicht. Ein Aufschlag von 50 % bis 100 % im Vergleich zu den Varianten der Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren des jeweiligen Modells ist zu erwarten. Die Verfügbarkeit wird aufgrund der erst hochlaufenden Serienproduktion der Elektrofahrzeuge und der geringen Batteriekontingente der Hersteller vorerst beschränkt sein. Im BEV-PKW Bereich sind aktuell Wartezeiten von bis zu 12 Monaten verbreitet, was auch im Segment der leichten Nutzfahrzeuge zu erwarten ist.⁹⁵

Schwere Nutzfahrzeuge

Der Markt elektrisch angetriebener, schwerer Nutzfahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 3,5 t befindet sich derzeit noch nicht in der Hochlaufphase. Anders als bei den leichten Nutzfahrzeugen sind in diesem Segment derzeit kaum Fahrzeuge auf dem Markt verfügbar. Die Zahl der Fahrzeugankündigungen lässt aber darauf schließen,

⁹⁴ Fahrgestell mit Sonderaufbauten

⁹⁵ Erfahrungswert aus Gesprächen mit Fuhrparkverantwortlichen deutscher Kommunen

dass die Hersteller auch in diesem Segment aktiv und mittelfristig Fahrzeuge auf dem Markt bringen werden.

Anbieter wie z. B. ORTEN Fahrzeugbau GmbH, die neue und gebrauchte Diesel-Nutzfahrzeuge auf Elektroantrieb umrüsten, sind momentan die aktiven Akteure. Die Fahrzeuge haben laut Hersteller eine Reichweite von 100 km bis 150 km.⁹⁶ Auch die FRAMO GmbH ist auf dem Gebiet der Umrüstung von Serienfahrzeugen auf elektrischen Antrieb aktiv. Die Batteriekapazität ist dabei modular anpassbar.⁹⁷ Die Umrüstung ist eine Möglichkeit, kurzfristig schwere Nutzfahrzeuge zu elektrifizieren. Es ist jedoch zu beachten, dass jedes Fahrzeug eine Spezialanfertigung auf Basis eines Serienfahrzeuges darstellt und zusätzliche Kosten für die Umrüstung entstehen.

Seitens der Fahrzeughersteller ist die Serienproduktion von elektrischen schweren Nutzfahrzeugen noch nicht angelaufen. Einige Fahrzeuge sind im Rahmen von Testphasen bei ausgewählten Unternehmen im praktischen Einsatz. Bereits 2019 soll sich diese Situation ändern. Mitsubishi Fuso, Volvo und Tesla haben Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 7,5 t bis 40 t angekündigt. Die Reichweite soll zwischen 100 km und 200 km betragen. Der Semi eTruck von Tesla soll sogar eine Reichweite von bis zu 800 km erreichen. Hierbei ist jedoch anzumerken, dass es sich ausschließlich um eine Zugmaschine für den Schwertransport handelt, welche im kommunalen Betrieb kaum zum Einsatz kommt. Im Jahr 2021 will MAN ebenfalls in den Markt schwerer batterieelektrischer Nutzfahrzeuge (BE-Nutzfahrzeuge) eintreten und Zugmaschinen mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 18 t bis 40 t und einer Reichweite 250 km bis 350 km anbieten (vgl. Tabelle 30 (T3)).

Inwieweit der Verkaufsstart der angekündigten schweren Nutzfahrzeuge eingehalten werden kann, ist offen. Mittelfristig ist mit einer überschaubaren Anzahl an Fahrzeugen auf dem Markt zu rechnen. Bei den kommunalen Betrieben sind in großer Anzahl Fahrzeuge mit speziellen Ein-/Aufbauten im Einsatz. Ob eine Umrüstung der elektrischen Serien-LKW möglich ist und welchen Einfluss die Umrüstung auf die Reichweite hat, wird sich erst noch zeigen. Dabei ist davon auszugehen, dass komplexere Ein- und Aufbauten erst längerfristig verfügbar sein werden. Das spezielle Ein- und Aufbauten technisch möglich sind, zeigt Volvo bereits mit dem FE Electric, welcher in Form eines Müllentsorgungsfahrzeugs bereits in Hamburg in der Testphase erprobt wird.⁹⁸

⁹⁶ Vgl. Willms, O. 2016

⁹⁷ Vgl. FRAMO GmbH o. J.

⁹⁸ Vgl. Kopp, M. 2018

Hersteller	Modellbezeichnung	Kategorie	Zulässiges Gesamtgewicht in t	Leistung in kW	Batteriekapazität in kWh	Reichweite in km	UVP in € (brutto)	Verkaufsstart	Anmerkungen
BYD	T10ZT	Kipplaster	k. A.	k. A.	k. A.	280	k. A.	k. A.	
DAF	CF Electric	Zugmaschine	9,7	210	170	100	k. A.	k. A.	Zgl. 40 t, aktuell Erprobungsphase
Daimler	eActros	Kofferaufbau	18 - 25	k. A.	240	200	k. A.	2021	
Mitsubishi Fuso	eCanter	Kofferaufbau	7,5	185	70	100	k. A.*	2019	
Mitsubishi Fuso	Vision One	Kofferaufbau	23	k. A.	k. A.	350	k. A.	2021	
MAN	eTruck	Zugmaschine	18 - 26	250	k. A.	200	k. A.	2021	2018 Praxiserprobungsphase; 6x2-Solo-LKW (Zugmaschine) auf Basis TGM-Reihe
MAN	eTruck	Zugmaschine	40	350	k. A.	130	k. A.	2021	4x2-Solo-LKW (Zugmaschine) auf Basis TGS-Reihe
MAN	Metropolis (Hybrid)	Konzeptfahrzeug	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	
Tesla	Semi	Zugmaschine	40	k. A.	k. A.	480/800	131.000 - 178.500	2019	
Volvo	FL Electric	Kofferaufbau	16	185	100/300	300	k. A.	2019	Weitere mögliche Einsatzbereiche auch Abfallentsorgung und Recyclingunternehmen
Volvo	FE Electric	Abfallentsorgungsfahrzeug	27	2x 370	200-300	200	k. A.	2019	Abfallentsorgung / in Hamburg im Einsatz

TABELLE 30 (T3): MARKTÜBERSICHT ELEKTRISCHER SCHWERER NUTZFAHRZEUGE > 3,5 T.;, EIG. DARSTELLUNG AUF GRUNDLAGE VON HERSTELLERANGABEN

Wirkungspotenziale und Realisierungsmöglichkeiten

Im Folgenden werden die Instrumente und die der Datenerhebung und -auswertung zugrundeliegende Methodik für die Ermittlung der Untersuchungsergebnisse vorgestellt. Zudem sollen die Realisierungsmöglichkeiten der Umstellung der Nutzfahrzeuge auf Elektroantrieb dargestellt und die Wirkungspotentiale aufgezeigt werden.

Methodik

Um den Aufwand für die kommunalen Betriebe möglichst gering zu halten, konnte keine detaillierte Analyse von Fahrprofilen der Nutzfahrzeuge mit Hilfe der Erfassung von Fahrtenbüchern bzw. Fahrtenschreibern erfolgen. Es erfolgte eine Analyse auf Basis der maximalen Tagesfahrleistungen. Ladezyklen, die im Tagesverlauf durch das Zwischenladen in Pausen oder bei nicht genutzten Fahrzeugen möglich sind und eine Erweiterung der Reichweite erwirken, bleiben daher bei der Analyse unberücksichtigt. Der gewählte Ansatz stellt demnach die Abschätzung des Minimalpotentials dar und dürfte erhebliche Reserven durch Zwischenladungen enthalten.

Für die Umsetzung der Potentialermittlung wurden entsprechende Szenarien entwickelt, die die aktuelle und zukünftige Fahrzeugverfügbarkeit berücksichtigen. Die entsprechenden Fahrzeugeigenschaften und die Reichweitenrestriktion werden mit der Marktanalyse abgeglichen. In Tabelle 31 (T3) sind die Kriterien zusammengefasst. Über alle Szenarien

wurde neben der Elektrifizierungsmöglichkeit der Fahrzeuge auch die Haltedauer der bestehenden Fahrzeuge (Beschaffungszyklus) zugrunde gelegt. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass zuerst alte Fahrzeuge mit einer schlechten Öko-Bilanz und solche, die zur Neuanschaffung anstehen, ausgeflottet werden.

	leichte Nutzfahrzeuge			schwere Nutzfahrzeuge		
zulässiges Gesamtgewicht	≤ 3,5 t			> 3,5 t		
Szenario	kurzfristig	mittelfristig	langfristig	kurzfristig	mittelfristig	langfristig
Komplexität des Aufbaus	gering	gering	gering bis mittel	kein Elektrifizierungspotential	gering	gering bis mittel
Reichweite	≤ 100 km	≤ 200 km	≤ 200 km		≤ 120 km	≤ 120 km
Beschaffung	Beschaffungszyklus nach Haltedauer und Erstzulassung					
Annahme	keine Zwischenladung im Tagesverlauf					

TABELLE 31 (T3): SZENARIEN ZUM ELEKTRIFIZIERUNGSPOTENTIAL, EIG. DARSTELLUNG

▪ Kurzfristiges Szenario < 2 Jahre

Im Segment der leichten Nutzfahrzeuge existieren bereits heute Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb auf dem Markt und es folgen bis zum Jahr 2019 weitere Fahrzeuge, die in Serienproduktion gehen. Die Reichweite der Fahrzeuge liegt zwischen 150 km und 208 km. Für die Bestimmung des Elektrifizierungspotentials wurde eine maximale Reichweite von 100 km ohne Zwischenladung angenommen, um Beladungen und zusätzliche Verbräuche, wie z. B. das Heizen im Winter mit einzubeziehen.

Bei schweren Nutzfahrzeugen besteht kurzfristig kein Potential zur Umstellung auf Elektrofahrzeuge, da existierende Fahrzeuge bisher nur zu Testzwecken eingesetzt werden und innerhalb der nächsten zwei Jahre unter Berücksichtigung der Lieferzeiten und evtl. notwendigen Umstellungen von Tourenplänen kaum darstellbar ist.

▪ Mittelfristiges Szenario 2 bis 5 Jahre

Das mittelfristige Szenario geht von einer erhöhten Reichweite von bis zu 200 km bei leichten Nutzfahrzeugen aus. Eine steigende Energiedichte der Traktionsbatterie wird dieser Annahme zugrunde gelegt.

Im Segment der schweren Nutzfahrzeuge ist in diesem Szenario mit den ersten Serienfahrzeugen zu rechnen. Die Annahme der Reichweite wurde wiederum in Folge von Abschlägen herabgesetzt, um einen möglichst realen Einsatz abzubilden.

▪ Langfristiges Szenario > 5 Jahre

Langfristig ist auch bzgl. der Ein- und Aufbauten von einer Entwicklung auszugehen, sodass auch Fahrzeuge mit einer mittleren Komplexität elektrifiziert werden können.

Mittels der definierten Szenarien erfolgte die Identifizierung der Fahrzeuge, die für die Umstellung auf einen elektrischen Antrieb geeignet sind. In Abbildung 57 (T3) ist die fahrzeugseitige Grundgesamtheit der Analyse dargestellt.

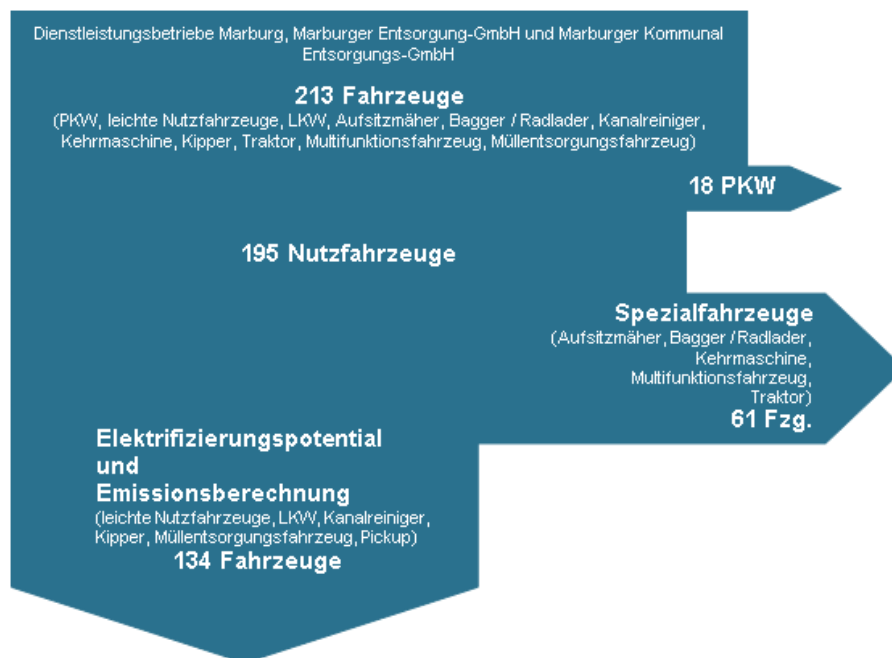


ABBILDUNG 57 (T3): ÜBERBLICK FAHRZEUGESEITIGE GRUNDGESAMTHEIT ZUR DATENANALYSE, EIG. DARSTELLUNG

Neben den bereits ausgeschlossenen PKW, erfolgte die Isolierung der 61 Spezialfahrzeuge. Diese Fahrzeuge werden primär als Arbeitsmaschinen eingesetzt, wodurch der Kraftstoffverbrauch nicht in erster Linie durch die zurückgelegten Strecken verursacht wird. Somit ist eine Abschätzung der Elektrifizierung dieser Fahrzeuge auf Basis der Reichweite nicht sinnvoll. In diesem Segment existieren nur Spezialanbieter, die die Fahrzeuge aktuell in Pilotprojekten erproben. Aufgrund der Datenbasis ist es nicht möglich, belastbare Aussagen über das Elektrifizierungspotenzial dieser Fahrzeuge zu treffen. Die technischen Anforderungen sind unterschiedlich und müssen für den jeweiligen Arbeitseinsatz geprüft werden.

Auf Grundlage der Datenbereinigung wird die Analyse für die Bestimmung des Elektrifizierungspotentials und die Berechnung der fahrzeugseitig verursachten Emissionen für 134 Fahrzeugen durchgeführt. Die differenzierten Fahrzeugklassen sind leichte Nutzfahrzeuge, LKW, Kanalreiniger, Kipper, Müllfahrzeuge und Pickups. Die Ergebnisse der Analyse sind für die leichten Nutzfahrzeuge in Tabelle 32 (T3) und für die schweren Nutzfahrzeuge in Tabelle 33 (T3) zusammengefasst.

In der Spalte mit der Bezeichnung „Elektro“ ist die Anzahl der Fahrzeuge angegeben, die in den einzelnen Szenarien auf einen elektrischen Antrieb umgestellt werden können. Dieses Ergebnis wird in der Spalte „Elektro kum.“ kumuliert, sodass der Bestand der Elektrofahrzeuge im jeweiligen Zeitabschnitt der Szenarien aufgezeigt wird. Die Spalte „Übrige Fzg. kum.“ gibt die Anzahl der verbleibenden Fahrzeuge mit Verbrennerantrieb an. Aus den kumulierten Werten errechnet sich das Elektrifizierungspotential (eAnteil) zu jedem Zeitpunkt.

leichte Nutzfahrzeuge					
Fahrzeugklasse/eAntrieb		Elektro	Elektro kum.	Übrige Fzg. kum.	eAnteil
kurzfristig	Leichtes Nutzfahrzeug (Pritsche)	7	7 (+1)	23	26%
	Leichtes Nutzfahrzeug (Plane)	0	0	1	0%
	Leichtes Nutzfahrzeug (Kasten)	1	1	15	6%
	Pickup	0	0	3	0%
	Gesamt	8	9	42	18%
Fahrzeugklasse/eAntrieb		Elektro	Elektro kum.	Übrige Fzg. kum.	eAnteil
mittelfristig	Leichtes Nutzfahrzeug (Pritsche)	13	21	10	68%
	Leichtes Nutzfahrzeug (Plane)	0	0	1	0%
	Leichtes Nutzfahrzeug (Kasten)	10	11	5	69%
	Pickup	1	1	2	33%
	Gesamt	24	33	18	63%
Fahrzeugklasse/eAntrieb		Elektro	Elektro kum.	Übrige Fzg. kum.	eAnteil
langfristig	Leichtes Nutzfahrzeug (Pritsche)	8	29	2	94%
	Leichtes Nutzfahrzeug (Plane)	0	0	1	0%
	Leichtes Nutzfahrzeug (Kasten)	5	16	0	100%
	Pickup	2	3	0	100%
	Gesamt	15	48	3	94%

TABELLE 32 (T3): ERGEBNIS DER ANALYSE FÜR LEICHTE NUTZFAHRZEUGE, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG

schwere Nutzfahrzeuge					
Fahrzeugklasse/eAntrieb		Elektro	Elektro kum.	Übrige Fzg. kum.	eAnteil
mittelfristig	Kanalreiniger	0	0	8	0%
	Kipper	7	7	24	23%
	LKW	4	4	10	29%
	Müllentsorgungsfahrzeug	1	1	29	3%
	Gesamt	12	12	71	14%
Fahrzeugklasse/eAntrieb		Elektro	Elektro kum.	Übrige Fzg. kum..	eAnteil
langfristig	Kanalreiniger	4	4	4	50%
	Kipper	12	19	12	61%
	LKW	5	9	5	64%
	Müllentsorgungsfahrzeug	1	2	28	7%
	Gesamt	22	34	49	41%

TABELLE 33 (T3): ERGEBNIS DER ANALYSE FÜR SCHWERE NUTZFAHRZEUGE, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG

Kurzfristiges Elektrifizierungspotenzial nach Beschaffung

Im Segment der leichten Nutzfahrzeuge besteht ein Elektrifizierungspotential von acht weiteren Fahrzeugen (18 %) der insgesamt 51 leichten Nutzfahrzeuge, von denen aktuell eines schon ein BE-Fahrzeug ist. Bei den zusätzlich elektrifizierbaren Fahrzeugen handelt es sich um ein Fahrzeug mit Kastenaufbau und sieben Fahrzeuge mit Pritsche.⁹⁹

Mittelfristiges Elektrifizierungspotenzial nach Beschaffung

In der mittleren Frist steigt das Elektrifizierungspotential aufgrund der höheren Reichweite, da weitere Fahrzeuge die praktifizierte Haltedauer von 12 Jahren erreicht haben. Insgesamt können mittelfristig 24 weitere leichte Nutzfahrzeuge elektrifiziert werden (vgl. Tabelle 32 (T3)), sodass bereits 63 % der Flotte der leichten Nutzfahrzeuge elektrifizierbar sind.

Bei schweren Nutzfahrzeugen ist mittelfristig mit einem Elektrifizierungspotential zu rechnen. Es können 12 schwere Nutzfahrzeuge innerhalb von 5 Jahren elektrifiziert werden. Dies allerdings unter der Voraussetzung der Verfügbarkeit der angekündigten Fahrzeugmodelle und der ebenfalls elektrisch betriebenen Ein- und Aufbauten. Es besteht ein elektrisches Beschaffungspotential von 14 % für das Segment der schweren Nutzfahrzeuge.

Müllentsorgungsfahrzeuge wurden aufgrund eines Aufbaus mit hoher Komplexität in diesem Szenario noch nicht berücksichtigt. Theoretisch besteht aufgrund der längsten Tagesfahrleistung von unter 120 km bei fast 60 % der 30 Fahrzeuge eine Elektrifizierungsmöglichkeit. Da die Marktanalyse ergeben hat, dass bereits 2019 der Volvo FE Electric als Entsorgungsfahrzeug mit Drehtrommel erhältlich sein soll, wird empfohlen, ein elektrisches Müllentsorgungsfahrzeug für die Erprobung anzuschaffen.

Langfristiges Elektrifizierungspotenzial nach Beschaffung

Unter der Annahme, dass langfristig auch leichte Nutzfahrzeuge mit Ein- und Aufbauten mittlerer Komplexität bei gleichbleibender Reichweite auf den Markt kommen, sind 94 % der Fahrzeuge in den Marburger Betrieben durch elektrisch angetriebene Fahrzeuge ersetzbar. Nur drei Fahrzeuge mit einem Verbrennungsmotor würden verbleiben.

Bei den schweren Nutzfahrzeugen können 22 weitere Fahrzeuge umgestellt werden. In den Flotten können somit insgesamt 34 BE-Nutzfahrzeuge betrieben werden, was ein Gesamtpotential von 41 % ergibt. Es wird empfohlen, bei einem erfolgreichen Test des in der mittleren Frist angeschafften BE-Müllentsorgungsfahrzeugs, ein weiteres Fahrzeug einzuflotten. Damit kann schrittweise eine Anpassung des Tourenplans erfolgen, der die Reichweitenrestriktion berücksichtigt. Die leise Arbeitsweise der Elektromotoren bietet die Möglichkeit zu frühen oder späten Zeiten¹⁰⁰ die Einsätze durchzuführen, ohne dass die Bürger durch den Lärm belästigt werden.

Einordnung und Bewertung

Langfristig besteht die größte Unsicherheit in der technischen Umsetzung elektrischer Ein- und Aufbauten in Verbindung mit einem elektrischen Antrieb und somit höherer Komplexität. Die Umsetzungen müssen so realisiert werden, dass kein Verlust der Nutzlast zu verzeichnen ist und gleichzeitig das Fahrzeug eine ausreichende Reichweite bietet. Erfolgt dies nicht, sind nur durch hohe Förderungen oder ordnungspolitische Eingriffe (z.B. Fahrverbote) die Aufwendungen, die sich aus den Einschränkungen durch die jetzigen Einsatzpläne ergeben, tragbar. Unabhängig davon werden im Bereich komplexerer Aufbauten, wie z. B. bei

⁹⁹ Der Pritschen-Aufbau gilt als einfachste Variante von Aufbauten, sodass eine hohe Wahrscheinlichkeit für die Verfügbarkeit von Seiten der Hersteller besteht.

¹⁰⁰ Bundesweit untersagt die Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchV) in Wohngebieten beispielsweise Motorrasenmäher oder Baumaschinen an Werktagen vor 7 Uhr oder nach 20 Uhr in Betrieb zu nehmen. Dementsprechend dürfen auch die Entsorger Mülltonnen in diesem Zeitraum nicht leeren. <https://www.stimme.de/archiv/region-hn/Muellabfuhr-klappert-manchmal-zu-frueh;art16305,2723429>

Entsorgungsfahrzeugen, neue Modelle kommen. Besonders urbane Räume wie Marburg bieten gute Voraussetzung für die Elektrifizierung solcher Fahrzeuge. Die Vorteile der Reduzierung von Lärm und weiterer Emissionen entfalten eine große Wirkung.

Tabelle 34 (T3) fasst das gesamte Potential über alle Klassen und Szenarien zusammen. Das kurzfristige Elektrifizierungspotential der kommunalen Betriebe DBM, MEG und MKG beträgt nur 7 %. Langfristig besteht das Potential, bis zu 81 Nutzfahrzeuge von den insgesamt 134 untersuchten Fahrzeugen auf elektrische Antriebe umzustellen. Neben finanziellen Mitteln wird das Ausschöpfen des Potentials vor allem von der fortlaufenden Marktentwicklung abhängen. Des Weiteren kann es aufgrund von Lieferengpässen der Hersteller zu Verzögerungen in den dargestellten Zeitschienen kommen. Es ist jedoch zu konstatieren, dass die Flotte der kommunalen Betriebe aufgrund der Tagesfahrleistungen eine hohe Eignung für eine Elektrifizierung aufweist.

Szenario	ePotential			Kumuliertes ePotential		
	kurzfristig	mittelfristig	langfristig	kurzfristig	mittelfristig	langfristig
Anzahl Elektro-Fzg.	8 (1)	36	37	8 (1)	44	81
Elektrifizierungspotential	7 %	27 %	6 %	7%	33 %	60 %

TABELLE 34 (T3): ZUSAMMENFASSUNG DES ELEKTRIFIZIERUNGSPOTENTIALS ALLER KLASSEN UND SZENARIEN, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG

Ökologische Betrachtung

Konventionelle Kraftfahrzeuge mit Verbrennungsmotoren emittieren im Betrieb treibhausrelevante Gase (z.B. CO₂), Stickoxide (NO_x) sowie Partikel. Vor allem im niedrigen innerstädtischen Geschwindigkeitsbereich und bei Beschleunigungsvorgängen reduzieren sich durch BEV auch die Lärmemissionen deutlich. Diese Effekte sind jedoch nicht einfach quantifizierbar und werden daher nicht weiter berücksichtigt.

Zu den über die Fahrzeuglisten in den relevanten Klassen erfassten Fahrzeugen sind Schadstoffklasse, zulässiges Gesamtgewicht, Antriebsart, Hubraum und Jahreslaufleistung bekannt. Mit diesen Angaben können dann die Schadstoffemissionen der einzelnen Fahrzeuge basierend auf den HBEFA 3.3 Datensätzen¹⁰¹ ermittelt werden.

Für den Ist-Stand der Fahrzeuge ergeben sich jährliche Fahrleistungen und Emissionen über alle untersuchten Fahrzeuge, die in Tabelle TABELLE 35 (T3) und Tabelle 36 (T3) dargestellt sind. Insgesamt werden 1.385.382 km im Jahr von den 134 Nutzfahrzeugen absolviert. Aufgrund des hohen Anteils der Diesel-Fahrzeuge (131 Fzg. von 134 Fzg) wird mit 1.367.236 km fast die komplette Kilometerleistung von Dieselfahrzeugen erbracht.

¹⁰¹ Umweltbundesamt: Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.3.

Fahrzeugklassen	Fahrleistungen Diesel [km]	Fahrleistungen Benzin [km]	Fahrleistungen CNG [km]	Fahrleistungen Elektro [km]	Fahrleistungen Summe [km]	anteilig
Leichtes NutzFzg (Pritsche)	279.514	4.711	0	4000	288.225	20,80%
Leichtes NutzFzg (Plane)	7.748	0	0	0	7.748	0,56%
Leichtes NutzFzg (Kasten)	157.346	0	9.436	0	166.782	12,04%
Kanalreiniger	48.418	0	0	0	48.418	3,49%
Kipper	307.063	0	0	0	307.063	22,16%
LKW	144.406	0	0	0	144.406	10,42%
Müllentsorgungsfahrzeug	403.221	0	0	0	403.221	29,11%
Pickup	19.520	0	0	0	19.520	1,41%
Summe	1.367.236	4.711	9.436	4.000	1.385.382	100,00%
anteilig	98,69%	0,34%	0,68%	0,29%	100,00%	-

TABELLE 35 (T3): FAHRLEISTUNGEN ÜBER DIE FAHRZEUGKLASSEN IM FUHRPARK (IST-STAND), EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG

Fahrzeugklasse	Emissionen NOx [kg]	Emissionen CO2e [kg]
Leichtes NutzFzg (Pritsche)	8145	40.48
Leichtes NutzFzg (Plane)	5	1.045
Leichtes NutzFzg (Kasten)	92	23.964
Kanalreiniger	218	27.606
Kipper	1.238	159.233
LKW	351	49.579
Müllentsorgungsfahrzeug	1.588	327.788
Pickup	27	3.941
Summe	3.665	633.644

TABELLE 36 (T3): JÄHRLICHE EMISSIONEN ÜBER DIE FAHRZEUGKLASSEN IM FUHRPARK (IST-STAND), EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG

Fahrzeugklasse	Kurzfristig		Mittelfristig		Langfristig	
	Emissionen NO _x [kg]	Emissionen CO ₂ [kg]	Emissionen NO _x [kg]	Emissionen CO ₂ [kg]	Emissionen NO _x [kg]	Emissionen CO ₂ [kg]
Leichtes Nutzfahrzeug (Pritsche)	42	8.468	60	15.342	22	11.587
Leichtes Nutzfahrzeug (Plane)	0	0	0	0	0	0
Leichtes Nutzfahrzeug (Kasten)	7	1.588	63	14.511	22	7.865
Kanalreiniger	0	0	0	0	33	5.214
Kipper	0	0	199	23.378	444	73.080
LKW	0	0	88	13.057	173	23.349
Müllentsorgungsfahrzeug	0	0	42	6.726	90	14.479
Pickup	0	0	21	2.055	6	1.886
Summe	49	10.056	474	75.068	789	137.461
Gesamtersparnis					1.312	222.584

TABELLE 37 (T3): REDUKTION DER NO_x- UND CO₂-EMISSIONEN IM VERGLEICH ZUM VORSZENARIO NACH FAHRZEUGKLASSEN, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG

In Tabelle 37 (T3) sind die Emissionen in den einzelnen Szenarien dargestellt. Aus den Werten kann die Differenz der NO_x- und CO₂-Emissionen zu den anderen Szenarien abgelesen werden. Bei der Umsetzung des kurzfristigen Elektrifizierungspotenzials existiert eine NO_x-Ersparnis von 49 kg und 10.056 kg der CO₂-Emissionen für ein gesamtes Jahr. Würde das mittelfristige Elektrifizierungspotential umgesetzt werden, sinken die NO_x-Emissionen um weitere 474 kg und die CO₂-Emissionen um weitere 75.068 kg. Bei Umsetzung des kompletten Elektrifizierungspotentials ist eine Ersparnis von 1.312 kg NO_x und 222.584 kg CO₂ möglich.

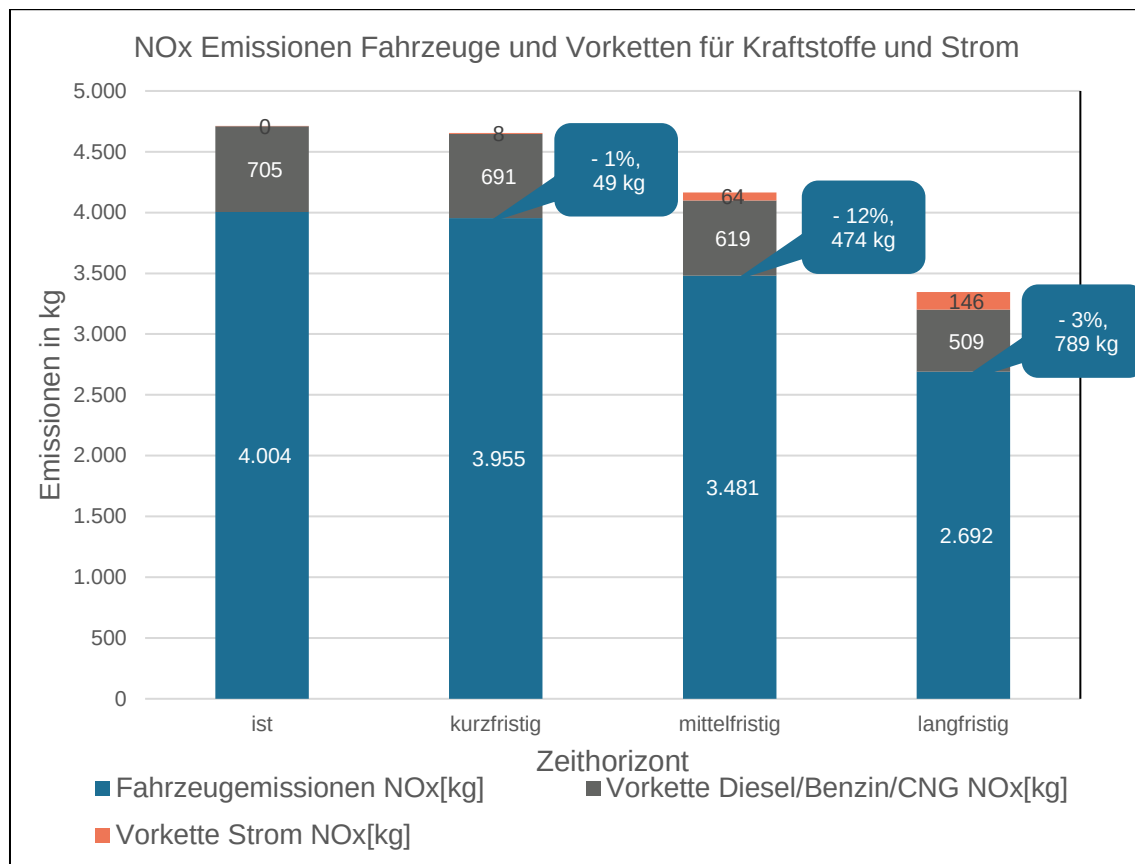


ABBILDUNG 58 (T3): STICKOXID-EMISSIONEN IM SZENARIENVERGLEICH, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG

Durch Elektromobilität die am Fahrzeug Emissionsfrei ist, verlagern sich diese hin zur Stromerzeugung. Daher wurden zuzüglich zu den direkten Emissionen auch die Vorkette der jeweiligen Kraftstoffe berechnet. Als Referenz wird der prognostizierte Strom-Mix Deutschlands ab Steckdose des Jahres 2020 angenommen. Die Datengrundlage ist die auf GEMIS 4.95 basierende Ergebnistabelle. Es wurden für die Berechnung die aus der Fahrzeugliste erfassten Kraftstoffverbräuche für den Ist-Zustand verwendet. Bei den Elektrofahrzeugen wurden entsprechende Stromverbräuche nach zulässigem Gesamtgewicht und Fahrzeugklassen sowie der Ein- und Aufbauten angenommen. Zudem wurde der „Strom-Mix lokal 2020“ als Grundlage der Stromerzeugung angesetzt. In der Berechnung ist die komplette Kette von der Förderung über die Stromerzeugung im Kraftwerk sowie den Transportverlusten im deutschen Strom-Mix 2020 enthalten. Auch während der Förderung, Aufbereitung und Bereitstellung von Benzin, Diesel und CNG an den Tankstellen werden Emissionen freigesetzt. Das Ergebnis der Berechnung inkl. Vorkette der Kraftstoffe ist in Abbildung 58 (T3) für die NO_x-Emissionen und in Abbildung 59 (T3) für die CO₂-Emissionen visualisiert.

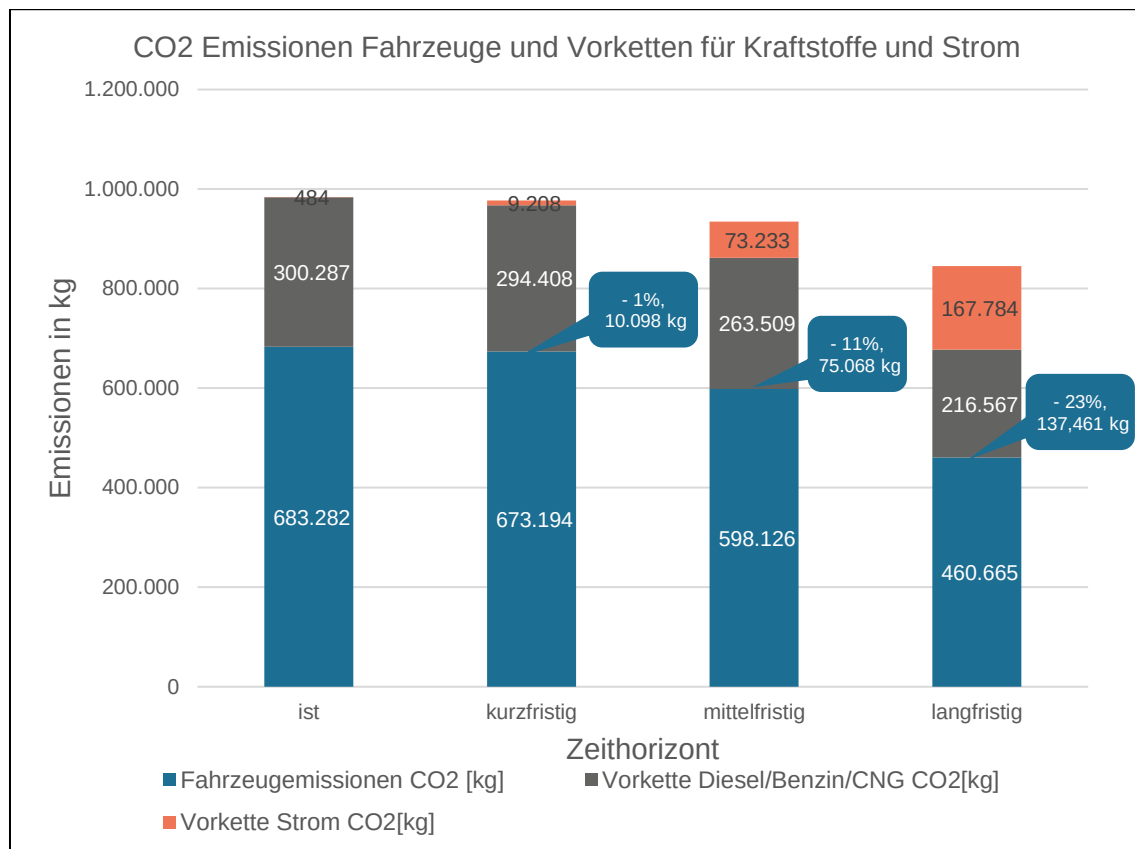


ABBILDUNG 59 (T3): TREIBHAUSGASEMISSIONEN IM SZENARIENVERGLEICH, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG

Graue Energie und allgemeine Ökobilanz

Fahrzeuge führen nicht nur in der Betriebsphase zu Umweltauswirkungen, sondern auch während der Produktion und Entsorgung sowie bei der Bereitstellung der Infrastruktur. Der wesentliche Unterschied zwischen konventionellen Pkw mit Verbrennungsmotor und BEV ist dabei der Antriebsstrang. Ein Verbrennungsmotor wird durch eine Traktionsbatterie und einen Elektromotor ersetzt. Umweltbilanzen existieren¹⁰², allerdings findet derzeit ein rascher technologischer Wandel statt. Der Trend geht zu größeren und schwereren Traktionsbatterien die seltener komplett ausgenutzt werden mit entsprechend schlechteren ökologischen Fußabdruck. Andererseits sind starke Skalen- und Lerneffekte bei der Batterieproduktion zu beobachten.

Die Batterieproduktion nimmt dabei entgegen weitverbreiteter Meinungen schon aktuell nur einen vergleichsweise geringen Anteil an der Gesamtklimabilanz ein. Die Betriebsphase ist bzgl. der Umweltauswirkungen deutlich relevanter als die Rohstoffgewinnung, die Produktion und Entsorgung, wie nachfolgende Abbildung 60 (T3) zu entnehmen ist. Mangels der Daten von Nutzfahrzeugen mussten PKW Daten verwendet werden. Der Effekt bei Nutzfahrzeugen ist aufgrund des deutlich höheren Kraftstoffverbrauchs, auch unter Berücksichtigung von größerer und schwerer Batterien, ähnlich.

Deutlich wird bei Batteriefahrzeugen der starke Einfluss der Stromherkunft auf die Klimabilanz. Eine ökologische Stromversorgung der kommunalen Betriebe Marburg zu mindestens für die Elektrofahrzeuge ist daher zwingend erforderlich um eine positive Gesamtökobilanz zu erreichen.

¹⁰² Die Umweltbilanz kann bspw. unter <http://www.emobil-umwelt.de> abgerufen werden.

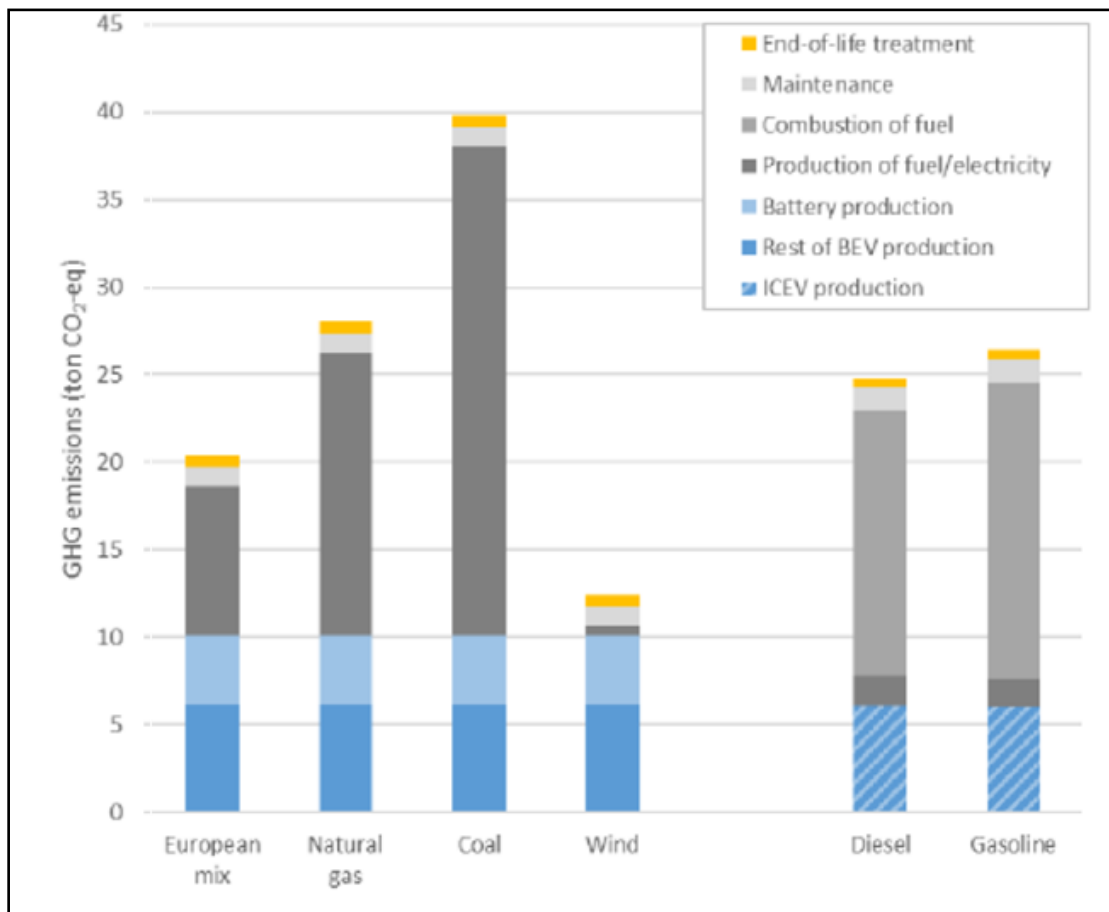


ABBILDUNG 60 (T3): KLIMABILANZ VON BATTERIEELEKTRISCHEN FAHRZEUGEN DER KOMPAKTKLASSE BEI DURCHSCHNITTLICHER NUTZUNG VERGlichen MIT KONVENTIOnELLEN NEUFAHRZEUGEN¹⁰³

Rohstoffe

Der Bedarf an den Edelmetallen Platin und Palladium für die Abgaskatalysatoren ist bei konventionell angetriebenen Fahrzeugen kritisch. Dies entfällt bei einem elektrischen Antriebsstrang. Jedoch werden Kobalt für die Kathode der Traktionsbatterie sowie bei einzelnen schweren „seltenen Erden“ für die Leistungselektronik und Permanentmagneten in BEV-Motoren benötigt. Diese sind knapp und werden teilweise mit großen Aufwänden gewonnen. Bereits heute existieren im Forschungsstadium technologische Alternativen. Lithium als relevanter Bestandteil ist mengenmäßig ausreichend verfügbar. Eine deutlich erhöhte Nachfrage geht ggf. mit deutlich steigenden Preisen einher.¹⁰⁴

Zusammenfassung

Es bestehen hohe Einsparpotentiale direkter Fahrzeugemissionen bzgl. Stickoxiden, Treibhausgasen und weiteren Luftschadstoffen durch den Einsatz von BEV im Fuhrpark. Die positiven Effekte, die sich aus der Lärminderung und der Sichtbarkeit ergeben, sind auch hoch. Insbesondere im Markthochlauf ist die Sichtbarkeit entscheidend und wird zu Nachahmeffekten, auch durch eine steigende Erwartungshaltung bei den Bürgern, führen.

Die Gesamtköbilanz der elektrischen Fahrzeuge ist bei Verwendung von Öko-Strom deutlich positiv.

¹⁰³ Quelle: European Parliament's Committee on Transport and Tourism 2018

¹⁰⁴ Eine umfangreiche Detailanalyse zur Rohstoffverfügbarkeit für BEV inkl. Abbausituation findet sich beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). (Vgl. Klötzke et. al. 2012)

Kosten und Finanzierung der Umsetzung

Im Szenario 1 (kurzfristig) wird von Mehrkosten die sich je Fahrzeug ergeben von 100 % ausgegangen. Diese reduzieren sich im Szenario 2 (mittelfristig) auf 75 % und im Szenario 3 (langfristig) auf 50 %. Die Ladeinfrastruktur wird statisch als 10 % der Fahrzeugkosten angenommen. Damit sind alle Kosten aus Ladeinfrastruktur abgedeckt.

Daher ergeben sich für die einzelnen Szenarien die folgenden Mehrkosten:

Szenario	zusätzlich elektrifizierte Fahrzeuge	Gesamtmehrkosten (Brutto in €)	Gesamtkosten (Brutto in €)
kurzfristig	8	246.000,00 €	451.000,00 €
mittelfristig	36	1.496.875,00 €	2.935.625,00 €
langfristig	22	1.891.250,00 €	3.789.500,00 €
Gesamt	81	3.634.125,00 €	7.176.125,00 €

TABELLE 38 (T3): GESAMTMEHRKOSTEN UND GESAMTKOSTEN NACH SZENARIEN INKL. LIS, EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG

Aktuell existiert durch Förderprogramme eine Vielzahl von Fördermöglichkeiten die Mehrkosten aus der Beschaffung komplett oder zu 75 % kompensieren. Aufgrund der geringen Betriebskosten sind teilweise wirtschaftlich positive Ergebnisse möglich.

Handlungsempfehlungen und Prioritäten

Es wird empfohlen in Stufen vorzugehen die den vorgestellten Szenarien entsprechen. So können der Lernprozess und die praktische Erprobung stattfinden. Priorität besitzen dabei leichte Nutzfahrzeuge ohne Aufbau die auch den größten Anteil stellen. Das Risiko wird damit auch etwas minimiert. Die technologischen Risiken sind mittlerweile gering, aber es ist nicht unwahrscheinlich das Probleme mit einzelnen Fahrzeugen auftauchen insbesondere bei Spezialanfertigungen.

Es soll kurzfristig eine Ersetzung der leichten Nutzfahrzeuge nach Beschaffungszyklus der alten Dieselfahrzeuge und Marktlage erfolgen. Es ist darauf zu achten, dass die Elektrofahrzeuge je nach Einsatzzweck und der zu transportierenden Ladung, das Ladevolumen bzw. die Nutzmasse den Anforderungen gerecht werden. Unter Einhaltung dieser Restriktionen weist der Fuhrpark der kommunalen Nutzfahrzeuge ein kurzfristiges Elektrifizierungspotential von acht leichten Nutzfahrzeugen auf.

- Für die Erstellung der konkreten Lastenhefte sollte zwingend ein Praxis-Test mit Beispielfahrzeugen erfolgen.
- Vor der Beschaffung der Fahrzeuge ist die Verfügbarkeit der Anschlussleistung für die Ladeinfrastruktur zu prüfen. Sollte dies nicht gegeben sein ist ein Fahrzeugtausch mit einem anderen Standort zu prüfen.
- Für jedes angeschaffte Elektrofahrzeug sollte der Aufbau eines entsprechenden Ladepunktes am Standort des Fahrzeuges im Verhältnis von mindestens 1:1 erfolgen. Eine Software zum Lademanagement sollte eingeführt werden um Lastspitzen zu reduzieren und ggf. andere Fahrzeuge auch laden zu lassen. Damit ist ein leistungsfähiges Last- und Lademanagement möglich.
- Um einen möglichen Investitionsstau abzuwenden, ist ein Leasing in Betracht zu ziehen sofern dafür Angebote verfügbar sind.
- Digitale Fahrtenbücher sollten bei leichten Nutzfahrzeugen zur besseren Analyse eingeführt werden.

	Förderrichtlinie Elektromobilität ¹⁰⁵ des BMVI	Richtlinie über die Förderung von energieeffizienten und/oder CO ₂ - armen schweren Nutzfahrzeugen in Unternehmen des Güterkraftverkehrs ¹⁰⁶ des BMVI
Ende der Laufzeit	31.08.2018 (aktueller Aufruf) Gültig bis 31.12.2020	31.12.2020
Volumen in Mio. €	k. A.	k. A.
Fördergegenstand	• Beschaffung von Elektrofahrzeugen und Ladeinfrastruktur • Erarbeitung kommunaler Elektromobilitätskonzepte • Forschung und Entwicklung zur Unterstützung des Markthochlaufs von Elektrofahrzeugen	• Anschaffung von neuen Lkw und Sattelzugmaschinen mit CNG-/LNG- oder Elektroantrieb • Nutzung im Güterverkehr • Zulässiges Gesamtgewicht $\geq 7,5$ t
Förderhöhe	• Anteilsfinanzierung von max. 40 – 60 % (bei finanzschwachen Kommunen bis 90 %) der Investitionsmehrkosten	• Anteilsfinanzierung von max. 40 % der Investitionsmehrkosten • Lkw und Sattelzugmaschinen: ≤ 12 t $\rightarrow$ 12.000 € pro Fzg. > 12 t $\rightarrow$ 40.000 € pro Fzg.
Voraussetzungen	• Antragsstellung der jeweilig verantwortlichen Entität • Prüfung des Antrags entscheidet • LIS muss öffentlich zugänglich sein	• Antragsstellung vor Beginn der verbindlichen Verpflichtung der Fahrzeuganschaffung • Antragsstellung vor Beginn von Arbeitstätigkeiten zu diesem Sachverhalt

TABELLE 39 (T3): AKTUELLE BUNDESWEITE FÖRDERMÖGLICHKEITEN FÜR ELEKTROMOBILITÄT, EIG. DARSTELLUNG ¹⁰⁷¹⁰⁵ Vgl. BMVI, 2017¹⁰⁶ Vgl. BMVI, 2018¹⁰⁷ Vgl. BMVI, 2017 , Vgl. BMVI, 2018

3.1.2 T3_M1.2: Umstellung der städtischen ÖPNV-Flotte von fossilen Kraftstoffen auf elektrische Antriebstechniken durch Neubeschaffung

Die Umstellung der städtischen ÖPNV-Flotte auf elektrisch angetriebene Busse bietet eine hohe Sichtbarkeit und Kontaktrate mit Elektromobilität. Zusätzlich erhöht sich der wahrgenommene Fahrkomfort für die Kunden durch Reduktion der Motorvibrationen. Das Vorgehen entspricht weitgehend dem der vorangegangenen Analyse der Nutzfahrzeuge.

Bestandsanalyse der städtischen ÖPNV-Flotte

Der Stadtbusverkehr wird von der Stadtwerke Marburg GmbH erbracht, die aktuell 22 Buslinien im Stadtverkehr von Marburg betreibt. Das Liniennetz verfügt über 203 Haltestellen und dehnt sich auf 168.864 Streckennetzkilometer aus. Zudem werden am Abend und an Wochenenden, wenn kein regulärer Linienbetrieb verkehrt, Anruf-Sammeltaxi (AST) auf acht Linien eingesetzt. Diese verbinden die Stadtteile mit der Marburger Innenstadt.

Wie bereits bei der Betrachtung der kommunalen Nutzfahrzeuge, wurde auch für den städtischen ÖPNV eine Fahrzeugliste zur Erfassung der fahrzeug- und nutzungsspezifischen Daten erstellt. (vgl. Kapitel 3.1.1).

Die ÖPNV-Flotte umfasst 80 Busse, die im Linienverkehr eingesetzt werden (vgl. Tabelle 40 (T3)). Acht Kleinbusse verkehren als AST. Für den regulären Linienbetrieb stehen fünf MIDI-Busse, 33 Solobusse und 34 Gelenkbusse bereit. Des Weiteren sind ein Fahrschulbus und ein Bus für historische Stadtrundfahrten im Bestand. Die beiden letzteren wurden aus der Analyse ausgeschlossen und sind nicht in der nachfolgenden Tabelle enthalten.

AST	MIDI-Bus	Solobus	Gelenkbus	Gesamt
8	5	33	34	80

TABELLE 40 (T3): FAHRZEUGBESTAND IM LINIENVERKEHR, EIG. DARSTELLUNG

Mit 44 Bussen werden bereits mehr als die Hälfte der 80 Busse mit Erdgas angetrieben, die Übrigen mit Dieselantrieb. Es wurden bereits Maßnahmen zur NO_x-Reduktion ergriffen. Ein erdgasbetriebener Gelenkbus emittiert knapp 30 % weniger NO_x, als ein vergleichbarer Dieselbus mit der Schadstoffnorm V. Unter der Annahme einer Jahreslaufleistung von 30.000 km würde der Diesel-Gelenkbus ca. 66 kg NO_x mehr emittieren, als der Erdgas-Gelenkbus.¹⁰⁸ Bei ausschließlicher Betrachtung der direkt vom Fahrzeug ausgestoßenen Emissionen wäre dennoch der Elektrobus die Variante mit der ökologisch besten Bilanz, da dieser keine Emissionen ausstößt. Der Fokus dieser Untersuchung liegt vordergründig auf der Umstellung der dieselbetriebenen Busse auf Elektro-Antrieb. Die Erdgasbusse können ebenfalls ersetzt werden. Aufgrund der Investitionskosten erscheint dies jedoch nicht praktikabel.

Marktanalyse von Elektro-Bussen und Praxiserfahrungen im Einsatz

Einige Unternehmen sind schon seit mehreren Jahren Anbieter von Elektrobussen. Auf dem europäischen Markt bieten die Unternehmen Solaris Bus & Coach S.A., Volvo Bus Corporation, VDL Bus & Coach, Sileo, ebe EUROPA GmbH und Rampini Carlo S.p.A in nahezu in jeder Fahrzeugart Modelle an. Auch auf dem chinesischen Markt sind einige Anbieter aktiv. Insbesondere der Hersteller BYD Auto Co. Ltd. hat sich einen Namen im Bereich Elektromobilität aufgebaut. Bezüglich der technischen Daten konnten nur wenige Angaben recherchiert werden, da die Busse zum Großteil Sonderanfertigungen sind und nach Bestellung produziert werden. In Tabelle TABELLE 41 (T3) ist ein Auszug der am Markt verfügbaren Modelle mit technischen Daten, wie Leistung, Anzahl der Sitzplätze und

¹⁰⁸ Eigene Überslagsrechnung

Ladedauer zusammengefasst. Die Anzahl und Kapazität der Batterien sind bei vielen Anbietern modular und können je nach benötigter Reichweite verbaut werden. Ähnlich wie bei den Nutzfahrzeugen existieren Grenzen, da die Batterien und die Zuladung das zulässige Gesamtgewicht des Fahrzeugs nicht überschreiten dürfen. Dies wirkt sich wiederum auf die Anzahl der Personen aus, die befördert werden dürfen. Die Herstellerangaben zur maximalen Reichweite, die verbaut bzw. erreicht werden kann, liegen zwischen 200 km und 400 km. Im Realbetrieb erscheinen diese Reichweiten nicht realistisch.

Modell	Fahrzeugart	Elektrische Reichweite	Leistung	Sitzplätze	Ladedauer
Solaris Urbino 8.9 LE electric	Solo kurz	-	120 kW	Max. 24	-
Solaris Urbino 12 electric	Solo	-	160 kW	Max. 37+1	-
Solaris Urbino 18 electric	Gelenk	-	240 kW	Max. 47+1	-
Volvo 7900 electric	Solo	-	180 kW	Max. 34+1	-
VDL Citea SLF-120 electric	Solo	-	153 kW	k. A. (Max. 92 Pers.)	-
VDL Citea SLFA-180 electric	Gelenk	-	210 kW	k. A. (Max. 145 Pers.)	-
VDL Citea SLFA-181 electric	Gelenk	-	210 kW	k. A. (Max. 143 Pers.)	-
VDL Citea SLFA -187 electric	Gelenk	-	210 kW	k. A. (Max. 140 Pers.)	-
VDL Citea LLE-99 electric	Gelenk	-	153 kW	k. A. (Max. 63 Pers.)	-
Sileo E-Bus S10	Solo kurz	Max. 350 km	2x120 kW	33+1	3 – 7 h
Sileo E-Bus S12	Solo	Max. 400 km	2x120 kW	39+1	4 – 8 h
Sileo E-Bus S18	Gelenk	Max. 400 km	4x120 kW	55+1	4 – 10 h
Sileo E-Bus S25	Doppel-Gelenk	Max. 300 km	4x120 kW	71+1	6 – 10 h
BYD 8.7 meter Battery-Electric Bus	Solo kurz	-	2x90 kW	22	2 h
BYD 10.8 meter Battery-Electric Bus	Solo	-	2 x 90 kW	31	4 h
BYD 12 meter Battery-Electric Bus	Solo	-	2x150 kW	36	4 h
BYD 13 meter Battery-Electric Bus	Überland	Max. 200 km	2x180 kW	59+1	3 h
BYD 18 meter Battery-Electric Bus	Gelenk	-	2x150 kW	51+1	4 h
ebe Europa BLUE CITY BUS - 10m	Solo kurz	-	-	-	-
ebe Europa BLUE CITY BUS – 12 m	Solo	Max. 230 km	2x113 kW	30+1	-
ebe Europa BLUE CITY BUS - 18m	Gelenk	-	-	-	-
Rampini/Siemens	MIDI	-	150 kW	9	-

TABELLE 41 (T3): MARKTANALYSE ZU ELEKTROBUSSEN, EIGENE DARSTELLUNG AUF GRUNDLAGE VON HERSTELLERANGABEN

Ladeinfrastruktur

Zum Laden der Busse ist spezielle Ladeinfrastruktur erforderlich. Im Folgenden werden die am häufigsten verbreiteten Technologien dargestellt.

Beim Laden der Batterien wird zwischen Gelegenheitsladen (Opportunity Charging), Nachtladen (Overnight Charging) und der Stromversorgung via Oberleitung unterschieden. Das Gelegenheitsladen beschreibt dabei das Nachladen der Batterien während des Linienbetriebes. Dabei befindet sich entlang der Strecke oder an zentralen Orten, wie z. B. am Wendepunkt eines Umlaufs, die Ladeinfrastruktur. Bei diesem Ansatz können kleinere Batterien verbaut werden, da häufiger geladen wird. Dies senkt die Kosten der Busanschaffung, erhöht jedoch die Anzahl der benötigten Ladeinfrastruktur. Meist stehen nur kurze Zeitfenster (1 – 3 Minuten) für das Laden zur Verfügung, wodurch hohe Ladekapazitäten von 50 kW bis 450 kW benötigt werden. Diese treiben wiederum die Kosten nach oben, da z.B. ein Transformator notwendig sein könnte. In Tabelle 42 (T3) sind die Anforderungen des Opportunity Charging zusammengefasst.

Eigenschaft	Anforderung
Standortwahl	• Knotenpunkte für das Schnellladen zur Realisierung einer hohen Anzahl an Ladevorgängen • Endhaltestellen mit Wendezeiten für längere Ladevorgänge • Ggf. Zwischenhaltestellen zur Ermöglichung des Umlaufs
Flächenbedarf	• Platz für Infrastruktur sowie ggf. Backend-System (Trafo, Kondensator etc.)
Standort-voraussetzungen	• Netzkapazität der Stromversorgung vor Ort • Gewährleistung Verkehrssicherheit/Verkehrsfluss • Einhaltung Denkmalschutz/baurechtlicher Vorgaben
Störungsmanagement	• Fallback-Ebene bei Störungen • Besitz der LIS, um direkten Zugang bei Störungen zu haben • Wahl des LIS-Standorts nach bestehenden Ausweichmöglichkeiten • Fossil betriebene Reservebusse

TABELLE 42 (T3): ANFORDERUNGEN DES OPPORTUNITY CHARGING, EIGENE DARSTELLUNG

Beim Overnight Charging befindet sich die LIS üblicherweise auf dem Betriebshof. Der Bus wird über Nacht geladen und die Reichweite muss auf einen gesamten Tagesbetrieb ausgelegt sein. Hier ist der Kostentreiber die Batterie. Bei einer hohen Anzahl an Elektrobussen muss zusätzlich ein Lastmanagement implementiert werden, aufgrund der gleichzeitig ladenden Busse Lastspitzen entstehen können. Mittels des Lastmanagements können diese Spitzen vermieden und Kosten, die sich aus einer hohen Anschlussleitung ergeben, eingespart werden.

Die dritte Möglichkeit der Batterieladung ist die Installation von Oberleitungen. Der Bus ist bei dieser Variante ständig mit der Oberleitung verbunden und bezieht so den Strom fast permanent. Bei dieser Ladelösung ist der Kostentreiber die Errichtung der Infrastruktur, welche über große Teile des gesamten Liniennetzes errichtet werden muss. Flexibilität bezüglich der Linienführung und -planung wird dadurch erschwert.

Projekterfahrung in Städten

Derzeit werden in unterschiedlichen Städten Deutschlands Elektrobusse im Einsatz erprobt. In Tabelle 43 (T3) sind die Erfahrungen ausgewählter Projekte zusammengefasst.

Projekt	Erfahrung
Hamburg Top-down-Pantograph & Plug-In-Laden ¹⁰⁹	• Einsatz von Plug-In-Hybridbussen (3 x Volvo 7900 Electric Hybrid 12 m) • Ladeleistung abhängig von Energieanforderung durch Bus • Verfügbarkeit aktuell geringer als Dieselbusse • Projektdauer: 2014-2017, jedoch weiterhin Einsatz und Steigerung des E-Anteils
Regensburg Bottom-up-Pantograph & Plug-In-Laden	• Einsatz von Elektrobusen (Rampini Alé MIDI-Bus) • Klimakzept ohne fossile Heizung benötigt weitere Tests • Hersteller produzieren aktuell in kleinen Stückzahlen → teilweise keine Serienreife • Löschkonzept bei Bränden/Unfällen mit Feuerwehr abzustimmen • Markierung für Anfahrt an LIS sowie deren schwingungsfreie Aufhängung wichtig
Stuttgart Plug-In-Gleichstromladesystem	• Einsatz von Plug-In-Hybridbussen (5 x EvoBus Citaro 18 m) • Anpassung der Werkstätte nötig (Lehrgänge/Fortbildungen für Wartungspersonal)
Genf Bottom-up-Pantograph & Plug-In-Laden	• Einsatz von Elektrobusen • Ladekonzept äußerst erfolgreich (Mischung aus Flash-/Schnell- und Normalladen bei 38 kWh-Batterie) • Mehraufwand durch Umrüstung der Infrastruktur • Laufende Tests, ob Batteriebensdauer tatsächlich wie angegeben (10 Jahre)
Köln Top-down-Pantograph & Plug-In-Laden	• Einsatz von Elektrobusen (8 x VDL Citrea SLFA Electric) • Reichweite über Erwartung (bis 90 km ohne Zwischenladung, davon 45 realisiert) • Lediglich Häufung der Ausfälle in Kalibrierungsphase zu Beginn des Projektes • Komfortsteigerung durch Lärmreduktion für Kunden beobachtet • Elektrifizierung für weitere Linien bis 2021 geplant
Mannheim Induktives Laden (Projekt eingestellt)	• Einsatz von Elektrobusse • Technisch zu aufwendig • Akkuladezeiten zu gering • Zu häufige Wartungsaufenthalte

TABELLE 43 (T3): ERFAHRUNGEN AUS PRAXISPROJEKTEN MIT ELEKTROBUSSEN ¹¹⁰

Kunden beurteilen das flüssige Anfahren ohne Schaltrucken und die geringe Lärmentwicklung als positiv. Teilweise sind Löschkonzepte mit der Feuerwehr notwendig, da viele Feuerwehren im Brandfall eines Elektrobusse nicht über ausreichendes Equipment verfügen. Im Bereich des Ladeinfrastrukturaufbaus entsteht zudem ein erheblicher Mehraufwand. Zu berücksichtigen ist auch, dass bei Reparaturen in der eigenen Werkstatt mit höheren Personalkosten zu rechnen ist, da eine Qualifikation des Werkstattpersonals für Hochvolt-Systeme notwendig ist. Zudem bedarf es dafür Investitionen in Wartungsinfrastruktur.

¹⁰⁹ Plug-In-Laden = Laden über einen Stecker an der Ladesäule

¹¹⁰ Eigene Darstellung: NOW GmbH 2016, S 11 ff. (Projektübersicht 2015/16 Hybrid- und Elektrobus-Projekte in Deutschland“, Modellregionen Elektromobilität, 2016)

Wirkungspotenziale und Realisierungsmöglichkeiten

Ziel der Analyse der Buslinien im Marburger Stadtverkehr ist es, einzelne Linien abzuleiten, auf denen Diesel-Busse ein Potential zur Umstellung auf elektrische Antriebe aufweisen.

Aufgrund der Datenlage und teilweise fehlenden Informationen aus der Umlaufplanung der einzelnen Linien, kann hier nur eine Tendenz aufgezeigt werden. Bevor eine Umsetzung erfolgen kann, sollte daher eine detaillierte Analyse der Umlaufplanung mit Elektrobussen erfolgen. Das Vorgehen für die ökologische Bewertung erfolgte analog zur Analyse der Nutzfahrzeuge (vgl. Kapitel 3.1.1)

Methodisches Vorgehen

Von den 80 Bussen im Linienbetrieb werden, entsprechend Tabelle 44 (T3), 60 Busse im Normalbetrieb im Linienverkehr von Montag bis Freitag eingesetzt. Die übrigen 20 Busse werden zur Verstärkung in Stoßzeiten eingesetzt bzw. als Ersatz vorgehalten.

Regelfahrzeuggattung Mo-Fr ohne Verstärker				
Linie	Kleinbus	Midi-Bus	Solobus	Gelenkbus
1				5
2				5
3			3	
4				5
5			4	
6				3
7				3
8			2	
9			4	
10		1		
11			1	
12			1	
13			1	
14			3	
15				4
16		1		
17			1	
18			1	2
19			2	
20		1		
22				6
F7			1	
AST 6	X			
AST 8	X			
AST 11	X			
AST 12	X			
AST 13	X			
AST 14	X			
AST 17	X			
AST 21	X			

TABELLE 44 (T3): REGELFAHRZEUGGATTUNG MO-FR OHNE VERSTÄRKER ¹¹¹

¹¹¹ eig. Darstellung: Stadtwerke Marburg GmbH

Im Vorfeld wurde anhand der Fahrpläne eine Vorauswahl geeigneter Linien für die Umstellung auf Elektroantrieb getroffen. Voraussetzung war, dass diese Linien möglichst in einem linienreinen Betrieb abgewickelt werden. Identifiziert wurden insgesamt 16 der 22 Linien, die für die Analyse geeignet erschienen. Die analysierten Linien sind in der Tabelle 45 (T3) zusammengefasst. Unter der Annahme, dass ein linienreiner Betrieb¹¹² vorherrscht, wurden die gefahrenen Distanzen der Tagesumläufe der Linien anhand der Haltestellenabstände berechnet.

Linie	Anzahl Busse (ohne Verstärker)	Linie	Anzahl Busse (ohne Verstärker)
1	5 Gelenk	9	4 Std
2	5 Gelenk (+2 Anhängierzug)	10	1 Midi
3	2 Std	11	1 Std
4	5 Gelenk	12	1 Std
5	4 Std	14	3 Std
6	3 Gelenk	16	1 MiDi
7	3 Gelenk	17	1 Std
8	2 Std	20	1 Midi

TABELLE 45 (T3): IDENTIFIZIERTE LINIEN FÜR DIE POTENTIALBESTIMMUNG, EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG

Die Annahmen zum Verbrauch der einzelnen Busse berücksichtigen die Topographie Marburgs und das Winterszenario. Als Ladesystem wurde das Overnight Charging betrachtet mit Ladeleistung von 60 kW. AST konnten aus Ermangelung der Daten und schwerer Abschätzbarkeit aufgrund des unregelmäßigen Einsatzes nicht berücksichtigt werden.

Ergebnis der Umlaufanalyse

Das Ergebnis der Umlaufanalyse in Tabelle 46 (T3) zeigt auf Basis der Tageskilometerleistung die benötigte Batteriekapazität und notwendige Ladedauer. Darauf aufbauend kann aus den aktuell angebotenen Bussen aus Tabelle 41 (T3) abgeleitet werden, ob eine Verfügbarkeit passender Busse vorhanden ist.

Kurzfristiges Elektrifizierungspotential < 2 Jahre

Da die Umstellung des Linienverkehrs einen hohen Planungsvorlauf bedarf, ein Testbetrieb erfolgen muss und teilweise längere Lieferzeiten gegeben sind, liegt kurzfristig kein direktes Elektrifizierungspotential vor. Dieser Zeitraum sollte für die Planung und Vorbereitung einer elektrischen Pilotlinie aufgewendet werden. Es ist jedoch zu konstatieren, dass eine technische Umsetzung mit vorhandenen Busmodellen am Markt gegeben ist.

¹¹² Annahme wurde aufgrund von fehlenden Informationen getroffen.

Mittelfristiges Elektrifizierungspotential 2 bis 5 Jahre

Um Erfahrungen zu sammeln und das öffentliche Interesse zu wecken, sollte in der Mittleren Frist eine Pilotlinie aufgebaut werden. Die Analyse hat ergeben, dass die Linie 10 aufgrund der geringen täglichen Fahrstrecke von 100 km, die sich innerhalb der 10 Umläufe errechnet, ein hohes Potential aufweist. Da die reale Reichweite heutiger Elektrobusse zwischen 150 und 200 km liegt, sind die Voraussetzungen für eine Elektrifizierung gegeben. Somit kann mittelfristig ein MIDI-Bus elektrifiziert werden. Des Weiteren sollte in dieser ersten Phase das Overnight Charging fokussiert werden, da davon auszugehen ist, dass die errechnete Batteriekapazität von 175 kWh für den Tagesbetrieb ausreichend ist (vgl. Tabelle 46 (T3)). Des Weiteren stellt dieses Ladesystem für das Pilotprojekt eine der günstigeren Alternative dar.

Langfristiges Elektrifizierungspotential ab 5 Jahre

Für das langfristige Szenario wurden die Linien 3, 9 und 20 identifiziert. Unter der Annahme, dass zukünftige Busse auch unter Last und im Winter eine Reichweite von 200 km erreichen können, erfolgte die Auswahl dieser Linien. Damit besteht das Potential, sieben weitere Busse zu elektrifizieren. Die errechnete Batteriekapazität, die für einen Tageseinsatz der Busse benötigt wird, liegt mit 276 bis 360 kWh schon heute in einem technisch möglichen Bereich. Je nach Erfahrungen aus der Pilotphase (Linie 10), sollte bei Erfolg mindesten eine dieser Linie elektrifiziert werden. Dafür würde die Linie 20 mit dem kürzesten Tagesumlauf von 158 km in Frage kommen. Diese Linie wird von einem MIDI-Bus bedient. Bei Ausschöpfung des vollen Elektrifizierungspotentials können 6 Solobusse, die auf den Linien 3 und 9 eingesetzt werden, elektrifiziert werden. Nach der Erprobungsphase ist ein Aufbau des opportunity charging in Betracht zu ziehen, da mit höhere Batteriekapazität die Nutzlast der Busse sinkt. Dies kann sich wiederum auf die Anzahl der zu befördernden Personen auswirken. In Abstimmung des Fahrplans sind geeignete Standorte zu identifizieren.

Linie	Busse (o. Verstärker)	Hin-Tour	Rück-Tour	Summe Umlauf	Verbrauch	Batteriekap. ein Umlauf	Umläufe	Gesamt	Gesamt Kapazität	Ladedauer
Nr.	Anz.	km	km	km	kWh/km	kWh	Anz .	km	kWh	in h
1	5 Gelenk	17	16	33	2,20	73	7	232	510	8,5
2	5 Gelenk (+2 Anhängerzug)	18	18	36	2,20	79	8	286	629	10,5
3	2 Solo	10	10	20	1,90	38	10	189	360	6,0
4	5 Gelenk	16	15	31	2,20	69	8	235	517	8,6
5	4 Solo	14	13	27	1,90	51	10	253	482	8,0
6	3 Gelenk	12	11	23	2,20	51	10	234	515	8,6
7	3 Gelenk	10	10	20	2,20	43	11	216	474	7,9
8	2 Solo	9	9	18	1,90	35	15	265	504	8,4
9	4 Solo	6,541	6,614	13,16	1,90	25	13	164	312	5,2
10	1 Midi	5,066	4,927	9,99	1,75	17	10	100	175	2,9
11	1 Solo	18,378	17,889	36,27	1,90	69	15	544	1034	17,2
12	1 Solo	11,551	11,884	23,44	1,90	45	11	246	468	7,8
14	3 Solo	14,809	14,851	29,66	1,90	56	8	222	423	7,0
16	1 MiDi	12,175	12,526	24,70	1,75	43	18	445	778	13,0
17	1 Solo		20,827	20,827	1,90	40	15	312	594	9,9
20	1 Midi	6,434	6,694	13,13	1,75	23	12	158	276	4,6

TABELLE 46 (T3): ERGEBNIS UMLAUFANALYSE, EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG

Ökologische Betrachtung

Die Berechnung des ökologischen Potenzials durch die Umsetzung der Elektrifizierungspotentiale erfolgte analog zu den Berechnungen der kommunalen Nutzfahrzeuge. Für die Jahreslaufleistung wurden die Durchschnittswerte innerhalb der Fahrzeugklassen verwendet.

Fahrzeugklassen	Fahrleistungen Diesel [km]	Fahrleistungen CNG [km]	Fahrleistungen Summe [km]	anteilig
Midi-Bus	35.000	152.319	187.319	5%
Solobus	456.474	1.036.818	1.493.292	44%
Gelenkbus	924.963	617.269	1.542.232	45%
AST	204.563	0	204.563	6%
Summe	1.621.000	1.806.406	3.427.406	100%
anteilig	47%	53%	100%	-

TABELLE 47 (T3): FAHRLEISTUNGEN ÜBER DIE FAHRZEUGKLASSEN IM FUHRPARK (IST-STAND), EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG

Aktuell werden nach dieser Berechnungsgrundlage, die der Tabelle 47 (T3) zu entnehmenden Fahrleistungen erbracht. Es ergeben sich die in Tabelle 48 (T3) aufgeführten Emissionen des Fuhrparks im IST-Stand.

Fahrzeugklasse	Emissionen NOx [kg]	Emissionen CO2e [kg]
MIDI-Bus	351	137.572
Solobus	5.607	1.542.483
Gelenkomnibus	9.311	2.092.072
AST	106	29.323
Summe	15.375	3.801.451

TABELLE 48 (T3): JÄHRLICHE EMISSIONEN ÜBER DIE FAHRZEUGKLASSEN IM FUHRPARK (IST-STAND), EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG

Es ergeben sich die in Tabelle 49 (T3) aufgeführten Einsparpotentiale in den Szenarien im Vergleich zur aktuellen Situation. Es wird deutlich, dass sich durch den langsamen Hochlauf nur ein teilweise sehr geringes Einsparpotential ergibt. Die Einsparung erreichen maximal 15 % der aktuellen Emissionen.

Fahrzeugklasse	Mittelfristig		Langfristig	
	Emissionen NOx [kg]	Emissionen CO2e [kg]	Emissionen NOx [kg]	Emissionen CO2e [kg]
MIDI-Bus	85	27.405	85	27.405
Solobus	0	0	2.167	285.878
Gelenkomnibus	0	0	0	0
AST	0	0	0	0
Summe	85	27.405	2.251	313.282

TABELLE 49 (T3): REDUKTION DER NOx- UND CO2-EMISSIONEN IM VERGLEICH ZUM VORSZENARIO NACH FAHRZEUGKLASSEN, EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG

Hinsichtlich der NOx Emissionen in Abbildung 61 (T3), unter Berücksichtigung der Vorketten, ergibt sich ein ähnliches Bild. Die Einsparungen sind vorhanden, fallen jedoch aufgrund der Fahrzeuganzahl absolut eher gering aus. Bei einer vollständigen Umrüstung des langfristigen Szenarios wird jedoch das Potential ersichtlich.

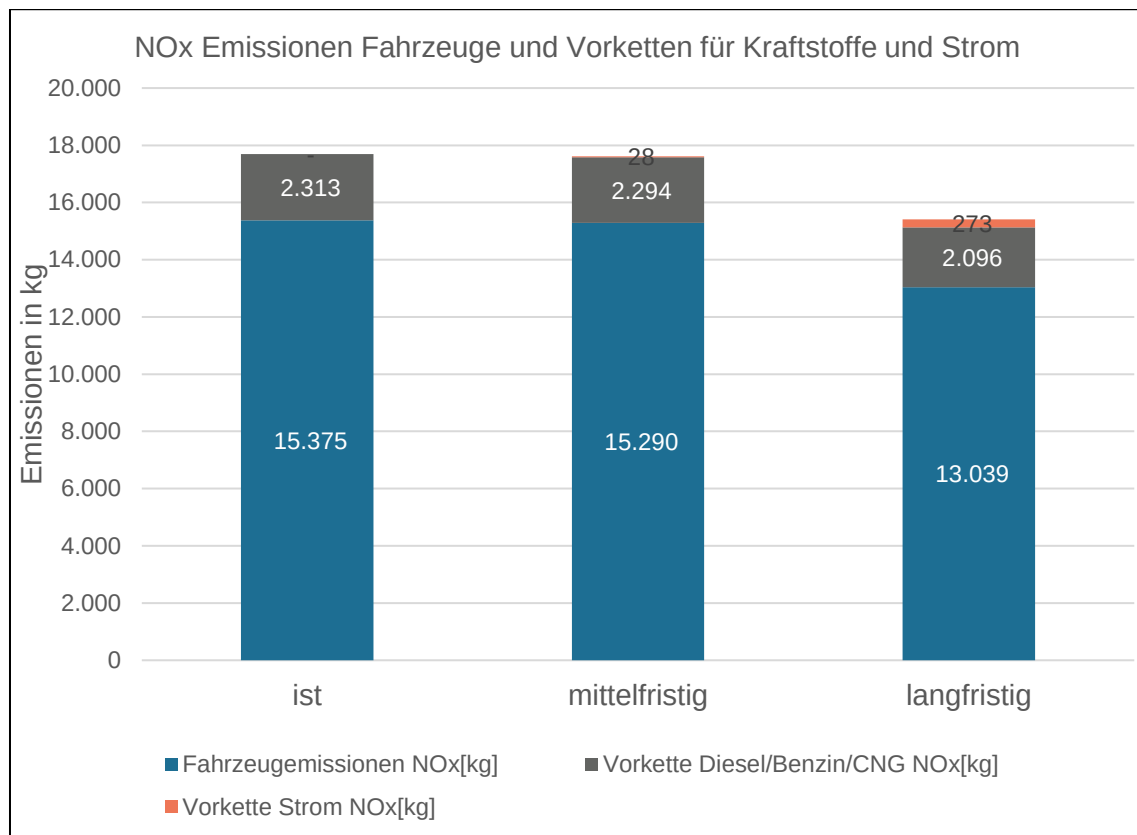


ABBILDUNG 61 (T3): STICKOXID-EMISSIONEN IM SZENARIENVERGLEICH, EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG

Etwas anders fallen die CO₂ Emissionen in aus. Die Einsparungen sind unter Berücksichtigung der Vorketten deutlich geringer.

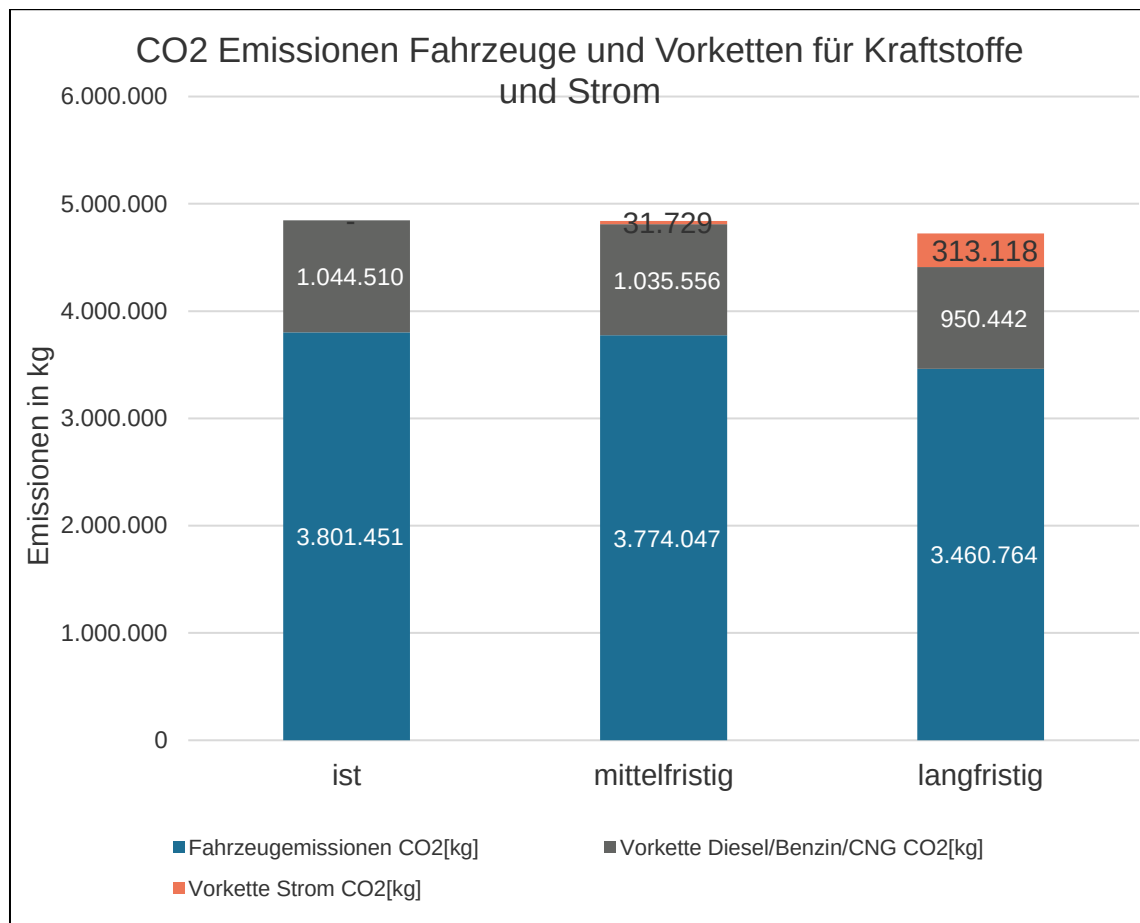


ABBILDUNG 62 (T3): TREIBHAUSGASEMISSIONEN IM SZENARIENVERGLEICH, EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG

Kosten und Finanzierung der Umsetzung

Aufgrund der individuellen Konfiguration von Elektrobussen sind öffentlich keine Listenpreise verfügbar, die kurzfristig einen direkten Vergleich mit der aktuellen Flotte ermöglichen. Die notwendige Abschätzung der Kosten wurde daher unter Kenntnis der aktuellen Marktsituation getroffen. Derzeit kann mit einem hundertprozentigen Aufschlag der Anschaffungskosten eines vergleichbaren Busses mit Verbrennungsmotor gerechnet werden. Für die Errichtung eines Ladepunktes mit einer Ladeleistung von 60 kW wurden 36.000 € angenommen. Für die Errichtung eines Schnellladepunktes sind Kosten in Höhe von ca. 250.000 € zu veranschlagen. Wartungskosten hinsichtlich Personal und technischer Aufrüstung fallen ebenfalls an. Hier kann von Kosten in Höhe von 250.000 € ausgegangen werden.

Szenario	zusätzlich elektrifizierte Busse	Gesamtmehrkosten (Brutto in €)	Gesamtkosten (Brutto in €)
mittelfristig	1	150.000,00 €	436.000,00 €
langfristig	7	1.952.000,00 €	4.082.000,00 €
Gesamt	8	2.102.000,00 €	4.518.000,00 €

TABELLE 50 (T3): GESAMTMEHRKOSTEN UND GESAMTKOSTEN NACH SZENARIEN INKL. LIS, EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG

Handlungsempfehlungen und Prioritäten

Es wird aus planerischer Sicht eine schrittweise Umstellung bezugnehmend auf die drei Szenarien zum Elektrifizierungspotential empfohlen. Insbesondere die erforderlichen Umstellungsprozesse nehmen Zeit in Anspruch, da völlig neue Umlaufplanungen und Wartungsprozesse eingeführt sowie erprobt werden müssen. Dies trägt der Verfügbarkeit und eines stetigen Wissens-Aufbaus Rechnung. Eine sofortige Umstellung von mehreren Fahrzeugen wird auch aufgrund des Fahrzeugalters und der Erdgasfahrzeuge nicht empfohlen.

Beim BMU sollte die in Tabelle TABELLE 51 (T3) dargestellte Förderung für die Fahrzeuge beantragt werden. Die Liefertermine sollten Anfang 2020 und Ende 2021 liegen. Damit können die Mehrkosten deutlich reduziert werden.

Sofern politisch gewollt, kann, verbunden mit der Inkaufnahme der Umstellungsrisiken, ein vorgezogener Prozess erfolgen. Dabei sollte jetzt eine strategische Abwägung getroffen werden, ob eine Beschleunigung in Anbetracht anderer Maßnahmen angestrebt wird.

Name und Förderer	Richtlinien des Landes Hessen zur Innovationsförderung Elektrobusse (Teil II, Ziffer 7) ¹¹³	Richtlinien zur Förderung der Anschaffung von Elektrobussen im öffentlichen Personennahverkehr ¹¹⁴ des BMUB
Ende der Laufzeit	k. A.	31.12.2021
Volumen in Mio. €	5. Mio.€ (in 2018)	k. A.
Fördergegenstand	• Beschaffung von neuen Omnibussen mit elektrischem Antrieb • Aufbau erforderlicher Infrastruktur • Anteilsfinanzierung von Niederflur-Midibussen (≥ 8 m), Solobussen oder Gelenkbussen	• Beschaffung von Diesel-elektrischen Hybridbussen und Batterie-elektrischen Bussen • Ladeinfrastruktur in Zusammenhang mit der Busanschaffung
Förderhöhe	• Elektrobusse: 40 % der Investitionsmehrkosten • 40 % der Investitionsmehrkosten (max. 400 €/kW u. 100.000 € pro Netzanschluss pro Standort)	• Max. 40 % (Plug-In-Hybridbusse und Ladeinfrastruktur) der beihilfefähigen Investitionsmehrkosten • Max. 80 % (reine Elektrobusse) der beihilfefähigen Investitionsmehrkosten
Voraussetzungen	• Zweckbindungsfrist von 8 Jahren für geförderte Busse und Infrastruktur • Keine Grunderwerbsförderung	• Beschaffung von Neufahrzeugen • ≥ 5 Fahrzeuge • Nutzung im ÖPNV • Nutzung erneuerbarer Energiequellen • Vorlage der Lieferzusage vom Hersteller • Nachweis des Förderbedarfs anhand einer Wirtschaftlichkeitsrechnung (TCO)

TABELLE 51 (T3): AKTUELLE HESSISCHE UND BUNDESWEITE FÖRDERMÖGLICHKEITEN FÜR ELEKTROMOBILITÄT ¹¹⁵¹¹³ Vgl. BMWI, 2018¹¹⁴ Vgl. BMUB, 2018¹¹⁵ eig. Darstellung, vgl. BMWI, 2018, vgl. BMUB, 2018

3.2 T3_Maßnahme 2: Ausbau Ladeinfrastruktur (LIS) für Elektroautos

Die Verfügbarkeit öffentlich zugänglicher LIS stellt eine wesentliche und eine durch Kommunen beeinflussbare Voraussetzung für den Markthochlauf der automobilen Elektromobilität dar. Auch in Marburg gilt eine systematisch angelegte Schaffung flächendeckender, bedarfsgerechter, moderner sowie einfach anwendbarer und abrechenbarer Lademöglichkeiten als ein zentraler Schwerpunkt innerhalb der weiteren Forcierung zur Entwicklung von Elektromobilität.

Hinsichtlich der Fahrzeugentwicklung ist in den letzten Jahren ein positiver Verlauf zu konstatieren, wobei sich der Fahrzeugbestand und die Zulassungszahlen noch immer auf sehr geringem Niveau im Vergleich zu den konventionell angetriebenen Fahrzeugen bewegen.

Für (potenzielle) wirtschaftlich agierende Ladeinfrastrukturbetreiber stellt der langsame Markthochlauf ein Risiko dar. Auf der anderen Seite soll der Mangel an Ladeinfrastruktur behoben werden und relevante Standorte besetzt werden. Geringe aktuelle Auslastungen sorgen dann nicht für die notwendigen Rückflüsse. Eine detaillierte Standortanalyse und Bedarfsprognose von Ladeinfrastruktur wirkt beiden Aspekten entgegen - einerseits unterstützt sie den Betreiber, eine höhere Auslastung durch das Ausweisen geeigneter Standorte und einer besseren Planbarkeit der Dimensionierung des Netzanschlusses zu erreichen. Andererseits erhöht ein geeigneter Standort die Erreichbarkeit und Wahrnehmung durch den Nutzer.

3.2.1 Bestandsanalyse der LIS für Elektroautos

In der Stadt Marburg sind 22.493 private Pkw zugelassen. Dies entspricht einer Motorisierung von 305 Pkw pro Einwohner (Stand 01.01.2018). Der Anteil der Elektrofahrzeuge im Kreis Marburg-Biedenkopf beträgt 0,17 % (158 BEV und 72 PHEV), was geringfügig unter dem bundesweiten Anteil von 0,21 % liegt (private und gewerbliche Halter).

Ausbaustand

In der Stadt Marburg stehen derzeit 44 Ladepunkte (LP) an 11 Ladeorten zur Verfügung, welche sich auf den Innenstadtbereich, den Campus Lahnberge und das Lahntal konzentrieren (vgl. Abbildung 63 (T3)). 37 LP sind mit einer Ladeleistung bis 11 kW ausgestattet und 6 LP können auf Ladeleistungen von 22 – 43 kW zugreifen (vgl. Tabelle 52 (T3)). Weiterhin ist ein Schnellladepunkt vorhanden, welcher jedoch ausschließlich CHAdeMO unterstützt und nur zu den Öffnungszeiten des Autohauses nutzbar ist.

Seitens der Stadt Marburg ist zusammen mit den Stadtwerken Marburg die kurzfristige Errichtung von drei weiteren Ladesäulen geplant, für die bereits mögliche Standorte evaluiert wurden.

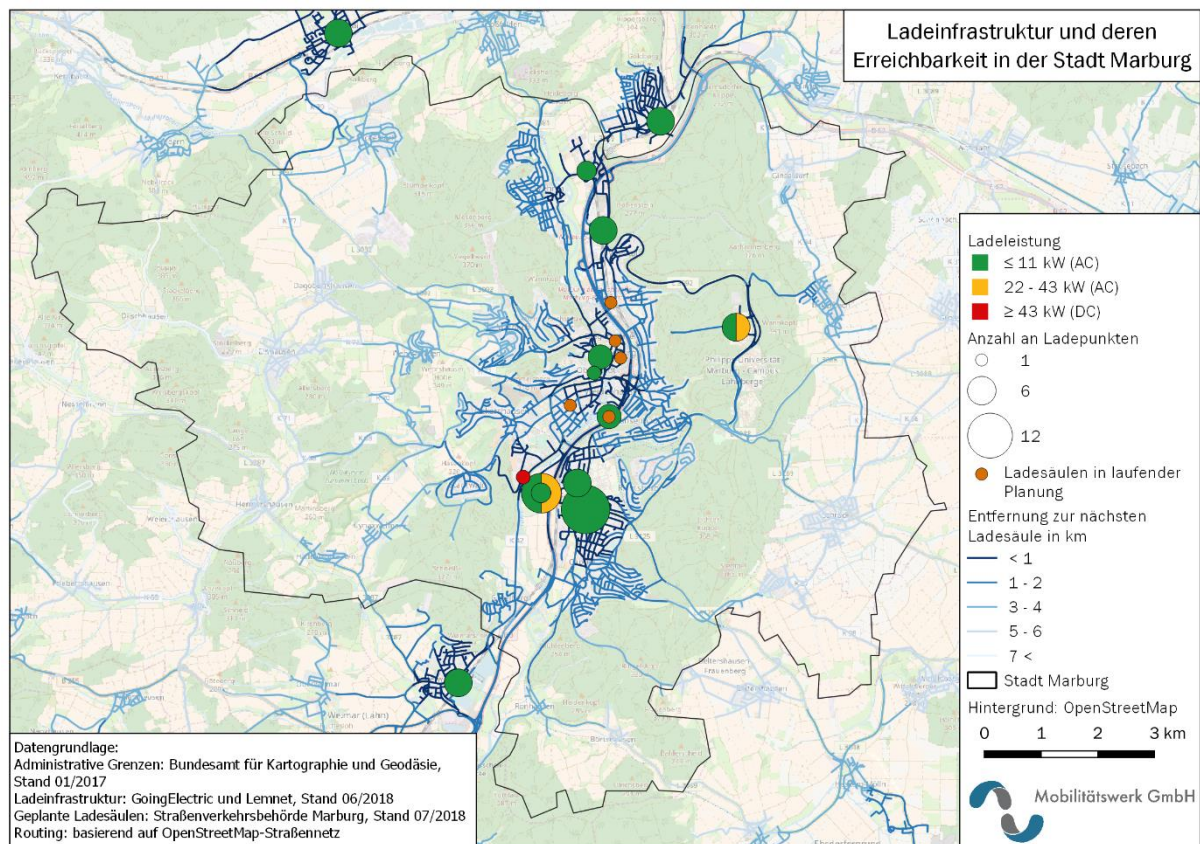


ABBILDUNG 63 (T3): LADEINFRASTRUKTUR UND DEREN ERREICHBARKEIT IN DER STADT MARBURG, EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG

Die mittlere Fahrtstrecke zum nächsten Ladeort beträgt in Marburg 2,3 km und liegt damit unter dem Bundesdurchschnitt von 6,1 km. Im Vergleich zur mittleren Fahrtstrecke in allen deutschen Städten > 75.000 Einwohnern (2,0 km) liegt Marburg geringfügig über dem Durchschnitt.

Standort	0 – 11 kW	22 – 43 kW (AC)	≥ 43 kW (DC)	Summe LP
Autohaus GNAU in 35039 Marburg - Neue Kasseler Straße 66	4	0	0	4
Betriebsgelände Stadtwerke in 35039 Marburg - Am Krekel 55	2	0	0	2
Oberhessische Presse in 35039 Marburg - Frauenbergstraße 20	4	0	0	4
Schwimmbad AquaMar in 35037 Marburg - Sommerbadstraße 41	3	0	0	3
Parkhaus Pilgrimstein in 35037 Marburg - Pilgrimstein 17	3	0	0	3
Rathaus in 35037 Marburg - Hofstatt 22	1	0	0	1
tegut-Markt in 35043 Cappel - Marburger Straße 100	12	0	0	12
Sanitätshaus Kaphingst in 35041 Marburg - Kaufmarkt 2	2	0	0	2
Autohaus Schubert in 35037 Marburg - Gisselberger Straße 75	0	0	1	1
Kundenzentrum Stadtwerke in 35039 Marburg - Am Krekel 55	4	4	0	8
Klinikum Marburg Parkplatz P7 in 35043 Marburg - Baldingerstraße	2	2	0	4

TABELLE 52 (T3): LIS UNTER ANGABE DER LADELEISTUNG UND ANZAHL AN LP IN DER STADT MARBURG, EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG

Auslastung bestehender LIS

Im Gegensatz zu der überwiegend geringen Auslastung von LIS im Landkreis Marburg-Biedenkopf (14 Ladevorgänge pro Ladeort und Monat), ist die Nutzungshäufigkeit in der Stadt Marburg mit durchschnittlich 72 Ladevorgängen je Ladeort im Monat überdurchschnittlich hoch¹¹⁶ (vgl. Abbildung 64 (T3) und Abbildung 65 (T3)). Am tegut-Markt wurden im Mai 2018 insgesamt 203 Ladevorgänge registriert. Dies zeigt, dass im verdichteten Siedlungsraum mit geringerer Möglichkeit für privates Laden geeignete Standorte und attraktive Nutzungsbedingungen auch im Markthochlauf eine hohe Nachfrage aufweisen können.

¹¹⁶ Basierend auf Angaben von Plugsurfing, einem Anbieter zur Bezahlung an Ladesäulen (www.plugsurfing.com), welcher Auskunft über die Anzahl der getätigten Ladevorgänge ausgewählter Ladesäulen gibt.

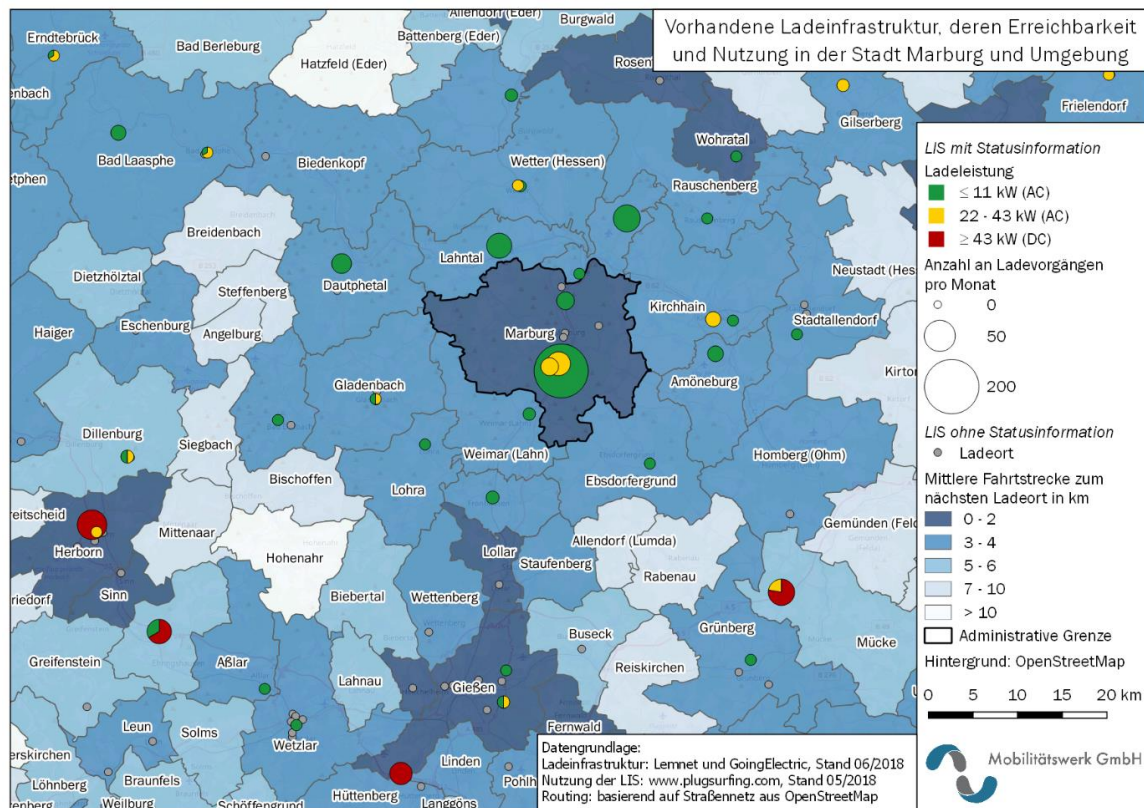


ABBILDUNG 64 (T3): VORHANDENE LIS, DEREN ERREICHBARKEIT UND NUTZUNG IN DER STADT MARBURG UND UMGEBUNG, EIG. DARSTELLUNG UND BERECHNUNG

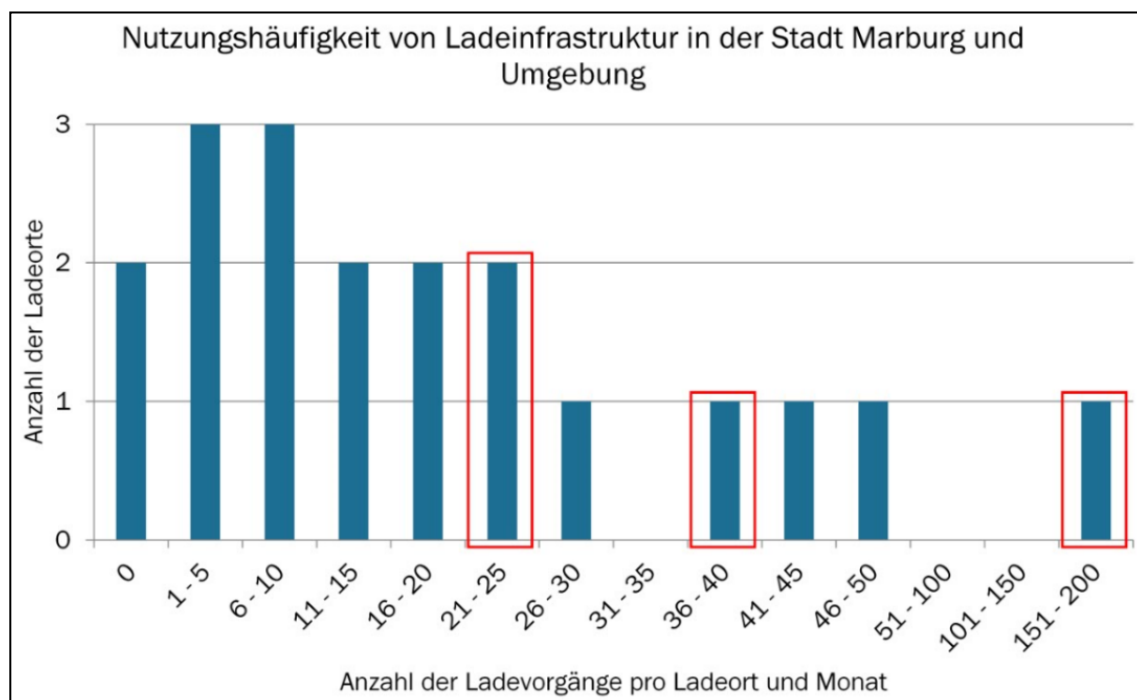


ABBILDUNG 65 (T3): NUTZUNGSHÄUFIGKEIT AUSGEWÄHLTER LIS IN DER STADT MARBURG (ROT UMRANDET) UND UMGEBUNG (10 KM RADIUS)¹¹⁷

¹¹⁷ Datengrundlage: www.plugsurfing.com (das Netzwerk von Plugsurfing enthält nicht alle vorhandenen Ladestationen in Deutschland)

3.2.2 Modellkonzept zur Standortanalyse und Prognose von LIS

Regional unterschiedliche Zulassungszahlen von Elektrofahrzeugen und konventionellen Pkw sowie regional abweichende Siedlungsstrukturen, Mobilitätsverhalten und Wegeziele erzeugen unterschiedlich Bedarfe an Ladevorgängen im öffentlichen Raum. Diese regionale Differenzierung zu erfassen und die zukünftige Entwicklung von Elektrofahrzeugen und deren Ladebedarf zu prognostizieren, ist die zentrale Funktion des LIS-Modells GISeLIS.

Auf Basis der prognostizierten Zulassungszahlen von Elektrofahrzeugen, zahlreichen statistischen Kennzahlen auf Gemeindeebene und anderen Geodaten, schätzt das Modell die Anzahl der öffentlichen und halböffentlichen Ladevorgänge, unterschieden nach Wegezweck und Ladeleistung, bis zum Jahr 2030. Aufgrund des langen Prognosehorizontes und der damit verbundenen Unsicherheit bei der Entwicklung des Markthochlaufes und der Fahrzeugkonzepte, werden vier verschiedene Szenarien verwendet, welche eine realistische Bandbreite der erwarteten Ladevorgänge widerspiegeln sollen.

Datengrundlage

Um ein belastbares Modell zur Prognose von Ladevorgängen zu entwickeln, muss versucht werden, die relevanten Einflussfaktoren zu identifizieren, diese durch geeignete Input-Daten abzubilden und wesentliche Zusammenhänge zu verstehen. Daher ist eine umfassende Datengrundlage notwendig, welche in Abbildung 66 (T3) auszugsweise dargestellt ist.

Bestand und Markthochlauf von EV	Statistische Kennzahlen	Geodaten	Mobilitäts- und Ladeverhalten
- Bestand von PHEV und BEV nach Zulassungsbezirk - Studienergebnisse zum Markthochlauf von Elektrofahrzeugen	- Daten des Statistischen Bundesamtes zu Bevölkerung, Wohngebäuden, Tourismus u.v.m. - Daten der Bundesagentur für Arbeit zu Pendlern, Beschäftigten, Betrieben u.v.m. - Daten des Kraftfahrtbundesamtes über Zulassungszahlen von Pkw und deren Halter	- Gemeinde- und Kreisgrenzen - Gesamte Datenbank von OpenStreetMap - Bahnhöfe und Flughäfen sowie deren Passagiere - Raststätten und Rasthöfe - Verkehrszählungen für BAB und BS von ~12 000 Messstellen - Ladeinfrastruktur von GoingElectric und Lemnet	- Mobilitätsverhalten mit Angabe zur Wegezwecken, -länge und -häufigkeit - Befragung zum Lade- und Nutzungsverhalten von EV-Fahrern
Einbeziehung regionaler Daten			

ABBILDUNG 66 (T3): VERWENDETE DATEN FÜR DAS LIS-MODELL GISeLIS, EIGENE DARSTELLUNG

Modellkonzept – Kommunale Ebene

Die Prognose der Ladevorgänge auf kommunaler Ebene gliedert sich in drei Schritte. Zuerst wird die Anzahl der Elektrofahrzeuge auf Gemeindeebene bestimmt. Als Zweites wird für jedes Elektrofahrzeug (EV) die mittlere Anzahl an Wegen und Ladevorgängen, abhängig vom Wegezweck und -länge, berechnet. Diese potentiellen Ladevorgänge werden im dritten Schritt auf die umliegenden Gemeinden und Städte verteilt (vgl. Abbildung 67 (T3)). Diese drei Schritte werden im Folgenden näher erläutert.

1. Prognose zur Anzahl und räumlichen Verteilung der EV

Basierend auf dem aktuellen Bestand an Elektrofahrzeugen, dem Anteil der unterschiedlichen Fahrzeugkonzepte (BEV und PHEV) und einer Metaanalyse der Studien zum Markthochlauf wurden vier Szenarien abgeleitet:

- Teilszenario A geht von einem hohen elektrischen Neuwagenanteil aus.
- Teilszenario B geht von einem verzögerten Markthochlauf aus.
- Teilszenario 1 geht von einem wachsenden Anteil von BEV gegenüber PHEV aus, was die Zahl der DC-Ladevorgänge erhöht (da PHEV mit Ausnahmen nicht DC-ladefähig sind).
- Teilszenario 2 geht von einem gleichbleibenden Verhältnis von 6:4 (BEV zu PHEV) aus.

Die räumliche Verteilung basiert auf dem derzeitigen Pkw-Bestand und einem zusätzlichen Bewertungsverfahren. Dieses dient der Abschätzung der Wahrscheinlichkeit, ob ein Elektrofahrzeug gekauft wird. Sie setzt sich aus mehreren Parametern zusammen, u. a. dem mittleren Bruttoverdienst, der Einkommensteuer, dem Anteil an Beschäftigten und der mittleren Distanz zur nächsten Ladestation. Da einerseits der derzeitige Kaufpreis von EV über dem von konventionellen Fahrzeugen liegt und andererseits der Gebrauchtmkt kaum ausgeprägt ist, ist das Bewertungsverfahren stark einkommensorientiert. Weiterhin wird die Bestandsentwicklung von Pkw der letzten Jahre und die Bevölkerungsprognose bis 2030 berücksichtigt.



ABBILDUNG 67 (T3): KONZEPT DES LIS-MODELLES GISeLIS, EIGENE DARSTELLUNG

2. Auswertung des Mobilitäts- und Ladeverhaltens

Im zweiten Schritt wird, primär basierend auf der Verkehrserhebung der Studie, Mobilität in Deutschland (MiD) 2008, die typische Anzahl an Wegen von Pkw-Nutzern, abhängig von Wegezweck und -länge, ermittelt. Aus Befragungen von EV-Nutzern kann abgeleitet werden, wie häufig öffentliche/ halböffentliche LIS pro Weg, abhängig von dessen Länge, verwendet wird.¹¹⁸ Aus diesen Erkenntnissen kann wiederum die Anzahl der Ladevorgänge von privaten EV ermittelt werden. Gewerblich zugelassene Elektrofahrzeuge, die häufig als Flottenfahrzeuge betrieben werden und oft über eigene LIS verfügen, erhalten eine differenzierte Betrachtung.

¹¹⁸ Vgl. Vogt, M., Fels, K. 2017

3. Standortanalyse (räumliche Verteilung der Ladevorgänge)

Als dritter Schritt folgt die Bewertung der Gemeinden hinsichtlich ihres Ladepotenzials. Das Ladepotenzial ist ein Maß für die Anziehungskraft einer Gemeinde für einen Ladevorgang bei einer Fahrt des jeweiligen Wegezwecks und setzt sich aus zahlreichen Kriterien zusammen.

Diese Aufschlüsselung ermöglicht es, den Ladebedarf sehr detailliert zu berechnen und die Anzahl der Ladevorgänge je nach Wegezweck spezifisch auszuweisen. Anschließend wird die Anzahl und räumliche Verteilung der Ladevorgänge für jede Gemeinde, abhängig von Wegezweck und Ladeleistung, ermittelt.

Als Ergebnis steht eine Gebietsmatrix aller Gemeinden in Deutschland mit der Verteilung der Ladevorgänge in Abhängigkeit des Wegezwecks. Je nach Art des Wegezwecks differiert die benötigte Ladeleistung. Der Durchgangsverkehr führt ausschließlich Schnellladevorgänge durch und der Zielverkehr überwiegend AC-Ladevorgänge. Für einen geringen Anteil (5 %) des Destination Charging wird davon ausgegangen, dass DC-Ladeorte für spontane Reichweitengewinne genutzt werden.

Modellkonzept – Quartiersebene

Die Standortanalyse auf Quartiersebene dient dazu, die Prognosen auf kommunaler Ebene räumlich zu verfeinern, um somit spezifische Fragestellungen zum Ausbau von LIS beantworten zu können. In der Analyse wird unterschieden zwischen Public Charging, welches sich wiederum aus Normal- und Schnellladen an (halb-)öffentlicher LIS zusammensetzt und Private Charging, welches privates Laden in der Garage/ Carport und Anwohnerladen („Laternenladen“) beinhaltet (vgl. Abbildung 68 (T3)).

Für die Standortanalyse von öffentlicher LIS (Public Charging) dienen maßgeblich Geodaten aus OpenStreetMap. Es werden alle relevanten Point of Interest (PoI) und Point of Sale (PoS) gefiltert und klassifiziert. Um die PoI und PoS hinsichtlich ihrer Relevanz für Public Charging bewerten zu können, werden ihnen folgende Merkmale zugewiesen:

- Mittlere Aufenthaltsdauer (basierend auf Google Places)
- Öffnungszeiten (Angaben aus OpenStreetMap) und Frequentierung (Google Places)
- Besucher/ Kunden (Recherche diverser Quellen, Annahme)
- Einzugsgebiet (GIS-Analyse)

Außerdem wird das Ladeverhalten von EV-Nutzern, basierend auf Plugsurfing-Daten zur Nutzungshäufigkeit von Ladestationen, analysiert. Dies ermöglicht Antworten auf die Fragen, welche Ladeorte mit welcher Ladeleistung favorisiert werden, wie preissensitiv die Nutzer sind und ob innerstädtische Schnellladepunkte genutzt werden.

Da derzeit das Home Charging die häufigste Form des Ladens ist, stellt die Bedarfsanalyse von Anwohnerladepunkten für viele verdichtete Städte eine zentrale Herausforderung dar. Um diesen Bedarf räumlich zu prognostizieren, wurde ein zweiteiliges Bewertungsverfahren entwickelt. Im ersten Schritt werden die Quartiere und ihre Einwohner hinsichtlich ihrer Wahrscheinlichkeit des EV-Erwerbes bewertet (EV-Affinität). Dabei spielen insbesondere die finanzielle Möglichkeit und Motivation eine Rolle. Im zweiten Schritt wird die bauliche Voraussetzung für die Möglichkeit des privaten Ladens (in der Garage/Carport) analysiert.

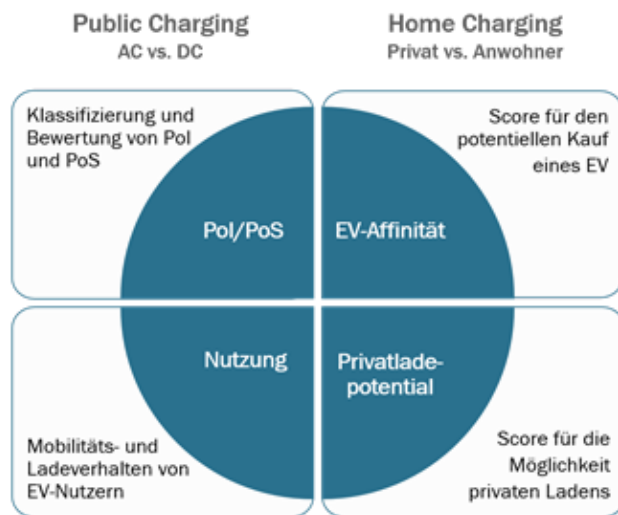


ABBILDUNG 68 (T3): KONZEPT DER STANDORTANALYSE AUF QUARTIERSEBENE, EIGENE DARSTELLUNG

3.2.3 Prognose der Ladevorgänge bis 2030

Elektrofahrzeuge

Für die Stadt Marburg werden bis 2030 zwischen 7.660 (Szenario B2) und 13.433 (Szenario A1) gewerblich und privat zugelassene EV erwartet (vgl.

ABBILDUNG 69 (T3)). Dies entspricht einem EV-Anteil zwischen 23 und 40 % (bei unverändertem Pkw-Bestand). Die Ergebnisse der Szenarien werden von den Autoren als realistische Spannweite betrachtet. Ein höherer oder niedrigerer Marktanteil ist je nach Entwicklung der Batterietechnologie, Rohstoffpreisen, politischen Fördermaßnahmen und anderen Einflussfaktoren möglich.

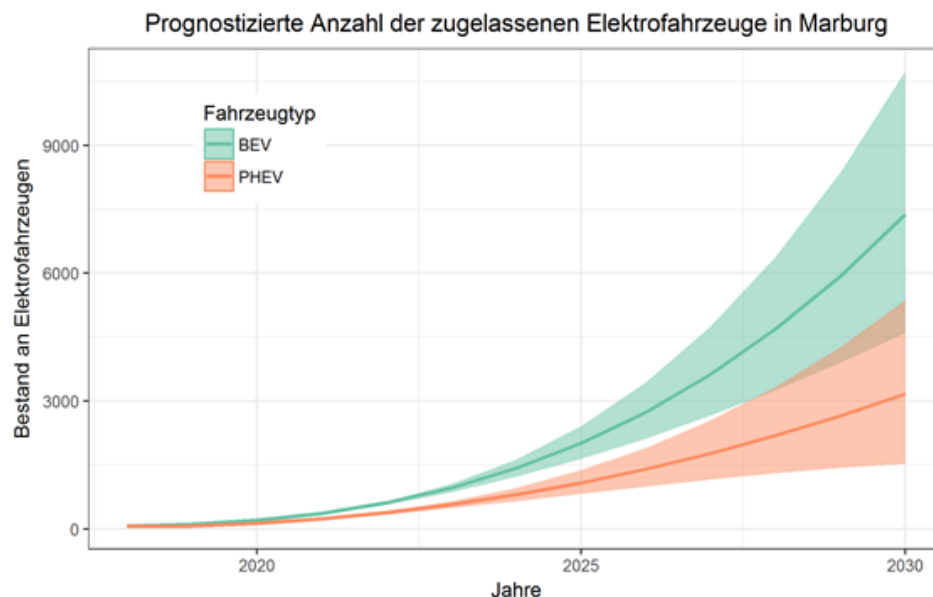


ABBILDUNG 69 (T3): PROGNOSTIZIERTE ANZAHL DER PRIVAT UND GEWERBLICH ZUGELASSENEN ELEKTROFAHRZEUGE IN MARBURG 119

119 Linien stellen Mittelwert aller Szenarien dar, die Fläche die Bandbreite der verwendeten Szenarien. Modellergebnisse von GISeLIS, basierend u. a. auf Extrapolation der Bestandsentwicklung von EV.

Anwohnerladen

Die Prognose des Anwohnerladens berücksichtigt einerseits, dass der EV-Anteil im Markthochlauf aufgrund zahlreicher Faktoren innerhalb der Stadt Marburg räumlich stark variieren wird. Andererseits wird die bauliche Voraussetzung für das private Laden einbezogen. Für Anwohner der äußeren Stadtteile ist aufgrund geringer Bebauungsdichten und einer geringen Anzahl an Wohnungen pro Wohngebäude das private Laden überwiegend möglich. Der Mangel an LIS für Anwohner der Innenstadtteile ist hingegen ein Hemmnis bei der Anschaffung, welcher erst mittelfristig durch den flächendeckenden Ausbau von Arbeitgeber- und (halb-)öffentlicher LIS sowie Anwohner-LIS kompensiert werden kann. Der Markthochlauf findet hier daher verzögert statt (falls keine kurzfristigen Maßnahmen zum Ausbau von Anwohner-LIS geschaffen werden).

Für das Jahr 2030 werden 7.066 privat zugelassene EV prognostiziert, wovon ca. die Hälfte über keinen eigenen Stellplatz verfügt. Der höchste Bedarf an Anwohner-LIS wird im Gebiet des Südviertels erwartet, welches bis zum Jahr 2030 über ca. 750 EV ohne Stellplatz verfügt (vgl. Abbildung 70 (T3)). Eine detaillierte Analyse des Südviertels und daraus abgeleitete Handlungsempfehlungen für die Errichtung von Anwohner-LIS werden in Kapitel 3.2.4 dargestellt. Weiterhin wird im Bezirk Altstadt und in Teilen von Weidenhausen ein hoher Bedarf erwartet.

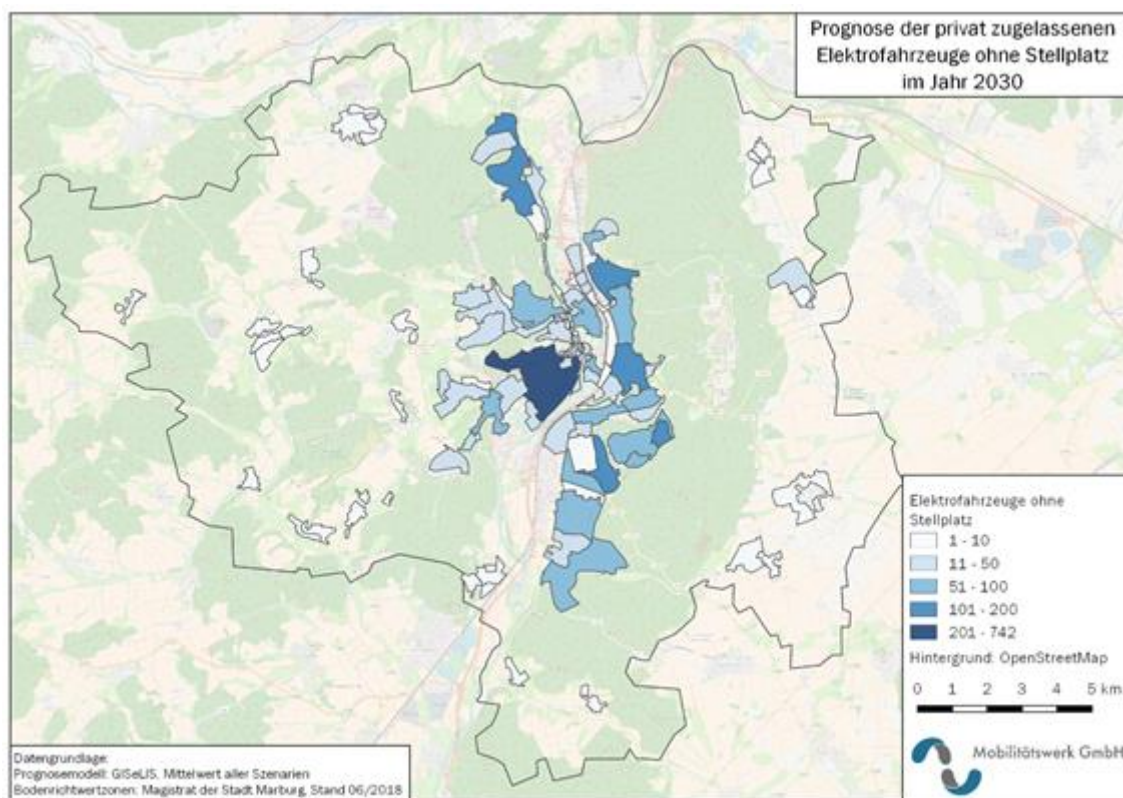


ABBILDUNG 70 (T3): PROGNOSE DER PRIVAT ZUGELASSENEN ELEKTROFAHRZEUGE OHNE STELLPLATZ IM JAHR 2030, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG

(Halb-)öffentliche AC-Ladevorgänge

Für die Stadt Marburg werden im Jahr 2020 zwischen 146 und 190 AC-Ladevorgänge pro Tag prognostiziert. Bis zum Jahr 2030 steigt der Bedarf auf ca. 6.000 – 10.000 Ladevorgänge an (vgl. Abbildung 71 (T3)) wobei die Preissetzung der Ladevorgänge in Referenz zum privaten Stromtarif beim AC Laden entscheidend sein wird. Es können sich daher erhebliche Abweichungen von den Prognosen ergeben. Die räumliche Verteilung ist sehr heterogen und

konzentriert sich auf die Innenstadtteile sowie die Außenstadtteile Wehrda und Cappel. Räumliche Schwerpunkte sind insbesondere die Altstadt und Teile des Campusviertels, das nordöstliche Südviertel, das Nordviertel im Bereich der B3, der Kaufpark Wehrda und der nordwestliche Teil von Cappel (bezogen auf die Anzahl der Ladevorgänge pro km²). In den verbleibenden Außenstadtteilen werden im Jahr 2020 weniger als 1 AC-Ladevorgang pro Tag erwartet und bis 2030 je nach Gebiet 10 – 50 AC-Ladevorgänge. Die Anzahl der tatsächlichen Ladevorgänge ist, wie erwähnt, stark abhängig von den Tarifen der LIS-Betreiber, da die Bewohner der Außenstadtteile überwiegend privat Laden können und daher der Hausstromtarif die preisliche Referenz darstellt.

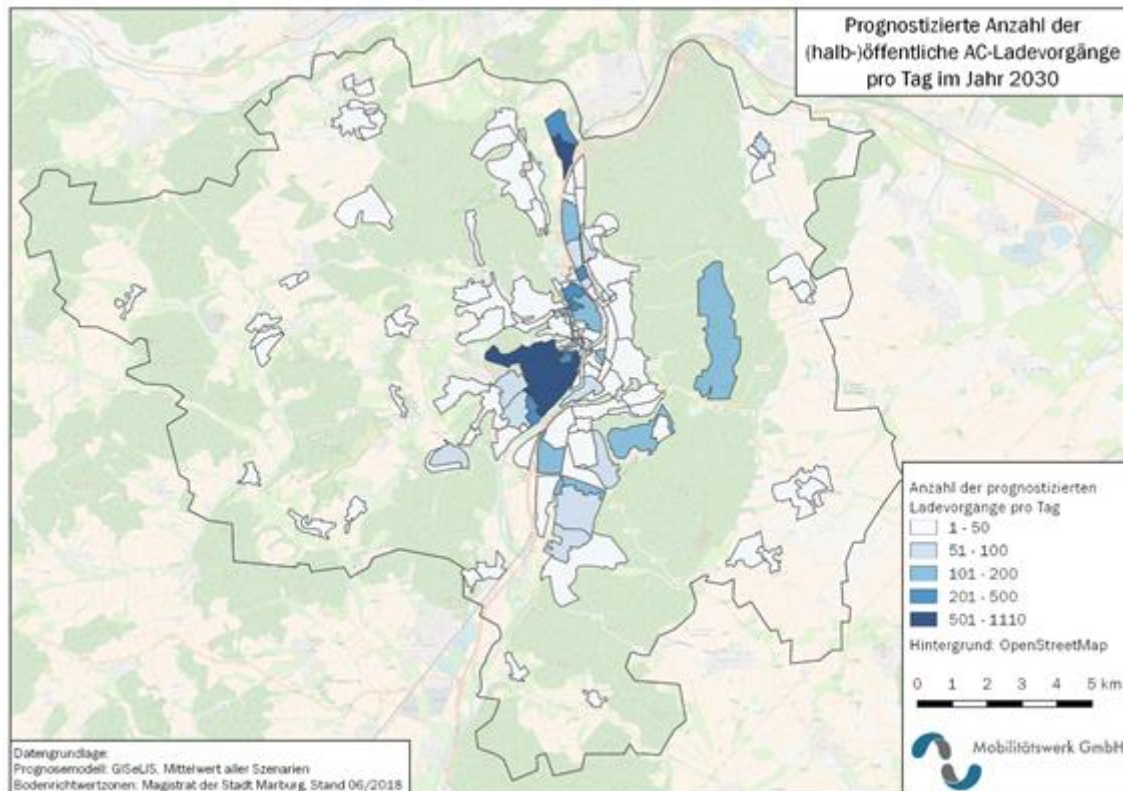


ABBILDUNG 71 (T3): PROGNOSTIZIERTE ANZAHL DER (HALB-)ÖFFENTLICHEN AC-LADEVORGÄNGE PRO TAG IM JAHR 2030, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG

Schnellladevorgänge

Schnellladeinfrastruktur dient primär der Bewältigung von Distanzen, welche die Reichweite der EV übersteigt, weshalb Standorte an Hauptverkehrsachsen (Bundesautobahnen, Schnellstraßen) tendenziell sehr gut geeignet sind. Spontane Fahrten jenseits der alltäglichen Nutzung sowie die Notfallladung stellen andere Anwendungsszenarien dar. Insbesondere zentrale Standorte im Stadtgebiet und an wichtigen Verkehrsachsen mit einer hohen Wahrnehmung und Frequentierung stellen attraktive Standorte dar.

Für die gesamte Stadt Marburg werden im Jahr 2020 lediglich 5 – 6 Schnellladevorgänge pro Tag prognostiziert, wobei AC Ladevorgänge bei attraktiver Preisgestaltung auch substituiert werden können. Bis 2030 sind zwischen 186 und 373 Schnellladevorgänge pro Tag zu erwarten. Diese konzentrieren sich insbesondere auf die durch den Einzelhandel erschlossenen Gebiete entlang der B3 (Kaufpark Wehrda, westliches Nordviertel, Weidenhausen, Südbahnhof und nordwestliches Cappeln) (vgl. Abbildung 72 (T3)). Ein weiterer Bedarfsschwerpunkt durch spontane Fahrten wird in der Altstadt, dem Campusviertel sowie dem Südviertel erwartet. Die geringe Anzahl an Schnellladevorgängen berücksichtigt

höhere Tarife gegenüber AC-Ladevorgängen. Sind die Tarife gleich oder nur geringfügig höher, wird die Anzahl der Schnellladevorgänge um ein Vielfaches höher sein.

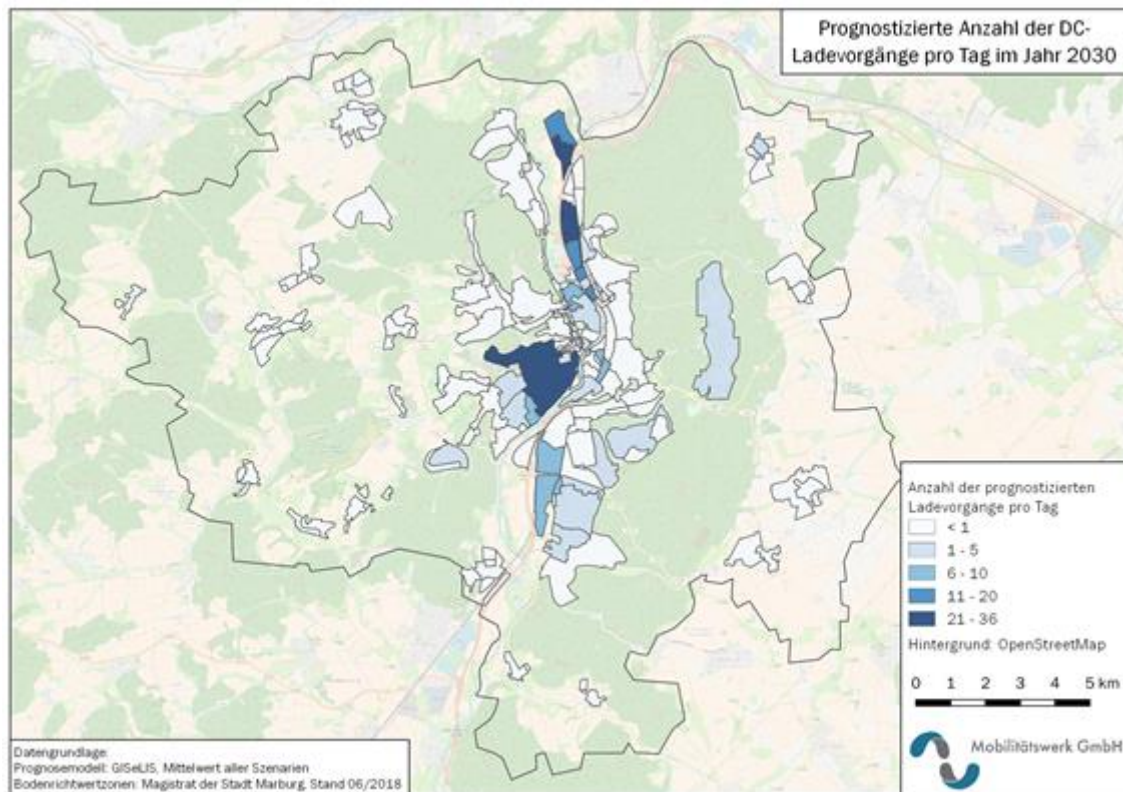


ABBILDUNG 72 (T3): PROGNOSTIZIERTE ANZAHL AN (HALB-)ÖFFENTLICHEN DC-LADEVORGÄNGEN PRO TAG IM JAHR 2030, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG

Der Bedarf an DC-LIS im Vergleich zu AC-LIS ist in Marburg gering, da der wesentliche Teil der Schnellladevorgänge an Raststätten und Autohöfen stattfinden wird (vgl. Abbildung 73 (T3)).

Der höchste Bedarf an LIS wird beim Arbeitgeber prognostiziert, welcher von ca. 200 Ladevorgängen pro Tag im Jahr 2020 auf ca. 10.000 Ladevorgänge im Jahr 2030 anwächst. Aufgrund sehr langer Standzeiten, sehr guter Planbarkeit und überwiegend exklusiven Parkmöglichkeiten, besitzt das Arbeitgeberladen nach dem privaten Laden die höchste Attraktivität. Die Informationsvermittlung und Aktivierung von relevanten Arbeitgebern sollte daher eine hohe Priorität besitzen.

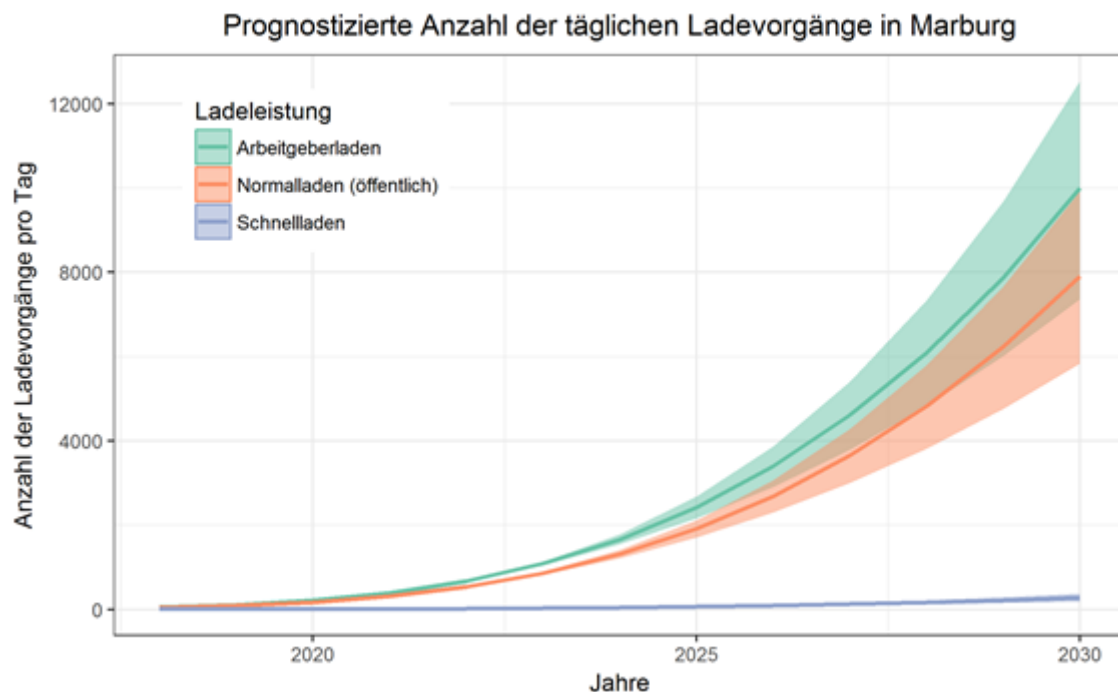


ABBILDUNG 73 (T3): PROGNOTIZIERTE ANZAHL DER TÄGLICHEN LADEVORGÄNGE (UNTERSCHIEDEN NACH AC-, DC-LADEN) IN MARBURG¹²⁰

3.2.4 Detailanalyse Südviertel

Der Stadtbezirk Südviertel ist gekennzeichnet durch eine hohe Einwohnerdichte von 8.086 Einwohner/km². Das Gründerzeitviertel ist durch Mehrfamilienhäuser mit hoher Bebauungsdichte geprägt. Daraus resultieren einerseits ein hoher Parkdruck und andererseits die fehlende Möglichkeit für privates Laden. Entsprechend der attraktiven Lage und des hochwertigen Wohnraumes sind die Mietpreise im Südviertel die höchsten in Marburg.¹²¹ Dies lässt auf ein überdurchschnittliches Einkommen der Bewohner schließen, was die Wahrscheinlichkeit für den Kauf eines Elektrofahrzeugs erhöht. Ähnliche Quartiere befinden sich am Alten Botanischen Garten und im Bezirk Weidenhausen.

Um den Bewohnern dieser Quartiere das Laden von privaten Elektrofahrzeugen zu ermöglichen, ist die Errichtung von Anwohner-LIS notwendig. Bei der Errichtung von Anwohner-LIS muss, insbesondere in Gebieten mit hohem Parkdruck, gewährleistet sein, dass LIS nicht als Parkplatz bzw. Abstellmöglichkeit des Autos zweckentfremdet wird, sondern primär der Erfüllung des Ladebedarfs dient. Die Lösung dieser Problematik sollte zwingend in das LIS-Konzept für hochverdichtete urbane Räume einfließen. Neben diesem Aspekt sollten bei der Schaffung von Lademöglichkeiten folgende Ziele verfolgt werden:

1. Sicherheit zur Verfügbarkeit der LIS
2. Reduzierung von Suchverkehren

¹²⁰ Linien stellen Mittelwert aller Szenarien dar, die Fläche die Bandbreite der verwendeten Szenarien. Modellergebnisse von GISeLIS

¹²¹ Gutachterausschuss für Immobilienwerte 2016

3. Keine Reduzierung des Parkdrucks durch Schaffung weiterer Stellplätze (Anwohner-LIS soll Umstieg von MIV zu E-MIV ermöglichen, aber nicht die Attraktivität des MIV steigern)
4. Wahrnehmung der LIS

Eine wesentliche Voraussetzung für eine hohe Sicherheit, dass Anwohner das private EV bei Bedarf laden können, ist die Möglichkeit einer Reservierung. Daher wird dieser wichtige Aspekt näher dargelegt.

Reservierungsmöglichkeit für verbesserte Planbarkeit und damit Sicherheit

Aus den Daten von Mobilitätserhebungen wird deutlich, dass die typischen Standzeiten von Pkws im Wohngebiet ab 16/ 18 Uhr bis 8/ 9 Uhr morgens sind. In diesem Zeitabschnitt (über Nacht) hat es eine hohe Relevanz, Verlässlichkeit über die Verfügbarkeit von LIS für Nutzer (vor allem Anwohner) zu schaffen. Die Möglichkeit, regulierende Parameter in eine LIS-Konzeptgestaltung einfließen zu lassen, spielt demnach eine wichtige Rolle. Es ist ein wirksamer Hebel nötig, um in dem nächtlichen Zeitfenster die Verfügbarkeit speziell für Anwohner in stark verdichteten Gebieten hoch zu halten. Sicherheit der Verfügbarkeit ist vor allem für Anwohner mit E-Fahrzeugen ohne eigenen Stellplatz ein entscheidender Faktor. Da preisliche Instrumente im Parkraummanagement eine große Wirkung zeigen, stellen diese einen entscheidenden Faktor für die Lenkung des Nutzerverhaltens und Fahrzeugbesitzes dar. In dem folgenden Abschnitt werden Betrachtungen zu verschiedenen Möglichkeiten der exklusiven Zuweisung von Slots bei der LIS-Nutzung und deren Auswirkungen durchgeführt.

Eine exklusive Nutzung von festen Ladeslots bedingt die Notwendigkeit eines Buchungs- bzw. Vergabesystems für diese Zeitfenster. Um eine praktikable Lösung abzuleiten, werden in Tabelle 53 (T3) verschiedene Möglichkeiten dieser Ausgestaltung hergeleitet und beschrieben.

Systeme	Beschreibung	Herleitung
Preis-differenzierte Vergabe	- Zeitslots können online gegen Geld gebucht werden. - Preise für Zeitslots werden nach der vorher ermittelten Attraktivität differenziert und festgelegt. - First come, first serve – Prinzip.	- Faire Verteilung über den Preis. - Der Nutzer, der den Zeitslot dringend benötigt, ist bereit, einen erhöhten Preis dafür zu bezahlen.
Kontingent-Vergabe	- Nutzer erhalten Punkte, mit denen sie Zeitslots buchen können. - Vergabeprinzip wie preisdifferenzierte Vergabe.	Preisdifferenzierte Vergabe mit einer eingeführten Hilfswährung.
Dispo-Vergabe	- Nutzer können ihre Wünsche für Zeitslots in ein persönliches Ranking eintragen. - Die Wünsche werden nach Nutzer und Ranking abgearbeitet.	- Ableitung aus der preisdifferenzierten Vergabe. - Der Nutzer, der den Zeitslot am dringendsten benötigt, bekommt ihn. - Unabhängig von der persönlichen Einkommenssituation.
Los-Vergabe	- Zufall entscheidet in z.B. 4-Wochen-Rhythmus über die Zuweisung. - Jeder bekommt pro Woche eine fixe Anzahl fester Zeitslots zum Laden zugewiesen.	- Faire Verteilung unabhängig vom Buchungszeitpunkt oder der Einkommenssituation der Nutzer. - Gedankenspiel, da absolut unberechenbar/ nicht planbar.
Rotierende Vergabe	- Schema nachdem die Slots rotieren, so dass jedem an verschiedenen Wochentagen abends/ morgens Slots zur Verfügung stehen. - Jeder bekommt eine fixe Anzahl fester Zeitslots zum Laden pro Woche zugewiesen.	- Ableitung aus der Los-Vergabe. - Um eine gewisse Planbarkeit von Ladevorgängen zu gewährleisten. - Bewahren der fairen Vergabe.

TABELLE 53 (T3): ALLGEMEINE MÖGLICHKEITEN VON VERGABE-VERFAHREN, EIGENE DARSTELLUNG

Die verschiedenen Systeme haben jeweils Vor- und Nachteile. Ein praxisrelevantes System sollte der Zielerreichung, dem Nutzer Sicherheit über die Verfügbarkeit der LIS zu schaffen, dienen. Weiterhin sollte das System skalierbar sein, sodass es auch im wachsenden Nutzerkreis Anwendung finden kann.

Diesen Anforderungen werden die Systeme Dispo-, Los- und rotierende Vergabe nicht gerecht, denn sie bieten alle drei keine Möglichkeit für den Nutzer, individuelle Ladebedürfnisse in kurzer Frist sicher zu erfüllen. Die Planbarkeit ist bei den Systemen sehr gering. Daher werden diese drei Systeme im Zusammenhang mit einer Slot-Vergabe von LIS als impraktikabel eingestuft.

Preisdifferenzierte bzw. Kontingent-Vergabe-Systeme erfüllen hingegen die Zielstellung. Durch eine preisgebundene Slot-Vergabe ist einerseits die Nachfrage hin zu weniger beliebten Slots gut steuerbar und andererseits die Erreichung von Sicherheit für den Nutzer mit der kostenpflichtigen Reservierung eines festen Zeitfensters gegeben. Mit diesen Systemen ist die Verfügbarkeit im Bedarfsfall für den Nutzer gesichert. Die Lenkung beliebter und unbeliebter Zeiten ist durch die Preissetzung möglich. Da es sich um eine monetäre Anreizsetzung handelt, müsste die soziale Verträglichkeit außer Acht gelassen werden. Preisdifferenzierte Vergabesysteme sind i. d. R. sehr komplex und bringen die Herausforderung mit sich, alle relevanten Regeln und Bedingungen klar zu definieren und für Nutzer verständlich zu halten. Außerdem birgt es die Gefahr des Missbrauchs eines solchen Systems durch das indirekte Erkaufen eines Parkplatzes auch ohne Ladebedarf. Dies führt zur Nicht-Verfügbarkeit für andere Nutzer und sorgt für eine Abnahme der Akzeptanz.

Abhilfe für dieses Problem kann die Verrechnung der Reservierungsgebühr mit dem Ladestrom darstellen, eine Art Voucher-System bzw. Mindestabnahmemenge. Dadurch

werden nur Nutzer ohne echten Ladebedarf mit zusätzlichen Kosten bestraft. Ladeslots über den Tag haben eine geringere Reservierungsgebühr, somit muss zu dieser Zeit weniger Strom abgenommen werden. Im kritischen Zeitraum, dem Abend-/ Nachtslot, sollte die Reservierungsgebühr erheblich höher angesetzt werden, damit die Lademöglichkeiten mit Fahrzeugen besetzt sind, die auch wirklich Strom abnehmen. Über eine Mindestabnahmemenge kann die Nachfrage nach LIS so gesteuert werden, dass nur nötige Ladungen durchgeführt werden. Zwischenladungen werden somit an alternativer LIS substituiert und der Missbrauch als Stellplatz kann reduziert werden. Um ein praktikables Reservierungssystem zu entwickeln und implementieren, müssen folgende Rahmenbedingungen definiert werden:

- Max. Vorbuchzeit
- Anzahl der reservierbaren Slots
- Erlaubte max. Stand- und Ladedauer (differenziert nach Tag und Nacht)
- Mindestabnahmemengen (differenziert nach Tag und Nacht)
- (Ggf. Strafen bei Regelbrüchen)

Für die Implementierung und Abwicklung eines solchen Reservierungssystems ist eine digitale Anwendung, bspw. in Form einer App oder Erweiterung der bereits vorhandenen LIS-App, notwendig.

Im Folgenden werden fünf Lösungsansätze am Beispiel des Südviertels vorgestellt und diskutiert:

1. Ausbau von Lade-Hubs

Für einen effizienten Ausbau der LIS sollte im Markthochlauf ein attraktives Zuordnungsverhältnis von LP zu EV realisiert werden, welches im Zeitverlauf heraufgesetzt werden kann. Des Weiteren ist ab der Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen der Ausbau von Lade-Hubs am Rand von dicht besiedelten Wohngebieten in die Planung miteinzubeziehen. Lade-Hubs stellen eine zentrale Stelle dar, an welcher mehrere LP (z. B. 8 LP je Hub) für Nutzer zugänglich sind. Diese erhöhen die LIS-Sichtbarkeit und können durch die Platzierung am Rand von Wohngebieten zur Reduzierung von Mitnahmeeffekten (Laden ohne echten Ladebedarf, LP nutzen als reinen Stellplatz) sowie dem Suchverkehr beitragen.

Aufgrund der geringen absoluten Anzahl an Einwohnern, einem unterdurchschnittlichen Motorisierungsgrad und der daraus resultierenden kurzfristig zu erwartenden EV-Anzahl im Südviertel, wird dieser Lösungsansatz nicht für eine kurzfristige Umsetzung empfohlen. Im Südviertel wohnen insgesamt 7.600 EW, was bei dem mittleren Motorisierungsgrad in Marburg 2.318 privater Pkw entspricht¹²². Laut Prognosen wären im Jahr 2020 darunter nur ca. 12 EV. Kurzfristig ist die Anzahl für einen Hub-Ausbau demnach zu gering. Bis zum Jahr 2025 werden im Mittelwert aller Szenarien 191 EV im Südviertel erwartet, was 32 LP entspricht. Bei 8 LP je Hub könnten vier Lade-Hubs errichtet werden, was bei einer geeigneten räumlichen Verteilung die Abdeckung des Bezirks ermöglichen würde. Bis 2030 wird ein Anstieg auf rund 880 EV prognostiziert, was bei einem langfristigen Zuordnungsverhältnis von 1 LP pro 10 EV (ohne eigenen Stellplatz) 88 LP notwendig machen würde. Zu berücksichtigen ist, dass ein sehr geringer Teil der EV im Südviertel durch Tiefgaragen oder sonstige Stellplätze über private Lademöglichkeit verfügt. Mittel- bis langfristig ist es außerdem empfehlenswert, angrenzende Viertel/ Wohngebiete in die Hub-Planung einzubeziehen.

¹²² Aufgrund geringerer Motorisierungsgrade in Innenstadtbereichen wird die tatsächliche Zahl privater Pkw niedriger geschätzt.

2. Nutzung der Parkflächen von Behörden

Die Zugangsberechtigung für Anwohner zu den Parkflächen von Behörden zu Zeiten (werktags 18:00 – 8:00, Wochenende), an denen diese nicht benötigt werden, erhöht die Auslastung der Arbeitgeber-LIS. Für diese Art der Doppelnutzung kämen zahlreiche Standorte im Südviertel in Betracht, wie z. B. das Jugend- und Sozialamt, das Amtsgericht Marburg, das Hessische Staatsarchiv oder das Sozialgericht Marburg. Die organisatorische Umsetzbarkeit muss für jeden Standort im Einzelfall geprüft werden.

Zur Abschätzung des Potentials dieses Lösungsansatzes wurden 8 potentielle Behördenstandorte ausgewählt und deren Einzugsgebiet berechnet (vgl. Abbildung 74 (T3)). Dazu wurde angenommen, dass der Fußweg von der Ladestation zum Wohnort max. 500 m betragen sollte, weshalb ein Radius von 333 m gewählt wurde (bei einem angenommenen Umweg-Faktor von 1,5). Um eine Aussage treffen zu können, wie groß der Anteil der Bevölkerung ist, welcher damit Zugang zu Anwohner-LIS erhält, wurden die Einwohner des Bezirkes Südviertel auf alle Wohngebäude¹²³ verteilt. Demnach wäre bei der Doppelnutzung der ausgewählten Parkflächen für 84 % aller Anwohner die Erreichbarkeit von LIS ermöglicht. Lediglich im südwestlichen Teil des Bezirkes liegen die Fußwege deutlich über 500 m.

Da zu erwarten ist, dass nur ein Teil der Behördenstandorte für Anwohner-LIS geeignet ist, müsste dieser Ansatz mit anderen Ansätzen kombiniert werden oder durch öffentliche AC-Ladepunkte ergänzt werden. Diese sollten über eine Ladeleistung von 22 kW verfügen, um eine Nutzung während des Tages als Opportunity Charging sinnvoll zu gestalten (bei einer empfohlenen Höchstparkdauer von 2 – 4 h zwischen 9:00 – 18:00 werktags). In Hinblick auf eine möglichst flächenhafte Abdeckung von Wohngebieten trotz eines geringen EV-Bestandes ist kurzfristig eine Ladestation pro Ladeort ausreichend.

Dieser Ansatz kann als kurzfristige und temporäre Teillösung dienen, bis die Anzahl an EV im Wohngebiet ausreichend hoch ist, um mehrere Lade-Hubs auslasten zu können. Falls sich dieser Ansatz als geeignet und dauerhaft praktikabel erweist, wird ein Rückbau von öffentlichen Parkflächen in der Größenordnung der neu geschaffenen Stellflächen empfohlen. Damit wird einerseits der Parkdruck aufrechterhalten, was die höhere Attraktivität des MIV in der Innenstadt verhindert. Andererseits können die gewonnenen Flächen als Grünflächen, Fahrradstellplätze und ähnlichem genutzt werden, was die Attraktivität des Quartiers erhöht.

¹²³ Die Erstellung des Wohngebäudekatasters beruht auf Daten aus OpenStreetMap, welche anhand ihrer Lage und Attribute extrahiert wurden.

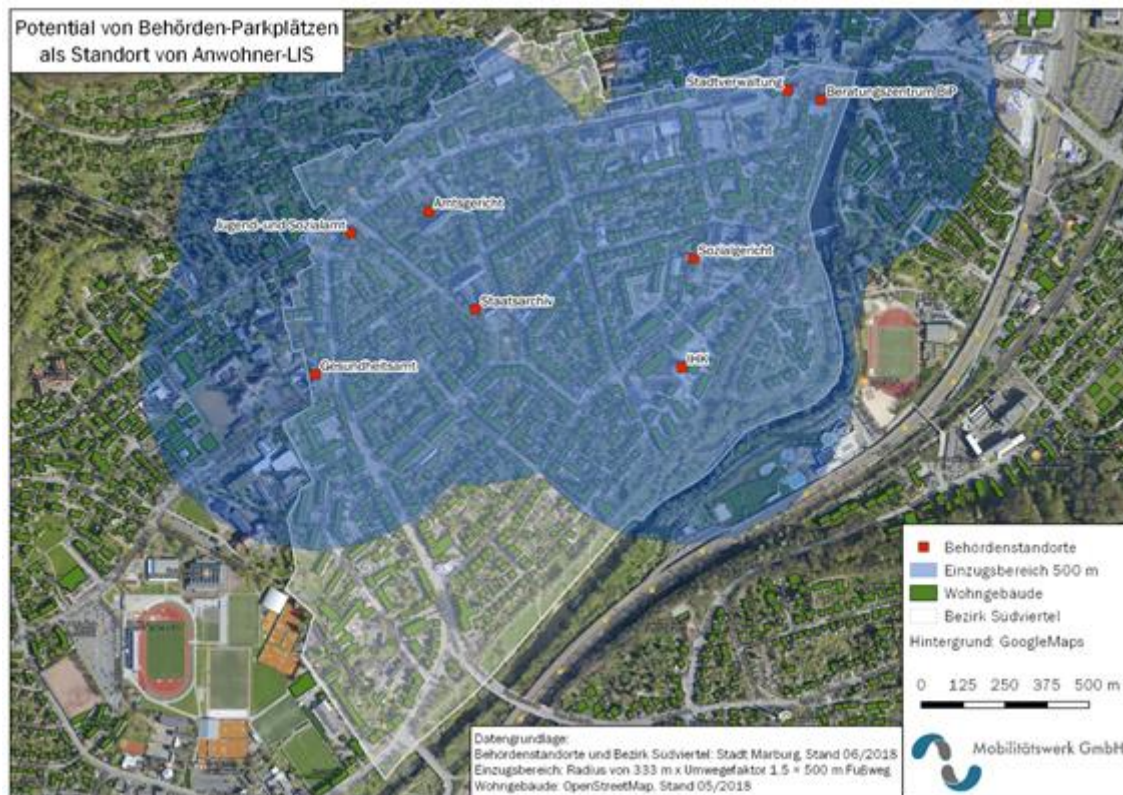


ABBILDUNG 74 (T3): POTENTIAL VON BEHÖRDEN-PARKPLÄTZEN ALS STANDORT VON ANWOHNER-LIS, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG

3. Nutzung gewerblicher Parkflächen

Weiterhin könnten Anwohner halböffentliche Flächen analog zu bestimmten Zeiten zum Laden nutzen. Eine Zugangsberechtigung für Anwohner zu Zeiten der gewerblichen Nicht-Nutzung (werktags 18/20:00 – 8:00) ist dafür Voraussetzung.

Im Südviertel gibt es dafür zahlreiche geeignete Standorte, wie beispielsweise das City Parkhaus, den Rewe City und den Parkplatz Sporthalle. Bei manchen Flächen kann die Überschneidung der Nutzungszeiten ein Problem darstellen, insbesondere im Einzelhandel mit Öffnungszeiten bis 22:00 Uhr. Dies ist allerdings abhängig von der Auslastungsintensität durch die Kunden und der Nachfrage nach Parkplätzen durch die Anwohner. Geeignete Nutzungsmodelle sollten einzelfallabhängig entwickelt werden.

Die Potential-Analyse zeigt, dass zahlreiche gewerbliche Parkflächen im Südviertel vorhanden sind, welche als potentielle Standorte von Anwohner-LIS geeignet wären (vgl. Abbildung 75 (T3)). Theoretisch wäre daher eine Erreichbarkeit für alle Anwohner des Südviertels möglich. Jedoch ist davon auszugehen, dass nur eine geringe Anzahl der potentiellen Standorte tatsächlich als Anwohner-LP realisierbar ist.

Analog zur Nutzung von Behörden-Parkplätzen wird bei einer langfristigen Nutzung der gewerblichen Parkflächen ein Rückbau der öffentlichen Parkflächen empfohlen.

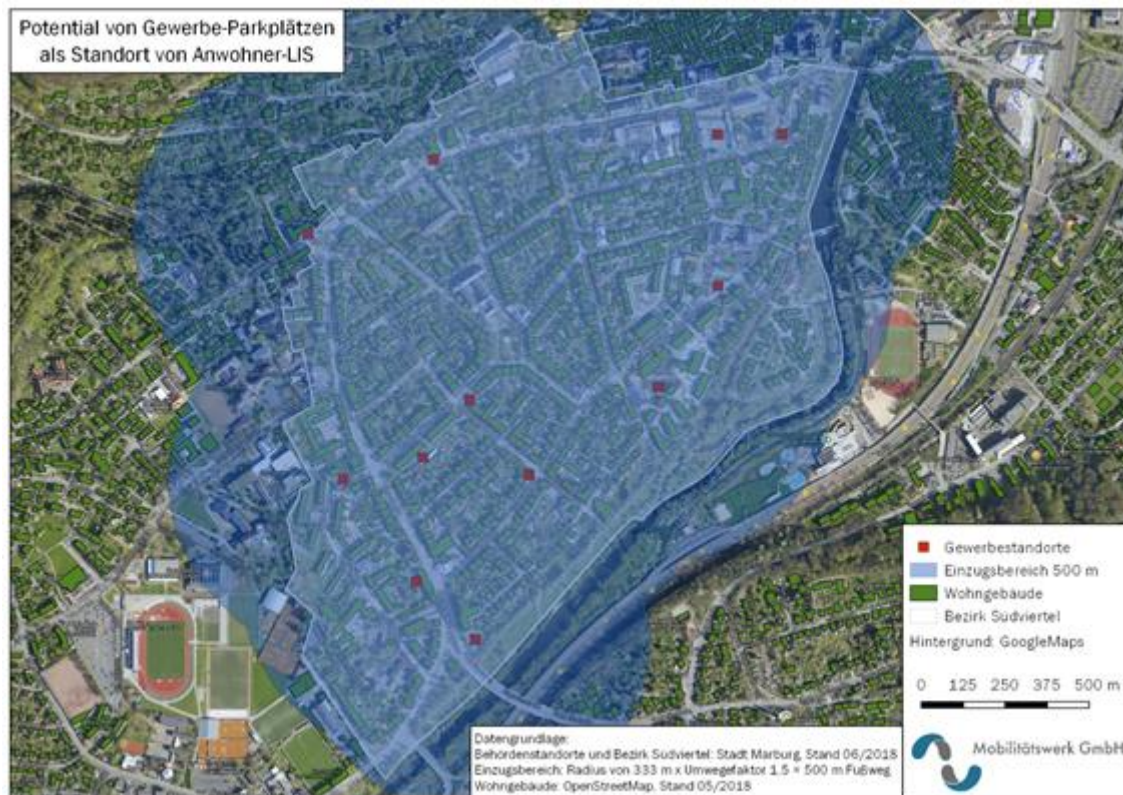


ABBILDUNG 75 (T3): POTENTIAL VON GEWERBE-PARKPLÄTZEN ALS STANDORT VON ANWOHNER-LIS, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG

4. Nutzung von E-Carsharing-Ladestationen durch Anwohner

Aufgrund langer Mietdauern bei stationärem Carsharing (Ø 8 Stunden), ergeben sich gerade an Wochenenden extrem lange ‚Leerzeiten‘. Somit ist die Auslastung der LIS gering. Hinsichtlich einer gewünschten Reduktion von ruhendem und fließendem Verkehr bietet stationäres Carsharing durch gezielte Disponierung große Potentiale. Die Nutzung der LIS stationärer CS-Hubs durch andere EV-Besitzer wäre bei Nicht-Belegung effizient und wünschenswert. Allerdings bedingt stationäres Carsharing eigene Stellplätze, was eine Freigabe der LIS prozessual erschwert. (Dies wäre durch eine Reservierungsfunktion seitens des Carsharing-Anbieters technisch lösbar). Alternativ wäre ein exklusiver Anwohnerparkplatz für EV neben den Carsharing-Parkplätzen möglich.

Aufgrund der zahlreichen bestehenden Carsharing-Stationen im Südviertel bietet dieser Ansatz ebenfalls eine Erreichbarkeit von LIS für alle Anwohner (vgl. Abbildung 76 (T3)). Da die Nutzung von E-Carsharing-Ladestationen in der Regel nur für 1 – 2 private EV möglich ist, stellt dieser Ansatz lediglich eine kurzfristige Lösung dar und kann mittelfristig durch Lade-Hubs ersetzt oder ergänzt werden.

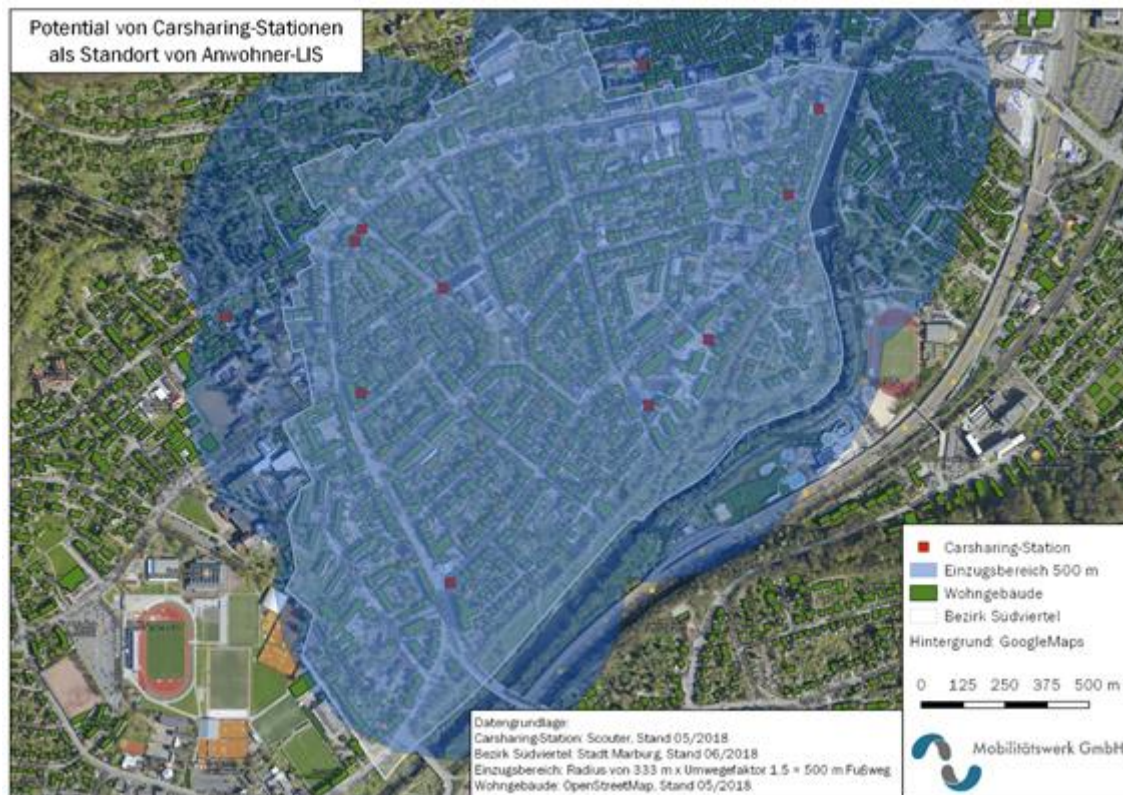


ABBILDUNG 76 (T3): POTENTIAL VON CARSHARING-STATIONEN ALS STANDORT VON ANWOHNER-LIS, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG

5. Schnellladetankstellen

Parkzeit kann grundsätzlich in ‚aktives‘ und ‚inaktives‘ Parken unterteilt werden. Inaktives Parken beschreibt die Parkzeit vor der ersten/ nach der letzten Fahrt am Tag und beträgt in Deutschland durchschnittlich 16 h/ Tag. Aktives Parken meint die Parkzeit nach einer Fahrt, die nicht die letzte am Tag ist und weist einen durchschnittlichen Wert von 6 h am Tag, z. B. am Arbeitsplatz, auf. Am Wochenende ist die inaktive Parkzeit tendenziell noch höher.¹²⁴ Aufgrund der langen Standdauern der Fahrzeuge in Wohngebieten kommen Schnellladepunkten dort keine bzw. nur eine sehr geringe Bedeutung zu. Interessant wären Schnelllademöglichkeiten in Wohngebieten lediglich für Anlieger (Besucherverkehre). Da diese Ladungen aber substituierbar sind, sollte ihnen bei der Konzeptionierung für LIS in typischen Wohnvierteln keine Relevanz beigemessen werden.

3.2.5 Kosten und Finanzierung der Umsetzung

Kosten von LIS

Die Investitionskosten für Ladeinfrastruktur setzen sich im Wesentlichen aus der Beschaffung der Hardware, des Netzanschlusses, der Planung und Genehmigung sowie der Montage zusammen. Die Kosten variieren je nach Standort in Abhängigkeit von notwendigen Grabungsarbeiten, Neuverlegung von Kabeln oder sonstigen Baumaßnahmen. Außerdem unterscheiden sich die Kosten der Hardware je nach Ausstattung und Zusatzfunktionen.

Die Nationale Plattform für Elektromobilität (NPE, 2015) prognostizierte eine Abnahme der Kosten bis zum Jahr 2020 auf rund 3.750 € pro AC-Ladepunkt (vgl. Tabelle 54 (T3)). DC-

¹²⁴ Vgl. Pasaoglu et. al. 2014, S. 55

Ladepunkte sind weitaus kostenintensiver. Je nach Anbieter sind hier Kosten von ca. 24.000 € pro DC-Ladepunkt anzusetzen. Aufgrund des Marktbildes können diese Größenordnungen als Referenzwerte dienen.

Ladetechnik	Ladesäule	Ladesäule
Spannungstyp	AC	DC
Smart Meter & Energiemanagement	Ja	Ja
Ladepunkt	2	1
Ladeleistung	22 kW	50 kW
Hardware komplett, inkl. Kommunikation und Smart Meter [€]	2.500	15.000
Netzanschlusskosten [€]	2.000	5.000
Genehmigung/Planung/Standortsuche [€]	1.000	1.500
Montage/Baukosten/Beschilderung [€]	2.000	3.500
Gesamte Investitionskosten [€]	7.500	24.000
Kommunikationskosten	Marktübliche Mobilfunkverträge/ Erfahrungen aus Ladesäulenbetrieb	
Vertragsmanagement/Abrechnung	Annahme: ½ bis 1 Mitarbeiter	
IT-System	Nach Eigenaufwand bzw. Marktangebot	
Betriebskosten (€/a)	750	1.500

TABELLE 54 (T3): ALLGEMEINE MÖGLICHKEITEN VON VERGABE-VERFAHREN, EIG. DARSTELLUNG

Fördermöglichkeiten von LIS

Derzeit gibt es für Kommunen zwei Förderprogramme auf Bundesebene zur Errichtung von LIS (vgl. Tabelle 55 (T3)). Die Förderrichtlinie Elektromobilität des BMVI unterstützt Kommunen bei der Beschaffung von Elektrofahrzeugen und der dafür benötigten LIS, sofern diese öffentlich zugänglich ist. Die Förderung erfolgt auf dem Wege der Anteilsfinanzierung mit 40 – 60 %. Die Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland unterstützt Städte, Kommunen und private Investoren bei der Errichtung von LIS sowie deren Anschluss an das Nieder- bzw. Mittelspannungsnetz.

Darüber hinaus gibt es für Unternehmen und Organisationen ein Förderprogramm des Landes Hessen, welches die Errichtung von Arbeitgeber-LIS mit bis zu 40 % der Investitionskosten bis einschließlich 2019 fördert.

Name und Förderer	Förderrichtlinie Elektromobilität vor Ort des BMVI	Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland des BMVI
Ende der Laufzeit	31.08.2018	31.12.2020
Volumen in Mio. €	k. A.	300
Fördergegenstand	- Beschaffung von Elektrofahrzeugen und Ladeinfrastruktur - Erarbeitung kommunaler Elektromobilitätskonzepte - Forschung und Entwicklung zur Unterstützung des Markthochlaufs von Elektrofahrzeugen	- Errichtung öffentlicher Normal- und Schnellladeinfrastruktur - Ggf. Aufrüstung vor Inkrafttreten der Richtlinie betriebener Infrastruktur (bei zusätzlichem Mehrwert)
Förderhöhe	Anteilsfinanzierung von 40 – 60 % (bei finanzschwachen Kommunen bis 90 %)	- Max. 40 %, max. 2.500 € pro Normalladepunkt + max. 40 %, max. 5.000 € Netzanschluss - Max. 40 %, max. 30.000 € pro Schnellladepunkt + max. 40 %, max. 50.000 € Netzanschluss - Max. 5 Mio. € pro Antragssteller
Voraussetzungen	- Antragsstellung der jeweilig verantwortlichen Entität - Prüfung des Antrags entscheidet - LIS muss öffentlich zugänglich sein - Anforderungen gemäß Artikel 4 der EU-Richtlinie "Aufbau von Infrastruktur für alternative Kraftstoffe" 2014/94/EU	- LIS mit aktuell offenem Standard - LIS entspricht Vorgaben des Mess- und Eichrechts - Mindestbetriebsdauer 6 Jahre - Kein Beginn des Vorhabens vor Bewilligung

TABELLE 55 (T3): AKTUELLE BUNDESWEITE FÖRDERMÖGLICHKEITEN FÜR DIE ERRICHTUNG VON LIS, EIG. DARSTELLUNG

Kosten bei der Errichtung von öffentlicher AC-LIS für die Stadt Marburg

In der LIS-Prognose für die Stadt Marburg wird mit einem Bedarf von 168 AC-Ladevorgängen im Jahr 2020 gerechnet, welche im Mittel auf rund 8.000 Ladevorgänge pro Tag bis 2030 ansteigt. Als Kompromiss zwischen Verfügbarkeit, Sichtbarkeit und Auslastung wird meist ein Verhältnis von 2 Ladevorgängen pro Tag pro LP im Jahr 2020 angestrebt, welches sich auf ein wirtschaftlich tragfähiges Verhältnis von 4 Ladevorgängen pro Tag¹²⁵ im Jahr 2030 erhöhen soll. Daraus ergäbe sich für das Jahr 2020 einen Bedarf von 84 LP, im Jahr 2025 ein Bedarf von 638 LP und im Jahr 2030 ein Bedarf von 1.978 LP. Es kann aber in der Realität von deutlich (>Faktor 2) mehr LIS ausgegangen werden, die durch halböffentliche LIS zustande kommt. Für die weitere Betrachtung wird davon ausgegangen, dass die Stadt Marburg nur einen Teil der Ladeinfrastruktur im Markthochlauf beisteuert. Damit werden die Werte für die Grundabdeckung erfüllt.

Um die daraus resultierenden Kosten für die Stadt Marburg bzw. die Stadtwerke Marburg abzuschätzen, werden zwei Szenarien berechnet. Im maximalen Kosten-Szenario wird von intensiven Eigenbetrieb (50 % aller AC-Ladepunkte) durch die Stadtwerke Marburg ausgegangen, was die derzeitige Situation widerspiegelt (es werden 5 von 11 Ladeorten betrieben, Stand 07/2018). Außerdem wird angenommen, dass die derzeitige Förderrichtlinie für LIS des Bundes am 31.12.2020 ausläuft und nicht verlängert wird, bzw. es auch keine anderen Förderrichtlinien ab 2021 gibt. Im minimalen Kosten-Szenario wird von einem

¹²⁵ Basierend auf Empfehlungen der NPE, 2015, ohne Berücksichtigung von Komplementärgeschäften im Einzelhandel oder beim Parken.

abnehmenden Anteil von AC-Ladepunkten, welche durch die Stadtwerke betrieben werden, ausgegangen (von 30 % im Jahr 2020 bis 10 % im Jahr 2030). Außerdem wird von einer Verlängerung der Förderprogramme bis 2025 ausgegangen (mit einem Förderanteil von 20 %).

Die Investitionskosten für AC-LIS belaufen sich bis zum Jahr 2030 je nach Szenario auf 891.800 – 3.646.200 € (vgl. Tabelle 56 (T3)). Zusätzlich werden jährliche Betriebskosten von 9.450 – 15.750 € im Jahr 2020 erwartet, welche bis 2030 auf 74.184 – 370.922 € ansteigen.

Kosten bei der Errichtung von DC-LIS für die Stadt Marburg

In der LIS-Prognose für die Stadt Marburg wird mit 5 DC-Ladevorgängen pro Tag im Jahr 2020, bis 2030 mit 275 Ladevorgängen pro Tag gerechnet. Es wird ein Verhältnis von 2 Ladevorgängen pro Tag pro LP im Jahr 2020 empfohlen, welches auf ein wirtschaftlich tragfähiges Verhältnis von 10 Ladevorgängen pro Tag¹²⁶ im Jahr 2030 ansteigt. Daraus ergibt sich für das Jahr 2020 ein Bedarf von 2-3 Ladepunkten, im Jahr 2025 ein Bedarf von 13 LP und im Jahr 2030 ein Bedarf von 28 LP.

Das Maximal- und Minimal-Szenario wird analog zu den Szenarien der AC-LIS erstellt.

Für DC-LIS werden bis zum Jahr 2030 Investitionskosten in Höhe von 85.300 – 318.000 € erwartet (vgl. Tabelle 56 (T3)). Zusätzlich werden jährliche Betriebskosten von 1.125 – 1.875 € im Jahr 2020 erwartet, welche bis 2030 auf 4.125 – 20.625 € ansteigen.

Kosten bei der Errichtung von Anwohner-LIS für die Stadt Marburg

Bis zum Jahr 2030 wird erwartet, dass von den ca. 29.000 privaten Pkw 7.066 elektrifiziert sein werden, wovon wiederum die Hälfte keine Möglichkeit besitzt, privat zu Laden. Bei einem Zuordnungsverhältnis von 1 LP pro 6 zugelassenen EV ergibt sich ein Bedarf von ca. 600 Anwohner-LP. Im maximalen Kosten-Szenario wird davon ausgegangen, dass die Stadtwerke Marburg den Betrieb aller LP durchführen. Im minimalen Kosten-Szenario wird berücksichtigt, dass, wie im Kapitel 3.2.4 beschrieben, ein Teil der Anwohner-Ladevorgänge auf gewerblichen Parkplätzen durchgeführt wird (bei denen die Stadtwerke Marburg nicht zwingend der LIS-Betreiber sein müssen). Daher werden lediglich 75 % der Anwohner-Ladepunkte durch die Stadtwerke betrieben. Die Förderprogramme werden analog zu den Szenarien der Normal-LIS einbezogen.

Für die Errichtung von Anwohner-LP werden bis zum Jahr 2020 Investitionskosten in Höhe von 83.300 – 133.500 € erwartet. Da je nach Lösungsansatz (vgl. Kapitel 3.2.4) die Anwohner-LP einer Doppelnutzung unterliegen (z. B. als Arbeitgeber-LP oder als LIS des Fuhrparks von Behörden) können die Gesamtkosten reduziert werden. Außerdem kann bei der Errichtung von LIS für den kommunalen Fuhrpark auf die Förderrichtlinie Elektromobilität vor Ort zurückgegriffen werden (vgl. Tabelle 55 (T3)). Bis zum Jahr 2030 belaufen sich die Investitionskosten auf 1.578.900 – 2.202.900 € (vgl. Tabelle 56 (T3)). Zusätzlich werden jährliche Betriebskosten von 1.125 – 1.875 € im Jahr 2020 erwartet, welche bis 2030 auf 4.125 – 20.625 € ansteigen.

¹²⁶ Basierend auf Empfehlungen der NPE, 2015

	Normalladen		Schnellladen		Anwohnerladen		Summe	
Zeitraum	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
2018 - 2020	56,7	94,5	10,8	18,0	15,8	21,0	83,3	133,5
2021 - 2025	332,6	1.039,4	38,8	121,2	292,9	488,1	664,3	1.648,7
2026 - 2030	502,5	2.512,3	35,8	178,8	1.270,3	1.693,8	1.808,5	4.384,9
Summe	891,8	3.646,2	85,3	318,0	1.578,9	2.202,9	2.556,1	6.167,1

TABELLE 56 (T3): INVESTITIONSKOSTEN IN 1.000 € FÜR DIE STADT MARBURG BEIM AUSBAU VON LIS, EIG. DARSTELLUNG

Die gesamten Investitionskosten für die Errichtung von LIS belaufen sich je nach Szenario auf 2,6 – 6,2 Mio. €. Da diese maßgeblich von dem Anteil der LP abhängen, welche von den Stadtwerken Marburg betrieben werden, sind deutlich höhere oder geringere Investitionskosten möglich. Die jährlichen Betriebskosten im Jahr 2030 betragen je nach Anzahl der LP zwischen 244.000 und 613.000 €. Einnahmen wurden nicht berücksichtigt, da die Konditionen nicht vorlagen. Beim Anwohner- und Normalladen sind nur sehr geringe Margen (2 – 10 Cent) je Kilowattstunde möglich. Beim Schnellladen kann dieser Betrag ggf. doppelt so hoch sein. Je nach Auslastung der Ladeinfrastruktur und Preissetzung müssen diese Erlöse von den Gesamtkosten abgezogen werden.

Finanzielle Förderungen zur Anschaffung von Elektrofahrzeugen, Wallboxen oder sonstiger LIS (für Privatpersonen oder Arbeitgeber) durch die Stadt Marburg oder die Stadtwerke Marburg wurden nicht berücksichtigt.

3.2.6 Handlungsempfehlungen und Prioritäten

Allgemeine Empfehlungen für die Errichtung von LIS

- Für den Ausbau von LIS sollten potentielle Akteure und Investoren adressiert werden, insbesondere im POS-Bereich. Diese können zur Kundengewinnung und –Bindung LIS einsetzen, womit andere Geschäftsmodelle entstehen. LIS wird eine Grunderwartung der Kunden werden.
- Damit ergeben sich Co-Finanzierungen zur Ladeinfrastruktur, die sich nicht direkt aus den Ladevorgängen ergeben.
- Im Markthochlauf sollte der LIS-Ausbau zwischen den Akteuren koordiniert werden, da die Nachfrage gering ist und überschneidende Aktivitäten zu einer weiter sinkenden Wirtschaftlichkeit führen.
- Kurzfristig sollten AC-Ladeorte mit guter öffentlicher Sichtbarkeit gefördert werden.
- Die Verwendung von Ökostrom sollte angestrebt werden.
- Parkplatzbetreiber sollten verpflichtet werden, eine Mindestanzahl an frei verfügbaren Parkplätzen im öffentlich zugänglichen Raum (z.B. Parkhäuser, Parkplätze) zu elektrifizieren.
- Erfahrungen in anderen Städten haben gezeigt, dass die Belegung von LIS durch Verbrenner-Fahrzeuge mithilfe von Bodenmarkierungen deutlich reduziert werden kann, weshalb diese empfohlen wird.

- Die rechtlichen Rahmenbedingungen von Parkflächen an Ladesäulen müssen ein Abschleppen erlauben. Ergänzend sollten Bußgelder auf mind. 50 € erhöht werden.
- Um dem Angebot an LIS eine Nachfrage entgegen zu setzen, bedarf es an Initiativen, um den Anteil der Elektrofahrzeuge deutlich zu erhöhen.

Empfehlungen für Anwohner-LIS

- Es wird empfohlen, Parkflächen von Behördeninstitutionen sowie halböffentliche Parkflächen vom Gewerbe in eine kurzfristige LIS-Konzeptionierung einzubeziehen, soweit dies hinsichtlich baulicher und rechtlicher Gegebenheit möglich ist.
- Alternativ wird die kurzfristige Errichtung von 1 Ladesäule pro Ladeort (22 kW) in Wohnquartieren empfohlen (max. Distanz zum Wohnort < 500 m).
- Langfristig (ab 2025) werden Hub-Konzepte aufgrund des hohen EV-Anteils sinnvoll umsetzbar.
- Eine hohe Verfügbarkeit von Anwohner- und/ oder Arbeitgeber-LIS wird den Bedarf an (halb-)öffentlicher LIS deutlich reduzieren und ist zu forcieren.
- In Außenstadtteilen ist die Möglichkeit für privates Laden überwiegend gegeben, jedoch sollte die Möglichkeit bestehen, Standortwünsche von Bürgern zur Errichtung von Anwohner-LIS einzubeziehen (z. B. mittels Public Participation GIS).

Empfehlungen für öffentliche AC-LIS

- die Errichtung von AC-Ladestationen an Park+Ride Plätzen (insbesondere am Bahnhof Marburg) wird aus zweierlei Hinsicht empfohlen:
 - Einerseits wird intermodale Mobilität gefördert und andererseits können attraktive Tarife den Kaufanreiz eines EV erhöhen.
 - Weiterhin ermöglicht es Pendlern ohne Möglichkeit privaten Ladens eine komfortable Lademöglichkeit.

Empfehlungen für DC-LIS

- Sicherstellung einer Grundversorgung/ Notfallnetz
- Errichtung von 1 – 2 DC-Ladeorten mit hoher kommunikativer Wirkung im innerstädtischen Bereich bis 2020 (deren Auslastung zwar anfangs gering ist, jedoch eine hohe Vertrauenswirkung besitzt).¹²⁷

Empfehlungen für Arbeitgeber-LIS

- Die prognostizierte Anzahl des Arbeitgeberladens liegt über der von (halb-) öffentlichen Ladevorgängen. Dem Informieren und Einbinden relevanter Arbeitgeber in der Stadt Marburg kommt daher ebenfalls ein hoher Stellenwert zu.

Insbesondere durch das Landesförderprogramm für Unternehmen ist die Errichtung von Arbeitgeber-LIS auch kurzfristig attraktiv.

¹²⁷ Eine geringe Auslastung wird bei Tarifen erwartet, welche deutlich über denen von AC-Ladesäulen liegen. Für Standorte entlang der B3 wird ein hoher DC-Ladebedarf erwartet, was in Verbindung mit Einkaufszentren auch ein hohes Kundenbindungspotential, weshalb diese Standorte kurz- bis mittelfristig durch privaten Investoren besetzt werden.

3.3 T3_Maßnahme 3: Ausbau Ladeinfrastruktur (LIS) für Elektroräder

3.3.1 Konzept

Aktuelle Elektrofahrräder weisen Reichweiten zwischen 40 und 80 km im Realbetrieb auf. Da wenige Nutzer von Elektrorädern längere Strecken absolvieren, ist LIS nicht zwingend. Vielmehr stellt es einen Mehrwert und einen Anziehungspunkt dar. Die nachfolgende Betrachtung nimmt eine Ermittlung von möglichen Standorten für LIS vor, ohne die Notwendigkeit der LIS in Zweifel zu stellen. Die Ergebnisse stellen demnach auch Attraktivitätspunkte für Bikesharing konventioneller und elektrisch unterstützter Fahrräder dar.

LIS für Elektrofahrräder spricht unterschiedliche Nutzergruppen wie Touristen, Pendler, Studenten u. v. a. an. Da die Relevanz dieser Gruppen je nach Untersuchungsgebiet stark variiert, wird in der Standortanalyse eine Differenzierung zwischen den folgenden drei Nutzergruppen durchgeführt:

1. Touristen
2. Nutzer mit dem Wegezweck Beruf/ Ausbildung und
3. Nutzer mit dem Wegezweck Freizeit/ Einkaufen

Datengrundlage

Für jede dieser Gruppen wurden relevante Standortfaktoren herausgearbeitet, welche als Grundlage für die Berechnung eines Attraktivitäts-Scores dienen (vgl. Abbildung 77 (T3)). Da der Tourismus in Marburg mit über 360.000 Übernachtungen im Jahr 2017 eine wichtige Rolle einnimmt und diese Nutzergruppe in der Regel über keine eigene Lademöglichkeit vor Ort verfügt, fließt diese Nutzergruppe mit 50 % Gewichtung ein, die anderen beiden jeweils mit 25 %.

Für die Nutzergruppe Tourismus wurden u. a. alle Unterkünfte und deren Bettenanzahl¹²⁸, Sehenswürdigkeiten und Restaurants und deren Nutzerbewertungen¹²⁹ sowie Fahrradgeschäfte und –verleihmöglichkeiten berücksichtigt (vgl. Abbildung 78 (T3)). Diese Pol wurden wiederum abhängig von ihrer Nähe zu Radfernwegen und Fahrradspuren gewichtet.

Für die Nutzergruppe mit dem Wegezweck Beruf und Ausbildung wurden alle Unternehmensstandorte mit > 50 Mitarbeitern¹³⁰, Hochschuleinrichtungen und deren Studenten¹³¹ sowie Bahnhöfe nach deren Passagieren sowie weiteren Standortfaktoren gewichtet.

Für die Nutzergruppe mit dem Wegezweck Freizeit und Einkaufen wurden analog zur Methodik aus Kapitel 3.2.2 Geodaten aus OpenStreetMap verwendet. Rund 3.600 relevante Pol und PoS wurden gefiltert und anschließend hinsichtlich ihrer Relevanz für Fahrrad-LIS bewertet. Folgende Merkmale wurden zugewiesen:

- Mittlere Aufenthaltsdauer (basierend auf Google Places)
- Öffnungszeiten (Angaben aus OpenStreetMap) und Frequentierung (Google Places)
- Besucher/Kunden (Recherche diverser Quellen, Annahme)

¹²⁸ Marburg Stadt + Land Tourismus GmbH, o. J.

¹²⁹ Die Daten wurden anhand von Tripadvisor gesammelt, Stand 06/2018.

¹³⁰ Referat für Stadt-, Regional- und Wirtschaftsentwicklung der Stadt Marburg, Stand 2018

¹³¹ Die Daten wurden anhand von OpenStreetMap und der Philipps-Universität Marburg, 2018 gesammelt.

▪ Einzugsgebiet (GIS-Analyse)

Standortfaktoren		
Tourismus	Beruf und Ausbildung	Freizeit und Einkaufen
• Unterkünfte (Anzahl der Betten) • Sehenswürdigkeiten (Bewertungen) • Gastronomie (Bewertungen) • Fahrradgeschäfte/-verleih • Radfernwege • Fahrradspuren	• Unternehmen (Anzahl der Beschäftigten) • Hochschule/Institute (Anzahl der Studenten/Mitarbeiter) • Schulen • Bahnhöfe (Anzahl der Passagiere) • Carsharing-Standorte • Fahrradspuren	• Einzelhandel • Dienstleistungen (Frisör, Physiotherapeut, Arzt) • Kultureinrichtungen (Museum, Theater, ...) • Sport- und Freizeiteinrichtungen (Stadion, Schwimmhalle, ...) • Carsharing-Standorte • Fahrradspuren
Einbeziehung von Bikesharing-Nutzungsdaten (von Nextbike)		

ABBILDUNG 77 (T3): NUTZERGRUPPEN UND RELEVANTE STANDORTFAKTOREN, EIG. DARSTELLUNG

Darüber hinaus wurde die Nutzungshäufigkeit des Bikesharing-Anbieters Nextbike (mit 29 Stationen und rund 250 Fahrrädern) einbezogen. Es wird aufgrund von Erfahrungen, Gesprächen und Beobachtungen von 600 Buchungen am Tag ausgegangen, was einer Auslastung von 2,4 Fahrten pro Fahrrad und Tag entspricht. Die drei Stationen mit der höchsten Nutzungshäufigkeit sind die Neue Universitätsbibliothek, der Elisabeth-Blochmann-Platz und der Bahnhof mit jeweils über 30 Fahrten pro Tag.

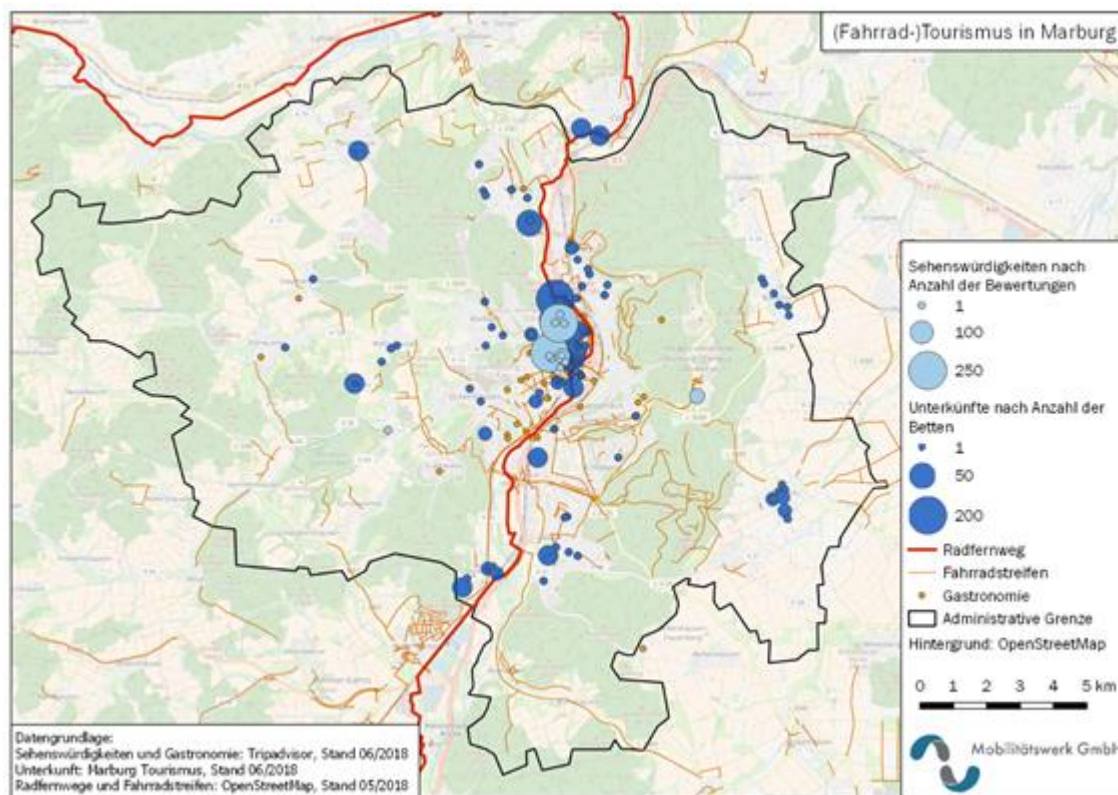


ABBILDUNG 78 (T3): AUSGEWÄHLTE STANDORTFAKTOREN FÜR DIE NUTZERGRUPPE 'TOURISTEN' IN MARBURG, EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG

Berechnung

Für die räumliche Verschneidung der Geodaten wurde für das Stadtgebiet Marburg ein Raster mit 711 Hexagonen und einer Fläche von je 200 m² erstellt. Für jede Nutzergruppe wurde anschließend ein Score, basierend auf den Standortfaktoren, erstellt, welcher die Attraktivität des jeweiligen Hexagons widerspiegelt.

3.3.2 Ergebnisse

Die Standortanalyse zeigt, dass je nach Nutzergruppe andere Gebiete relevant sind und dass sich geeignete Gebiete auf einen kleinen Teil des Stadtgebietes begrenzen.

Detaillierte Betrachtung:

- Freizeit und Einkaufen: geeignete Standorte verteilen sich primär auf den Innenstadtbereich, insbesondere die Bezirke Altstadt, Campusviertel, Südviertel, Weidenhausen und Südbahnhof. Eine ebenfalls gute Eignung weist der Stadtteil Wehra auf (Kaufpark Wehrda).
- Tourismus: Standorte mit guter und sehr guter Eignung konzentrieren sich auf einen kleinen Innenstadtbereich in den Bezirken Altstadt, Campusviertel, Weidenhausen.
- Arbeit und Ausbildung: Standorte mit guter und sehr guter Eignung sind polyzentrisch verteilt und befinden sich einerseits in den Innenstadtbezirken Altstadt, Campusviertel, Weidenhausen und Südviertel, andererseits auf dem Campus Lahnberge, bei den Behringwerken in Marburg-Marbach und am Landratsamt Marburg in Cappel.
- Kombiniert man die drei Nutzergruppen (mit 50 % Gewichtung des Tourismus und je 25 % für Freizeit/ Einkaufen und Arbeit/ Ausbildung), ergeben sich vier Schwerpunkte für die Errichtung von LIS:
 1. Die Innenstadtbezirke Altstadt und Campusviertel als wichtigste Gebiete sowie die umliegenden Bezirke Weidenhausen und Südviertel
 2. Campus Lahnberge
 3. Behring-Werke in Marburg-Marbach
 4. Kaufpark Wehrda

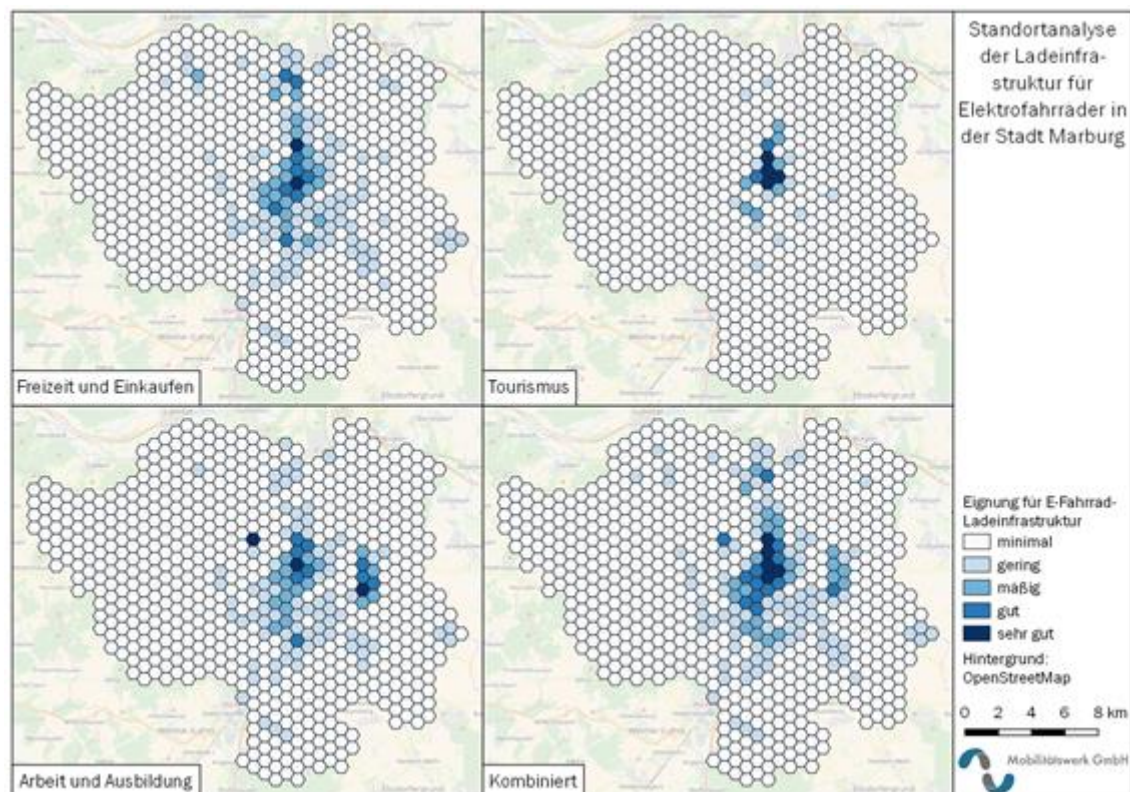


ABBILDUNG 79 (T3): STANDORTANALYSE DER LIS FÜR ELEKTROFAHRRÄDER IN MARBURG (DIFFERENZIIERT NACH NUTZERGRUPPEN), EIG. BERECHNUNG UND DARSTELLUNG

3.3.3 Mögliche Synergieeffekte mit LIS für EV

Synergieeffekte mit LIS für EV ergeben sich vordergründig durch die gleichzeitige Nutzungsmöglichkeit der LIS-Anschlüsse. Die meisten bereits installierten Ladestationen in Marburg haben mindestens einen Schuko-Anschluss, welcher zum Laden von Elektrofahrrädern geeignet ist. Allerdings existiert dann kein Diebstahlschutz für die Akkus. Weitere Synergieeffekte ergeben sich auf der Standort-Ebene. Durch eine gemeinsame Standortplanung von LIS für E-Fahrzeuge sowie Räder können Einsparungen im Planungsaufwand, bei Installations- sowie Nachrüstungskosten erzielt werden.

Weiterhin kann durch gemeinsame Anordnungen von LIS für E-Fahrzeuge und E-Räder ein intermodales Mobilitätsverhalten der Nutzer gefördert werden. Umweltfreundliche und zukunftsweisende Mobilitätskonzepte können nur in der Gesamtheit aller Verkehrsträger wirkungsvoll realisiert werden. Die Nutzung von Verkehrsmitteln des Umweltverbundes ist dabei essenziell und sollte gefördert werden. Durch gesteigerte Wahrnehmung und niedrige Zugangsbarrieren kann dies unterstützt werden. Ein wesentlicher Bestandteil ist nicht nur der LIS-Ausbau für E-Fahrzeuge und Räder, sondern auch eine Implementierung von Sharing-Angeboten. Dadurch können Nutzer das Verkehrsmittel ohne relevante Zwischenwege und Umsteigezeiten wechseln. Dabei ist es empfehlenswert, einheitliche Zugangssysteme und –medien für einfache Wechsel und eine hohe Nutzerfreundlichkeit zu implementieren.

3.3.4 Handlungsempfehlungen

- LIS für Elektroräder ist nur in der Beherbergungsbranche und bei Pedelec-Sharingangeboten zwingend. Sie trägt aber generell dazu bei, Akzeptanz, Komfort und Sichtbarkeit zu erhöhen.
- Die Diebstahlsicherung des Akkus stellt eine große Herausforderung für private Pedelecs beim Ladevorgang an öffentlicher LIS dar. Dafür müssen spezielle Boxen oder eine hohe Sichtbarkeit während der vergleichsweise langen Ladedauer geschaffen werden.
- Durchführung von Workshops/ Kampagnen zur Informationsvermittlung und Aktivierung von Stakeholdern zur Errichtung von LIS (Unternehmen, Hotel- und Gastronomiebetreiber sowie Fahrradhändler und -verleihe).
- Errichtung von LIS an touristisch relevanten Punkten in den Bezirken Altstadt und Campusviertel an gut sichtbaren Punkten.
- Neben den ausgewiesenen Gebieten ist die Errichtung von LIS generell an hochfrequentierten Standorten wie dem Bahnhof empfehlenswert.
- Kartendarstellung aller vorhandenen Ladestationen für Elektrofahrräder durch die Marburg Stadt und Land Tourismus GmbH (analog und digital) umsetzen.
- LIS-Standpunkte um multimodale Mobilitätsangebote in Form von Sharing-Angeboten erweitern.

3.4 T3: Wirkungsdimension der Umsetzbarkeit

Nr.	Maßnahmentitel und Kurzbeschreibung
Maßnahme	hoch, mittel, gering
Priorität	Angabe von Jahren. Beschreibt die tatsächliche praktische Umsetzung (z.B. Fahrradbrücke existiert und ist für Nutzung freigegeben). Bei besonderer Relevanz ggf. Planungsvorlauf bzw. Vorlaufzeit nennen.
Umsetzungshorizont	
Potenzial zur NO₂-Minderung	Abschätzung quantitativ [kg/Jahr] für einzelne Maßnahmen ggf. nicht abschätzbar
Wirkungsbereich	klein (lokal klein-räumlich), mittel (stadtteil-übergreifen), groß (gesamtsädtisch, regional), *Hotspot (VEP-Betroffenheitsfaktor)
Wirkungsklasse	5 stark, 4 mittel-stark, 3 mittel, 2 mittel-schwach, 1 schwach
Wirkungshorizont	kurzfristig (bis 2020), mittelfristig (bis 2025), langfristig (bis 2035)
Kosten Fördermöglichkeiten	Investitionskosten, Planungskosten, Betriebskosten, Personalkosten benennen von Förderrichtlinien

TABELLE 57 (T3): LESEHILFE WIRKUNGSDIMENSION DER UMSETZBARKEIT, EIGENE DARSTELLUNG

Nr.	1	2	3
Maßnahme	Errichtung von Ladeinfrastruktur für Anwohner im Südviertel als Pilotprojekt, evt. Kombination mit Arbeitgeberladen an Behördenstandorten	Schrittweise Errichtung von Ladeinfrastruktur für Anwohner in verdichten Wohnquartieren der Innenstadtteile	Errichtung von öffentlicher AC-LIS an multimodalen Knotenpunkten sowie hoch frequentierten Standorten mit guter Wahrnehmung
Priorität	Hoch	Hoch	Mittel
Umsetzungshorizont	1 Jahr	2 - 12 Jahre	1 – 12 Jahre
Potenzial zur NO₂-Minderung			
Wirkungsbereich	Klein	mittel	groß
Wirkungsklasse	5	4	4
Wirkungshorizont	Kurzfristig	Mittelfristig bis langfristig	Kurzfristig bis langfristig
Kosten Fördermöglichkeiten	Investitionskosten: ca. 16.000 - 21.000 € Betriebskosten pro Jahr: ca. 3.000 € Förderrichtlinie: Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge sowie mit Einschränkung Elektromobilität vor Ort	Investitionskosten: ca. 1,6 – 2,2 Mio. € bis 2030 Betriebskosten im Jahr 2030: ca. 0,17 – 0,22 Mio. € Förderrichtlinie: Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge sowie mit Einschränkung Elektromobilität vor Ort	Investitionskosten: ca. 0,9 – 3,6 Mio. € bis 2030 Betriebskosten im Jahr 2030: ca. 74.000 – 371.000 € Förderrichtlinie: Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge

TABELLE 58 (T3): WIRKUNGSDIMENSION DER UMSETZBARKEIT (MAßNAHME 1-3), EIGENE DARSTELLUNG

Nr.	4	5	6
Maßnahme	Koordinierung der Errichtung von LIS zwischen den Akteuren im Markthochlauf	Informieren und aktivieren relevanter Arbeitgeber zur Errichtung von LIS für Mitarbeiter	Kampagnen zur Erhöhung des EV-Anteils im privaten Sektor (in Kooperation mit lokalen Autohäusern)
Priorität	Hoch	Hoch	Mittel
Umsetzungshorizont	1 – 5 Jahre	1 – 2 Jahre	1 – 2 Jahre
Potenzial zur NO₂-Minderung			
Wirkungsbereich	groß	groß	Groß
Wirkungsklasse	4	3	3
Wirkungshorizont	Kurzfristig bis mittelfristig	Kurzfristig	Kurzfristig
Kosten Fördermöglichkeiten	Investitionskosten: ca. 0,9 – 3,6 Mio. € bis 2030 Betriebskosten im Jahr 2030: ca. 74.000 – 371.000 € Förderrichtlinie: Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge	Personalkosten: 5.000 €	Personalkosten: 2.000 €

TABELLE 59 (T3) WIRKUNGSDIMENSION DER UMSETZBARKEIT (MAßNAHME 4-6), EIGENE DARSTELLUNG

Nr.	7	8	9
Maßnahme	Errichtung von LIS für Elektrofahrräder an multimodalen Knotenpunkten und insbesondere touristisch hoch frequentierten Standorten	Informieren und aktivieren relevanter Hotel- und Gastronomiebetriebe sowie Abstimmung zwischen den Akteuren	Unterstützung von Sharing-Angeboten im Mobilitätssektor
Priorität	Mittel	Hoch	Hoch
Umsetzungshorizont	1 – 5 Jahre	1 – 2 Jahre	1 – 10 Jahre
Potenzial zur NO ₂ -Minderung			
Wirkungsbereich	Groß	groß	Groß
Wirkungsklasse	4	4	5
Wirkungshorizont	Kurzfristig bis mittelfristig	Kurzfristig	Kurzfristig – langfristig
Kosten Fördermöglichkeiten	Investitionskosten: 50.000 – 100.000 €	Personalkosten: 5.000 €	variabel

TABELLE 60 (T3): WIRKUNGSDIMENSION DER UMSETZBARKEIT (MAßNAHME 7-8), EIGENE DARSTELLUNG

4 Teilplan 4 (T4) – öffentliche Flotten

4.1 Einführung

Die kommunale Fahrzeugflotte der Stadt Marburg und der stadteigenen Betriebe umfasst gemäß der zur Verfügung gestellten Daten (bereitgestellt durch die Stadtwerke Marburg GmbH SWMR sowie den Dienstleistungsbetrieb der Stadt Marburg DBM) 326 Fahrzeuge verschiedener Art (u. a. PKW, LKW, Busse, Bagger). Insgesamt wird eine jährliche Fahrleistung von ca. 4,8 Mio. km erbracht. Diese teilt sich im Einzelnen in folgende sieben Fahrzeugtypen auf:

1. Gelenkornibusse,
2. Sololinienbusse,
3. Anrufsammeltaxi (leichte Nutzfahrzeuge zur bedarfsorientierten Bedienung im ÖPNV als Ergänzung zum Linienverkehr),
4. PKW,
5. leichte Nutzfahrzeuge (z. B. Mercedes Sprinter, Mercedes Vario oder VW T5/T6),
6. schwere Nutzfahrzeuge (z. B. LKW, Müllfahrzeuge) und
7. Sonstige (z. B. Bagger, Aufsitzmäher und andere).

Die folgende Tabelle zeigt die Anzahl der Fahrzeuge sowie die jährliche Laufleistung in Differenzierung nach Fahrzeugtypen:

Fahrzeugklasse	Anzahl	%-Anteil Anzahl	Fahrleistung p. a. in km	%-Anteil Fahrleistung
Gelenkornibusse	38	11,66%	1.542.232	32,09%
Sololinienbusse	34	10,43%	1.510.702	31,43%
Anrufsammeltaxi	8	2,45%	204.563	4,26%
Schwere Nutzfahrzeuge	56	17,18%	600.056	12,48%
Leichte Nutzfahrzeuge	80	24,54%	594.440	12,37%
PKW	55	16,87%	144.856	3,01%
Sonstige	55	16,87%	209.587	4,36%
Summe	326	100,00%	4.806.437	100,00%

TABELLE 61 (T4): ÜBERBLICK ERHOBENE FAHRZEUGE NACH FAHRZEUGTYPEN, EIGENE DARSTELLUNG

Von den insgesamt 326 Fahrzeugen werden 227 Fahrzeuge (entsprechend einem Anteil von 69,6 % und einer Fahrleistung von ca. 3,0 Mio. km) durch einen Dieselmotor angetrieben.

Dieselfahrzeuge tragen maßgeblich zur innerstädtischen NO_x-Emission bei, weswegen sich bei diesen Fahrzeugen ein besonders hohes Minderungspotenzial in Bezug auf die Emissionen ergibt. Dieses lässt sich insbesondere dadurch realisieren, dass hauptsächlich Fahrzeuge eingesetzt werden, die die Schadstoffklasse Euro 6 (gilt für PKW und leichte Nutzfahrzeuge) bzw. die Euro VI-Norm (gilt für Busse und schwere Nutzfahrzeuge) erfüllen. In Hinblick auf die NO_x-Emissionen ist die Euro 6/VI-Norm im Vergleich zur Euro 5/V-Norm wesentlich strenger. Zurzeit erfüllen lediglich 33 (entsprechend einem Anteil von 4,5 %) der kommunalen Dieselfahrzeuge der Stadt Marburg bereits die Euro 6/VI-Norm.

Das TP 4 hat daher zum Ziel, zu untersuchen, wie sich der NO₂-Ausstoß der kommunalen Fahrzeugflotte kurzfristig senken lässt. Dazu wird untersucht, ob bei Dieselfahrzeugen, die noch nicht die Euro 6/VI-Norm erfüllen, eine Nachrüstung (entsprechender Filter, der den NO₂-Ausstoß deutlich reduziert) oder eine vorzeitige Ersatzbeschaffung vorteilhaft ist.

4.2 Auswahl der zu analysierenden Fahrzeuge

Zur Einschätzung, welche Fahrzeuge sich grundsätzlich für eine Umrüstung bzw. für eine vorzeitige Neuanschaffung anbieten, wird zunächst folgende Eingrenzung der zu betrachtenden Fahrzeuge vorgenommen (die jeweilige Anzahl je Fahrzeugtyp und die Laufleistung sind in der Anlage 9 (T4) „Erhobene Fahrzeuge“ dargestellt):

1. Ausschluss aller Fahrzeuge, die keinen Dieselantrieb haben.
2. Ausschluss aller Fahrzeuge, die bereits die Euro 6/VI-Norm erfüllen.
3. Ausschluss aller Fahrzeuge, die vor 2007 beschafft wurden (aufgrund der üblichen Nutzungsdauer ist kurzfristig mit einer turnusmäßigen Ersatzbeschaffung zu rechnen).

Bei den nach dieser Eingrenzung verbleibenden 134 Fahrzeugen mit einer jährlichen Gesamtfahrleistung von rund 1,7 Mio. km (dies entspricht einem Durchschnitt von ca. 13.000 km pro Fahrzeug) wird zusätzlich eine weitere Priorisierung/Eingrenzung vorgenommen. Es ist festzustellen, dass sich die gesamte Fahrleistung dieser 134 Fahrzeuge nicht gleichmäßig verteilt. Es gibt Fahrzeuge, die deutlich überdurchschnittliche Fahrleistungen erbringen (bis ca. 68.400 km), wohingegen andere Fahrzeuge deutlich unterhalb des Mittelwerts liegen (mehr als 60 Fahrzeuge mit Fahrleistungen von weniger als 9.000 km pro Jahr). Daher fokussiert sich die Untersuchung auf diejenigen 66 Fahrzeuge, die mit einer Fahrleistung von zusammen 1,4 Mio. km den wesentlichen Anteil der gesamten Fahrleistung von 1,7 Mio. km erbringen.

4.3 T4_Maßnahme 1: Umrüstung von dieselbetriebenen Fahrzeugen auf Euro 6 (ÖPNV, Nutz- und Sonderfahrzeuge)

Um zu entscheiden, ob eine Umrüstung für ein Fahrzeug wirtschaftlich sinnvoll ist, wird eine Kostenvergleichsmethode verwendet. Dabei wird untersucht, welche durchschnittlichen jährlichen Kosten jeweils in den beiden Szenarien „Umrüstung“ bzw. „Neuanschaffung“ anfallen. Im Fall der Umrüstung wird dabei die Restnutzungsdauer betrachtet und im Fall der Neuanschaffung die Gesamtnutzungsdauer des neuen Fahrzeugs. Die nachstehende Abbildung zeigt, welche Faktoren in die Betrachtung einbezogen werden.

Methodische Herangehensweise: Kostenvergleichsmethode

Ø Kosten p. a. nach Umrüstung des alten Fahrzeugs	Ø Kosten p. a. bei Neuanschaffung eines neuen Euro-6-Fahrzeugs
• Rest-Abschreibung des alten Fahrzeugs • Ø Instandhaltungskosten für die <u>Rest</u>nutzungsdauer • Umrüstungskosten • Ggf. anteilige Förderung der Umrüstungskosten	• Kalk. Abschreibung des neuen Fahrzeugs über die Nutzungsdauer • Ø Instandhaltungskosten für die <u>Gesamt</u>nutzungsdauer • Buchgewinn bzw. Buchverlust durch Verkauf des alten Fahrzeugs (gleichmäßig verteilt auf die Jahre der Nutzung) • Ggf. Rückzahlung Fahrzeugförderung
Ø Jährliche Kosten/ Nutzen altes Fahrzeug (Betrachtung der <u>Rest</u>nutzungsdauer)	Ø Jährliche Kosten/ Nutzen neues Euro-6-Fahrzeug (Betrachtung der <u>Gesamt</u>nutzungsdauer)

ABBILDUNG 80 (T4): KOSTENVERGLEICHSMETHODE, EIGENE DARSTELLUNG

Für die Ermittlung der Kosten je Szenario werden folgende Prämissen zugrunde gelegt:

- Instandhaltungskosten: siehe Anlage 10 (T4) „Instandhaltungskosten“,
- Neupreis bei ÖPNV-Fahrzeugen (Gelenkomnibusse, Sololinienbusse und Anrufsammeltaxi): Ansatz des jeweiligen bisherigen Maximalpreises der Kategorie¹³²,
- Neupreis für alle anderen Fahrzeuge: Ansatz von fortgeschriebenen historischen Anschaffungskosten mit einer Inflationsrate von 2 % p. a.,
- Nutzungsdauer ÖPNV-Fahrzeuge: 12 Jahre,
- Nutzungsdauer leichte und schwere Nutzfahrzeuge: 12 Jahre,
- Nutzungsdauer PKW: 9 Jahre,
- Abschreibungsdauer Gelenkomnibusse, Sololinienbusse und schwere Nutzfahrzeuge: 9 Jahre entsprechend der offiziellen AfA-Tabelle des Bundesfinanzministeriums,
- Abschreibungsdauer Anrufsammeltaxi, PKW und leichte Nutzfahrzeuge: 6 Jahre entsprechend der offiziellen AfA-Tabelle des Bundesfinanzministeriums,
- Umrüstungskosten Gelenkomnibusse, Sololinienbusse und schwere Nutzfahrzeuge: 12.000 €, ¹³³
- Umrüstungskosten Anrufsammeltaxi, PKW und leichte Nutzfahrzeuge: 2.000 €,
- Restwerte der Fahrzeuge: siehe Anlage 11(T4) „Restwerte“,
- Förderquote der Umrüstungskosten für Gelenkomnibusse oder Sololinienbusse: 40 %,
- Förderquote der Umrüstungskosten aller anderen Fahrzeugtypen: 0 %,
- Aufschlag von 19 % Umsatzsteuer bei allen Fahrzeugen des Dienstleistungsbetrieb Marburg.

Im Ergebnis des Kostenvergleichs kann festgestellt werden, dass die Nachrüstung eines NO₂-Filters Umrüstung bei 29 der 66 Fahrzeuge wirtschaftlich sinnvoller ist als ein vorzeitiger Ersatz durch ein entsprechendes Neufahrzeug¹³⁴. Diese Fahrzeuge sind der Anlage 12 (T4) „Umzurüstende Fahrzeuge“ zu entnehmen. Die folgende Tabelle zeigt die umzurüstenden Fahrzeuge in Differenzierung nach Fahrzeugtypen und ihrer Laufleistung im Überblick.

¹³² Ausgehend von einer telefonischen Abstimmung mit Vertretern der SWMR und der DMB wurden: 331.000 € für die Anschaffung eines Gelenkomnibusses, 280.000 € für einen Sololinienbus und ca. 26.600 € für Anrufsammeltaxis angesetzt.

¹³³ Information gem. Hersteller Twintec Baumot, siehe: <https://solutions.baumot.de/produkte/bnox-scr-system/>.

¹³⁴ Auch beim Ansatz höherer Umrüstungskosten von 15.000 € bzw. 20.000 € bei Bussen und schweren Nutzfahrzeugen ändert sich dieses Ergebnis nicht.

Fahrzeugtyp	Anzahl	Fahrleistung in km
Gelenkomnibusse	4	198.553,00
Sololinienbusse	2	70.376,00
Anrufsammeltaxi	0	0,00
Schwere Nutzfahrzeuge	2	27.628,00
Leichte Nutzfahrzeuge	15	194.346,90
PKW	6	108.216,15
Summe	29	599.120,1

TABELLE 62 (T4): ÜBERBLICK UMRÜSTENDE FAHRZEUGE NACH FAHRZEUGTYPEN, EIGENE DARSTELLUNG

Wirkungspotenziale und Realisierungsmöglichkeiten

Zur Abschätzung des NO_x-Einsparpotenzials wird auf die Emissionsfaktoren nach HBEFA 3.3¹³⁵ für die Abschätzung der Emissionen von PKW sowie leichten Nutzfahrzeugen zurückgegriffen. Um die entsprechende Abschätzung für Busse und schwere Nutzfahrzeuge vorzunehmen, wird eine Studie vom ADAC e. V. Test und Technik¹³⁶ herangezogen, in der die Umrüstung eines Euro 5-Gelenkbusses untersucht wurde.

Es wird in den Berechnungen davon ausgegangen, dass die bisherige Fahrleistung eines Fahrzeugs beibehalten wird. Ferner wird unterstellt, dass die Nachrüstung eines Fahrzeugs zur Einhaltung der Euro 6/VI-Norm führt. Somit ergibt sich näherungsweise ein rechnerisches Einsparpotenzial von ca. 940 kg NO_x pro Jahr. Die nachfolgende Tabelle zeigt die NO_x-Einsparpotenziale je Fahrzeugtyp.

Fahrzeugtyp	NO _x -Einsparpotenzial in kg pro Jahr
Gelenkomnibusse	607,07
Sololinienbusse	171,40
Anrufsammeltaxi	0,00
Schwere Nutzfahrzeuge	75,30
Leichte Nutzfahrzeuge	51,90
PKW	33,98
Summe	939,64

TABELLE 63 (T4): NO_x-EINSPARPOTENZIAL DURCH UMRÜSTUNG NACH FAHRZEUGTYPEN, EIGENE DARSTELLUNG

Mögliche Förderprogramme zur Umsetzung der Maßnahme

Die Umrüstung von Bussen (Gelenkomnibusse und Sololinienbusse) kann gemäß der „Förderrichtlinie für die Nachrüstung von Diesel-Bussen der Schadstoffklassen Euro II, IV, V und EEV im Öffentlichen Personennahverkehr“ durch das BMVI gefördert werden. Dieses Förderprogramm sieht eine Förderung der Umrüstungskosten in einer Spanne von 40 % (für große Unternehmen) bis 60 % (für kleine Unternehmen), begrenzt auf höchstens 15.000 € je Fahrzeug, vor. Entsprechend der Größe der Stadtwerke Marburg GmbH kann von einer Förderhöhe von 40 % der Kosten ausgegangen werden. Zu beachten ist bei diesem Förderprogramm jedoch, dass keine Förderung für die Umrüstung von Kleinbussen, die beispielsweise als Anrufsammeltaxi eingesetzt werden, gewährt wird.

¹³⁵ INFRAS, Hintergrundbericht HBEFA Version 3.3, 2017

¹³⁶ ADAC Württemberg e. V., NO_x-Reduzierung an einem EURO V/EEV Stadtlinienbus durch Hardwarenachrüstung, 2018

Ein Förderprogramm zur Umrüstung von anderen Fahrzeugen ist hingegen nicht vorhanden.

Kosten und Finanzierung der Umsetzung

Die Umrüstung der 29 Fahrzeuge kostet aus Sicht der Stadt Marburg bzw. der kommunalen Betriebe bei Berücksichtigung der oben genannten Prämissen insgesamt etwa 117.200 €. Die folgende Tabelle zeigt die Kosten der Umrüstung je Fahrzeugtyp.

Fahrzeugtyp	Umrüstungskosten in T€
Gelenkombusse	28,8
Sololinienbusse	14,4
Anrufsammeltaxi	0,0
Schwere Nutzfahrzeuge	24,0
Leichte Nutzfahrzeuge	35,7
PKW	14,3
Summe	117,2

TABELLE 64 (T4): UMRÜSTUNGSKOSTEN NACH FAHRZEUGTYPEN, EIGENE DARSTELLUNG

Bei der Kostenermittlung wurde bereits das oben beschriebene Förderprogramm des BMVI zur Förderung der Umrüstung von Diesel-Bussen berücksichtigt, wodurch die Umrüstungskosten aus Sicht der Stadt Marburg jeweils 7.200 € pro Bus betragen.

Handlungsempfehlungen und Prioritäten

Die Umrüstung der benannten Fahrzeuge kann kurzfristig (< 2 Jahre) vorgenommen werden. Positiv ist dabei zudem, dass ein Umrüstungssystem für Busse bereits eine Allgemeine Betriebserlaubnis durch das Kraftfahrtbundesamt erhalten hat.¹³⁷ Die Kosten von schätzungsweise insgesamt 117.200 € sind im Verhältnis zur NO_x-Einsparung relativ gering. Die beiden nachstehenden Abbildungen zeigen abschließend die Kosten der Umrüstung im Verhältnis zur erzielbaren NO_x-Einsparung sowie die Kosten je eingespartem kg NO_x je Fahrzeugtyp.

¹³⁷ VDV Rundschreiben Nr. 6/2018

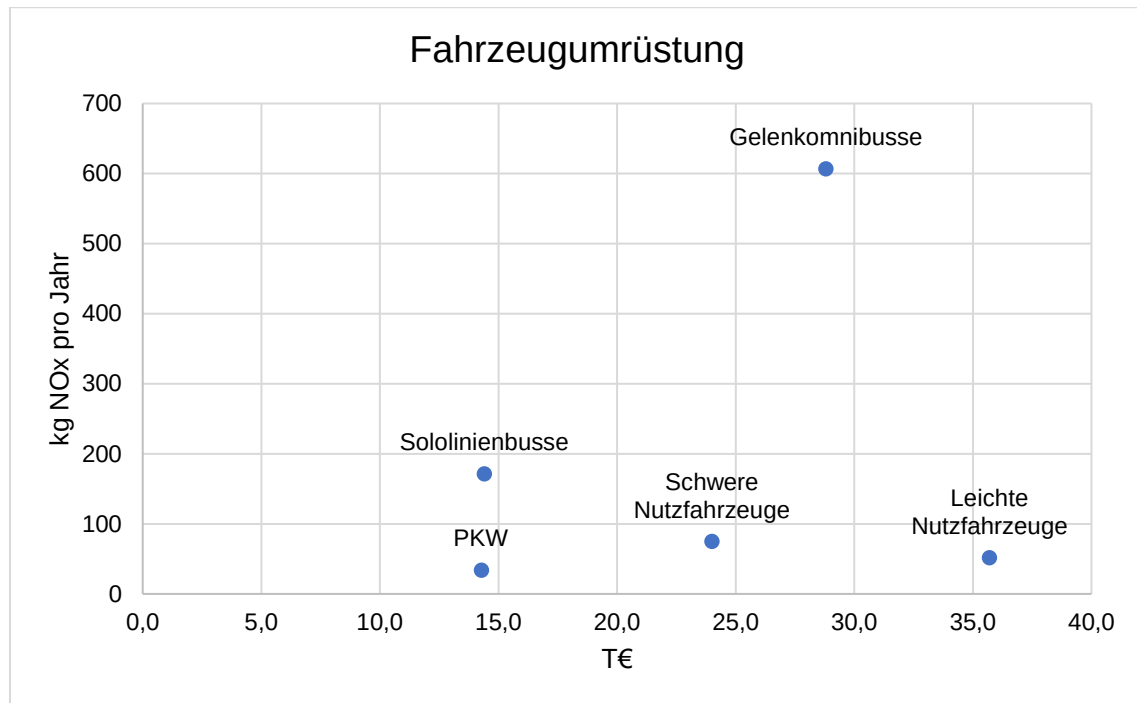


ABBILDUNG 81 (T4): GEGENÜBERSTELLUNG NO_x-EINSPARPOTENZIAL UND KOSTEN BEI UMRÜSTUNG, EIGENE DARSTELLUNG

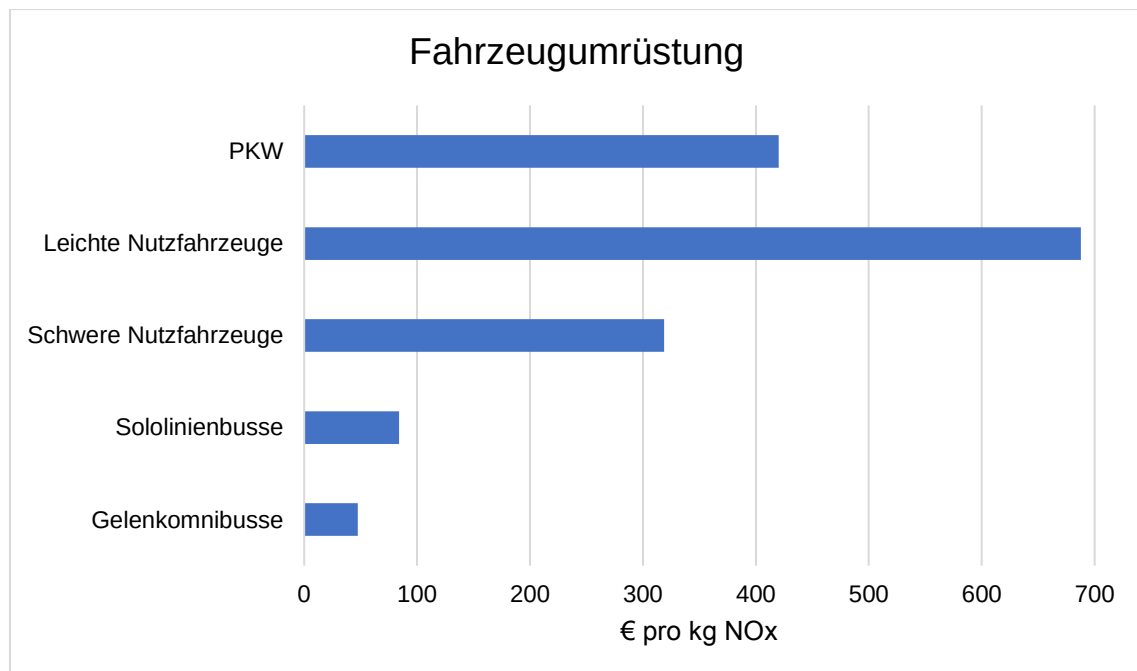


ABBILDUNG 82 (T4): KOSTEN JE EINGESPARTEM KG NO_x BEI NACHRÜSTUNG, EIGENE DARSTELLUNG

Innerhalb der Nachrüstungen sollten die Gelenkombusse und der Sololinienbus prioritär umgerüstet werden. Aufgrund ihrer hohen innerstädtischen Fahrleistung und des hohen absoluten Kraftstoffverbrauchs tragen diese Fahrzeuge bislang maßgeblich zur NO_x-Emission bei, wodurch sich bei der Umrüstung ein erhebliches Einsparpotenzial ergibt. Daher bietet die Umrüstung dieser Fahrzeugtypen das günstigste Verhältnis zwischen den anfallenden Kosten und der zu erwartenden NO_x-Einsparung.

4.4 T4_Maßnahme 2: Neubeschaffung von erdgas- und dieselbetriebenen Fahrzeugen (ÖPNV, Nutz- und Sonderfahrzeuge)

Die Betrachtungen zur Maßnahme 2 des Teilplans 4 (Neubeschaffung von Fahrzeugen) knüpfen direkt an die Vorgehensweise im Zuge der Bearbeitung der Maßnahme 1 (Umrüstung von Fahrzeugen) an.

Entsprechend der im Abschnitt 4.1 vorgenommenen Eingrenzung der zu analysierenden Fahrzeuge werden auch hier 66 Fahrzeuge betrachtet.

Methodisch wird ebenfalls ein Kostenvergleich der Maßnahmen „Nachrüstung“ und „Neubeschaffung“ mit den identischen Prämissen wie zuvor vorgenommen. Eine vorzeitige Neubeschaffung kann insbesondere dann sinnvoll sein, wenn die Instandhaltungskosten in den verbleibenden Nutzungsjahren stark ansteigen und/oder wenn bei vorzeitigem Verkauf eines Fahrzeugs Buchgewinne realisiert werden können.

Das Ergebnis des Kostenvergleichs zeigt, dass die Neuanschaffung von insgesamt 37 Fahrzeugen sinnvoller ist als eine Nachrüstung, da sich insgesamt geringere Kosten ergeben. Jedoch wurden zwei dieser Fahrzeuge geleast, wodurch eine vorzeitige Neubeschaffung nicht möglich ist. Alle weiteren Darstellungen zur Neubeschaffung basieren daher auf insgesamt 35 Fahrzeugen. Nachfolgend ist dargestellt, wie sich diese 35 Fahrzeuge auf die unterschiedlichen Fahrzeugtypen verteilen und welche Fahrleistung von diesen Fahrzeugen erbracht wird.

Fahrzeugtyp	Anzahl	Fahrleistung in km
Gelenkomnibusse	2	94.396,00
Sololinienbusse	2	132.044,00
Anrufsammeltaxi	7	172.447,00
Schwere Nutzfahrzeuge	14	235.413,00
Leichte Nutzfahrzeuge	10	144.218,62
PKW	0	0,00
Summe	35	778.518,6

TABELLE 65 (T4): ÜBERBLICK NEUANZUSCHAFFENDE FAHRZEUGE NACH FAHRZEUGTYPEN, EIGENE DARSTELLUNG

Bedarfsermittlung, Wirkungspotenzial und Realisierungsmöglichkeiten

Es wird auch hier davon ausgegangen, dass die bisherige Fahrleistung eines Fahrzeugs beibehalten wird und das Neufahrzeug die Norm Euro 6/VI erfüllt; außerdem wurden dieselben Quellen wie für Maßnahme T4_1 herangezogen. Dadurch ergibt sich ein rechnerisches Einsparpotenzial von rund 1.260 kg NO_x pro Jahr. In der folgenden Tabelle ist dargestellt wie viel NO_x-Emission durch die Neuanschaffung schätzungsweise eingespart werden kann.

Fahrzeugtyp	NO_x-Einsparpotenzial in kg pro Jahr
Gelenkomnibusse	288,61
Sololinienbusse	321,59
Anrufsammeltaxi	49,96
Schwere Nutzfahrzeuge	571,56
Leichte Nutzfahrzeuge	29,25
PKW	0,00
Summe	1.260,97

TABELLE 66 (T4): NO_x-EINSPARPOTENZIAL DURCH NEUANSCHAFFUNG NACH FAHRZEUGTYPEN, EIGENE DARSTELLUNG

Mögliche Förderprogramme zur Umsetzung der Maßnahme

Im Gegensatz zur Förderung der Umrüstung von Bussen gibt es aktuell kein Förderprogramm zur Beschaffung von neuen Diesel-Bussen. Es wird lediglich die Anschaffung von Elektro-Bussen (siehe hierzu auch Teilplan 3) gefördert.

Ebenso gibt es kein Förderprogramm, welches die Anschaffung von anderen neuen Diesel-Fahrzeugen unterstützt. Die benötigten Mittel sind daher gänzlich durch die Stadt Marburg bzw. die jeweiligen Betriebe der Stadt zu finanzieren.

Kosten und Finanzierung der Umsetzung

Die Neuanschaffung der 35 Fahrzeuge (2 Gelenkomnibusse, 2 Sololinienbusses, 10 leichte Nutzfahrzeuge, 4 LKW und 7 Anrufsammeltaxis) kostet aus Sicht der Stadt Marburg bzw. der kommunalen Betriebe insgesamt ca. 3,9 Mio. € (entspricht einer jährlichen Abschreibung von ca. 456.800 €).

Die folgende Tabelle zeigt die Kosten der Neuanschaffung je Fahrzeugtyp.

Fahrzeugtyp	Anschaffungskosten in T€
Gelenkomnibusse	662,0
Sololinienbusse	560,0
Anrufsammeltaxi	186,5
Schwere Nutzfahrzeuge	2.203,8
Leichte Nutzfahrzeuge	270,7
PKW	0,0
Summe	3.883,0

TABELLE 67 (T4): ANSCHAFFUNGSKOSTEN NACH FAHRZEUGTYP, EIGENE DARSTELLUNG

Wie bereits dargestellt, sind keine Förderprogramme vorhanden, so dass die notwendigen Mittel durch die kommunalen Akteure selbst aufzubringen sind. Hervorzuheben ist jedoch, dass der Neuerwerb der benannten Fahrzeuge gegenüber dem Weiterbetrieb der bisherigen Fahrzeuge einen wirtschaftlichen Vorteil ergibt (insbesondere Einsparungen bei den Instandhaltungskosten von schätzungsweise mehr als 145.000 € pro Jahr und durch die Realisierung von Buchgewinnen), wodurch die Beschaffung im Rahmen der gewöhnlichen Geschäftstätigkeit finanziert werden kann.

Handlungsempfehlungen und Prioritäten

Bei der Neuanschaffung der Fahrzeuge ist von einer mittelfristigen Umsetzbarkeit (innerhalb von 2 – 5 Jahren) auszugehen, da die Fahrzeuge über Ausschreibungen beschafft werden, die erfahrungsgemäß einen etwas längeren Zeitraum in Anspruch nehmen. Die beiden nachstehenden Abbildungen zeigen die Kosten der Umrüstung im Verhältnis zur erzielbaren NO_x-Einsparung sowie die Kosten je eingespartem kg NO_x je Fahrzeugtyp.

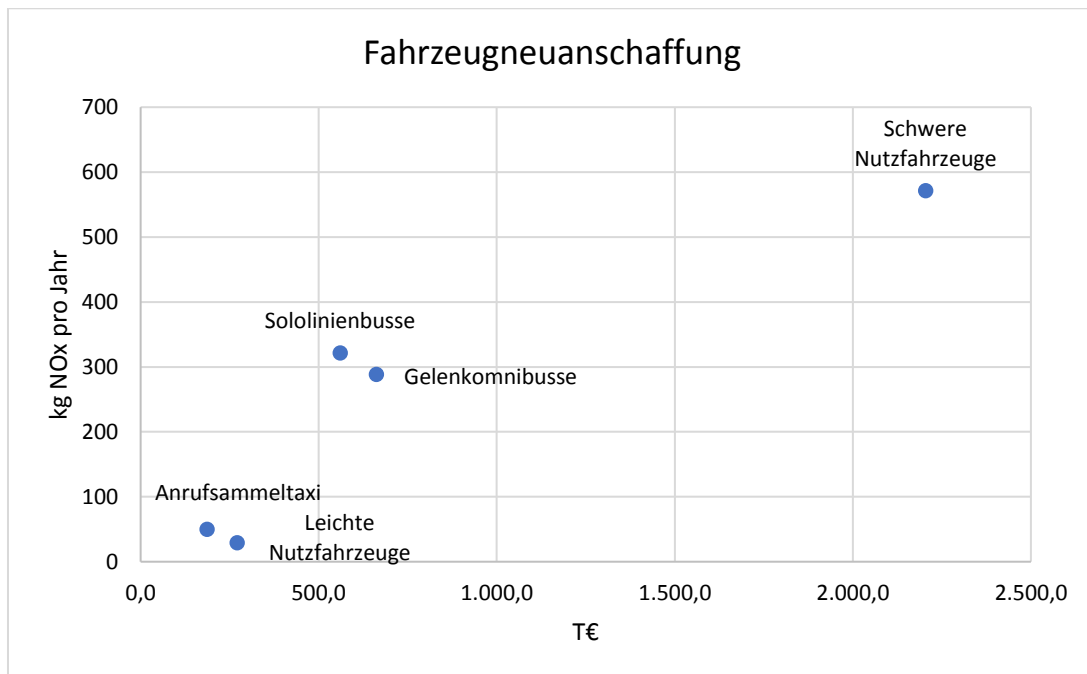


ABBILDUNG 83 (T4): GEGENÜBERSTELLUNG NO_x-EINSPARPOTENZIAL UND KOSTEN BEI NEUANSCHAFFUNG, EIGENE DARSTELLUNG

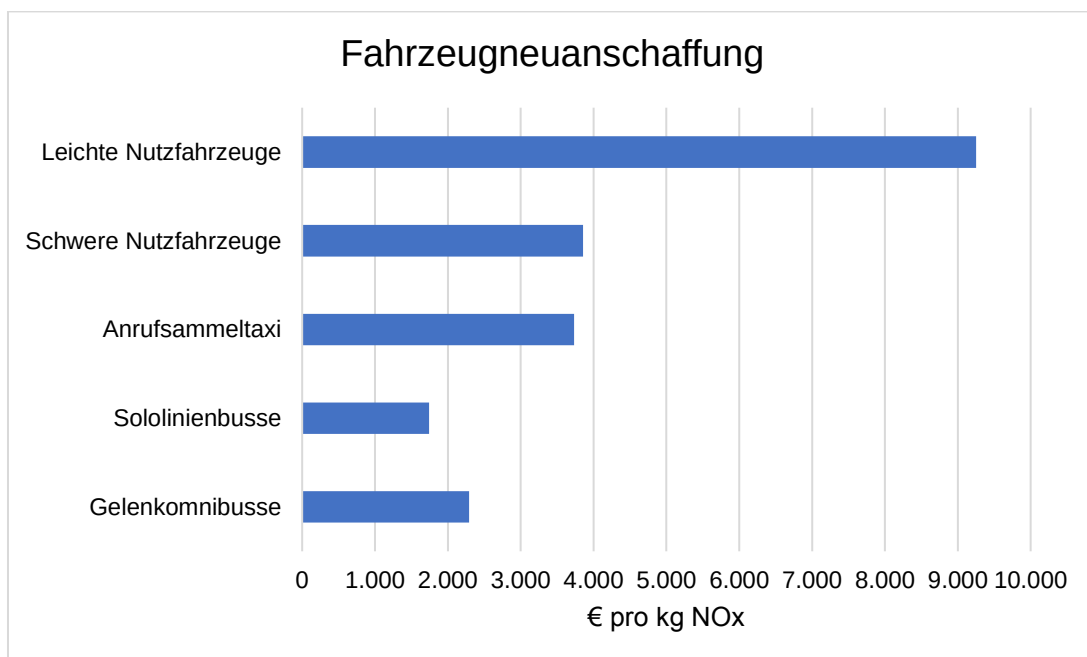


ABBILDUNG 84 (T4): KOSTEN JE EINGESPARTEM KG NO_x BEI NEUANSCHAFFUNG, EIGENE DARSTELLUNG

Wie schon bei Maßnahme 1 sollte die oberste Priorität auf den Fahrzeugen des ÖPNV (Gelenkbusse und Sololinienbusse) liegen, da diese eine hohe Laufleistung in der Stadt Marburg erbringen, wodurch sich ein erhebliches Einsparpotenzial hinsichtlich der NO_x-Emissionen ergibt. Dies spiegelt sich daher auch im besten Verhältnis aus Kosten und eingesparten NO_x-Emissionen wider.

Innerhalb des Fuhrparks des Verkehrsbetriebes der Stadt Marburg sollte ein besonderes Augenmerk auf die Anrufsammeltaxis gelegt werden. Neue Anrufsammeltaxis sollten zügig beschafft werden, da bei diesen Fahrzeugen eine Neubeschaffung in der Betrachtung der Gesamtkosten besonders vorteilhaft ist. Die Analyse hat gezeigt, dass die Instandhaltungskosten je Fahrzeug mit zunehmenden Alter sehr stark ansteigen. Dies bedeutet, dass eine Neuanschaffung in Teilen durch eingesparte Instandhaltungsaufwendungen finanziert werden kann.

Die Neubeschaffung der restlichen Fahrzeuge sollte sukzessive erfolgen. Hierzu ist ein entsprechender Fahrzeugbeschaffungsplan zu erstellen und in den Investitionsplan der kommunalen Unternehmen zu integrieren.

4.5 T4: Wirkungsdimension der Umsetzbarkeit

Insgesamt ist davon auszugehen, dass die Umrüstung eines Fahrzeugs und die Neuanschaffung eines Fahrzeugs die gleiche Wirkgeschwindigkeit haben. In beiden Fällen wird die volle Minderungswirkung beim betreffenden Fahrzeug sofort und vollumfänglich nach Durchführung der Maßnahme (Umrüstung bzw. Neubeschaffung) realisiert.

Die Fahrzeugnachschrüstungen lassen sich dabei bereits kurzfristig (innerhalb von weniger als 2 Jahren) umsetzen, wohingegen die Neuanschaffungen eher mittelfristig (innerhalb von 2-5 Jahren) umgesetzt werden können. Für die Umrüstung der Fahrzeuge ist es notwendig, die Werkstätten entsprechend auf die neuen Anforderungen vorzubereiten und Verhandlungen mit den Filterherstellern zu führen, zu welchen konkreten Konditionen die Filter beschafft werden können.

Für die Neuanschaffung der Fahrzeuge ist deutlich mehr Vorlaufzeit zu berücksichtigen, da ein öffentlicher Ausschreibungsprozess initiiert werden muss, um die Fahrzeuge möglichst wirtschaftlich zu beschaffen. Zu beachten ist dabei insbesondere der Aspekt der sogenannten Total Cost of Ownership (also der Lebenszykluskosten).

Prioritär sollte zunächst die Maßnahme 1 verfolgt werden. Bei dieser kann die kommunale Fahrzeugflotte mit geringem finanziellen Aufwand zügig ihre NO_x-Emissionen in deutlichem Umfang reduzieren. Innerhalb der Maßnahme 1 sind vor allem die ÖPNV-Fahrzeuge zu priorisieren. Eine reine Umrüstung der ÖPNV-Fahrzeuge hätte eine jährliche Minderung von rund 780 kg NO_x zur Folge (Kosten 43.200 € bei entsprechender Förderung durch das BMVI in Höhe von 40 % der Kosten).

Parallel sollte die Neubeschaffung (mit Fokus auf den ÖPNV) vorbereitet werden, um dort ebenfalls zügig Effekte erzielen zu können. Eine Neubeschaffung der ÖPNV-Fahrzeuge (einschließlich Anrufsammeltaxis) würde eine jährliche Reduzierung der NO_x-Emissionen von ca. 660 kg bewirken (Anschaffungskosten ca. 1,4 Mio. €). Darüber hinaus erhöhen die neuen Fahrzeuge die Attraktivität des ÖPNV in Marburg, wodurch potenziell weitere Fahrgäste für den ÖPNV gewonnen werden können. Dies hätte weitere NO_x-Einsparungen zur Folge, die in den Berechnungen jedoch nicht enthalten sind.

5 Teilplan 5 (T5) – Urbane Logistik

5.1 Ausgangslage

Die Innenstadt mitsamt der altstädtischen „Oberstadt“ der Universitätsstadt Marburg ist geprägt durch eine hohe Anzahl von kleinen Einzelhandelsgeschäften, Restaurants bzw. gastronomischen Betrieben und darüber hinaus als Wohngegend durch die historischen Fachwerkbauwerke sehr beliebt. Sowohl die Betriebe als auch die Einwohner der Oberstadt versenden und erhalten regelmäßig Waren/Pakete vor allem über die sogenannten Kurier-Express-Paket-Dienstleister (KEP-Dienstleister), zu denen insbesondere dpd¹³⁸, DHL¹³⁹, GLS¹⁴⁰, Hermes¹⁴¹ und UPS¹⁴² zählen. Alleine DHL liefert zu Spitzenzeiten täglich 4.500 Pakete in Marburg aus.¹⁴³ Während das Lieferaufkommen in den letzten Jahren vor allem aufgrund des zunehmenden Online-Handels gestiegen ist, zeigt eine Studie des „Bundesverbandes Paket und Express Logistik (BIEK)“, dass auch in den kommenden Jahren von einem jährlichen Wachstum der Paketlieferungen von circa 5% auszugehen ist.

Mit dem steigenden Lieferaufkommen eng verbunden ist eine Zunahme des Verkehrsaufkommens. Dies führt insbesondere in der Marburger Oberstadt zu Herausforderungen, die sich durch ihre vergleichsweise engen Verkehrswege auszeichnet, in denen parkende Fahrzeuge nicht ohne weiteres passiert werden können. Somit führt das Halten von Lieferfahrzeugen zum Ausladen der Sendungen unweigerlich zu Rückstaus des Verkehrs.

Diese werden durch die topographische Lage der Stadt noch verstärkt. Denn Marburg ist in östlicher und westlicher Richtung von Erhebungen umgeben. Deren Ausläufer ziehen sich bis in die Stadt, sodass die beim Anfahren zu überwindenden Höhenmeter für die Lieferfahrzeuge nicht unerheblich sind.

Des Weiteren befindet sich die Weidenhäuser Brücke, die eine der wichtigsten Verbindungen für die Stadtteile östlich und westlich der Lahn darstellt, in direkter Nähe zur innerstädtischen Oberstadt. Außerdem verläuft über die Weidenbrücke ein Ableger der Stadtautobahn B3. Beides führt zu einem erhöhten Verkehrsaufkommen, was etwaige Rückstaus durch Lieferfahrzeuge zusätzlich verlängert.

Die Auslieferung der Waren in Marburg übernimmt jeder KEP-Dienstleister eigenständig einschließlich einer individuellen Planung und Durchführung der Belieferung. Dabei übernehmen die KEP-Dienstleister auch die sogenannte „letzte Meile“, d.h. den Teil des Prozesses, an dem der direkte Kontakt mit den Endkunden besteht. Die letzte Meile stellt große Anforderungen an die Logistikdienstleister, da jeder Empfänger einzeln angefahren werden muss. Somit ergeben sich häufige Zwischenhalte. Da Lieferungen in die Innenstadt auf ein Zeitfenster von 06:00 bis 11:00 Uhr sowie 18:00 bis 20:00 Uhr begrenzt wurden, findet eine zeitliche Konzentration der Einfahrten der KEP-Dienstleister statt.

Außerdem wird das Sendungsaufkommen in Marburg von vielen verschiedenen KEP-Dienstleistern erbracht. Somit werden viele Händler und Privatpersonen täglich von verschiedenen Paketdienstleistern beliefert, je nachdem für welchen KEP-Dienstleister sich

138 DPD Deutschland GmbH, Aschaffenburg, („dpd“)

139 DHL International GmbH, Bonn, („DHL“)

140 General Logistics Systems, Amsterdam (NL), („GLS“)

141 Hermes Europe, Hamburg, („Hermes“)

142 United Parcel Service of America, Inc., Sandy Springs (US), („UPS“)

143 Korte, 2015

der Absender entscheidet. Dazu kommen verschiedene Logistikdienstleister, die die Händler mittels Spezialwägen, wie bspw. Kühl- oder Getränkewagen, mit frischen Waren versorgen.

Zusammengefasst führt der zunehmende Lieferverkehr insbesondere in der Marburger Innenstadt nicht nur zu einer erheblichen Beeinträchtigung des Verkehrsflusses, sondern bringt einen erhöhten Ausstoß von NO_x-Schadstoffen und Verkehrslärm mit sich. Darunter leidet sowohl die Attraktivität der Marburger Innenstadt aus Sicht der Gewerbetreibenden als auch die Lebensqualität der Einwohner.¹⁴⁴

Aus diesem Grund ist das Ziel dieses Teilplans Maßnahmen zu entwickeln, die eine Reduzierung der Schadstoffemissionen und eine Verbesserung der urbanen Logistik im Allgemeinen im Gebiet der Marburger Innenstadt ermöglichen. Im Fokus steht dabei im Besonderen die Erarbeitung kooperativer Logistikstrukturen für die Anlieferung auf der letzten Meile in Marburg. Diese sollen dazu beitragen, das Verkehrsaufkommen zu reduzieren und die Nutzung von alternativen Antriebstechnologien zur Verringerung der NO_x-Belastung zu fördern.

5.2 Methodisches Vorgehen

5.2.1 Experteninterviews und Best-Practice Recherche

Die zu entwickelnden Maßnahmen für die urbane Logistik konzentrieren sich nach Abstimmung mit der Stadt Marburg auf das **Betrachtungsgebiet** „Marburger Innenstadt (insb. Oberstadt)“. Dieses Gebiet umfasst neben der Marburger Altstadt, die in der Regel als Oberstadt bezeichnet wird, die unmittelbar angrenzenden Stadtteile Klinikviertel, Südviertel und Weidenhausen (siehe Abbildung 85 (T5)).

¹⁴⁴ Universitätsstadt Marburg, 1996

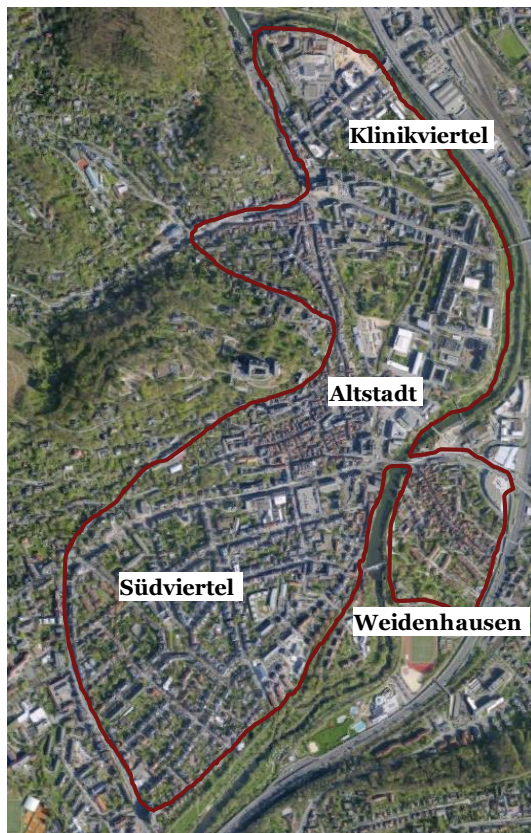


ABBILDUNG 85 (T5): BETRACHTUNGSGEBIET DER UNTERSUCHUNG¹⁴⁵

Um umfassende Einblicke in die Logistiksituation im Betrachtungsgebiet zu erhalten und sowohl wirkungsvolle als auch umsetzbare Maßnahmen abzuleiten, wurden die Maßnahmen unter Einbindung der wesentlich beteiligten Akteure (KEP-Dienstleister und Gewerbetreibende) entwickelt. Die Einbindung erfolgte im Rahmen von **Experteninterviews** deren Ziel es war, Informationen über den derzeitigen Status und die zukünftige Entwicklung der Kundenstruktur, Lieferfrequenz, Fahrzeugflotte und den Lieferbedarf in der Stadt Marburg zusammenzustellen. Außerdem sollte die Umsetzbarkeit von innovativen bzw. bislang in Marburg nicht angewandten Logistikkonzepten erörtert werden.

Als Vorbereitung auf die Interviews haben wir zunächst zwei semi-strukturierte Fragebögen bzw. Interviewleitfäden entwickelt. Diese umfassten für die beiden Expertengruppen KEP-Dienstleister und Händler zum Großteil die gleichen Fragen, bspw.: „Mit welchen alternativen Lieferungskonzepten sind Sie bereits in Berührung gekommen?“ Ergänzt wurden diese um spezifische Fragen zu händler- bzw. KEP-bezogenen Themen. So wurden die KEP-Dienstleister hinsichtlich ihrer konkreten Belieferung in der Innenstadt befragt (z. B. Angaben zu gefahrenen Fahrzeugkilometern, Anzahl und Auslastung der Fahrzeuge, Antriebsart der Fahrzeuge), um die Schadstoffemissionen und mögliche Einsparpotenziale quantifizieren zu können.

Dadurch war es möglich, sowohl die Sicht der beteiligten Akteure zu vergleichen als auch bei individuellen Themen konkret nachfragen zu können. Die verwendeten Interviewleitfäden mitsamt aller adressierten Fragen können Anlage 15 (T5) entnommen werden.

Parallel dazu wurden die Ansprechpartner relevanter KEP-Dienstleister und Händler recherchiert. Bei den überregional tätigen KEP-Dienstleistern war das Ziel, die Expertise eines regionalen Ansprechpartners einzubeziehen. Dafür konnten die KEP-Dienstleister dpd und GLS als Experteninterviewpartner gewonnen werden.

¹⁴⁵ Kartengrundlage: google Maps, bearb. Von PwC, 2018

Darüber hinaus planten wir auch den Experten eines regional tätigen Unternehmens aus der KEP- oder Gastronomiebelieferungsbranche in die Expertenrunde aufzunehmen. Da die Bereitschaft von lokalen KEP-Dienstleistern als auch Gastronomiebelieferungsbetrieben zur Zusammenarbeit jedoch sehr gering war, wurden die Interviews ausschließlich mit international tätigen Logistikdienstleistern durchgeführt.

Bezüglich der Händler wurde sich für das Einbeziehen von Händlern aus unterschiedlichen Branchen entschieden, um die ggf. unterschiedlichen Anforderungen und das Bestell-/Lieferverhalten möglichst differenziert zu analysieren. Die Stadt Marburg hat hierzu Kontakt zu insgesamt vier Händler aus den Bereichen Schmuck, Wohneinrichtung, Gastronomie und Mode hergestellt, die wir anschließend interviewt haben.

Die Interviews wurden im Zeitraum vom 15. bis 20. Juni 2018 telefonisch durchgeführt. Die jeweils etwa halb- bis einstündigen Gespräche wurden protokolliert und mittels qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet.

Neben den Interviews haben wir eine Analyse von **Best-Practice-Ansätzen** aus anderen Städten und Kommunen durchgeführt und per Desktoprecherche innovative Konzepte für die City-Logistik recherchiert. Dabei wurde vorrangig darauf geachtet, dass die Umsetzung in den nächsten zwei Jahren möglich und die Übertragbarkeit auf Marburg, durch bspw. ähnliche Topographie, gegeben ist. Die Aufbereitung fand in Form von Steckbriefen statt, die u. a. eine Kurzbeschreibung der Maßnahme, Mehrwert für die beteiligten Akteure und Synergieeffekte aufzeigen. Die Maßnahmen wurden in die Experteninterviews eingebracht und deren Umsetzbarkeit durch die Gesprächspartner evaluiert.

5.2.2 Abschätzung der NO_x-Emissionen und Einsparpotenziale

Zur Berechnung der möglichen Einsparungen der erarbeiteten Maßnahmen führten wir zuerst eine Abschätzung der derzeitigen NO_x-Belastung in der Marburger Innenstadt durch. Als Basis dafür verwendeten wir Angaben der Experteninterviews mit den KEP-Dienstleistern dpd und GLS sowie unserer Desktoprecherche. Abbildung 86 (T5) zeigt, dass die jährliche Belastung durch Lieferfahrzeuge in der Marburger Innenstadt circa 87 kg beträgt.



ABBILDUNG 86 (T5): ABSCHÄTZUNG DER NO_x-BELASTUNG IN DER MARBURGER INNENSTADT, EIGENE DARSTELLUNG¹⁴⁶

Es befinden sich im gesamten Liefergebiet Marburg für dpd werktags im Durchschnitt elf Fahrzeuge im Einsatz, für GLS sechs und für DHL 14 Fahrzeuge. Gemäß den derzeitigen Marktanteilen können für Hermes sieben und für UPS zehn Fahrzeuge angenommen werden.¹⁴⁷ Da keiner der Händler in den Interviews angab, von einem lokalen

¹⁴⁶ Datengrundlage aus den Experteninterviews sowie Kraftfahrtbundesamt der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.), 2018

¹⁴⁷ Transpack-Krumbach GmbH, 2018

Paketdienstleister beliefert zu werden, beschränkten wir uns in der Berechnung auf überregional tätige Unternehmen.

Auf Basis des Anteils des Betrachtungsgebietes an der gesamten Einwohnerzahl Marburgs sowie der erhöhten Anzahl von Händlern im Innenstadtbereich gingen wir davon aus, dass 40 % der Lieferfahrzeugflotte in Marburg in unserem Betrachtungsgebiet ausliefert. Zusätzlich nahmen wir täglich durchschnittlich sechs Fahrzeuge des weiteren Lieferverkehrs für bspw. Gastronomie an. Deren gesamte Anzahl liegt zwar höher, jedoch fahren diese nach den Angaben aus den Experteninterviews nicht täglich in die Innenstadt. Somit ergab sich für das Betrachtungsgebiet in Marburg eine werktägliche Anzahl von 25 Lieferfahrzeugen. Zu beachten ist ferner, dass die Anzahl der Lieferfahrzeuge der Anzahl der Fahrten entspricht. Hintergrund dieser Annahme ist, dass aufgrund der häufig relativ weit entfernten Depots der KEP-Dienstleister pro Fahrzeug zumeist nur eine Fahrt pro Tag durchgeführt wird.

Aus den Experteninterviews mit dpd und GLS leiteten wir die werktäglich zurückgelegten Strecken (zehn bzw. acht Kilometer) in der Innenstadt ab. Den Durchschnitt von 9 km legten wir bei den weiteren KEP-Dienstleistern und dem weiteren Lieferverkehr zu Grunde. Es ergab sich eine gesamte werktäglich zurückgelegte Strecke von 227 km. Somit beträgt die jährliche Anzahl an zurückgelegten Kilometern an 303 Werktagen in unserer Abschätzung circa 68.800 km.

Die dadurch ausgestoßenen NO_x-Emissionen wurden auf Basis einer je zu einem Drittel gemischten Flotte aus VW Crafter, Fiat Ducato und Mercedes Sprinter berechnet. Zu Grunde lag hierbei der Mittelwert der höchsten realen Ausstöße nach Angaben des Kraftfahrtbundesamtes.¹⁴⁸ Mit einer durchschnittlichen NO_x-Emission von 1.270 mg/km ergab sich in unserer Abschätzung eine jährliche Belastung von 87 kg für das Betrachtungsgebiet.

Die relativ geringe ermittelte Belastung steht im Widerspruch zur wahrgenommenen Belastung durch die Betroffenen und Beteiligten. Dies kann damit begründet werden, dass Lieferfahrzeuge optisch häufig sehr auffällig sind und sich zudem relativ lange innerhalb des Liefergebietes befinden. Während der Lieferzeit legen die Fahrzeuge jedoch nur geringere Wege im Stadtgebiet zurück, da sie während der Auslieferung der Pakete stehen.

Zur Abschätzung der Einsparpotenziale durch die Maßnahmen ermittelten wir eine mögliche Reduzierung anhand der drei Einflussgrößen

- **Zurückgelegte km/Fahrzeug**
- **Reduzierung der Fahrzeugflotte**
- **NO_x-Emissionen pro Fahrzeug in mg/km**

Dabei betrachteten wir keine gegenseitigen Abhängigkeiten und Beeinflussungen der Maßnahmen.

Pro Maßnahme nahmen wir eine Abschätzung der Änderungen der drei Variablen in Prozent vor und konnten so die Reduzierung gegenüber der derzeitigen NO_x-Belastung berechnen. Die NO_x-Einsparungen der Maßnahmen können dem folgenden Kapitel sowie den Maßnahmensteckbriefen im Anlage 14 (T5) entnommen werden.

¹⁴⁸ Kraftfahrtbundesamt. 2018

5.3 Maßnahmenbewertung

Im Rahmen der Experteninterviews wurden die Händler und die KEP-Dienstleister zunächst bzgl. ihrer Einschätzung der derzeitigen Verkehrssituation in Marburg befragt. Dazu gaben sie ihre Zustimmung (1) bzw. Ablehnung (5) zu ausgewählten Aussagen zur derzeitigen Liefersituation in der Marburger Innenstadt auf einer fünfstufigen Skala wieder. Die Ergebnisse der Kurzeinschätzung sind in der folgenden Abbildung ersichtlich.

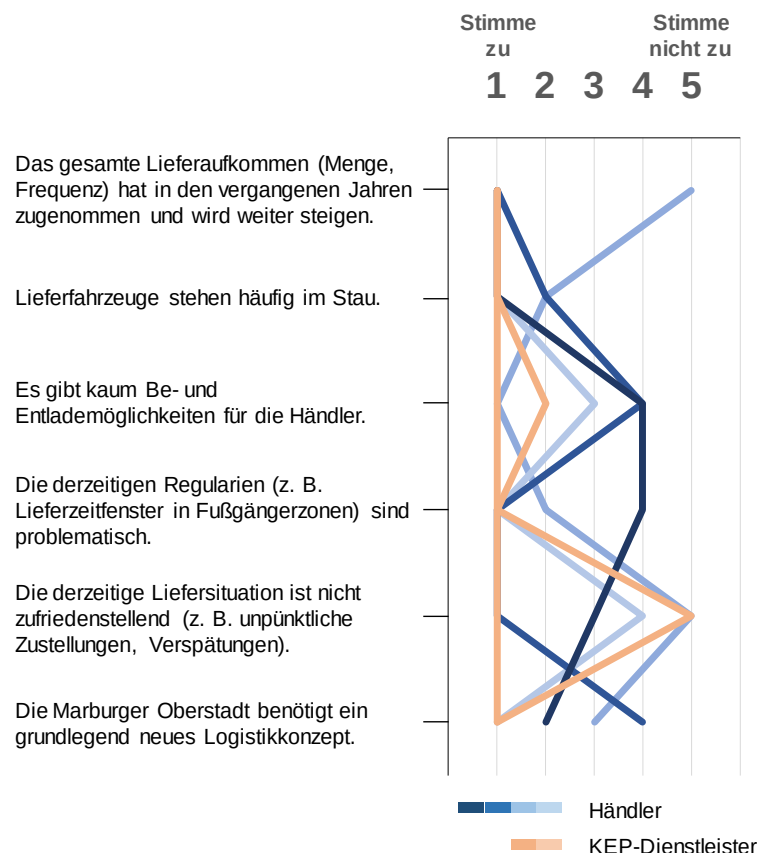


ABBILDUNG 87 (T5): KURZEINSCHÄTZUNG DER EXPERTEN ZUR AKTUELLEN SITUATION IN DER STADT MARBURG (INSB. OBERSTADT), EIG. DARSTELLUNG¹⁴⁹

Bis auf eine Ausnahme besteht eine große Einigkeit bezüglich des in den vergangenen Jahren gestiegenen Lieferaufkommens. Ebenfalls stimmte eine Mehrheit zu, dass Lieferfahrzeuge häufig im Stau stehen und die derzeitigen Regularien als problematisch anzusehen sind.

Unterschiedliche Meinungen gab es bezüglich der Be- und Entlademöglichkeiten im Innenstadtbereich sowie der Zufriedenheit mit der derzeitigen Liefersituation.

Besonders fiel auf, dass die Notwendigkeit für ein neues Logistikkonzept sehr unterschiedlich bewertet wurde. Während sich die KEP-Dienstleister über die Notwendigkeit hierfür einig waren, verteilten sich die Meinungen der Händler auf alle Einstufungen zwischen Zustimmung und tendenzieller Ablehnung.

Im weiteren Verlauf des Interviews haben wir uns auf Basis unserer Best-Practice Recherche auf die folgenden fünf Maßnahmen bezogen, um diese weiter zu entwickeln und zu evaluieren.

- Errichtung eines Güterverteilzentrums,
- Errichtung eines Mikro-Hubs,
- Nutzung gemeinschaftlicher Paketboxen,
- Anreize für den Einsatz von elektrischen Lieferfahrzeugen sowie
- Förderung des Einsatzes von Paketbriefkästen.

Die Einschätzung der Umsetzbarkeit und Übertragbarkeit auf Marburg wurde anhand von Fragen überprüft, die direkt nach diesen Logistikkonzepten fragten (z. B. „Welche Chancen und Herausforderungen sehen Sie bei der Versorgung der Innenstadt mittels eines Güterverteilzentrums?“) sowie indirekt durch weitere Fragen zur Kundenstruktur, Belieferung, Fahrzeugflotte und der Entwicklung der zukünftigen Lieferbedarfe (siehe Interviewleitfäden in Anlage 15 (T5)).

5.3.1 Errichtung eines Güterverteilzentrums

Das Ziel der Errichtung eines oder mehrerer Güterverteilzentren (GVZ) ist die Reduzierung der Anzahl der Lieferfahrzeuge. Dies soll dadurch erreicht werden, dass die Lieferungen durch die KEP-Dienstleister per Lkw und Vans an ein GVZ am Rand der Innenstadt angeliefert werden. Dort werden im Anschluss die Lieferungen kommissioniert und anschließend entweder mit einer reduzierten Anzahl an Lieferfahrzeugen oder auf kürzeren Routen ausgeliefert.

Für die KEP-Dienstleister stellt sich der **Mehrwert potenziell** in einer höheren Auslastung der Lieferfahrzeuge sowie einer verbundenen Reduzierung der Fahrzeugkilometer dar. Während die Auslastung in Marburg insgesamt durchschnittlich zwischen 80 und 90 % liegt, gaben die interviewten KEP-Dienstleister an, dass ihre Fahrzeuge in der Oberstadt bereits zu 100 % ausgelastet wären. Somit können durch das GVZ nur im Betrachtungsgebiet außerhalb der Oberstadt die Emissionen reduziert werden.

Wir gehen in unserer Abschätzung für die **NO_x-Einsparung** davon aus, dass die KEP-Dienstleister ihre Sendungen für das Betrachtungsgebiet außerhalb der Oberstadt im GVZ gemeinsam konsolidieren. Dadurch kann die Auslastung von 13 Fahrzeugen, die im Betrachtungsgebiet ausliefern, von 80 % auf 100 % erhöht werden. In unserem Modell ergibt sich demzufolge **eine mögliche Einsparung von rund 9 kg NO_x pro Jahr** (ca. 11 % von der derzeitigen Belastung).

Die **Umsetzbarkeit** des GVZs sehen sowohl die Händler als auch die KEP-Dienstleister in den Experteninterviews überwiegend kritisch. Viele Händler sehen die Gefahr, dass „die Ware dort [...] eine Woche liegt“¹⁵⁰ und somit eine Zeitverzögerung der Warenanlieferung erfolgt. Die Pünktlichkeit der Warenanlieferungen muss für die Händler bei Einführung von GVZs somit zwingend gewährleistet sein. Erwähnenswert ist zudem, dass die Händler keinen wesentlichen Vorteil darin sehen, dass ihre Belieferung und Warenannahme bei Einführung der Maßnahme gebündelt erfolgt.

Nicht sinnvoll erscheint die Maßnahme für Gastronomiebetriebe, da hierbei „die transportierten Mengen pro Händler sehr groß sind und die Kapazität des Wagens begrenzt ist“¹⁵¹. Da somit nur eine geringe Anzahl an verschiedenen Abladestellen angefahren wird, sind hier Bündelungseffekte kaum zu realisieren.

¹⁵⁰ Experteninterview

¹⁵¹ Experteninterview

Ein mögliches **Hemmnis** zur Umsetzbarkeit ergibt sich des Weiteren durch die Gefahr, dass die Straßen hin zum und weg vom Güterverteilzentrum überlastet werden. Würden bspw. sämtliche Sendungen aller KEP-Dienstleister gleichzeitig ausgeliefert, würde dies den Verkehr mehr belasten als eine zeitlich versetzte, individuelle Auslieferung eines jeden einzelnen KEP-Dienstleisters. Denn durch ein GVZ wird „die Macht der KEPler [geballt] und Stau in alle Richtungen produziert“¹⁵².

Außerdem ist der Wille der KEP-Dienstleister zur Zusammenarbeit ein wesentlicher Faktor. Dieser scheint zum einen davon abzuhängen, ob die Rahmenbedingungen für die Zusammenarbeit gleich sind, bspw., dass alle KEP-Dienstleister dort anliefern müssen und die gleichen Kosten berechnet bekämen. In diesem Zusammenhang stellen auch Regularien eine Herausforderung dar, um die Versorgung der Innenstadt nur durch einen Frachtführer zuzulassen. Ein möglicher Lösungsansatz bildet dafür die Kollaboration mehrerer KEPs in einem gemeinschaftlich genutzten sogenannten „Multi-Hub“. In diesem Fall übernimmt ein „neutraler Auslieferer“ die Fahrten in die Innenstadt komplett.

Zusammengefasst besitzt die Errichtung eines GVZ und die Optimierung der Flottenroute das Potenzial die NO_x-Emissionen in der Marburger Innenstadt nachhaltig zu reduzieren. Dies ist möglich, obwohl eine Reduzierung der Fahrzeugflotten durch die ohnehin hohe Auslastung der Fahrzeuge kaum realisierbar ist. Allerdings konnte auch festgestellt werden, dass die Umsetzbarkeit der Maßnahme sowohl von den KEP-Dienstleistern als auch den Händlern kritisch eingeschätzt wird. Ein wesentlicher Erfolgsfaktor bei Errichtung eines GVZ ist, dass die sich die Liefersituation aus Kundensicht (insb. Pünktlichkeit der Lieferungen) nicht verschlechtert und dass die KEP-Dienstleister eine unternehmensübergreifende Kooperationsbereitschaft zeigen.

5.3.2 Errichtung eines Mikro-Hubs

Bei der Nutzung eines Mikro-Hubs zur Verteilung der Lieferungen werden die zu transportierenden Warensendungen für die Innenstadt in der nächst gelegenen Niederlassung des KEP-Dienstleisters vorsortiert. Anschließend erfolgt der Transport zu den Mikro-Hubs mittels Lkw oder Lieferfahrzeug. Bei den Mikro-Hubs handelt es sich um Paketshops, abgestellte Nutzfahrzeuge oder in der Nähe des Innenstadtbereichs gelegene Containern. Des Weiteren ist die Nutzung der Flächen von Parkhäusern möglich, die zu den Nebenzeiten nachts und am frühen Morgen nur gering ausgelastet sind.

Im Mikro-Hub werden die Sendungen auf einen Elektro-Lieferwagen, Lastenfahräder oder Sackkarren umgeladen. Es folgt die Auslieferung auf der letzten Meile, wobei diese Fahrzeuge zu jeder Zeit im Innenstadtbereich agieren dürfen. Im Zuge der Belieferung werden darüber hinaus Sendungen aus dem innerstädtischen Bereich sowie Leergutsendungen aufgenommen. Diese werden danach im Mikro-Hub kommissioniert und entweder in das Depot des KEP-Dienstleisters zur weiteren Versendung mitgenommen oder wiederum direkt ausgeliefert. Für den Einsatz am nächsten Tag werden die mit elektrischen Antrieben betriebenen Lieferfahrzeuge anschließend im Bereich des Mikro-Hubs per Ladesäule aufgeladen. Potenziell mögliche Standorte für Mikro-Hubs liegen insbesondere im Bereich des höchsten Punktes der Oberstadt zur Nutzung der Hangabtriebskraft.

Die geringere Verkehrs- und NO_x-Belastung bietet einen **Mehrwert** durch die Möglichkeiten, das Lieferzeitenfenster zu erweitern, ohne die Lebensqualität in der Innenstadt zu verschlechtern. Außerdem können sowohl die KEP-Dienstleister als auch die Geschäfte von der Vermittlung eines umweltfreundlichen Images profitieren.

Zur Abschätzung der **NO_x-Einsparung** gehen wir davon aus, dass die Pakete an drei zentral gelegene Mikro-Hubs geliefert werden, die von den jeweiligen KEP-Dienstleistern direkt angefahren werden. Dadurch kann die in der Innenstadt zurückgelegte Strecke pro Fahrzeug für die KEP-Dienstleister vermutlich von 9 km auf ungefähr 4 km reduziert werden. Dadurch ergibt sich in unserem Modell eine **mögliche Einsparung von rund 37 kg NO_x pro Jahr** (ca. 43 % von der derzeitigen Belastung).

Die **Umsetzbarkeit** dieser Maßnahme hängt stark vom Finden einer geeigneten Fläche für das Mikro-Hub ab. Diese sollte bspw. in Marburg nach der Einschätzung eines KEP-Dienstleisters möglichst „oben auf dem Berg angeordnet sein“¹⁵³. Denn die zu überwindenden Höhenmeter im Bereich der Oberstadt können die Anwendung von Lastenfahrrädern und Sackkarren erschweren sowie bei Lieferfahrzeugen mit Elektroantrieb deren Reichweite verringern. Darüber hinaus ist die Verwendung von Parkhäusern als Logistikfläche nicht umsetzbar, da laut den Angaben der Experten die Auslastung der Parkhäuser bereits heute hoch ist.

Des Weiteren wird durch diese Maßnahme der Personalbedarf erhöht und die Kapazitäten der einzelnen Liefereinheiten sinkt. Somit ist von steigenden Kosten für die Paketzustellung auszugehen. Großes Hemmnis stellt hier die Bereitschaft der Privatkunden und Händler dar, diesen Aufschlag zu zahlen. In den Experteninterviews erhielten wir hierbei gemischte Reaktionen von „bis zu 15%“ Aufschlag bis zu einer klaren Ablehnung der Übernahme der Kosten dieser alternativen Zustellung.

Jedoch äußerten alle Experten, diese Maßnahme in absehbarer Zeit ausprobieren zu wollen. Einer unserer interviewten KEP-Dienstleister berichtete über das Pilotprojekt eines Mikro-Hubs in Berlin, welches bereits erfolgreich umgesetzt wurde.

Zusammengefasst erscheint ein Pilotprojekt für Mikro-Hubs in der Innenstadt durchaus sinnvoll, da das Einsparpotential durch die Verwendung emissionsfreier Lieferfahrzeuge auf der letzten Meile vergleichsweise hoch ist. Eine erfolgreiche Umsetzung des Mikro-Hubs setzt nach der Meinung der Experten jedoch voraus, dass die zusätzlichen Kosten dafür nicht von den Händlern getragen werden und eine geeignete Fläche gefunden werden kann. Außerdem stellt die Topographie eine wesentliche Herausforderung für die Verwendung von Lastenfahrrädern oder Sackkarren dar.

5.3.3 Nutzung gemeinschaftlicher Paketboxen

Die sogenannten Paketboxen (auch Paketkasten, Pack-/Paketstation) können zum Abholen und Abgeben von Paketen genutzt werden. Jede Paketbox versorgt einen definierten lokalen Umkreis (bspw. Mehrfamilienhaus, Einzelhandel, Stadtteil) mit Paketen. Die Pakete werden einmal oder mehrmals täglich in die Paketbox geliefert. Einen Zugang zur Box zur Abholung der Sendungen erhält der Kunde bspw. mittels eines PIN-Codes oder einer Karte. Auch die Abgabe von Paketen ist mittels einer Paketbox möglich. Dabei ist die Paketbox mit einer mechanischen Klappe oder Einwurfvorrichtung versehen, um das Entnehmen von einmal eingeworfenen Paketen durch Unbekannte zu verhindern. Im Gegensatz zu den von DHL betriebenen Paketboxen und Packstationen können die gemeinschaftlichen Paketboxen von allen KEP-Dienstleistern genutzt werden. Dadurch kann die gesamte Anzahl Paketboxen, die bereitgestellt werden müssen, reduziert werden.

Hinsichtlich der **Wirksamkeit der Maßnahme** gehen wir davon aus, dass zwei Drittel der Gesamtlieferungen an Privatkunden ausgeliefert werden. Außerdem treffen wir die Annahme, dass bei einer umfangreichen Umsetzung 60 % der Privatkunden mittels einer Paketbox beliefert werden können. Dies ist nur durch eine großflächige Verteilung der Paketboxen

¹⁵³ Experteninterview

innerhalb der Stadt möglich, sodass zum Befüllen der Paketboxen noch immer schätzungsweise rund 5 km pro Fahrzeug pro Tag zurückgelegt werden müssen. Somit ergibt sich in unserer Abschätzung **eine mögliche Einsparung von rund 12 kg NO_x pro Jahr** (ca. 14 % von der derzeitigen Belastung).

Die Interviews haben gezeigt, dass die Eignung von Paketboxen in erster Linie davon abhängig ist, ob Privatpersonen oder Geschäftskunden über diesen Weg beliefert werden sollen. So beabsichtigen die KEP-Dienstleister für die Belieferung der Privatpersonen, das Netz an Paketboxen und –Shops in der Innenstadt auszubauen. Auf diese Weise solle bei dem „momentan extremen Wachstum im Privatkundensektor“¹⁵⁴ die letzte Meile an den Kunden ausgelagert werden.

Die **Umsetzbarkeit** der Belieferung der Händler mittels Paketboxen sahen jedoch alle Experten als wenig sinnvoll. Als mögliche Herausforderungen wurden vor allem die schwierig zu erfüllenden Anforderungen der Paketboxen an die Waren, bspw. Kühlung von Frischwaren und die Garantie der Sicherheit bei besonders werthaltigen Waren, kritisiert. Außerdem sei der erhöhte Personalbedarf zur Abholung der Waren nicht vorstellbar. Des Weiteren war die Bereitschaft der Händler zur Mitarbeit gering, „da dafür bezahlt wird, dass Pakete bis an die Tür zugestellt werden“¹⁵⁵. Darüber hinaus stellt die Zusammenarbeit der KEP-Dienstleister bei dem Betrieb der gemeinschaftlichen Paketboxen eine große Herausforderung dar.

Zusammengefasst erscheint der Aufbau der gemeinschaftlichen Paketboxen für die Belieferung von Gewerbetreibenden aufgrund der festgestellten fehlenden Akzeptanz der Händler kaum umsetzbar. Im Privatkundenbereich ist die Umsetzbarkeit durch eine einfache Installation der Paketbriefkästen zwar deutlich höher, allerdings ist die damit verbundene NO_x-Einsparung als vergleichsweise gering einzustufen.

5.3.4 Anreize für den Einsatz von elektrischen Lieferfahrzeugen

Durch die hohen Anschaffungskosten und Einschränkungen von Elektrofahrzeugen (z.B. Reichweite, Größe) sind Fahrzeuge mit konventionellen Antrieben bislang in der Regel deutlich attraktiver für die KEP-Dienstleister. Die Bereitschaft der KEP-Dienstleister zur Anschaffung von E-Fahrzeugen und Reduzierung der Emissionen könnte durch spezielle Anreize gefördert werden. Diese können einerseits finanzielle Anreize darstellen, die bspw. durch den Bund im Rahmen des Förderprogrammes „Saubere Luft“ unterstützt werden. Ebenfalls denkbar wäre eine Förderung zur Errichtung passender Ladeinfrastruktur seitens der Stadt. Andererseits können Anreize durch die Stadt Marburg auch in besonderem Maße durch folgende regulatorische Maßnahmen gesetzt werden:

- Zuweisung längerer Lieferzeitfenster für Elektrofahrzeugen in der Innenstadt. Dies stellt eine höhere Flexibilität für die KEP-Dienstleister dar. Denn derzeit kann durch das kurze Lieferzeitfenster eine Belieferung, die den Regularien der Stadt entspricht, nicht erfolgen.
- Zuweisung zu attraktiveren Be- und Entladezonen für Elektrofahrzeuge. Bspw. könnten Parkplätze von Lieferfahrzeugen mit Elektroantrieb während der Auslieferung kostenlos genutzt werden. Dies wird bereits praktiziert und könnte ausgeweitet werden.
- Generelles Verbot von Dieselfahrzeugen in der gesamten Innenstadt oder im Bereich der Oberstadt. Der Zugang für Lieferfahrzeuge könnte auf Fahrzeuge mit alternativen Antrieben beschränkt werden.

¹⁵⁴ Experteninterview

¹⁵⁵ Experteninterview

In unserer Abschätzung zur Einsparung von NO_x gehen wir davon aus, dass ein Teil der KEP-Dienstleister bereit sein wird, seine Fahrzeuge zu elektrifizieren. Wir nehmen an, dass von den 25 täglich in der Innenstadt eingesetzten Fahrzeugen zukünftig acht Fahrzeuge mit Elektroantrieb ausgestattet sein werden. Dies würde bedeuten, dass die drei KEP-Dienstleister mit dem höchsten Sendungsaufkommen mit jeweils zwei (DHL, dpd, UPS), die weiteren KEP-Dienstleister (Hermes, GLS) mit jeweils einem Elektrofahrzeug ausliefern. Dadurch ergibt sich eine **Einsparung von rund 25 kg NO_x pro Jahr** (ca. 29 % von der derzeitigen Belastung).

Bezüglich der **Umsetzbarkeit** ergab sich ein gespaltenes Bild sowohl inmitten der Händler als auch der KEP-Dienstleister. Zwar äußerte ein Händler, dass ein mögliches Fahrverbot für Autos mit Dieselantrieb, „wenn es sein muss, nicht verkehrt [ist]“¹⁵⁶. Ein anderer Händler kritisierte jedoch, dass der Dieselantrieb generell „verteufelt“¹⁵⁷ wird. So würde mit einem Fahrverbot für Verbrenner durch die fehlende Mobilität Lebensqualität in der Innenstadt verloren gehen. Übereinstimmend äußerte die Mehrheit der Experten die Notwendigkeit einer umfassenden Kontrolle, ohne die die Wirksamkeit einer solchen Maßnahme nur eingeschränkt erzielt werden kann.

Zusammengefasst kann die Maßnahme zu einer deutlichen Reduzierung der Schadstoffbelastung mit NO_x führen. Dabei ist die Effektivität davon abhängig, inwieweit die regulatorischen Maßnahmen ausreichend sind, einen Anreiz für die KEP-Dienstleister zu geben, ihre Flotte umzustellen. Besonders in Verbindung mit einer Verlängerung der Lieferzeitenfenster für Elektrolieferwagen können sowohl Händler als auch KEP-Dienstleister profitieren. Letztlich stellen die hohen Anschaffungskosten für Fahrzeuge mit Elektroantrieb das größte Umsetzungshindernis dar.

5.3.5 Förderung des Einsatzes von Paketbriefkästen

Die Abgabe von Paketen ist durch Berufstätigkeit oder Abwesenheit der Empfänger besonders am Vormittag in vielen Fällen erfolglos. Dies führt dazu, dass 10 % aller deutschlandweit verschickten Pakete beim ersten Versuch nicht zugestellt werden können (Siebert, 2015). Dies erhöht die tägliche Paketmenge und damit den Logistikverkehr in der Stadt.

Abhilfe können hier Paketbriefkästen schaffen, deren Anschaffung die Stadt Marburg zu einem Teil finanziell fördern könnte. Diese ermöglichen das Anliefern von Sendungen auch in Abwesenheit des Empfängers. Die angebotenen Lösungen sind bspw.:

- „PakSafe“: Die „Säcke“ werden von außen an die Tür gehängt und per Befestigungsgurt von innen sicher befestigt. Der Paketlieferant kann die ausgelieferte Sendung in den Sack füllen und verschließt per Steckverschluss den mobilen Paket-Briefkasten. Der Kunden kann im Anschluss mit dem passenden Schlüssel die Sendung entgegennehmen.
- DHL-Paketkasten: Der Paketkasten bietet als eine größere Version eines klassischen Briefkastens den Platz, um Pakete zu empfangen und zu verschicken. Diese Maßnahme bietet sich für vorrangig für Privatkunden und kleinere Geschäfte an, die zwar täglich, aber nur mit geringen Mengen beliefert werden.

Zur Abschätzung des Potentials der **Einsparung der NO_x-Emissionen** gehen wir davon aus, dass zwei Drittel der Pakete an Privatkunden ausgeliefert wird. Bei der Verwendung des Paketbriefkastens kann die Zustellungsquote von 90 auf 100 Prozent erhöht werden, da

¹⁵⁶ Experteninterview

¹⁵⁷ Experteninterview

Pakete auch in Abwesenheit des Empfängers erfolgreich zugestellt werden können. In unserer Abschätzung liegt die Nutzungsrate innerhalb der Empfänger bei 50 %. Dadurch kann **potentiell pro Jahr rund 2 kg NO_x eingespart werden** (ca. 3% von der derzeitigen Belastung).

Die Maßnahme wurde von den Experten einstimmig abgelehnt. So erkannten die Händler keinen **Mehrwert**, da sie „eh im Geschäft sind“¹⁵⁸ und somit jede Sendung persönlich in Empfang genommen werden kann. Somit stellen die Paketbriefkästen vielmehr eine Maßnahme für die Belieferung der Privatpersonen dar. Hier könnte die Zustellungsrate erhöht sowie die Lieferzeit verkürzt werden. Denn durch den Briefkasten entfällt für den Paketboten das Klingeln bei den Nachbarn, Suchen des Abstellortes etc. bei einer erfolglosen Zustellung. Somit verkürzt sich auch die Aufenthaltsdauer der Lieferwagen in der Innenstadt.

Zusammengefasst bieten die Paketbriefkästen keine wesentlichen Verbesserungspotenziale für die Stadt Marburg. Denn für die Lieferungen an die Händler ist diese Maßnahme als nicht sinnvoll einzustufen, da diese ihre Pakete selbst in Empfang nehmen können. Zwar bieten die Paketbriefkästen die Möglichkeit, die Zustellungsrate der Sendungen der Privatpersonen zu erhöhen, dadurch können die NO_x-Emissionen jedoch kaum reduziert werden.

5.4 Zusammenfassung

Auf Basis von Interviews und einer Best-Practice Recherche konnten wir für die Marburger Innenstadt (insb. Oberstadt) insgesamt fünf Maßnahmen ableiten, die das Potenzial besitzen, die NO_x-Emissionen nachhaltig zu reduzieren. Bei der Evaluierung der Maßnahmen haben wir insbesondere die individuellen Charakteristika der Stadt, wie bspw. die besondere topographische Lage, berücksichtigt.

Unsere Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der Maßnahmen leiten wir insbesondere anhand ihres Potenzial zur Reduzierung der NO_x-Emissionen sowie ihrer Umsetzbarkeit (Komplexität, Kosten, Umsetzungsdauer, regulatorische Anforderungen) ab. Die nachfolgende Abbildung zeigt eine Einordnung der Maßnahmen auf Basis dieser zwei Dimensionen. Zu beachten ist, dass die jeweilige Wirkung der Maßnahmen einzeln zu betrachten ist, da durch die gegenseitigen Abhängigkeiten der Maßnahmen das Einsparpotenzial nicht additiv ermittelt werden kann.

Die detaillierten Informationen zu den einzelnen Maßnahmen können sowohl den vorherigen Kapiteln als auch den in Anlage 14 (T5) aufgeführten Maßnahmensteckbriefen entnommen werden. Dort sind zudem die weiteren Umsetzungsschritte, Mehrwerte abseits der Reduzierung der Schadstoffemissionen, Synergien und Zielkonflikte mit anderen Maßnahmen sowie Referenzprojekte aufgeführt.

Demnach empfehlen wir, dass insbesondere für die Maßnahmen „Anreize für den Einsatz von elektrischen Lieferfahrzeugen“ und „Errichtung eines Mikro-Hubs“ kurzfristig konkrete Konzepte ausgearbeitet werden sollten. Unter allen betrachteten Maßnahmen bieten diese Maßnahmen das größte Einsparpotential und erscheinen gleichzeitig trotz bestehender Hemmnisse grundsätzlich umsetzbar.

Die Maßnahme „Errichtung eines Güterverteilzentrums“ ist aus unserer Sicht nur bedingt zu empfehlen, da die Umsetzbarkeit durch die erforderliche Kooperationsbereitschaft der KEP-Dienstleister vergleichsweise schwierig und das Einsparpotential durch die ohnehin hohe Auslastung der Fahrzeuge vergleichsweise gering ist.

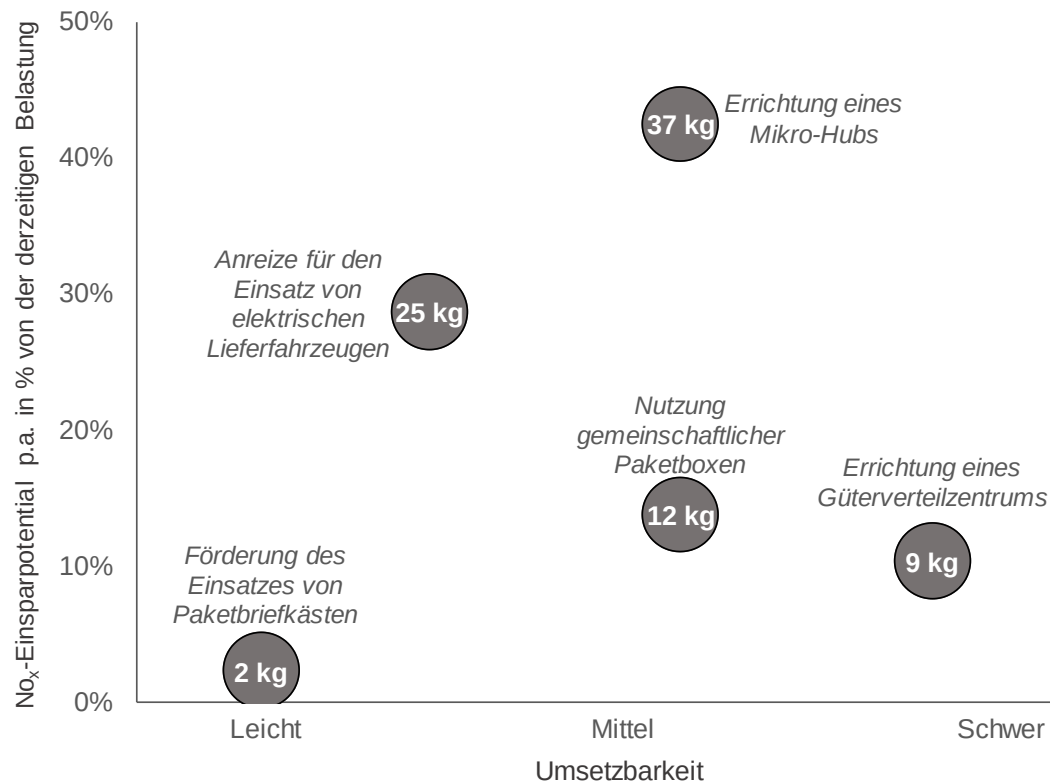


ABBILDUNG 88 (T5): UMSETZBARKEIT-NO_x-EINSPARPOTENTIAL-MATRIX, EIG. DARSTELLUNG AUF GRUNDLAGE DER EXPERTENINTERVIEWS 2018

Die Maßnahmen „Förderung des Einsatzes von Paketbriefkästen“ und „Nutzung gemeinschaftlicher Paketboxen“ sind nach unserer Einschätzung nachrangig zu bearbeiten, da sie zwar einfach umzusetzen sind, jedoch für die Stadt Marburg keine wesentliche Reduzierung der NO_x –Emissionen zu erwarten ist. Hinzu kommt, dass die Akzeptanz dieser Maßnahmen nur bei Privatpersonen gegeben ist.

Für die weitere Konzeption, Entwicklung und Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen gilt, dass sämtliche beteiligten Akteure einbezogen werden sollten. Insbesondere die Eindrücke und das Feedback der bereits eingebundenen Akteure wie der Händler und KEP-Dienstleister sollte dabei berücksichtigt werden. Als Beispiel dafür dienen bereits in der jüngeren Vergangenheit in anderen Städten umgesetzte Pilotprojekte.

Abschließend ist zu betonen, dass das Einsparpotenzial von NO_x –Emissionen im Vergleich zu anderen Bereichen des Green-City-Plans zwar quantitativ gering ausfällt, allerdings die durch die Bewohner der Stadt Marburg wahrgenommene Wirkung deutlich höher einzuschätzen ist. Dies hängt damit zusammen, dass Lieferfahrzeuge z.B. durch die Fahrzeuggröße, häufige Startvorgänge oder laufendem Motor in der Innenstadt als sehr präsent wahrgenommen werden. Damit wird auch eine hohe Emissionsbelastung verbunden, sodass die vorgestellten entgegenwirkenden Maßnahmen vermutlich als äußerst wirkungsvoll eingeschätzt werden. Die Maßnahmen tragen insgesamt dazu bei, sowohl die Emissionsbelastung als auch die urbane Logistiksituation der Stadt Marburg nachhaltig zu verbessern.

6 Gesamtdarstellung aller Teilplanmaßnahmen

Die voran gestellten Teilpläne im Green-City-Plan Marburg mit ihren vielfältigen Einzelmaßnahmen werden nachfolgend untereinander auf Zielkongruenz und Widerspruchsfreiheit geprüft und deren Wirkungen mit Blick auf ihre NOx-Einsparpotenziale und Kostendimensionen abgebildet.

Grundsätzlich lassen sich zwei Arten von Maßnahmen unterscheiden, die in Abbildung 89 abgebildet sind. Das sind einerseits Maßnahmen, die vorrangig auf die Verbesserung der Funktionalität bestehender Systeme abzielen, wie z.B. die Optimierung der Lichtsignalanlagen zugunsten der Busbeschleunigung (T1_M2). Hierzu zählen aber ebenso Maßnahmen, die die Nutzerfreundlichkeit und die Informationen zu Angeboten des Umweltverbundes verbessern, wie die Ansprache neuer Nutzergruppen wie Pendler und Beschäftigte (T2a_M2-3) oder Kampagnen (T2b_M2) im Radverkehr.

Die Gruppe der quantitativen Maßnahmen umfassen hingegen den Ausbau bestehender Angebote. Dazu zählen u.a. der Ausbau von DFI (T1_M1) wie Fahrradverleihstationen (T2a_M1) und die Umstellung der kommunalen Flotte (T3, T4) auf emissionsärmere Antriebe.

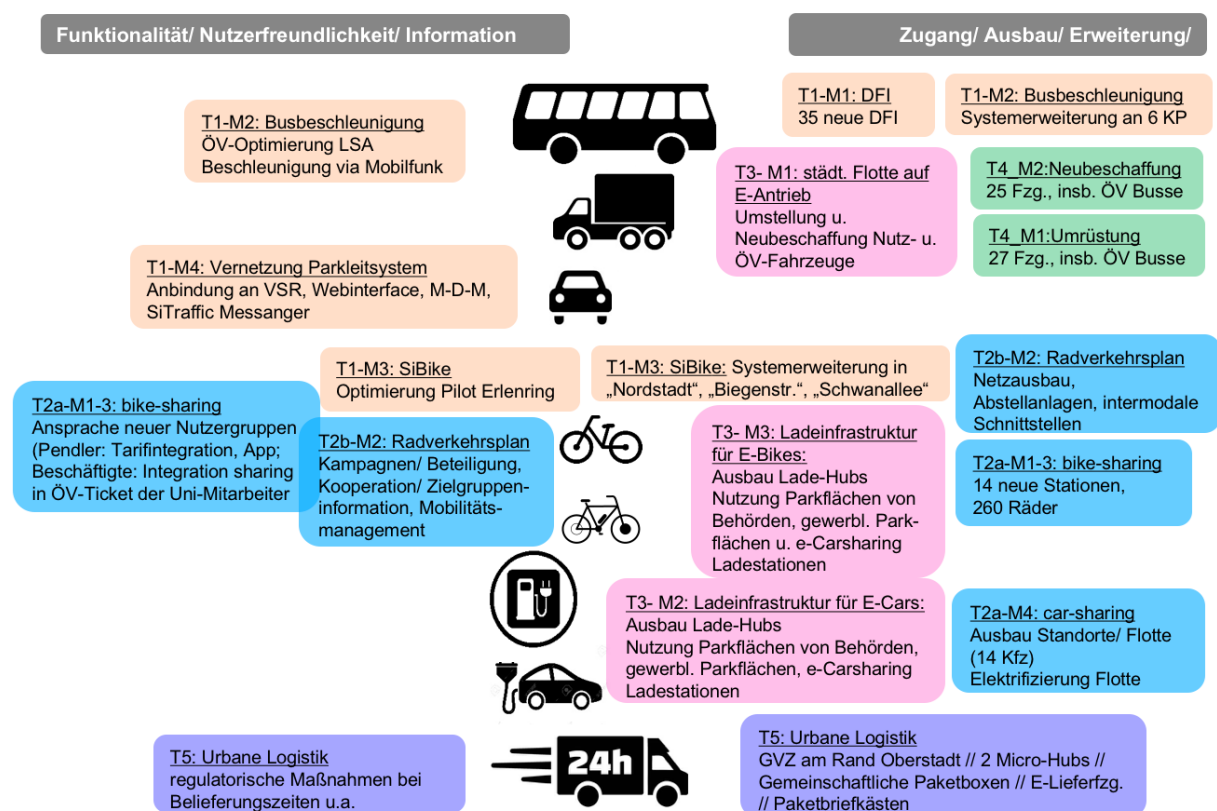


ABBILDUNG 89 (T6): TEILMAßNAHMEN ALLER TEILPLÄNE QUALITATIVER UND QUANTITATIVER ART, EIGENE DARSTELLUNG

6.1 Zielkongruenz und Widerspruchsfreiheit

Alle Teilplanmaßnahmen wurden in Kombination miteinander betrachtet und auf Zielkongruenz und Widerspruchsfreiheit geprüft.

Tabelle 68 zeigt alle Teilplanmaßnahmen und kennzeichnet, diejenigen Maßnahmenpaare bzw. –gruppen, die fachliche Abhängigkeiten bzw. Zusammenhänge aufweisen.

	T1-M1	T1-M2	T1-M3	T1-M4	T2a-M1-3	T2a-M4	T2b-M1-2	T3-M1	T3-M2-3	T4-M1	T4-M2	T5
T1-M1	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T1-M2		x	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T1-M3			x	-	-	-	2	-	-	-	-	-
T1-M4				x	-	-	-	-	-	-	-	-
T2a-M1-3					x	3	4	-	5	-	-	-
T2a-M4						x	-	-	5	-	-	-
T2b-M1-2							x	-	-	-	-	-
T3-M1								x	-	6	6	-
T3-M2-3									x	-	-	-
T4-M1										x	-	-
T4-M2											x	-
T5												x

TABELLE 68 (T6): SYNERGIEN UND ABHÄNGIGKEITEN UNTER DEN EINZELNEN MAßNAHMEN ALLER TEILPLÄNE, EIGENE DARSTELLUNG

1: T1_M2 ÖV-Beschleunigung < > T1_M3 SiBike

Beide Maßnahmen basieren auf vergleichbarer Technik und die Installation jener in den in T1 benannten LSA-Standorten sind zum Teil identisch. Darüber hinaus wäre eine gemeinschaftliche Installation für die Maßnahme T1_M3 kostengünstiger. Es wird in allen nachfolgenden Kostenbetrachtungen daher stets von einer gemeinsamen Realisierung ausgegangen. Würde dies nicht erfolgen, fallen grundsätzlich 270 T Euro Mehrkosten in diesem Teilplan an.

2: T1_M3 SiBike $\leftrightarrow$ T2b RVP-Maßnahmen

Die in T2b_M2 beschriebenen Maßnahmen aus dem aktuell gültigen Radverkehrsplan der Stadt Marburg decken auch Straßenabschnitte ab, wofür im Teilplan 1 die SiBike-Umsetzung empfohlen ist. Hieraus können sich Synergieeffekte für den Radverkehr vor allem in der Innenstadt Marburgs ergeben.

3: T2a_M1 Bike-Sharing <> T2a_M4 Carsharing

Verleihstationen für Fahrräder und Carsharing können je nach Standorteigenschaft und –bedarf räumlich integriert werden, da sich hieraus Synergieeffekte für die Nutzer ergeben können.

4: T2a_M1 Bike-Sharing < > T2b RVP-Maßnahmen

Eine Aufwertung der Fahrradinfrastruktur unterstützt die Akzeptanz von Bike-Sharing-Systemen. Positive Synergien durch ein breitgefächertes Angebot von Alternativen zur Nutzung von Pkw, Bike-Sharing für private und dienstliche Nutzung wirkt auch als Anreiz zu generell intensiverer Fahrradnutzung, vor allem auf weiteren Wegen, und Anreize zur Anschaffung/Nutzung auch von privaten/betrieblichen Pedelecs.

5: T3_M2 Ladeinfrastruktur Bike/Car <> T2a_M1/ M4 Bike-Carsharing

Die Ladeinfrastruktur für Sharing-Fahrzeuge wurde in Abstimmung zwischen den T2 und T3 im T2a kalkuliert. Soweit eine Anlage und Betrieb zusammen mit LIS für private Elektrofahrzeuge erfolgen kann, sind Synergien möglich.

6: T4_M1/M2 Umrüstung/ Neubeschaffung <> T3_M1 Elektrifizierung kommunaler Fuhrpark

Diese beiden Maßnahmenbündel stehen sich alternativ gegenüber. Ein Fahrzeug bzw. eine Fahrzeuggruppe kann entweder umgerüstet bzw. neu beschafft oder auf E-Antrieb umgestellt werden. Je nach Fahrzeugtyp ergeben sich hier verschiedene Vor- oder Nachteile in der kurz-/mittel- bzw. langfristigen Betrachtung.

6.2 Wirkungsdimension aller Teilpläne (NOx und Kosten)

Die nachfolgenden Betrachtungen basieren auf Werten der Teilpläne aus den Kapiteln 1 bis 5 und wurden in eine tabellarische Gesamtschau überführt. Diese ist als Anlage 16 dem GCP Marburg beigelegt.

Alle nachstehenden Werte zum Reduktionspotenzial von NOx-Emissionen stellen durchschnittliche Jahreswerte im Vergleich zum Status Quo dar. Im Teilplan 1 ergibt sich das NOx-Reduktionspotenzial vor allem durch die LSA-Optimierung an Knotenpunkten und der daraus resultierenden optimalen Beschleunigung der Busse und verkürzten Fahrzeiten. Im Teilplan 2 basieren die prognostizierten NOx-Werte auf substituierten Pkw-Kilometern, die durch Umsetzung einer T2-Maßnahme und dem damit animierten Wechsel vom MIV zum Umweltverbund eingespart werden und so zur Emissionsreduktion beitragen. Bei den Teilplänen 3 und 4 basiert die Ermittlung des NOx-Reduktionspotenzials auf den Fahrleistungen der verschiedenen Fahrzeugtypen des kommunalen Fuhrparks (Nutzfahrzeuge und öffentliche Flotte) und ihrer Umstellung bzw. ihrem Ersatz auf umweltfreundliche Antriebe wie die Elektrifizierung bzw. die Umrüstung auf Euro 6/VI Norm oder aber die Neubeschaffung von erdgas- oder dieselbetriebenen Fahrzeugen. Im Teilplan 5 resultieren die prognostizierten NOx-Einsparungen auf Grundlage veränderter Strukturen im Marburger Lieferverkehr, die durch verkürzte Fahrleistungen bestehender Lieferfahrzeuge sowie in Teilen auch deren Ersatz durch emissionsfreie Verkehrsmittel wie Lastenräder oder E-Transporter entstehen können.

Würden alle Maßnahmen aller Teilpläne wie in voran gegangenen Kapiteln vorgestellt, umgesetzt, könnten in der Stadt Marburg im Vergleich zum Status Quo bis zu rd. 27 t/a NO_x-Emissionen eingespart werden bei voraussichtlichen Gesamtkosten in Höhe von rd. 47,5 Mio. Euro. Von diesem theoretischen Maximalwert sind zunächst Wirkungen von Teilplanmaßnahmen, die alternativ realisiert werden können (Beispiel: T3_M1 und T4, vgl. Tabelle 68) abzuziehen. Würde der kommunale Fuhrpark elektrifiziert, ergäben sich als maximal erreichbares NO_x-Einsparungspotenzial knapp 25 Tonnen bei rund 43,4 Mio. Euro Kosten. Würde eine Umrüstung bzw. Neubeschaffung erfolgen wie in T4 vorgeschlagen, ergäbe sich ein NO_x-Einsparpotenzial von knapp 24 Tonnen bei voraussichtlichen Kosten in Höhe von 30 Mio. Euro.

Dem stehen wiederum Maßnahmen gegenüber, für die eine Ermittlung möglicher Emissionseinsparungen durch die beschriebenen verkehrlichen Maßnahmen noch nicht belastbar erfolgen kann. Dazu zählen die Erweiterung der DFI-Standorte (T1_M1), die Umsetzung des SiBike-Projekts (T1_M3), der Ausbau der Vernetzung des Parkleitsystems (T1_M4) und die beiden Maßnahmen im Teilplan 3 zum Ausbau der Ladeinfrastruktur für E-Bikes/Cars. Diese sind quantitativ nicht bewertet, tragen aber dennoch zu einer Verbesserung des Verkehrssystems der Stadt bei und nehmen damit Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl. Für die Maßnahmen DFI-Standorte und SiBike existieren bereits größere Systemteile, die sich in der Praxis bereits in verschiedener Hinsicht bewährt haben. Hieraus ist abzuleiten, dass eine jeweilige Systemerweiterung mit hoher Wahrscheinlichkeit zu positiven Effekten im städtischen Verkehr und damit auch zur Reduzierung der Schadstoffbelastung führt.

Die benannten Gesamtkosten stellen die Umsetzungskosten dar. Lediglich im Teilplan 5 Urbane Logistik handelt es sich zunächst um Aufwendungen für Konzeptentwicklungen, jedoch nicht die Kosten zur Bereitstellung von Flächen für die vorgeschlagenen Maßnahmen selbst bzw. deren Subventionierung. Sie sind aktuell nicht valide benennbar und daher hier nicht enthalten.

Die Finanzierung der ermittelten Kosten wird aus verschiedenen Quellen erwartet. Neben Eigenanteilen der Stadt Marburg und Fördermitteln gehören dazu auch Nutzerbeiträge, z. B. für die im TP 2a angebotenen Sharing-Verkehrsmittel, oder ggfls. Mitfinanzierungen von Unternehmen im Bereich des betrieblichen Mobilitätsmanagements (T2b_M2.5).

Die nachfolgenden Ausführungen auf Teilplanebene betrachten aus Gründen der Vereinfachung alle Teilpläne summarisch und dienen zunächst einer allgemeinen Gesamtschau. Die Ableitung von Handlungsempfehlungen und Prioritäten erfolgt auf Maßnahmenebene und deren Effekte im kurz-, mittel- und langfristigen Umsetzungshorizont.

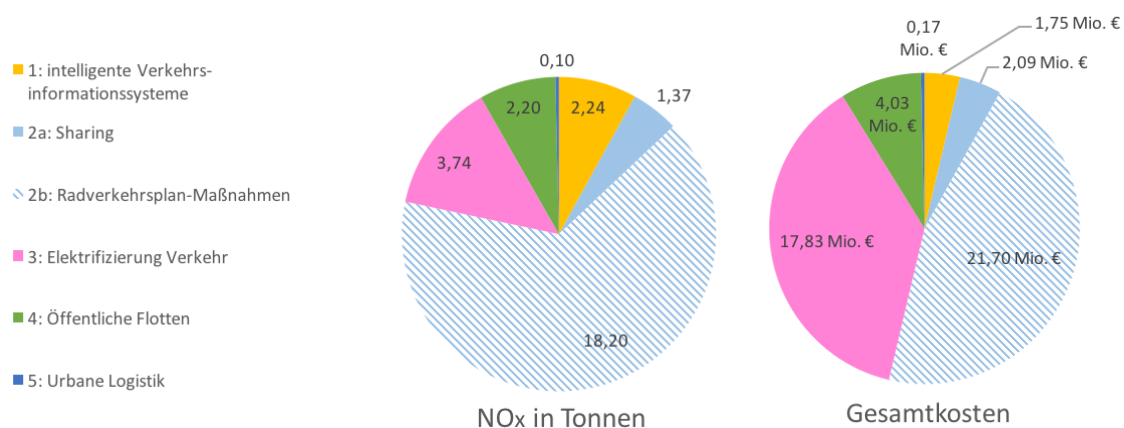


ABBILDUNG 90 (T6): NO_x-EINSPARPOTENZIAL IN TONNEN UND GESAMTKOSTEN IN MIO. EURO JE TEILPLAN, EIGENE DARSTELLUNG

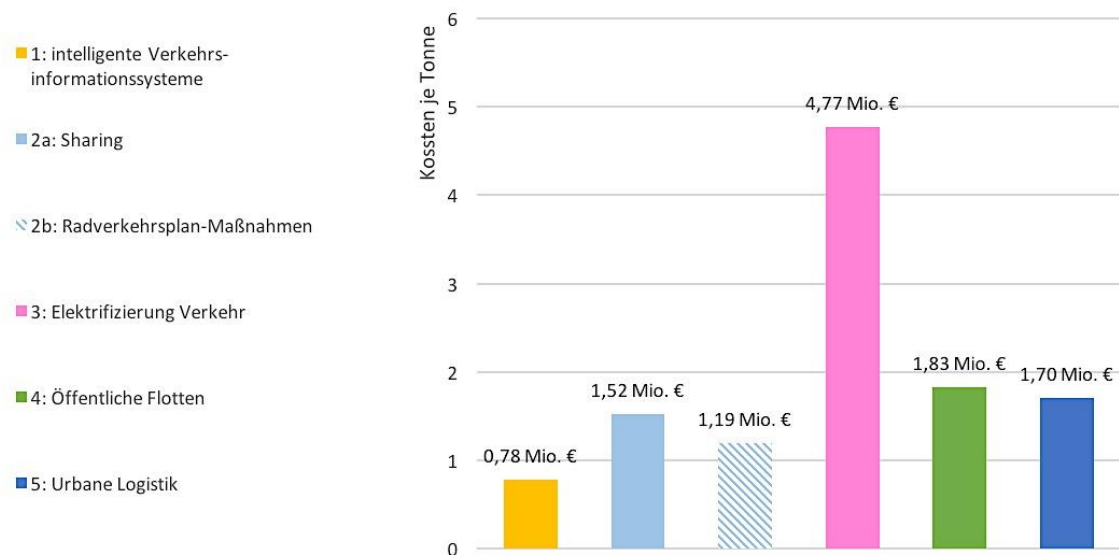


ABBILDUNG 91 (T6): KOSTEN IN MIO. EURO JE TONNE NOX-EINSPARUNG ALLER TEILPLÄNE, EIGENE DARSTELLUNG

Die fachliche Vielfalt der Teilpläne spiegelt sich auch in ihren unterschiedlichen Anteilen am Gesamtpotenzial möglicher NOx-Einsparung sowie den dazugehörigen Kosten wider, wie Abbildung 90 zeigt. Noch deutlicher wird dies in der danach folgenden Abbildung erkennbar, die je Teilplan die Kosten je Tonne NOx-Einsparung zeigt. Die Gesamtwerte der Teilpläne des GCP Marburg sind in Tabelle 69 noch einmal nachrichtlich aufgelistet.

GESAMTER UMSETZUNGSHORIZONT	Nox	Kosten	Anteil an Gesamteinsparung	Anteil an Gesamtkosten
1: intelligente Verkehrsinformationssysteme	2,24 t	1,75 Mio. €	8%	4%
2a: Sharing	1,37 t	2,09 Mio. €	5%	4%
2b: Radverkehrsplan-Maßnahmen	18,20 t	21,70 Mio. €	65%	46%
3: Elektrifizierung Verkehr	3,74 t	17,83 Mio. €	13%	37%
4: Öffentliche Flotten	2,20 t	4,03 Mio. €	8%	8%
5: Urbane Logistik	0,10 t	0,17 Mio. €	0%	0%
GCP MARBURG gesamt:	27,85 t	47,57 Mio. €		

TABELLE 69 (T6): GESAMTE NOX-EINSPARUNG IN TONNEN UND KOSTEN IN EURO DER GCP MARBURG TEILPLÄNE, EIGENE DARSTELLUNG

Tabelle 70 listet alle Teilpläne hinsichtlich ihrer NOx-ausprägung absteigend und aufsteigend hinsichtlich ihrer Kosten. Hinter der Umsetzung der Maßnahmen aus dem Radverkehrsplan (T2b_M2) stehen mit 18,20 t NOx die größten Einsparpotenziale, wiederum sind diese – bei Betrachtung der absoluten Kosten ohne Berücksichtigung möglicher Fördermittel – zugleich die kostenintensivsten Maßnahmen. Ähnlich diametral verhält es sich mit den Maßnahmen der urbanen Logistik (T5).

Werden die beiden absoluten Werte in Relation zueinander gestellt (Kosten je Tonne) kehrt sich Teilplan 1 mit 0,78 Mio. € je Tonne NOx als der kosteneffizienteste Teilplan heraus. Im Mittel und damit bei mindestens 1,19 Mio. Euro je Tonne NOx bis maximal 1,83 Mio. Euro je Tonne NOx liegen die Teilpläne T2, T4 und T5. Als am wenigsten kosteneffizient stellt sich T3 die Elektrifizierung des kommunalen Fuhrparks dar.

Kosten/Wirkungseffizienz (in Mio. Euro/ Tonne NOx-Reduktion)		NOx-Minderung absolut (in Tonnen)		Kosten (in Mio. Euro)	
1: intelligente Verkehrsinformationssysteme	0,78	2b: Radverkehrsplan-Maßnahmen	18,20	5: Urbane Logistik	0,17 ¹⁵⁹
2b: Radverkehrsplan-Maßnahmen	1,19	3: Elektrifizierung Verkehr	3,74	1: intelligente Verkehrsinformationssysteme	1,75
2a: Sharing	1,52	1: intelligente Verkehrsinformationssysteme	2,24	2a: Sharing	2,09
5: Urbane Logistik	1,70	4: Öffentliche Flotten	2,20	4: Öffentliche Flotten	4,03
4: Öffentliche Flotten	1,83	2a: Sharing	1,37	3: Elektrifizierung Verkehr	17,83
3: Elektrifizierung Verkehr	4,77	5: Urbane Logistik	0,10	2b: Radverkehrsplan-Maßnahmen	21,70
Marburg Durchschnitt	1,71	Marburg gesamt	27,85	Marburg gesamt	47,57

TABELLE 70 (T6): TEILPLÄNE SORTIERT NACH NOx-EINSPARPOTENZIAL, KOSTEN UND KOSTEN/ TONNE NOx, EIGENE DARSTELLUNG

Die nachfolgenden vier Abbildungen untersetzen die bisherige Gesamtbetrachtung in die drei Umsetzungshorizonte kurz-, mittel- und langfristig hinsichtlich ihres möglichen NOx-Reduktionspotenzials sowie ihrer Kosten.

Dabei ist zu beachten, dass die ermittelten Kosten Gesamtwerte über die jeweiligen Umsetzungshorizonte darstellen und damit sich stets über mehrere Haushaltsjahre verteilen.

Zum anderen ist aufgrund der Verschiedenheit der Teilpläne auch ihre Wirkungsentfaltung ganz unterschiedlich. Werden Fahrzeuge auf umweltfreundlichere Antriebe umgerüstet oder ersetzt, ergeben sich entsprechende NOx-Effekte ad hoc. Hier geht die Wirkung unmittelbar mit der Investition einher. Bei anderen Maßnahmen, die auf Verhaltensänderungen setzen, entwickeln sich die Wirkungen erst mit der Zeit (z.B. Hochlaufkurven in Sharing-Systemen). Die Kosten- und NOx-Effekte finden zeitlich versetzt statt, weil erst mit der Investition in die Angebotserweiterung/ -verbesserung Anreize zur Verhaltensänderungen geschaffen werden.

¹⁵⁹ Es handelt sich hierbei um Aufwände zur Konzeptentwicklung, jedoch noch keine Umsetzungskosten (z.B. zur Bereitstellung entsprechender Flächen).

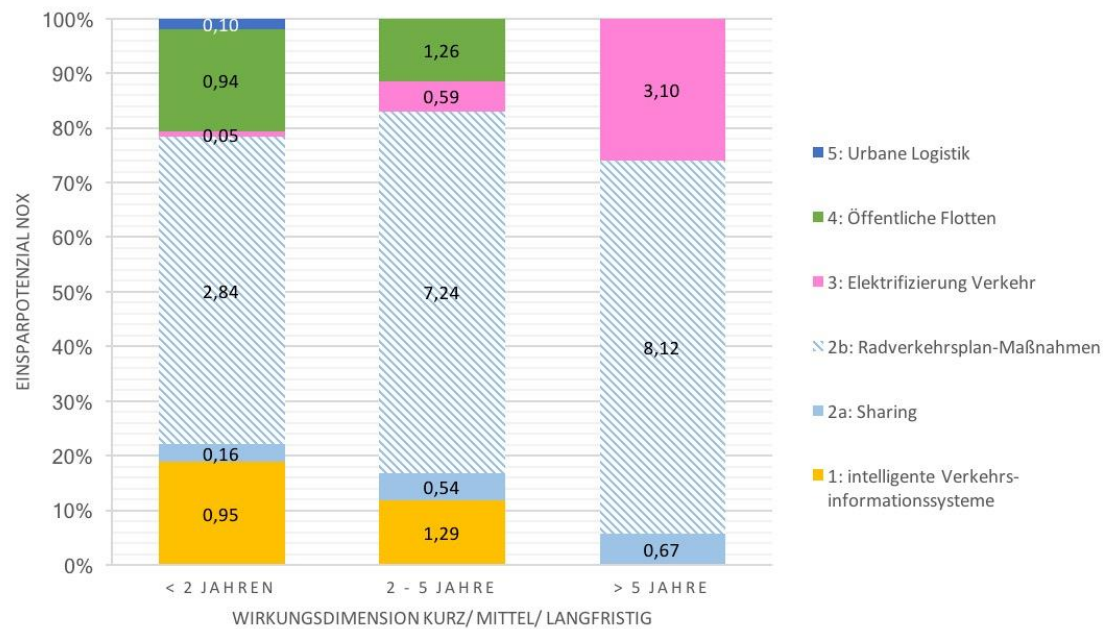


ABBILDUNG 92 (T6): KURZ-, MITTEL-, LANGFRISTIGE WIRKUNGSDIMENSION ALLER TEILPLÄNE – NOX IN TONNEN, EIGENE DARSTELLUNG

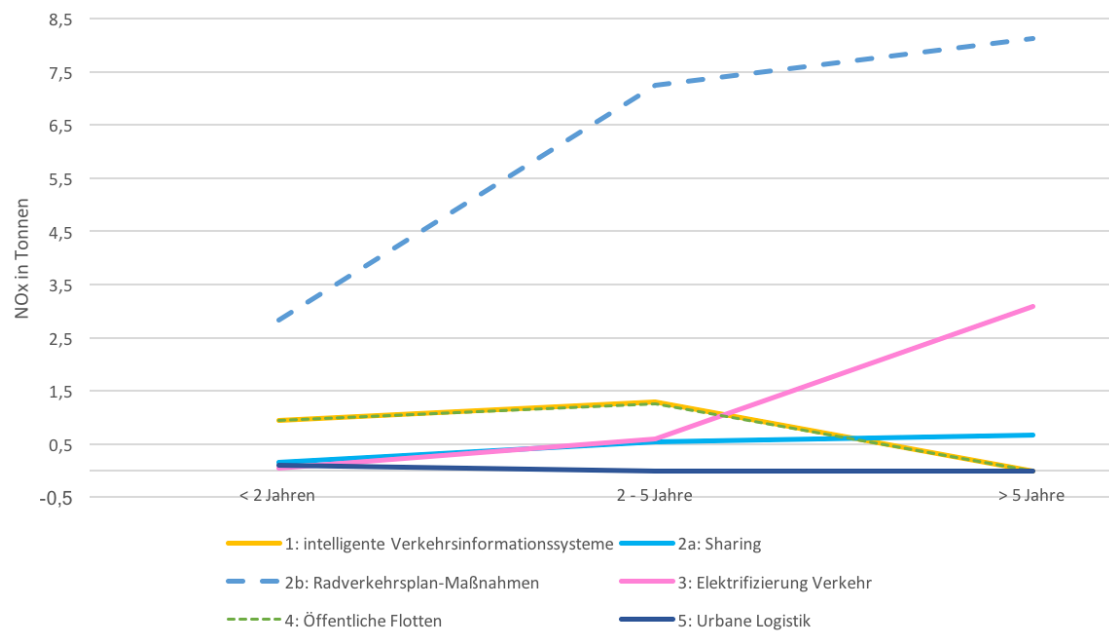


ABBILDUNG 93 (T6): VERLAUF DER KURZ-, MITTEL-, LANGFRISTIGEN WIRKUNGSDIMENSION ALLER TEILPLÄNE – NOX IN TONNEN, EIGENE DARSTELLUNG

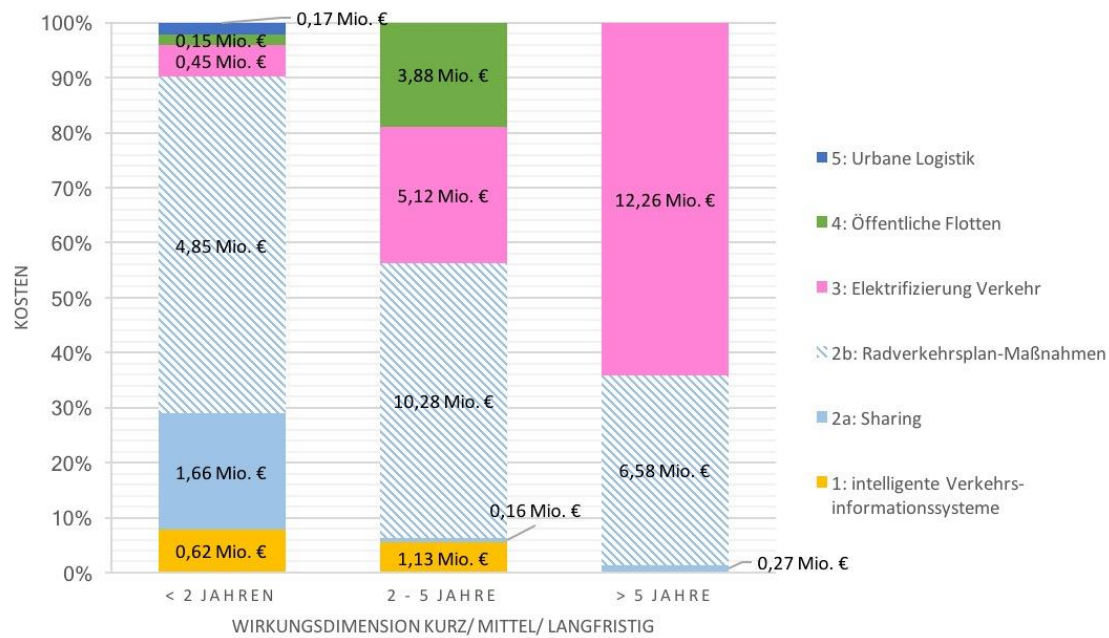


ABBILDUNG 94 (T6): KURZ-, MITTEL-, LANGFRISTIGE WIRKUNGSDIMENSION ALLER TEILPLÄNE – KOSTEN IN MIO. EURO, EIGENE DARSTELLUNG

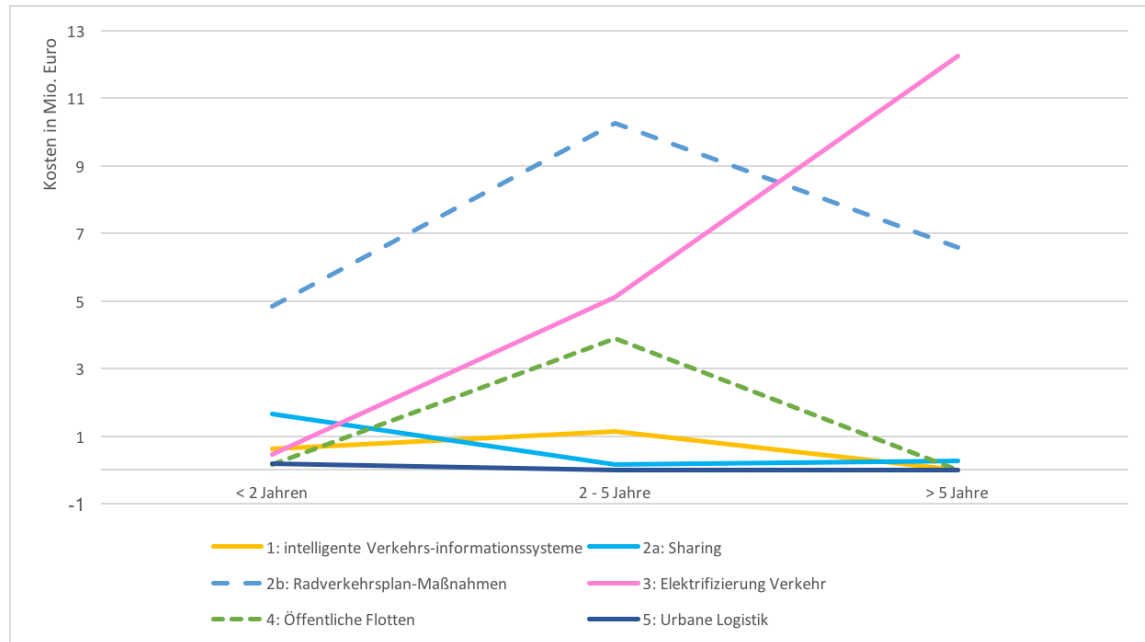


ABBILDUNG 95 (T6): VERLAUF DER KURZ-, MITTEL-, LANGFRISTIGEN WIRKUNGSDIMENSION ALLER TEILPLÄNE – KOSTEN IN MIO. EURO, EIGENE DARSTELLUNG

6.3 Wirkungsdimension auf Maßnahmen-Ebene

Im Folgenden werden alle in den Teilplänen vorgestellten Maßnahmen hinsichtlich ihres NO_x-Einsparpotenzials sowie den dazugehörigen Kosten gesamthaft abgebildet.

Maßnahmen, für die die NO_x-Effekte nicht belastbar ermittelt werden konnten, wurden zugunsten einer besseren Darstellbarkeit im nachfolgenden Graphen nicht aufgenommen. Das betrifft:

T1: M1 Ausbau DFI, M3 Radbeschleunigung SiBike und M4 Ausbau Vernetzung Parkleitsystem

T3 M2 Ladeinfrastruktur E-Cars und M3 Ladeinfrastruktur E-Bikes.

Aus Abbildung 96 ebenfalls herausgelöst wurde die Maßnahme T2b_M2.1 Ausbau Radnetz Priorität 1. Sie geht mit der sehr hohen Ausprägung von 9,12 t NO_x und 13 Mio. Euro Kosten in die Gesamtbetrachtung ein, hätte jedoch die Lesbarkeit anderer Maßnahmen hier sehr erschwert.

Die Effekte aus T2b_M1: Pendlerströme Lahntal - Lahnberge sind in den ermittelten NO_x-Effekten der T2b_M2: Radverkehrsplan-Maßnahmen inkludiert, welche sich in die Teilmaßnahmen T2b_M2.1 bis T2b_M2.6 unterteilen.

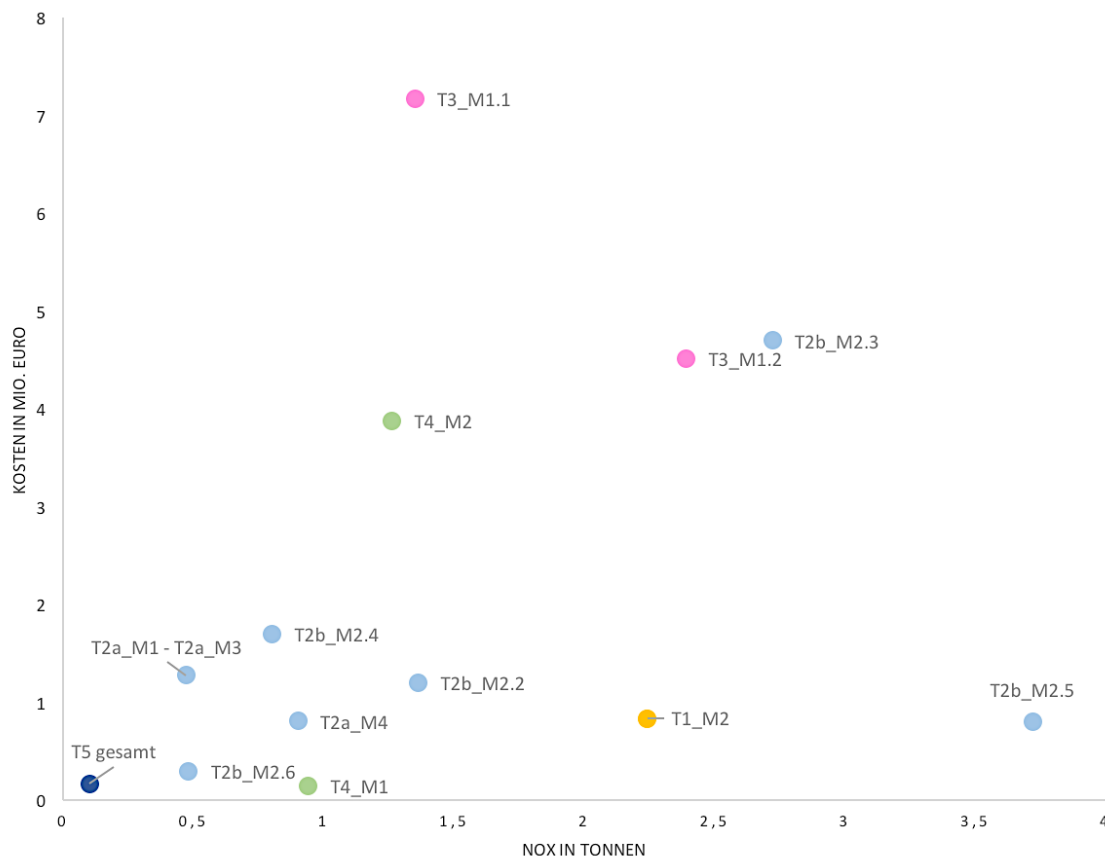


ABBILDUNG 96 (T6): TEILPLANMAßNAHMEN MIT NO_x-EINSPARUNG IN TONNEN UND DAZUGEHÖRIGEN KOSTEN IN MIO. EURO - GESAMT, EIGENE DARSTELLUNG

Im gesamthaften Umsetzungshorizont wird deutlich, dass vor allem die Maßnahmen T2b_M2.5 Betriebliches Mobilitätsmanagement als auch T1_M2 ÖV-Optimierung/ Busbeschleunigung am besten abschneiden, da mit ihnen insgesamt > 6 t NO_x bei Kosten von jeweils weniger als 1 Mio. Euro eingespart werden könnten. Mit vergleichbarem Kosteneinsatz und noch knapp 1 t NO_x-Einsparung ist hier auch T2a_M4 Ausbau Carsharing zu nennen. Wohingegen fast dieselbe Menge NO_x mit der Umrüstung des kommunalen Fuhrparks auf Euro 6 Norm (T4_M1) eingespart werden kann bei weit geringeren Kosten in Höhe von 0,15 Mio. Euro.

Im Bereich von NO_x-Einsparungen bis zu 0,5 Tonnen liegt die Maßnahme T2b_M2.6 Förderung Verfügbarkeit Pedelecs bei nicht mehr als 0,5 Mio. Euro Kosten, die hier zur Entwicklung von Anreizsystemen zur Förderung von Pedelec-Käufen anfallen. Dieselbe Menge NO_x-Effekt kann durch den weiteren Ausbau des bereits in Marburg schon gut etablierten Bike-Sharing (T2a_M1-3) Angebots erzielt werden, wenngleich hier die Kosten höher liegen. Dabei ist zu bemerken, dass hinter der Maßnahme T2a_M3 der Einsatz von Pedelecs als Dienstfahräder steht. Hier fallen keine eigenständigen Kosten an, da die Beschaffung der Pedelecs bereits Bestandteil der Maßnahme T2a_M1 ist.

Im Kostenkorridor von 1-2 Mio. Euro liegen außerdem die Maßnahmen zur Optimierung des Radwegenetzes (T2b_M2.2) und Informations-, Kampagnen- und Beteiligungsmaßnahmen (T2b_M2.4), womit insgesamt weitere 2 t NO_x Emissionen eingespart werden könnten.

7 Prioritäten und Handlungsempfehlungen

Um die verkehrliche Zusatzbelastung zu verringern und somit die Luftsituation in Marburg insgesamt zu verbessern, stellen die vorgeschlagenen Maßnahmen je nach fachlichem Fokus auf die Prinzipien der Verkehrsvermeidung, -minderung und -verlagerung ab. Dabei geht es um die Vernetzung von Verkehrsmitteln als quantitative wie qualitative Maßnahmen, die mittels Erweiterungen und Verbesserungen bestehender Angebote bzw. Schaffung neuer Angebote Einfluss nehmen auf die Verkehrsmittelwahl der Marburger Bevölkerung, Besucher und Gewerbetreibenden. Während die hieraus resultierende NOx-Einsparung aus dem Modal-Shift vom MIV zum Umweltverbund erwächst, setzen andere Maßnahmenvorschläge direkt bei den technischen Ausgangsbedingungen, den schadstoffverursachenden Fahrzeugen selbst, zur NOx-Reduktion an. Dementsprechend ist bei diesen Maßnahmen die Wirkungsentfaltung unmittelbar und erfolgt zeitgleich mit dem Anfallen der Kosten. Dagegen finden bei Maßnahmen, die auf Verhaltensänderungen setzen, Kosten- und NOx-Effekte zeitlich versetzt statt. Hier werden erst mit der Investition in die Angebotserweiterung/-verbesserung Anreize zu Verhaltensänderungen geschaffen.

Nachfolgende Tabelle listet chronologisch die bewerteten Maßnahmen auf hinsichtlich ihrer NOx-Wirkung, Kostendimension sowie Kosteneffizienz als auch möglicher Fördermittelhöhen (Förderquote). Daneben ist zudem benannt, in welchem Umsetzungshorizont die größten NOx-Effekte erzielt werden können und wann mit dem größten Kostenaufwand zu rechnen ist. Abschließend ist der empfohlene Umsetzungshorizont einer Maßnahme insgesamt genannt.

Teilplanmaßnahmen	NOx-Wirkung	Kosten	Kosten/Tonne	Förderung	Höchste NOx-Wirkung	Höchste Kosten	Umsetzungshorizont
1-1 Ausbau DFI	-	€	-	+++	-	M	K-M
1-2 ÖV-Optimierung und -Beschleunigung	+++	€	€	+++	M	M	K-M
1-3 Radbeschleunigung SiBike in Verbindung mit T1-2	-	€		+++	-	K	K-M
1-4 Ausbau Vernetzung Parkleitsystem	-	€		+++	-	K	K
2a-1 bis 2a-3 Sharing: Ausbau/ neue Nutzer	+	€€	€€€	+++	M	K	K-L
2a-4: Ausbau Carsharing	+	€	€	+	L	K	K-L
2b-2.1 Ausbau Radnetz Priorität 1	++++	€€€€	€€	++++	L	M	K-L
2b-2.2 Optimierung Radnetz u. Wegweisung (Gesamtstadt)	++	€€	€	+++	M	L	K-L
2b-2.3 Radabstellanlagen, Radparkhaus	+++	€€€	€€	+++	M	M	K-L

Teilplanmaßnahmen	NOx-Wirkung	Kosten	Kosten/Tonne	Förderung	Höchste NOx-Wirkung	Höchste Kosten	Umsetzungs-horizont
2b-2.4 Information, Beteiligung, Kampagnen	+	€€	€€	+++	K	L	K-L
2b-2.5 Betriebliches Mobilitätsmanagement	++++	€	€	++++	M	M/L	K-L
2b-2.6 Förderung Verfügbarkeit Pedelecs	+	€	€	-	L	L	K-L
3-1.1 Umstellung Nutzfahrzeuge auf E-Antrieb	++	€€€€	€€€€	+	L	L	M-L
3-1.2 Umstellung ÖV-Flotte auf E-Antrieb	+++	€€€	€€	++	L	L	M-L
3-2 Ladeinfrastruktur E-Cars	-	€€€€	-	++	-	L	M-L
3-3 Ladeinfrastruktur E-Bikes	-	€	-	-	-	M	M-L
4-1 Umrüstung kommunale Flotte (Euro 6)	+	€	€	+	K	K	K
4-2 Neubeschaffung kommunale Flotte	++	€€€	€€€	-	M	M	M
5-1 GVZ Errichtung	+	€	€€€€	-	K	k	K
5-2 Errichtung Mikro-Hubs	+	€	€€	-	K	K	K
5-3 Nutzung gemeinschaftlicher Paketboxen	+	€	€€€	-	K	K	K
5-4 Anreize Einsatz e-Lieferfahrzeuge	+	€	€	-	K	K	K
5-5 Förderung Einsatz Paketbriefkästen	+	-	-	-	k	-	K

Legende:

Parameter	sehr hoch	hoch	mittel	gering
NOx-Wirkung	++++	+++	++	+
Förderung				
Kosten	€€€€	€€€	€€	€
Kosten/ Tonne				

Umsetzungshorizonte

Kurzfristig (<2 Jahre) = K
Mittelfristig (2-5 Jahre) = M
Langfristig (> 5 Jahre) = L

TABELLE 71 (T6): BEWERTUNG ALLER GCP MASSNAHMEN, EIGENE DARSTELLUNG

Die Priorisierung erfolgt auf Ebene der Maßnahmen bzw. Maßnahmenbündel. Diese werden für den kurz-, mittel- und langfristigen Umsetzungshorizont (Kapitel 7.1-7.3) jeweils sortiert nach ihrem Anteil an der möglichen NO_x-Einsparung im jeweiligen Umsetzungshorizont in erster Ebene und in zweiter Ebene nach ihren Kosten unter Berücksichtigung möglicher Fördermittel. Die in Ansatz gebrachten Fördersätze sind vorsichtig kalkuliert und liegen zum Teil unter den regulären Fördersätzen, da auf dieser Maßstabsebene der Betrachtung noch keine genaue Abgrenzung zuwendungsfähiger Kosten sinnvoll erfolgen kann.

Es wird zunächst auf jene Maßnahmen eingegangen, die gemeinsam etwa 80% der im jeweiligen Umsetzungshorizont möglichen NO_x-Einsparung erzielen. Sie können aufgrund ihrer hohen Wirkungsdimension als prioritär betrachtet werden, wenn das Ziel maximaler NO_x-Effekte vordergründig verfolgt wird. Hierbei handelt es sich um keine inhaltlich-fachliche Priorisierung der Maßnahmen, vielmehr dient sie der Verdeutlichung womit die höchsten NO_x-Effekte erzielt werden könnten. Die Realisierbarkeit einer Maßnahme wird in der Praxis jedoch durch vielerlei Parameter bedingt wie z.B. Fragen zur Finanzierung durch Haushaltsmittel der Stadt und Fördermittel, Abhängigkeiten zu anderen Projekten, Baurecht und Länge von Planungs- und Ausschreibungsprozessen.

Die aus den Kapiteln 1 bis 5 abgeleiteten Handlungsempfehlungen dienen somit als Orientierung für die städtische Umsetzungsplanung. Darin werden empfohlene Realisierungsschritte benannt als auch Aspekte zur Relevanz einzelner Maßnahmen innerhalb des jeweiligen Umsetzungshorizonts. Aufgrund der unterschiedlichen Wirkungsentfaltung der GCP Marburg Maßnahmen insgesamt, werden auch alle Maßnahmen mit geringeren NO_x-Effekten für die städtische Umsetzungsplanung in den Handlungsempfehlungen betrachtet. Sie tragen ebenfalls zu einer Verbesserung des Verkehrssystems der Stadt bei und nehmen damit Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl, wodurch mittel- bis langfristig ebenso Effekte zur Reduzierung der Schadstoffbelastung erwartet werden können.

Um in Marburg die Nutzung umweltfreundlicher Verkehrsmittel zu stärken, bedarf es eines ganzheitlichen Handelns. Neben Aspekten wie Wegezweck und Länge bzw. Zeitaufwand für einen Weg bestimmt sich die Verkehrsmittelwahl auch durch die Verfügbarkeit eines Verkehrsmittels. Zur Erzielung eines Modal-Shift vom MIV zum Umweltverbund gilt es daher das Gesamtsystem zu stärken. Viele kleinteilige Maßnahmen an verschiedenen Standorten verbessern die Wahrnehmung des Umweltverbundes. Eine verbesserte Vernetzung verschiedener Verkehrsmittel, aber auch die gezielte Förderung attraktiver, präsenter, vielfältiger und innovativer Handlungsoptionen schaffen Anreize für Verhaltensänderungen, die durch infrastrukturelle und organisatorische Maßnahmen ergänzt werden. Neue und verbesserte Mobilitätsangebote erhöhen in ihrem sichtbaren und erfahrbaren Zusammenwirken die Wirkungseffizienz.

Abschließend erfolgt in Kapitel 7.4 die Darstellung der Fördermöglichkeiten für die Teilplanmaßnahmen mit entsprechenden Verweisen zu den jeweiligen Richtlinien und weiterführenden Informationen.

7.1 Kurzfristige Maßnahmen (2019-2020)

Im kurzfristigen Umsetzungshorizont liegt das NO_x-Einsparpotenzial durch die darin zur Umsetzung vorgeschlagenen Maßnahmen bei rd. 5 t NO_x bei voraussichtlichen Kosten von knapp 8 Mio. Euro.

KURZFRISTIGER UMSETZUNGSHORIZONT	NO _x	Kosten	Anteil an kurzfristiger/n	
			NO _x Einsparung	Kosten
1: intelligente Verkehrs-informationssysteme	0,95 t	0,62 Mio. €	19%	8%
2a: Sharing	0,16 t	1,66 Mio. €	3%	21%
2b: Radverkehrsplan-Maßnahmen	2,84 t	4,85 Mio. €	56%	61%
3: Elektrifizierung Verkehr	0,05 t	0,45 Mio. €	1%	6%
4: Öffentliche Flotten	0,94 t	0,15 Mio. €	19%	2%
5: Urbane Logistik	0,10 t	0,17 Mio. €	2%	2%
GCP MARBURG kurzfristig: 5,04 t 7,90 Mio. €				

TABELLE 72 (T6): KURZFRISTIGE NO_x-EINSPARUNG IN TONNEN UND KOSTEN IN EURO DER GCP MARBURG TEILPLÄNE, EIGENE DARSTELLUNG

Von den rd. 5 t maximal möglicher NO_x-Einsparung sind 78% (3,93 t NO_x) der hier möglichen NO_x-Einsparungen erzielbar durch folgende Maßnahmen:

- T1_M2: ÖV-Optimierung und Busbeschleunigung
- T4_M1: Umrüstung von 29 Fahrzeugen des kommunalen Fuhrparks
- T2b_M2.3: Ausbau Radabstellanlagen, Radparkhaus
- T2b_M2.1: Ausbau Radwegenetz, Priorität 1
- T2b_M2.5: betriebliches Mobilitätsmanagement.

Die hierdurch erzielbare NO_x-Einsparung von 3.93 t entspricht einem Anteil an der möglichen Gesamteinsparung aller GCP Maßnahmen von rd. 14 %.

	kurzfristig prioritäre Maßnahmen	Alle Kurzfrist- maßnahmen
NO_x-Einsparung	3,93 t	5,04 t
Anteil an NO_x-Einsparung im kurzfristigen Umsetzungshorizont	78%	100%
Anteil an möglicher GCP Gesamteinsparung	14,11%	18,10%
voraussichtliche Kosten	4,60 Mio. €	7,90 Mio. €
Anteil an Kosten im kurzfristigen Umsetzungshorizont	58,24%	100,00%
Anteil an möglichen GCP Gesamtkosten	9,67%	16,61%
mögliche Kosten bei Förderung	1,27 Mio. €	3,31 Mio. €
Anteil an Kosten im kurzfristigen Umsetzungshorizont	16,14%	41,90%
Anteil an möglichen GCP Gesamtkosten	2,68%	6,96%

TABELLE 73 (T6): NO_x- UND KOSTENANTEILE KURZFRISTIG PRIORITÄRER MAßNAHMEN IN DER ÜBERSICHT, EIGENE DARSTELLUNG

Für diese fünf Maßnahmen würden voraussichtliche Kosten von 4,60 Mio. Euro anfallen, die aufgrund verschiedener Fördermöglichkeiten auf voraussichtlich 1,27 Mio. Euro gesenkt werden könnten. Dabei ist zu beachten, dass die ermittelten Kosten Gesamtwerte zu diesem Umsetzungshorizont darstellen und sich damit über zwei Haushaltsjahre verteilen.

Bezogen auf den kurzfristigen Umsetzungshorizont wären demnach 78% möglicher NOx-Einsparung erzielbar bei rd. 16% der kurzfristigen Kosten unter Berücksichtigung von Fördermitteln möglich.

Bezogen auf die GCP Ebene insgesamt entspricht dies 14% des gesamten NOx-Einsparpotenzials bei weniger 3% aller voraussichtlichen Kosten.

KURZFRISTIGER UMSETZUNGSHORIZONT¹⁶⁰:						
sortiert nach 1. Anteil an kurzfristiger Gesamteinsparung 2. Kosten bei Förderung	NOx-Einsparung	Anteil an kurzfristiger Gesamteinsparung	voraussichtliche Kosten	Anteil an kurzfristigen Gesamtkosten	voraussichtliche Kosten bei Förderung	voraussichtliche Förderquote
1-2 ÖV-Optimierung u. -Beschleunigung	0,95 t	18,85%	0,26 Mio. €	3,23%	0,13 Mio. €	50%
4-1 Umrüstung auf Euro 6: 29 Fahrzeuge	0,94 t	18,65%	0,15 Mio. €	1,85%	0,12 Mio. €	Busse
2b-2.3 Radabstellanlagen, Radparkhaus	0,76 t	15,08%	1,00 Mio. €	12,66%	0,20 Mio. €	80%
2b-2.1 Ausbau Radnetz Prio.1	0,76 t	15,08%	3,00 Mio. €	37,97%	0,75 Mio. €	75%
2b-2.5 Betriebl. Mobilitätsmanagement	0,52 t	10,32%	0,20 Mio. €	2,53%	0,08 Mio. €	60%
2b-2.4 Information, Beteiligung, Kampagnen	0,40 t	7,94%	0,40 Mio. €	5,06%	0,20 Mio. €	50%
2b-2.2 Optimierung Radnetz u. Wegweisung (Gesamtstadt)	0,32 t	6,35%	0,20 Mio. €	2,53%	0,10 Mio. €	50%
2a-4: Ausbau Carsharing: 14 neue Fzg. Davon 7 Fahrzeuge. mit E-Antrieb	0,09 t	1,75%	0,38 Mio. €	4,81%	0,33 Mio. €	13%
2a-1 bis 2a-3 Sharing: Ausbau und neue Nutzer	0,08 t	1,59%	1,28 Mio. €	16,20%	0,64 Mio. €	50%
2b-2.6 Förderung Verfügbarkeit Pedelecs	0,08 t	1,59%	0,05 Mio. €	0,63%	0,05 Mio. €	
3-1.1 Umstellung Nutzfahrzeuge auf E-Antrieb: 8 leichte Nutzfahrzeuge	0,05 t	0,99%	0,45 Mio. €	5,71%	0,36 Mio. €	20%
5-2 Errichtung Mikro-Hubs	0,04 t	0,79%	0,06 Mio. €	0,76%	0,06 Mio. €	
5-4 Anreize Einsatz e-Lieferfahrzeuge	0,03 t	0,60%	0,01 Mio. €	0,13%	0,01 Mio. €	
5-3 Nutzung gemeinschaftl. Paketboxen	0,01 t	0,20%	0,04 Mio. €	0,51%	0,04 Mio. €	
5-1 GVZ Errichtung	0,01 t	0,20%	0,06 Mio. €	0,76%	0,06 Mio. €	
5-5 Förderung Einsatz Paketbriefkästen	0,01 t	0,20%	-	-	-	

TABELLE 74 (T6): KURZFRISTIGE WIRKUNGSDIMENSION (< 2 JAHRE) DER MAßNAHMEN IM GCP MARBURG, EIGENE DARSTELLUNG

Keine kurzfristigen NOx-Effekte sind seitens der Maßnahmen T3_M1.2 Umstellung der ÖV-Flotte auf E-Antrieb sowie T4_M2 Neubeschaffung kommunaler Fahrzeuge zu erwarten.

¹⁶⁰ Alle Maßnahmen ohne bzw. nicht valide ermittelbarem NOx-Effekt sind hier nicht aufgelistet. Das sind:

T1-1 Ausbau DFI: 10 Standorte, T1-3 Radbeschleunigung SiBike in Verbindung mit T1-2: Pilotoptimierung, Nordstadt u. Schwanallee, T1-4 Ausbau Vernetzung Parkleitsystem

T3-1.2 Umstellung ÖV-Flotte auf E-Antrieb, T3-2 Ladeinfrastruktur E-Cars u. T3-3 Ladeinfrastruktur E-Bikes sowie

4-2 Neubeschaffung

Handlungsempfehlungen zu den kurzfristig prioritären Maßnahmen

Hinter der Maßnahme **T1_M2** ÖV-Optimierung und Busbeschleunigung stehen in diesem Umsetzungshorizont folgende Schritte:

1. Überarbeitung und Festlegung der Meldestrecken/Meldepunkte anhand der aktuellen Lage der Knotenpunkte, Haltestellen sowie aktueller und möglicher künftiger Linienverläufe an allen Lichtsignalanlagen mit ÖV-Beschleunigung
2. Einrichtung von SiTraffic-Stream mit allen nötigen Komponenten. Parallelbetrieb mit bisherigem System in der Übergangsphase möglich.
3. Anpassung/Erweiterung verkehrstechnische ÖV-Planung für Neugeräte und Umsetzung

Vor dem Hintergrund der im Kapitel 6.1 beschriebenen Zusammenhänge zur Maßnahme **T1_M3** SiBike sollten im kurzfristigen Umsetzungshorizont beide Maßnahmen realisiert werden. Daraus ergäben 56 T Euro Mehrkosten, womit die Optimierung der Pilotstrecke Erlenring als auch die Streckenvorschläge für die Schwanallee und die Nordstadt umgesetzt werden könnten.

Hinter der Maßnahme **T4_M1** steht die Umrüstung von 29 Fahrzeugen, darunter 4 Gelenkbusse, 2 Sololinienbusse, 2 schwere Nutzfahrzeuge, 15 leichte Nutzfahrzeuge sowie 6 PKW. Die Priorität sollte hier auf der Umrüstung der ÖV-Fahrzeuge liegen, weil sie aufgrund hoher Fahrleistung und maßgeblichem Anteil an der Emissionsverursachung unter den genannten Fahrzeugtypen enormes Einsparpotenzial besitzen. Zudem ist die Umrüstung von Gelenk- und Sololinienbussen förderfähig (40 % nach „Förderrichtlinie für die Nachrüstung von Diesel-Bussen der Schadstoffklassen Euro II, IV, V und EEV im Öffentlichen Personennahverkehr“).

T2b_M2.3 beinhaltet die sukzessive Erhöhung der Anzahl öffentlicher Fahrradabstellanlagen im öffentlichen Verkehrsraum als auch vor kommunalen und weiteren öffentlichen Einrichtungen, ebenso an Haltepunkten und Haltestellen von SPNV und ÖPNV. Hier sollte in der Startphase 2019-2020 der Fokus auf der Realisierung der weniger aufwendig herzustellenden Anlagen an wichtigen Zielpunkten sowie auf der Planung des Radparkhauses am Bahnhof Marburg liegen.

T2b_M2.1 beinhaltet die schrittweise Umsetzung der Radverkehrsplan-Maßnahmen:

- Nord-Süd-Hauptradverkehrsachse mit Schnellradwegeelementen Cölbe-Cappel
- Haupt-Radverkehrsachse Lahntal-Lahnberge
- Haupt-Radverkehrsachse Bahnhof Marburg-Marbach-Pharmaserv-Standorte Behringwerke Marbach und Görzhausen
- Anbindung Südbahnhof
- Prioritäre Netzergänzungen, Schwerpunkt Innenstadt,

Im kurzfristigen Umsetzungshorizont liegt die Priorität auf der Herstellung der Verbindung zwischen Lahntal und dem Standort von Universität und Klinikum auf den Lahnbergen über die Haupt-Radverkehrsachse über die Wegeverbindung vom „Erlenring“ über den „Alten Kirchhainer Weg“, ersten Maßnahmen im Zuge der Nord-Süd-Hauptradverkehrsachse sowie der Hauptradverkehrsachse vom Bahnhof Marburg in Richtung Pharmaserv Standort - hier ggf. in Form eines Verkehrsversuchs – sowie weiterer Baufortschritte im Radverkehrsnetz der Kategorie 1 bzw. der Durchführung erforderlicher Planungsschritte.

Zum Einstieg in die Maßnahme **T2b_M2.5** bieten sich zunächst Informations- und Mitwirkungsmaßnahmen, wie sie im Radverkehrsplan formuliert sind, an. Zugleich sind Analysen zur Mitarbeitermobilität großer Unternehmen wie auch die Direktansprache von Betrieben sinnvolle erste Schritte zum Aufbau passender betrieblicher Mobilitätsmanagements.

Handlungsempfehlungen zu weiteren kurzfristigen Maßnahmen

T1_M1 Dynamische Fahrgastinformation:

Die 10 geplanten neuen Standorte mit der höchsten Priorität 1 (vgl. Tabelle 6 - T1) sollten in einer ersten Stufe umgesetzt werden. Ziel ist insbesondere die Attraktivität des ÖPNV für die Nutzung der P+R- Parkplätze und für die Fahrzwecke Einkaufen/Freizeit zu stärken. Für die Standorte besteht das größte Verlagerungspotential vom MIV auf den ÖPNV.

Für den Aufbau und die Konfiguration der technischen Einrichtungen kann auf bewährte technische Lösungen und organisatorische Prozesse zurückgegriffen werden. Das vereinfacht den Umsetzungsprozess deutlich und sorgt für zeitliche und finanzielle Effizienz. Die bisherigen Erfahrungen mit dem System lassen mit hoher Sicherheit vermuten, dass die gewünschten Wirkungen hinsichtlich der Fahrgastzufriedenheit sowie der positiven Beeinflussung der Wahrnehmung und Nutzungsbereitschaft des ÖPNV in der Stadt erreicht werden können. Mit Blick auf das Gesamtsystem verbessert sich die Situation mit jedem weiteren DFI-Standort. Der Nutzen für die Fahrgäste tritt mit der Installation der ersten weiteren Fahrgastinformationsanzeige ein und wird sich mit dem weiteren Ausbau kontinuierlich vergrößern.

T1_M4 Parkleitsystem:

Durch den Ausbau der Vernetzung des Parkleitsystems wird eine breitere Streuung von Verkehrsinformationen und damit eine größere Anzahl von potentiellen Nutzern erreicht. Die Wirkung hinsichtlich der Reduzierung von Parksuchverkehr und Verkehrsverlagerung im Straßennetz wird maximiert.

Mit der Anbindung des PLS an den VSR und die Bereitstellung der Verkehrsinformationen für weitere Medien ergibt sich gleichzeitig die Möglichkeit, die Verkehrssysteme untereinander stärker zu vernetzen (z.B. PLS mit P+R↔ÖPNV) und die gewonnenen Informationen individuell an die Verkehrsteilnehmer weiterzugeben. Mit der individuellen Ergänzung der Infrastruktur durch virtuelle Schilder können neben der Parksituation vielfältige weitere Informationen an die Verkehrsteilnehmer weitergegeben werden. Damit wird gleichzeitig eine Basis geschaffen, die städtische Verkehrsinfrastruktur auf die fortschreitende Vernetzung der Verkehrsteilnehmer und deren Fahrzeuge einzustellen.

T2a_M1-3 Bike-Sharing:

Die Maßnahmen zum Ausbau des Bike-Sharing Angebots und zur Gewinnung neuer Nutzer gehören zu jenen Maßnahmen, die auf Verhaltensänderungen setzen. Erst mit der Investition in die Angebotserweiterung/ -verbesserung werden Anreize zur Verhaltensänderung geschaffen, woraus die NOx-Effekte mit der Zeit erwachsen können. Um die in Kapitel 7.2 und 7.3 benannten Wirkungen erzielen zu können, wird insbesondere vor dem Hintergrund der guten Wirkungseffizienz - wie in Abbildung 91 aufgezeigt - die kurzfristige Umsetzung jener Maßnahmen empfohlen.

Das bereits intensiv genutzte Sharing-Angebot bietet eine gute nutzbare Basis, neue Kunden über Studenten hinaus anzusprechen. Eine Ausweitung um Pedelecs und E-Transporträder ist kurzfristig realisierbar. Als ad hoc-Maßnahme könnten für 120 T Euro der Bestand an konventionellen Verleihrädern um 70 Räder aufgestockt sowie der Weiterbetrieb von 50 bislang temporär bereitgestellten Räder gesichert werden.

T2a_M4 Carsharing:

Die gute Auslastung des bestehenden Verleihangebots erlaubt vorbehaltlich kurzfristig verfügbarer Parkplätze eine Ausweitung sowie einen Einstieg in eine Ausweitung des Elektrofahrzeuganteils.

T2b_M2.2 Optimierung Radwegenetz und Wegweisung:

Die bestehende Radverkehrsinfrastruktur (Wege und Abstellanlagen) im Gesamtnetz der Stadt Marburg wird durch kurzfristige Maßnahmen optimiert (z.B. Oberflächen, Rampen, Markierungen, Beschilderung, Beleuchtung). Dies kann auch erforderliche Interimslösungen zur Ertüchtigung von prioritären Radverkehrsanlagen (Kategorie 1) umfassen.

Im Zusammenhang mit der Umsetzung besonders kostengünstiger organisatorischer Maßnahmen (Ausweisung von Fahrradstraßen oder Absicherung des Fahrradverkehrs im Mischverkehr in Straßen mit geringem Kfz-Verkehr), wie sie im prioritären Radwegenetz empfohlen werden, sollen die Schnittmengen zwischen den Maßnahmen T2b_M1 und T2b_M2 so wirksam wie möglich gemanagt werden.

T2b_M2.4 Information, Beteiligung, Kampagnen:

Für die gesamte Laufzeit des Projektes unterstützen diese Maßnahmen das Ziel, eine umfassend fahrradfreundliche Stadt zu werden und möglichst schnell Alternativen für größere Anteile des heutigen Pkw-Verkehrs bekannt zu machen. Grundsätzlich sollten allen Bewohnern, Einpendlern und Gästen sowie den Betrieben in der Stadt zielgruppenspezifische Materialien von Radwegeplänen als Print und Online-Variante, von Neubürgerinfos bis zu App-basierten Angeboten zur Verfügung gestellt werden.

T2b_M2.6 Verfügbarkeit Pedelecs:

Gerade in Mittelgebirgsstädten wie Marburg besteht großer Bedarf an Pedelecs seitens privater Haushalte, weshalb das bisher bereits erfolgreiche Förderprogramm der Stadtwerke ausgebaut werden sollte. Die Ausgestaltung dieser Maßnahme ist noch zu planen. Denkbar sind z.B. Förderprogramme im Bereich der öffentlichen Verwaltung (z.B. Betriebsdarlehen) ebenso wie direkte Zuschüsse an Dritte, die z.B. auch an Einkommenshöhen gekoppelt werden können oder auch eine Einbeziehung in die Angebote öffentlicher Pedelec-Bike-Sharing Systeme oder an den ÖPNV, z.B. durch Förderung von Mietkontingenten. Das aktuell gestartete Pedelec-Programm in einem Modellversuch des NVV zur Verbesserung der Anschlussmobilität an die RegioTram sollte ausgewertet und auf Übertragbarkeit geprüft werden. Die eingestellten Mittel sollen gerade in der Startphase dafür eingesetzt werden, für Marburg passgenaue Lösungen zu erarbeiten und umzusetzen.

T3 M1.1 Umstellung kommunale Nutzfahrzeuge auf E-Antrieb:

Vor dem Hintergrund der in Teilplan 3 beschriebenen Marktsituation und im direkten Wirkungsvergleich zu den erzielbaren NOx-Effekten aus T4_M1 erscheint eine kurzfristige Umsetzung nicht sinnvoll und sollte später erneut geprüft werden.

T3_M2 Ladeinfrastruktur für E-Cars:

Im Sinne des gesamthaften Ansatzes der Weiterentwicklung des Verkehrssystems der Stadt Marburg hin zu einer umweltfreundlichen Verkehrssituation werden kurzfristig für diese Maßnahme folgende Schritte empfohlen

- Verwendung von Ökostrom für die vorhandenen Ladesäulen auch von privaten Betreibern. Dazu müssen diese informiert und sensibilisiert werden.
- Errichtung von AC-Ladestationen mit sehr guter Sichtbarkeit. Sofern eine Förderung erfolgt, ist die halböffentliche LIS zu präferieren.

- Die Stellplatzsatzung sollte modifiziert und Vorgaben für Parkplatzbetreiber erstellt werden. In der Stellplatzsatzung sollte eine Kabelvorbereitung an allen Stellplätzen vorgegeben werden.
- Die Parkplatzbetreiber (z.B. Parkhäuser, Parkplätze) sollten der erwarteten Marktentwicklung 2 – 3 Jahre vorgreifen. Entsprechend des Anteils an Elektrofahrzeugen sind Parkplätze mit LIS vorhalten.¹⁶¹
- LIS sollte durch Bodenmarkierungen gekennzeichnet werden. Dies dient der Sichtbarkeit aber auch Verfügbarkeit der LIS. Die Reduktion von blockierter LIS durch Verbrenner-Fahrzeuge kann deutlich reduziert werden. Dazu sollte auch eine Intensivierung der Ordnungsdienste erfolgen.
- Initiativen zur Erhöhung des Anteils der Elektrofahrzeuge sind zu unterstützen, um eine größere Nachfrage zu generieren.
- Errichtung von AC-Ladestationen an Park+Ride Plätzen (insbesondere am Bahnhof Marburg). Dies stärkt besonders die Wahrnehmung.
- Die prognostizierte Anzahl des Arbeitgeberladens liegt über der von (halb-) öffentlichen Ladevorgängen. Relevanten Arbeitgeber in der Stadt Marburg sollten informiert und eingebunden werden. Durch das Landesförderprogramm für Unternehmen ist die Errichtung von Arbeitgeber-LIS auch kurzfristig attraktiv.

T3_M3 Ladeinfrastruktur für E-Bikes:

Kurzfristig empfiehlt sich hierfür die Durchführung von Workshops/ Kampagnen zur Informationsvermittlung und Aktivierung von Stakeholdern zur Errichtung von LIS (Unternehmen, Hotel- und Gastronomiebetreiber sowie Fahrradhändler und -verleihe).

Außerdem könnte eine Kartendarstellung aller vorhandenen Ladestationen für Elektrofahräder durch die Marburg Stadt und Land Tourismus GmbH (analog und digital) erstellt werden.

T5 Urbane Logistik:

Im kurzfristigen Umsetzungshorizont wird die Errichtung von Mikro-Hubs vorgeschlagen, da sie neben direkter Einsparung vor allem positive Auswirkungen auf den Verkehrsfluss haben, sowie die Prüfung regulatorischer Anreize für E-Lieferfahrzeuge. Die in Rede stehenden Kosten bilden Aufwände für eine Konzeptbeauftragung zur vertieften Prüfung der hier vorgeschlagenen Maßnahmen ab. Eventuelle Kosten zur Bereitstellung von Flächen u.a. sind nicht inkludiert.

¹⁶¹ Die Mindestanzahl sollte 2 betragen.

7.2 Mittelfristige Maßnahmen (2021-2023)

Im mittelfristigen Umsetzungshorizont könnten durch die darin zur Umsetzung vorgeschlagenen Maßnahmen knapp 11 t NO_x Emissionen eingespart werden bei voraussichtlichen Kosten von rd. 20,5 Mio. Euro.

MITTELFRISTIGER UMSETZUNGSHORIZONT	NO _x	Kosten	Anteil an mittelfristiger/n	
			NO _x Einsparung	Kosten
1: intelligente Verkehrsinformationssysteme	1,29 t	1,13 Mio. €	12%	5%
2a: Sharing	0,54 t	0,16 Mio. €	5%	1%
2b: Radverkehrsplan-Maßnahmen	7,24 t	10,28 Mio. €	66%	50%
3: Elektrifizierung Verkehr	0,59 t	5,12 Mio. €	5%	25%
4: Öffentliche Flotten	1,26 t	3,88 Mio. €	12%	19%
5: Urbane Logistik	0,00 t	0,00 Mio. €	0%	0%
GCP MARBURG mittelfristig: 10,92 t 20,57 Mio. €				

TABELLE 75 (T6): MITTELFRISTIGE NO_x-EINSPARUNG IN TONNEN UND KOSTEN IN EURO DER GCP MARBURG TEILPLÄNE, EIGENE DARSTELLUNG

Von den rd. 11 t maximal möglicher NO_x-Einsparung sind 79 % (8,67 t NO_x) der hier möglichen NO_x-Einsparungen erzielbar durch folgende Maßnahmen:

T2b_M2.1: Ausbau Radwegenetz, Priorität 1

T2b_M2.5: betriebliches Mobilitätsmanagement.

T2b_M2.3: Ausbau Radabstellanlagen, Radparkhaus

T1_M2: ÖV-Optimierung und Busbeschleunigung

T4_M2: Neubeschaffung von 35 Fahrzeugen des kommunalen Fuhrparks

Die erzielbare NO_x-Einsparung von 8,67 t entspricht einem Anteil an der möglichen Gesamteinsparung aller GCP Maßnahmen von rd. 31 %.

Für diese fünf Maßnahmen würden voraussichtliche Kosten von 13,76 Mio. Euro anfallen, die aufgrund verschiedener Fördermöglichkeiten auf voraussichtlich 6,39 Mio. Euro gesenkt werden könnten. Dabei ist zu beachten, dass die ermittelten Kosten Gesamtwerte zu diesem Umsetzungshorizont darstellen und damit sich über drei Haushaltsjahre verteilen.

Bezogen auf den mittelfristigen Umsetzungshorizont wären demnach 79% möglicher NO_x-Einsparung erzielbar bei rd. 31 % der mittelfristigen Kosten unter Berücksichtigung von Fördermitteln möglich.

Bezogen auf die GCP Ebene insgesamt entspricht dies rd. 31 % des gesamten NO_x-Einsparpotenzials bei weniger 14 % aller voraussichtlichen Kosten.

	mittelfristig prioritäre Maßnahmen	alle Mittelfrist-Maßnahmen
NOx-Einsparung	8,67 t	10,92 t
Anteil an NOx-Einsparung im mittelfristigen Umsetzungshorizont	79%	100%
Anteil an möglicher GCP Gesamteinsparung	31,13%	39,21%
voraussichtliche Kosten	13,76 Mio. €	20,57 Mio. €
Anteil an Kosten im mittelfristigen Umsetzungshorizont	66,92%	100,00%
Anteil an möglichen GCP Gesamtkosten	28,93%	43,23%
mögliche Kosten bei Förderung	6,39 Mio. €	11,07 Mio. €
Anteil an Kosten im mittelfristigen Umsetzungshorizont	31,09%	53,85%
Anteil an möglichen GCP Gesamtkosten	13,44%	23,28%

TABELLE 76 (T6): NOX- UND KOSTENANTEILE MITTELFRISTIG PRIORITÄRER MAßNAHMEN IN DER ÜBERSICHT, EIGENE DARSTELLUNG

MITTELFRISTIGER UMSETZUNGSHORIZONT¹⁶²: sortiert nach 1. Anteil an mittelfristiger Gesamteinsparung 2. Kosten bei Förderung	NOx-Einsparung	Anteil an mittelfristiger Gesamteinsparung	Voraussichtliche Kosten	Anteil an mittelfristiger Gesamtkosten	voraussichtliche Kosten bei Förderung	mögliche Förderquote
2b-2.1 Ausbau Radnetz Prio.1	2,48 t	23%	6,00 Mio. €	29%	1,50 Mio. €	75%
2b-2.5 Betriebl. Mobilitätsmanagement	2,12 t	19%	0,30 Mio. €	1%	0,12 Mio. €	60%
2b-2.3 Radabstellanlagen, Radparkhaus	1,52 t	14%	3,00 Mio. €	15%	0,60 Mio. €	80%
1-2 ÖV-Optimierung u. -Beschleunigung	1,29 t	12%	0,58 Mio. €	3%	0,29 Mio. €	50%
4-2 Neubeschaffung: 35 Fahrzeuge	1,26 t	12%	3,88 Mio. €	19%	3,88 Mio. €	
2b-2.2 Optimierung Radnetz u. Wegweisung (Gesamtstadt)	0,84 t	8%	0,30 Mio. €	1%	0,15 Mio. €	50%
3-1.1 Umstellung auf E-Antrieb: 24 leichte u. 12 mittel/schwere Nutzfahrzeuge	0,5 t	5%	2,94 Mio. €	14%	2,35 Mio. €	20%
2a-1 bis 2a-3 Sharing: Ausbau/ neue Nutzer	0,208 t	2%	0,00 Mio. €	0%	0,00 Mio. €	-
2b-2.4 Information, Beteiligung, Kampagnen	0,2 t	2%	0,60 Mio. €	3%	0,30 Mio. €	50%
2a-4.2: E-Car Umstellung: 14 Fahrzeuge	0,17 t	2%	0,16 Mio. €	1%	0,14 Mio. €	13%
2a-4.1: Ausbau Carsharing: Effekt aus Verhaltensänderung	0,16 t	1%	0,00 Mio. €	0%	0,00 Mio. €	-
3-1.2 Umstellung ÖV-Flotte auf E-Antrieb: 1 Pilotbuslinie auf E-Antrieb	0,09 t	1%	0,44 Mio. €	2%	0,31 Mio. €	30%
2b-2.6 Förderung Verfügbarkeit Pedelegs	0,08 t	1%	0,08 Mio. €	0%	0,08 Mio. €	
3-2 Ladeinfrastruktur E-Cars	0 t	0%	1,65 Mio. €	8%	0,99 Mio. €	40%

TABELLE 77 (T6): MITTELFRISTIGE WIRKUNGSDIMENSION (2-5 JAHRE) DER MAßNAHMEN IM GCP MARBURG, EIGENE DARSTELLUNG

¹⁶² Alle Maßnahmen ohne bzw. nicht valide ermittelbarem NOx-Effekt sind hier nicht aufgelistet. Das sind: T1-1 Ausbau DFI: 25 Standorte, 1-3 Radbeschleunigung SiBike: Biegenstraße und T1-4 Ausbau Vernetzung Parkleitsystem; T3-3 Ladeinfrastruktur E-Bikes; T4-1 Umrüstung auf Euro 6; Alle T5 Urbane Logistik Maßnahmen

Durch die Maßnahme T4_M1 Umrüstung der öffentlichen Flotte auf Euro 6 Norm sind keine NOx-Effekte für den Mittelfristhorizont zu erwarten, so die Umrüstung kurzfristig vollumfänglich erfolgte.

Handlungsempfehlungen zu den mittelfristig prioritären Maßnahmen

T2b_M2.1 beinhaltet die Radverkehrsplan-Maßnahmen

- Nord-Süd-Hauptradverkehrsachse mit Schnellradwegelementen Cölbe-Cappel
- Haupt-Radverkehrsachse Lahntal-Lahnberge
- Haupt-Radverkehrsachse Bahnhof Marburg-Marbach-Pharmaserv-Standorte Behringwerke Marbach und Görzhausen
- Anbindung Südbahnhof
- Prioritäre Netzergänzungen, Schwerpunkt Innenstadt,

wofür im mittelfristigen Umsetzungshorizont vor allem weitere Baufortschritte bzw. die erforderlichen Planungsschritte erfolgen sollten.

Sinnvolle Anschlussaktivitäten im Rahmen des betrieblichen Mobilitätsmanagements **T2b_M2.5** wären beispielsweise Workshops mit ausgewählten Unternehmen Marburgs zur Verdeutlichung der facettenreichen Optionen in diesem Handlungsfeld. Zugleich ist derlei Plattform nutzbar zur Gewinnung der Unternehmen für erste Modellprojekte und deren Anstoß, ggf. Umsetzung binnen der nächsten zwei bis fünf Jahre. Bestandteil dessen können auch kleinere Investitionsmaßnahmen zur verbesserten Erreichbarkeit der Betriebsstandorte sein.

Im Rahmen der Maßnahme **T2b_M2.3** ist weiterhin die sukzessive Erhöhung der Anzahl öffentlicher Fahrradabstellanlagen voranzutreiben. Im Fokus dieses Umsetzungszeitraums sollte die Umsetzung von größeren Fahrradabstellanlagen an den Schnittstellen zum ÖPNV, vor allem die Errichtung eines Fahrradparkhauses am Bahnhof Marburg und einer angemessenen Radabstellanlage am Südbahnhof stehen.

Hinter der Maßnahme **T1_M2** ÖV-Optimierung und Busbeschleunigung stehen in diesem Umsetzungshorizont folgende Schritte:

1. Anpassung/Erweiterung verkehrstechnische ÖV-Planung sowie Aktualisierung Softwarestände bzw. Hochrüstung auf aktuellen Geräteserienstand für vorhandene Geräte der Serien C8xx und C9xx
2. Realisierung Busbeschleunigung für die vorgesehenen 6 weiteren Lichtsignalanlagen (Hochrüstung/Gerätetausch bei Einsatz von SiTraffic Stream)
3. Gerätetausch sowie Anpassung/Erweiterung verkehrstechnische ÖV-Planung für Altgeräte mit abgekündigtem Support (M-Geräte-Serie)

Vor dem Hintergrund der im Kapitel 6.1 beschriebenen Zusammenhänge zur Maßnahme **T1_M3** SiBike sollten im mittelfristigen Umsetzungshorizont beide Maßnahmen realisiert werden. Daraus ergäben 15 T Euro Mehrkosten, womit die der Streckenvorschlag für die Biegenstraße umgesetzt werden könnte.

Hinter der Maßnahme **T4_M2** steht die Neubeschaffung von 35 Fahrzeugen, darunter 2 Gelenkbusse, 2 Sololinienbusse, 7 Anrufsammeltaxis, 14 schweren Nutzfahrzeugen sowie 10 leichte Nutzfahrzeuge. Die Einordnung der Maßnahmen in den mittelfristigen Umsetzungshorizont bedingt sich vor allem dadurch, dass die Fahrzeuge per Ausschreibung zu beschaffen sind. Die Priorität sollte auch hier auf der Umrüstung der ÖV-Fahrzeuge liegen, weil sie aufgrund hoher Fahrleistung und maßgeblichem Anteil an der Emissionsverursachung unter den genannten Fahrzeugtypen enormes Einsparpotenzial besitzen.

Handlungsempfehlungen zu weiteren mittelfristigen Maßnahmen

T1_M1 DFI:

Obwohl paralleles Arbeiten und die Installation an mehreren Standorten gleichzeitig grundsätzlich möglich ist, wird es vermutlich praktisch nicht machbar sein, alle 35 vorgesehenen DFI- Standorte innerhalb des kurzfristigen Zeithorizonts zu installieren. Faktoren wie Materialbereitstellung, Personalbedarf, Witterungseinflüsse, der Zeitbedarf für Detailklärungen oder Bereitstellung von finanziellen Mitteln setzen hier Grenzen. Daher werden die verbleibenden 25 DFI-Standorte mit den Prioritäten 2 und 3 in die mittelfristige Zeitspanne verschoben. Die technischen Voraussetzungen und die Beurteilung der Wirkung sind dabei ähnlich wie für die hochpriorisierten Standorte. Die Umsetzung ist wichtig für die Erreichung weiterer Nutzergruppen (Berufstätige, Studenten, Schüler) sowie die Schließung von Systemlücken für die Wahrnehmung und Nutzbarkeit als Gesamtsystem.

T2a_M1-3 Bike-Sharing:

Bei einer Erweiterung des Sharing-Angebots (vgl. Kap. 7.1) ist eine Hochlaufkurve der Nutzung zu erwarten, die auch im mittelfristigen Planungshorizont wirkt.

T2a_M4 Carsharing:

Bei einer Erweiterung des Sharing-Angebots (vgl. Kap. 7.1) ist eine Hochlaufkurve der Nutzung zu erwarten, die auch im mittelfristigen Planungshorizont wirkt.

T2b_M2.2 Optimierung Radwegenetz und Wegweisung:

Im mittelfristigen Horizont dieses Maßnahmenbündels ist die begonnene Optimierung des Bestands kontinuierlich fortzusetzen. Dies umfasst in diesem Zeitraum z.B. Anpassungen an die wachsenden technischen Anforderungen durch die Zunahme des Pedelec-Verkehrs und der Nutzung von Fahrradanhängern und Lastenfahrrädern. Einbindung neuer Schnittstellen zu anderen Verkehrsmitteln und sukzessive Einbeziehung neuer Radwegeverbindungen (z.B. zwischen Stadt und Landkreis) in die Wegweisung.

T2b_M2.4 Information, Beteiligung, Kampagnen:

Zur weiteren Verbreitung von Informationen bietet sich mittelfristig die Umsetzung konkreter Kampagnen an, mit dem Ziel alle Verkehrsteilnehmer anzusprechen, um ein möglichst verträgliches Miteinander und Verständnis für die Notwendigkeiten von Verkehrssicherheit und Rücksichtnahme aller Verkehrsteilnehmer zu fördern. Damit kann zudem ein fahrradfreundliches Klima gefördert, aber auch das Konfliktpotenzial zwischen Fußgängern und dem Radverkehr minimiert werden. Für die gesamte Laufzeit des Projektes unterstützen diese Maßnahmen das Ziel, eine umfassend fahrradfreundliche Stadt zu werden.

T2b_M2.6 Verfügbarkeit Pedelecs:

Mit Start dieser Phase sollte die Ausgestaltung eines Anreizsystems zur Förderung von Pedelec-Besitz bzw. längerfristiger Verfügbarkeit abgeschlossen und etabliert sein, so dass in der mittelfristigen Phase das Förderprogramm im Regelbetrieb laufen kann.

T3_M1.1 und M1.2 Elektrifizierung der kommunalen Flotte:

Sinnvoll im mittelfristigen Horizont ist die Prüfung der Elektrifizierung einer Pilotbuslinie, insbesondere vor dem Hintergrund der Verfügbarkeit von Fördermitteln. Aufgrund der in Teilplan 3 beschriebenen Marktsituation liegen hier im Vergleich zu den in T4 vorgeschlagenen Maßnahmen Kosten und Nutzen aktuell noch weit auseinander. Daher empfiehlt sich eine erneute Prüfung, welche der restlichen kommunalen Fahrzeuge (nicht umgerüstet bzw. neu beschafft) unter dann gegebenen Marktbedingungen und technischen Weiterentwicklungen elektrifiziert werden könnten. Besonders im Bereich der PKW und leichten Nutzfahrzeuge ist mittelfristig eine deutliche Entwicklung der Elektrofahrzeuge zu erwarten.

T3_M2 Ladeinfrastruktur E-Cars:

Die Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge sollte ausgebaut werden. Dafür sind in Gebieten mit wenigen Stellplätzen, auf privaten Grundstücken und Lademöglichkeiten im öffentlichen Raum zu errichten. Die Lademöglichkeiten dürfen nicht als Parkflächen dienen, sondern müssen weitgehend zum Laden verwendet werden. Dazu sollte ein Anwohnerladekonzept entwickelt werden. Dieses muss sowohl die Interessen der Nutzer auf Verlässlichkeit, Verfügbarkeit und Komfort (z.B. Übernachtladen) berücksichtigen. Dabei ist darauf zu achten, dass gewollter Parkdruck erhalten bleibt, um keine Zunahme von Fahrzeugen aufgrund von höherer Parkplatzverfügbarkeit zu fördern.

Des Weiteren sollten Lademöglichkeiten auf halb-(öffentlichen) Flächen insbesondere Einzelhändler forciert werden. Dazu sind Informationen und Förderungen sinnvoll um eine hohe Sichtbarkeit zu erzeugen sowie ausreichend Stellplätze auszurüsten. Damit wird an hochfrequentierten Punkten mit einem zukunftsfähigen Betreibermodell Ladeinfrastruktur aufgebaut.

- Parkflächen von Behördeninstitutionen sowie halböffentliche Parkflächen vom Gewerbe sollten in die LIS-Konzeptionierung einbezogen werden. Es sollte in jedem Wohnquartier mit wenigen privaten Stellplätzen 1 Ladesäule (22 kW) mit maximalen Distanzen zum Wohnort von < 500 m errichtet werden.
- Errichtung von 1 – 2 DC-Ladeorten mit hoher kommunikativer Wirkung im innerstädtischen Bereich bis 2020 (deren Auslastung zwar anfangs gering ist, jedoch eine hohe Vertrauenswirkung besitzt).¹⁶³

T3_M3 Ladeinfrastruktur E-Bikes:

Sharing-Angebote mit Pedelecs sollten eingeführt und mit LIS ausgestattet werden. Zudem empfiehlt sich die Etablierung eines Hinweisschildes für Geschäfte und Unternehmen, bei denen Elektrofahrräder aufgeladen werden können.

¹⁶³ Eine geringe Auslastung wird bei Tarifen erwartet, welche deutlich über denen von AC-Ladesäulen liegen. Für Standorte entlang der B3 wird ein hoher DC-Ladebedarf erwartet, was in Verbindung mit Einkaufszentren auch ein hohes Kundenbindungspotential, weshalb diese Standorte kurz- bis mittelfristig durch privaten Investoren besetzt werden.

7.3 Langfristige Maßnahmen (2024 und Folgejahre)

Im langfristigen Umsetzungshorizont könnten durch die darin zur Umsetzung vorgeschlagenen Maßnahmen noch einmal knapp 12 t NO_x Emissionen eingespart werden bei voraussichtlichen Kosten von rd. 19 Mio. Euro.

LANGFRISTIGER UMSETZUNGSHORIZONT	NO _x	Kosten	Anteil an langfristiger/n	
			NO _x Einsparung	Kosten
1: intelligente Verkehrsinformationssysteme	0,00 t	0,00 Mio. €	0%	0%
2a: Sharing	0,67 t	0,27 Mio. €	6%	1%
2b: Radverkehrsplan-Maßnahmen	8,12 t	6,58 Mio. €	68%	34%
3: Elektrifizierung Verkehr	3,10 t	12,26 Mio. €	26%	64%
4: Öffentliche Flotten	0,00 t	0,00 Mio. €	0%	0%
5: Urbane Logistik	0,00 t	0,00 Mio. €	0%	0%

GCP MARBURG langfristig: 11,89 t 19,10 Mio. €

TABELLE 78 (T6): LANGFRISTIGE NO_x-EINSPARUNG IN TONNEN UND KOSTEN IN EURO DER GCP MARBURG TEILPLÄNE, EIGENE DARSTELLUNG

Von den rd. 11 t maximal möglicher NO_x-Einsparung sind knapp 85 % (10 t NO_x) der hier möglichen NO_x-Einsparungen erzielbar durch folgende Maßnahmen:

T2b_M2.1: Ausbau Radwegenetz, Priorität 1

T3_M1.2: Umstellung ÖV-Flotte auf E-Antrieb

T2b_M2.5: betriebliches Mobilitätsmanagement

T3_M1.2: Umstellung kommunalen Nutzfahrzeuge auf E-Antrieb

	langfristig prioritäre Maßnahmen	alle Langfrist- Maßnahmen
NO_x-Einsparung	10,058	11,89 t
Anteil an NO_x-Einsparung im langfristigen Umsetzungshorizont	85%	100%
Anteil an möglicher GCP Gesamteinsparung	36,11%	42,69%
voraussichtliche Kosten	12,17 Mio. €	19,10 Mio. €
Anteil an Kosten im langfristigen Umsetzungshorizont	63,72%	100,00%
Anteil an möglichen GCP Gesamtkosten	25,59%	40,16%
mögliche Kosten bei Förderung	7,01 Mio. €	10,89 Mio. €
Anteil an Kosten im langfristigen Umsetzungshorizont	36,69%	57,01%
Anteil an möglichen GCP Gesamtkosten	14,74%	22,89%

TABELLE 79 (T6): NO_x- UND KOSTENANTEILE LANGFRISTIG PRIORITÄRER MAßNAHMEN IN DER ÜBERSICHT, EIGENE DARSTELLUNG

Die erzielbare NO_x-Einsparung von 10 t entspricht einem Anteil an der möglichen Gesamteinsparung aller GCP Maßnahmen von rd. 36 %.

Für diese vier Maßnahmen würden voraussichtliche Kosten von 12,17 Mio. Euro anfallen, die aufgrund verschiedener Fördermöglichkeiten auf voraussichtlich 7,01 Mio. Euro gesenkt werden könnten. Dabei ist zu beachten, dass die ermittelten Kosten Gesamtwerte zu diesem Umsetzungshorizont darstellen und damit sich über mehrere Haushaltsjahre verteilen.

Bezogen auf den langfristigen Umsetzungshorizont wären demnach 85 % möglicher NO_x-Einsparung erzielbar bei rd. 36 % der langfristigen Kosten unter Berücksichtigung von Fördermitteln möglich.

Bezogen auf die GCP Ebene insgesamt entspricht dies rd. 36 % des gesamten NO_x-Einsparpotenzials bei weniger 15 % aller voraussichtlichen Kosten.

LANGFRISTIGER UMSETZUNGSHORIZONT¹⁶⁴: sortiert nach 1. Anteil an langfristiger Gesamteinsparung 2. Kosten bei Förderung	NO_x-Einsparung	Anteil an langfristiger Gesamteinsparung	voraussichtliche Kosten	Anteil an langfristiger Gesamtkosten	voraussichtliche Kosten bei Förderung	mögliche Förderquote
2b-2.1 Ausbau Radnetz Prio.1	5,88 t	49,45%	4,00 Mio. €	20,94%	1,00 Mio. €	75%
3-1.2 Umstellung ÖV-Flotte auf E-Antrieb: 3 weitere Buslinien u. alle Anruf-Sammel- Taxis	2,3 t	19,34%	4,08 Mio. €	21,37%	2,86 Mio. €	30%
2b-2.5 Betriebliches Mobilitätsmanagement	1,08 t	9,08%	0,30 Mio. €	1,57%	0,12 Mio. €	60%
3-1.1 Umstellung Nutzfahrzeuge auf E- Antrieb: 15 leichte u. 22 mittel/schwere Nutzfahrzeuge	0,798 t	6,71%	3,79 Mio. €	19,84%	3,03 Mio. €	20%
2b-2.3 Radabstellanlagen, Radparkhaus	0,44 t	3,70%	0,70 Mio. €	3,66%	0,14 Mio. €	80%
2b-2.6 Förderung Verfügbarkeit Pedelecs	0,32 t	2,69%	0,18 Mio. €	0,92%	0,18 Mio. €	
2a-4.2: E-Car Umstellung: 26 Fzg.	0,32 t	2,69%	0,27 Mio. €	1,41%	0,23 Mio. €	13%
2b-2.2 Optimierung Radnetz u. Wegweisung (Gesamtstadt)	0,2 t	1,68%	0,70 Mio. €	3,66%	0,35 Mio. €	50%
2b-2.4 Information, Beteiligung, Kampagnen	0,2 t	1,68%	0,70 Mio. €	3,66%	0,35 Mio. €	50%
2a-1 - 2a-3 Sharing: Ausbaus u. neue Nutzer	0,192 t	1,61%	0,00 Mio. €	0,00%	0,00 Mio. €	-
2a-4.1: Ausbau Carsharing: Effekt aus Verhaltensänderung	0,16 t	1,35%	0,00 Mio. €	0,00%	0,00 Mio. €	-
3-2 Ladeinfrastruktur E-Cars	0 t	-	4,38 Mio. €	22,96%	2,63 Mio. €	40%

TABELLE 80 (T6): LANGFRISTIGE WIRKUNGSDIMENSION (>5 JAHRE) DER MAßNAHMEN IM GCP MARBURG, EIGENE DARSTELLUNG

Durch die Maßnahmen T1_M2 Busbeschleunigung sowie beide T4-Maßnahmen sind in diesem Umsetzungshorizont keine weiteren NO_x-Effekte zu erwarten, da sie dann bereits abgeschlossen wurden.

¹⁶⁴ Alle Maßnahmen ohne bzw. nicht valide ermittelbarem NO_x-Effekt sind hier nicht aufgelistet. Das sind: alle T1, T4 und T5 Maßnahmen sowie die T3_M2 Ladeinfrastruktur für E-Bikes

Handlungsempfehlungen zu den langfristig prioritären Maßnahmen

T2b_M2.1 beinhaltet die Radverkehrsplan-Maßnahmen

- Nord-Süd-Hauptradverkehrsachse mit Schnellradwegelementen Cölbe-Cappel
- Haupt-Radverkehrsachse Lahntal-Lahnberge
- Haupt-Radverkehrsachse Bahnhof Marburg-Marbach-Pharmaserv-Standorte Behringwerke Marbach und Görzhausen
- Anbindung Südbahnhof
- Prioritäre Netzergänzungen, Schwerpunkt Innenstadt,

wofür im langfristigen Umsetzungshorizont der Schwerpunkt neben den Baufortschritten der Einzelmaßnahmen mit Ziel der Fertigstellung des prioritären Radwegenetzes bis 2030 auch auf dem zeitlich angepassten Anschluss an Maßnahmen im Zuge der Weiterentwicklung des hessischen bzw. des bundesweiten Fernradwegenetzes sowie an Maßnahmen im Landkreis Marburg-Biedenkopf liegt.

Im Rahmen des betrieblichen Mobilitätsmanagements **T2b_M2.5** sollten die Verstärkung der kommunalen Unterstützung von neuen Umsetzungsprojekten, die kontinuierliche Beteiligung der Marburger Unternehmen und deren örtlichen und regionalen Vernetzung stehen, um eine hohe Effizienz der Maßnahmen zu erreichen, ihre Weiterentwicklung und die dauerhaft hohe Fahrradnutzung zu sichern. Weitere, auch kleine und neue Unternehmen am Standort sollen erreicht werden.

Im Zusammenhang mit den hier im langfristigen Horizont zum Tragen kommenden NO_x-Effekten der Maßnahmen aus **T3_M1** sollte die Elektrifizierung der kommunalen Flotte erneut geprüft werden. Die Umrüstung bzw. Neubeschaffung von kommunalen Fahrzeugen (T4) ist bis 2024 voraussichtlich abgeschlossen. Je nach erreichter Bestandssituation im kommunalen Fuhrpark sowie zwischenzeitlicher Weiterentwicklung der technischen Möglichkeiten und Marktsituation wie Fördermöglichkeiten empfiehlt sich hier die Prüfung der Elektrifizierung für bestimmte verbliebene Fahrzeuge.

Handlungsempfehlungen zu weiteren langfristigen Maßnahmen

T2a_M1-3 Bike-Sharing:

Bei einer Erweiterung des Sharing-Angebots (vgl. Kap. 7.1) ist eine Hochlaufkurve der Nutzung zu erwarten, die auch im langfristigen Planungshorizont wirkt.

T2a_M4 Carsharing:

Als langfristiges Ziel wird eine möglichst vollständige Umstellung des Carsharing Angebots auf E-Fahrzeuge angestrebt.

T2b_M2.2 Optimierung Radwegenetz und Wegweisung:

Die kontinuierliche Umsetzung der Radverkehrsplanmaßnahmen ist langfristig fortzusetzen.

T2b_M2.3 Radabstellanlagen, Radparkhaus:

Weiterhin ist die sukzessive Erhöhung der Anzahl öffentlicher Fahrradabstellanlagen voranzutreiben und die Umsetzung des Fahrradparkhauses am Bahnhof abzuschließen.

T2b_M2.4 Information, Beteiligung, Kampagnen:

Für die gesamte Laufzeit des Projektes unterstützen diese Maßnahmen das Ziel, eine umfassend fahrradfreundliche Stadt zu werden. Die bisher entwickelten Info-Broschüren, Flyer oder App-basierten Angebote dazu sind auf Aktualität zu prüfen und ggf. zu erneuern. Dafür empfiehlt sich in diesem Zeitpunkt die Durchführung eines Monitorings.

T2b_M2.6 Verfügbarkeit Pedelecs:

Die Erfahrungen der letzten Jahre mit Modellprojekten bzw. aus der Pilotphase des geschaffenen Anreizsystems sollten ausgewertet und den aktuellen Entwicklungen entsprechend nachjustiert werden.

T3_M2 Ladeinfrastruktur E-Cars:

Langfristig (ab 2025) wird die Umsetzung von Hub-Konzepten in den Wohnquartieren als Erweiterung der vorhandenen Ladestationen empfohlen.

T3_M3 Ladeinfrastruktur E-Bikes:

Errichtung von LIS an hochfrequentierten Standorten wie dem Bahnhof sowie an touristisch relevanten und gut sichtbaren Punkten in den Bezirken Altstadt und Campusviertel sollte langfristig forciert werden. Dafür müssen spezielle Boxen oder eine hohe Sichtbarkeit während der vergleichsweise langen Ladedauer geschaffen werden.

7.4 Fördermöglichkeiten der GCP-Teilplanmaßnahmen

Nachfolgend sind für alle Teilplanmaßnahmen bzw. -bündel passende Förderprogramme aufgelistet mit dem dazugehörigen Fördersatz sowie der Frist zur Beantragung. Die Angaben basieren auf den Angaben in den Teilplänen (Kapitel 1-5) sowie jeweiligen Richtlinien selbst. Antragsfristen, die bis 01.10.2018 relevant sind, wurden fett hervorgehoben. Bei kursiv angeführten Förderprogrammen ist die Förderfähigkeit der jeweiligen Maßnahmen nicht sicher und explizit zu prüfen. Hierzu wird empfohlen, die zuständigen Stellen direkt zu kontaktieren. Die hinter den Förderprogrammen in eckigen Klammern benannten Ziffern verweisen auf nachfolgende Tabellen, die im Einzelnen für die Förderprogramme Ansprechpartner und Links zu den Richtlinien und weiterführenden Informationen auflisten.

Teilplan- maßnahme/n	Förderprogramm und Fördermittelgeber	Fördersatz	Frist der Beantragung
T1_M1-4 intelligente Verkehrsinfor- mationssysteme	Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme – BMVI [1] Verkehrsinfrastrukturförderung des Landes Hessen [6]	$\geq 50\%$ ¹⁶⁵ $\leq 70\%$	31.08.2018 31.03. des Vorjahres zum geplanten Baubeginn
T1_M3 SiBike	Förderung nicht investiver Maßnahmen zur Umsetzung des nationalen Radverkehrsplans (NRVP) – BMVI [2] Förderung der Nahmobilität des Landes Hessen [3]	80 % $\leq 70\%$	Nach Projekt- aufruf für 2020 keine
T2a_M1/3	Richtlinie zur Förderung von innovativen marktreifen Klimaschutzprodukten im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (Kleinserien-Richtlinie) – BMUB [4] <i>Kommunalrichtlinie – Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten in sozialen, kulturellen und öffentlichen Einrichtungen – BMUB [5]</i> <i>Förderung der Nahmobilität des Landes Hessen [3]</i>	30% der Anschaffungs- kosten, max. 2.500 € je Lastenrad $\leq 50\%$ $\leq 70\%$	Laufend 30.09.2018 31.03.2019 keine
T2a_M2-3	Förderung nicht investiver Maßnahmen zur Umsetzung des nationalen Radverkehrsplans (NRVP) – BMVI [2]	80%	Nach Projekt- aufruf für 2020
T2a_M4	Richtlinie zur Förderung des Absatzes von elektrisch betriebenen Fahrzeugen – BAFA [7] <i>Förderung der Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge – BAV [8]</i> <i>Förderrichtlinie Elektromobilität Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur – BMVI [9]</i>	4.000 €/ Fahr- zeug ≤ 60 40% der Investitions- mehrkosten	Keine <i>Mit nächstem Projektaufruf</i> 31.08.2018

¹⁶⁵ Mindesteigenanteil beläuft sich auf 10 v.H.

Teilplan- maßnahme/n	Förderprogramm und Fördermittelgeber	Fördersatz	Frist der Beantragung
T2b_M2.1 T2b_M2.2 T2b_M2.3	Förderung der Nahmobilität des Landes Hessen [3]	≤70%	keine
	Kommunalrichtlinie – Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten in sozialen, kulturellen und öffentlichen Einrichtungen – BMUB [5]	≤50%	30.09.2018 31.03.2019
	Verkehrsinfrastrukturförderung des Landes Hessen [6]	verschieden gem. IMA- Abstimmung ¹⁶⁶	31.03. des Vorjahres zum geplanten Baubeginn
T2b_M2.4	Förderung nicht investiver Maßnahmen zur Umsetzung des nationalen Radverkehrsplans – BMVI [2]	80%	mit Projekt- aufruf für 2020
	Förderung der Nahmobilität des Landes Hessen [3]	≤70%	keine
T2b_M2.5	Förderung nicht investiver Maßnahmen zur Umsetzung des nationalen Radverkehrsplans (NRVP) – BMVI [2]	80%	Nach Projekt- aufruf für 2020
	Förderung der Nahmobilität des Landes Hessen [3]	≤70%	keine
T3_M1.1	Förderrichtlinie Elektromobilität Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur – BMVI [9]	40% der Investitions- mehrkosten	31.08.2018
	Richtlinie über die Förderung von energieeffizienten und/oder CO2-armen schweren Nutzfahrzeugen in Unternehmen des Güterkraftverkehrs – BMVI [10]	40% der Investitions- mehrkosten	ganzjährig
T3_M1.2	Förderrichtlinie zur Anschaffung von Elektrobussen im öffentlichen Personennahverkehr – BMUB [11]	Investitions- mehrkosten 80% E-Busse 40% LIS	30.04. des Jahres mit Maßnahmen- beginn
	Richtlinien des Landes Hessen zur Innovationsförderung [12]	40% E-Busse, notwendige Infrastruktur	keine Angabe
T3_M2	Förderung der Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge – BAV [8]	~40 ≤ 60%	mit nächstem Projektauftrag
	Förderrichtlinie Elektromobilität Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur – BMVI [9]	40% der Investitions- mehrkosten	31.08.2018
	Förderprogramm des Landes Hessen für Arbeitgeber LIS [13]	≤40%	laufend
T4_M1	Förderung für die Nachrüstung von Diesel- Bussen der Schadstoffklassen Euro II, IV, V und EEV im öffentlichen Personennahverkehr [14]	40% für Gelenk- und Solobusse	laufend

TABELLE 81 (T6): ÜBERSICHT DER FÖRDERMÖGLICHKEITEN ZU DEN TEILPLANMAßNAHMEN, EIGENE DARSTELLUNG

166 „Im kommunalen Straßenbau wird der jeweilige Fördersatz im Einvernehmen mit dem Hess. Ministerium der Finanzen und dem Hess. Ministerium des Innern und für Sport jährlich festgelegt (IMA-Abstimmung) und richtet sich nach der Finanzkraft der Kommunen“ Quelle: https://mobil.hessen.de/sites/mobil.hessen.de/files/Zentrales_Handbuch_Kap_4.9_Stand_ab_2018-06-29_0.pdf, S. 49

[1] Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme – BMVI [

Richtlinie http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/foerderrichtlinie-digitalisierung-kommunaler-verkehrssysteme.pdf?__blob=publicationFile weitere Informationen: http://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/Sofortprogramm-Saubere-Luft/Digitalisierung-kommunaler-Verkehrssysteme/digitalisierung-kommunaler-verkehrssysteme.html	Weiterführende Unterlagen Antragseinreichung über easy-online.de https://foerderportal.bund.de/easyonline/ Merkblatt zur Beantragung: http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/merkblatt-antragsdokumente-dkv.pdf?__blob=publicationFile
Förderung erfolgt als nicht rückzahlbare Anteilsfinanzierung Kumulierungsverbot ist aufgehoben; bei Ko-Finanzierung mit anderen Fördermitteln ggf. Anpassung des Fördersatzes, dass Mindesteigenanteil gewahrt bleibt Laufzeit bis längstens 2020	

[2] Förderung nicht investiver Maßnahmen zur Umsetzung des nationalen Radverkehrsplans (NRVP)

Richtlinie	Weiterführende Unterlagen
https://nationaler-radverkehrsplan.de/de/bund/foerderprogramm/foerderprogramm-nationaler-radverkehrsplan-2020	Antragseinreichung über easy-online.de https://foerderportal.bund.de/easyonline/ Merkblatt zur Beantragung: https://nationaler-radverkehrsplan.de/de/file/23103/download?token=M6CU_o7o
Antragsverfahren zweistufig: 1. Stufe: Veröffentlichung Projektaufruf durch BMVI zu Beginn des 2. Quartals eines jeden Jahres zur Einreichung aussagefähiger Vorhabenskizzen zu zwei jährlich wechselnden Förderschwerpunkten 2. Aus eingereichten Vorhabenskizzen die zur Förderung in Betracht kommenden Vorhaben ausgewählt und zur Antragstellung aufgefordert → danach erfolgt Entscheidung über den förmlichen Förderantrag durch BMVI Förderung erfolgt als nicht rückzahlbare Anteilsfinanzierung Laufzeit bis längstens 2020	

[3] Förderung der Nahmobilität des Landes Hessen

Richtlinie https://www.mobiles Hessen2020.de/mm/2017-08-10_Fdrerrichtlinie_Nahmobilitaet.pdf		Weiterführende Unterlagen Antragseinreichung über: Hessen Mobil Straße- und Verkehrsmanagement – Standort Kassel Kompetenzzentrum Verkehrsinfrastrukturförderung Nord Formblatt zur Beantragung: https://mobil.hessen.de/sites/mobil.hessen.de/files/Formblatt%201%20Fdrerantrag%20Nahmobilitaet%28Stand%20April%202018%29.zip
Antrags- und Entscheidungsverfahren erfolgt einstufig. Verfahrensdurchführung durch Hessen Mobil. Förderung erfolgt als nicht rückzahlbare Anteilsfinanzierung Maximaler Bewilligungszeitraum 4 Jahre		

[4] Richtlinie zur Förderung von innovativen marktreifen Klimaschutzprodukten im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (Kleinserien-Richtlinie)

Richtlinie	Weiterführende Unterlagen
https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/180221%20Kleinserien-RL_21.%20Februar%202018_BAnz.pdf	Antragseinreichung über Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) Weitere Informationen: https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/Kleinserienfoerderung_flyer_18_web_bf.pdf
Kumulierung mit anderen Fördermitteln ist ausgeschlossen. Förderung erfolgt als nicht rückzahlbare Anteilsfinanzierung Laufzeit bis 2021	

[5] Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten in sozialen, kulturellen und öffentlichen Einrichtungen (Kommunalrichtlinie)

Richtlinie	Weiterführende Unterlagen
https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/KRL_MB_Investive%20Maßnahmen_Juli2017_1.pdf Weitere Informationen: https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative-kommunen/investivemassnahmen	Antragseinreichung über Projektträger Jülich via https://foerderportal.bund.de/easyonline/
Kombinationen mit anderen Fördermitteln möglich Förderung erfolgt als nicht rückzahlbare Anteilsfinanzierung Laufzeit bis 31.12.2019	

[6] Verkehrsinfrastrukturförderung des Landes Hessen

Richtlinie	Weiterführende Unterlagen
https://mobil.hessen.de/sites/mobil.hessen.de/files/Zentrales_Handbuch_Kap_4.9_Stand_ab_2018-06-29_0.pdf Antragsformular: https://mobil.hessen.de/sites/mobil.hessen.de/files/Anmeldung_neuer_Maßnahmen_KSB_%28Formblatt_1%29_Stand_April_2018.zip	Antragseinreichung über Hessen Mobil Straße- und Verkehrsmanagement – Standort Kassel Kompetenzzentrum Verkehrsinfrastrukturförderung Nord
Förderung erfolgt als Anteilsfinanzierung Nach Beantragung erfolgt Aufnahme in mehrjähriges Förderprogramm („kommunaler Straßenbau“)	

[7] Richtlinie zur Förderung des Absatzes von elektrisch betriebenen Fahrzeugen

Richtlinie	Weiterführende Unterlagen
http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Elektromobilitaet/elektromobilitaet_node.html Weitergehende Unterlagen: http://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/elektromob_merkblatt_antrag_neu_2018.pdf http://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/elektromob_liste_foerderfaehige_fahrzeuge.pdf	Antragseinreichung über: Bafa Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle www.bafa.de/umweltbonus
Doppelförderungsverbot ist aufgehoben, Inanspruchnahme mehrerer gleichartiger Förderprogramme zulässig. Antragstellung erst nach dem Fahrzeugerwerb Förderung erfolgt als nicht rückzahlbarer Zuschuss als Festbetragsfinanzierung	

[8] Förderung der Ladeinfrastruktur von Elektrofahrzeuge

Richtlinie	Weiterführende Unterlagen
https://www.bav.bund.de/DE/3_Aufgaben/6_Foerderung_Ladeinfrastruktur/1_Das_Foerderprogramm/Das_Foerderprogramm Weitergehende Unterlagen: https://www.bav.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Foerderung_Ladeinfrastruktur/Foerderrichtlinie.pdf?__blob=publicationFile&v=6	Antragseinreichung über: BAV Bundesanstalt für Verwaltungsdienstleistungen via https://foerderportal.bund.de/easyonline/
aktuell abzuwarten, ob 2019 ein erneuter Aufruf erfolgt Kumulierung mit anderen öffentlichen Förderprogrammen ist nicht zulässig. Länder können jedoch mit eigenen Programme hierzu ergänzend fördern. Vorhabenlaufzeit bis Inbetriebnahme max. <1 Jahr; Programmlaufzeit bis 31.12.2020 Förderung erfolgt als nicht rückzahlbarer Zuschuss als Anteilsfinanzierung.	

[9] Förderrichtlinie Elektromobilität Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur

Richtlinie	Weiterführende Unterlagen
https://www.ptj.de/projektfoerderung/elektromobilitaet-bmvi/invest Weitergehende Unterlagen: https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/cbox/3282/live/lw_bekdoc/frl_elektromobilitaet_bmvi.pdf https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/cbox/3388/live/lw_bekdoc/foerderaaufruf_bmvi_fahrzeuge_lis_2018_06.pdf	Antragseinreichung über: PtJ Projektträger Jülich via https://foerderportal.bund.de/easyonline/
Förderung erfolgt als nicht rückzahlbarer Zuschuss als Anteilsfinanzierung. Laufzeit bis 31.12.2020	

[10] Richtlinie über die Förderung von energieeffizienten und/oder CO2-armen schweren Nutzfahrzeugen in Unternehmen des Güterkraftverkehrs

Richtlinie	Weiterführende Unterlagen
https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/Strasse/richtlinie-foerderung-von-energieeffizienten-nutzfahrzeugen.pdf?__blob=publicationFile	Antragseinreichung über: BAG Bundesamt für Güterverkehr via https://antrag-gbbmvi.bund.de
Förderung erfolgt als nicht rückzahlbarer Zuschuss als Anteilsfinanzierung. Kumulieren von öffentlichen Mitteln gesondert geregelt. Laufzeit bis 31.12.2020	

[11] Richtlinie über die Förderung der Anschaffung von Elektrobussen im öffentlichen Personennahverkehr

Richtlinie	Weiterführende Unterlagen
https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Verkehr/elektrobusse_foerderrichtlinie_bf.pdf Weitere Informationen: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Verkehr/elektrobusse_oepnv_infoblatt_bf.pdf	Antragseinreichung über: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH via https://www.vdivde-it.de/submission/bekanntmachungen/elektrobuse-bmub bzw. Easy.online.de
2-stufiges Verfahren: 1. Projektskizze → 2. Aufforderung zur Einreichung des formalen Förderantrags Förderung erfolgt als nicht rückzahlbarer Zuschuss als Anteilsfinanzierung. Kumulieren von öffentlichen Mitteln gesondert geregelt. Laufzeit bis 31.12.2021	

[12] Richtlinien des Landes Hessen zur Innovationsförderung Teil II

Richtlinie	Weiterführende Unterlagen
https://www.innovationsfoerderung-hessen.de/mm/Richtlinien_Innovationsfoerderung_2016.pdf	Antragseinreichung über: HA Hessen Agentur GmbH
Förderung erfolgt als nicht rückzahlbarer Zuschuss als Anteilsfinanzierung. Kumulation mit Förderungen des Bundes oder der EU oder anderen Fördergebern ist zulässig. Zusätzliche Förderung aus anderen Förderprogrammen des Landes Hessen ist ausgeschlossen.	

[13] Förderprogramm des Landes Hessen für Arbeitgeber-LIS

Richtlinie	Weiterführende Unterlagen
https://www.innovationsfoerderung-hessen.de/ladesaeulen#dsarticle_5046041 weitere Informationen: https://www.innovationsfoerderung-hessen.de/mm/Merkblatt_LIS_Arbeitgeberladen.pdf	Antragseinreichung über: HA Hessen Agentur GmbH
Nächster Förderzeitraum 03/04'2019 bis 31.10.2019 Einstufiges Verfahren	

[14] Förderung für die Nachrüstung von Diesel-Bussen der Schadstoffklassen Euro II, IV, V und EEV im öffentlichen Personennahverkehr

Richtlinie	Weiterführende Unterlagen
https://www.bav.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Nachruestung_Dieselbusse/Foerderrichtlinie.pdf weitere Informationen: https://www.bav.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Nachruestung_Dieselbusse/Erste_Aenderung_Foerderrichtlinie.pdf?__blob=publicationFile&v=3 https://www.bav.bund.de/DE/3_Aufgaben/8_Nachruestung_Dieselbusse/1_Die%20Foerderrichtlinie/Die_Foerderrichtlinie_node.html	Antragseinreichung über: BAV Bundesanstalt für Verwaltungsdienstleistungen via easy.online.de
Förderung erfolgt als nicht rückzahlbarer Zuschuss als Anteilsfinanzierung. Laufzeit bis 31.12.2020	

TABELLE 82 (1-14) (T6): INFORMATIONEN UND HINWEISE ZU DEN FÖRDERPROGRAMMEN, EIGENE DARSTELLUNG

Ergänzend zu den o.g. Förderprogrammen bestehen für einzelne Maßnahmen ggf. nachfolgende weitere Fördermöglichkeiten.

Für den Bereich **Radverkehr (T2)** kann womöglich ein nächster Projektauftrag im Rahmen des „Bundeswettbewerbs zum Klimaschutz durch Radverkehr“¹⁶⁷ erwartet werden. Außerdem wird aktuell die Verwaltungsvereinbarung zwischen Bund und den Ländern zur Förderung von Radschnellwegen abgestimmt.

So die im **Teilplan 5** vorgeschlagenen Konzepte zu einer neuen Struktur im Marburger Lieferverkehr zum Ergebnis den Bedarf eines Güterverteilzentrums haben, sollte die Umsetzung eines solchen über Verkehrsinfrastrukturförderung des Landes Hessen auf Förderfähigkeit geprüft werden. Hier sind im Förderbereich „kommunaler Straßenbau“ sowie „Aus-/ Umbau“ in B-Plänen ausgewiesene GVZ (inkl. Erschließungsanlagen) bzw. die Erweiterung bestehender Anlagen förderfähig.

¹⁶⁷ Antragsantrag über Projektträger Jülich, letzter Förderaufruf vom 01.02.2017

Literatur- und Materialverzeichnis

Einleitung:

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Luftreinhalteplan für das Gebiet Mittel- und Nordhessen, Teilplan Marburg, 1. Fortschreibung, 2016

Stadt Marburg, Projektskizze Universitätsstadt Marburg vom 27.09.2018 zum Förderprogramm des Diesel-Gipfels

Teilplan 1:

FGSV Verlag GmbH, RiLSA 2015, 2015

Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, RWB2000, 2000

FGSV Verlag, Hinweise zu Parkleitsystemen – Konzeption und Steuerung, 1996

Kirschbaum Verlag, HAV, 2014

FGSV Verlag, ERA, 2010

FGSV Verlag, HBS, Teil S, 2015

FGSV Verlag, HSRa, 2005

Magistrat der Universitätsstadt Marburg, Integriertes Klimaschutzkonzept für die Stadt Marburg, 2011

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Luftreinhalteplan für das Gebiet Mittel- und Nordhessen, Teilplan Marburg, 1. Fortschreibung, 2016

Magistrat der Universitätsstadt Marburg, Radverkehrsplan Marburg, 3. Fortschreibung, 2017

Heinz und Feier GmbH, Aktualisierung und Erweiterung der Busbeschleunigung in Marburg, 2014

BMJV, 39. BImSchV, 2010

BMU, Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft, Entwurf, 2017

BMU, Planungsempfehlungen für eine umweltentlastende Verkehrsberuhigung, 2000

Dynamische Fahrgastinformation DyFIS, LUMINO Licht Elektronik GmbH im Auftrag der Stadtwerke Marburg, 2015

RMV, Mobilität in Städten SrV 2013, Bericht Marburg, 2015

Dynamische Informationsdienste im ÖPNV – Nutzerakzeptanz und Modellierung, Schriftenreihe Hft 68/09, TH Karlsruhe, 2009

Handbuch für Verkehrssicherheit und Verkehrstechnik, Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen, 2007

Landesamt für den Umweltschutz Baden-Württemberg: Emissionsmindernde Maßnahmen im Straßenverkehr; 2005

Landesamt für den Umweltschutz Baden-Württemberg: Emissionsmindernde Maßnahmen im Straßenverkehr; 2005

Dynamische Informationsdienste im ÖPNV-Nutzerakzeptanz und Modellierung, Schriftenreihe 68/09, TH Karlsruhe, 2009

Siemens SiBike Marburg, Ergebnisse der Bewertung, TU München, 2016]

Universitätsstadt Marburg, Wirtschaftsstandort Marburg, Daten und Fakten, 2016

Wirksamkeit und Akzeptanz von PLS, TU Dresden, 2009

Teilplan 2:

Anschütz, Maria LL.M.; Hentschel, Anja; Mucha, Elena; Roßnagel, Alexander; Sommer, Carsten (2016): Umwelt- und Kostenvorteile ausgewählter innovativer Mobilitäts- und Verkehrskonzepte im städtischen Personenverkehr. Umweltbundesamt (Hg.). Dessau-Roßlau.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Mobilität in Deutschland, Kurzreport, Verkehrsaufkommen-Strukturen-Trends, Bonn, Juni 2018

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Radverkehr in Deutschland Zahlen, Daten, Fakten, Berlin 2014

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Nationaler Radverkehrsplan 2020, Berlin 2012

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Verkehr in Zahlen 2016/2017, Hamburg/Berlin 2017

FGSV, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Empfehlungen zur Anwendung von Mobilitätsmanagement (EAM), Ausgabe 2018, Köln 2018

Goethe-Universität Frankfurt am Main Institut für Humangeographie Stiftungsprofessur Mobilitätsforschung, Mobilität 2050 – Impulsgeber für eine neue Mobilität: Fahrradmobilität in Hessen, Frankfurt 2011

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Luftreinhalteplan für das Gebiet Mittel- und Nordhessen, Teilplan Marburg, 1. Fortschreibung, Wiesbaden 2016

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung: Handbuch Nahmobilitäts-Check Hessen, Wiesbaden 2018

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie und Landesentwicklung: Richtlinie des Landes Hessen zur Förderung der Nahmobilität, Staatsanzeiger des Landes Hessen vom 21.08.2017, Wiesbaden 2017

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie und Landesentwicklung: Richtlinie des Landes Hessen zur Förderung der Nahmobilität, Durchführungserlass, Wiesbaden 2018

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung, Hessenstrategie Mobilität 2035, Wiesbaden 2018

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung: Mobilitätsbericht 2016, Wiesbaden 2016

Infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH: Mobilität in Deutschland 2008, Ergebnisbericht Hessen, Bonn 2010

IVM GmbH: Förderung des Rad- und Fußverkehrs, Kosteneffiziente Maßnahmen im öffentlichen Straßenraum, Frankfurt am Main 2014

König, Carmen; Schubert, Susanne; Rhein-Main-Verkehrsverbund (RMV): Mobilität in Städten SrV 2013 – Ausgewählte Ergebnisse für das RMV-Gebiet. Bericht Marburg, September 2015.

Kraftfahrtbundesamt: Fahrzeugzulassungen (FZ) Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Gemeinden 1. Januar 2017 FZ3, Flensburg, 2017

Landkreis Marburg-Biedenkopf: Klimaschutzkonzept für den Landkreis Marburg-Biedenkopf, Marburg 2013 sowie Zwischenbericht Umsetzung, Marburg 2015

Landkreis Marburg-Biedenkopf, Regionaler Nahverkehrsverband Marburg-Biedenkopf (RNV): Nahverkehrsplan für den Landkreis Marburg-Biedenkopf 2018-2022, Beschluss des Kreistags Marburg-Biedenkopf, Marburg Februar 2018

Landkreis Marburg-Biedenkopf, Klimaschutz gemeinsam, Bürgerbericht zum Masterplan 100% Klimaschutz, Marburg, o.J.

Landkreis Marburg-Biedenkopf, Kreisausschuss: Masterplan 100% Klimaschutz für den Landkreis Marburg-Biedenkopf, Marburg 2016

Loose, Willi: Umweltfreundliche Mobilität beginnt an der Haustür. Zusammenarbeit zwischen Wohnungsunternehmen und Carsharing-Anbietern. In: PlanerIn 3_18. S. 34-36. Juni 2018.

Marburger Verkehrsgesellschaft mbH, Geschäftsführer Wolfgang Otto: schriftliche Auskunft am 15.06.2018

Nextbike, Nutzungsdaten Bike-Sharing Marburg

Philips-Universität Marburg: Studierendenstatistik Wintersemester 2017/2018; <https://www.uni-marburg.de/de/universitaet/profil/zahlen/studierendenzahlen>, Zugriff am 28.06.2018

Philipps-Universität Marburg, Stabsstelle Hochschulkommunikation, Dr. Gabriele Neumann: schriftliche Auskunft am 13.07.2018

Philipps-Universität Marburg, <https://www.uni-marburg.de/aktuelles/bau/campuslahnberge>, Zugriff am 28.06.2018

Philipps-Universität Marburg, Fachbereich Geographie: Mobilitätskonzept im Rahmen des Masterplans 100% Klimaschutz für den Landkreis Marburg-Biedenkopf, Marburg 2013

Rhön-Klinikum AG: Geschäftsbericht 2017

RMV, Mobilität in Städten SrV, Bericht Marburg, 2015

Scouter Carsharing, Nutzungsdaten Car-Sharing Marburg

Stadt Marburg (o.J.): Lage, Struktur und Daten. Downloads. Online unter: <https://www.marburg.de/portal/seiten/lage-struktur-und-daten-900000837-23001.html>. [Letzter Zugriff: 06.06.2018]

Strambach, Simone; Kohl, Hendrik; Momberg, Kristin; Döring, Lisa: Mobilität und Nachhaltigkeit im Zuge städtebaulicher Restrukturierungen. Räumliches Mobilitätsverhalten und Verkehrsmittelwahl von Studierenden und Mitarbeiter/innen der Philipps-Universität Marburg, Marburg 2011

Technische Universität Dortmund, Leitfaden zur Radverkehrsförderung in Städten mit Höhenunterschieden, Dortmund 2015

Technische Universität Dresden, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr: Tabellenbericht zum Forschungsprojekt „Mobilität in Städten – SrV 2013“ in Marburg, Dresden 2014

Technische Universität Dresden, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr: Forschungsprojekt „Mobilität in Städten – SrV 2013“, Mobilitätssteckbrief für Marburg (Wohnbevölkerung), Dresden 2014

TOUR GmbH, Radroutennetz im Landkreis Marburg-Biedenkopf, Abstimmung und Bewertung eines alltags- und freizeitorientierten Radroutennetzes im Landkreis Marburg-Biedenkopf, Marburg 2015

Umweltbundesamt: Daten zum Verkehr Ausgabe 2012, Dessau 2012

Umweltbundesamt: Hintergrund//August 2014, E-Rad macht mobil, Potenziale von Pedelecs und deren Umweltwirkung, Dessau-Roßlau 2014

Umweltbundesamt: HBEFA 3.3 (2017) Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Dessau-Rosslau 2017

Universitätsstadt Marburg: Fahrradstadtplan, Marburg 2015

Universitätsstadt Marburg, Stadtwerke Marburg Consult GmbH: Nahverkehrsplan für die Universitätsstadt Marburg 2016-2021, Beschluss der Stadtverordnetenversammlung der Universitätsstadt Marburg, Mai 2016

Universitätsstadt Marburg: 3. Fortschreibung der Radverkehrsplanung, Beschluss der Stadtverordnetenversammlung der Universitätsstadt Marburg, Mai 2017

Universitätsstadt Marburg: Integriertes Klimaschutzkonzept, Marburg 2011

Universitätsstadt Marburg: Pressemeldung vom 25.05.2018: „Radverkehrsführung in der Nordstadt, Stadt legt erste Planungsentwürfe vor“

Universitätsstadt Marburg, Der Magistrat: Klimaschutzteilkonzept Klimafreundliche Mobilität Projekt Lahnberge, Beschluss der Stadtverordnetenversammlung der Universitätsstadt Marburg, 2015

Universitätsstadt Marburg, Stadtwerke Marburg Consult GmbH: Nahverkehrsplan für die Universitätsstadt Marburg 2016-2021, Beschluss der Stadtverordnetenversammlung der Universitätsstadt Marburg, Mai 2016

Universitätsklinikum Gießen-Marburg UKGM: <http://ukgm.info/zahlen.html#c3771>, Zugriff am 12.07.2018

Universitätsklinikum Gießen-Marburg UKGM: Qualitätsberichte Standort Marburg, 2015 und 2016

Teilplan 3:

BMUB (2018): Richtlinien zur Förderung der Anschaffung von Elektrobussen im öffentlichen Personennahverkehr. Unter: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Verkehr/elektrobusse_foerderrichtlinie_bf.pdf (Abruf am 24.07.2018).

BMVI (2017): Förderrichtlinie Elektromobilität. Unter: http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/angepasste-foerderrichtlinie-lektromobilitaet-05-12-2017.pdf?__blob=publicationFile (Abruf am 23.07.2018).

BMVI (2018): Richtlinie über die Förderung von energieeffizienten und/oder CO₂-armen schweren Nutzfahrzeugen in Unternehmen des Güterkraftverkehrs. Unter: http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/Schiene/richtlinie-foerderung-von-energieeffizienten-nutzfahrzeugen.pdf?__blob=publicationFile (Abruf am 23.07.2018).

BMW (2018): Richtlinien zur Förderung der Anschaffung von Elektrobussen im öffentlichen Personennahverkehr. Unter: <http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=dee1a9252c11e72fad2dd3d8485b4022;vi-ews;document&doc=13308&typ=KU> (Abruf am 24.07.2018).

European Parliament's Committee on Transport and Tourism (2018): Research for TRAN Committee – Battery-powered electric vehicles: market development and lifecycle emissions. Unter: http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2018/617457/IPOL_STU%282018%29617457_EN.pdf (Abruf am 24.07.2018).

FRAMO GmbH (o. J.): City Logistik. Unter: <https://www.framo-et.de/de/startseite/city-logistik> (Abruf am 23.07.2018).

Frieske, B., Klötzke, M., Höltl, A., Mehlin, M. (2012): STROM - Begleitforschung zu Technologien, Perspektiven und Ökobilanzen der Elektromobilität. Unter: https://elib.dlr.de/95841/1/STROM_%e2%80%93_Begleitforschung_zu_Technologien,_Perspektiven_und_%c3%96kobilanzen_der_Elektromobilit%c3%a4t.pdf (Abruf am 23.07.2018).

Gutachterausschuss für Immobilienwerte (2016): Immobilienmarktbericht für den Bereich der Stadt Marburg. Unter: https://www.marburg.de/medien/dokumente/immobilienmarktbericht_2016.pdf?20170517101834 (Abruf am 24.07.2018).

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2016): Luftreinhalteplan für das Gebiet Mittel- und Nordhessen. Teilplan Marburg. 1. Fortschreibung.

Kopp, M. (2018): Weltpremiere in Hamburg: Der erste Müllwagen ohne Abgase. Unter: <https://www.abendblatt.de/hamburg/article214240469/Weltpremiere-in-Hamburg-Der-erste-Muellwagen-ohne-Abgase.html> (Abruf am 23.07.2018).

Lenz, Barbara et al. (2010): Mobilität in Deutschland 2008. DLR- Forschungsbericht, Projektbericht. Berlin. Unter: <http://mobilitaet-in-deutschland.de/mid2008-publikationen.html> (Abruf am 30.11.2016).

Marburg Stadt und Land Tourismus GmbH (o. J.): Unterkünfte. Unter: <https://www.marburg-tourismus.de/staedteerlebnis/unterkuenfte/> (Abruf am 23.06.2018).

Nationale Plattform Elektromobilität NPE (2015): Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland. Statusbericht und Handlungsempfehlungen 2015. Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung Deutschland (Hrsg.). NPE AG 3 Ladeinfrastruktur und Netzintegration. Berlin: 2015.

Pasaoglu, G., et al. (2014): Travel patterns and the potential use of electric cars—Results from a direct survey in six European countries. Technological Forecasting and Social Change 87 (2014): 51-59.

Philipps-Universität Marburg (2018): Studierendenstatistiken. Unter: <https://www.uni-marburg.de/de/universitaet/profil/zahlen/studierendenzahlen> (Abruf am 23.07.2018).

Richtlinie 2006/126/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Dezember 2006 über den Führerschein (Neufassung), verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32006L0126>.

Umweltbundesamt GmbH (2017): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.3.

Vierte Verordnung über Ausnahmen von den Vorschriften der Fahrerlaubnis-Verordnung vom 22. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2432), verfügbar unter: http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&jumpTo=bgbl114s2432.pdf.

Vogt, M., Fels, K. (2017): Bedarfsorientierte Ladeinfrastruktur aus Kundensicht. Handlungsempfehlungen für den flächendeckenden Aufbau benutzerfreundlicher Ladeinfrastruktur. In: Begleit- und Wirkungsforschung Schaufenster Elektromobilität (Hrsg.). Ergebnispapier Nr. 35. 2017, Stuttgart.

Willms, O. (2016): Orten Electric-Trucks. Vollelektrischer Antrieb im Gebrauchtfahrzeug. Unter: <https://www.eurotransport.de/test/orten-electric-trucks-vollelektrischer-antrieb-im-gebrauchtfahrzeug-8752693.html> (Abruf am 23.07.2018).

Teilplan 4:

Angaben der Unternehmen (Stadtwerke Marburg, Dienstleistungsbetrieb der Stadt Marburg) zur kommunalen Flotte

ADAC Württemberg e. V., NOx-Reduzierung an einem EURO V/EEV Stadtlinienbus durch Hardwarenachrüstung, 2018

INFRAS, Hintergrundbericht HBEFA Version 3.3, 2017

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen, Rundschreiben Nr. 6/2018 Erteilung einer Allgemeinen Betriebserlaubnis (ABE) für einen Nachrüsthersteller von Stickoxidminderungssystemen mit erhöhter Minderungsleistung, 11. Juli 2018

Teilplan 5:

Korte, R., 2015. 200 Pakete vom Mann mit der Wollmütze. Oberhessische Presse, 20. Dezember, online verfügbar unter: <http://www.op-marburg.de/Marburg/200-Pakete-vom-Mann-mit-der-Wollmuetze>.

Kraftfahrtbundesamt der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.), 2018. Schadstoff-Typprüfwerte von Kraftfahrzeugen zur Güterbeförderung und anderen Nutzfahrzeugen, online verfügbar unter:

https://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Fahrzeugtechnik/SV/sv231_n_schad_pdf.pdf;jsessionid=61DFA1CC0E8E86A814AE2EAC50A41A51.live21304?__blob=publicationFile&v=22.

Siebert, A., 2015. DHL – Ärger mit der Paketzustellung: So können Sie reagieren. Hamburger Abendblatt, 20. August 2015, online verfügbar unter: <https://www.abendblatt.de/hamburg/article205584999/Aerger-mit-der-Paketzustellung-So-koennen-Sie-reagieren.html>.

Transpack-Krumbach GmbH (Hrsg.), 2018. Infografik: Die 5 größten Paketdienstleister in Deutschland im Vergleich, online unter: <https://www.transpack-krumbach.de/blog/richtig-verpacken/infografik-die-5-groessten-paketdienstleister-in-deutschland-im-vergleich>.

Universitätsstadt Marburg (Hrsg.), 1996. City-Logistik – Eine Fahrgemeinschaft für den Handel, Flyer herausgegeben von der Stabsstelle Wirtschaftsförderung beim Oberbürgermeister Marburg.

Dieser Green-City-Plan Marburg wurde gefördert durch:



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

mit Mitteln aus dem „Forschungsprogramm Automatisierung und Vernetzung des Straßenverkehrs - Sonderprogramm Masterplan nachhaltige Mobilität“ mit einer Fördersumme in Höhe von **96.414 Euro**.