



ELEKTROMOBILITÄTSKONZEPT EDG ENTSORGUNG DORTMUND GMBH



17.06.2024



Beauftragt durch:



Bundesministerium
für Digitales
und Verkehr

Vergabe und Projektbegleitung durch:



Seite 1

Gefördert durch:



**aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages**

Die Erstellung dieser Studie wurde im Rahmen der „Förderrichtlinie Elektromobilität“ durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) gefördert. Fördermittel dieser Maßnahme werden auch im Rahmen des Deutschen Aufbau- und Resilienzplans (DARP) über die europäischen Aufbau- und Resilienzfazilitäten (ARF) im Programm NextGenerationEU bereitgestellt. Die Förderrichtlinie wird von der NOW GmbH koordiniert und durch den Projektträger Jülich (PtJ) umgesetzt.

AP1 und AP4 Fuhrparkkonzept & Infrastruktur

- ⤵ Bestandsanalyse
- ⤵ Bedarfsanalyse
- ⤵ Wirtschaftlichkeit und Handlungsempfehlungen

AP2 und AP3 Mobilitätskonzept

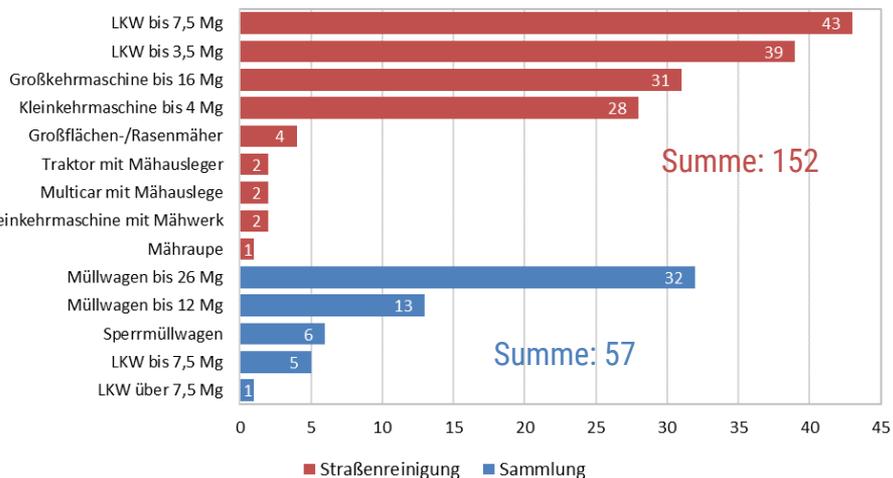
- ⤵ Betriebliches Mobilitätsmanagement
- ⤵ Dienstliches Mobilitätsmanagement
- ⤵ Handlungsempfehlungen



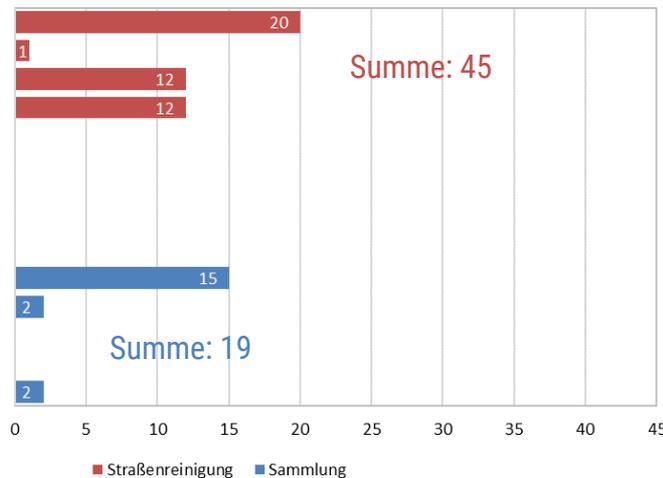
BESTANDSANALYSE FUHRPARK

Fuhrparkzusammensetzung nach Standort und Einsatz

Betriebshof: Dechenstraße



Betriebshof: Alte Straße

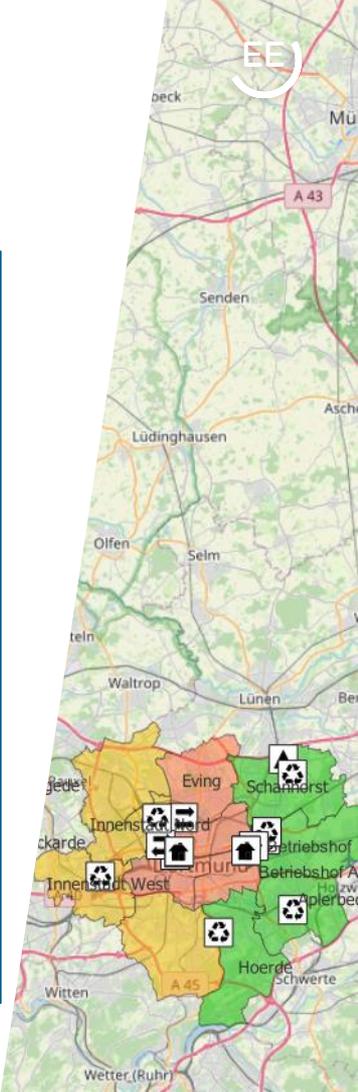


BESTANDSANALYSE FUHRPARK

Einsatzzwecke der Fahrzeugtypen

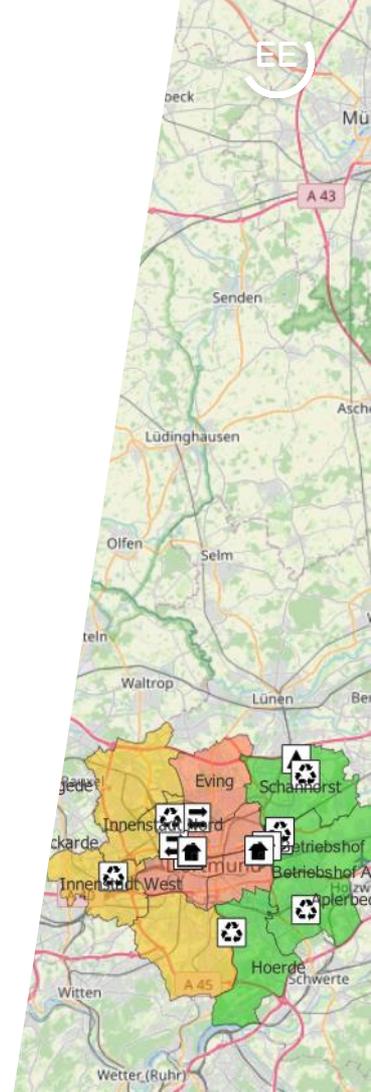
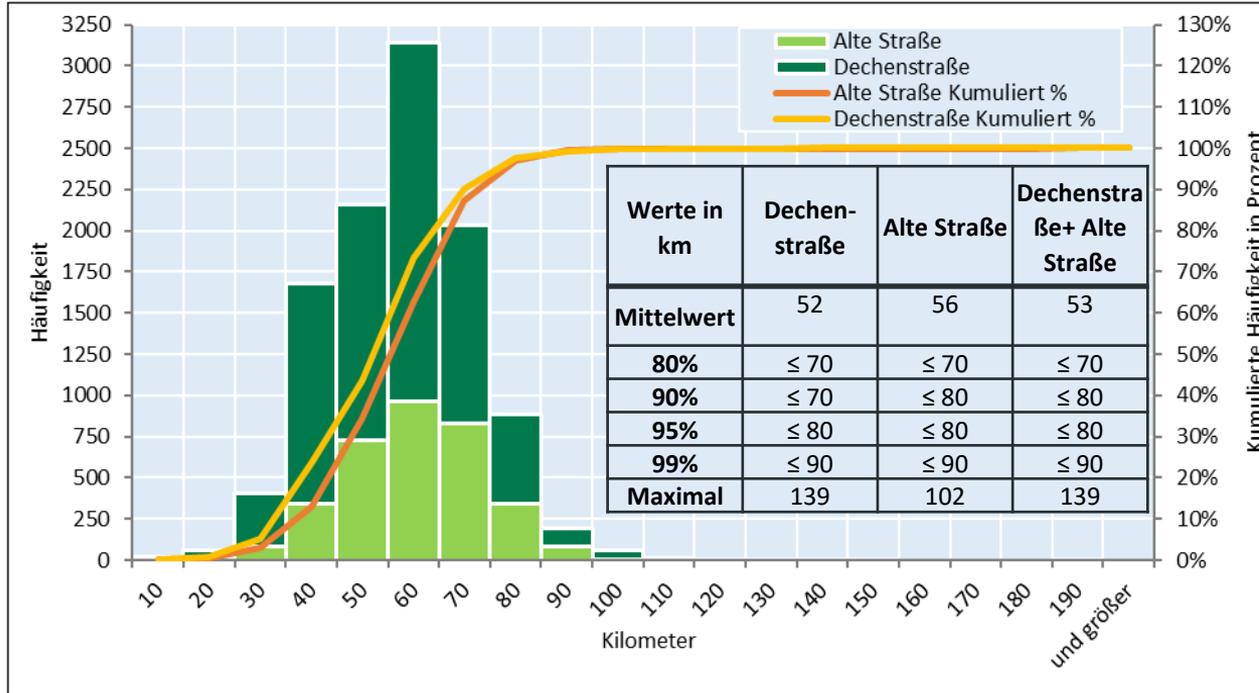
Legende:																	
Lila Schrift: Fahrzeug nur am Sonderweg vorhanden																	
Schwarze Schrift: Fahrzeug am Sonderweg & Alte Straße vorhanden																	
	Einsatz	Einheit	Restmüll	Bio	Bereitschaft	E-GenWertstoffs.	Nachtschicht	Papierkorb	Straßenbegleitgrün	Sperrmüll	Straßenreinigung	Abfallablagerung	Winterdienst	Zustelldienst	Sozialpol. Maßnahme	SD SR-Grün	
Straßenreinigung	LKW bis 7,5 Mg	%			<5		<5	<1	<5		73	14	<5				
	LKW bis 3,5 Mg	km			93		127	82	222		205	149	133	51			
	Großkehrmaschine bis 16 Mg	%					<1	9	6		<1	<1	<1		81	<5	
	Kleinkehrmaschine bis 4 Mg	km					49	99	111		247	42	188		185	117	
	Großflächen-/Rasenmäher	%			<5		<5				88	<1	7				
	Traktor mit Mähauseleger	km			101		116				279	14	359				
	Multicar mit Mähauseleger	%			<1		9				90		<1				
	Kleinkehrmaschine mit Mähwerk	km			34		130				135		185				
	Mähraupe	%															
	Mähraupe	km															
Sammlung	Abfallsammelfahrzeuge bis 26 Mg	%	77	<1	<1		<1			<1	<1	<1		<1			
	Abfallsammelfahrzeuge bis 12 Mg	km	117	92	27		13			89	139	106		106			
	Sperrabfallsammelfahrzeuge bis 26 Mg	%	36	12	<1		<1				1	51		<1			
	LKW bis 7,5 Mg	km	210	25	54		21				110	185		83			
	LKW über 7,5 Mg	%			<1		<1			93	5	<5					
		km			60		40			89	133	78					
		%			<1	<1	<1					<1		99			
		km			50	89	50					103		182			
		%			<1	38	<1		<1	<1	<1	61		<1			
		km			103	109	28		12		84	145		14			

➤ Es gibt bestimmte Einsatzzwecke die zu den längsten Tagestouren führen über das Jahr aber einen geringen prozentualen Anteil ausmachen, bsp.: Winterdienst.



BESTANDSANALYSE FUHRPARK

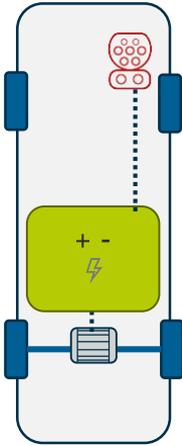
Fahrdatenanalyse am Bsp Abfallsammelfahrzeug 26Mg



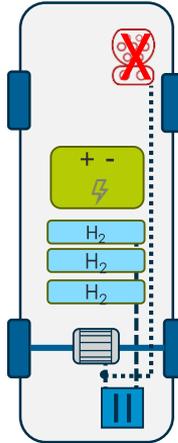
BEDARFSANALYSE FUHRPARK

Übersicht elektrische Antriebe

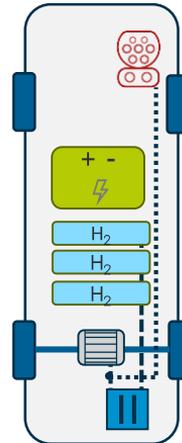
Batterieelektrisch (BE)



**Brennstoffzellen-Hybrid (BZ)
Nur Tanken**



**Brennstoffzellen-Hybrid (BZ)
Tanken und Laden**

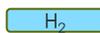


Brennstoffzelle

Elektromotor



Batterie



Drucktank



Typ 2/ CCS-Steckerladen

..... Elektrische Leitung

----- Kraftstoff Leitung



BEDARFSANALYSE FUHRPARK

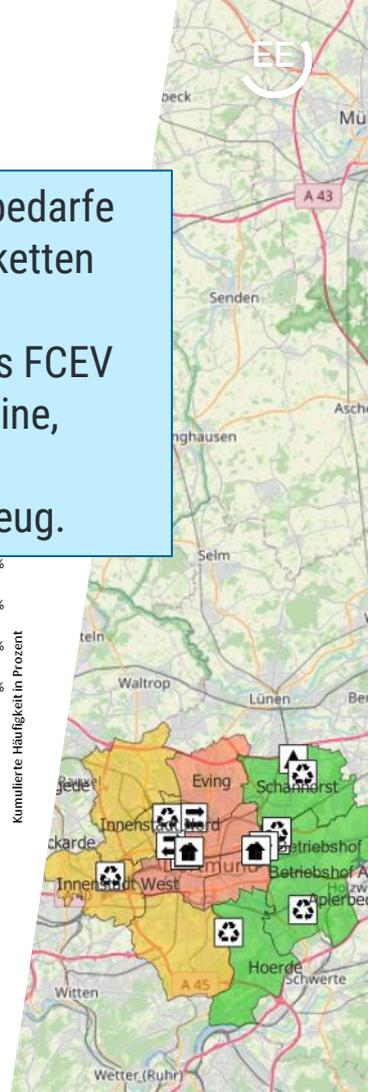
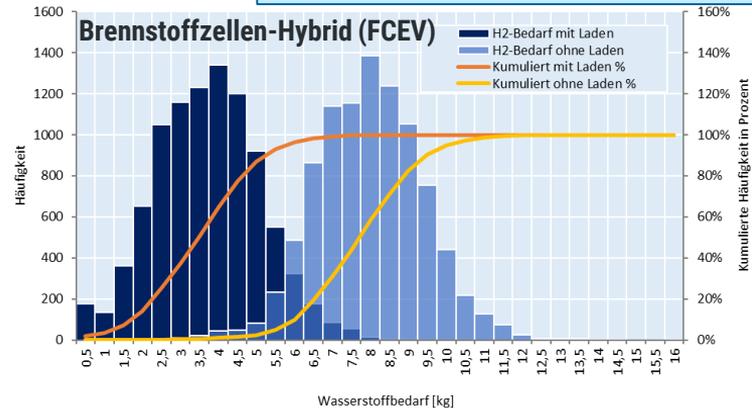
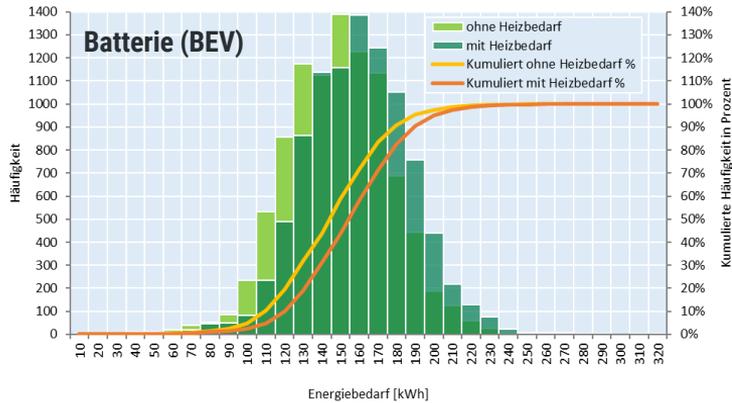
Energiebedarf: Abfallsammelfahrzeug bis 26Mg

➤ Ermittlung der Energiebedarfe über die Wirkungsgradketten als BEV für alle Fahrzeugkategorien, als FCEV nur für Großkehrmaschine, Abfall- und Sperrmüllsammelfahrzeug.

$$E_{V, BEV} = E_{V, Diesel} * H_{u, Diesel} * \frac{\eta_{Antr, Diesel}}{\eta_{Antr, BEV}} * (1 - \eta_{Reku, Stadt}) + t_{Einsatz} * P_{Heiz, Typ}$$

$$E_{V, FCEV} = \frac{E_{V, BEV, Heizen}}{H_{u, H2}} * \frac{\eta_{Antr, FCEV}}{\eta_{Antr, BEV}}$$

$$E_{V, FCEV} = \frac{(E_{V, BEV, Heizen} - 85kWh)}{H_{u, H2}} * \frac{\eta_{Antr, FCEV}}{\eta_{Antr, BEV}}$$

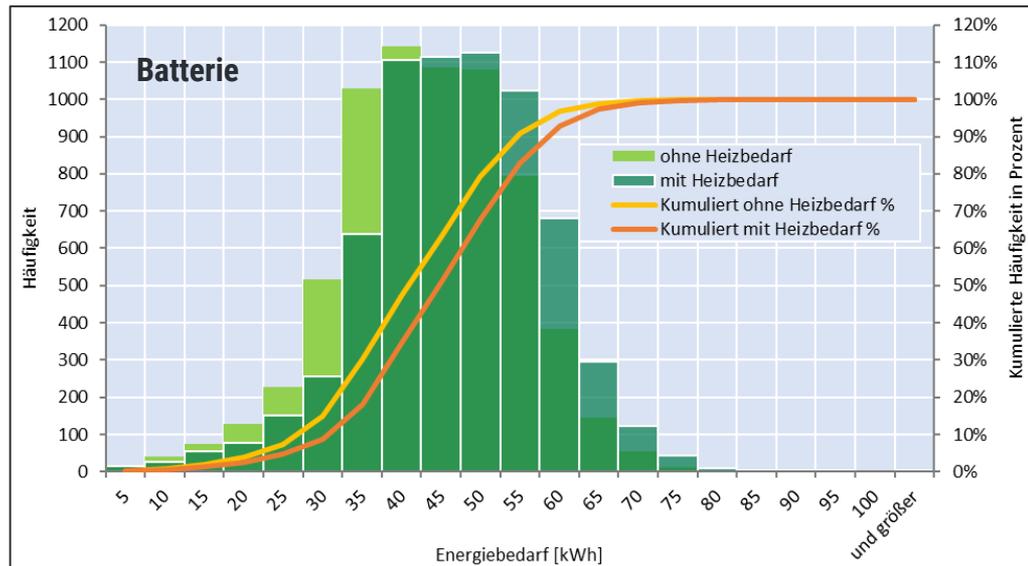


BEDARFSANALYSE FUHRPARK

Energiebedarf: Kleinkehrmaschine bis 4 Mg

➤ Darstellung des Energiebedarfs mit und ohne Heizbedarf für die Kleinkehrmaschine:

- Max. 108 kWh
- Durchschnitt 55 kWh
- 99% <70 kWh

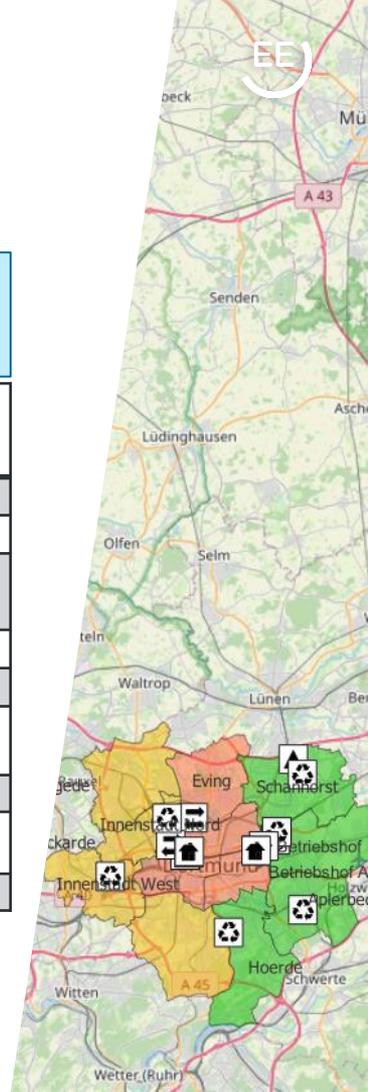


BEDARFSANALYSE FUHRPARK

Technische Machbarkeit

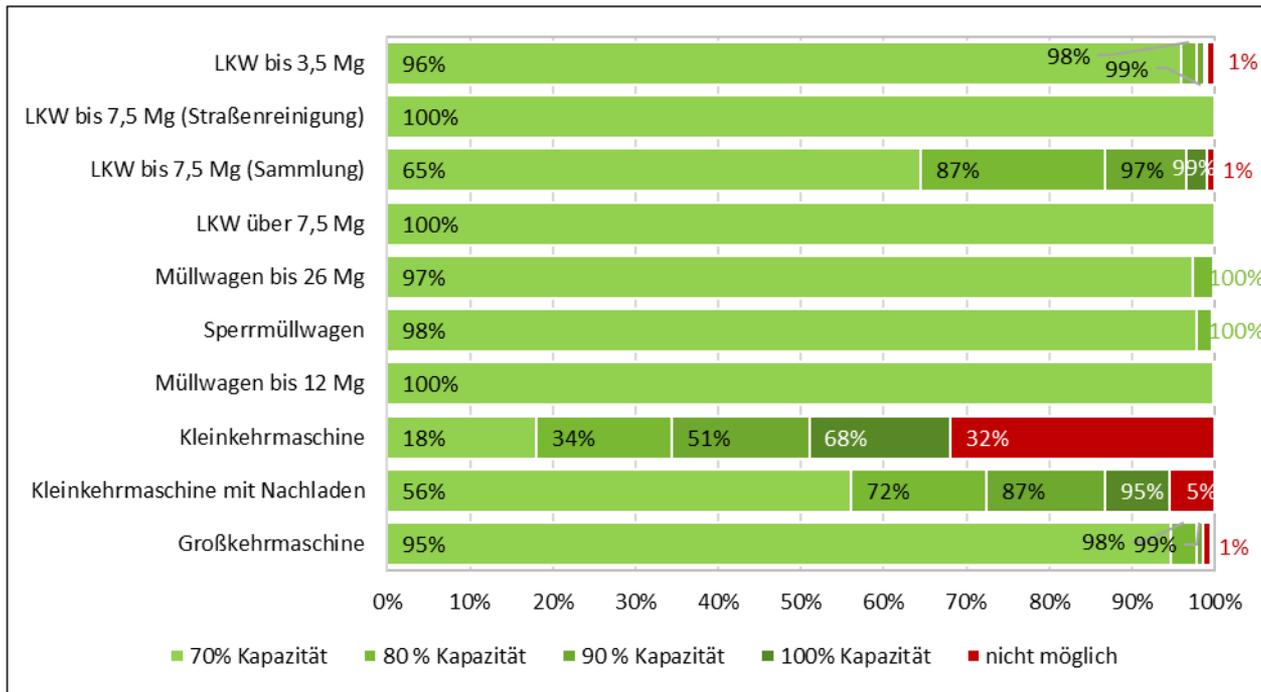
- Angenommene Vergleichswerte der max. Nettobatteriekapazität bald oder schon am Markt verfügbarer Fahrzeuge.

Fahrzeugklasse	max. Nettobatteriekapazität	Hersteller	Modell	Annahme: mittlere Ladeleistung
LKW bis 3,5 Mg	65 kWh	Ford	e-Transit	
LKW bis 7,5 Mg	110 kWh	Mercedes	e-Sprinter	
LKW über 7,5 Mg (16,7t Vergleichsfahrzeug)	300 kWh	Volvo	FL	
Abfallsammelfahrzeuge bis 26 Mg	300 kWh	Volvo	FL	
Sperrmüllsammelfahrzeuge bis 26 Mg	300 kWh	Volvo	FL	
Abfallsammelfahrzeuge bis 12 Mg (16 t Vergleichsfahrzeug)	200 kWh	Renault	D E-Tech	
Kleinkehrmaschine	50 kWh	Boschung	Urban-Sweeper S2.0	
Kleinkehrmaschine mit Nachladen	61,55 kWh	Boschung	Urban-Sweeper S2.0	23,1 kW
Großkehrmaschine	432 kWh	Designwerk	MID CAP 18e	



BEDARFSANALYSE FUHRPARK

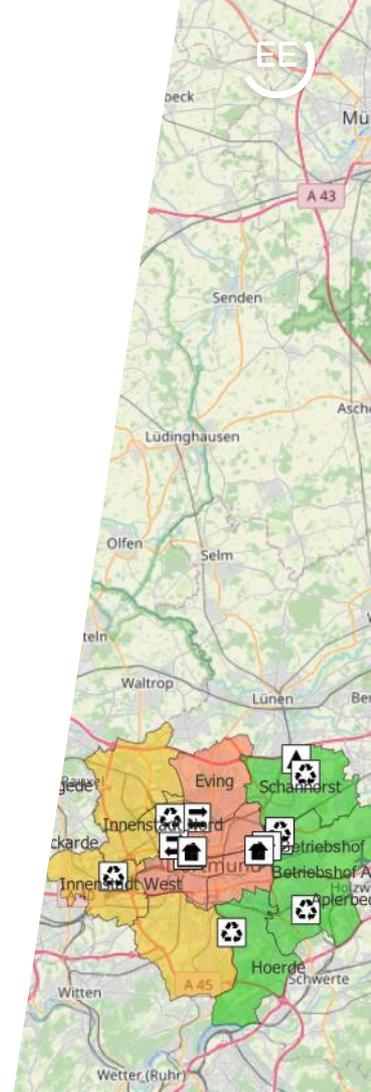
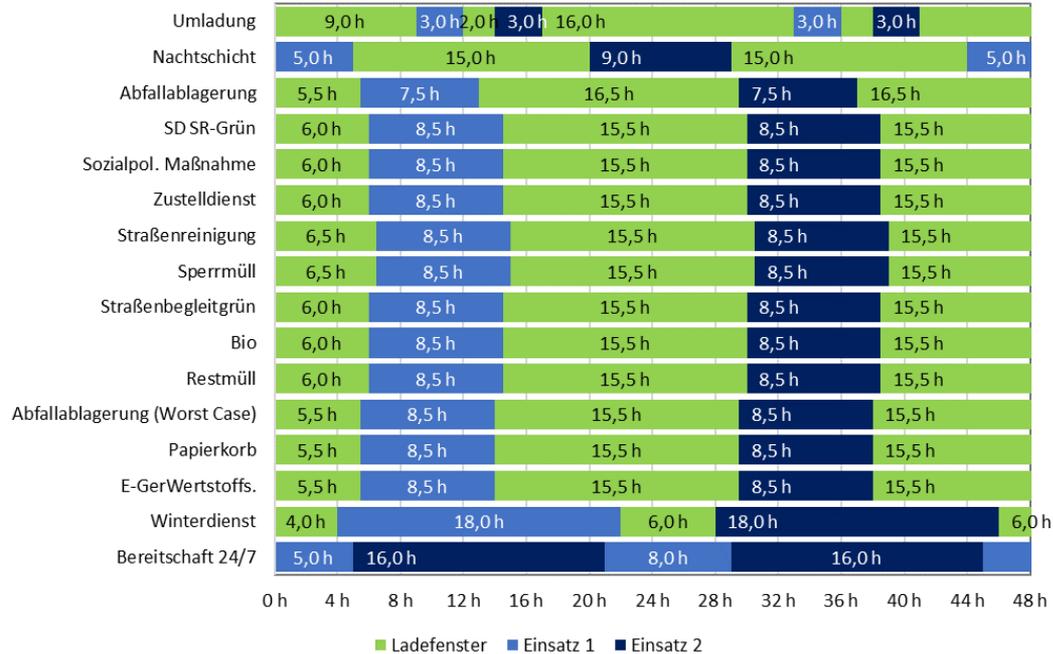
Technische Machbarkeit



LADEINFRASTRUKTUR

Zeitliche Ladefenster und Gleichzeitigkeit

➤ Der Großteil der Einsatzzwecke erlaubt lange Ladezeiten, aber mit einem hohen Gleichzeitigkeitsfaktor, bei vergleichmäßiger Ladeleistung.



LADEINFRASTRUKTUR

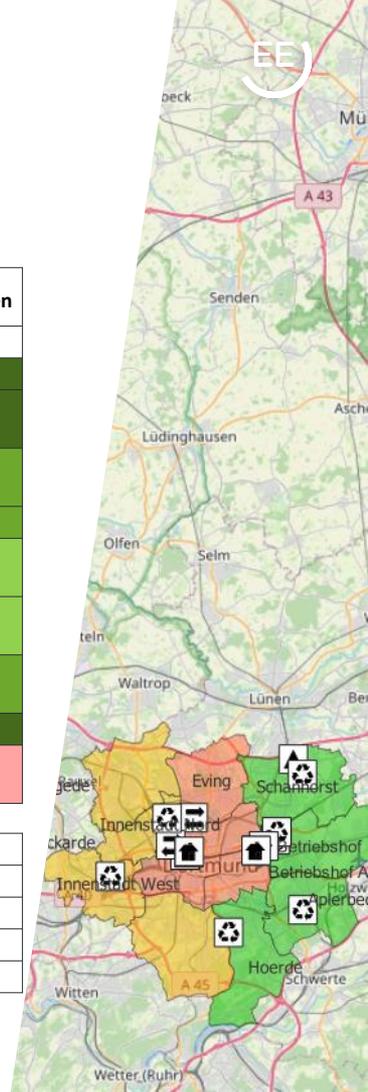
Ermittlung von notwendigen Ladezeiten

- Normalladen (AC-Laden) mit Ladeleistungen bis zu 22 kW in den allermeisten Fällen ausreichend
- Bei einem Prozent der Touren bei den GKM wäre eine Ladezeit von 15,8h notwendig um den Energiebedarf wieder aufzuladen.

Tour	Durchschnitt		90 % der Touren		99% der Touren
	11 kW	22 kW	11kW	22kW	22 kW
Ladeleistung					
LKW bis 3,5 Mg	2,7 h	1,4 h	4,1 h	2,0 h	3,1 h
LKW bis 7,5 Mg (Str.-Reinigung)	3,7 h	1,8 h	5,1 h	2,6 h	3,1 h
LKW bis 7,5 Mg (Sammlung)	7,3 h	3,6 h	9,7 h	4,8 h	5,6 h
LKW über 7,5 Mg	6,2 h	3,1 h	9,2 h	4,6 h	5,4 h
Abfallsammelfahrzeuge bis 26 Mg	15,7 h	7,9 h	19,4 h	9,7 h	11,7 h
SperrAbfallsammelfahrzeuge bis 26 Mg	14,3 h	7,1 h	19,4 h	9,7 h	11,7 h
Abfallsammelfahrzeuge bis 12 Mg	9,0 h	4,5 h	12,2 h	6,1 h	7,1 h
Kleinkehrmaschine	4,5 h	2,3 h	6,1 h	3,1 h	3,6 h
Großkehrmaschine bis 16 Mg	20,5 h	10,3 h	28,6 h	14,3 h	15,8 h

Legende:

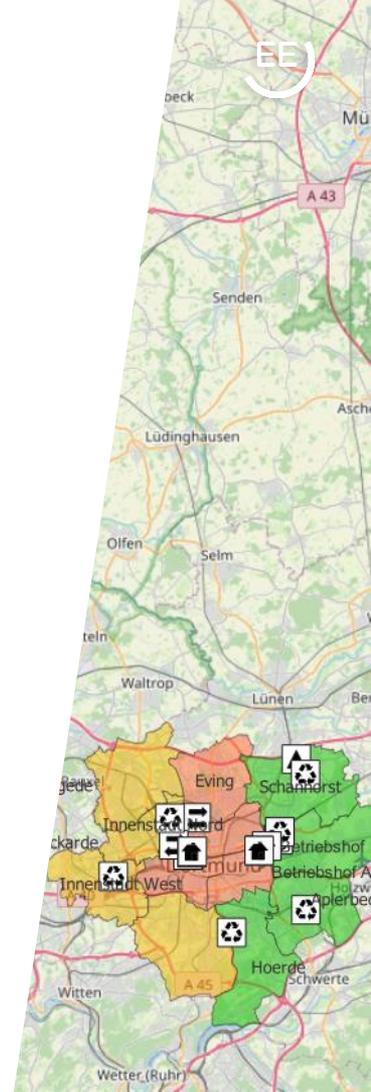
2,7 h	Ladezeit liegt zwischen 0 und 3,75 h
4,5 h	Ladezeit liegt zwischen 3,75 und 7,25 h
9,0 h	Ladezeit liegt zwischen 7,25 h und 15,5 h
20,5 h	Ladezeit liegt über dem maximalen Ladefenster von 15,5 h



BEDARFSANALYSE FUHRPARK

Ladeabstand bei durchschnittlicher Tourlänge

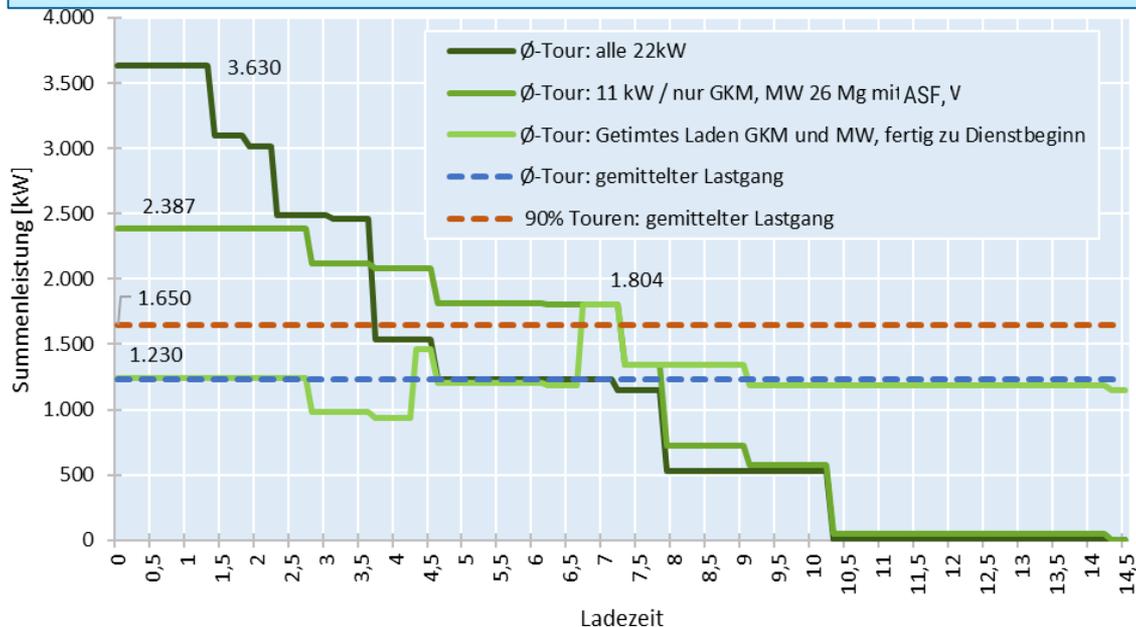
Fahrzeugtyp	max Nettobatteriekapazität Markt	Energiebedarf pro Tour Durchschnitt	Anteil Batterienutzung	Ladeabstand (Tage)
LKW bis 3,5 Mg	65 kWh	27 kWh	41%	2
LKW bis 7,5 Mg (Straßenreinigung)	110 kWh	36 kWh	33%	2
LKW bis 7,5 Mg (Sammlung)	110 kWh	71 kWh	65%	1
LKW über 7,5 Mg	300 kWh	70 kWh	23%	4
Abfallsammelfahrzeuge bis 26 Mg	300 kWh	154 kWh	51%	1
Sperrmüllsammelfahrzeuge	300 kWh	140 kWh	47%	2
Abfallsammelfahrzeuge bis 12 Mg	200 kWh	88 kWh	44%	2
Kleinkehrmaschine	50 kWh	45 kWh	89%	1
Großkehrmaschine	432 kWh	201 kWh	46%	2



LADEINFRASTRUKTUR

Lastgang induziert durch Ladevorgänge einer komplett umgestellten Flotte auf BEV

Ladelastrmanagement: Lastgang durch Ladevorgänge bei durchschnittlichem Energiebedarf am Standort Dechenstraße



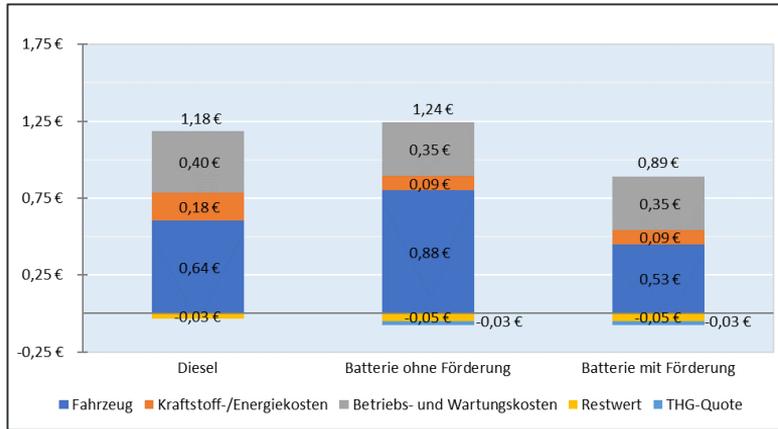
GKM: Großkehrmaschine
ASF: Abfallsammelfahrzeug



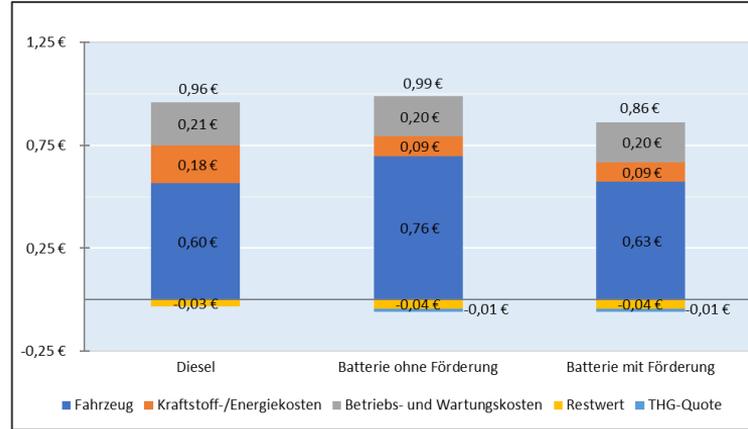
WIRTSCHAFTLICHKEIT

Vergleich LKW bis 3,5 Mg und LKW bis 7,5 Mg

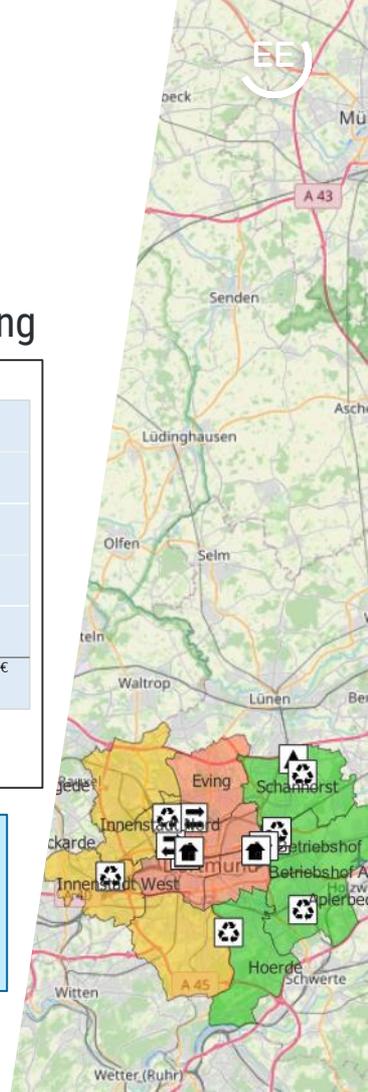
LKW bis 3,5 MG: 8.400 km/a, 10a Nutzung



LKW bis 7,5 Mg: 14.700 km/a, 10a Nutzung



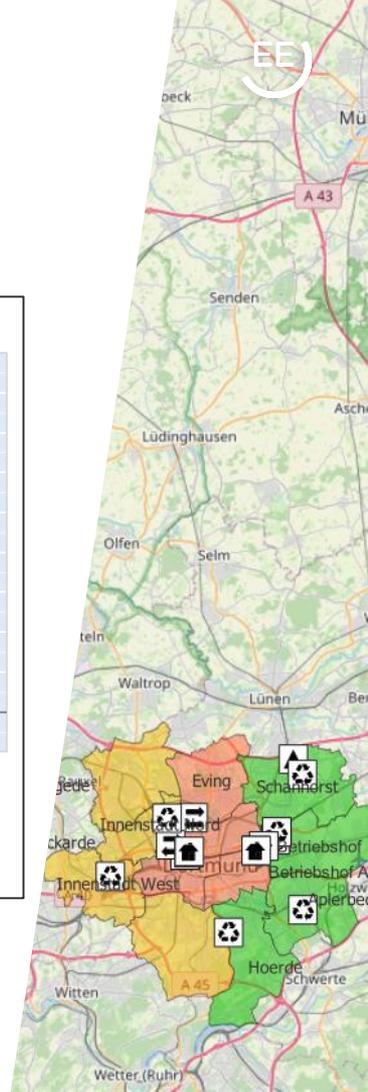
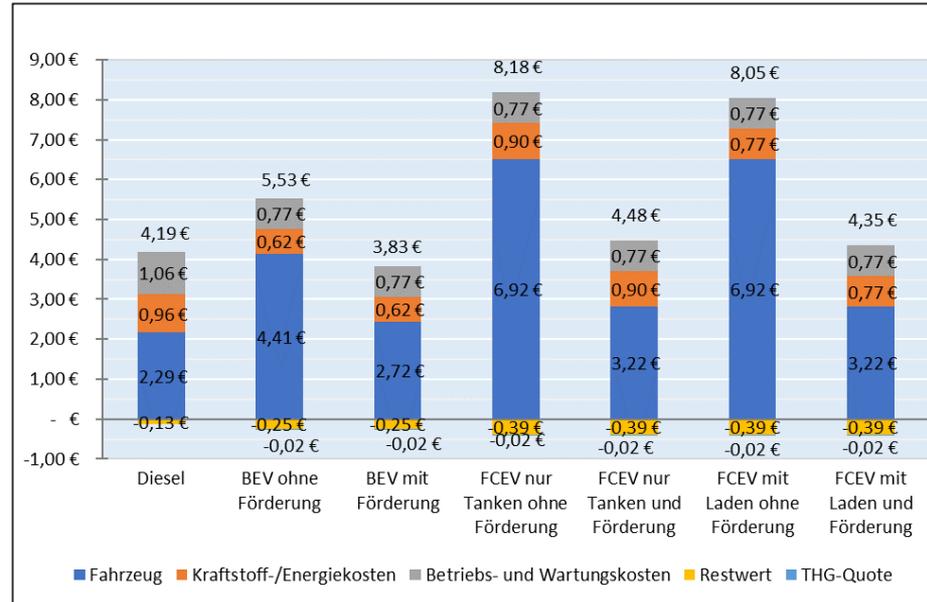
➤ Die Betriebskosten eines batterieelektrischen Antriebs sind eindeutig niedriger als bei Dieselfahrzeugen. Fahrzeuge mit hohen Jahresfahrleistungen werden sich daher eher rentieren.



WIRTSCHAFTLICHKEIT

Vergleich BEV und FCEV, Bsp. Abfallsammelfahrzeug 26 Mg

- Ohne Förderung haben alle elektrischen Antriebe höhere Kilometerkosten als der Diesel.
- Die FCEV haben fast doppelt so hohe Kilometerkosten wie der Diesel, das BEV rund 30% höhere.
- Empfehlung Umstellung auf BEV.



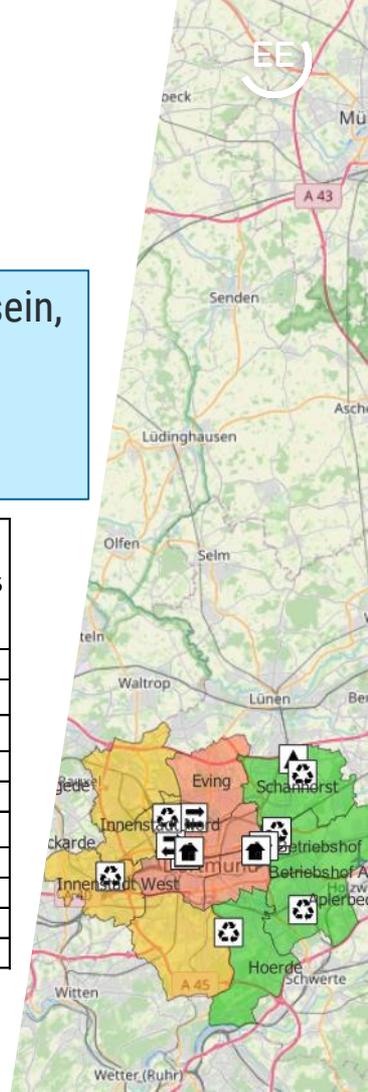
HANDLUNGSEMPFEHLUNG

Beschaffungsvorschlag

- Flottenumstellung sollte an den bisherigen Wiederbeschaffungszyklus angepasst sein, um von weiteren Technologieentwicklungen und Kostendegression (Batterie) zu profitieren.
- Für Ziel Flottenumstellung bis 2035 reine BEV-Beschaffung ab 2027.

	Nutzungsdauer	Flottengröße	2024			2025			2026			2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
			Di	BEV	Σ	Di	BEV	Σ	Di	BEV	Σ	BEV	BEV	BEV	BEV	BEV	BEV	BEV	BEV	BEV
LKW bis 7,5 Mg	Straßenrein.	10	63						3	3	6	4	7	7	7	7	7	7	7	7
LKW bis 3,5 Mg		10	40		3	3				1	1 ¹⁾	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Großkehrmaschine bis 16 Mg		9	43		1	1		1	1			3	3	5	5	5	5	5	5	5
Kleinkehrmaschine bis 4 Mg		6	40	4	4	8	5	4	9	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8	8
ASF bis 26 Mg	Sammlung	9	47	3	2	5			5 ²⁾	2	3	5 ²⁾	3	4	5	5	5	5	5	5
ASF bis 12 Mg		9	15							1	2	3			3			4		3
Sperr-ASF bis 26 Mg		9	6		1	1	1		1		1	1		1		1		1		1
LKW bis 7,5 Mg		10	5										2				2			1
LKW über 7,5 Mg		9	3	1	0	1							1				1			1

1) Elektrisches Fahrzeug 2) Im Invest für 2025 vorgesehen, kann aber evtl auf 2026 verschoben werden





Betriebliches und Dienstliches Mobilitätsmanagement

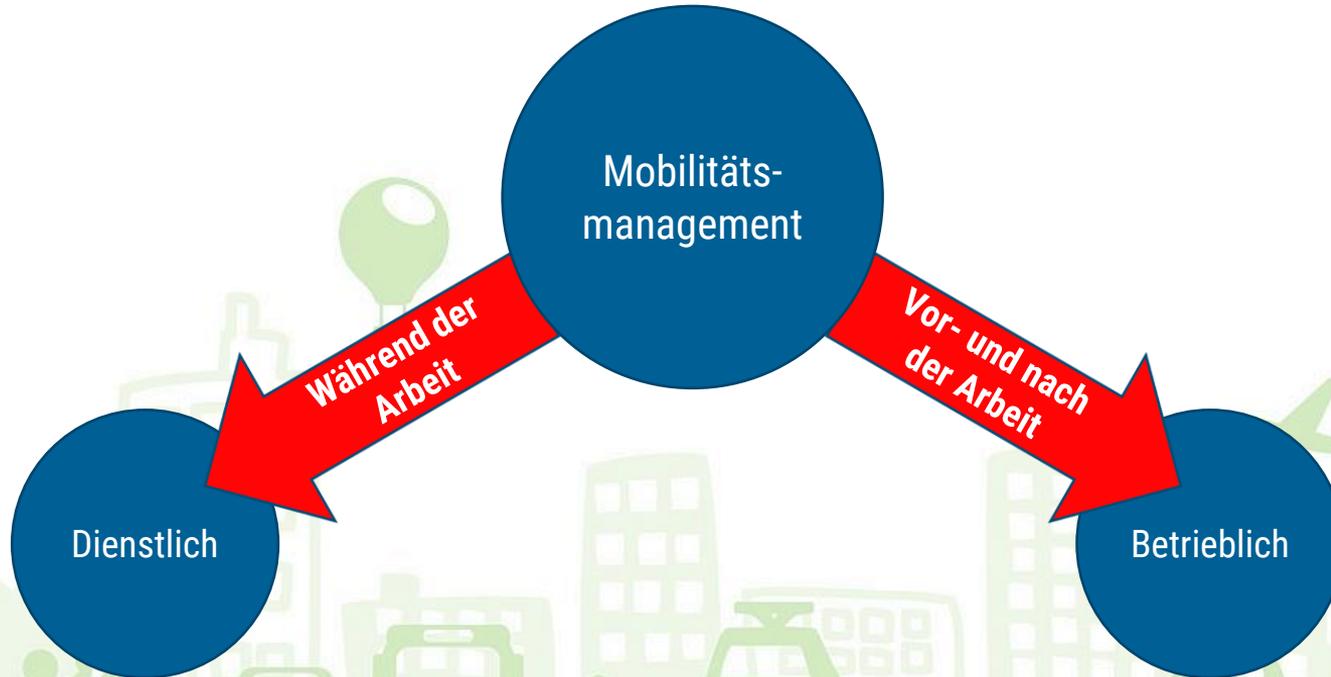
Energy Engineers GmbH / EDG Dortmund

Christopher Olvis, Mobility Consultant

17.06.2024

WAS IST MOBILITÄTSMANAGEMENT?

Strategie für effiziente, attraktive, umwelt- und sozialverträgliche Personenmobilität



WAS IST MOBILITÄTSMANAGEMENT?



DATENGRUNDLAGE BEI DER EDG

Erfassung des Ist-Zustandes und der Bedarfsanalyse

Mitarbeitendenumfrage

Interner Workshop

Fuhrparkanalyse

Online-Umfrage
(01.03.23 – 05.05.23)

Betriebliches
Mobilitätsmanagement

220 Teilnehmer des EDG-
Konzernverbunds
(175 EDG = 17,6 %)

Dienstliches
Mobilitätsmanagement

PKW

Ergebnisvalidierung über
anonymisierte PLZ-Daten
aller Mitarbeiter

15 Teilnehmer der EDG

Nutzfahrzeuge

Analyse und Evaluierung
d. Maßnahmen



AUSZUG: ERGEBNISSE MITARBEITENDENUMFRAGE

44,5 % der MA
würde bei
Bezuschus-
sung ein
ÖPNV-Ticket
kaufen

34 % der MA
sind offen für
Mitfahrgelegen-
heiten

7 % der MA
nutzen bereits
Mitfahrgelegen-
heiten

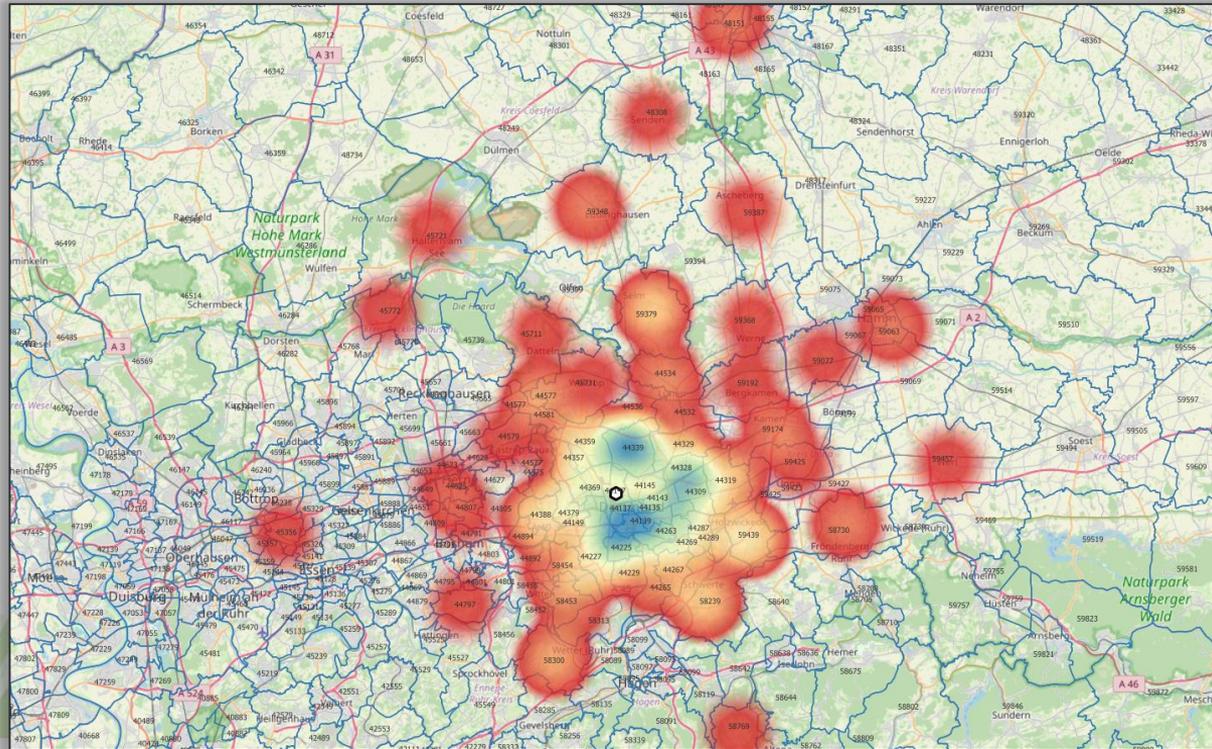
18,7 % der MA
planen die
Anschaffung
eines Job-
Rades

33 % der MA
planen oder
haben bereits
die
Anschaffung
eines E-Autos

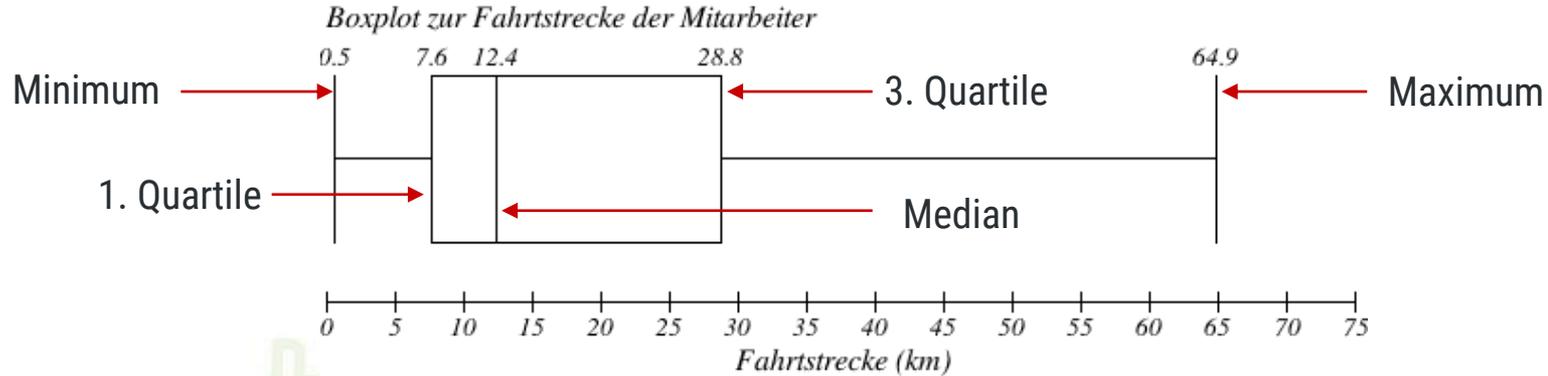


DISTANZ DER MITARBEITER ZUR ARBEIT

Heatmap zu Wohnstandorten der EDG-Mitarbeiter (Quelle: Mitarbeitendenumfrage)



DISTANZ DER MITARBEITER ZUR ARBEIT



Ein alleinfahrender (Pkw) Mitarbeiter verursacht pro Fahrttag im Durchschnitt 3,72 kg CO₂-Emissionen $[(12,4 \times 2) \times 150\text{g}] = 3.720 \text{ g}$

CO₂-EMISSIONEN UND KOSTEN

Tagesfahrten mit dem PKW zur Arbeit pro Woche

Tage pro Woche	Anteil	Mitarbeiter	CO ₂ -Emissionen
0	0,6 %	96	0 kg
1	1,2 %	74	275,28 kg
2	2,4 %	80	595,20 kg
3	3,6 %	132	1.473,12 kg
4	4,8 %	90	1.339,20 kg
5	6,0 %	524	9.746,40 kg
6	100 %	996	13.429,20 kg

**Jährliche Einsparungen pro Mitarbeiter, der nicht mehr alleine PKW fährt:
686 kg/CO₂ und 20,59 €**

Hinweis: CO₂-Preis pro Tonne soll sich bis 2030 mehr als verdoppeln!

Bei 46 Arbeitswochen pro Mitarbeiter pro Jahr ergeben sich CO₂-Emissionen von 617.743,2 t/Jahr

Bei einem CO₂-Preis von derzeit 30€/t ergeben sich Emissionskosten von ca. 18.532,30 € pro Jahr



EINSPARPOTENTIAL DER DIENSTWAGENFLOTTE (PKW)

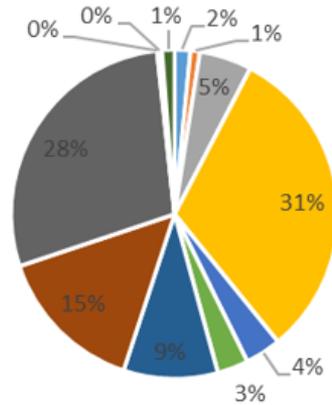
Dienstwagen (PKW) der EDG

Antrieb	Summenverbrauch (l/a)	Gesamtemissionen CO ₂ (kg/a)	Gesamtemissionen pro Fzg. CO ₂ (kg/a)
Benzin (n=13)	16.827	39.880	3.060
Diesel (n=20)	17.522	46.433	2.322

Quelle: Fuhrparkdaten EDG 2021, eigene Darstellung

EMISSIONSANTEIL DER FLOTTE NACH FAHRZEUGTYP

Emissionsanteil der Flotte in 2021



- Sammlung LKW bis 7,5 Mg
- Sammlung Müllwagen bis 26 Mg
- Sammlung Müllwagen bis 12 Mg
- Sammlung LKW über 7,5 Mg
- Sammlung Sperrmüllwagen
- Sammlung Müllwagen bis 6 Mg
- Sammlung Kleinwagen bis 1000 cm³
- Sammlung Kleinwagen über 1000 cm³
- Sammlung PKW bis 1000 cm³
- Sammlung PKW über 1000 cm³
- Sammlung LKW über 3,5 Mg
- Sammlung Kleinkehrm. bis 4 Mg
- Sammlung Großkehrm. bis 16 Mg
- Sammlung Traktor mit Mähausleger

Quelle: Fuhrparkdaten EDG 2021, eigene Darstellung

EINSPARPOTENTIALIE AUSGEWÄHLTER FAHRZEUGTYPEN

Einsparpotentiale ausgewählte Nutzfahrzeugtypen			
Fahrzeugtyp	Summenverbrauch (l/a)	Gesamtemissionen CO ₂ (kg/a)	Gesamtemissionen pro Fzg. CO ₂ (kg/a)
Abfallsammel-fahrzeuge, 26 Mg (n=56)	467.941	1.240.044	22.144
Großkehr-maschinen, 16 Mg (n=50)	422.283	1.119.050	22.381
Kleinkehrmaschinen, 4 Mg (n=43)	220.750	584.988	13.604

Quelle: Fuhrparkdaten EDG 2021, eigene Darstellung

Maßnahmen

Dienstliches Mobilitätsmanagement

- Alternative Antriebe
 - PKW
 - Abfallsammelfahrzeuge
 - Groß- und Kleinkehrmaschinen
- Dienstliche E-Fahrräder und Lastenräder
- Flexibles Mobilitätsbudget statt Dienstwagen
- Anschaffung einer Bahncard/ÖPNV-Ticket
- Änderung Dienstreiserichtlinie
 - z.B. mehr ÖPNV-Nutzung

Mobilitäts-
management

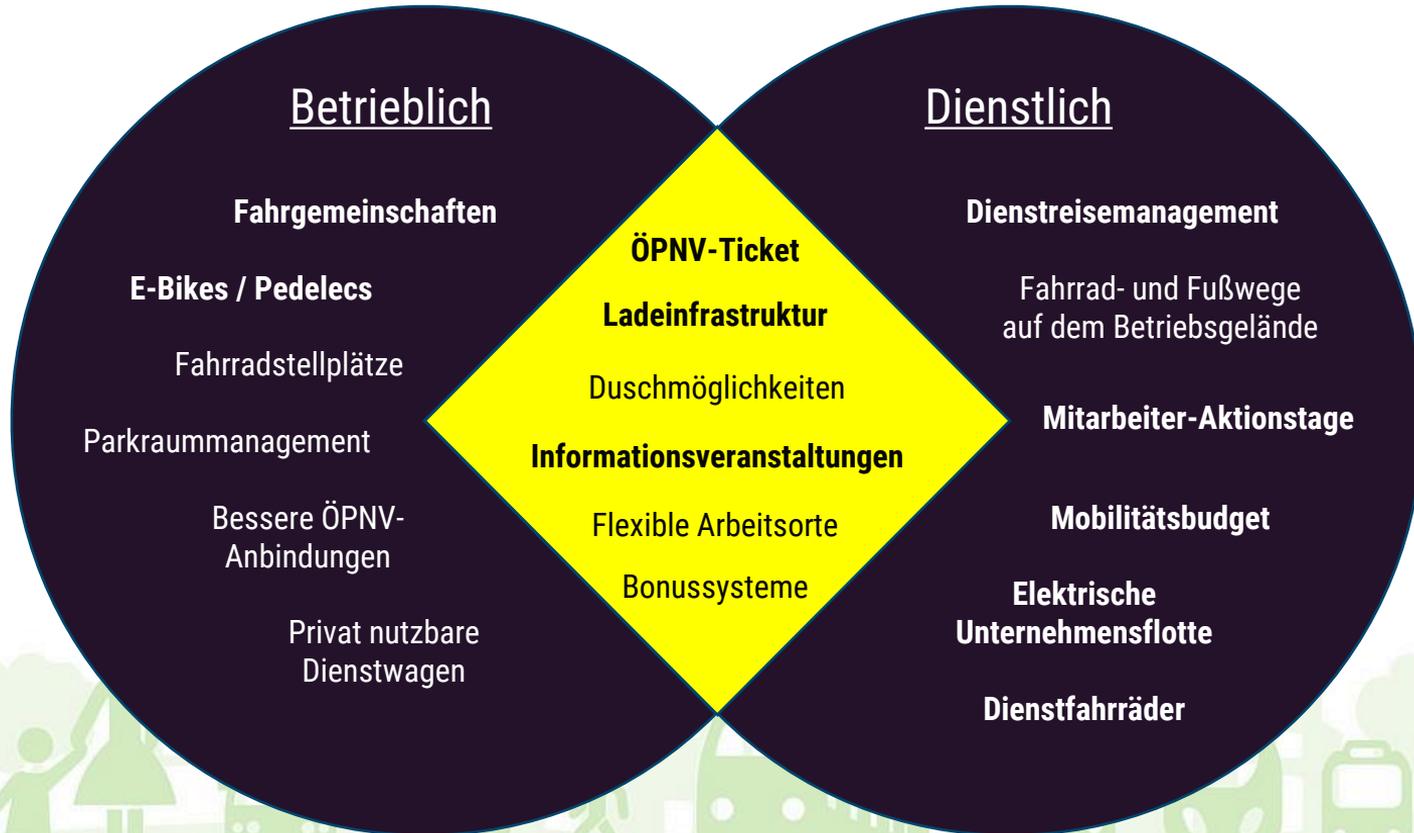
Während der
Arbeit



WAS GIBT ES BEREITS BEI DER EDG?



AUSBAUVORSCHLÄGE FÜR DIE EDG



Wir freuen uns auf Ihr Projekt!



Christopher Olvis

Consultant

Tel.: 0160 / 4743 389

E-Mail.: olvis@energy-engineers.de



Joél Dupont

Senior Consultant

Tel.: 0171 / 777 08 28

E-Mail.: dupont@energy-engineers.de



TÜV NORD GROUP

Wissenschaftspark, Munscheidstraße 14, 45886 Gelsenkirchen

Sitz der Gesellschaft: Gelsenkirchen
Registergericht: Amtsgericht Gelsenkirchen, HRB 8017
Geschäftsführung: Dr. Andreas Ziolk