



Transport
Technologie -
Consult
Karlsruhe GmbH

Abschlussbericht

Karlsruhe, Januar 2026

TTK-Projektnummer: 2102



E-Bus-Konzept für die Landkreise Cloppenburg und Vechta

Machbarkeitsstudie

E-Bus-Konzept für die Landkreise Cloppenburg und Vechta

Machbarkeitsstudie

Auftraggeber

Landkreis Cloppenburg
Amt für Schule, Kultur und ÖPNV
Eschstraße 29, 49661 Cloppenburg

Landkreis Vechta
80 - Referat für Wirtschaftsförderung,
Mobilität und Tourismus
Ravensberger Straße 20, 49377 Vechta

Auftragnehmer

TransportTechnologie-Consult Karlsruhe GmbH (TTK)
Durlacher Allee 73
76131 Karlsruhe
info@ttk.de

Unterauftragnehmer

PTV Transport Consult GmbH
Stumpfstraße 1
76131 Karlsruhe

Bearbeiter

M.Sc. Valentin Hecht
M.A. Svenja Höner
Dr. Ing. Roland Priester

Inhalt

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	5
Abbildungen.....	5
Tabellen.....	7
1 Einleitung.....	9
1.1 Ausgangslage und Ziele.....	9
1.2 Ablauf der Studie.....	11
2 Grundlagen.....	12
2.1 Gesetzgebung.....	12
2.1.1 Clean Vehicles Directive und SaubFahrzeugBeschG.....	12
2.1.2 Auswirkungen auf die Landkreise.....	15
2.2 Antriebstechnologien.....	17
2.2.1 HVO100.....	17
2.2.2 Batterieelektrische Busse.....	18
2.2.3 Brennstoffzellenbusse.....	20
2.2.4 Wirkungsgrade elektrischer Antriebe.....	22
2.2.5 Marktentwicklung.....	23
2.3 Synergiemöglichkeiten.....	24
2.4 Bestandsanalyse Energieinfrastruktur.....	25
2.4.1 Ladeinfrastruktur.....	25
2.4.2 Wasserstoffinfrastruktur.....	25
2.5 ÖPNV-Analyse.....	26
2.5.1 Methodik.....	26
2.5.2 Ergebnisse.....	28
2.6 Workshop.....	48
3 Entwicklung technischer Szenarien.....	50
3.1 Methodik.....	50
3.1.1 Simulationsparameter emissionsfreier Fahrzeuge.....	50
3.1.2 Betrachtete Szenarien.....	51
3.1.3 Auswahl der Endhaltstellen zur Zwischenladung.....	52
3.2 Ergebnisse Referenzszenario HVO100.....	53
3.3 Ergebnisse emissionsfreie / -arme Szenarien.....	54
3.3.1 Mischbetrieb.....	54
3.3.2 100 %.....	56
3.3.3 Bewertung der technischen Konzepte.....	57
4 Optimierung der Szenarien.....	58
4.1 Differenzierung der Szenarien.....	58

4.2 Exkurs: Infrastrukturbeistellung durch den AT.....	61
4.3 Szenario 1.1.b.....	63
4.3.1 Strategie	63
4.3.2 Ladeinfrastruktur	63
4.3.3 Betrieb	65
4.4 Szenario 1.1.d.....	66
4.4.1 Strategie	66
4.4.2 Ladeinfrastruktur	66
4.4.3 Betrieb	70
4.5 Szenario 1.2.b.....	71
4.5.1 Strategie	71
4.5.2 H2-Infrastruktur	71
4.5.3 Betrieb	71
4.6 Szenario 2.1.d.....	72
4.6.1 Strategie	72
4.6.2 Ladeinfrastruktur	72
4.6.3 Betrieb	76
5 Wirtschaftlichkeit und Umweltwirkung.....	77
5.1 Wirtschaftlichkeit.....	77
5.1.1 Betriebskosten.....	77
5.1.2 Investitionskosten.....	79
5.1.3 Gesamtkosten.....	82
5.2 Umweltwirkung	83
6 Konklusion und Strategieentscheidung.....	84
6.1 Landkreis Cloppenburg.....	84
6.2 Landkreis Vechta	86
7 Skizzierung der Umstellungsprojekte.....	88
7.1 Allgemeine Hinweise zur Umsetzung	88
7.2 Landkreis Cloppenburg.....	89
7.2.1 Strategie	89
7.2.2 Fahrzeug-/Infrastrukturkonzept.....	90
7.2.3 Zeit-/Meilensteinplan	93
7.3 Landkreis Vechta	94
7.3.1 Strategie	94
7.3.2 Fahrzeug-/Infrastrukturkonzept.....	94
7.3.3 Zeit-/Meilensteinplan	97
8 Anhänge	98

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

Abbildung 1: topographische Karte des Untersuchungsgebietes	10
Abbildung 2: Beschaffungsquoten an emissionsarmen bzw. -freien Fahrzeugen bis zum Jahr 2031 gemäß SaubFahrzeugBeschG (eigene Darstellung auf Basis VDV)	12
Abbildung 3: Elektrische Antriebskonzepte für Omnibusse	18
Abbildung 4: SWOT-Analyse für eine Umstellung auf Batteriespeicher in Fahrzeugen	19
Abbildung 5: Funktionsweise von BZ-Hybrid und BZ-REX Fahrzeugen (NOW GmbH)	21
Abbildung 6: SWOT-Analyse für eine Umstellung auf Fahrzeuge mit Brennstoffzelle.....	21
Abbildung 7: Wirkungsgrad von elektrischen Antriebskonzepten.....	22
Abbildung 8: Anzahl der 2024 vollelektrisch betriebenen Busse nach Antriebsart	23
Abbildung 9: Bestandsentwicklung anhand kommunizierter Beschaffungspläne bis zum Jahr 2030	24
Abbildung 10: Wasserstoffinfrastruktur in den Landkreisen Cloppenburg und Vechta, Stand Q1 2025	26
Abbildung 11: Fahrplanfahrtenhäufigkeit im Tagesverlauf, nach regulärem Angebot und moobil+	28
Abbildung 12: Fahrplanfahrtenhäufigkeit im Tagesverlauf, nach Landkreisen.....	28
Abbildung 13: Linienbündelkarte, Landkreis Cloppenburg.....	29
Abbildung 14: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel C01	30
Abbildung 15: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel C02	31
Abbildung 16: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel C03	32
Abbildung 17: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel C04	33
Abbildung 18: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel Cm+ Nord	34
Abbildung 19: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel Cm+ Ost	35
Abbildung 20: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel Cm+ Stadt.....	36
Abbildung 21: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel Cm+ West	37
Abbildung 22: Linienbündelkarte, Landkreis Vechta	38
Abbildung 23: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel V01 Nord	39
Abbildung 24: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel V02 Mitte	40
Abbildung 25: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel V03 Süd	41
Abbildung 26: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, landesbedeutsame Linie 606	42
Abbildung 27: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel V Stadt	43
Abbildung 28: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel Vm+ Mitte.....	44
Abbildung 29: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel Vm+ Nord.....	45

Abbildung 30: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel Vm+ Süd..... 46

Abbildung 31: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, landesbedeutsame Linie OM1 47

Abbildung 32: Gemeinsamer Workshop in Cloppenburg..... 49

Abbildung 33: Betrachtete Szenarien..... 51

Abbildung 34: Fahrzeugmehrbedarf bei anteiliger Umstellung auf emissionsfreie Fahrzeuge 54

Abbildung 35: Fahrzeugmehrbedarf bei 100 % Umstellung auf emissionsfreie Fahrzeuge 56

Abbildung 36: Anzahl gleichzeitige Ladevorgänge je Standort, Szenario 1.1.b..... 64

Abbildung 37: Strombedarf je Standort, Szenario 1.1.b 64

Abbildung 38: maximale Ladeleistung je Standort, Sz. 1.1.b 65

Abbildung 39: optimale Standorte (grob) für Ladehubs in Szenario 1.1.d..... 67

Abbildung 40: Fahrzeug(-typen) an den Ladehubs, Sz. 1.1.d 67

Abbildung 41: Fahrzeug(-typen) an den Ladehubs aus Sicht der Linienbündel, Sz. 1.1.d 68

Abbildung 42: Anzahl gleichzeitige Ladevorgänge je Standort, Sz. 1.1.d..... 69

Abbildung 43: Strombedarf je Standort , Sz. 1.1.d..... 69

Abbildung 44: maximale Ladeleistung je Standort, Sz. 1.1.d 70

Abbildung 45: H2-Bedarf je Standort und Werktag, Sz. 1.2.b..... 71

Abbildung 46: optimale Standorte (grob) für Ladehubs in Szenario 2.1.d..... 72

Abbildung 47: Fahrzeug(-typen) an den Ladehubs, Sz. 2.1.d 73

Abbildung 48: Anzahl gleichzeitige Ladevorgänge je Standort, Szenario 2.1.d..... 74

Abbildung 49: Strombedarf je Standort, Szenario 2.1.d 75

Abbildung 50: maximale Ladeleistung je Standort, Szenario 2.1.d 76

Abbildung 51: Mögliche Kostenpunkte bei der Umstellung auf alternative Antriebe 77

Abbildung 52: Differenz der erwartbaren Energiekosten ggü. dem HVO100-Betrieb 78

Abbildung 53: Differenz der erwartbaren Betriebskosten ggü. dem HVO100-Betrieb..... 79

Abbildung 54: Differenz der erwartbaren Fahrzeuginvestitionskosten ggü. dem HVO100-Betrieb..... 80

Abbildung 55: Differenz der erwartbaren Infrastrukturinvestitionskosten ggü. dem HVO100-Betrieb 81

Abbildung 56: Differenz der erwartbaren Gesamtkosten ggü. dem HVO100-Betrieb 82

Abbildung 57: CO₂e Einsparungspotential, ggü. dem HVO100-Betrieb, über die gesamte Konzessionslaufzeit..... 83

Abbildung 58: Fahrzeugbedarf nach CVD-Quote im Landkreis Cloppenburg 90

Abbildung 59: optimale Standorte (grob) für Ladeinfrastruktur im Lkr. Cloppenburg zur Erfüllung der CVD..... 91

Abbildung 60: Fahrzeugbedarf nach CVD-Quote im Landkreis Vechta 95

Tabellen

Tabelle 1: Voraussichtliche Zuschlagszeitpunkte der Linienbündel in Bezug zu den gesetzlichen Vorgaben.....	15
Tabelle 2: Anteile der Emissionsklassen der Fahrzeuge im Landkreis Cloppenburg, nach Linienbündel.....	16
Tabelle 3: Anteile der Emissionsklassen der Fahrzeuge im Landkreis Vechta, nach Linienbündel	16
Tabelle 4: Vor- und Nachteile eines Brennstoffzellen-Range-Extenders	21
Tabelle 5: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltesttllenanalyse, Linienbündel C01.....	30
Tabelle 6: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltesttllenanalyse, Linienbündel C02.....	31
Tabelle 7: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltesttllenanalyse, Linienbündel C03.....	32
Tabelle 8: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltesttllenanalyse, Linienbündel C04.....	33
Tabelle 9: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltesttllenanalyse, Linienbündel Cm+ Nord.....	34
Tabelle 10: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltesttllenanalyse, Linienbündel Cm+ Ost.....	35
Tabelle 11: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltesttllenanalyse, Linienbündel Cm+ Stadt.....	36
Tabelle 12: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltesttllenanalyse, Linienbündel Cm+ West.....	37
Tabelle 13: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltesttllenanalyse, Linienbündel V01 Nord	39
Tabelle 14: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltesttllenanalyse, Linienbündel V02 Mitte	40
Tabelle 15: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltesttllenanalyse, Linienbündel V03 Süd	41
Tabelle 16: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltesttllenanalyse, landesbedeutsame Linie 606.....	42
Tabelle 17: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltesttllenanalyse, Linienbündel V Stadt	43
Tabelle 18: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltesttllenanalyse, Linienbündel Vm+ Mitte	44
Tabelle 19: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltesttllenanalyse, Linienbündel Vm+ Nord.....	45
Tabelle 20: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltesttllenanalyse, Linienbündel Vm+ Süd.....	46
Tabelle 21: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltesttllenanalyse, landesbedeutsame Linie OM1	47
Tabelle 22: Zusammenfassung Gruppenarbeit.....	48
Tabelle 23: Simulationsparameter alternative Antriebe	50
Tabelle 24: Anzahl emissionsfreie Fahrzeuge je Linienbündel bei bündelscharfer Umstellung nach festgelegter Quote im Landkreis Cloppenburg.....	52
Tabelle 25: Anzahl emissionsfreie Fahrzeuge je Linienbündel bei bündelscharfer Umstellung nach festgelegter Quote im Landkreis Vechta	52
Tabelle 26: Relevante Kennwerte der Basisumläufe im Referenzszenario	53
Tabelle 27: Fahrzeugbedarf im Mischbetrieb.....	55
Tabelle 28: Endhaltestellen zur Zwischenladung (ZL) im Mischbetrieb HVO100-Batterie	55

Tabelle 29: Endhaltestellen zur Zwischenladung (ZL) bei vollständiger Umstellung auf emissionsfreie Fahrzeuge	56
Tabelle 30: Fahrzeugbedarf bei 100 % Umstellung auf alternative Antriebe	57
Tabelle 31: Fahrzeug(-typen) an den Ladehubs aus Sicht der Linienbündel, Sz. 2.1.d	74
Tabelle 32: multikriterieller Vergleich der Szenarien, Landkreis Cloppenburg	85
Tabelle 33: multikriterieller Vergleich der Szenarien, Landkreis Vechta	87
Tabelle 34: optimale Standorte (grob) für Ladeinfrastruktur im Lkr. Cloppenburg zur Erfüllung der CVD	91
Tabelle 35: Anforderungen der Ladestandorte im Landkreis Cloppenburg	92
Tabelle 36: Mindestspezifikationen der batterieelektrischen Fahrzeuge im Landkreis Cloppenburg	92
Tabelle 37: Übersicht Zeit- und Meilensteinplan Cloppenburg	93
Tabelle 38: Verteilung der Fahrzeugtypen und Antriebsarten in den von der CVD betroffenen Linienbündeln	95
Tabelle 39: Mindestspezifikationen der Ladepunkte im Landkreis Vechta	96
Tabelle 40: Mindestspezifikationen der batterieelektrischen Fahrzeuge im Landkreis Vechta	96
Tabelle 41: Übersicht Zeit- und Meilensteinplan Vechta	97

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Ziele

Politik, Aufgabenträger sowie Betreiber von Stadt- und Regionalbusflotten stehen vor einer Vielzahl von Herausforderungen im Rahmen der Verkehrswende. Besonders das Saubere-Fahrzeuge-Beschaffungsgesetz, bzw. die Clean Vehicle Directive (CVD) und lokale Klimaschutzpläne erfordern schnelles Handeln und die Entwicklung von Dekarbonisierungsstrategien.

Die Landkreise Vechta und Cloppenburg planen, ihren Busverkehr zukünftig durch emissionsarme oder emissionsfreie Busse erbringen zu lassen. Da diese technische Umstellung mit höheren Kosten für die Aufgabenträger und Verkehrsunternehmen einhergeht, müssen maßgeschneiderte und möglichst ressourceneffiziente Umstellungsstrategien für jeden Landkreis entwickelt werden.

Die Ausarbeitung der Studie orientiert sich an den folgenden Leitfragen:

1. Welche Linienbündel, deren Verkehrsleistung von den Landkreisen bestellt wird, eignen sich für den E-Bus-Betrieb?
2. Welche Antriebsvariante (Batteriebusse oder brennstoffzellenbasierte Anwendungen) eignet sich am besten für die ÖPNV-Angebote eines Landkreises, und besteht die Möglichkeit, dass sich die Landkreise zukünftig auf eine dieser Antriebsvarianten gemeinsam konzentrieren können?
3. Worin bestehen die Vor- und Nachteile des Einsatzes von E-Bussen gegenüber anderen alternativen Antriebsformen (z.B. HVO100)?
4. Inwiefern können/sollen Umläufe neu geplant werden, um den E-Bus-Einsatz zu ermöglichen bzw. zu optimieren?
5. Mit welchen Kostenänderungen ist eine Umstellung auf E-Busse kurz- und langfristig verbunden?
6. Welche konkreten Anforderungen sollen bei zukünftigen Ausschreibungen der Verkehrsleistungen für die jeweiligen Linienbündel hinsichtlich alternativer Antriebe benannt werden?

Die beiden Landkreise Cloppenburg und Vechta liegen im Nordwesten Niedersachsens, weisen eine Einwohnerdichte von etwa 130-180 Einwohnern pro Quadratkilometer auf und sind damit eher ländlich geprägt. Die Einwohner konzentrieren sich vor allem auf die größeren Städte wie Cloppenburg, Friesoythe, Vechta und Lohne.

Die Topographie (siehe nachfolgende Abbildung) ist, mit Ausnahme der Dammer Berge und des Hümmling, meist flach. Im Hinblick auf den Einsatz von emissionsarmen bzw. -freien Antrieben hat dieser Aspekt positive Auswirkungen auf die Reichweite der Fahrzeuge.

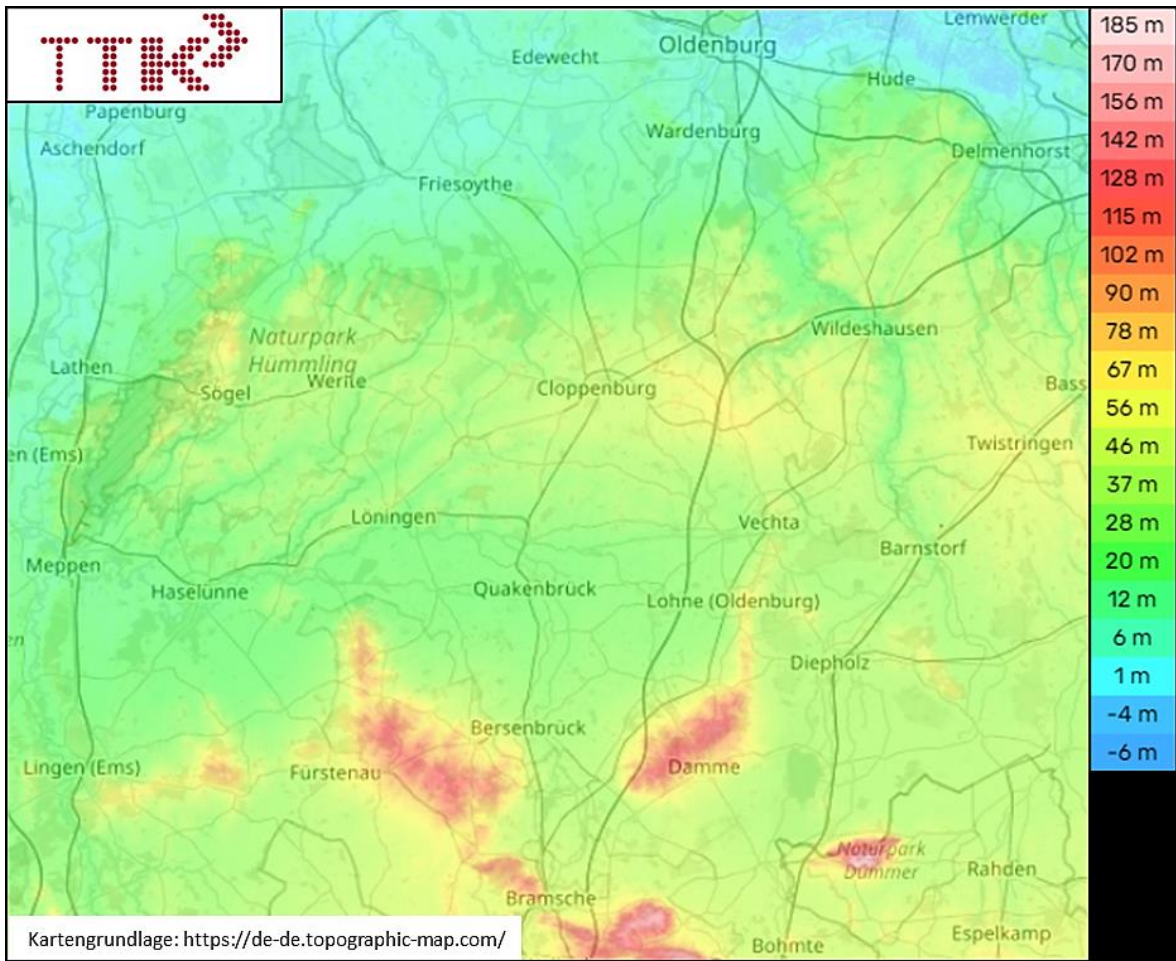
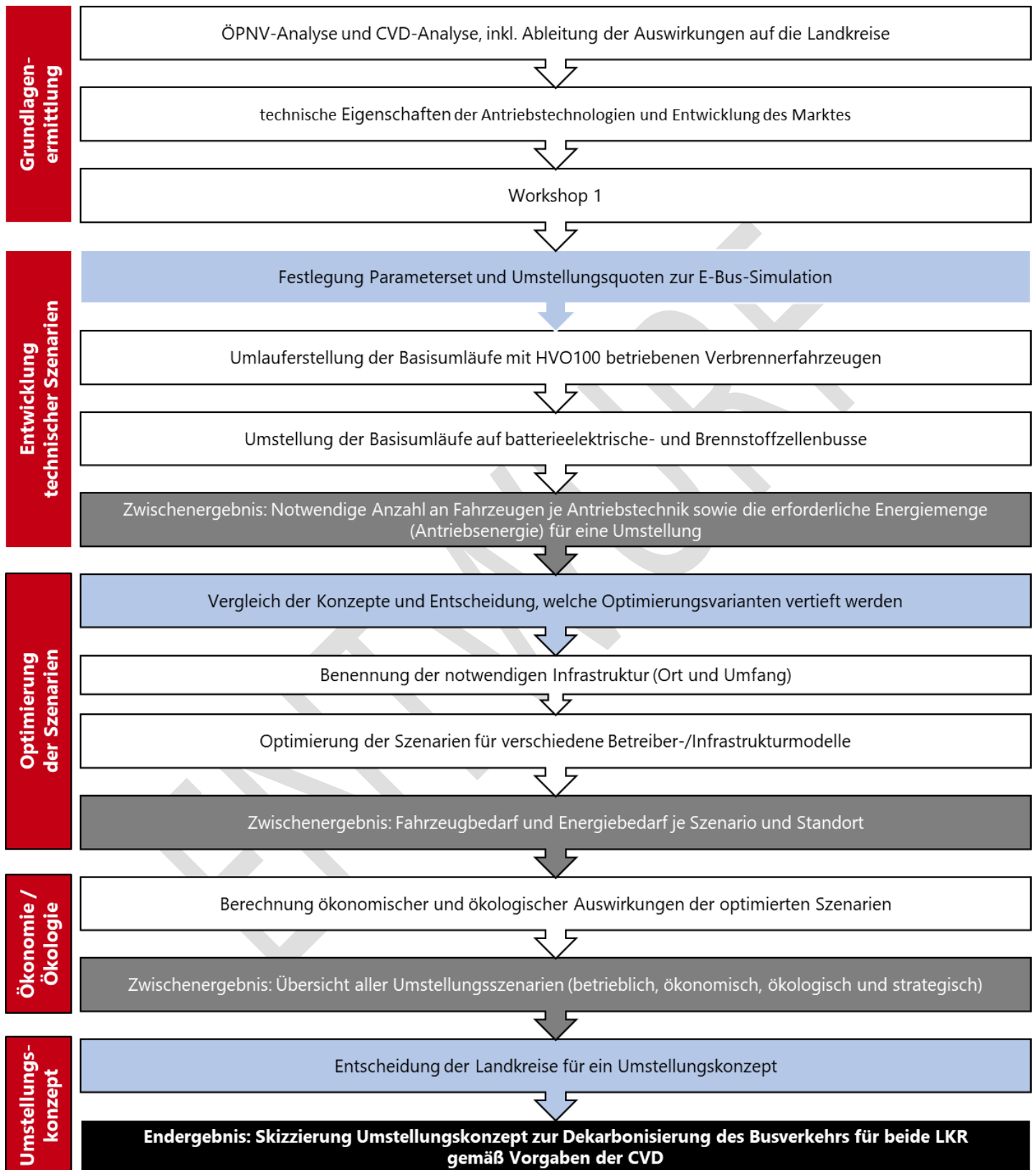


Abbildung 1: topographische Karte des Untersuchungsgebietes

1.2 Ablauf der Studie



2 Grundlagen

2.1 Gesetzgebung

2.1.1 Clean Vehicles Directive und SaubFahrzeugBeschG

Das Saubere-Fahrzeuge-Beschaffungs-Gesetz (SaubFahrzeugBeschG) vom 9. Juni 2021 (BGBl. I S. 1691) dient der Umsetzung der Richtlinie (EU) 2019/1161 (Clean Vehicles Directive – CVD) des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2019 über die Förderung sauberer und energieeffizienter Straßenfahrzeuge (ABl. L 188 vom 12.7.2019, S. 116) in Deutschland. Mit diesem Gesetz werden bei der öffentlichen Auftragsvergabe verbindliche Mindestziele für die Beschaffung von emissionsarmen und -freien Pkw sowie leichten und schweren Nutzfahrzeugen vorgegeben.

Betroffene Fahrzeugklassen und Quoten im ÖPNV

In Bezug auf den ÖPNV sind die im §4 Absatz 2 SaubFahrzeugBeschG definierten Mindestziele für Busse der Kategorien „M3 Klasse I“¹ und „M3 Klasse A“² relevant:

Verpflichtende Beschaffungsquoten von sauberen oder emissionsfreien Antrieben gemäß CVD bzw. SaubFahrzeugBeschG

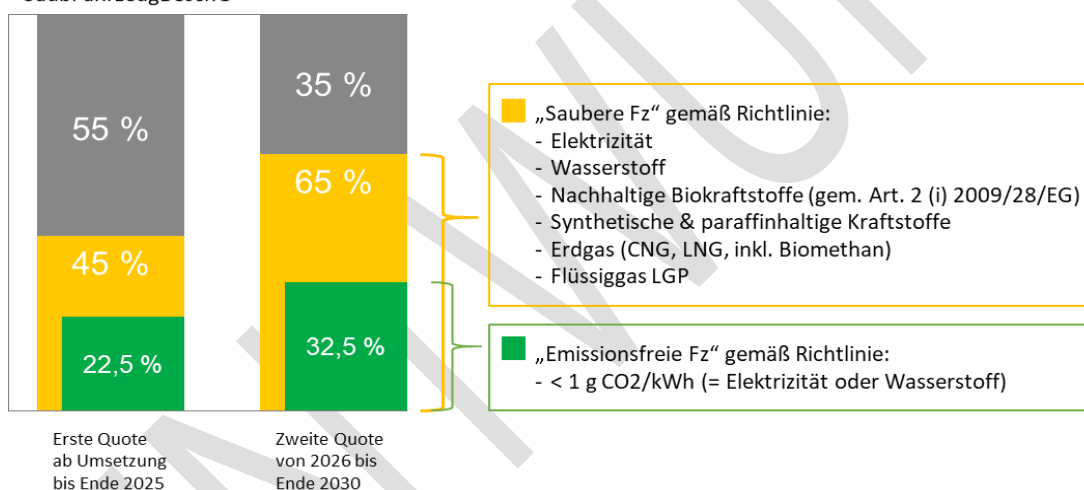


Abbildung 2: Beschaffungsquoten an emissionsarmen bzw. -freien Fahrzeugen bis zum Jahr 2031 gemäß SaubFahrzeugBeschG (eigene Darstellung auf Basis VDV)

Diese Mindestziele sehen vor, in der zweiten Phase des SaubFahrzeugBeschG (2026 bis Ende 2030) Beschaffungsquoten von mindestens 32,5 % emissionsfreien, 32,5 % sauberen und bis zu 35 % sonstigen Antrieben zu erreichen. Fahrzeuge der Klasse M3 Klasse II – sogenannte „Überlandbusse“ – werden demnach von den aktuell geltenden Regeln nicht erfasst.

¹ M3 Klasse I= Für die Personenbeförderung ausgelegte und gebaute Kraftfahrzeuge mit mehr als acht Sitzplätzen außer dem Fahrersitz und einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 5 Tonnen. Fahrzeuge der Klasse I sind sogenannte „Stadtbusse“, die zur Beförderung von mindestens 23 Fahrgästen auf Strecken mit zahlreichen Haltestellen ausgelegt sind und somit über einen höheren Anteil an Stehplätzen verfügen.

² M3 Klasse A= Für die Personenbeförderung ausgelegte und gebaute Kraftfahrzeuge mit mehr als acht Sitzplätzen außer dem Fahrersitz und einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 5 Tonnen. Fahrzeuge der Klasse A sind sogenannte „Midi-Busse“, die zur Beförderung von maximal 22 Fahrgästen ausgelegt sind und dabei sowohl über Sitz- als auch Stehplätze verfügen.

Für die Festlegung der Mindestziele ist nach § 6 SaubFahrzeugBeschG das Datum, an dem der Zuschlag erteilt wird, also der Vertrag geschlossen wird, maßgeblich:

„(4) Für die Berechnung der Mindestziele für die Vergabe öffentlicher Aufträge ist das zu berücksichtigende Datum der Vergabe des öffentlichen Auftrags das Datum, an dem der Zuschlag erteilt wird“³.

Umsetzung der Mindestziele und Branchenvereinbarung

Die Einhaltung der Mindestziele des SaubFahrzeugBeschG wurde vom Bund an die Bundesländer übertragen, so dass diese prinzipiell bestimmen, wie die Quoten im jeweiligen Bundesland erfüllt werden müssen. Dabei „können die Länder innerhalb ihrer Zuständigkeit festlegen, welche der betroffenen Auftraggeber tatsächlich die Mindestziele einhalten müssen, solange die Beschaffungsquote landesweit eingehalten wird“⁴.

Dies bedeutet im Grundsatz, dass nicht bei jedem Beschaffungsvorgang oder bei jeder Neuausschreibung emissionsarme / -freie Antriebe beschafft werden müssen, sondern es ist „maßgeblich [...], dass die Mindestziele für den jeweiligen Referenzzeitraum erfüllt werden müssen (vgl. § 6 SaubFahrzeugBeschG). Sofern die Länder nichts Abweichendes regeln, gilt der Grundsatz, dass die Mindestziele durch den jeweiligen Auftraggeber über den gesamten mehrjährigen Referenzzeitraum insgesamt eingehalten werden müssen“.

Für den ÖPNV wurde zudem durch die Bundesländer, die kommunalen Spitzenverbände sowie die Branchenverbände in den Jahren 2023 bzw. 2025 die sogenannte „Branchenvereinbarung“ unterzeichnet, mit der die Erfüllung der Quoten im ÖPNV nicht nur auf der Ebene des jeweiligen Landes⁵ sondern auch als gemeinsames Mindestziel zwischen den Ländern⁶ sichergestellt werden darf. Die Branchenvereinbarung hilft also, die Antriebswende effizienter und kostengünstiger durchzuführen, da sie die Anpassung an lokale oder regionale Rahmenbedingungen erlaubt. Das Zulassen der Untererfüllung durch einzelne Auftraggeber gem. § 5 Absatz 2 Satz 2 obliegt weiterhin den Ländern.

Zukünftige Entwicklung

Aktuell regeln die gesetzlichen Vorgaben die Quoten nur noch bis Ende 2030. Der europäische Gesetzgebungsprozess sieht deswegen eine **Überprüfung der CVD im Jahr 2027** vor, anhand derer neue Ziele für den Zeitraum nach 2030 festgelegt und eine mögliche Ausweitung des Anwendungsbereichs geprüft werden sollen. Werden keine neuen Ziele festgelegt, gelten die für 2026-2030 festgelegten Ziele auch in den folgenden Jahren, und zwar für aufeinanderfolgende Fünfjahreszeiträume (2031-2035, 2036-2040 usw.)⁷.

Grundsätzlich ist jedoch davon auszugehen, dass aufgrund der gesetzlich verankerten Zielsetzung einer **Klimaneutralität Deutschlands bis zum Jahr 2045**, die 100 % Umstellung auf emissionsfreie Antriebe im ÖPNV mittelfristig erreicht werden muss.

³ Bundesministerium der Justiz, 2024

⁴ <https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/clean-vehicles-directive-faq.html>

⁵ §5 Absatz 2 SaubFahrzeugBeschG

⁶ §5 Absatz 3 SaubFahrzeugBeschG

⁷ https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport/clean-and-energy-efficient-vehicles/clean-vehicles-directive_en?utm_source=chatgpt.com#review

Außerdem sind für Fahrzeuge der Klasse M1 ab 2035 keine oder nur geringe Mengen an Neuzulassungen mit direkten CO₂-Emissionen mehr erlaubt⁸. Mit regenerativem Strom hergestellte E-Fuel-Fahrzeuge stellen eine neue und eigene Fahrzeugkategorie dar.

Zusätzlich wurden 2024 (EU-Verordnung 2024/1610) strengere **CO₂-Flottengrenzwerte**⁹ für die Klasse M3 festgelegt (Bezugsjahr: 2019)¹⁰:

- ✧ **Stadtbusse (M3, I):**
 - ✧ 2031-2035: -90 %
 - ✧ ab 2035: -100 % (=komplett emissionsfrei)
- ✧ **Überlandbusse und Reisebusse (M3, II und III)**
 - ✧ 2030-2035: -45 %
 - ✧ 2035-2040: -65 %
 - ✧ ab 2040: -90 %

Diese Effekte werden durch die Einführung der **zukünftigen Abgasnorm Euro 7** im Laufe des Jahres 2029 erheblich verstärkt. Die überwiegende Zahl der verbliebenen Anbieter von Stadtbussen mit Verbrennungsmotor verzichtet aus Kostengründen auf die Entwicklungen geeigneter Motoren, so dass faktisch ab 2029 nahezu keine Marktverfügbarkeit mehr gegeben sein wird.

⁸ Stand 01/2026: Siehe Diskussion zum „Verbrenner-Aus“: <https://www.adac.de/news/verkehr-aus-vom-verbrenner-aus/>

⁹ Der Flottengrenzwert definiert den durchschnittlichen, gesetzlich vorgeschriebenen Höchstwert an CO₂-Emissionen (g/km), den alle neu zugelassenen Fahrzeuge eines Herstellers in der EU innerhalb eines Kalenderjahres im Schnitt ausstoßen dürfen.

¹⁰ <https://www.bundesumweltministerium.de/pressemitteilung/eu-mitgliedstaaten-machen-weg-frei-fuer-emissionsarme-lastwagen-und-busse>

2.1.2 Auswirkungen auf die Landkreise

Für die Berechnung der Mindestziele für die Beschaffungsvorgänge des jeweiligen Referenzzeitraums ist nach § 6 SaubFahrzeugBeschG das Datum, an dem der Zuschlag erteilt wird, also der Vertrag geschlossen wird, maßgeblich.

2.1.2.1 Ableitung der CVD

Nachfolgende Tabelle setzt die voraussichtlichen Zuschlagszeitpunkte der Linienbündel beider Landkreise in Bezug zu den zuvor erläuterten gesetzlichen Vorschriften.

Linienbündel	Fahrzeugklasse	Beginn neuer Verkehrsvertrag										
		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
C01	M3, Klasse II											
C02	M3, Klasse II											
C03	M3, Klasse II											
C04	M3, Klasse II											
Cm+ Nord	M1					32,5%						
Cm+ Ost	M1					32,5%						
Cm+ Stadt	M1					32,5%						
Cm+ West	M1					32,5%						
965	M3, Klasse II											

Linienbündel	Fahrzeugklasse	Beginn neuer Verkehrsvertrag											
		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	
V01 Nord	M3, Klasse II												
V02 Mitte	M3, Klasse II												
V03 Süd	M3, Klasse II												
Vm+ Mitte	M1					32,5%							
Vm+ Nord	M1					32,5%							
Vm+ Sued	M1					32,5%							
Stadt Vechta	M1		32,5%										
606	M3, Klasse II												

Linienbündel	Fahrzeugklasse	Beginn neuer Verkehrsvertrag										
		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
OM 1	M3, Klasse II											

keine Anforderungen nach CVD	Anforderungen nach CVD	Anforderungen durch Folgeregelung wahrscheinlich
------------------------------	------------------------	--

Tabelle 1: Voraussichtliche Zuschlagszeitpunkte der Linienbündel in Bezug zu den gesetzlichen Vorgaben

2.1.2.2 Angesetzte Quoten in der Studie

Anhand der dargestellten Zeitpunkte neuer Verkehrsverträge werden nachfolgend die daraus resultierenden, zu erreichenden Beschaffungsquoten für die einzelnen Linienbündel beider Landkreise dargestellt. Zudem werden die in Absprache mit den Landkreisen festgelegten Quoten für diese Studie aufgelistet. Zur Sicherstellung der zukünftigen Belastbarkeit der Studienergebnisse, mit Blick auf die erwartbare Entwicklung der gesetzlichen Vorschriften (vgl. Kapitel 2.1.1), werden auch bei Linienbündeln, die derzeit noch nicht von der CVD betroffen sind, Quoten von 22,5 % an emissionsfreien Fahrzeugen angesetzt. Zudem geben beide Landkreise für neue Verkehrsverträge den Einsatz von HVO100 (emissionsarm) vor, sodass die Quoten an dieser Stelle übererfüllt werden.

Linienbündel	Startzeitpunkt	Fahrzeugklasse	vrstl. zu erreichende Beschaffungsquote	Festlegung zur Studie, zzgl. zur 100 % Umstellung
C01	01.07.2030	M3, Klasse II	ohne Vorgabe	22,5 % emissionsfrei 77,5 % emissionsarm
C02	01.09.2035	M3, Klasse II	ohne Vorgabe	22,5 % emissionsfrei 77,5 % emissionsarm
C03	01.08.2027	M3, Klasse II	ohne Vorgabe	22,5 % emissionsfrei 77,5 % emissionsarm
C04	01.08.2029	M3, Klasse II	ohne Vorgabe	22,5 % emissionsfrei 77,5 % emissionsarm
Cm+ Nord	01.04.2029	M1	32,5% emissionsarm 32,5% emissionsfrei 35% ohne Vorgabe	32,5 % emissionsfrei 67,5 % emissionsarm
Cm+ Ost	01.04.2029	M1	32,5% emissionsarm 32,5% emissionsfrei 35% ohne Vorgabe	32,5 % emissionsfrei 67,5 % emissionsarm
Cm+ Stadt	01.04.2029	M1	32,5% emissionsarm 32,5% emissionsfrei 35% ohne Vorgabe	32,5 % emissionsfrei 67,5 % emissionsarm
Cm+ West	01.04.2029	M1	32,5% emissionsarm 32,5% emissionsfrei 35% ohne Vorgabe	32,5 % emissionsfrei 67,5 % emissionsarm
965	01.01.2031	M3, Klasse II	ohne Vorgabe	22,5 % emissionsfrei 77,5 % emissionsarm
OM1	01.12.2033	M3, Klasse II	ohne Vorgabe	22,5 % emissionsfrei 77,5 % emissionsarm

Tabelle 2: Anteile der Emissionsklassen der Fahrzeuge im Landkreis Cloppenburg, nach Linienbündel

Linienbündel	Startzeitpunkt	Fahrzeugklasse	vrstl. zu erreichende Beschaffungsquote	Festlegung zur Studie, zzgl. zur 100 % Umstellung
V01 Nord	01.05.2031	M3, Klasse II	ohne Vorgabe	22,5 % emissionsfrei 77,5 % emissionsarm
V02 Mitte	01.05.2031	M3, Klasse II	ohne Vorgabe	22,5 % emissionsfrei 77,5 % emissionsarm
V03 Süd	01.09.2036	M3, Klasse II	ohne Vorgabe	32,5 % emissionsfrei 67,5 % emissionsarm
Vm+ Mitte	01.10.2030	M1	32,5% emissionsarm 32,5% emissionsfrei 35% ohne Vorgabe	32,5 % emissionsfrei 67,5 % emissionsarm
Vm+ Nord	01.10.2030	M1	32,5% emissionsarm 32,5% emissionsfrei 35% ohne Vorgabe	32,5 % emissionsfrei 67,5 % emissionsarm
Vm+ Sued	01.10.2030	M1	32,5% emissionsarm 32,5% emissionsfrei 35% ohne Vorgabe	32,5 % emissionsfrei 67,5 % emissionsarm
Vechta Stadt	01.01.2027	M1	32,5% emissionsarm 32,5% emissionsfrei 35% ohne Vorgabe	32,5 % emissionsfrei 67,5 % emissionsarm

Tabelle 3: Anteile der Emissionsklassen der Fahrzeuge im Landkreis Vechta, nach Linienbündel

2.2 Antriebstechnologien

In den folgenden Abschnitten werden verschiedene Antriebstechnologien beschrieben, die in der Clean-Vehicles-Directive bzw. dem SaubFahrzeugBeschG als sauber oder sogar emissionsfrei definiert und somit zur Erfüllung der Quoten geeignet sind:

- Verbrennerfahrzeuge mit HVO100 („emissionsarm“)
- Batteriebusse („emissionsfrei“)
- Brennstoffzellenbusse und Brennstoffzellen-Range-Extender („emissionsfrei“)

2.2.1 HVO100

Bei HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) handelt es sich um einen Dieseleratzstoff, der im Vergleich zum herkömmlichen Diesel eine um bis zu 90% reduzierte CO₂-Bilanz vorweist¹¹. HVO100 steht dabei für einen 100-prozentigen HVO-Kraftstoff, der keine Mischungen enthält. Er wird aus nachhaltigen Rohstoffen, wie Pflanzenölen, pflanzlichen und tierischen Fetten oder wiederverwertbaren Abfallstoffen hergestellt.

Bei der Verbrennung des Kraftstoffs wird im Vergleich zum herkömmlichen Diesel ähnlich viel CO₂ ausgestoßen, HVO100 bietet hier jedoch den Vorteil, dass das ausgestoßene CO₂ der Luft zuvor durch Photosynthese entnommen wurde, womit die Bilanz nahezu klimaneutral ist. Lediglich durch die Herstellung des Kraftstoffes entstehen weitere Emissionen.

Die Herstellung des Kraftstoffes erfolgt entweder über die Hydrierung in Mineralö Raffinerien oder in Pflanzenölanlagen. In Mineralö Raffinerien werden Pflanzenöle bei der Aufarbeitung von Erdöl beigemischt, in Pflanzenölanlagen werden für die Herstellung biogene Abfall- und Reststoffe verwendet. Die Produkte beider Herstellungsvarianten werden als HVO bezeichnet und können lediglich durch die Herstellungszertifikate unterschieden werden.

Nur die Herstellung in Pflanzenölanlagen kann als nachhaltig bezeichnet werden. Hierfür gelten die Anforderungen der EU-Richtlinie für Erneuerbare Energien (REDII, 2018/2001) und der Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung. Der VDV definiert zudem zusätzliche Kriterien, wonach für die Herstellung nur Abfall- und Reststoffen und nicht Anbaubiomasse verwendet werden soll. Zudem sollen auch keine Stoffe aus indirekter Landnutzungsänderung und keine Palmfettsäure-Destillaten verwendet werden. Zur Erfüllung der Vorgaben der Clean Vehicles Directive und des SaubFahrzeugBeschG kann HVO100 als Kraftstoff für „saubere“ (=emissionsarme) Busse angewendet werden, sofern er die oben genannten Kriterien erfüllt.

Neben der verringerten Umweltbelastung ist ein weiterer Vorteil, dass er in Reinform von vielen Fahrzeugen getankt werden, da entsprechende Herstellerfreigaben insbesondere für Bus-Motoren der Abgasnorm EURO VI vorliegen. Ein Einsatz von HVO100 ist ohne größere Vorbereitungen an der Tankinfrastruktur möglich. Aufgrund der guten Kältebeständigkeit ist auch ein Einsatz im Winter ohne weiteres möglich. HVO100 weist zudem eine bessere Zündwilligkeit als Diesel auf und verbrennt sauberer. Ebenso ist HVO100 deutlich geruchsärmer als herkömmlicher Diesel.

¹¹ HVO für Dieselmotoren, klimafreundlich und tankstellenfähig, VDV Positionspapier April 2026, S. 6

2.2.2 Batterieelektrische Busse

Batterieelektrische Busse zählen – ebenso wie Brennstoffzellen- und Oberleitungsbusse – zu den elektrischen Antriebskonzepten, welche mit einem CO₂-Ausstoß von unter 1g/kWh¹² als emissionsfrei definiert sind:

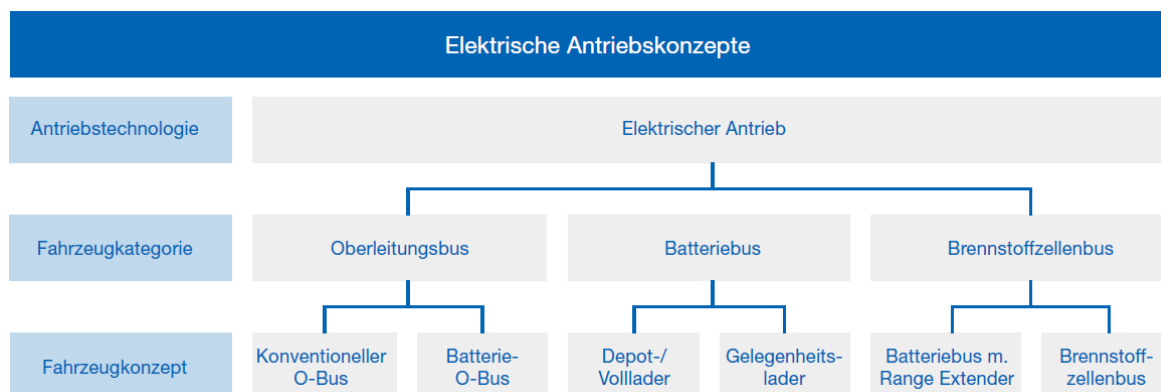


Abbildung 3: Elektrische Antriebskonzepte für Omnibusse¹³

Diese drei Techniken sind demzufolge die einzigen, die in Zukunft ohne Einschränkungen eingesetzt werden dürfen.

Zu den charakteristischen Merkmalen eines Batteriebusses zählt der für den Antrieb zuständige Elektromotor, welcher von einer aufladbaren Batterie mit Energie versorgt wird. Diese kann durch einen Anschluss an das Stromnetz und durch Rekuperation wieder aufgeladen werden. Zwei grundlegende Betriebsarten dieser Fahrzeuge haben sich zwischenzeitlich durchgesetzt, die sich in der Art und Weise der Batterieladung sowie der sich hierdurch ergebenden Rahmenbedingungen unterscheiden:

Volllader / Depot Lader (DL):

Bei dem Verfahren des „**Depot Laders**“ werden die Busse ausschließlich zentral auf dem Betriebshof geladen. Dies kann entweder ausschließlich nachts während der Betriebsruhe geschehen oder auch (zusätzlich) tagsüber, wenn zum Beispiel Fahrzeuge zwischen Morgen- und Nachmittagsspitze wieder in den Betriebshof einrücken. Dies bedeutet, dass die Kapazität der Batterien sämtliche Fahrten außerhalb des Betriebshofs (Fahrplan- und Leerfahrten) bis zum erneuten Einrücken abdecken muss. Die technologische Weiterentwicklung und Vergrößerung der Batteriekapazitäten kommen diesem Ladekonzept entgegen. Zusätzlich zur reinen Antriebsenergie sind v.a. die Verbräuche der Nebenaggregate sowie der Heizung und ggf. Klimatisierung zu berücksichtigen, um den Worst-Case abzubilden.

Die Reichweiten der heutigen Generation von Vollladern erreichen in der Regel mindestens 250 km, unter idealen Voraussetzungen konnten in Testläufen bereits Strecken von über 500 km ohne Nachladung gefahren werden. Dennoch ist der Energieverbrauch des Fahrzeugs – und damit die mögliche Reichweite – sehr stark von den jeweiligen Streckenanforderungen (Topographie, Haltestellenabstände, sonstige Bremsvorgänge), dem Wetter sowie der Fahrweise des Fahrpersonals abhängig.

¹² am Auspuff gemessen

¹³ VDE Renewables GmbH, 2023, S. 6

Gelegenheitslader / Opportunity Charging

Der Begriff „**Opportunity Charging**“, also „Gelegenheitsladung“, leitet sich daraus ab, dass die Fahrzeuge (nach)geladen werden, sobald sich im täglichen Betrieb Gelegenheiten hierfür bieten. Die Batterien müssen hierbei nicht vollständig geladen werden, sondern nur für den Teil, der für den weiteren Betriebsabschnitt notwendig ist, bis sie erneut geladen werden können. Hierdurch ist der analoge Begriff „Zwischenladung“ entstanden, der im Weiteren verwendet wird. Grundsätzlich ist es denkbar, diese Zwischenladung an mehreren Haltestellen durchzuführen (mittels einer sogenannten „Flash-Ladung“ oder „Pulsladung“ mit sehr hohen Ladeleistungen von bis zu 450 kW). Aus betrieblichen, technischen und auch finanziellen Gründen beschränken sich jedoch auch Zwischenladungen in der Regel auf einen oder beide Endpunkte der Linie, an denen der Bus in der Regel ohnehin einen längeren Aufenthalt hat (mit einer geringeren Ladeleistung bis max. 150 kW).

Unterschiede zwischen den beiden Konzepten liegen deswegen nicht nur in der Größe bzw. Energiekapazität (angegeben in kWh) der Batterien, sondern auch in der Beschaffenheit der Batteriezellen: Bei der Depotladung werden die Batterien über einen längeren Zeitraum mit einer geringen Leistung geladen, wohingegen sie bei einer Zwischenladung in einem kurzen bis sehr kurzen Zeitraum mit einer verhältnismäßig hohen Leistung beaufschlagt werden. Hierzu werden jeweils unterschiedliche Zelltypen eingesetzt, welche den entsprechenden Anforderungen in bestem Maße Rechnung tragen.

Der VDV fasst die Stärken und Schwächen von Batteriebusen wie folgt zusammen:

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> – Alternative für lokal emissionsfreie Mobilität – weltweite höchste Investitionsraten in die Weiterentwicklung von Batterietechnologien – hoher Wettbewerb bei OEMs und Zulieferern (Deutschland wird zum Batteriestandort in Europa) – hohe Flexibilität auf der Trajektorie – Reichweiten ca. 250 – 350 km, ausreichend für die meisten Linien 	<ul style="list-style-type: none"> – Reichweiten <250 km (Gelenkbus) – lange Ladezeiten, also höhere Standzeiten – hohe Kosten für Infrastruktur und Fahrzeug – Speicherverluste in der Batterie – geringe Flexibilität an den Endhaltestellen – hohe Instandhaltungskosten für Ladeinfrastruktur – höherer Flächenbedarf (~25 Prozent) für Ladeinfrastruktur auf Betriebshöfen und im städtebaulichen Umfeld – Kommunikation zwischen Bus und Ladeinfrastruktur fehleranfällig – Verringerte Fahrgastkapazität durch hohes Gewicht der Batterien
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> – planbare Umläufe ermöglichen insbesondere im regionalen Verkehr den Einsatz von Unterwegs Ladung – Green Mobility lässt sich im ÖV ausbauen und zum Vorreiter im Verkehrsbereich werden – Steuern und Abgaben auf Strom sollen deutlich gesenkt werden 	<ul style="list-style-type: none"> – Infrastrukturen müssen langfristig (> 20 Jahre) genutzt werden. Ausschreibungswettbewerb und technische Weiterentwicklung sind damit schwer zu vereinbaren. – Verkürzte Lebensdauer der Batterie wird zu hohen Zusatzkosten führen. – Ungesicherte Lieferketten zur Batterieproduktion. – Ladeinfrastruktur passt zu einer Busgeneration → ungesicherte Investition.

Abbildung 4: SWOT-Analyse für eine Umstellung auf Batteriespeicher in Fahrzeugen¹⁴

¹⁴ Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), 2023, S. 21

2.2.3 Brennstoffzellenbusse

Auch Brennstoffzellenbusse sind Elektrobusse. Ihr elektrischer Antrieb wird durch eine Brennstoffzelle, mit Wasserstoff als Energieträger, mit Energie versorgt. Dabei werden zwei Klassen unterteilt: Zum einen die reinen Brennstoffzellenfahrzeuge (BZ-Hybrid) und zum anderen die batterieelektrischen Fahrzeuge, bei denen zur Vergrößerung der Reichweite eine Brennstoffzelle als Range-Extender (BZ-REX) verbaut ist. Neben der namensgebenden Brennstoffzelle besitzen die Fahrzeuge dennoch eine (Hochvolt-)Batterie und einen Drucktank (350 bar) zur Speicherung des Wasserstoffs. Allerdings unterscheiden sich die Komponenten je nach Anwendungsgebiet in ihrer jeweiligen Dimensionierung.

Beide Formen weisen heute schon Reichweiten von mindestens 350 km auf und können damit Dieselbusse meist gleichwertig ersetzen. Für die Betankung eines Brennstoffzellenbusses werden außerdem (je nach Tankgröße und Restwasserstoffinhalt) lediglich 10-15 Minuten benötigt, wodurch die „Ausfallzeiten“ der Fahrzeuge zum Tanken ebenfalls denen eines Dieselmotors entsprechen.

Im Gegensatz zu Batteriebusen muss die Antriebsenergie von Brennstoffzellenbussen jedoch durch mehrere Umwandlungsschritte erzeugt werden¹⁵:

1. Umwandlung elektrischer Energie in die chemische Energie des Wasserstoffs
2. Umwandlung der chemischen Energie des Wasserstoffs in elektrische Energie durch die Brennstoffzelle
3. Umwandlung der elektrischen Energie in kinetische Energie durch den Antriebsmotor.

Die Umwandlungsschritte sowie die Entstehung von Verlustwärme sind ein Indiz dafür, dass dieses Konzept mit verhältnismäßig hohen Verlusten behaftet ist. Effizienzpotenziale ergeben sich jedoch in der möglichen Nutzung dieser Abwärme für die Fahrzeugheizung.

Brennstoffzelle (BZ-Hybrid)

Da die Leistungsabgabe einer Brennstoffzelle nur relativ träge regelbar ist, ist sie nicht in der Lage, den stark schwankenden Energiebedarfen eines realen Fahrbetriebs zu folgen. Aus diesem Grunde wird eine Batterie zwischen Brennstoffzelle und Antriebssystem geschaltet, welche zum einen die Aufgabe hat, die seitens der Brennstoffzelle erzeugte Energie zu puffern und andererseits, die seitens des Antriebssystems zurückgewonnene Bremsenergie zu speichern.

Aufgrund dieser Betriebscharakteristik werden in der Regel LTO-Zellen verwendet (Lithium-Titan-Oxid), wie sie auch bei Zwischenlader-Batteriebusen eingesetzt werden. Die einzelnen Komponenten können je nach Einsatzcharakteristik konfiguriert werden und liegen üblicherweise bei etwa 60-100 kW Leistung der Brennstoffzelle und 30-40 kWh Batteriekapazität. Das Fassungsvermögen der Wasserstofftanks liegt bei etwa 35 kg. Die Batterie wird nicht extern geladen, sondern ausschließlich durch die Brennstoffzelle.

Brennstoffzelle und Batterie Range Extender (BZ-REX)

Im zweiten Konzept dienen die Brennstoffzelle und der mitgeführte Wasserstoff als „Reichweitenverlängerer“ (=Range-Extender). Hierbei wird das Fahrzeug ähnlich eines Depotladers mit einer eher großen Batterie ausgerüstet, die nahezu ausschließlich die Antriebsenergie liefert und auch die Bremsenergie speichert. Hierzu wird die Batterie im Depot extern geladen (Plug-In).

Die Brennstoffzelle lädt, sobald der Ladezustand der Batterie unter einen definierten Wert absinkt, die Antriebsbatterie mit Strom auf. Dimensionierung der Brennstoffzelle und der Wasserstofftanks fällt entsprechend kleiner aus.

¹⁵ Mit entsprechenden Auswirkungen auf den Wirkungsgrad, siehe Abschnitt 2.2.4

Die unterschiedlichen Funktionsweisen von Brennstoffzellen-Hybrid („BZ“) und Brennstoffzellen-Range Extender („BZ-REX“) sowie die Dimensionierungen verdeutlicht die folgende Darstellung:



Abbildung 5: Funktionsweise von BZ-Hybrid und BZ-REX Fahrzeugen (NOW GmbH)

Gegenüber einem „reinen“ Brennstoffzellenbus entstehen folgende Vor- und Nachteile.

Vorteile	Nachteile
Weniger Wasserstoff muss mitgeführt sowie gelagert werden. Unter Umständen lassen sich hierdurch kritische Mengen unterschreiten und somit aufwändigere Genehmigungsverfahren vermeiden.	Es ist eine doppelte Infrastruktur vorzuhalten, also sowohl Ladegeräte für die Batterien als auch Tank- und Speicheranlagen für Wasserstoff.
Die Lebensdauer der Brennstoffzelle verlängert sich durch kürzere Betriebszeiten.	Die hohe Batteriekapazität führt zu hohen Kosten und Gewicht.

Tabelle 4: Vor- und Nachteile eines Brennstoffzellen-Range-Extenders

Der VDV fasst die Stärken und Schwächen von Brennstoffzellenbussen wie folgt zusammen:

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> – Alternative für emissionsfreie Mobilität je nach Erzeugung – hohe Reichweiten bis zu 400 km – Tankzeiten ähnlich zu fossilen Kraftstoffen – Nutzung von Wasserstoff aus Industrieanlagen 	<ul style="list-style-type: none"> – Geringer Gesamtwirkungsgrad – Unzureichende Verfügbarkeit von grünem H₂ – Lagerung von H₂ wirtschaftlich umsetzbar auf 3 t begrenzt. (Hohe Auflagen für >3 t) – hohe Sicherheitsanforderungen im Betriebshof – wenige Anbieter – TCO-Kosten sind am höchsten – geringere Zuverlässigkeit von Bus & Ladestation als bei O-Bus oder Batterie-Bus – 16,65 kWh Energie (1kg Wasserstoff) kosten ca. 9 €(2020, aktuell ca. 15€) → 0,54 €/kWh – kaum Potenziale der Kostenreduktion durch zunehmenden technologischen Reifegrad – Verringerte Fahrgastkapazität durch hohes Gewicht der Batterien und Brennstoffzelle
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> – möglich für H₂-Wirtschaft in Deutschland – Zwischenspeicherung von sonst ungenutzter Windenergie – Errichtung von H₂-Werken (Elektrolyseur, Speicher, Kraftwerke) zur Verbesserung der Netzstabilität – H₂-Verbrennungsmotor und Brennstoffzellen-/Batterie-System haben einen ähnlichen Wirkungsgrad. 	<ul style="list-style-type: none"> – Zeitenwende: Wasserstoff wird für den Sektor Energie und Industrie priorisiert – Nutzungsdauer Infrastruktur (> 20 Jahre) notw. – Preissenkung aufgrund hoher Nachfrage unwahrscheinlich – TCO: Senkung der Kosten für H₂ auf ca. 1/3 ist technologisch mittelfristig nicht zu erreichen


Abbildung 6: SWOT-Analyse für eine Umstellung auf Fahrzeuge mit Brennstoffzelle¹⁶

¹⁶ Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), 2023, S. 25

2.2.4 Wirkungsgrade elektrischer Antriebe

Bei der Evaluierung der Umweltbilanz sollte auch der Wirkungsgrad der jeweiligen Antriebsart einbezogen werden. Dieser gibt Aufschluss darüber, wie viel der zugeführten Energie für die tatsächliche Fortbewegung des Fahrzeugs genutzt wird. Je höher der Wirkungsgrad, desto weniger Energie geht auf dem Weg von der Primärenergiequelle bis zum Fahrzeugrad verloren, sprich, desto effizienter ist die Antriebsart.

Im Folgenden werden die Wirkungsgrade für Batterie- und Brennstoffzellen verglichen:

 Batterie-Bus		
Erneuerbare Energie	→	100 Prozent
Übertragung	→	95 Prozent
Ladestation	→	95 Prozent
in Batterie	→	95 Prozent
Well2Tank	→	86 Prozent
aus Batterie	→	95 Prozent
Umrichter und Motor	→	85 Prozent
Mechanik	→	95 Prozent
Well2Wheel	→	66 Prozent


 Brennstoffzellen-Bus		
Erneuerbare Energie	→	100 Prozent
Übertragung	→	95 Prozent
Herstellung H ₂	→	70 Prozent
Kompression H ₂	→	95 Prozent
Verteilung und Tanken H ₂	→	90 Prozent
Ladestation	→	99 Prozent
in Batterie	→	98 Prozent
Well2Tank	→	55 Prozent
aus Batterie	→	98 Prozent
aus Brennstoffzelle	→	50 Prozent
Umrichter und Motor	→	85 Prozent
Mechanik	→	95 Prozent
Well2Wheel	→	22 Prozent

Abbildung 7: Wirkungsgrad von elektrischen Antriebskonzepten¹⁷

¹⁷ Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), 2023

2.2.5 Marktentwicklung

Der Anteil an E-Bussen in Deutschland ist in den letzten Jahren kontinuierlich gewachsen. Das PwC E-Bus Radar zeigt, dass die Anzahl der jährlichen Zugänge von Bussen mit vollelektrischen Antrieben seit 2018 stark zugenommen hat. Während 2018 lediglich 40 E-Busse angeschafft wurden, waren es 2020 bereits 371 und 2024 780 E-Busse. Insbesondere die Anzahl an Bussen mit batterieelektrischem Antrieb ist in den letzten Jahren deutlich angestiegen, diese machen die überwiegende Mehrheit der E-Busse aus. Auch der Bestand der Brennstoffzellenbussen hat in den letzten Jahren weiter zugenommen, diese besitzen im Vergleich zu den batterieelektrischen E-Bussen jedoch nur einen geringen Marktanteil (siehe nachfolgende Abbildung).

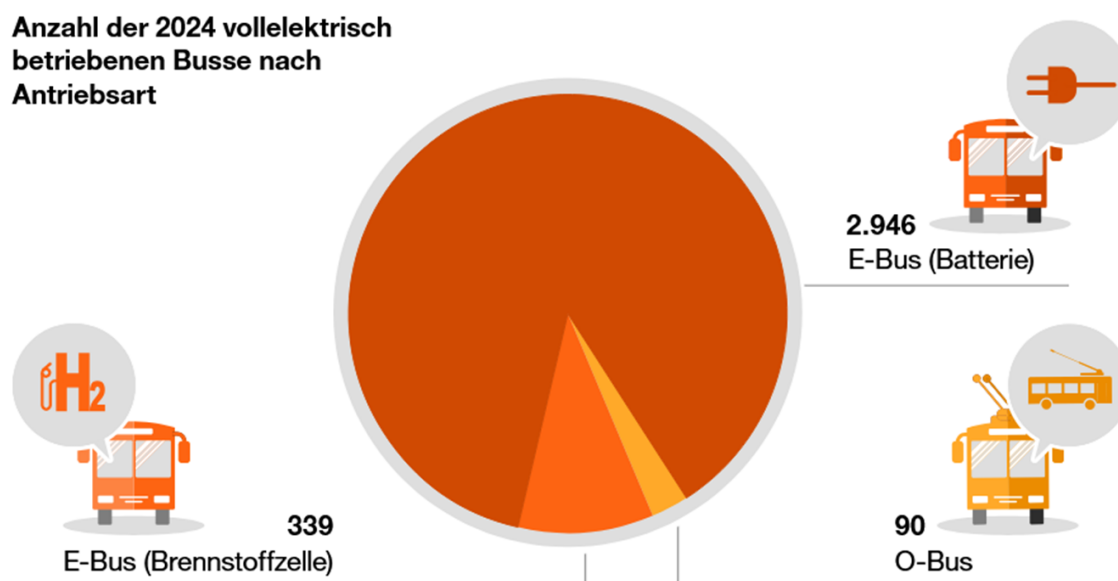


Abbildung 8: Anzahl der 2024 vollelektrisch betriebenen Busse nach Antriebsart¹⁸

Bei fast 70 % des E-Bus-Bestands handelte es sich 2024 um Solobusse.

Die Kosten für den Einsatz von E-Bussen werden perspektivisch in den nächsten Jahren weiter sinken. Dennoch liegen ohne Förderung die Kosten über den gesamten Lebenszyklus weiterhin über einem konventionellen Dieselbus. Bei einem Batteriebus betrug 2023 die Differenz etwa 30 % zu einem Dieselbus, 2030 wird die Differenz voraussichtlich noch 10% betragen. Bei Brennstoffzellenbussen ist die Differenz zu einem Dieselbus noch größer, 2023 betrug diese 70 %, 2030 voraussichtlich noch 45 %.

Auch in den kommenden Jahren ist mit einem weiteren Zuwachs an E-Bussen zu rechnen. Nach einer Begleituntersuchung zur Förderungen von Elektrobussen im ÖPNV, die u.a. die geplanten Beschaffungen von E-Bussen in Deutschland untersuchte, verkehren bis 2030 ca. 11.000 E-Busse in Deutschland. Dabei soll der Bestand von über 2.000 E-Busse Anfang 2023 bis 2026 auf über 8.000 E-Busse ansteigen. Die nachfolgende Abbildung zeigt den Zuwachs an E-Bussen seit dem Jahr 2010.

¹⁸ PwC E Bus Radar 2025

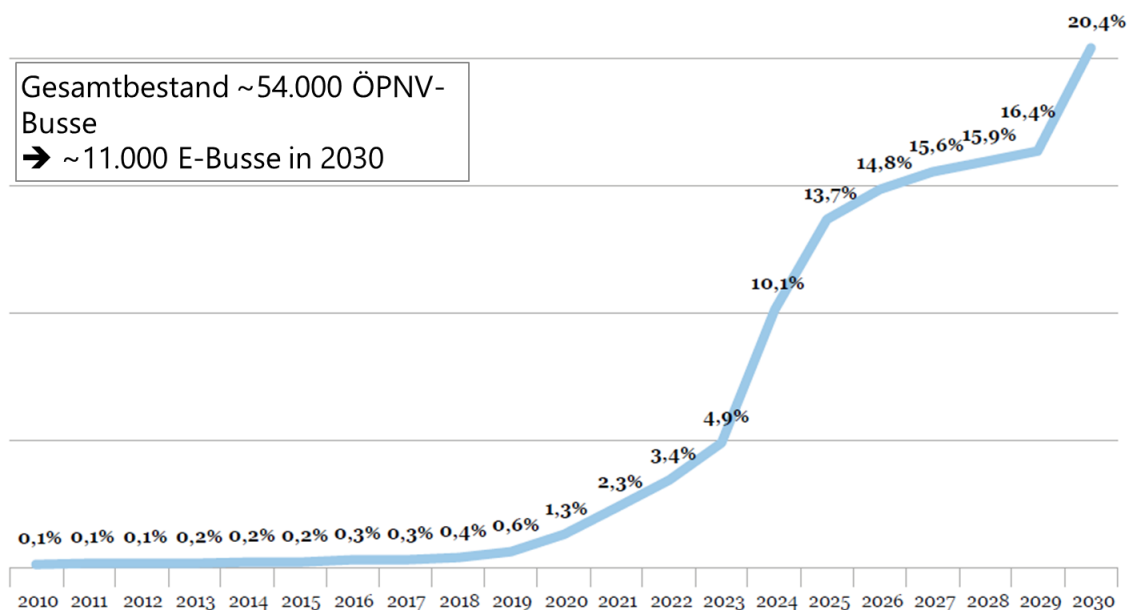


Abbildung 9: Bestandsentwicklung anhand kommunizierter Beschaffungspläne bis zum Jahr 2030¹⁹

Das E-Bus Radar aus dem Jahr 2025 zeigt dabei, dass die Anzahl an geplanten Beschaffungen von E-Bussen weiterhin hoch ist, sich diese zeitlich jedoch teilweise in die 2030er Jahre hinein verschoben haben, da insbesondere die Finanzierung der E-Busse eine Herausforderung darstellt. Für 2025 wird in Deutschland ein voraussichtlicher Bestand von über 5.000 E-Bussen angegeben, in den kommenden Jahren ist die Beschaffung von weiteren ~ 6.000 E-Bussen geplant.

2.3 Synergiemöglichkeiten

Grundlegend ist beim Einsatz von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben die Nutzung von Synergiemöglichkeiten denkbar. In dieser Studie wurden die Folgenden berücksichtigt:

- ❖ Zwischen den Verkehrsunternehmen
- ❖ Zwischen den Landkreisen
- ❖ Mit anderen städtischen Einrichtungen
- ❖ Mit ortsansässigen Firmen

Mögliche Synergieeffekte können dabei durch folgende Aktionen entstehen:

- ❖ Gemeinsamer Aufbau, Betrieb und Nutzung der Energieinfrastruktur
- ❖ Gemeinsamer Einkauf von Fahrzeugen

Zum Stand der Untersuchung gab es keine branchenübergreifenden Synergiemöglichkeiten. Die Synergien zwischen den Landkreisen Cloppenburg und Vechta, bzw. zwischen den einzelnen Linienbündeln werden im Laufe der Studie weiter beschrieben und bewertet.

¹⁹ Begleituntersuchung zur Förderung von Elektrobussen im ÖPNV für die Jahre 2018 bis 2023 (2024, BMWK)

2.4 Bestandsanalyse Energieinfrastruktur

2.4.1 Ladeinfrastruktur

Bisher ist die öffentliche Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge im Landkreis Cloppenburg ausschließlich auf den Pkw-Bereich beschränkt. Für Elektrobusse / Lkws gibt es zum Stand der Studie (Q1 2025) bisher weder eine bestehende öffentliche Ladeinfrastruktur noch konkrete Planungen dazu.

Laut dem Netzentwicklungsplan Strom 2030 sind für die Region Cloppenburg jedoch lastflussteuende Maßnahmen vorgesehen. Zudem sind Netzverstärkungen und -ausbauprojekte zwischen Conneforde, Cloppenburg und Merzen geplant.

2.4.2 Wasserstoffinfrastruktur

Die Landkreise Vechta und Cloppenburg sind Teil der „Metropolregion Nordwest“ und positionieren sich als „Wasserstoffregion Nordwest“ sowie „Energierregion Nordwest“. Für die Region ist der Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur entlang der gesamten Wertschöpfungskette geplant. Bereits jetzt existieren umfangreiche Netzwerke zu den Themen Wasserstoff- und Energieversorgung, und das Förderprojekt „HyPerformer“ wurde erfolgreich abgeschlossen.

Status Quo der Wasserstoffinfrastruktur: Aktuell gibt es in den Landkreisen Cloppenburg und Vechta jedoch noch keine Wasserstoff-Tankstellen. Bis 2032 soll das nationale Wasserstoffkernnetz durch den FNB Gas e.V., die Bundesnetzagentur und das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgebaut werden. Zwar laufen in der Region verschiedene Forschungs- und Entwicklungsprojekte zur Wasserstoffnutzung – etwa zur Herstellung von E-Fuels für die Luftfahrt – doch gibt es bisher keine Projekte mit Bezug zum öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV).

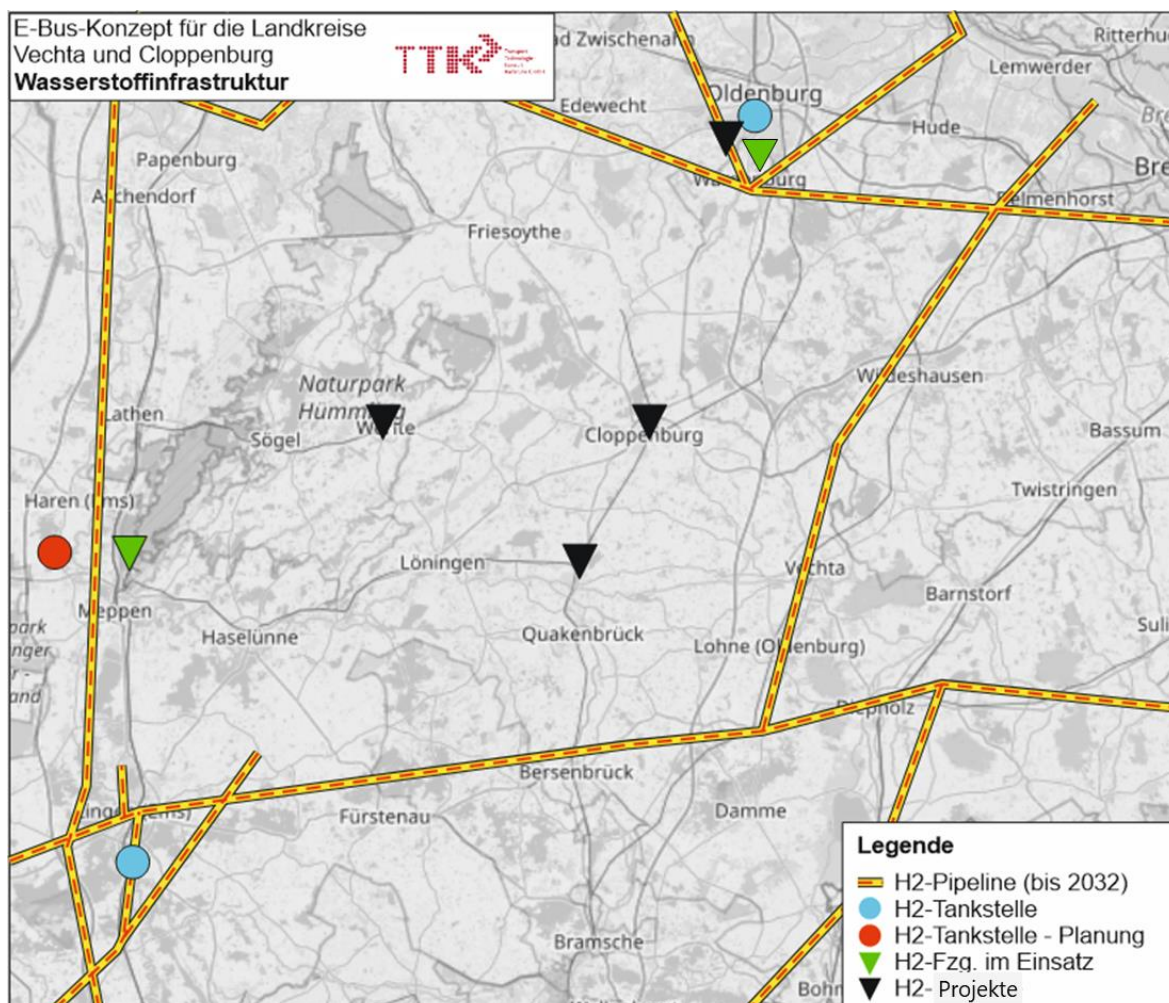


Abbildung 10: Wasserstoffinfrastruktur in den Landkreisen Cloppenburg und Vechta, Stand Q1 2025

In Oldenburg ist eine Wasserstofftankstelle in Betrieb und wird durch die VWG (Verkehr und Wasser GmbH) und deren Brennstoffzellenbusse genutzt.

2.5 ÖPNV-Analyse

Die Analyse des bestehenden ÖPNV-Angebotes dient der Grundlagenschaffung der vorliegenden Studie. Ziel ist es, die Ausgangslage des ÖPNVs, inkl. relevanter Kennwerte in den Landkreisen Cloppenburg und Vechta zu ermitteln und darzustellen.

Die Analyse wird mit Hilfe eines Untersuchungsmodells in der Spezialsoftware PTV Visum durchgeführt, dessen Erstellung nachfolgend beschrieben wird.

2.5.1 Methodik

2.5.1.1 Erstellung des Untersuchungsmodells

Um die Fragestellungen der Studie zu bearbeiten, wird eine bewährte, auf E-Bus-Projekte spezialisierte Softwarelösung genutzt: Sie basiert auf dem E-Bus Tool von PTV Visum, welches iterativ verfeinert und mit einer durch die TTK entwickelten Erweiterung in Python komplementiert wurde. Durch das resultierende Modell werden die Verbrauchswerte der E-Fahrzeuge auf

Grundlage der Topographie, des Fahrzeuggewichts, des Auslastungsgrades, des Luftwiderstands, des Rollwiderstands, der Effektivität des Antriebsstrangs und der Umgebungstemperatur präzise für jede einzelne Fahrplanfahrt berechnet.

Der vorliegenden Untersuchung liegen folgende Datensätze zugrunde:

1. **Linien- und Fahrplandaten der zu untersuchenden Linien (ÖPNV-Daten)**

Die digitalen, öffentlich verfügbaren ÖPNV-Daten beinhalten neben den Linienwegen und Haltepunkten alle relevanten Fahrplandaten. Diese wurden manuell mit den Fahrplänen aller Linien im Untersuchungsgebiet abgeglichen und vervollständigt. Da in diesem Projekt keine Umläufe vorlagen, wurden diese durch die TTK für einen repräsentativen Schultag erstellt (keine Durchführung der Dienstplanung).

2. **Netzdaten des Untersuchungsgebietes (OSM)**

3. **Höhendaten des Untersuchungsgebietes (DGM)**

Aus den Geodaten wurde mittels Geoinformationssystems ein DEM (Digital Elevation Model) erstellt, welches die Topographie im Untersuchungsgebiet abbildet.

Die genannten Datensätze wurden aufbereitet, auf Plausibilität geprüft und in das PTV-Visum-Modell importiert:



Ergebnis ist ein umfassendes PTV-Visum-Modell des Untersuchungsgebietes inkl. aller Fahrplanfahrten bzw. Umläufe, aller relevanten Standorte (Haltepunkte, Depots), dem Straßennetz und einem Höhenmodell.

2.5.1.2 Annahmen zur Umlaufbildung

Für die Simulation und Bildung der Fahrzeugumläufe wurden folgende, mit den Landkreisen Cloppenburg und Vechta abgesprochene, Annahmen getroffen:

- ❖ Der TTK wurde für die Linienbündel C01, C03, C04, V01 Nord und V02 Mitte keine Zuordnung der Fahrzeugtypen (Solobus, Gelenkbus etc.) zu den Fahrplanfahrten übermittelt. Laut Angabe einiger Verkehrsunternehmen, ist diese nicht fest und variiert teils täglich. Die TTK hat die Zuordnung daher qualitativ Angenommen. So wurden Fahrplanfahrten zu Starkverkehrszeiten und von/zu Schulen Gelenkbusse zugeteilt. Die Fahrzeugzuordnung der übrigen Linienbündel war hingegen bekannt und wurde der TTK zur Verfügung gestellt.
- ❖ Die moobil+ Angebote sind OnDemand Linien. Die exakte Fahrleistung (km) der einzelnen Fahrplanfahrten ist nicht bekannt, da diese in Abhängigkeit der Nutzeranfragen und deren Standort täglich variiert. Lediglich die Gesamtfahrleistung liegt vor. Aus dieser ergab sich eine Ø-Anteil von 40% der tatsächlich gefahrenen Kilometer an den maximal möglichen Kilometern (wenn alle Haltepunkte angefahren werden würden). Die Länge (km) der moobil+ Fahrten wurde daher im Untersuchungsmodell pauschal auf 40 % reduziert. Die in Tabelle 26 aufgelisteten Kennwerte je Schultag bilden somit die Grundlage aller folgenden Untersuchungen. Sollte die tägliche Laufleistung höher sein, als die hier dargestellte, ist dies zwingend bei der Einsatzplanung der batterieelektrischen Fahrzeuge (Reichweite) zu beachten. Ggf. sind die in dieser Studie formulierten Fahrzeug-, Energie- und Infrastrukturbedarf dahingehend an eine mögliche, höhere Kilometerlaufleistung anzupassen.

- Derzeit sind sowohl in Cloppenburg, als auch in Vechta 15 Meter Busse im Einsatz. Da allerdings nicht bekannt ist, auf welchen Fahrplanfahrten diese im Realbetrieb eingesetzt werden, werden diese in der Simulation und der weiteren Studie nicht weiter berücksichtigt und durch Gelenkbusse ersetzt.

2.5.2 Ergebnisse

Insgesamt werden in beiden Landkreisen zusammen, an einem repräsentativem Schultag über 1.700 Fahrplanfahrten gefahren. Im Tagesverlauf verteilen sich die regulären Fahrplanfahrten besonders auf die Zeiten zu Schulbeginn/-ende, was auf einen Schülerverkehrzentrierten ÖSPV zurückzuführen ist (siehe nachfolgende Grafik). Das moobil+ Angebot ist konstant.

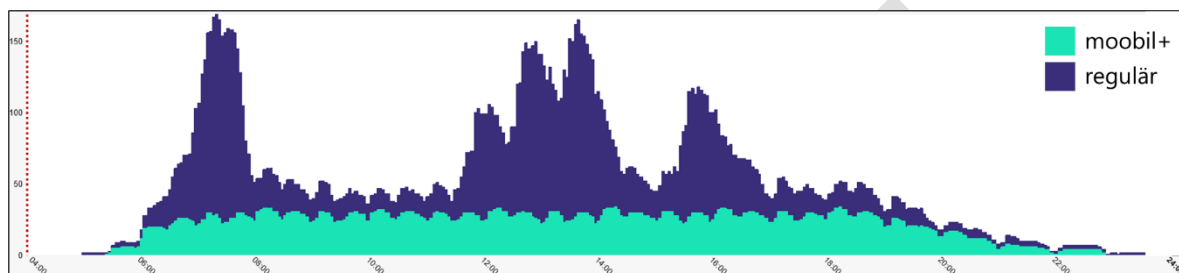


Abbildung 11: Fahrplanfahrtenhäufigkeit im Tagesverlauf, nach regulärem Angebot und moobil+

Der Effekt der morgendlichen und nachmittäglichen Schülerverkehrsspitzen ist im Landkreis Cloppenburg ausgeprägter, als im Landkreis Vechta (siehe nachfolgende Grafik).

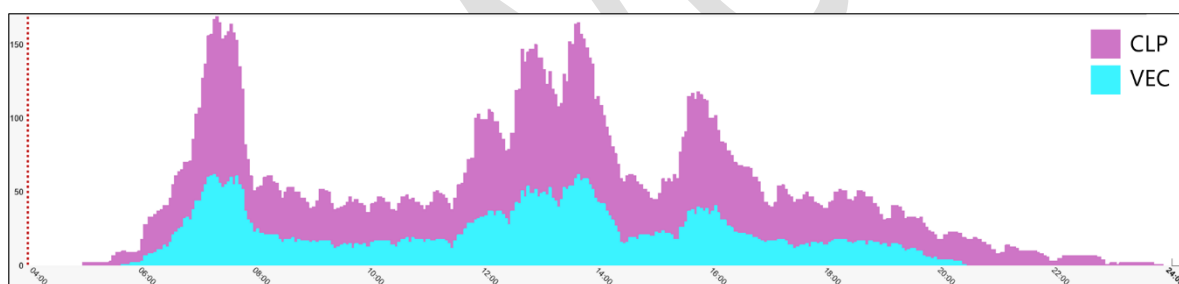


Abbildung 12: Fahrplanfahrtenhäufigkeit im Tagesverlauf, nach Landkreisen

In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Linienbündel der beiden Landkreise näher beschrieben. In den Darstellungen werden neben dem Linienverlauf (Stärke in Abhängigkeit der Fahrtenhäufigkeit) auch die aktuellen Depots/Abstellflächen im Gebiet und die Start-/Endhaltestellen dargestellt. Letztere sind für die spätere Standortoptimierung der Energieinfrastruktur relevant. Diese gilt es derart im Netz zu platzieren, dass der Fahrweg der Fahrzeuge von und zu dieser für möglichst viele Fahrzeuge möglichst kurz ist. Dem folgend ist es in der Regel sinnvoll die Energieinfrastruktur in der Nähe der Start-/Endhaltestellen zu platzieren.

2.5.2.1 Linienbündel Landkreis Cloppenburg

Im Landkreis Cloppenburg gibt es zum Stand der Untersuchung acht Linienbündel (jeweils vier reguläre und vier mobil+) und die Linie 965, ohne Linienbündelzugehörigkeit.

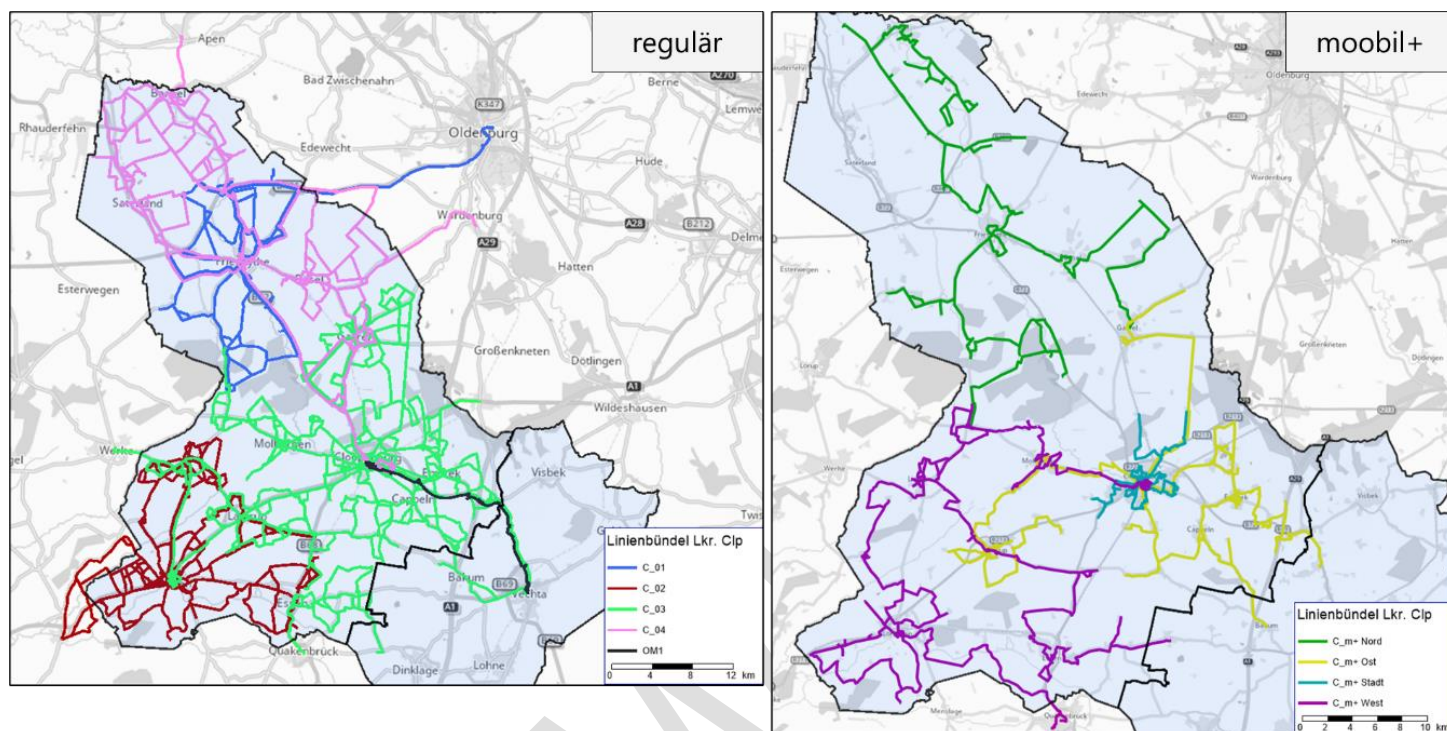


Abbildung 13: Linienbündelkarte, Landkreis Cloppenburg

Die Linienwege verteilen sich über den gesamten Landkreis, mit starker Konzentration auf die Städte Cloppenburg, Lönningen und Friesoythe. Einzelne Linien brechen aus dem Kreisgebiet in Richtung Oldenburg, Wardenburg und Haselünne aus.

C01

Nachfolgende Karte zeigt die Linienverläufe und die Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse für das Linienbündel C01. Wichtige Kennwerte und die am stärksten frequentierten Haltestellen sind der angrenzenden Tabelle aufgelistet.

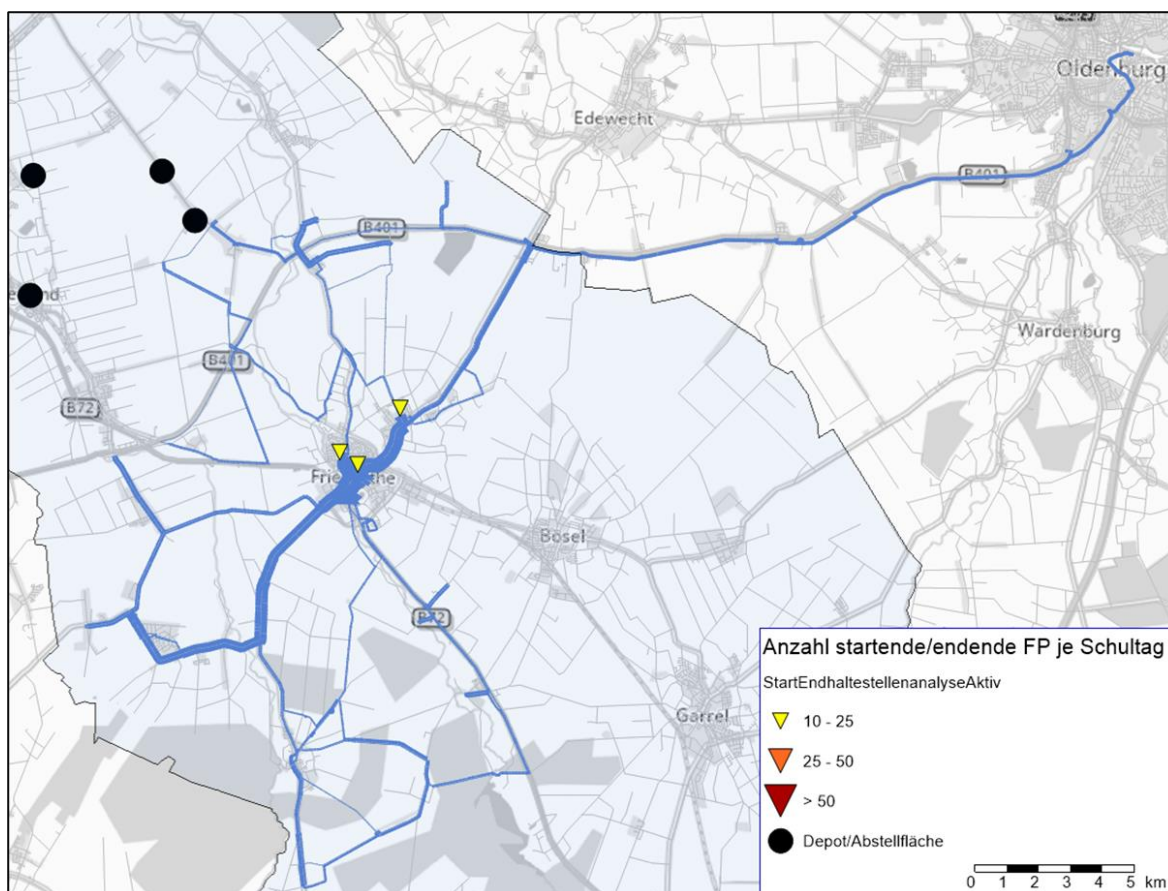


Abbildung 14: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel C01

Bündel		C_01
Aufgabenträger	Lkr. Cloppenburg	
Laufzeit	von 01.07.2030	
	bis 30.06.2040	
Linien	906, 907, 910, 915, 936, 937	
Kennwerte je Schultag (Donnerstag)	Anzahl Fpf.	87
	Fp-Kilometer	1.800
zu prüfende Start-/Endhaltestellen [>10 An-/Abfahrten]	Friesoythe Hansaplatz Altenoythe Schulzentrum Friesoythe Schulzentrum Neuscharrel Küstenkanal	
Zu prüfende Orte für Zwischenladungen	Friesoythe, Altenoythe, Neuscharrel und Oldenburg	

Tabelle 5: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse, Linienbündel C01

C02

Nachfolgende Karte zeigt die Linienverläufe und die Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse für das Linienbündel C02. Wichtige Kennwerte und die am stärksten frequentierten Haltestellen sind der angrenzenden Tabelle aufgelistet.

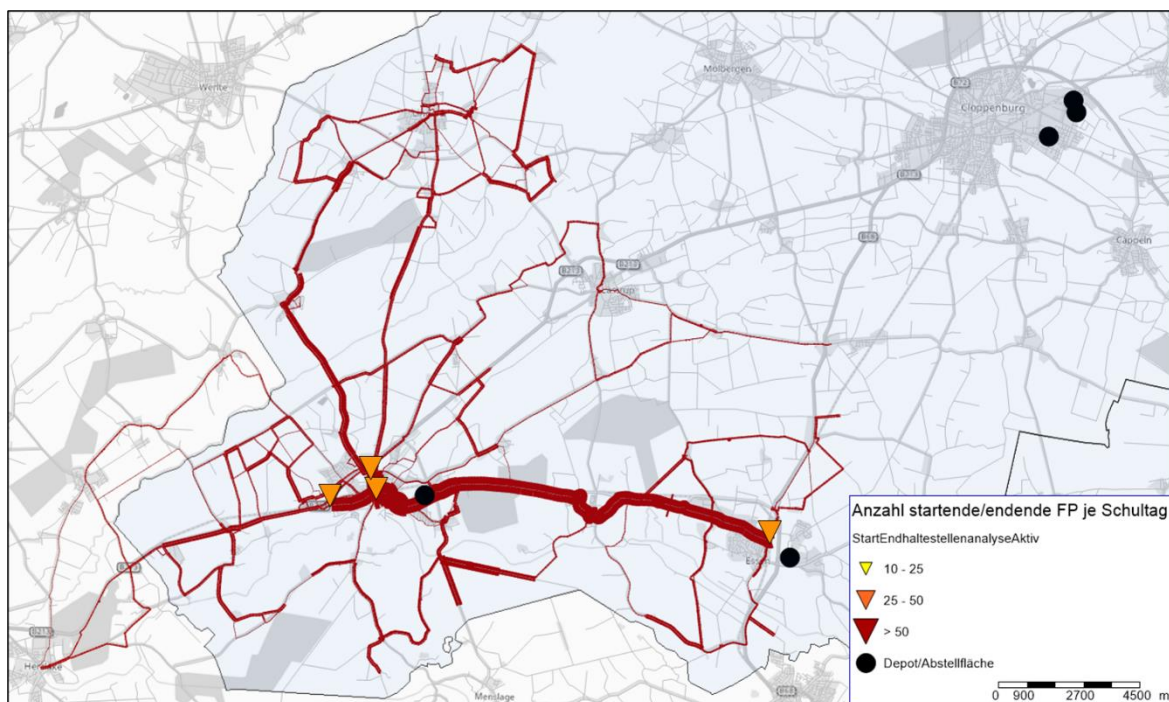


Abbildung 15: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel C02

Bündel		C_02	
Aufgabenträger		Lkr. Cloppenburg	
Laufzeit		von	01.09.2035
		bis	31.08.2045
Linien		913, 916, 925, 926, 927, 928, 940, 945	
Kennwerte je Schultag (Donnerstag)	Anzahl Fpf.	140	
	Fp-Kilometer	2.500	
zu prüfende Start-/Endhaltestellen [>10 An-/Abfahrten]		Essen(Oldb) Bahnhof Löningen Bahnhof Löningen MEG Löningen Schulzentrum	
Zu prüfende Orte für		Essen, Loningen	

Tabelle 6: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse, Linienbündel C02

C03

Nachfolgende Karte zeigt die Linienverläufe und die Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse für das Linienbündel C03. Wichtige Kennwerte und die am stärksten frequentierten Haltestellen sind der angrenzenden Tabelle aufgelistet.

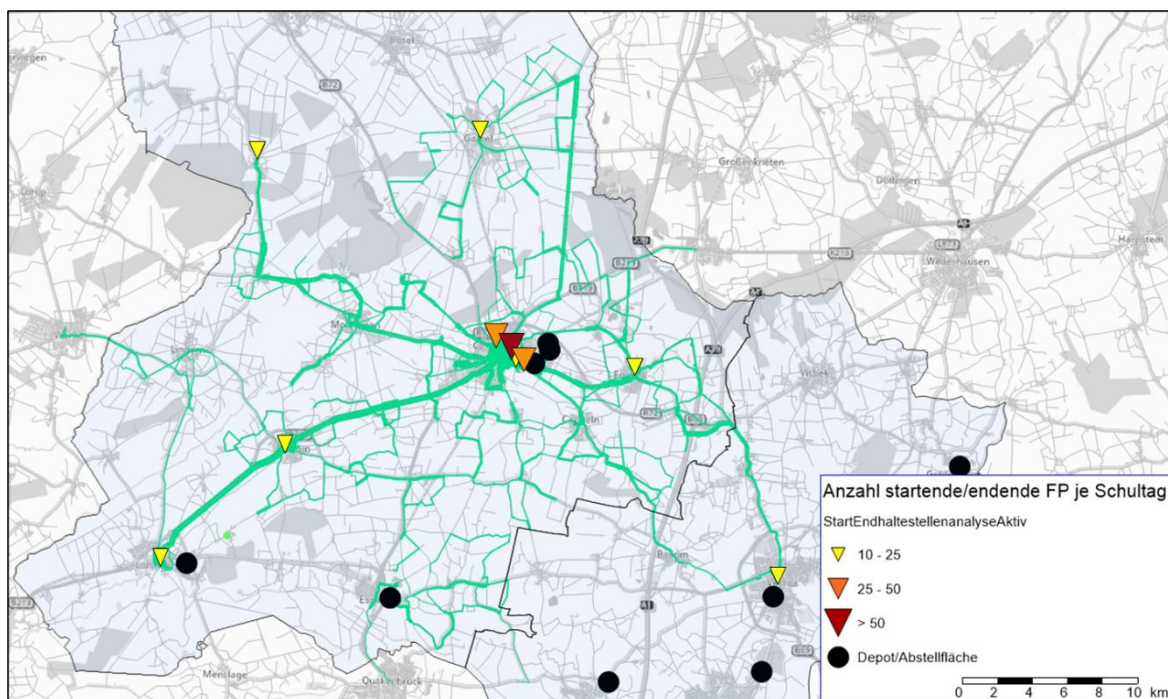


Abbildung 16: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel C03

Bündel		C_03
Aufgabenträger	Lkr. Cloppenburg	
Laufzeit	von 01.08.2027 bis 31.07.2037	
Linien	911, 924, 929, 930, 931, 932, 933, 935, 938, 939, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 970	
Kennwerte je Schultag (Donnerstag)	Anzahl Fpf.	140
	Fp-Kilometer	5.400
zu prüfende Start-/Endhaltestellen [>10 An-/Abfahrten]	Cloppenburg Bahnhof Cloppenburg Hook Cloppenburg Schulzentrum Garrel Schulzentrum Emstek Schulzentrum Löningen Bahnhof Vechta ZOB Lastrup(Kr Cloppenburg) Schulzentrum Cloppenburg ZOB Markhausen(Friesoythe) Marktplatz	
Zu prüfende Orte für Zwischenladungen	Cloppenburg, Garrel, Emstek, Löningen, Vechta, Lastrup, Markhausen	

Tabelle 7: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse, Linienbündel C03

C04

Nachfolgende Karte zeigt die Linienverläufe und die Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse für das Linienbündel C04. Wichtige Kennwerte und die am stärksten frequentierten Haltestellen sind der angrenzenden Tabelle aufgelistet.

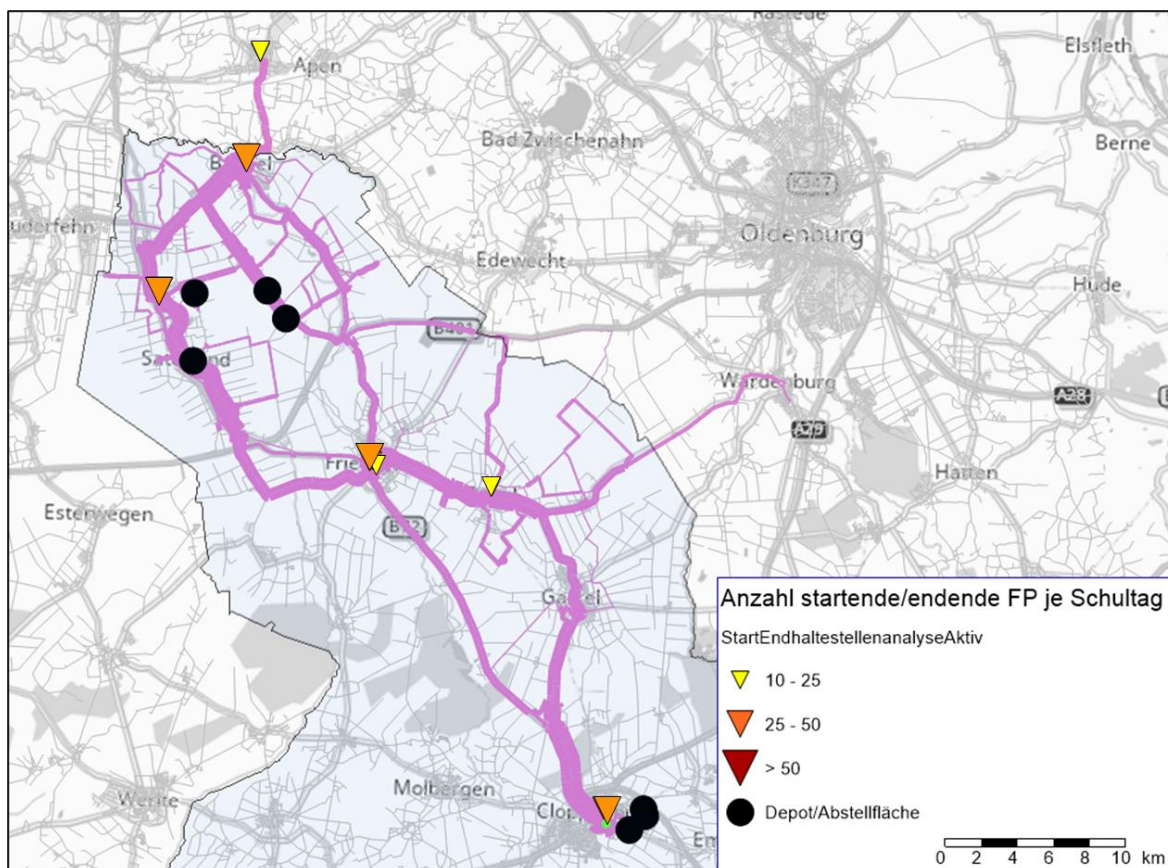


Abbildung 17: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel C04

Bündel		C_04
Aufgabenträger	Lkr. Cloppenburg	
Laufzeit	von 01.08.2029 bis 31.07.2039	
Linien	900, 901, 902, 903, 904, 905, 917, 918, S90	
Kennwerte je Schultag (Donnerstag)	Anzahl Fpf.	188
	Fp-Kilometer	5.100
zu prüfende Start-/Endhaltestellen [>10 An-/Abfahrten]	Cloppenburg Bahnhof Friesoythe Ellerbrockerstraße Barbel Bahnhof Ramsloh Schulzentrum Bösel(Oldb) Schulzentrum Friesoythe Thüler Straße/BBS Augustfehn Bahnhof	
Zu prüfende Orte für Zwischenladungen	Cloppenburg, Friesoythe, Barbel, Ramsloh, Bösel und Augustfehn	

Tabelle 8: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse, Linienbündel C04

Cloppenburg mobil+ Nord

Nachfolgende Karte zeigt die Linienverläufe und die Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse für das Linienbündel Cm+ Nord. Wichtige Kennwerte und die am stärksten frequentierten Haltestellen sind der angrenzenden Tabelle aufgelistet.

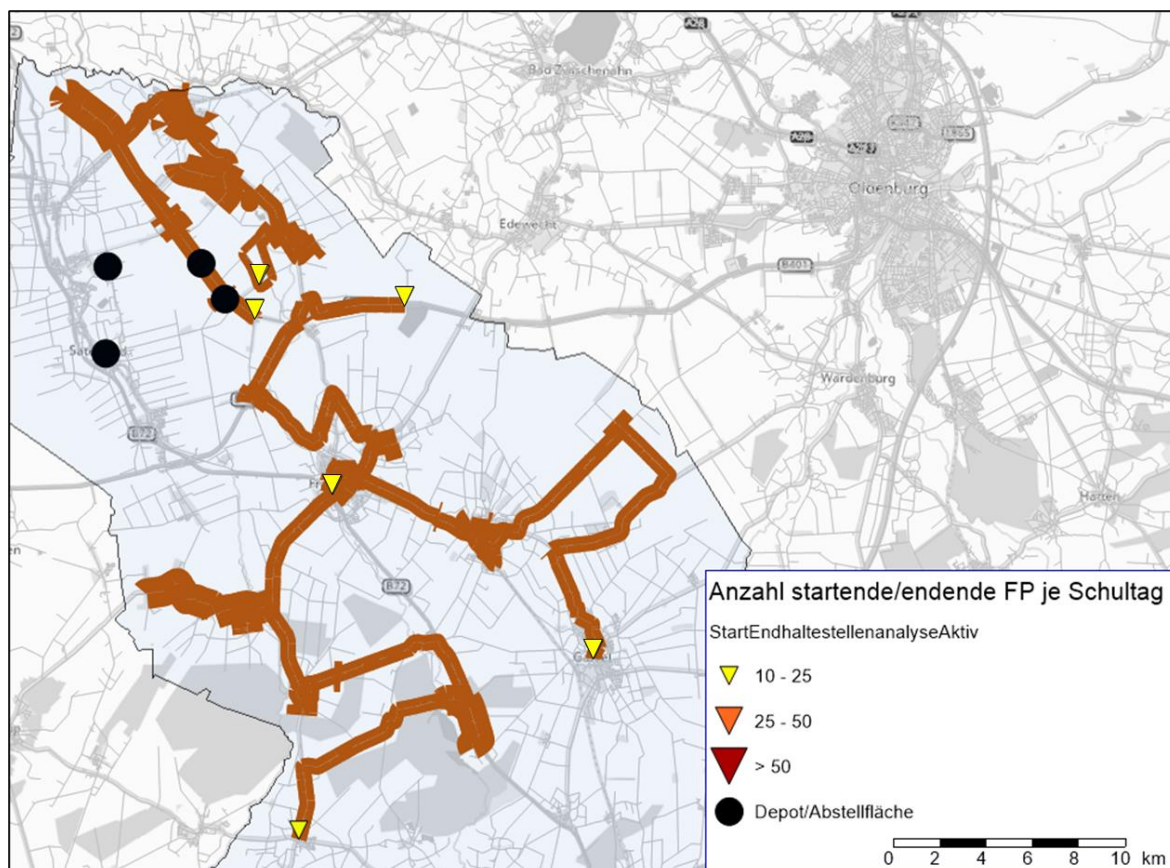


Abbildung 18: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel Cm+ Nord

Bündel		C_m+ Nord	
Aufgabenträger		Lkr. Cloppenburg	
Laufzeit		von	01.04.2029
		bis	31.03.2039
Linien		M02, M03, M04	
Kennwerte je Schultag (Donnerstag)	Anzahl Fpf.	43	
	Fp-Kilometer	1.100	
zu prüfende Start-/Endhaltestellen [>10 An-/Abfahrten]		Harkebrügge Glittenbergstraße Kamperfehn Dorfplatz Friesoythe Ellerbrockerstraße Ahrensdorf(Friesoythe) Brücke Peheim Ort	
Zu prüfende Orte für Zwischenladungen		Harkebrügge, Kamperfehn, Friesoythe, Ahrensdord, Peheim	

Tabelle 9: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse, Linienbündel Cm+ Nord

Cloppenburg mobil+ Ost

Nachfolgende Karte zeigt die Linienverläufe und die Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse für das Linienbündel Cm+ Ost. Wichtige Kennwerte und die am stärksten frequentierten Haltestellen sind der angrenzenden Tabelle aufgelistet.

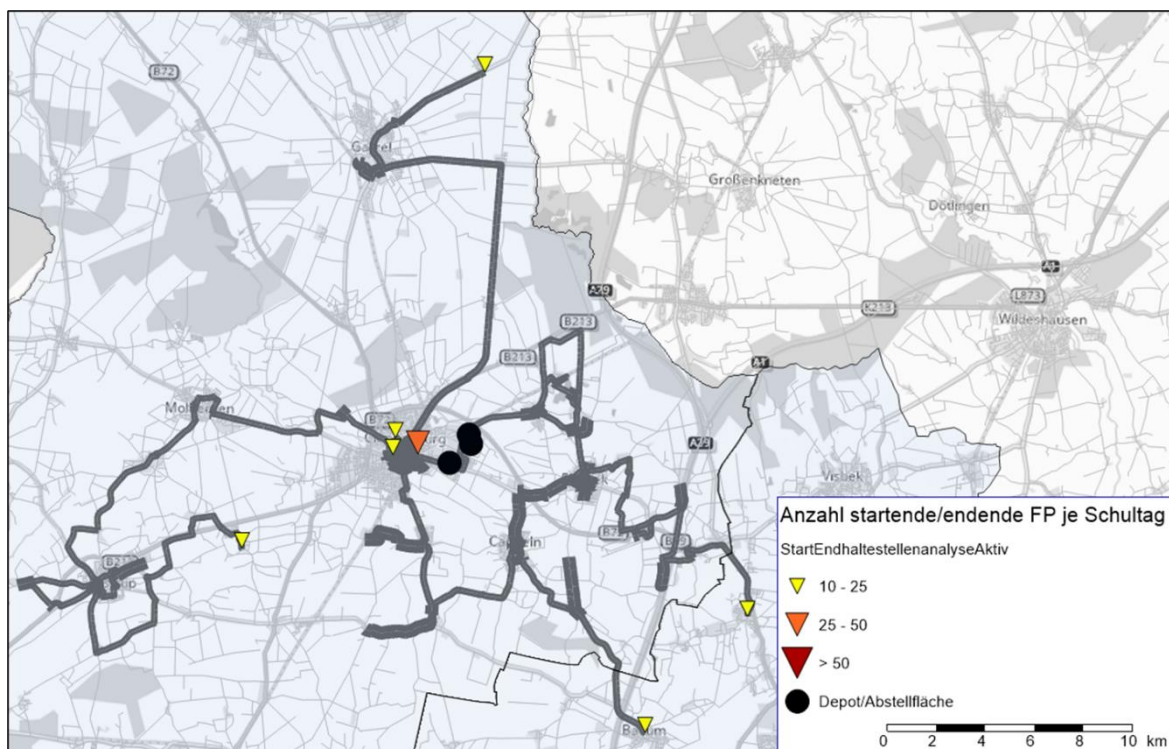


Abbildung 19: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel Cm+ Ost

Bündel		C_m+ Ost	
Aufgabenträger		Lkr. Cloppenburg	
Laufzeit		von 01.04.2029 bis 31.03.2039	
Linien		M09, M11, M12, M13	
Kennwerte je Schultag (Donnerstag)	Anzahl Fpf.	59	
	Fp-Kilometer	1.200	
zu prüfende Start-/Endhaltestellen [>10 An-/Abfahrten]		Cloppenburg Bahnhof Cloppenburg Hook Nikolausdorf Grundschule/Kindergarten Bakum(Kr Vechta) Rathaus Langförden Laurentiusplatz Kneheim Dorfplatz Cloppenburg Marktplatz	
Zu prüfende Orte für Zwischenladungen		Cloppenburg, Nikolausdorf, Bakum, Langförden und Kneheim	

Tabelle 10: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse, Linienbündel Cm+ Ost

Cloppenburg mobil+ Stadt

Nachfolgende Karte zeigt die Linienverläufe und die Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse für das Linienbündel Cm+ Stadt. Wichtige Kennwerte und die am stärksten frequentierten Haltestellen sind der angrenzenden Tabelle aufgelistet.

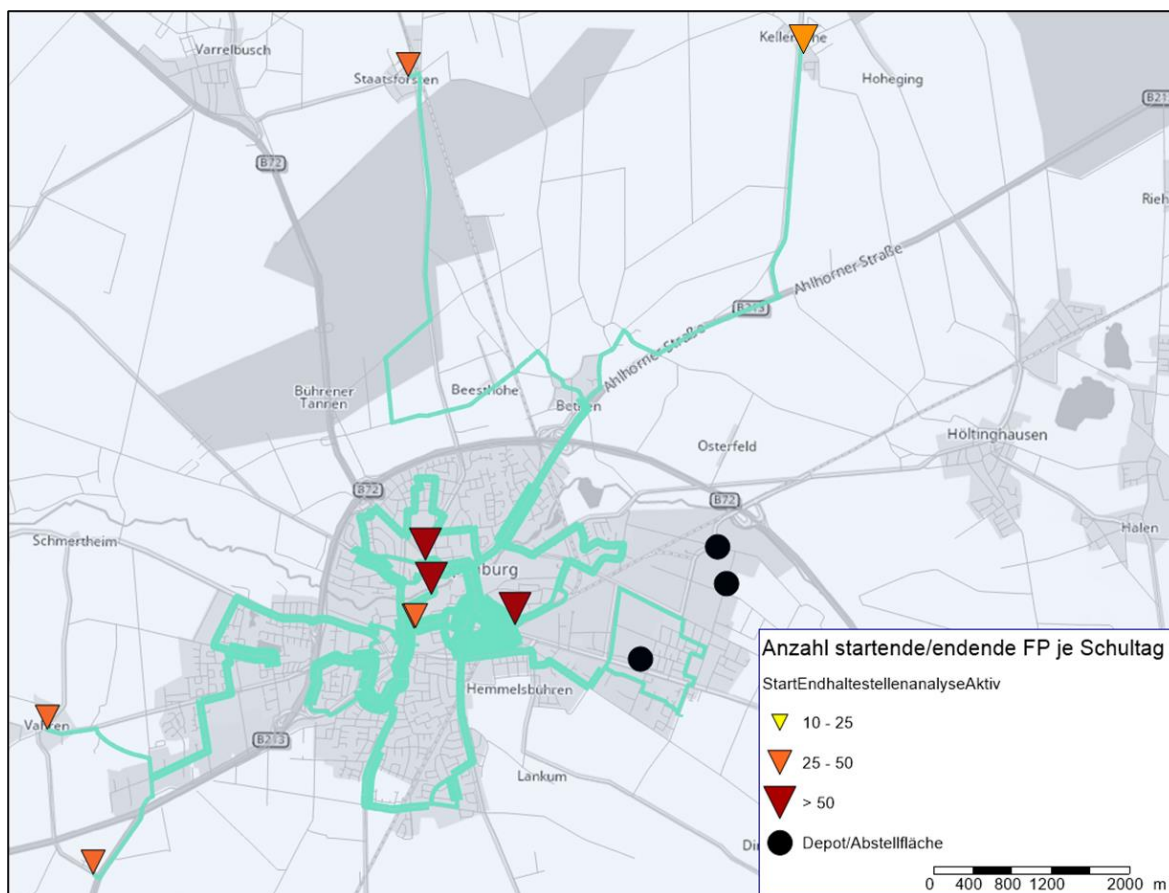


Abbildung 20: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel Cm+ Stadt

Bündel	C_m+ Stadt
Aufgabenträger	Lkr. Cloppenburg
Laufzeit	von 01.04.2029 bis 31.03.2039
Linien	C1, C2, C3, C4
Kennwerte je Schultag (Donnerstag)	Anzahl Ppf. 214 Fp-Kilometer 1.200
zu prüfende Start-/Endhaltestellen [>10 An-/Abfahrten]	Cloppenburg Altes Stadttor/Krankenhaus Cloppenburg Hook Cloppenburg Bahnhof Cloppenburg Marktplatz Vahren Ort Cloppenburg-Stapelfeld Staatsforsten ehem. Schule Kellerhöhe Kirche
Zu prüfende Orte für Zwischenladungen	Cloppenburg, Vahren, Staatsforsten, Kellerhöhe

Tabelle 11: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse, Linienbündel Cm+ Stadt

Cloppenburg mobil+ West

Nachfolgende Karte zeigt die Linienverläufe und die Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse für das Linienbündel Cm+ West. Wichtige Kennwerte und die am stärksten frequentierten Haltestellen sind der angrenzenden Tabelle aufgelistet.

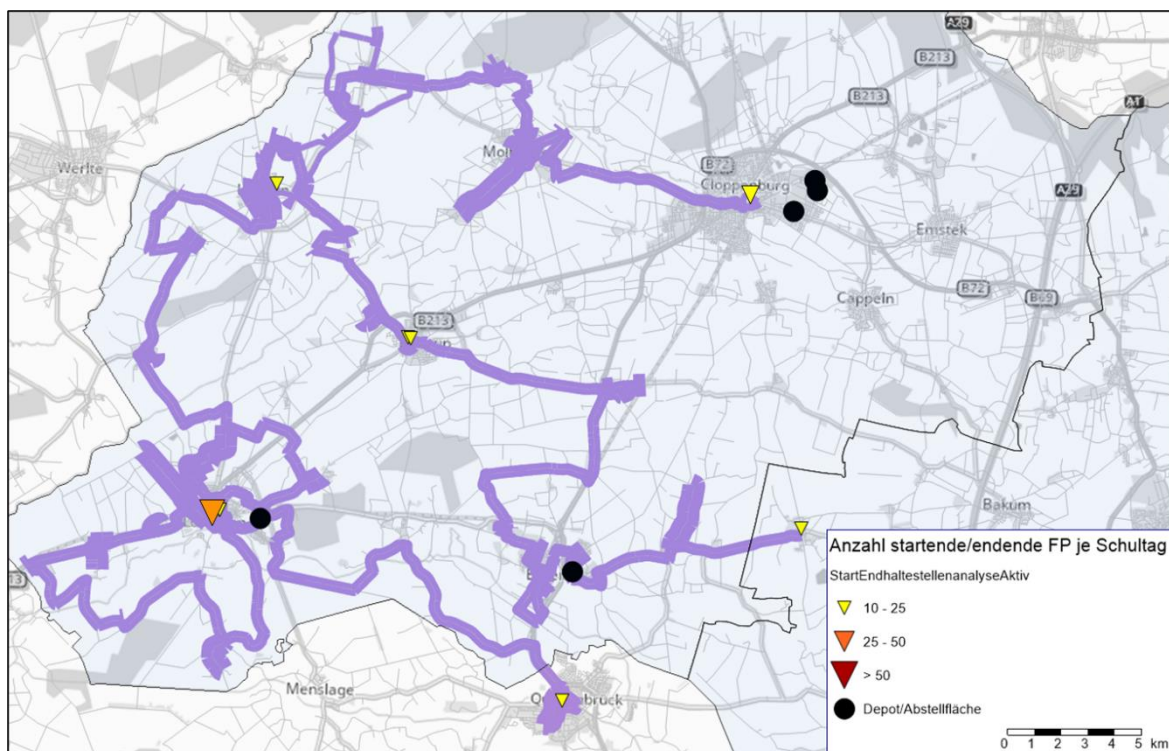


Abbildung 21: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel Cm+ West

Bündel		C_m+ West
Aufgabenträger	Lkr. Cloppenburg	
Laufzeit	von 01.04.2029 bis 31.03.2039	
Linien	M05, M06, M07, M08	
Kennwerte je Schultag (Donnerstag)	Anzahl Fpf.	57
	Fp-Kilometer	1.300
zu prüfende Start-/Endhaltestellen [>10 An-/Abfahrten]	Löningen Bahnhof Quakenbrück Bahnhof Lüsche Post Lastrup Pfarrer-Götting-Platz Lastrup Schulzentrum Lindern(Oldb) Postagentur Cloppenburg Bahnhof	
Zu prüfende Orte für Zwischenladungen	Löningen, Quakenbrück, Lüsche, Lastrup, Lindern und Cloppenburg	

Tabelle 12: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse, Linienbündel Cm+ West

2.5.2.2 Linienbündel Landkreis Vechta

Im Landkreis Vechta gibt es zum Stand der Untersuchung sieben Linienbündel (vier reguläre und drei mobil+) und die Linie 606, ohne Linienbündelzugehörigkeit.

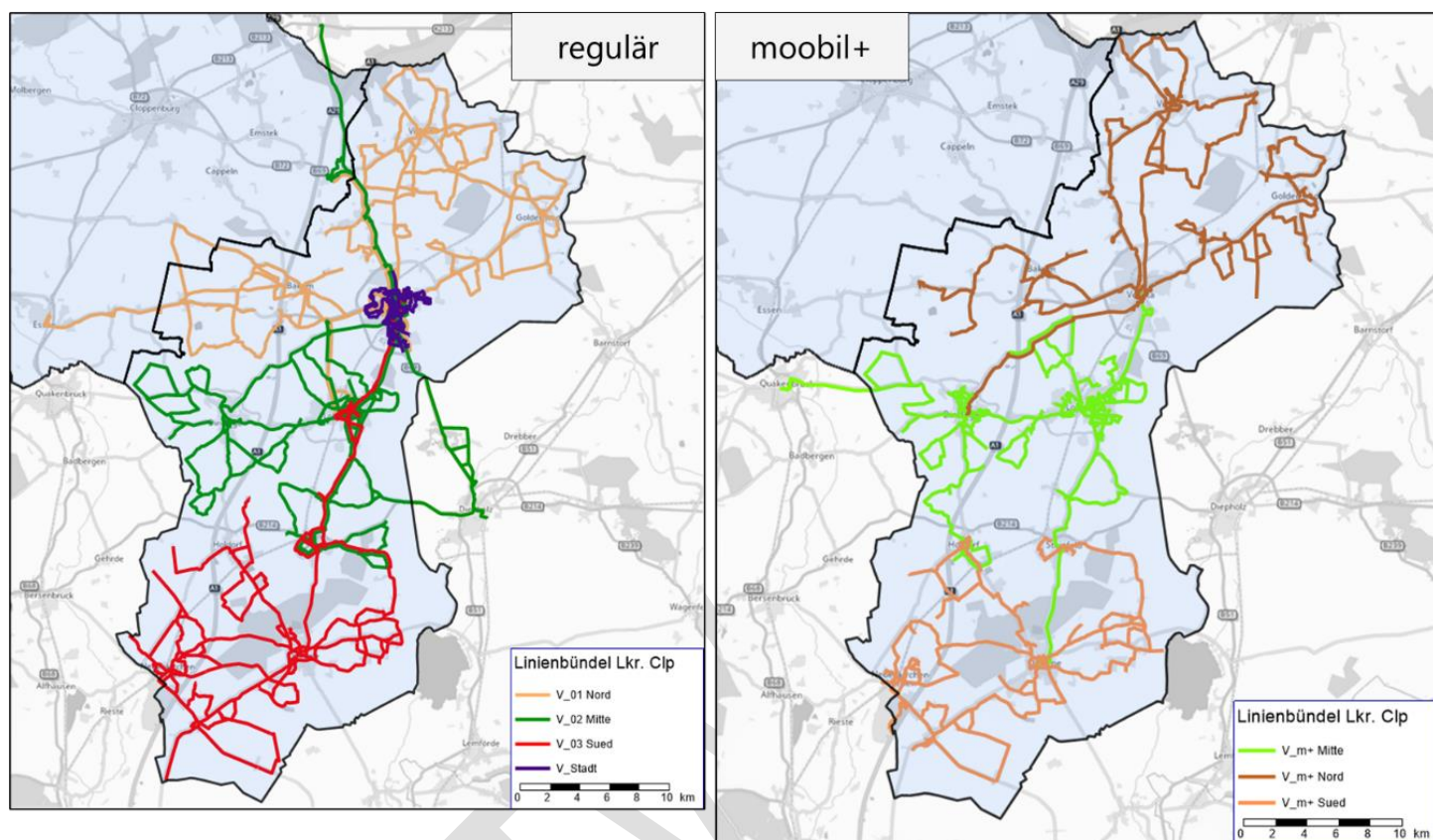


Abbildung 22: Linienbündelkarte, Landkreis Vechta

Die Linienwege verteilen sich über den gesamten Landkreis, mit starker Konzentration auf die Städte Vechta und Damme. Einzelne Linien brechen aus dem Kreisgebiet in Richtung Diepholz aus.

V01 Nord

Nachfolgende Karte zeigt die Linienverläufe und die Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse für das Linienbündel V01 Nord. Wichtige Kennwerte und die am stärksten frequentierten Haltestellen sind der angrenzenden Tabelle aufgelistet.

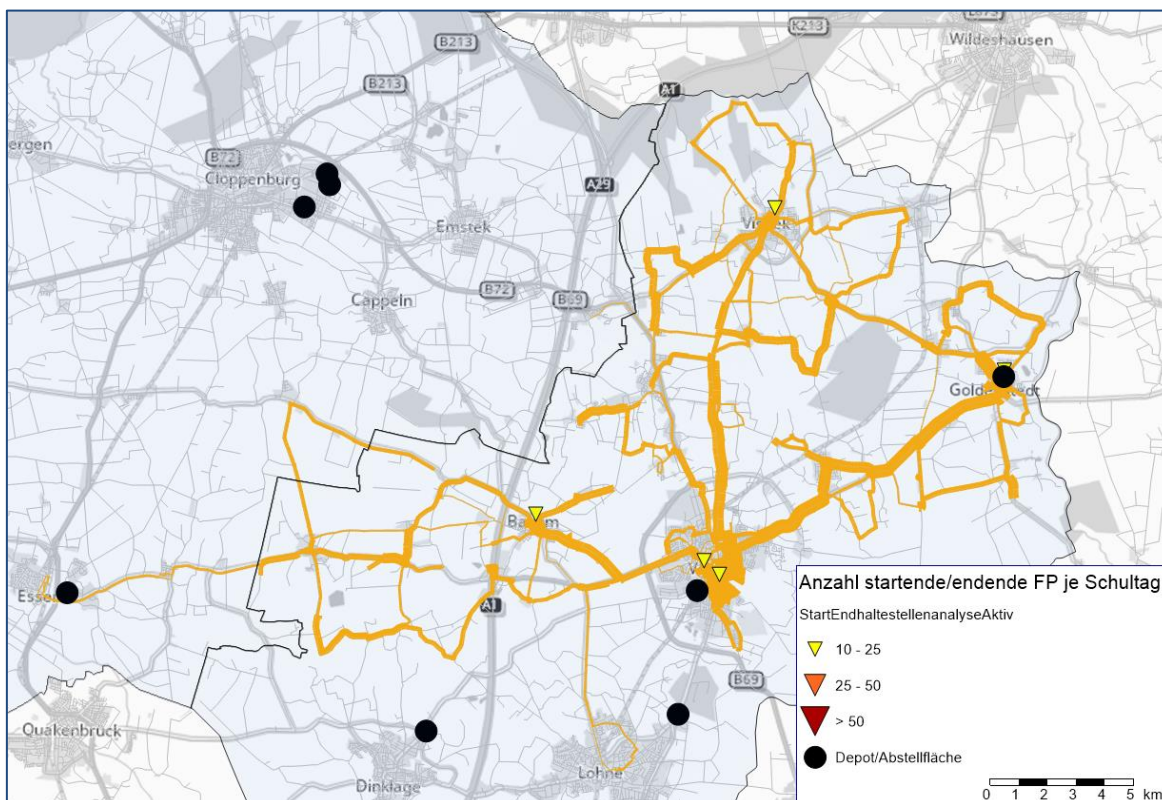


Abbildung 23: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel V01 Nord

Bündel		V_01 Nord	
Aufgabenträger		Lkr. Vechta	
Laufzeit		von 01.05.2031	
		bis 30.04.2041	
Linien		609, 610, 611, 612, 613, 640, 641, 690, 691, 692, 693, 694	
Kennwerte je Schultag (Donnerstag)	Anzahl Fpf.	100	
	Fp-Kilometer	1.900	
zu prüfende Start-/Endhaltestellen [>10 An-/Abfahrten]		Vechta ZOB Goldenstedt Friedt Vechta Gymnasium Bakum(Kr Vechta) Schule Visbek Benediktschule/ZOB	
Zu prüfende Orte für Zwischenladungen		Vechta, Goldenstedt, Bakum und Visbek	

Tabelle 13: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse, Linienbündel V01 Nord

V02 Mitte

Nachfolgende Karte zeigt die Linienverläufe und die Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse für das Linienbündel V02 Mitte. Wichtige Kennwerte und die am stärksten frequentierten Haltestellen sind der angrenzenden Tabelle aufgelistet.

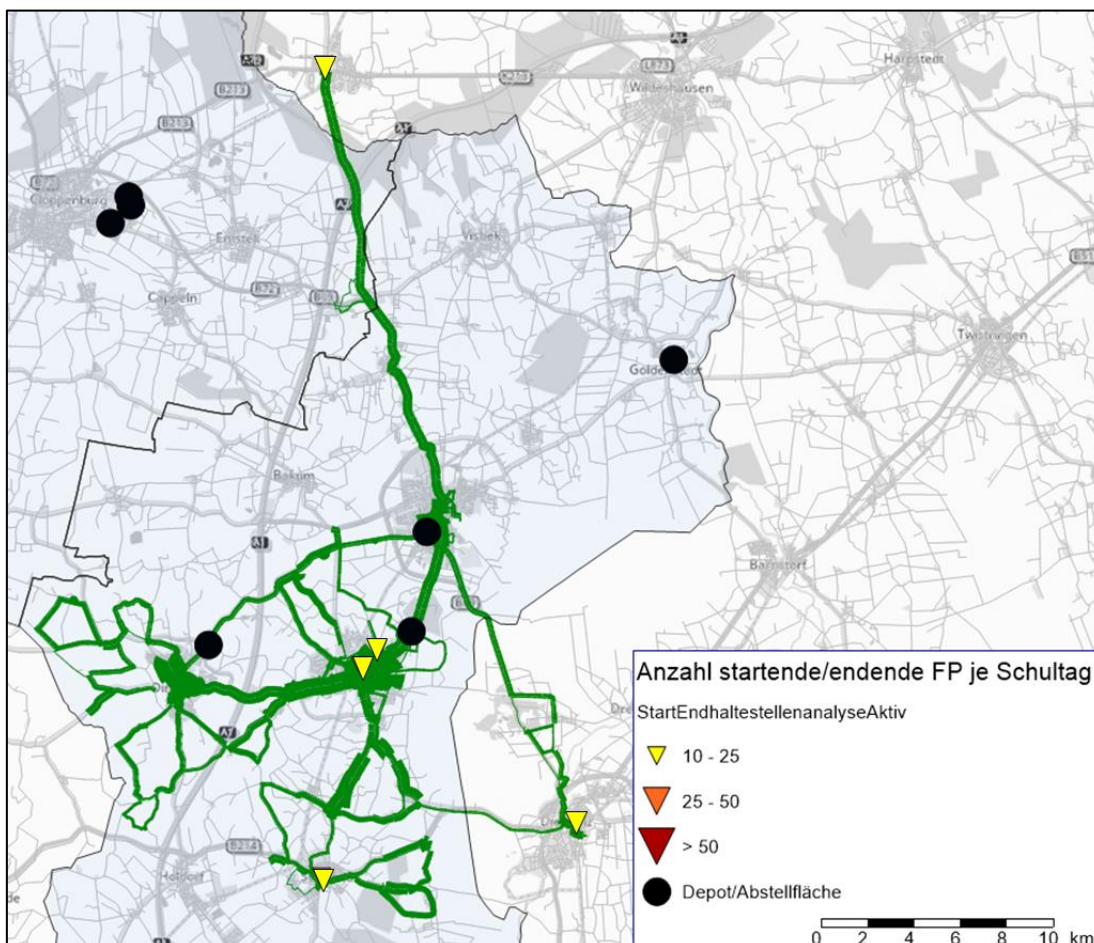


Abbildung 24: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel V02 Mitte

Bündel		V_02 Mitte
Aufgabenträger		Lkr. Vechta
Laufzeit		von 01.05.2031 bis 30.04.2041
Linien		600, 631, 632, 661, 662, 663, 664, 695
Kennwerte je Schultag (Donnerstag)	Anzahl Fpf.	103
	Fp-Kilometer	1.700
zu prüfende Start-/Endhaltestellen [>10 An-/Abfahrten]		Lohne(Oldb) Gymnasium Steinfeld(Oldb) ZOB Lohne(Oldb) ZOB Diepholz Bahnhof Ahlhorn Bahnhof
Zu prüfende Orte für Zwischenladungen		Lohne, Steinfeld, Deipholz und Ahlhorn

Tabelle 14: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse, Linienbündel V02 Mitte

V03 Süd

Nachfolgende Karte zeigt die Linienverläufe und die Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse für das Linienbündel V03 Süd. Wichtige Kennwerte und die am stärksten frequentierten Haltestellen sind der angrenzenden Tabelle aufgelistet.

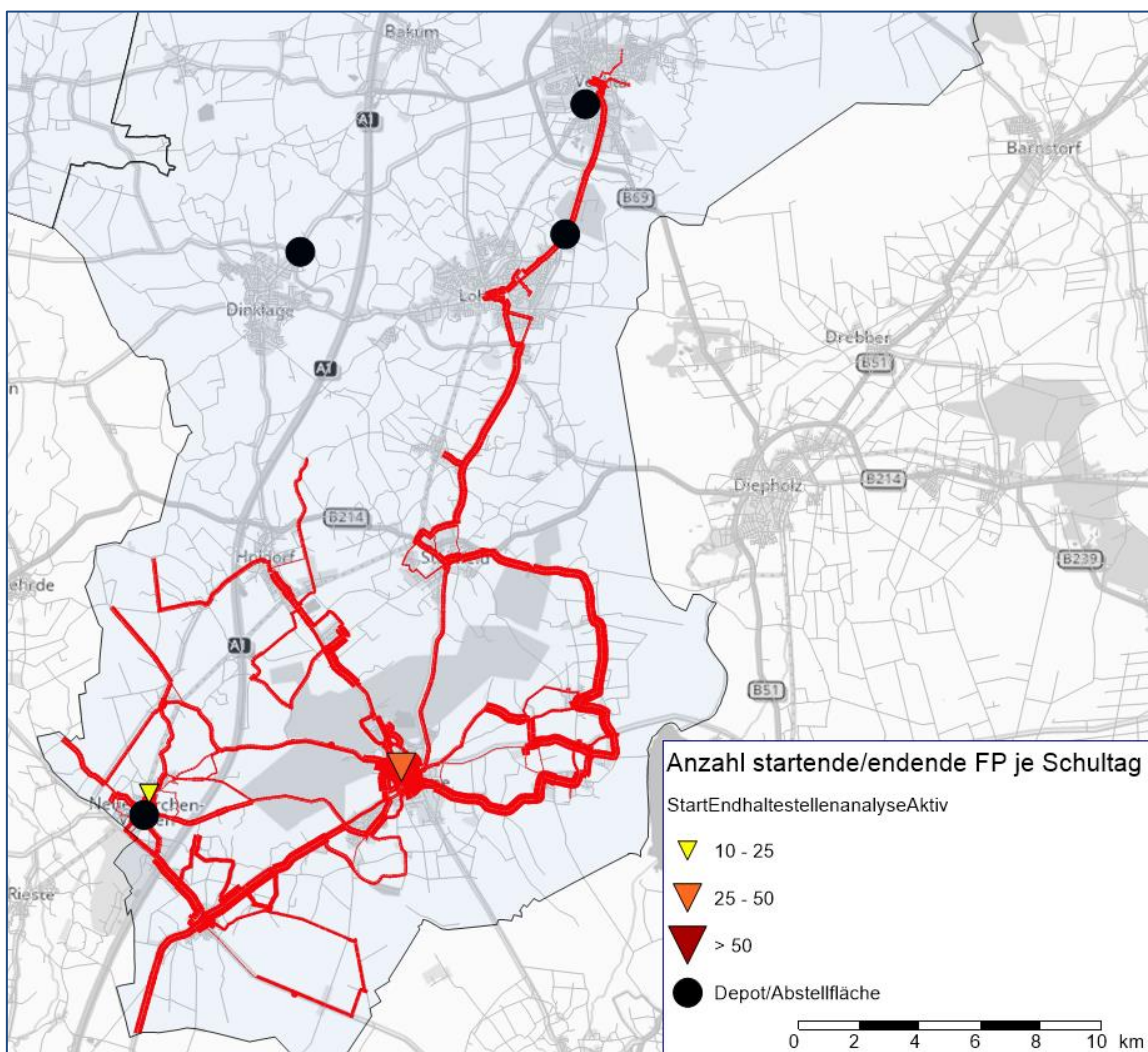


Abbildung 25: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel V03 Süd

Bündel		V_03 Sued
Aufgabenträger		Lkr. Vechta
Laufzeit		von 01.09.2036
		bis 31.08.2046
Linien		620, 621, 622, 623, 650, 670, 671, 672, 696
Kennwerte je Schultag (Donnerstag)	Anzahl Fpf.	98
	Fp-Kilometer	1.800
Bedeutsame Start-/Endhaltestellen [>10 An-/Abfahrten]		Damme(Dümmer) ZOB Neuenkirchen(Oldb) Hauptschule Damme(Dümmer) Schulzentrum Vörden(Neuenkirchen-Vörden) Koppelstraße
Zu prüfende Orte für		Damme, Neuenkirchen, Vörden, Vechta

Tabelle 15: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse, Linienbündel V03 Süd

Landesbedeutsame Linie 606

Nachfolgende Karte zeigt die Linienverläufe und die Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse für die landesbedeutsame Linie 606. Wichtige Kennwerte und die am stärksten frequentierten Haltestellen sind der angrenzenden Tabelle aufgelistet.

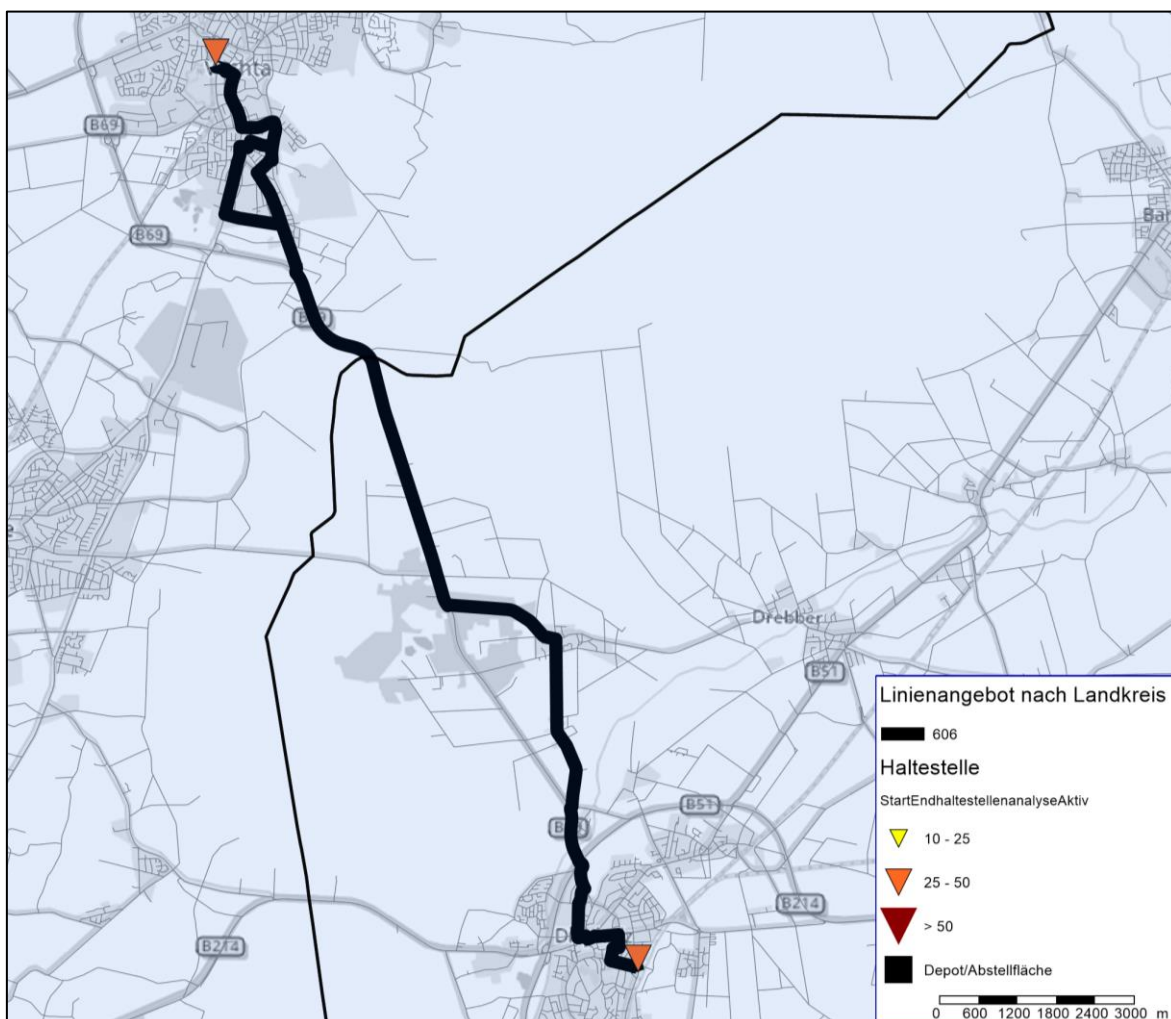


Abbildung 26: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, landesbedeutsame Linie 606

Bündel		606	
Aufgabenträger		Lkr. Vechta	
Laufzeit		von 01.12.2033 bis 30.11.2043	
Linien		606 (Diepholz - Vechta)	
Kennwerte je Schultag (Donnerstag)	Anzahl Fpf.	34	
	Fp-Kilometer	600	
zu prüfende Start-/Endhaltestellen [>10 An-/Abfahrten]		Vechta ZOB Diepholz Bahnhof	
Zu prüfende Orte für Zwischenladungen		Vechta und Diepholz	

Tabelle 16: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse, landesbedeutsame Linie 606

Vechta Stadt

Nachfolgende Karte zeigt die Linienverläufe und die Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse für das Linienbündel V Stadt. Wichtige Kennwerte und die am stärksten frequentierten Haltestellen sind der angrenzenden Tabelle aufgelistet.

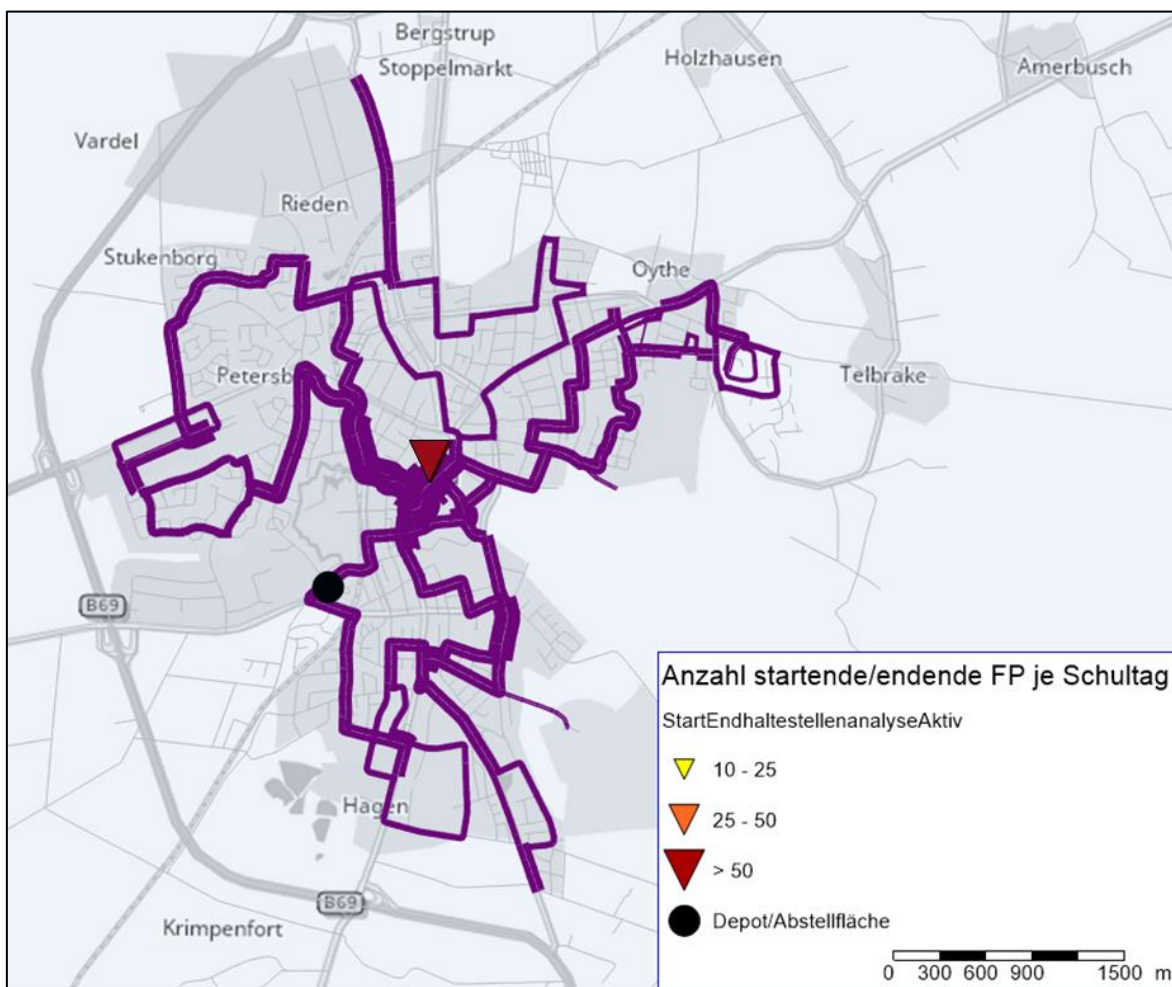


Abbildung 27: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel V Stadt

Bündel		V_Stadt	
Aufgabenträger		Lkr. Vechta	
Laufzeit	von	01.01.2027	
	bis	31.12.2036	
Linien		601, 602, 603, 604	
Kennwerte je Schultag (Donnerstag)	Anzahl Fp.	52	
	Fp-Kilometer	900	
zu prüfende Start-/Endhaltestellen [>10 An-/Abfahrten]		Vechta Burgstraße/Altes Finanzamt	
Zu prüfende Orte für		Vechta	

Tabelle 17: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse, Linienbündel V Stadt

Vechta mobil+ Mitte

Nachfolgende Karte zeigt die Linienverläufe und die Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse für das Linienbündel Vm+ Mitte. Wichtige Kennwerte und die am stärksten frequentierten Haltestellen sind der angrenzenden Tabelle aufgelistet.

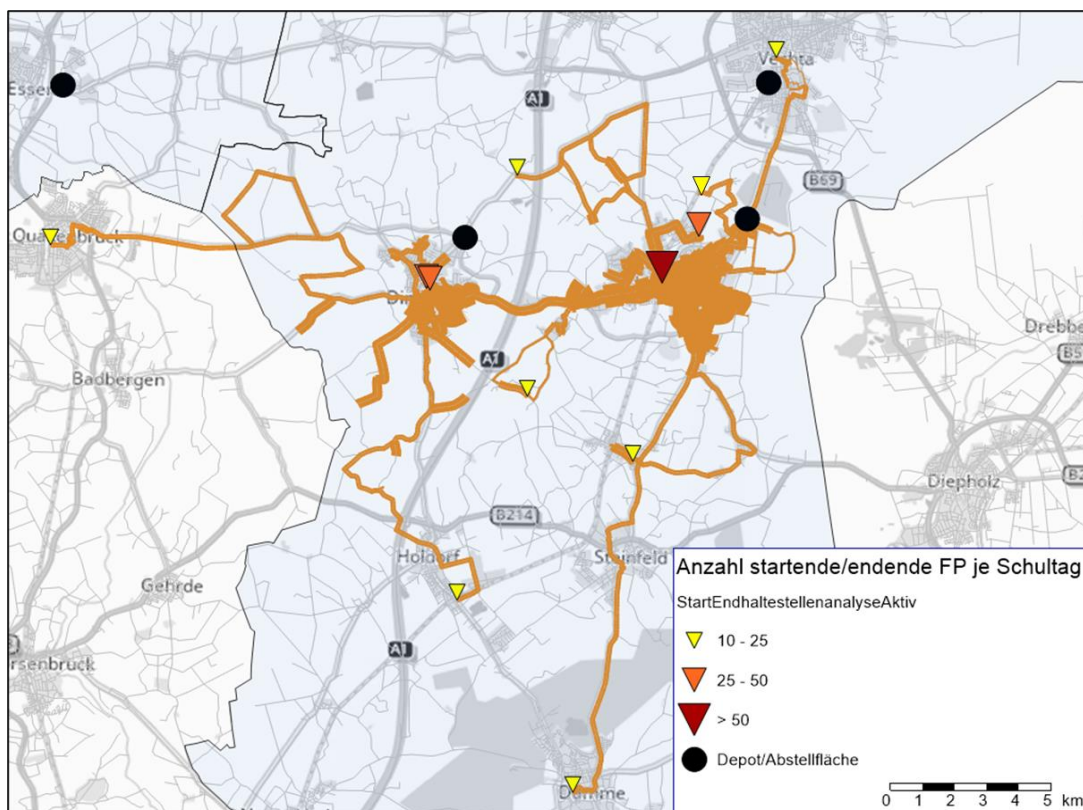


Abbildung 28: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel Vm+ Mitte

Bündel		V_m+ Mitte	
Aufgabenträger		Lkr. Vechta	
Laufzeit		von 01.10.2030 bis 30.09.2040	
Linien		633, 638, 660, 665, 667, 668, 669, S60	
Kennwerte je Schultag (Donnerstag)	Anzahl Fpf.	152	
	Fp-Kilometer	1.800	
zu prüfende Start-/Endhaltestellen [>10 An-/Abfahrten]		Lohne(Oldb) Bahnhof Dinklage Rathausplatz Lohne(Oldb) Baltrumer Straße Damme(Dümmer) ZOB Holdorf(Niedersachs) Bahnhof Kleinbrockdorf Krimpenfort Märschendorf(Lohne) Gastwirtschaft Eveslage Mühlen(Steinfeld) Grundschule Krimpenfort Riebelmann Quakenbrück Bahnhof Vechta ZOB Lohne(Oldb) Lindenstraße/ALDI	
Zu prüfende Orte für Zwischenladungen		Lohne, Dinklage, Damme, Holdorf, Kleinbrockdorf, Märschendorf, Mühlen, Quakenbrück, Krimpenfort und Vechta	

Tabelle 18: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse, Linienbündel Vm+ Mitte

Vechta moobil+ Nord

Nachfolgende Karte zeigt die Linienverläufe und die Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse für das Linienbündel Vm+ Nord. Wichtige Kennwerte und die am stärksten frequentierten Haltestellen sind der angrenzenden Tabelle aufgelistet.

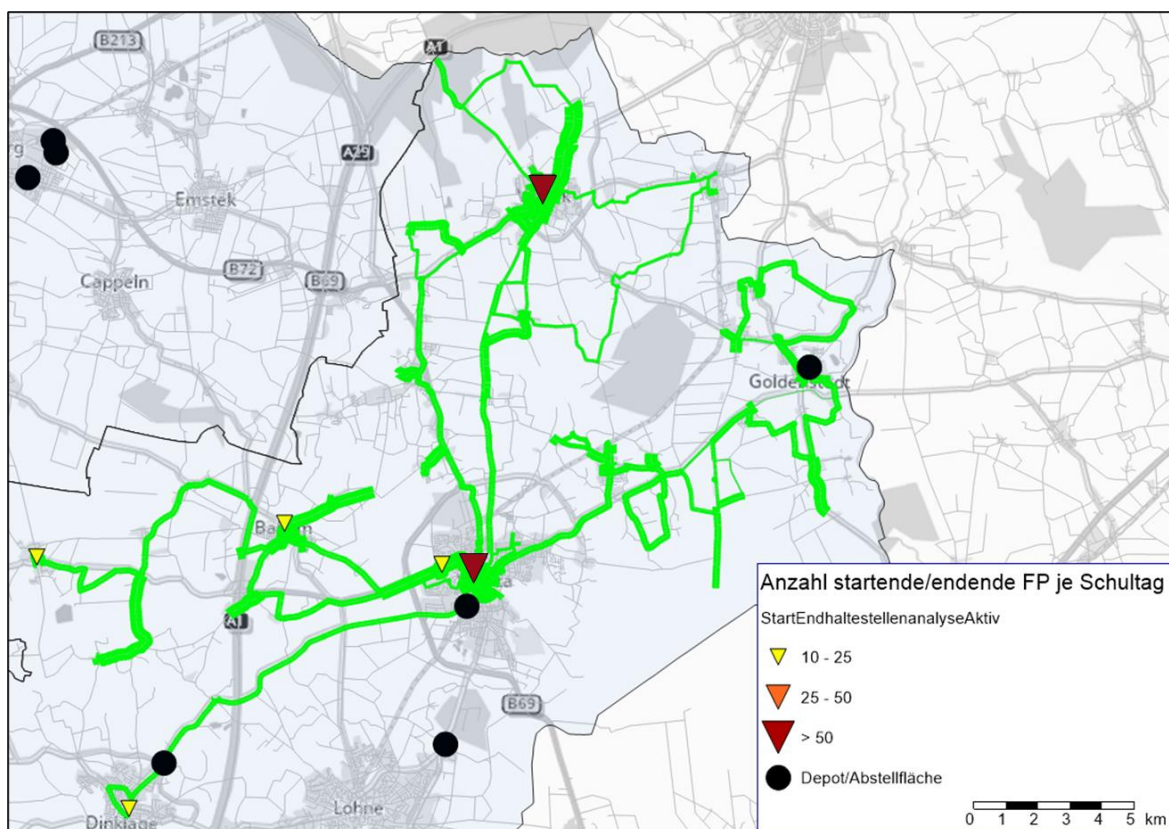


Abbildung 29: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel Vm+ Nord.

Bündel		V_m+ Nord
Aufgabenträger	Lkr. Vechta	
Laufzeit	von 01.10.2030 bis 30.09.2040	
Linien	630, 642, 697, 698	
Kennwerte je Schultag (Donnerstag)	Anzahl Ppf. 97 Fp-Kilometer 1.100	
zu prüfende Start-/Endhaltestellen [>10 An-/Abfahrten]	Vechta ZOB Visbek Markt Vechta Famila-Markt Lüsche(Kr Vechta) Post Bakum(Kr Vechta) Rathaus Dinklage Rathausplatz	
Zu prüfende Orte für Zwischenladungen	Vechta, Visbek, Lüsche, Bakum und Dinklage	

Tabelle 19: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse, Linienbündel Vm+ Nord

Vechta mobil+ Süd

Nachfolgende Karte zeigt die Linienverläufe und die Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse für das Linienbündel Vm+ Süd. Wichtige Kennwerte und die am stärksten frequentierten Haltestellen sind der angrenzenden Tabelle aufgelistet.

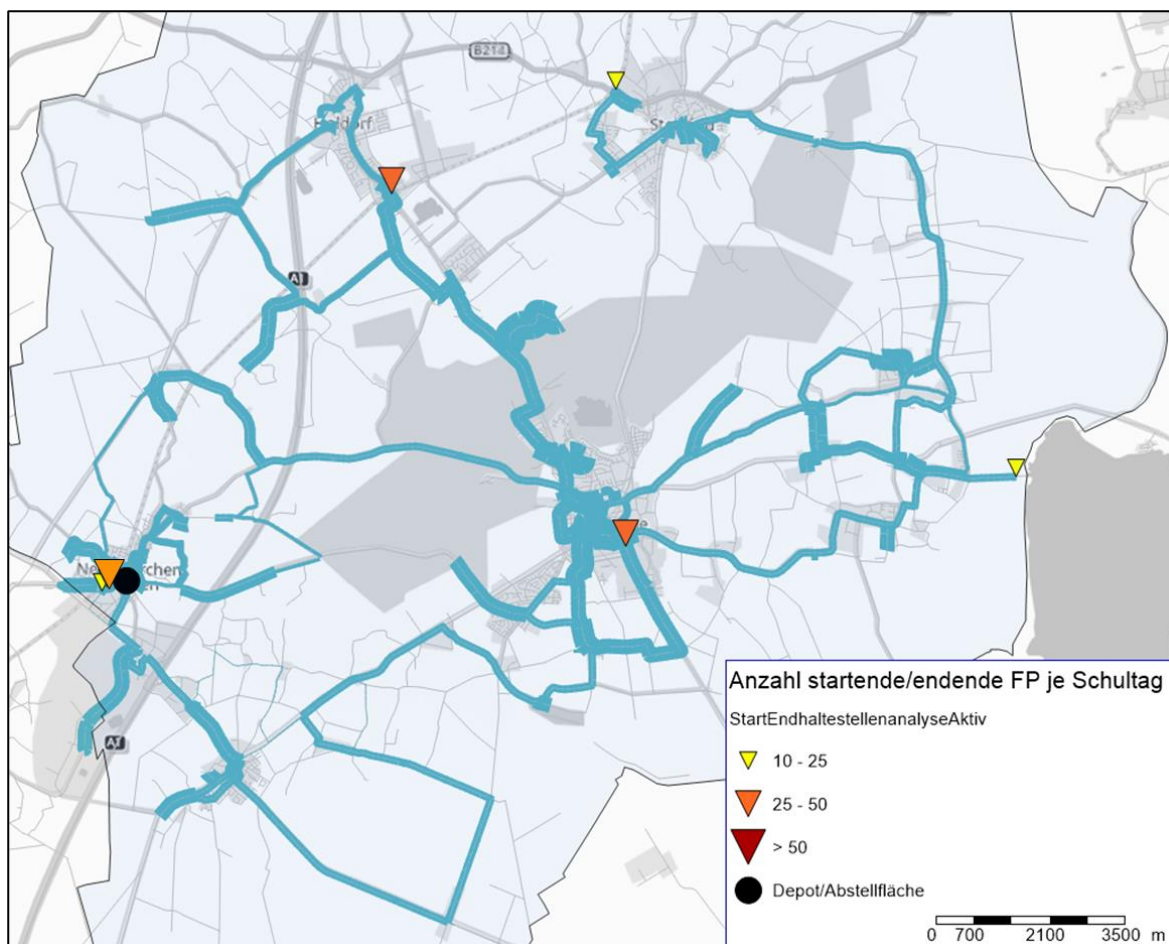


Abbildung 30: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, Linienbündel Vm+ Süd

Bündel		V_m+ Sued
Aufgabenträger		Lkr. Vechta
Laufzeit		von 01.10.2030
		bis 30.09.2040
Linien		625, 635, 655
Kennwerte je Schultag (Donnerstag)	Anzahl Ppf.	57
	Fp-Kilometer	1.200
zu prüfende Start-/Endhaltestellen [>10 An-/Abfahrten]		Holdorf(Niedersachs) Bahnhof Damme(Dümmer) Fa. Grimme/ZF Neuenkirchen(Oldb) Bahnhof Dümmerlohausen Olgahafen Steinfeld(Oldb) Bahnhof
Zu prüfende Orte für Zwischenladungen		Holdorf, Damme, Neuenkirchen, Dümmerlohausen, Steinfeld

Tabelle 20: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse, Linienbündel Vm+ Süd

2.5.2.3 Landesbedeutsame Linie OM1

Nachfolgende Karte zeigt die Linienvläufe und die Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse für die Linie OM1. Wichtige Kennwerte und die am stärksten frequentierten Haltestellen sind der angrenzenden Tabelle aufgelistet.

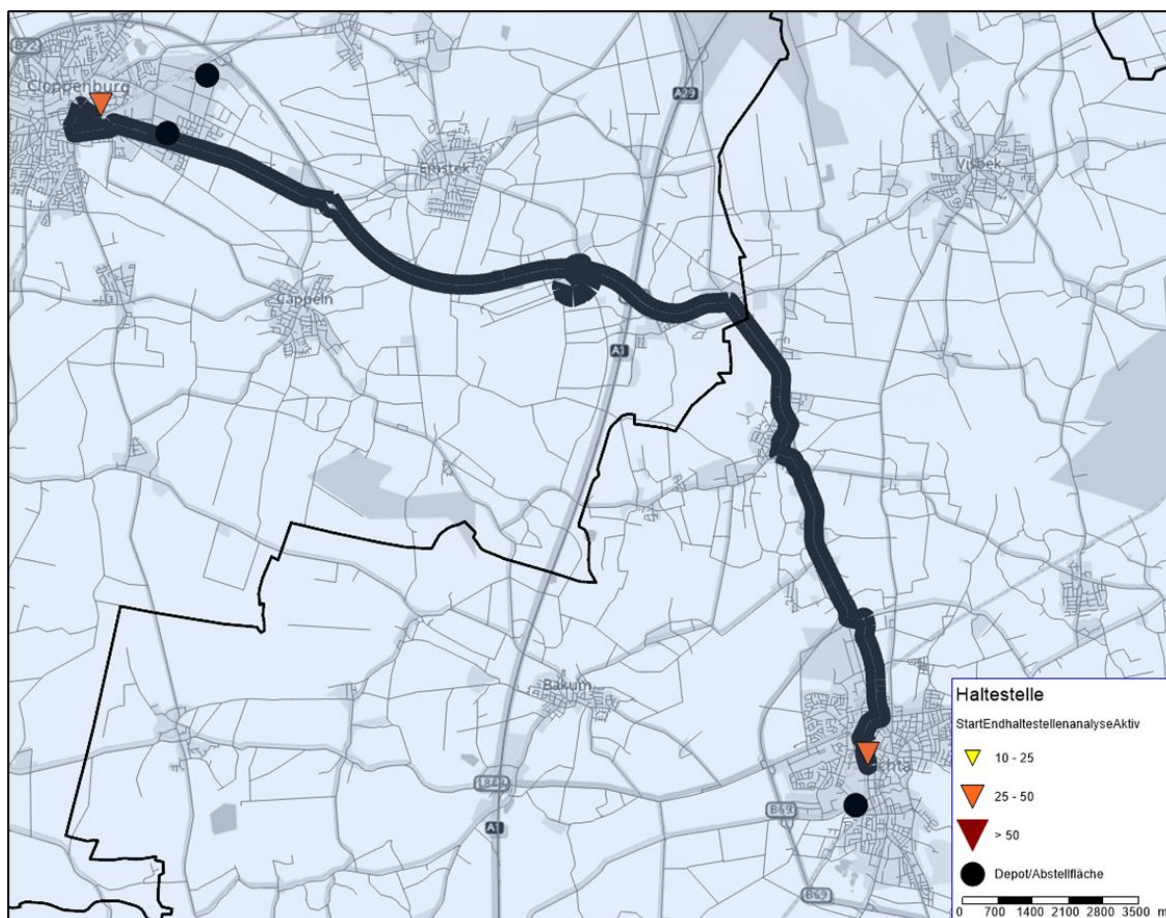


Abbildung 31: Liniennetzkarte und Endhaltestellenanalyse, landesbedeutsame Linie OM1

Bündel		OM1
Aufgabenträger	Lkr. Vechta & Lkr. Cloppenburg	
Laufzeit	von 01.12.2033	
	bis 30.11.2043	
Linien	OM1	
Kennwerte je Schultag (Donnerstag)	Anzahl Fpf.	37
	Fp-Kilometer	1.000
zu prüfende Start-/Endhaltestellen [>10 An-/Abfahrten]	Cloppenburg Bahnhof Vechta ZOB	
Zu prüfende Orte für Zwischenladungen	Cloppenburg und Vechta	

Tabelle 21: Kennwerte und Ergebnisse der Start-/Endhaltestellenanalyse, landesbedeutsame Linie OM1

2.6 Workshop

Nach Abschluss der Grundlagenermittlung wurde ein halbtägiger Workshop in Cloppenburg durchgeführt, an dem neben dem Gutachter und Vertretern der beiden Landkreise auch Vertreter von örtlichen Busunternehmen und des Netzbetreibers (Strom) teilgenommen haben.

➤ Ziele des Workshops:

- „Stimmungsfrage“ zur allgemeinen Zusammenarbeit:
 - Wie viel Unterstützung (ohne finanzielle Hilfen) wünschen sich die Verkehrsunternehmen?
 - Was wird vom Aufgabenträger erwartet?
 - Was können / wollen die Aufgabenträger leisten?
- Vernetzung der Akteure
- Know-How Aufbau
- Herausarbeiten von Synergiemöglichkeiten:
 - gemeinsamer Aufbau und gemeinsame Nutzung von Lade- / Tankinfrastruktur
 - gemeinsamer Einkauf von Fahrzeugen
 - gemeinsamer Einkauf von Ladeinfrastruktur
- Herausarbeiten der jeweiligen Herausforderungen und Handlungsmöglichkeiten in Bezug auf die Antriebswende
- Aufzeigen von gleichen / gemeinsamen Herausforderungen

➤ Durchführung des Workshops

- Die TTK hielt einen Inputvortrag zu den bisherigen Studienergebnissen, den grundlegenden Herausforderungen und den gesetzlichen Vorschriften zum Thema alternative Antriebe und Saubere-Fahrzeuge-Beschaffungs-Gesetz. Ein Fokus stellte die Anwendbarkeit der gesetzlichen Vorgaben auf die Landkreise dar, insbesondere im Zusammenhang mit dem Einsatz von sogenannten „Überlandbussen“ (Fahrzeugklasse M3, II).
- Die Workshop-Teilnehmer diskutierten sowohl in Kleingruppen (Gruppenarbeit, siehe Abbildung 32) als auch in großer Runde die oben genannten Ziele des Workshops.

➤ Ergebnisse der Gruppenarbeit:

Herausforderung	Lösungen
Ausarbeitung Ladestrategie: zentral oder dezentrale Ladepunkte & Standortfrage in Bezug auf neue Betriebshöfe	<ul style="list-style-type: none"> • zentrale Standorte je Bündel sinnvoller als dezentrale Ladepunkte; geeignete Standorte nahe bestehenden Stromleitungen müssen identifiziert werden • falls sinnvoll, können Ladepunkte an den Haltestellen ergänzt werden
sehr hohe Kosten	<ul style="list-style-type: none"> • Synergien durch zentralen Einkauf schaffen & Weiterberechnung an die VU • „höherer monetärer Einsatz des AT“
Verfügbarkeit von Fahrzeugen – allgemein sowie in Bezug auf pünktliche Leistungsaufnahme	<ul style="list-style-type: none"> • technische Entwicklungen abwarten („Wir müssen nicht die ersten sein“) • längere Umsetzungsfristen bei Ausschreibungen / Gewährung von Übergangsfristen

Tabelle 22: Zusammenfassung Gruppenarbeit

➤ Ergebnisse des Workshops:

- Grundsätzlich besteht eine Bereitschaft zur gemeinsamen Nutzung von Ladeinfrastruktur durch die Verkehrsunternehmen.
- Die meisten Verkehrsunternehmen wünschen sich eine Bereitstellung von Ladeinfrastruktur durch die Aufgabenträger.
- Grundsätzlich bestand bei allen Teilnehmenden die Bereitschaft zur Kooperation.
- Die Erreichung des Minimalziels zur Erfüllung der Mindestvorgaben des Saubere-Fahrzeuge-Beschaffungs-Gesetzes steht im Vordergrund.



Abbildung 32: Gemeinsamer Workshop in Cloppenburg

3 Entwicklung technischer Szenarien

In diesem Arbeitsschritt wurden alle aktuellen und zukünftig geplanten Buslinien, deren Verkehrsleistung von den Landkreisen bestellt wird, auf ihre Eignung für einen E-Bus-Betrieb untersucht.

3.1 Methodik

3.1.1 Simulationsparameter emissionsfreier Fahrzeuge

In dem in Abschnitt 2.5.1.1 erstellten Untersuchungsmodell, in der Software PTV Visum, wird der Energiebedarf der emissionsfreien Fahrzeuge berechnet. Dazu fließen weitere Parameter, wie Fahrzeugtypen und Umgebungsvariablen (Außentemperatur, Besetzungsgrad der Fahrzeuge, Ø-Gewicht der Passagiere) in die Analyse ein. In nachfolgender Tabelle sind diese aufgeführt:

Parameter		Batterie	Brennstoffzelle	
		allg.		-10°C
Worst Case Außentemperatur (gilt für den ganzen Tag)		vollständiger Stopp an den Haltestellen sowie bei jedem Abbiegevorgang		
Fahrprofil (=Häufigkeit der kompletten Haltevorgänge)		mind 20 km bei Einfahrt ins Depot		
Restreichweite am Ende des Umlaufs simulierter Tag		Donnerstag		
Klima / Heizung im Fahrzeug		elektrisch	elektrisch (inkl. Abwärme der BZ)	
Auslastung der Fahrzeuge		4 Personen pro m2 (1 Person á 80 kg)		
Fahrzeug	Kleinbus/Sprinter (6 Meter)	Batteriekapazität (End-of-Life)	90 kWh	noch keine Marktreife
		Tankgröße		
		Ladetechnik	Kabel	
		Leergewicht	2.800 kg	
	Midibus (6 Meter)	Batteriekapazität (End-of-Life)	100 kWh	noch keine Marktreife
		Tankgröße		
		Ladetechnik	Kabel	
		Leergewicht	3.600 kg	
	Solobus (12 Meter)	Batteriekapazität (End-of-Life)	380 kWh	37 kg Tankstelle 12.800 kg
		Tankgröße		
		Ladetechnik	Pantograph / Kabel	
		Leergewicht	13.440 kg	
Gelenkbus (18 Meter)	Batteriekapazität (End-of-Life)	525 kWh	51 kg Tankstelle 17.900 kg	
	Tankgröße			
	Ladetechnik	Pantograph / Kabel		
	Leergewicht	18.800 kg		
Ladestrategie		nachts und bei längeren Pausen		
Ladeleistung		150 kw (Fahrzeugseitig ist dann Pantograph oder Kabel möglich)		
Ladewirkungsgrad		85%		
Tankleistung / Minute		4 kg		
An-/Abrüstzeit		jeweils 2 Minuten		

Tabelle 23: Simulationsparameter alternative Antriebe

Für die Simulation wurde für jedes Linienbündel in fiktives Depot angenommen. Dieses ist so platziert, dass es im Durchschnitt ~15 km von den Start-/Endhaltestellen entfernt ist.

3.1.2 Betrachtete Szenarien

In ersten Arbeitsschritt wurden die Basisumläufe mit HVO100 betriebenen Verbrennerfahrzeugen gebildet, welche das Referenzszenario darstellen. In einem zweiten Arbeitsschritt wurden auf diese Basisumläufe der Einsatz emissionsfreier Technologien (Batterie und/oder Brennstoffzellen) angewendet. Je nach Szenario betrifft dies alle Umläufe (Szenario 2) oder nur ein, in Tabelle 2 und Tabelle 3, definierter Anteil (Szenario 1).

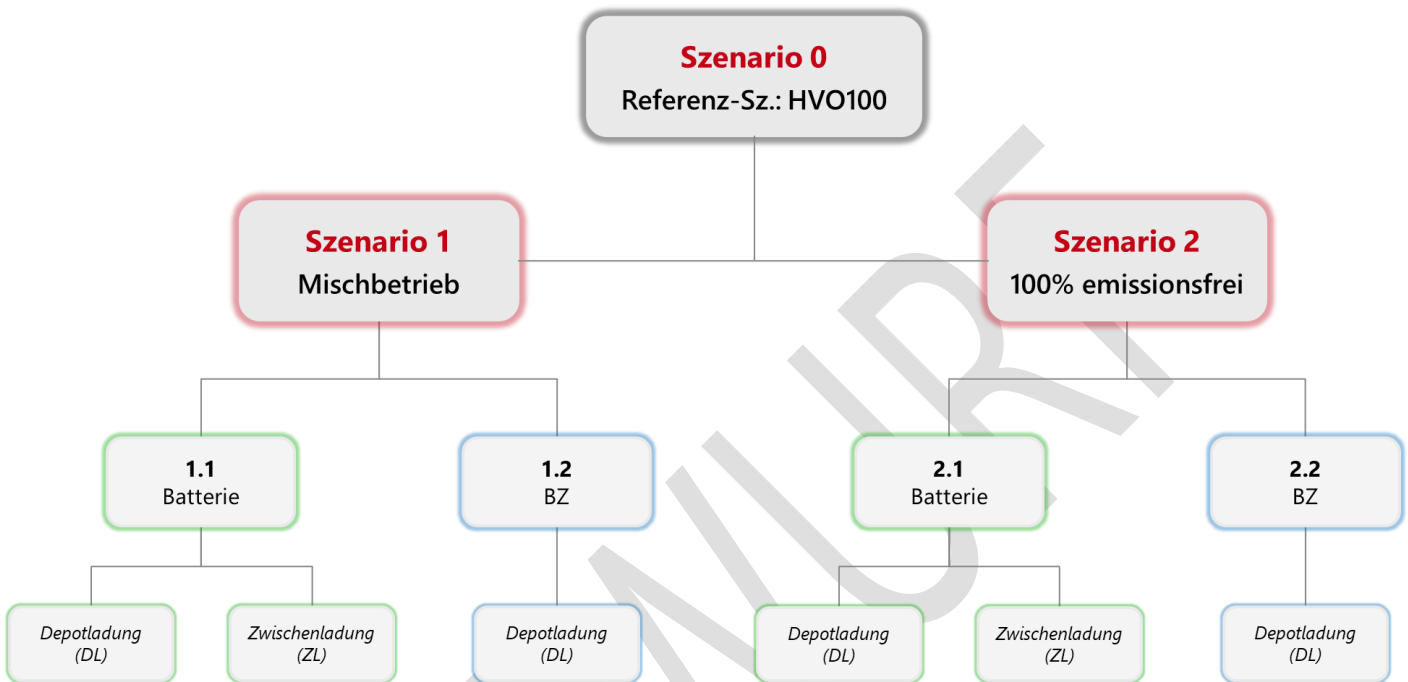


Abbildung 33: Betrachtete Szenarien

Es werden als erstes die technischen Varianten der vollständigen Umstellung (Szenario 2) untersucht. In **Szenario 2.1** findet dabei eine vollständige Umstellung auf batterieelektrische Fahrzeuge statt. Für untertägige Zwischenladevorgänge bestehen hierbei zwei Möglichkeiten:

1. In der Variante „**Depotladung (DL)**“ werden die Fahrzeuge nachts und untertägig nur in den Depots geladen.
2. In der Variante „**Zwischenladung (ZL)**“ finden die Ladevorgänge sowohl nachts und untertägig in den Depots, als auch untertägig an geeigneten Endhaltestellen statt.

In **Szenario 2.2** wird eine vollständige Umstellung auf Brennstoffzellenfahrzeuge (BZ) untersucht. Die Tankvorgänge finden hier ausschließlich in den fiktiven Depots statt.

Die Umstellung der Busflotte entsprechend in Tabelle 2 und Tabelle 3 festgelegten Quoten (Szenario 1) wird aus Szenario 2 abgeleitet. In des Szenario 1 werden neben den emissionsfreien Antrieben auch immer mit HVO100 betriebene Verbrennerfahrzeuge eingesetzt. In **Szenario 1.1** findet ein Mischbetrieb von Batterie- und HVO100-Verbrennerfahrzeuge statt, der die Vorgaben der CVD bzw. des SaubFahrzeugBeschG (siehe Kapitel 3.1.2) mindestens erfüllt. Für die Ladevorgänge der Batteriefahrzeuge bestehen hierbei erneut die selben zwei Möglichkeiten wie zuvor in Szenario 2. In **Szenario 1.2** wird ein Mischbetrieb von BZ- und HVO100-Verbrennerfahrzeuge untersucht, der die Vorgaben der CVD bzw. des SaubFahrzeugBeschG (siehe Kapitel 3.1.2) mindestens erfüllt. Die Tankvorgänge der BZ-Fahrzeuge finden auch hier im Depot statt.

Nachfolgende Tabellen zeigen die Anzahl der umzustellenden Fahrzeuge der einzelnen Linienbündeln, im Zusammenhang mit deren Startzeitpunkten. Für die Untersuchung des Mischbetriebs (emissionsfreie und emissionsarme Fahrzeuge) werden die in Tabelle 2 und Tabelle 3 festgelegten Quoten auf die im Referenzszenario (Tabelle 26) ermittelten Fahrzeugbedarfe angewendet (Hinweis: die Quoten gehen über die zum Stand der Studie geltenden gesetzlichen Mindestvorgaben hinaus – siehe Kapitel 2.1.2). Die Ansetzung der Quoten erfolgt bündelscharf, um für jedes Linienbündel unabhängige Ergebnisse zu ermitteln.

■ Zu erreichende Quote an emissionsfreien Fahrzeugen gemäß CVD ■ Aktuell keine Anforderungen nach CVD, aber Anforderungen durch Folgeeregungen wahrscheinlich

Linienbündel	Fahrzeugklasse	Beginn neuer Verkehrsvertrag									
		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
C01	M3, Klasse II					4					
C02	M3, Klasse II										5
C03	M3, Klasse II		12								
C04	M3, Klasse II				5						
Cm+ Nord	M1				2						
Cm+ Ost	M1				2						
Cm+ Stadt	M1				3						
Cm+ West	M1				2						
965	M3, Klasse II						1				
OM1	M3, Klasse II								1		

Tabelle 24: Anzahl emissionsfreie Fahrzeuge je Linienbündel bei bündelscharfer Umstellung nach festgelegter Quote im Landkreis Cloppenburg

Linienbündel	Fahrzeugklasse	Beginn neuer Verkehrsvertrag										
		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
V01 Nord	M3, Klasse II						6					
V02 Mitte	M3, Klasse II						5					
V03 Süd	M3, Klasse II											5
Vm+ Mitte	M1					2						
Vm+ Nord	M1					2						
Vm+ Süd	M1					2						
Vechta Stadt	M1		2									
606	M3, Klasse II										1	

Tabelle 25: Anzahl emissionsfreie Fahrzeuge je Linienbündel bei bündelscharfer Umstellung nach festgelegter Quote im Landkreis Vechta

3.1.3 Auswahl der Endhaltestellen zur Zwischenladung

Im Rahmen der ÖPNV-Analyse wurde eine Endhaltestellenanalyse durchgeführt (Kapitel 2.5.2). Dabei wurden für jedes Linienbündel die Endhaltestellen identifiziert, an denen die meisten Fahrplanfahrten starten und enden. Sollte bei der folgenden Umstellung der Basisumläufe auf emissionsfreie Antriebe ein Umlauf aufgrund mangelnder Reichweite der Fahrzeuge nicht ohne Fahrzeugmehrbedarf umgestellt werden, kann eine Zwischenladung (ZL) ggf. Abhilfe schaffen. Die letztendliche Auswahl der Haltestellen wurde unter Maximierung der Synergienutzung mit anderen Linienbündeln getroffen. Das Ergebnis ist ein minimaler Infrastrukturaufwand mit maximalem Nutzen.

3.2 Ergebnisse Referenzszenario HVO100

Als Grundlage der Umstellung auf alternative Antriebe, wurde ein emissionsarmes Referenzszenario gebildet, in dem von einem Betrieb des Busverkehrs in den Landkreisen Cloppenburg und Vechta mit HVO100 betriebenen Verbrennerfahrzeugen ausgegangen wird.

Dazu wurden mittels der spezialisierten Optimierungssoftware (PTV Visum) Basisumläufe (siehe Anhänge 01, 02 und 03) gebildet, welche den Status Quo der Landkreise näherungsweise abbilden. In der nachfolgenden Tabelle werden die relevanten Kennwerte dieser Basisumläufe, aggregiert auf Ebene der Linienbündel) aufgelistet.

Lkr.	Bündel	Anzahl Linien	Laufzeit		Emissionsfrei	Emissionsarm / HVO	Kennwerte je Schultag (Donnerstag)				Anzahl Umläufe (=Fzg.)				
			von	bis			Fp.-km	Leer-km	Anteil Leer-km an Gesamt-km	Anzahl Fpf.	Sprinter	Midi	Solo	G-Kom	Σ
CLP	C_01	6	01.07.2030	- 30.06.2040	22,5%	77,5%	1.800	600	25%	87		2	8	5	15
CLP	C_02	8	01.09.2035	- 31.08.2045	22,5%	77,5%	2.500	1.300	34%	140		2	13	5	20
CLP	C_03	17	01.08.2027	- 31.07.2037	22,5%	77,5%	5.400	3.100	36%	254	1		31	17	49
CLP	C_04	9	01.08.2029	- 31.07.2039	22,5%	77,5%	5.100	2.000	28%	188			19	13	32
CLP	C_m+ Nord	3	01.04.2029	- 31.03.2039	32,5%	67,5%	1.100	100	8%	43	2	2			4
CLP	C_m+ Ost	4	01.04.2029	- 31.03.2039	32,5%	67,5%	1.200	100	8%	59	3	1			4
CLP	C_m+ Stadt	4	01.04.2029	- 31.03.2039	32,5%	67,5%	1.200	200	14%	214	4	4			8
CLP	C_m+ West	4	01.04.2029	- 31.03.2039	32,5%	67,5%	1.300	100	7%	57	3	1			4
CLP	965	1	01.01.2031	- 31.12.2040	22,5%	77,5%	200	100	33%	6			3		3
CLP & VEC	OM1	1	01.12.2033	- 30.11.2043	22,5%	77,5%	1.000	100	9%	37			2		2
VEC	606	1	01.12.2031	- 30.11.2040	22,5%	77,5%	600	100	14%	34			2		2
VEC	V_01 Nord	12	01.05.2031	- 30.04.2041	22,5%	77,5%	1.900	1.100	37%	100	2		15	7	24
VEC	V_02 Mitte	9	01.05.2031	- 30.04.2041	22,5%	77,5%	1.700	1.000	37%	103			12	8	20
VEC	V_03 Sued	9	01.09.2036	- 31.08.2046	32,5%	67,5%	1.800	1.200	40%	98			10	11	21
VEC	V_m+ Mitte	8	01.10.2030	- 30.09.2040	32,5%	67,5%	1.800	300	14%	152	4	2			6
VEC	V_m+ Nord	4	01.10.2030	- 30.09.2040	32,5%	67,5%	1.100	100	8%	97	1	3			4
VEC	V_m+ Sued	3	01.10.2030	- 30.09.2040	32,5%	67,5%	1.200	100	8%	57	4				4
VEC	V_Stadt	4	01.01.2027	- 31.12.2036	32,5%	67,5%	900	100	10%	52		4			4
			Cloppenburg		27%	73%	19.800	7.600	28%	1.048	13	12	74	40	139
			Vechta		29%	71%	11.000	4.000	27%	693	11	9	39	26	85
			Gemeinsam		23%	78%	1.000	100	9%	37	0	0	2	0	2
	Summe														

Tabelle 26: Relevante Kennwerte der Basisumläufe im Referenzszenario

Nach Simulation der Basisumläufe werden unter den getroffenen Annahmen im Landkreis

- ❖ Cloppenburg 139 Fahrzeuge (=Umläufe), zzgl. Reserve
- ❖ und in Vechta 85 Fahrzeuge (=Umläufe), zzgl. Reserve, benötigt.
- ❖ Die landesbedeutsame Linie OM1 benötigt 2 Fahrzeuge (=Umläufe), zzgl. Reserve.

3.3 Ergebnisse emissionsfreie / -arme Szenarien

Oberstes Ziel ist immer, die Umstellung auf alternative Antriebe mit möglichst geringem Mehrbedarf (Fahrzeuge, Personal, Leerkilometer) zu ermöglichen (zum Stand der Studie Q2, 2025).

Gemäß Beschluss im Arbeitskreis der Studie wird für die moobil+ Bündel keine Planung mit BZ-Fahrzeugen durchgeführt, da aktuell und absehbar keine Fahrzeuge (Sprinter / Midibusse) auf dem Markt verfügbar sind.



3.3.1 Mischbetrieb

Durch die anteilige Umstellung auf alternative Antriebe (Mischbetrieb) verändert sich der Fahrzeugbedarf wie folgt.

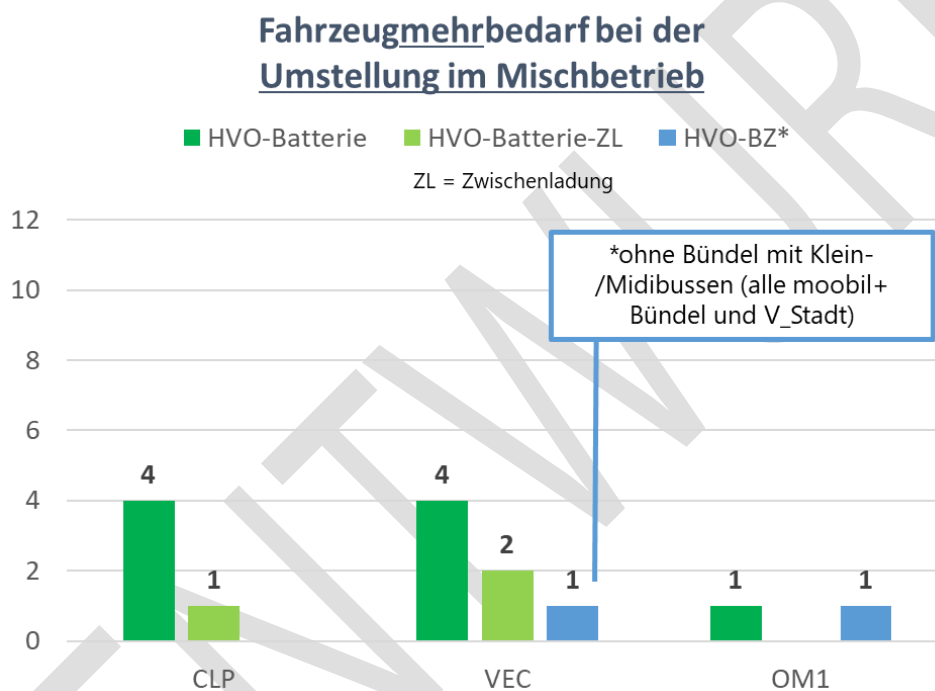


Abbildung 34: Fahrzeugmehrbedarf bei anteiliger Umstellung auf emissionsfreie Fahrzeuge

Bei einer Umstellung nach den festgelegten, bündelscharfen Quoten ist der Mehrbedarf an Fahrzeugen ggü. einer 100 % Umstellung (vgl. Abbildung 35) deutlich geringer. Zwischenlademöglichkeiten an ausgewählten Haltestellen reduzieren den Mehrbedarf deutlich.

Weitere Einsparungseffekte wären bei bündelübergreifender Erfüllung der Quoten für die moobil+ Bündel möglich.

Nachfolgende Tabelle listet die Konzessionslaufzeiten, angesetzten Umstellungsquoten und Fahrzeugbedarfe der einzelnen Szenarien auf. Letztere sind aufgeschlüsselt auf die jeweiligen Antriebsarten und Fahrzeugtypen.

Lkr.	Bündel	Anzahl Linien	Laufzeit		Quoten		HVO					Mischbetrieb HVO-Batterie					Mischbetrieb HVO-Batterie-ZL					Mischbetrieb HVO-BZ*																
			von	bis	Emissionsfrei	Emissionsarm / HVO	Anzahl Umläufe (=Fzg.)					Anzahl Umläufe (=Fzg.)					Anzahl Umläufe (=Fzg.)					Anzahl Umläufe (=Fzg.)																
			Sprinter	Midi	Solo	G-Kom	Σ	Sprinter HVO	Sprinter Batterie	Midi HVO	Midi Batterie	Solo HVO	Solo Batterie	G-Kom HVO	G-Kom Batterie	Σ	Sprinter HVO	Sprinter Batterie	Midi HVO	Midi Batterie	Solo HVO	Solo Batterie	G-Kom HVO	G-Kom Batterie	Σ	Sprinter HVO	Sprinter BZ	Midi HVO	Midi BZ	Solo HVO	Solo BZ	G-Kom HVO	G-Kom BZ	Σ				
CLP	C01	6	01.07.2030	- 30.06.2040	22,5%	77,5%	2	8	5	15			2		4	4	5		15			2		4	4	5		15			2		3	5	5		15	
CLP	C02	8	01.09.2035	- 31.08.2045	22,5%	77,5%	2	13	5	20			2		8	5	5		20			2		8	5	5		20			2		8	5	5		20	
CLP	C03	17	01.08.2027	- 31.07.2037	22,5%	77,5%	1		31	17	49			1		19	12	17		49			1		19	12	17		49			1		15	16	17		49
CLP	C04	9	01.08.2029	- 31.07.2039	22,5%	77,5%			19	13	32					11	8	13		32					11	8	13		32					8	11	13		32
CLP	Cm+ Nord	3	01.04.2029	- 31.03.2039	32,5%	67,5%	2	2		4			1	2	2				5			2		2				4			aufgrund fehlender H2-Busse in dieser Gefäßgröße keine Umstellung möglich							
CLP	Cm+ Ost	4	01.04.2029	- 31.03.2039	32,5%	67,5%	3	1		4			3		2			5			2	1	1				4											
CLP	Cm+ Stadt	4	01.04.2029	- 31.03.2039	32,5%	67,5%	4	4		8			2	3	4				9			1	3	4				8										
CLP	Cm+ West	4	01.04.2029	- 31.03.2039	32,5%	67,5%	3	1		4			3		2			5			3		2				5											
CLP	965	1	01.01.2031	- 31.12.2040	22,5%	77,5%			3	3					2	1		3					2	1			3					2	1			3		
CLP & VEC	OM1	1	01.12.2033	- 30.11.2043	22,5%	77,5%			2	2					2	1		3					1	1			2					2	1			3		
VEC	606	1	01.12.2031	- 30.11.2040	22,5%	77,5%			2	2					2	1		3					1	1			2					2	1			3		
VEC	V01 Nord	12	01.05.2031	- 30.04.2041	22,5%	77,5%	2		15	7	24			2		9	6	7	24			2		9	6	7		24			2		7	8	7		24	
VEC	V02 Mitte	9	01.05.2031	- 30.04.2041	22,5%	77,5%			12	8	20					7	5	8	20					7	5	8		20					5	7	8		20	
VEC	V03 Sued	9	01.09.2036	- 31.08.2046	32,5%	67,5%			10	11	21					3	7	11	21					3	7	11		21					3	7	11		21	
VEC	Vm+ Mitte	8	01.10.2030	- 30.09.2040	32,5%	67,5%	4	2		6			4		3			7			4		2			6												
VEC	Vm+ Nord	4	01.10.2030	- 30.09.2040	32,5%	67,5%	1	3		4			1	3	2	2		5			1		2	2		5												
VEC	Vm+ Sued	3	01.10.2030	- 30.09.2040	32,5%	67,5%	4			4			2	2				4			2	2				4												
VEC	VStadt	4	01.01.2027	- 31.12.2036	32,5%	67,5%			4	4					3	2		5					3	2		5												
			Cloppenburg		27%	73%	13	12	74	40	139	10	5	10	4	44	30	40	0	143	9	4	8	5	44	30	40	0	140	1	0	4	0	36	38	40	0	119
			Vechta		29%	71%	11	9	39	26	85	9	2	5	7	21	19	26	0	89	9	2	5	6	20	19	26	0	87	2	0	0	0	17	23	26	0	68
			OM1		23%	78%	0	0	2	0	2	0	0	0	0	2	1	0	0	3	0	0	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	2	1	0	0	3

Tabelle 27: Fahrzeugbedarf im Mischbetrieb

Für Szenarien mit Zwischenladung an Endhaltestellen (ZL) sind folgende Haltestellen als Bedarf für Ladepunkte identifiziert und angenommen worden.

Landkreis	Standort	Anzahl Ladepunkte und Fzg.-Typ
Cloppenburg	Cloppenburg Bahnhof	3 (Sprinter/Midibus) & 1 (Solobus)
	Peheim Ort	1 (Sprinter/Midibus)
Vechta	Vechta ZOB	1 (Sprinter/Midibus) & 1 (Solobus)
	Damme ZOB	1 (Sprinter/Midibus)
	Lohne Bahnhof	1 (Sprinter/Midibus)

Tabelle 28: Endhaltestellen zur Zwischenladung (ZL) im Mischbetrieb HVO100-Batterie

3.3.2 100 %

Durch die 100 %- Umstellung auf alternative Antriebe auf batterieelektrische und Brennstoffzellenfahrzeuge verändert sich der Fahrzeugbedarf wie folgt.

Fahrzeugmehrbedarf bei einer 100% Umstellung

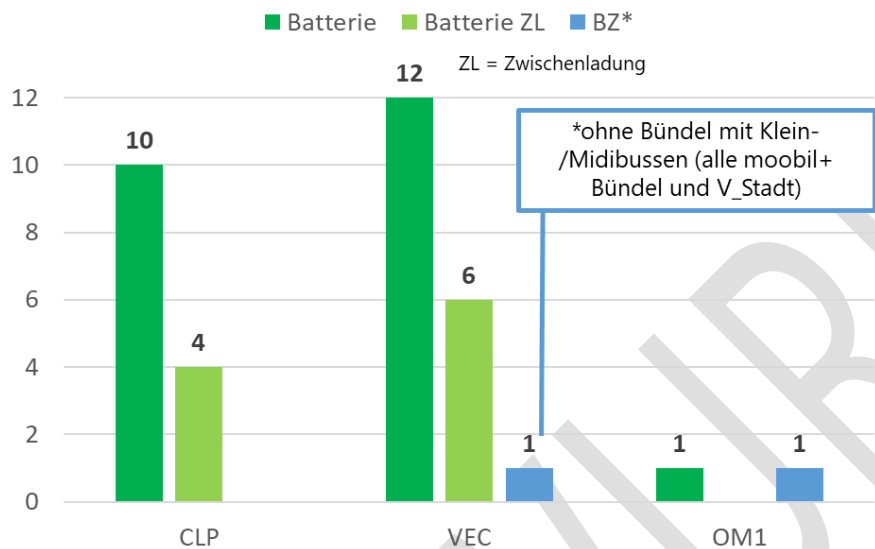


Abbildung 35: Fahrzeugmehrbedarf bei 100 % Umstellung auf emissionsfreie Fahrzeuge

Die vollständige Umstellung auf Brennstoffzellenfahrzeuge ist, aufgrund der zum Stand der Studie nicht existierenden Kleinbusse, nicht möglich. Der Bedarf an Mehrfahrzeugen entspringt vollständig den Landesbedeutsamen Linien (606 und OM1). Die „regulären“ Linienbündel lassen sich aufgrund der meist geringen täglichen Kilometerleistung und zahlreichen untertäglich verfügbaren Ladepausen ohne Fahrzeugmehrbedarf auf Brennstoffzellenbusse umstellen.

Bei der vollständigen Umstellung auf batterieelektrische Fahrzeuge werden in beiden Landkreisen Mehrfahrzeuge benötigt. Durch die Möglichkeit der Zwischenladung an ausgewählten Endhaltestellen lässt sich der Fahrzeugmehrbedarf erheblich reduzieren.

Landkreis	Standort	Anzahl Ladepunkte und Fzg.-Typ
Cloppenburg	Cloppenburg Bahnhof	5 (Sprinter/Midibus) & 1 (Solobus)
	Cloppenburg Marktplatz	1 (Sprinter/Midibus)
	Cloppenburg Hook	1 (Sprinter/Midibus)
	Garrel Kirche	1 (Sprinter/Midibus)
	Peheim Ort	1 (Sprinter/Midibus)
Vechta	Vechta ZOB	2 (Sprinter/Midibus) & 1 (Solobus)
	Damme ZOB	1 (Sprinter/Midibus)
	Lohne Bahnhof	1 (Sprinter/Midibus)

Tabelle 29: Endhaltestellen zur Zwischenladung (ZL) bei vollständiger Umstellung auf emissionsfreie Fahrzeuge

Lkr.	Bündel	Anzahl Linien	Laufzeit		Quoten		HVO					100 % Batterie					100 % Batterie ZL					100 % BZ*									
			von	bis	Emissionsfrei	Emissionsarm / HVO	Anzahl Umläufe (=Fzg.)					Anzahl Umläufe (=Fzg.)					Anzahl Umläufe (=Fzg.)					Anzahl Umläufe (=Fzg.)									
			Sprinter	Midi	Solo	G-Kom	Σ	Sprinter	Midi	Solo	G-Kom	Σ	Sprinter	Midi	Solo	G-Kom	Σ	Sprinter	Midi	Solo	G-Kom	Σ	Sprinter	Midi	Solo	G-Kom	Σ				
CLP	C01	6	01.07.2030	- 30.06.2040	22,5%	77,5%																									
CLP	C02	8	01.09.2035	- 31.08.2045	22,5%	77,5%																									
CLP	C03	17	01.08.2027	- 31.07.2037	22,5%	77,5%																									
CLP	C04	9	01.08.2029	- 31.07.2039	22,5%	77,5%																									
CLP	Cm+ Nord	3	01.04.2029	- 31.03.2039	32,5%	67,5%																									
CLP	Cm+ Ost	4	01.04.2029	- 31.03.2039	32,5%	67,5%																									
CLP	Cm+ Stadt	4	01.04.2029	- 31.03.2039	32,5%	67,5%																									
CLP	Cm+ West	4	01.04.2029	- 31.03.2039	32,5%	67,5%																									
CLP	965	1	01.01.2031	- 31.12.2040	22,5%	77,5%																									
CLP & VEC	OM1	1	01.12.2033	- 30.11.2043	22,5%	77,5%																									
VEC	606	1	01.12.2031	- 30.11.2040	22,5%	77,5%																									
VEC	V01 Nord	12	01.05.2031	- 30.04.2041	22,5%	77,5%																									
VEC	V02 Mitte	9	01.05.2031	- 30.04.2041	22,5%	77,5%																									
VEC	V03 Sued	9	01.09.2036	- 31.08.2046	32,5%	67,5%																									
VEC	Vm+ Mitte	8	01.10.2030	- 30.09.2040	32,5%	67,5%																									
VEC	Vm+ Nord	4	01.10.2030	- 30.09.2040	32,5%	67,5%																									
VEC	Vm+ Sued	3	01.10.2030	- 30.09.2040	32,5%	67,5%																									
VEC	VStadt	4	01.01.2027	- 31.12.2036	32,5%	67,5%																									
			Cloppenburg		27%	73%	13	12	74	40	139	19	16	74	40	149	17	12	73	40	142	4	0	-1	0	3	1	4	74	40	119
			Vechta		29%	71%	11	9	39	26	85	16	15	40	26	97	15	11	39	26	91	4	2	0	0	6	2	0	40	26	68
			OM1		23%	78%	0	0	2	0	2	0	0	3	0	3	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3

aufgrund fehlender H2-Busse in dieser Gefäßgröße keine Umstellung möglich

aufgrund fehlender H2-Busse in dieser Gefäßgröße keine Umstellung möglich

Tabelle 30: Fahrzeugbedarf bei 100 % Umstellung auf alternative Antriebe

3.3.3 Bewertung der technischen Konzepte

Aufgrund der teils deutlichen Reduktion des Fahrzeugmehrbedarfs und der Leerkilometer und der damit verbundenen Leerfahrtszeit werden in der weiteren Studie Zwischenladungen an Endhaltestellen vorausgesetzt. Szenarien ohne Zwischenladungen werden als wirtschaftlich und betrieblich nachteilig bewertet und folglich nicht weiter betrachtet.

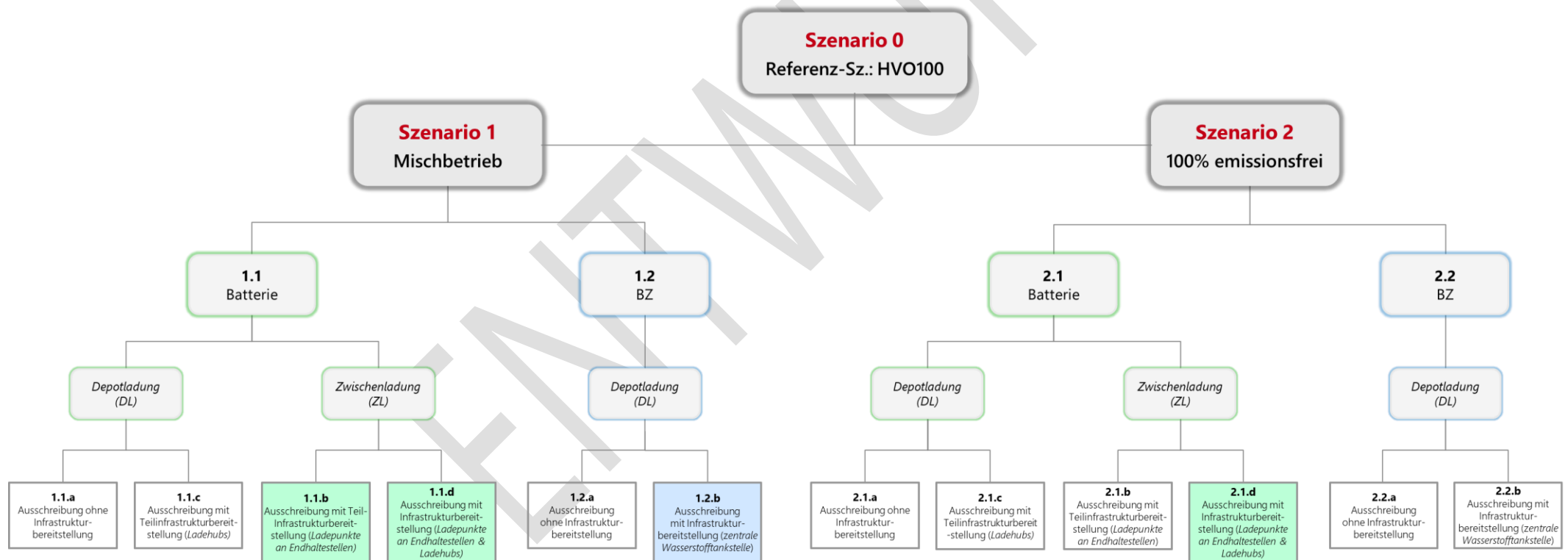
Die vollständige Umstellung auf Brennstoffzellenfahrzeuge wird durch die fehlende Marktverfügbarkeit, und die mangelnde Aussicht auf deren Änderung, von Kleinbussen nicht weiter verfolgt. Die teilweise Umstellung der Linienbündel mit Fahrzeugen der Klasse M3 II wird hingegen weiter geprüft.

4 Optimierung der Szenarien

Bei der Optimierung der in Kapitel 3 erarbeiteten Szenarien, werden diese mit unterschiedlichen Varianten weiterentwickelt. Dabei geht es um die Fragestellung, ob die Landkreise (teilweise) Infrastruktur bereitstellen, wo diese platziert werden muss und welche Auswirkungen dies auf die Umlaufplanung (Fahrzeugbedarf, Kilometerlaufleistung etc.) hat.

4.1 Differenzierung der Szenarien

Die möglichen Szenarien und Varianten sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Die farblich markierten Varianten wurden vom Gutachter zur weiteren Untersuchung vorgeschlagen und nach gemeinsamer Abstimmung mit den Landkreisen beschlossen.



Szenario 1 betrachtet die anteilige Umstellung der Busflotten (Mischbetrieb) in Anlehnung an die Clean-Vehicles-Directive. Als Grundlage dienen dabei die in Kapitel 3.1.3 definierten Quoten. Diese können sowohl durch einen Mischbetrieb von Batteriebussen und Verbrennerfahrzeuge mit HVO100 (Szenario 1.1) oder durch einen Mischbetrieb von Brennstoffzellebussen und Verbrennerfahrzeugen mit HVO100 (Szenario 1.2) erfüllt werden.

Szenario 2 betrachtet die vollständige Umstellung der Busflotten auf emissionsfreie Antriebe. Dies ist dabei sowohl durch einen 100-prozentigen Betrieb mit Batteriebussen (Szenario 2.1) oder durch einen 100-prozentigen Betrieb mit Brennstoffzellenbussen (Szenario 2.2) möglich.

Aufgrund der fehlenden BZ-Fahrzeuge für kleine Fahrzeuggrößen ist eine 100% Umstellung auf Brennstoffzellenfahrzeuge (Sz. 2.2) derzeit unrealistisch und wird daher nicht weiter untersucht.



Die Umstellung der Busflotte erfordert die Einrichtung zusätzlicher Infrastruktur. Im Rahmen der Ausschreibung der Linienbündel kann dabei sowohl der Aufgabenträger Infrastruktur (teilweise) bereitstellen oder das Verkehrsunternehmen ist selbst für die Lade-/ bzw. Tankinfrastruktur verantwortlich.

Bei der (anteiligen) Umstellung der Busflotte ergeben sich daher folgende mögliche Varianten:

a) Ausschreibung ohne Infrastrukturbereitstellung

- **Ladeinfrastruktur:** das VU errichtet selbstständig sämtliche Ladeinfrastruktur
- **Annahme für Simulation:** 1 fiktives Depot pro Linienbündel, mit Ø 15 km Ein-/Aussetzfahrt
- **Nachteil:**
 - die Verkehrsunternehmen (VU) könnten mit Aufbau LIS überfordert sein (finanziell, KnowHow, Ressourcen)
 - rechtzeitiger Aufbau LIS im Rahmen einer Wettbewerbsvergabe schwierig
 - höhere Markteintrittsbarrieren für nicht-ansässige VU
- **Vorteil:** kein Handlungsbedarf seitens des AT zum Aufbau von Infrastruktur

b) Ausschreibung mit teilweiser Infrastrukturbereitstellung

- **Für BZ-Szenario**
 - **Tankinfrastruktur:** Der AT errichtet an günstig gelegenen Standorten H2-Hubs, an denen Brennstoffzellenbusse aus einem oder mehreren Bündeln getankt werden können. Auf dem Betriebshof des VU wird keine Wasserstoffinfrastruktur aufgebaut (dort stehen nur die Verbrennerfahrzeuge; außerdem Werkstatt, Wäsche etc.).
- **Für Batterieszenarien**
 - **Ladeinfrastruktur:** Der Aufgabenträger errichtet Zwischenladestationen an ausgewählten Endhaltestellen. Das Verkehrsunternehmen errichtet selbstständig Ladeinfrastruktur auf seinem Betriebshof.
 - **Annahme für Simulation:** 1 fiktives Depot pro Linienbündel, mit Ø 15 km Ein-/Aussetzfahrt
 - **Nachteil:**
 - VU könnten mit Aufbau LIS überfordert sein (finanziell, KnowHow, Ressourcen)
 - rechtzeitiger Aufbau LIS im Rahmen einer Wettbewerbsvergabe schwierig,
 - höhere Markteintrittsbarrieren für nicht-ansässige VU
 - **Vorteil:**
 - geringerer Verwaltungs-/Organisationsaufwand und initialer Investitionsbedarf auf Seiten der Landkreise
 - Ladestationen an Endhaltestellen reduzieren meist den Fahrzeugmehrbedarf und vermeiden Leerfahrten

c) Ausschreibung mit teilweiser Infrastrukturbereitstellung

‣ Ladeinfrastruktur:

- Der AT errichtet an günstig gelegenen Standorten Ladehubs, an denen Batteriebusse aus einem oder mehreren Bündeln geladen werden können, auf dem Betriebshof des VU wird keine Ladeinfrastruktur aufgebaut (dort stehen nur die Verbrennerfahrzeuge; außerdem Werkstatt, Wäsche etc.)
- Der AT errichtet keine Zwischenladestationen an ausgewählten Endhaltestellen

‣ **Nachteil:** hoher initialer Investitionsbedarf seitens des AT‣ **Vorteil:**

- geringere Markteintrittsbarriere für nicht-ansässige VU
- durch Standortoptimierung der Ladehubs sind kürzere Ein-/Aussetzfahrten möglich

d) Ausschreibung mit Infrastrukturbereitstellung

‣ **Ladeinfrastruktur:** Der AT errichtet an günstig gelegenen Standorten Ladehubs, an denen Batteriebusse aus einem oder mehreren Bündeln geladen werden können sowie Ladestationen an ausgewählten Endhaltestellen. Auf dem Betriebshof des VU wird keine Ladeinfrastruktur aufgebaut (dort stehen nur die Verbrennerfahrzeuge; außerdem Werkstatt, Wäsche etc.).

‣ **Nachteil:** höchster Investitions- und Koordinationsbedarf seitens des AT‣ **Vorteil:**

- geringste Markteintrittsbarriere für nicht-ansässige VU
- Ladestationen an Endhaltestellen reduzieren meist den Fahrzeugmehrbedarf und vermeiden Leerfahrten
- durch Standortoptimierung der Ladehubs sind kürzere Ein-/Aussetzfahrten möglich

Nachfolgende Tabelle erläutert die grundlegenden Eigenschaften der Infrastruktur in den verschiedenen Szenarien und Varianten.

Ladehubs	<ul style="list-style-type: none"> ‣ vom Aufgabenträger bereitgestellte Standorte mit Ladeinfrastruktur ‣ E-Fahrzeuge stehen & laden dort auch über Nacht ‣ Lage: Die Ladehubs werden strategisch in der Nähe möglichst fahrplanfahrtenreicher Start-/Endhaltestellen platziert, um die Länge (km) täglichen Ein-/Aussetzfahrten zu minimieren. Besonders beim Einsatz batterieelektrischer Fahrzeuge ist dies aufgrund der beschränkten Reichweite von Bedeutung. Allgemein wird durch die verringerte Kilometerlaufleistung auch der Fahrzeugverschleiß, Energieverbrauch, Personaleinsatz und folglich deren Kosten reduziert.
Ladestationen an Endhaltestellen	<ul style="list-style-type: none"> ‣ vom Aufgabenträger bereitgestellte Ladeinfrastruktur an spezifischen Endhaltestellen ‣ Fahrzeuge stehen und laden dort nur kurzzeitig, zwischen zwei Fahrplanfahrten
fiktive Depots	<ul style="list-style-type: none"> ‣ Depots = Betriebshöfe der Busunternehmer, private Infrastruktur ‣ keine Infrastrukturbereitstellung durch den Aufgabenträger ‣ Je nach Szenario mit oder ohne Ladeinfrastruktur ‣ Lage: fiktive Standorte, im Ø ~15 km von den Start-/Endhaltestellen entfernt

4.2 Exkurs: Infrastrukturbeistellung durch den AT

Im Zuge der Umstellung des Busverkehrs auf emissionsfreie Antriebe stellt sich für Aufgabenträger (AT) zunehmend die Frage, ob und in welchem Umfang sie künftig selbst Fahrzeuge und/oder die dafür notwendige Infrastruktur bereitstellen sollten. Während im Schienenverkehr die Fahrzeugbeistellung durch die öffentliche Hand etabliert ist, zeigt sich im Busbereich ein differenzierteres Bild.

Eine Beistellung von Fahrzeugen durch den AT wird überwiegend kritisch gesehen. Im Vergleich zur relativ kurzen Nutzungsdauer von Omnibussen ist der administrative, finanzielle und organisatorische Aufwand für den AT hoch. Zudem sind Verkehrsunternehmen traditionell Eigentümer ihrer Fahrzeuge, verfügen über entsprechende Beschaffungs- und Betriebserfahrung und können Fahrzeugentscheidungen flexibel an betriebliche Anforderungen anpassen. Vor diesem Hintergrund erscheint eine Fahrzeugbeistellung durch den AT im Busbereich derzeit eher nicht sinnvoll.

Anders stellt sich die Situation bei der Infrastruktur dar. Der Aufbau von Lade- und Tankinfrastruktur sowie von Betriebshöfen ist kostenintensiv, komplex und erfordert spezielles Know-how, das insbesondere kleinere und mittelständische Verkehrsunternehmen oft nicht in ausreichendem Maße vorhalten können. Eine Infrastrukturbereitstellung durch den AT kann hier dazu beitragen, Wettbewerbshemmnisse zu reduzieren, Marktaustritte zu vermeiden und die Transformation hin zu emissionsfreien Antrieben zu unterstützen. Ob und in welchem Umfang eine solche Beistellung sinnvoll ist, hängt dabei maßgeblich vom vorhandenen bzw. aufbaubaren Know-how beim AT, der Struktur und Aktivität der lokalen Unternehmerlandschaft sowie von der Flächenverfügbarkeit im Verkehrsgebiet ab.

Ausprägungsmöglichkeiten der Infrastrukturbereitstellung durch den Aufgabenträger

Die Bereitstellung von Infrastruktur durch den AT kann in unterschiedlichen Modellen und Ausprägungen erfolgen. Diese unterscheiden sich sowohl im Umfang der bereitgestellten Infrastruktur als auch in der Art der Nutzung und Betriebsverantwortung:

1. Vollständige Infrastrukturbereitstellung: Der AT stellt komplett alle für den Betrieb notwendigen Infrastrukturen bereit, inklusive:
 - ❖ Depots / Betriebshöfe
 - ❖ Lade- und Tankinfrastruktur (für Batterie- und Wasserstoffsysteme)
 - ❖ Werkstätten und Wartungseinrichtungen
 - ❖ Ladepunkte an Endhaltestellen, falls betrieblich sinnvoll

⇒ Der AT übernimmt Planung, Bau und Bereitstellung, oft inklusive Grundstücksbeschaffung und Erschließung. Diese Variante minimiert die Investitions- und Planungsrisiken für Verkehrsunternehmen.
2. Energieinfrastrukturzentrierte Bereitstellung: Der AT übernimmt nur die Energie-Infrastruktur:
 - ❖ Abstellplätze mit Lade- oder Tankinfrastruktur (=Ladehubs)
 - ❖ ggf. Ladepunkte an Endhaltestellen

⇒ Hier bleibt der Verkehrsunternehmer für Fahrzeuge, Betrieb und flottenbezogene Assets verantwortlich, während der AT die energietechnische Ausstattung bereitstellt.

3. Teilinfrastrukturbereitstellung: Der AT stellt bestimmte Teile der Infrastruktur zur Verfügung:
 - ❖ Teilbereiche der Lade- und Tankinfrastruktur
 - ❖ Kommunale Flächen für Ladepunkte
 - ❖ Netzwerkplanung und Netzanbindung, ggf. ohne Bau

⇒ Diese Option lässt dem Verkehrsunternehmen mehr Verantwortung für technische Ausgestaltung oder den Betrieb einzelner Komponenten.
4. Miet- oder Pachtmodell: Nicht immer muss der AT Infrastruktur selbst betreiben:
 - ❖ Der AT beschafft oder pachtet Flächen/Depots und stellt diese Verkehrsunternehmen zur Nutzung bereit (z. B. als Vermieter)
 - ❖ Der Verkehrsunternehmer mietet Ladeplätze, ohne sie selbst finanzieren zu müssen

⇒ Ein solches Modell kombiniert AT-Investition mit unternehmerischer Betriebsverantwortung – wie es etwa der Landkreis Karlsruhe praktiziert hat (Bereitstellung von Flächen und Ladeinfrastruktur, keine Verpflichtung zur Nutzung).

Vor- und Nachteile der Infrastrukturbeistellung

Vorteile

1. Wettbewerbssicherung und Marktöffnung: Reduziert Markteintrittsbarrieren für kleinere Verkehrsunternehmen, die über wenig Know-How oder Kapital für Infrastruktur verfügen.
2. Planungskoordination und strategische Steuerung: Der AT kann Infrastrukturbedarfe über das gesamte Verkehrsgebiet abstimmen und effizient planen (z. B. Ladepunkte an Endhaltestellen, Netzanbindung).
3. Kosteneffizienz und Risikoteilung: Durch gebündelte Planung und größere Projekte kann der AT potenziell günstigere Bedingungen erzielen als viele einzelne VU-Investitionen. Investitionskosten erscheinen bilanziell beim AT, aber oft nicht als echte Zusatzkosten, weil sie sonst Teil der Verkehrsangebote wären.
4. Flächenzugang und Versorgungssicherheit: Insbesondere in ländlichen Regionen oder bei knappen Flächen kann der AT Planung und Verfügbarkeit besser koordinieren als einzelne Unternehmen.

Nachteile

1. Erhöhter Aufwand für den AT: Planungs-, Bau- und Betriebsverantwortung erfordert personelle Ressourcen, technische Expertise und langjährige Betreuung (z.B. Koordinierungsstellen, Wartung).
2. Komplexität und Bürokratie: Infrastrukturprojekte sind selten linear: Genehmigungen, Netzanschlüsse, Schnittstellen-Abstimmungen und Fördermittelbearbeitungen binden Kapazitäten.
3. Risiko der Fehlallokation: Wenn der AT zu stark vorgibt, wie Infrastruktur zu nutzen ist, könnten Fehlplanungen entstehen oder Marktmechanismen eingeschränkt werden.
4. Betriebsfragen und Verantwortlichkeiten: Unklare Abgrenzungen zwischen AT- und VU-Verantwortung (insbesondere bei Wartung, Abrechnung und Nutzung) können operative Unsicherheiten schaffen.

Kurzfasit zur Beistellung von Infrastruktur

Die Infrastrukturbereitstellung durch den AT bietet legitime Optionen, um den Hochlauf emissionsfreier Busflotten zu erleichtern, Wettbewerb zu sichern und regionale Entwicklungsziele zu unterstützen. Gleichzeitig erfordert sie sorgfältige Abwägungen hinsichtlich Aufgabenverteilung, Ressourcenbedarf, Betriebsmodellen und langfristiger strategischer Verantwortung – von der rein finanziellen Unterstützung bis zur vollständigen Bereitstellung und externen Betriebsauslagerung.

4.3 Szenario 1.1.b

4.3.1 Strategie

In Szenario 1.1.b erfolgt die Umstellung der Busflotte auf einen Batterie-HVO100-Mischbetrieb. Dabei sind die Verkehrsunternehmen selbst für die Ladeinfrastruktur auf ihrem Betriebshof verantwortlich, durch den Aufgabenträger werden Zwischenladestationen an ausgewählten Endhaltestellen errichtet, betrieben und bereitgestellt.

4.3.2 Ladeinfrastruktur

4.3.2.1 Standorte

Die Ladeinfrastruktur befindet sich sowohl auf den fiktiven Depots als auch an ausgewählten Endhaltestellen. Angenommen wird, dass pro Linienbündel ein fiktives Depot mit Ø 15 km Ein- und Aussetzfahrt vorhanden ist. Zudem werden an folgenden Endhaltestellen Zwischenladestationen eingerichtet:

- Cloppenburg Bahnhof
- Damme ZOB
- Lohne Bahnhof
- Peheim Ort
- Vechta ZOB

4.3.2.2 Gleichzeitige Ladevorgänge

Die Anzahl an gleichzeitigen Ladevorgängen (siehe nachfolgende Abbildung) unterscheidet sich je nach Standort. Insbesondere in den fiktiven Depots finden meist mehrere Ladevorgänge gleichzeitig statt. Die meisten Ladevorgänge finden am fiktiven Depot des Linienbündels C03 statt, bis zu 16 Busse werden hier gleichzeitig geladen. Das fiktive Depot des Linienbündels C04 hat mit 11 Ladevorgängen ebenfalls eine vergleichsweise hohe Anzahl an gleichzeitigen Ladevorgängen. Neben einigen weiteren fiktiven Depots, ist auch an allen Zwischenladestationen die Anzahl an gleichzeitigen Ladevorgängen gering, hier laden jeweils nur ein bis zwei Busse gleichzeitig. Die genaue Anzahl an Ladevorgängen für alle Zwischenladestationen und fiktiven Depots kann der nachfolgenden Abbildung entnommen werden.

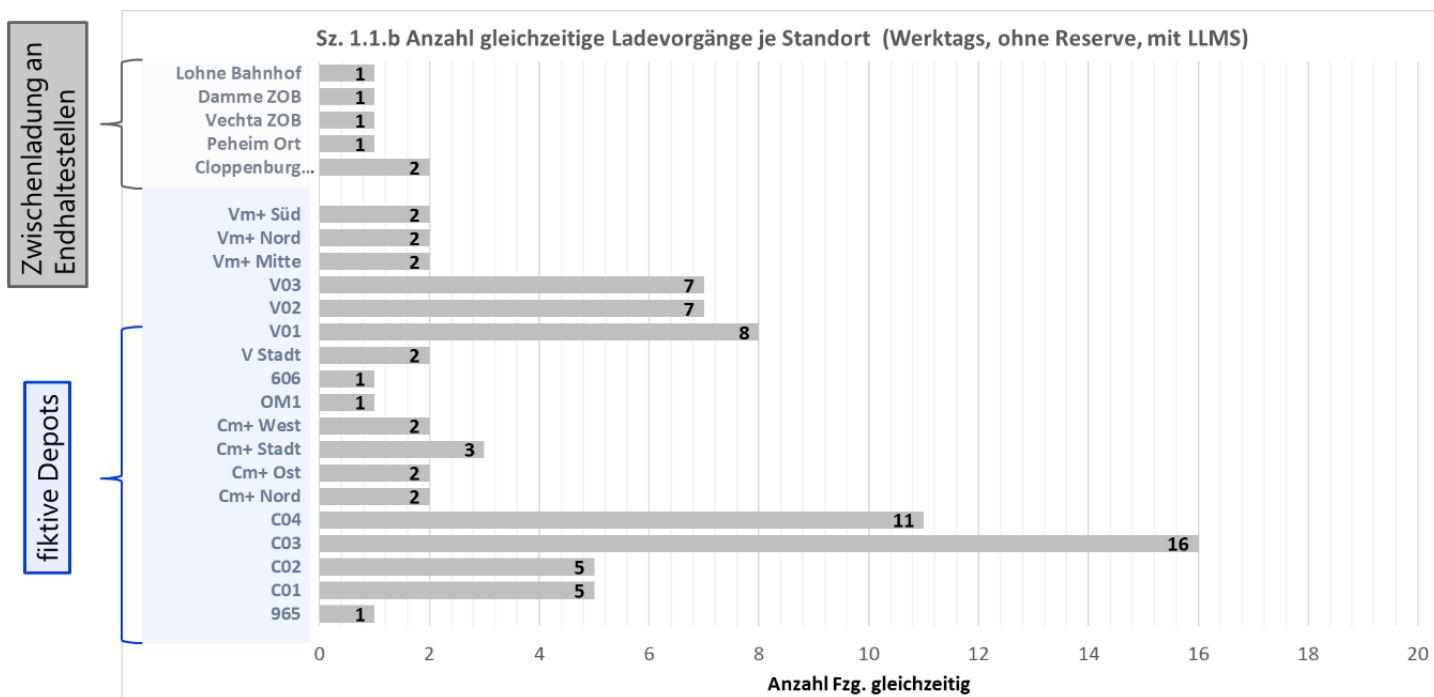


Abbildung 36: Anzahl gleichzeitige Ladevorgänge je Standort, Szenario 1.1.b

4.3.2.3 Energie

Strombedarf

Der gesamte voraussichtliche Strombedarf beträgt je Werktag etwa 15.290 kWh. Dabei ist der Strombedarf je Ladestation unterschiedlich.

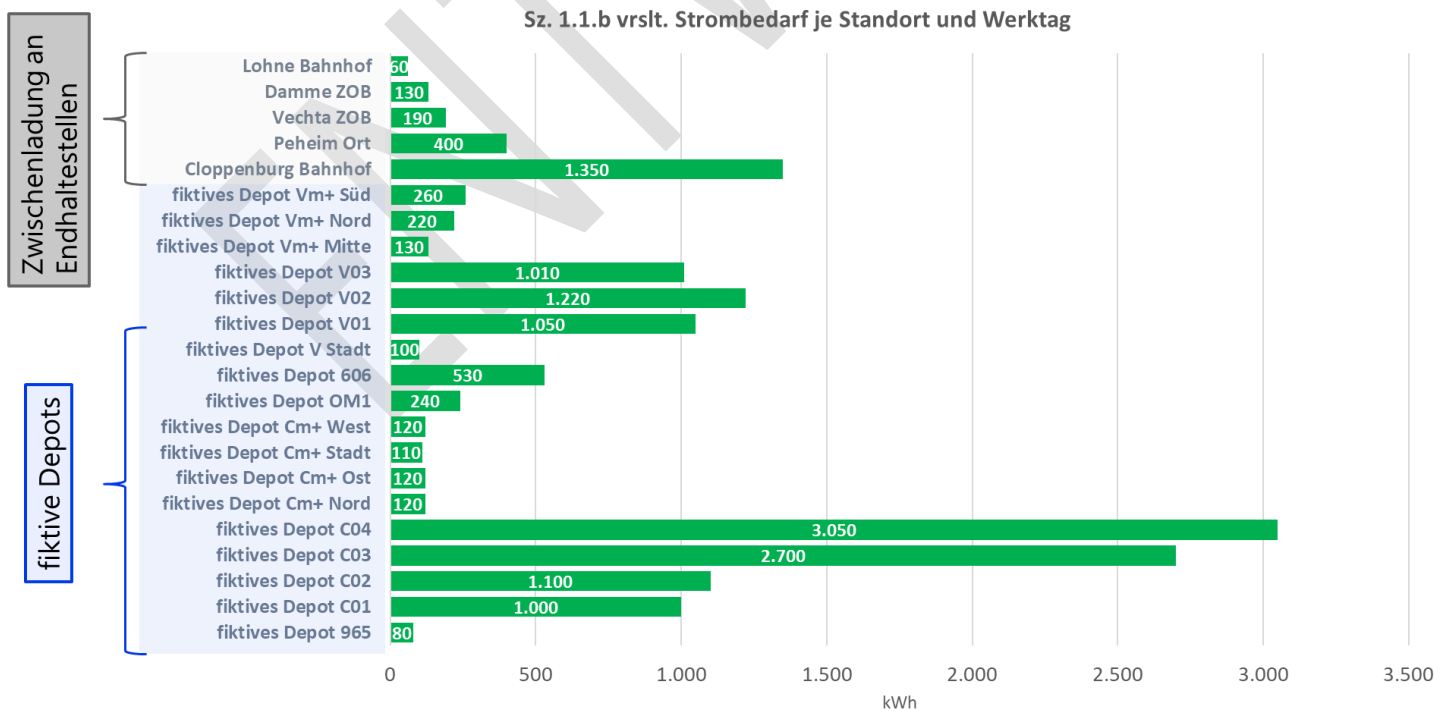


Abbildung 37: Strombedarf je Standort, Szenario 1.1.b

Den höchsten Strombedarf hat das fiktive Depot des Linienbündels C04 mit 3.050 kWh, den zweithöchsten Bedarf das fiktive Depot des Linienbündels C03 mit 2.700 kWh. Die fiktiven Depots der Linienbündel C01, C02, V01, V02 und V03 haben jeweils einen Strombedarf von über 1.000 kWh. Zudem hat die Zwischenladestation in Cloppenburg einen Strombedarf von 1.350 kWh. Einen deutlich geringeren Strombedarf haben jeweils die fiktiven Depots der Linienbündel Vm+ Mitte, V Stadt, Cm+ West, Cm+ Stadt, Cm+ Ost und Cm+ Nord, mit jeweils nur etwa 100-130 kWh, die Zwischenladestation in Lohne hat mit 60 kWh den geringsten Strombedarf.

Anschlussleistung

Die maximale Ladeleistung (ohne Reserve) unterscheidet sich je nach Standort. Eine hohe Ladeleistung wird bei der Zwischenladestation in Cloppenburg Bahnhof (300 kW), sowie im fiktiven Depot des Linienbündels C04 (230 kW) benötigt. Die Zwischenladestationen in Peheim Ort, Vechta ZOB, Dammer ZOB und Lohne Bahnhof sowie im fiktiven Depot der Linie 606 benötigen eine Ladeleistung von je 150 kW. Deutlich geringere Ladeleistungen von 10-20 kW benötigen dagegen die Ladestationen in den fiktiven Depots der Linienbündel 965, Cm+ Nord, Cm+ Ost, Cm+ Stadt, Cm+ West, V Stadt, Vm+ Mitte, Vm+ Nord und Vm+ Süd. Die genaue maximale Ladeleistung aller Ladestationen kann der nachfolgenden Abbildung entnommen werden.

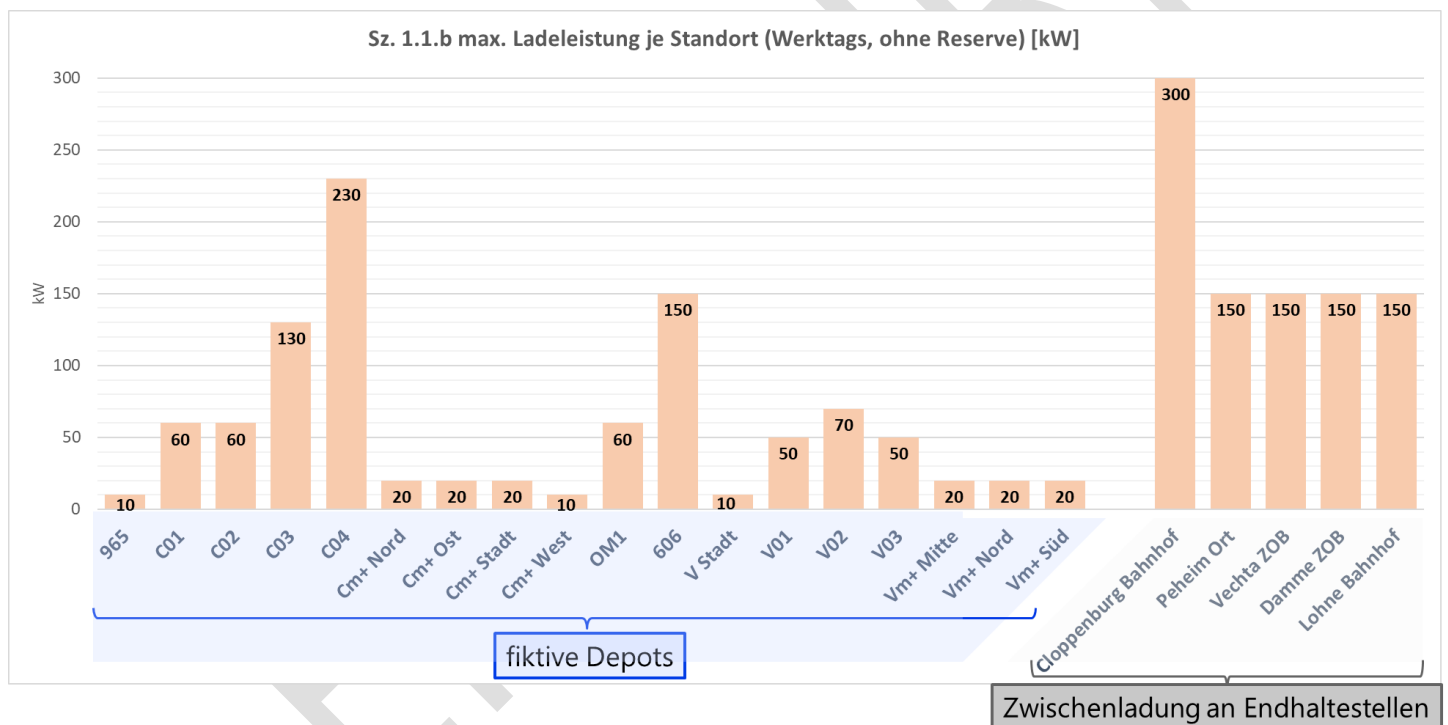


Abbildung 38: maximale Ladeleistung je Standort, Sz. 1.1.b

4.3.3 Betrieb

Aus betrieblicher Sicht ergeben sich in Szenario 1.1.b mehrheitlich Anpassungsbedarfe bei der Umlaufbildung in den moobil+ Linienbündeln. Aufgrund der Reichweitebeschränkung der batterieelektrischen Fahrzeuge müssen im Betrieb teils Ladepausen eingeplant und/oder zusätzliche Fahrzeuge eingesetzt werden.

Die Umlaufpläne von Szenario 1.1.b sind diesem Bericht in den Anhängen 04, 05 und 06 beigefügt. Die Bewertung des Szenarios erfolgt im Kontext der Ergebnisse der übrigen Szenarien in Kapitel 6.

4.4 Szenario 1.1.d

4.4.1 Strategie

In Szenario 1.1.d erfolgt die Umstellung der Busflotte auf einen Batterie-HVO100-Mischbetrieb. Dabei werden durch den Aufgabenträger an günstig gelegenen Standorten Ladehubs (siehe Abbildung 39), an denen Batteriebusse aus einem oder mehreren Bündeln geladen werden können und über Nacht stehen, errichtet. Auf den Betriebshöfen der Verkehrsunternehmen wird keine Ladeinfrastruktur aufgebaut, dort stehen nur die Verbrennerfahrzeuge.

In der Simulation wird angenommen, dass für die HVO100-Fahrzeuge pro Linienbündel ein Betriebshof mit \varnothing 15 km Ein- und Aussetzfahrt vorhanden ist.

4.4.2 Ladeinfrastruktur

4.4.2.1 Standorte

Insgesamt wurden zwölf Standorte für Ladehubs und fünf Standorte für Zwischenladestationen ausfindig gemacht. Im Landkreis Cloppenburg befinden sich die Ladehubs in Löningen, Kampe, Frisothe, Lastrup, Thüle und Cloppenburg, im Landkreis Vechta befinden sich die Ladehubs in Neuenkirchen, Lohne-Dinklage, Damme, Steinfeld, Vechta und Goldenstedt. Zudem werden an folgenden Endhaltestellen Zwischenladestationen eingerichtet:

- Cloppenburg Bahnhof
- Damme ZOB
- Lohne Bahnhof
- Peheim Ort
- Vechta ZOB

Nachfolgend sind die Standorte der Ladehubs grob dargestellt.

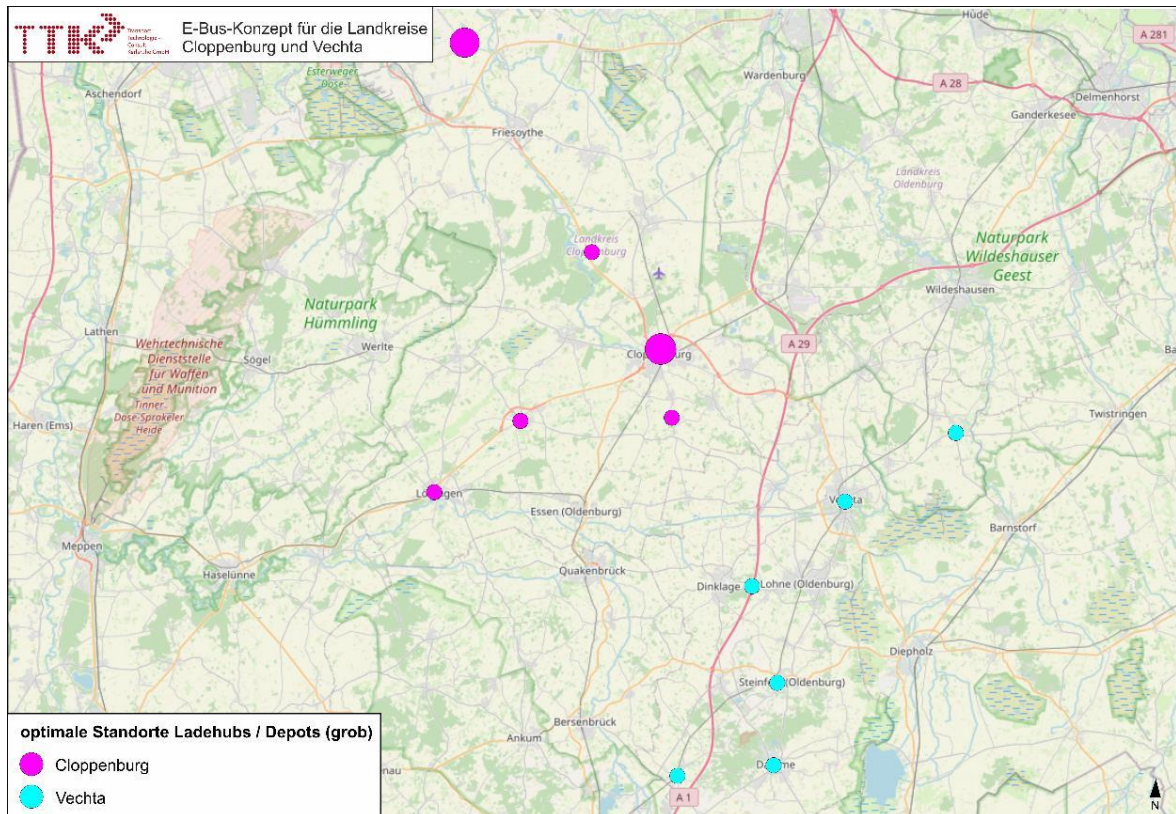


Abbildung 39: optimale Standorte (grob) für Ladehubs in Szenario 1.1.d

Aus Sicht der Ladehubs sind folgende Mengen an batterieelektrischen Fahrzeugen je Standort vorgesehen. Die Verbrennerfahrzeuge stehen in diesem Szenario weiterhin auf dem Betriebshof des Verkehrsunternehmens.

Standorte für Ladehubs/Depots in Szenario 1 - CVD HVO-Batterie, mit Zwischenladung an Endhaltestellen (ohne Reservefahrzeuge)					
Lkr.	Ort	Anzahl Fzg.			
		Sprinter	Midi	Solo	Σ
CLP	Cloppenburg	4	1	15	20
CLP	Kamperfehn / Harkebrügge / Frisoythe Nord		1	16	17
CLP	Löhningen			5	5
CLP	Petersfeld / Thüle		1	1	2
CLP	Lastrup		2		2
CLP	Elsten / Sevelten			1	1
VEC	Löhne-Dinklage		1	7	8
VEC	Vechta		4	4	8
VEC	Goldenstedt			6	6
VEC	Neuenkirchen	1		3	4
VEC	Steinfeld			3	3
VEC	Damme	1	1		2

Abbildung 40: Fahrzeug(-typen) an den Ladehubs, Sz. 1.1.d

Die Fahrzeugen der einzelnen Linienbündel wurden jeweils auf ein, teilweise zwei Ladehubs aufgeteilt. Die nachfolgende Tabelle stellt diese Aufteilung dar.

Standorte für Ladehubs/Depots in Szenario 1 - CVD HVO-Batterie, mit Zwischenladung an Endhaltestellen (ohne Reservefahrzeuge)													
Lkr.	Bündel	Standort 1					Standort 2						
		Ort	Anzahl Fzg.				Ort	Anzahl Fzg.					
			Sprinter	Midi	Solo	Σ		Sprinter	Midi	Solo	Σ		
CLP	C_01	Kamperfehn / Harkebrügge / Frisothe Nord				5	5						
CLP	C_02	Löningen				5	5						
CLP	C_03	Cloppenburg				15	15	Petersfeld / Thüle			1	1	
CLP	C_04	Kamperfehn / Harkebrügge / Frisothe Nord				11	11						
CLP	C_m+ Nord	Kamperfehn / Harkebrügge / Frisothe Nord				1	1	Petersfeld / Thüle		1		1	
CLP	C_m+ Ost	Cloppenburg				1	1						
CLP	C_m+ Stadt	Cloppenburg				3	3						
CLP	C_m+ West	Lastrup				2	2						
CLP	965	Elsten / Sevelten				1	1						
CLP & VEC	OM1	Vechta				1	1						
VEC	606	Vechta				1	1						
VEC	V_01 Nord	Vechta				2	2	Goldenstedt			6	6	
VEC	V_02 Mitte	Lohne-Dinklage				7	7						
VEC	V_03 Sued	Steinfeld				3	3	Neuenkirchen			3	3	
VEC	V_m+ Mitte	Lohne-Dinklage				1	1	Damme		1		1	
VEC	V_m+ Nord	Vechta				2	2						
VEC	V_m+ Sued	Neuenkirchen				1	1	Damme	1			1	
VEC	V_Stadt	Vechta				2	2						
Summe		Cloppenburg				4	4	37			1	1	2
		Vechta				1	5	13			1	1	9
		OM1				1	1						

Abbildung 41: Fahrzeug(-typen) an den Ladehubs aus Sicht der Linienbündel, Sz. 1.1.d

4.4.2.2 Gleichzeitige Ladevorgänge

Die Anzahl an gleichzeitigen Ladevorgängen unterscheidet sich je nach Standort. Insbesondere an den Ladehubs finden meist mehrere Ladevorgänge gleichzeitig statt. Die meisten Ladevorgänge finden am Ladehub Cloppenburg statt, bis zu 17 Busse werden hier gleichzeitig geladen. Weitere Ladehubs mit gleichzeitigen Ladevorgängen sind Goldenstedt, Vechta, Lohne-Dinklage, Neuenkirchen, Lastrup oder Kampe. Je nach Standort finden hier zwischen fünf und neun gleichzeitige Ladevorgänge statt. An den Ladehubs in Steinfeld, Damme und Löningen ist die Anzahl an gleichzeitigen Ladevorgängen gering, hier laden jeweils nur ein bis zwei Busse gleichzeitig. Auch an den Zwischenladestationen findet, ausgenommen vom Bahnhof Cloppenburg, jeweils nur ein gleichzeitiger Ladevorgang statt.

Sz. 1.1.d Anzahl gleichzeitige Ladevorgänge (Werktag)

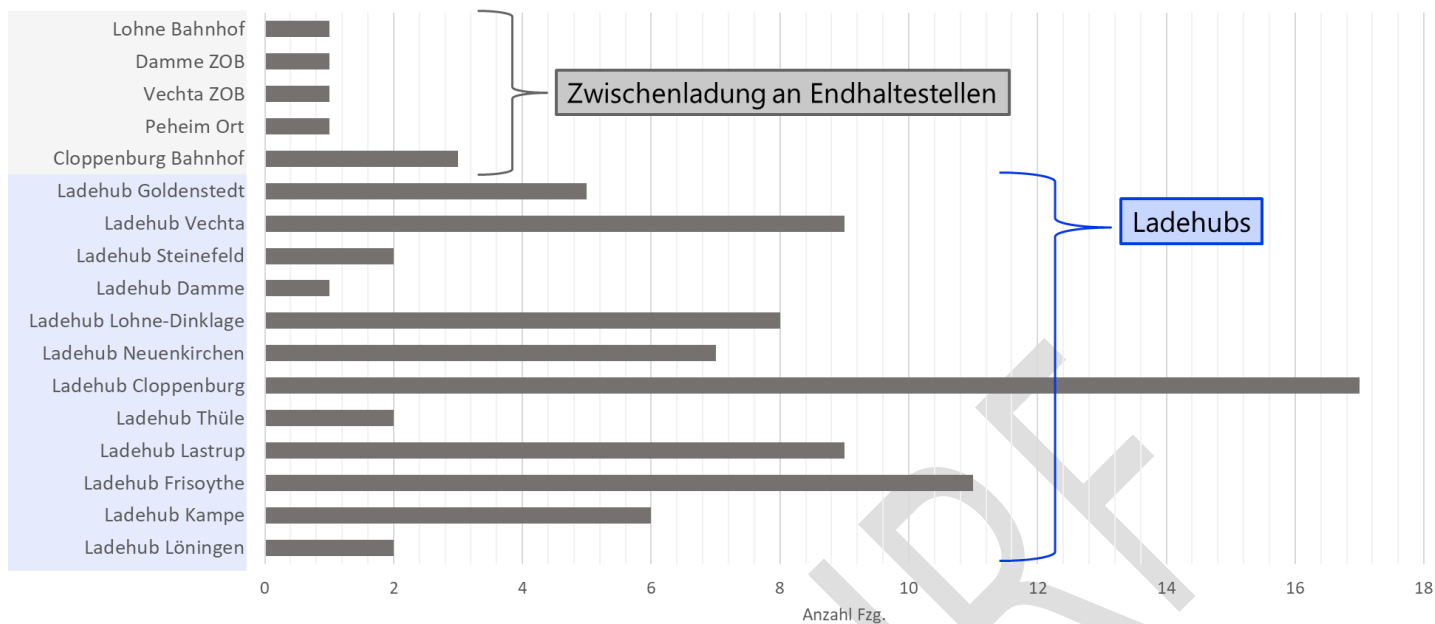


Abbildung 42: Anzahl gleichzeitige Ladevorgänge je Standort, Sz. 1.1.d

4.4.2.3 Energie

Strombedarf

Der gesamte voraussichtliche Strombedarf beträgt je Werktag etwa 14.130 kWh. Dabei ist der Strombedarf je Ladestation unterschiedlich.

Sz. 1.1.d vrsit. Strombedarf (ohne Reserve) je Standort und Werktag [kWh]

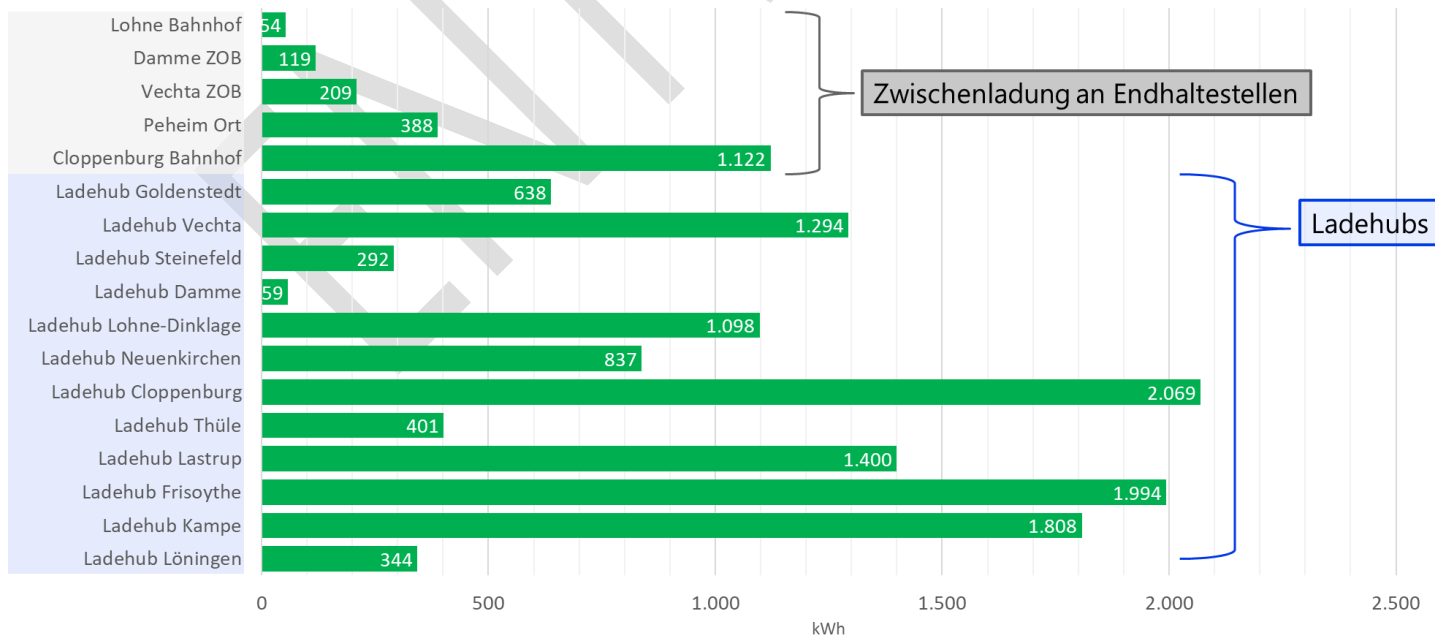


Abbildung 43: Strombedarf je Standort, Sz. 1.1.d

Den höchsten Strombedarf hat der Ladehub Cloppenburg mit 2.069 kWh, den zweithöchsten Bedarf der Ladehub in Frisoythe mit 1.994 kWh. Die Ladehubs in Vechta, Lohne-Dinklage, Lastrup und Kampe sowie die Zwischenladestation in Cloppenburg haben jeweils einen Strombedarf von über 1.000 kWh. Einen geringeren Strombedarf haben dagegen die Ladehubs Steinfeld und Damme sowie die Zwischenladestationen Vechta ZOB, Damme ZOB und Lohne Bahnhof, wobei Lohne Bahnhof mit 54 kWh den geringsten Strombedarf hat.

Anschlussleistung

Die maximale Ladeleistung (ohne Reserve) unterscheidet sich je nach Standort und ist dabei auch davon abhängig, ob ein (Lade-)Lastmanagementsystem (LMS) eingesetzt wird oder nicht.

Sz. 1.1.d max. Ladeleistung je Standort (Werktags, ohne Reserve) [kW]

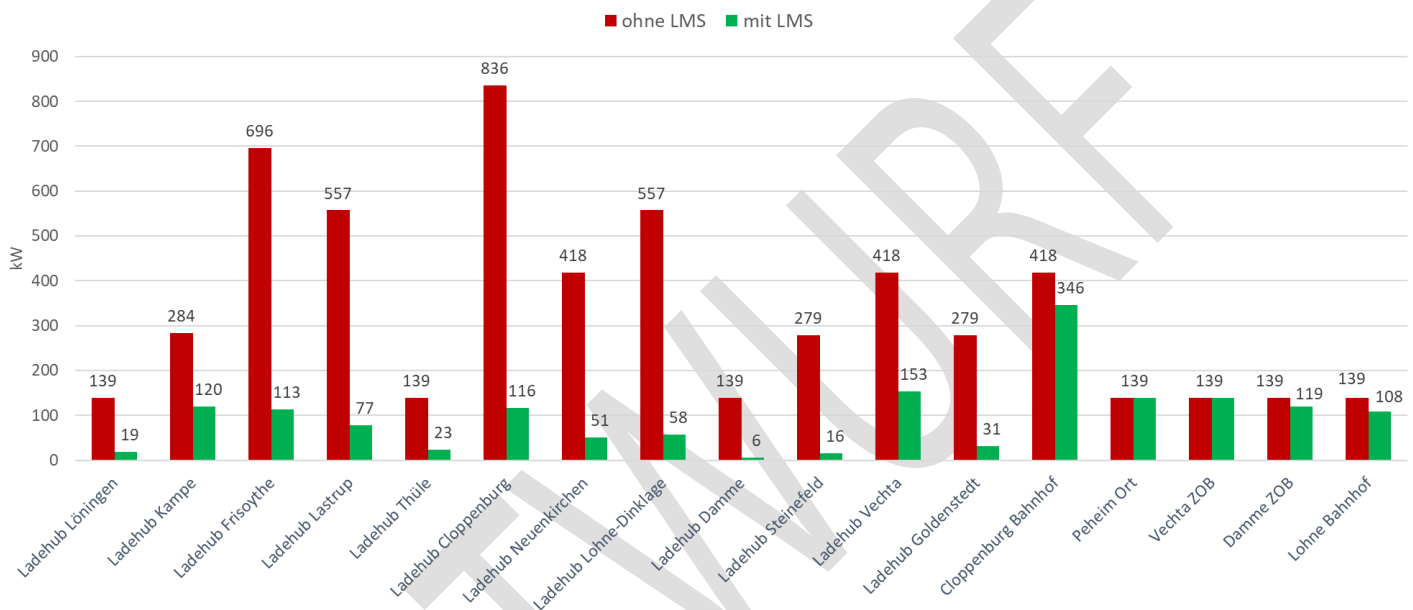


Abbildung 44: maximale Ladeleistung je Standort, Sz. 1.1.d

Ohne LMS wird eine hohe Ladeleistung an den Ladehubs in Cloppenburg (836 kW), Frisoythe (696 kW), Lastrup und Lohne-Dinklage (jeweils 557 kW) sowie in Neuenkirchen (418 kW) benötigt. Eine deutlich geringe Ladeleistung von 139 kW wird jeweils an den Ladehubs in Löningen, Thüle und Damme benötigt. Der Einsatz eines LMS hat hier einen wesentlichen Einfluss auf die maximale Ladeleistung und reduziert diese teils deutlich

Die Zwischenladestationen benötigen ohne LMS eine maximale Ladeleistung von 139 kW, ausgenommen hiervon ist jedoch der Bahnhof Cloppenburg mit einer Ladeleistung von 418 kW. Der Einsatz LMS hat bei den Zwischenladestationen, anders als bei den Ladehubs, nur einen geringen bis keinen Einfluss auf die Ladeleistung der einzelnen Standorte.

4.4.3 Betrieb

Aus betrieblicher Sicht ergeben sich in Szenario 1.1.d etwas geringere Anpassungsbedarfe bei der Umlaufbildung als zuvor in Szenario 1.1.b. Durch die zentralen Ladehubs sind kurze Ein-/Aussetzfahrten garantiert. Aufgrund der Reichweitebeschränkung der Batteriebusse müssen im Betrieb teils Ladepausen und/oder zusätzliche Fahrzeuge (moobil+ Bündel) eingeplant werden.

Die Umlaufpläne von Szenario 1.1.d sind diesem Bericht in den Anhängen 07, 08 und 09 beigefügt. Die Bewertung des Szenarios erfolgt im Kontext der Ergebnisse der übrigen Szenarien in Kapitel 6.

4.5 Szenario 1.2.b

4.5.1 Strategie

In Szenario 1.2.b erfolgt die Umstellung der Busflotte auf einen BZ-HVO100-Mischbetrieb. Dabei werden durch den Aufgabenträger zentrale H2-Hubs errichtet, an den Brennstoffzellenbusse betankt werden und über Nacht stehen können. Auf den Betriebshöfen der Verkehrsunternehmen wird keine H2-Infrastruktur aufgebaut, dort stehen nur die Verbrennerfahrzeuge. Es wird angenommen, dass je Linienbündel ein fiktives Depot mit durchschnittlich 15 km Ein- /Aussetzfahrt vorhanden ist.

4.5.2 H2-Infrastruktur

Der gesamte voraussichtliche H2-Bedarf beträgt je Werktag etwa 12.260 kg H2.

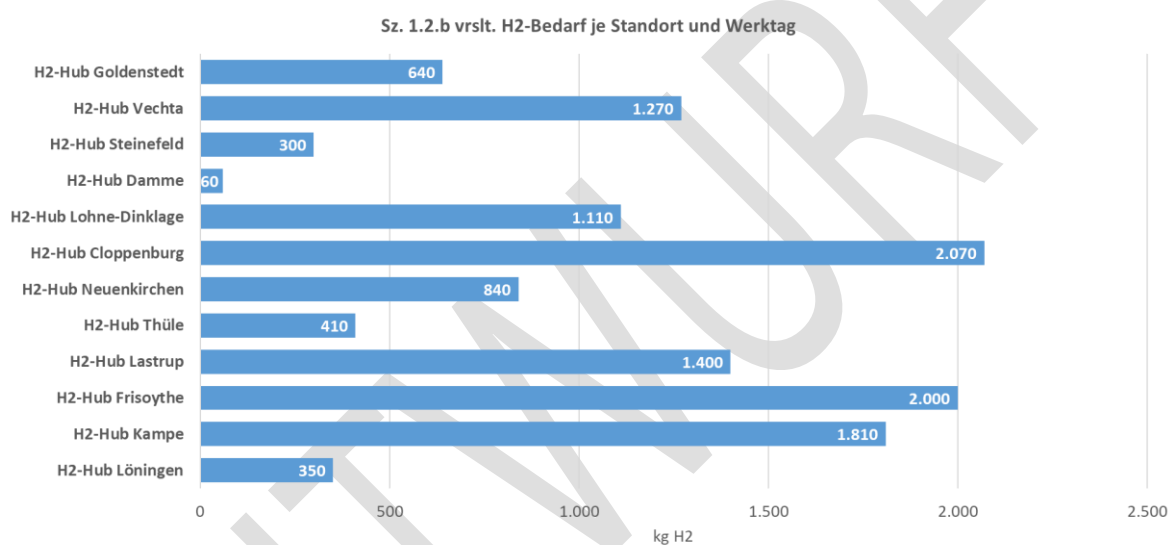


Abbildung 45: H2-Bedarf je Standort und Werktag, Sz. 1.2.b

Den höchsten H2-Bedarf hat der H2-Hub Cloppenburg mit 2.070 kg H2, den zweithöchsten Bedarf der H2-Hub in Frisoythe mit 2.000 kg H2. Die H2-Hubs in Vechta, Dinklage, Lastrup und Kampe benötigen jeweils mehr als 1.000 kg H2. Einen geringeren H2-Bedarf haben die Hubs in Steinfeld, Thüle und Lönigen mit jeweils ca. 300 bis 400 kg H2.

4.5.3 Betrieb

Aus betrieblicher Sicht ergeben sich in Szenario 1.2.b die vergleichsweise geringsten Anpassungsbedarfe. Die Reichweite der Brennstoffzellenfahrzeuge ist nur geringfügig niedriger als die klassischer, mit Diesel oder HVO100 betankter, Fahrzeuge. Auch im untertägigen Betankungsfall entsteht durch die ebenfalls mit einem Dieselfahrzeug vergleichbaren Betankungsdauer kaum Zeitmehrbedarf.

Folglich besteht bei der Umstellung auf Brennstoffzellenfahrzeuge aus betrieblicher Sicht kaum Anpassungsbedarf. Lediglich kilometerintensive Fahrzeugumläufe (>250 km) mit hoher Taktung (= keine Möglichkeit untertägiger Auftankung) erfordern teils Anpassungen.

Die Umlaufpläne von Szenario 1.2.b sind diesem Bericht in den Anhängen 10, 11 und 12 beigefügt. Die Bewertung des Szenarios erfolgt im Kontext der Ergebnisse der übrigen Szenarien in Kapitel 6.

4.6 Szenario 2.1.d

4.6.1 Strategie

In Szenario 2.1.d erfolgt die Umstellung der Busflotte auf einen 100 % emissionsfreien Batteriebetrieb. Dabei werden durch den Aufgabenträger an günstig gelegenen Standorten Ladehubs, an denen Batteriebusse aus einem oder mehreren Bündeln geladen werden und über Nacht stehen können, errichtet.

4.6.2 Ladeinfrastruktur

4.6.2.1 Standorte

Insgesamt wurden 15 Standorte für Ladehubs und fünf Standorte für Zwischenladestationen ausfindig gemacht. Nachfolgend sind die Standorte der Ladehubs grob dargestellt.

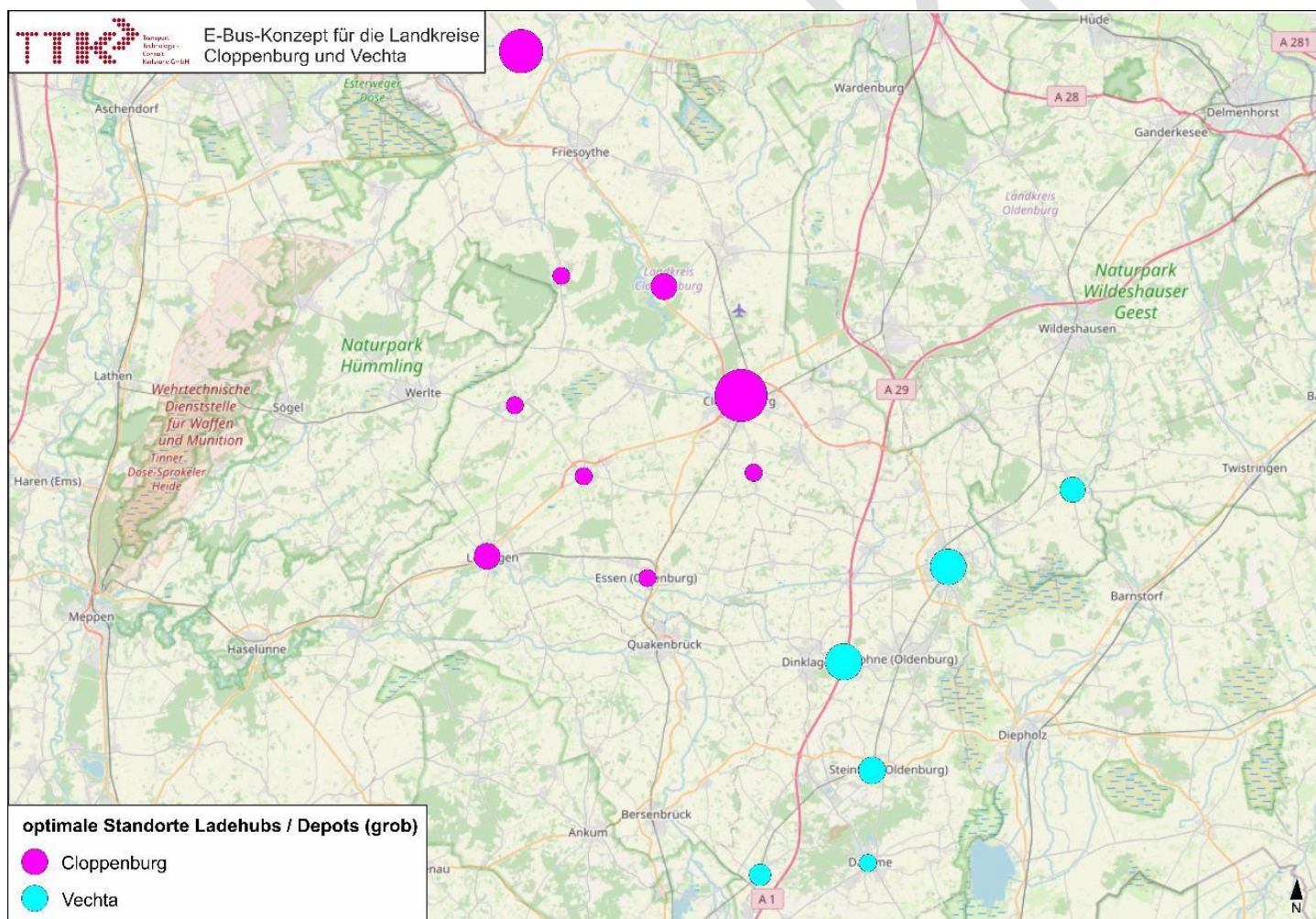


Abbildung 46: optimale Standorte (grob) für Ladehubs in Szenario 2.1.d

Im Landkreis Cloppenburg befinden sich die Ladehubs in Cloppenburg, Kampe, Löningen, Thüle, Lindern, Markhausen, Essen, Sevelten und Lastrup, im Landkreis Vechta befinden sich die Ladehubs in Lohne-Dinklage, Vechta, Steinfeld, Goldenstedt, Neuenkirchen und Damme.

Zudem werden an folgenden Endhaltestellen Zwischenladestationen eingerichtet:

- ❖ Cloppenburg Bahnhof
- ❖ Damme ZOB
- ❖ Lohne Bahnhof
- ❖ Peheim Ort
- ❖ Vechta ZOB

Aus Sicht der Ladehubs sind folgende Mengen an batterieelektrischen Fahrzeugen je Standort vorgesehen.

Standorte für Ladehubs/Depots in Szenario 2 - 100 % Batterie, mit Zwischenladung an Endhaltestellen (ohne Reservefahrzeuge, bündelübergreifende Summierung)						
Lkr.	Ort	Anzahl Fzg.				Σ
		Sprinter	Midi	Solo	G-Kom	
CLP	Cloppenburg	9	5	25	17	56
CLP	Kamperfehn / Harkebrügge / Frisoythe Nord	2	3	24	14	43
CLP	Löningen		2	10	3	15
CLP	Petersfeld / Thüle	1	1	7	2	11
CLP	Lindern			3	2	5
CLP	Markhausen			2	2	4
CLP	Essen	3				3
CLP	Elsten / Sevelten			3		3
CLP	Lastrup	2	1			3
VEC	Lohne-Dinklage	6	1	12	8	27
VEC	Vechta	3	8	7	6	24
VEC	Steinfeld			7	9	16
VEC	Goldenstedt	1	1	11	1	14
VEC	Neuenkirchen	4		4	2	10
VEC	Damme	1	1			2

Abbildung 47: Fahrzeug(-typen) an den Ladehubs, Sz. 2.1.d

Die Fahrzeugen der einzelnen Linienbündel wurden jeweils auf ein, teilweise zwei Ladehubs aufgeteilt. Die nachfolgende Tabelle stellt diese Aufteilung dar.

Standorte für Ladehubs/Depots in Szenario 2 - 100 % Batterie, mit Zwischenladung an Endhaltestellen (ohne Reservefahrzeuge)																					
Lkr.	Bündel	Standort 1					Standort 2														
		Ort	Anzahl Fzg.				Ort	Anzahl Fzg.													
			Sprinter	Midi	Solo	G-Kom	Σ		Sprinter	Midi	Solo	G-Kom	Σ								
CLP	C_01	Kamperfehn / Harkebrügge / Frisoythe Nord					2	6	3	11	Markhausen					2	2	4			
CLP	C_02	Löningen					2	10	3	15	Lindern					3	2	5			
CLP	C_03	Cloppenburg					1	24	15	40	Petersfeld / Thüle					7	2	9			
CLP	C_04	Kamperfehn / Harkebrügge / Frisoythe Nord					18	11	29		Cloppenburg					1	2	3			
CLP	C_m+ Nord	Kamperfehn / Harkebrügge / Frisoythe Nord					2	1	3		Petersfeld / Thüle					1	1	2			
CLP	C_m+ Ost	Cloppenburg					4	1	5												
CLP	C_m+ Stadt	Cloppenburg					4	4	8												
CLP	C_m+ West	Essen					3		3		Lastrup					2	1	3			
CLP	965	Elsten / Sevelten						3	3												
CLP & VEC	OM1	Vechta						2	2												
VEC	606	Vechta						1	1		Steinfeld					1		1			
VEC	V_01 Nord	Vechta					2	4	6	12	Goldenstedt					11	1	12			
VEC	V_02 Mitte	Lohne-Dinklage						12	8	20											
VEC	V_03 Sued	Steinfeld						6	9	15	Neuenkirchen					4	2	6			
VEC	V_m+ Mitte	Lohne-Dinklage					6	1	7		Damme					1		1			
VEC	V_m+ Nord	Vechta					1	3	4		Goldenstedt					1	1	2			
VEC	V_m+ Sued	Neuenkirchen					4		4		Damme					1		1			
VEC	V_Stadt	Vechta						5	5												
Summe		Cloppenburg					14	10	61	32	117						3	2	13	8	26
		Vechta					13	9	23	23	68						2	2	16	3	23
		OM1						2	2		2										

Tabelle 31: Fahrzeug(-typen) an den Ladehubs aus Sicht der Linienbündel, Sz. 2.1.d

4.6.2.2 Gleichzeitige Ladevorgänge

Die Anzahl an gleichzeitigen Ladevorgängen unterscheidet sich je nach Standort. Insbesondere an den Ladehubs finden meist mehrere Ladevorgänge gleichzeitig statt.

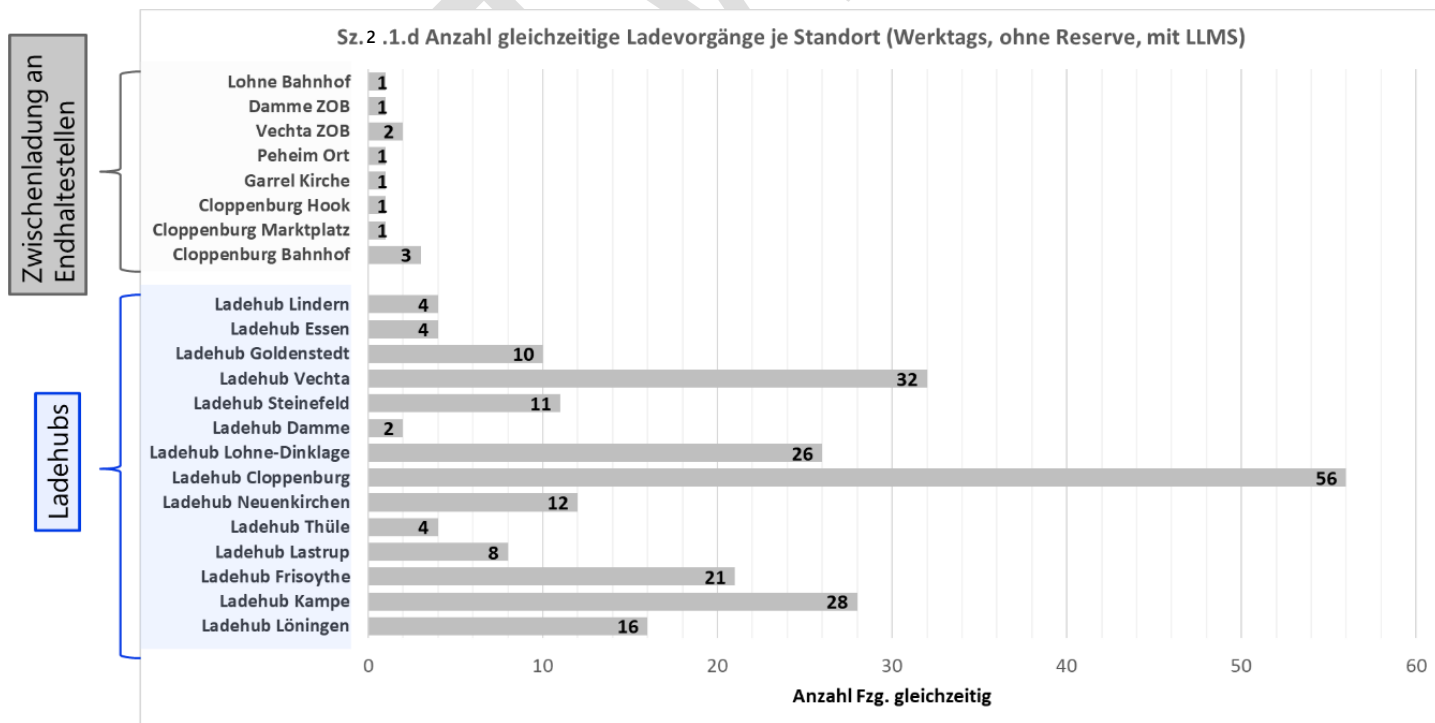


Abbildung 48: Anzahl gleichzeitige Ladevorgänge je Standort, Szenario 2.1.d

Die meisten Ladevorgänge finden am Ladehub Cloppenburg statt, bis zu 56 Busse werden hier gleichzeitig geladen. Weitere Ladehubs mit einer hohen Anzahl an gleichzeitigen Ladevorgängen sind Vechta, Lohne-Dinklage, Frisothe, und Kampe. Je nach Standort finden hier zwischen 20 und mehr als 30 gleichzeitige Ladevorgänge statt. An den Ladehubs in Lindern, Essen, Damme und Thüle ist die Anzahl an gleichzeitigen Ladevorgängen gering, hier laden jeweils nur zwei bis vier Busse gleichzeitig. Auch an den Zwischenladestationen finden, ausgenommen vom Bahnhof Cloppenburg, ebenso jeweils nur ein Ladevorgang gleichzeitig statt.

4.6.2.3 Energie

Strombedarf

Der gesamte voraussichtliche Strombedarf beträgt je Werktag etwa 51.230 kWh. Dabei ist der Strombedarf je Ladestation unterschiedlich. Den höchsten Strombedarf hat der Ladehub Cloppenburg mit 10.780 kWh, den zweithöchsten Bedarf der Ladehub in Kampe mit 7.690 kWh. Die Ladehubs in Vechta und Frisothe haben jeweils einen Strombedarf von über 5.000 kWh. Einen deutlich geringeren Strombedarf mit jeweils weniger als 1.000 kWh haben die Ladehubs Lindern, Essen, Damme und Thüle sowie alle Zwischenladestationen, ausgenommen in Vechta ZOB und am Bahnhof Cloppenburg. Der Strombedarf für jede Ladestation kann der nachfolgenden Abbildung entnommen werden.

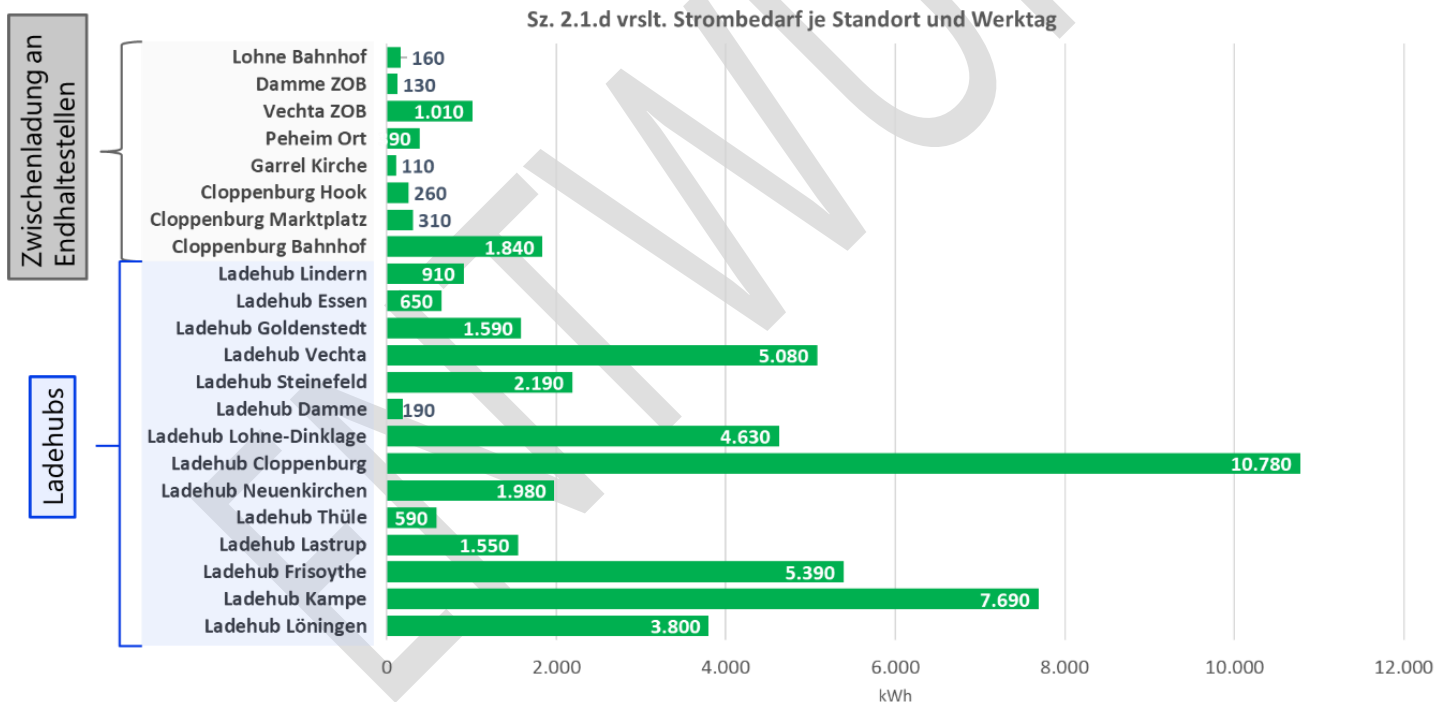


Abbildung 49: Strombedarf je Standort, Szenario 2.1.d

Anschlussleistung

Die maximale Ladeleistung (ohne Reserve) unterscheidet sich je nach Standort. Eine hohe Ladeleistung wird beim Ladehub Cloppenburg (590 kW), Ladehub Kampe (470 kW) und bei der Zwischenladestation Cloppenburg Bahnhof (450 kW) benötigt. Die Ladehubs in Löningen, Frisothe, Lohne-Dinklage und Vechta sowie die Zwischenladestation Vechta ZOB benötigen eine Ladeleistung von je 270- 300 kW. Die übrigen Zwischenladestationen benötigen jeweils eine Ladeleistung von 150 kW. Deutlich geringere maximale Ladeleistungen von 40-50 kW benötigen

jeweils die Ladehubs Thüle und Damme. Die genaue maximale Ladeleistung aller Ladestationen kann der nachfolgenden Abbildung entnommen werden.

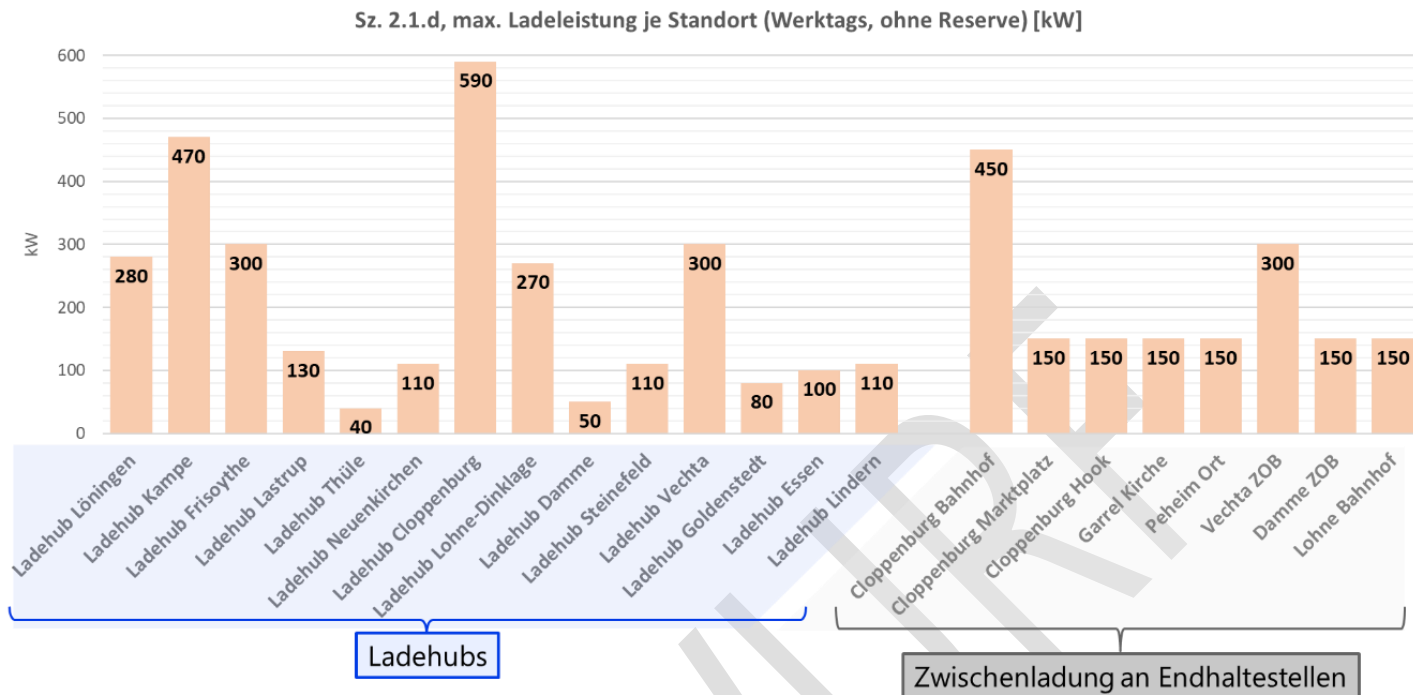


Abbildung 50: maximale Ladeleistung je Standort, Szenario 2.1.d

4.6.3 Betrieb

Aus betrieblicher Sicht ergeben sich in Szenario 2.1.d durch die vollständige Umstellung auf batterieelektrische Fahrzeuge im Vergleich die größten Anpassungsbedarfe bei der Umlaufbildung. Durch die zentralen Ladehubs sind zwar kurze Ein-/Aussetzfahrten garantiert, aufgrund der Reichweitebeschränkung der batterieelektrischen Fahrzeuge müssen im Betrieb aber teils Ladepausen eingeplant und/oder zusätzliche Fahrzeuge eingesetzt werden.

Die Umlaufpläne von Szenario 2.1.d sind diesem Bericht in den Anhängen 13, 14 und 15 beigefügt. Die Bewertung des Szenarios erfolgt im Kontext der Ergebnisse der übrigen Szenarien in Kapitel 6.

5 Wirtschaftlichkeit und Umweltwirkung

Die zuvor optimierten Szenarien (Kapitel 4) wurden hinsichtlich der ökonomischen und ökologischen Auswirkungen geprüft und bewertet. Dabei wurden sie stets mit dem Vergleichsszenario (HVO100-Betrieb) verglichen und die Differenz der zu erwartbaren Kosten / Umweltauswirkungen prozentual angegeben.

5.1 Wirtschaftlichkeit

Nachfolgende Abbildung zeigt eine Übersicht über die verwendeten Kostenpositionen für die Umstellung auf alternative Antriebe. In Abhängigkeit der Anforderungen der Landkreise Vechta und Cloppenburg können einzelne Positionen ergänzt oder ausgeklammert werden.

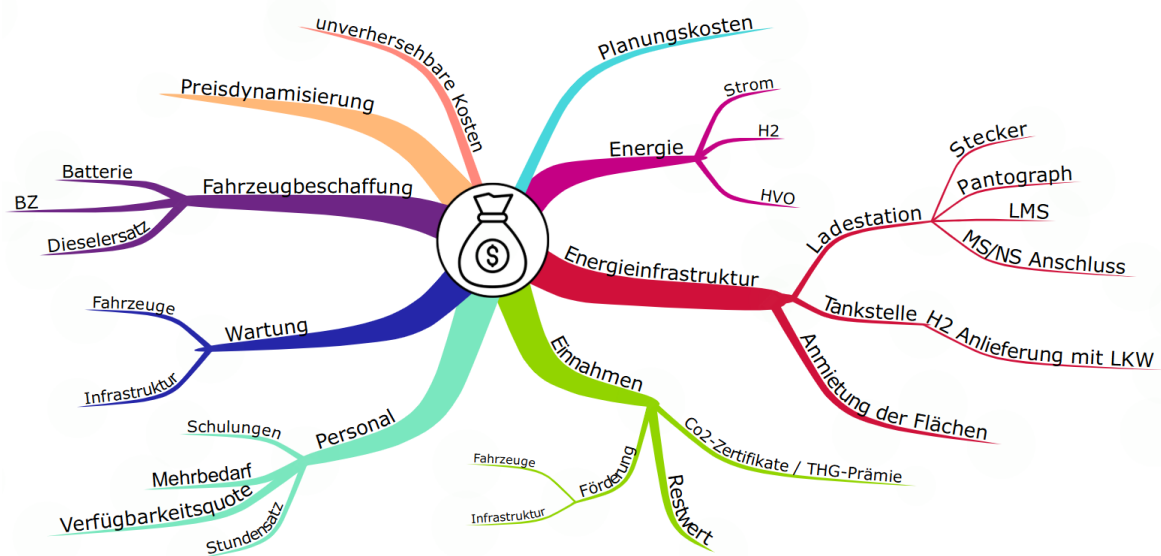


Abbildung 51: Mögliche Kostenpunkte bei der Umstellung auf alternative Antriebe

Generell werden alle Kosten zeitlich bezogen, abhängig der Laufzeiten der Linienbündel, berechnet. Dabei wird von einem Preisstand 2025 ausgegangen und eine allgemeine Inflation von 2,1 % pro Jahr angenommen. Sämtliche Werte beziehen sich auf die Konzessionslaufzeiten der Linienbündel des jeweiligen Landkreises (i.d.R. 10 Jahre).

5.1.1 Betriebskosten

Nachfolgende Abbildung zeigt die erwartbaren Veränderungen der Energiekosten der Umstellungsszenarien zum Referenzszenario (HVO100-Betrieb). Angenommen wurden Stromkosten von 0,20 €/kWh, Wasserstoffkosten von 12 €/kg und HVO100-Kosten von 1,60 €/l. Bei Wasserstoff und Strom wird jeweils von grünen Erzeugnissen ausgegangen.

Die Energiekosten haben einen großen Einfluss auf die Gesamtkosten und somit die ökonomische Bewertung der Szenarien. In Abhängigkeit der politischen Lage und diversen anderen, meist nicht zuverlässig prognostizierbaren Einflussfaktoren, können die realen Energiepreise hohen Schwankungen ausgesetzt sein. Die getroffenen Annahmen basieren auf intensiver Recherche und versuchen.

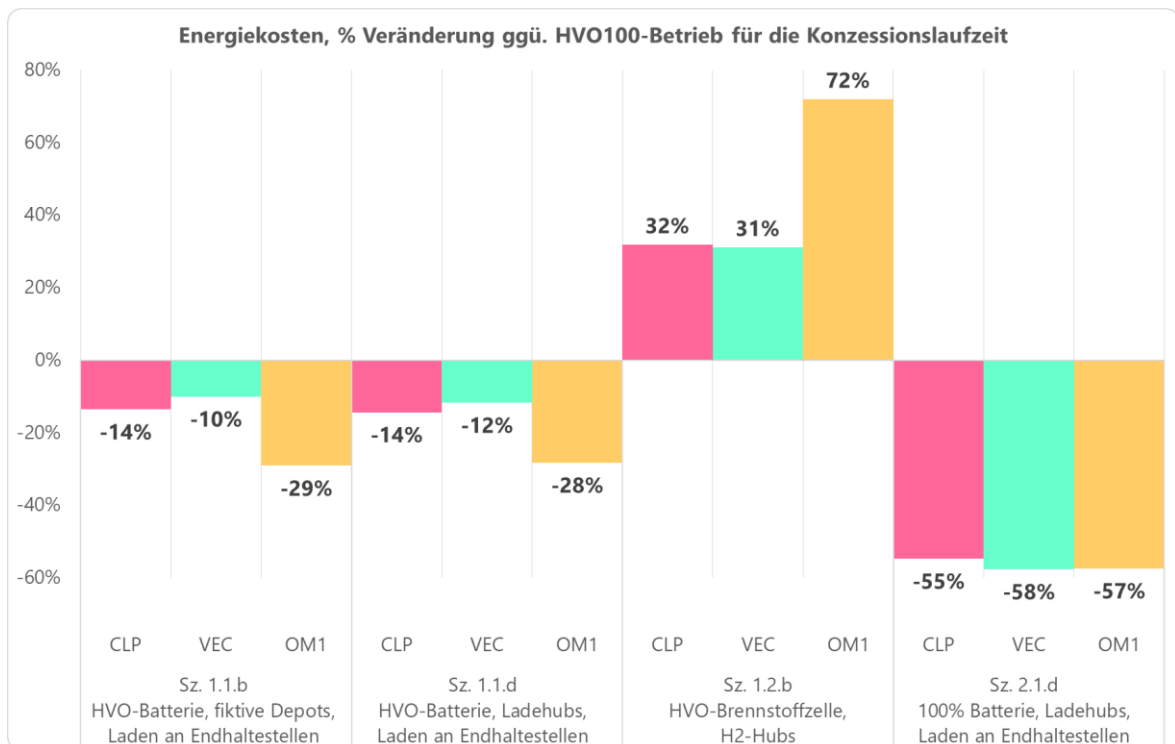


Abbildung 52: Differenz der erwartbaren Energiekosten ggü. dem HVO100-Betrieb

In allen Szenarien mit Umstellung auf batterieelektrische Fahrzeuge sinken die Energiekosten.

Die Energiekosten sind ein sehr wichtiger Bestandteil der Betriebskosten. Die hier getroffenen Annahmen sind entscheidend für die Differenz zwischen dem HVO100- und den E-Bus Szenarien! Im Vergleich mit einem Dieselmotor, anstatt HVO100, würden sich die Differenzen verkleinern.

Nachfolgende Abbildung zeigt die erwartbare Veränderung der Betriebskosten (inkl. der zuvor dargestellten Energiekosten) der Umstellungsszenarien zum Referenzszenario (HVO100-Betrieb). Zusätzlich zu den Energiekosten werden hier die Kosten für Fahrpersonal (37 €/h), die laufenden Kosten der Software, die Wartung und Versicherung der Fahrzeuge, der Lade-/Tankinfrastruktur und die Miete und Pflege der benötigten Flächen (70 €/m²) einberechnet. In Szenarien mit Bereitstellung von Ladehubs durch die Landkreise (Sz. 1.1.d und 2.1.d) wird zudem eine Vollzeitstelle je Landkreis, zur Verwaltung dieser, angenommen.

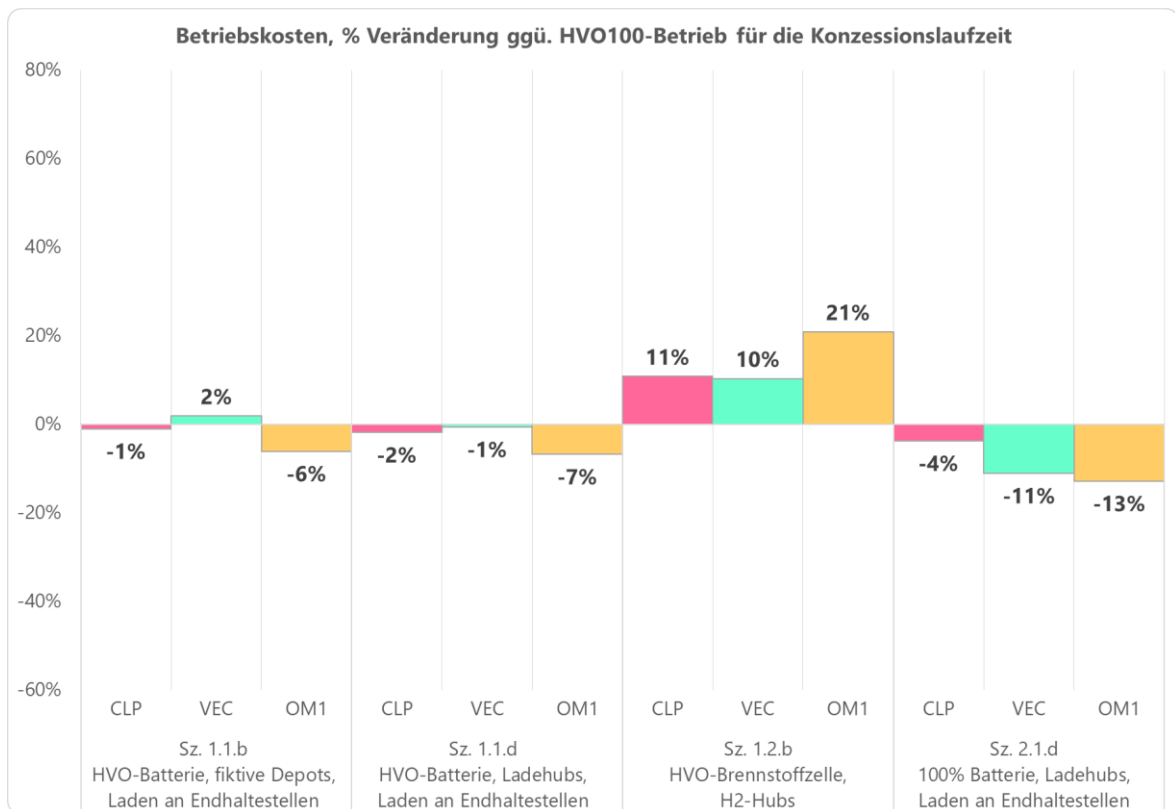


Abbildung 53: Differenz der erwartbaren Betriebskosten ggü. dem HVO100-Betrieb

Der Betrieb von Wasserstoff / Ladeinfrastruktur ist kostenintensiver, als der von gängigen Diesel-/HVO100-Tankstellen. Der Betrieb von Brennstoffzellenfahrzeugen führt zu erhöhten Betriebskosten, der von batterieelektrischen Fahrzeugen zu leichten Kostensenkungen. Allerdings entstehen durch die Umstellung auf batterieelektrische Fahrzeuge Mehrkilometer und neben den damit verbundenen Betriebskosten der Fahrzeuge auch erhöhte Personalkosten (in Abhängigkeit des Szenarios unterschiedlich stark ausgeprägt).

In Summe kann mit den getroffenen Annahmen bei beim Mischbetrieb HVO100 & batterieelektrische Fahrzeuge von gleichbleibenden Betriebskosten ausgegangen werden. Bei vollständiger Umstellung ist durch die Einsparungen bei der Energie (in Abhängigkeit der Energiepreise) von einer leichten Senkung der Betriebskosten zu erwarten. Beim Mischbetrieb HVO100 & Brennstoffzellenfahrzeuge steigen die Betriebskosten aufgrund der, zum Stand der Studie, hohen Preise für grünen Wasserstoff.

5.1.2 Investitionskosten

Nachfolgende Abbildung zeigt die erwartbare Veränderung der Fahrzeuginvestitionskosten der Umstellungsszenarien zum Referenzszenario (HVO100-Betrieb).

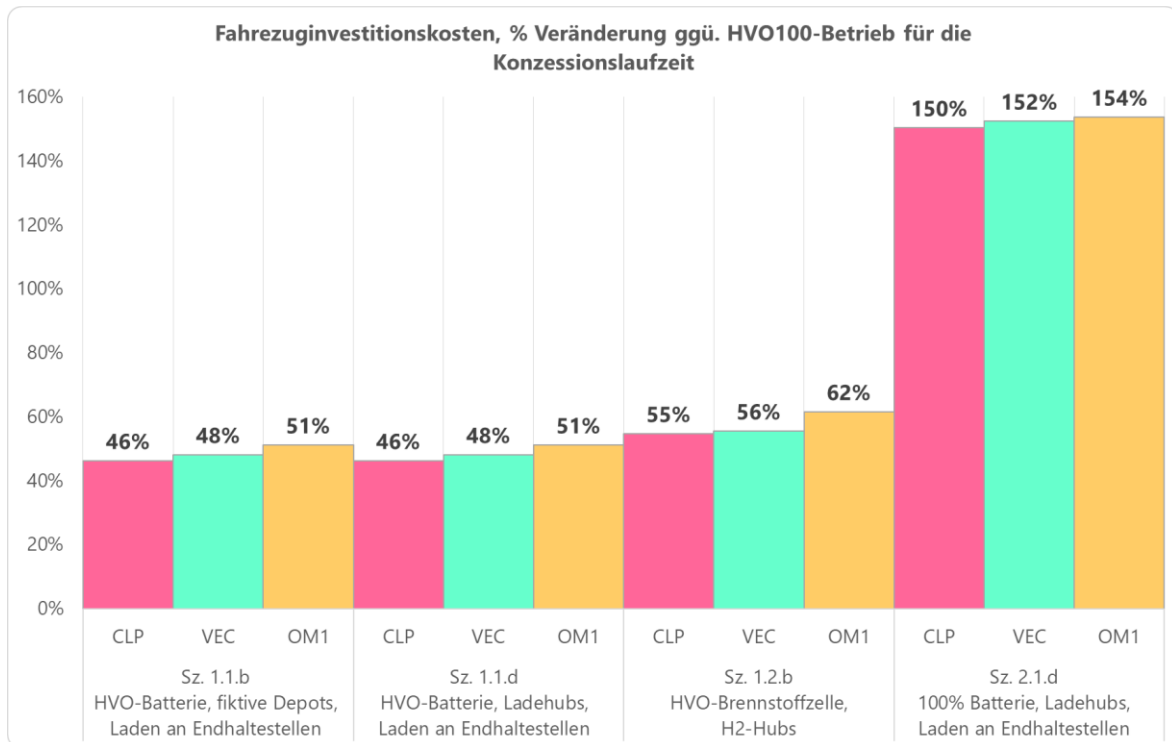


Abbildung 54: Differenz der erwartbaren Fahrzeuginvestitionskosten ggü. dem HVO100-Betrieb

Sowohl batterieelektrische- als auch Brennstoffzellenfahrzeuge sind zum Stand der Studie erheblich teurer in der Anschaffung als klassische Verbrennerfahrzeuge. Deshalb gilt aktuell, je mehr emissionsfreie Fahrzeuge angeschafft werden, desto stärker steigt die Differenz der Fahrzeuginvestitionskosten im Vergleich zum Referenzszenario.

Durch Fördermittel können die Mehrkosten ggf. zu einem gewissen Teil getragen werden. Aufgrund der zum Stand der Studie unsicheren Verfügbarkeit von Förderprogrammen bzw. der verfügbaren Mittel innerhalb dieser Programme, wurde auf die Einberechnung von Fördermitteln verzichtet.



Nachfolgende Abbildung zeigt die erwartbare Veränderung der Infrastrukturinvestitionskosten der Umstellungsszenarien im Vergleich zum Referenzszenario (HVO100-Betrieb). Folgende Kostenpunkte sind in die Berechnung mit eingeflossen:

- **Für batteriefahrzeugbezogene Infrastruktur:**
 - Ladepunkte
 - MS/NS Leitung
 - Transformator
 - Nur bei Bedarf: Ladelastmanagementsystem (LMS) und Betriebshofmanagementsystem (BMS)
- **Für brennstoffzellenfahrzeugbezogene Infrastruktur:**
 - H2-Tankstellen
- **Für verbrennerfahrzeugbezogene Infrastruktur:**
 - HVO100-Tankstellen
- **Alle:**
 - Aufschlag für Planungskosten
 - Risikozuschlag

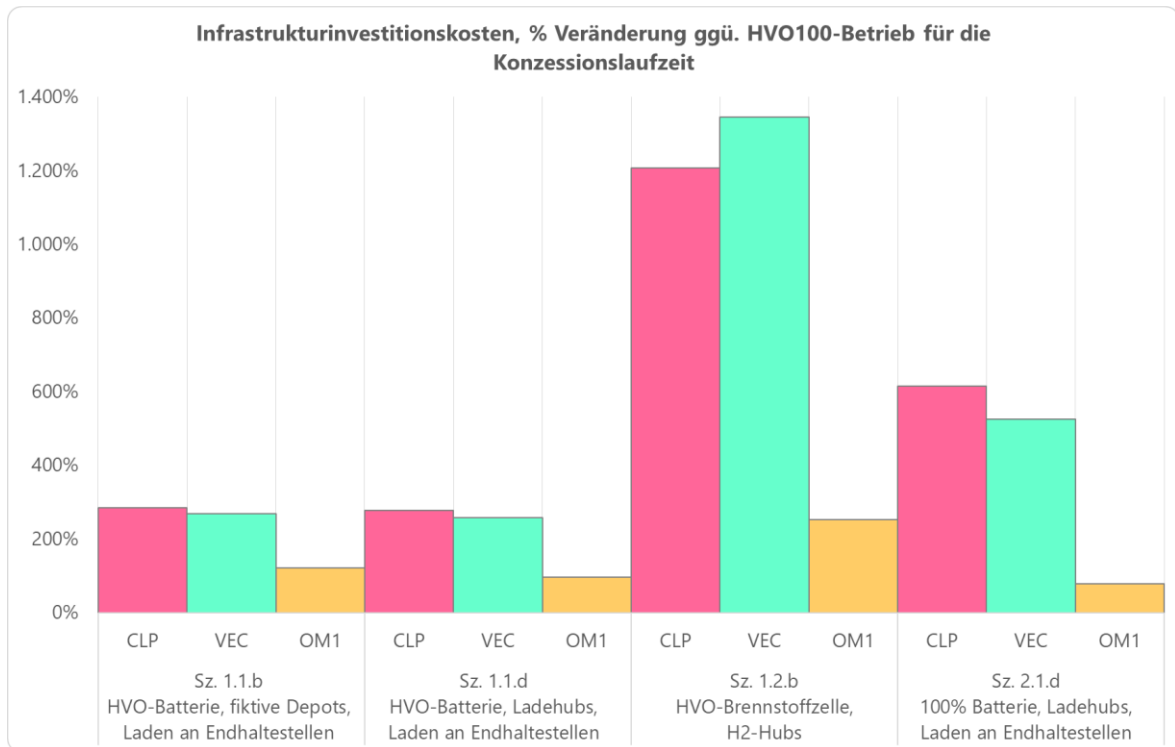


Abbildung 55: Differenz der erwartbaren Infrastrukturinvestitionskosten ggü. dem HVO100-Betrieb

Der Investitionsbedarf in die für die Umstellung erforderliche Infrastruktur bringt in jedem Fall Mehrkosten mit sich. Aufgrund der hohen Kosten für Wasserstofftankstellen ist die Kostendifferenz zum HVO100-Vergleichsszenario bei der Umstellung auf Brennstoffzellenfahrzeuge am größten.

5.1.3 Gesamtkosten

Nachfolgende Abbildung zeigt die erwartbare Veränderung der Gesamtkosten der Umstellungsszenarien im Vergleich zum Referenzszenario (HVO100-Betrieb).

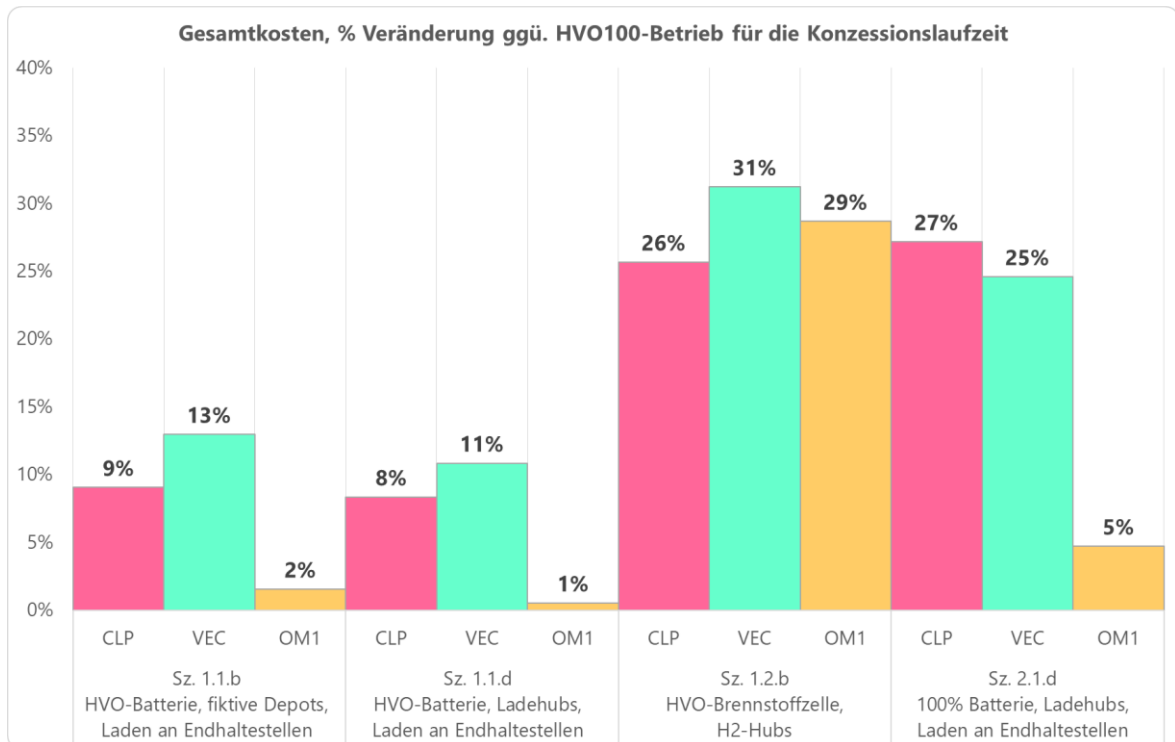


Abbildung 56: Differenz der erwartbaren Gesamtkosten ggü. dem HVO100-Betrieb

Bei den Differenzen der Gesamtkosten wurden sämtlich zuvor dargestellten Kostenveränderungen zusammengefasst. Die Kosteneinsparungen bei der Energie (Strom) werden von Mehrkosten bei den Fahrzeug- und Infrastrukturinvestitionskosten egalisiert. In Verbindung mit den durch Anpassungen hervorgerufene Mehrkosten im Betrieb (Mehrkilometer und gesteigerter Arbeitszeitbedarf) bleiben somit in allen Szenarien erhöhte Gesamtkosten durch die (anteilige) Umstellung auf emissionsfreie Fahrzeuge.

Besonders hoch sind die ökonomischen Auswirkungen bei der anteiligen Umstellung auf Brennstoffzellenfahrzeuge. Die Szenarien 1.1.b und 1.1.d (jeweils HVO100-Batterie-Mischbetrieb) sind aus wirtschaftlicher Sicht zu bevorzugen.

5.2 Umweltwirkung

Durch die (anteilige) Umstellung auf emissionsfreie Fahrzeuge wird der Schadstoffausstoß im ÖSPV in den Landkreisen Cloppenburg und Vechta reduziert. Nachfolgende Grafik stellt die Potentiale der einzelnen Szenarien dar.

Der Einsatz von HVO100 gilt als emissionsarm. Folgende Emissionswerte werden angenommen:

- ❖ **CO₂**: 0,0002774 t/l (~90 % unter dem Betrieb mit Diesel) ²⁰
- ❖ **Stickstoffoxid (NO_x)**: 8,658E-07 t/l (~10 bis 15 % unter dem Betrieb mit Diesel) ²¹
- ❖ **Feinstaub (PM)**: 2,592E-07 t/l (~10 bis 15 % unter dem Betrieb mit Diesel) ²²

Zur besseren Vergleichbarkeit werden alle Emissionswerte in CO₂-Äquivalente (CO₂e) umgerechnet.

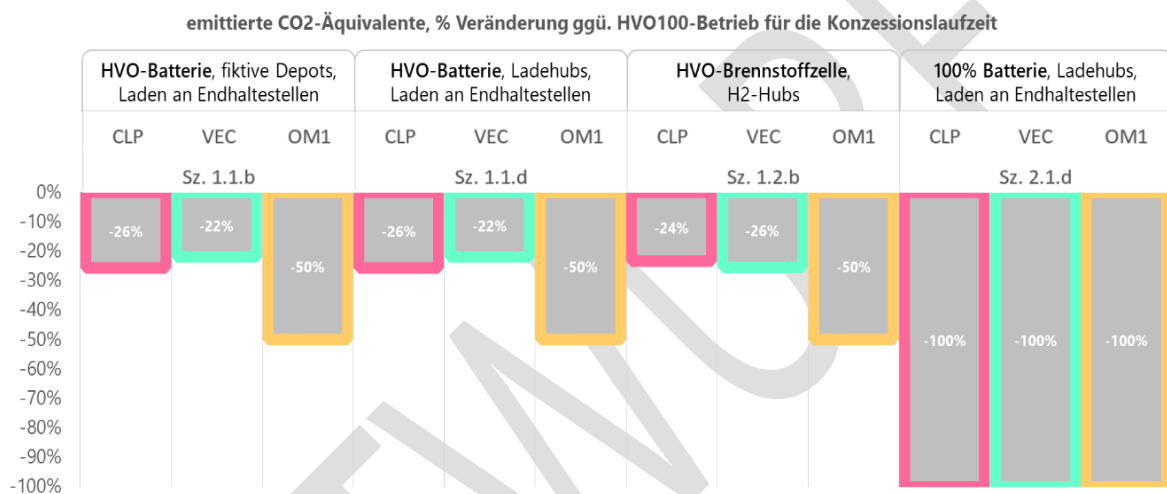


Abbildung 57: CO₂e Einsparungspotential, ggü. dem HVO100-Betrieb, über die gesamte Konzessionslaufzeit

Das Reduktionspotential bei 100 % Umstellung beträgt im Lkr. Cloppenburg pro Jahr 1.450 t CO₂e. Zum Vergleich: Der gesamte Verkehrssektor im Landkreis Cloppenburg hat im Jahr 2019 607.855 t CO₂e emittiert. Das entspricht einem Reduktionspotential von ~0,24 %.

Es wird von einer Umstellung von emissionsarmen, mit HVO100 betriebenen, Fahrzeugen ausgegangen, welche bereits nur sehr geringe Mengen CO₂e emittieren. Im Vergleich zu Dieselfahrzeugen würden entsprechend größere Mengen CO₂e eingespart werden.



²⁰ <https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Artikel/K/erkenntnislage-umweltauswirkung-hvo100.html>

²¹ https://www.innofuels.de/downloads/Paper_HVO_V2.pdf

²² https://www.innofuels.de/downloads/Paper_HVO_V2.pdf

6 Konklusion und Strategieentscheidung

Die Ergebnisse aus der Optimierung der Szenarien (Kapitel 4) und der Berechnung der ökonomischen und ökologischen Auswirkungen (Kapitel 5) werden in den nachfolgenden Abschnitten zusammengefasst, bewertet und in eine Strategieentscheidung überführt.

Die nach Empfehlung des Gutachters von den Landkreisen getroffene Strategieentscheidung bildet die Grundlage für das spätere Umstellungskonzept (Kapitel 7).

6.1 Landkreis Cloppenburg

Für den Landkreis Cloppenburg ist die Übersicht der Ergebnisse und der Vergleich dieser zwischen den Szenarien in Tabelle 32 dargestellt.

Szenario 1.1.b mit fiktiven Depots und Zwischenladung an Endhaltestellenladen (HVO100-Batterie Mischbetrieb) weist die niedrigsten Investitionskosten (+55% Differenz zum Referenzszenario) und einen geringen Verwaltungsaufwand auf, erreicht im Vergleich jedoch die geringste Emissionsreduktion von etwa 15%.

Szenario 1.1.d mit Ladehubs und Zwischenladung an Endhaltestellenladen (HVO100-Batterie Mischbetrieb) erzielt eine deutlich höhere Emissionsminderung von rund 26% bei ähnlich niedrigen Investitionen, erfordert jedoch zusätzlichen Verwaltungsaufwand, auf Seite des Landkreises, für Aufbau und Betrieb der Ladehubs. Durch die Ladehubs an optimalen Standorten sind im Vergleich zum Szenario 1.1.b kürzere Ein-/Aussetzfahrten möglich, wodurch Kilometer, Arbeitszeit und folglich auch Betriebskosten und Emissionen eingespart werden.

Szenario 1.2.b mit Wasserstoff-Hubs (HVO100-BZ Mischbetrieb) reduziert die Emissionen um etwa 24%, ist jedoch durch hohe Investitionskosten und im Vergleich mit den höchsten Betriebskosten, sowie eingeschränkte Marktverfügbarkeit, insbesondere bei Klein- und Midibussen, eingeschränkt. Eine (anteilige) Umstellung auf Brennstoffzellenfahrzeuge wird aufgrund der fehlenden Marktverfügbarkeit und hohen Kosten nicht empfohlen.

Szenario 2.1.d mit Ladehubs und Zwischenladung an Endhaltestellenladen (100% Batterie) bietet die größte Emissionsreduktion (100%). Durch den Fahrzeugmehrbedarf und den damit verbundenen zusätzlichen Ein-/Aussetzfahrten entstehen sowohl höhere Betriebskosten als bei anteiliger Umstellung, als auch die höchsten Investitionskosten. Diese sind durch die Mehrkosten der batterieelektrischen Fahrzeuge und den erhöhten Bedarf an Ladepunkten und allgemeiner Energieinfrastruktur zu begründen.

Die multikriterielle Analyse zeigt, dass die Wahl des Szenarios zur Umstellung maßgeblich von den strategischen Prioritäten abhängt. Wird die maximale Schadstoffemissionsminderung angestrebt, ist die vollständige Elektrifizierung die beste Option, sofern die finanziellen und organisatorischen Ressourcen verfügbar sind.

Unter Kosten- und Umsetzungs- und betrieblichen Aspekten stellt der Mischbetrieb aus HVO100-Fzg. und batterieelektrischen Fahrzeugen, mit Zwischenladung an Endhaltestellen, dar. Die Wahl, ob Ladehubs bereitgestellt werden, hängt maßgeblich von den Präferenzen der gewünschten Strategie des Landkreises und verfügbaren Verwaltungsressourcen ab.

Ohne die Möglichkeit an ausgewählten Endhaltestellen untertäglich zwischenzuladen entstehen in allen Fällen Fahrzeugmehrbedarfe, inkl. den daraus folgenden Bedarfen an Abstellflächen und Energieinfrastruktur für diese Fahrzeuge. Die resultierenden Kosten übersteigen stets die Kosten für die Errichtung der Ladepunkte an den Endhaltestellen, wodurch diese aus wirtschaftlicher und betrieblicher Sicht empfohlen werden.

Nach Ansicht aller Ergebnisse hat sich der Landkreis Cloppenburg strategisch für eine Umsetzung nach Szenario 1.1.d entschieden.

multikriterieller Vergleich - Cloppenburg				
Kriterien	Sz. 1.1.b (HVO100-Batterie) fiktive Depots & laden an Endhaltestellen	Sz. 1.1.d (HVO100-Batterie) Ladehubs & laden an Endhaltestellen	Sz. 1.2.b (HVO100-BZ) H2-Hubs	Sz. 2.1.d (100 % Batterie) Ladehubs & laden an Endhaltestellen
Investitionskosten [Infrastruktur & Fzg.] Veränderung ggü. 100% HVO-Betrieb	55%	54%	83%	167%
Betriebskosten Veränderung ggü. 100% HVO-Betrieb	-1%	-2%	11%	-4%
Emissionen [CO2-Äquivalente] Veränderung ggü. 100% HVO-Betrieb	-15%	-26%	-24%	-100%
Steigerung Arbeitszeit Veränderung ggü. 100% HVO-Betrieb	+ 4 %	+ 4 %	+ -1 %	+ 24 %
Mehrbedarf Fahrzeuge Veränderung ggü. 100% HVO-Betrieb	+ 1	+ 1	0	+5
Marktvfügbarkeit Fzg.	sehr gut	sehr gut	Klein-/Midibusse aktuell nicht auf dem Markt	sehr gut
Synergienutzung zwischen Bündeln	mittel, durch gemeinsame Ladestationen an Endhaltestellen (Infrastruktur, Planung)	gut, gemeinsame Ladehubs und Ladestationen an Endhaltestellen (Infrastruktur, Software, Verwaltung und Planung)	gut, durch gemeinsame gemeinsame H2-Ladehubs (Infrastruktur, Software, Verwaltung und Planung)	sehr gut, gemeinsame Ladehubs und Ladestationen an Endhaltestellen (Infrastruktur, Software, Verwaltung und Planung)
Synergiepotentiale zwischen Bündeln	durch Bündelübergreifende Quotenerfüllung ohne Fahrzeugmehrbedarf möglich	durch Bündelübergreifende Quotenerfüllung ohne Fahrzeugmehrbedarf möglich		
Synergiepotentiale zwischen Lkr.	n.v.	ggf. durch gemeinsame Verwaltung/ Instandhaltung der Ladehubs	ggf. durch gemeinsame Verwaltung/ Instandhaltung der H2-Hubs	ggf. durch gemeinsame Verwaltung/ Instandhaltung der Ladehubs
Synergiepotentiale mit anderen Branchen	n.v.	ggf. mitnutzung der Ladehubs für städtische Betriebe / Logistikunternehmen oder private PKW	ggf. mitnutzung der H2-Hubs für städtische Betriebe / Logistikunternehmen oder private PKW	ggf. mitnutzung der Ladehubs für städtische Betriebe / Logistikunternehmen oder private PKW
Wettbewerbsoffenheit für VU	gering, VU müssen Infrastruktur eigenständig errichten und betreiben	sehr gut, die Landkreise stellen und betreiben die Infrastruktur	sehr gut, die Landkreise stellen und betreiben die Infrastruktur	sehr gut, die Landkreise stellen und betreiben die Infrastruktur
Verwaltungsmehraufwand Lkr. ggü. 100% HVO-Betrieb	gering	hoch, Aufbau und Verwaltung der Ladehubs erfordern zusätzliche Stellen	hoch, Aufbau und Verwaltung der H2-Hubs erfordern zusätzliche Stellen	hoch, Aufbau und Verwaltung der Ladehubs erfordern zusätzliche Stellen
Fazit				

Tabelle 32: multikriterieller Vergleich der Szenarien, Landkreis Cloppenburg

Die Umstellungsstrategie für den Landkreis Cloppenburg wird auf Basis von Szenario 1.1.d in Kapitel 7.1 ausgeführt. Anders als im oben dargestellten Szenario werden jedoch nur die Linienbündel gemäß den vorgegebenen Quoten umgestellt, die zum Stand der Studie von der CVD betroffen sind.

6.2 Landkreis Vechta

Für den Landkreis Vechta ist die Übersicht der Ergebnisse und der Vergleich dieser zwischen den Szenarien in Tabelle 33 dargestellt.

Szenario 1.1.b und Szenario 1.1.d unterscheiden sich in den Punkten Investitionskosten und Emissionsreduktion nur geringfügig. Durch die Ladehubs kann Sz. 1.1.d die Synergiepotentiale zwischen den Linienbündeln besser nutzen und folglich eine etwas geringere Laufleistung, Arbeitszeit und folglich geringere Betriebskosten vorweisen.

Szenario 1.2.b mit Wasserstoff-Hubs (HVO100-BZ Mischbetrieb) reduziert die Emissionen ebenfalls um etwa 22 %, ist jedoch durch hohe Investitionskosten und im Vergleich mit den höchsten Betriebskosten, sowie eingeschränkte Marktverfügbarkeit, insbesondere bei Klein- und Midibussen, eingeschränkt. Folglich wird dieses Szenario vom Gutachter nicht empfohlen.

Szenario 2.1.d mit Ladehubs und Zwischenladung an Endhaltestellenladen (100 % Batterie) bietet die größte Emissionsreduktion (100%). Durch den Fahrzeugmehrbedarf und den damit verbundenen zusätzlichen Ein-/Aussetzfahrten entstehen sowohl höhere Betriebskosten als bei anteiliger Umstellung, als auch die höchsten Investitionskosten. Diese sind durch die Mehrkosten der batterieelektrischen Fahrzeuge und den erhöhten Bedarf an Ladepunkten und allgemeiner Energieinfrastruktur zu begründen.

Die multikriterielle Analyse zeigt, dass die Wahl des Szenarios zur Umstellung maßgeblich von den strategischen Prioritäten abhängt. Wird die maximale Treibhausgasminderung angestrebt, ist die vollständige Elektrifizierung die beste Option, sofern die finanziellen und organisatorischen Ressourcen verfügbar sind.

Eine (anteilige) Umstellung auf Brennstoffzellenfahrzeuge wird aufgrund der fehlenden Marktverfügbarkeit und hohen Kosten nicht empfohlen.

Unter Kosten- und Umsetzungs- und betrieblichen Aspekten stellt der Mischbetrieb aus HVO100-Fzg. und batterieelektrischen Fahrzeugen, mit Zwischenladung an Endhaltestellen, die beste Option dar. Die Wahl, ob Ladehubs (Sz. 1.1.d) bereitgestellt werden, oder nicht (Sz. 1.1.b), hängt maßgeblich von den Präferenzen der Strategie des Landkreises und von verfügbaren Verwaltungsressourcen ab.

Ohne die Möglichkeit an ausgewählten Endhaltestellen untertäglich zwischenzuladen, entstehen in allen Fällen Fahrzeugmehrbedarfe, inkl. den daraus folgenden Bedarfen an Abstellflächen und Energieinfrastruktur für diese Fahrzeuge. Die resultierenden Kosten übersteigen stets die Kosten für die Errichtung der Ladepunkte an den Endhaltestellen, wodurch diese aus wirtschaftlicher und betrieblicher Sicht empfohlen werden.

Nach Ansicht aller Ergebnisse hat sich der Landkreis Vechta strategisch für eine Umsetzung nach Szenario 1.1.b entschieden.

multikriterieller Vergleich - Vechta				
Kriterien	Sz. 1.1.b (HVO100-Batterie) fiktive Depots & laden an Endhaltestellen	Sz. 1.1.d (HVO100-Batterie) Ladehubs & laden an Endhaltestellen	Sz. 1.2.b (HVO100-BZ) H2-Hubs	Sz. 2.1.d (100 % Batterie) Ladehubs & laden an Endhaltestellen
Investitionskosten [Infrastruktur & Fzg.] Veränderung ggü. 100% HVO-Betrieb	57%	57%	94%	168%
Betriebskosten Veränderung ggü. 100% HVO-Betrieb	2%	-1%	10%	-11%
Emissionen [CO2-Äquivalente] Veränderung ggü. 100% HVO-Betrieb	-22%	-22%	-22%	-100%
Steigerung Arbeitszeit Veränderung ggü. 100% HVO-Betrieb	+ 7 %	+ 4 %	- 3 %	+ 18 %
Mehrbedarf Fahrzeuge Veränderung ggü. 100% HVO-Betrieb	+ 2	+ 2	0	+ 3
Marktvfügbarkeit Fzg.	sehr gut	sehr gut	Klein-/Midibusse aktuell nicht auf dem Markt	sehr gut
Synergienutzung zwischen Bündeln	mittel, durch gemeinsame Ladestationen an Endhaltestellen (Infrastruktur, Planung)	gut, gemeinsame Ladehubs und Ladestationen an Endhaltestellen (Infrastruktur, Software, Verwaltung und Planung)	gut, durch gemeinsame gemeinsame H2-Ladehubs (Infrastruktur, Software, Verwaltung und Planung)	sehr gut, gemeinsame Ladehubs und Ladestationen an Endhaltestellen (Infrastruktur, Software, Verwaltung und Planung)
Synergiepotentiale zwischen Bündeln	durch Bündelübergreifende Quotenerfüllung ohne Fahrzeugmehrbedarf möglich	durch Bündelübergreifende Quotenerfüllung ohne Fahrzeugmehrbedarf möglich		
Synergiepotentiale zwischen Lkr.	n.v.	ggf. durch gemeinsame Verwaltung/ Instandhaltung der Ladehubs?	ggf. durch gemeinsame Verwaltung/ Instandhaltung der Ladehubs?	ggf. durch gemeinsame Verwaltung/ Instandhaltung der Ladehubs?
Synergiepotentiale mit anderen Branchen	n.v.	ggf. mitnutzung der Ladehubs für städtische Betriebe / Logistikunternehmen oder private PKW	ggf. mitnutzung der H2-Hubs für städtische Betriebe / Logistikunternehmen oder private PKW	ggf. mitnutzung der Ladehubs für städtische Betriebe / Logistikunternehmen oder private PKW
Wettbewerbsoffenheit für VU	gering, VU müssen Infrastruktur eigenständig errichten und betreiben	sehr gut, die Landkreise stellen und betreiben die Infrastruktur	sehr gut, die Landkreise stellen und betreiben die Infrastruktur	sehr gut, die Landkreise stellen und betreiben die Infrastruktur
Verwaltungsmehraufwand Lkr. ggü. 100% HVO-Betrieb	gering	hoch, Aufbau und Verwaltung der Ladehubs erfordern zusätzliche Stellen	hoch, Aufbau und Verwaltung der H2-Hubs erfordern zusätzliche Stellen	hoch, Aufbau und Verwaltung der Ladehubs erfordern zusätzliche Stellen
Fazit				

Tabelle 33: multikriterieller Vergleich der Szenarien, Landkreis Vechta

Die Umstellungsstrategie für den Landkreis Vechta wird auf Basis von Szenario 1.1.b in Kapitel 7.3 ausgeführt. Anders als im oben dargestellten Szenario werden jedoch nur die Linienbündel gemäß den vorgegebenen Quoten umgestellt, die zum Stand der Studie von der CVD betroffen sind.

7 Skizzierung der Umstellungsprojekte

Basierend auf den Vergleichen der Ergebnisse (siehe Kapitel 6.1 und 6.2) haben die Landkreise eine jeweils eigenständige Entscheidung für eine Umstellungsstrategie auf emissionsfreie Fahrzeuge getroffen. Auf Grundlage der gewählten Szenarien werden in den folgenden Kapiteln die Umstellungsprojekte der beiden Landkreise skizziert.

7.1 Allgemeine Hinweise zur Umsetzung

Neben den aufgezeigten Konzepten sind folgende Hinweise zur Umsetzung und dessen Zeitplan zu beachten:

Zeitplanung

1) Unveränderter Vergaberahmen trotz Saubere-Fahrzeuge-Beschaffungs-Gesetz

- Die vergaberechtlichen Rahmenbedingungen haben sich nicht geändert.
- Der Zuschlag erfolgt frühestens 15 Monate vor Inbetriebnahme, unabhängig von den erhöhten Anforderungen an saubere Fahrzeugtechnologien.

2) Zu kurzer Zeitraum für Umsetzung nach Zuschlag

- Nach Zuschlag verbleibt den VU sehr wenig Zeit, um:
 - Fahrzeuge zu beschaffen,
 - betriebliche Infrastruktur vollständig aufzubauen.

3) Komplexität beim Aufbau neuer Infrastruktur

- Insbesondere im Bereich batterieelektrischer Busse entstehen zusätzliche Aufgaben, z. B.:
 - Sicherstellung eines geeigneten Stromanschlusses,
 - Prüfung der Netzkapazitäten,
 - Implementierung eines Lademanagementsystems.
- Diese Aspekte erfordern erheblichen zeitlichen Vorlauf.

4) Frühzeitige Planungssicherheit für Verkehrsunternehmen

- Im Vergabeprozess sollten VU möglichst früh informiert werden, um notwendiges Know-how aufzubauen.
- Relevanz insbesondere für:
 - rechtzeitige Fahrzeugbeschaffung,
 - Planung und Aufbau der lade- bzw. tanktechnischen Infrastruktur auf dem Betriebshof.

5) Kooperationsmöglichkeiten nutzen

- Mit ausreichender Vorbereitungszeit können VU-Kooperationen zur Mitnutzung bestehender oder geplanter Ladeinfrastruktur eingehen.
- Potenzial zur Kostensenkung bei der Verkehrsleistungserbringung.

Zur Entwicklung eines sinnvollen Zeitplans müssen zunächst die relevanten Meilensteine auf dem Weg dorthin definiert werden.

Diese ergeben sich v.a. aus den Konzessionslaufzeiten der Linienbündel, den rechtlichen Anforderungen der CVD sowie den Klimaschutzvorgaben der Bundesrepublik, des Landes Niedersachsen sowie der jeweiligen Landkreise oder Gemeinden.

Auf Basis dieser Überlegungen werden die zu beachtenden Meilensteine definiert und in einen Ablaufplan festgehalten (siehe Kapitel 7.2.3 und 7.3.3).

Weiteres

Löschmittelverfügbarkeit	Für die Abstellung und besonders die Ladung batterieelektrischer Fahrzeuge gelten strengere Brandschutzvorschriften als für klassische Abstellanlagen. Bei der Planung sollte deshalb für jeden Standort die Verfügbarkeit ausreichend großer Mengen an Löschmitteln geprüft werden.
Stromversorgung	Der in den Umstellungskonzepten dargestellte Strombedarf inkl. der erforderlichen Anschlussleistung bezieht sich lediglich auf die Anforderungen durch die gezeigte, anteilige Umstellung. Für zukünftig geplante, weitere Umstellungen kann es sinnvoll sein, die Infrastruktur frühzeitig entsprechend zu dimensionieren. Um die rechtzeitige Fertigstellung der Energieinfrastruktur zu gewährleisten, sollten die Anforderungen und Bedarfe dem zuständigen Netzbetreiber frühzeitig mitgeteilt und dieser aktiv in das Projekt eingebunden werden.
Kampfmittelräumdienst	Bei der Zeitplanung sollte ein ausreichender Zeitraum für die Prüfung und ggf. Beseitigung von Kampfmitteln berücksichtigt werden.
Lärmschutz	Ladehubs für batterieelektrische Fahrzeuge erzeugen permanente Lärmemissionen, weshalb die Standorte entsprechende Anforderungen erfüllen müssen. Hierbei ist bei der Standortwahl zu achten.

7.2 Landkreis Cloppenburg

7.2.1 Strategie

Die Umstellungsstrategie für den Landkreis Cloppenburg basiert auf dem Szenario 1.1.d.

- ❖ Mischbetrieb HVO100-Batterie
- ❖ Bereitstellung von Ladehubs und Lademöglichkeiten an Endhaltestellen, sofern diese betrieblich sinnvoll sind)
- ❖ Anders als im Kapitel 4.3 dargestellten Szenario 1.1.d wird die Umstellung ausschließlich nach den gesetzlichen Vorgaben durchgeführt. Dementsprechend sind nur die vier mobil+ Linienbündeln mit Fahrzeugen der Klasse M1 betroffen (siehe nachfolgende Abbildung)
- ❖ Es wird eine bündelübergreifende Quotenerfüllung angesetzt

Linienbündel	Fahrzeugklasse	Beginn neuer Verkehrsvertrag									
		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
C01	M3, Klasse II										
C02	M3, Klasse II										
C03	M3, Klasse II										
C04	M3, Klasse II										
Cm+ Nord	M1				32,5%						
Cm+ Ost	M1				32,5%						
Cm+ Stadt	M1				32,5%						
Cm+ West	M1				32,5%						
965	M3, Klasse II										

keine Anforderungen nach CVD

Anforderungen nach CVD

Anforderungen durch Folgeregelung wahrscheinlich

Anzahl emissionsfreier Fahrzeuge bei bündelscharfer- und bündelübergreifender Quotenerfüllung:

- ❖ Cm+ Nord: 1,3 → 2
 - ❖ Cm+ Ost: 1,3 → 2
 - ❖ Cm+ Stadt: 2,6 → 3
 - ❖ Cm+ West: 1,3 → 2
- = 9 → 7 bei bündelübergreifender Erfüllung**
(21 Umläufe * 32,5 % = 6,83 E-Fzg.)

Die im Folgenden dargestellten Zahlen unterscheiden sich daher von denen aus Szenario 1.1.d.

7.2.2 Fahrzeug-/Infrastrukturkonzept

Die vier zur von der CVD betroffenen Linienbündel haben einen einheitlichen Betriebsstart am 01.04.2029. Im Szenario 1.1.d gibt es bei diesen einen kombinierten Fahrzeugmehrbedarf von plus eins (bündelscharfe Quotenerfüllung). Mit der im Umstellungskonzept festgelegten bündelübergreifenden Quotenerfüllung wird dieser eliminiert (siehe nachfolgende Grafik), sodass kein Fahrzeugmehrbedarf entsteht.

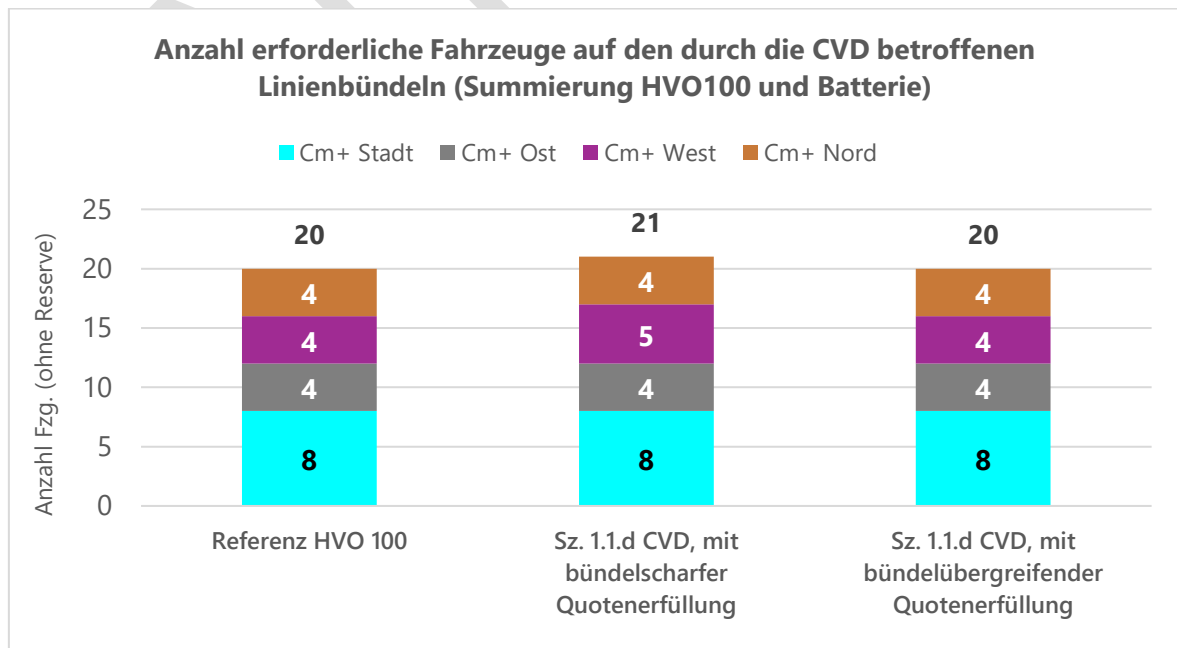


Abbildung 58: Fahrzeugbedarf nach CVD-Quote im Landkreis Cloppenburg

Die sieben batterieelektrischen Fahrzeuge verteilen sich auf die Linienbündel:

- **Cm+ Ost**
 - 1 E-Sprinter, stationiert am Ladehub Cloppenburg
 - 1 E-Midibus, stationiert am Ladehub in Lastrup
- **Cm+ West:** 1 E-Midibus, stationiert am Ladehub in Lastrup
- **Cm+ Stadt:** 4 E-Sprinter, stationiert am Ladehub in Cloppenburg

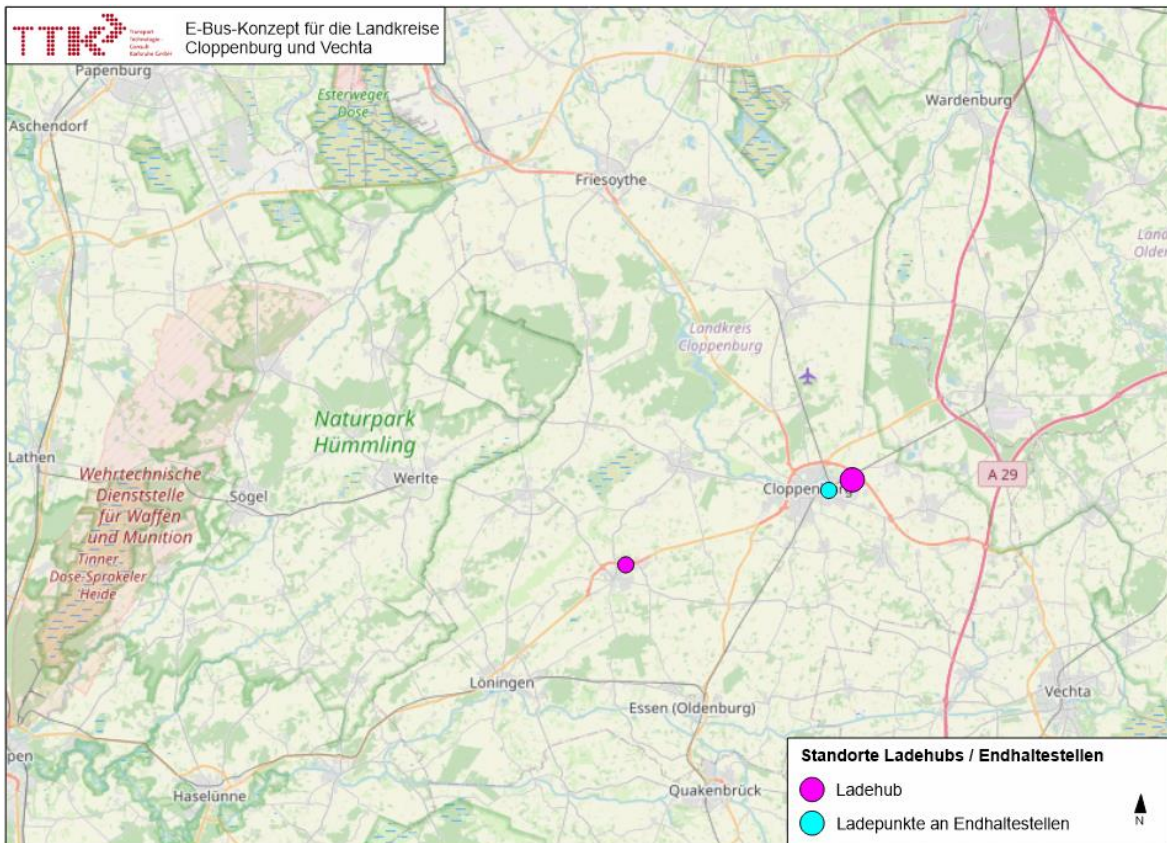


Abbildung 59: optimale Standorte (grob) für Ladeinfrastruktur im Lkr. Cloppenburg zur Erfüllung der CVD

Nr.	Standort	Adresse	Anzahl Fzg emissionsfrei (nur moobil+ und bündelübergreifend)				
			Sprinter	Midibus	Solobus	Gelenkbus	Summe
1	Ladehub Lastrup	Gewerbegebiet Lastrup Nord-Ost		2			2
2	Ladehub Cloppenburg	Gewerbegebiet Cloppenburg Ost	5				5
			5	2	0	0	7
3	Endhaltestelle	Cloppenburg Bahnhof	1	1			

Tabelle 34: optimale Standorte (grob) für Ladeinfrastruktur im Lkr. Cloppenburg zur Erfüllung der CVD

An der Endhaltestelle Cloppenburg Bahnhof sind zwei Ladepunkte vorgesehen. Rein theoretisch ist der Betrieb mit einem Ladepunkt möglich, wenn das in den Umlaufplänen (Anhang 16) aufgezeigte Betriebskonzept exakt eingehalten wird. Für ggf. erforderliche Wartungs-/Reparaturarbeiten oder Verzögerungen im Betriebsablauf wird allerdings dringlichst der Bau von mindestens zwei Ladepunkten empfohlen.

Nachfolgende Tabelle stellt die Anforderungen an die Standorte im Umstellungskonzept (Iila) und die perspektivischen Bedarfe (schwarz und grün) dar. Die Angaben für die Spitzenlast an den Ladehubs (LH) sind generell unter der Annahme, dass ein Ladelastmanagementsystem (LMS)

verwendet wird. Für Ladepunkte an Endhalttestellen (EH) ist dies nicht erforderlich, da die Fahrzeuge dort in der Regel nur für eine kurze Zeit, zwischen zwei Fahrplanfahrten, laden und in dieser Zeit mit voller Leistung (Tabelle 36) laden.

Neue Anforderungen an Ladestandorte pro Jahr (ohne Reserve)	2029 (moobil+, CVD bündelübergreifend)			2031 (965)		2033 (OM1)		2035 (C02)		2037 (C03)		2039 (C04)		2040 (C01)		Perspektive CVD			Perspektive 100%			
	Anzahl LP	kWh je Schultag	Spitzenlast kw mit LMS	Anzahl LP	kWh je Schultag	Anzahl LP	kWh je Schultag	Anzahl LP	kWh je Schultag	Anzahl LP	kWh je Schultag	Anzahl LP	kWh je Schultag	Anzahl LP	kWh je Schultag	Anzahl LP	kWh je Schultag	Spitzenlast kw mit LMS	Anzahl LP	kWh je Schultag	Spitzenlast kw mit LMS	
	LH																					
Cloppenburg	5	230	50	1	60	1	270			12	1810					19	2.370	200	56	10.810	590	
Löningen								2	350							2	350	20	16	3.800	280	
Kampe												6	1810			6	1.810	110	28	7.690	470	
Frisoythe												4	910	5	970	9	1.880	120	21	5.270	300	
Lastrup	2	220	10					3	730	3	450					8	1.400	80	8	1.550	130	
Thüle										1	160	1	250			2	410	30	4	590	40	
Essen																		4	650	100		
Lindern																		4	910	110		
EH																						
Cloppenburg Bahnhof	2	380	300			1	420									3	800	450	3	1.840	450	
Peheim Ort																			1	390	150	
Cloppenburg Marktplatz																			1	310	150	
Cloppenburg Hook																			1	260	150	
Garrel Kirche																			1	110	150	

Tabelle 35: Anforderungen der Ladestandorte im Landkreis Cloppenburg

Perspektivisch werden im Szenario 1.1.d (Mischbetrieb HVO100-Batterie) bis zum Jahr 2040 insgesamt 49 Ladepunkte an 7 Standorten benötigt (ohne Reserve). Die drei größten Standorte für Ladehubs sind Cloppenburg (19 LP), Frisoythe (9 LP) und Lastrup (8).

Um möglichst die gesamte Wendezeit zur Zwischenladung zu nutzen, sollten sich die Ladepunkte an, oder zumindest unmittelbar neben den Ein-/Ausstiegspunkten befinden.

Um das aufgezeigte Betriebskonzept zuverlässig, auch unter den genannten Worst-Case-Bedingungen (vgl. Tabelle 23), leisten zu können, müssen die eingesetzten batterieelektrischen Fahrzeuge mindestens die folgenden Spezifikationen vorweisen.

Fahrzeugtyp	Sprinter (8 Fahrgastplätze)	Midibus (16 Fahrgastplätze)
max. Ladeleistung	150 kW	150 kW
Batteriekapazität (end of life)	90 kWh	100 kWh

Tabelle 36: Mindestspezifikationen der batterieelektrischen Fahrzeuge im Landkreis Cloppenburg

7.2.3 Zeit-/Meilensteinplan

Folgende Tabelle gibt einen Überblick über wichtige Meilensteine und die geschätzte Dauer einiger Prozesse auf dem Weg zum Betriebsbeginn batterieelektrischer Fahrzeuge.

	geschätzte Dauer	moobil+ (Nord, Ost, West, Stadt)
1. Abschluss Vorplanung LIS und Betriebskonzepte <ul style="list-style-type: none"> ⌘ Festlegung Fahrpläne, Fahrzeuggrößen ⌘ Festlegung E-Quote ⌘ Bestimmung notwendiger Ladepunkte & Strombedarf 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ 9 Monate ⌘ 3 Monate ⌘ 3 Monate 	April 2026
2. Politischer Umsetzungsbeschluss zur Strategie Ladeinfrastruktur <ul style="list-style-type: none"> ⌘ Danach: Start Standortsuche Ladehubs & Endhaltestellen ⌘ Simultan: Einbindung Stromnetzbetreiber / Netzanschluss 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Meilenstein ⌘ 12 Monate ⌘ 12 Monate 	Sep. 2026
3. Vorabbekanntmachung (Betriebsleistung) → Start Vergabeprozess	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Meilenstein 	Jan. 2027
4. Abschluss Standortsuche	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Meilenstein 	Mai 2027
5. Prozess LIS-Aufbau <ul style="list-style-type: none"> ⌘ Vorbereitung & Ausschreibung LIS-Aufbau ⌘ Klärung Betreibermodell und Verantwortlichkeit (auch zur Information der VU während der Vergabe des Verkehrsvertrags) 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ 5 Monate ⌘ 5 Monate 	Mai – Oktober 2027
6. Prozess Vergabe Verkehrsleistung <ul style="list-style-type: none"> ⌘ Vorbereitung & Ausschreibung Verkehrsleistung ⌘ Zuschlag an VU 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ 4 Monate ⌘ Meilenstein 	Jan. – April 2028
7. Rüstzeit	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ 12 Monate 	April 2028 – April 2029
8. Abnahme LIS	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Meilenstein 	Jan. 2029
9. Betriebsbeginn / Start neuer Verkehrsvertrag	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Meilenstein 	Apr. 2029

Tabelle 37: Übersicht Zeit- und Meilensteinplan Cloppenburg

Detaillierte Zeit-/Meilensteinpläne für die Umstellung der moobil+ Linienbündel sind in Anhang 18 ersichtlich. Zusätzlich befinden sich dort, in Vorbereitung auf mögliche Fortschreibungen der CVD, bzw. des SaubFahrzeugBeschG entsprechende Zeit-/Meilensteinpläne für alle Linienbündel im Landkreis Cloppenburg. Diese gilt es bei Umsetzung mehrerer Linienbündel entsprechend aufeinander abzustimmen.

7.3 Landkreis Vechta

7.3.1 Strategie

Die Umstellungsstrategie für den Landkreis Vechta basiert auf dem Szenario 1.1.b:

- ❖ Mischbetrieb HVO100-Batterie
- ❖ keine Bereitstellung von Ladehubs durch den Landkreis
- ❖ Bereitstellung von Lademöglichkeiten an Endhaltestellen durch den Landkreis, sofern diese betrieblich sinnvoll sind
- ❖ Anders als im Kapitel 4.3 dargestellten Szenario wird die Umstellung ausschließlich nach den gesetzlichen Vorgaben (CVD) durchgeführt. Dementsprechend sind die vier Linienbündel mit Fahrzeugen der Klasse M1 betroffen (siehe nachfolgende Abbildung)
- ❖ Es wird eine bündelübergreifende Quotenerfüllung angesetzt

Linienbündel	Fahrzeugklasse	Beginn neuer Verkehrsvertrag											
		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	
V01 Nord	M3, Klasse II												
V02 Mitte	M3, Klasse II												
V03 Süd	M3, Klasse II												
Vm+ Mitte	M1					32,5%							
Vm+ Nord	M1					32,5%							
Vm+ Sued	M1					32,5%							
Stadt Vechta	M1		32,5%										
606	M3, Klasse II												

keine Anforderungen nach CVD

Anforderungen nach CVD

Anforderungen durch
Folgeregelung wahrscheinlich

Bei Anwendung der CVD-Vorgaben müssen im Landkreis Vechta rechnerisch folgende Mengen an emissionsfreien Fahrzeugen beschafft werden:

- ❖ Vm+ Mitte: 1,9 → 2
 - ❖ Vm+ Nord: 1,3 → 2
 - ❖ Vm+ Süd: 1,3 → 2
 - ❖ V Stadt: 1,3 → 2
- = 8 → **6 bei bündelübergreifender Erfüllung**
(18 Umläufe * 32,5 % = 5,85 E-Fzg.)

Die im Folgenden dargestellten Zahlen unterscheiden sich daher von denen aus Szenario 1.1.b.

7.3.2 Fahrzeug-/Infrastrukturkonzept

Drei der vier zur von der CVD betroffenen Linienbündel haben einen einheitlichen Betriebsstart am 01.10.2030. Im Szenario 1.1.b lag der kombinierte Fahrzeugmehrbedarf bei plus drei (bündescharfe Quotenerfüllung). Mit der im Umstellungskonzept festgelegten bündelübergreifenden Quotenerfüllung wird dieser eliminiert (siehe nachfolgende Grafik), sodass kein Fahrzeugmehrbedarf entsteht.

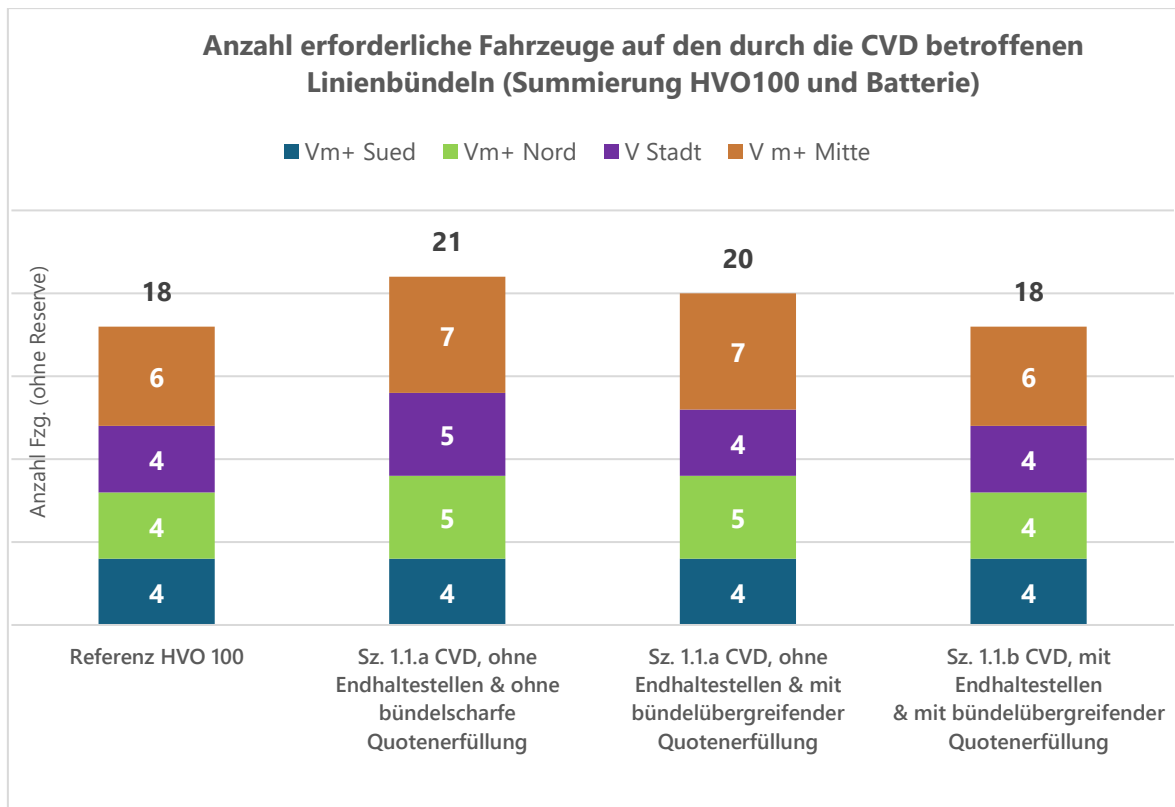


Abbildung 60: Fahrzeugbedarf nach CVD-Quote im Landkreis Vechta

Bei bündelübergreifender Quotenerfüllung zwischen den Linienbündeln V Stadt, Vm+ Mitte, Vm+ Nord und Vm+ Süd ergeben sich Einsparungspotentiale: Zum einen müssen durch die gemeinsame Anwendung der Quote an emissionsfreien Fahrzeugen von 32,5 % weniger Fahrzeuge umgestellt werden, zum anderen können durch Übererfüllung der Quote im Bündel Vm+ Mitte schwierige Umläufe in den Bündeln Vm+ Nord und V Stadt weiterhin mit Verbrennerfahrzeuge gefahren werden. Zudem wird so das Problem des kurzen Zeitfensters bis zum Betriebsstart vom Linienbündel Vechta Stadt am 01.01.2027 gelöst. Der Aufbau von Ladeinfrastruktur bis zu diesem Zeitpunkt ist nicht umsetzbar.

	Bündelübergreifende Quotenerfüllung			
	Sprinter HVO	Sprinter Batterie	Midi HVO	Midi Batterie
V_m+ Mitte	2	2		2
V_m+ Nord	1		3	
V_m+ Sued	2	2		
V_Stadt			4	
Σ	5	4	7	2

Tabelle 38: Verteilung der Fahrzeugtypen und Antriebsarten in den von der CVD betroffenen Linienbündeln

Für dieses Konzept sind Ladepunkte an den Endhaltestellen Lohne Bahnhof (1 Ladepunkt) und Damme ZOB (1 Ladepunkt) erforderlich!



Um möglichst die gesamte Wendezeit zur Zwischenladung zu nutzen, sollten sich die Ladepunkte an, oder zumindest unmittelbar neben den Ein-/Ausstiegspunkten befinden und mindestens folgende Spezifikationen erfüllen.

Ladepunkt an Haltestelle	Lohne Bahnhof	Damme ZOB
Bedarf Ladeleistung (max.)	150 kW	150 kW
tägl. Strombedarf (Schultag)	270 kWh	130 kWh
Anzahl Ladepunkte (ohne Reserve)	1	1

Tabelle 39: Mindestspezifikationen der Ladepunkte im Landkreis Vechta

Um das aufgezeigte Betriebskonzept (siehe Umlaufpläne in Anhang 18) zuverlässig, auch unter den genannten Worst-Case-Bedingungen (vgl. Tabelle 23), leisten zu können, müssen die eingesetzten batterieelektrischen Fahrzeuge mindestens die folgenden Spezifikationen vorweisen.

Fahrzeugtyp	Sprinter (8 Fahrgastplätze)	Midibus (15 Fahrgastplätze)
max. Ladeleistung	150 kW	150 kW
Batteriekapazität (end of life)	90 kWh	100 kWh

Tabelle 40: Mindestspezifikationen der batterieelektrischen Fahrzeuge im Landkreis Vechta

7.3.3 Zeit-/Meilensteinplan

Folgende Tabelle gibt einen Überblick über wichtige Meilensteine und die geschätzte Dauer einiger Prozesse auf dem Weg zum Betriebsbeginn batterieelektrischer Fahrzeuge.

	geschätzte Dauer	moobil+ (Nord, Mitte, Süd)
1. Abschluss Vorplanung LIS und Betriebskonzepte <ul style="list-style-type: none"> ⌘ Festlegung Fahrpläne, Fahrzeuggrößen ⌘ Festlegung E-Quote ⌘ Bestimmung notwendiger Ladepunkte & Strombedarf 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ 9 Monate ⌘ 3 Monate ⌘ 3 Monate 	Jan. 2026
2. Politischer Umsetzungsbeschluss zur Strategie Ladeinfrastruktur <ul style="list-style-type: none"> ⌘ Danach: Start Standortsuche Ladehubs & Endhaltestellen ⌘ Simultan: Einbindung Stromnetzbetreiber / Netzanschluss 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Meilenstein ⌘ 12 Monate ⌘ 12 Monate 	Juni 2027
3. Vorabbekanntmachung (Betriebsleistung) → Start Vergabeprozess	⌘ Meilenstein	Okt. 2028
4. Abschluss Standortsuche	⌘ Meilenstein	Feb. 2028
5. Prozess LIS-Aufbau <ul style="list-style-type: none"> ⌘ Vorbereitung & Ausschreibung LIS-Aufbau ⌘ Klärung Betreibermodell und Verantwortlichkeit (auch zur Information der VU während der Vergabe des Verkehrsvertrags) 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ 5 Monate ⌘ 5 Monate 	Feb. – Juli 2029
6. Prozess Vergabe Verkehrsleistung <ul style="list-style-type: none"> ⌘ Vorbereitung & Ausschreibung Verkehrsleistung ⌘ Zuschlag an VU 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ 4 Monate ⌘ Meilenstein 	Juli – Okt. 2029
7. Rüstzeit	⌘ 12 Monate	Okt. 2029 – Okt. 2030
8. Abnahme LIS	⌘ Meilenstein	Juli 2029
9. Betriebsbeginn / Start neuer Verkehrsvertrag	⌘ Meilenstein	Okt. 2030

Tabelle 41: Übersicht Zeit- und Meilensteinplan Vechta

Detaillierte Zeit-/Meilensteinpläne für die Umstellung der betroffenen Linienbündel sind in Anhang 19 ersichtlich. Zusätzlich befinden sich dort, in Vorbereitung auf mögliche Fortschreibungen der CVD, bzw. des SaubFahrzeugBeschG entsprechende Zeit-/Meilensteinpläne für alle Linienbündel im Landkreis Vechta. Diese gilt es bei Umsetzung mehrerer Linienbündel entsprechend aufeinander abzustimmen.

8 Anhänge

Anhang 01	Referenzszenario Umlaufplan OM1
Anhang 02	Referenzszenario Umlaufpläne Cloppenburg
Anhang 03	Referenzszenario Umlaufpläne Vechta
Anhang 04	Sz. 1.1.b Umlaufplan OM1
Anhang 05	Sz. 1.1.b Umlaufpläne Cloppenburg
Anhang 06	Sz. 1.1.b Umlaufpläne Vechta
Anhang 07	Sz. 1.1.d Umlaufplan OM1
Anhang 08	Sz. 1.1.d Umlaufpläne Cloppenburg
Anhang 09	Sz. 1.1.d Umlaufpläne Vechta
Anhang 10	Sz. 1.2.b Umlaufplan OM1
Anhang 11	Sz. 1.2.b Umlaufpläne Cloppenburg
Anhang 12	Sz. 1.2.b Umlaufpläne Vechta
Anhang 13	Sz. 2.1.d Umlaufplan OM1
Anhang 14	Sz. 2.1.d Umlaufpläne Cloppenburg
Anhang 15	Sz. 2.1.d Umlaufpläne Vechta
Anhang 16	Umlaufpläne Umstellungskonzept Cloppenburg
Anhang 17	Umlaufpläne Umstellungskonzept Vechta
Anhang 18	Zeitpläne Umstellungskonzept Cloppenburg
Anhang 19	Zeitplan Umstellungskonzept Vechta