

Standortanalyse für depotnahe Ladeinfrastruktur

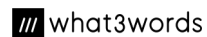
in der Logistikregion Rheinland



© 2026 – antwortING Beratende Ingenieure PartGmbH

Sitz der Gesellschaft

Rosenstr 40-46 | 50678 Köln | w3w-Adresse: ///weil.digitalen.gewogen



Zweigniederlassung

Rehlingstr. 6d-e | 79100 Freiburg | w3w-Adresse: ///digitaler.nannte.monat



Aufsichtsbehörde

Ingenieurkammer Bau NRW, Körperschaft des öffentlichen Rechts
gelistet im Verzeichnis der Gesellschaften Beratender Ingenieure gemäß § 33 BauKaG NRW
Ident-Nr.: 733179

Qualitätsmanagement

nach ISO 9001 - überwacht und stetig weiterentwickelt durch unsere engagierten
Qualitätsmanager und -beauftragten.

Schutz- und Nutzungshinweise. Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Der Auftraggeber erhält ein einfaches Nutzungsrecht zur Verwendung im Rahmen des vereinbarten Projektzwecks. Soweit der Auftraggeber gesetzlichen Veröffentlichungs-, Transparenz- oder Beteiligungspflichten unterliegt (insbesondere Kommunen im Rahmen ihrer Ratsinformationssysteme sowie Bauleit- und Beteiligungsverfahren), darf das Dokument ausschließlich in der vom Auftragnehmer übergebenen Originalfassung als PDF/A einschließlich aller Schutz- und Urhebervermerke veröffentlicht werden. Jede weitergehende Veröffentlichung, Weitergabe oder auszugsweise Verwendung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Auftragnehmers. Die antwortING Beratende Ingenieure PartGmbH behält sich gemäß § 44b Abs. 3 UrhG vor, dass dieses Dokument und seine Inhalte nicht für Text und Data Mining im Sinne des § 44b Abs. 1 UrhG genutzt werden dürfen. Dies gilt insbesondere für das Training, die Feinabstimmung und die Evaluierung von Systemen künstlicher Intelligenz. Der Vorbehalt gilt als in maschinenlesbarer Form erklärt. Das Dokument ist in der vom Auftragnehmer übergebenen Originalfassung unverändert zu verwenden; jede Bearbeitung, Umgestaltung, Kürzung, Ergänzung, Neuformatierung, Übersetzung oder sonstige inhaltliche, sprachliche oder grafische Veränderung der Texte, Grafiken, Pläne, Zeichnungen, Tabellen oder Diagramme, auch durch automatisierte Systeme einschließlich künstlicher Intelligenz, bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Auftragnehmers. Die gutachterlichen Aussagen beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht beschriebenen Sachverhalt, den dort genannten Bearbeitungsstand und den dort definierten Untersuchungsgegenstand.

www.antwortING.de | info@antwortING.de

Besuchen Sie gerne unseren Blog unter www.antwortING.de/blog.

 [BLOG](#)



Ingenieurkammer-Bau
Nordrhein-Westfalen

Mitglied der Kammer



QM-System
nach ISO 9001



 oder 

Inhaltsverzeichnis

Management Summary	1
1 Einleitung	6
1.1 Rechtliche und politische Rahmenbedingungen	6
1.2 Förderung von depotnaher Ladeinfrastruktur für BEV-Lkw	7
1.3 Bereitschaft und wirtschaftliche Relevanz des Depotladens	8
1.4 Zum Inhalt und zur Verwendung dieses Dokuments	8
2 Untersuchungsraum und Datenbasis	11
2.1 Untersuchungsraum	11
2.2 Datenbasis und Aufarbeitung	12
3 Analysen und Ergebnisse	14
3.1 Ableitung Energiebedarf für Depotnahes Laden	14
3.1.1 Kenngrößen zur Fahrtenerzeugung	16
3.1.2 Energiebedarf einer Fahrt	19
3.1.3 Entwicklungen Fahrzeugflotte bis 2035 und 2045	21
3.1.4 Energiebedarf aus Fahrtenaufkommen	24
3.1.5 Typologische Differenzierung nach Verkehrsart	31
3.2 Stromquellen und lokales Erzeugungspotenzial	32
3.2.1 Potenzialbestimmung lokaler Stromerzeugung mittels Photo- voltaik	32
3.2.2 Lokale Stromerzeugung und Anschluss an Verteilnetze	37
3.3 Strombedarf aus Verteilnetzen	45
3.3.1 Analyseebene Logistikfläche	46
3.3.2 Analyseebene Gemeinde und Netzanschluss	50
3.3.3 Potenzialflächen als potenzielle Ladelösung	53
3.4 Exemplarische Standortvarianten	62
3.4.1 Cluster Nr. 19: Euskirchen / Weilerswist	63
3.4.2 Cluster Nr. 20: Grevenbroich / Rommerskirchen	65
3.4.3 Cluster Nr. 23: Geilenkirchen, nördlich Lindern	66
3.4.4 Vergleichende Einordnung	67
4 Fazit und Handlungsempfehlungen	70
4.1 Kernergebnisse der Untersuchung	70
4.2 Empfehlungen an Kommunen und Regionalplanung	74
4.3 Empfehlungen an die Logistik- und Flächenwirtschaft	75
4.4 Empfehlungen an die Verteilnetzbetreiber	75
4.5 Empfehlungen an die Förderpolitik	76
4.6 Empfehlungen an die Bundes- und Landesgesetzgeber	78
4.7 Lösungspfade bei limitierter Netzkapazität	80
4.8 Ausblick und Folgeschritte	81

Management Summary

Die Dekarbonisierung des Straßengüterverkehrs ist eine zentrale Säule der deutschen Klimastrategie. Als bundesweit führende Logistikkreuzung steht Nordrhein-Westfalen vor der Aufgabe, den CO₂-Ausstoß des Güterverkehrs deutlich zu senken, ohne die Wettbewerbsfähigkeit der ansässigen Unternehmen zu gefährden. Das depotnahe Laden hat sich dabei als wirtschaftlichste und operativ stabilste Lösung für den regionalen Güterverkehr herauskristallisiert: Rund 85 % aller Lkw-Fahrten sind dem Nahverkehrssegment zuzuordnen, Logistiker geben an, ca. 70 % ihres zukünftigen Energiebedarfs auf eigenen Betriebshöfen decken zu wollen. Der Markthochlauf batterieelektrischer Lkw wird durch regulatorische Treiber wie die CO₂-differenzierte Lkw-Maut sowie den Masterplan Ladeinfrastruktur 2030 zusätzlich beschleunigt. Trotz dieser Treiber identifizieren die Branchenakteure den Anschluss an das Stromverteilnetz als das zentrale Nadelöhr.

 Relevanz und Auftrag

Die vorliegende Untersuchung vertieft vorangegangene Potenzialanalysen für die Logistikregion Rheinland und fokussiert die kleinräumige Verortung des zusätzlichen Netzanschlussbedarfs. Sie liefert Netzbetreibern, Logistikunternehmen und Kommunen eine fundierte Entscheidungsgrundlage, um Investitionen vorausschauend zu steuern, kritische Netzengpässe frühzeitig zu adressieren und den Standort Rheinland durch eine koordinierte Infrastrukturplanung zukunftssicher aufzustellen.

Methodisch beruht die Untersuchung auf einer Verschneidung der vorhandenen sowie der ausgewiesenen Potenzialflächen für Logistik mit dem Solarkataster NRW, den Standorten des Stromverteilnetzes sowie den infrastrukturellen Zäsuren (Bundesautobahnen, Bahnstrecken, Gewässer). Der Energiebedarf wird in vier Szenarien (**Baseline**, **Maximal**, **baseline35**, **baseline45**) hergeleitet, das PV-Erzeugungspotenzial flächenscharf ermittelt und die Anschlussfähigkeit über eine Distanzmatrix zu 41 Netzanschluss-Clustern bewertet. Die Ergebnisse werden für drei exemplarische Standortvarianten vertieft dargestellt.

 Methodik in Kürze

Kernergebnisse

- ➔ **Netzanschluss als limitierender Faktor.** Weder die Flächenverfügbarkeit noch das PV-Erzeugungspotenzial bilden den Engpassfaktor; bestimmend ist die räumliche und kapazitive Anschlussfähigkeit an das Stromverteilnetz. Die Querung infrastruktureller Zäsuren führt zu erheblichen regionalen Unterschieden in den Erschließungsbedingungen. Gleichzeitig sind für mehr als 70 % der Energiebedarfe weniger als 4 km und für rd. die Hälfte weniger als 2 km zum nächsten Netzanschluss zurückzulegen. Die Mehrheit der priorisierten Standorte ist damit grundsätzlich erschließbar und die Herausforderung konzentriert sich auf die zäsurbetroffenen Teilräume.
- ➔ **Räumliche Konzentration und Doppelbelastung.** Die identifizierten 41 priorisierten Flächencluster konzentrieren sich entlang der Bundesautobahnachsen BAB 1, BAB 3, BAB 46, BAB 57 und BAB 61 sowie im Rheinischen Revier. Aus der räumlichen Verteilung ergibt sich eine Doppelbelastung der Energieinfrastruktur: massive Lastintensivierung in den bestehenden Logistikkernen Köln, Duisburg, Mönchengladbach und Krefeld einerseits, sowie Aufbau neuer leistungsfähiger Anschlusskapazitäten entlang der westlichen Autobahnachsen BAB 4, BAB 44, BAB 46, BAB 52 und BAB 61 andererseits.
- ➔ **Steigerung des Energiebedarfs als Kernherausforderung.** Der täglich aus dem Verteilnetz zu beziehende Energiebedarf steigt von rd. 0,10 GWh im Bestand auf rd. 15,46 GWh im Szenario **baseline35** und rd. 24,51 GWh im Szenario **baseline45**. Dies entspricht einer Zunahme um den Faktor 150 bzw. 240. Die im Zielszenario **baseline45** prognostizierte jährliche Energienachfrage entspricht rd. 55,8 % der Jahresproduktion des Braunkohlegroßkraftwerks Weisweiler bzw. dem Stromverbrauch von rd. 2,3 Millionen Haushalten.
- ➔ **PV-Potenzial linear, jedoch heute kaum aktiviert.** Das auf Logistikimmobilien identifizierte PV-Erzeugungspotenzial verhält sich annähernd linear zur Grundstücksfläche. Auf Flächen bis zu einem Hektar lassen sich bereits rd. ein Drittel des regionalen Gesamtpotenzials erzeugen. Bundesweit sind jedoch erst rd. 18 % der Logistikimmobilien mit PV-Anlagen ausgestattet, selbst bei Großimmobilien jenseits 50.000 m² liegt die Quote bei lediglich rd. 19 %. Hinzu kommt eine räumliche Schiefe. In den Teilräumen, deren Anschluss an das Verteilnetz nur über die Querung von Zäsuren möglich ist, übersteigt der prognostizierte Energiebedarf das lokale PV-Potenzial um den Faktor 3,5 (rd. 3.000 GWh/Jahr Bedarf gegenüber rd. 900 GWh/Jahr Erzeugung).

- ➔ **Mischcluster als wirtschaftlichster Hebel.** Die identifizierten 147 Mischcluster aus Bestands- und Potenzialflächen umfassen rd. 57 % der gesamten Bestandsfläche sowie rd. 71 % der Potenzialfläche. Sie bilden den räumlichen Schwerpunkt für die Entwicklung gemeinschaftlich genutzter, gegebenenfalls durch Dritte betriebener Ladelösungen, da bestehende logistische Nutzer als Ankerkunden für die Erschließung umliegender Potenzialflächen fungieren können.
- ➔ **Dreigliedrige Eignungsklassifikation.** Aus der Verschneidung der Energienachfrage mit der Distanz zum Verteilnetz unter Berücksichtigung von Zäsuren ergibt sich eine fachlich nachvollziehbare Klassifikation: **Präferenzflächen** mit hoher Nachfrage und geringer Netzdistanz, **Flächen eingeschränkter Eignung** mit zu geringer Nachfrage und/oder erhöhter Distanz sowie **Ausschlussflächen** mit Distanzen über 6.000 m bzw. unüberwindbaren Barrieren. Diese Klassifikation bildet den methodischen Anker für die Handlungsempfehlungen.
- ➔ **Erschließungs-Paradoxon der Strukturwandelflächen.** Eine Reihe der für eine klassische logistische Nutzung weniger idealtypisch gelegenen Flächen, insbesondere großflächige Konversions- und Strukturwandelflächen im Rheinischen Revier, ermöglicht aufgrund ihrer planerischen Neuausweisung und ihrer Nähe zu leistungsfähiger Bestandsenergieinfrastruktur eine vergleichsweise einfache Erschließung mit depotnaher Ladeinfrastruktur. Eine integrierte Standortabwägung, die logistische Lagegunst und energetische Erschließbarkeit gleichberechtigt einbezieht, kann zu deutlich anderen Standortempfehlungen führen als die klassische ausschließlich verkehrlich orientierte Bewertung.

Handlungsempfehlungen

Kommunen und Regionalplanung sind aufgerufen, Flächenausweisung und Netzanbindung frühzeitig (im Rahmen der Vorprüfung) zu verschränken, die Entwicklung gemeinschaftlich genutzter Ladelösungen aktiv zu begleiten und die im Rheinischen Revier sowie entlang der Hauptverkehrsachsen identifizierten Potenzialflächen mit besonderer energetischer Eignung in den laufenden Fortschreibungsprozessen des Regionalplans zu kennzeichnen.

Die Logistik- und Flächenwirtschaft sollte angesichts der für leistungsfähige Hub-Strukturen typischen Vorlaufzeiten (rd. ein bis zwei Jahre auf Mittelspannungsebene, entsprechend länger auf Hochspannungsebene) die Anschlusssituation am eigenen Standort frühzeitig mit dem zuständigen Verteilnetzbetreiber klären, kooperative Erschließungsmodelle prüfen und das verfügbare PV-Potenzial konsequent aktivieren. Bei vermieteten Logistikimmobilien sind die rechtlichen Voraussetzungen

für die Belegung der Dachflächen frühzeitig zwischen Mieter und Vermieter zu klären.

Die Verteilnetzbetreiber sind gefordert, die priorisierten Cluster systematisch in ihre Netzentwicklungs- und Investitionsplanung aufzunehmen – einschließlich der vorausschauenden Ertüchtigung und priorisierten Aufrüstung der Umspannwerke, niedrigschwellige Anfrage- und Beratungswege für gemeinschaftlich genutzte Hub-Standorte zu schaffen und die typischen netzseitigen Vorlaufzeiten transparent zu kommunizieren.

An die Förderpolitik ergeht die Empfehlung, das strukturelle Mieter-Vermieter-Hemmnis bei der Aktivierung von Dachflächen über zielgerichtete Anreize aufzulösen sowie die bestehende Förderkulisse für Ladeinfrastruktur um eine räumlich differenzierte Komponente zu ergänzen, die strukturell benachteiligte Räume zielgerichtet entlastet. Die im Frühjahr 2026 vom Bundesministerium für Verkehr angekündigte Förderkulisse für depotnahes Laden in Höhe von rd. 600 Mio. Euro bietet hierfür einen unmittelbaren Andockpunkt. Bei spezifischen Anschlusskosten von rd. 0,5 Mio. Euro je Kilometer Verteilnetzanschluss entspricht dies rein rechnerisch der Erschließung von rd. 1.200 km Anschlussleitungen. Dies entspricht einer ambitionierten, aber tragfähige Größenordnung, sofern die Mittelvergabe der nachgewiesenen räumlichen Heterogenität gerecht wird.

An die Bundes- und Landesgesetzgeber ergeht die Empfehlung, die netzseitigen Rahmenbedingungen für den Hochlauf der Elektromobilität im Schwerlastverkehr vorausschauender und koordinierter auszugestalten. Im Vordergrund stehen eine bedarfsorientierte statt überwiegend antragsgetriebene Netzentwicklungsplanung (EnWG), die Beschleunigung der Genehmigungs- und Planungsverfahren für den Netzausbau (NABEG sowie allgemeines Planungs- und Genehmigungsrecht) und die Überprüfung der Kosten- und Finanzierungsstrukturen für Netzanschlüsse (ARegV, Netzentgeltregulierung) zur Begrenzung standortbezogener Einzelbelastungen. Eine stärkere Verzahnung von Energie-, Verkehrs- und Flächenplanung erhöht die Wahrscheinlichkeit, identifizierte Potenzialräume zeitnah zu erschließen. Für die Aktivierung des PV-Potenzials im Bestand sind zudem die gewerbesteuerliche erweiterte Kürzung und bundeseinheitliche Mess- und Abrechnungsstandards für gewerblichen Mieterstrom zu adressieren.

Lösungspfade und Ausblick

Für Standorte mit hohem Energiebedarf und gleichzeitig grenzwertiger Distanz zum Verteilnetz oder begrenzter Anschlusskapazität bieten Microgrid-Konzepte mit integrierten Batteriespeichern einen tragfähigen Lösungspfad. Sie ermöglichen die zeitliche Glättung der Netzlast, die Pufferung lokal erzeugten PV-Stroms sowie über die rein netzentlastende Funktion hinaus den autarken Betrieb der Ladeinfrastruktur im Falle übergeordneter Netzstörungen. Aussagen aus dem Fachgespräch mit der NEW Niederrhein Energie und Wasser GmbH bestätigen, dass entsprechende Pilotprojekte mit Batteriespeichern als netzdienlicher Puffer derzeit in Vorbereitung sind. Eine systematische Verzahnung dieser Pilotansätze mit der Erschließung priorisierter logistischer Standortcluster wird empfohlen. Wo selbst solche Konzepte keine wirtschaftliche Netzerschließung ermöglichen (Ausschlussflächen), sind als weitere Rückfalloptionen vorzusehen: die Duldung von HVO 100 als befristete Brückenlösung sowie die priorisierte Genehmigung von Wasserstoff-Betankungsinfrastruktur.

Drei Felder bieten sich für eine vertiefende Bearbeitung im Anschluss an die vorliegende Untersuchung an:

1. eine clusterindividuelle Detailbetrachtung der priorisierten Standorte in Abstimmung mit den jeweils zuständigen Verteilnetzbetreibern,
2. eine vertiefte Auseinandersetzung mit den Potenzialen lokaler Energiespeicherung und Microgrid-Konzepten sowie
3. die Entwicklung einer interaktiven, kartenbasierten Darstellung der Untersuchungsergebnisse zur niedrighschwelligen Nutzung durch Kommunen, Logistiker und weitere Stakeholder.

1 Einleitung

Die Elektrifizierung des Straßengüterverkehrs hat sich zu einer zentralen Säule der Klimastrategie entwickelt. Als Logistikdrehscheibe Europas steht NRW vor der Herausforderung, den CO₂-Ausstoß im Schwerlastverkehr massiv zu senken, während gleichzeitig die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen gewahrt bleiben muss. In diesem Kontext rückt das depotnahe Laden als wirtschaftlichste und operativ stabilste Lösung in den Fokus der strategischen Planung.

1.1 Rechtliche und politische Rahmenbedingungen

Im Güterverkehr greifen vor allem EU-Vorgaben und deutsches Klima- und Verkehrspolitik-Recht, die zusammen die CO₂-Reduktion steuern.

Als zentrale EU-Vorgabe ist das EU-Klimaziel zu nennen. Demnach sind die Netto-Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 55 % gegenüber 1990 zu senken und bis 2050 eine Klimaneutralität herzustellen. Der Straßengüterverkehr ist explizit Teil dieser Zielarchitektur.

Auf Bundesebene ist zum einen das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) zu nennen. Dieses legt sektorale Emissionsbudgets für den Verkehrssektor fest und verpflichtet die Bundesregierung zu Sofortprogrammen, wenn Ziele verfehlt werden. Zudem existieren Klimaschutzziele des Bundesverkehrsministeriums. Diese konkretisieren welchen Beitrag der Verkehr (inkl. Güterverkehr) zur Erreichung der nationalen und EU-Ziele leisten muss, z. B. durch Effizienzsteigerungen, Verlagerung und Antriebswechsel.

Politisch gewollt ist der schnelle Hochlauf von batterieelektrischen Lkw im regionalen und städtischen Verkehr. Studien zeigen (s. u.), dass elektrifizierte Depots ein zentraler Hebel für die Dekarbonisierung des Straßengüterverkehrs – stand heute, insbesondere im Nah- und Regionalverkehr – sind.

Es bestehen bzw. sind geplant:

- ➔ Investitionsförderungen für emissionsfreie Lkw, die einen Teil der Mehrkosten gegenüber Diesel abdecken.

- ➔ Spezifische Förderinstrumente für Ladeinfrastruktur in Logistikdepots und Destination-Charger, inklusive (mit EU-Beihilferecht abzustimmender) Mittel für Netzanschlüsse und Netzausbau.
- ➔ Entlastungen bei staatlichen Strompreisbestandteilen für elektrische Nutzfahrzeuge, um den Betrieb von Depotladungen wirtschaftlicher zu machen.

1.2 Förderung von depotnaher Ladeinfrastruktur für BEV-Lkw

Zur Unterstützung des Markthochlaufs batterieelektrischer Lastkraftwagen existieren mehrere direkte und indirekte Förderungen. Als indirekte ist insb. die Freistellung von der Lkw-Maut zu nennen. Emissionsfreie Fahrzeuge sind bis 30. Juni 2031 vollständig befreit, was BEV-Lkw einen signifikanten TCO-Vorteil (Total Cost of Ownership) verschafft.

Eine Förderung von depotnaher Ladeinfrastruktur inkl. notwendiger Netzanschlüsse existiert z. B. durch das Programm KfW 441 (Ladestationen für Elektrofahrzeuge – Unternehmen). In der für Flottenbetreiber notwendigen Größenordnung zur Elektrifizierung von Flotten schwerer Fahrzeuge existiert bisher keine ausreichende Förderung. Dies wird sich mit der im November 2025 durch die Bundesregierung beschlossenen und veröffentlichten Fortschreibung des Masterplans Ladeinfrastruktur 2030¹ ändern. Dieser legt einen klaren Schwerpunkt auf Nutzfahrzeuge. Er sieht beschleunigte Genehmigungsverfahren für Netzanschlüsse vor – ein kritischer Faktor für Depots, die hohe Anschlussleistungen für parallele Ladevorgänge benötigen. Zusätzlich will das Bundesverkehrsministerium Fördermaßnahmen zur Unterstützung von Lademöglichkeiten im Depot und auf den eigenen Betriebshöfen sowie für die Ertüchtigung des Netzanschlusses bereitstellen.

Vor diesem Hintergrund hat das Bundesministerium für Verkehr im Frühjahr 2026 eine Förderrichtlinie für depotnahes Laden im Güterverkehr veröffentlicht, die im Zeitraum bis etwa 2029 ein Fördervolumen von rd. einer Milliarde Euro vorsieht. Antragsberechtigt sind sowohl Logistiker mit eigener Flotte als auch Speditionen sowie der Handel mit überwiegend fremder Anlieferung sein. Gefördert werden u. a. Ladeinfrastruktur ab 50 kW, stationäre Batteriespeicher sowie Netzanschlüsse.

¹Bundesministerium für Verkehr (BMV): Masterplan Ladeinfrastruktur 2030, vom Bundeskabinett am 19. November 2025 beschlossen und veröffentlicht. Online verfügbar unter https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/masterplan-ladeinfrastruktur-2030.pdf?__blob=publicationFile

1.3 Bereitschaft und wirtschaftliche Relevanz des Depotladens

Rund 85 % aller Lkw-Fahrten in Deutschland finden im regionalen Verteilerverkehr statt.² Für diese Profile ist das Depotladen ideal, da die Fahrzeuge während der nächtlichen Standzeiten ohne Zeitverlust geladen werden können.

Jüngst hat die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) et al. (2025) im Rahmen der „Marktbefragung zur Anschaffung nachhaltiger Lkw in der Logistik“ verdeutlicht, dass die Mehrheit der Logistiker Investitionen in alternative Antriebe für ihren Fuhrpark plant, insbesondere in batterieelektrische Nutzfahrzeuge (BEV). Depotladen gilt als „Ankerlösung“, da es im Vergleich zum öffentlichen Laden deutlich kosteneffizienter ist. Logistiker geben in Befragungen eine Zahlungsbereitschaft von durchschnittlich 27 ct/kWh am eigenen Depot an. Die Energiekosten je Kilometer liegen beim Depotladen deutlich unter denen des Dieselmotors. Ferner lässt sich dieser Vorteil durch eine Eigenstromnutzung, günstige Stromtarife und intelligentes Lastmanagement weiter ausbauen (P3 Group GmbH 2024; International Council on Clean Transportation (ICCT) 2025).

Bemerkenswert ist, dass die unzureichende öffentliche Ladeinfrastruktur häufig als Hemmnis für den Umstieg auf BEV genannt wird und gleichzeitig die Errichtung eigener Ladeinfrastruktur am Depotstandort als entscheidender Faktor für die Anschaffung von BEV gilt. Entsprechend plant die Mehrheit der Logistiker, den Ladebedarf vorrangig über das Depotladen abzudecken (70 % des Energiebedarfs). Als größte Hürden beim Aufbau eigener Ladeinfrastruktur werden die hohen Investitionskosten sowie die nicht in ausreichender Kapazität verfügbaren bzw. nur nach langen Wartezeiten realisierbaren Netzanschlüsse genannt. Schreiber et al. (2026) bestätigen, dass der Netzanschluss als „Nadelöhr“ für das depotnahe Laden gesehen wird. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass für den erfolgreichen Hochlauf nachhaltiger Antriebe nicht nur regulatorische Anreize, sondern insbesondere die Verfügbarkeit und Ausgestaltung der Ladeinfrastruktur sowie der Netzanschluss eine entscheidende Rolle spielen.

i Ladeinfrastruktur entscheidend für BEV-Hochlauf

1.4 Zum Inhalt und zur Verwendung dieses Dokuments

Der vorliegende Bericht knüpft an die vom Logistikregion Rheinland e.V. (2025) durchgeführte Analyse zur Elektrifizierung des Straßengüterverkehrs im Rheinland an und vertieft die dort gewonnenen Erkenntnisse auf kleinräumiger Ebene. Während Logistikregion Rheinland e.V. (2025) die übergeordneten Entwicklungen, Potenziale und Herausforderungen bis 2035 und 2045 sowie einen Energiebedarf

i Fokus auf räumlich differenzierte Netzanschlussbedarfe

²Zahlen aus KBA, VD1.

1 Einleitung

auf Ebene von Gemeinden aufzeigen, richtet diese Ausarbeitung den Fokus auf eine zentrale Anschlussfrage der Umsetzung: die räumlich differenzierte Bestimmung des zusätzlichen Netzanschlussbedarfs im Rheinland.

Im Mittelpunkt stehen daher die folgenden drei Untersuchungsschwerpunkte:

1. die genaue Verortung des zukünftigen Leistungsbedarfs im Verteilnetz,
2. die quantitative Ableitung der jeweils erforderlichen Anschlusskapazitäten für das Depotladen von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen sowie
3. die Identifikation von Flächen, die für eine depotnahe Lademöglichkeit geeignete Rahmenbedingungen aufweisen.

Damit werden jene räumlichen Schwerpunkte sichtbar gemacht, an denen Netzbetreiber, Logistikunternehmen, Standortentwickler und Kommunen besonders frühzeitig aktiv werden und eng abgestimmt Anschlüsse an das Verteilnetz realisieren sollten. Die vom Logistikregion Rheinland e.V. (2025) identifizierten Hemmnisse – begrenzte Umsetzungskapazitäten, lange Anschlussfristen oder hohe Investitionsbedarfe – bilden dabei den Rahmen, innerhalb dessen diese Ausarbeitung mit einer vertieften räumlichen Analyse ansetzt.

Ziel ist es, den relevanten Akteuren im Rheinland präzise Entscheidungsgrundlagen für eine vorausschauende, standortspezifische und netzverträgliche Planung von Lade- und Netzanschlüssen bereitzustellen. Damit soll ein wesentlicher Beitrag geleistet werden, den Hochlauf der Elektromobilität im Straßengüterverkehr effizient und koordiniert zu gestalten und somit dem Ziel zur nahezu vollständigen Reduktion von CO₂-Emissionen bis 2045 gerecht zu werden.

Zur Sicherstellung der Nachvollziehbarkeit und Transparenz der durchgeführten Arbeit ist die vorliegende Ausarbeitung in mehrere thematische Teile gegliedert, wobei der erste Teil den Untersuchungsraum beschreibt und für die Analysen genutzten Daten beschreibt, während der zweite Teil die eigentlichen Analysen und Ergebnisse erläutert. Diese Struktur ermöglicht es, den methodischen Aufbau, die Datengrundlagen sowie die analytischen Schritte klar voneinander abzugrenzen und in ihren Zusammenhängen nachvollziehbar darzustellen. Diese Gliederung bildet die Grundlage für einen konsistenten Aufbau und unterstützt Leserinnen und Leser dabei, Ablauf, Methodik und Argumentationslogik der Untersuchung klar nachzuvollziehen:

1. **Untersuchungsraum:** In diesem Abschnitt wird der räumliche Kontext kurz dargestellt.
2. **Datengrundlagen:** Dieser Teil enthält eine systematische Darstellung der verwendeten Daten. Neben der Herkunft und Qualität der Daten werden deren inhaltliche Eigenschaften, etwaige Aufbereitungsschritte sowie Annahmen und Einschränkungen erläutert.

 Ziel: kleinräumliche Bedarfe aufzeigen

 Abschnitt 2.1

 Abschnitt 2.2

1 Einleitung

3. **Analysen und Ergebnisse:** Der dritte Teil umfasst die Vorgehensweise der Analyse sowie die daraus abgeleiteten Ergebnisse. Hier werden die angewandten Methoden beschrieben, die ermittelten Kennzahlen präsentiert und die zentralen Befunde hinsichtlich des räumlich differenzierten Netzanschlussbedarfs diskutiert.

 Abschnitt 3

2 Untersuchungsraum und Datenbasis

2.1 Untersuchungsraum

Der Untersuchungsraum der Logistikregion Rheinland umfasst das Rheinland in Nordrhein-Westfalen und orientiert sich dabei an den wesentlichen Verkehrskorridoren entlang des Rheins sowie an weiteren strategisch bedeutsamen Infrastrukturwegen, vgl. Abbildung 2.1. Räumlich schließt die Region zentrale wirtschaftliche und logistische Knotenpunkte wie Köln, Düsseldorf, Neuss, Krefeld, Mönchengladbach, den Niederrhein sowie den Großraum Köln/Bonn ein. Charakteristisch für die Logistikregion ist eine hochgradige multimodale Vernetzung über Straßen-, Schienen- und Wasserwege, die sie zu einem der bedeutendsten Logistikkreuzpunkte Deutschlands und Europas macht.

➔ Siehe Abbildung 2.1 auf
Seite 12

2 Untersuchungsraum und Datenbasis

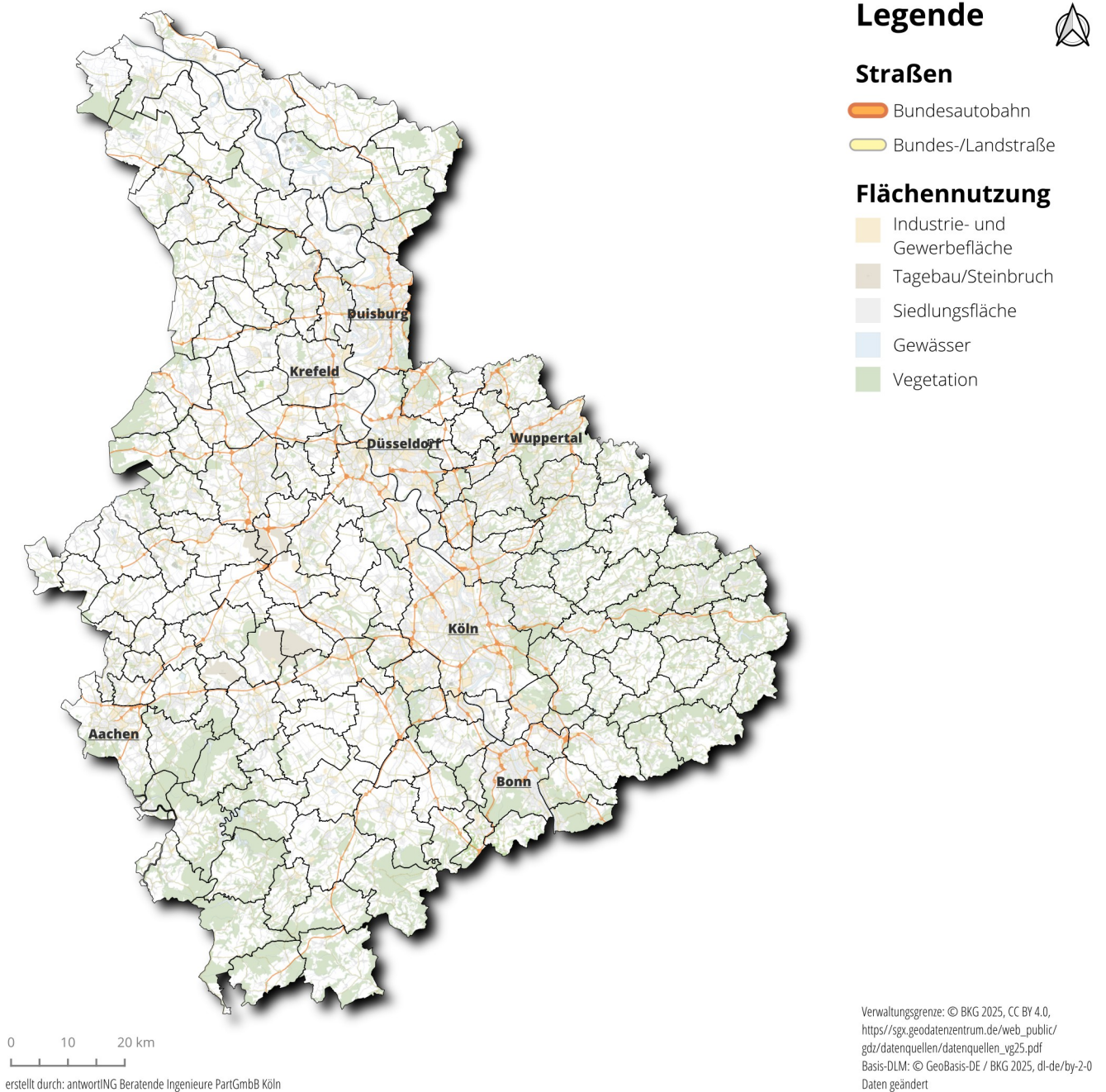


Abbildung 2.1: Untersuchungsgebiet

2.2 Datenbasis und Aufarbeitung

Die in dieser Studie verwendeten Datensätze sind in Tabelle 2.1 zusammengefasst. Alle Datengrundlagen beziehen sich – sofern nicht anders angegeben – auf den gesamten Untersuchungsraum, vgl. Abschnitt 2.

Die von den IHKs bereitgestellten Unternehmensstandorte wurden einheitlich aufgearbeitet und geocodiert, da in einzelnen Fällen die Koordinaten fehlten oder die Koordinaten nicht in unmittelbarer Nähe der Adressen bzw. dieser zugeord-

- ➔ Siehe Tabelle 2.1 auf Seite 13
- ➔ Siehe Abschnitt 2 auf Seite 11

2 Untersuchungsraum und Datenbasis

Nr.	Datensatz	Stand	Quelle / Hinweise	Kommentar
1	Potenzialdaten Photovoltaik – Dachflächen	11.06.2025	Von OpenGeodata.NRW; alle Gemeinden im Untersuchungsraum (vgl. Abschnitt 2)	Lizenz: Datenlizenz Deutschland - Zero - Version 2.0
2	Hausumringe	27.01.2023	Von OpenGeodata.NRW; alle Gemeinden im Untersuchungsraum (vgl. Abschnitt 2)	Lizenz: Datenlizenz Deutschland - Zero - Version 2.0
3	Logistische Flächen auf Basis der Studie der BUW	2022	Aus Thiernemann (2024)	Lizenz: Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International
4	Potenzialflächen gemäß Studie der BUW	2022	Aus Thiernemann und Groß (2024)	Lizenz: Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International
5	Verteilnetz größer 110 kV inkl. Anbindungspunkte	12.2025	Eigene Recherche	
6	Standorte der Unternehmen im Untersuchungsraum	2025	Nach WZ-Abschnitten/-Abteilungen; bereitgestellt durch die jeweilige IHK (vgl. Abschnitt 2)	Nur für diese Ausarbeitung nutzbar

Tabelle 2.1: Übersicht verwendeter Datengrundlagen

netter Gebäude lag. Anschließend wurden diese Standorte für interne Validierung genutzt.

Ergänzend zur quantitativen Datenanalyse hat der Gutachter flankierende Fachgespräche und schriftliche Abfragen durchgeführt, um organisatorische und monetäre Restriktionen aufzunehmen sowie die Plausibilität der quantitativen Befunde qualitativ einzuordnen.

 Fachgespräche

3 Analysen und Ergebnisse

Dieser Abschnitt bildet das Kernstück der Untersuchung. Ziel ist es, die technische und infrastrukturelle Machbarkeit einer Elektrifizierung des Güterverkehrs mit Fokus auf das depotnahe Laden zu bewerten. Dabei wird eine integrierte Betrachtung gewählt, die sowohl die Nachfrageseite (Energiebedarf der Fahrzeugflotten) als auch die Angebotsseite (lokale Stromerzeugung und Entfernung Netzanschluss) berücksichtigt.

Die Analyse gliedert sich in die folgenden drei Abschnitte:

1. **Ableitung des Energiebedarfs (Abschnitt 3.1):** Zunächst wird basierend auf Kenngrößen der Fahrtenenerzeugung der spezifische Energiebedarf pro Fahrt ermittelt. Unter Berücksichtigung der Flottenentwicklung bis in die Jahre 2035 und 2045 werden Szenarien für das zukünftige Fahrtenaufkommen und den daraus resultierenden Gesamtenergiebedarf abgeleitet.
2. **Netzanschlussentfernung und lokale PV-Potenziale (Abschnitt 3.2):** Neben der Energienachfrage stellt sich die Frage nach Energiequellen. Dazu werde neben dem Potenzial von Photovoltaik auf Logistikflächen die Entfernung zur nächst möglichen Anbindung an das Stromverteilnetz analysiert.
3. **Netzlaster und Anschlussfähigkeit (Abschnitt 3.3):** Abschließend wird analysiert, welche Lasten effektiv aus den Verteilnetzen bezogen werden müssen. Die Betrachtung erfolgt dabei auf verschiedenen Skalenebenen — von der einzelnen Logistikfläche über die kommunale Ebene bis hin zur Bewertung von Potenzialflächen als strategische Ladelösungen.

Durch diese schrittweise Zusammenführung von Energiebedarf zur Elektrifizierung von Fahrten und Energienetzanalysen lassen sich fundierte Aussagen darüber treffen, inwieweit die vorhandene Infrastruktur den Transformationsprozess bis 2045 tragen kann und an welchen Stellen Ausbaubedarf besteht.

3.1 Ableitung Energiebedarf für Depotnahes Laden

Zur Abschätzung des zum depotnahem Laden von Nutzfahrzeugen benötigten Strombedarfs können grundsätzlich unterschiedliche methodische Ansätze gewählt werden. Zwei gängige Methoden sind hierbei besonders relevant:

1. Nutzung von Zulassungskennzahlen des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA):

Auf der Ebene von Gemeinden stehen offizielle Zulassungszahlen nach Fahrzeugtyp und – aber in getrennten Datensätzen – nach Wirtschaftszweigen zur Verfügung. Diese Daten bilden eine quantitative Grundlage, um den potenziellen Energiebedarf zum Laden zu schätzen. Der Vorteil liegt in der hohen Verfügbarkeit und Konsistenz der Daten. Aufgrund fehlender Verknüpfungsmöglichkeiten der beziehbaren Daten bei KBA, sind nur eingeschränkt Informationen zum tatsächlichen Fahrverhalten, zur täglichen Fahrleistung oder zur räumlichen und zeitlichen Verteilung des Ladebedarfs ableitbar. Insbesondere differenzierte Nutzungsprofile, wie sie beispielsweise für den Wirtschaftsbereich Logistik relevant wären, sind nicht ohne Weiteres aus den KBA-Daten ableitbar. Ferner sind Fahrzeuge gewerblicher Halte nicht zwangsläufig am Zulassungsort im Einsatz. Dies begrenzt die Aussagekraft der Methode für die Abschätzung des realistischen Strombedarfs.

2. Ableitung aus empirischem Fahrtenaufkommen nach Flächenart und -nutzung:

Alternativ kann der Strombedarf aus empirischen Daten zum Fahrtenaufkommen von Flächen abgeleitet werden. Hierbei werden Verkehrszählungen, Mobilitätsstudien oder andere empirische Erhebungen herangezogen, die die tatsächliche Anzahl differenziert nach Flächenarten (z. B. Wohngebiete, Gewerbegebiete, Logistikstandorttypen) darstellen. Diese Methode ermöglicht eine realitätsnahe Abbildung des Fahrtenaufkommens und eine gute Näherung zur Ausweisung kleinräumiger Ladebedarfe. In der Verkehrsplanung ist dieses Vorgehen etabliert, um beispielsweise das Verkehrsaufkommen von Neubaugebieten oder neuen Nutzungsarten zu prognostizieren.

Der Fokus dieser Ausarbeitung liegt auf der genauen Verortung des Ladebedarfs. Die Zulassungszahlen des KBA liegen auf Gemeindeebene vor. Die Informationen zum Wirtschaftszweig, indem das Fahrzeug eingesetzt wird, liegen nicht auf der Ebene der Gemeinde vor, sodass eine Disaggregation des Fahrzeugbestands auf die Logistikflächen nur unter großen Unsicherheiten erfolgen kann – zumal der Zulassungsort nicht immer dem Einsatzort entspricht. Mit den vorliegenden Logistikflächen aus Thiemermann (2024) liegt eine ausführliche und – im Großteil durch die Arbeit von Leerkamp et al. (2022) – mit Verantwortlichen abgestimmte Verortung und flächenhafte Ausweisung von logistischen Nutzungen vor. Im Folgenden wird daher auf dieser Grundlage das Fahrtenaufkommen je Fläche und – darauf aufbauend – der Energiebedarf für ein depotnahes Laden abgeleitet.

Der Ansatz zur Ermittlung des mittleren Energiebedarfs auf den Logistikflächen besteht darin, dass der Energiebedarf für BEV im Untersuchungsgebiet proportional zum Fahrtenaufkommen berechnet wird. Bei bekanntem Gesamtfahrtenvolumen N_{Fahrten} , durchschnittlicher Fahrtlänge L_{Fahrt} in km, durchschnittlichem Energie-

3 Analysen und Ergebnisse

verbrauch pro km e_{BEV} sowie dem Anteil der BEV an der gesamten Flotte $\text{Anteil}_{\text{BEV}}$ ergibt sich je betrachtetes Szenario der näherungsweise Energiebedarf als

$$E_{\text{gesamt}} \approx N_{\text{Fahrten}} \cdot L_{\text{Fahrt}} \cdot \text{Anteil}_{\text{BEV}} \cdot e_{\text{BEV}} \quad (3.1)$$

wobei kein Zuschlag für Ladeverluste berücksichtigt wird. Dies liefert den durchschnittlichen Strombedarf pro Fahrt unter Berücksichtigung des jeweiligen BEV-Anteils in der Flotte.

Bei vollständiger Umstellung eines Logistikunternehmens auf Elektromobilität wird demnach die räumliche Verortung der Ladebedarfe entscheidend, da nahezu alle Fahrten dann BEV-basiert sind. Als erste Näherung wird ein Durchschnittsszenario angenommen, in dem alle Flächen proportional zur Fahrtanzahl die gleiche Wahrscheinlichkeit für BEV-Fahrten aufweisen.

Darauf aufbauend werden folgende Szenarien definiert:

- ➔ **Baseline:** Durchschnittsbetrachtung basierend auf den obigen Annahmen.
- ➔ **Maximal:** Annahme 100 % elektrisch betriebener Fahrzeuge auf Basis der IST-Daten.
- ➔ **Baseline35:** Fortschreibung auf 2035 unter Berücksichtigung von Flottenzuwächsen und Verschiebung der BEV-Anteile.
- ➔ **Baseline45:** Entsprechend Baseline35, jedoch projiziert auf 2045.

Baseline dient als Aufbau des Datengerüsts, da im Bezugsjahr 2024 die BEV-Anteile vernachlässigbar sind.

Maximal soll auf Ebene der bestehenden Logistikflächen die von Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) et al. (2025) herausgearbeiteten bereits existierenden Umsetzungshemmnisse aufzeigen.

baseline35 und **baseline45** dienen zur Abbildung der Entwicklungspfade, bringen aber zusätzliche Komplexität bzw. Unsicherheiten durch strukturelle Verschiebungen zwischen Nah-, Regional- und Fernverkehr – die in den Prognosen nicht abgebildet werden – mit, wodurch Aussagen zum Energiebedarf und dessen räumliche Verteilung maßgeblich beeinflusst werden können.

3.1.1 Kenngrößen zur Fahrtenerzeugung

Dazu werden die Erzeugungskennziffern sowie Flächenanteile von Logistikimmobilienstandorttypen von Veres-Homm, Wojtech et al. (2019), Veres-Homm und Weber (2019), Wagner (2009) und Bosserhoff (2000) nach Leerkamp et al. (2022, Kapitel 6.3) aufgegriffen, vgl. Tabelle 3.1).

➔ Siehe Tabelle 3.1 auf Seite 17

Veres-Homm, Wojtech et al. (2019) nennen ergänzend den durchschnittlichen

➔ Siehe Tabelle 3.2 auf Seite 17

3 Analysen und Ergebnisse

Anteil der Hallenfläche an der Grundstücksfläche und geben abweichend eine Spanne für die Lkw-Fahrten/Tag an, vgl. Tabelle 3.2).

	Ballungs- raumver- sorgung	Zentral- versorgung	Gateway- Funktion	Produktions- versorgung	Netzwerk- Funktion
Ø Lkw-Fahrten/ha	65	65	55	25	75
Ø Grundstücksfläche [ha]	5,4	3,0	5,2	3,0	2,0
Anteil [%] an allen Standorten*	23	16	6	40	13

* Werte in Leerkamp et al. (2022, Tabelle 20) sind gerundet. Daher ergibt die Summe nur 98 statt 100 %.

Tabelle 3.1: Übersicht der Lkw-Fahrten/Tag je Hektar, Grundstücksfläche und Standortanteile nach Logistikimmobilienstandorttypen. Quellen: Veres-Homm, Wojtech et al. (2019), Veres-Homm und Weber (2019), Wagner (2009) und Bosserhoff (2000)

	Ballungs- raumver- sorgung	Zentral- versorgung	Gateway- Funktion	Produktions- versorgung	Netzwerk- Funktion
Ø Lkw-Fahrten/ha	30–65	40–90	20–90	5–45	70–80
Ø Anteil Hallenfläche an Grundstücksfläche [%]	39	43	48	42	35
Ø Immobilienfläche [ha]	2,09	1,32	2,5	1,28	0,69

Tabelle 3.2: Übersicht der Lkw-Fahrten/Tag je Hektar und Anteil der Hallenfläche an der Grundstücksfläche nach Logistikimmobilienstandorttypen. Quelle: Veres-Homm, Wojtech et al. (2019, Tabelle 1)

3 Analysen und Ergebnisse

AS+P Albert Speer + Partner GmbH (2023) stellen Kennwerte zur Ableitung des Fahrtenaufkommens logistischer Flächen zur Verfügung. Bezugnehmend zu den vorliegenden Daten der Logistikflächen – diese führen keine Informationen über das Logistiksegment, zu den Beschäftigten oder zur Anzahl der Laderampen – sind insbesondere die Kennwerte zur Ableitung aus der¹

- ➔ Hallengröße (102 Fahrten/(Tag · ha); davon 80 mit Fahrzeugen > 3,5 t zulGG.; Rest 2,8 bis 3,5 t) und
- ➔ Netto-Baulandfläche (40 Fahrten/(Tag · ha); davon 29 mit Fahrzeugen > 3,5 t zulGG.; Rest 2,8 bis 3,5 t)

von Relevanz. Letztere weist bessere Korrelationsparameter auf. In den vorliegenden Daten der logistische Flächen werden überwiegend bereits bebaute Flächen nach dem Abzug von Gemeinbedarfsflächen abgebildet, sodass diese im folgenden als Netto-Bauland interpretiert werden.

Die Analyse der Lkw-Fahrten pro Hektar Grundstücksfläche über die o. g. Logistikimmobilienstandorttypen nach Tabellen 3.1 und 3.2 zeigt, dass die nach den Anteilen der jeweiligen Logistikimmobilienstandorttypen an allen Standorten gewichteten Mittelwerte je nach Standorttyp der Logistikimmobilie variieren (Angaben in Fahrten/(Tag · ha)):

- ➔ Ballungsraumversorgung: 30 bis 65
- ➔ Zentralversorgung: 40 bis 90
- ➔ Gateway-Funktion: 20 bis 90
- ➔ Produktionsversorgung: 5 bis 45
- ➔ Netzwerk-Funktion: 70 bis 80

Unter Berücksichtigung der Anteile der Standorte ergibt sich ein über alle Standorte gewichteter Mittelwert von etwa 45 Fahrten/(Tag · ha). Angesichts der starken Varianz über die Standorttypen der Logistikimmobilien liegt dieser Wert nahe zu der von AS+P Albert Speer + Partner GmbH (2023) genannten Erzeugung von 40 Fahrten/(Tag · ha) für logistische Fahrten. Für die folgenden Analysen wird daher der Mittelwert (42,5 Fahrten/(Tag · ha)) beider Herleitungen/Quellen genutzt.

i Erzeugungskennziffer:
42,5 Fahrten/(Tag · ha)

Ergänzend zur Datenvorstellung liegen für jeden verorteten Betrieb Informationen zur Klassifizierung nach der Klassifikation der Wirtschaftszweige (WZ 2008) vor. Diese Daten stammen aus den Datenbanken der für das Untersuchungsgebiet zuständigen Industrie- und Handelskammern (IHK). Die WZ 2008-Zuordnung wird im Rahmen dieser Arbeit zur Validierung potenzieller Logistikaktivitäten herangezogen und dient als Grundlage für die Vorstrukturierung der Logistikimmobilien

¹Vgl. AS+P Albert Speer + Partner GmbH (2023, S. 22).

3 Analysen und Ergebnisse

nach den Standorttypen Ballungsraum-, Zentral-, Gateway-, Produktions- und Netzwerkfunktion.

Die Aussagekraft der WZ 2008-Klassifikation ist als eingeschränkt zu bewerten. Zum einen erlaubt die Systematik aufgrund ihrer vergleichsweise groben Gliederung keine eindeutige Differenzierung logistischer Nutzungstypen. So können einzelne WZ-Gruppen, beispielsweise die Klasse 52.10 („Lagerei sowie Erbringung von sonstigen Dienstleistungen für den Verkehr“), sowohl Ballungsraum- als auch Zentralversorgungsfunktionen abbilden. Eine feinere funktionale Abgrenzung ist auf Basis der WZ 2008-Systematik nicht möglich.

Vor diesem Hintergrund werden die IHK-Betriebsdaten ausschließlich für interne vergleichende Analysen innerhalb des Untersuchungsgebiets verwendet. Eine eindeutige funktionale Zuordnung einzelner Standorte oder eine externe Vergleichbarkeit wird ausdrücklich nicht vorgenommen.

Wird die o. g. Erzeugungskennziffer von 42,5 Fahrten/(Tag·ha) angesetzt entspricht dies im Szenario **Baseline** 202.912 Fahrten pro Tag.

 $N_{\text{Fahrten, Baseline}} = 202.912$

3.1.2 Energiebedarf einer Fahrt

Die Anzahl der Stopps pro Tour eines Logistikfahrzeugs hängt stark vom Einsatzprofil ab. Fernverkehrs-Lkw führen typischerweise nur wenige Stopps pro Tour durch (ca. 2–3 Stopps, Plötz et al. (2021, Tabelle 1)), während Regionalverkehre moderate Stoppraten aufweisen. Im Nahverkehr, insbesondere bei städtischen Lieferungen, sind deutlich höhere Stoppraten zu beobachten und Studien zeigen hier Mittelwerte von 40–80 Stopps pro Tour (Aljohani et al. (2020)). Im städtischen Kontext gilt es jedoch zu beachten, dass die Mehrheit der Stopps nicht auf Logistikflächen stattfindet, sondern bei gewerblichen und privaten Endkunden.

Eine Ableitung über die Anzahl an Stopps bzw. der Anzahl an Fahrten/d je Fahrzeug ist daher mit Unsicherheiten verbunden. Zielführender erscheint es aus der Statistik des Kraftfahrtbundesamtes (KBA) fahrtenbezogene Informationen herzuleiten, da die Einheit der Aufkommenserzeugung auf den logistischen Flächen ebenfalls „Fahrt“ ist. Das Zahlenwerk „Verkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge – Verkehrsaufkommen VD1“ weist das Verkehrsaufkommen nach zulässiger Gesamtmasse für gewerbliche Fahrten aus. Dabei werden neben der zurückgelegten Entfernung auch die Anzahl an Last- und Leerfahrten ausgewiesen, sodass pro Fahrt nach (Gruppen) zulässiger Gesamtmasse die zurückgelegte Entfernung/Fahrt ermittelt werden kann. Diese lässt sich wiederum mit spezifischen Energiebedarfen pro km in einen Energiebedarf umrechnen.

3 Analysen und Ergebnisse

In Anlehnung an Logistikregion Rheinland e.V. (2025) werden über das zulässige Gesamtgewicht die Gruppen

- ➔ bis 7.500 kg,
- ➔ 7.501–20.000 kg,
- ➔ 20.001–30.000 kg sowie
- ➔ 30.001 kg und mehr

gebildet. Eine Unterscheidung nach der Fahrzeugart Lastkraftwagen und Sattelzugmaschine findet nicht statt, da diese keinen merklichen Einfluss auf den spezifischen Energiebedarf aufweist. In den zugänglichen Tabellenwerken der VD1 sind keine mehrdimensionalen Differenzierungen möglich. Das bedeutet: Wird über das zulässige Gesamtgewicht differenziert, ist keine weitere Differenzierung über z. B. die Aufbauart möglich. Insofern subsumieren die genannten Zahlen auch Baustellenverkehre, die nicht primär Fokus dieser Ausarbeitung sind und die durchschnittliche Fahrtlänge (insb. für die Fahrzeuge mit 30.001 kg und mehr zulässigem Gesamtgewicht) reduzieren. Die anhand dieser Werte hochgerechneten Energiebedarfe sind daher konservativ nach unten abgeschätzt zu verstehen.

Tabelle 3.3 listet die KBA-Werte zum Fahrtenaufkommen sowie der zurückgelegten Entfernung differenziert nach den o. g. Fahrzeug-Gruppen über das zulässige Gesamtgewicht. Zudem werden die spezifischen Energiebedarfe je Kilometer aus Logistikregion Rheinland e.V. (2025, Tabelle 2-1) übernommen, wobei für Fahrzeuge mit 30.001 kg oder mehr ein spezifischer Energiebedarf von 1,4 kWh/km zugeordnet wird. Ferner werden die Anteile der Fahrzeug-Gruppen nach zulässigem Gesamtgewicht über das jeweilige gesamte Fahrtenaufkommen ermittelt.

➔ Siehe Tabelle 3.3 auf Seite 21

Auf Grundlage dieser Parameter ergibt sich für ein durchschnittliches Fahrzeug eine Fahrtstrecke von 82,84 km. Der hierfür erforderliche Energiebedarf beträgt 102,72 kWh, was einem spezifischen Energieverbrauch von 1,239 kWh/km entspricht.

i $L_{\text{Fahrt, Baseline}} = 82,84 \text{ km}$
 $e_{\text{BEV, Baseline}} = 1,239 \text{ kWh/km}$

Auf Grundlage dieser Parameter ergibt sich für ein durchschnittliches Fahrzeug eine Fahrtstrecke von 82,84 km. Der hierfür erforderliche Energiebedarf beträgt 102,72 kWh, was einem spezifischen elektrischen Energieverbrauch (Strombezug) von 1,239 kWh/km entspricht. Zum Vergleich: Ein dieselbetriebener Lkw der dominierenden Gewichtsklasse ab 30.001 kg verbraucht je nach Einsatzprofil rund 30 l/100 km, was bei einem unteren Heizwert von rd. 9,8 kWh/l einem energetischen Bedarf von etwa 2,9 kWh/km entspricht.² Der höhere Wirkungsgrad des elektrischen Antriebsstrangs schlägt sich darin nieder, dass je Kilometer weniger als die Hälfte der Endenergie eines vergleichbaren Diesel-Lkw benötigt wird.

i $L_{\text{Fahrt, Baseline}} = 82,84 \text{ km}$
 $e_{\text{BEV, Baseline}} = 1,239 \text{ kWh/km}$

²Energetische Umrechnung auf Basis eines unteren Heizwerts von Dieseldieselkraftstoff von rd. 9,8 kWh/l. Der Verbrauchswert versteht sich als Richtwert für schwere Sattelzüge im Fern- und Regionalverkehr.

3 Analysen und Ergebnisse

	bis 7.500 kg	7.501– 20.000 kg	20.001– 30.000 kg	30.001 kg und mehr
Lastfahrten [1.000]*	1.454,6	22.164,8	29.138,9	118.985,4
Lastfahrten Entfernung [1.000 km]*	63.839,6	1.526.713,2	1.650.037,6	14.460.850,2
Leerfahrten [1.000]*	1.075,4	12.181,5	13.238,9	76.388,3
Leerfahrten Entfernung [1.000 km]*	26.444,0	434.633,5	373.934,1	4.212.981,7
Ø Fahrtlänge [km]**	35,69	57,11	47,76	95,58
Spez. Energiebedarf [kWh/km]***	0,39	0,57	1,10	1,40
Anteil am gesamten Fahrtenaufkommen [%]	0,92	12,51	15,43	71,11

* Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt, Verkehrsdaten VD1 5, 2024.

** Abgeleitet aus Anzahl Fahrten und Entfernung nach KBA, VD1 5, 2024.

*** Nach Logistikregion Rheinland e.V. (2025, Tabelle 2-1).

Tabelle 3.3: Übersicht zu Eckwerten für ein durchschnittliches gewerbliches Lastkraftfahrzeug nach zulässigem Gesamtgewicht in Deutschland

3.1.3 Entwicklungen Fahrzeugflotte bis 2035 und 2045

Analog zu Logistikregion Rheinland e.V. (2025) wird im Folgenden als Referenz die Flottenentwicklung nach dem Szenario „recharge 2035“ aus der Arbeit von Göckeler et al. (2023) genutzt. Ausgehend vom Bezugsjahr 2024 wächst die Flotte von Lastkraftfahrzeugen bis 20.000 kg zulässigem Gesamtgewicht bis 2035 um 17 %, bis 2045 um 28 %. Der BEV-Anteil steigt auf 43 % bzw. 81 % an. Für Fahrzeuge über 20.000 kg wächst die Flotte um 16 % (bis 2035) bzw. um 29 % (2045) bei einem BEV-Anteil von 72 % bzw. 99 %. Im Bezugsjahr 2024 liegt der BEV-Anteil bei Fahrzeugen bis 20.000 kg zulässigem Gesamtgewicht bei rd. 1 % und für schwerere Fahrzeuge nahe 0 %.

Aufgrund der bereits heute vorliegenden hohen Fertigungstiefe und der hohen Unsicherheiten bei der Prognose von Tourenparametern wird auf eine Fortschreibung der Anzahl an Fahrt je Fahrzeug verzichtet und eine Konstanz in diesem Parameter unterstellt. Im Ergebnis wird somit zunächst unterstellt, jeder Flottenzuwachs zunächst das selbe Fahrzeugeinsatzmuster vergleichbarer Fahrzeuge aufweist. Ergänzend weist die gleitende Langfrist-Verkehrsprognose 2021-2022 des Referats G13 des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV)³ eine Erhöhung der mittleren Transportweite von 156 km (2019) auf 174 km (2051) aus. Unklar bleibt jedoch wie sich diese Erhöhung von rd. 11 % auf die einzelnen Verkehrsträger

³Präsentation mit dem Titel: „Prognose 2022“ Gleitende Langfrist-Verkehrsprognose 2021-2022 von intraplan und TRIMODE, Stand 01.03.2023; Folie 51.

3 Analysen und Ergebnisse

(Straße, Schiene, Wasser, Luft) sowie auf die einzelnen Fahrzeuggruppen nach zulässigem Gesamtgewicht verteilt. Auf eine entsprechende Fortschreibung der Fahrtenlänge wird deshalb verzichtet.

Aus der Hochrechnung der Flottenentwicklung sowie der BEV-Anteile werden für die Jahre 2035 und 2045 mittlere spezifische Emissionen pro km ermittelt. Dazu werden für die spezifischen Energiebedarfe sowie, als Ausgangsgröße der Anzahl der Fahrten, die Werte aus Tabelle 3.3 genutzt. Im Ergebnis beträgt e_{BEV} in

➔ **baseline35** 1,239 kWh/km und in

➔ **baseline45** 1,240 kWh/km.

Der durchschnittliche Anteil_{BEV} beträgt in

➔ **baseline35** 68,08 % und in

➔ **baseline45** 96,60 %.

Es ist davon auszugehen, dass der Anstieg des globalen Fahrtenaufkommens bzw. der Zuwachs der Flottengröße im Wesentlichen flächeninduziert ist. Die Nutzungsarten der betrachteten Flächen bleiben strukturell vergleichbar, eine relevante Verdichtung ist nicht absehbar. Ebenso sind keine grundlegenden Veränderungen im Tourenverhalten oder etwa ein signifikanter Modal Shift bestimmter Güter auf andere Verkehrsträger zu erwarten bzw. valide prognostizierbar, die einen Einfluss auf das Fahrtenaufkommen/ha durch eine signifikante Reduktion oder Verringerung von Fahrtweiten zum Ergebnis haben könnte.

Da die zugrunde gelegte Erzeugungskennziffer auf mehreren aktuellen und repräsentativen Datengrundlagen basiert und als konstant angesetzt werden kann, ergibt sich der Anstieg des Gesamtfahrtenaufkommens primär aus der Zunahme der in Anspruch genommenen Fläche. Eine Intensivierung der Verkehrserzeugung je Flächeneinheit ist demnach nicht hauptursächlich.

Neben dem Bestand an Logistikflächen liegen Logistikpotenzialflächen von Thiemermann und Groß (2024) vor. Der Datensatz beruht auf einer Recherche von Bereichen für gewerbliche und industrielle Nutzungen (GIB) in Regionalplänen. Die erfassten Bereiche wurde dahingehend geprüft, ob bereits Ansiedlungen stattgefunden haben und ob Ausweisungen im Flächennutzungsplan einer zukünftigen Ansiedlung von Logistik widersprechen. Ferner wurden die Flächen hinsichtlich der angrenzenden schützenswerten Bebauung geprüft. Auf Grundlage weiterer Parameter (z. B. Flächenzuschnitt) fand eine Eignungsprüfung hinsichtlich der Attraktivität für die Standorttypen Ballungsraumversorgung, Zentralversorgung, Gateway-Funktion, Produktionsversorgung und Netzwerk-Funktion statt. A-Standorte weisen eine sehr gute, B-Standorte eine gute und C-Standorte eine mittlere Attraktivität aus.

3 Analysen und Ergebnisse

Neben der Bewertung der Standortgüte werden Vorbehalte, die sich z. B. durch eine mangelhafte Erschließung durch den öffentlichen Personenverkehr oder durch schützenswerte Nutzung im Bereich der Anbindungsstrecken erklären.

Abbildung 3.1 zeigt die Potenzialflächen mit A oder B Bewertung. Die Flächen verteilen sich über das gesamte Untersuchungsgebiet, wenngleich bereits dicht besiedelte Räume weniger ausweisen. Die gezeigten Potenzialflächen weisen eine nutzbare Fläche von 4.663 ha auf, was rd. 200 ha mehr als die heutigen Logistikflächen sind. Potenzialstandorte mit einer A oder B Bewertung sind prädestiniert für eine zukünftige Ansiedlung von Logistik. Es ist jedoch nicht prognostizierbar, ab wann eine Fläche von der *Logistik genutzt* wird. Ferner ist nicht auszuschließen, dass Potenzialflächen für die Logistik durch andere Nutzungen besiedelt werden. Zur Abbildung des flächeninduzierten Flottenwachstums werden daher die von Göckeler et al. (2023) im Szenario „recharge 2035“ ausgewiesenen Flottenzuwächse bis 2035 (rd. 16 %) bzw. 2045 (rd. 29 %) dazu genutzt, um anteilig die Fläche der Potenzialflächen in der Hochrechnung zu berücksichtigen.

➔ Siehe Abbildung 3.1 auf Seite 24

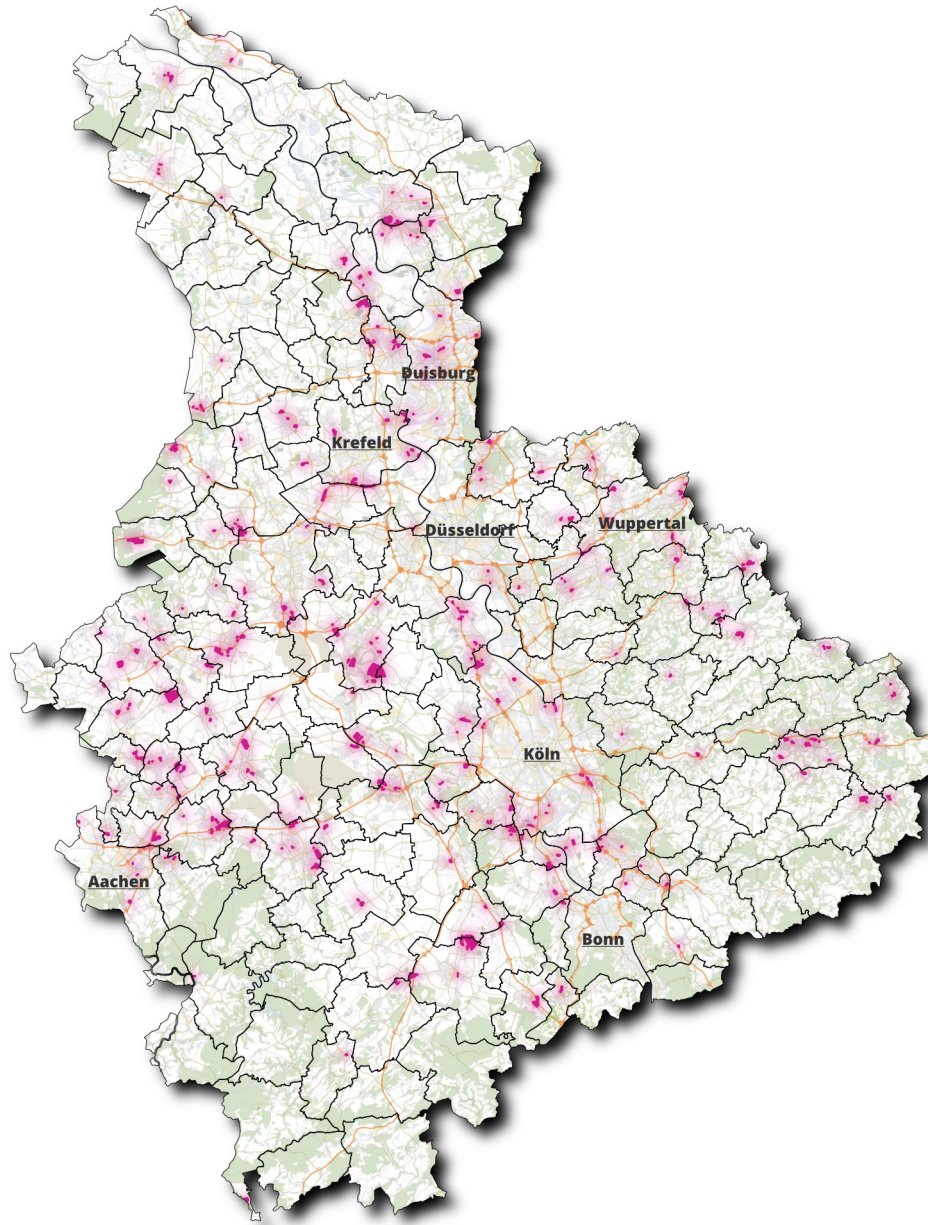
Im Untersuchungsraum liegen einzelne Potenzialflächen mit überregionaler bzw. landesweiter Bedeutung, insbesondere im Rheinischen Revier (z. B. im Umfeld der Kraftwerksstandorte Neurath, Frimmersdorf und Weisweiler). Diese Flächen werden im Rahmen der Hochrechnung methodisch analog zu den übrigen Potenzialflächen behandelt, da der Verlauf der zukünftigen Ansiedlungsentwicklung sowie die jeweilige Branchenausprägung im Strukturwandelprozess derzeit nicht belastbar prognostizierbar ist. Eine vertiefende standortspezifische Bewertung dieser Räume ist Gegenstand des Abschnitts 3.4, in dem mit Cluster Nr. 20 (Grevembroich/Rommerskirchen) ein im Strukturwandelraum gelegener Standort exemplarisch betrachtet wird.

➔ Siehe Abschnitt 3.4 auf Seite 62

Legende



 A/B-Potentialflächen



0 10 20 km

erstellt durch: antwortING Beratende Ingenieure PartGmbH Köln

Verwaltungsgrenze: © BKG 2025, CC BY 4.0,
https://sgx.geodatenzentrum.de/web_public/gdz/datenquellen/datenquellen_vg25.pdf
Basis-DLM: © GeoBasis-DE / BKG 2025, dl-de/by-2-0
Daten geändert

Abbildung 3.1: Verteilung der A/B-Potentialflächen für die Logistik im Untersuchungsgebiet

3.1.4 Energiebedarf aus Fahrtenaufkommen

Mit Vorliegen aller notwendigen Kenngrößen für Formel 3.1 kann der Energiebedarf für die o. g. Szenarien ermittelt werden. Tabelle 3.4 visualisiert diese Kenngrößen.

 Siehe Tabelle 3.4 auf Seite 25

Wie bereits oben genannt, dient das **Baseline**-Szenario der Schaffung einer Basis für die Hochrechnung des feinräumig zu verteilenden Energiebedarfs. Der BEV-Anteil über alle Fahrzeuggruppen hinweg liegt bei rd. 0,5 %. Dies entspricht

3 Analysen und Ergebnisse

	Baseline	Maximal	baseline35	baseline45
Zeithorizont	2024	2024 (IST)	2035	2045
Zweck	Datengerüst	Aufzeigen der Umsetzungs-hemm-nisse	Entwicklungs-pfad	Entwicklungs-pfad
Flächenbasis	Bestand	Bestand	Bestand + 16 % A/B-Pot. ^a	Bestand + 29 % A/B-Pot. ^a
Ø spez. Energiebedarf e_{BEV} [kWh/km]	1,239	1,239 ^b	1,239	1,240
Ø BEV-Anteil [%]	0,5	100	68,08	96,60
Energiebedarf [GWh/Tag]	0,10	19,47	15,46	24,51
Energiebedarf [TWh/a] ^c	—	5,84	4,64	7,35
Energiebedarf inkl. Transportweitzuwachs [TWh/a]	—	—	4,89 ^d	8,09 ^e
Entspricht Strombedarf [Mio. Haushalte] ^f	—	1,67	1,33	2,10

^a Anteiliger Flottenzuwachs nach Szenario „recharge 2035“ (Göckeler et al. 2023) (Fahrzeuge über 20.000 kg zGG).

^b Maximal-Szenario auf Basis der heutigen Bestandsflotte bei unterstellter 100-prozentiger Elektrifizierung.

^c Betrieb Montag bis Samstag.

^d inkl. häufig berücksichtigtem Transportweitzuwachs (5,5 %).

^e inkl. vollständig berücksichtigtem Transportweitzuwachs (11 %).

^f Bezogen auf die Jahreswerte (TWh/a) bei einem durchschnittlichen Haushaltsstromverbrauch von 3.500 kWh pro Jahr.

Tabelle 3.4: Übersicht der Szenarienparameter und -ergebnisse zum Energiebedarf aus dem Fahrtenaufkommen

einem täglichen Energiebedarf von 0.10 GWh. Eine Größenordnung die nicht seriös kleinräumigen Flächen zugewiesen werden kann.

Baseline: 0.10 GWh/Tag

Für das **Maximal**-Szenario werden die vorliegenden Logistikflächen genutzt und unterstellt, dass 100 % der Fahrten bereits heute elektrisch sind. Dieses Szenario bildet keine sinnvollen Gesamtwerte für die Stromnachfrage ab. Vielmehr soll diese dazu dienen gegenwärtig existierende Flächen dahingehend zu bewerten, ob eine vollständige Elektrifizierung der Flotte aus infrastruktureller Sicht möglich wäre. Wären bereits heute alle Fahrzeuge mit einem elektrischen Antrieb ausgestattet, betrüge der tägliche Energiebedarf rd. 19,47 GWh (5,84 TWh/Jahr). Bezogen auf den Energiebedarf aus dem **Baseline**-Szenario verdeutlicht dies die zusätzlich notwendigen Energiebedarfe für einen rein elektrischen Güterverkehr – ein Plus von rd. 19.370 %.

Maximal: 19,47 GWh/Tag

Für das **baseline35**-Szenario werden Fahrten auf den vorliegenden Logistikflächen sowie anteilig (16 % footnoteDie 16 % entsprechen dem im Szenario „recharge 2035“ der Studie StratES (Göckeler et al. 2023) ausgewiesenen Flottenzuwachs

3 Analysen und Ergebnisse

der Fahrzeuge über 20.000 kg zulässigem Gesamtgewicht bis 2035; für Fahrzeuge bis 20.000 kg liegt der Zuwachs bei 17 %.) auf den A/B-Potenzialflächen genutzt. In Summe liegt der tägliche Energiebedarf bei 15,46 GWh. Dies entspricht bei einem Betrieb von Mo-Sa rd. 4,64 TWh/Jahr. Wie oben geschildert, sind zukünftige Zuwächse von Transportweiten (BMDV: rd. 11 % bis 2051) nicht berücksichtigt (mit Berücksichtigung von 5,5 %⁴ Wachstum: 4,89 TWh/Jahr).

baseline35: 15,46 GWh/Tag

Für das **baseline45**-Szenario werden Fahrten auf den vorliegenden Logistikflächen sowie anteilig (29 %⁵) auf den A/B-Potenzialflächen genutzt. In Summe liegt der tägliche Energiebedarf bei 24,51 GWh. Dies entspricht bei einem Betrieb von Mo-Sa rd. 7,35 TWh/Jahr. Wie oben geschildert, sind zukünftige Zuwächse von Transportweiten (BMDV: rd. 11 % bis 2051) nicht berücksichtigt (mit Berücksichtigung von 11 % Wachstum: 8,09 TWh/Jahr).

baseline45: 24,51 GWh/Tag

Der Anstieg des Energiebedarfs vom **Baseline**-Szenario (0,10 GWh/Tag) zu **baseline35** (15,46 GWh/Tag) entspricht 15.360 % und zu **baseline45** (24,51 GWh/Tag) entspricht 24.410 %. Diese Anstiege verdeutlichen damit die Bedeutung von depotnahem Laden für die Dekarbonisierung des Straßengüterverkehrs.

Abbildungen 3.2 bis 3.5 illustrieren den ermittelten täglichen Energiebedarf, der durch die auf den jeweiligen Flächen induzierten Fahrten je Szenario generiert wird. Im Vergleich des **Maximal**-Szenarios mit den Szenarien **baseline35** und **baseline45** wird eine zunehmende Verdichtung des Strombedarfs im Umland der bereits gegenwärtig logistisch hochfrequentierten Standorte Köln, Duisburg, Mönchengladbach und Krefeld deutlich, vgl. Abbildung 3.8 auf Seite 37.

➔ Siehe Abbildungen 3.2 bis 3.5 ab Seite 27

Darüber hinaus führt die Ausweisung zusätzlicher Potenzialstandorte entlang der westlich orientierten Verkehrsachsen (BAB 61, 52, 46, 44 und 4) zu einer räumlichen Konzentration der Bedarfe. Diese Entwicklung trägt dazu bei, dass sich die Energienachfrage für ein depotnahes Laden verstärkt in die Fläche verteilt.

⁴Aufgrund des Zeitfensters des Wachstums wird dieses nur hälftig berücksichtigt.

⁵Die 29 % entsprechen dem im Szenario „recharge 2035“ der Studie StratES (Göckeler et al. 2023) ausgewiesenen Flottenzuwachs der Fahrzeuge über 20.000 kg zulässigem Gesamtgewicht bis 2045. Für Fahrzeuge bis 20.000 kg liegt der Zuwachs bei 28 %.

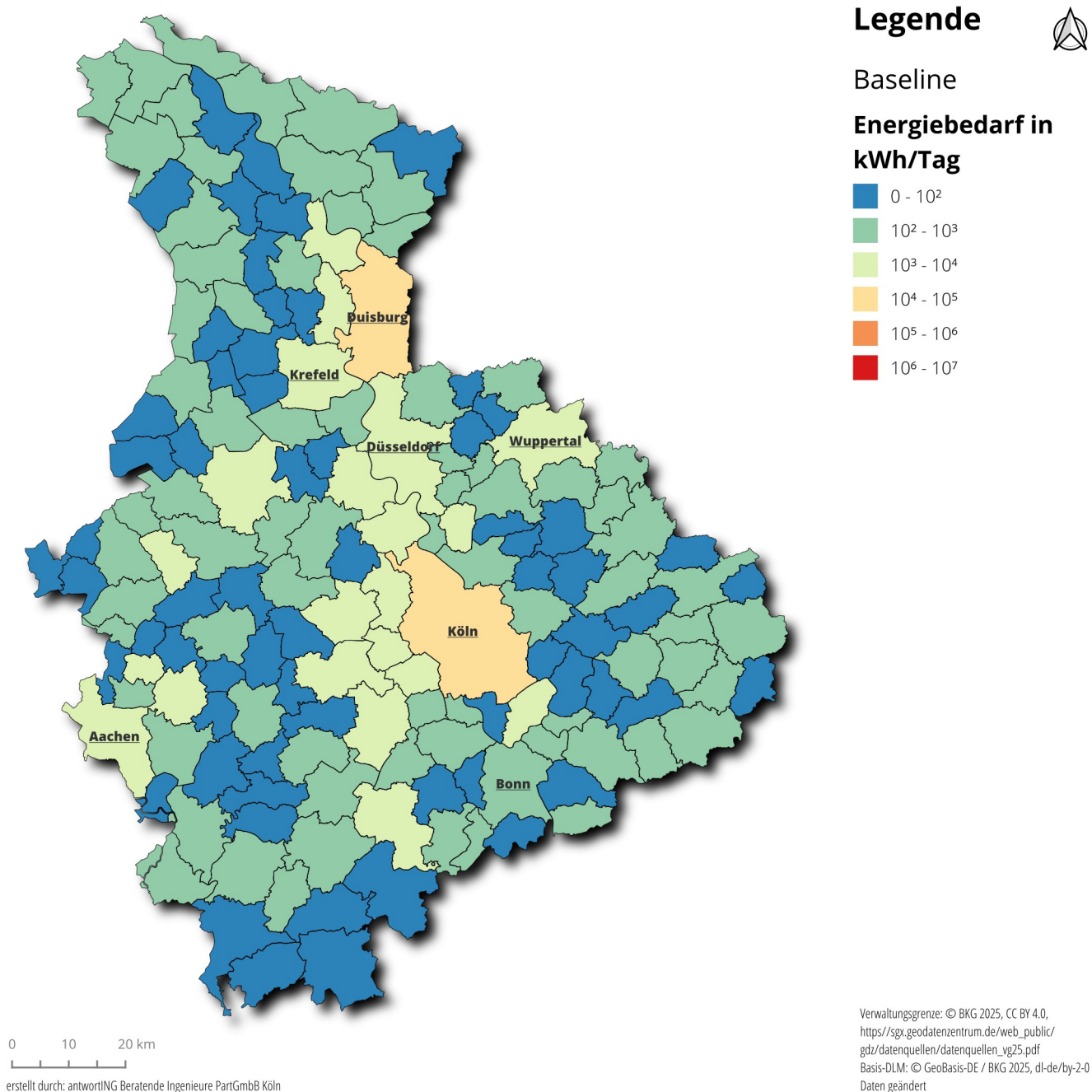


Abbildung 3.2: Energiebedarf in kWh/Tag je Gemeinde im Untersuchungsgebiet des Szenarios **Baseline**

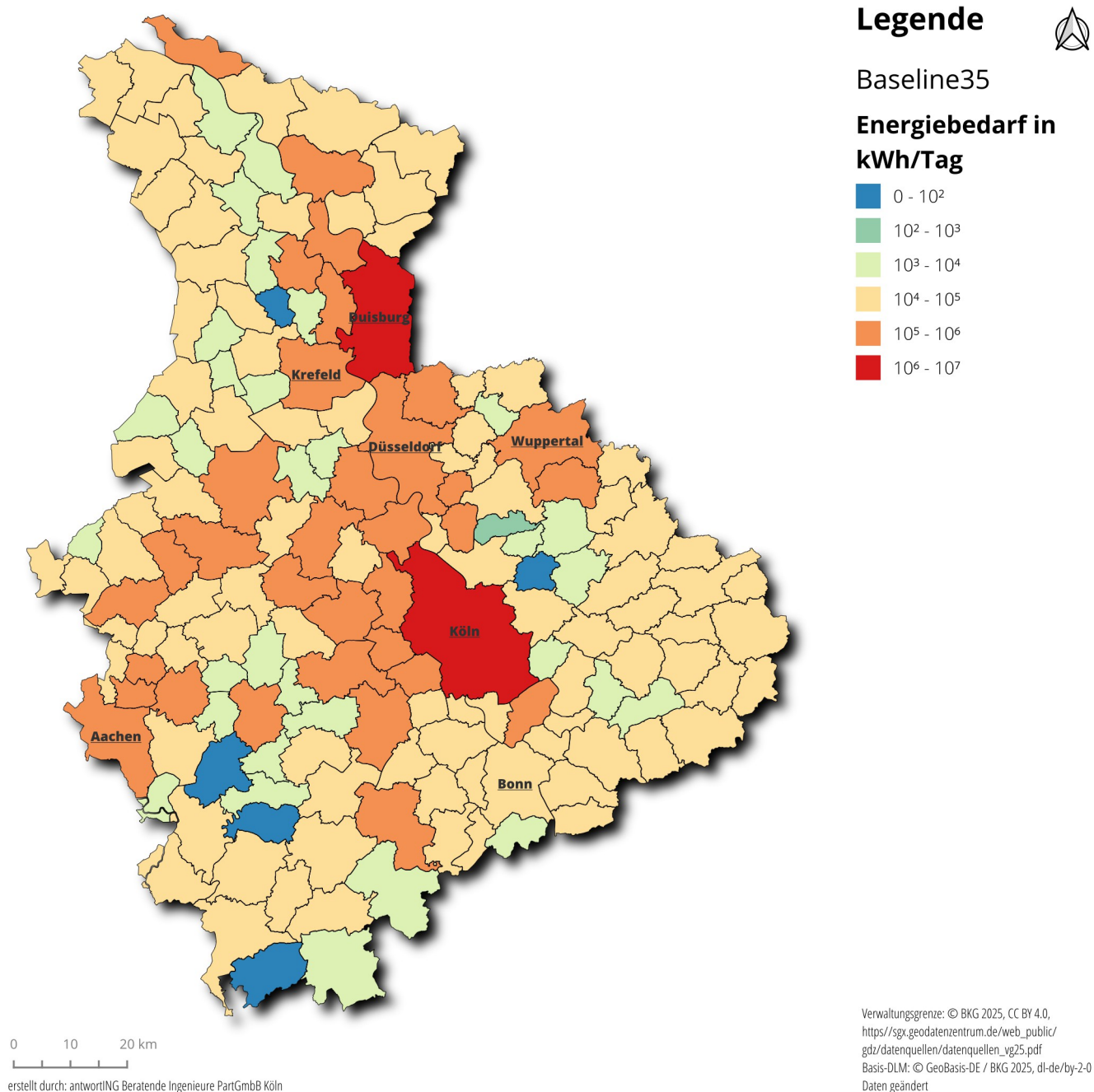


Abbildung 3.3: Energiebedarf in kWh/Tag je Gemeinde im Untersuchungsgebiet des Szenarios **baseline35**

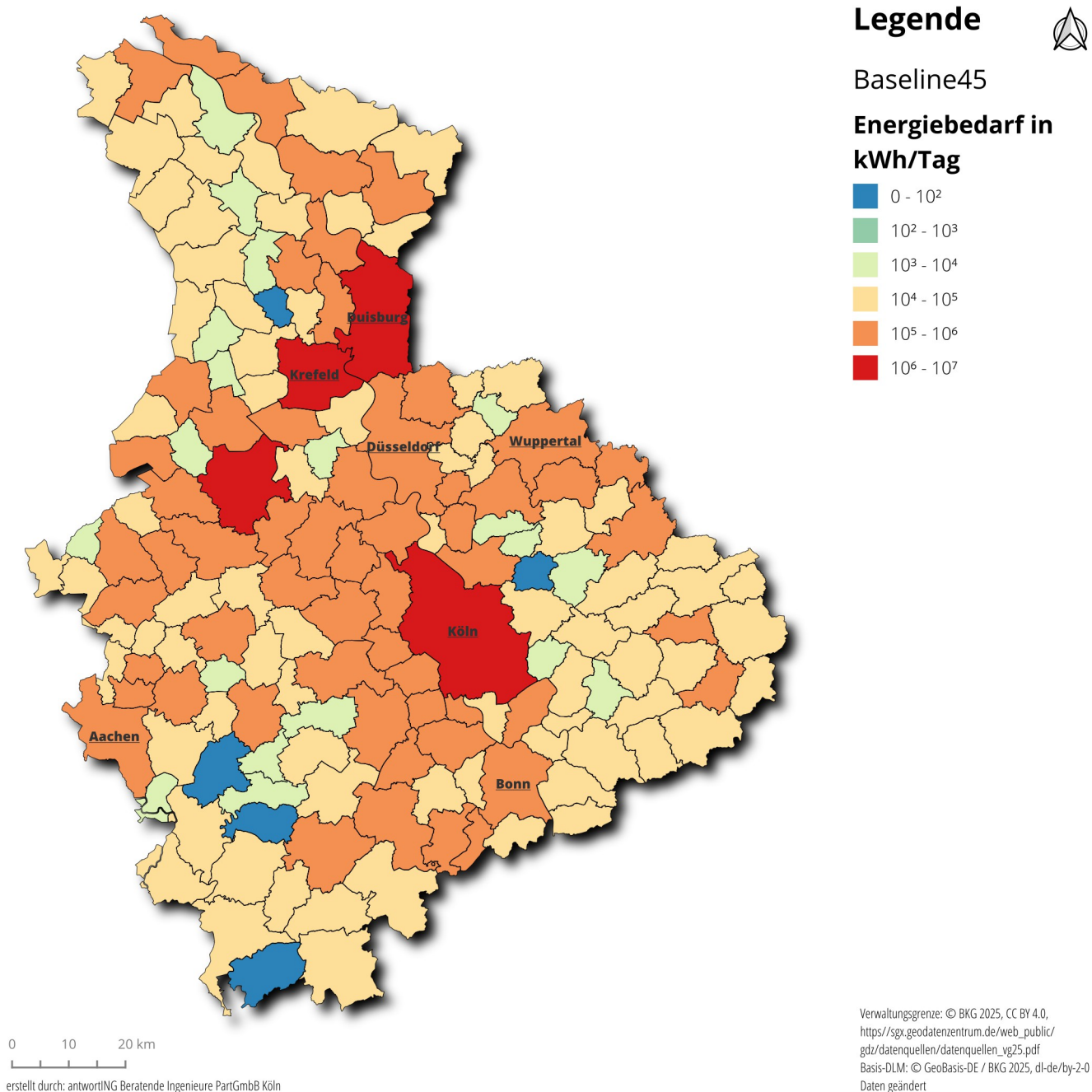


Abbildung 3.4: Energiebedarf in kWh/Tag je Gemeinde im Untersuchungsgebiet des Szenarios **baseline45**

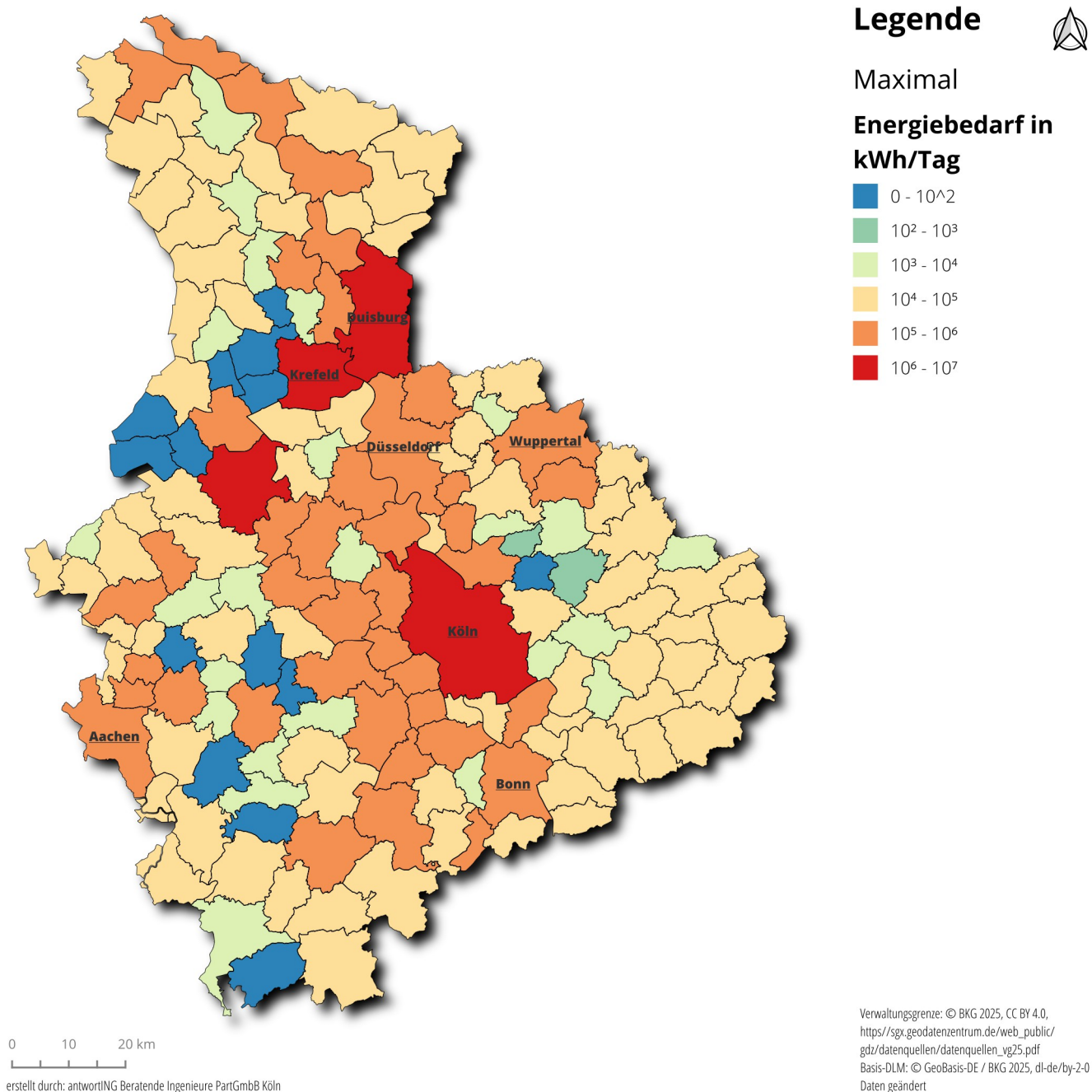


Abbildung 3.5: Energiebedarf in kWh/Tag je Gemeinde im Untersuchungsgebiet des Szenarios **Maximal**

3.1.5 Typologische Differenzierung nach Verkehrsart

Die in den vorangegangenen Abschnitten ermittelten Anfahrtsszahlen je logistisch genutzter Fläche werden hinsichtlich den Verkehrsarten

- ➔ Nah-,
- ➔ Regional- und
- ➔ Fernverkehr

typologisch differenziert. Die Differenzierung ist von praktischer Relevanz, da die Verkehrsart die typischen Standzeiten der Fahrzeuge am Depot, das resultierende Ladeprofil sowie die für eine Elektrifizierung in Frage kommenden Fahrzeugklassen maßgeblich beeinflusst. Während Nah- und Regionalverkehrsfahrzeuge regelmäßig längere Standzeiten am Depot aufweisen und damit für ein depotnahes Laden besonders prädestiniert sind, werden Fernverkehrsfahrzeuge primär außerhalb des Depots (u. a. an den im Aufbau befindlichen Lkw-Schnellladepunkten an Bundesautobahnen) geladen.

Eine fahrzeugbezogene Erfassung der Verkehrsart auf Ebene einzelner Logistikflächen oder Cluster ist anhand der vorliegenden öffentlich verfügbaren Datengrundlagen nicht möglich, da weder die Güterverkehrsstudie für die Metropolregion Rheinland noch die Statistiken des Kraftfahrt-Bundesamtes flächenbezogene Aussagen zum Anteil der Verkehrsarten zulassen. Aus diesem Grund wird im Rahmen der vorliegenden Analyse eine typologische Herleitung gewählt, die den Branchenmix je Cluster als Indikator für die wahrscheinliche Verkehrsartenverteilung heranzieht. Datengrundlage hierfür sind die im Untersuchungsraum vorliegenden Adressdaten der Industrie- und Handelskammern (Aachen, Bonn, Düsseldorf, Duisburg, Köln, Krefeld, Wuppertal) inklusive der Klassifikation nach der Wirtschaftszweig-Systematik (WZ 2008).

Die Zuordnung der Branchen zu den Verkehrsarten orientiert sich an den in der einschlägigen Literatur dokumentierten typischen Fahrzeugeinsatzmustern. Tabelle 3.5 fasst die getroffenen Annahmen zusammen.

➔ Siehe Tabelle 3.5 auf Seite 32

Es ist hervorzuheben, dass die in Tabelle 3.5 ausgewiesenen Anteile typologische Mittelwerte darstellen, die sich aus dem im jeweiligen Branchensegment vorherrschenden Fahrzeugeinsatz ergeben. Standortspezifische Abweichungen, etwa durch eine außergewöhnliche Lageaffinität (z. B. Hafennähe, Grenzlage), eine spezifische Kundenstruktur oder eine atypische Fuhrparkstrategie einzelner Unternehmen bleiben unberücksichtigt. Die Übertragung der Verteilungsannahmen auf einzelne Cluster erfolgt anteilig nach dem im Cluster vorgefundenen Branchenmix. Dabei werden die je Branche zu erwartenden Fahrzeuganfahrrten anhand der Anzahl der im Cluster verorteten IHK-Mitgliedsunternehmen gewichtet. Für reine Potenzialcluster, die heute keinen Bestand an logistischen Nutzern aufweisen,

3 Analysen und Ergebnisse

Branchen-/Logistiksegment	Nahverkehr	Regionalverkehr	Fernverkehr	Typische Klasse	Fzg.-
KEP-Dienste, Stadtlogistik	rd. 85 %	rd. 15 %	—	N1 / N2 (bis 7,5 t)	
Lebensmitteldistribution, Handel	rd. 40 %	rd. 45 %	rd. 15 %	N2 / N3 (bis 26 t)	
Industrielle Logistik, Produktion	rd. 25 %	rd. 40 %	rd. 35 %	N3 (12 t bis 26 t)	
Spedition, Stückgut, Transit	rd. 10 %	rd. 25 %	rd. 65 %	N3 / Sattelzug (>26 t)	

Tabelle 3.5: Typologische Zuordnung von Branchen-/Logistiksegmenten zu Verkehrsarten und vorherrschenden Fahrzeugklassen (eigene typologische Annahme in Anlehnung an branchenübliche Einsatzmuster)

wird in Abstimmung mit der typischen Erschließungsperspektive ein plausibler Branchenmix unterstellt. Die hierfür getroffenen Annahmen sind im jeweiligen Standortabschnitt dokumentiert.

Die so ermittelten Anteile sind als Anhaltspunkte für die strategische Auslegung depotnaher Ladeinfrastruktur zu verstehen. Eine quantitativ präzise Aufteilung der Verkehrsarten je Cluster ist auf der vorhandenen Datengrundlage nicht möglich, sie setzt eine direkte Erhebung bei den im Cluster ansässigen Unternehmen voraus. Die in der Folge dargestellten Anteile sind vor diesem Hintergrund als belastbare Größenordnung, nicht als exakte Quantifizierung zu interpretieren.

3.2 Stromquellen und lokales Erzeugungspotenzial

In den folgenden Abschnitten werden Möglichkeiten zum Strombezug auf den Logistikflächen geprüft. Dazu wird zunächst das Potenzial lokaler Stromerzeugung mittels Photovoltaik (PV) untersucht. In Abschnitt 3.2.2 werden Logistikflächen hinsichtlich ihrer Anbindung an das Verteilnetz (mind. 110 kV) untersucht. Dabei wird geprüft, ob Zäsuren von Bundesautobahnen, Bahnstrecken und Gewässern die Anbindung erschweren oder verhindern.

3.2.1 Potenzialbestimmung lokaler Stromerzeugung mittels Photovoltaik

Fraunhofer IIS in Projektpartnerschaft mit der Initiative „Power of Logistics“ des Themenkreises Logistikimmobilien der Bundesvereinigung Logistik e.V. sowie der ECO MONDIA Green Technology Europe GmbH und hep global GmbH haben im Rahmen einer Analyse von Luftbildern Zahlen zur Bestückung von Logistikimmobilien

3 Analysen und Ergebnisse

mit PV-Anlagen in Deutschland erarbeitet.⁶ So sind rd. 18 % der Logistikimmobilien mit PV-Anlagen bedacht. Neben regionalen Unterschieden bei der Beachtung von gewerblichen Immobilien (NRW zwischen 15 und 18 %; Baden-Württemberg rd. 26 %) zeigen sich insb. Unterschiede bei der Bedachung in Abhängigkeit von der Immobiliengröße. So liegt die PV-Belegung bei Logistikimmobilien mit einer Fläche von 40.000 und 50.000 Quadratmeter bei rd. 36 % und damit insgesamt am höchsten. Bei Immobilien mit einer Fläche von mehr als 50.000 Quadratmeter sind nur rd. 19 Prozent der Dächer mit PV-Anlagen bedacht. Dies zeigt, dass noch vorliegende große Potenzial zur lokalen Stromerzeugung mittels PV-Anlagen.

Als wesentliche Hemmnisse für die Aktivierung dieses Potenzials benennt die Initiative „Power of Logistics“ fehlende Netzkapazitäten, bürokratische Hürden sowie weitere strukturelle Faktoren. Die folgende Auflistung fasst diese zusammen.

- ➔ **Fehlende Netzkapazitäten zur Einspeisung:** Begrenzte Aufnahmekapazität des Verteilnetzes erschwert die Einspeisung des überschüssigen PV-Stroms.
- ➔ **Bürokratische Hürden:** Aufwändige Genehmigungs- und Anschlussverfahren verzögern Planung und Umsetzung.
- ➔ **Komplexität der Projekte:** Planung, Anschluss und Betrieb der Dach-PV gelten als komplex und wirken abschreckend.
- ➔ **Statische und energetische Restriktionen:** Bestandsdächer sind nicht immer tragfähig oder eine Belegung ist wirtschaftlich nicht sinnvoll.
- ➔ **Fehlende Verbrauchsdatenerfassung:** Ohne umfassende Verbrauchsdaten lässt sich der erzeugte Strom nicht effizient nutzen, speichern oder einspeisen.

Auf Grundlage der von Thiernemann (2024) identifizierten logistischen Flächen wird im Folgenden deshalb das Potenzial zur lokalen Stromerzeugung mittels PV im Bestand untersucht.

Hierzu werden die aus Datenbasis Nr. 1 bekannten potenziellen jährlichen Stromerträge mit den logistischen Flächen verknüpft, vgl. Abschnitt 2.2.

Abbildung 3.6 zeigt den Zusammenhang zwischen Grundstücksfläche und dem maximal möglichem Stromertrag (MWh/a). Die Abbildung zeigt die Beziehung zwischen beiden Größen in Form eines Streudiagramms mit überlagerter Dichtedarstellung. Jeder schwarze Punkt repräsentiert eine einzelne Beobachtung. Die farbige Hintergrunddarstellung (von blau über grün und gelb bis rot) zeigt die lokale Punktdichte: Rote Bereiche kennzeichnen eine hohe Konzentration von Datenpunkten, während blaue Bereiche geringere Dichten darstellen. Dadurch wird sichtbar, in welchen Bereichen des Diagramms sich die meisten Beobachtungen befinden.

➔ Siehe Abschnitt 2.2 auf Seite 12

➔ Siehe Abbildung 3.6 auf Seite 34

⁶Vgl. <https://www.bvl.de/logistikimmobilien/news/pressemeldung-power-of-logistics-2>, zuletzt abgerufen am 17.02.2026.

3 Analysen und Ergebnisse

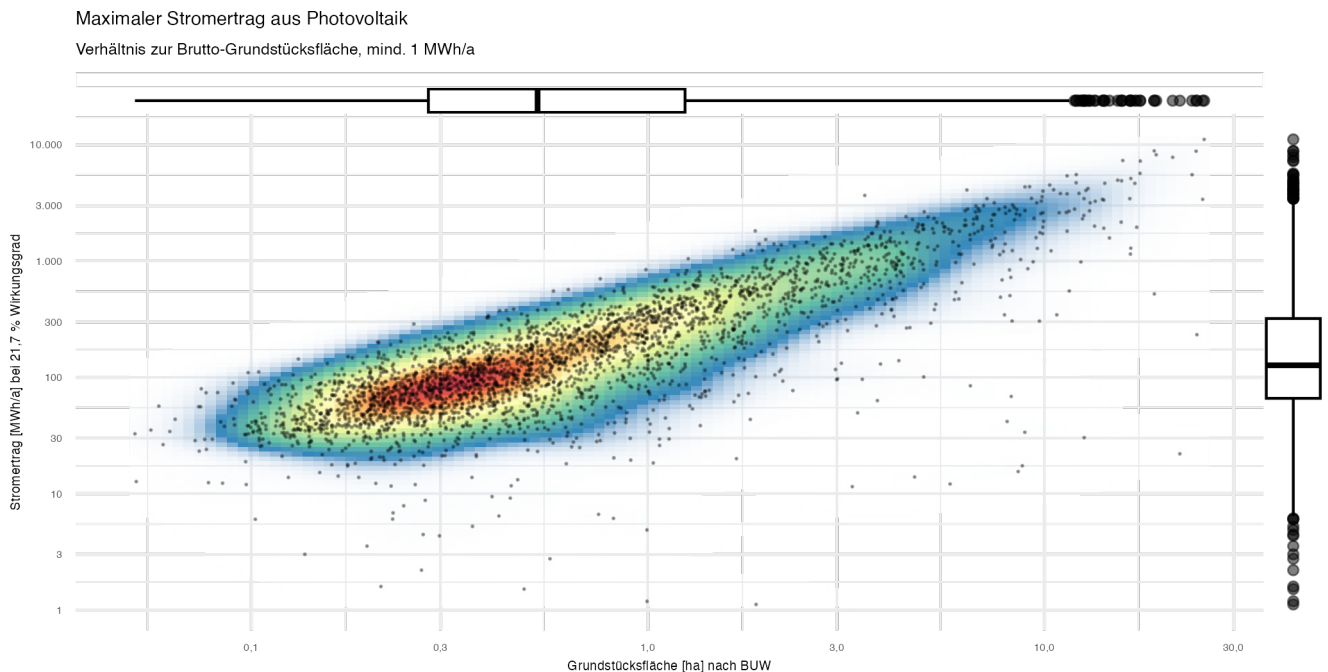


Abbildung 3.6: Maximaler Stromertrag im Verhältnis zur Brutto-Grundstücksfläche aus PV

Sowohl die X- als auch die Y-Achse sind logarithmisch skaliert. Dies ermöglicht es, Werte über mehrere Größenordnungen hinweg darzustellen und gleichzeitig relative Unterschiede vergleichbar zu machen. Die Datenpunkte bilden insgesamt eine deutlich ansteigende Struktur entlang einer diagonalen Hauptachse. Dies weist auf eine positive Korrelation zwischen den beiden betrachteten Variablen hin: Mit zunehmender Grundstücksfläche steigt im Mittel der PV-Stromertrag.

Die höchste Punktdichte befindet sich im mittleren Bereich der Darstellung (rot-gelber Bereich), was darauf hinweist, dass dort der Großteil der Beobachtungen liegt. Zu den Rändern hin nimmt die Punktdichte deutlich ab, gleichzeitig wird die Streuung größer. Dies deutet darauf hin, dass bei höheren bzw. niedrigeren Werten stärkere Variabilität zwischen den Beobachtungen besteht. Einzelne Punkte außerhalb der Hauptdichte können als Ausreißer oder seltene Kombinationen der betrachteten Größen interpretiert werden.

Insgesamt verdeutlicht die Abbildung einen klaren, über mehrere Größenordnungen hinweg stabilen Zusammenhang zwischen den beiden Variablen, wobei die Mehrheit der Daten entlang eines nahezu linearen Trends im logarithmischen Maßstab verteilt ist. Die Kombination aus Streudiagramm und Dichtedarstellung erleichtert dabei sowohl die Erkennung des generellen Zusammenhangs als auch die Identifikation von Bereichen mit besonders hoher oder niedriger Datendichte.

Bei vollständiger Ausschöpfung des PV-Potenzials könnte auf den logistischen Flächen – bei einem angenommenen Wirkungsgrad von 21,7 % – ein Energieer-

3 Analysen und Ergebnisse

trag von rund 1,10 TWh/Jahr erzielt werden. Dies entspricht nach Angaben des Solarkatasters etwa 3 % des gesamten PV-Potenzials auf Dachflächen in NRW.

Zur Einordnung dieses Erzeugungspotenzials im Verhältnis zum künftigen Strombedarf gilt: Dem in Abschnitt 3.1.4 ermittelten jährlichen Energiebedarfen steht das lokale PV-Potenzial von rund 1,10 TWh/Jahr gegenüber. Es deckt damit rund 24 % des Bedarfs im Szenario **baseline35** (4,64 TWh/Jahr), rund 19 % im Szenario **Maximal** (5,84 TWh/Jahr) und rund 15 % im Szenario **baseline45** (7,35 TWh/Jahr). Die lokale Erzeugung kann den künftigen Bedarf somit nur anteilig decken, der überwiegende Anteil ist über den Netzbezug zu decken.

Zum Vergleich: Die logistischen Flächen machen lediglich rund 0,7 % der Siedlungsfläche in NRW aus.⁷ Laut Fraunhofer ISE haben im Jahr 2025 PV-Anlagen in Deutschland rd. 87 TWh Strom erzeugt, wovon rd. 71 TWh in das Netz eingespeist wurden.⁸ Bezogen auf diese Zahlen beträgt das PV-Potenzial auf Logistikflächen im Untersuchungsgebiet rd. 1,264 % des 2025 in Deutschland mittels PV erzeugten Stroms.

Abbildung 3.7 zeigt die Verteilung des theoretischen PV-Stromertrags je Fläche (linke Y-Achse) sowie dem summierten PV-Potenzials über alle Flächen (rechte Y-Achse) in Abhängigkeit von Klassen der Flächengröße. Logistikflächen werden nach ihrer Flächengröße in Intervallen zusammengefasst (z. B. [0–1], [1–2], ..., [25–26]). Für jedes Intervall wird die Verteilung der theoretischen PV-Potenziale mittels Boxplots dargestellt. Die mittlere Linie innerhalb der Box markiert den Median, während die Box selbst den Interquartilsbereich (25.–75. Perzentil) abbildet. Die „Whisker“ zeigen die Spannweite der Daten außerhalb des Interquartilsbereichs, soweit sie nicht als Ausreißer klassifiziert werden. Dadurch lassen sich sowohl die typische Größenordnung als auch die Streuung der Werte innerhalb jedes Klassenintervalls erkennen.

Wie bereits bekannt zeigt sich ein deutlicher Trend steigender Medianwerte mit zunehmenden Flächengröße. Gleichzeitig nimmt mit steigenden Klassen häufig auch die Streuung der Werte zu, was sich in größeren Boxen und längeren Whiskern widerspiegelt. Dies weist darauf hin, dass bei höheren Werten eine größere Variabilität der beobachteten PV-Potenziale besteht. Dies ist zudem auf den geringeren Besatz der gebildeten Flächenintervalle zurückzuführen.

Es ist erkennbar, dass mehr als die Hälfte des lokal theoretisch erzeugbaren Strompotenzials bereits auf logistischen Flächen mit einer Brutto-Grundstücksfläche von

i Theoretisches PV-Potenzial:
1,10 TWh/Jahr

➔ Siehe Abbildung 3.7 auf
Seite 36

➔ Siehe Abbildung 3.7 auf
Seite 36

⁷Die Siedlungsfläche von NRW betrug 2024 gemäß IT-NRW 576.350 ha (vgl. <https://www.it.nrw/nrw-rund-28000-hektar-flaeche-wurden-2024-fuer-oeffentliche-zwecke-genutzt-127810?>).

⁸Vgl. <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/2026/oeffentliche-stromerzeugung-2025-wind-und-solar-erstmal-als-doppelspitze.html>, zuletzt abgerufen am 03.03.2026.

3 Analysen und Ergebnisse

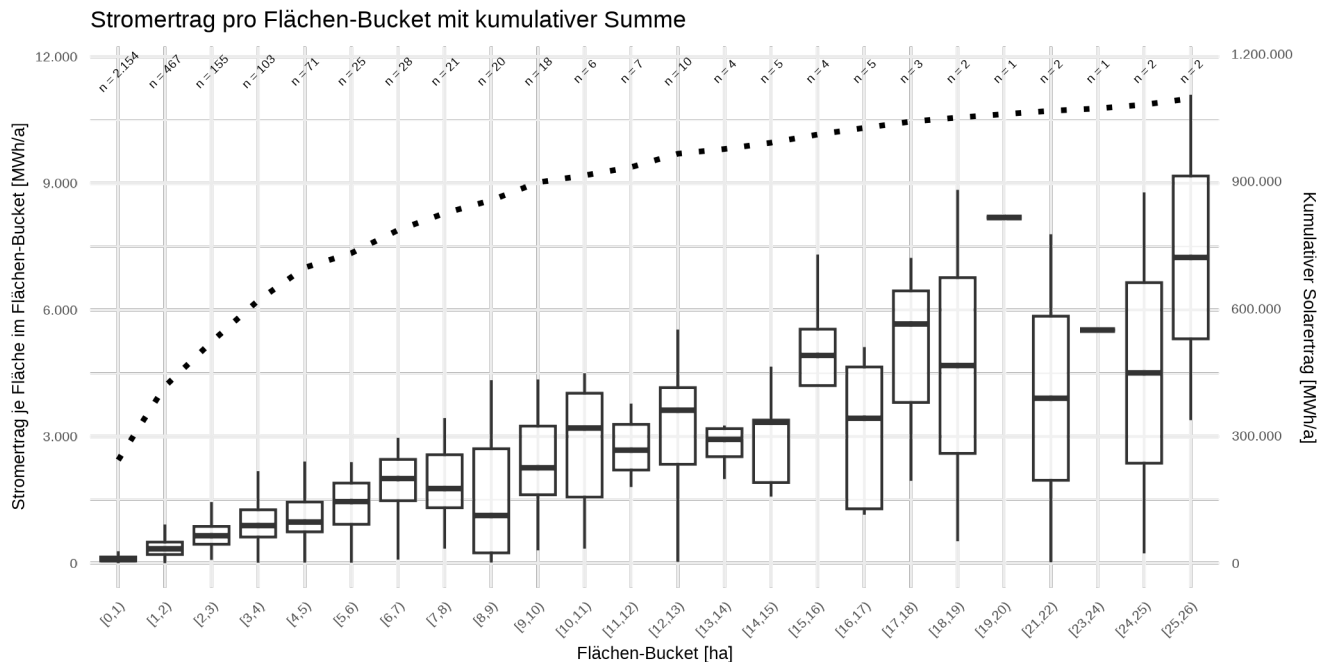


Abbildung 3.7: Maximaler Stromertrag im Verhältnis zur Brutto-Grundstücksfläche aus PV

weniger als 4 ha erzeugt werden kann. Diese hohe Abdeckung ist vor allem auf die große Anzahl entsprechender Flächen zurückzuführen: Von insgesamt 3.251 betrachteten Flächen entfallen 2.154, 467, 155 und 103 Flächen auf Flächenkategorien mit 0–0,25 ha, 0,25–0,5 ha, 0,5–1 ha bzw. 1–4 ha, sodass insgesamt 2.879 Flächen kleiner oder gleich 4 ha sind vgl. Abbildung 3.7. Knapp ein Drittel des gesamten, theoretischen Stromertrags aus PV kann bereits auf Flächen bis zu einem Hektar erzeugt werden.

Trotz der großen Anzahl kleiner Flächen tragen diese im Vergleich zu den wenigen größeren Flächen pro Einheit nur einen geringeren Anteil zum gesamt möglichen Stromertrag aus PV bei. Dies zeigt, dass wenige große Flächen einen überproportional hohen Beitrag zum Gesamtertrag leisten können. Auch aus Sicht der Fixkosten bei der Installation von PV-Anlagen können sich hier Synergien auf großen Flächen ergeben.

Insbesondere für dezentrale Flächen, die weit von Verteilnetzanschlüssen entfernt liegen, ergeben sich hier Potenziale, hohe Anschlusskosten an das Verteilnetz durch lokale Solarstromerzeugung zu reduzieren. Hier ergeben sich ggf. für dezentrale, weit von Netzanschlüssen gelegenen kleineren Flächen die Chance, hohen Anschlusskosten an das Verteilnetz durch lokale Solarstromerzeugung entgegenzuwirken.

Aufgrund des nahezu linearen Zusammenhangs zwischen Dachfläche und Stromertragspotenzial weisen Gemeinden bzw. Kreisfreien Städte, die viel Logistikfläche aufweisen, auch ein großes Potenzial für die lokale Stromerzeugung aus. Die Top

i rd. 1/3 des PV-Potenzials auf Logistikflächen bis 1 ha

i rd. 12,5 % des PV-Potenzials auf 49 Logistikflächen größer 11 ha

➔ Siehe Abbildung 3.8 auf Seite 37

3 Analysen und Ergebnisse

10 Gemeinden bzw. Kreisfreien Städte weisen über alle logistischen Flächen ein maximales lokales Stromertragspotenzial von mehr als 20.000 MWh/a auf, wobei sich die logistikintensiven Standorte Mönchengladbach, Duisburg und Köln von den anderen Standorten abheben, vgl. Abbildung 3.8.

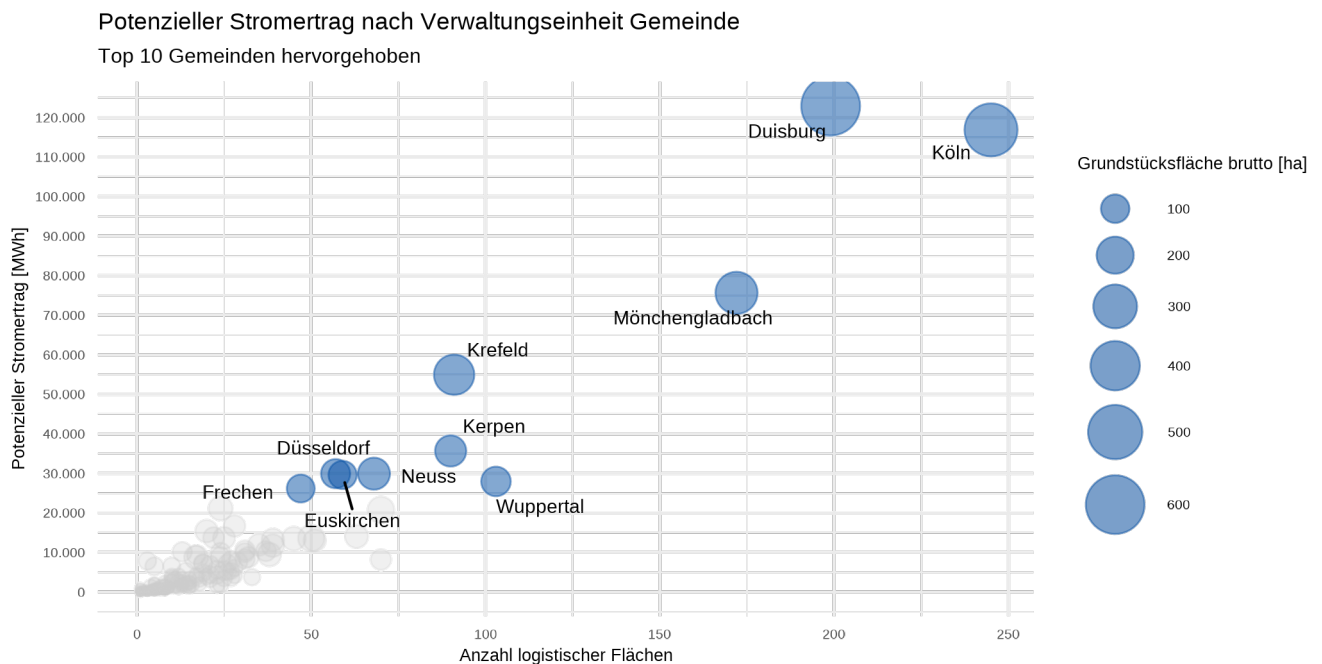


Abbildung 3.8: Maximaler Stromertrag aus PV nach Verwaltungseinheit Gemeinde - Top 10 farblich hervorgehoben

3.2.2 Lokale Stromerzeugung und Anschluss an Verteilnetze

In Analogie zu Logistikregion Rheinland e.V. (2025) wurde zum Stand Dezember 2025 alle Standorte für den Anschluss an das Verteilnetz mit mindestens 110 kv aufgearbeitet. Zwischen diesen Standorten und den logistischen Flächen wurde eine Distanzmatrix aufgebaut.

Mögliche Anbindungen an das Verteilnetz

Abbildung 3.9 zeigt als Ergebnis die Verteilung der logistischen Flächen zu den nächstgelegenen fünf Möglichkeiten zur Anbindung an das Verteilnetz (X-Achse) mittels sogenannter Violinen. Violinen stellen horizontal die Verteilung der betrachteten Werte durch ihre Form dar – wie Histogramme, nur um 90 Grad gedreht. Diese Formen zeigen demnach nicht nur einen einzelnen Wert, sondern veranschaulichen, wie sich viele einzelne Messwerte innerhalb einer Gruppe verteilen. Eine breitere Form bedeutet, dass in diesem Bereich besonders viele Werte liegen, schmale Stellen zeigen, dass dort weniger Werte vorkommen. Die Abbildung unterscheidet nach flächengewichteter (blau) und ungewichteter (gelb) Verteilung.

➔ Siehe Abbildung 3.9 auf Seite 38

3 Analysen und Ergebnisse

Flächengewichtet bedeutet, dass nicht die Anzahl der Logistikflächen, sondern die Anzahl der Flächen mit der Größe der Logistikfläche gewichtet in der Verteilung dargestellt wird. In jeder Violine ist ein schwarzes Kreuz eingezeichnet. Dieses Kreuz markiert den Median der jeweiligen Verteilung. Direkt daneben ist der entsprechende Zahlenwert zur besseren Vergleichbarkeit angegeben.

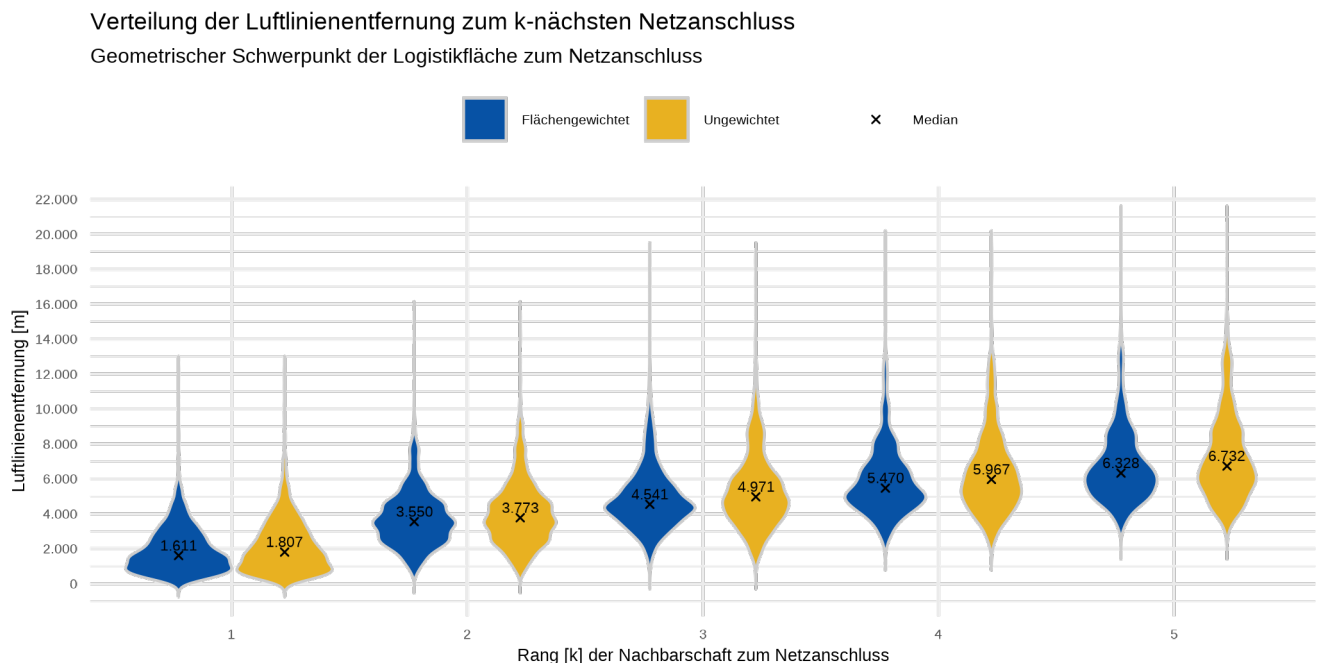


Abbildung 3.9: Verteilung der Luftlinienentfernung zum k-nächsten Netzanschluss

Der Median der Flächengewichtung ist in allen Fällen marginal geringer als der, der ungewichteten Verteilung. Das bedeutet: größere logistische Flächen liegen grundsätzlich näher zu Verteilnetzanschlüssen. Auch ist erkennbar, dass die zweitnächste ($k=2$) Möglichkeit zum Netzanschluss wesentlich weiter entfernt liegt, als die nächstgelegene. Mit zunehmendem Nachbarschaftsgrad (k) werden die Violinformen höher und die breiteste Stellen liegen höher. Das bedeutet nicht nur höher Entfernungen für die Mehrheit der Logistikflächen, sondern auch eine größere Streuung zwischen niedrigen und hohen Einzelwerten.

Hier sei erwähnt, dass Netzanschlüsse in Form von Transformatoren, die in einer räumlichen Nähe zueinander liegen und durch die selbe Trasse des Verteilnetzes bedient werden, zusammengefasst wurden.

Rund ein Drittel des identifizierten PV-Potenzials entfällt auf Flächen, die in einer Luftlinienentfernung von mehr als 2.500 m zu einem bestehenden Netzanschlusspunkt liegen. Für diese Flächen ist der Aufwand für den Netzanschluss von zentraler Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit der Stromversorgung.

Der Anschluss gewerblicher Flächen an das Verteilnetz ist in der Praxis maßgeblich durch die zu überbrückende Distanz sowie durch die bauliche und genehmigungs-

3 Analysen und Ergebnisse

rechtliche Komplexität des Leitungsbaus geprägt. Neben der reinen Trassenlänge wirken sich insbesondere topographische Gegebenheiten, Querungen von Verkehrswegen, Gewässern oder Schutzgebieten sowie notwendige Grundstücksrechte kostentreibend aus. Entsprechend steigen die spezifischen Anschlusskosten mit zunehmender Entfernung und zunehmender Anzahl sogenannter Zäsuren nicht linear, sondern häufig überproportional an.

Vor diesem Hintergrund verschiebt sich mit zunehmenden Netzanschlusskosten die relative Attraktivität dezentraler Erzeugungsoptionen. Insbesondere PV-Anlagen auf oder in unmittelbarer Nähe der betrachteten Flächen ermöglichen eine teilweise oder vollständige Substitution externer Strombezüge und reduzieren damit den Bedarf an kostenintensiven Netzinfrstrukturmaßnahmen zum Netzanschluss. Der lokal erzeugte Strom kann – bei entsprechender Auslegung – in Kombination mit Speichern oder Lastmanagementsystemen in die betriebliche Energieversorgung integriert werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass für einen erheblichen Anteil des identifizierten Potenzials nicht die Verfügbarkeit geeigneter Flächen, sondern die Höhe der Netzanschlusskosten den entscheidenden wirtschaftlichen Engpass darstellt. Mit zunehmender Entfernung zum Verteilnetz steigt damit die Bedeutung der PV als wirtschaftlich attraktive und infrastrukturell entlastende Option zur Stromversorgung.

Berücksichtigung von Zäsuren

Die ermittelten Entfernungen werden zudem danach geprüft, ob diese Gewässer, Bahntrassen oder Bundesautobahnen kreuzen, da diese Zäsuren nach Logistikregion Rheinland e.V. (2025, Kapitel 2.5) die Errichtung eines Netzanschlusses ggf. nicht realisiert werden kann bzw. mit hohen Kosten verbunden ist (s. o.). OpenGeodata.NRW / Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (2019) stellt Fließgewässer mit einer Breite ab 12 m sowie Stehgewässer zur Verfügung. Das Netz der Bundesautobahnen sowie die Bahntrassen basiert auf einem aktuellen Auszug aus DLM250.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass Zäsuren einen erheblichen restriktiven Einfluss auf die Anbindbarkeit logistischer Flächen an das Verteilnetz ausüben. Während die reine Luftlinienentfernung zum nächsten Netzanschlusspunkt eine erste Abschätzung der Anschlusswahrscheinlichkeit erlaubt, zeigt die zusätzliche Berücksichtigung von Gewässern, Bahntrassen und Bundesautobahnen, dass ein signifikanter Anteil der Flächen faktisch von einem wirtschaftlich oder technisch realisierbaren Netzanschluss ausgeschlossen ist. Die Reduktion der potenziell anbindbaren Logistikflächen um rund ein Drittel (von 3.251 auf 2.147) unterstreicht die Relevanz dieser infrastrukturellen Barrieren.

3 Analysen und Ergebnisse

Besonders hervorzuheben ist, dass der durch Zäsuren verursachte Flächenausfall mit einem überproportional hohen Anteil des potenziellen PV-Stromertrags einhergeht. Mit einem maximal möglichen Stromertrag von 0,44 TWh/a entfällt rund 40 % des insgesamt identifizierten PV-Potenzials auf Flächen, die ohne die Querung mindestens einer Zäsur nicht an das Verteilnetz angebunden werden können. Dies weist darauf hin, dass nicht nur randständige oder kleinflächige Standorte betroffen sind, sondern auch großflächige Logistikflächen mit tendenziell hoher energetischer Relevanz.

Für Flächen, bei denen trotz der Querung von Zäsuren ein Netzanschluss technisch grundsätzlich möglich ist, ist mit deutlich erhöhten Anschlusskosten zu rechnen. Diese resultieren unter anderem aus aufwendigen Querungsbauwerken, erhöhten Planungs- und Genehmigungsanforderungen sowie längeren Realisierungszeiträumen. In der wirtschaftlichen Abwägung führen diese zusätzlichen Kosten dazu, dass Netzanschlüsse entweder verzögert umgesetzt oder vollständig verworfen werden. Damit stellen Zäsuren nicht nur eine technische, sondern vor allem eine ökonomische Restriktion für die Integration logistischer Standorte in das Stromnetz dar.

Die räumliche Analyse auf Gemeindeebene zeigt eine ausgeprägte räumliche Heterogenität der Betroffenheit, vgl. Abbildung 3.10. In 29 der 162 Gemeinden ist mehr als die Hälfte der Logistikflächen von Zäsuren betroffen. Insbesondere Gemeinden in unmittelbarer Nähe des Rheins weisen eine deutlich höhere Einschränkung auf. Hier überlagern sich großräumige Gewässerstrukturen mit dicht ausgebauten Verkehrsachsen, was die netzseitige Erschließung logistischer Flächen zusätzlich erschwert.

➔ Siehe Abbildung 3.10 auf Seite 41

Die farbliche Klassifizierung verdeutlicht erhebliche räumliche Unterschiede. Ein großer Teil der Gemeinden, insbesondere in weiten westlichen und südlichen Landesteilen, weist einen sehr hohen Anteil von 100 % logistischer Fläche ohne Zäsur-Einfluss auf. In diesen Räumen bestehen aus planerischer Sicht günstige Voraussetzungen für eine Anbindung logistischer Flächen an das Verteilnetz. Es ist jedoch auch erkennbar, dass – durch die relative Lagegunst – nur ein geringer Anteil an der logistischen Fläche dort verortet ist.

Demgegenüber konzentrieren sich Gemeinden mit einem hohen Anteil von Zäsuren betroffener Logistikflächen vor allem im zentralen sowie östlichen Teil des Untersuchungsgebiets. Diese Bereiche sind stärker durch planerische Restriktionen geprägt, etwa durch konkurrierende Nutzungsansprüche, Schutzfunktionen oder bestehende Siedlungsstrukturen. Entsprechend ist hier von einem erhöhten Kostenrisiko für den Anschluss an das Verteilnetz auszugehen.

Die ergänzend dargestellten Kreisdiagramme veranschaulichen die absolute Größenordnung logistischer Flächen und deren Aufteilung in Flächen mit und ohne

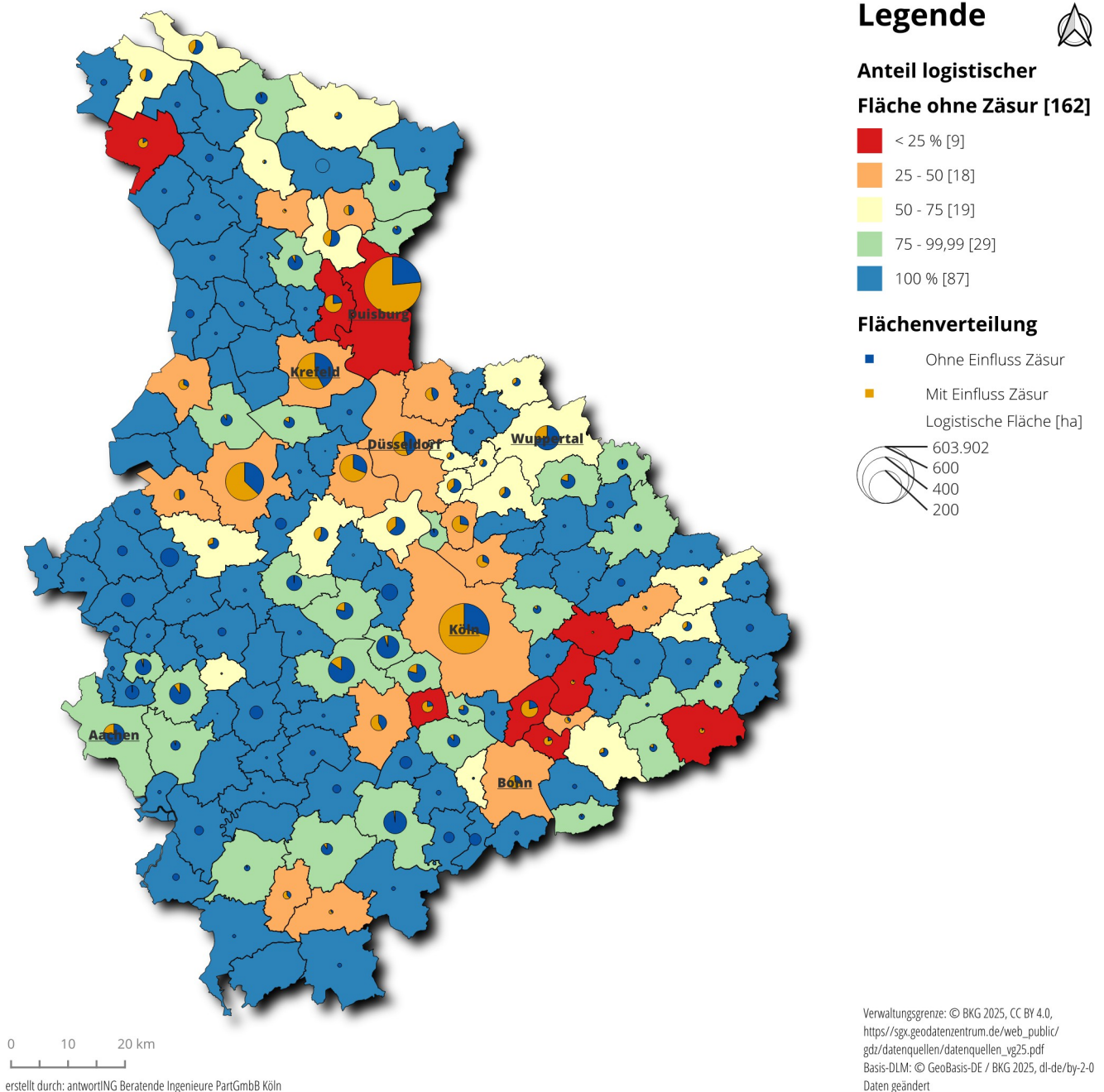


Abbildung 3.10: Anteil der von Zäsur betroffenen Netzanbindung nach Fläche [ha] je Gemeinde

Zäsur-Einfluss. Dabei wird deutlich, dass große Logistikstandorte häufig in zentral gelegenen Räumen liegen, in denen zugleich ein erheblicher Anteil der Flächen von Zäsuren betroffen ist. Diese Räume besitzen aus politisch-planerischer Sicht eine besondere Relevanz, da hier hoher Flächenanteil und damit Fahrtenaufkommen, auf erhöhte planerische Einschränkungen trifft.

Insgesamt lassen sich drei raumtypische Konstellationen unterscheiden: Erstens günstige Entwicklungsräume mit einem hohen Anteil uneingeschränkter Logistikflä-

3 Analysen und Ergebnisse

chen und moderaten Flächengrößen, die sich für eine gezielte Weiterentwicklung eignen. Zweitens belastete Schwerpunkträume mit großen Logistikflächen, jedoch starkem Zäsur-Einfluss, die einen erhöhten Abstimmungsbedarf zwischen Wirtschaft, Raumordnung und Umweltbelangen erfordern. Drittens restriktive Räume mit insgesamt geringem Anteil verfügbarer Logistikflächen. Besonders hervorzuheben ist, dass insb. die hinsichtlich der Betroffenheit von Zäsuren günstig gelegenen Räume aus Sicht des operativen Geschäfts als auch aus Sicht der Fahrleistung ungelegen sind.

Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse, dass Zäsuren einen wesentlichen limitierenden Faktor für die Erschließung von Verteilnetzanschlüssen auf Logistikflächen darstellen. Neben der technischen Machbarkeit rückt damit insbesondere der Kostenaspekt des Netzanschlusses in den Vordergrund, der maßgeblich über die Realisierbarkeit von PV-Projekten entscheidet und die Bedeutung dezentraler Eigenstromnutzung weiter erhöht.

Auffällig ist, dass die kommunalen Spitzenwerte des potenziellen PV-Stromertrags neben dem zentralen Distributionsraum westlich von Köln auch in den Großstädten Köln, Mönchengladbach, Krefeld, Neuss und Duisburg auftreten. Diese Konzentration spiegelt die hohe Dichte logistisch genutzter Gebäude in den industriellen Ballungsräumen wider. Die Großstadt-Hafenstandorte (u. a. Duisburg und Neuss) sind dabei mit besonderer Vorsicht zu interpretieren, da hier hohe Flächenumsätze, kürzere Fahrzeugstandzeiten sowie höherwertige Flächennutzungen ein klassisches depotnahes Laden in eingeschränktem Maße begünstigen. Gleichzeitig verfügen diese Standorte über vergleichsweise leistungsfähige Akteure und Netzanschlüsse, die alternative Erschließungsmodelle (z. B. die Kombination aus stationärem Schnellladen und Be-/Entlade-naher Pufferung) ermöglichen können. Eine Übersicht der entsprechenden TOP-Gemeinden ist Abbildung 3.8 zu entnehmen.

➔ Siehe Abbildung 3.8 auf Seite 37

Analog zur Abbildung 3.9 zeigt Abbildung 3.11 die Verteilung der Luftlinienentfernung zu den k-nächsten Netzanschlüssen, die keine Zäsur queren. Während sich bei den erstbenachbarten Netzanschlüssen nur marginale Erhöhungen der Luftlinienentfernung ergeben, zeigt sich bei weiter entfernten Anschlusskandidaten ein deutlicher Sprung. Insbesondere die Anbindung eines zweiten oder dritten Netzanschlusspunktes zur Schaffung von Redundanzen auf der „Letzten Meile“ ist mit erheblich größeren Luftlinienentfernungen verbunden, was die Realisierung entsprechender Anschlusskonzepte deutlich erschwert.

➔ Siehe Abbildungen 3.9 und 3.11 ab Seite 38

Redundanzen im Netzanschluss müssen dabei nicht zwangsläufig auf der „Letzten Meile“ zum Verteilnetzanschlusspunkt selbst realisiert werden, sondern können z. B. durch die Anbindung an unterschiedliche Netzverknüpfungspunkte oder über höhere Spannungsebenen erfolgen. Dies folgt aus der grundsätzlichen Anforderung

3 Analysen und Ergebnisse

Verteilung der Luftlinienentfernung zum k-nächsten Netzanschluss ohne Querung von Zäsuren
Geometrischer Schwerpunkt der Logistikfläche zum Netzanschluss

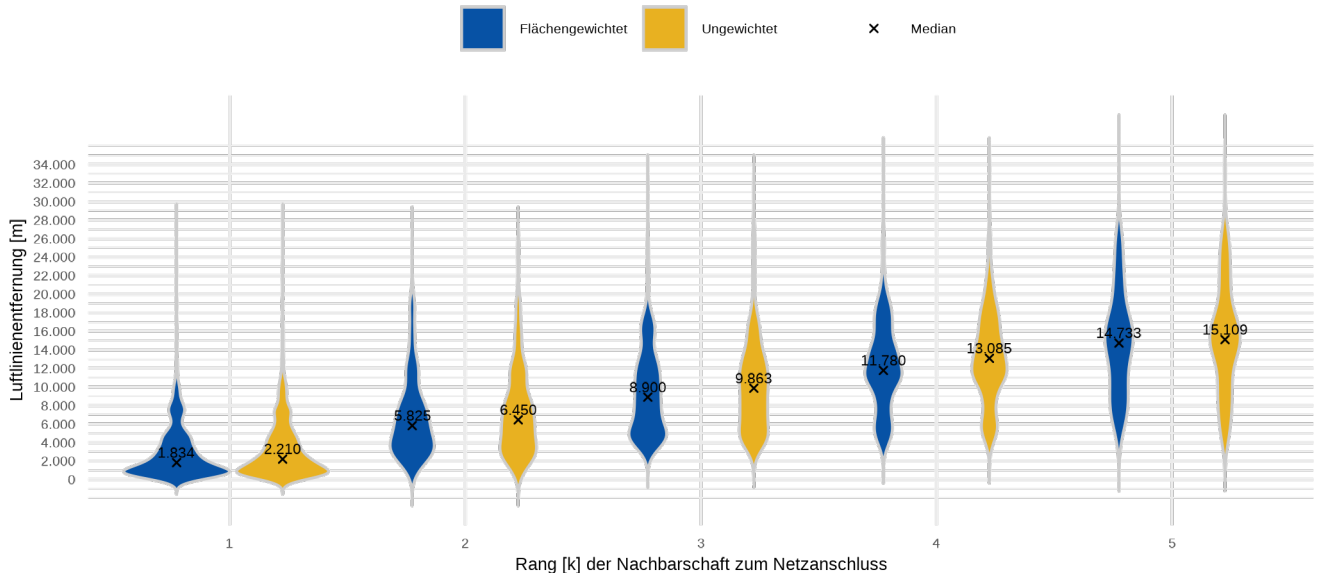


Abbildung 3.11: Verteilung der Luftlinienentfernung zum k-nächsten Netzanschluss ohne Querung von Zäsuren

an die Versorgungssicherheit, die im deutschen Elektrizitätsnetz eine hohe Verfügbarkeit vorsieht. Im Bereich der Netzplanung gilt das sogenannte n-1-Kriterium als grundsätzlicher Referenzwert: Ein Stromnetz soll so ausgelegt sein, dass auch beim Ausfall einer einzelnen Komponente (z. B. eines Leitungsabschnitts oder Umspannwerks) die Versorgung weiterhin gewährleistet bleibt, ohne dass es zu erheblichen Versorgungsunterbrechungen kommt. In Verteilnetzen werde – in Abhängigkeit der Kundenstruktur – Versorgungsunterbrechungen für definierte Zeiträume toleriert.⁹ Dieses Prinzip ist in der Netztechnik allgemein anerkannt und findet sich auch in Planungsleitlinien wieder, die bei der Auslegung von Verteilnetzen berücksichtigt werden müssen.

Die Analyse zeigt, dass die eingeschränkte Wahlfreiheit bei Netzanschlussoptionen für die Flächennutzer und -eigentümer eine zentrale ökonomische Restriktion darstellt. Aufgrund der standortgebundenen Netzstruktur besteht in der Regel keine Möglichkeit, zwischen mehreren gleichwertigen Netzanschlusspunkten zu wählen oder kostenintensive Anschlussbedingungen durch alternative Anbindungen zu umgehen. Die jeweils vorliegenden technischen Gegebenheiten und die daraus resultierenden Anschlusskosten müssen somit weitgehend akzeptiert werden.

Der Netzanschluss wird damit nicht nur durch technische Restriktionen limitiert, sondern durch eine faktische und standortfixe Kostenrestriktion, die aus der feh-

⁹Vgl. https://www.netzentwicklungsplan.de/verstehen/glossar/n?utm_source=chatgpt.com.

3 Analysen und Ergebnisse

lenden Wahlfreiheit bei Anschlussoptionen resultiert und nicht durch eine technologiespezifische Nachfrage erklärbar ist. Insbesondere der deutliche Anstieg der Luftlinienentfernung zu zweit- oder höher benachbarten Netzanschlusspunkten verdeutlicht, dass alternative bzw. zusätzliche Anschlussoptionen nur unter Inkaufnahme überproportional steigender Kosten realisierbar wären. Abbildung 3.12 zeigt hierzu die Dichte der logistische Fläche über die Entfernung zur nächstgelegenen Anbindungsmöglichkeit an das Verteilnetz – jeweils mit und ohne Berücksichtigung der Einflüsse durch Zäsuren. Hier zeigt sich, dass Zäsuren insb. im Entfernungsbereich von 0,5 bis rd. 3,5 km die Netzanbindung erschweren. Ferner resultiert daraus ein größerer relativer Anteil an logistischen Flächen in höheren Entfernungsbereichen, die trotz Zäsuren angebunden werden können.

➔ Siehe Abbildung 3.12 auf Seite 44

Dichte der logistische Fläche nach Luftlinienentfernung zum nächsten Netzanschluss
Mit und ohne Beachtung von Zäsuren

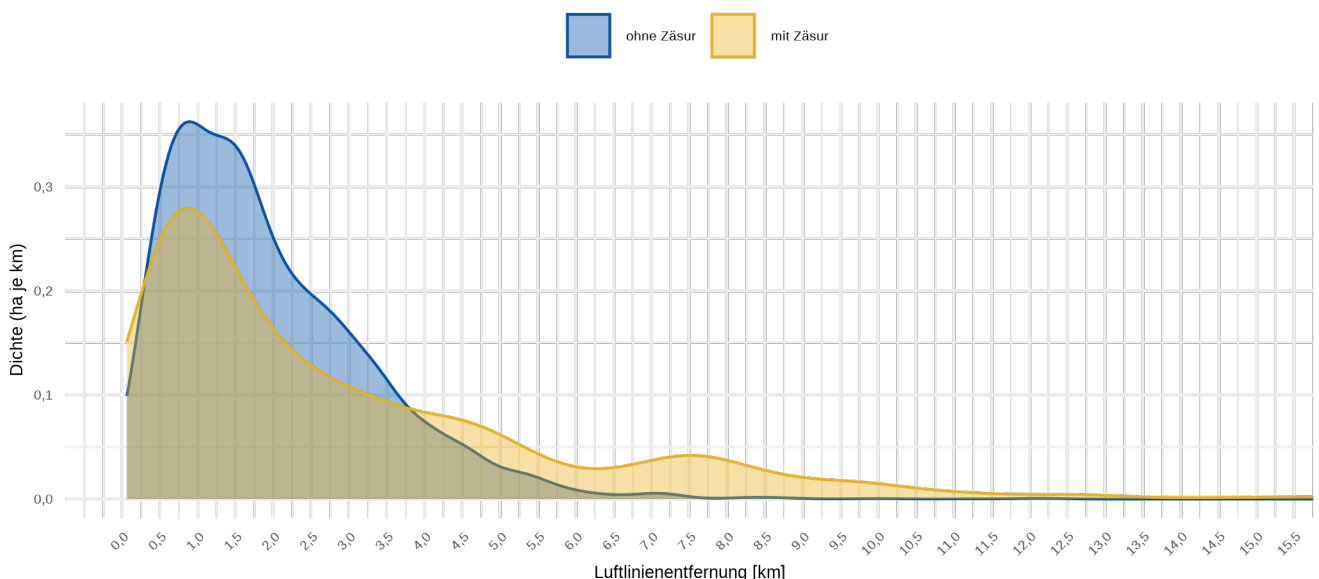


Abbildung 3.12: Dichte der logistischen Fläche nach Luftlinienentfernung zum nächsten Netzanschluss – Mit und ohne Beachtung von Zäsuren

Diese Kostenrestriktion wirkt sich daher unmittelbar auf unternehmerische Standortentscheidungen aus. Netzanschlusskosten werden zu einem relevanten Standortfaktor, der die Attraktivität einzelner Flächen unabhängig von deren logistischer Eignung oder energetischem Potenzial beeinflusst. In Kombination mit politischen Zielsetzungen wie der angestrebten CO₂-Neutralität entsteht damit ein zusätzlicher Kostendruck: Die Umsetzung dezentraler Erzeugungs- und Versorgungskonzepte erfolgt unter Rahmenbedingungen, die nur begrenzt gestaltbar sind und deren Kosten nicht durch Wettbewerb oder Wahlfreiheit gemindert werden können.

Anmerkung: Jede logistische Fläche wird sowohl mit der Luftlinienentfernung zum nächstgelegenen Verteilnetzanschlusspunkt als auch – aufgrund der höheren Rea-

lisierungswahrscheinlichkeit – mit der Entfernung zum nächstgelegenen Verteilernetzanschlusspunkt unter Berücksichtigung der o. g. Zäsuren angereichert.

3.3 Strombedarf aus Verteilnetzen

In den vorangegangenen Abschnitten wurden sowohl der szenariospezifische Energiebedarf als auch das theoretische Photovoltaik-Erzeugungspotenzial auf den gegenwärtig ausgewiesenen Logistikflächen quantifiziert. Darüber hinaus liegen detaillierte Informationen zur räumlichen Verteilung der Netzanschlusspunkte sowie zur technischen Realisierbarkeit direkter Anbindungen der Logistikareale – unter Berücksichtigung topographischer oder infrastruktureller Zäsuren – vor. Zur detaillierten Abbildung der Szenarien **baseline35** und **baseline45** wurden auch diese Datensätze um die Informationen zur Realisierbarkeit direkter Anbindungen – unter Ausschluss der Querung von Zäsuren – ergänzt. Da für die identifizierten Potenzialflächen zum aktuellen Zeitpunkt keine Bebauungsstruktur vorliegt, wird das Solarpotenzial auf Basis der vorliegenden Ergebnisse bereits existierender Logistikflächen approximiert. Hierzu dient der Mittelwert des spezifischen Stromertrags je Flächeneinheit der Bestandsflächen als Schätzer, um den Datensatz der Potenzialflächen entsprechend anzureichern.

Die in diesem Abschnitt dargestellten Analysen quantifizieren die zukünftig aus dem Verteilnetz zu beziehende Energiemenge differenziert nach Logistikfläche, Gemeinde und Netzanschluss-Cluster. Sie umfassen die räumliche Verortung der Energienachfrage sowie die Distanz zum nächstgelegenen Netzanschlusspunkt unter Berücksichtigung infrastruktureller Zäsuren.

Eine darüber hinausgehende Gegenüberstellung der prognostizierten Energienachfrage mit der tatsächlich an den jeweiligen Netzanschlüssen vorhandenen freien Anschlusskapazität ist ausdrücklich nicht Gegenstand dieser Untersuchung. Belastbare Aussagen hierzu setzen den Zugriff auf die nicht öffentlich verfügbaren Lastfluss- und Kapazitätsdaten der zuständigen Verteilnetzbetreiber voraus.

Die in den nachfolgenden Abschnitten getroffenen Aussagen zur Eignung von Standorten für eine depotnahe Ladeinfrastruktur beziehen sich daher auf die räumliche Anschlussfähigkeit, das heißt die Distanz zum Netzanschluss, sowie auf das Auftreten von Zäsuren im Erschließungsweg. Die Frage, ob am jeweiligen Netzanschluss-Cluster die für die zukünftige Nachfrage erforderliche Anschlussleistung kurzfristig bereitgestellt werden kann oder ob hierfür ein netzseitiger Ausbau erforderlich wird, ist im Einzelfall mit dem zuständigen Verteilnetzbetreiber zu klären. Die im Rahmen der vorliegenden Analyse abgeleitete Priorisierung liefert hierfür die räumlich-energetische Grundlage und benennt die Cluster, für die eine entsprechende Abstimmung vorrangig zu führen ist.

3.3.1 Analyseebene Logistikfläche

Abbildung 3.13 stellt die ermittelten Energiebedarfe aus Abschnitt 3.1.4 dem theoretischen Photovoltaik-Erzeugungspotenzial je Szenario gegenüber. Die durchgezogenen Linien zeigen den kumulierten Energiebedarf (Szenarien) bzw. theoretischen PV-Ertrag (rot) nach der Entfernung zum nächstgelegenen Netzanschluss. Zäsuren werden in diesem Fall nicht berücksichtigt. Entsprechende Werte unter Berücksichtigung von Zäsuren tragen die gepunkteten Linien ab. Werden Zäsuren außer acht gelassen können alle Flächen innerhalb von rd. 12 km an das Verteilnetz angebunden werden. Werden Zäsuren mit berücksichtigt und nur die Flächen abgetragen, die ohne Querung einer Zäsur an das Verteilnetz angeschlossen werden können, fällt das gesamte Niveau der Kurven herab. Die grauen Kurven repräsentieren jeweils den abgeleiteten Energiebedarf der Flächen für ein depotnahes Laden. Durch den Einfluss von Zäsuren ist ein großer Anteil dieser Energienachfrage nicht ohne größere Aufwendungen für den Anschluss an das Verteilnetz zu decken. Wird der Abstand zwischen den beiden PV-Kurven (rot) mit dem Abstand der jeweiligen Szenarien-Kurven verglichen, zeigt sich dass ein überproportional großer Anteil der Energienachfrage durch Zäsuren beeinträchtigt wird. Während der Abstand zwischen beiden PV-Kurven bei 8.000 m rd. 1.000 GWh/Jahr beträgt, beträgt der Abstand zwischen den Linien des Szenarios **Baseline45** rd. 3.000 GWh/Jahr.

➔ Siehe Abbildung 3.13 auf Seite 46

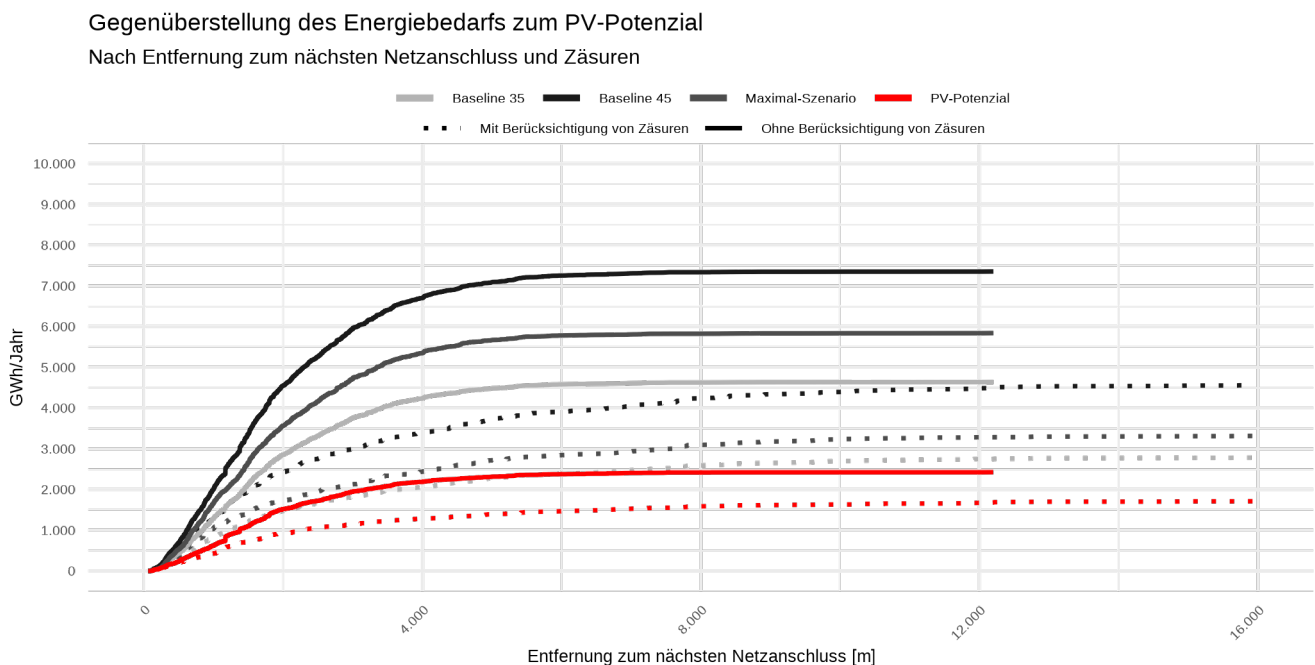


Abbildung 3.13: Gegenüberstellung des Energiebedarfs zum PV-Potenzial – Nach Entfernung zum nächsten Netzanschluss und Zäsuren

Im Ergebnis ist festzuhalten: ein Großteil der Bestands- und Potenzialflächen ist von Zäsuren betroffen, wodurch die Kosten zur Anbindung an das Verteilnetz steigen – sofern eine Anbindung überhaupt möglich ist. Das theoretische PV-

3 Analysen und Ergebnisse

Energiepotenzial inkl. Berücksichtigung aller Potenzialflächen liegt um den Faktor rd. 3,5 unter dem Energiebedarf im Szenario **baseline45**. Hierbei sei hervorgehoben, dass bei der Ermittlung des Szenarios nur rd. 29 % der Potenzialflächen als Logistikflächen angenommen wurden. Im Ergebnis steht bei logistischen Flächen, die ohne Querung von Zäsuren nicht angebunden werden können, ein PV-Potenzial von rd. 900 GWh/Jahr einer Energienachfrage von rd. 3.000 GWh gegenüber. Positiv ist, dass je Szenario und unabhängig von der Betroffenheit von Zäsuren, mehr als 70 % der Energiebedarfe weniger als 4 km und rd. die Hälfte der Energiebedarfe rd. 2 km von einem Netzanschluss entfernt liegen. Das Szenario **baseline35** zeigt sehr vergleichbare Ergebnisse, weshalb auf die Darstellung dieser hier verzichtet wird.

Die Abbildung 3.14 visualisiert für die Szenarien **Maximal**, **baseline35** und **baseline45** den Energiebedarf Logistikflächen-induzierter Fahrten auf der Y-Achse, während der Ringdurchmesser das jeweilige PV-Erzeugungspotenzial darstellt. Die Farbgebung gibt Aufschluss über den Einfluss von Zäsuren: Gelbe Markierungen stehen für Flächen ohne Zäsureinfluss, während Blau jene kennzeichnet, bei denen Zäsuren die Distanz zum Netzanschlusspunkt vergrößern. Graue Ringe markieren Flächen, deren Netzanbindung zwingend die Querung einer Zäsur erfordert.

➔ Siehe Abbildung 3.14 auf Seite 49

Beim Vergleich der Szenarien fällt auf, dass im Entfernungsbereich bis ca. 1.000 m eine große Anzahl an Flächen liegen, die ohne Querung an das Verteilnetz angebunden werden können. Die Mehrheit dieser Flächen weist in allen Szenarien einen Energiebedarf von weniger als 5 GWh/Jahr aus. In den Szenarien **baseline35** und **baseline45** liegen im Entfernungsbereich bis 2.000 m neue Flächen mit einem hohen Energiebedarf. Im Einzelnen sind dies die Flächen

➔ Grevenbroich/Rommerskirchen

- Potenzialflächen 133 und 154, nördlich des Kraftwerks Neurath

➔ Euskirchen/Weilerswist

- Potenzialfläche 715, nördlich des Kraftwerks Neurath

➔ Geilenkirchen

- Potenzialflächen 582 und 593, nördlich vom OT Lindern

Die Fläche mit der geringsten Entfernung zu einem Verteilnetzanschluss und einem zukünftig vermutlich hohen Energiebedarf liegt im Osten von Eschweiler (Potenzialfläche 849; Entfernung < 140 m) auf der Fläche des Kraftwerk Weisweiler, das 2029 stillgelegt wird. Die ausgewiesenen Energiebedarfe auf Potenzialflächen im Jahr 2035 und 2045 berücksichtigen nie die gesamt verfügbare Fläche, da Flächenkonkurrenzen nicht auszuschließen sind. Die ermittelten Werte sind daher als

3 Analysen und Ergebnisse

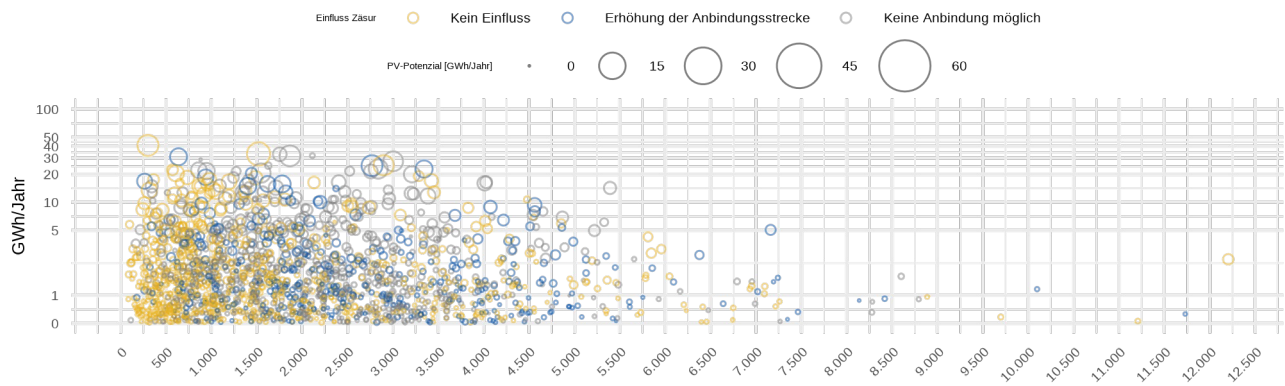
konservative Näherung zu verstehen, die den Energiebedarf angrenzender Nutzungen nicht berücksichtigt. Flächen mit einer Entfernung größer als 9.000 m zum Netzanschluss liegen in Selfkant an der Niederländische Grenze, Blankenheim und Bad Münstereifel. All diese Flächen sind bereits existierende Logistikflächen.

Für eine Einzelfallbetrachtung und Abschätzung nach oben können rd. 3.000 kWh/ha und Tag für 2035 und 4.220 kWh/ha und Tag für 2045 zur Abschätzung des Fahrten-induzierten Energiebedarfs angesetzt werden.

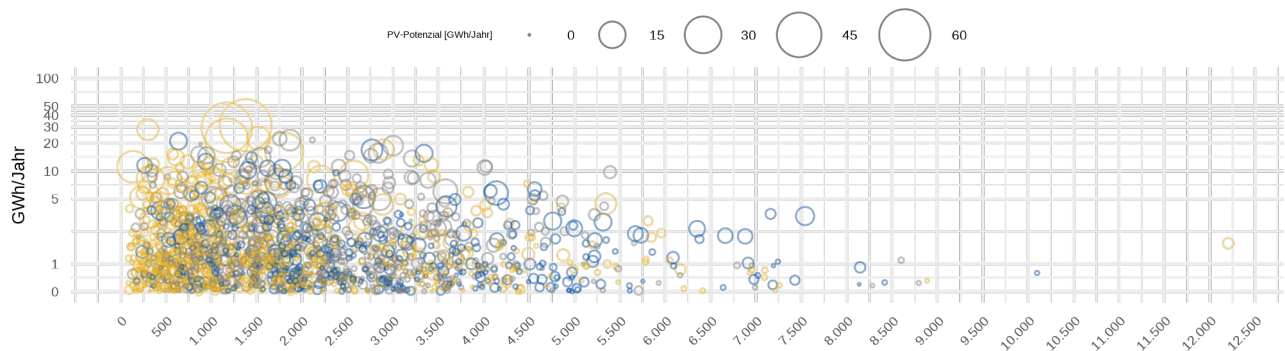
3 Analysen und Ergebnisse

Energiebedarf je Fläche getrennt nach Beeinflussung durch Zäsur und PV-Erzeugungspotenzial

Szenario Maximum



Szenario Baseline35



Szenario Baseline45

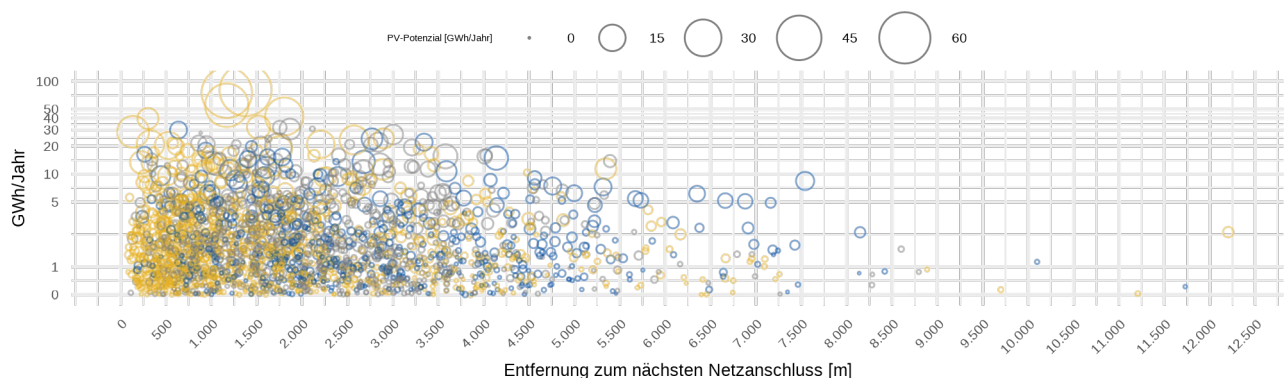


Abbildung 3.14: Energiebedarf je Fläche getrennt nach Beeinflussung durch Zäsur und PV-Erzeugungspotenzial

3.3.2 Analyseebene Gemeinde und Netzanschluss

Abbildung 3.15 zeigt für das Szenario **baseline45**, welcher Energiebedarf je Gemeinde auf die einzelnen Netzanschlüsse entfällt. Dargestellt sind nur Gemeinden mit mindestens 200.000 kWh/Tag. Die Abbildung lässt sich wie folgt lesen:

➔ Siehe Abbildung 3.15 auf Seite 51

- ➔ Je Gemeinde wird ein Balken abgetragen. Jeder Balkenabschnitt steht für einen einzelnen Netzanschluss und die ihm zugeordnete Energiemenge, also die Flächen, für die dieser Anschluss der nächstgelegene ist.
- ➔ Die Länge eines Abschnitts zeigt, wie viel Energiebedarf über diesen einen Netzanschluss zu decken wäre. Lange Abschnitte stehen für besonders stark nachgefragte Anschlüsse.
- ➔ Linkes Diagramm: nur Netzanschlüsse, die ohne Querung einer Zäsur erreichbar sind. Rechtes Diagramm: alle Netzanschlüsse, ohne Berücksichtigung von Zäsuren.
- ➔ Der Unterschied zwischen linkem und rechtem Diagramm zeigt, wie viel Versorgung durch Zäsuren wegfällt.

In den größeren Städten fällt durch Zäsuren besonders viel weg, was auf die hohe Dichte unterschiedlicher Nutzungen zurückzuführen ist. In einzelnen Gemeinden wie Wesel ist ohne Querung einer Zäsur gar keine Anbindung möglich. Umgekehrt sind wenige Netzanschlüsse in unmittelbarer Nähe zu Potenzialflächen besonders attraktiv: In Euskirchen, Grevenbroich und Geilenkirchen werden rund 0,25 GWh/Tag über einen einzelnen Netzanschluss gebündelt.

3 Analysen und Ergebnisse

Verteilung der Energiebedarfe auf die nächsten Netzanschlüsse je Gemeinde

Szenario Baseline45 - mindestens 100.000 kWh/Tag je Gemeinde im Fall ohne Berücksichtigung von Zäsuren

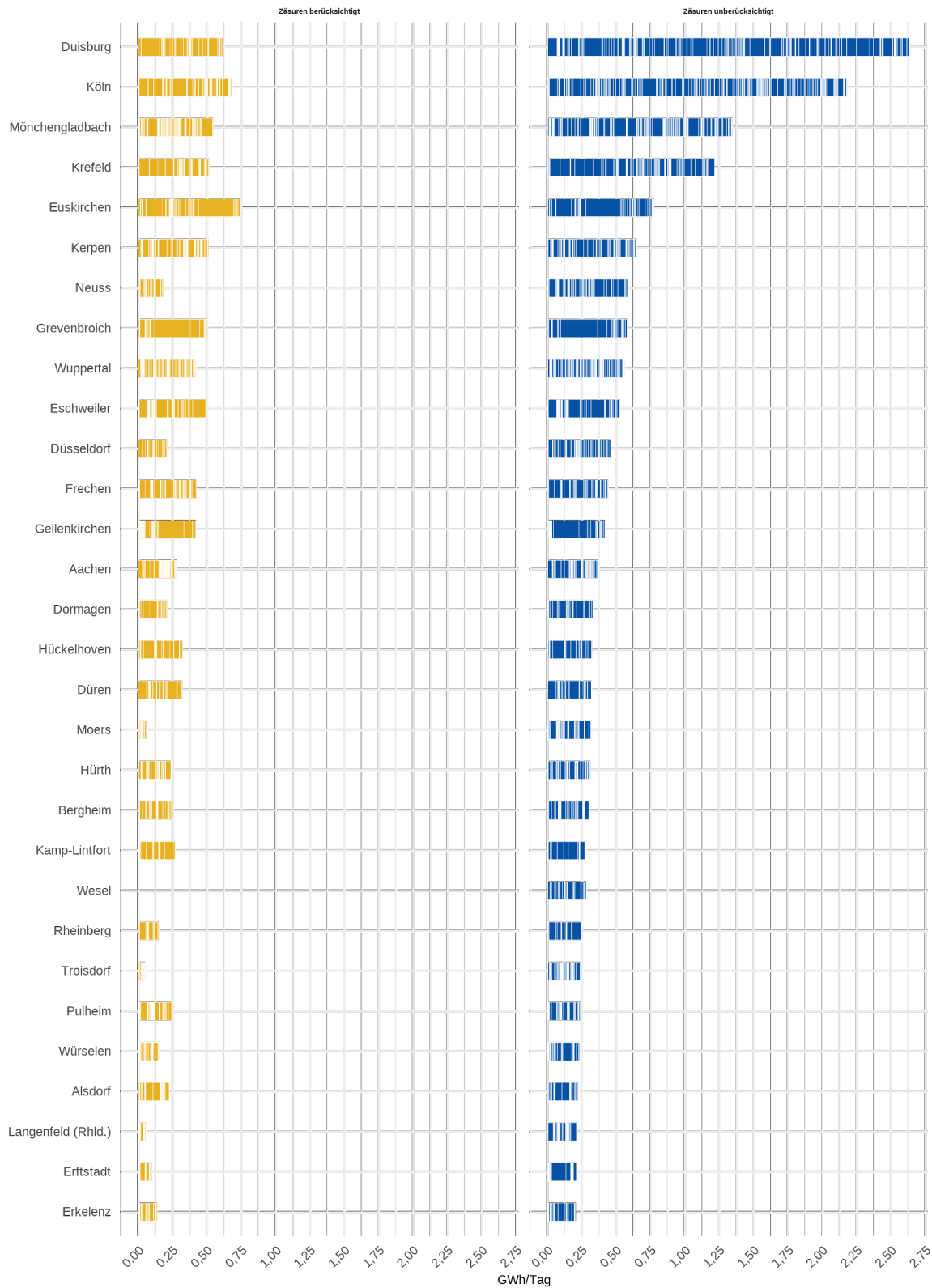


Abbildung 3.15: Verteilung der Energiebedarfe auf die nächsten Netzanschlüsse je Gemeinde – Szenario **baseline45**, mindestens 200.000 kWh/Tag je Gemeinde im Fall ohne Berücksichtigung von Zäsuren

3 Analysen und Ergebnisse

Abbildung 3.16 zeigt schemenhaft die verortete Nachfrage im Szenario **baseline45** an den Verteilnetzanschlüssen, getrennt nach Einfluss durch Zäsuren und nicht. Die Farbgebung betrachtet zwei voneinander getrennte Fälle: Gelb dargestellt wird die Zuordnung der fahrtinduzierten Energienachfrage zum der jeweiligen Logistikfläche nächstgelegenen Verteilnetzanschluss ohne Berücksichtigung von Zäsuren. In Blau entsprechend unter Berücksichtigung von Zäsuren realisierbare Netzanschlüsse. In den Städten Duisburg, Krefeld und Köln ist der Einfluss der Zäsuren gut erkennbar. Auch, dass keine alternativen Netzanschlüsse möglich sind, ohne Zäsuren zu queren. Außerhalb dicht besiedelter Räume ist an größeren blauen, als gelben Kreisen erkennbar, dass alternative Anschlüsse an das Verteilnetz aufgrund von Zäsuren stattfinden. Diese bedeutet, Logistikflächen können zwar ohne Querung von Zäsuren an einen anderen Netzknoten angebunden werden, diese liegen aber immer weiter entfernt, vgl. Abbildung 3.11 und 3.12.

Im Fall ohne Betrachtung der Zäsuren liegen die beiden Duisburger Netzanschlüsse Station Rheinhausen sowie Station Ruhrort auf Rang 1 und 2 der größten Nachfrage. Beide Standorte liegen bereits heute in bzw. in unmittelbarer Nähe zu dicht besiedelten Industrie- und Gewerbegebieten. Als Alternativanbindungen mit der größten aufzufangenden Energienachfrage aufgrund der Verhinderung durch Zäsuren sind die Standorte in Wassenberg und Hückelhoven zu nennen. Beide Standorte liegen nördlich der Bahntrasse zwischen Geilenkirchen und Erkelenz. In diesem Umfeld liegen eine Vielzahl der betrachteten Potenzialstandorte, deren nächste Anbindung an das Verteilnetz in Erkelenz und Odenkirchen (südlich der Bahntrasse) liegt. Ähnliches Bild zeigt sich bei der Netzanbindung in Nörvenich.

Die hier dargestellten, erarbeiteten und der Logistikregion Rheinland übermittelten Daten ermöglichen die Identifikation von strukturellen räumlichen Unterschieden hinsichtlich der Rahmenbedingungen zur Anbindung logistischer Flächen an das Verteilnetz. Darüber hinaus wird deutlich, welche Verteilnetzanbindungen als Alternative bei einer durch Zäsur nicht möglichen Anbindung in Frage kommen und – als Aggregatbetrachtung – erwartbare Energiebedarfe durch flächeninduzierte Fahrten im Verteilnetz nachgefragt werden müssen, damit der politische Pfad einer nachhaltigen Logistik realisiert werden kann. Eine Gegenüberstellung mit vorhanden Netzkapazität kann aufgrund fehlendem Datenzugang nicht erfolgen.

➔ Siehe Abbildung 3.16 auf Seite 53

➔ Siehe Abbildungen 3.11 und 3.12 ab Seite 43

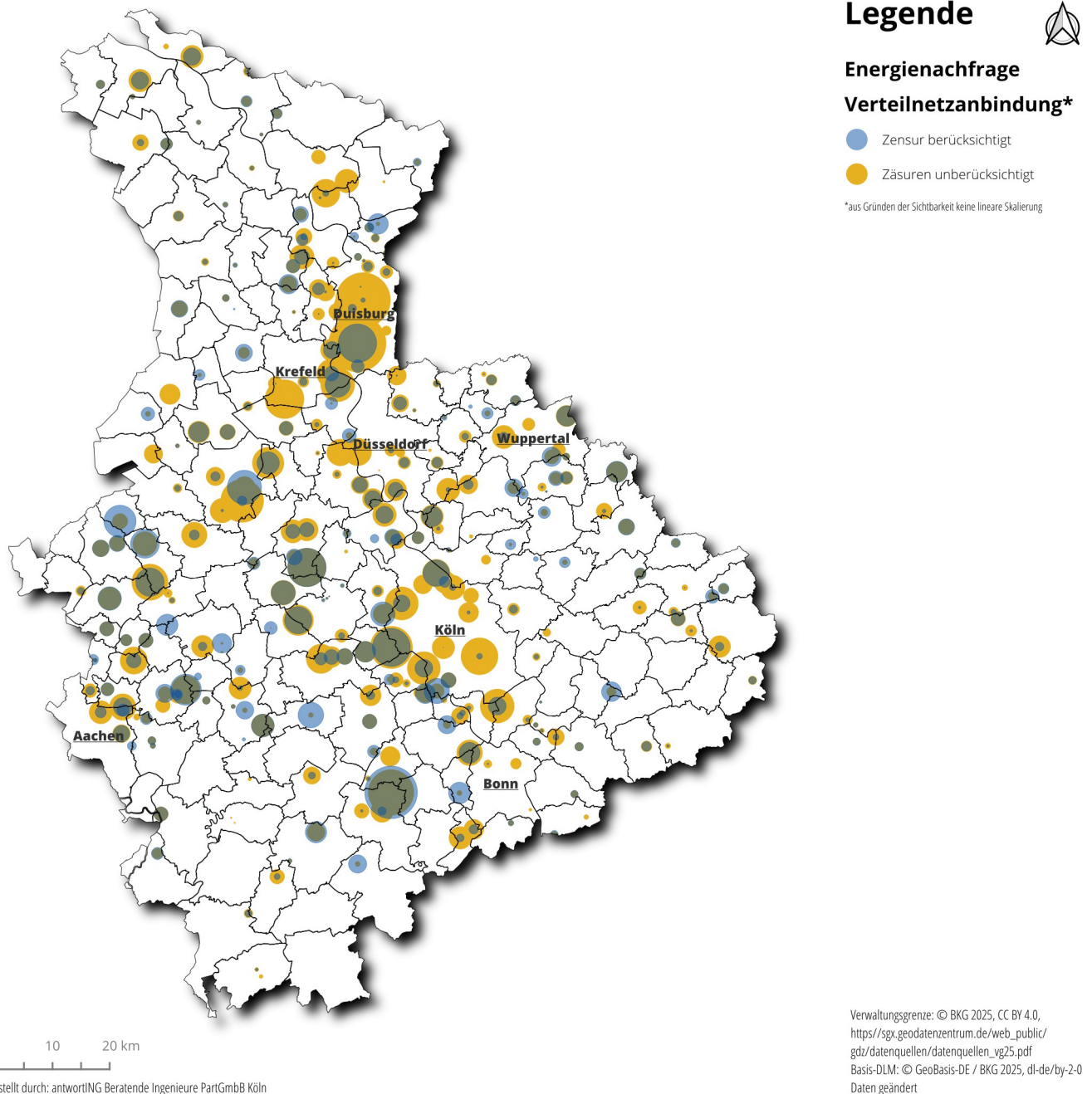


Abbildung 3.16: baseline45 – Energienachfrage an Verteilnetzan schlüssen mit und ohne Zäsuren; nicht lineare Skalierung

3.3.3 Potenzialflächen als potenzielle Ladelösung

Bisher werden die identifizierten Potenzialflächen als zukünftig wahrscheinlich genutzte, monofunktionale Logistikareale klassifiziert. Wenngleich nach Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) et al. (2025) die Mehrheit der Befragten angibt, den eigenen Fuhrpark künftig vornehmlich auf dem eigenen Betriebsgelände laden zu wollen, können Potenzialflächen im Umfeld bestehender Logistikareale als

3 Analysen und Ergebnisse

gemeinschaftlich genutzte (gegebenenfalls durch Dritte betriebene) depotnahe Ladelösungen hinsichtlich der Kosten und Realisierungszeit vorteilhaft sein.

Zur Identifikation dieser Synergieeffekte werden Bestands- und Potenzialflächen zu Clustern aggregiert. Hierbei werden Kennzahlen wie die Gesamtfläche, das PV-Potenzial, der szenariospezifische Energiebedarf sowie die durchschnittliche Distanz zum Verteilnetz (unter Berücksichtigung von Zäsuren) differenziert nach Flächenkategorie ermittelt.

Bei einem maximalen Nachbarschaftsradius von 500 m resultieren insgesamt 920 Cluster. Die Verteilung der Clusterstrukturen stellt sich wie folgt dar:

- ➔ 721 Cluster bestehen ausschließlich aus Bestandsflächen,
- ➔ 52 Cluster umfassen rein Potenzialflächen,
- ➔ 147 Cluster weisen eine gemischte Struktur aus Bestands- und Potenzialflächen auf.

Diese 147 Mischcluster sind von besonderer Relevanz, da sie ca. 57 % der gesamten Bestandsfläche sowie rd. 71 % der identifizierten Potenzialfläche abdecken. Hier zeigt sich das Potenzial gemeinsam genutzter, depotnaher Ladeinfrastrukturen.

Die praktische Tragfähigkeit dieses Ansatzes wird durch Aussagen aus dem Fachgespräch mit der NEW Niederrhein Energie und Wasser GmbH gestützt. Demnach wird die zukünftige Hub-Planung des Verteilnetzbetreibers explizit auf Modelle ausgerichtet, in denen mehrere Betreiber bzw. Nutzergemeinschaften gemeinsam einen Ladehub erschließen. Während die heute realisierten Ladepunkte überwiegend als Einzelstandorte entlang autobahnnaher Lagen entstanden sind, soll der Übergang zu Hub-Strukturen über die Bündelung von Grundlast (Ankerkunden) und ergänzendem Gelegenheitsverkehr getragen werden. Diese Praxiseinschätzung deckt sich mit den im vorliegenden Bericht entwickelten Empfehlungen zur Erschließung von Mischclustern.

Abbildungen 3.17 und 3.18 visualisieren die resultierenden Cluster des Szenarios **baseline45**. Die Abbildung 3.17 korreliert den Anteil der Bestandsflächen mit der Gesamtfläche der Cluster. Ein hoher Bestandsanteil indiziert hierbei eine geringere Flexibilität bei der baulichen Ausgestaltung neuer Flächen, was beispielsweise die Implementierung depotnaher Ladelösungen auf betriebsfremden Grundstücken erschweren kann. Die Abbildung 3.18 zeigt die durchschnittliche Distanz der Cluster zum nächstgelegenen Netzanschlusspunkt unter Berücksichtigung von Zäsuren. Die farbliche Kennzeichnung in Rot markiert dabei jene Flächen, deren Anbindung an das Verteilnetz eine Querung solcher Zäsuren zwingend erforderlich macht.

➔ Siehe Abbildungen 3.17 bis 3.18 ab Seite 55

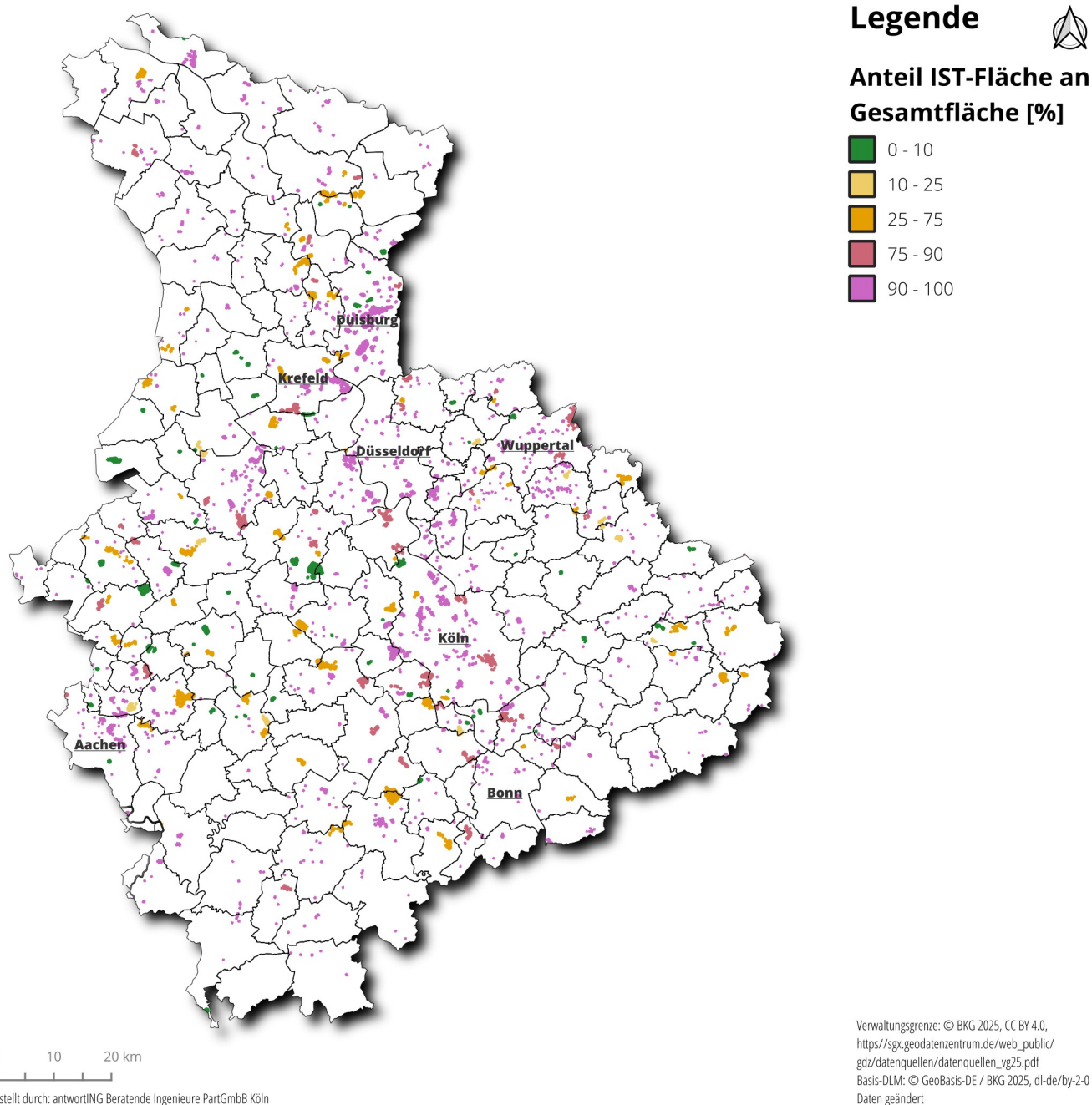


Abbildung 3.17: Anteil der Bestandsfläche (IST-Fläche) an der Gesamtfläche der Cluster

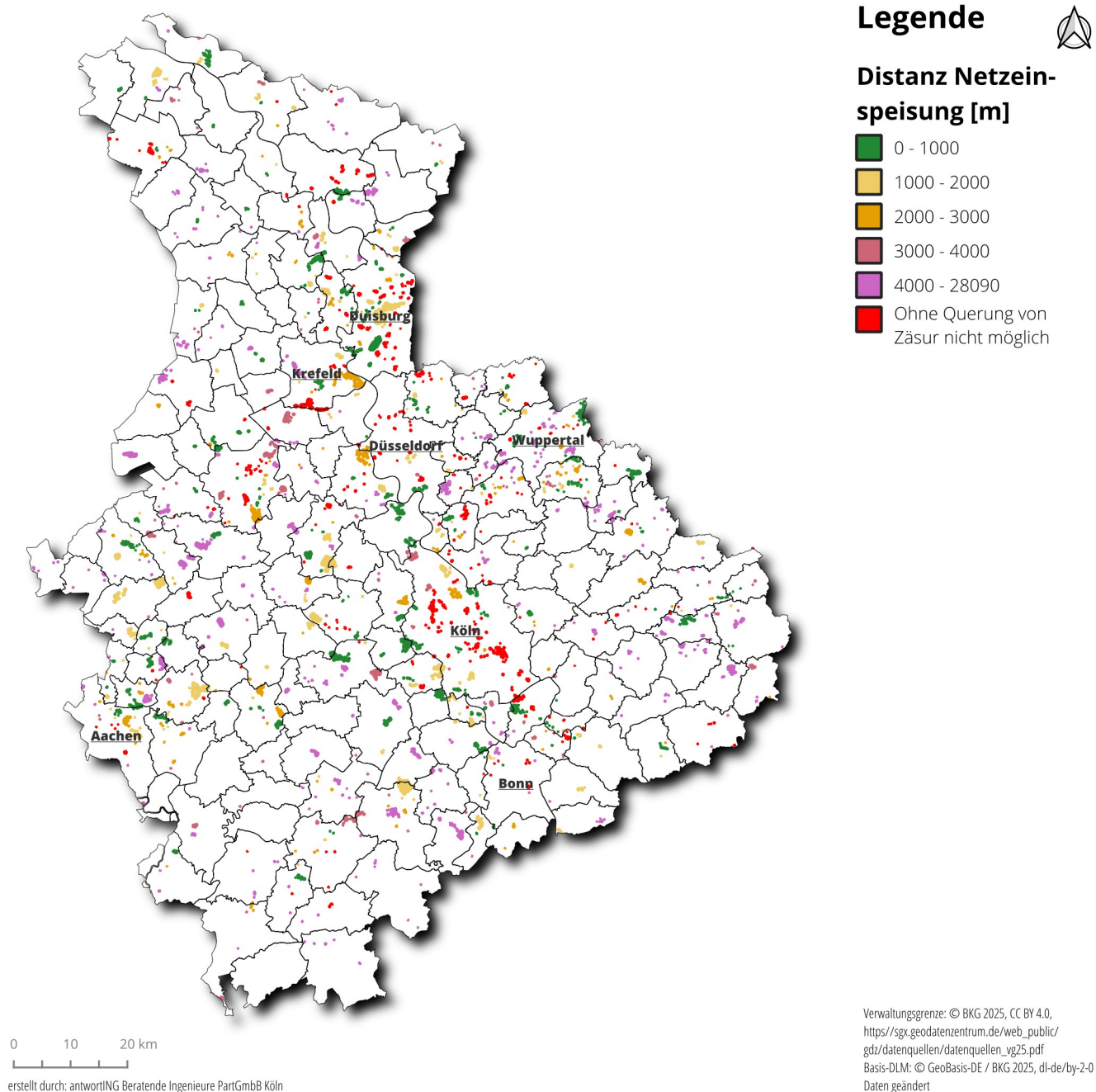


Abbildung 3.18: Distanz zum Netzein-
schluss unter Berücksichtigung von Zäsuren

3 Analysen und Ergebnisse

Zur Identifikation von Clustern mit Potenzial für die Errichtung depotnaher Ladeinfrastruktur werden jene Flächen herangezogen, die folgende Kriterien erfüllen: eine maximale Distanz zum Netzanschluss von 3.000 m (unter Berücksichtigung von Zäsuren), ein Anteil der Potenzialfläche an der Gesamtfläche zwischen 25 und 100 % sowie eine prognostizierte tägliche Stromnachfrage von mindestens 20.000 kWh für das Jahr 2045.

Insgesamt erfüllen 41 Cluster diese Anforderungen. Davon weisen fünf Cluster eine Distanz von mehr als 2.000 m zum Netzanschluss auf, während 18 Cluster innerhalb eines Radius von maximal 1.000 m liegen. Eine detaillierte Auflistung der Flächen ist den Tabellen 3.6 und 3.7 zu entnehmen. Die Tabellierung erfolgt gruppiert nach der Anschlussdistanz und ist innerhalb dieser Gruppen absteigend nach der Stromnachfrage sortiert. Es ist anzumerken, dass die ausgewiesene mittlere Distanz bei Clustern mit großen Flächen Verzerrungen aufweisen kann, da die Berechnung auf dem geometrischen Flächenschwerpunkt jener Flächen basiert.

Aufgrund des unvollständigen Bebauungs- bzw. Nutzungsgrades weisen diese Flächencluster eine hohe Flexibilität hinsichtlich der elektrotechnischen Erschließung in räumlicher Nähe zu logistischen Standorten auf. Die Strukturierung der Tabellen 3.6 und 3.7 folgt einer Rangfolge, deren Fokus auf einer minimalen Distanz zum Netzanschluss liegt. Da die entsprechenden Daten zur Energienachfrage explizit ausgewiesen sind, erlaubt die tabellarische Aufbereitung eine flexible Umsortierung nach dem energetischen Bedarf.

➔ Siehe Tabellen 3.6 und 3.7 ab
Seite 58

3 Analysen und Ergebnisse

Nr.	Beschreibung
Bis 500 m	
1	Kerpen/ Elsdorf Süd, um Anschlussstelle Elsdorf; rd. 283,1 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 71,1 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 438 m
2	Wesel/ Voerde, südlich des Logistikzentrums Wesel; rd. 191,1 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 39,7 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 181 m
3	Brühl zwischen Anschlussstelle Brühl Nord und Querbahn; rd. 146,6 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 68,8 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 408 m
4	Moers, südlich der Halde Rheinpreußen; rd. 94,1 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 59,6 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 400 m
5	Düren zwischen Stadtzentrum und B 56 an der Zülpicher Straße; rd. 81,3 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 32,8 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 461 m
6	Erkelenz, um Anschlussstelle Erkelenz Ost; rd. 44,3 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 23,8 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 256 m
7	Stolberg, im Umfeld des HBF, disperse Ansammlung kleiner Flächen; rd. 40,7 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 68,6 %; Nächster Netzanschluss: 475 m
500–1.000 m	
8	Kamp-Lintfort/ Rheinberg, im Umfeld der Anschlussstelle Rheinberg A 57; rd. 250,6 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 56,0 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 517 m
9	Redevormwald, im Umfeld der Gabelung B 483 und B 229; rd. 138,2 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 62,3 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 584 m
10	Viersen/ Mönchengladbach, nördlich der Anschlussstelle Mönchengladbach-Hardt bis Ortsteil Mackenstein; rd. 121,3 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 16,3 %; Nächster Netzanschluss: 877 m
11	Duisburg/ Krefeld, östlich des Chemparks Krefeld-Uerdingen; rd. 97,5 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 69,0 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 672 m
12	Wiehl, disperse Ansammlung von Flächen im Ortsteil Boming; rd. 79,7 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 50,4 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 826 m
13	Grevenbroich, REW Kraftwerk Frimmersdorf; rd. 77,0 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: 0 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 527 m
14	Heinsberg, im Umfeld des Knotens L 230 und B 221; rd. 71,1 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 68,1 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 673 m
15	Baesweiler/ Aldenhoven, im Umfeld vom Aldenhoven Testing Center; rd. 62,5 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: 0 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 914 m
16	Köln Godorf, Kerkrader Straße zwischen Anschlussstelle Wesseling und Köln-Godorf; rd. 38,6 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 69 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 735 m
17	Baesweiler, südlich vom Ortsteil Beggendorf; rd. 29,1 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 29,1 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 738 m
18	Langerwehe, im Umfeld des Knotens B 264 und L 12; rd. 22,0 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 4,7 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 786 m

Tabelle 3.6: Flächencluster mit einer mittleren Entfernung bis 1.000 m zum Netzanschluss

3 Analysen und Ergebnisse

Nr. Beschreibung	
1.000–1.500 m	
19	Euskirchen/ Weilerswist, Flächen zwischen L 210 und L 182; rd. 578,0 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 47,8 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 1.263 m
20	Grevenbroich/ Rommerskirchen, nördlich des Kraftwerks Neurath; rd. 426,0 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: 0 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 1.300 m
21	Eschweiler, Fläche des Kraftwerks Weisweiler inkl. umliegender Flächen; rd. 307,7 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 51,6 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 1.113 m
22	Elsdorf/ Bergheim, im Umfeld der Anschlussstelle Bergheim (A 61); rd. 276,0 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 60,4 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 1.438 m
23	Geilenkirchen, nördlich des Ortsteils Lindern; rd. 245,8 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: 0 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 1.458 m
24	Übach-Palenberg, nördlich des Ortsteils Holthausen inkl. Flächen westlich von L 225; rd. 80,7 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 31,6 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 1.328 m
25	Jülich, süd-westlich vom Ortsteil Königskamp zwischen B 56 und L 253; rd. 68,6 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 68,0 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 1.239 m
26	Heinsberg, im Umfeld des Knotens B 221 und K 5; rd. 60,6 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: 0 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 1.323 m
27	Moers, disperse Ansammlung von Flächen im Ortsteil Genend; rd. 59,3 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 60,8 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 1.412 m
28	Geilenkirchen, Flächen entlang der Landstraße im Ortsteil Niederheid; rd. 34,0 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 60,8 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 1.089 m
29	Duisburg, Fläche des Rheinpreußenhafends; rd. 29,0 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: 0 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 1.475 m
30	Straelen, im Umfeld des Knotens B 58 und L 361; rd. 22,9 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 72,2 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 1.280 m
31	Königswinter, Ansammlung disperser Flächen im Ortsteil Kellersboseroth; rd. 20,9 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 64,8 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 1.478 m
1.500–2.000 m	
32	Kleve, Flächen zwischen Tweestrom und Klever Ring; rd. 112,9 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 68,5 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 1.878 m
33	Wesseling, zwischen L 192 und A 555 zur Grenze Rhein-Sieg-Kreis; rd. 84,0 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 18,7 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 1.665 m
34	Krefeld, Flächen im Umfeld des Knotens A 57 und L 473; rd. 64,8 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 74,8 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 1.614 m
35	Dinslaken, Flächen im Umfeld des Knotens Brinksraße–Holtener Str.; rd. 35,1 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: 0 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 1.640 m
36	Wuppertal, Nevigeser Straße vor Grenze Velbert; rd. 29,2 MWh/Tag; Anteil Bestandsfläche: rd. 0 %; Mittlere Distanz Netzanschluss: 1.915 m

Tabelle 3.7: Flächencluster mit einer mittleren Entfernung zwischen 1.000 m und 2.000 m zum Netzanschluss

3 Analysen und Ergebnisse

Neben der Flexibilität, die aus den noch ungenutzten Potenzialflächen resultiert, rückt die Anbindung von Clustern mit überwiegend bebauter Fläche in den Fokus, da diese mit Markthochlauf einen entsprechend hohen Energiebedarf für die Elektrifizierung aufweisen. Abbildung 3.19 gibt einen Überblick über den Energiebedarf der Flächencluster und bezieht sich auf den Energiebedarf aus dem Szenario **baseline45**.

➔ Siehe Abbildung 3.19 auf Seite 61

Dargestellt werden sämtliche Cluster bis zu einer Distanz von 6.000 m zum nächstgelegenen Netzanschluss unter Berücksichtigung von Zäsuren. Die Clusterkonfiguration kann dabei vollständig aus Bestands- oder Potenzialflächen bestehen. Zur Visualisierung der Daten wird eine bivariate Farbpalette verwendet, welche die simultane Betrachtung zweier Variablen ermöglicht.

Neben der täglichen Energienachfrage wird die Distanz zum Netzanschluss in einer zweidimensionalen Farbdarstellung abgebildet. Dabei korreliert eine zunehmende Distanz mit einer Intensivierung des Blau-Anteils der Clusterfläche, während ein steigender Orange-Anteil eine höhere Energienachfrage signalisiert. Diese methodische Aufbereitung erlaubt eine intuitive Identifikation von Clustern, die trotz hoher Nachfrage eine große Netzentfernung aufweisen.

Zur Steigerung der Lesbarkeit wurde der Kartenhintergrund abgedunkelt. Variablenkombinationen, die im Datensatz nicht auftreten, sind in der Legende explizit durch ein Kreuz gekennzeichnet, um Fehlinterpretationen der Farbskala vorzubeugen.

Flächen mit einer intensiven orangefarbenen Färbung kennzeichnen Cluster mit einem hohen Strombedarf bei gleichzeitig geringer Distanz zum Netzanschlusspunkt. Je dunkler der Farbton in diesem Spektrum erscheint, desto höher ist die prognostizierte Energienachfrage. Da diese Standorte eine geringe räumliche Distanz zur Netzinfrastuktur aufweisen, ist hier von tendenziell geringeren Erschließungskosten auszugehen, die sich auf eine hohe Nachfrage verteilen. Diese Flächencluster eignen sich daher präferiert für einen Netzanschluss.

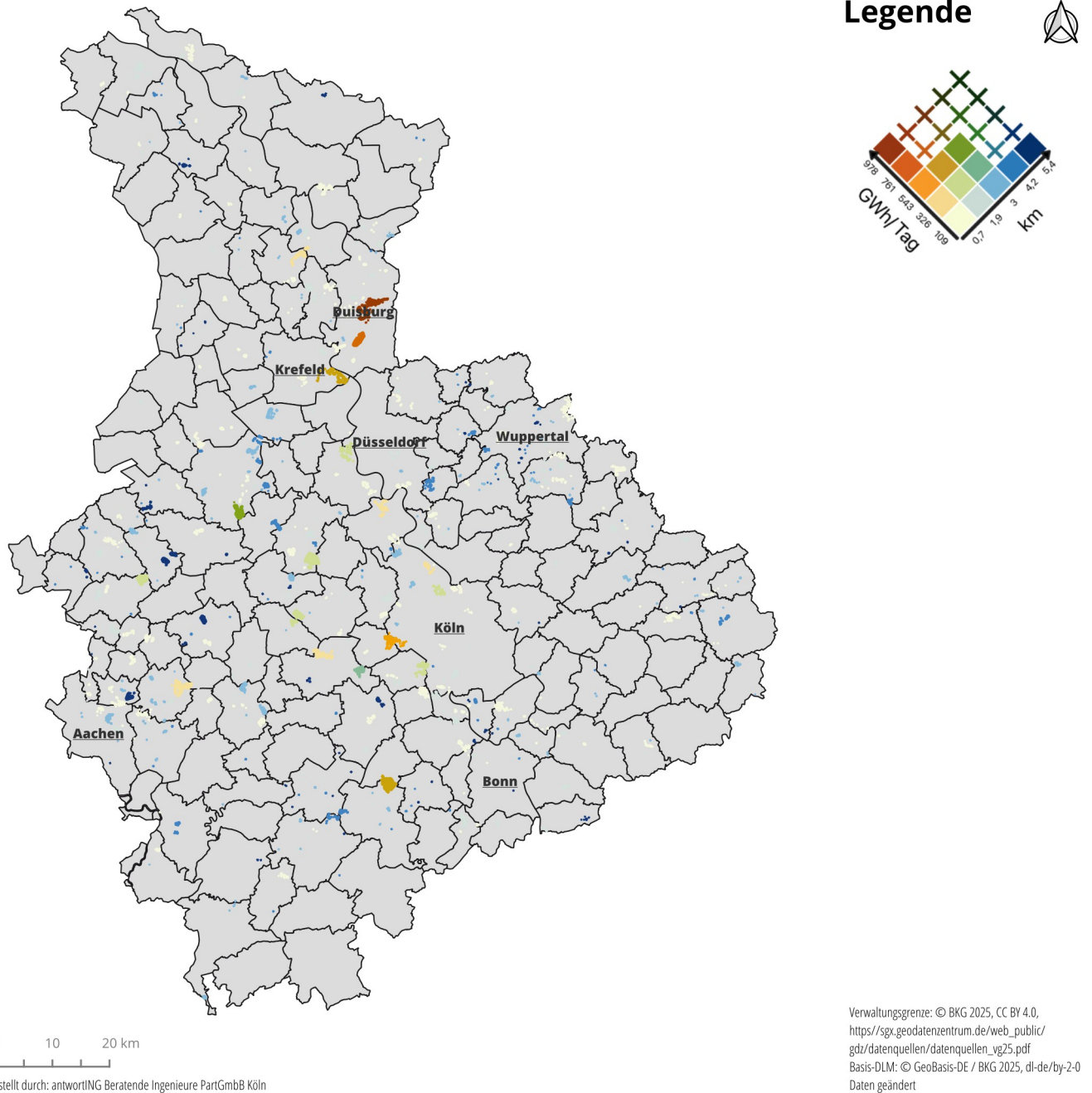


Abbildung 3.19: Flächencluster nach Eignung zum Netzanchluss auf Basis der Stromnachfrage im Szenario **baseline45** und der Entfernung zum Netzanchluss

Die vorliegende Analyse unterscheidet Flächen und Flächencluster hinsichtlich ihrer Eignung für einen wirtschaftlichen Anschluss an das Verteilnetz. Dabei ergeben sich drei Hauptkategorien:

Flächen, die in der Primärdarstellung sichtbar sind, weisen eine hohe Netznähe und eine signifikante Stromnachfrage auf. Hier ist ein Anschluss unter Standardbedingungen möglich.

3 Analysen und Ergebnisse

Diese Flächen sind grundsätzlich erschließbar, verfügen jedoch über eine geminderte Eignung aufgrund folgender Faktoren:

- ➔ **Geringe Nachfrage:** Das Potenzial für die Netzauslastung ist am Standort limitiert wodurch die Fixkosten der Netzanschlusskosten pro Nachfrageeinheit größer sind.
- ➔ **Erhöhte Distanz:** Die Entfernung zum nächsten Anschlusspunkt ist größer, was die Leitungskosten steigert.

Flächen, die in der Abbildung nicht dargestellt sind, gelten als *Sonstige Flächen*, sie unterliegen harten Ausschlusskriterien die sich an wirtschaftlichen Hürden orientieren:

- ➔ **Distanzkriterium:** Die Entfernung zum Verteilnetz überschreitet den gewählten Schwellenwert von **6.000 Metern**.
- ➔ **Zäsuren:** Geografische oder infrastrukturelle Barrieren verhindern eine direkte Anbindung.
- ➔ **Monetärer Aufwand:** Ein Anschluss ist technisch zwar denkbar, erfordert jedoch Investitionen, die über den üblichen betriebswirtschaftlichen Rahmen hinausgehen.

Die feinräumige Analyse identifiziert spezifische Kommunen, in denen eine Vielzahl von Flächen von diesen Einschränkungen betroffen ist. Im Einzelnen sind dies die Städte bzw. Gemeinden Köln, Krefeld, Langenfeld, Erkelenz, Nettetal, Niederkrüchten, Weilerswist, Euskirchen, Rheinbach, Troisdorf und Waldbröl. In diesen Gebieten ist mit einem signifikant erhöhten Planungs- und Kostenaufwand auf einer Vielzahl von Flächen zu rechnen.

3.4 Exemplarische Standortvarianten

Die in Abschnitt 3.3 entwickelte Priorisierung erlaubt eine flächendeckende Bewertung der 41 identifizierten Cluster. Zur Vertiefung des Analyseansatzes sowie zur Veranschaulichung der praktischen Übertragbarkeit der Ergebnisse werden im Folgenden drei Standortvarianten exemplarisch herausgearbeitet. Die Auswahl erfolgt auf Grundlage der in Tabelle 3.7 dokumentierten Cluster und konzentriert sich auf die Distanzklasse 1.000–1.500 m. Innerhalb dieser Klasse werden die drei Cluster mit der höchsten täglichen Energienachfrage und einem ausschließlich aus Potenzialflächen bestehenden Anteil bzw. einem signifikanten Potenzialflächenanteil betrachtet. Auf diese Weise werden Standorte abgebildet, die gegenüber bereits vollständig bebauten Flächen eine maximale Flexibilität in der baulichen Ausgestaltung und der elektrotechnischen Erschließung aufweisen und sich damit

➔ Siehe Abschnitt 3.3 auf Seite 45

➔ Siehe Tabelle 3.7 auf Seite 59

3 Analysen und Ergebnisse

prädestiniert für eine gemeinschaftliche, ggf. durch Dritte betriebene depotnahe Ladelösung darstellen.

Konkret betrachtet werden:

- ➔ Cluster Nr. 19 — Euskirchen / Weilerswist (rd. 578 MWh/Tag, gemischte Flächenstruktur),
- ➔ Cluster Nr. 20 — Grevenbroich / Rommerskirchen (rd. 426 MWh/Tag, ausschließlich Potenzialfläche),
- ➔ Cluster Nr. 23 — Geilenkirchen, nördlich Lindern (rd. 246 MWh/Tag, ausschließlich Potenzialfläche).

Damit wird sowohl ein Mischcluster mit nennenswertem Bestandsanteil (Nr. 19) als auch zwei reine Potenzialcluster (Nr. 20 und Nr. 23) in die vergleichende Betrachtung einbezogen. Die Standorte verteilen sich räumlich auf das südliche Rheinland (Euskirchener Börde), das Rheinische Revier (Umfeld Kraftwerk Neurath) sowie den Westen des Untersuchungsgebiets (Selfkant) und decken damit unterschiedliche siedlungsstrukturelle und netzinfrastrukturelle Rahmenbedingungen ab.

Für jeden Standort werden im Folgenden die Lage im Untersuchungsgebiet, die wesentlichen Kennzahlen sowie die sich daraus ableitenden Schlussfolgerungen für eine depotnahe Ladelösung erörtert. Die Kennzahlen entstammen der zugrundeliegenden GIS-Auswertung, sie umfassen die Flächengröße differenziert nach Bestand und Potenzial, den Energiebedarf in den Szenarien **baseline35** und **baseline45**, das auf Dachflächen ermittelte PV-Erzeugungspotenzial sowie die mittlere Distanz zum nächstgelegenen Netzanschluss-Cluster mit und ohne Berücksichtigung von Zäsuren. Ergänzend wird die Anzahl der Netzanschluss-Cluster im 5-km-Radius ausgewiesen, da sie ein Indiz für die Redundanz und damit die Robustheit der Anschlussmöglichkeiten liefert.

3.4.1 Cluster Nr. 19: Euskirchen / Weilerswist

Der Cluster erstreckt sich zwischen den Landstraßen L 210 und L 182 im Übergangsbereich der Gemeinden Euskirchen und Weilerswist. Die räumliche Lage ist in Abbildung 3.20 dargestellt. Mit einer Bestandsfläche von rd. 65,5 ha und einer Potenzialfläche von rd. 246,8 ha handelt es sich um den größten der drei betrachteten Cluster. Die hieraus resultierende tägliche Energienachfrage beläuft sich im Szenario **baseline45** auf rd. 578 MWh, was einer jährlichen Nachfrage von rd. 211 GWh entspricht. Im Szenario **baseline35** liegt der Wert mit rd. 105 GWh/Jahr knapp halb so hoch.

Das auf den bestehenden Dachflächen ermittelte PV-Erzeugungspotenzial beträgt rd. 20,3 GWh/Jahr und entspricht damit rd. 9,6 % der prognostizierten Energienachfrage im Szenario **baseline45**. Der Eigendeckungsgrad ist somit gegenüber den

➔ Siehe Abbildung 3.20 auf Seite 64

3 Analysen und Ergebnisse

beiden weiteren betrachteten Standorten deutlich erhöht, was unmittelbar auf den Bestandsflächenanteil und die damit einhergehende verfügbare Dachfläche zurückzuführen ist.

Die mittlere Distanz zum nächstgelegenen Netzanschluss-Cluster beträgt rd. 1.260 m und reduziert sich bei Berücksichtigung von Zäsuren nur unwesentlich auf rd. 1.250 m. Die Anbindung an das Verteilnetz ist damit weitgehend zäsurfrei möglich. Innerhalb eines Radius von 5 km befinden sich fünf Netzanschluss-Cluster, woraus sich eine vergleichsweise hohe Redundanz der Anschlussmöglichkeiten ergibt.

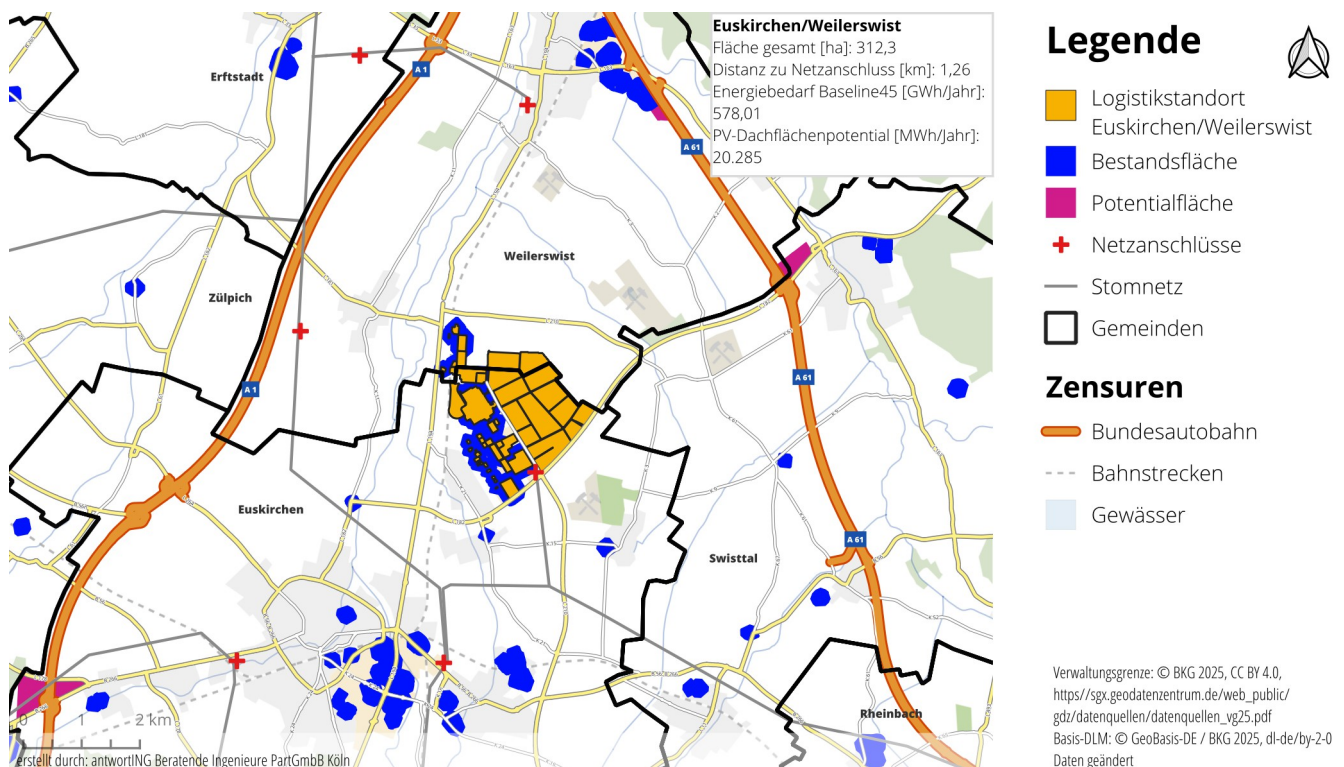


Abbildung 3.20: Detaildarstellung Cluster Nr. 19 Euskirchen / Weilerswist mit Bestands- und Potenzialflächen, Netzanschluss-Clustern sowie Verteilnetz

Die im Cluster verorteten IHK-Mitgliedsunternehmen umfassen schwerpunktmäßig Betriebe der Distributions- und Lebensmittellogistik, des Großhandels sowie der leichten Produktion mit ergänzendem KEP-Aufkommen. Auf dieser Grundlage erfolgt die typologische Zuordnung der Verkehrsanteile gemäß Tabelle 3.8.

In der Gesamtbetrachtung weist der Standort die für eine depotnahe Ladeinfrastruktur günstigste Kombination der drei Standortvarianten auf: hoher Energiebedarf, vergleichsweise geringe Distanz zum Verteilnetz, mehrere alternative Anschlusspunkte sowie ein nennenswertes Eigenerzeugungspotenzial. Die im Bestand bereits ansässigen logistischen Nutzer können dabei als Ankerkunden für eine gemeinschaftlich genutzte Ladelösung auf den umliegenden Potenzialflächen fungieren. Die räumliche Nähe zur Bundesautobahn (BAB) 1 sowie zum kombinierten Verkehr (KV-Terminal Köln-Eifeltor) erhöht zusätzlich die Attraktivität für eine

➔ Siehe Tabelle 3.8 auf Seite 68

Mischnutzung aus betrieblichem Depotladen und überbetrieblichen Ladevorgängen.

3.4.2 Cluster Nr. 20: Grevenbroich / Rommerskirchen

Der Cluster liegt nördlich des Kraftwerks Neurath im Übergang zwischen den Gemeindegebieten Grevenbroich und Rommerskirchen. Die räumliche Lage ist in Abbildung 3.21 dargestellt. Die Gesamtfläche von rd. 348,4 ha besteht ausschließlich aus Potenzialfläche. Ein Bestand an logistisch genutzten Flächen ist im Cluster nicht vorhanden. Die im Szenario **baseline45** prognostizierte Energienachfrage beläuft sich auf rd. 426 MWh/Tag bzw. rd. 156 GWh/Jahr und ergibt sich aus der unterstellten zukünftigen logistischen Nutzung der Potenzialflächen.

➔ Siehe Abbildung 3.21 auf Seite 66

Aufgrund des fehlenden Gebäudebestands ist das auf vorhandenen Dachflächen identifizierbare PV-Potenzial mit rd. 1,1 GWh/Jahr gering und entspricht weniger als 1 % der prognostizierten Nachfrage. Eine wirtschaftlich nennenswerte Eigenerzeugung wäre erst nach Realisierung der zukünftigen Bebauung sowie der dann konsequent in die bauliche Planung zu integrierenden PV-Auslegung erreichbar. Bei vollständiger Aktivierung der zur Verfügung stehenden Dachflächen sowie gegebenenfalls integrierter Freiflächen-PV ist eine signifikant höhere Eigendeckungsquote zu erwarten.

Die mittlere Distanz zum nächstgelegenen Netzanschluss-Cluster beträgt rd. 1.300 m, sowohl mit als auch ohne Berücksichtigung von Zäsuren. Eine Anbindung an das Verteilnetz ist damit ohne Querung von Zäsuren möglich. Innerhalb eines Radius von 5 km befinden sich vier Netzanschluss-Cluster.

Da der Cluster ausschließlich aus Potenzialflächen besteht und heute keine logistischen Nutzer aufweist, wird die zukünftige Branchenstruktur in Anlehnung an die typische Erschließungsperspektive großflächiger Logistikareale im Strukturwandelraum unterstellt. Erwartet wird ein Schwerpunkt auf großflächiger Distributionslogistik sowie industrieller Logistik mit moderatem Anteil regionaler und überregionaler Stückguttransporte. Die hieraus abgeleiteten Verkehrsanteile sind in Tabelle 3.8 dokumentiert.

➔ Siehe Tabelle 3.8 auf Seite 68

Die Lage im Rheinischen Revier in unmittelbarer Nachbarschaft zum Kraftwerksstandort Neurath verleiht dem Cluster eine besondere strategische Bedeutung. Die im Zuge des Strukturwandels frei werdenden Flächen sowie die im Umfeld bereits vorhandene leistungsfähige Energieinfrastruktur bieten günstige Voraussetzungen für die Entwicklung großflächiger logistischer Nutzungen mit integrierter Ladeinfrastruktur. Da der Standort vollständig auf einer planerischen Neuausweisung beruht, kann eine Ladeinfrastruktur dort von Beginn an als gemeinschaftlich genutzte Lösung mit integrierter Eigenstromerzeugung ausgelegt werden. Die räumliche Nähe zur BAB 46 und BAB 61 unterstreicht diese Eignung.

3 Analysen und Ergebnisse

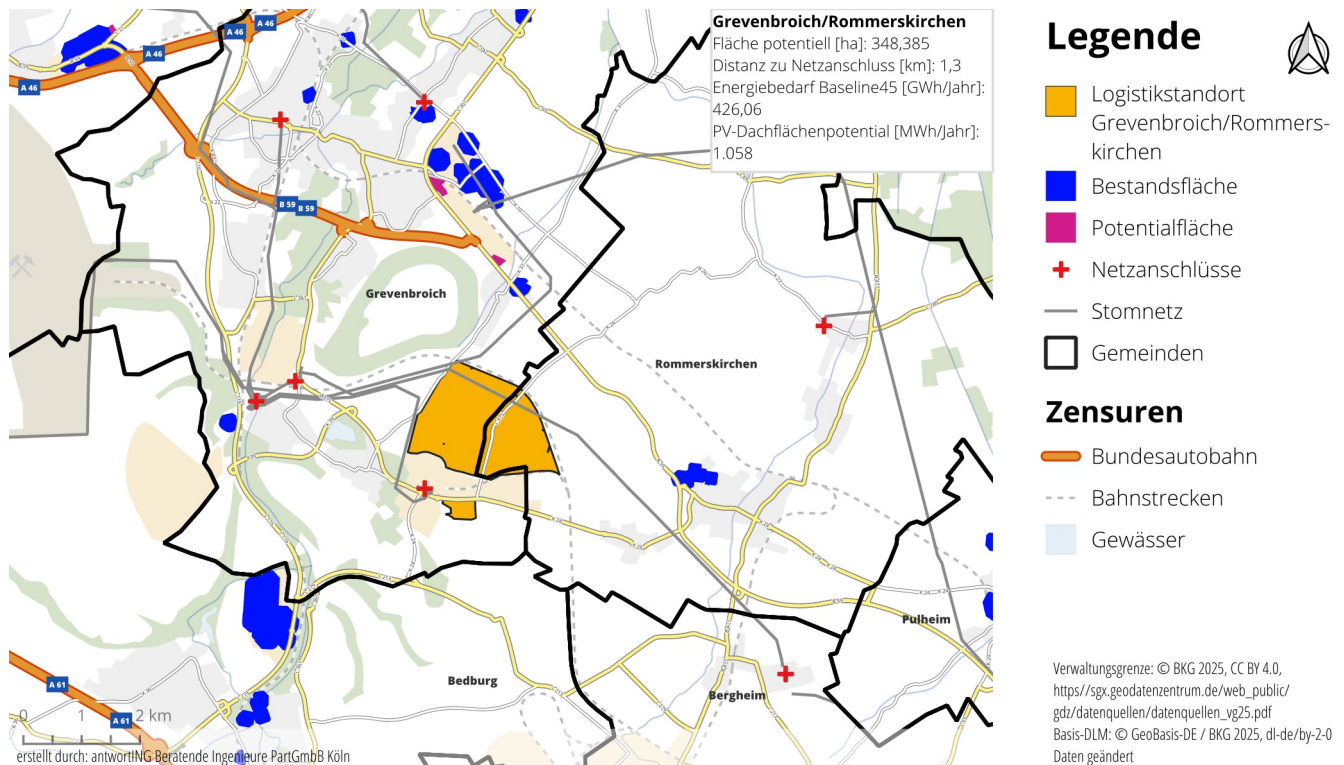


Abbildung 3.21: Detaildarstellung Cluster Nr. 20 Grevenbroich / Rommerskirchen mit Potenzialflächen, Netzanschluss-Clustern sowie Verteilnetz

3.4.3 Cluster Nr. 23: Geilenkirchen, nördlich Lindern

Der Cluster umfasst Potenzialflächen nördlich des Geilenkirchener Ortsteils Lindern. Die räumliche Lage ist in Abbildung 3.22 dargestellt. Die Gesamtfläche beträgt rd. 201 ha und besteht (analog zum Cluster Nr. 20) ausschließlich aus Potenzialfläche. Die prognostizierte Energienachfrage beläuft sich im Szenario **baseline45** auf rd. 246 MWh/Tag bzw. rd. 90 GWh/Jahr. Der Wert im Szenario **baseline35** liegt mit rd. 33 GWh/Jahr deutlich darunter.

Aufgrund der derzeit nicht vorhandenen Bebauung ist das auf bestehenden Dachflächen ermittelte PV-Erzeugungspotenzial vernachlässigbar gering (rd. 9 MWh/Jahr). Eine relevante Eigenerzeugung wäre (vergleichbar mit Cluster Nr. 20) erst nach Realisierung der zukünftigen Bebauung möglich.

Die mittlere Distanz zum nächstgelegenen Netzanschluss-Cluster beträgt rd. 1.460 m und ist sowohl mit als auch ohne Berücksichtigung von Zäsuren identisch. Innerhalb eines Radius von 5 km liegen drei Netzanschluss-Cluster, sodass die Redundanz der Anschlussmöglichkeiten gegenüber den beiden anderen Standortvarianten geringer ausfällt.

Auch dieser Cluster besteht ausschließlich aus Potenzialflächen ohne heutigen logistischen Bestand. Die zu erwartende Branchenstruktur wird durch die unmittelbare Grenzlage zum niederländischen Logistikraum sowie die Anbindung an

➔ Siehe Abbildung 3.22 auf Seite 67

➔ Siehe Tabelle 3.8 auf Seite 68

3 Analysen und Ergebnisse

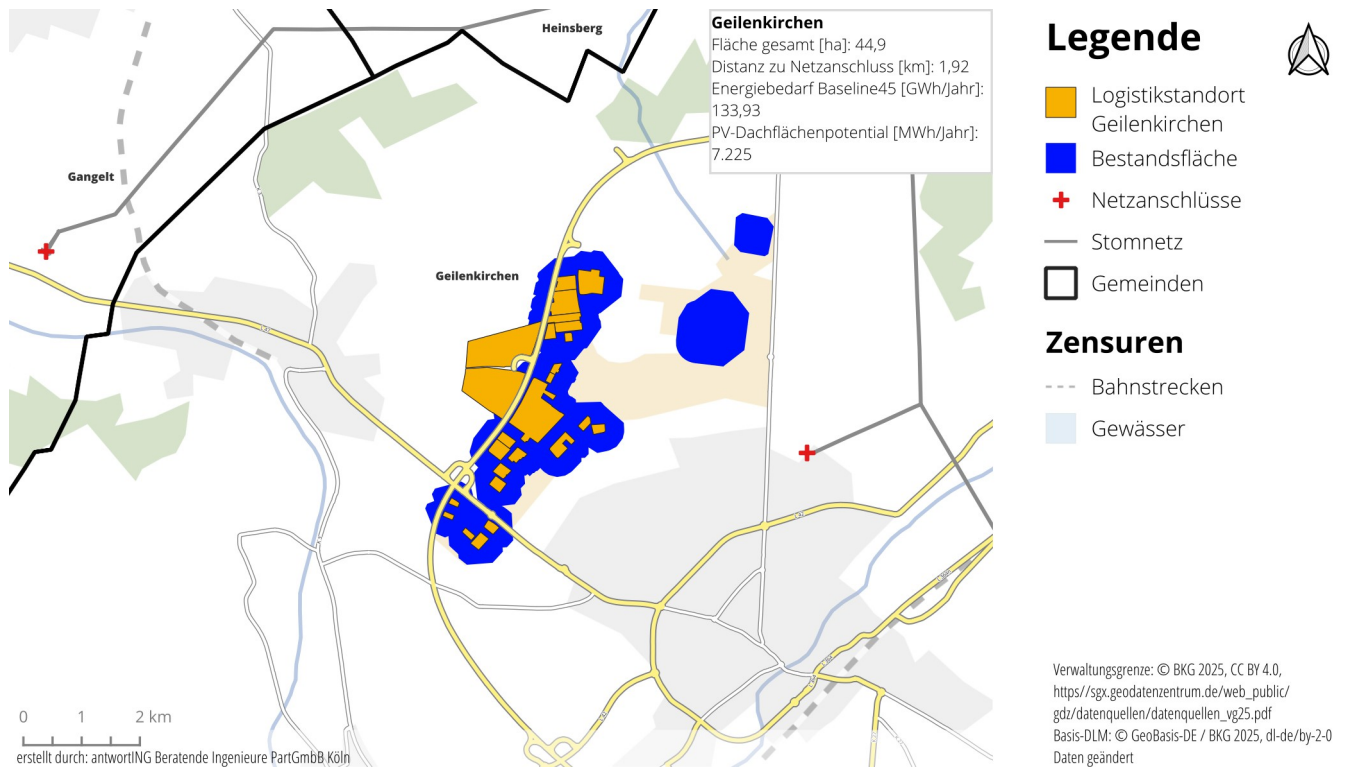


Abbildung 3.22: Detaildarstellung Cluster Nr. 23 Geilenkirchen, nördlich Lindern mit Potenzialflächen, Netzanschluss-Clustern sowie Verteilnetz

die BAB 46 wesentlich geprägt. Unterstellt wird ein Schwerpunkt auf Spedition, Stückgut sowie grenzüberschreitendem Transitverkehr. Die hieraus abgeleitete Verkehrsartenverteilung ist in Tabelle 3.8 dokumentiert.

Der Standort weist mit dem geringsten Energiebedarf, der größten Distanz zum Verteilnetz sowie der geringsten Anzahl alternativer Anschlusspunkte unter den drei betrachteten Clustern die ungünstigste Konstellation auf. Gleichzeitig bietet er aufgrund seiner Lage im Selfkant und der unmittelbaren Nähe zur niederländischen Grenze ein erhebliches grenzüberschreitendes Potenzial für den Güterverkehr zwischen den Logistikregionen Limburg/Maasvlakte und dem Rheinland. Eine Realisierung als depotnahe Ladelösung erscheint insbesondere dann sinnvoll, wenn der Standort im Rahmen einer überregionalen Hub-Strategie weiterentwickelt wird und die längere Erschließungsdistanz durch eine entsprechende Auslastung kompensiert werden kann.

3.4.4 Vergleichende Einordnung

Die drei betrachteten Cluster decken unterschiedliche typologische Ausprägungen ab und bestätigen die in Abschnitt 3.3.3 beschriebenen Zusammenhänge. Cluster Nr. 19 (Euskirchen / Weilerswist) zeigt, dass ein nennenswerter Bestandsflächenanteil unmittelbar in einer höheren Eigendeckungsquote durch Dachflächen-

3 Analysen und Ergebnisse

Photovoltaik resultiert und gleichzeitig logistische Ankerkunden für die Erschließung umliegender Potenzialflächen bereitstellt. Cluster Nr. 20 (Grevenbroich / Rommerskirchen) verdeutlicht das Potenzial einer planerischen Neuausweisung im Strukturwandelraum, in der von Beginn an eine integrierte Auslegung von Logistikfläche, Ladeinfrastruktur und Eigenstromerzeugung möglich ist. Cluster Nr. 23 (Geilenkirchen) zeigt, dass auch Standorte mit ungünstigerer Netzanbindung über eine grenzüberschreitende oder überregionale Funktion eine sinnvolle Erschließung erfahren können, sofern die Auslastungsperspektive dies trägt.

Auf Grundlage der in Tabelle 3.5 formulierten Annahmen sowie der Branchenstruktur der drei in Abschnitt 3.4 vertieft betrachteten Standortvarianten ergibt sich die in Tabelle 3.8 dokumentierte Verteilung der Verkehrsarten. Die zugrundeliegende Branchenzuordnung berücksichtigt im Falle der Bestandsflächen die im Cluster verorteten IHK-Mitgliedsunternehmen. Für die Potenzialflächen wird der zu erwartende Branchenmix anhand der jeweiligen Lage- und Erschließungssituation plausibilisiert.

➔ Siehe Tabelle 3.5 auf Seite 32

➔ Siehe Tabelle 3.8 auf Seite 68

Cluster	Nah- verkehr	Regional- verkehr	Fern- verkehr	Dominanter Branchenmix
Nr. 19 Euskirchen / Weilerswist	rd. 35 %	rd. 45 %	rd. 20 %	Distribution, Lebensmittel, leichte Produktion, KEP
Nr. 20 Grevenbroich / Rommers- kirchen	rd. 20 %	rd. 40 %	rd. 40 %	Großflächige Distribution, industrielle Logistik (Neuausweisung im Strukturwandelraum)
Nr. 23 Geilenkirchen, nördlich Lindern	rd. 15 %	rd. 25 %	rd. 60 %	Spedition, Stückgut, grenzüberschreitender Verkehr (NL)

Tabelle 3.8: Typologische Verteilung der Verkehrsarten je Standortvariante auf Basis der Tabelle 3.5

Die ausgewiesene Verteilung lässt erste Schlussfolgerungen für die Auslegung der jeweiligen Ladelösung zu. Cluster Nr. 19 weist mit einem hohen Nah- und Regionalverkehrsanteil das ausgeprägteste Eignungsprofil für ein depotnahes Laden auf, da entsprechende Fahrzeuge regelmäßig über Nacht oder in den Pausenzeiten am Depot stehen. Cluster Nr. 20 zeigt eine ausgeglichene Verteilung, hier ist eine kombinierte Auslegung aus depotnaher Ladelösung für die Nah- und Regionalverkehrsfahrzeuge sowie ergänzenden Schnellladekapazitäten für den Fernverkehr sinnvoll. Cluster Nr. 23 ist erkennbar fernverkehrsdominiert, eine wirtschaftlich tragfähige Erschließung als reine depotnahe Ladelösung erscheint hier nur bei einer Bündelung mit Schnellladeinfrastruktur am autobahnnahen Korridor sinnvoll. Diese Einschätzung deckt sich mit der in Abschnitt 3.4.3 formulierten Empfehlung, den Standort im Rahmen einer überregionalen Hub-Strategie weiterzuentwickeln.

➔ Siehe Abschnitt 3.4.3 auf Seite 66

3 Analysen und Ergebnisse

Eine Übertragung der typologischen Verteilung aus Tabelle 3.5 auf die übrigen ausgewiesenen Cluster ist auf Basis der vorliegenden IHK-Adressdaten methodisch möglich.

i Cluster in Tabellen 3.6 und 3.7
ab Seite 58

Eine ergänzende qualitative Einordnung liefert das im Projektzeitraum geführte Fachgespräch mit der NEW Niederrhein Energie und Wasser GmbH. Demnach liegen die Realisierungszeiträume für depotnahe Ladeanlagen mit bis zu vier Ladesäulen, die im Mittelspannungsnetz angeschlossen werden, bei rd. einem bis zwei Jahren zwischen Planung und Inbetriebnahme. Für skalierte Hub-Strukturen mit deutlich höherer Anschlussleistung ist nach Einschätzung des Gesprächspartners regelmäßig ein Anschluss auf Hochspannungsebene erforderlich, was sich in entsprechend längeren Vorlaufzeiten für Genehmigung, Trassenplanung und Umsetzung niederschlägt. Übertragen auf die betrachteten Standortvarianten bedeutet dies, dass insbesondere Cluster Nr. 19 mit einer prognostizierten Tagesnachfrage von rd. 578 MWh die typische Schwelle des Mittelspannungsnetzes übersteigt und ein Anschluss auf Hochspannungsebene zu antizipieren ist. Auch Cluster Nr. 20 dürfte bei vollständiger Aktivierung der Potenzialfläche oberhalb der Mittelspannungsschwelle liegen. Cluster Nr. 23 liegt im Szenario **baseline45** mit rd. 246 MWh/Tag im Übergangsbereich. Eine modulare, mit dem tatsächlichen Bedarfshochlauf wachsende Erschließung erscheint hier sinnvoll.

In Summe untermauern die Standortvarianten die Empfehlung, dass die Bewertung der Eignung eines Clusters für eine depotnahe Ladelösung nicht ausschließlich anhand quantitativer Kennzahlen erfolgen darf. Vielmehr sind die jeweiligen siedlungsstrukturellen, regional- und verkehrspolitischen Rahmenbedingungen sowie die Realisierungspfade (Bestandsentwicklung versus Neuausweisung) maßgeblich für die konkrete Ausgestaltung. Die vorliegende Analyse stellt hierzu die belastbare datenseitige Grundlage zur Verfügung. Die endgültige Standortentscheidung bedarf einer Abstimmung der beteiligten Akteure aus Logistik, Flächenentwicklung, Netzbetrieb und Kommunalpolitik.

4 Fazit und Handlungsempfehlungen

Die vorliegende Untersuchung hat die räumlichen, energetischen und infrastrukturellen Voraussetzungen für die Errichtung depotnaher Ladeinfrastruktur im Logistiksektor des Rheinlands systematisch analysiert. Auf Grundlage der vorhandenen logistisch genutzten Flächen sowie der ausgewiesenen Potenzialflächen wurden der zukünftige Energiebedarf in unterschiedlichen Szenarien quantifiziert, das technisch erschließbare PV-Erzeugungspotenzial ermittelt sowie die räumliche Anschlussfähigkeit an das Stromverteilnetz unter Berücksichtigung infrastruktureller Zäsuren bewertet. Aus der Verschneidung dieser Datenbestände wurde eine fachlich belastbare Priorisierung von Flächen und Flächenclustern abgeleitet und für drei Standortvarianten exemplarisch vertieft.

4.1 Kernergebnisse der Untersuchung

Die Auswertung der durchgeführten Analysen führt zu folgenden zentralen Ergebnissen:

- ➔ **Netzanschluss als limitierender Faktor:** Weder die räumliche Flächenverfügbarkeit noch das PV-Erzeugungspotenzial stellen den Engpassfaktor für die Errichtung depotnaher Ladeinfrastruktur dar. Bestimmend für die Eignung eines Standorts ist die räumliche und kapazitive Anschlussfähigkeit an das Stromverteilnetz. Insbesondere die Querung infrastruktureller Zäsuren (Bundesautobahnen, Bahnstrecken, Gewässer) führt zu erheblichen regionalen Unterschieden in den Erschließungsbedingungen. Gleichzeitig zeigt die Auswertung, dass für mehr als 70 % der Energiebedarfe weniger als 4 km und für rd. die Hälfte der Energiebedarfe weniger als 2 km zum nächsten Netzanschluss zurückzulegen sind. Die räumliche Erschließbarkeit ist damit für die Mehrheit der priorisierten Standorte grundsätzlich gegeben. Die Herausforderung liegt überwiegend in den Teilräumen, in denen Zäsuren den direkten Anschlussweg versperren oder die Anschlussleistung kapazitiv ausgeschöpft ist.
- ➔ **Räumliche Konzentration der priorisierten Standorte:** Die im Rahmen der Cluster-Analyse identifizierten 41 Cluster mit einem Potenzial für die Errichtung depotnaher Ladeinfrastruktur konzentrieren sich erkennbar entlang der Bundesautobahnachsen BAB 1, BAB 3, BAB 46, BAB 57 und BAB 61 sowie im

4 Fazit und Handlungsempfehlungen

Rheinischen Revier. Sie umfassen sowohl Bestandsflächen mit ansässigen logistischen Nutzern als auch reine Potenzialflächen. Aus dieser Verteilung ergibt sich eine räumliche Doppelbelastung der Energieinfrastruktur: massive Lastintensivierung in den bestehenden Logistikkernen Köln, Duisburg, Mönchengladbach und Krefeld einerseits, sowie der Aufbau neuer leistungsfähiger Anschlusskapazitäten entlang der westlichen Autobahnachsen BAB 4, BAB 44, BAB 46, BAB 52 und BAB 61 andererseits.

- ➔ **PV-Potenzial annähernd linear zur Fläche:** Das auf Logistikimmobilien identifizierte PV-Erzeugungspotenzial verhält sich aufgrund der weitgehend einheitlichen baulichen Struktur logistisch genutzter Gebäude annähernd linear zur Grundstücksfläche. Bereits auf den heutigen Bestandsimmobilien lässt sich ein erheblicher Teil des prognostizierten Energiebedarfs lokal decken. Eine vollständige Aktivierung dieses Potenzials setzt jedoch eine Adressierung der bekannten Hemmnisse aus dem Mieter-Vermieter-Verhältnis (insb. Hallenmiete ohne Dachflächenrechte) voraus. Bemerkenswert ist hierbei die Verteilung des Potenzials auf die Flächengrößen: Bereits auf Logistikflächen mit einer Brutto-Grundstücksfläche von bis zu einem Hektar lässt sich rd. ein Drittel des gesamten regionalen PV-Potenzials erzeugen. Ein Indiz für die hohe Bedeutung auch kleinerer dezentraler Standorte für die Energiewende im Logistiksektor.
- ➔ **Aktivierungslücke des PV-Potenzials im Bestand:** Während die vorliegende Untersuchung das technisch erschließbare PV-Potenzial auf Logistikimmobilien quantifiziert, zeigen Branchenerhebungen, dass derzeit nur rd. 18 % der Logistikimmobilien deutschlandweit tatsächlich mit PV-Anlagen ausgestattet sind. Selbst bei Großimmobilien jenseits 50.000 m² liegt die Quote bei lediglich rd. 19 %. Als Hemmnisse werden insbesondere die fehlende Netzeinspeisekapazität sowie bürokratische Hürden benannt. Diese Aktivierungslücke macht deutlich, dass die ausgewiesenen Potenziale ohne flankierende Maßnahmen nicht selbsttätig erschlossen werden, sondern eine gezielte förderpolitische und regulatorische Unterstützung erfordern. Konkrete Adressaten für den Abbau dieser Hemmnisse sind die Verteilnetzbetreiber (Bereitstellung und Erweiterung der Netzeinspeisekapazität), die Bundes- und Landesgesetzgeber (Abbau bürokratischer sowie genehmigungs- und planungsrechtlicher Hürden) sowie die Förderpolitik (gezielte Anreize, insbesondere zur Auflösung des Mieter-Vermieter-Hemmnisses bei der Dachflächenbelegung). Hinzu kommt eine ausgeprägte räumliche Schiefe des verbleibenden Versorgungsanteils. In den Teilräumen, deren Anschluss an das Verteilnetz nur über die Querung von Zäsuren möglich ist, steht einem PV-Erzeugungspotenzial von rd. 900 GWh/Jahr eine prognostizierte Energienachfrage von rd. 3.000 GWh/Jahr im Szenario **baseline45** gegenüber. Der Bedarf übersteigt das lokale Erzeugungspotenzial dort um den Faktor 3,5. Eine flächendeckende Aktivierung der Dachpotenziale

4 Fazit und Handlungsempfehlungen

allein reicht zur Deckung der zukünftigen Nachfrage in diesen Räumen nicht aus, ergänzende Lösungspfade sind erforderlich.

- ➔ **Mischcluster mit besonderem Synergiepotenzial:** Die in Abschnitt 3.3.3 identifizierten 147 Mischcluster aus Bestands- und Potenzialflächen umfassen rd. 57 % der gesamten Bestandsfläche und rd. 71 % der Potenzialfläche. Sie bilden den räumlichen Schwerpunkt für die Entwicklung gemeinschaftlich genutzter, gegebenenfalls durch Dritte betriebener Ladelösungen.
- ➔ **Räumliche Eignungsklassifikation in drei Kategorien:** Aus der Verschneidung der Energienachfrage mit der Distanz zum Verteilnetz unter Berücksichtigung von Zäsuren ergibt sich eine fachlich nachvollziehbare Dreigliederung der untersuchten Flächen und Flächencluster. **Präferenzflächen** mit hoher Nachfrage und geringer Netzdistanz, an denen sich die Fixkosten des Netzanschlusses optimal auf die abgenommene Energiemenge verteilen. **Flächen eingeschränkter Eignung** mit zu geringer Nachfrage und/oder erhöhter Distanz, an denen die spezifischen Anschlusskosten je Nachfrageeinheit deutlich steigen sowie **Ausschlussflächen**, deren Distanz zum Verteilnetz 6.000 m überschreitet oder bei denen geografische bzw. infrastrukturelle Barrieren eine wirtschaftlich darstellbare Anbindung verhindern. Für die Ausschlussflächen, an denen auch Microgrid- und Speicherkonzepte keine wirtschaftliche Erschließung ermöglichen, sind als weitere Rückfalloptionen vorzusehen, namentlich die Duldung von HVO 100 als befristete Brückenlösung sowie die priorisierte Genehmigung von Wasserstoff-Betankungsinfrastruktur. Diese Klassifikation bildet den methodischen Anker für die nachfolgenden Handlungsempfehlungen.
- ➔ **Steigerung des Energiebedarfs als Kernherausforderung der Dekarbonisierung:** Über die untersuchten Szenarien ergibt sich eine erhebliche Bandbreite des prognostizierten Energiebedarfs. Während das **Baseline**-Szenario, das den heutigen Bestand abbildet, einen täglichen Energiebedarf von rd. 0,10 GWh/Tag aus dem Verteilnetz ausweist, steigt dieser im Szenario **baseline35** auf rd. 15,46 GWh/Tag und im Szenario **baseline45** auf rd. 24,51 GWh/Tag. Dies stellt eine Zunahme um den Faktor 150 bzw. 240 dar. Diese Größenordnung verdeutlicht die zentrale Bedeutung des depotnahen Ladens für die Dekarbonisierung des Güterverkehrs. Die im Zielszenario **baseline45** prognostizierte jährliche Energienachfrage entspricht rd. 55,8 % der maximalen Jahresproduktion des Braunkohlegroßkraftwerks Weisweiler bzw. dem Stromverbrauch von rd. 2,3 Millionen Haushalten bei einem durchschnittlichen Verbrauch von 3.500 kWh pro Haushalt. Zugleich ist zu berücksichtigen, dass nach Einschätzung der Vorgängerstudie sowie aktueller Branchenerhebungen die überwiegende Mehrheit der Ladevorgänge im Nutzfahrzeug-Segment perspektivisch auf eigenen oder kooperativ genutzten Betriebshöfen stattfinden wird, während das Laden im

4 Fazit und Handlungsempfehlungen

Bundesautobahnnetz primär die langstreckenbasierten Anwendungsfälle des Fernverkehrs abdeckt.

➔ **Erschließungs-Paradoxon der Strukturwandel- und Konversionsflächen:**

Die Untersuchung zeigt, dass eine Reihe der für eine klassische logistische Nutzung weniger idealtypisch gelegenen Flächen gerade aufgrund ihrer planerischen Neuausweisung und ihrer Nähe zu leistungsfähiger Bestandsenergieinfrastruktur eine vergleichsweise einfache Erschließung mit depotnaher Ladeinfrastruktur ermöglichen. Während die klassische Standortabwägung diese Flächen aufgrund ihrer eingeschränkten Lagegunst (Entfernung zum übergeordneten Straßennetz, Nähe zu Wohnnutzungen, planungsrechtliche Komplexität) tendenziell zurückstellt, weisen sie in der energetisch-infrastrukturellen Betrachtung ein überproportional hohes Aktivierungspotenzial auf. Cluster Nr. 20 (Grevenbroich/Rommerskirchen) ist hierfür beispielhaft. Eine integrierte Standortabwägung, die logistische Lagegunst und energetische Erschließbarkeit gleichberechtigt einbezieht, kann daher zu deutlich anderen Standortempfehlungen führen als die klassische ausschließlich verkehrlich orientierte Bewertung.

Einordnung im Kontext der Vorgängerstudie

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung knüpfen unmittelbar an die Studie *Standortfaktor Energienetz — Die Bedeutung der Stromnetzinfrastuktur für das Rheinland* an und führen die dortigen Befunde auf eine räumlich konkrete und logistikspezifische Ebene fort. Während die Vorgängerstudie die strategische Bedeutung der Stromnetzinfrastuktur für die Standortqualität des Rheinlands aus regional-übergreifender Perspektive aufgezeigt hat, ordnet die vorliegende Analyse diese These flächen- und clusterscharf ein und bestätigt sie für den Sektor der depotnahen Ladeinfrastruktur:

Die regionale Heterogenität der Anschlussbedingungen wird durch die vorliegenden Ergebnisse quantitativ unterlegt. Die ermittelten Distanzen zum Verteilnetz, die identifizierten Zäsur-Wirkungen sowie die hieraus abgeleitete Priorisierung der 41 Cluster zeigen, dass die in der Vorgängerstudie postulierte Standortfaktoreigenschaft des Energienetzes mit zunehmender Elektrifizierung des Güterverkehrs an Schärfe gewinnt. Cluster mit ausgeprägter Bestandsstruktur und gleichzeitig hoher Energienachfrage werden ohne aktive Berücksichtigung der Netzanschluss-thematik in der kommunalen und regionalen Planung an Wettbewerbsfähigkeit verlieren, vgl. Abschnitt 3.4.1. Umgekehrt eröffnen sich für Räume mit verfügbaren Potenzialflächen bei gleichzeitig leistungsfähiger Netzanbindung erhebliche Entwicklungschancen, vgl. Abschnitt 3.4.2.

➔ Siehe Abschnitt 3.4.1 auf Seite 63

➔ Siehe Abschnitt 3.4.2 auf Seite 65

4 Fazit und Handlungsempfehlungen

Hervorzuheben ist, dass die im vorliegenden Bericht abgeleiteten Energiebedarfe trotz einer methodisch eigenständigen Herleitung in derselben Größenordnung liegen wie die in der Vorgängerstudie dargestellten Ergebnisse. Diese unabhängige Konvergenz zweier methodisch unterschiedlicher Ansätze stärkt die Belastbarkeit der quantitativen Aussagen beider Untersuchungen und untermauert die regionalen Energiebedarfsszenarien als gesicherte Planungsgrundlage.

4.2 Empfehlungen an Kommunen und Regionalplanung

Den im Untersuchungsgebiet zuständigen Kommunen sowie den Trägern der Regionalplanung kommt für die räumliche Verankerung depotnaher Ladeinfrastruktur eine zentrale Rolle zu. Es wird empfohlen, die nachfolgenden drei Handlungsfelder im kurz- bis mittelfristigen Planungshorizont aufzugreifen.

Frühzeitige Verschränkung von Flächenausweisung und Netzanbindung. Bei der Ausweisung neuer logistischer Flächen sowie bei der Fortschreibung von Flächennutzungs- und Bebauungsplänen ist die Frage der Anschlussfähigkeit an das Verteilnetz frühzeitig, d. h. bereits in der Vorprüfung, in die Standortabwägung einzubeziehen. Die im Rahmen dieses Berichts identifizierten priorisierten Cluster bieten hierfür eine fachliche Orientierungsgrundlage, vgl. Tabellen 3.6 und 3.7). Eine isolierte Flächenausweisung ohne netzseitige Abstimmung birgt das Risiko langfristig nicht erschließbarer Logistikflächen.

➔ Siehe Tabellen 3.6 und 3.7 ab Seite 58

Aktive Begleitung gemeinschaftlich genutzter Ladelösungen. Aufgrund der hohen Relevanz der in Abschnitt 3.3.3 identifizierten Mischcluster wird empfohlen, die Entwicklung gemeinschaftlich genutzter, ggf. durch Dritte betriebener depotnaher Ladelösungen aktiv kommunalpolitisch zu begleiten. Dies umfasst die Moderation zwischen ansässigen Unternehmen, Flächeneigentümern, Ladeinfrastruktur-Betreibern und Verteilnetzbetreibern sowie eine planungsrechtliche Flankierung, die kooperative Erschließungsmodelle ermöglicht.

➔ Siehe Abschnitt 3.3.3 auf Seite 53

Berücksichtigung der Erschließungsperspektive im Regionalplan. Die im Rheinischen Revier sowie entlang der Hauptverkehrsachsen identifizierten Potenzialflächen mit besonderer Eignung für integrierte Logistik- und Ladeinfrastruktur sind in den laufenden Fortschreibungsprozessen des Regionalplans entsprechend zu kennzeichnen, vgl. Abschnitt 3.4. Eine frühzeitige Sicherung dieser Flächen für eine logistisch-energetisch integrierte Nutzung erhöht die Realisierungswahrscheinlichkeit signifikant.

➔ Siehe Abschnitt 3.4 auf Seite 62

4.3 Empfehlungen an die Logistik- und Flächenwirtschaft

Den im Untersuchungsraum ansässigen logistischen Nutzern sowie den Flächeneigentümern und -entwicklern wird empfohlen, die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung als Grundlage für die strategische Auseinandersetzung mit der bevorstehenden Elektrifizierung der eigenen Fahrzeugflotten zu nutzen.

Frühzeitige Klärung der Anschlusssituation am eigenen Standort. Aufgrund der für leistungsfähige Hub-Strukturen typischen Vorlaufzeiten (rd. 1 bis 2 Jahre, bei Hochspannungsebene entsprechend länger) ist eine frühzeitige Abstimmung mit dem zuständigen Verteilnetzbetreiber essenziell. Eine reaktive Planung zum Zeitpunkt der ohnehin anstehenden Flottenumstellung birgt das Risiko erheblicher Realisierungsverzögerungen.

Prüfung kooperativer Erschließungsmodelle. Insbesondere für Standorte mit moderater eigener Nachfrage, aber günstiger Anschlusssituation sowie für Standorte mit hoher Nachfrage, aber begrenzter eigener Flächenkapazität bieten sich kooperative Modelle an, in denen mehrere Nutzer eine gemeinschaftlich genutzte Ladeinfrastruktur tragen. Solche Modelle senken die spezifischen Erschließungskosten, verteilen das Auslastungsrisiko und erleichtern den Zugang zu Förderküssen. Eine Beteiligung an oder Initiierung entsprechender Kooperationen wird empfohlen, sofern die räumliche und betriebliche Konstellation dies ermöglicht.

Aktivierung des verfügbaren PV-Potenzials. Das auf den eigenen Bestandsimmobilien vorhandene PV-Erzeugungspotenzial sollte konsequent aktiviert werden, um den Bezug aus dem Verteilnetz zu reduzieren und damit sowohl die Netzbelastung am eigenen Anschluss als auch die Energiebezugskosten zu senken. Bei vermieteten Logistikimmobilien sind die rechtlichen und vertraglichen Voraussetzungen für die Belegung der Dachflächen frühzeitig zwischen Mieter und Vermieter zu klären. Bestehende Mietvertragsmuster bilden Dachflächenrechte regelmäßig nicht ausreichend ab.

4.4 Empfehlungen an die Verteilnetzbetreiber

Den im Untersuchungsgebiet tätigen Verteilnetzbetreibern wird empfohlen, die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung als ergänzende räumlich-energetische Datenbasis für die eigene Netzentwicklungs- und Investitionsplanung heranzuziehen.

4 Fazit und Handlungsempfehlungen

Aufnahme der priorisierten Cluster in die Netzentwicklungsplanung. Die in den Tabellen 3.6 und 3.7 ausgewiesenen Cluster bilden räumlich konkrete Schwerpunkte zukünftiger Lastnachfrage ab. Eine systematische Berücksichtigung dieser Cluster in der mittelfristigen Netzentwicklungs- und Investitionsplanung ist anzustreben, um Lastspitzen aus der Elektrifizierung des Güterverkehrs vorausschauend einplanen zu können. Dies umfasst insbesondere die vorausschauende Ertüchtigung und, wo erforderlich, die priorisierte Aufrüstung der Umspannwerke und Netzanschlusspunkte in und im Umfeld der priorisierten Cluster, da deren kapazitive Aufnahmefähigkeit über die tatsächliche Anschließbarkeit der Lastschwerpunkte entscheidet.

→ Siehe Tabellen 3.6 und 3.7 ab Seite 58

Schaffung niedrigschwelliger Anfragewege für kooperative Hub-Modelle. Die zunehmende Bedeutung gemeinschaftlich genutzter Ladelösungen erfordert auf Seiten der Verteilnetzbetreiber Anfrage- und Beratungswege, die eine integrierte Betrachtung mehrerer Nutzer an einem gemeinsamen Anschlusspunkt ermöglichen. Die im Fachgespräch dargestellte interne Hub-Planung des angefragten Verteilnetzbetreibers bestätigt die Relevanz dieses Ansatzes. Eine Übertragung auf die übrigen Verteilnetzbetreiber im Untersuchungsraum wird empfohlen.

Aktive Kommunikation der netzseitigen Vorlaufzeiten. Eine transparente Kommunikation der typischen Vorlaufzeiten zwischen Anschlussanfrage und Realisierung, differenziert nach Mittel- und Hochspannungsebene sowie nach Anschlussleistung, erleichtert den potenziellen Hub-Initiatoren die strategische Planung erheblich und reduziert das Risiko unrealistischer Erwartungshaltungen.

4.5 Empfehlungen an die Förderpolitik

Über die in den vorangegangenen Abschnitten formulierten Empfehlungen an die operativen Akteure hinaus zeigt die Untersuchung Handlungsbedarfe auf, die nicht durch das einzelne Unternehmen, die einzelne Kommune oder den einzelnen Verteilnetzbetreiber adressiert werden können, sondern eine förderpolitische Flankierung erfordern. Drei Stoßrichtungen treten hierbei besonders deutlich hervor.

Aktivierung des PV-Potenzials auf Bestandsimmobilien. Der ermittelte Eigenenergiebeitrag aus Photovoltaik kann auf Bestandsflächen bislang nur eingeschränkt aktiviert werden, da der überwiegende Teil der Logistikimmobilien im Mietverhältnis betrieben wird und die Dachflächenrechte regelmäßig nicht Teil

4 Fazit und Handlungsempfehlungen

der Hallenmiete sind. In der Folge fällt die wirtschaftliche Aktivierung weder eindeutig in die Verantwortung des Mieters, noch des Vermieters. Eine förderpolitische Adressierung dieses strukturellen Hemmnisses, etwa über zielgerichtete Anreize für integrierte Mieter-Vermieter-Modelle, ist anzustreben. Über die förderpolitische Flankierung hinaus erfordert die Aktivierung steuer-, energie- und netzrechtliche Anpassungen, die in Abschnitt 4.6 benannt sind. Erst die Aktivierung dieses Potenzials erlaubt es, die ermittelten Eigenerzeugungsbeiträge praktisch zu realisieren und damit den Bezug aus dem Verteilnetz spürbar zu reduzieren.

Regional differenzierte Erschließungsförderung. Die im Untersuchungsgebiet identifizierte Heterogenität der Erschließungsbedingungen führt dazu, dass die spezifischen Anschlusskosten je Cluster erheblich variieren. In besonders stark von Zäsuren betroffenen Räumen drohen wirtschaftlich tragfähige Erschließungsoptionen für depotnahe Ladeinfrastruktur ganz wegzufallen, obwohl die logistische Nachfrage vorhanden ist. Es wird empfohlen, die bestehende Förderkulisse für Ladeinfrastruktur um eine räumlich differenzierte Komponente zu ergänzen, die strukturell benachteiligte Räume zielgerichtet entlastet. Eine pauschale, räumlich undifferenzierte Förderung würde demgegenüber die ohnehin günstig gelegenen Standorte überproportional begünstigen und die regionalen Disparitäten weiter verschärfen.

Größenordnung der angekündigten Bundesförderung. Die im Frühjahr 2026 vom Bundesministerium für Verkehr angekündigte Förderkulisse für depotnahes Laden im Güterverkehr von rd. 600 Mio. Euro über einen Zeitraum bis etwa 2028 stellt bezogen auf den im vorliegenden Bericht ermittelten Investitionsbedarf eine bemerkenswerte, im Detail jedoch räumlich anspruchsvolle Größe dar. Setzt man die spezifischen Kosten eines Verteilnetzanschlusses überschlägig mit rd. 0,5 Mio. Euro/km an, entspricht das angekündigte Fördervolumen rein rechnerisch der Erschließung von rd. 1.200 km Anschlussleitungen. Bezogen auf den Bedarf, der sich aus den 41 priorisierten Clustern allein im Untersuchungsgebiet ergibt, ist diese Mittelausstattung ambitioniert, jedoch grundsätzlich tragfähig. Das setzt voraus, dass die Mittelvergabe der nachgewiesenen räumlichen Heterogenität gerecht wird und benachteiligt nicht jene Räume, in denen die Erschließung aufgrund von Zäsuren überproportional teuer ausfällt.

4.6 Empfehlungen an die Bundes- und Landesgesetzgeber

Die zuvor benannten Handlungsfelder entfalten ihre Wirkung erst dann vollständig, wenn die übergeordneten netzseitigen Rahmenbedingungen entsprechend gesetzt sind. Diese Rahmensetzung liegt in der Verantwortung der Bundes- und Landesgesetzgeber. Aus den Befunden der Untersuchung lassen sich hierfür vier Ansatzpunkte ableiten.

Vorausschauende und bedarfsorientierte Netzentwicklungsplanung. Die netzseitigen Rahmenbedingungen für den Hochlauf der Elektromobilität im Schwerlastverkehr sind stärker vorausschauend und koordiniert auszugestalten. Die im vorliegenden Bericht identifizierten Logistikcluster und Hauptverkehrsachsen weisen konzentrierte Ladebedarfe aus, die in der Weiterentwicklung der regulatorischen Vorgaben des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) und der darauf basierenden Netzentwicklungsplanung frühzeitig zu berücksichtigen sind. Die bislang überwiegend antragsgetriebene Anschluss- und Ausbaupraxis ist um bedarfsorientierte, vorausschauende Planungsansätze zu ergänzen.

Beschleunigung der Genehmigungs- und Planungsverfahren. Die Genehmigungs- und Planungsverfahren für den Ausbau der Verteil- und vorgelagerten Netzebenen sind zu beschleunigen, insbesondere durch Anpassungen im Netzausbaubeschleunigungsgesetz (NABEG) sowie im allgemeinen Planungs- und Genehmigungsrecht. Die in dieser Untersuchung dokumentierten Vorlaufzeiten von rd. ein bis zwei Jahren auf Mittelspannungs- und entsprechend länger auf Hochspannungsebene verdeutlichen, dass die Dauer der Verfahren unmittelbar über die Realisierbarkeit der Flottenelektrifizierung entscheidet.

Überprüfung der Kosten- und Finanzierungsstrukturen für Netzanschlüsse. Die Kosten- und Finanzierungsstrukturen für Netzanschlüsse sind im Rahmen der Anreizregulierung (ARegV) und der Netzentgeltregulierung zu überprüfen, um standortbezogene Einzelbelastungen zu reduzieren. Die in dieser Untersuchung nachgewiesene räumliche Heterogenität der Erschließungsbedingungen führt dazu, dass zäsurbetroffene Räume überproportional hohe spezifische Anschlusskosten tragen. Eine regulatorische Glättung dieser Einzelbelastungen kann verhindern, dass wirtschaftlich tragfähige Erschließungsoptionen allein aufgrund der Lage entfallen.

4 Fazit und Handlungsempfehlungen

Verzahnung von Energie-, Verkehrs- und Flächenplanung. Energie-, Verkehrs- und Flächenplanung sind auf Bundes- und Landesebene stärker zu verzahnen, etwa im Kontext des Bundesverkehrswegeplans und energiepolitischer Ausbaupfade. Eine integrierte Planung erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass die in diesem Bericht identifizierten Potenzialräume gezielt und zeitnah erschlossen werden.

Rahmenbedingungen für die Aktivierung des PV-Potenzials im Bestand Der auf Logistikimmobilien quantifizierte Eigenerzeugungsbeitrag aus Photovoltaik wird auf Bestandsflächen erst dann verbrauchswirksam, wenn ein Bündel aus steuerlicher Behandlung, energierechtlicher Belieferung und Netzanschluss gelöst ist. Für die politische Weiterbearbeitung lassen sich vier Hemmnisfelder mit jeweils zuständigem Hebel unterscheiden:

- ➔ **Mieter-Vermieter-Dilemma (Split Incentive).** Da Dachflächenrechte regelmäßig nicht Teil der Hallenmiete sind, fallen Investition und Nutzen auseinander. Neben den förderpolitischen Anreizen (vgl. Abschnitt 4.5) helfen standardisierte mietvertragliche Regelungen, die die Dachflächenrechte verlässlich zuordnen.
- ➔ **Gewerbsteuerliche erweiterte Kürzung (§ 9 Nr. 1 GewStG).** Bei reinen Grundstücks- und Vermietungsgesellschaften gefährden Erlöse aus PV-Stromlieferung die erweiterte Kürzung des Gewerbeertrags. Die ab Erhebungszeitraum 2023 von 10 auf 20 % der Mieteinnahmen angehobene Unschädlichkeitsgrenze entschärft das Problem, beseitigt es aber nicht.¹ Der Bundesgesetzgeber kann hier ansetzen, indem die Unschädlichkeitsgrenze weiter angehoben oder Erlöse aus PV-Strom von der Schädlichkeit ausgenommen werden.
- ➔ **Lieferung an Mieter (Energerecht).** Die mit dem Solarpaket I eingeführte gemeinschaftliche Gebäudeversorgung und die Ausweitung des Mieterstroms auf gewerbliche Gebäude vereinfachen die Belieferung.² In der Praxis bleiben Mess- und Abrechnungsanforderungen (virtuelle Summenzähler, Smart-Meter-Pflichten, uneinheitliche Vorgaben der rund 870 Verteilnetzbetreiber)³ hinderlich. Erforderlich sind daher bundeseinheitliche und vereinfachte Mess- und Abrechnungsstandards.
- ➔ **Netzeinspeisung und Anschluss.** Fehlende Aufnahmekapazität und fehlende verbindliche Fristen für die Einspeisegenehmigung verzögern die Aktivierung. Erforderlich sind verbindliche Anschluss- und Einspeisefristen seitens Gesetzge-

¹ § 9 Nr. 1 Satz 3 Buchst. b GewStG in der Fassung des Wachstumschancengesetzes vom 27. März 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 108); anwendbar ab Erhebungszeitraum 2023.

² Gemeinschaftliche Gebäudeversorgung nach § 42b EnWG sowie Erweiterung des Mieterstromzuschlags nach § 21 EEG; eingeführt durch das Solarpaket I, in Kraft getreten am 16. Mai 2024. Vgl. BMWK, Hinweispapier "Mieterstrom und Gemeinschaftliche Gebäudeversorgung", 2024.

³ Bundesnetzagentur und Bundeskartellamt, Monitoringbericht 2023: 866 Stromnetzbetreiber.

4 Fazit und Handlungsempfehlungen

ber und Regulierung sowie ein vorausschauender Kapazitätsausbau durch die Verteilnetzbetreiber.

Diese vier Felder bilden die zentralen Ansatzpunkte für die energiepolitische Interessenvertretung, um den ermittelten Eigenerzeugungsbeitrag verbrauchswirksam zu erschließen und den Bezug aus dem Verteilnetz zu reduzieren.

4.7 Lösungspfade bei limitierter Netzkapazität

Die Analyse zeigt, dass für eine Vielzahl der priorisierten Cluster die Netzanschluss-Verfügbarkeit den eigentlichen Engpassfaktor darstellt. Die Flächenverfügbarkeit oder das PV-Erzeugungspotenzial stellen demgegenüber nachgeordnete Faktoren dar. Für Standorte mit hohem prognostizierten Energiebedarf und gleichzeitig grenzwertiger Distanz zum Verteilnetz oder begrenzter Anschlusskapazität bieten Microgrid-Konzepte mit integrierten Batteriespeichern einen tragfähigen Lösungspfad. Durch die zeitliche Glättung der Netzlast und die Pufferung lokal erzeugten PV-Stroms lassen sich sowohl die Anschlussleistung als auch die Erschließungskosten reduzieren.

Über die rein netzentlastende Funktion hinaus bietet ein als Microgrid ausgelegtes Standortkonzept den Vorteil, im Falle übergeordneter Netzstörungen einen abgegrenzten autarken Betrieb der Ladeinfrastruktur zu ermöglichen. Für logistische Knotenpunkte mit hoher Versorgungsrelevanz wird dieser Aspekt der Versorgungssicherheit mit zunehmender Elektrifizierungsquote der Fahrzeugflotten an Bedeutung gewinnen.

Aussagen aus einem Fachgespräch mit der NEW Niederrhein Energie und Wasser GmbH bestätigen, dass entsprechende Pilotprojekte mit Batteriespeichern als netzdienlicher Puffer derzeit in Vorbereitung sind. Eine systematische Verzahnung dieser Pilotansätze mit der Erschließung priorisierter logistischer Standortcluster wird empfohlen, da hierdurch zugleich Erfahrungswerte für eine spätere Skalierung gewonnen werden können.

alternative Antriebspfade in nicht erschließbaren Räumen Für **Ausschlussflächen** sowie stark zäsurbetroffene Räume, in denen ein wirtschaftlich darstellbarer Netzanschluss für depotnahes Laden auch mittels Microgrid- und Speicherkonzepten nicht realisierbar ist, sind weitere Rückfalloptionen sinnvoll. Erstens kann der Einsatz von HVO 100 (paraffinischer Dieseldieselkraftstoff nach DIN EN 15940, in Deutschland seit 2024 in Reinform an der Tankstelle zugelassen) als Brückenlösung geduldet werden. Je nach Rohstoffbasis reduziert dieser die Treibhausgasemissionen gegenüber fossilem Diesel und ist in freigegebenen Bestandsfahrzeugen ohne Umrüstung einsetzbar. Da HVO 100 am Auspuff weiterhin Luftschadstoffe emittiert,

4 Fazit und Handlungsempfehlungen

die Rohstoffverfügbarkeit begrenzt und nachhaltigkeitsabhängig ist sowie höhere Kraftstoffkosten anfallen, ist der Einsatz ausdrücklich als zeitlich befristete Übergangslösung und nicht als Zielarchitektur zu verstehen. Zweitens sollte in diesen Räumen die Genehmigung von Wasserstoff-Betankungsinfrastruktur planungs- und genehmigungsseitig priorisiert werden, um brennstoffzellenbasierte Nutzfahrzeuge dort zu ermöglichen, wo eine batterieelektrische Erschließung an der Netzanbindung scheitert. Adressaten sind hier die Genehmigungsbehörden, die Kommunen sowie die Träger der Regionalplanung.

4.8 Ausblick und Folgeschritte

Die vorliegende Untersuchung schafft eine räumlich-energetische Entscheidungsgrundlage für die Verortung depotnaher Ladeinfrastruktur im Logistiksektor des Rheinlands. Die methodische Aufbereitung der Daten erlaubt eine flexible Weiterverwendung der Ergebnisse durch die im Untersuchungsgebiet tätigen Akteure, etwa für die kommunale Bauleitplanung, die regionale Wirtschaftsförderung sowie die strategische Standortwahl logistischer Nutzer.

Drei Felder bieten sich für eine vertiefende Bearbeitung im Anschluss an die vorliegende Untersuchung an:

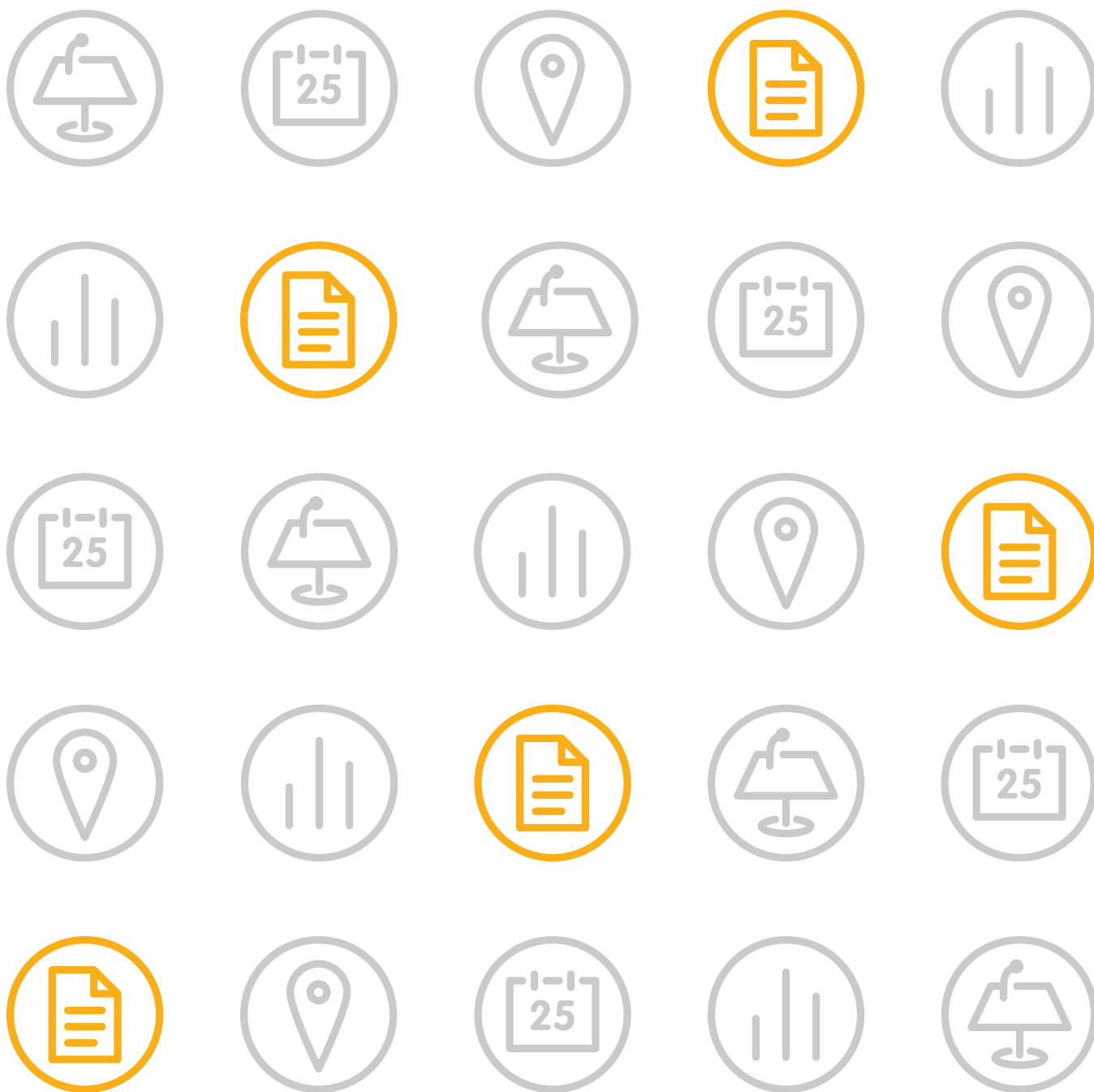
- ➔ Eine **clusterindividuelle Detailbetrachtung** der über die in Abschnitt 3.4 hinausgehenden priorisierten Standorte, einschließlich einer Abstimmung mit den jeweils zuständigen Verteilnetzbetreibern zu standortspezifischen Anschlusskapazitäten.
- ➔ Eine **vertiefte Auseinandersetzung mit den Potenzialen lokaler Energiespeicherung** und Microgrid-Konzepten, insbesondere mit Blick auf die in Abschnitt 4.7 skizzierten Lösungspfade bei limitierter Netzkapazität.
- ➔ Die **Entwicklung einer interaktiven, kartenbasierten Darstellung** der Untersuchungsergebnisse, die eine niedrigschwellige Nutzung durch Kommunen, Logistiker und weitere Stakeholder ermöglicht und die Ergebnisse in bestehende Plattformen der regionalen Wirtschaftsförderung integriert.

Literatur

- Aljohani, Khalid und Russell Thompson (Jan. 2020). „Last mile delivery activities in the city centre – Insights into current practices and characteristics of delivery trips“. In: *Transportation Research Procedia* 46, S. 261–268. DOI: 10 . 1016 / j . trpro . 2020 . 03 . 189.
- AS+P Albert Speer + Partner GmbH (Nov. 2023). *Verkehrliche Kenngrößen großflächiger Logistikimmobilien – Planungsleitfaden*. Techn. Ber. Frankfurt am Main, Deutschland: AS+P Albert Speer + Partner GmbH.
- Bosserhoff, Dietmar (2000). *Integration von Verkehrsplanung und räumlicher Planung. Teil 2: Abschätzung der Verkehrserzeugung durch Vorhaben der Bauleitplanung*. HSW-Schriftenreihe. Wiesbaden: HSW.
- Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) und DSLV Bundesverband Spedition und Logistik e. V. (Dez. 2025). *Marktbefragung zur Anschaffung nachhaltiger Lkw in der Logistik*. Marktbefragung / Technical Report. Stand: 12/2025; in Zusammenarbeit mit dem DSLV Bundesverband Spedition und Logistik e. V. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena).
- Göckeler, Katharina, Inia Steinbach, Wolf Görz, Florian Hacker und Moritz Mottschall (2023). *StratES - Szenarien für die Elektrifizierung des Straßengüterverkehrs*. de. Techn. Ber.
- International Council on Clean Transportation (ICCT) (Aug. 2025). *Real-world use cases for zero-emission trucks*. White Paper. International Council on Clean Transportation (ICCT). URL: <https://theicct.org/publication/real-world-use-cases-for-zero-emission-trucks> (besucht am 16.06.2026).
- Leerkamp, Bert, Andre Thiemermann, Florian Groß, Tim Holthaus, Arwen Jaeger, Theo Janßen, Sören Stock, Florian Oralek, Lukas Janßen, Thomas Siefer, Bernd Sewcyk und Roland Busch (2022). *Güterverkehrsstudie für das Gebiet der Metropolregion Rheinland: Schlussbericht*. Schlussbericht. Metropolregion Rheinland.
- Logistikregion Rheinland e.V. (2025). *Standortfaktor Energienetze: Die Bedeutung der Stromnetzinfrastuktur für das Rheinland*. Studie / Technical Report. Düsseldorf: Logistikregion Rheinland e.V.
- OpenGeodata.NRW / Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (2019). *Gewässerstationierungskarte 3E NRW (Auflage 30.11.2019)*. Geodaten: Fließgewässerlinien der Gewässerstationierungskarte 3E NRW. OpenGeodata.NRW.

Literatur

- P3 Group GmbH (2024). *Total Cost of Ownership of Battery-Electric Heavy Duty Trucks vs. Diesel Trucks*. TCO-Analyse. P3 Group GmbH. URL: <https://www.p3-group.com> (besucht am 16.06.2026).
- Plötz, P. und D. Speth (2021). *Truck Stop Locations in Europe – Final Report*. Techn. Ber. Fraunhofer Institute for Systems und Innovation Research ISI, Karlsruhe.
- Schreiber, Jonathan, Katharina Göckeler und Florian Hacker (2026). *Akzeptanz von E-Lkw in der Logistikbranche*. de. Techn. Ber. URL: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Akzeptanz-von-E-Lkw-in-der-Logistikbranche.pdf>.
- Thiemermann, Andre (2024). *Identified logistics land in the Rhineland Metropolitan region*. de. DOI: 10.57806/DKMD9HK5.
- Thiemermann, Andre und Florian Groß (2024). *Logistikflächenpotenziale in der Metropolregion Rheinland*. de. DOI: 10.57806/BN1SM22G.
- Veres-Homm, Uwe und Nathalie Weber (2019). *Logistikimmobilien. Dreh- und Angelpunkte der Supply Chain*. Hrsg. von Initiative Logistikimmobilien Logix GmbH.
- Veres-Homm, Uwe, Annemarie Wojtech und Falk Richter (2019). *Regional konsolidierte Gewerbeflächenentwicklung (RekonGent)*. Report.
- Wagner, Tina (2009). *Verkehrswirkungen von Logistikansiedlungen: Abschätzung und regionalplanerische Bewertung*. Zugl.: Hamburg-Harburg, Techn. Univ., Institut für Verkehrsplanung und Logistik, Diss., 2009. Hamburg, Münster.



antwortING

Beratende Ingenieure PartGmbH

Rosenstraße 40-46
50678 Köln

0221 337787-0
info@antwortING.de

antwortING
BERATENDE INGENIEURE