INSTITUT VERKEHR UND RAUM der Fachhochschule Erfurt

FACHHOCHSCHULE ERFURT UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Kombinationsoptionen von stationärem und dynamischem (Oberleitungs-)Laden für den elektrischen Straßengüterverkehr

Prof. Dr. Matthias Gather, Prof. Dr.-Ing. Michael Lehmann

Leon Kiefer, Mats Werchohlad

Agenda

- Modellierung eines elektrischen Straßenferngüterverkehrs
- Basis-Szenario 100% B-Lkw
  - Parameter Trendszenarien
  - Ergebnisse und kritische Einordnung
  - Stellplatzthematik
- Kombinationsszenarien mit OL-Systemen
- Diskussion/Anmerkungen

Vorstellung des Verkehrsmodells

Grundlagen des Verkehrsmodells

Makroskopisches Verkehrsmodell zu Lkw-Fahrten im Jahr 2030

Streckennetz:

- **Innerdeutsches Fernstraßennetz: 116.000 km**
  (+ Europäisches Fernstraßennetz: 454.000 km)

Raumstruktur (analog Verkehrsverflechtungsprognose(VVP)):

- **Deutschland: 412 Landkreise und kreisfreie Städte**
  (+ Europa: Ländergrenzen, Verwaltungsgebiete)
- **+ Seehäfen: 36 wichtigsten in Europa**

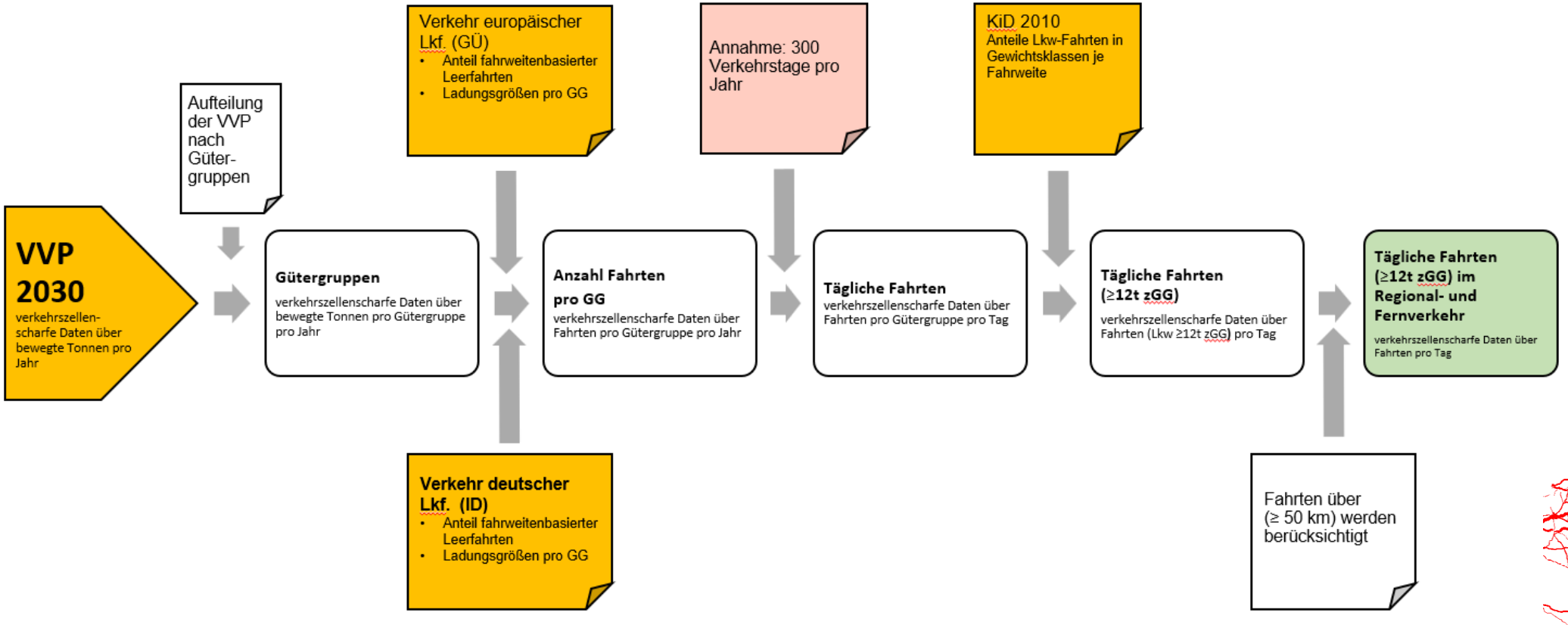
Verkehrsnachfrage (VVP 2030):

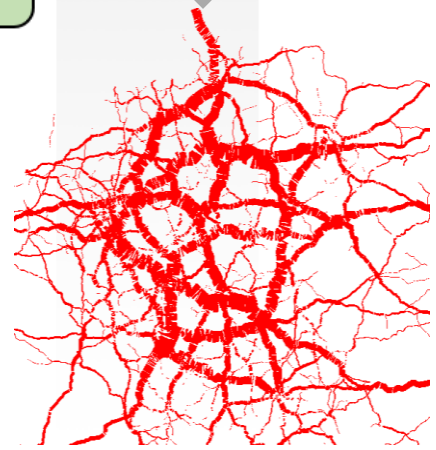
- **Territorialprinzip (jeglicher Verkehr der in Deutschland stattfindet)**
- **Daten zu Güterbewegungen zwischen den Verkehrszellen (in Tonnen)**

Verkehrszellen des Modells D

⇨ Umrechnung in Lkw-Fahrten

Modellierungsschritte Tonnen → Lkw-Fahrten





Lkw-Fahrten 2030 (>12t und >50km)

Basis-Szenario 100% B-Lkw

Festlegung und Berechnung

Betrachtung eines hypothetischen Endzustands: 100% batterieelektrisch mit stationärem Laden

Berechnung der erforderlichen Ladeinfrastruktur über:

- **Gesamtenergiebedarf des Straßengüterfernverkehrs**
- **Anteil der Ladevorgänge im überörtlichen Straßennetz**
- **Verteilung nach Ladeart (HLL/NLL)**
- **Fahrweiten zwischen Ladevorgängen / Häufigkeit**
- **Anzahl an Ladevorgängen pro Ladepunkt (Belegungshäufigkeit)**

$$Anzahl\ LP(pro\ Ladeart) = \frac{Gesamtenergiebedarf * Anteil\ an\ Gesamtenergiebedarf}{(Fahrtweite\ zwischen\ Ladevorgaengen * Verbrauch) * Belegungshaeufigkeit\ pro\ LP}$$

Übersicht

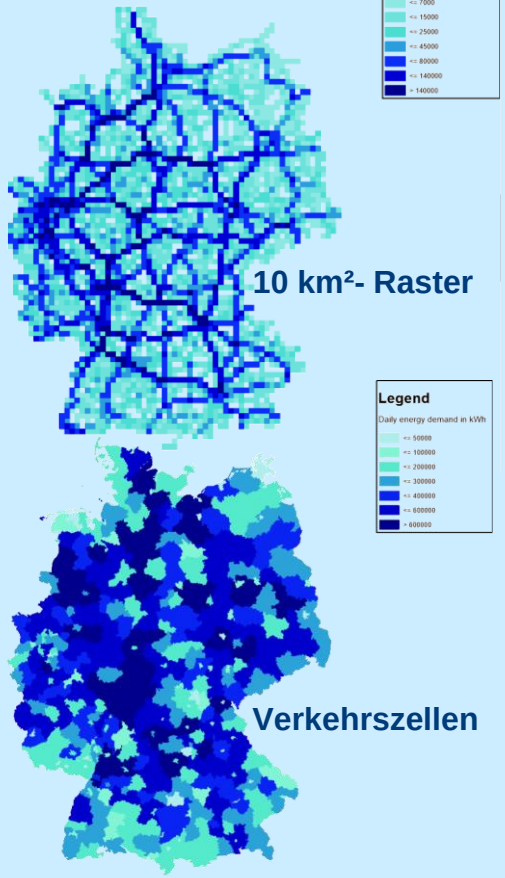
INSTITUT VERKEHR UND RAUM der Fachhochschule Erfurt

FACHHOCHSCHULE ERFURT UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Verkehrsstärken 2030

Anzahl der Fahrten 2030

Energiebedarf



P-S-Ladeinfrastruktur

Erste Betrachtung zur Plausibilisierung:

Oberes Trendszenario:
Maximale Anzahl an öffentlichen Ladepunkten

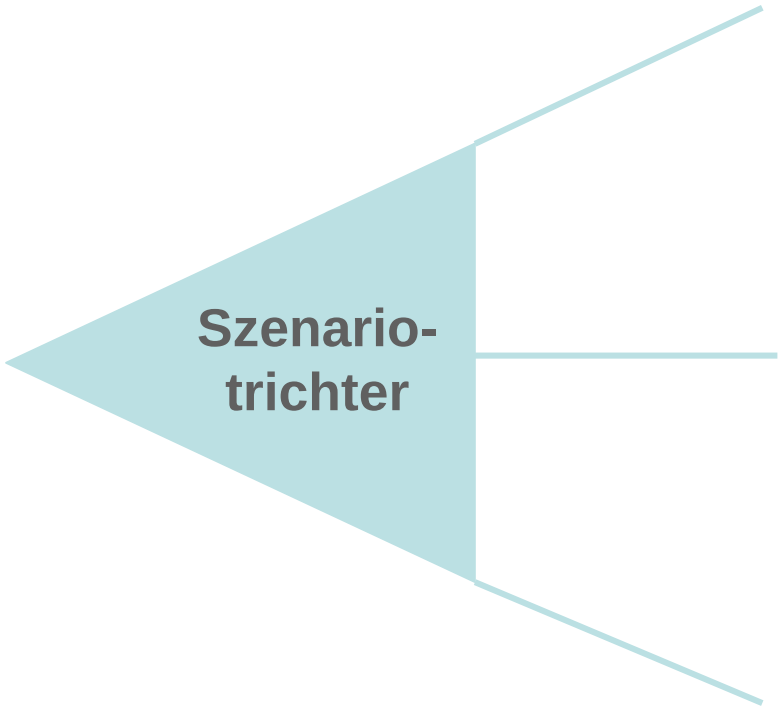
Mittleres Trendszenario :
Mittlere Anzahl an öffentlichen Ladepunkten

Unteres Trendszenario :
Minimale Anzahl an öffentlichen Ladepunkten

Einflussgrößen:

- Anteil am Gesamtenergiebedarf
- Nutzungshäufigkeit
- Fahrtweite zwischen Ladevorgängen
- Weitere

Trendszenarien P-S-LI



Oberes Trendszenario

	Depot	Destination	NLL	HLL
Anteil an Gesamtenergiebedarf	60%		12%	28%
Fahrtweite zwischen Ladevorgängen	250 km			
Verbrauch	1,3 kWh/km			
Belegungshäufigkeit pro Tag	-		0.8	10

Mittleres Trendszenario

	Depot	Destination	NLL	HLL
Anteil an Gesamtenergiebedarf	65%		10,5%	24,5%
Fahrtweite zwischen Ladevorgängen	300 km			
Verbrauch	1,3 kWh/km			
Belegungshäufigkeit pro Tag	-		1.0	12

Unteres Trendszenario

	Depot	Destination	NLL	HLL
Anteil an Gesamtenergiebedarf	70%		9%	21%
Fahrtweite zwischen Ladevorgängen	350 km			
Verbrauch	1,3 kWh/km			
Belegungshäufigkeit pro Tag	-		1.2	14

Parameter bewusst so gewählt, dass die Grenzen des Trichters abgebildet werden. Bereits kleine Unterschiede pro Parameter führen zu deutlichen Unterschieden im Ergebnis.

Ergebnisse: Anzahl Ladepunkte

Mittleres Trendszenario :

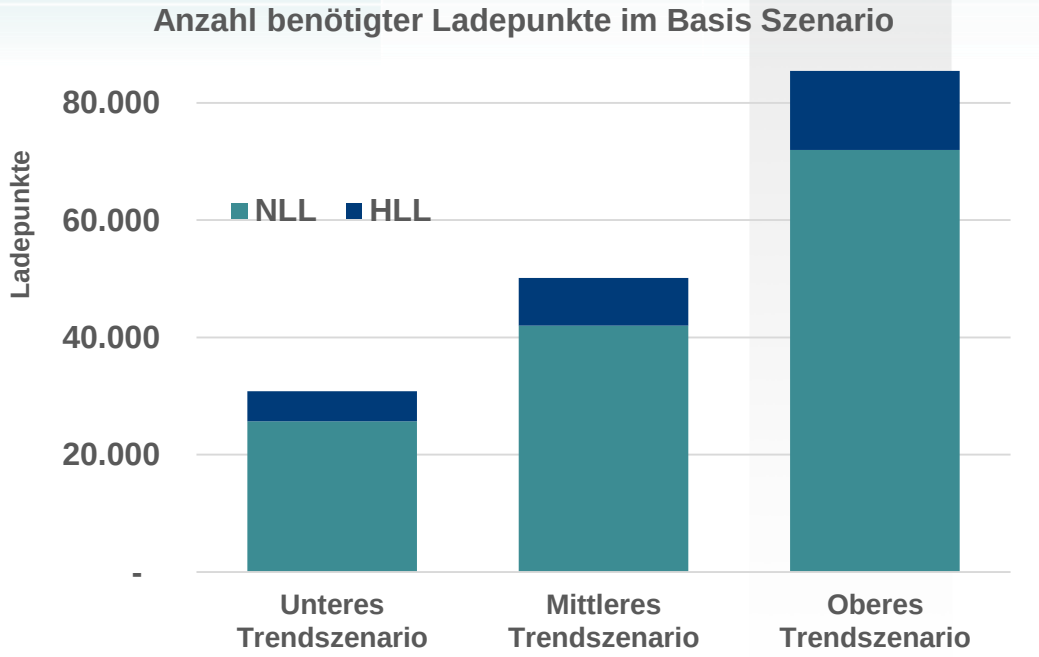
- **Insgesamt ca. 50.000 Ladepunkte**

Spannweite zwischen den potenziellen Entwicklungspfaden

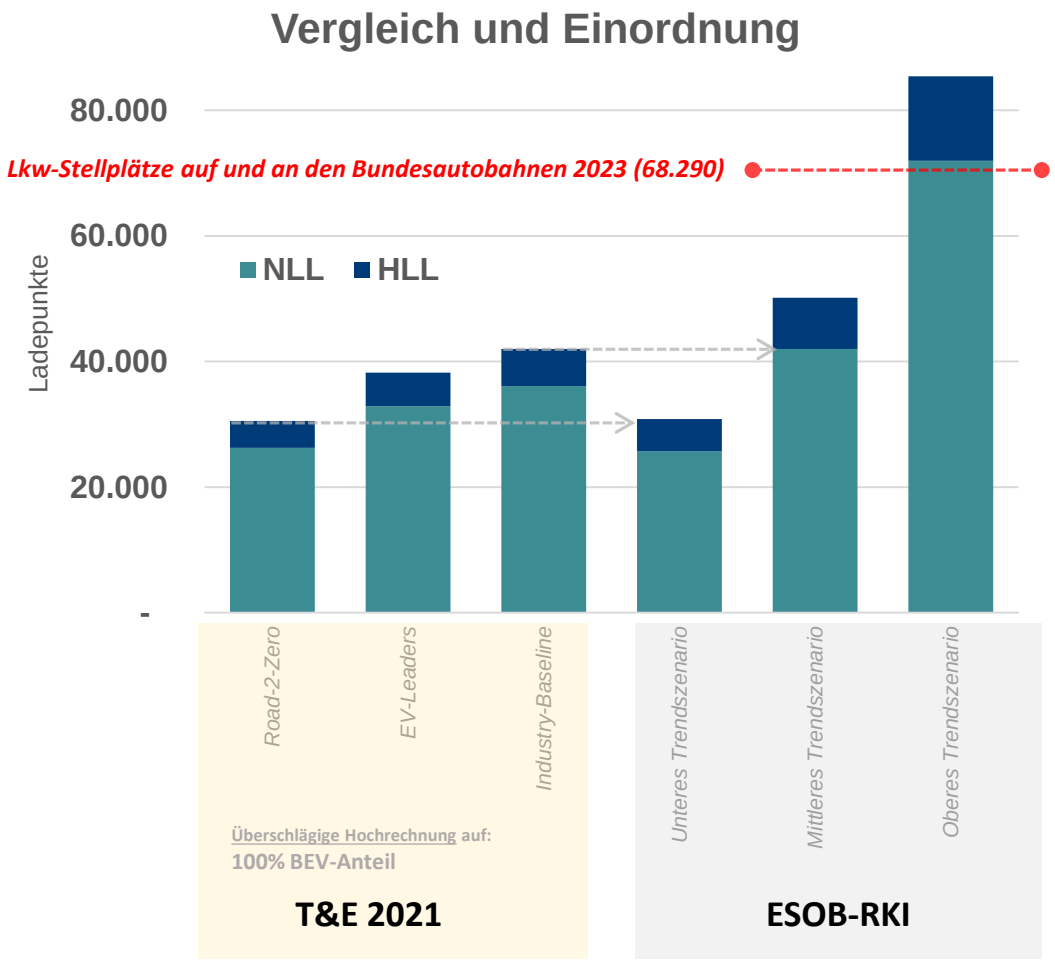
- **NLL-LP:** Faktor 0,61 zum Unteren
  Faktor 1,71 zum Oberen
- **HLL-LP:** Faktor 0,62 zum Unteren
  Faktor 1,64 zum Oberen

Auf Basis des mittleren Trendszenarios werden die weiteren Analysen vorgenommen.

	NLL-Ladpunkte in D	HLL-Ladepunkte in D
Unteres Trendszenario	25.708	5.142
Mittleres Trendszenario	41.989	8.165
Oberes Trendszenario	71.982	13.437

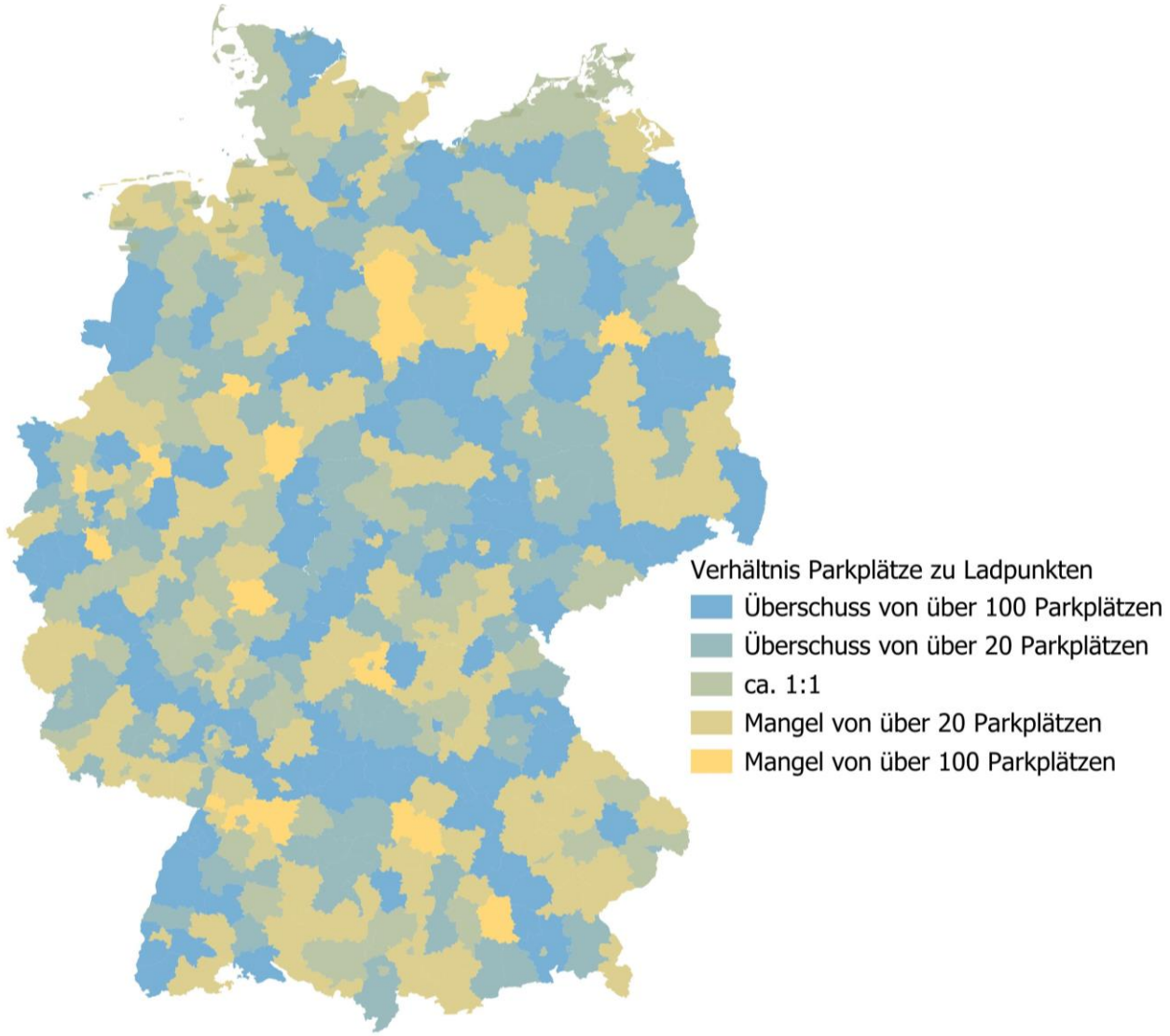


Einordnung



- **Grundsätzlich sehr schwierig, da bisher in fast keiner Studie 100% B-Lkw betrachtet worden sind.**
- **Vergleich mit Transport & Environment (2021): Ergebnisse im unteren Korridor**
- **ABER: T&E betrachtet ausschließlich den Fernverkehr im TEN-T Netz (Grundlage ist ein 30.000 km Streckennetz für Europa)**

Ergebnisse: FHE Mittleres Trendszenario



Annahmen mittleres Szenario

	Depot	Destination	NLL	HLL
Anteil an Gesamtenergiebedarf	65%		10,5%	24,5%
Fahrtweite zwischen Ladevorgängen	300 km			
Verbrauch	1,3 kWh/km			
Belegungshäufigkeit pro Tag	-		1.0	12

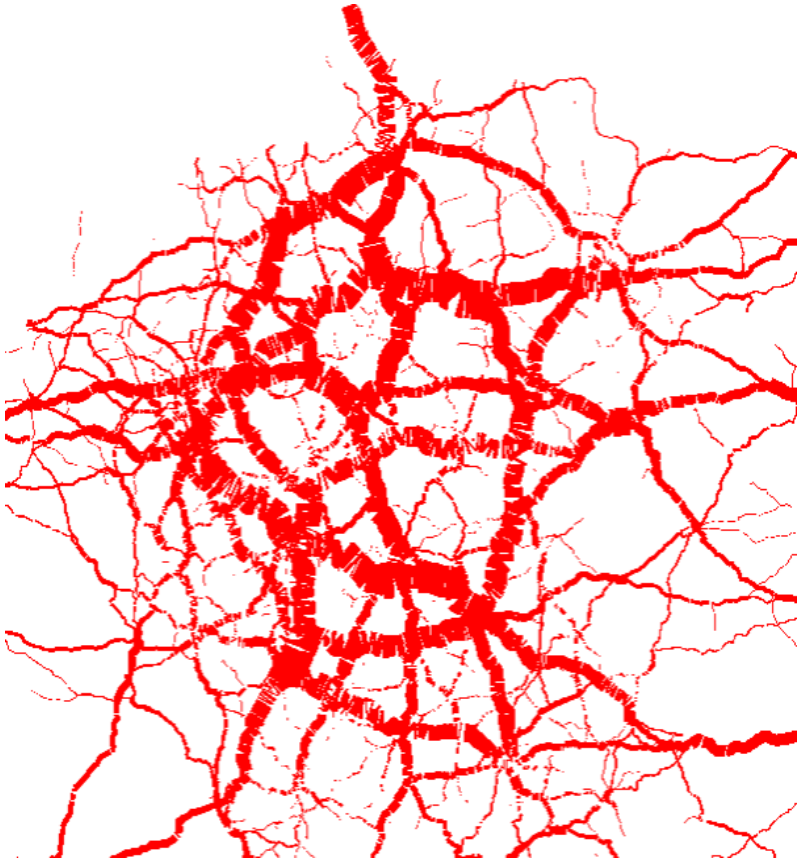
- **50.154 von 64.480 Lkw-Parkplätze mit Ladepunkten ausgestattet**
- **Engpässe (über 20 fehlenden Stellflächen pro Bezirk) in über einem Drittel aller Bezirke**

Hypothetische Annahme: Ladepunkt zu Stellplatz im 1:1 Verhältnis

Kombinationsszenarien mit OL-Systemen

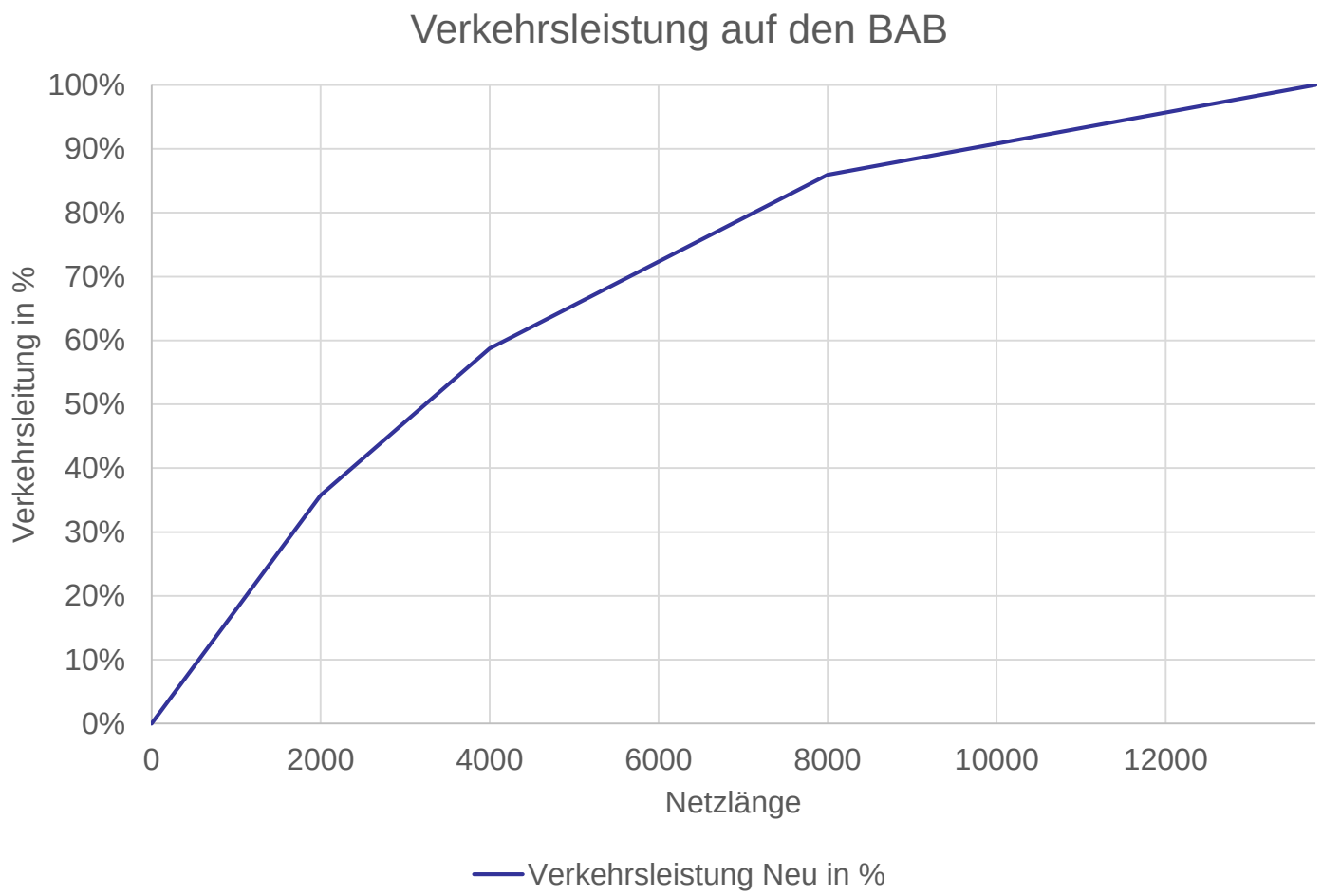
Güterverkehrsbelastung im F-Netz

Truck Journeys 2030 (>12t and >50km) between ca. 500 traffic cells



Trucks 2030 (>12t and >50km) per day and intersection

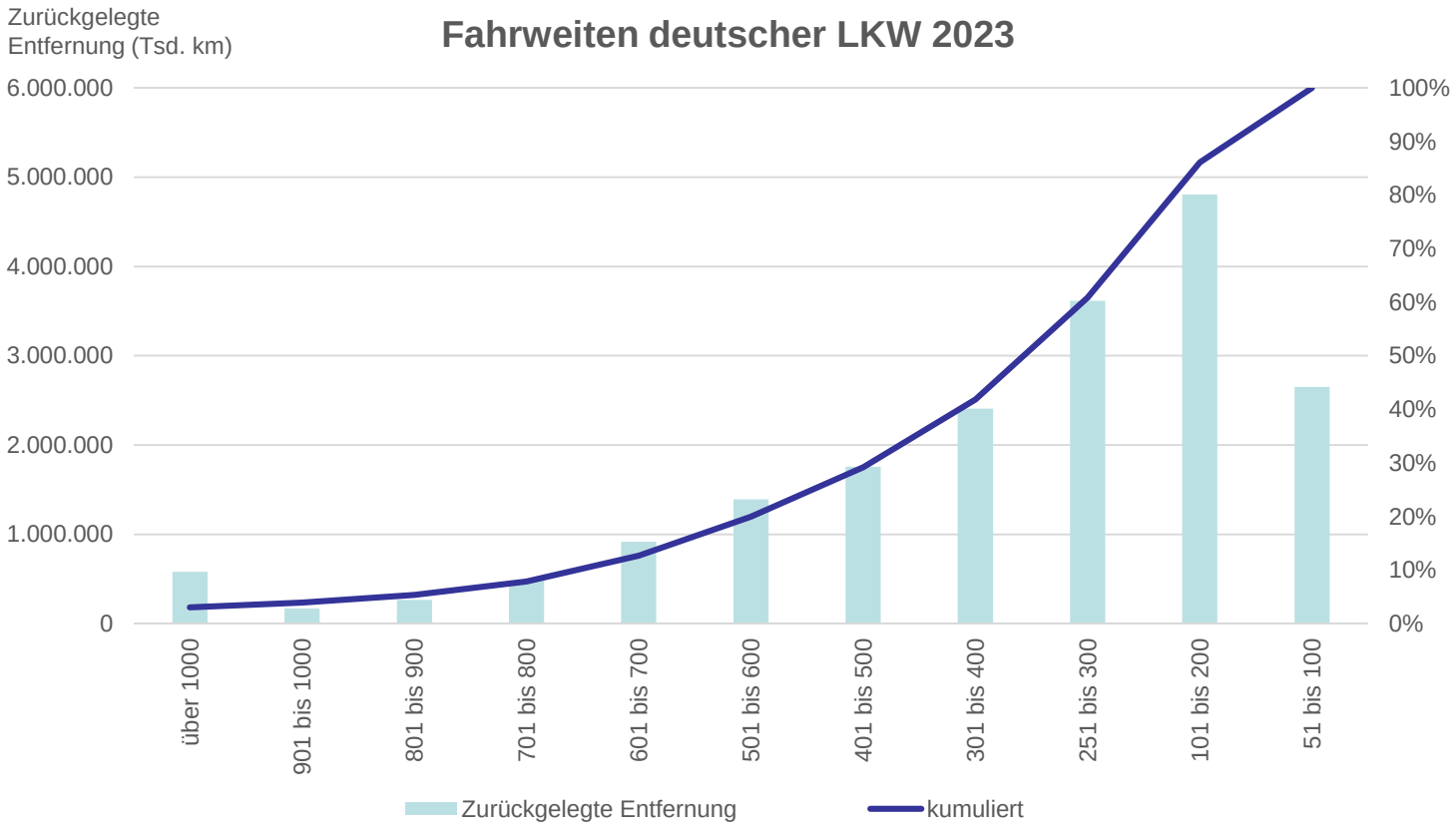
Güterverkehrsleistung auf BAB

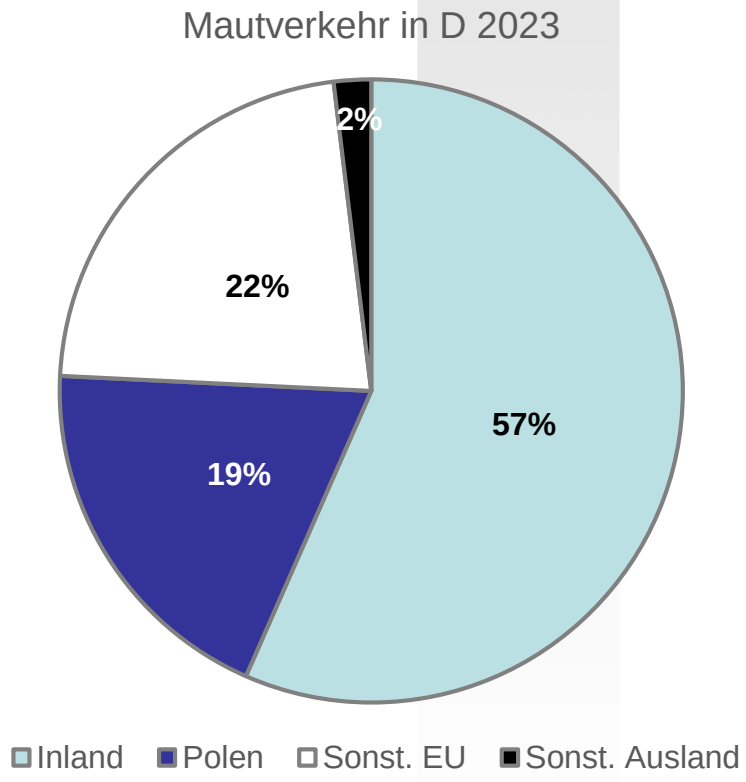


	Länge (km)	(Fzg.-km)
Bundesstraßen	44.139	26.669.689
BAB 2000 km Netz	2.000	33.219.312
BAB 4000 km Netz	4.000	54.601.793
BAB 8000 km Netz	8.000	79.872.654
BAB gesamt	13.771	92.929.893
Bundesfernsstraßen	57.941	119.599.582

Quelle: eigene Modellierungen

Fahrweiten deutscher LKW 2023



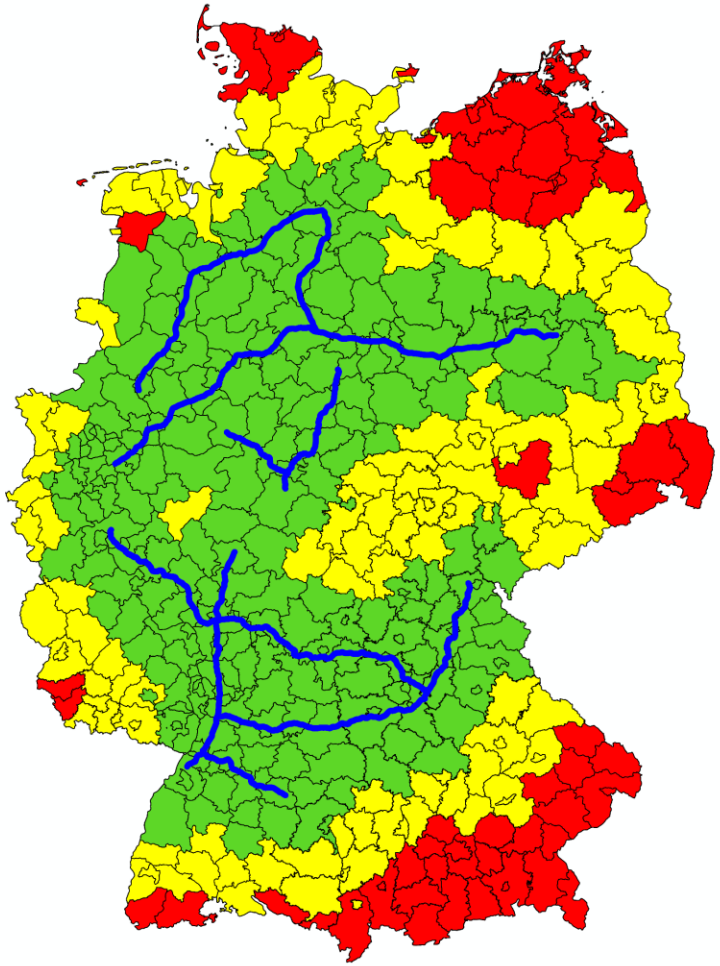


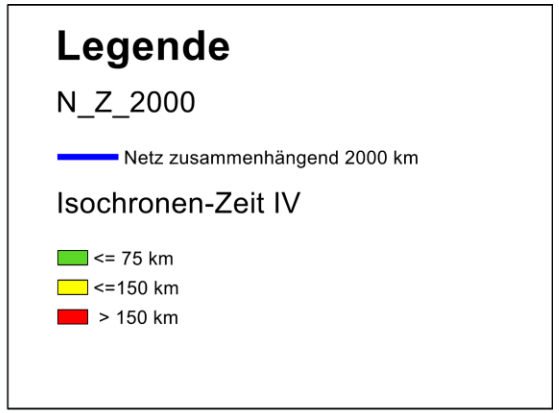
Quelle: KBA 2024; BALM 2024

Übersicht der Kombinationsszenarien

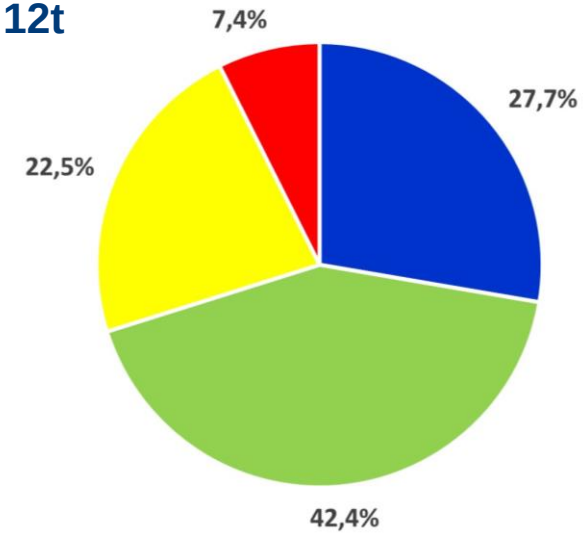
1. Maximierung der Nachfrage
    1. Szenario 1: 2.000 km ERS
    2. Szenario 2: 4.000 km ERS
2. Maximierung der Erreichbarkeit
    1. Szenario 3: 2.000 km ERS flächendeckend in 20 km Abschnitten
    2. Szenario 4: 3.000 km ERS flächendeckend in 20 km Abschnitten

SZ 1: 2.000 km zusammenhängend

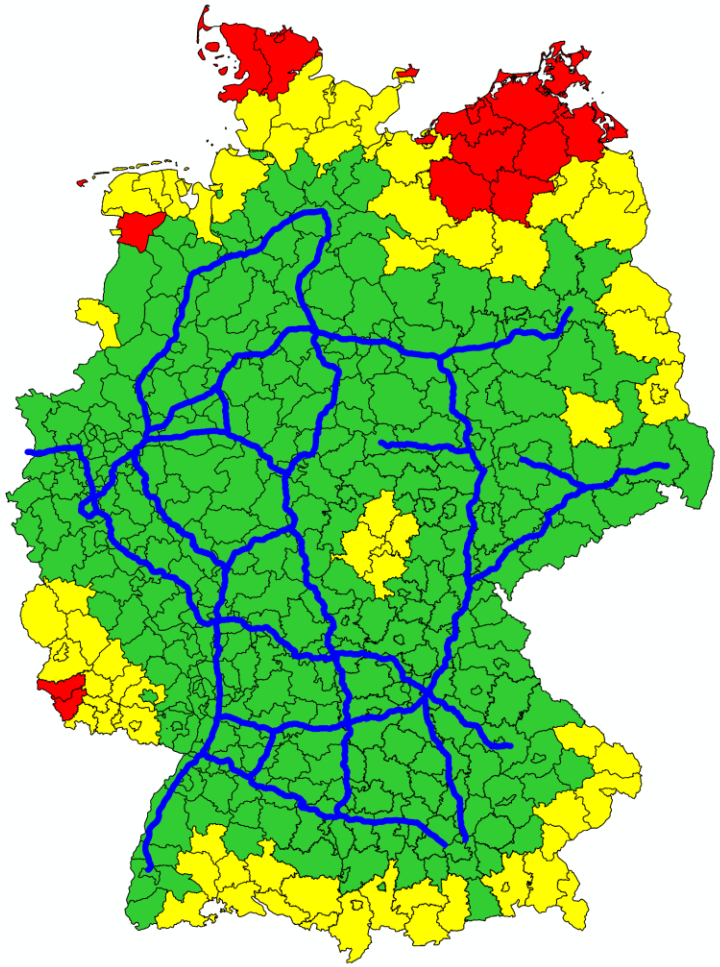




Anteile an der Gesamtverkehrsleistung LKW > 12t



SZ 4: 4.000 km zusammenhängend



Legende

N_Z_4000

Netz zusammenhängend 4000 km

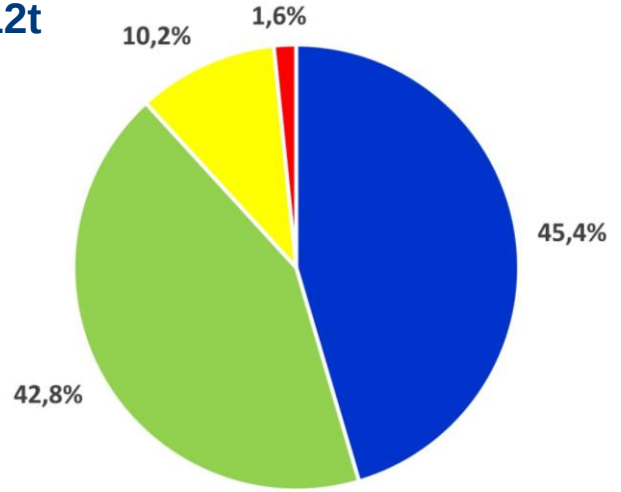
Isochronen-Zeit IV

<= 75 km

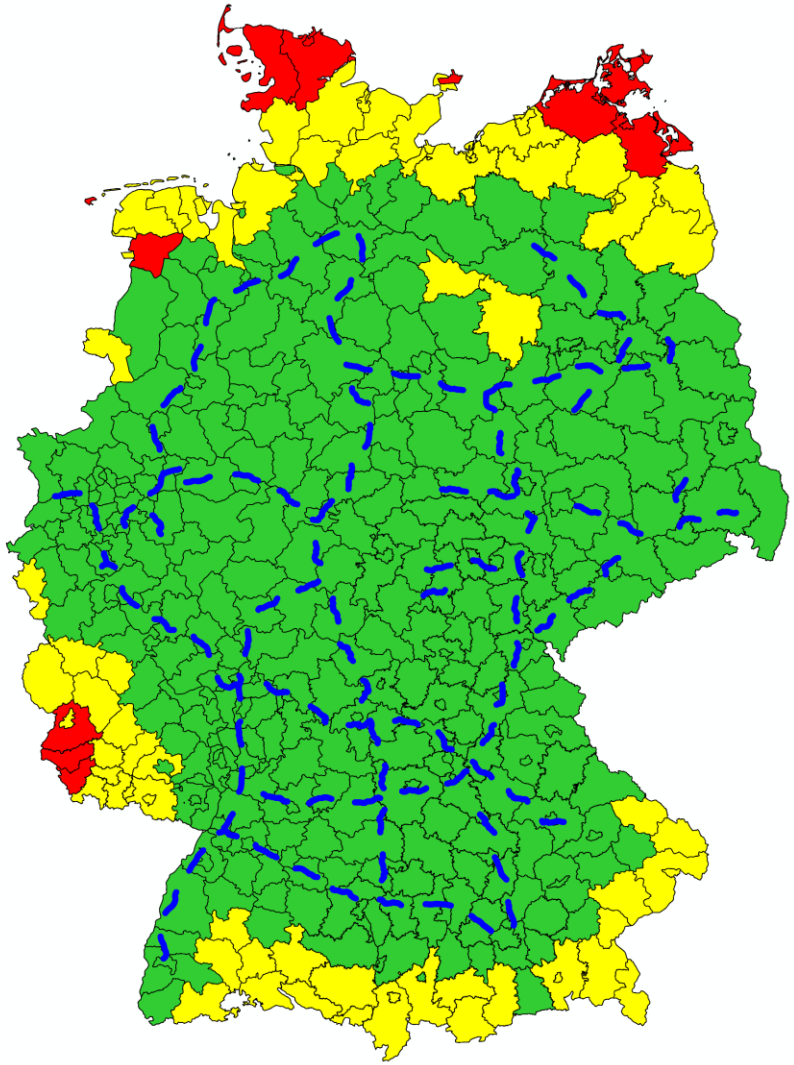
<= 150 km

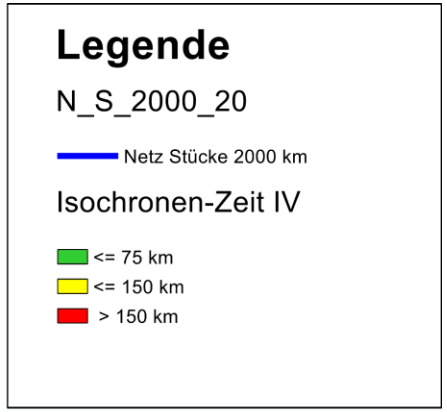
> 150 km

Anteile an der Gesamtverkehrsleistung LKW > 12t

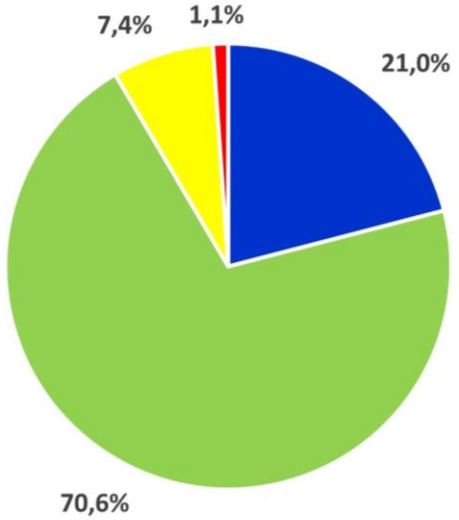


SZ 2: 2.000 km abschnittsweise flächendeckend

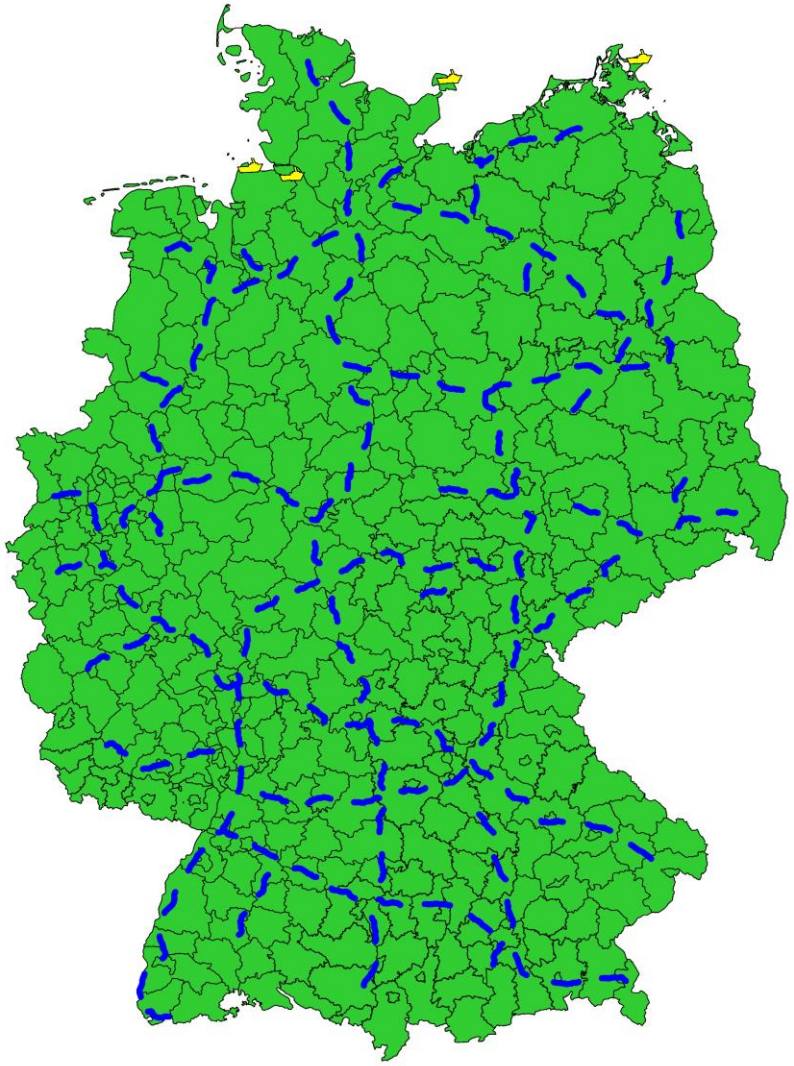


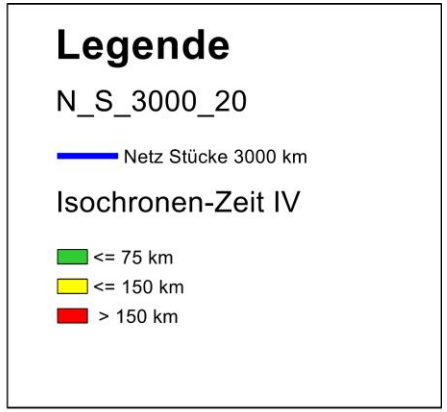


Anteile an der Gesamtverkehrsleistung LKW > 12t

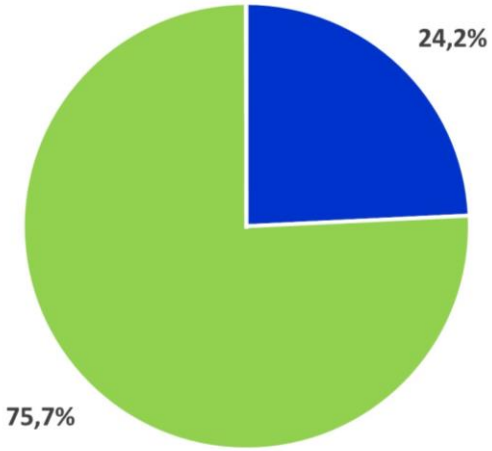


SZ 3: 3.000 km abschnittsweise flächendeckend

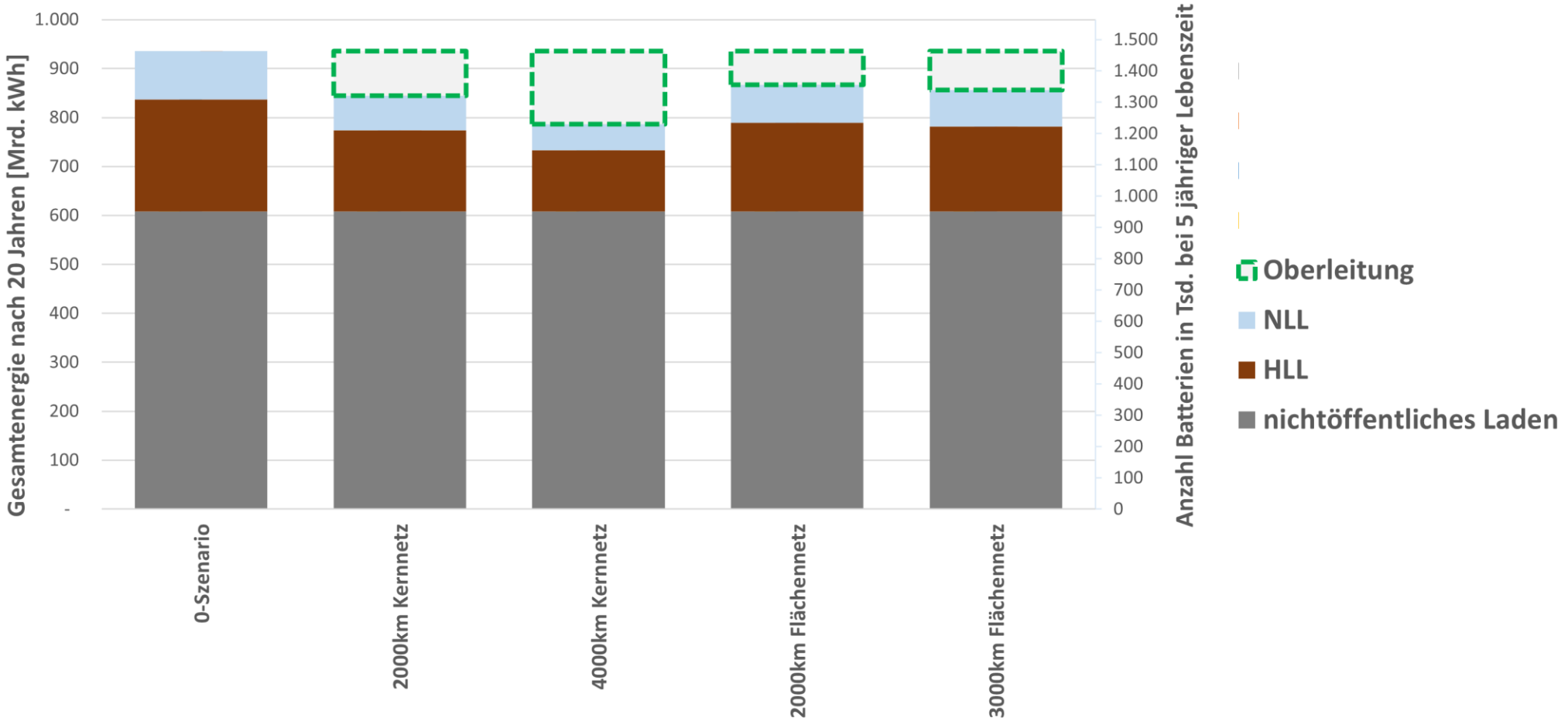




Anteile an der Gesamtverkehrsleistung LKW > 12t



Gesamtbetrachtung über 20 Jahre



Zwischenfazit

- **Ein vollständig elektrifizierter Straßengüterfernverkehr wird einen jährlichen Energiebedarf von rd. 47 TWh (= rd. 160 GWh/Tag) haben.**
- **Die öffentliche Ladeinfrastruktur an Bundesfernstraßen für diesen Energiebedarf wird etwa 50.000 Ladepunkte erfordern.**
- **Die dafür erforderlichen Stellflächen stehen in über 1/3 der Verkehrsbezirke derzeit nicht zur Verfügung.**
- **Mit 2.000 km Oberleitung können über 25% des Straßengüterverkehrs direkt elektrisch (zzgl. Zwischenspeicherung!) versorgt werden. Damit sinkt der Ladebedarf und die Batterielebensdauer erhöht sich entsprechend.**
- **Mit 3.000 km abschnittweiser Oberleitung können über 99% des Bundesgebietes innerhalb von 75 km erreicht werden. Damit ist der flächendeckende Einsatz kleinerer Batterien möglich.**

INSTITUT VERKEHR UND RAUM
der Fachhochschule Erfurt

Forschung • Anwendung • Wissenstransfer

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Prof. Dr. Matthias Gather
Verkehrspolitik und Raumplanung

Institut Verkehr und Raum
Fak. Wirtschaft-Logistik-Verkehr
Fachhochschule Erfurt
Altonaer Str. 25, D-99085 Erfurt
Tel. +49 (361) 6700 - 758
www.verkehr-und-raum.de