

INNOVATION VON DIENSTLEISTUNGEN IM SCHIENENGÜTERVERKEHR

Prof. Dr. Gernot Liedtke
komm. Leiter DLR-Institut für Verkehrsforschung,
Fachgebietsleiter Wirtschaftsverkehr TU Berlin

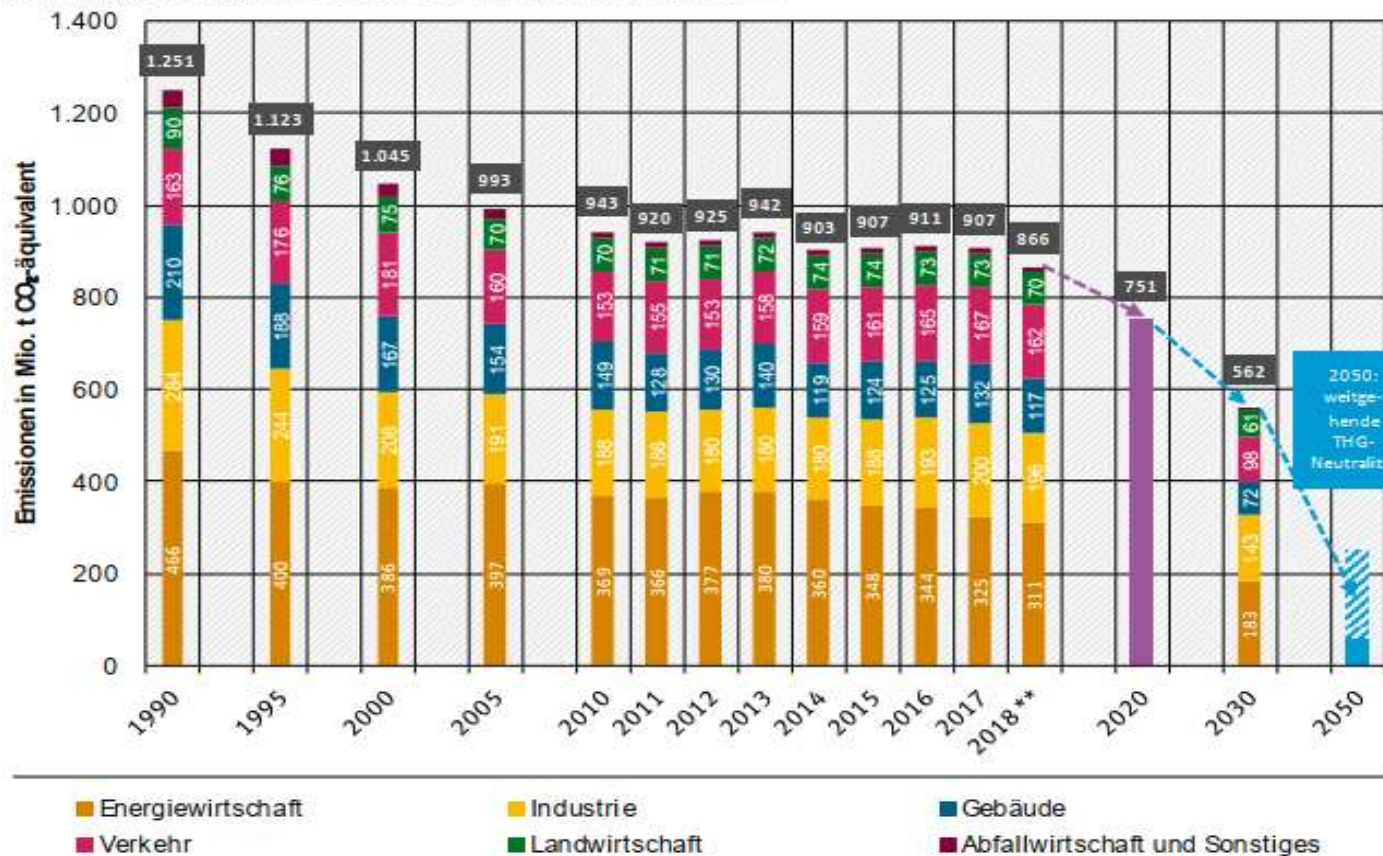


Bedeutung des Verkehrs für den Klimaschutz



Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland

in der Abgrenzung der Sektoren des Klimaschutzplans 2050*



* Die Aufteilung der Emissionen weicht von der UN-Berichterstattung ab, die Gesamtemissionen sind identisch

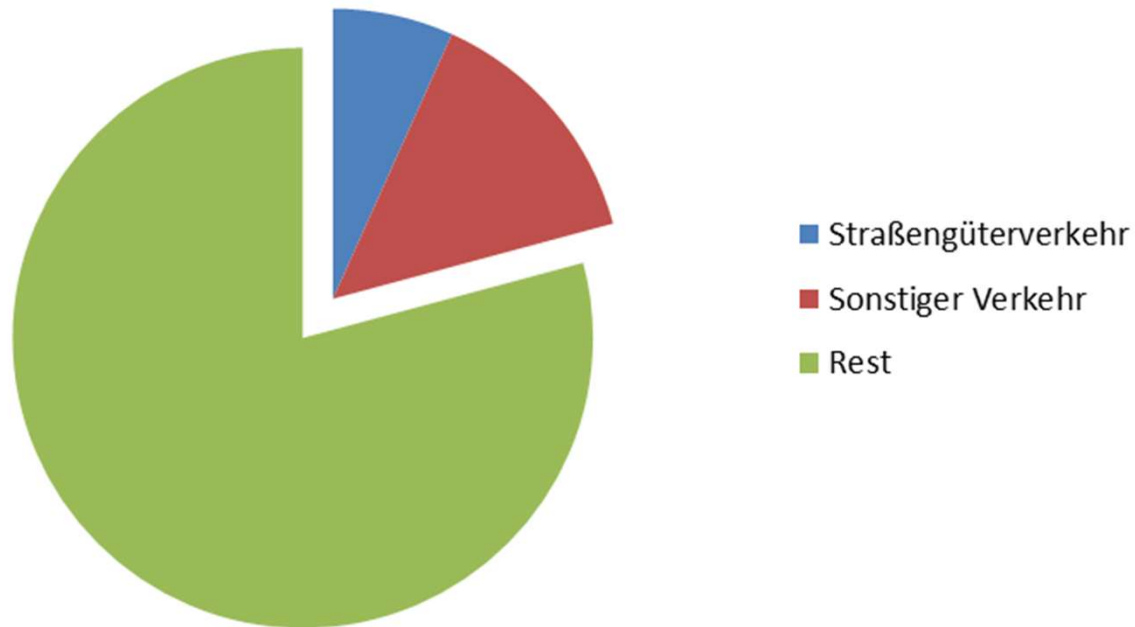
** Schätzung

Quelle: Umweltbundesamt 04.04.2019

Bedeutung des Güterverkehrs für den Klimaschutz



Anteile an den CO₂ Emissionen

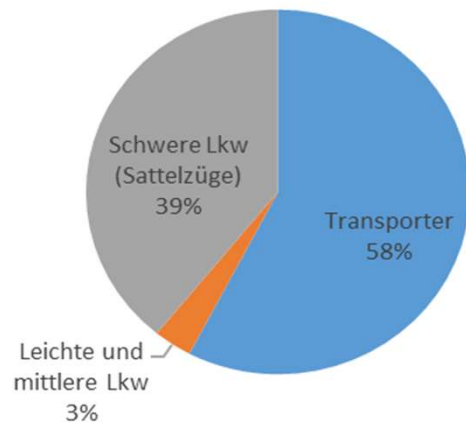


Quelle: eigene Abbildung, eigene Berechnungen

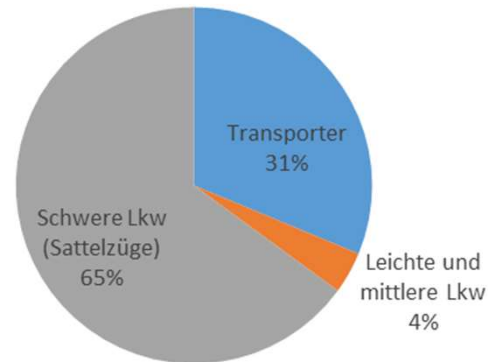
zu beachten: untere Schranke!

Antriebswende im Güterverkehr

Güterverkehr auf der Straße
Fahrleistung nach Lkw Typen



Güterverkehr auf der Straße
Dieselverbrauch nach Lkw Typen



Quelle: eigene Abbildung, eigene Berechnungen

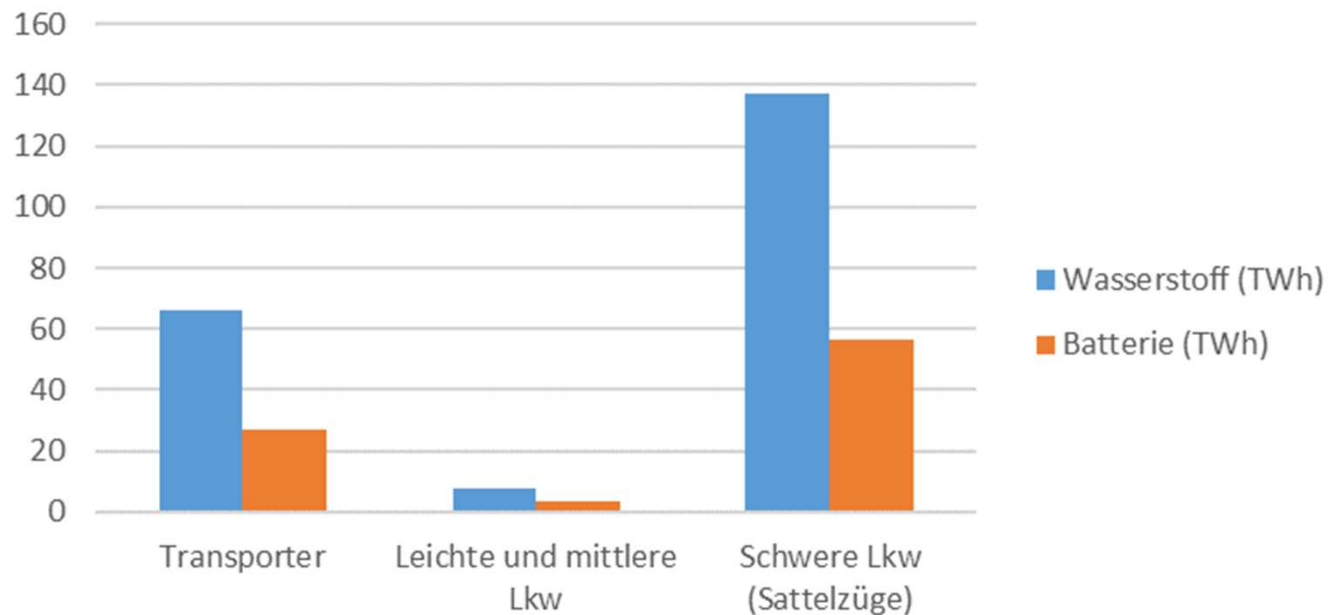


Quellen:dpdhl.com, vw-b.w.

Herausforderung - Dekarbonisierung



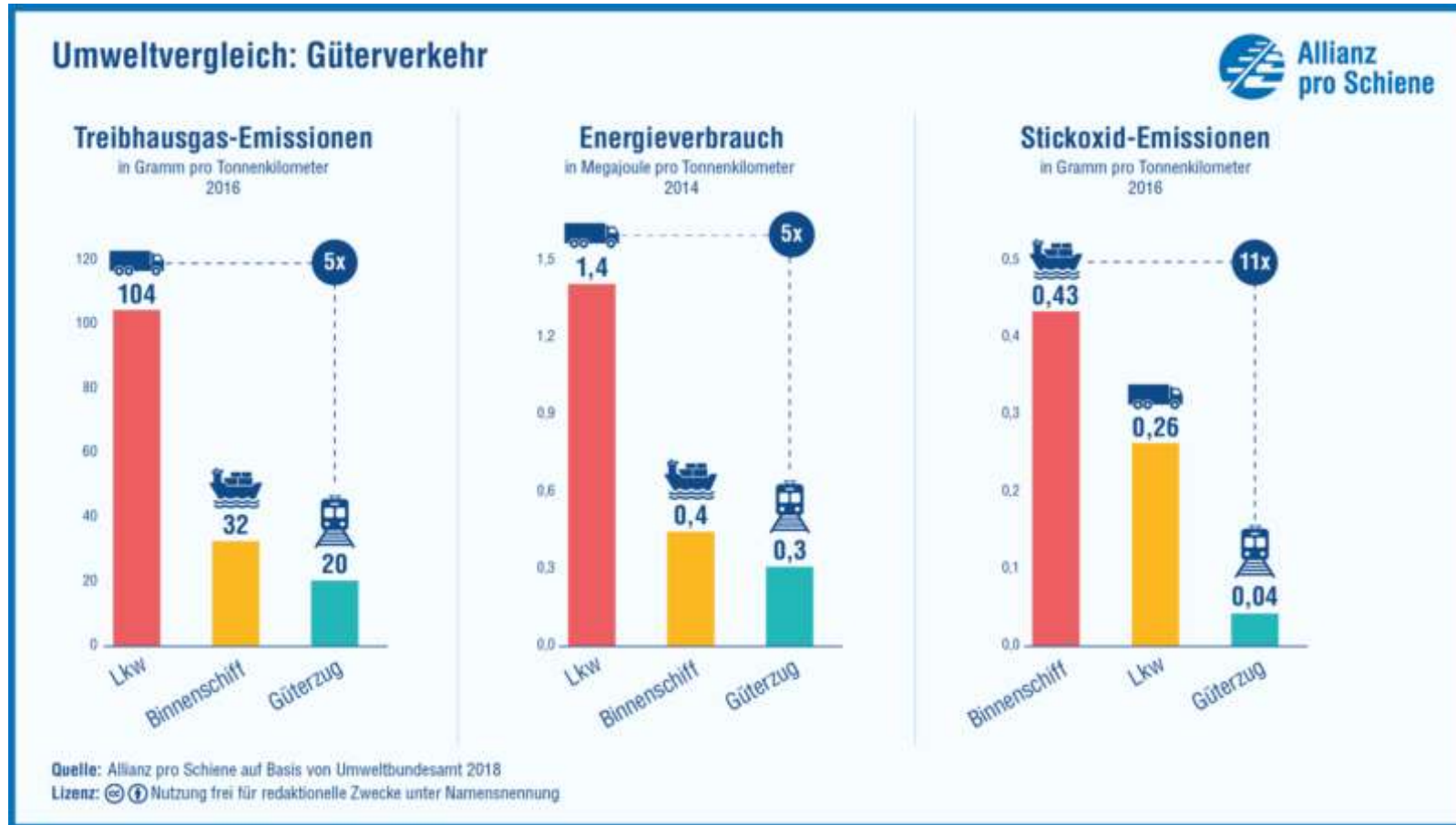
Benötigte Strommengen bei Dekarbonisierung von Lkw



Quelle: eigene Abbildung, eigene Berechnungen

- Annahme: Nur eine Antriebswende
- Um den Mehrbedarf an Strom zu decken, müsste die Windkraft um 114% (Batterie) bzw. 277% (Wasserstoff) ausgebaut werden.

Schiene als Ausweg aus unterschiedlichen Drücken



Anforderungen an neue Transportdienstleistungen auf der Schiene für den Güterverkehr



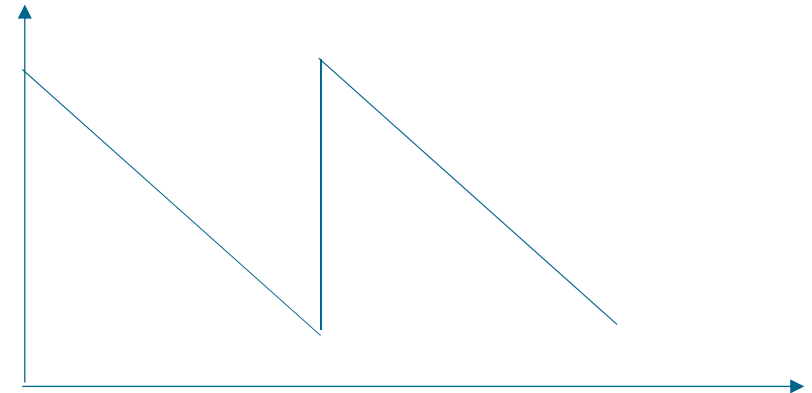
- Geschwindigkeit
- Rolle des Nachsprungs
- Zuverlässigkeit
- Erreichbarkeit/Flächenabdeckung

Bestimmung des Value of Time



- Ausgangspunkt:

$$q^{opt} = \sqrt{\frac{Q \cdot F}{W}} = \sqrt{\frac{Q \cdot F}{z \cdot \rho}}$$



- **Logarithmieren:** $\ln q_{opt} = \gamma \ln Q - \beta \ln \rho + \underbrace{\alpha \ln F - \delta \ln z}_X$

- **Schätzung für jedes Verkehrsmittel:** $\ln q_{opt} = \gamma \ln Q - \beta \ln \rho + X$

$$\text{mit: } X = \begin{cases} \delta \ln z + \alpha \ln F_{Lkw} & \text{wenn Lkw} \\ \delta \ln z + \alpha \ln F_{Bahn} & \text{wenn Bahn} \\ \dots & \dots \end{cases}$$

Schätzergebnisse



Regressoren	Schätzmodell				
	b	Standardfehler	beta	T	Sig.
(Konstante)	-,629	,271		-2,325	,020*
ln_Q	,620	,021	,724	29,893	,000**
ln_p	-,155	,021	-,180	-7,414	,000**
LVBahn	,668	,176	,076	3,804	,000**
LVBinnenschiff	1,616	,263	,122	6,143	,000**
Unbegl. KLV Bahn	,380	,228	,033	1,665	,096
Begl. KLV Bahn	1,155	,576	,039	2,007	,045*
Unbegl. KLV Binnenschiff	1,122	,366	,060	3,069	,002**

Losgrößenwahlmodell



$$\ln q_{opt} = 0,5 \ln Q - 0,5 \ln \tilde{\rho} + 0,5 \ln F - 0,5 \ln z$$

$$\ln q_{opt} = 0,5 \ln Q - 0,155 \ln \rho + \underbrace{0,5 \ln F - 0,5 \ln z}_X$$

$$\tilde{\rho} = \rho^{0,31}$$

$$VoT = \tilde{\rho} \cdot z = \rho^{0,31} \cdot z = \rho^{0,31} \cdot \frac{F}{\exp(-2LV)}$$

$$X = 0,5 \ln F - 0,5 \ln z$$

Regressoren	b	Standardfehler
(Konstante)	-,629	,271
ln_Q	,620	,021
ln_ρ	-,155	,021
LV Bahn	,668	,176
LV Binnenschiff	1,616	,263
Unbegl. KLV Bahn	,380	,228
Begl. KLV Bahn	1,155	,576
Unbegl. KLV Binnenschiff	1,122	,366

ρ [EUR/t]	F [EUR]	VoT [EUR/(15t*h)]
1.000	20	14
10.000	20	30

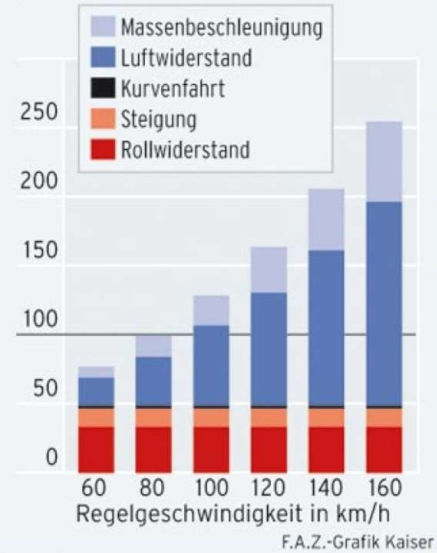
- Man kann mit einem Losgrößenmodell nicht direkt den Wert der Zeit für Güter berechnen
- ... aber einkreisen,
- ... herausfinden, dass er nur teilweise mit dem Wert der Ware zusammenhängt

Geschwindigkeit...



Energieverbrauch eines Containerzuges

Verbrauch in Prozent



Quelle: DLR

- Höchstgeschwindigkeit auch nicht sinnvoll
- Nutzung von Schnellfahrstrecken dennoch hier und da sinnvoll

Die Nachsprungschwelle



ρ [EUR/t]	F [EUR]	VoT [EUR/(15t*h)]	24 h Wert für 15 t (Trailer)
1.000	20	14	340 EUR
10.000	20	30	720 EUR

- Wenn eine Gütertransportdienstleistung 24 h länger dauert als mit dem anderen Verkehrsmittel, so ist sie für hochwertigere Güter kaum wettbewerbsfähig!
- Ausnahmen: Lagerauffüllung

(Un-)Zuverlässigkeit



	Value of Punctuality [EUR/%]	Value of average Delay [EUR/h]
Maritimer KV	5	26
Chemie	12	5
Fahrzeuge/Maschinen	11	429
Sonst	9	35

- Wenn Transporte sporadisch um die 2-4 Std. langsamer sind, hat das bereits Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl.
- In der Automobilindustrielogistik ist Unzuverlässigkeit ein no go.

Politische Visionen und Ziele



- EU White Paper 2011
 - 30 % des Güterverkehrs über 300 km bis 2030 auf Eisenbahn- oder Schiffsverkehr
 - 50 % bis 2050
- EU Smart and Sustainable Mobility Strategy 2021
 - Schienenanteil an der Verkehrsleistung bis 2030 um 50% gegenüber 2015 steigern
 - Schienenanteil an der Verkehrsleistung bis 2050 um 100% gegenüber 2015 steigern
- Koalitionsvertrag 2021
 - Schienenanteil an der Verkehrsleistung bis 2030 auf 25% steigern
 - Anteil im Jahr 2012: 18,6%

- Die Vorgaben auf allen politischen Ebenen gehen in Richtung Verkehrsverlagerung
- Sie sind konsistent mit den energiewirtschaftlichen Notwendigkeiten
- Vom heutigen Zustand aus gesehen sind sie sehr ambitioniert

Rekapitulation – Anforderungen an innovative SGV Transportdienstleistungen



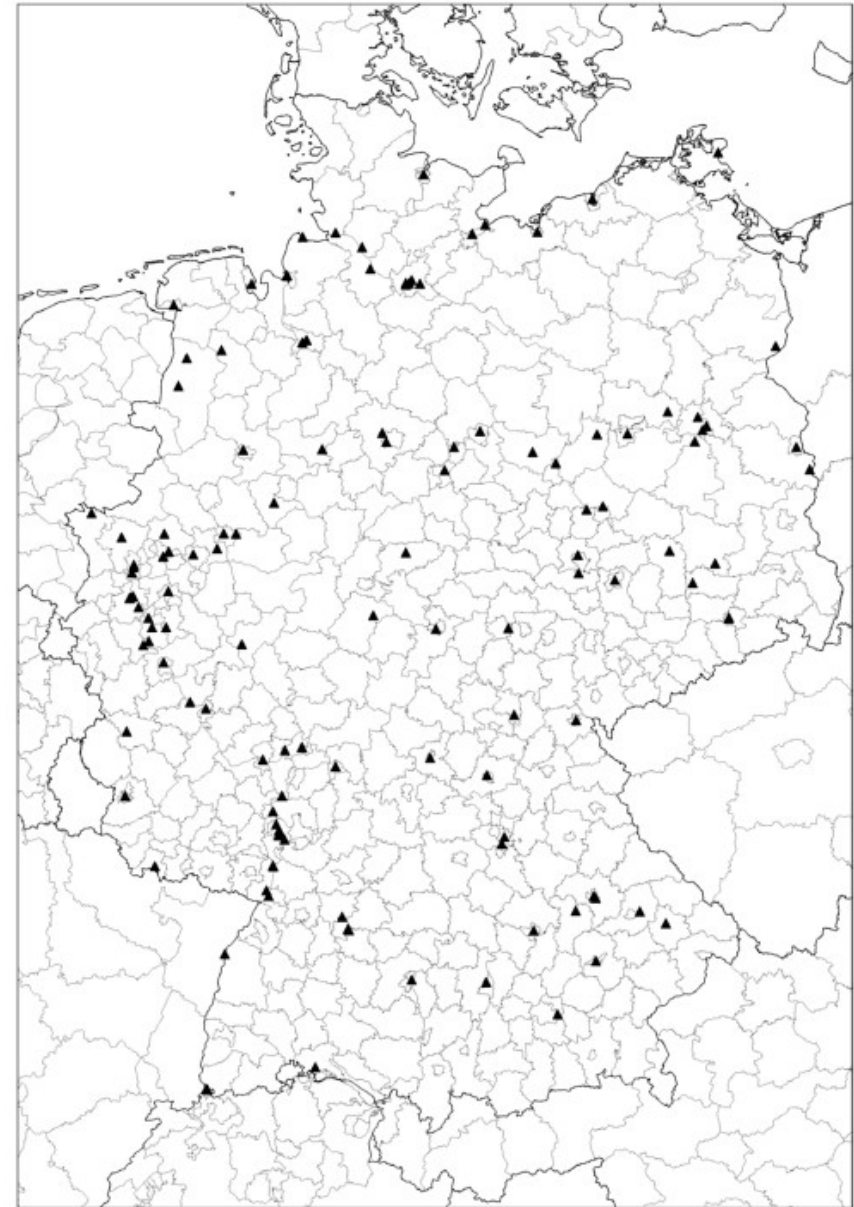
- Nicht übermäßig schnell
- Zuverlässig
- Transportzeit = $12 + n \cdot 24$, d.h. nicht langsamer als Lkw
- Verfügbar (Terminalzugang, Verbindungen)
- Signifikante Mengen
 - => Adressiertes Segment: Sattelaufleger

Schafft das der heutige KV?



<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Umschlagbahnhof-ffm-ost001.jpg>
dontworry, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons

- Der heutige Kombinierte Verkehr ist stark bei sehr weiten Entfernungen und im Hafen-Hinterland Segment
- Im nationalen Bereich und ins umgebende Ausland schaffen es die Systeme nicht



Konzept 1 – Hop-on and hop-off für Wechselbrücken

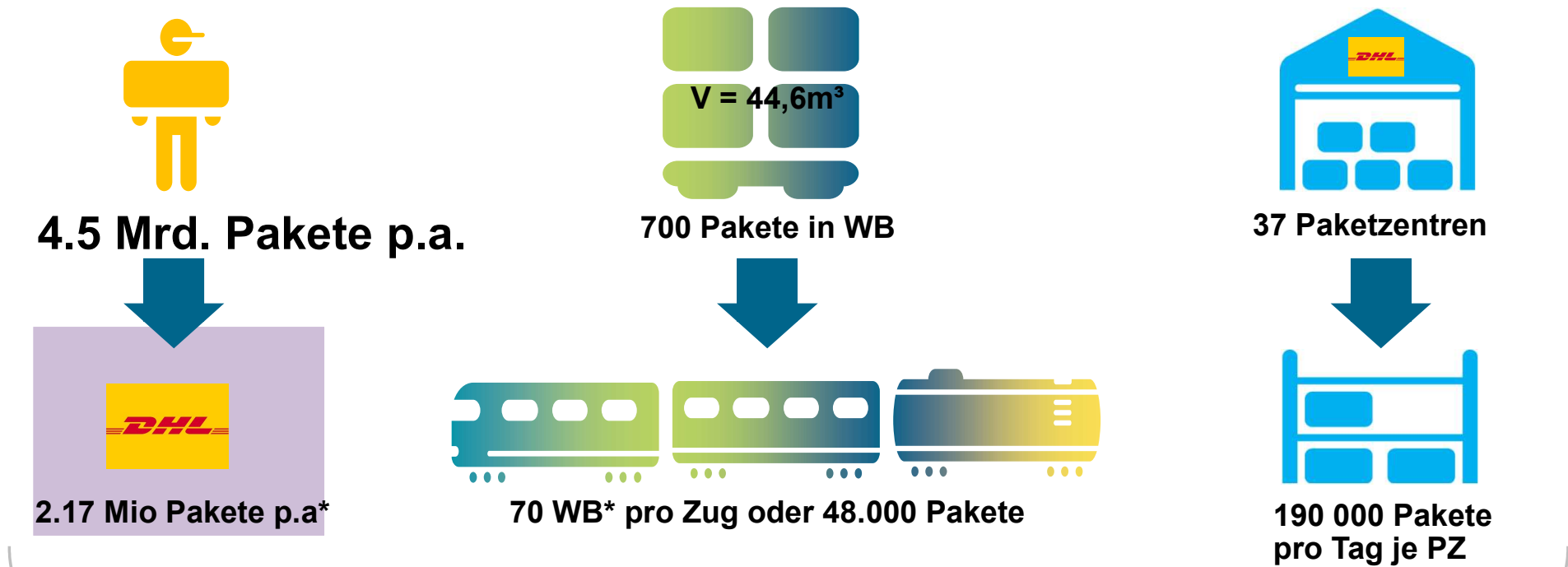


https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stockholm_Hop_On_Hop_Off.JPG
User: Benreis at wikipovoyage shared, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dachser_Neuss_Swap_Bodies.JPG
CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons

Nachfrageabschätzung

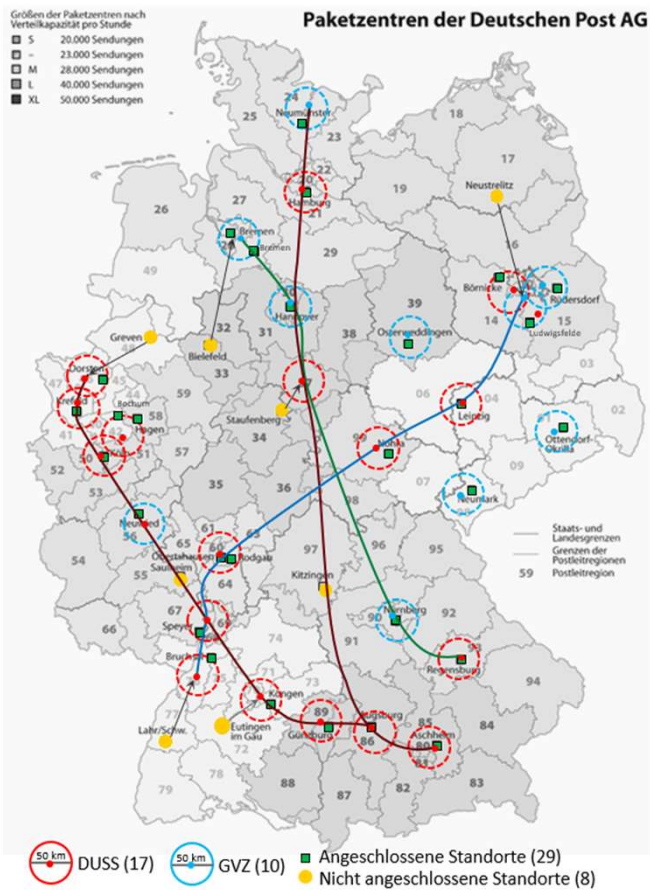


Im Schnitt gilt für ein PZ pro Werktag:
250 Wechselbrücken = 3,5 Güterzüge im Ausgang bzw. Eingang

* <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/421643/umfrage/paketdienste-marktanteile-in-deutschland/>
* <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/dienstleistungen-pakete-auf-die-schiene-dpd-startet-gueterzug-projekt-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-220531-99-498639>
* Annahme: 90% aller Pakete gehen zu einem anderen Paketzentrum

Grundzüge eines Fahrplankonzeptes

Matching von PZ-Standorten und KV-Anlagen und vier mögliche Zugläufe



7 WB zwischen jeweils 2 Zentren
70 WB in einem Zug
d.h. ein Zug kann bis zu 10 Relationen bedienen.

Wenn ein Zug 3 x 3 Zentren verbindet,
dann gilt:
pro Halt werden $3 \cdot 7 = 21$ WB verladen

Zeitliches Profil



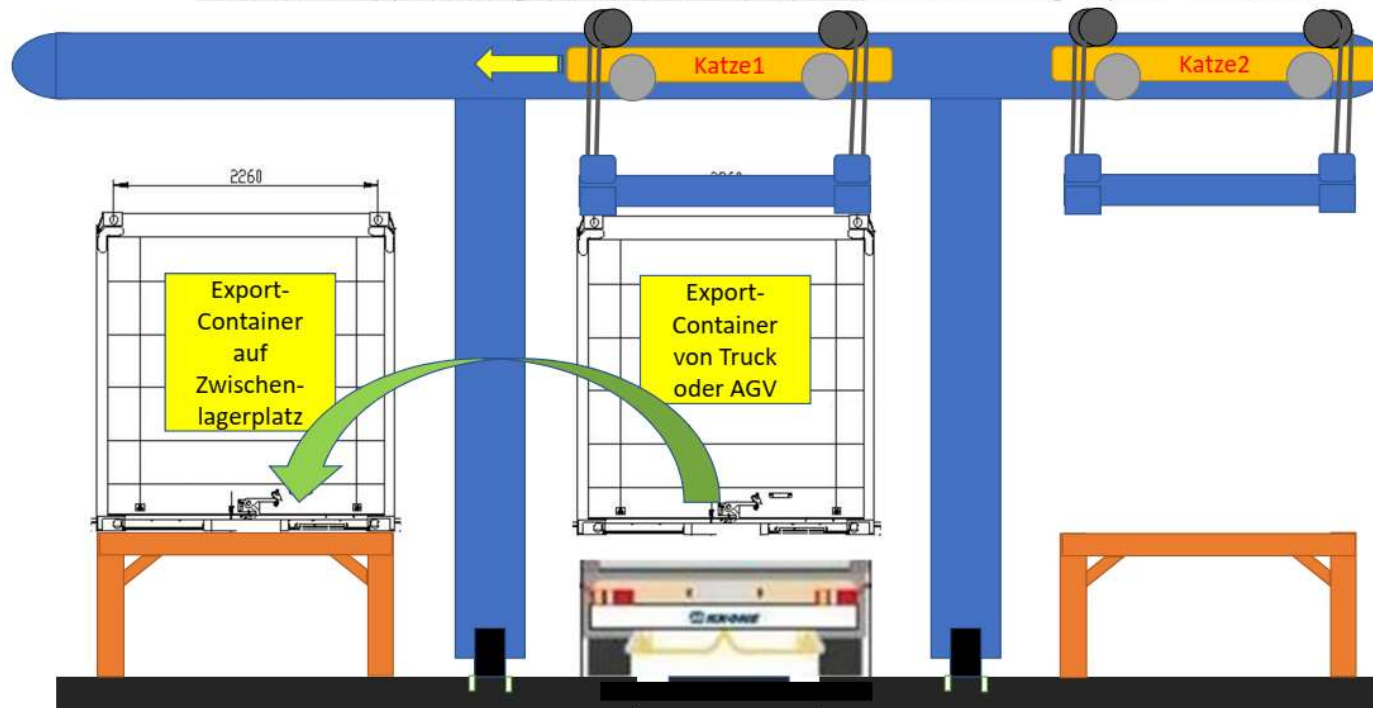
 Zugfahrt

  Belade- bzw. Zielstopp

- In den meisten Verbindungen ist die Transportzeit mit dem Lkw vergleichbar
- Maximale Transportzeit ist selten länger als der best-case bei Lkw

Umschlagsanlage

Flexibler Doppelauslegerkran mit zwei Katzen: Vorbereitung Export-Container



Quelle: Hochschule Reutlingen, Prof. Echelmeyer

Konzept 2 - flächendeckendes Netz für Sattelaufleger



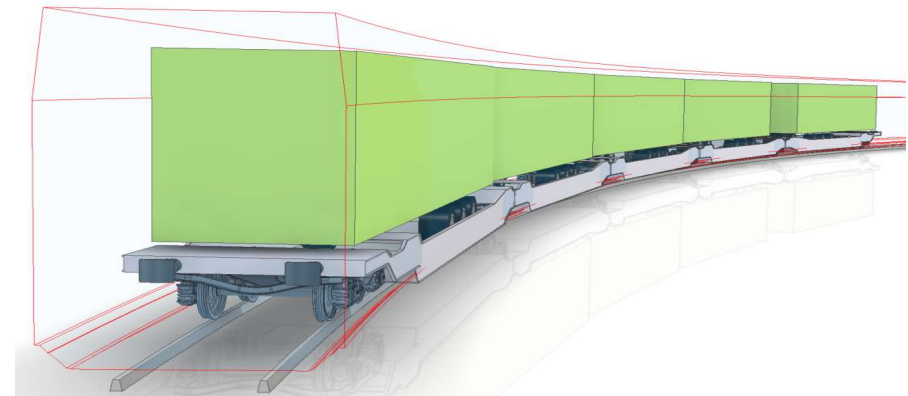
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brenner_LKW_Stau.jpg
CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons

Konzept 2 - flächendeckendes Netz für Sattelaufleger



Prämissen

- 50% aller Trailer > 300 km
- National: 800 Züge pro Tag
- Neuartige Gliedertaschenwagen
- Knoten mit hoher Kapazität, insbesondere für nichtkranbare Sattelaufleger.
- Akzeptabel lange Vor- und Nachläufe auf der Straße



Quelle: Studie „CO2 Minderung durch Modal Shift, bearbeitet von Liedtke/Hecht/Peche (2020), im Auftrag von NEE

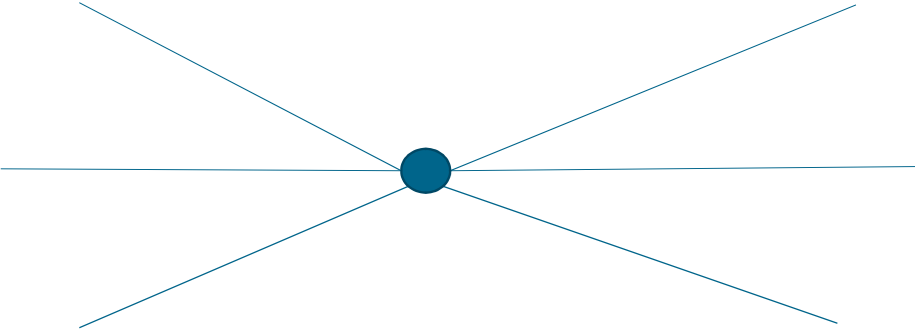
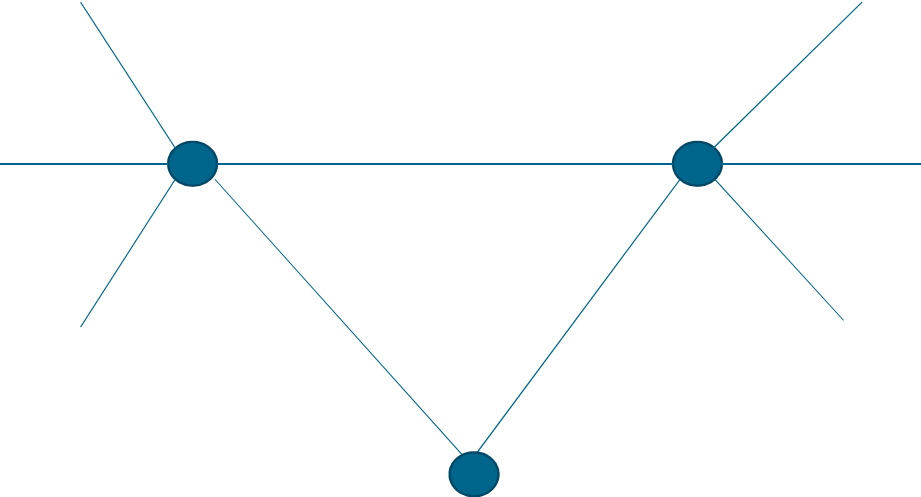
Überlegungen



Anforderungen an eine Schienentransportdienstleistung

- Eine Transportkette im KV darf nur minimal länger dauern als auf der Straße
- Mehrmalige Bedienung jeder Relation pro Tag (Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit)
- Ein beliebiger Verloader soll im ungünstigsten Fall nicht mehr als 50 km vom nächstgelegenen Terminal entfernt gelegen sein

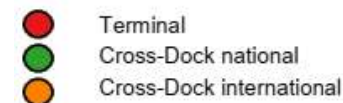
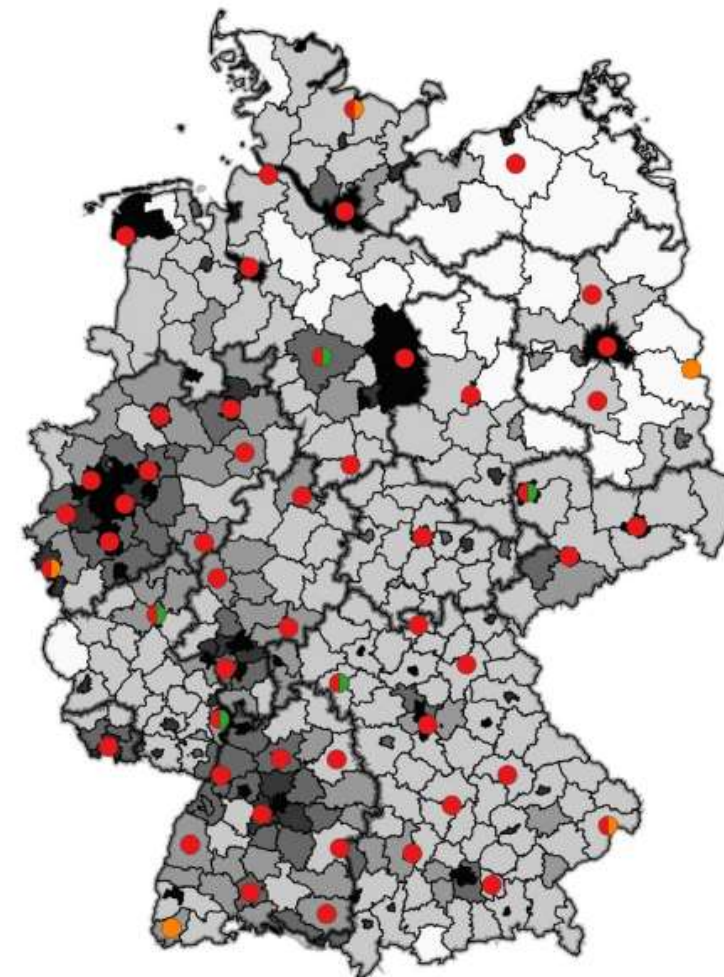
Überlegungen



KV-Netz für Sattelaufleger

Vorgeschlagenes Netz

- Netz mit zentralen Umschlagsknoten, bei dem Tragwagen oder Sattelaufleger den Zug wechseln
- Anforderungen an Terminals
 - 15-30 Züge pro Tag
 - Entkopplung des Schienen- und Straßenumschlags
 - 2000-3000 Lkw pro Tag im lokalen Straßennetz
- Cross-Dock Terminals müssen bis zu 100 Züge pro Tag abfertigen können



Quelle: Studie „CO2 Minderung durch Modal Shift, bearbeitet von Liedtke/Hecht/Peche (2000), im Auftrag von NEE

Fazit



- Verlagerung auf die Schiene ist weiterhin wünschenswert
- Anforderungen der Kunden sind immens: Nachtsprung, Kleinteiligkeit, Zuverlässigkeit, Flächenabdeckung...
- Der heutige KV ist nicht geeignet, den Massenmarkt der Straße zu adressieren – Trailer Transporte von 300...1500 km
- Wenn man Terminals und Betriebskonzepte ändert, ist einiges möglich