

Tagung „Batterieelektrischer Straßengüterverkehr: (Auch) mit oder (komplett) ohne Oberleitungen?“

im Kontext des vom BMWK geförderten Forschungsvorhabens „Elektrischer Straßengüterverkehr mit Oberleitungen und Batterien: Rationalität, Kombinationen und Institutionendesign“ (ESOB-RKI)

Berlin, 11.02.2025

Gesamtwirtschaftlicher Vergleich von E-Lkw-Systemen und Handlungsempfehlungen unter Berücksichtigung entscheidungstheoretischer Erkenntnisse

Carolin Grüter

Bauhaus-Universität Weimar, Professur Infrastrukturwirtschaft und -management (IWM)

Dieser Vortrag basiert auf gemeinsamen Forschungsarbeiten mit Thorsten Beckers, Michael Lehmann und Klaus Jäkel sowie weiteren Kollegen/innen im Rahmen des Forschungsvorhabens ESOB-RKI.

Agenda

BACK UP

- 1) Thema und Fragestellungen
- 2) Exkurs: „E- vs. K-Lkw-Systeme“ und Potentiale der verschiedenen K-Lkw-Systeme (H2 und SKW) **BACK UP**
- 3) (Lade-)Infrastrukturen als wesentliche Bestandteile im B- und im OB-Lkw-System
- 4) Gesamtwirtschaftlicher Vergleich von „Endzuständen“ von E-Lkw-Systemen in Deutschland
- 5) Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems in Deutschland unter Berücksichtigung entscheidungstheoretischer Erkenntnisse im Kontext bestehender Unsicherheiten
- 6) Ausblick auf Implikationen der „europäischen Einbettung“ für Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems **BACK UP**
- 7) Fazit

Agenda

1) Thema und Fragestellungen

- 2) Exkurs: „E- vs. K-Lkw-Systeme“ und Potentiale der verschiedenen K-Lkw-Systeme (H2 und SKW) **BACK UP**
- 3) (Lade-)Infrastrukturen als wesentliche Bestandteile im B- und im OB-Lkw-System
- 4) Gesamtwirtschaftlicher Vergleich von „Endzuständen“ von E-Lkw-Systemen in Deutschland
- 5) Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems in Deutschland unter Berücksichtigung entscheidungstheoretischer Erkenntnisse im Kontext bestehender Unsicherheiten
- 6) Ausblick auf Implikationen der „europäischen Einbettung“ für Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems **BACK UP**
- 7) Fazit

Thema und Fragestellungen (1/2)

Thema

- Untersuchung der Transformation des schweren Straßengüterverkehrs (SGV) im Hinblick auf eine effektive und effiziente Erreichung der Klimaziele
- **Im Fokus:** Elektrischer Straßengüterverkehr (ESGV) und **grundlegende Ausgestaltungsoptionen hinsichtlich des E-Lkw-Systems**
 - **Batterieelektrische Lkw und ein B-Lkw-System**
 - **Batterieelektrische Lkw mit und ohne Pantographen (B- und OB-Lkw) und ein OB-Lkw-System**
- Ergänzend am Rande betrachtet: Kraftstoff-basierte Lkw (K-Lkw)-Systeme
 - Wasserstoff-basiertes (H₂-)Lkw-System
 - Auf synthetischen Kohlenwasserstoffen basierendes (SKW-)Lkw-System
 - Flüssiges SKW (f-SKW)-Lkw-System
 - Gasförmiges SKW (g-SKW)-Lkw-System
- Nicht weiter untersucht
 - Batterie-Wechsel-Systeme für E-Lkw
 - Optionen zur Reduktion des Güterverkehrs im Allgemeinen und des SGV im Speziellen (wie beispielsweise durch die Verlagerung auf die Schiene)

Fragestellungen bezüglich B-Lkw- und OB-Lkw-System

Thema und Fragestellungen (2/2)

Thema

Fragestellungen bezüglich B-Lkw- und OB-Lkw-System

- Ausgestaltung von „Endzuständen“
- ... und deren relative gesamtwirtschaftliche Vorteilhaftigkeit (nach aktuellem Wissensstand)
 - Kosten-Wirksamkeits-Analyse (KWA-Ansatz)
 - (Vereinfachte) wohlfahrtsökonomisch fundierte Betrachtung
- Ableitung (kurzfristiger) Handlungsempfehlungen unter Berücksichtigung entscheidungstheoretischer Erkenntnisse

Agenda

1) Thema und Fragestellungen

2) Exkurs: „E- vs. K-Lkw-Systeme“ und Potentiale der verschiedenen K-Lkw-Systeme (H2 und SKW) **BACK UP**

2.1) Relative Bedeutung von E- und K-Lkw-Systemen **BACK UP**

2.2) K-Lkw-Systeme (H2 und f-/g-SKW) und diesbezügliche Handlungsempfehlungen **BACK UP**

3) (Lade-)Infrastrukturen als wesentliche Bestandteile im B- und im OB-Lkw-System

4) Gesamtwirtschaftlicher Vergleich von „Endzuständen“ von E-Lkw-Systemen in Deutschland

5) Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems in Deutschland unter Berücksichtigung entscheidungstheoretischer Erkenntnisse im Kontext bestehender Unsicherheiten

6) Ausblick auf Implikationen der „europäischen Einbettung“ für Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems **BACK UP**

7) Fazit

Relative Bedeutung von E- und K-Lkw-Systemen

BACK UP

Die Nutzung von elektrischem Strom (E) weist im Vergleich zum Einsatz von Kraftstoffen (K) eine deutlich höhere Energieeffizienz auf

Mit geringerer Energieeffizienz ...

- ... erhöht sich die Wahrscheinlichkeit der Abhängigkeit von Ressourcenimporten
- ... gehen tendenziell höhere (Gesamt-)Kosten (gerade auch aus gesamtsystemischer Sicht) einher

- 
- Es ist eindeutig zu empfehlen, dass für den Großteil des SGV auf E-Lkw-Systeme zurückgegriffen wird
 - K-Lkw-Systeme werden voraussichtlich (bzw. sollten aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive) zukünftig eine gewisse Bedeutung haben, die aber im Vergleich zur Bedeutung von E-Lkw-Systemen sehr gering sein wird bzw. sein sollte

Agenda

1) Thema und Fragestellungen

2) Exkurs: „E- vs. K-Lkw-Systeme“ und Potentiale der verschiedenen K-Lkw-Systeme (H2 und SKW) **BACK UP**

2.1) Relative Bedeutung von E- und K-Lkw-Systemen **BACK UP**

2.2) K-Lkw-Systeme (H2 und f-/g-SKW) und diesbezügliche Handlungsempfehlungen **BACK UP**

3) (Lade-)Infrastrukturen als wesentliche Bestandteile im B- und im OB-Lkw-System

4) Gesamtwirtschaftlicher Vergleich von „Endzuständen“ von E-Lkw-Systemen in Deutschland

5) Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems in Deutschland unter Berücksichtigung entscheidungstheoretischer Erkenntnisse im Kontext bestehender Unsicherheiten

6) Ausblick auf Implikationen der „europäischen Einbettung“ für Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems **BACK UP**

7) Fazit

Schlussfolgerungen und (kurzfristige) Handlungsempfehlungen (1/2)

BACK UP

Handlungsempfehlungen bezüglich f-SKW-Lkw-System

- Der vollständige Verzicht auf f-SKW erscheint unwahrscheinlich, dennoch bestehen aktuell (nahezu) keine zeitkritischen Handlungserfordernisse
- F-SKW-Technologieentwicklung erfolgt ohnehin (nicht zuletzt wegen des Luftverkehrs)

Handlungsempfehlungen bezüglich H2-Lkw-System

- Aufgrund des geringeren Entwicklungsstands der Technologien eines H2-Lkw-Systems Wissensaufbau fördern und dies auch insbesondere mit Bezug zu H2-BTI (Betankungsinfrastruktur)
- Hierfür sprechen auch industriepolitische Gründe
- Flächendeckung bezüglich H2-BTI ist aktuell (noch) keinesfalls anzustreben, auch auf EU-Ebene sollten aktuell noch keine bzw. allenfalls „schmale“ Vorgaben etabliert werden, worauf Deutschland hinwirken sollte
- Im Hinblick auf Wissensaufbau durch Pilotanwendungen können „Insel-Systeme“ sinnvoll sein, bei denen möglichst Synergieeffekte mit der H2-Verwendung in weiteren Sektoren realisiert werden können

Handlungsempfehlungen bezüglich g-SKW-Lkw-System

(Übergreifende) Handlungsempfehlungen bezüglich des Bereichs der K-Lkw-Systeme (insgesamt)

Schlussfolgerungen und (kurzfristige) Handlungsempfehlungen (2/2)

BACK UP

Handlungsempfehlungen bezüglich f-SKW-Lkw-System

Handlungsempfehlungen bezüglich H2-Lkw-System

Handlungsempfehlungen bezüglich g-SKW-Lkw-System

- Hinsichtlich der Rationalität für ein g-SKW-Lkw-System in Deutschland bestehen erhebliche Zweifel und es erscheinen aktuell keinerlei diesbezügliche (kurzfristige) Maßnahmen erforderlich
- Es ist besonders bedeutsam, dass Deutschland auf europäischer Ebene darauf achtet, dass keinerlei Beschlüsse hinsichtlich eines Flächendeckungs-Ziels gefällt werden

(Übergreifende) Handlungsempfehlungen bezüglich des Bereichs der K-Lkw-Systeme (insgesamt)

- Aktuell Inkaufnahme von Kosten für die K-Lkw-Systeme begrenzen
- Im Fall von weitergehenden (aktuellen oder in naher Zukunft etablierten) EU-Vorgaben sollten diese zunächst „so schmal wie möglich“ umgesetzt werden

Außerdem ist noch die Frage der Einflussnahme auf die Weiterentwicklung bzw. Anpassung derartiger EU-Vorgaben zu stellen

Agenda

1) Thema und Fragestellungen

2) Exkurs: „E- vs. K-Lkw-Systeme“ und Potentiale der verschiedenen K-Lkw-Systeme (H2 und SKW) **BACK UP**

3) (Lade-)Infrastrukturen als wesentliche Bestandteile im B- und im OB-Lkw-System

4) Gesamtwirtschaftlicher Vergleich von „Endzuständen“ von E-Lkw-Systemen in Deutschland

5) Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems in Deutschland unter Berücksichtigung entscheidungstheoretischer Erkenntnisse im Kontext bestehender Unsicherheiten

6) Ausblick auf Implikationen der „europäischen Einbettung“ für Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems **BACK UP**

7) Fazit

(Lade-)Infrastrukturen im B-Lkw-System

Ein B-Lkw-System basiert ausschließlich auf P-S-Ladeinfrastruktur (P-S-LI)

Räumliche Ausprägung	Punkt (P)	Linie (L)
E-Lade-Infrastruktur (LI)-Arten		
Ladesäule (S)	P-S-LI	-
Oberleitung (O)	P-O-LI	L-O-LI

(Lade-)Infrastrukturen im OB-Lkw-System

Räumliche Ausprägung	Punkt (P)	Linie (L)
E-Lade-Infrastruktur (LI)-Arten		
Ladesäule (S)	P-S-LI	-
Oberleitung (O)	P-O-LI	L-O-LI

(Lade-)Infrastrukturen im OB-Lkw-System

BACK UP

OB-Lkw-System basiert sowohl auf P-S-LI als auch auf O-LI, die nicht nur linienförmig (L-O-LI) sondern ergänzend auch (und dann alternativ zur P-S-LI) punktförmig (P-O-LI) „platziert“ werden kann.

Räumliche Ausprägung	Punkt (P)	Linie (L)
E-Lade-Infrastruktur (LI)-Arten		
Ladesäule (S)	P-S-LI	-
Oberleitung (O)	P-O-LI	L-O-LI

Agenda

- 1) Thema und Fragestellungen
- 2) Exkurs: „E- vs. K-Lkw-Systeme“ und Potentiale der verschiedenen K-Lkw-Systeme (H2 und SKW) **BACK UP**
- 3) (Lade-)Infrastrukturen als wesentliche Bestandteile im B- und im OB-Lkw-System
- 4) Gesamtwirtschaftlicher Vergleich von „Endzuständen“ von E-Lkw-Systemen in Deutschland
 - 4.1) (Vereinfachte) Kostenkalkulationen für einen E-Lkw-Systeme-Vergleich (mit einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren)
 - 4.1.1) Ansatz I (u.a. aufbauend auf Modellierungsergebnissen vom Fraunhofer ISI et al. zu P-S-LI-Bedarf)
 - 4.1.2) Ansatz ...
 - 4.1.3) Ansatz X (basierend auf FHE-Annahmen und -Modellierungsergebnisse)
 - 4.1.4) (Zwischen ...)
 - 4.2) Ergänzende und ...
OB-Lkw-Systeme
 - 4.3) Fazit
- 5) Handlungsempfehlungen
Berücksichtigung e...
- 6) Ausblick auf Implikationen der „europäischen Einbettung“ für Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems **BACK UP**
- 7) Fazit

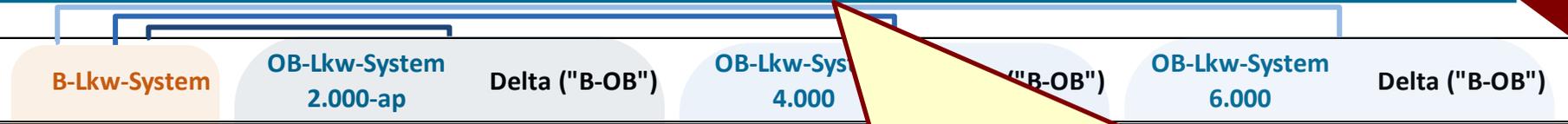
Ausgangspunkt für den Ansatz I zum Lkw-System-Vergleich stellt das folgende Diskussionspapier dar:

Plötz et al. (2021) = P. Plötz, F. Hacker, J. Jöhrens, D. Speth, T. Gnann, A. Scherrer, U. Burghard (2021): Infrastruktur für Elektro-Lkw im Fernverkehr. Hochleistungsschnelllader und Oberleitung im Vergleich – ein Diskussionspapier, Fraunhofer ISI / Öko-Institut / ifeu.

Unser besonderer Dank geht an Patrick Plötz, Daniel Speth und Lena Kappler vom Fraunhofer ISI für die Erläuterung des dem Diskussionspapiers zugrundeliegenden Modells, die Bereitstellung von Modellierungsergebnissen hinsichtlich des Bedarfs an Ladepunkten in einem B- und OB-Lkw-System sowie die weiterführenden Diskussionen.

(Einige wesentliche) Annahmen zum Lkw-System-Vergleich

BACK UP



A) Lkw-System-abhängige Kostenpositionen

A.1) Infrastruktur: Flächendeckung in BAB-Nähe
A.1.1) Investitionskosten P-S-LI
Anzahl der MCS-LP
A.1.2) Investitionskosten L-O-LI
Länge der L-O-LI (km)
Kosten A.1) Infrastruktur
A.2) Fahrzeuge
A.2.1) Investitionskosten Batterien
Anzahl der B-Lkw
Anzahl der OB-Lkw
Ø Batteriekapazität B-Lkw (kWh)
Ø Batteriekapazität OB-Lkw (kWh)
Kosten Batteriepack (€/kWh)
A.2.2) Investitionskosten Pantographen
Anzahl der OB-Lkw
Kosten A.2) Fahrzeuge
A.3) Zeitverlust durch Ladevorgänge an P-S-LI
A.3) Kosten durch Zeitverlust
Anzahl der gef. km/Jahr an BAB
Anteil des Ladens an A.1)-LI an BAB
Anteil des Ladens an A.1.1)-P-S-LI
Kosten A.3) Zeitverlust

Dem Vergleich zugrundeliegende (wesentliche) Annahmen, die folgend NICHT VARIIERT werden

- Fahrleistung und Lkw
 - 300.000 schwere Lkw
 - Fahrleistung von 40,6 Mrd. Fzg.-km / Jahr
- Nutzungsdauern
 - Infrastrukturen (P-S-LI und L-O-LI): 20 Jahre
 - Lkw und Lkw-Komponenten: 5 Jahre
- Investitionskosten
 - MCS-LP: 400.000 €
 - CCS-LP: 80.000 €
 - L-O-LI: 2,5 Mio. € / km
 - Pantograph: 12.000 €
- Energieverbrauch und Batteriedimensionierung für B-Lkw
 - 1,3 kWh / km
 - B-Lkw mit 500 kWh nutzbare Batteriekapazität
- Zeitkosten und Zeitverluste für P-S-LI Laden
 - Mittlerer Zeitverlust von 5 Min.
 - Zeitkosten i. H. v. 35 €/ Std.

	100%	88%	12%	81%	19%	42%	58%
Gesamtkosten A	82.166.402.133 €	82.166.402.133 €	0 €	80.520.239.327 €	1.646.162.807 €	74.142.548.844 €	8.023.853.289 €

Vergleich der Lkw-System-abhängigen Kosten für verschiedene Ausgestaltungsoptionen des OB-Lkw-Systems (1/2)

	B-Lkw-System	OB-Lkw-System 2.000-ap	Delta ("B-OB")	OB-Lkw-System 4.000	Delta ("B-OB")	OB-Lkw-System 6.000	Delta ("B-OB")
A) Lkw-System-abhängige Kostenpositionen							
A.1) Infrastruktur: Flächendeckung in BAB-Nähe							
A.1.1) Investitionskosten P-S-LI	2.376.400.000 €	2.081.200.000 €	295.200.000 €	1.933.600.000 €	442.800.000 €	1.000.000.000 €	1.376.400.000 €
Anzahl der MCS-LP	5941	5203	738	4834	1107	2500	3441
A.1.2) Investitionskosten L-O-LI		5.000.000.000 €	-5.000.000.000 €	10.000.000.000 €	-10.000.000.000 €	15.000.000.000 €	-15.000.000.000 €
Länge der L-O-LI (km)		2000		4000		6000	
Kosten A.1) Infrastruktur	2.376.400.000 €	7.081.200.000 €	-4.704.800.000 €	11.933.600.000 €	-9.557.200.000 €	16.000.000.000 €	-13.623.600.000 €
A.2) Fahrzeuge							
A.2.1) Investitionskosten Batterien	77.318.937.333 €	65.721.096.733 €	11.597.840.600 €	57.216.013.627 €	20.102.923.707 €	45.102.713.444 €	32.216.223.889 €
Anzahl der B-Lkw	300.000	150.000		105.000		50.000	
Anzahl der OB-Lkw		150.000		195.000		250.000	
Ø Batteriekapazität B-Lkw (kWh)	500	500		500		500	
Ø Batteriekapazität OB-Lkw (kWh)		350		300		250	
Kosten Batteriepack (€/kWh)	129 €/kWh	129 €/kWh		129 €/kWh		129 €/kWh	
A.2.2) Investitionskosten Pantographen		7.200.000.000 €	-7.200.000.000 €	9.360.000.000 €	-9.360.000.000 €	12.000.000.000 €	-12.000.000.000 €
Anzahl der OB-Lkw		150.000		195.000		250.000	
Kosten A.2) Fahrzeuge	77.318.937.333 €	72.921.096.733 €	4.397.840.600 €	66.576.013.627 €	10.742.923.707 €	57.102.713.444 €	20.216.223.889 €
A.3) Zeitverlust durch Ladevorgänge an P-S-LI							
A.3) Kosten durch Zeitverlust	2.471.064.800 €	2.164.105.400 €	306.959.400 €	2.010.625.700 €	460.439.100 €	1.039.835.400 €	1.431.229.400 €
Anzahl der gef. km/Jahr an BAB	30.500.000.000	30.500.000.000		30.500.000.000		30.500.000.000	
Anteil des Ladens an A.1)-LI an BAB	50%	50%		50%		50%	
Anteil des Ladens an A.1.1)-P-S-LI	100%	88%	12%	81%	19%	42%	58%
Kosten A.3) Zeitverlust	2.471.064.800 €	2.164.105.400 €	306.959.400 €	2.010.625.700 €	460.439.100 €	1.039.835.400 €	1.431.229.400 €
Gesamtkosten A	82.166.402.133 €	82.166.402.133 €	0 €	80.520.239.327 €	1.646.162.807 €	74.142.548.844 €	8.023.853.289 €
Kostendifferenz über 20 Jahre							

Vergleich der Lkw-System-abhängigen Kosten für verschiedene Ausgestaltungsoptionen des OB-Lkw-Systems (2/2)

	B-Lkw-System	OB-Lkw-System 2.000-ap	Delta ("B-OB")	OB-Lkw-System 4.000	Delta ("B-OB")	OB-Lkw-System 6.000	Delta ("B-OB")
A) Lkw-System-abhängige Kostenpositionen							
A.1) Infrastruktur: Flächendeckung in BAB-Nähe							
A.1.1) Investitionskosten P-S-LI	2.376.400.000 €	2.081.200.000 €	295.200.000 €	1.933.600.000 €	442.800.000 €	1.000.000.000 €	1.376.400.000 €
Anzahl der MCS-LP	5941	5203	738	4834	1107	2500	3441
A.1.2) Investitionskosten L-O-LI		5.000.000.000 €	-5.000.000.000 €	10.000.000.000 €	-10.000.000.000 €	15.000.000.000 €	-15.000.000.000 €
Länge der L-O-LI (km)		2000		4000		6000	
Kosten A.1) Infrastruktur	2.376.400.000 €	7.081.200.000 €	-4.704.800.000 €	11.933.600.000 €	-9.557.200.000 €	16.000.000.000 €	-13.623.600.000 €
A.2) Fahrzeuge							
A.2.1) Investitionskosten Batterien	77.318.937.333 €	65.721.096.733 €	11.597.840.600 €	57.216.013.627 €	20.102.923.707 €	45.102.713.444 €	32.216.223.889 €
Anzahl der B-Lkw	300.000	150.000		105.000		50.000	
Anzahl der OB-Lkw		150.000		195.000		250.000	
Ø Batteriekapazität B-Lkw (kWh)	500	500		500		500	
Ø Batteriekapazität OB-Lkw (kWh)		350		300		250	
Kosten Batteriepack (€/kWh)	129 €/kWh	129 €/kWh		129 €/kWh		129 €/kWh	
A.2.2) Investitionskosten Pantographen		7.200.000.000 €	-7.200.000.000 €	9.360.000.000 €	-9.360.000.000 €	12.000.000.000 €	-12.000.000.000 €
Anzahl der OB-Lkw		150.000		195.000		250.000	
Kosten A.2) Fahrzeuge	77.318.937.333 €	72.921.096.733 €	4.397.840.600 €	66.576.013.627 €	10.742.923.707 €	57.102.713.444 €	20.216.223.889 €
A.3) Zeitverlust durch Ladevorgänge an P-S-LI							
A.3) Kosten durch Zeitverlust	2.471.064.800 €	2.164.105.400 €	306.959.400 €	2.010.625.700 €	460.439.100 €	1.039.835.400 €	1.431.229.400 €
Anzahl der gef. km/Jahr an BAB	30.500.000.000	30.500.000.000		30.500.000.000		30.500.000.000	
Anteil des Ladens an A.1)-LI an BAB	50%	50%		50%		50%	
Anteil des Ladens an A.1.1)-P-S-LI	100%	88%	12%	81%	19%	42%	58%
Kosten A.3) Zeitverlust	2.471.064.800 €	2.164.105.400 €	306.959.400 €	2.010.625.700 €	460.439.100 €	1.039.835.400 €	1.431.229.400 €
Gesamtkosten A	82.166.402.133 €	82.166.402.133 €	0 €	80.520.239.327 €	1.646.162.807 €	74.142.548.844 €	8.023.853.289 €
Kostendifferenz über 20 Jahre							

Batteriekosten-Sensitivität und Implikationen auf den Vergleich der Lkw-System-abhängigen Kosten

	B-Lkw-System	OB-Lkw-System 2.000-ap	Delta ("B-OB")	OB-Lkw-System 4.000	Delta ("B-OB")	OB-Lkw-System 6.000	Delta ("B-OB")
A) Lkw-System-abhängige Kostenpositionen							
A.1) Infrastruktur: Flächendeckung in BAB-Nähe							
A.1.1) Investitionskosten P-S-LI	2.376.400.000 €	2.081.200.000 €	-2.081.200.000 €	1.933.600.000 €	442.800.000 €	1.000.000.000 €	1.376.400.000 €
Anzahl der MCS-LP	5941	5203	738	4834	1107	2500	3441
A.1.2) Investitionskosten L-O-LI		5.000.000.000 €	-5.000.000.000 €	10.000.000.000 €	-10.000.000.000 €	15.000.000.000 €	-15.000.000.000 €
Länge der L-O-LI (km)		2000		4000		6000	
Kosten A.1) Infrastruktur	2.376.400.000 €	7.081.200.000 €	-4.704.800.000 €	11.933.600.000 €	-9.557.200.000 €	16.000.000.000 €	-13.623.600.000 €
A.2) Fahrzeuge							
A.2.1) Investitionskosten Batterien	30.000.000.000 €	25.500.000.000 €	2.250.000.000 €	22.200.000.000 €	7.800.000.000 €	17.500.000.000 €	12.500.000.000 €
Anzahl der B-Lkw	300.000	150.000		105.000		50.000	
Anzahl der OB-Lkw		150.000		195.000		250.000	
∅ Batteriekapazität B-Lkw (kWh)	500	500		500		500	
∅ Batteriekapazität OB-Lkw (kWh)		350		300		250	
Kosten Batteriepack (€/kWh)	50 €/kWh	50 €/kWh		50 €/kWh		50 €/kWh	
A.2.2) Investitionskosten Pantographen		7.200.000.000 €	-7.200.000.000 €	9.360.000.000 €	-9.360.000.000 €	12.000.000.000 €	-12.000.000.000 €
Anzahl der OB-Lkw		150.000		195.000		250.000	
Kosten A.2) Fahrzeuge	30.000.000.000 €	32.700.000.000 €	-4.950.000.000 €	31.560.000.000 €	-1.560.000.000 €	29.500.000.000 €	500.000.000 €
A.3) Zeitverlust durch Ladevorgänge an P-S-LI							
A.3) Kosten durch Zeitverlust	2.471.064.800 €	2.164.105.400 €	306.959.400 €	2.010.625.700 €	460.439.100 €	1.039.835.400 €	1.431.229.400 €
Anzahl der gef. km/Jahr an BAB	30.500.000.000	30.500.000.000		30.500.000.000		30.500.000.000	
Anteil des Ladens an A.1)-LI an BAB	50%	50%		50%		50%	
Anteil des Ladens an A.1.1)-P-S-LI	100%	88%	12%	81%	19%	42%	58%
Kosten A.3) Zeitverlust	2.471.064.800 €	2.164.105.400 €	306.959.400 €	2.010.625.700 €	460.439.100 €	1.039.835.400 €	1.431.229.400 €
Gesamtkosten A	34.847.464.800 €	41.945.305.400 €	-9.347.840.600 €	45.504.225.700 €	-10.656.760.900 €	46.539.835.400 €	-11.692.370.600 €
Kostendifferenz über 20 Jahre							

Zur Einordnung: Lkw-System-unabhängige Kosten

BACK UP

A) Lkw-System-abhängige Kostenpositionen

B) Lkw-System-unabhängige Kostenpositionen

B.1) Infrastruktur: P-S-LI an Start- und Zielpunkten

Anzahl von schweren Lkw > 12 t	300.000
Verhältnis LP / Lkw	1/2
Kosten für CCS LP	80.000 €
Nutzungsdauer (Jahre)	20
Kosten B.1) Infrastruktur	12.000.000.000 €

B.2) Fahrzeuge

Anzahl von schweren Lkw > 12 t	300.000
Investitionskosten exkl. Batterie und Pantograph	75.000 €
Nutzungsdauer (Jahre)	5
Kosten B.2) Fahrzeuge	90.000.000.000 €

B.3) Energieversorgung

Stromkosten (ct/kWh)	#	10
Anzahl der gefahrenen km/ Jahr an BAB		30.500.000.000
Anteil der gefahrenen km an BAB		75%
Ø Energieverbrauch (kWh/km)		1,3
Gesamtenergiebedarf (TWh/Jahr)		53
Kosten B.3) Energieversorgung		105.733.000.000 €

Gesamtkosten B **207.733.000.000 €**

Erläuterung der stark vereinfachten ersten Abschätzungen

B.1) Infrastruktur: P-S-LI an Start und Zielpunkten (insbesondere an Depots)

- Es wird vereinfacht angenommen, dass durchschnittlich ein CCS-LP für 2 Lkws installiert wird
- Ersatzinvestitionen in dem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren sowie weitere Ladeinfrastrukturarten (AC, MCS) werden nicht berücksichtigt

B.2) Fahrzeuge

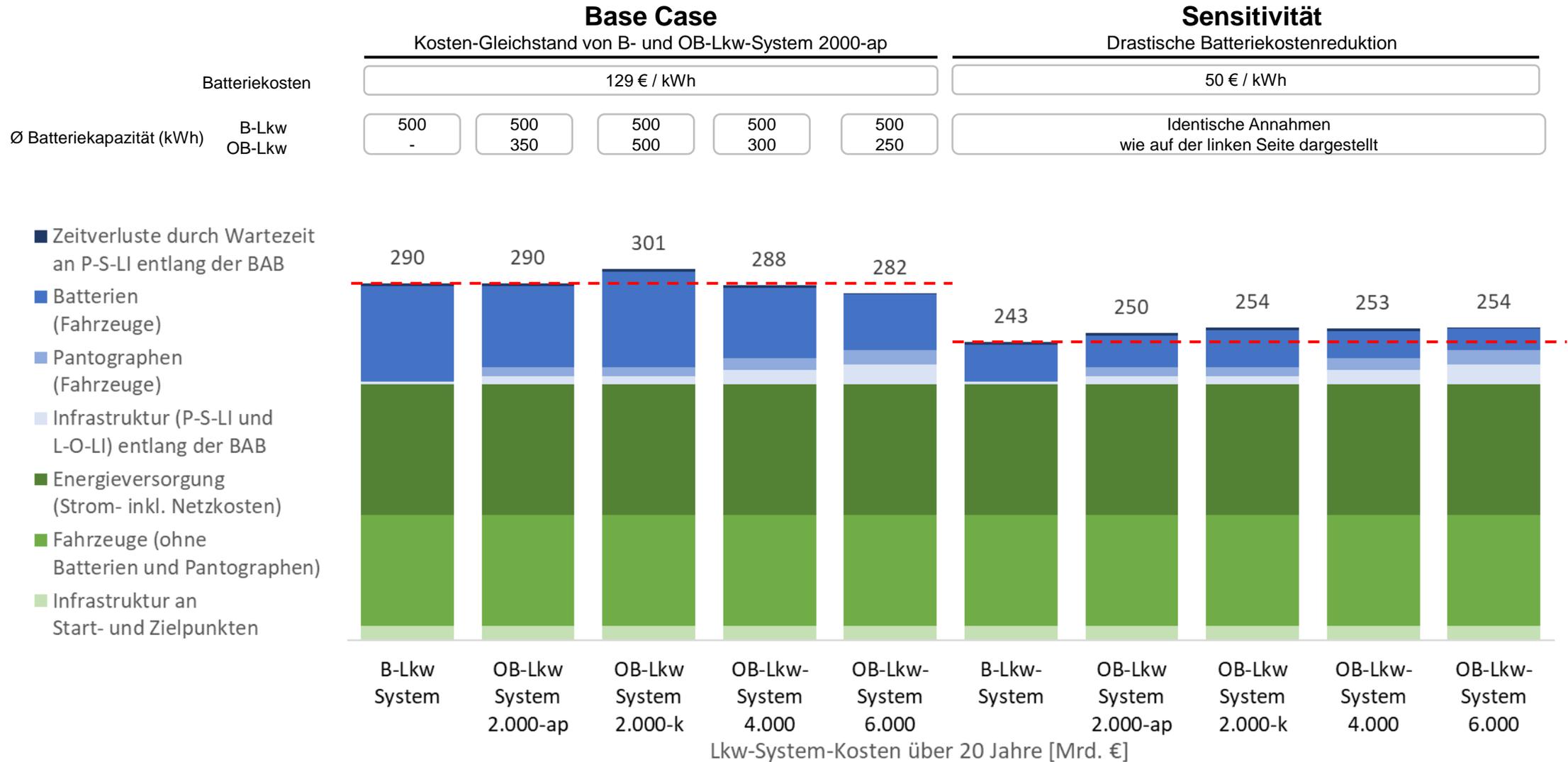
- Die systemabhängigen Kosten (für Batterie und Pantograph) sind bereits unter A) berücksichtigt

B3) Energiebedarf

- Es wird eine Jahresfahrleistung i. H. v. 40,7 Mrd. Fzg.-km angenommen, wovon 30,5 Mrd. entlang der BAB gefahren werden.
- Es werden LCOE inkl. der Netzkosten i. H. v. 10 ct/ kWh angenommen.

Grafische Darstellung des Lkw-System-Vergleichs

Batteriekostensensitivität und Ergänzung des OB-Lkw-System-2.000-k



Agenda

- 1) Thema und Fragestellungen
- 2) Exkurs: „E- vs. K-Lkw-Systeme“ und Potentiale der verschiedenen K-Lkw-Systeme (H2 und SKW) **BACK UP**
- 3) (Lade-)Infrastrukturen als wesentliche Bestandteile im B- und im OB-Lkw-System
- 4) Gesamtwirtschaftlicher Vergleich von „Endzuständen“ von E-Lkw-Systemen in Deutschland
 - 4.1) (Vereinfachte) Kostenkalkulationen für einen E-Lkw-Systeme-Vergleich (mit einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren)
 - 4.1.1) Ansatz I (u.a. aufbauend auf Modellierungsergebnissen vom Fraunhofer ISI et al. zu P-S-LI-Bedarf)
 - 4.1.2) Ansatz ...
 - 4.1.3) Ansatz X (basierend auf FHE-Annahmen und -Modellierungsergebnissen)
 - 4.1.4) (Zwischen-)Fazit
 - 4.2) Ergänzende und die quantitativen Kostenkalkulationen z.T. relativierende (und eher zugunsten eines OB-Lkw-Systems wirkende) Aspekte
 - 4.3) Fazit
- 5) Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems in Deutschland unter Berücksichtigung entscheidungstheoretischer Erkenntnisse im Kontext bestehender Unsicherheiten
- 6) Ausblick auf Implikationen der „europäischen Einbettung“ für Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems **BACK UP**
- 7) Fazit

Agenda

- 1) Thema und Fragestellungen
- 2) Exkurs: „E- vs. K-Lkw-Systeme“ und Potentiale der verschiedenen K-Lkw-Systeme (H2 und SKW) **BACK UP**
- 3) (Lade-)Infrastrukturen als wesentliche Bestandteile im B- und im OB-Lkw-System
- 4) Gesamtwirtschaftlicher Vergleich von „Endzuständen“ von E-Lkw-Systemen in Deutschland
 - 4.1) (Vereinfachte) Kostenkalkulationen für einen E-Lkw-Systeme-Vergleich (mit einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren)
 - 4.1.1) Ansatz I (u.a. aufbauend auf Modellierungsergebnissen vom Fraunhofer ISI et al. zu P-S-LI-Bedarf)
 - 4.1.2) Ansatz ...
 - 4.1.3) Ansatz X (basierend auf FHE-Annahmen und -Modellierungsergebnissen)
 - 4.1.4) (Zwischen-)Fazit
 - 4.2) Ergänzende und die quantitativen Kostenkalkulationen z.T. relativierende (und eher zugunsten eines OB-Lkw-Systems wirkende) Aspekte
 - 4.3) Fazit
- 5) Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems in Deutschland unter Berücksichtigung entscheidungstheoretischer Erkenntnisse im Kontext bestehender Unsicherheiten
- 6) Ausblick auf Implikationen der „europäischen Einbettung“ für Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems **BACK UP**
- 7) Fazit

(Einige wesentliche) Annahmen zum Lkw-System-Vergleich

BACK UP

	B-Lkw-System	OB-Lkw-System 2.000 Kernnetz	Delta ("B-OB")	OB-Lkw-System 4.000 Kernnetz	Delta ("B-OB")	OB-Lkw-System 3.000 Flächennetz	Delta ("B-OB")
A) Lkw-System-abhängige Kostenpositionen							
A.1) Infrastruktur: Flächendeckung in BAB-Nähe							
A.1.1) Investitionskosten P-S-LI	6.62						8.550.693 €
Anzahl der MCS-LP							6.666
Anzahl der CCS-LP							34.278
A.1.2) Investitionskosten L-O-LI							10.000.000 €
Länge der L-O-LI (km)							
Kosten A.1) Infrastruktur	6.62						1.449.307 €
A.2) Fahrzeuge							
A.2.1) Investitionskosten Batterien	87.78						58.040.000 €
Anzahl der B-Lkw							
Anzahl der OB-Lkw (kl. Batterie)							
Anzahl der OB-Lkw (gr. Batterie)							
Ø Batteriekapazität B-Lkw (kWh)							
Ø Batteriekapazität OB-Lkw (kl. B) (kWh)							
Ø Batteriekapazität OB-Lkw (gr. B) (kWh)							
Kosten Batteriepack (€/kWh)	10						
A.2.2) Investitionskosten Pantographen							57.920.000 €
Kosten A.2) Fahrzeuge	87.78						10.120.000 €
Gesamtkosten A	94.41						18.670.693 €

Dem Vergleich zugrundeliegende (wesentliche) Annahmen, die folgend NICHT VARIIERT werden

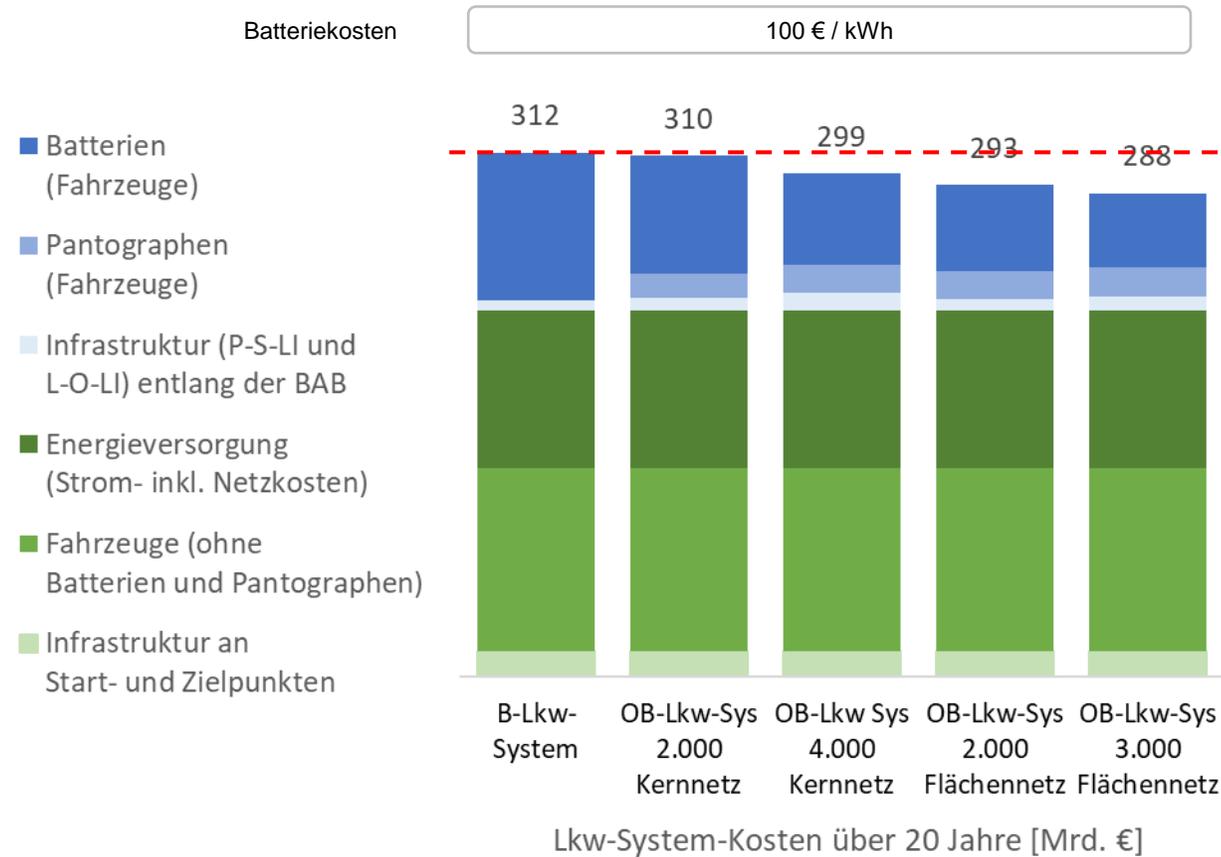
- Fahrleistung und Lkw
 - Ca. 366.000 schwere Lkw
 - Fahrleistung von 35,9 Mrd. Fzg.-km / Jahr
- Nutzungsdauern
 - Infrastrukturen (P-S-LI und L-O-LI): 20 Jahre
 - Lkw und Lkw-Komponenten: 5 Jahre
- Investitionskosten
 - MCS-LP: 400.000 €
 - CCS-LP: 80.000 €
 - L-O-LI: 2,5 Mio. € / km
 - Pantograph: 12.000 €
- Energieverbrauch und Batteriedimensionierung für B-Lkw
 - 1,3 kWh / km
 - B-Lkw mit 600 kWh und OB-Lkw mit 300 oder 600 kWh

Vergleich der Lkw-System-abhängigen Kosten für weitere Ausgestaltungsoptionen des OB-Lkw-Systems

	B-Lkw-System	OB-Lkw-System 2.000 Kernnetz	Delta ("B-OB")	OB-Lkw-System 4.000 Kernnetz	Delta ("B-OB")	OB-Lkw-System 2.000 Flächennetz	Delta ("B-OB")	OB-Lkw-System 3.000 Flächennetz	Delta ("B-OB")
A) Lkw-System-abhängige Kostenpositionen									
A.1) Infrastruktur: Flächendeckung in BAB-Nähe									
A.1.1) Investitionskosten P-S-LI	6.625.120.000 €	2.423.729.663 €	4.201.390.337 €	451.856.656 €	6.173.263.344 €	1.873.996.822 €	-873.996.822 €	1.216.569.307 €	5.408.550.693 €
Anzahl der MCS-LP	8.165	2.987	5.178	557	7.608	2.310	5.855	1.499	6.666
Anzahl der CCS-LP	41.989	15.362	26.627	2.864	39.125	11.877	30.112	7.711	34.278
A.1.2) Investitionskosten L-O-LI		5.000.000.000 €	-5.000.000.000 €	10.000.000.000 €	-10.000.000.000 €	5.000.000.000 €	-5.000.000.000 €	7.500.000.000 €	-7.500.000.000 €
Länge der L-O-LI (km)		2000		4000		2000		3000	
Kosten A.1) Infrastruktur	6.625.120.000 €	7.423.729.663 €	-798.609.663 €	10.451.856.656 €	-3.826.736.656 €	6.873.996.822 €	-248.876.822 €	8.716.569.307 €	-2.091.449.307 €
A.2) Fahrzeuge									
A.2.1) Investitionskosten Batterien	87.789.600.000 €	70.106.880.000 €	17.682.720.000 €	54.248.640.000 €	33.540.960.000 €	51.327.120.000 €	36.462.480.000 €	43.921.560.000 €	43.868.040.000 €
Anzahl der B-Lkw	365.790	54.195		11.772		8.105		0	
Anzahl der OB-Lkw (kl. Batterie)		147.354		279.510		303.854		365.567	
Anzahl der OB-Lkw (gr. Batterie)		164.240		74.509		53.831		223	
Ø Batteriekapazität B-Lkw (kWh)	600	600		600		600		600	
Ø Batteriekapazität OB-Lkw (kl. B) (kWh)		300		300		300		300	
Ø Batteriekapazität OB-Lkw (gr. B) (kWh)		600		600		600		600	
Kosten Batteriepack (€/kWh)	100 €/kWh	100 €/kWh		100 €/kWh		100 €/kWh		100 €/kWh	
A.2.2) Investitionskosten Pantographen		14.956.512.000 €	-14.956.512.000 €	16.992.912.000 €	-16.992.912.000 €	17.168.880.000 €	-17.168.880.000 €	17.557.920.000 €	-17.557.920.000 €
Kosten A.2) Fahrzeuge	87.789.600.000 €	85.063.392.000 €	2.726.208.000 €	71.241.552.000 €	16.548.048.000 €	68.496.000.000 €	19.293.600.000 €	61.479.480.000 €	26.310.120.000 €
Gesamtkosten A	94.414.720.000 €	92.487.121.663 €	1.927.598.337 €	81.693.408.656 €	12.721.311.344 €	75.369.996.822 €	19.044.723.178 €	70.196.049.307 €	24.218.670.693 €

Kostendifferenz über 20 Jahre

Grafische Darstellung des Lkw-System-Vergleichs



*Kosten für Zeitverluste sind hier nicht ausgewiesen

Agenda

1) Thema und Fragestellungen

2) Exkurs: „E- vs. K-Lkw-Systeme“ und Potentiale der verschiedenen K-Lkw-Systeme (H2 und SKW) **BACK UP**

3) (Lade-)Infrastrukturen als wesentliche Bestandteile im B- und im OB-Lkw-System

4) Gesamtwirtschaftlicher Vergleich von „Endzuständen“ von E-Lkw-Systemen in Deutschland

4.1) (Vereinfachte) Kostenkalkulationen für einen E-Lkw-Systeme-Vergleich (mit einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren)

4.1.1) Ansatz I (u.a. aufbauend auf Modellierungsergebnissen vom Fraunhofer ISI et al. zu P-S-LI-Bedarf)

4.1.2) Ansatz ...

4.1.3) Ansatz X (basierend auf FHE-Annahmen und -Modellierungsergebnissen)

4.1.4) (Zwischen-)Fazit

4.2) Ergänzende und die quantitativen Kostenkalkulationen z.T. relativierende (und eher zugunsten eines OB-Lkw-Systems wirkende) Aspekte

4.3) Fazit

5) Handlungsempfehlungen Berücksichtigung

6) Ausblick auf Implikationen für Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems **BACK UP**

7) Fazit

- Aus den vereinfachten Kostenkalkulationen ergibt sich ein Kopf-an-Kopf-Rennen zwischen B- und OB-Lkw-Systemen
- Für die relative Vorteilhaftigkeit ausschlaggebende Einflussfaktoren sind insbesondere die Batteriekostenentwicklungen und die in Abhängigkeit der Länge des Oberleitungsnetzes möglichen Reduktionen der Batteriekapazität bei OB-Lkw im Vergleich zu B-Lkw
- Das B-Lkw-System ist insbesondere bei der Annahme von signifikanten Batteriekostenreduktionen im Vorteil
- Die Kostendifferenzen der E-Lkw-System-abhängigen Kosten sind im Vergleich zu den Gesamtkosten als gering einzuordnen.

Agenda

- 1) Thema und Fragestellungen
- 2) Exkurs: „E- vs. K-Lkw-Systeme“ und Potentiale der verschiedenen K-Lkw-Systeme (H2 und SKW) **BACK UP**
- 3) (Lade-)Infrastrukturen als wesentliche Bestandteile im B- und im OB-Lkw-System
- 4) Gesamtwirtschaftlicher Vergleich von „Endzuständen“ von E-Lkw-Systemen in Deutschland
 - 4.1) (Vereinfachte) Kostenkalkulationen für einen E-Lkw-Systeme-Vergleich (mit einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren)
 - 4.1.1) Ansatz I (u.a. aufbauend auf Modellierungsergebnissen vom Fraunhofer ISI et al. zu P-S-LI-Bedarf)
 - 4.1.2) Ansatz ...
 - 4.1.3) Ansatz X (basierend auf FHE-Annahmen und -Modellierungsergebnissen)
 - 4.1.4) (Zwischen-)Fazit
 - 4.2) Ergänzende und die quantitativen Kostenkalkulationen z.T. relativierende (und eher zugunsten eines OB-Lkw-Systems wirkende) Aspekte
 - 4.3) Fazit
- 5) Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems in Deutschland unter Berücksichtigung entscheidungstheoretischer Erkenntnisse im Kontext bestehender Unsicherheiten
- 6) Ausblick auf Implikationen der „europäischen Einbettung“ für Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems **BACK UP**
- 7) Fazit

Ergänzende und die quantitativen Kostenkalkulationen relativierende (und größtenteils zulasten eines B-Lkw-Systems wirkende) Aspekte

Wissensdefizite und vertiefter Analysebedarf bezüglich der Ausgestaltungsvarianten für B- und OB-Lkw-Systeme sowie der Implikationen auf die relative Vorteilhaftigkeit

Flächenknappheiten und die Gefahr einer ineffektiven Nutzung von Flächenpotenzialen

- Flächenknappheiten dürften den Aufbau von P-S-LI an hochfrequentierten Strecken zumindest temporär behindern und erschweren.
- Durch den Aufbau von L-O-LI entlang von Fernverkehrsachsen können derartige Probleme reduziert werden, da bei einem OB-Lkw-System der Bedarf an P-S-LI und somit ebenso an Flächen für diese sinkt

Qualitätsunterschiede der Ladeinfrastrukturen

- Die Nutzung der P-S-LI kann mit Wartezeiten verbunden sein. Durch die Etablierung von Informations- und Reservierungssystemen könnten Wartezeiten reduziert werden. Allerdings gehen mit der Etablierung von Informations- und Reservierungssystemen auch Transaktionskosten einher. Die Bedeutung der Informations- und Reservierungssysteme dürfte in einem OB-Lkw-System geringer sein als in einem B-Lkw-System.
- Zudem ist der Zeitbedarf für die An- und Abfahrt an der P-S-LI zu berücksichtigen

Herausforderungen der Etablierung einer geeigneten institutionellen Lösung für den Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur für B- und OB-Lkw

- Etablierung einer geeigneten institutionellen Lösung für den Aufbau und Betrieb von L-O-LI unkompliziert (vgl. dazu den Vortrag von Thorsten Beckers am Nachmittag)
- Deutlich größere, aber durchaus bewältigbare institutionelle Herausforderungen hinsichtlich des Aufbaus von P-S-LI

Agenda

1) Thema und Fragestellungen

2) Exkurs: „E- vs. K-Lkw-Systeme“ und Potentiale der verschiedenen K-Lkw-Systeme (H2 und SKW) **BACK UP**

3) (Lade-)Infrastrukturen als wesentliche Bestandteile im B- und im OB-Lkw-System

4) Gesamtwirtschaftlicher Vergleich von „Endzuständen“ von E-Lkw-Systemen in Deutschland

4.1) (Vereinfachte) Kostenvergleich (mit einem Betrachtungszeitpunkt)

4.1.1) Ansatz I (u.a. mit einem Betrachtungszeitpunkt)

4.1.2) Ansatz ...

4.1.3) Ansatz X (basierend auf ...)

4.1.4) (Zwischen-)Fazit

4.2) Ergänzende und die Gesamtwirtschaftlichkeit des OB-Lkw-Systems wirkende Aspekte

4.2.1) Ergänzende Aspekte

- Aktuell ist unseres Erachtens wohl eher zu erwarten, dass B-Lkw-System bei „enger Kostenbetrachtung“ in einem Endzustand vorteilhaft ist ...
- ... aber es bestehen aktuell noch erhebliche Unsicherheiten bezüglich Kostenentwicklungen und weiterer Aspekte
- Außerdem:
 - Insbesondere das B-Lkw-System betreffende „P-S-LI-Risiken“ (Flächenknappheiten, institutionelle Herausforderungen)
 - Qualitätsunterschiede
- Nicht zuletzt ist darauf zu verweisen, dass die Unterschiede der Gesamtkosten zwischen einem B- und einem OB-Lkw-System ein relativ geringes Ausmaß aufzuweisen scheinen

4.3) Fazit

5) Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems in Deutschland unter Berücksichtigung entscheidungstheoretischer Erkenntnisse im Kontext bestehender Unsicherheiten

6) Ausblick auf Implikationen der „europäischen Einbettung“ für Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems **BACK UP**

7) Fazit

Agenda

- 1) Thema und Fragestellungen
- 2) Exkurs: „E- vs. K-Lkw-Systeme“ und Potentiale der verschiedenen K-Lkw-Systeme (H2 und SKW) **BACK UP**
- 3) (Lade-)Infrastrukturen als wesentliche Bestandteile im B- und im OB-Lkw-System
- 4) Gesamtwirtschaftlicher Vergleich von „Endzuständen“ von E-Lkw-Systemen in Deutschland
- 5) Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems in Deutschland unter Berücksichtigung entscheidungstheoretischer Erkenntnisse im Kontext bestehender Unsicherheiten
- 6) Ausblick auf Implikationen der „europäischen Einbettung“ für Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems **BACK UP**
- 7) Fazit

Kurzfristige Handlungsempfehlungen (1/2)

... unter Berücksichtigung des Werts von Flexibilität im Kontext von (zu erwartenden) zukünftigen Wissenszuwächsen

BACK UP

Exkurs: (Hypothetische) heutige Entscheidung zw. B- und OB-Lkw-System bei Blick auf (erwartete) Endzustände

- Nicht ganz einfach
- Reiner Fokus auf erwartete „harte Kosten“ ist nicht sachgerecht

- Aktuell ist unseres Erachtens wohl eher zu erwarten, dass B-Lkw-System bei „enger Kostenbetrachtung“ in einem Endzustand vorteilhaft ist ...
- ... aber es bestehen aktuell noch erhebliche Unsicherheiten bezüglich Kostenentwicklungen und weiterer Aspekte
- Außerdem:
 - Insbesondere das B-Lkw-System betreffende „P-S-LI-Risiken“ (Flächenknappheiten, institutionelle Herausforderungen)
 - Qualitätsunterschiede
- Nicht zuletzt ist darauf zu verweisen, dass die Unterschiede der Gesamtkosten zwischen einem B- und einem OB-Lkw-System ein relativ geringes Ausmaß aufweisen dürften

Wdh.

- Dennoch: „B-Lkw-System steht mit Blick auf zu erwartende Batteriekostenreduktionen gut dar“

Kurzfristige Handlungsempfehlungen (2/2)

... unter Berücksichtigung des Werts von Flexibilität im Kontext von (zu erwartenden) zukünftigen Wissenszuwächsen

Kosten von Flexibilität

- Die (kurzfristigen) spezifischen Kosten eines OB-Lkw-Systems sind bei Gesamtsystemkosten-Betrachtung als relativ gering einzuordnen
- Die aktuell „in Kauf zu nehmenden“ Kosten, um die Option des Aufbaus eines OB-Lkw-Systems zu erhalten bzw. weiterzuentwickeln, sind dementsprechend bei einer (langfristigen) Gesamtbetrachtung eher unbedeutend

Wert von Flexibilität

- OB-Lkw-System könnte – auch bei Abstraktion von möglichen Problemen beim Aufbau von P-S-LI / eines „reinen“ B-Lkw-Systems – (relativ gesehen) doch günstiger sein als aktuell gedacht
- Insbesondere das B-Lkw-System betreffende „P-S-LI-Risiken“ (Flächenknappheiten, inst. Herausforderungen) könnten sich realisieren
- Bezüglich beider Aspekte sind Wissenszuwächse zu erwarten bzw. „machbar“, die im Rahmen sequentieller Entscheidungsfällungen dann berücksichtigt werden können

Kurzfristige Handlungsempfehlungen ... unter Berücksichtigung des Werts von Flexibilität

- **Mit vollem Engagement P-S-LI aufbauen** (P-S-LI ist auf absehbare Zeit nicht B-Lkw-System-spezifisch!)
- Die (Real-)Option der Realisierung eines OB-Lkw-Systems sollte erhalten und weiterentwickelt werden
- Es sollten für P-S-LI als auch für L-O-LI Erkenntnisse hinsichtlich der Leistungsfähigkeit, Flächenbedarfe, Kosten sowie institutionellen Herausforderungen gesammelt werden, um die **Grundsatzentscheidung zwischen einem B- und einem OB-Lkw-System zielgerichtet** vorbereiten zu können. Ebenso sollten weitere (auch internationale) Entwicklungen rund um E-Lkw-Systeme Beachtung finden.

Kurzfristige Handlungsempfehlungen (2/2)

... unter Berücksichtigung des Werts von Flexibilität im Kontext von (zu erwartenden) zukünftigen Wissenszuwächsen

BACK UP

Kosten von Flexibilität

- Die (kurzfristigen) spezifischen Kosten eines Systems sind bei Gesamtsystemkosten-Betrachtung als relativ gering einzuordnen
- Die aktuell „in Kauf zu nehmenden“ Kosten sind dementsprechend bei einer (la

Oder anders formuliert:

- OB-Lkw-System kann in gewisser Hinsicht auch als **Risikomanagement** mit Blick auf Defizite und Herausforderungen speziell des B-Lkw-Systems angesehen werden.
- Die spezifischen Kosten für den Aufbau eines OB-Lkw-Systems sind als gering einzuordnen und können als (sinnvollerweise in Kauf zu nehmende) „**Versicherungskosten**“ im Rahmen der Transformation des SGV angesehen werden

Wert von Flexibilität

- OB-Lkw-System könnte – als (relativ) günstig angesehen werden
- Insbesondere das B-Lkw-System betreffende „P-S-LI-Risiken“ (Flächenknappheiten, inst. Herausforderungen) könnten sich realisieren
- Bezüglich beider Aspekte sind Wissenszuwächse zu erwarten bzw. „machbar“, die im Rahmen sequentieller Entscheidungsfällungen dann berücksichtigt werden können

Kurzfristige Handlungsempfehlungen

- **Mit vollem Engagement P-S-LI aufbauen** (P-S-LI ist auf absehbare Zeit nicht B-Lkw-System-spezifisch!)
- Die (Real-)Option der Realisierung eines OB-Lkw-Systems sollte erhalten und weiterentwickelt werden
- Es sollten für P-S-LI als auch für L-O-LI Erkenntnisse hinsichtlich der Leistungsfähigkeit, Flächenbedarfe, Kosten sowie institutionellen Herausforderungen gesammelt werden, um die **Grundsatzentscheidung zwischen einem B- und einem OB-Lkw-System zielgerichtet** vorbereiten zu können. Ebenso sollten weitere (auch internationale) Entwicklungen rund um E-Lkw-Systeme Beachtung finden.

Agenda

- 1) Thema und Fragestellungen
- 2) Exkurs: „E- vs. K-Lkw-Systeme“ und Potentiale der verschiedenen K-Lkw-Systeme (H2 und SKW) **BACK UP**
- 3) (Lade-)Infrastrukturen als wesentliche Bestandteile im B- und im OB-Lkw-System
- 4) Gesamtwirtschaftlicher Vergleich von „Endzuständen“ von E-Lkw-Systemen in Deutschland
- 5) Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems in Deutschland unter Berücksichtigung entscheidungstheoretischer Erkenntnisse im Kontext bestehender Unsicherheiten
- 6) Ausblick auf Implikationen der „europäischen Einbettung“ für Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems **BACK UP**
 - 6.1) Koordinations- und Kooperationsfragen mit Bezug zu B- und OB-Lkw-Systemen **BACK UP**
 - 6.2) Zunächst Betrachtung der Situation (auch) in anderen europäischen Ländern und auf der gesamteuropäischen Ebene ... dann Implikationen für Deutschland **BACK UP**
 - 6.3) Schlussfolgerungen und (ergänzte) Handlungsempfehlungen **BACK UP**
- 7) Fazit

Vorab: Bedeutung und Optionen der Koordination- und Kooperation unter Einbezug spieltheoretischer Überlegungen

BACK UP

Rationalität für Betrachtung der europäischen Einbettung

Dies betrifft den internationalen Verkehr

- Erstens können individuell, nicht koordinierte Entscheidungen dazu führen, dass die Lkw-Systeme nicht kompatibel sind
- Zweitens sind mögliche Kooperationsvorteile, die beispielsweise bei einigen EE-Lkw-Systemen durch Synergie- und Skaleneffekte bei koordiniertem Vorgehen entstehen können, zu beachten
 - Denn aus Sicht eines einzelnen Staates kann die relative Vorteilhaftigkeit der EE-Lkw-Systeme durch mögliche Kooperationsvorteile von den Entscheidungen der anderen Nachbarstaaten abhängen
 - Weiterhin kann sich ein unterschiedlicher Gesamtnutzen ergeben, wenn in unterschiedlichen Konstellationen von möglichen Entscheidungen der betrachteten Länder verschiedene Kooperationsvorteile entstehen

- Entscheidend aus einer Gesamtsicht („EU-Perspektive“)
- Aber potentiell (in Abhängigkeit der Verteilung der Kooperationsvorteile) auch bedeutsam, um die aus Sicht einzelner Länder beste Lösung zu erreichen

Möglichkeiten eine Koordination und / oder Kooperation zu realisieren

- Einer schreitet voran und andere folgen (Signalwirkung)
- Ex ante Abstimmungen / Verhandlungen (und ggf. Vereinbarung von Kompensationsmaßnahmen bei asymmetrischen Kosten-Nutzen-Verteilungen) führen zur Einigung
- Auf einer „zentralen Ebene“ werden Vorgaben festgesetzt

Mögliche Kooperationsvorteile bei einem OB-Lkw-System und deren Auswirkungen auf die relative Vorteilhaftigkeit des OB-Lkw-Systems

BACK UP

Durch Koordination hinsichtlich der L-O-LI kann ein Kooperationsvorteil entstehen

- Der größte Kooperationsvorteil dürfte in der Einsparung von Batteriekapazitäten in Abhängigkeit der Gesamtlänge des L-O-LI-Netzes liegen
- Wenn Batteriegrößen in den OB-Lkw mit steigenden L-O-LI-Netzlängen (egal wo, also auch in Deutschland und den Nachbarländern und nicht nur national ...) reduziert werden, dann steigt der Wert einer europäischen Koordination im Hinblick auf die Hebung dieses Kooperationsvorteils

Im Kontext der Unsicherheit über die Vorteilhaftigkeit eines B- vs. OB-Lkw-Systems an sich ist aktuell noch total unklar, welchen Wert europäische Kooperation haben wird

Kooperationsvorteil kann zu relativer Vorteilhaftigkeit des OB-Systems führen

- Der Wert von Koordination ist insgesamt besonders hoch, wenn die Systemkosten bei rein nationaler Betrachtung eines B- und eines OB-Lkw-Systems nahezu gleich sind
- Es ist auch denkbar, dass durch eine Koordination zwar Kooperationsvorteile gehoben werden, aber dies keine Auswirkungen auf die relative Vorteilhaftigkeit der E-Lkw-Systeme hat, z.B. dann, wenn in großen Ländern die Länge des nationalen L-O-LI-Netzes schon zu einer hinreichenden Reduktion der Batteriekapazitäten führt, dann kann auf nationaler Ebene „unkompliziert“ isoliert entschieden werden
- Generell sind die Vorteile der Koordination für große Länder nicht so hoch wie für kleine Länder
- Insgesamt ist es somit möglich, dass in einigen Jahren ein OB-Lkw-System ...
 - ... nur im Zuge einer erfolgreichen Koordination in Europa (irgendwo, aber länderübergreifend) oder ...
 - ... auch unabhängig von Kooperationsvorteilen in Europa (nicht unbedingt länderübergreifend) entsteht
- Es ist nicht ausgeschlossen, dass sich ein OB-Lkw-System insgesamt als nicht vorteilhaft erweisen wird

Kooperationsvorteile bei einem B-Lkw-System ...

- ... sind insgesamt eher nur in einem sehr geringen Ausmaß zu erwarten
- ... und dabei wohl vor allem durch höhere Wartezeiten für OB-Lkw im „B-Lkw-System-Land“ und damit auch einen höheren P-S-LI-Kapazitätsbedarf im „B-Lkw-System-Land“, wenn anderes Land sich für ein OB-Lkw-System entscheidet, begründet.

Durch den geringen Umfang werden Kooperationsvorteile eines B-Lkw-Systems im Folgenden nicht weiter betrachtet!

Agenda

- 1) Thema und Fragestellungen
- 2) Exkurs: „E- vs. K-Lkw-Systeme“ und Potentiale der verschiedenen K-Lkw-Systeme (H2 und SKW) **BACK UP**
- 3) (Lade-)Infrastrukturen als wesentliche Bestandteile im B- und im OB-Lkw-System
- 4) Gesamtwirtschaftlicher Vergleich von „Endzuständen“ von E-Lkw-Systemen in Deutschland
- 5) Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems in Deutschland unter Berücksichtigung entscheidungstheoretischer Erkenntnisse im Kontext bestehender Unsicherheiten
- 6) Ausblick auf Implikationen der „europäischen Einbettung“ für Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems **BACK UP**
 - 6.1) Koordinations- und Kooperationsfragen mit Bezug zu B- und OB-Lkw-Systemen **BACK UP**
 - 6.2) Zunächst Betrachtung der Situation (auch) in anderen europäischen Ländern und auf der gesamteuropäischen Ebene ... dann Implikationen für Deutschland **BACK UP**
 - 6.3) Schlussfolgerungen und (ergänzte) Handlungsempfehlungen **BACK UP**
- 7) Fazit

Zunächst Betrachtung (1) der Situation in anderen europäischen Ländern und der gesamteuropäischen Ebene und dann (2) der Implikationen für Deutschland

BACK UP

Schritt 1: Zunächst Betrachtung der Situation (auch) in anderen europäischen Ländern und der gesamteuropäischen Ebene ...

- Es gibt auch weitere europäische Länder, die den Aufbau von L-O-LI im Hinblick auf die Transformation des SGV betrachten
- Wdh.: Insgesamt ist es möglich, dass in einigen Jahren ein (gesamtwirtschaftlich vorteilhaftes) OB-Lkw-System ...
 - ... nur im Zuge einer erfolgreichen Koordination in Europa (irgendwo, aber länderübergreifend) oder ...
 - ... auch unabhängig von Kooperationsvorteilen in Europa (nicht unbedingt länderübergreifend) entsteht

Schritt 2: ... dann Implikationen für Deutschland herausarbeiten

- Für den Fall, dass sich nur ein gemeinsamer, aber kein isolierter Aufbau eines OB-Lkw-Systems (aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive) lohnt, ist eine verlässliche Abstimmung notwendig
- In den anderen Konstellationen, bei denen ein OB-Lkw-System für Deutschland vorteilhaft ist, kann durch die Abstimmung und ggf. Kompensation die nationale Wohlfahrt erhöht werden, wobei dies dann keine Auswirkungen auf die Entscheidung zwischen B- und OB-Lkw-System in Deutschland hat

Agenda

- 1) Thema und Fragestellungen
- 2) Exkurs: „E- vs. K-Lkw-Systeme“ und Potentiale der verschiedenen K-Lkw-Systeme (H2 und SKW) **BACK UP**
- 3) (Lade-)Infrastrukturen als wesentliche Bestandteile im B- und im OB-Lkw-System
- 4) Gesamtwirtschaftlicher Vergleich von „Endzuständen“ von E-Lkw-Systemen in Deutschland
- 5) Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems in Deutschland unter Berücksichtigung entscheidungstheoretischer Erkenntnisse im Kontext bestehender Unsicherheiten
- 6) Ausblick auf Implikationen der „europäischen Einbettung“ für Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems **BACK UP**
 - 6.1) Koordinations- und Kooperationsfragen mit Bezug zu B- und OB-Lkw-Systemen **BACK UP**
 - 6.2) Zunächst Betrachtung der Situation (auch) in anderen europäischen Ländern und auf der gesamteuropäischen Ebene ... dann Implikationen für Deutschland **BACK UP**
 - 6.3) Schlussfolgerungen und (ergänzte) Handlungsempfehlungen **BACK UP**
- 7) Fazit

Schlussfolgerungen und (kurzfristige) Handlungsempfehlungen

BACK UP

P-S-LI in Deutschland und Europa aufbauen

- **Der Aufbau von P-S-LI sollte mit vollem Engagement angegangen werden.**
- Der Gestaltung des institutionellen Rahmens für P-S-LI sollte eine hohe Aufmerksamkeit zukommen. Eine suboptimale Ausgestaltung des institutionellen Rahmens kann den Aufbau von P-S-LI verzögern, und zu dauerhaft unnötig hohen Kosten führen.
- Auch auf EU-Ebene kommt dem Aufbau von P-S-LI eine hohe Bedeutung zu, um die Transformation des SGV (hin zu einem E-SGV) effektiv realisieren zu können. Es ist daher angemessen und empfehlenswert, auf Ebene des EU-Sekundärrechts klare Vorgaben zum Aufbau von P-S-LI in sämtlichen EU-Ländern zu etablieren.

OB-Lkw-System als (Real-)Option offenhalten und auch mit Blick auf europäische Lösung weiterentwickeln

- Auch wenn aktuell die Wahrscheinlichkeit dafür nicht gering ist, dass zukünftig ein ("reines") B-Lkw-System vorteilhaft ist, **sollte die Option für eine Entscheidung für ein OB-Lkw-System offen gehalten werden.** Auch industriepolitische Aspekte sprechen für ein derartiges Vorgehen.
- Letzte technisch und technisch-systemische Fragestellungen sollten adressiert werden.
- Zudem sollten kurzfristig sowohl mit Bezug zu einem OB-Lkw-System (nur) in Deutschland als auch in der EU bzw. in mehreren EU-Ländern Varianten bezüglich der Länge und der „Verortungsstrategie“ der mit L-O-LI ausgestatteten Strecken untersucht werden, um die Option einer europäischen Koordination zu schaffen bzw. weiterzuentwickeln

Agenda

- 1) Thema und Fragestellungen
- 2) Exkurs: „E- vs. K-Lkw-Systeme“ und Potentiale der verschiedenen K-Lkw-Systeme (H2 und SKW) **BACK UP**
- 3) (Lade-)Infrastrukturen als wesentliche Bestandteile im B- und im OB-Lkw-System
- 4) Gesamtwirtschaftlicher Vergleich von „Endzuständen“ von E-Lkw-Systemen in Deutschland
- 5) Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems in Deutschland unter Berücksichtigung entscheidungstheoretischer Erkenntnisse im Kontext bestehender Unsicherheiten
- 6) Ausblick auf Implikationen der „europäischen Einbettung“ für Handlungsempfehlungen bezüglich des Aufbaus eines E-Lkw-Systems **BACK UP**
- 7) Fazit

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Carolin Grüter

carolin.elisabeth.grueter@uni-weimar.de

www.uni-weimar.de/iwm