

EnergyRoads Energiesmodellierung



Boltze et al (2021), DE

Empfohlenes Vorgehen:

- Verkehrsflussanalyse, Anzahl der zu versorgenden Fahrzeuge, Tagesganglinien
- Fahrzeugflotte, Lastanforderungen durch Motoren und Speicher
- Streckenführung (Steigung, nicht elektrifizierbare Abschnitte)
- Szenarien in Ausbaustufen für die Dimensionierung

EnergyRoads-Studie

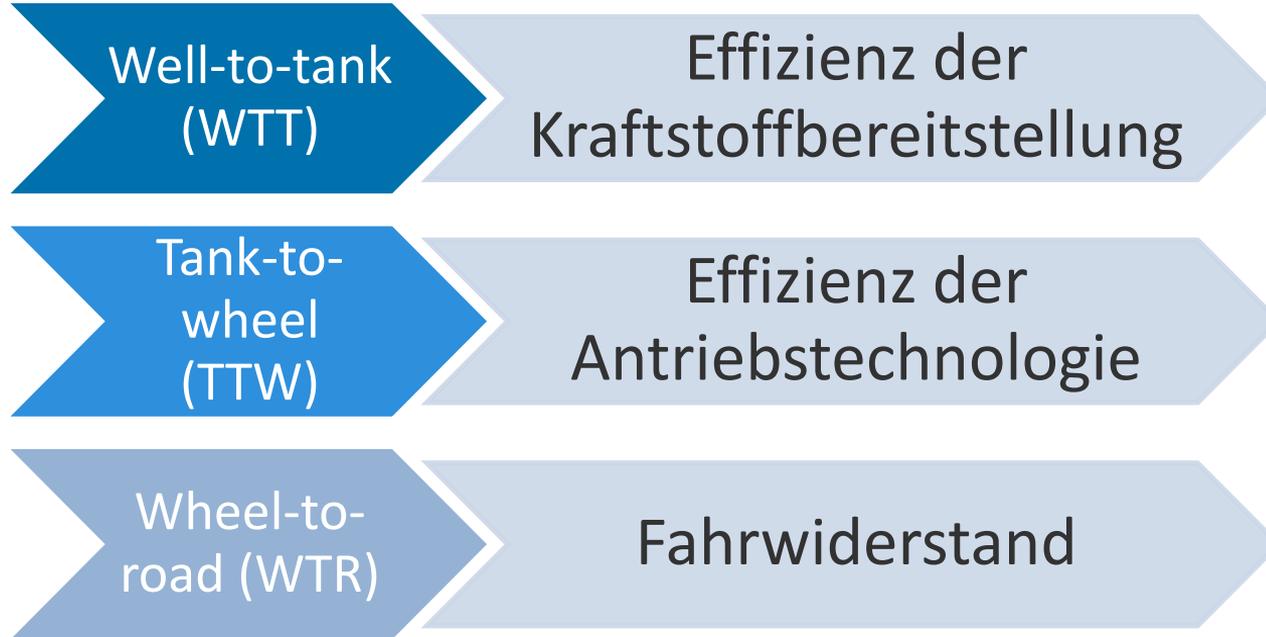
Arbeitsschritte:

- Verkehrsflussanalyse, Tagesganglinien – siehe Trafility, zu versorgende Fahrzeuge in Szenarien (2040: 20%, 50%, 80%) - siehe Präsentation WS 1
- Fahrzeugflotte, **Lastanforderungen durch Motoren und Speicher – siehe diese Präsentation**
- Streckenführung nicht elektrifizierbare Abschnitte – siehe IKK, Steigung – AEA Energiemodell
- Szenarien in Ausbaustufen für die Dimensionierung – siehe Präsentation WS 1



Lastanforderung

Energiebedarf der Fahrzeuge – Basics



Energiebedarf der Fahrzeuge – Basics

Fahrwiderstand - vereinfacht

	Luftwiderstand	Rollwiderstand	Steigungswiderstand	Beschleunigungswid.
Steigender Energieverbrauch	<ul style="list-style-type: none"> • Höherer Geschwindigkeit • Größerer Stirnfläche • $F_{\text{Luft}} = c_w \cdot A \cdot \frac{\rho_{\text{Luft}} \cdot v_{\text{rel}}^2}{2}$ alte • Bei schlechterer Aerodynamik 	<ul style="list-style-type: none"> • Höherem Fahrzeuggewicht • Höherem Zuladungsgewicht • Nasser Fahrbahn $F_{\text{Roll}} = f_{\text{Roll}} \cdot (m_{\text{Fzg}} + m_{\text{Zu}}) \cdot g \cdot \cos(\alpha)$	<ul style="list-style-type: none"> • Höherem Gewicht • Steigungswinkel $F_{\text{Steig}} = (m_{\text{Fzg}} + m_{\text{Zu}}) \cdot g \cdot \sin(\alpha)$	<ul style="list-style-type: none"> • Masse • Beschleunigung $F_B = (e_i \cdot m_{\text{Fzg}} + m_{\text{Zu}}) \cdot a$
Studienrelevanz	<ul style="list-style-type: none"> • A+S Netz: 80 km/h • Leistungsauslegung auf Wintertemperaturen • Aerodynamischer Effekt bei ausgefahrenen Pantographen 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrzeuggewicht berücksichtigt Pantograph und Batterie • \emptyset Zuladungsgewicht je Fahrzeugsegment • Leistungsauslegung auf nasser Fahrbahn 	<ul style="list-style-type: none"> • Streckenspezifische Analyse der Steigungswinkel • Teilweise durch Rekuperation kompensiert 	<ul style="list-style-type: none"> • N/A – Teilweise durch Rekuperation kompensiert

EnergyRoads – Basics aus der Literatur

Elektrische Komponenten der Oberleitungsinfrastruktur



Fraunhofer (2016), DE

- Umspannstationen
 - Startphase: 3 MVA
 - Endausbau: 25 MVA
 - in Schaltschränken oder **Containern am Fahrbahnrand**
 - **Umspannstationen im Abstand von ca. 3 km**
- Oberleitung 1,5 kV Gleichspannung

Boltze et al (2021), DE

- Oberleitung: < 1,5 kV Gleichspannung
- Einspeisepunkt:
 - **Für kleine Anlagen: Mittelspannungsnetz**
 - **Für größere Anlagen: an Hochspannungsnetz mit streckenbegleitendem Mittelspannungsring**

Auskunft Stakeholder (2021)

- **Oberleitung: 1,2 kV DC Nennspannung**
(TS 50712, Übereinkunft für Europa von Lkw-Hersteller)

Lastanforderung

Notwendige / sinnvolle Abdeckung des Autobahnnetzes

Fraunhofer (2016), DE

- **Ausfallsicherheit n-1:** Ausfall eines Oberleitungsabschnitt ohne Beeinträchtigung
- Bei 3 km Oberleitungslänge oberleitungsfreie Abschnitte von
 - 11,25 km (bei BEV 100), bis
 - 22,5 km (bei BEV 200)
- Mindestabdeckung von 12 % (BEV 200) bis 21 % (BEV 100)
- **ABER** – 3C Batterieleistung (Vollladung der Batterie in 20min)

Studienannahmen

- **1C Batterieleistung** (Vollladung der Batterie in **1 Stunde = üblich**)
- **Mindestabdeckung von ca. 30 % (BEV 200) bis 60 % (BEV 100)**
- Leistung der Umspannstation abhängig von Anzahl der Fahrzeuge, Batteriekapazität je Fahrzeug
- Startphase Annahme: 3-4 MVA

Stakeholdergespräche DE

- Inzwischen wird weniger über Mindestabdeckung gesprochen sondern darüber geeignete Strecken mit Oberleitung zu versehen
- Der Grund hierfür ist, dass Investitionen in Infrastruktur relativ günstiger sind als Investitionen in Batterien

Lastanforderungen

Startphase – Vereinfachtes Beispiel

- Energieverbrauch: 1,5 kWh/km
 - Geschwindigkeit: 80 km/h
 - Fahrenergie: 120 kWh/h (120 kW Fahrleistung)
 - Batteriekapazität:
 - O-BEV 200: 360 kWh
 - O-BEV 100: 180 kWh
 - Ladestrom: 1C (Vollladung in 1 Stunde)
 - Max. Ladeleistung:
 - O-BEV 200: 360 kW
 - O-BEV 100: 180 kW
 - Max. Gesamtleistung:
 - O-BEV 200: 480 kW
 - O-BEV 100: 300 kW
 - Oberleitungssystem
 - Bei Maximaler Leistung: BEV 200, BEV 100
 - 4 MVA Umspannstation → 8 – 13 Lkw gleichzeitig, für 3 km, in beide Richtungen
 - Je km und Richtung gleichzeitig: 1-2 Lkw
 - Je km und Richtung je Stunde: 100-170 Lkw
- ABER durchschnittliche Leistungsaufnahme ist u.a. auch abhängig vom Anteil der elektrifizierten O-Strecken und stationäres Laden abseits von A+S-Netz

Lastanforderung

Länge und Platzierung des Oberleitungsabschnitt

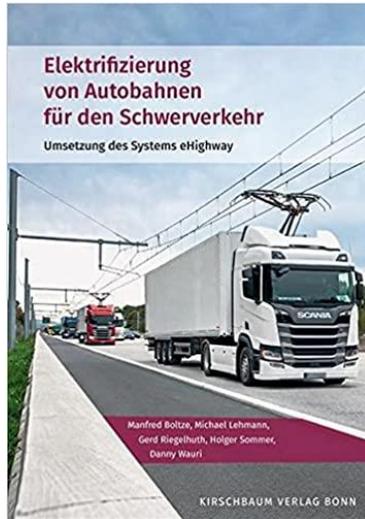
Fraunhofer (2016), DE

- Optimale Länge wird bestimmt durch:
 - Eignung benachbarte Streckenabschnitte
 - die Leistungsfähigkeit des Mittelspannungsnetzes
 - die Strombelastbarkeit der Oberleitung und Verstärkungsleitungen,
- Überlegungen zur Platzierung
 - Steigungs-/Gefällstrecken zum Ausgleich von Bremsleistung und Fahrleistung bergauf,
 - Bereiche mit hohen Lkw-Belastungen an den Anschlussstellen (bei Auffahrten und Abfahrten)
 - Sekundärnetz mit hohen HO-Lkw-Anteil

Studie

- Optimale Länge wird bestimmt durch:
 - Eignung benachbarte Streckenabschnitte
 - Wenn möglich mindestens 6 km am Stück
- Überlegungen zur Platzierung
 - Nahe Umspannwerke (Ausbau erfordert meist bereits Anschluss an das Hochspannungsnetz)
 - Nahe an Rastplätzen und Tankstellen (Zwecks paralleler Nutzung der Leitungen für Schnellladen von Pkw oder Lkw)
 - Steigungs-/Gefällstrecken zum Ausgleich von Bremsleistung und Fahrleistung bergauf,
 - Bereiche mit hohen Lkw-Belastungen an den Anschlussstellen (bei Auffahrten und Abfahrten)
 - (Sekundärnetz mit hohen O-Lkw-Anteil: N/A in der Studie)

Empfehlungen Literatur - Energie



Elektrifizierung von Autobahnen für den Schwerverkehr: Umsetzung des System eHighway (2021)

von Manfred Boltze, Michael Lehmann, Gerd
Riegelhuth, Holger Sommer, Danny Wauri

Details u. a. zu

- Netzanschluss und Unterwerken,
- Oberleitungsanlagen und
- elektrische Schutzeinrichtungen

Ihr Ansprechpartner

Michael Rohrer
Senior Expert

Österreichische Energieagentur - Austrian Energy Agency

Michael.rohrer@energyagency.at

T. +43 (0)1 586 15 24 - 188

Mariahilfer Straße 136 | 1150 Wien | Österreich

www.energyagency.at



@at_AEA



Im Podcast [Petajoule](#) beantworten die Expertinnen und Experten der Österreichischen Energieagentur mit Gästen aus der Energiebranche die Fragen der Energiezukunft.

Die Österreichische Energieagentur ist nach ÖNORM ISO 50001:2011 und ISO 29990:2010 zertifiziert.