



Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences

Cerberus

Anwendertreffen

Chemnitz, 17.10.2012

Elektroenergieversorgungsnetze im Wandel – Reichweitenerhöhung in der straßenorientierten Elektromobilität

Westsächsische Hochschule Zwickau
Professur für Elektrische Energietechnik/Regenerative Energien
S. Amstein; T. Hempel; S. Hommel; M. Bodach



Leitfaden

1. Gegenwart und Zukunft der Elektromobilität in Deutschland
2. Fahrzeugexterne Optionen der Reichweitenerhöhung
3. Projekt „Infrastruktur“: Auswirkungen von Entwicklungsszenarien der Elektromobilität auf ein reales EV-Netz
4. Zusammenfassung



Leitfaden

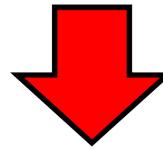
- 1. Gegenwart und Zukunft der Elektromobilität in Deutschland**
2. Fahrzeugexterne Optionen der Reichweitenerhöhung
3. Projekt „Infrastruktur“: Auswirkungen von Entwicklungsszenarien der Elektromobilität auf ein reales EV-Netz
4. Zusammenfassung



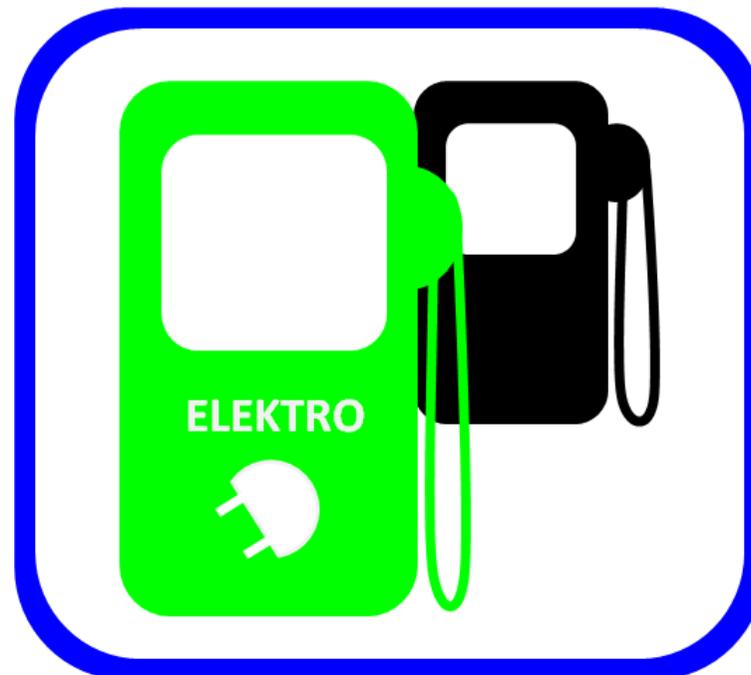
1. Gegenwart und Zukunft der Elektromobilität in Deutschland

Fossiler Brennstoff vs. Batterietechnik im Fahrzeug

Ziel: Technologische Zeitwende im Fahrzeugbereich



Langfristige Ablösung endlicher fossiler Brennstoffe als Kraftstoff durch vollständig elektrisch betriebene Fahrzeuge!

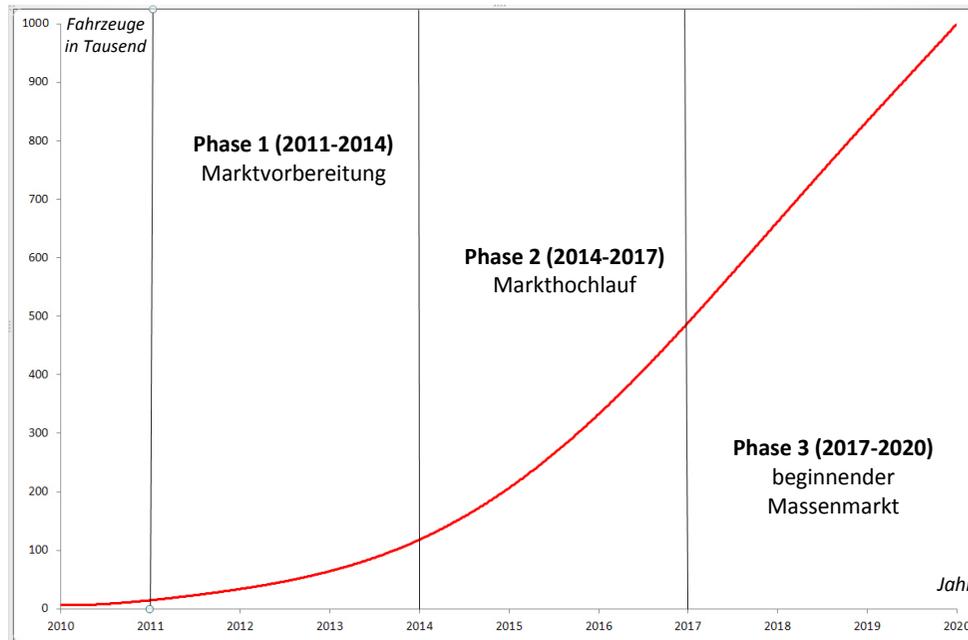




1. Gegenwart und Zukunft der Elektromobilität in Deutschland

Nationaler Entwicklungsplan der Bundesregierung

- 1 Mio E-Fahrzeuge bis zum Jahr 2020



[Quelle: Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung, 08/ 2009]

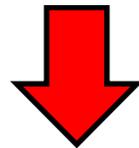
- möglicherweise 5 Mio E-Fahrzeuge bis zum Jahr 2030
- bis 2050 kann Großstadtverkehr nahezu ohne fossile Brennstoffe auskommen



1. Gegenwart und Zukunft der Elektromobilität in Deutschland

Elektromobilität im Jahr 2012

- Gesamtzahl: 51,7 Mio zugelassene Fahrzeuge
 davon Anteil Elektrofahrzeuge: 0,02%
- im Jahr 2012 wurden bis Mai 1419 Elektro-PKW verkauft
 \triangleq nur 0,087% aller neuzugelassenen Fahrzeuge
- Problematik:
 - hoher Anschaffungspreis
 - zu geringe Reichweite der Fahrzeuge
 - Batterien schwer und platzraubend
 - Aufbau einer Ladeinfrastruktur noch in der Frühphase



**Fazit: → gestecktes Ziel der Bundesregierung für 2020 ist gefährdet
→ Akzeptanz in der Bevölkerung muss verändert werden!**



Leitfaden

1. Gegenwart und Zukunft der Elektromobilität in Deutschland
- 2. Fahrzeugexterne Optionen der Reichweitenerhöhung**
3. Projekt „Infrastruktur“: Auswirkungen von Entwicklungsszenarien der Elektromobilität auf ein reales EV-Netz
4. Zusammenfassung



2. Fahrzeugexterne Optionen der Reichweitenerhöhung

Schnell-Ladesäulen

- Standort: z.B. Autobahntankstellen, -rasthöfe
- Kabelanschluss ans Bestands-EV-Netz
- Deutschland: dreiphasige AC-Ladung mit 43,6 kW
- Schnellladung der Batterie auf mind. 80% der Nennkapazität
→ Zeitansatz: 20 bis 30 Minuten
- Problematik:
 - Fahrzeug-Batterien mit verhältnismäßig hoher Kapazität können in dieser Zeit nicht auf 80% geladen werden → höherer Zeitansatz oder zusätzliche Aufladungsoption nötig
 - begrenzte Fläche für Ladesäulen



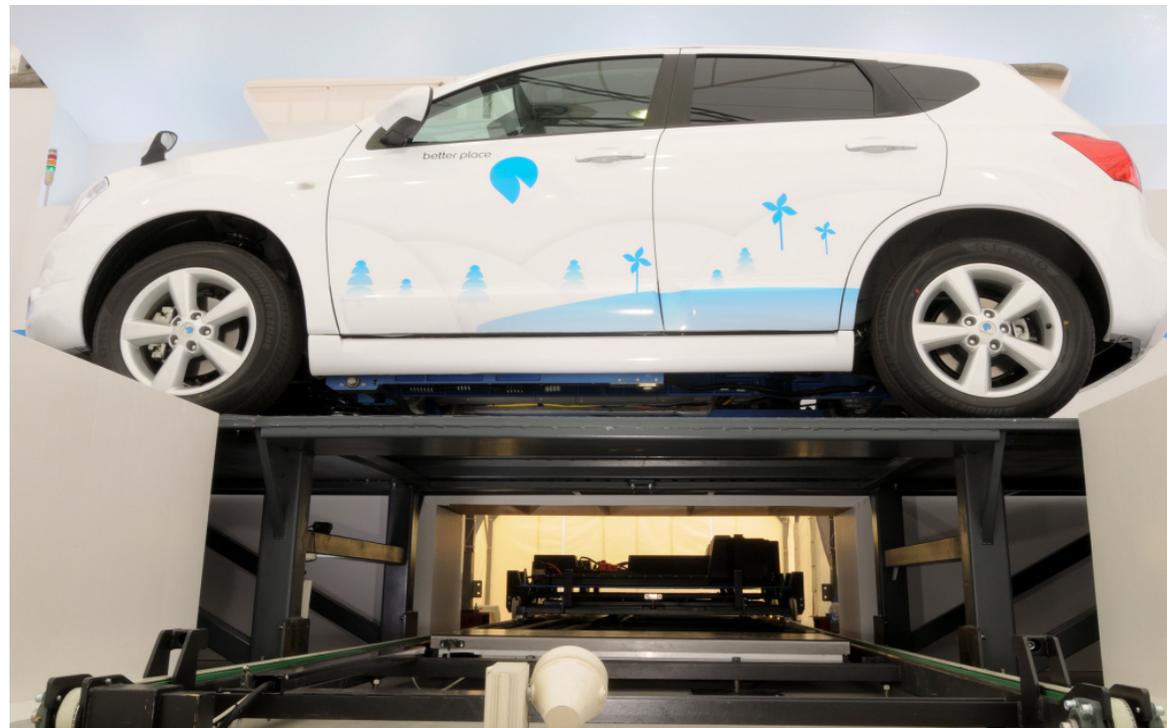
Solar-Elektroenergie-Tankstelle in Zwickau



2. Fahrzeugexterne Optionen der Reichweitenerhöhung

Batterie-Wechselstationen

- automatisierter Austausch der leer gefahrenen Batterie durch eine voll geladene Batterie
- geringe Austauschzeit: Wechsel innerhalb von rund 2 Minuten möglich
- aber: herstellerübergreifende Standardisierung der Batterie notwendig



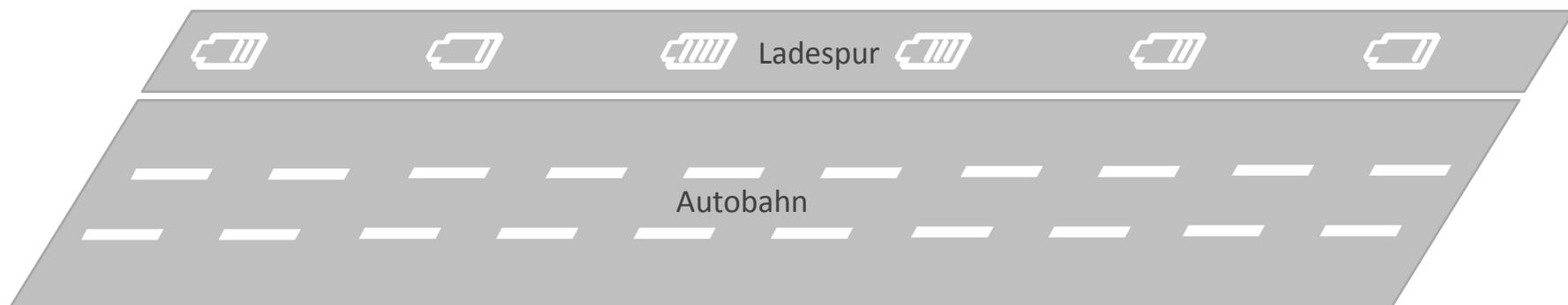
Batterie-Wechselstation [Quelle: Better Place]



2. Fahrzeugexterne Optionen der Reichweitenerhöhung

Durchgängige Ladespuren

- Nachladung über
 - Oberleitungen
 - Leitsystem
 - Induktion
- zur Energieversorgung der Ladespur müssen Anschlusspunkte am öffentlichen Netz hergestellt werden





Leitfaden

1. Gegenwart und Zukunft der Elektromobilität in Deutschland
2. Fahrzeugexterne Optionen der Reichweitenerhöhung
- 3. Projekt „Infrastruktur“: Auswirkungen von Entwicklungsszenarien der Elektromobilität auf ein reales EV-Netz**
4. Zusammenfassung



2. Fahrzeugexterne Optionen der Reichweitenerhöhung

Vorstellung des Projektes

Titel: „Intelligente Verkehrsinfrastrukturanlage –
Grundlage für straßenorientierte Elektromobilität“

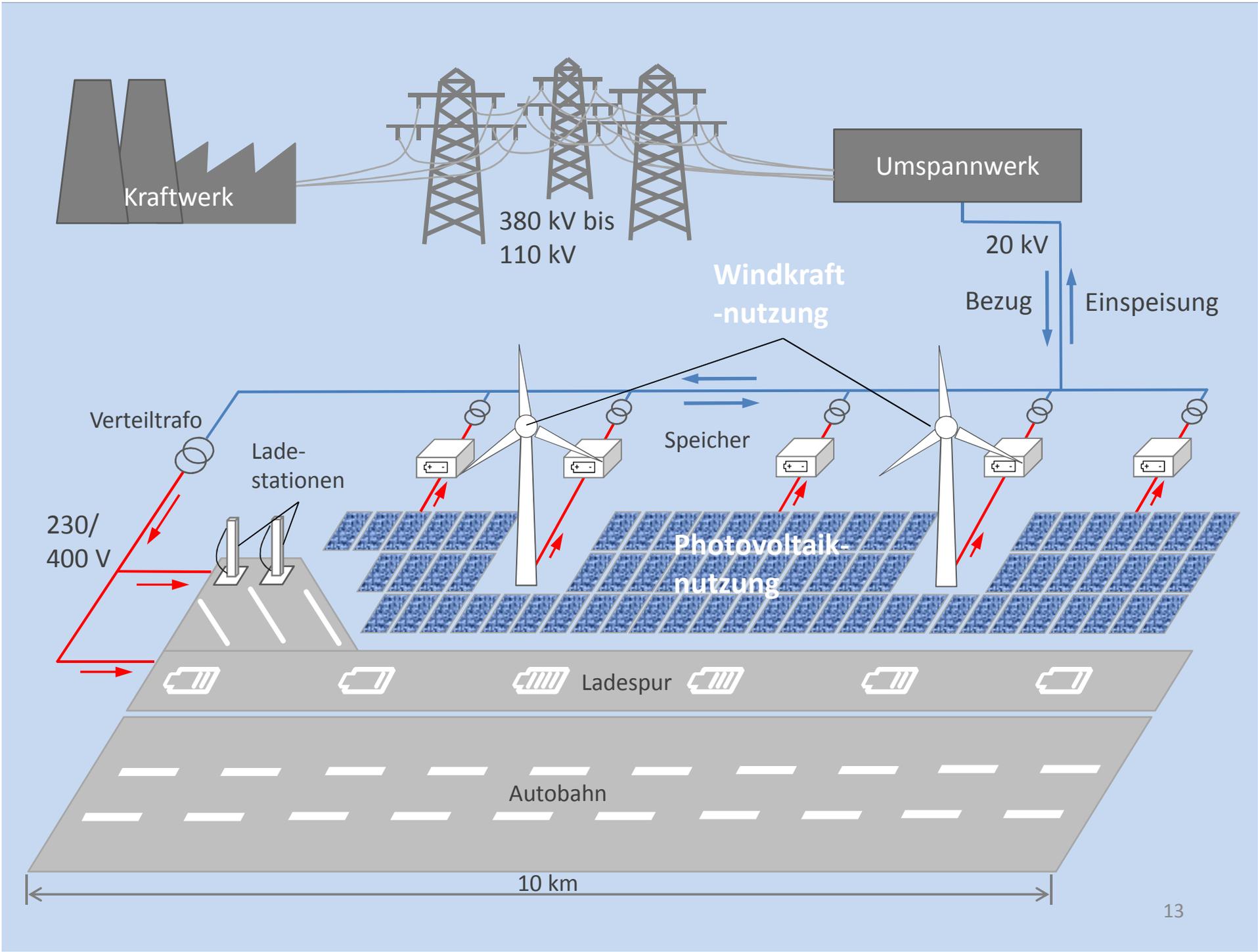
Auftraggeber: SMWK (Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst)

Thematik: - Grundlagenuntersuchung zur Anpassung der Verkehrsinfrastruktur
(speziell außerorts) für die zunehmende Elektromobilität

- Teilgebiete:
 - Bestandteile der Infrastrukturanlagen
 - Energiebedarfsermittlung
 - Energiegewinnung
 - Energieübertragung und -einspeisung

u.a. Netzberechnung zu Auswirkungen von Elektromobilitäts-Szenarien auf ein reales EV-Netz

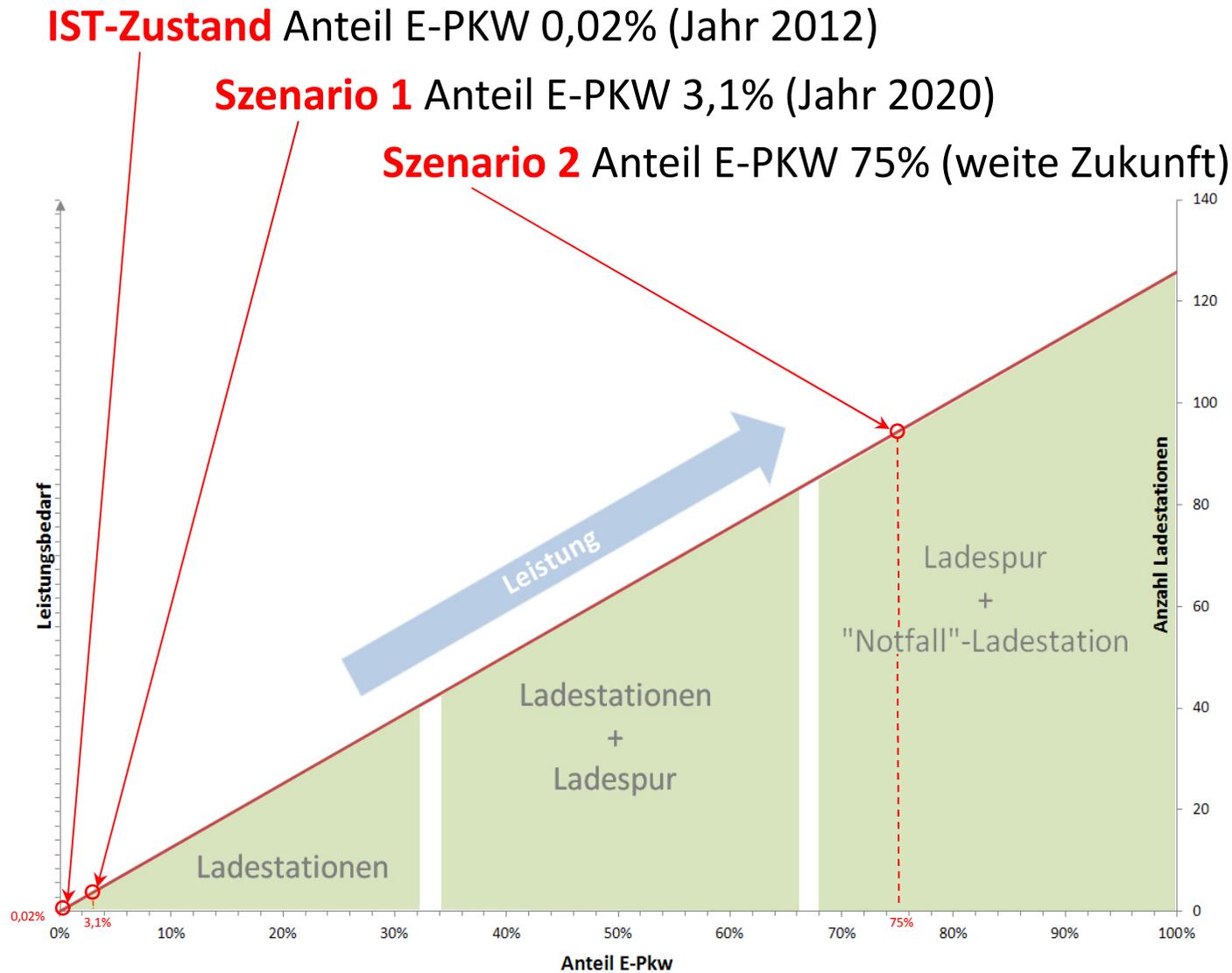
Musterstrecke: - Autobahn (dreispurig)
- Vorgabe-Geschwindigkeit: 100 km/h
- Verkehrsdichte bei 100 km/h und 10 km Strecke: 5527 PKW/h





3. Projekt „Infrastruktur“

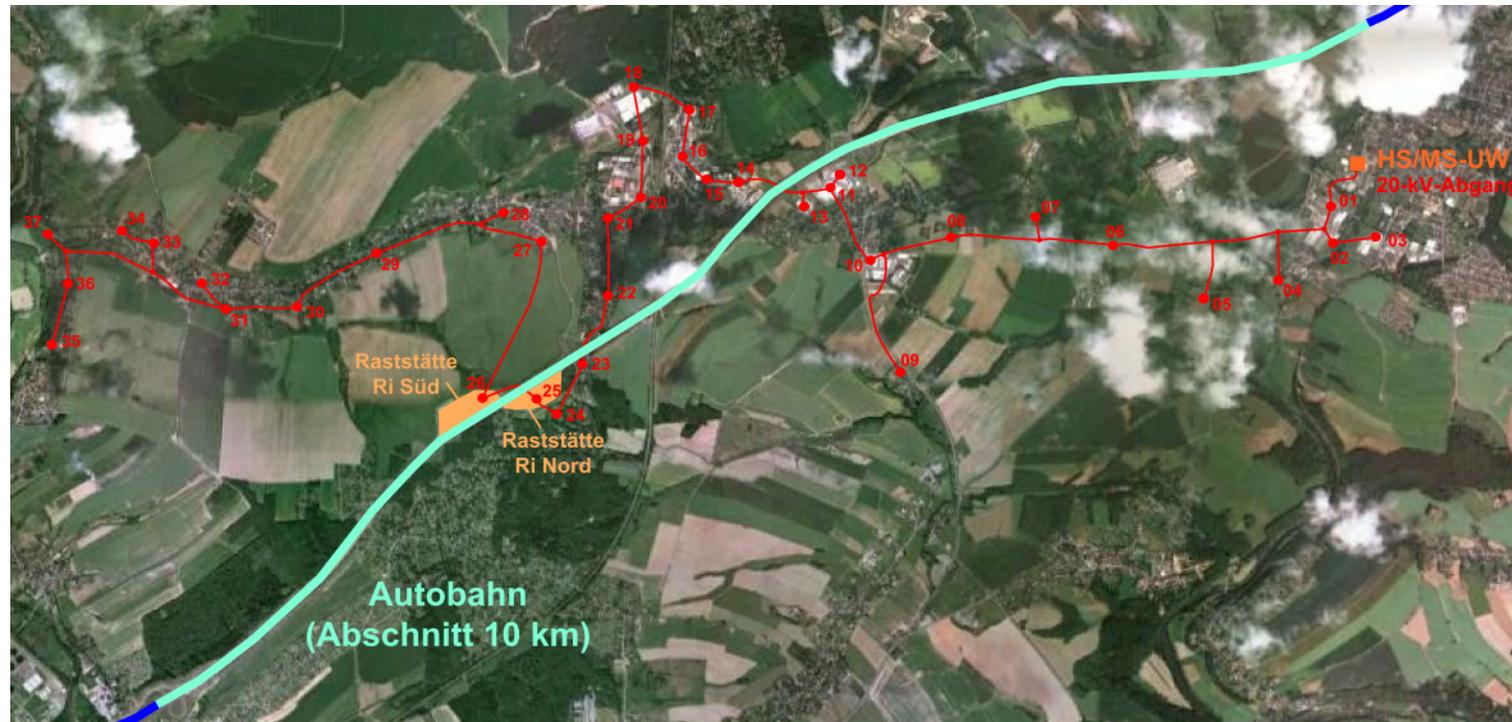
Szenarienauswahl zur Netzberechnung



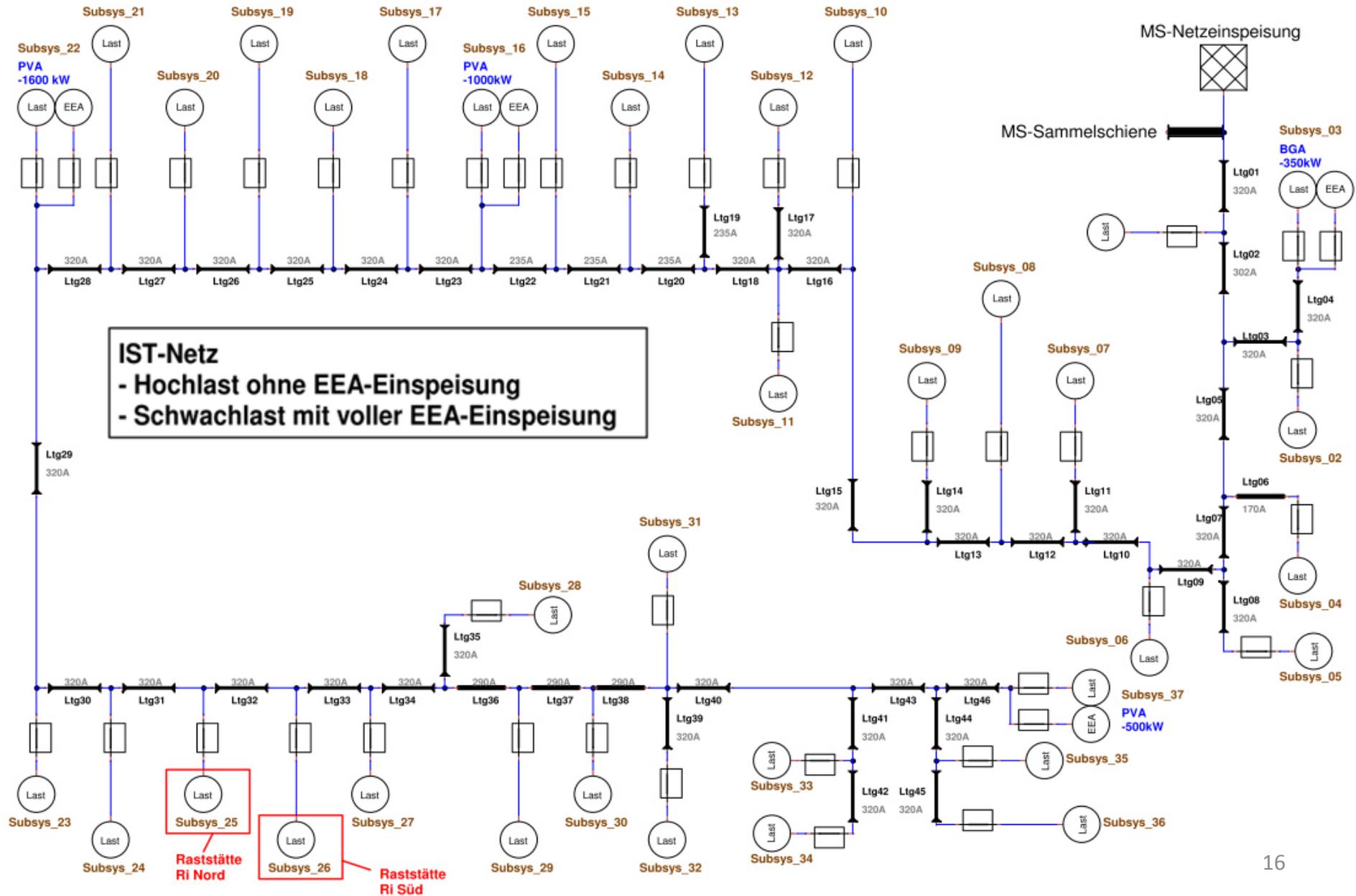


3. Projekt „Infrastruktur“

Ist-Netz: Bestandsaufnahme



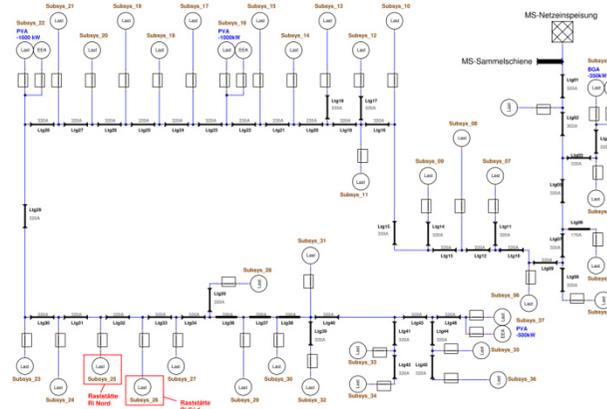
- 20-kV-Abgang, Normalschaltzustand
- 37 MS-Trafostationen
- 4 MS-Eigenerzeugungsanlagen (3x PVA, 1x BGA)
- Länge Hauptstrang bis zur Normal-Netzoffenstelle: 13,8 km
- Jahreshochlast: $I = 196 \text{ A}$





3. Projekt „Infrastruktur“

Ist-Netz: Extremfalluntersuchung



A) Hochlast ohne EEA-Einspeisung

- Netz-Auslastungsfaktor $p = 0,8$
- Belastungsgrad $m = 0,7$ (EVU-Last)
- keine EEA-Einspeisung

maximale Strombelastung			
Ltg_Sys	I_{zul} [A]	I_{bel} [A]	I_{bel} / I_{zul}
Ltg02	302	187	62%

maximaler Spannungsfall		
KP	Δu_{zul}	Δu_{max}
Subsys_36	8%	3,2%

B) Schwachlast mit voller EEA-Einspeisung

- Schwachlast = $0,2x$ Jahreshochlast $\rightarrow p = 0,16$
- Belastungsgrad $m = 1,0$ (Dauerlast)
- volle EEA-Einspeisung (4 EEA mit ges. 3,45 MW)

maximale Strombelastung			
Ltg_Sys	I_{zul} [A]	I_{bel} [A]	I_{bel} / I_{zul}
Ltg22	190	67	35%

maximale Spannungsanhebung		
KP	Δu_{zul}	Δu_{max}
Subsys_37	2,5%	1,1%

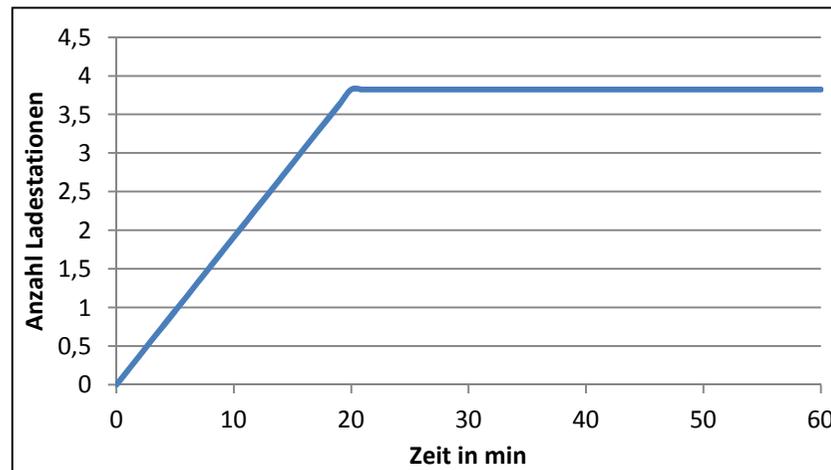
Fazit: Alle betrachteten Werte befinden sich im zulässigen Bereich!



3. Projekt „Infrastruktur“

Szenario 1 – Leistungsbedarf der Ladestruktur (10 km)

- Verkehrsdichte auf der Autobahn pro Fahrtrichtung bei 100 km/h: 5527 PKW/h
- Anteil E-PKW beträgt 3,1% → 172 E-PKW/h
- Bsp. E-Golf: Reichweite: 150 km (10 km Teststrecke entsprechen 6,6%)
→ 6,6% der E-PKW tanken nach → 11,35 PKW/h tanken nach
- Zeitansatz Schnellladung: 20 min → 3,78 E-PKW/20 min tanken nach



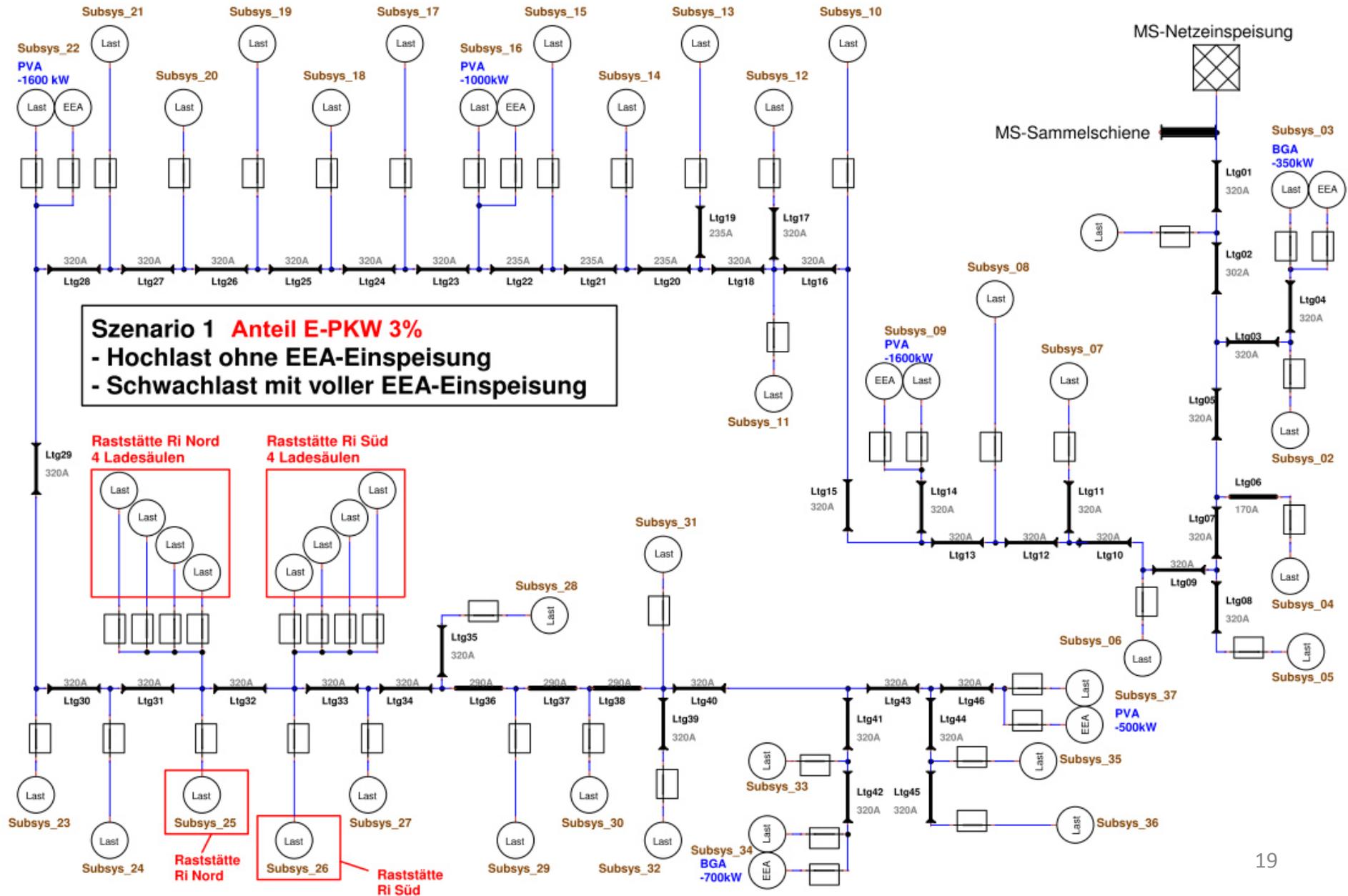
Fazit: → es werden vier Ladestationen pro Fahrtrichtung benötigt

→ Anschlussleistung: $P_{\text{Ladesäulen}} = 2 \text{ (Fahrtrichtungen)} \times 4 \text{ (Ladesäulen)} \times 43,6 \text{ kW}$

$P_{\text{Ladesäulen}} = 175 \text{ kW}$



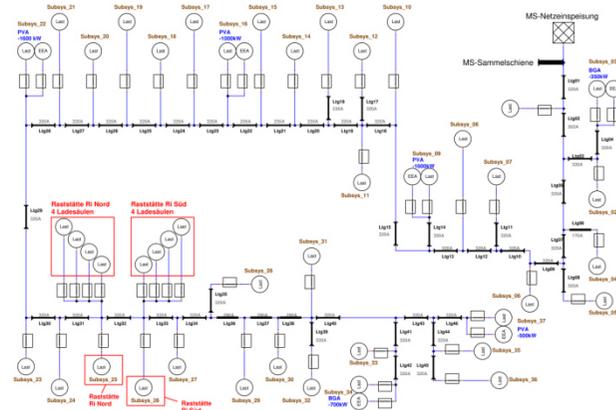
Cerberus





3. Projekt „Infrastruktur“

Szenario 1: Extremfalluntersuchung



Anteil E-PKW 3%

A) Hochlast ohne EEA-Einspeisung

- Netz-Auslastungsfaktor $p = 0,8$
- Belastungsgrad $m = 0,7$ (EVU-Last)
- keine EEA-Einspeisung

maximale Strombelastung			
Ltg_Sys	I_{zul} [A]	I_{bel} [A]	I_{bel} / I_{zul}
Ltg02	302	195	65%

maximaler Spannungsfall		
KP	Δu_{zul}	Δu_{max}
Subsys_36	8%	3,3%

B) Schwachlast mit voller EEA-Einspeisung

- Schwachlast = $0,2 \times$ Jahreshochlast $\rightarrow p = 0,16$
- Belastungsgrad $m = 1,0$ (Dauerlast)
- volle EEA-Einspeisung (6 EEA mit ges. 5,75 MW)

maximale Strombelastung			
Ltg_Sys	I_{zul} [A]	I_{bel} [A]	I_{bel} / I_{zul}
Ltg02	244	127	52%

maximale Spannungsanhebung		
KP	Δu_{zul}	Δu_{max}
Subsys_37	2,5%	1,8%

Fazit: Alle betrachteten Werte befinden sich im zulässigen Bereich!

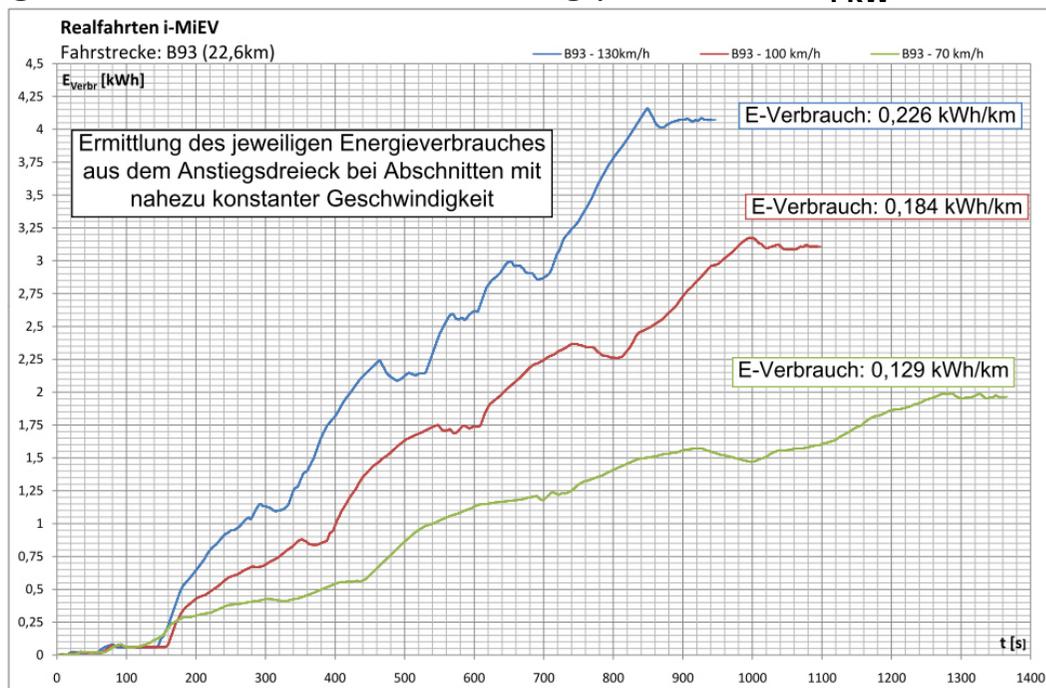


3. Projekt „Infrastruktur“

Szenario 2 – Leistungsbedarf der Ladestruktur (10 km)

A) Vorbetrachtungen

- Nachladung: zwei Ladespuren je Fahrtrichtung + optional Schnell-Ladesäulen
- auf einer Spur eines 10-km-Autobahn Abschnittes können maximal 182 E-PKW hintereinander fahren
- gewählter Ansatz: Nachladung pro E-PKW $E_{PKW} = 0,2 \text{ kWh/km}$



vgl. Realfahrtmessung i-MiEV
 $E_{\text{Verbr}} = 0,184 \text{ kWh/km}$

NEFZ-Wert E-Golf
 $E_{\text{Verbr}} = 0,177 \text{ kWh/km}$



3. Projekt „Infrastruktur“

Szenario 2 – Leistungsbedarf der Ladestruktur (10 km)

B) Ladespur

- je E-PKW muss folglich für den 10-km-Streckenabschnitt (Fahrzeit: 6 min) eine Ladeleistung von $P_{\text{PKW_einzeln}} = 20 \text{ kW}$ zur Verfügung gestellt werden
 - bei 182 PKW/Spur und zwei Ladepuren beträgt die benötigte Ladeleistung folglich
 $P_{\text{PKW_1FR_10km}} = 7,28 \text{ MW}$
 - zwei Fahrtrichtungen → doppelte benötigte Ladeleistung $P_{\text{PKW_2FR_10km}} = 14,56 \text{ MW}$

C) Schnell-Ladesäulen

- je 20 Schnell-Ladesäulen an den Raststätten Ri Süd und Ri Nord als zusätzliche Aufladeoption
 - $P_{\text{Ladesäulen}} = 2 \text{ (Fahrtrichtungen)} \times 20 \text{ (Ladesäulen)} \times 43,6 \text{ kW}$
 $P_{\text{Ladesäulen}} = 1,74 \text{ MW}$

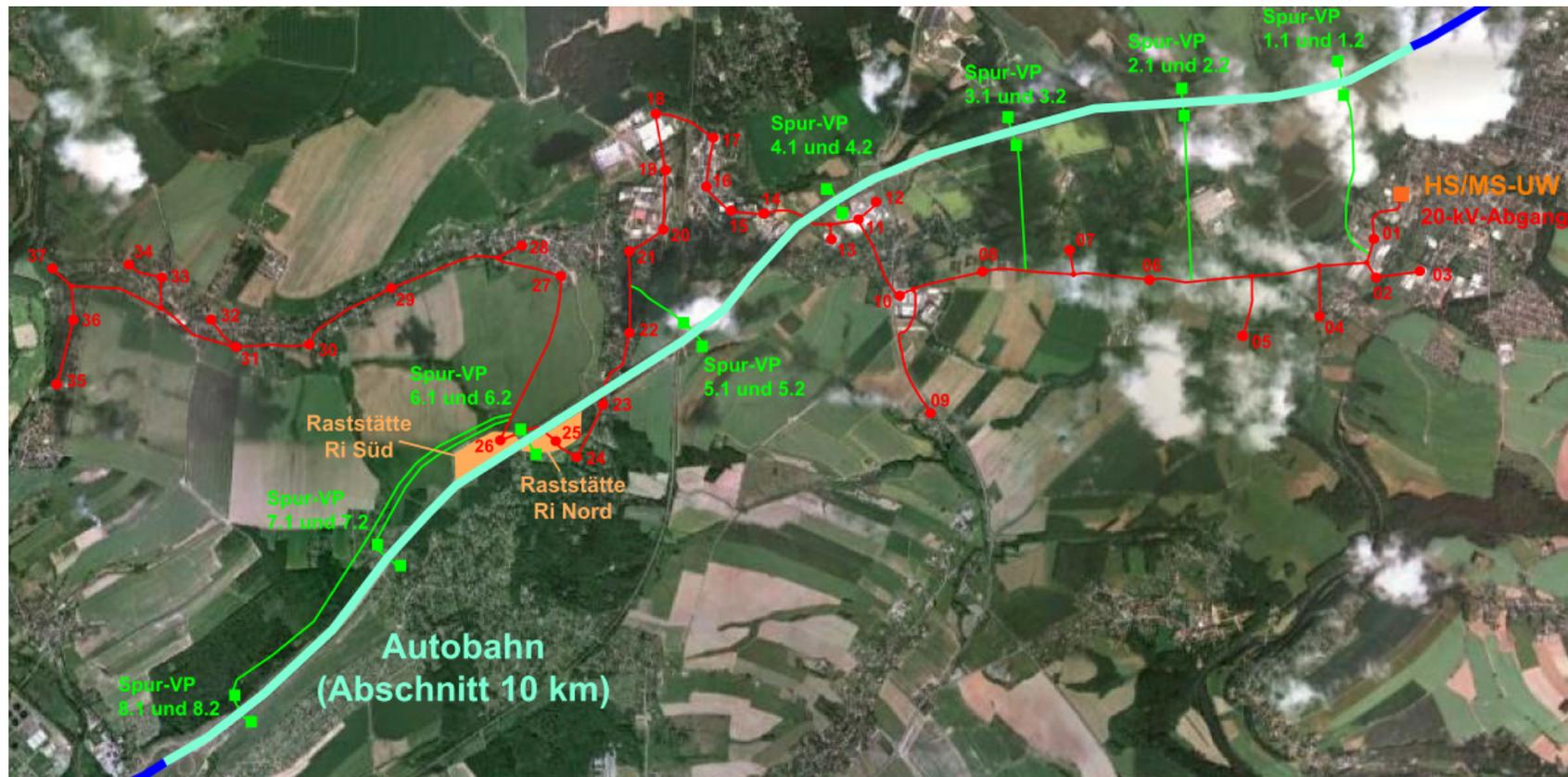
Fazit: Für die Versorgung der Ladestruktur eines 10-km-Autobahn-Abschnittes muss bei definierten Parametern (Ladeenergie/E-PKW, Anzahl Schnell-Ladesäulen) im Extremfall eine Gesamtleistung von 16,3 MW bereitgestellt werden!



3. Projekt „Infrastruktur“

Szenario 2 – Lage der Netzbetriebsmittel

→ inkl. Ladespur-Versorgungspunkten (Versorgungsbereich je 1250m)





3. Projekt „Infrastruktur“

Szenario 2 - Eigenerzeugungsanlagen entlang der Fahrbahn (10km)

A) Maximale EEA-Einspeisepotentiale

- Windenergie:
 - 3-MW-Anlagen, empfohlener Abstand 5x Rotordurchmesser (ca. 500 m)
 - theoretisch: 20 Anl./10 km ($\hat{=}$ 60 MW) → realistisch: 4 Anl./10 km ($\hat{=}$ 12 MW)
- Photovoltaik:
 - theoretisch: Bestückung von Fahrbahn, Überdachungen, Mittelstreifen, Freifläche, Lärmschutzeinrichtungen ($\hat{=}$ 88 MW)
 - realistisch: Bestückung von Freifläche (50%) und Lärmschutz ($\hat{=}$ 21 MW)

B) EEA im betrachteten Szenario

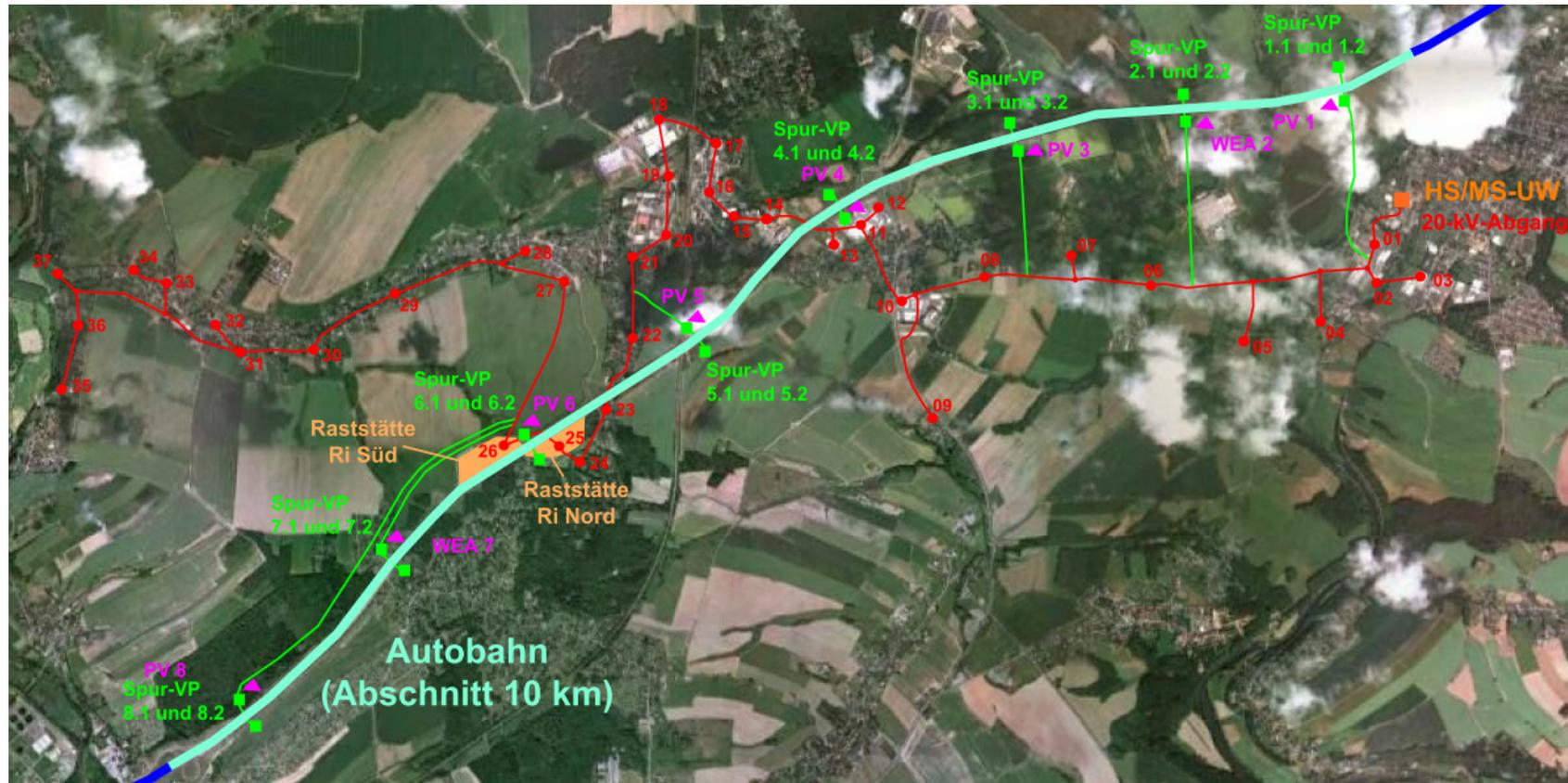
- gewählter Ansatz: ausgeglichene Leistungsbilanz
 - Bedarf der Ladestruktur = Einspeisung durch EEA am Fahrbahnrand
 - 16,3 MW = 16,3 MW**
 - 2x Einspeisung WEA (je 3,0 MW)
 - 6x Einspeisung PVA (je 1,72 MW)



3. Projekt „Infrastruktur“

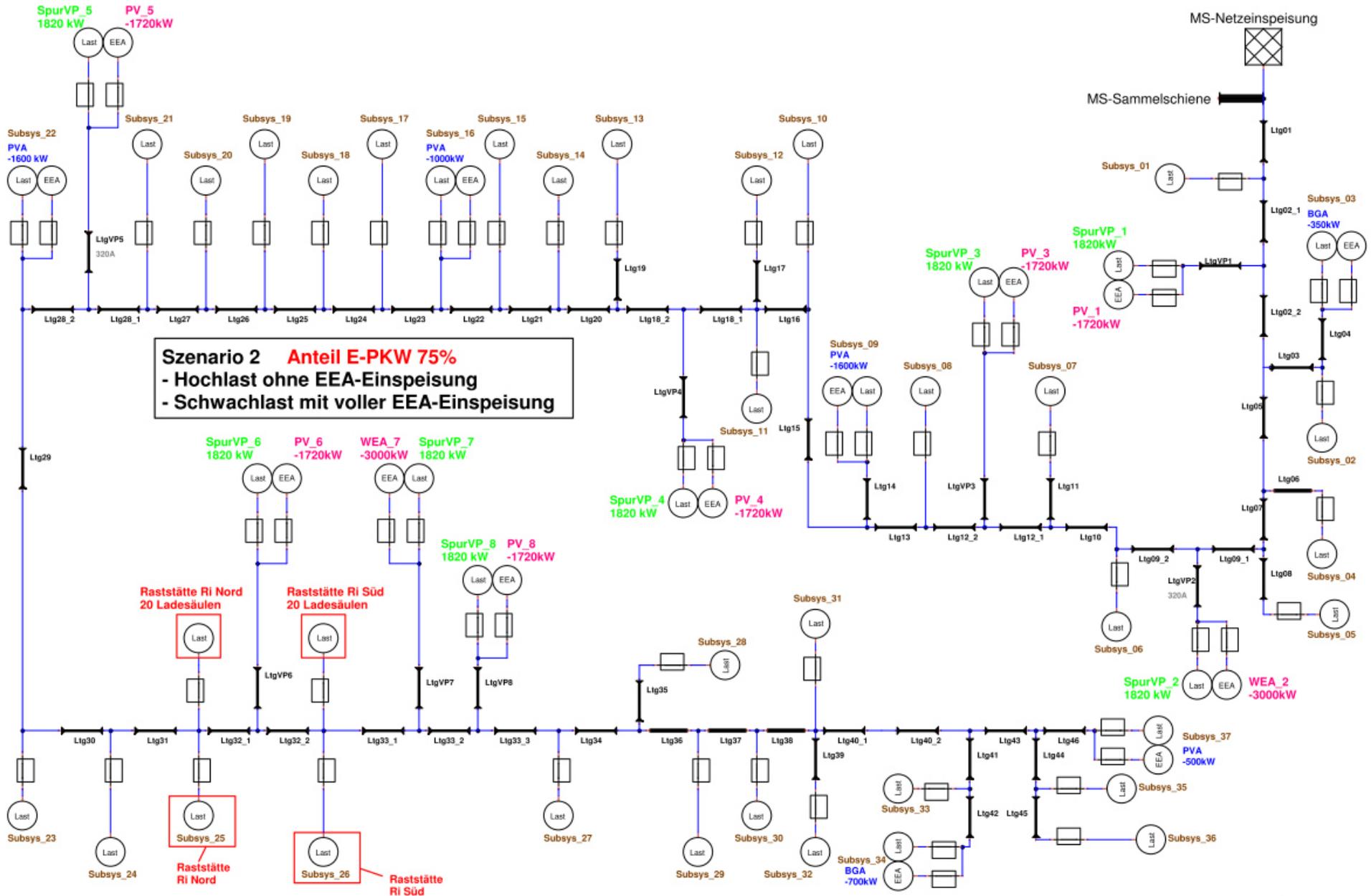
Szenario 2 – Lage der Netzbetriebsmittel

→ inkl. Ladespur-Versorgungspunkten und EEA-Einspeisepunkten





Cerberus





3. Projekt „Infrastruktur“

Szenario 2: Extremfalluntersuchung

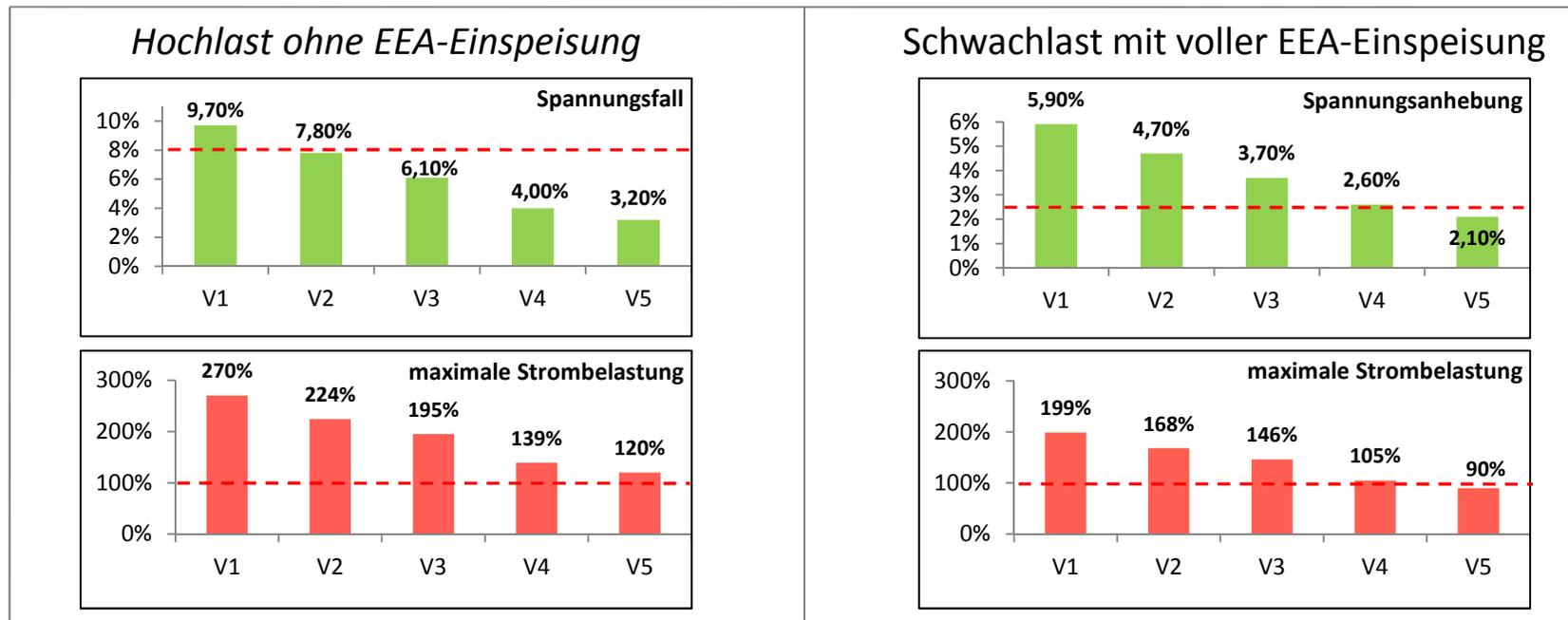
Variante 1) unveränderte Kabel-/Freileitungssysteme im Vergleich zum Bestandsnetz

Variante 2) alle Leitungs-Systeme im Hauptstrang werden durch VPE 3x1x185 ersetzt

Variante 3) alle Leitungs-Systeme im Hauptstrang werden durch VPE 3x1x240 ersetzt

Variante 4) alle Leitungs-Systeme im Hauptstrang werden durch Doppelsystem VPE 3x1x185 ersetzt

Variante 5) alle Leitungs-Systeme im Hauptstrang werden durch Doppelsystem VPE 3x1x240 ersetzt



- Fazit:**
- selbst bei einem massiven (theoretischen) Netzausbau treten unzulässige Werte auf
 - MS-Abgang nur „Teil eines Ganzen“ → ggf. auch Tausch des HS/MS-Trafos erforderlich
 - Errichtung unabhängiger MS-Stränge bzw. Neubau von UW's in Betracht zu ziehen
 - Einsatz von Energiespeichern kann Netzausbau ggf. optimieren



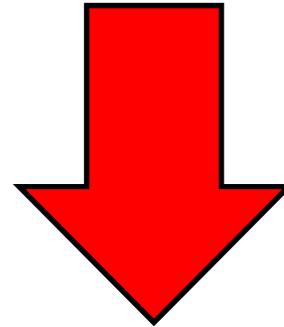
Leitfaden

1. Gegenwart und Zukunft der Elektromobilität in Deutschland
2. Fahrzeugexterne Optionen der Reichweitenerhöhung
3. Projekt „Infrastruktur“: Auswirkungen verschiedener Elektromobilitäts-Szenarien auf ein reales EV-Netz
- 4. Zusammenfassung**



4. Zusammenfassung

Eine Gewährleistung von Langstreckenmobilität bei Elektrofahrzeugen erfordert nicht nur eine Anpassung der Ladeinfrastruktur, sondern auch der Energieversorgungsnetze!



- 1. Bis 2020 erfordert die Versorgung einer Autobahn-Ladestruktur nur geringfügige Änderungen am EV-Netz (z.B. Tausch einzelner Leitungssysteme, Bau neuer Trafostationen im Lastschwerpunkt)!**
- 2. In ferner Zukunft wird ein massiver Netzausbau zur Versorgung einer Autobahn-Ladestruktur notwendig werden (der jedoch ggf. durch den Einsatz von Energiespeichern optimiert werden kann)!**



Cerberus



Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences

**Vielen Dank für
Ihre Aufmerksamkeit!**