

Mit dem Batterie- Oberleitungs-Bus und der intelligenten Ladeinfrastruktur zum emissionsfreien ÖPNV

NOW Projektcheck Seminar

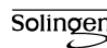
20.10.2020



Gefördert durch:



Koordiniert durch:



Kernfrage des Projektes

Wie kann der Solinger ÖPNV 100% emissionsfrei gestaltet werden?

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

Koordiniert durch:



Wie kann der Solinger ÖPNV 100% emissionsfrei gestaltet werden?

Die Ausgangslage 2016

- 50 Dieselbusse
- Elektromobilität seit 1952
- 50 Oberleitungsbusse
- > 100 km Oberleitung
- 65 % Elektromobilität
- 100 % emissionsfreier ÖPNV auf Basis der Oberleitungsbus-Technologie

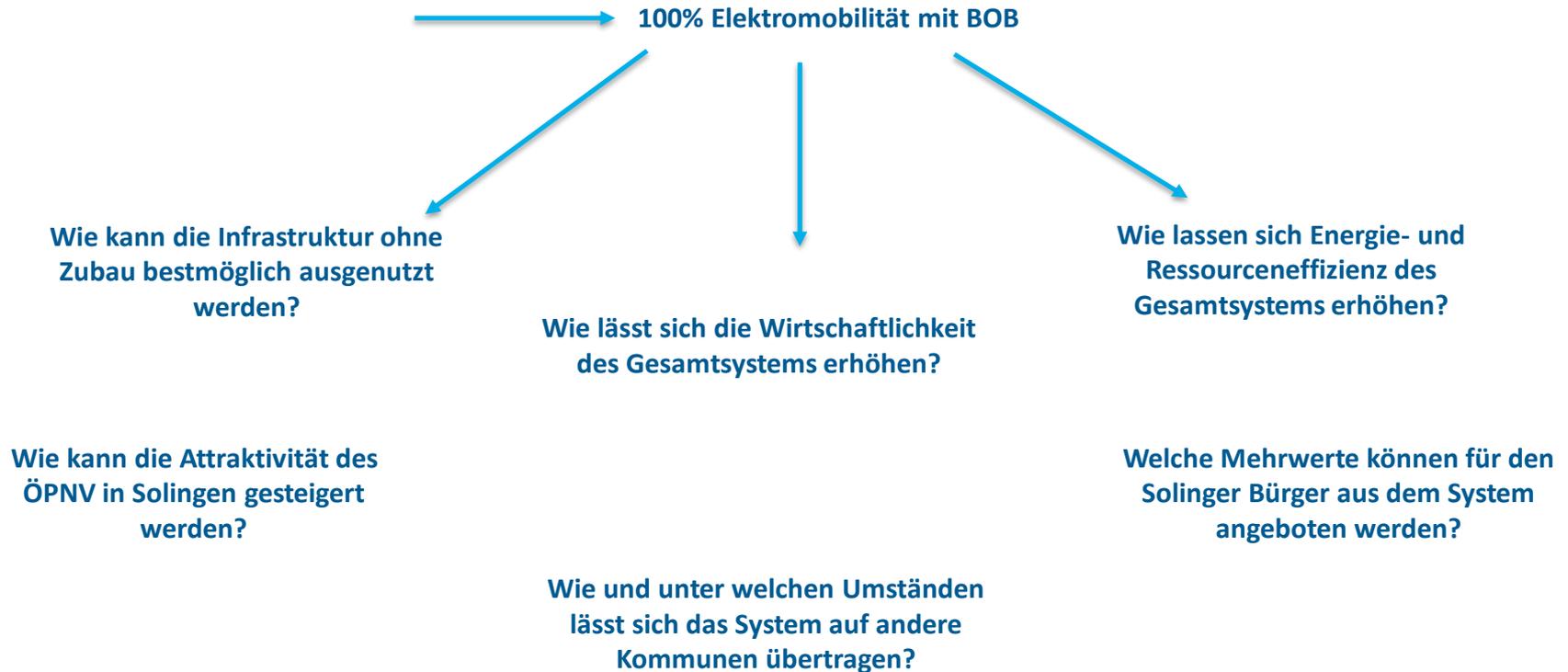


Bild: Stadtwerke Solingen GmbH



Wie kann der Solinger ÖPNV 100% emissionsfrei gestaltet werden?

Die Antwort: BOB



Gefördert durch:



Koordiniert durch:



STADTWERKE SOLINGEN

EVAS NETZE SOLINGEN

Solingen

NETSYSTEM

neueffizienz

VOLTABOX

BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL



BOB Solingen

Projektpartner

STADTWERKE SOLINGEN

STADTWERKE SOLINGEN

Solingen

BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL

EWS NETZE SOLINGEN

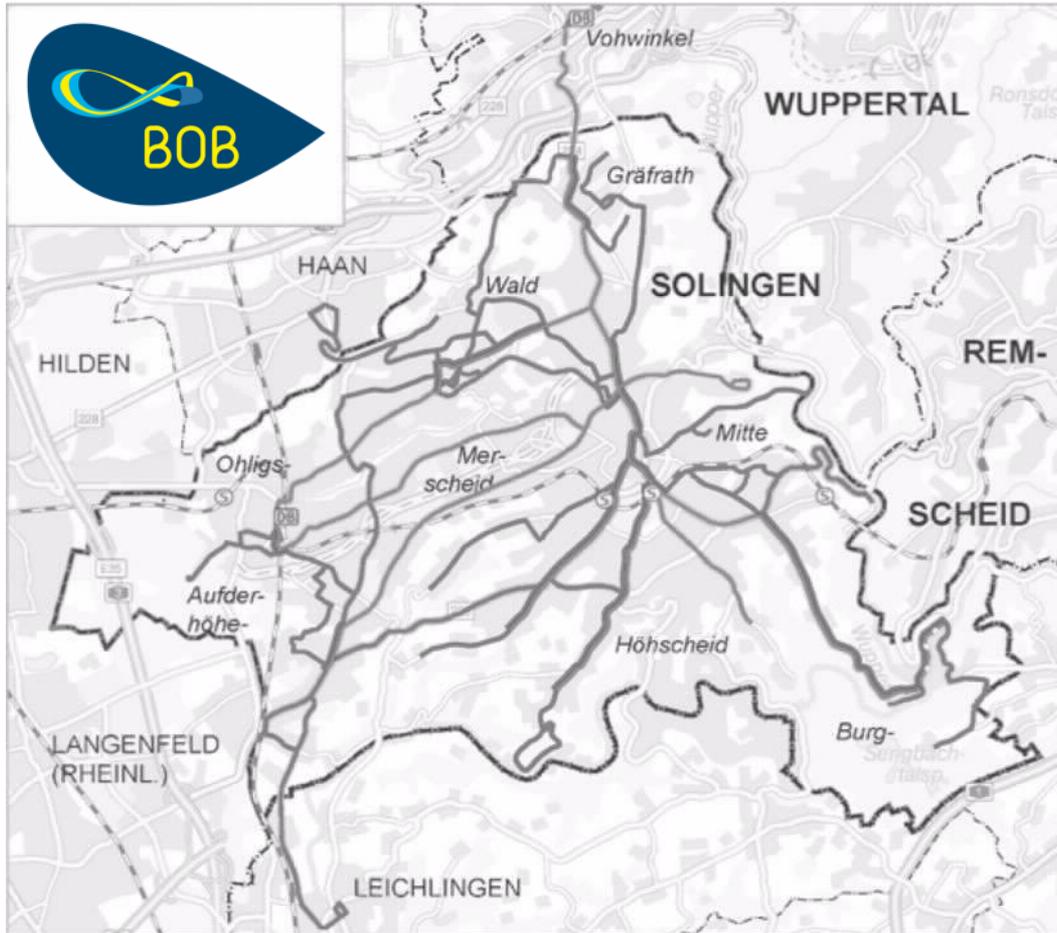
neue/effizienz

VOLTABOX®

NETSYSTEM

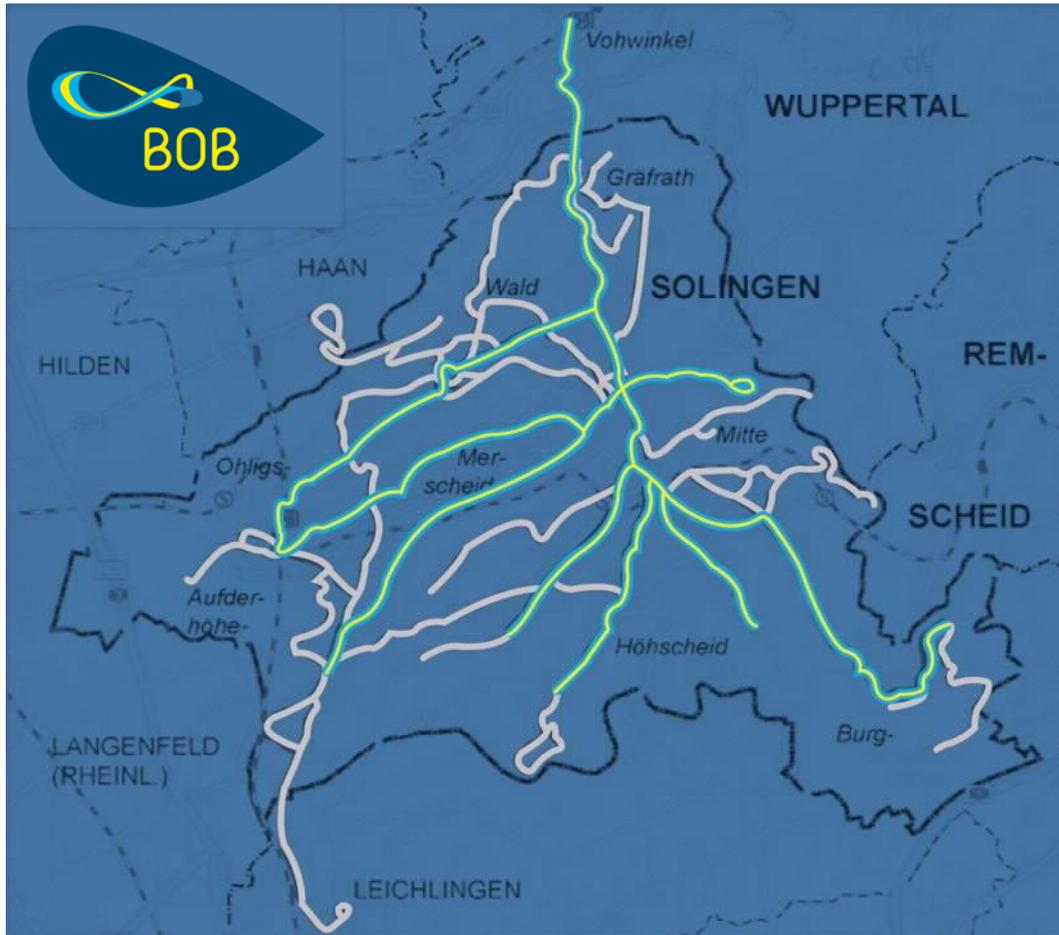


Zukunft des Solinger ÖPNVs



- Das Liniennetz von Solingen...

Zukunft des Solinger ÖPNVs



- Das Liniennetz von Solingen...
- ... mit allen Dieselbus-Linien ...
- ... und allen Obus-Linien.

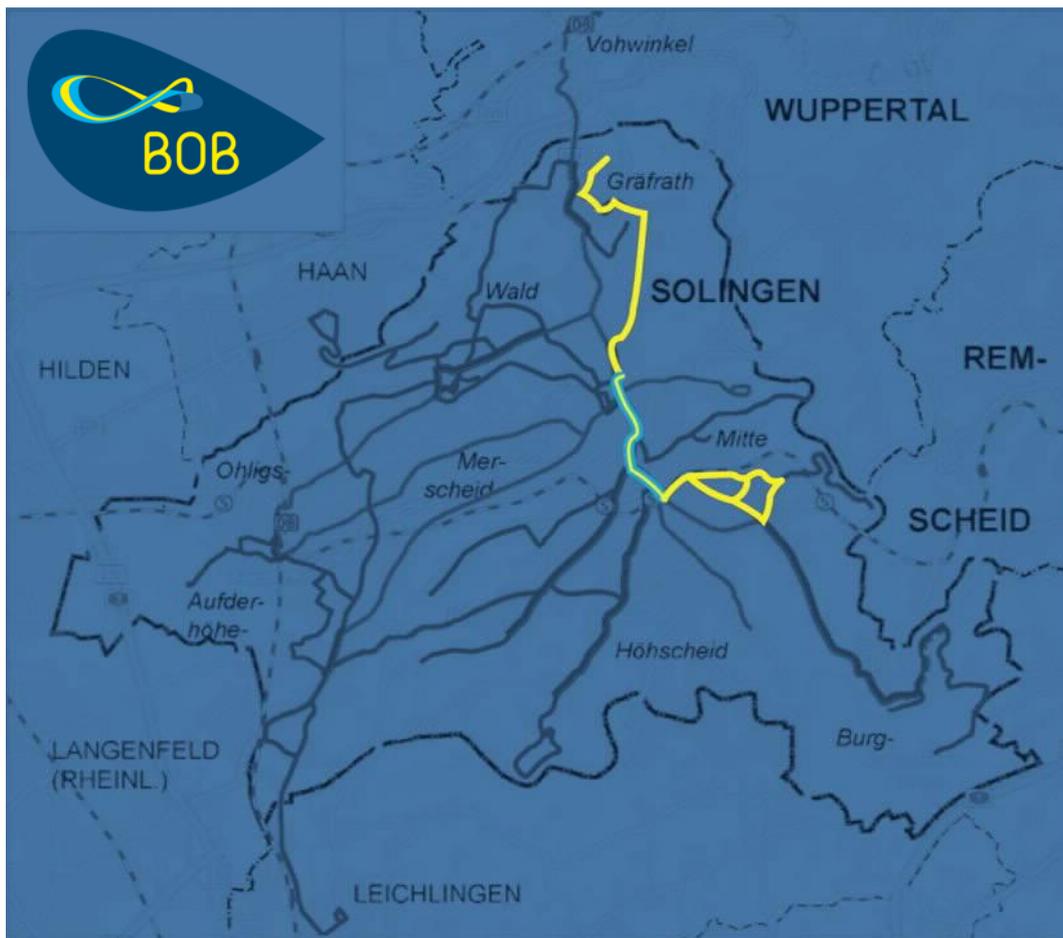
Gefördert durch:



Koordiniert durch:

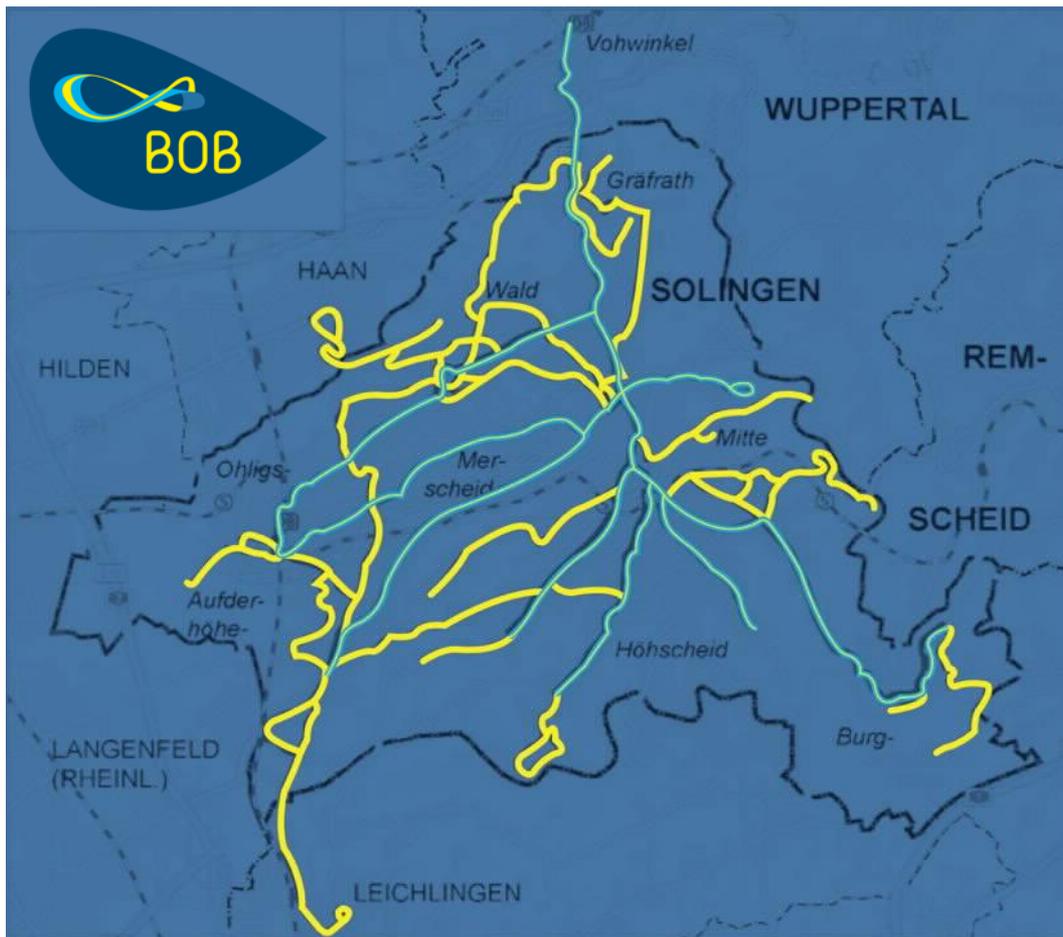


Zukunft des Solinger ÖPNVs



- Das Liniennetz von Solingen...
- ... mit allen Dieselbus-Linien ...
- ... und allen Obus-Linien.
- ... erste BOB-Linie mit elektro-mobiler Strecke ohne Oberleitung.

Zukunft des Solinger ÖPNVs



- Das Liniennetz von Solingen...
- ... mit allen Dieselbus-Linien ...
- ... und allen Obus-Linien.
- ... erste BOB-Linie mit elektro-mobiler Strecke ohne Oberleitung.
- ... mit der potentiellen Ausbreitung von BOB und einem emissionsfreien Nahverkehr (Modell).

Gefördert durch:

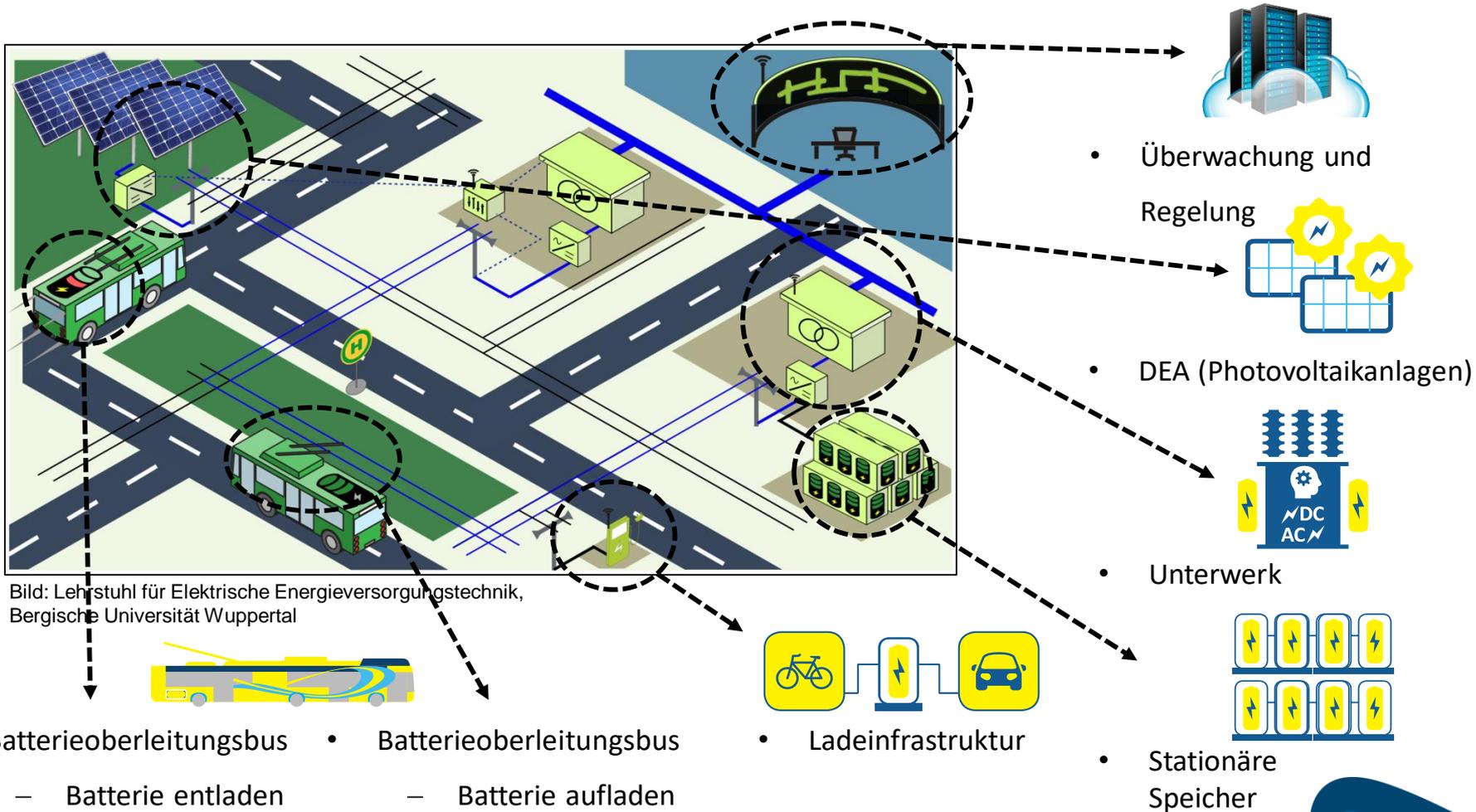


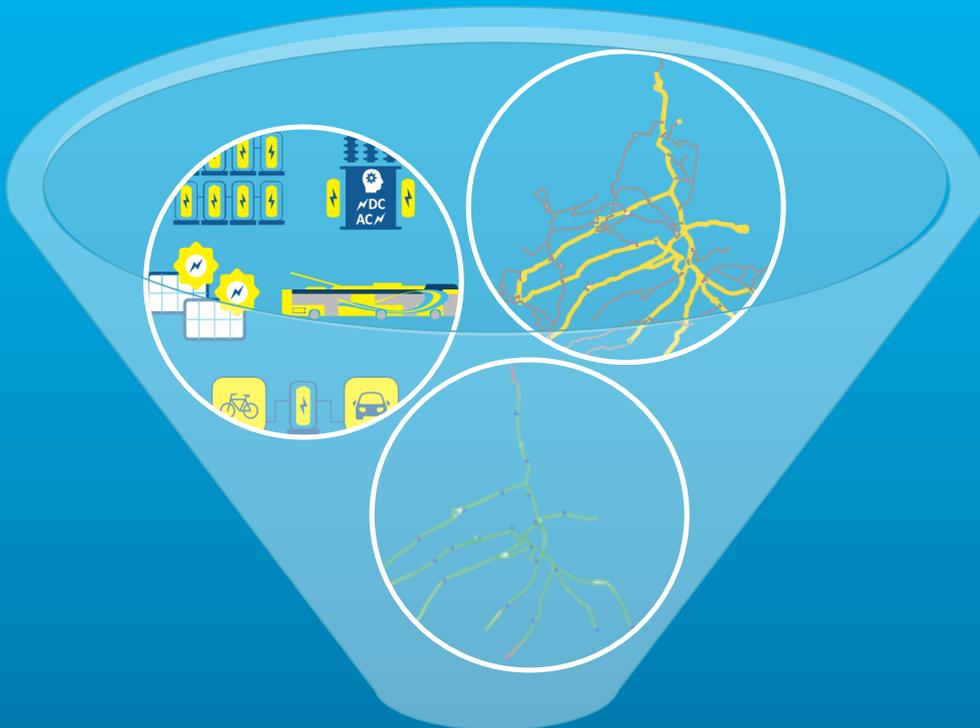
Koordiniert durch:



Smart-Trolleybus-System (STS)

Überblick über das Forschungsvorhaben





BOB
BatterieOberleitungsBus

Das **Smart-Trolleybus-System (STS)**

Gefördert durch:



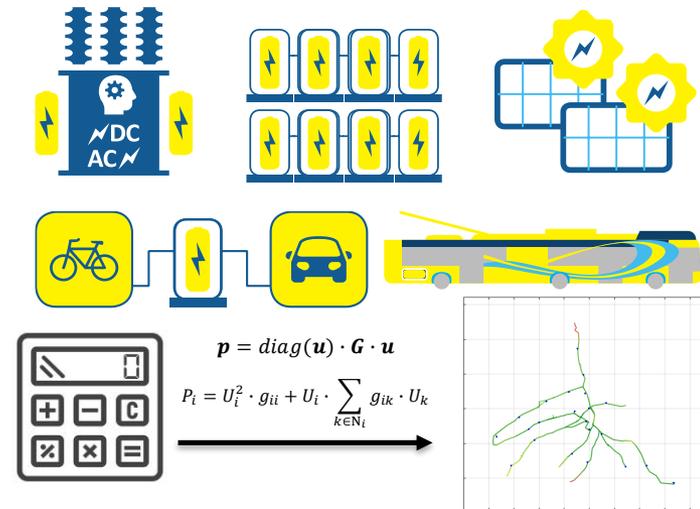
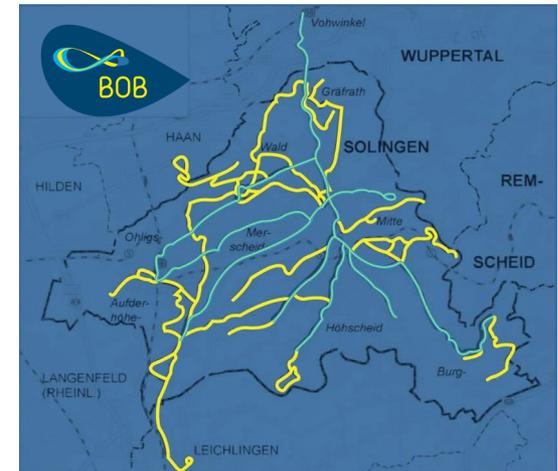
Koordiniert durch:



Simulationsuntersuchung des Solinger Oberleitungsnetzes

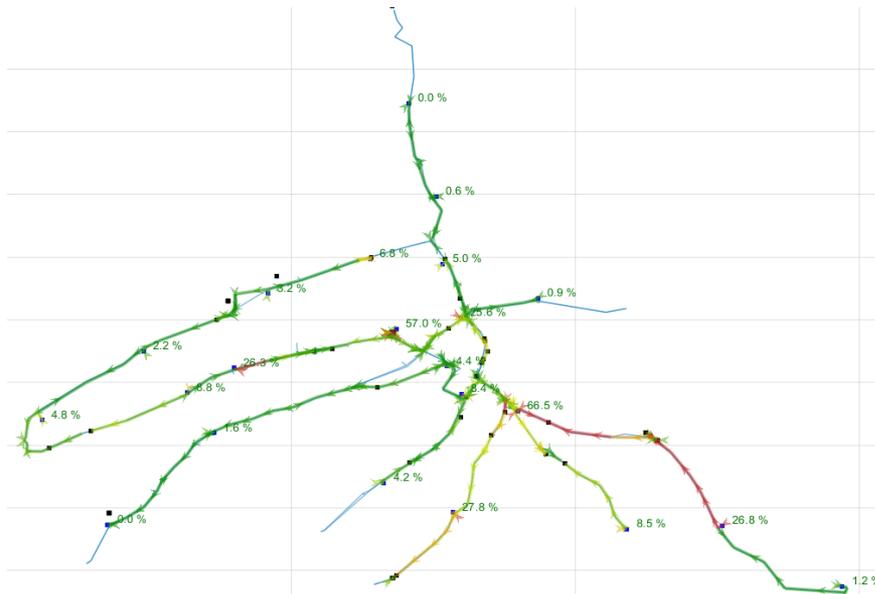
Aufbau der Simulationsuntersuchung

- Netzdaten
 - Elektrisches Netz
 - 660 V DC Oberleitungsnetz
 - 10 kV AC Mittelspannungsnetz
 - Verkehrsnetz
 - Straßen (inkl. Höhenprofil)
 - Ampeln, Bushaltestellen, usw.
- Busfahrpläne
- Modellierung und Implementierung aller Netzkomponenten
- Netzzustandsidentifikation mittels Leistungsflussberechnung

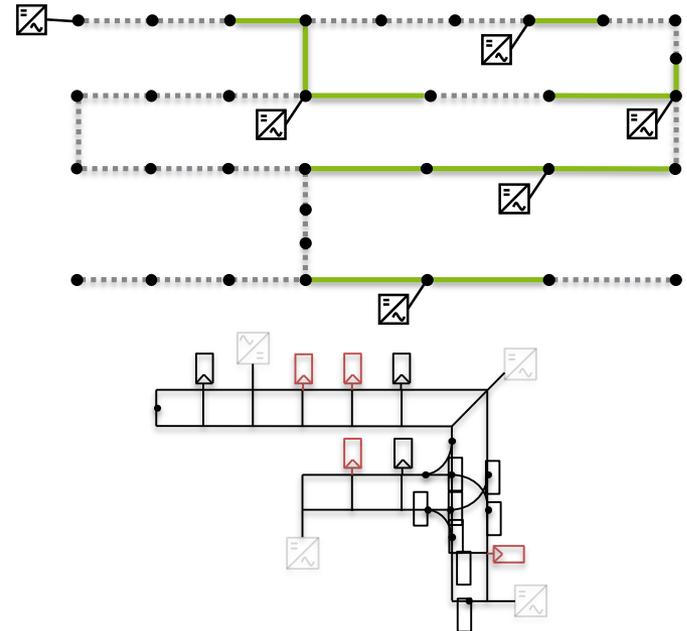


Simulationsuntersuchung des Solinger Oberleitungsnetzes

Anwendungsfälle der Simulationsuntersuchung



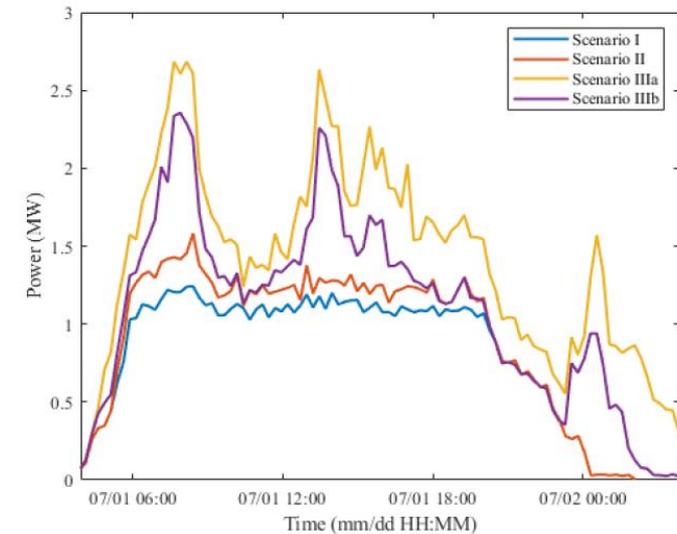
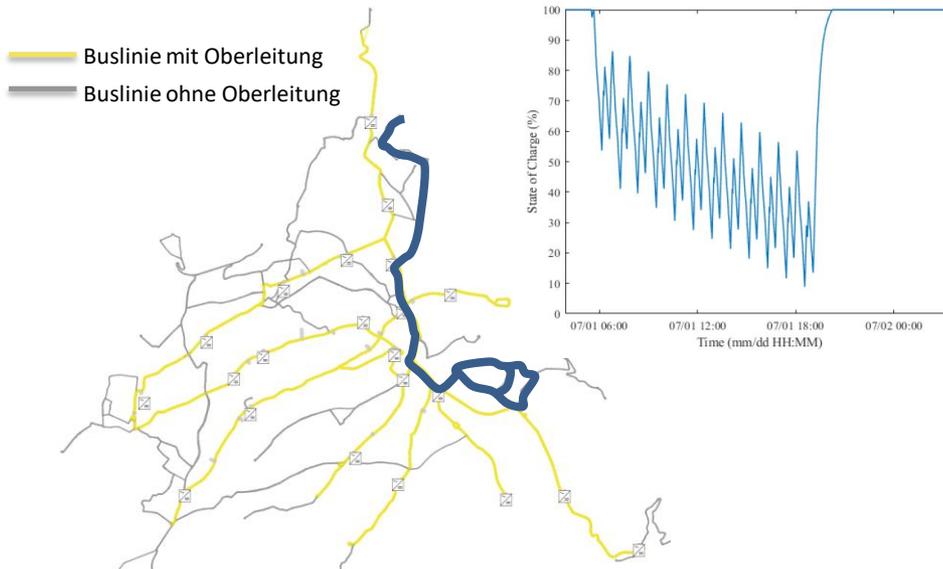
Netzstatussimulation und -bewertung –
Betrachtung von Grenzwertverletzungen
für einen vorgegebenen Zeitraum



Planung: Neu- sowie Ausbau von
Oberleitungsbussystemen
(ebenfalls optimale Positionierung und
Dimensionierung von Photovoltaik-
Anlagen und EV-Ladesäulen)

Simulationsuntersuchung des Solinger Oberleitungsnetzes

Anwendungsfälle der Simulationsuntersuchung



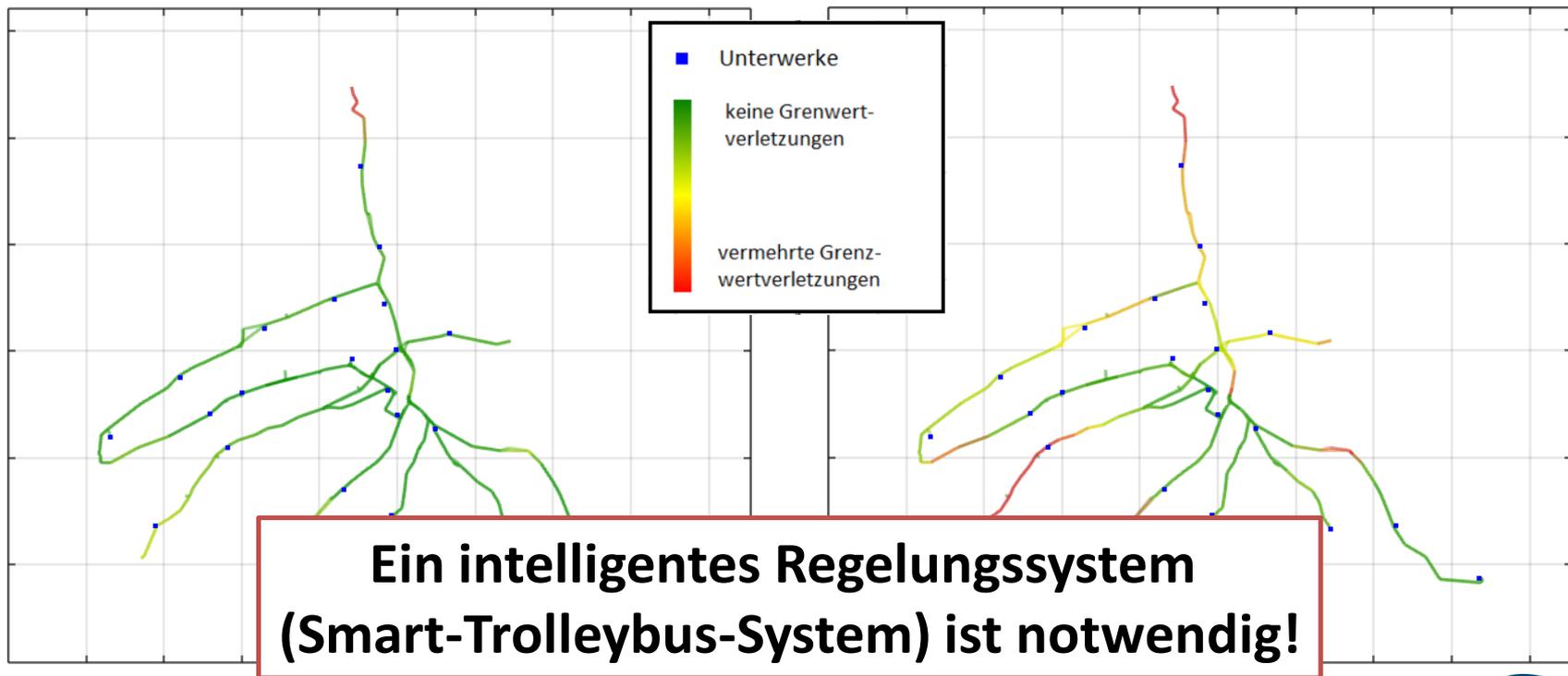
Bewertung einer Buslinie zur Umstellung vom Dieselbus zum Batterie-Oberleitungsbus – Berücksichtigung der Batteriekapazität

Szenarienanalyse des Solinger Oberleitungsbusystems – Gesamtauslastung des Netzes

Netzauslastung des Oberleitungsnetzes

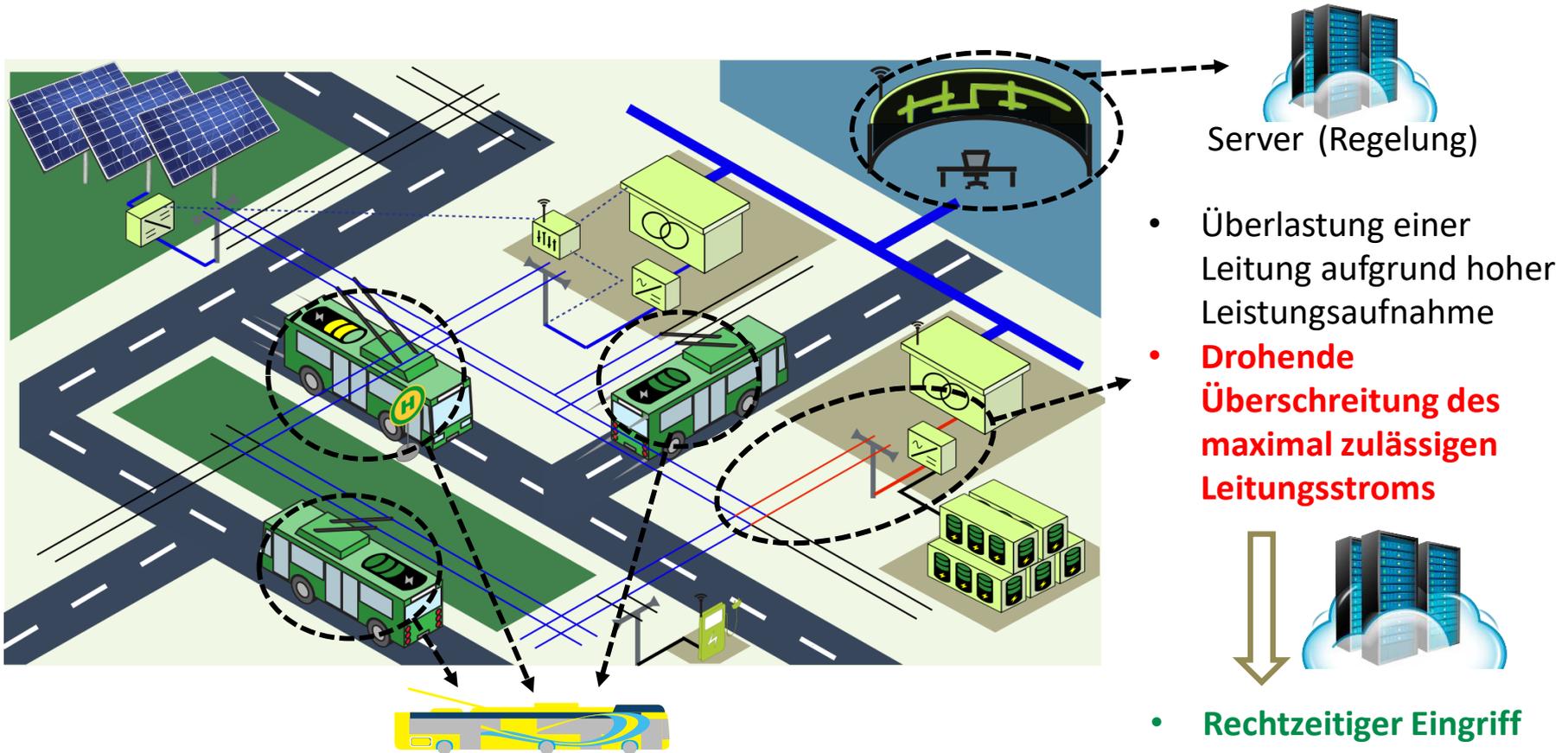
Szenarienanalyse der Simulationsuntersuchung

- Simulationsuntersuchung Szenario I:
 - 50 Oberleitungsbusse
 - 50 Dieselbusse
- Simulationsuntersuchung Szenario IIIa:
 - 100 Batterie-Oberleitungsbusse
 - Keine Oberleitungs- und Dieselbusse



Smart-Trolleybus-System (STS)

Beispiel Regelungseingriff



Server (Regelung)

- Überlastung einer Leitung aufgrund hoher Leistungsaufnahme
- **Drohende Überschreitung des maximal zulässigen Leitungstroms**



- **Rechtzeitiger Eingriff der automatisierten Regelung als Präventivmaßnahme**

- Batterieoberleitungsbusse beziehen Antriebsenergie aus dem Oberleitungsnetz
- Zusätzlich wird die interne Batterie aufgeladen

Gefördert durch:



Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Koordiniert durch:



STADTWERKE SOLINGEN



Solingen



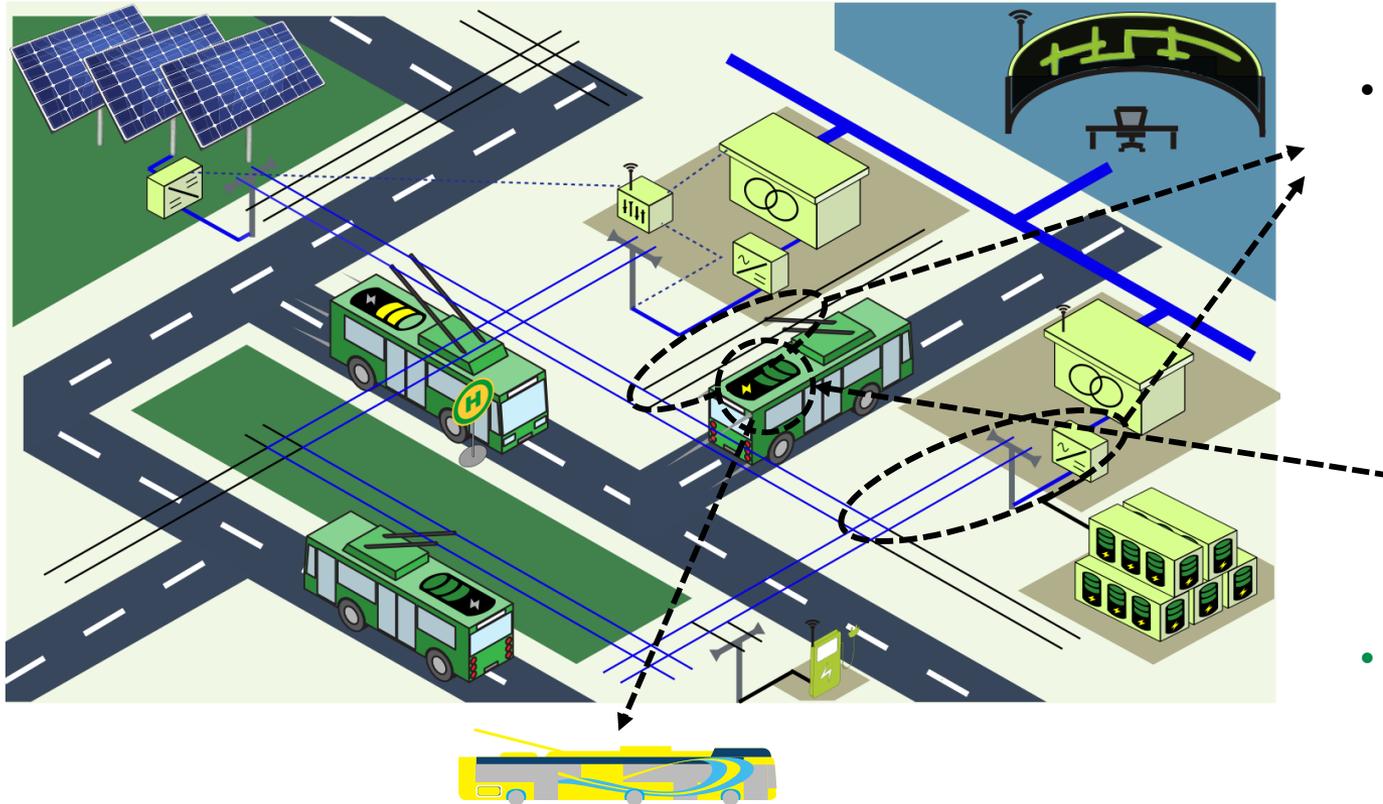
neueffizienz

VOLTABOX



Smart-Trolleybus-System (STS)

Beispiel Regelungseingriff



- Potenzielle Überlastung der Leitungsabschnitte wird vorgebeugt

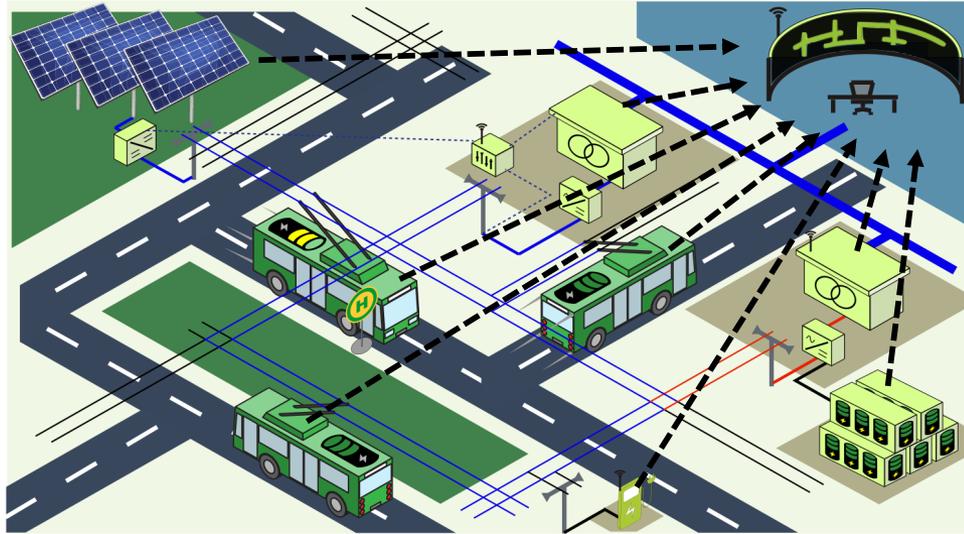


- Rechtzeitiger Eingriff der automatisierten Regelung als Präventivmaßnahme

- Regelungseingriff schaltet um auf Batteriebetrieb

Smart-Trolleybus-System

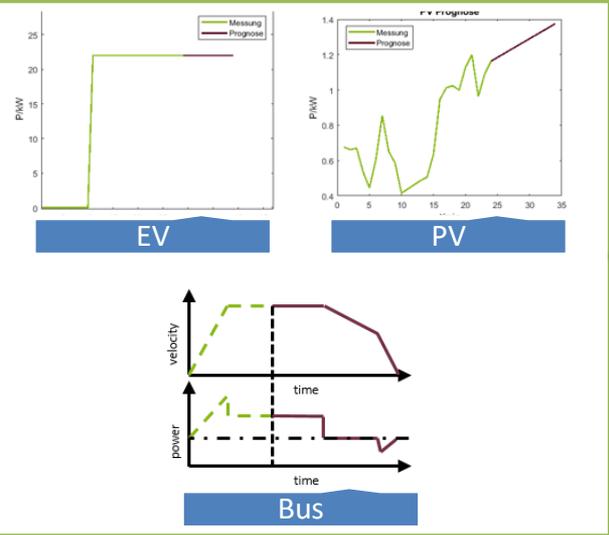
Funktionsweise



Übertragung von
Messungen der
Netzkomponenten zum
Server

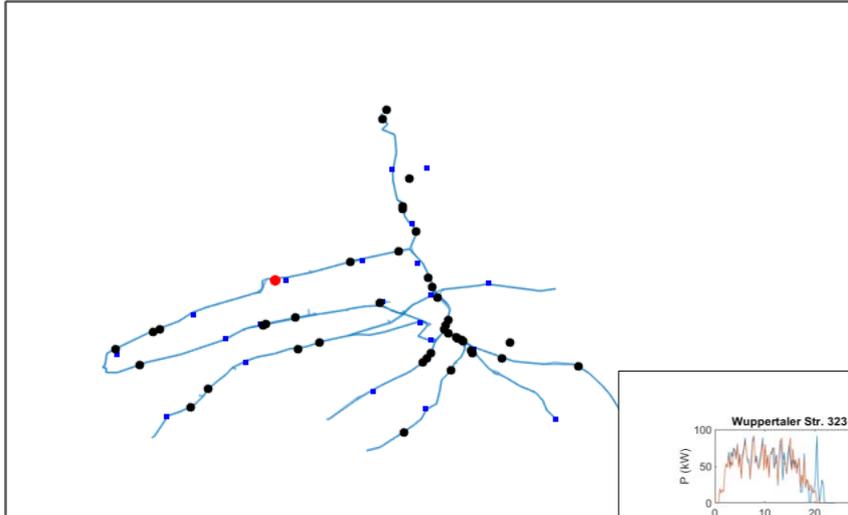


Prognoseerstellung
aller Komponenten



Prognostizierter
Netzzustand

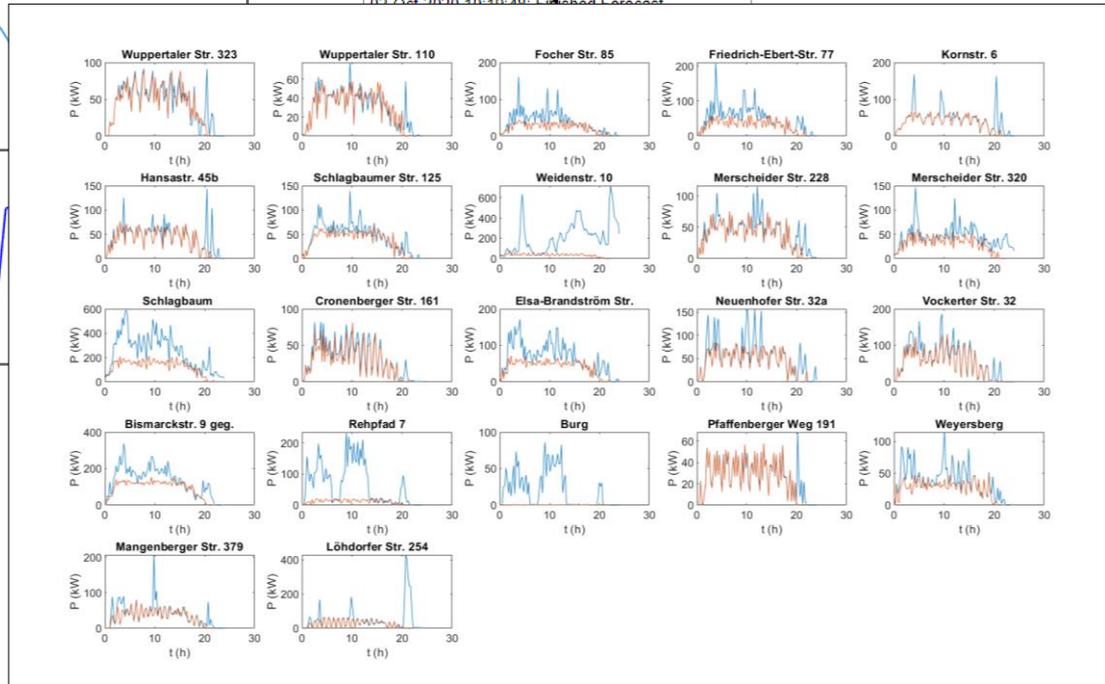
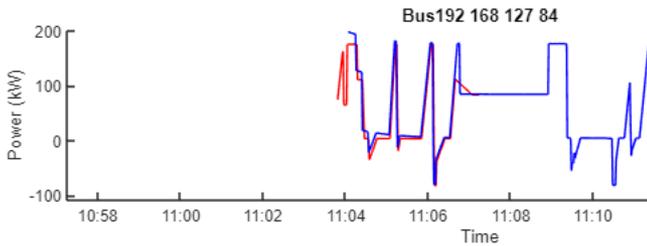
DC Network



Power Voltage Stop

- ▶ Buses
- ▶ Substations
- ▶ Electric_Vehicle_Charging_Stations
- ▶ Photovoltaic_Systems
- ▶ Storage_Systems

02-Oct-2020 10:16:44: Loading GUI
 02-Oct-2020 10:16:54: GUI loaded
 02-Oct-2020 10:16:57: Starting Observation
 02-Oct-2020 10:17:12: Starting Forecast
 02-Oct-2020 10:19:49: Finished Forecast

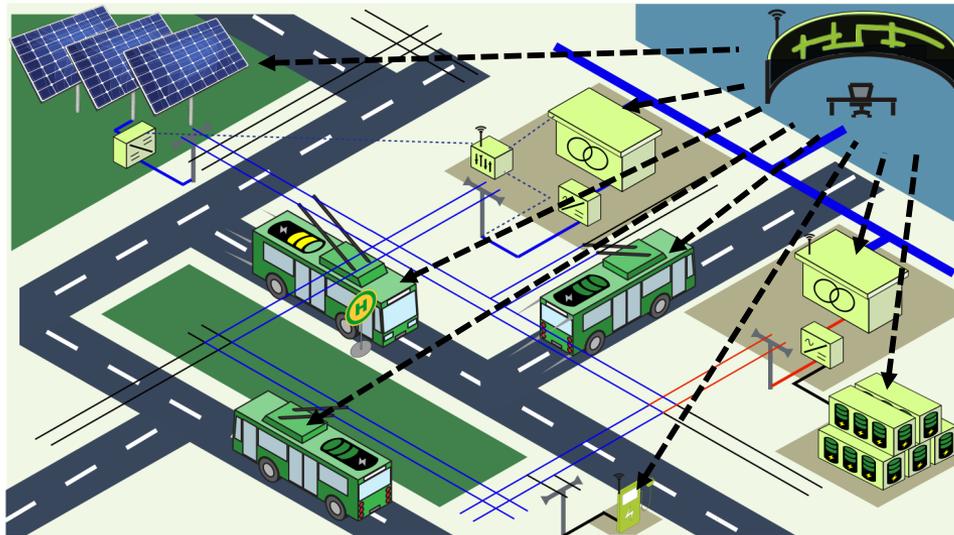
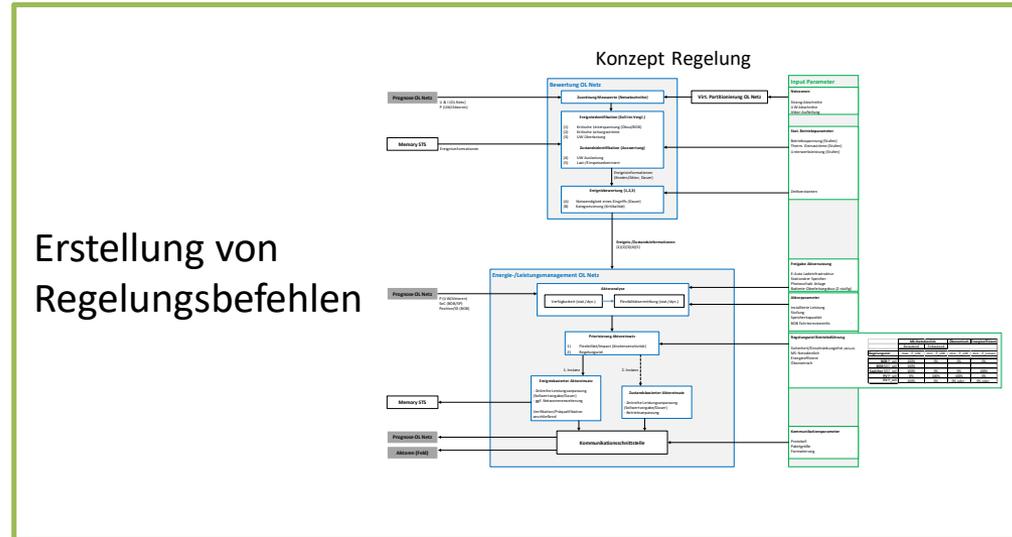


Smart-Trolleybus-System

Funktionsweise



Erstellung von
Regelungsbefehlen



Übertragung von
Regelungsbefehlen vom
Server zu allen Aktoren
im Oberleitungsnetz

Der Smart Trolley



Gefördert durch:

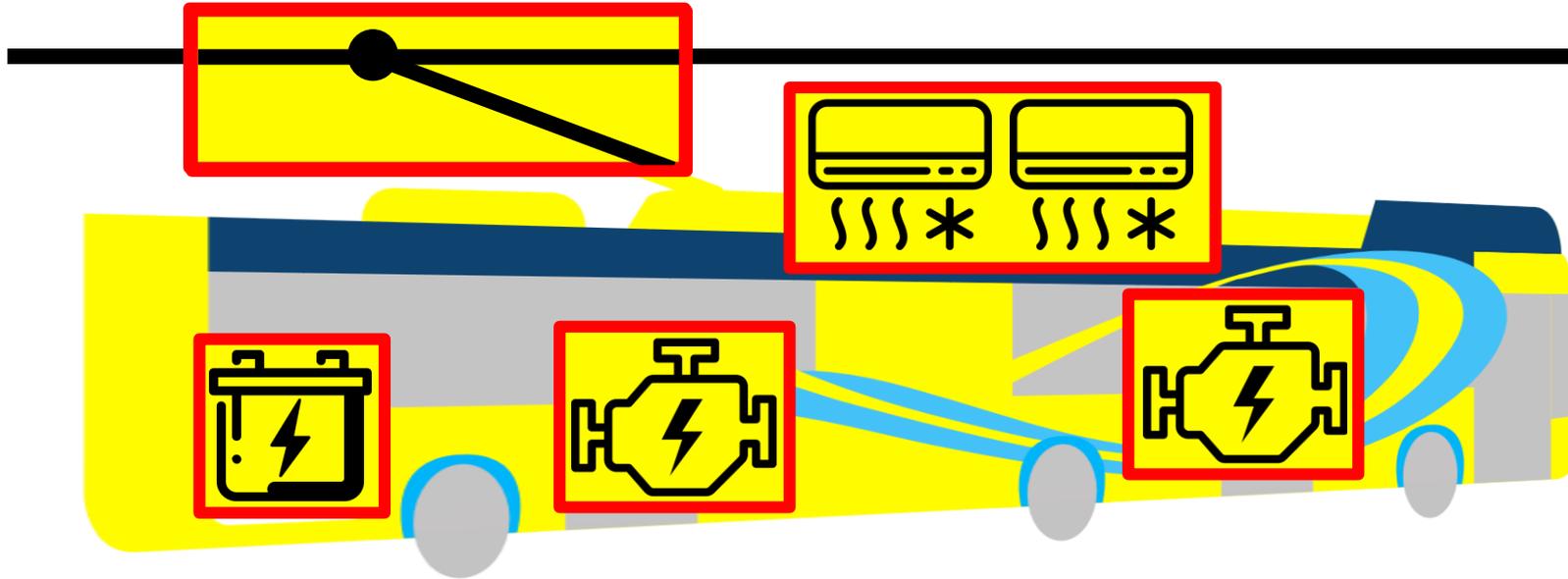


Koordiniert durch:



Der Batterie-Oberleitungsbus

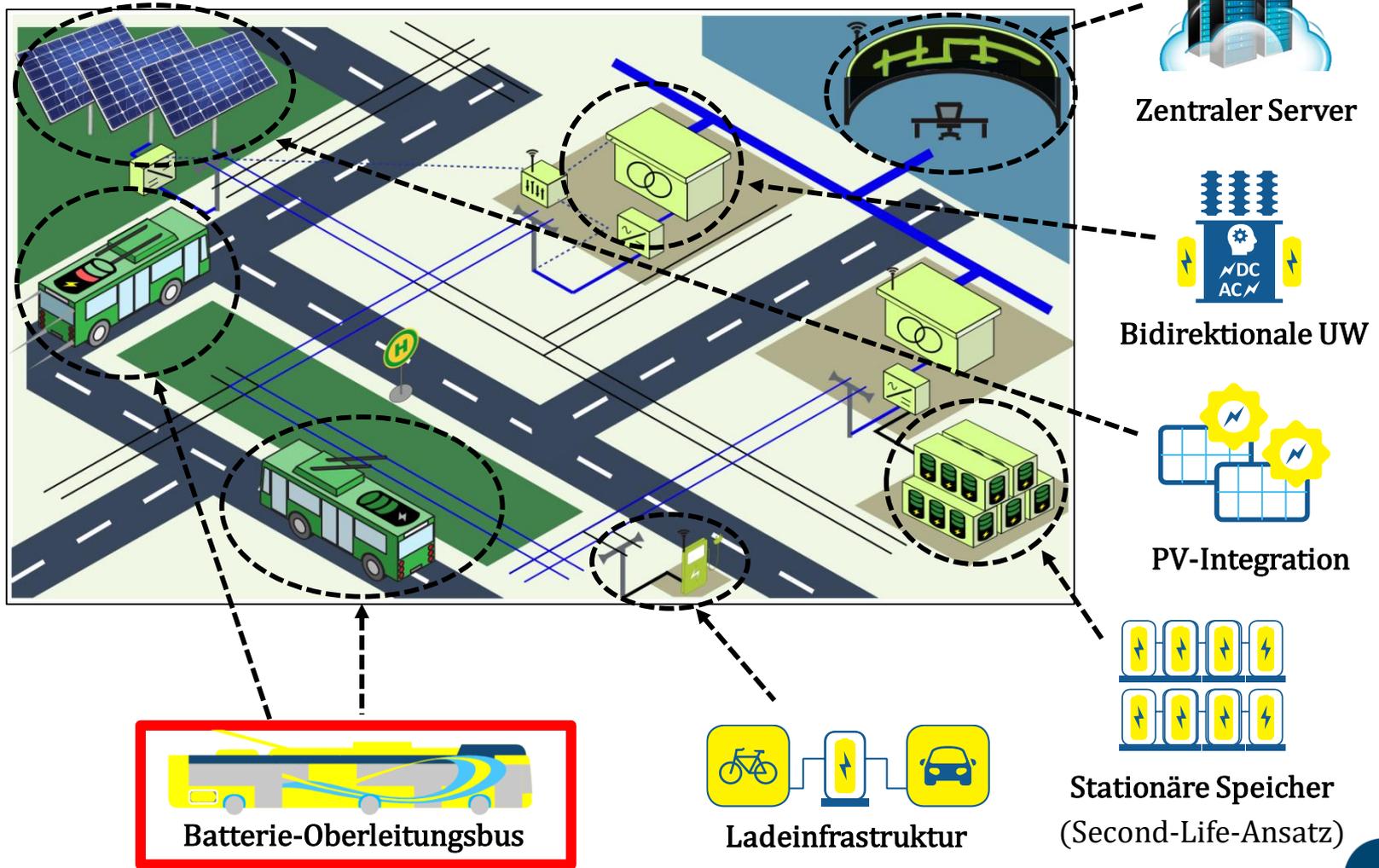
Ein paar Eckdaten



- 60 kWh Batterie (4 Akkupacks mit je 15 kWh → eff. 45 kWh genutzt)
- 2 Antriebsachsen mit je einem Ansynchronmotor (160 kW)
- 2 Klimaaggregate (10 kW Fahrerarbeitsplatz und 12 kW Fahrgastraum)
- Oberleitungskontakt → $U_{\min} = 450 \text{ V} < U_N = 600 \text{ V} < U_{\max} = 720 \text{ V}$

Der Batterie-Oberleitungsbus und seine Rolle im STS

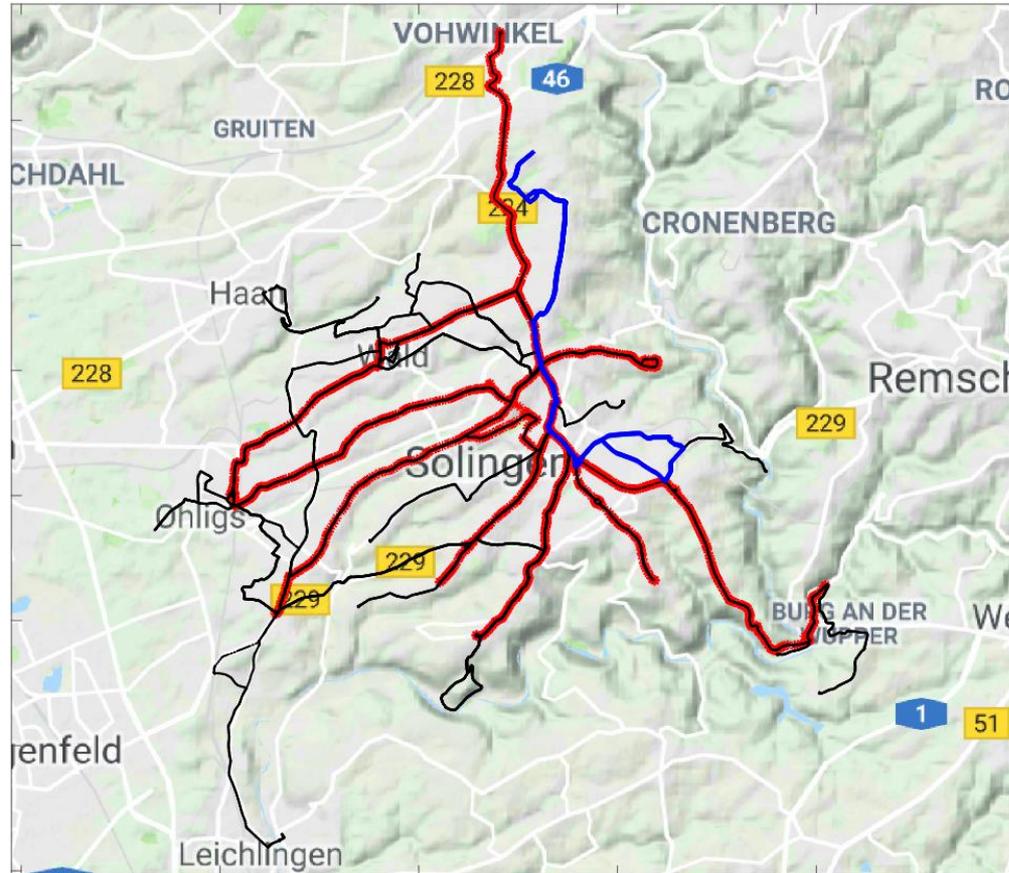
Andere Regelkomponenten



Die Regelkomponente BOB

In Theorie und Praxis

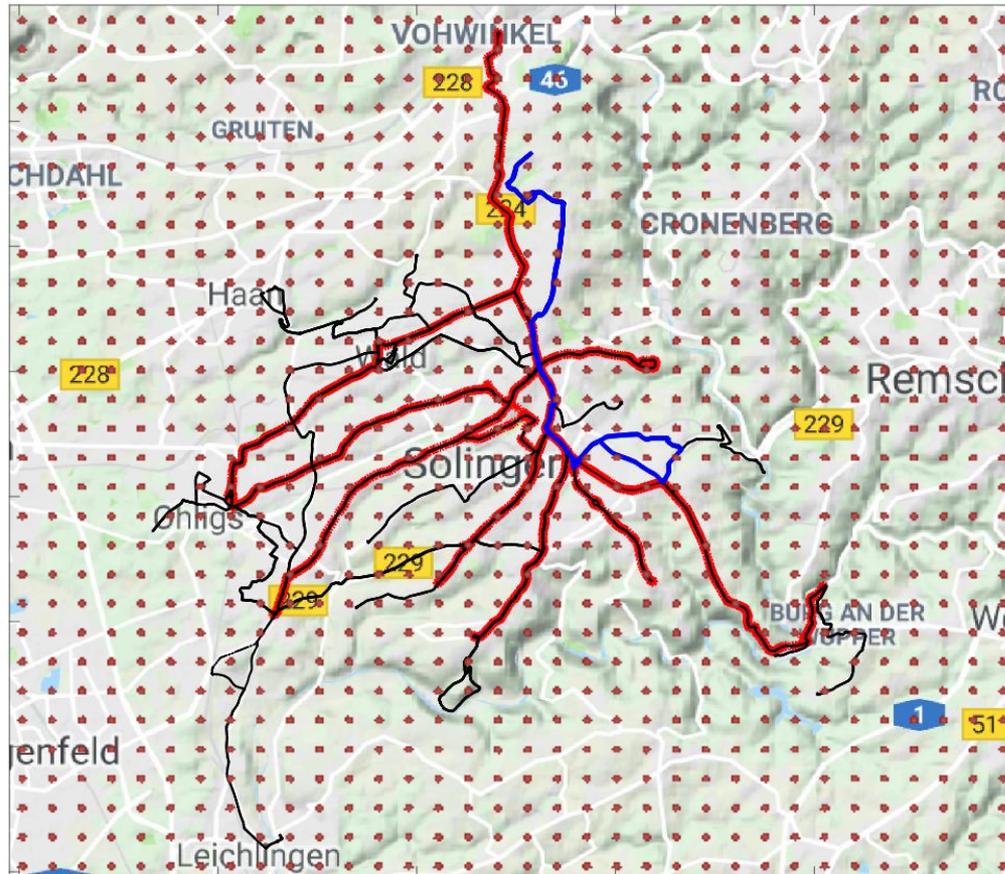
Geländedaten als Basis der Energiebedarfsprognose



Die Regelkomponente BOB

In Theorie und Praxis

Geländedaten als Basis der Energiebedarfsprognose



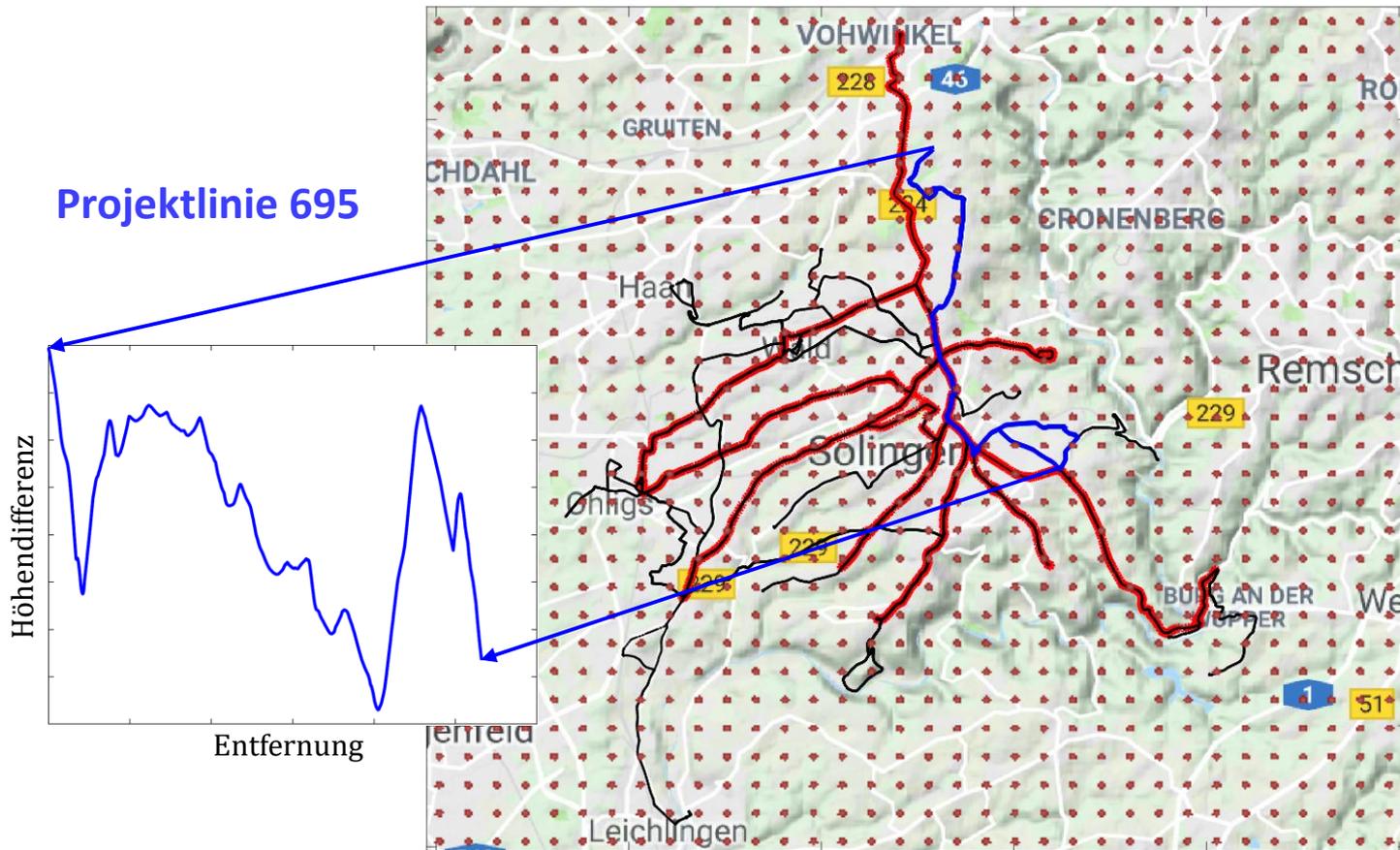
GEOportal.NRW

Höhenprofil für
Alle Solinger
Buslinien mittels
DGM (Digitales
Geländemodell)

Die Regelkomponente BOB

In Theorie und Praxis

Geländedaten als Basis der Energiebedarfsprognose



GEOportal.NRW

Höhenprofil für
Alle Solinger
Buslinien mittels
DGM (Digitales
Geländemodell)

Die Regelkomponente BOB

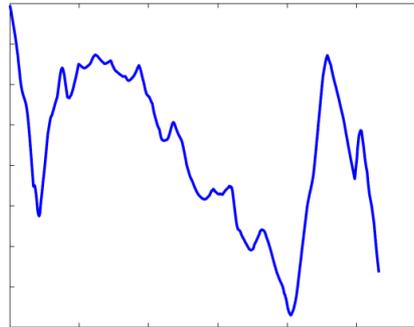
In Theorie und Praxis

Verbrauchsanalyse

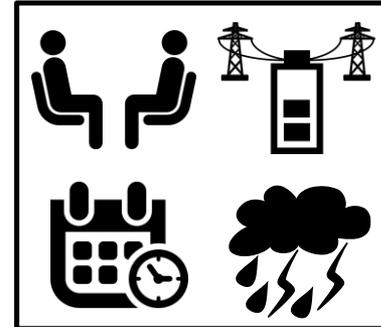
Solingen Streckennetz



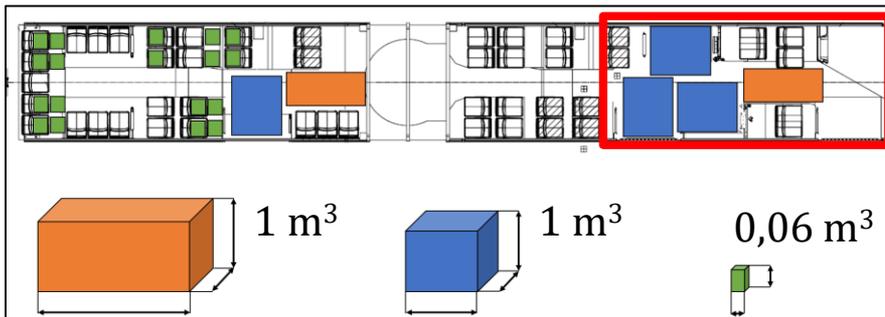
Linienhöhenprofil (695)



Einflussfaktoren



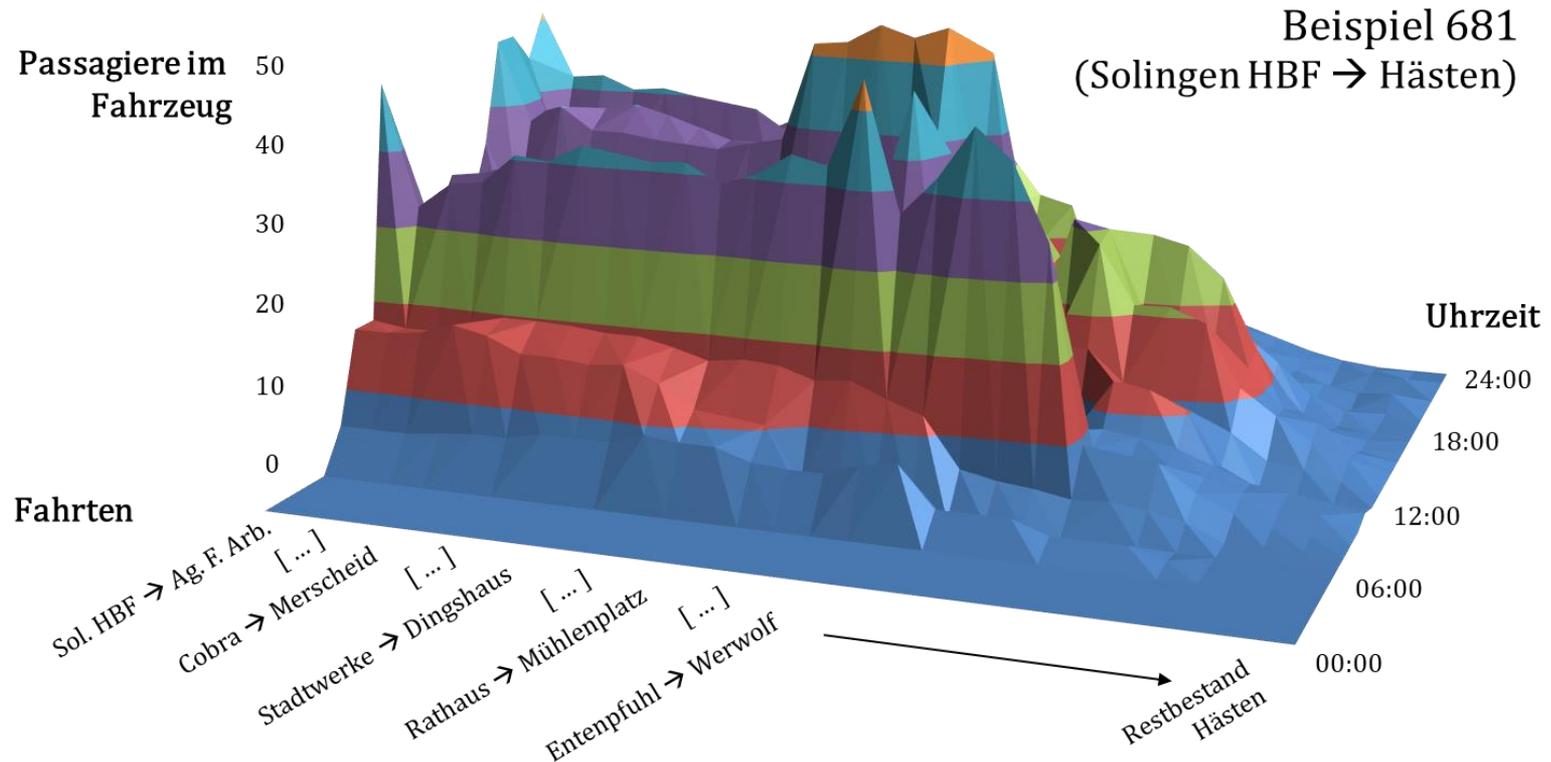
Beladungsfahrten



Die Regelkomponente BOB

In Theorie und Praxis

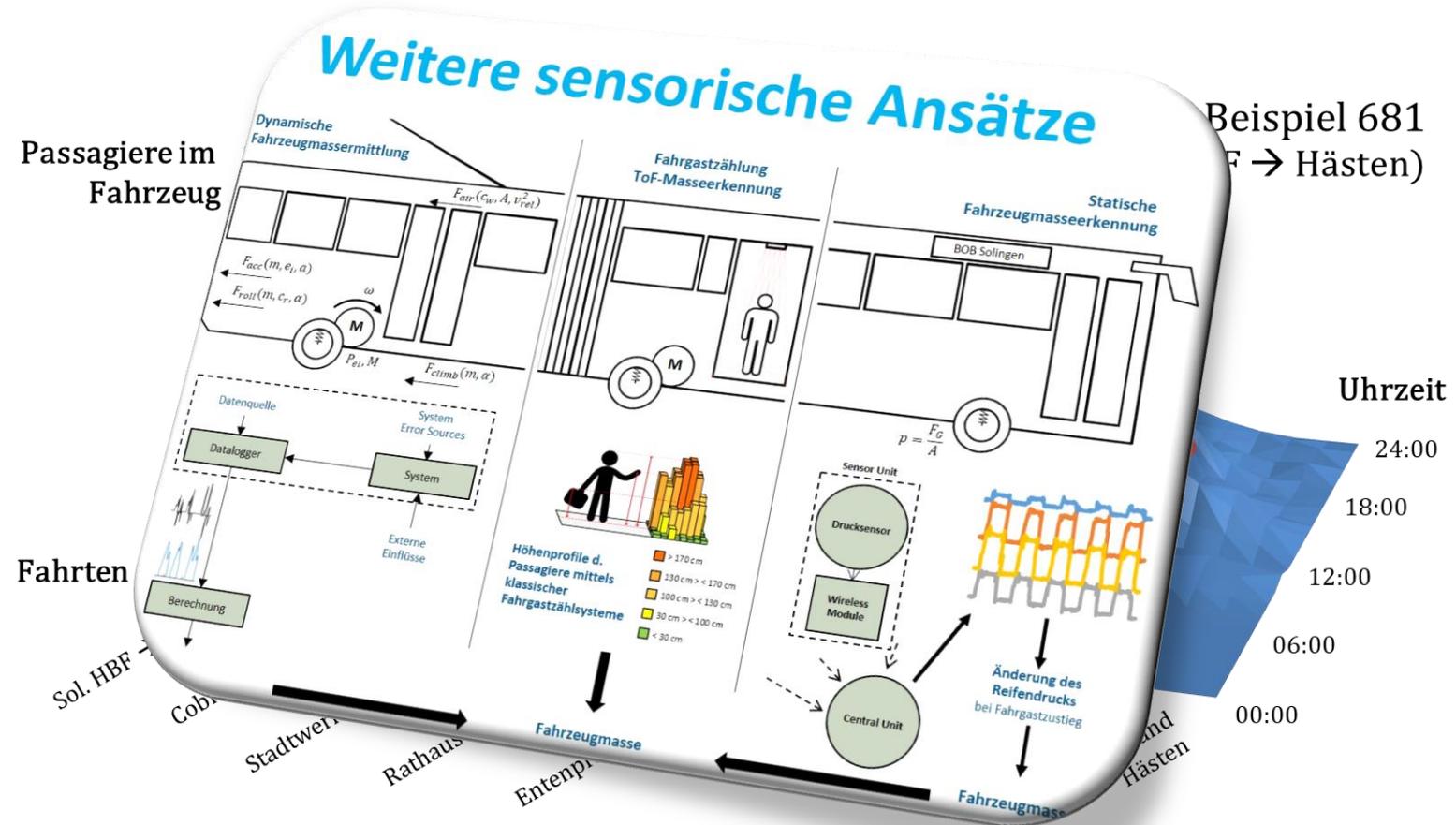
Fahrzeugmasse und Fahrgastzählung (Bestandsdaten und autonome Zählung)



Die Regelkomponente BOB

In Theorie und Praxis

Fahrzeugmasse und Fahrgastzählung (Bestandsdaten und autonome Zählung)



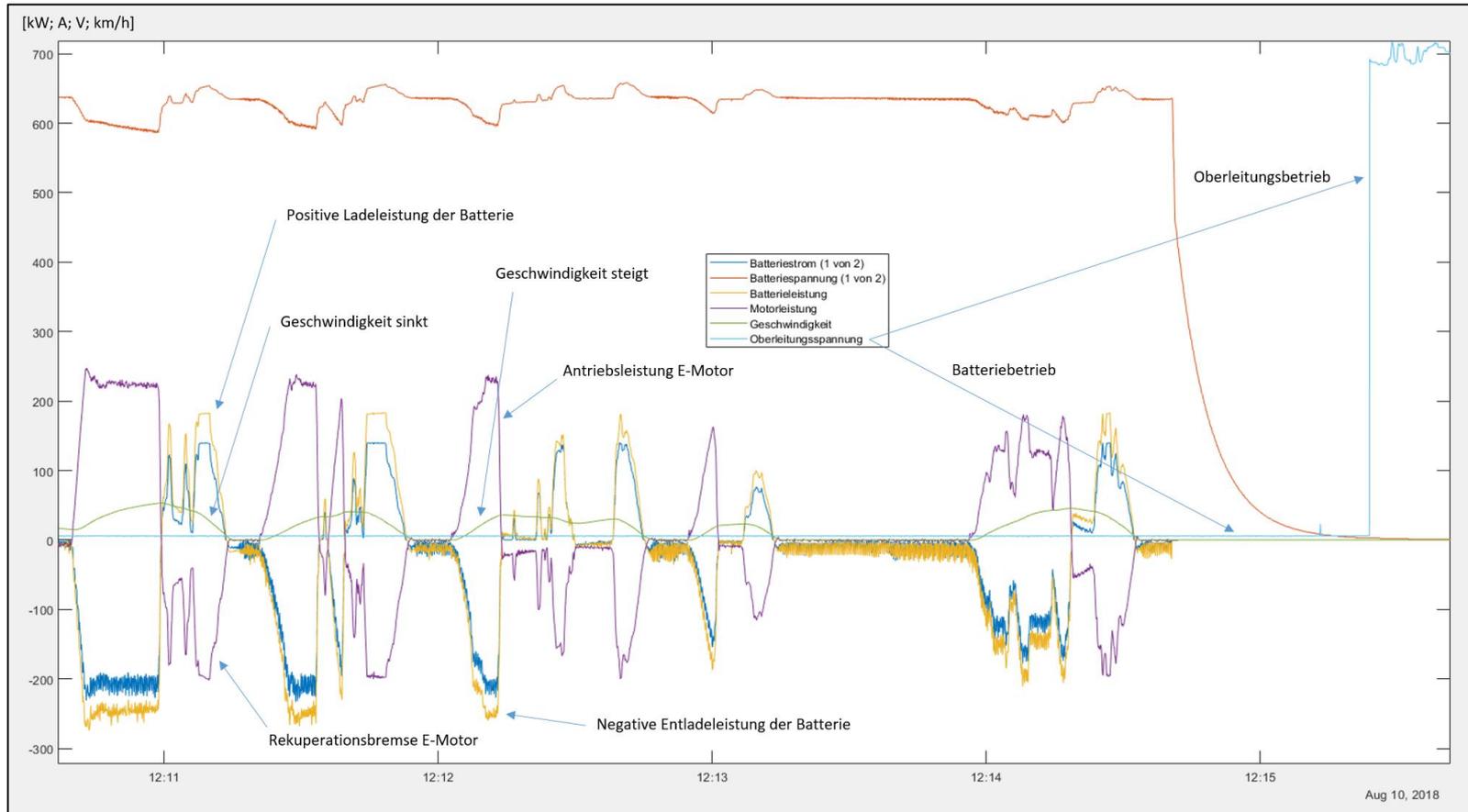
Beispiel 681
 F → Hästen)



Die Regelkomponente BOB

In Theorie und Praxis

Energieverbrauchsdaten

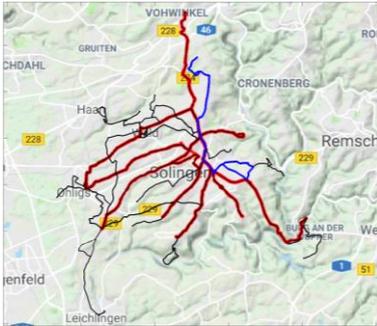


Flexibilitätsanalyse

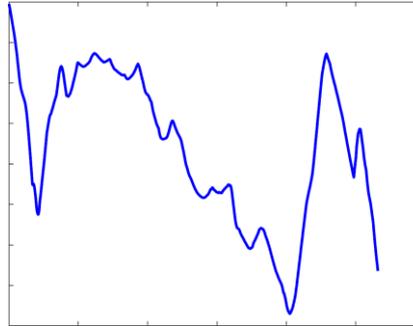
In der Theorie

Verbrauchsanalyse

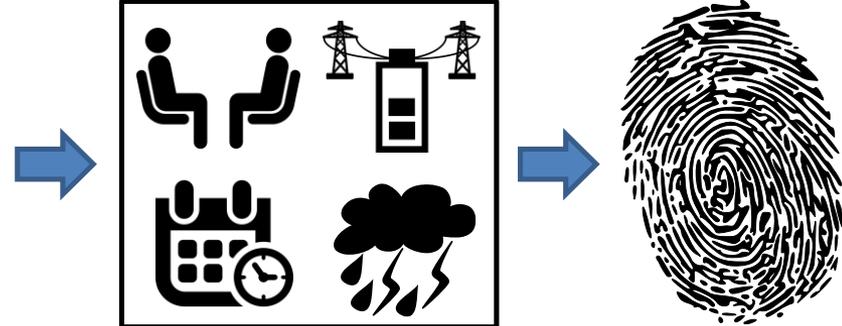
Solingen Streckennetz



Linienhöhenprofil (695)

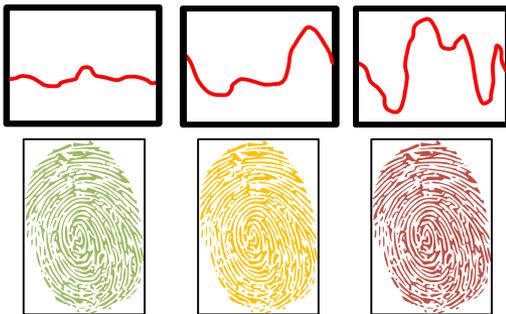


Einflussfaktoren



Verbrauchssimulation

Andere Linienprofile

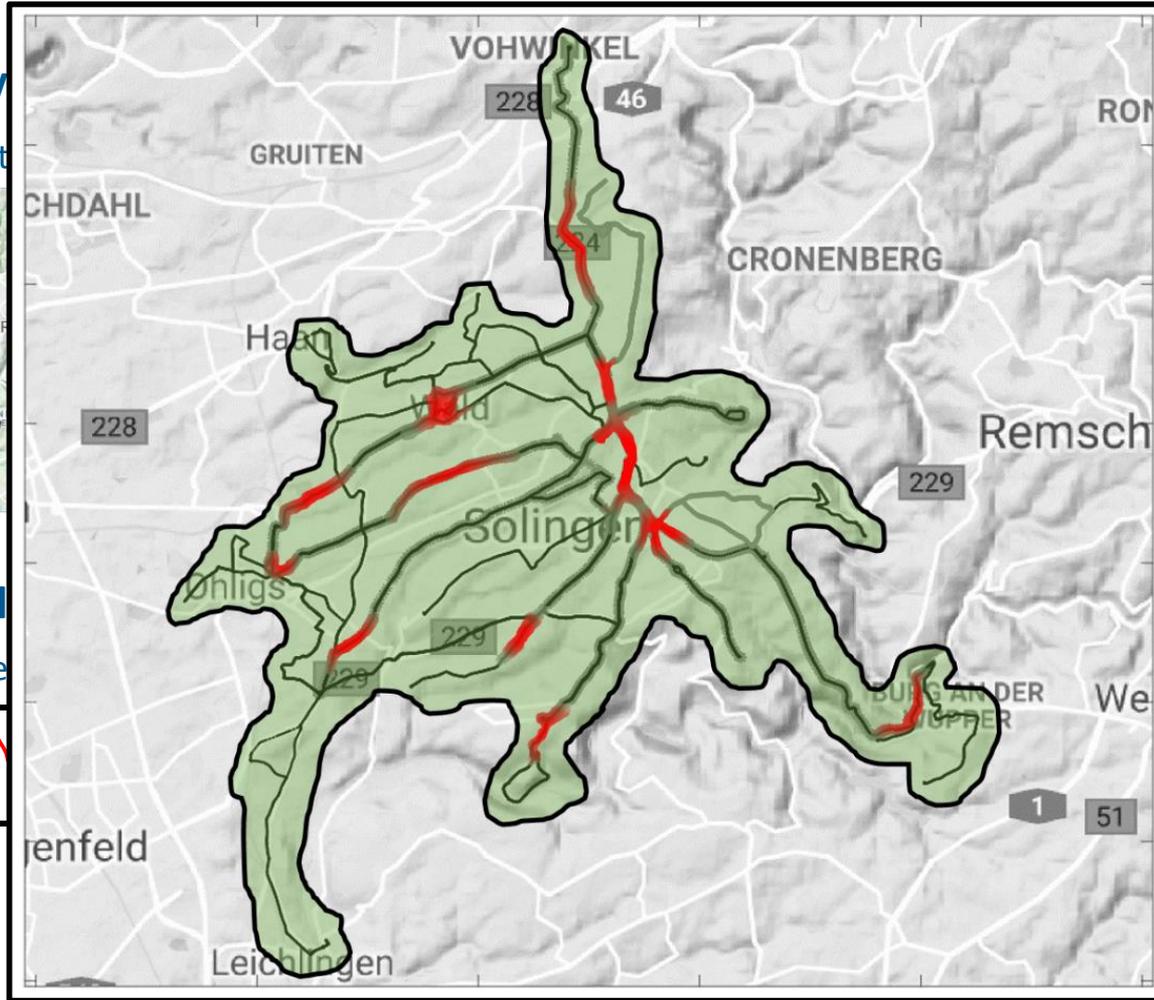


Flexibilitätsanalyse

In der Theorie

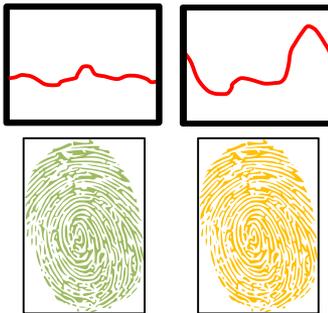
Verbrauchsanalyse

Solingen Streckennetz



Verbrauchssimulation

Andere Linienprofile



Flexibilitätsanalyse

In der Theorie

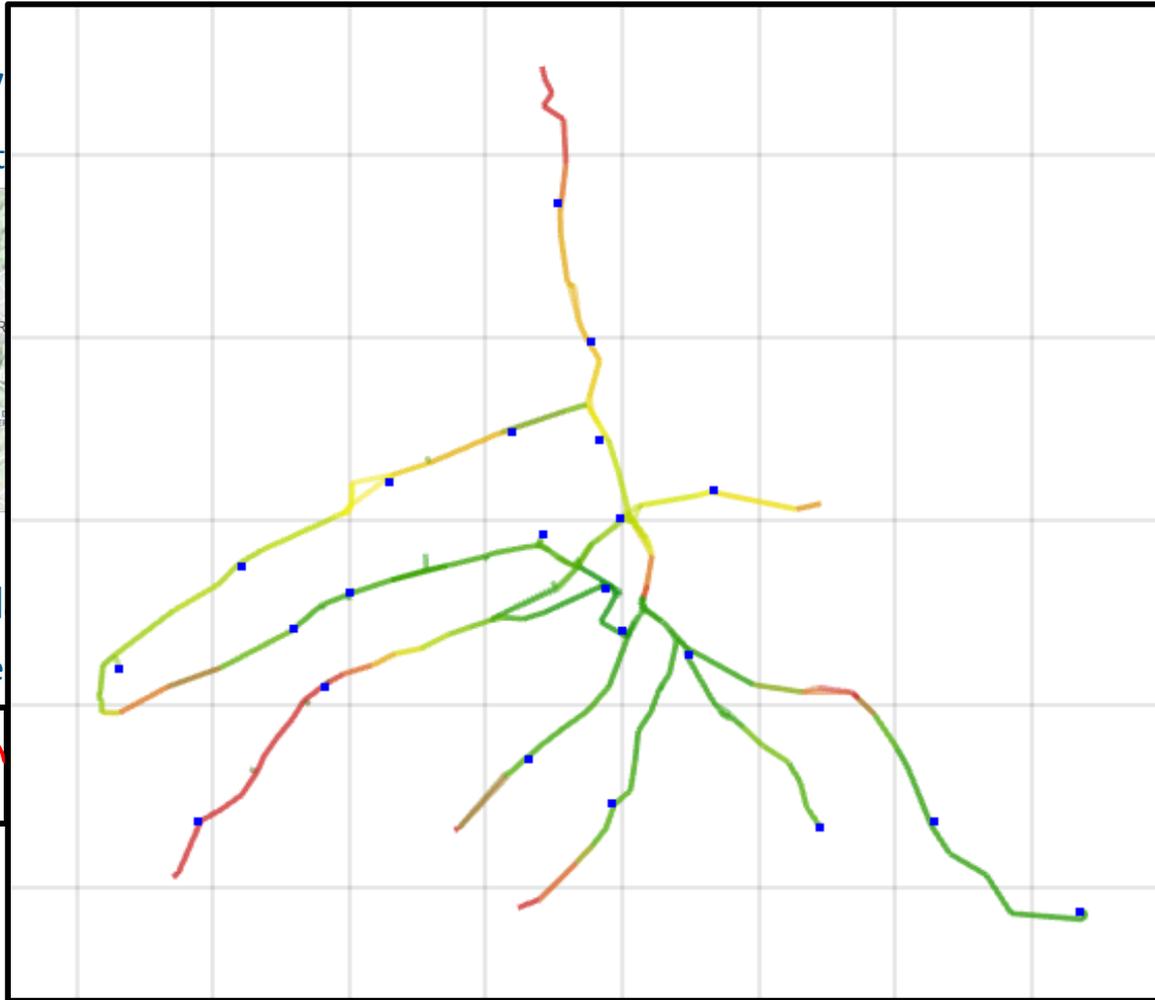
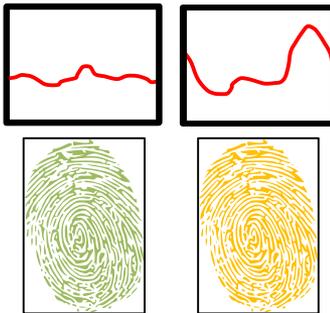
Verbrauchsanalyse

Solingen Streckennetz



Verbrauchssimulation

Andere Linienprofile

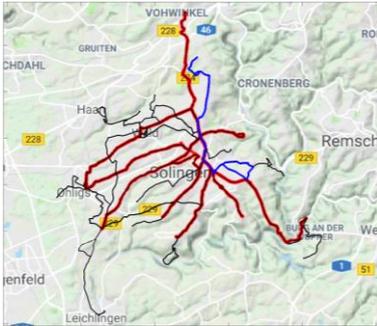


Flexibilitätsanalyse

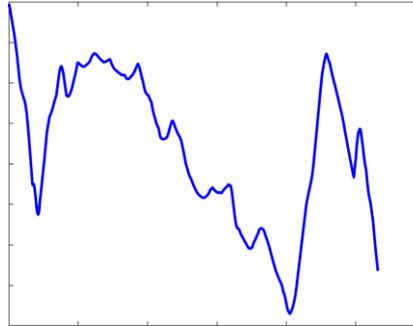
In der Theorie

Verbrauchsanalyse

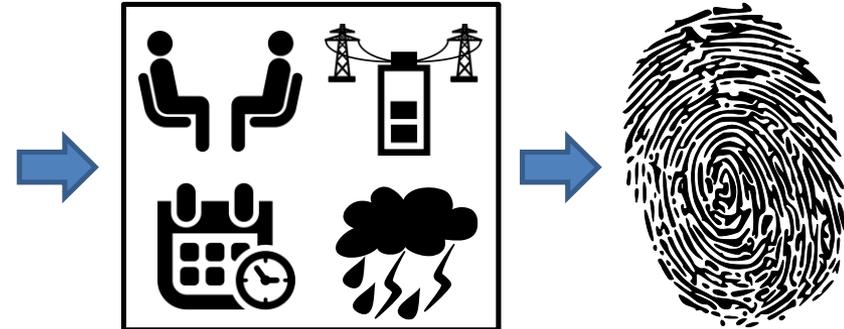
Solingen Streckennetz



Linienhöhenprofil (695)

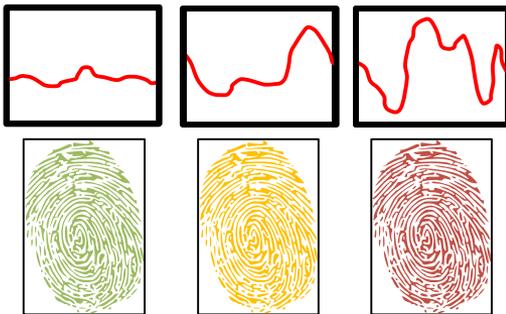


Einflussfaktoren

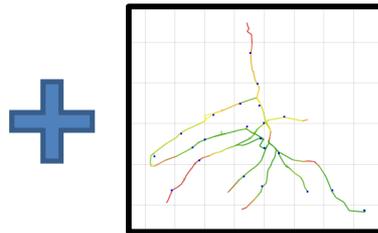


Verbrauchssimulation

Andere Linienprofile

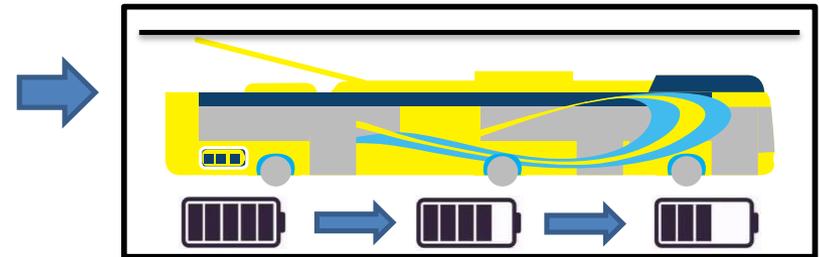


Netzauslastung



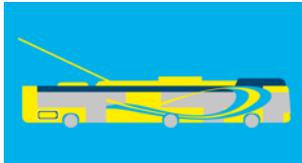
Netzentlastung

- Batteriefahrten unter der Oberleitung
- Reserven für Energieaufnahme



Fazit

Vorteile und Visionen von BOB.



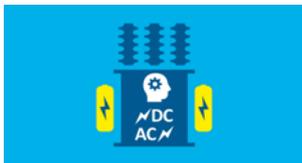
Mobilitätskapazitäten intelligent nutzen ...

... zur Reduzierung von Netzausbaumaßnahmen, sowie die Einbindung und Speicherung von regenerativen Energien in das Netz.



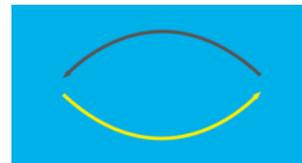
Smart Grid ↔ Smart Mobility ...

... zur Kostenoptimierung des Transformationsprozesses.



Bidirektionale Kopplung der Netzbereiche ...

... zur Systemstabilität.



Sektorenkopplung ...

... zur erfolgreichen Umsetzung der Energie-/Verkehrswende.



Taglich **Zukunft** Erfahren



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Gefördert durch:



Koordiniert durch:

