

# 5G-basierte Vernetzung im Verkehr

5G basierende Energie- und Lastflussoptimierung im schienen- und nicht schienenengebundenen öffentlichen Nahverkehr

# Gliederung

1. Vorstellung des Gesamtprojektes
  1. Gesamtziel
  2. Teilprojekte
2. Vorstellung Teilprojekt „Energie- und Lastflussoptimierung“
3. Anwendung stationäres LMS (nicht schienengebundener ÖPNV)

# Vorstellung des Projektes



## 5G VERKEHRS- VERNETZUNG JENA



- **5G-basierte Vernetzung** von Verkehrsteilnehmenden unter Berücksichtigung aller Verkehrsteilnehmergruppen (Cellular-Vehicle-to-Everything)
- **5G-basierte Anbindung der Fahrzeugsensorik** im ÖPNV (u.a. ABS- & ESP-Sensoren, Wegzähler) sowie Open Source-fähige Cams an ausgewählten Verkehrsknoten
- **App als zusätzliche Informationsquelle** für Daten von vulnerablen Verkehrsteilnehmenden sowie als Rückkanal für individuelle Verkehrs-Informationen
- **Verkehrsflussoptimierung** mit Hilfe eines Sensinact-Datenbrokers zur Erfassung und Analyse der Daten verschiedener Detektionstechniken
- **Maximierung der Verkehrssicherheit** durch Algorithmen zur Kollisionsvermeidung; optische und akustische Ergebnisdarstellung im Verkehrsraum
- **Optimierte Energieversorgung** für alle Formen der Elektromobilität (Straßenbahnen, E-Busse, E-Kfz) durch Echtzeitüberwachung des Last- und Einspeiseverhaltens

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Ein Kooperationsprojekt von:



[smartcity.jena.de](https://smartcity.jena.de)



**JENA LICHTSTADT.**

# Vorstellung Teilprojekt „Energie- und Lastflussoptimierung“



## Stationäres Lastmanagement

- Umfasst Elektrobusse und die dazugehörige Ladeinfrastruktur, welche im öffentlichen und nichtöffentlichen elektrischen Energienetz installiert ist.
- Fokus auf der Vermeidung von Überlastungen im Stromnetz sowie möglicher Überdimensionierung an den betrachteten Ladepunkten, ohne die Bedürfnisse der im Linienverkehr eingesetzten E-Busse außer Acht zu lassen.

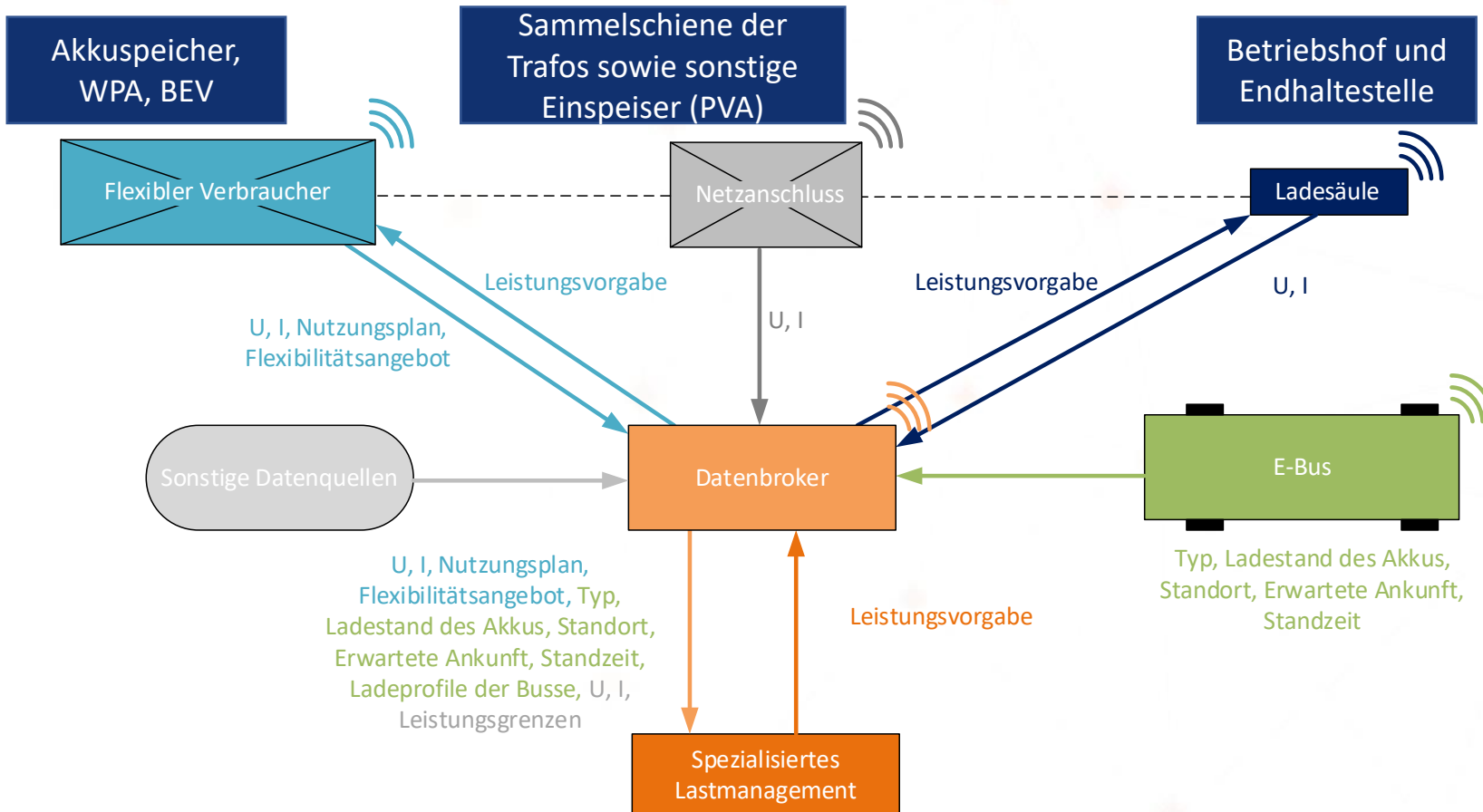


## Mobiles Lastmanagement

- Umfasst die Straßenbahnen und dazugehörige elektrische Energieversorgung
- Ziel, die bestehende Infrastruktur besser auszulasten und vor Überlastungen (bspw. bei Ausfall eines Gleichrichterunterwerks) zu schützen

Fotoquelle: Jenaer Nahverkehr GmbH

# Anwendung stationäres LMS (nicht schienengebundener ÖPNV)



Ermittlung der Auslastung des Netzanschlusses und des prognostizierten Leistungsbezugs der Flex. Verbraucher und E-Bus. Priorisierung der Leistungsbezüge der einzelnen Verbraucher

- Alle wesentlichen Akteure kommunizieren via 5G (im Vodafone- und Telekomnetz)  
Vorteil: Quality of Service => sicherer und priorisierte Datenübertragung
- Daten werden über ein MQTT Broker ausgetauscht
- Einbindung bestehender Leit- und neuer Messtechnik
- Austausch der Daten in standardisierten Formaten bspw. VDV 301, OCPP 1.6, um System auch in anderen Städten anwenden zu können.

# Stationäres LMS (Bedarfsgerechtes Aufladung des E-Busses)

1

Prognose des (Akku) Ladezustand (SoC) am Ladepunkt.

2

Ermittlung der nachzuladenden Energiemenge und Ladezeit

3

Berechnung der Ladekurve

4

Abgleich mit Leistungsreserven der Trafostation

5

Start der Ladung und Übermittlung der Informationen zur Ladung



MQTT Broker/  
Sensinact  
Datenbroker

5G

## Daten für das Lastmanagement

### Beispiel:

- SoC= 50%
  - Benötigte Energiemenge: 30 kWh
  - Ankunft: 13:50 Uhr
  - Geplante Abfahrt: 14:00 Uhr
- => Standzeit am Pantographen: 10 Minuten

Fotoquelle: Jenaer Nahverkehr GmbH

# Stationäres LMS (Bedarfsgerechtes Aufladung des E-Busses)

1

Prognose des (Akku) Ladezustand (SoC) am Ladepunkt.

2

Ermittlung der nachzuladenden Energiemenge und Ladezeit

3

**Berechnung der Ladekurve**

4

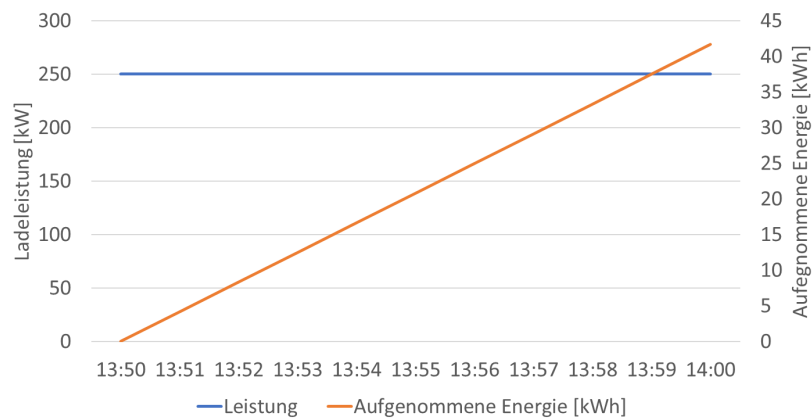
Abgleich mit Leistungsreserven der Trafostation

5

Start der Ladung und Übermittlung der Informationen zur Ladung

Ermittlung der optimalen Ladeleistung, um Akku bedarfsgerecht, schonend und möglichst netzdienlich aufzuladen.

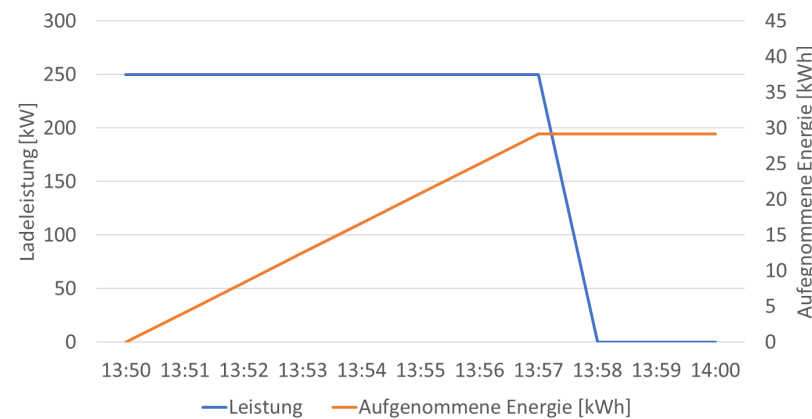
Standard



## Ladung: Komplette Zeit mit max. Leistung

- + Ggf. kann ein Ladestopp eingespart bzw. die Ladeleistung reduziert werden
- hohe und längere Auslastung der TST
- Ggf. stärkere Beanspruchung des Akkus

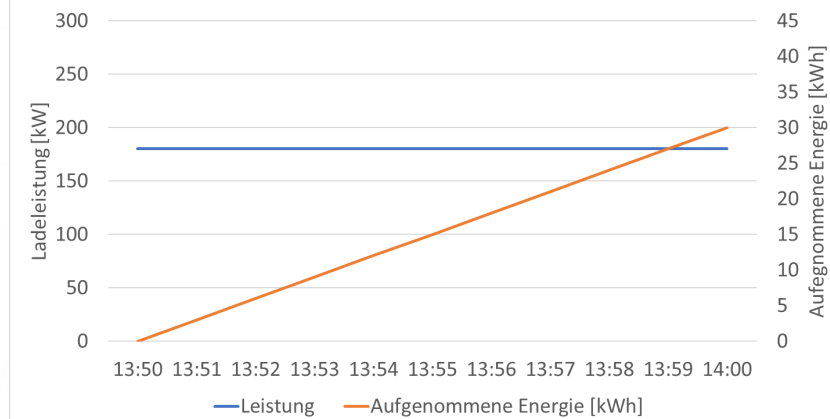
Option 1: Maximale Ladeleistung



## Ladung mit max. Leistung

- + Ladedauer auf eine minimalste Zeitdauer reduziert
- Hohe Lastspitze
- Ggf. stärkere Beanspruchung des Akkus

Option 2: Optimale Ausnutzung der Standzeit



## Ladung über kompletten Zeitraum

- + Ladeleistung reduziert => geringere Lastspitzen
- + Ggf. geringere Beanspruchung des Akkus
- Erhöhte und länger Auslastung der TST
- Ggf. wird Ladeziel durch verfrühte Abfahrt oder E-Bus Lademanagement nicht erreicht

# Stationäres LMS (Bedarfsgerechtes Aufladung des E-Busses)

1

Prognose des (Akku) Ladezustand (SoC) am Ladepunkt.

2

Ermittlung der nachzuladenden Energiemenge und Ladezeit

3

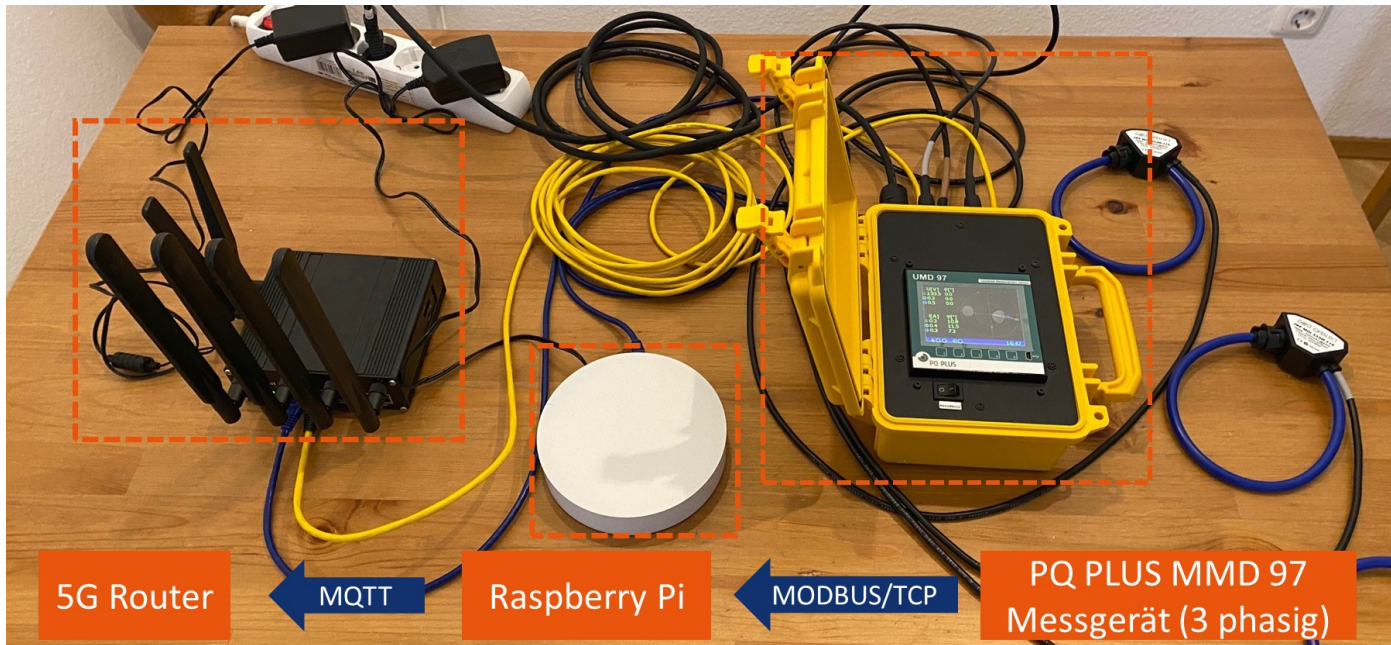
Berechnung der Ladekurve

4

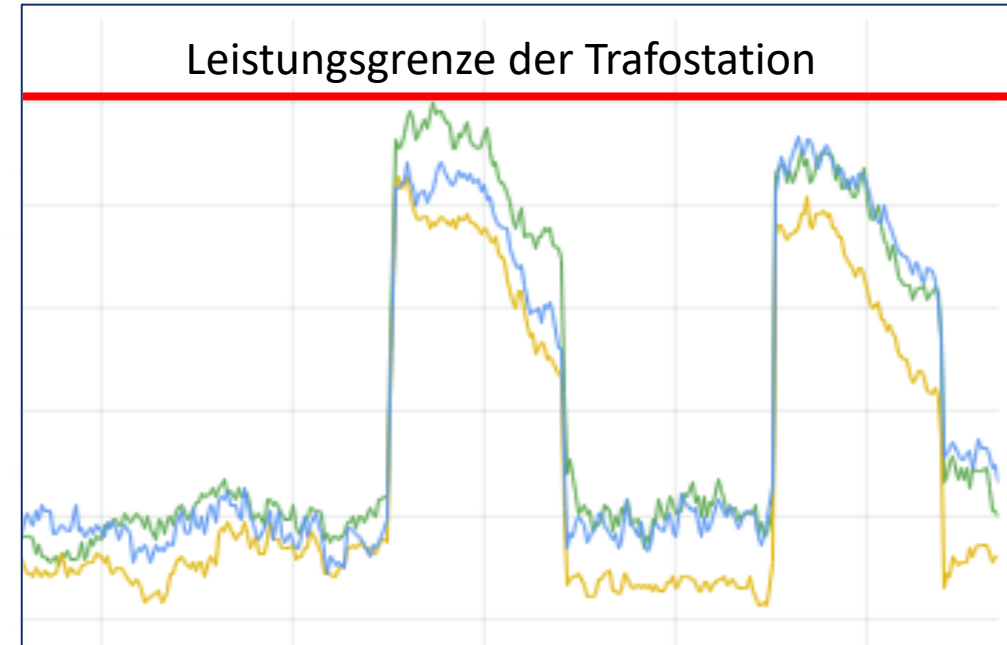
Abgleich mit Leistungsreserven der Trafostation

5

Start der Ladung und Übermittlung der Informationen zur Ladung



Testaufbau der Mess- und Kommunikationstechnik



- Messung der aktuellen Auslastung der Trafostation
- Vergleich mit statistisch ermittelten, Auslastung im geplanten Ladezeitraum



# Stationäres LMS (Bedarfsgerechtes Aufladung des E-Busses)

1

Prognose des (Akku) Ladezustand (SoC) am Ladepunkt.

2

Ermittlung der nachzuladenden Energiemenge und Ladezeit

3

Berechnung der Ladekurve

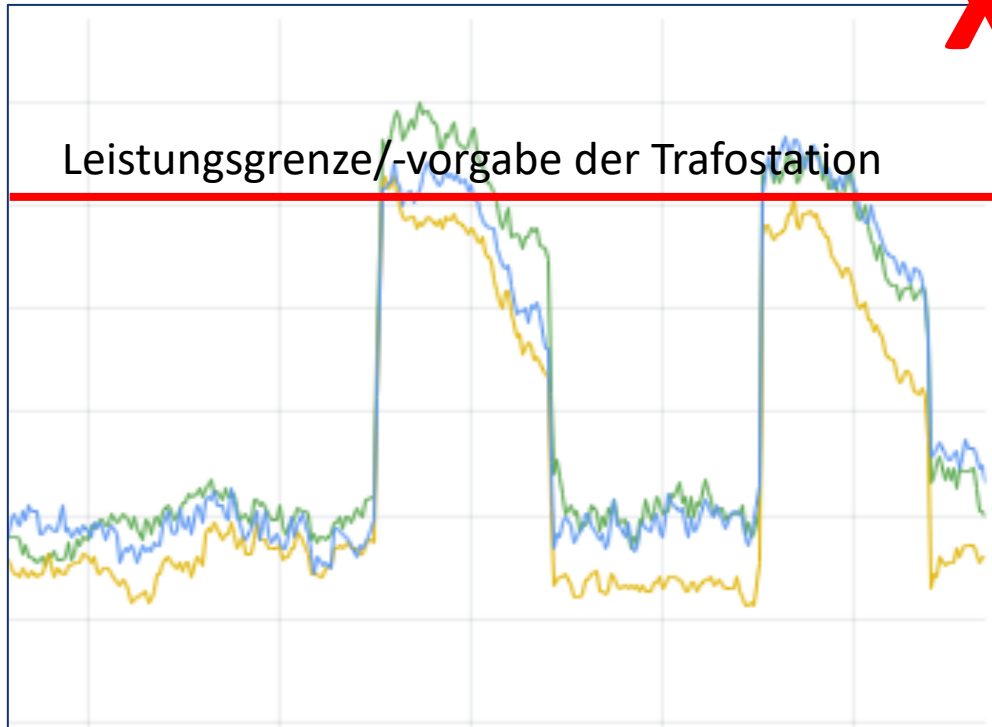
4

**Abgleich mit Leistungsreserven der Trafostation**

5

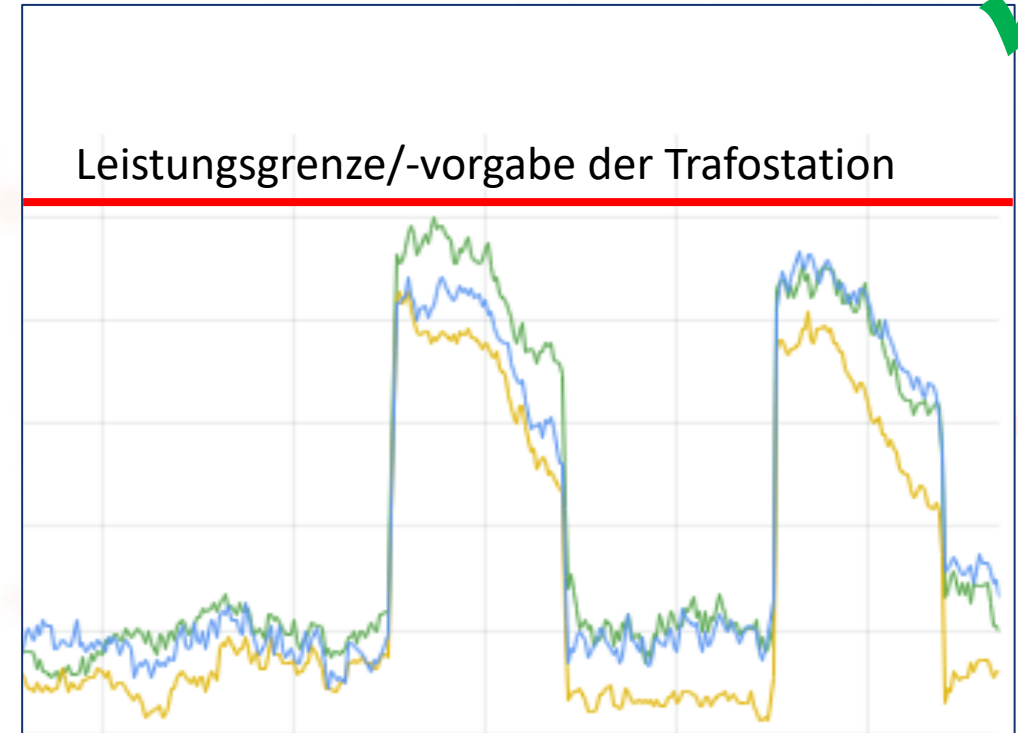
Start der Ladung und Übermittlung der Informationen zur Ladung

## Standard und Optionen 1:

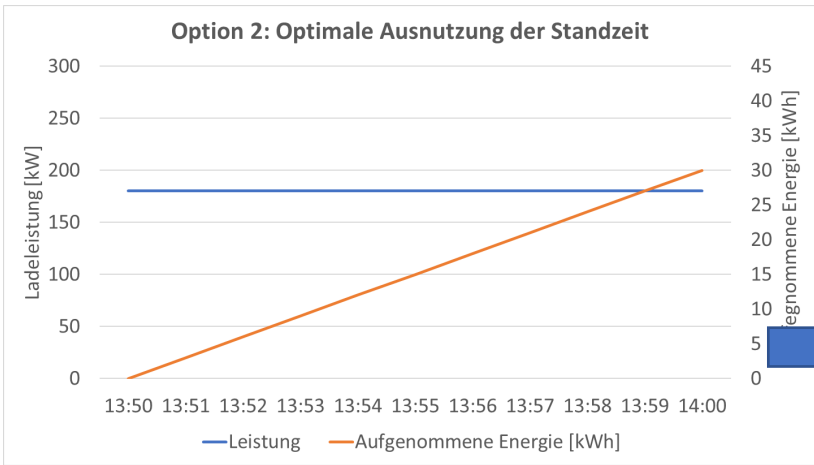
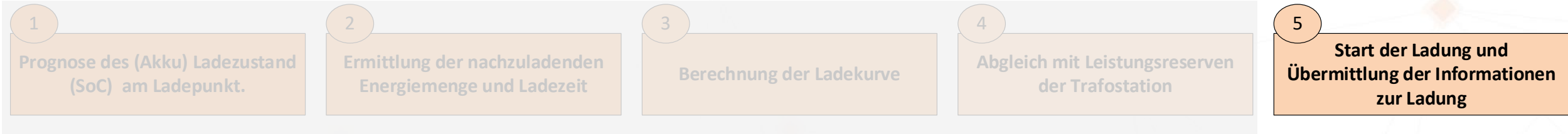


Falls Flexibilitäten vorhanden => Prüfen, ob steuerbar und ausreichend großes Potential vorhanden

## Option 2:



# Stationäres LMS (Bedarfsgerechtes Aufladung des E-Busses)



MQTT Broker/  
Sensinact  
Datenbroker



Übermittlung der Ladekurve an die Ladestation und Leitsystem des Nahverkehrs



Fotoquelle: Jenaer Nahverkehr GmbH

# Vielen Dank

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Digitales  
und Verkehr



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



**HOCHSCHULE  
MITTWEIDA**  
University of Applied Sciences



**TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN**



**DATA IN MOTION**



Institut für angewandte Verkehrsstechnik



STADTWERKE JENA GRUPPE



STADTWERKE JENA GRUPPE



kommunal service jena  
FD. 14.12.1994/10.01.2012/10.01.2012



Freistaat  
**Thüringen**



Ministerium  
für Wirtschaft, Wissenschaft  
und Digitale Gesellschaft

# Backup

# Vorstellung des Projektes

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Verkehr und  
digitale Infrastruktur

Freistaat  
Thüringen



Ministerium  
für Wirtschaft, Wissenschaft  
und Digitale Gesellschaft

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

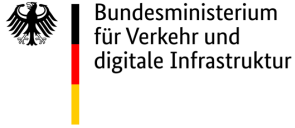
- Verkehrsflussoptimierung und Maximierung Verkehrssicherheit mit Hilfe eines sog. 5G-Datenbrokers,
- Berücksichtigung aller Verkehrsteilnehmergruppen (Cellular-Vehicle-to-Everything),
- Vernetzung von Verkehrsteilnehmenden (ÖPNV, MIV, Fahrräder, E-Roller, Fußgänger) auf Basis von 5G-Echtzeitdaten,
- 5G-Anbindung der Fahrzeugsensorik im ÖPNV (u.a. ABS- & ESP-Sensoren, Wegzähler),
- App als zusätzliche Quelle von Informationen aus dem Individualverkehr sowie, gleichzeitig als Rückkanal für individuelle Verkehrsinformationen,
- optimierte Energieversorgung für den elektrifizierten Verkehr und für alle Formen der Elektromobilität (Straßenbahnen, E-Busse, E-Kfz und E-Bikes).

## Jena 5G\_V2X



# Vorstellung des Projektes

Gefördert durch:



Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

- Förderung durch das Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft (für Konzepterstellung) sowie Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (für Umsetzung)
- Umsetzungszeitraum 01.02.2021 – 31.12.2023
- Fördervolumen ca. 3,9 Millionen Euro
- Projektpartner aus der regionalen Wirtschaft in Thüringen und Sachsen (Data in Motion, INAVET), aus Forschungseinrichtungen (TU Dresden, HS Mittweida) und aus der kommunalen Verwaltung sowie städtischen Betrieben (Kommunalservice Jena, Stadtwerke Jena Netze, Jenaer Nahverkehr).
- Telekom und Vodafone als assoziierte Partner → Projektgebiet verfügt bereits seit Mitte 2020 über eine flächendeckende 5G-Versorgung.

## Jena 5G\_V2X

		Schwerpunkte	Verkehrsmanagement	Verkehrslsitsysteme	Verkehrstelematische Anlagen	Fahrerassistenzsysteme	ÖPNV	LSA-Steuernngen	Nachrichtentechnik	5G / Datenkommunikation	V2X-Datenkommunikation	Datenanalyse	Algorithmen & KI	Datenmanagement	Kommunikationsnetze	Systemarchitektur	Elektromobilität	Stromnetze	Ladeinfrastruktur	Stromspeicher	Regenerative Energien	Energiemanagement	Energietechnik	Mess- und Sensortechnik
Konsortialpartner	Data In Motion	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	TU Dresden, Professur für Verkehrslsitsysteme und -prozessautomatisierung	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	INAVET, Institut für angewandte Verkehrstelematik	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Hochschule Mittweida, Professur für Regenerative Energien, Institut für Energiemanagement			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Stadt Jena	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Jenaer Nahverkehr	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Stadtwerke Jena Netze									■	■				■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Assoziierte Partner	Telekom								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Vodafone									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	