

ABSOLUT

Infrastrukturelle Herausforderungen für das hochautomatisiert fahrende Busshuttle in Leipzig

Dipl.-Ing. Luise Fitzthum
Dipl.-Ing. Tobias Matschek

Wildau, 05.12.2019

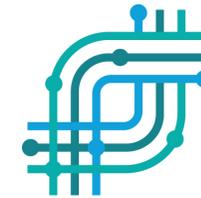
Wer sind wir? Woher kommen wir?



Technische Universität Dresden



Fakultät Verkehrswissenschaften
„Friedrich List“



Professur für
**Verkehrsprozess-
automatisierung**

Eine der größten Technischen Universitäten in Deutschland

18 Fakultäten in 5 Bereichen

121 Studiengänge

Seit 2012 gehört die TUD zu elf deutschen Exzellenz-Universitäten

32.400 Studierende

8.300 Beschäftigte



Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“

6. November 2019 27. Geburtstag der Fakultät

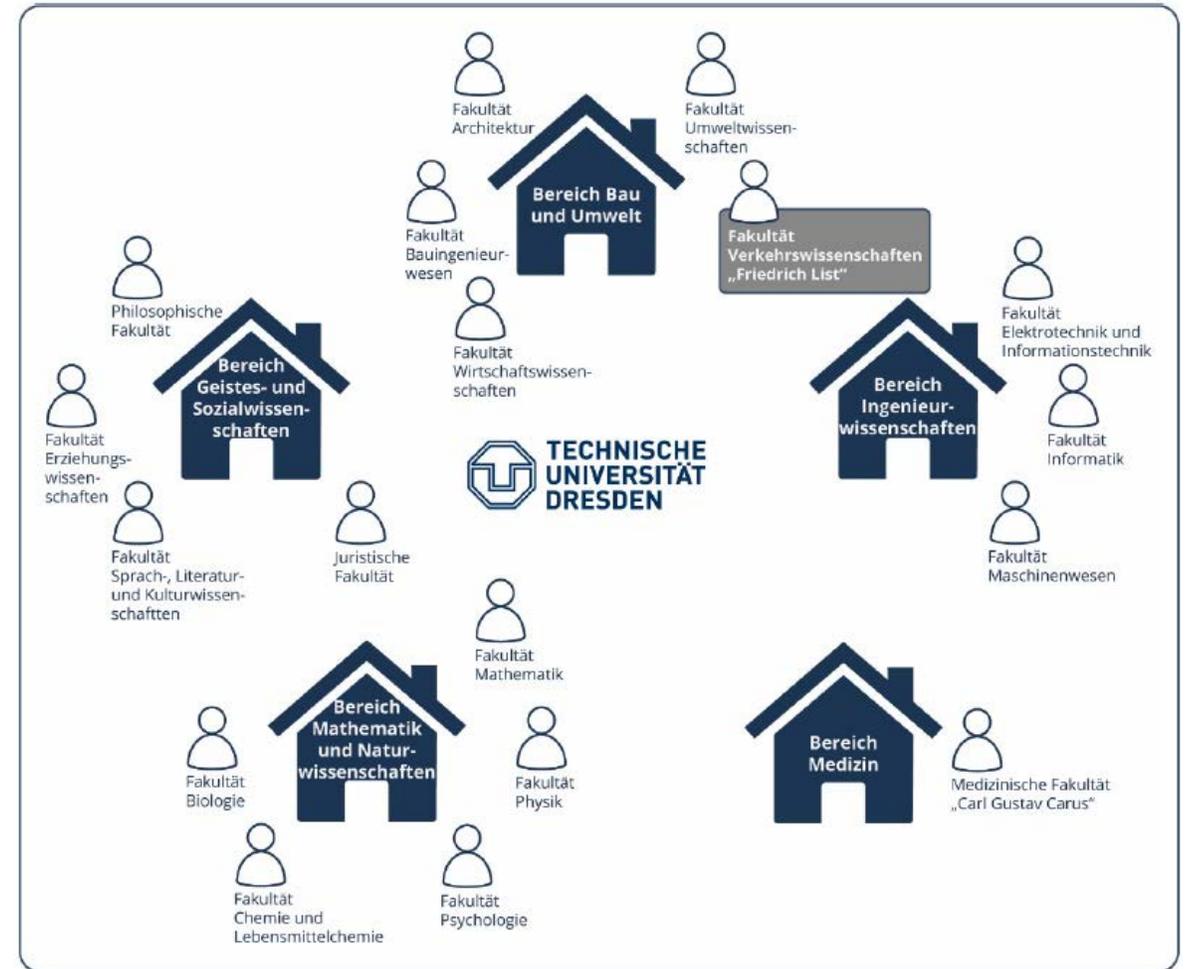
2.000 Studierende

Diplom-, Bachelor- und Masterstudiengänge

Sieben Institute

22 Professuren

250 wissenschaftliche Mitarbeiter*innen



Professur für Verkehrsleitsysteme und -prozessautomatisierung

Studienrichtung Verkehrstelematik



Themen in Forschung und Lehre:

Verkehrsmanagement

Verkehrsleitsysteme

Verkehrssteuerungssysteme

} schienen- und straßengebundenen Verkehrs

kommissarische Leitung der Professur seit April 2019: Dr.-Ing. Birgit Jaekel

19 Beschäftigte



Projekte

// Individualverkehr

// Öffentlicher Personennahverkehr

// Schienenverkehr

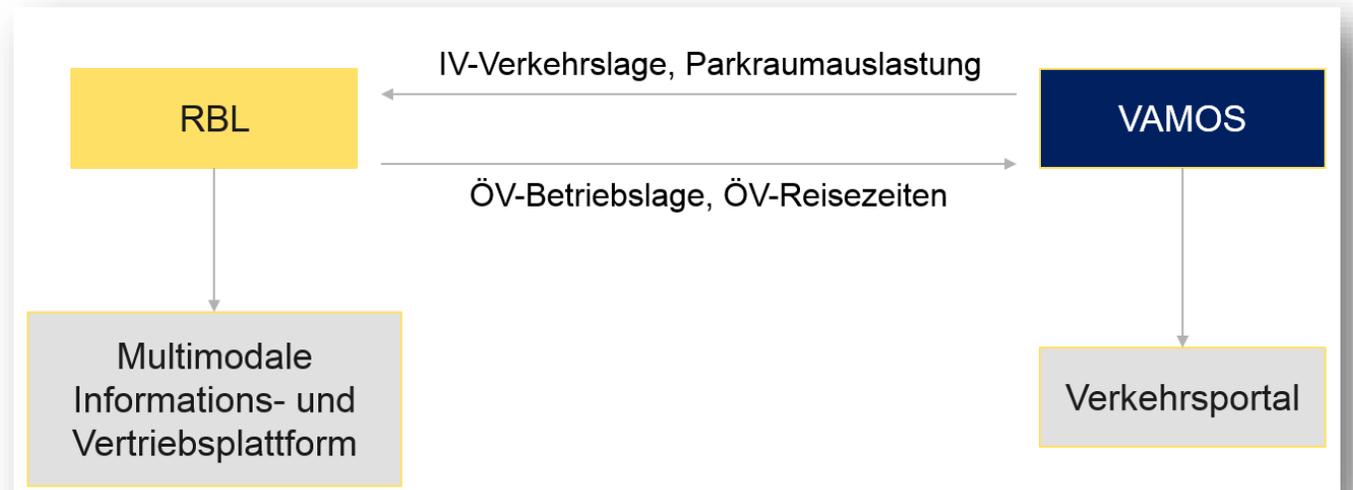
MuVe

Multimodales Verkehrsmanagement der Landeshauptstadt Dresden

Förderrichtlinie: „Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme“ des BMVI

Projektlaufzeit: 01/2019 – 12/2020

- Verbesserung der Kooperation zwischen VAMOS und Betriebsleitsystem der DVB
- Erneuerung von Software
- Integration neuer Verkehrssteuerungsmaßnahmen

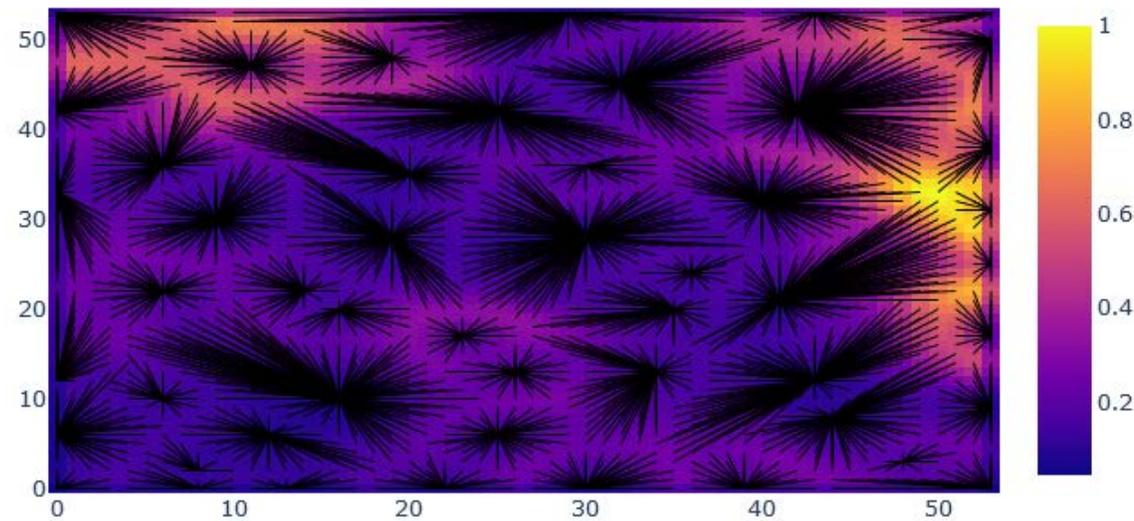


DVB AG

Klassifikation von Verkehrssituationen mit maschinellen Lernalgorithmen

- Kohonen-Netzwerk
- Eingangsdaten Verkehrsdichte, TravelSpeedRate
- Verifikation Algorithmus und verkehrliche Sinnfälligkeit der Eingangsdaten und Resultate
- Simulation zu erwartender Effekte

starburst map

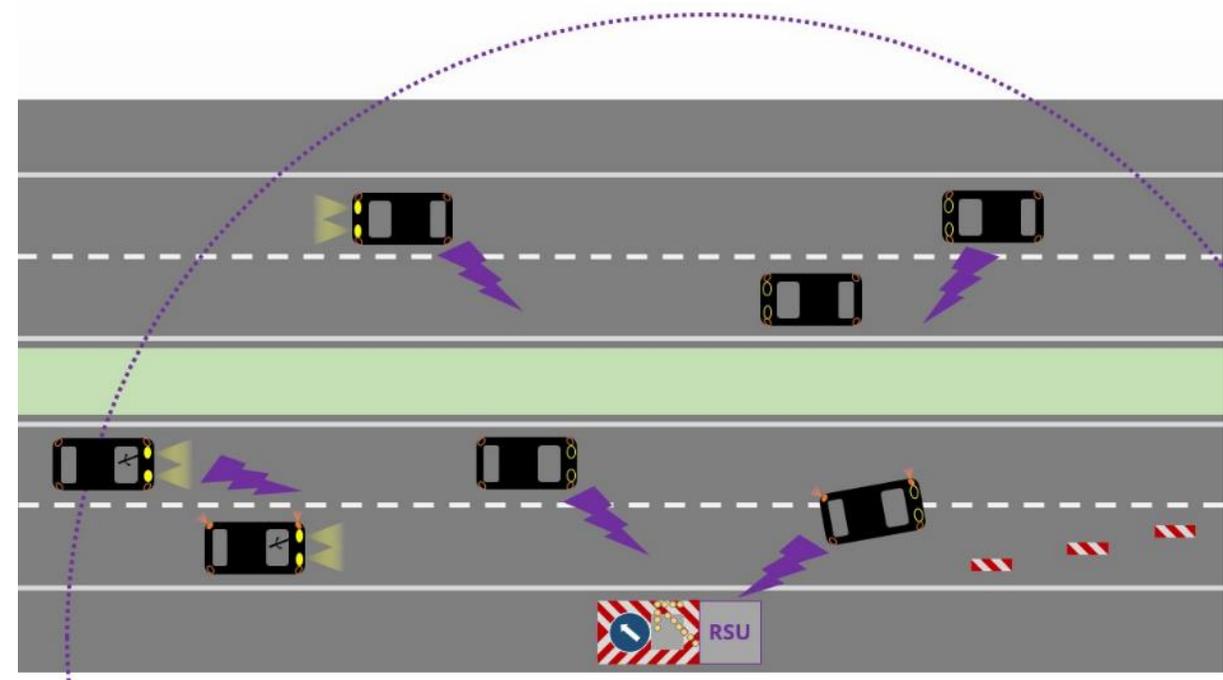


DAVE – Datenerfassung und Algorithmenentwicklung zur Verkehrslageermittlung basierend auf kooperativen Einzelfahrzeugnachrichten

Förderrichtlinie: „Ein zukunftsfähiges, nachhaltiges Mobilitätssystem durch automatisiertes Fahren und Vernetzung“ des BMVI

Projektlaufzeit: 09/2020 - 10/2021

- C2I-Kommunikation
- Verkehrslageermittlung mittels CAM und DENM
- Potenzialanalyse CAM-Daten als Verkehrsparameter



// Projekt ABSOLUT

ABSOLUT

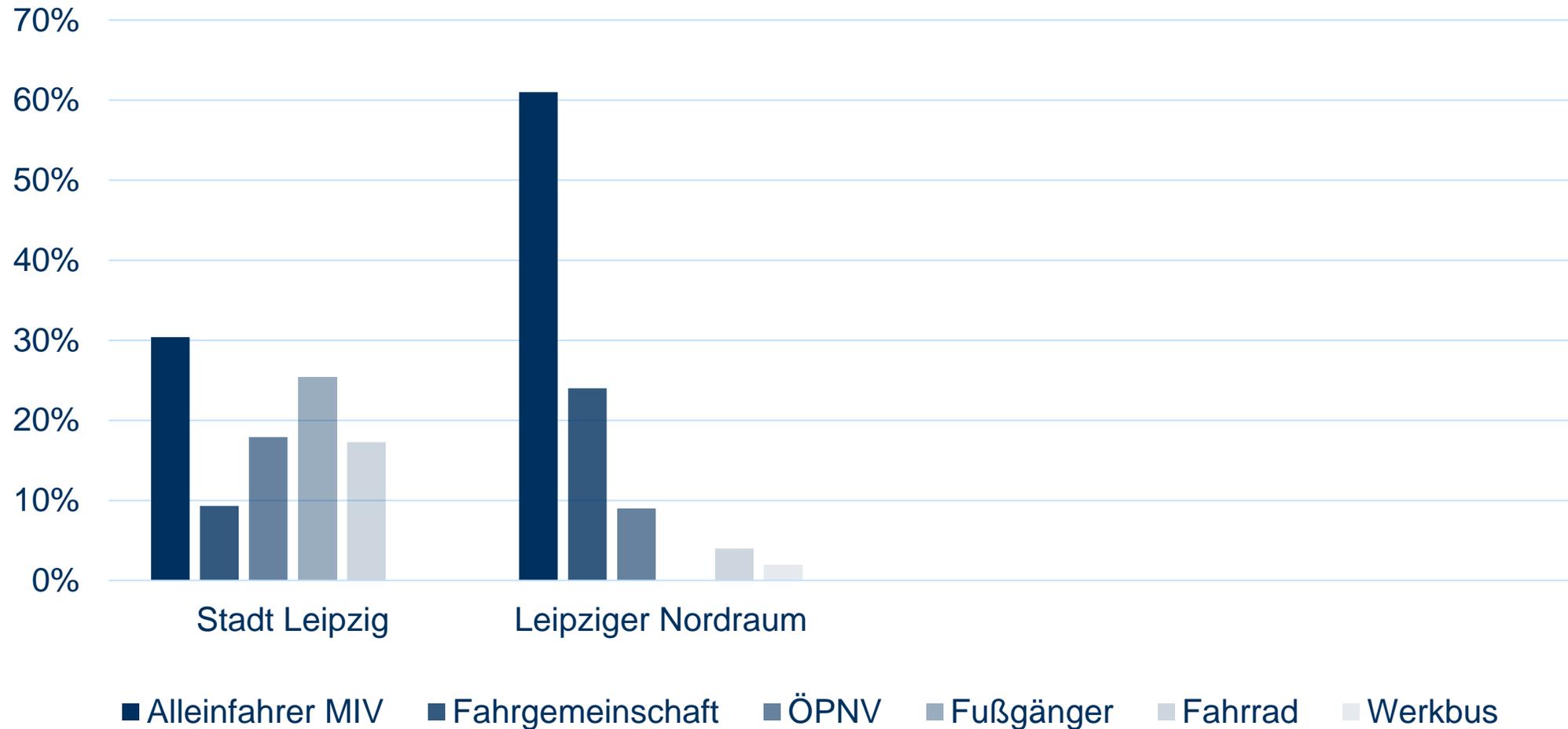
Motivation – Leipziger Nordraum



Kartenbasis: www.google.de/maps

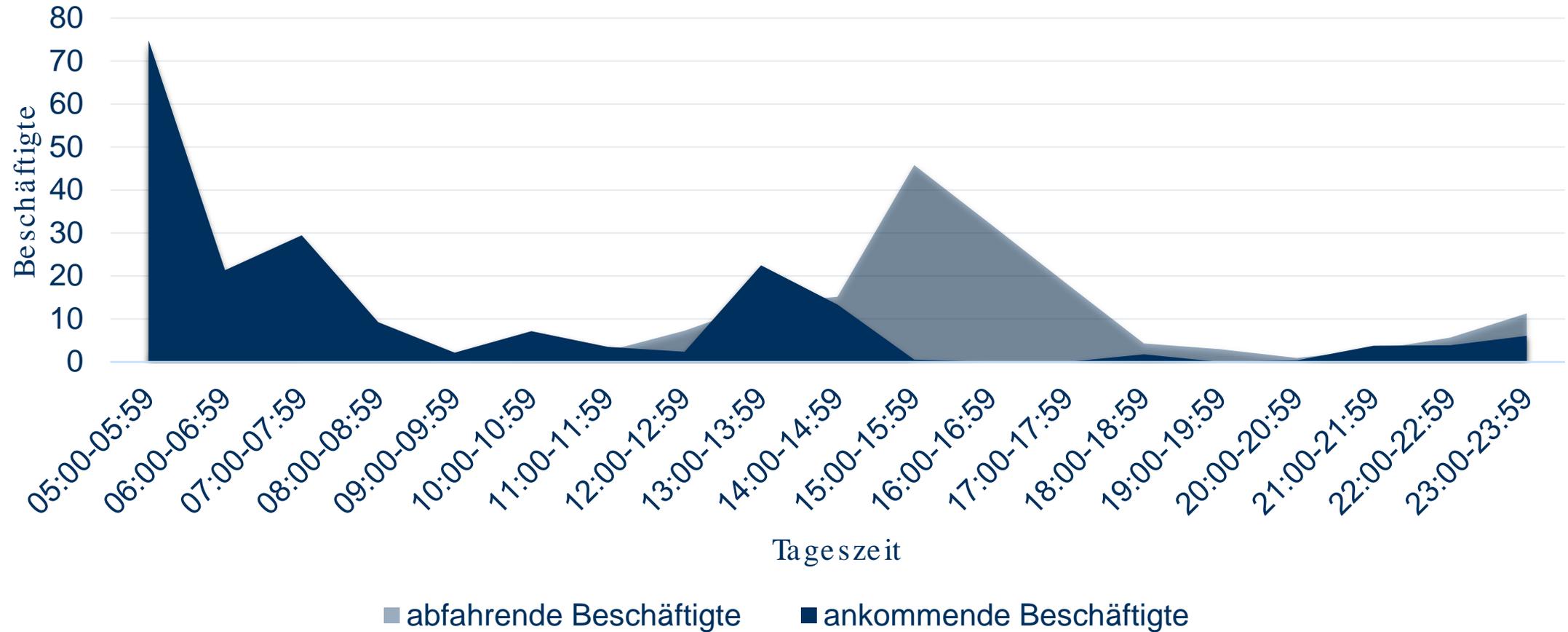
Leipzig

Verkehrsmittelwahl (Modal Split)



Fahrgastzahlen

Haltestelle BMW-Zentralgebäude



ABSOLUT

Projektüberblick

Laufzeit: 01/2019 – 12/2021

Förderprogramm: BMWi, IKT für Elektromobilität III, Strategisches Einzelprojekt

Budget: 10,0 Mio. €

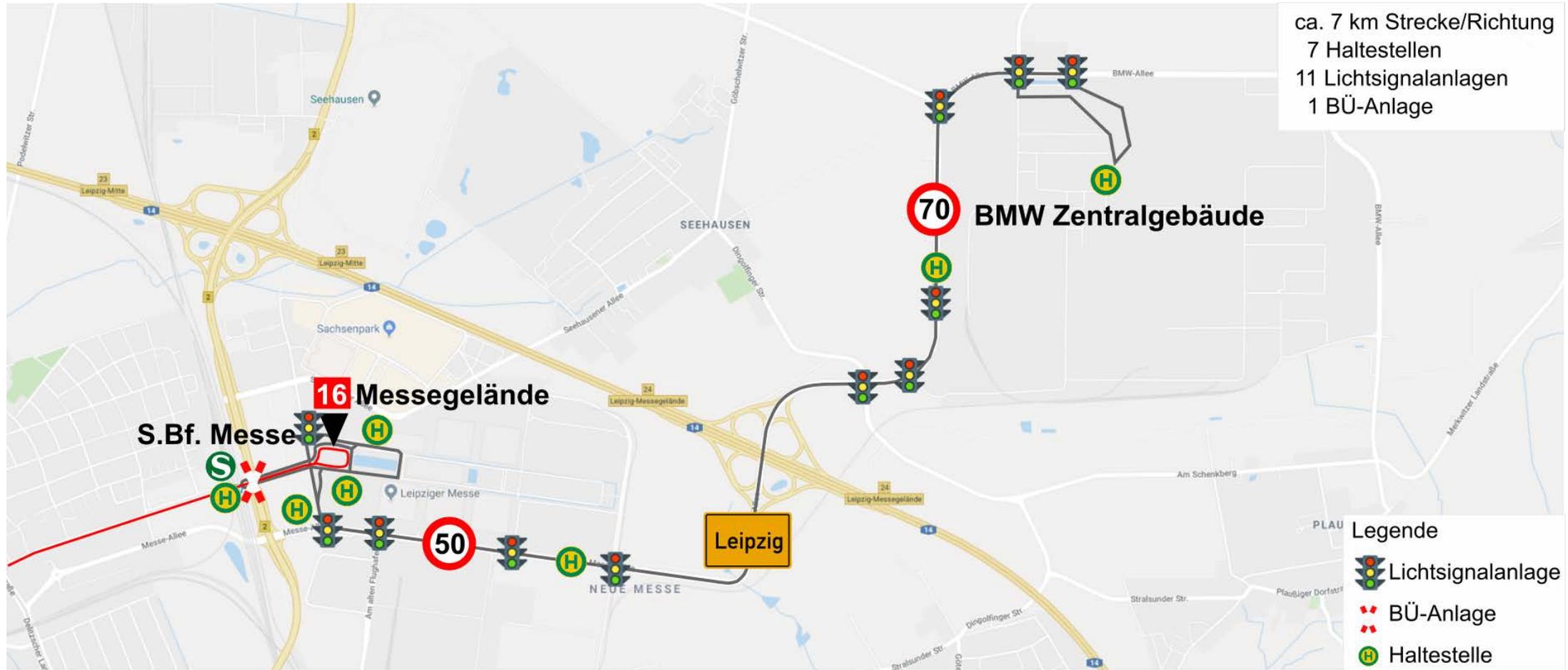
Konsortialführer: Leipziger Verkehrsbetriebe GmbH

Projektpartner: Technische Universität Dresden, Stadt Leipzig, BitCtrl Systems GmbH, IAV GmbH Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr, Continental AG, FSD Fahrzeugsystemdaten GmbH, Sedenius Engineering GmbH, Virtence GmbH, gtes cotech GmbH, INAVET GmbH, Apinauten GmbH



ABSOLUT

Streckenverlauf



ABSOLUT

Projektpartner

BETREIBER / Konsortialführer



FAHRZEUG & ZULASSUNG



FSD
Zentrale Stelle



LEITSTELLE



glts cotech

INFRASTRUKTUR



Stadt Leipzig



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN

INAVET
Institut für angewandte Verkehrstelematik

BEIRAT

BMW Group
DB Schenker
Leipziger
Messe GmbH
LASuV
VDV
LIST GmbH
DEKRA/TÜV
SAENA
BMVI
SMWA
Projekt HEAT
ACOD

FAHRGAST



ABSOLUT

Projektstruktur

AP 1: Gesamtkonzeption und Anforderungen

Technische Universität Dresden, Professur VLP

AP 2: Projektleitung und -koordination

AP 3: Leitstelle

Technische Universität Dresden, Professur VLP

AP 4: Fahrzeug

AP 5: Infrastruktur

Technische Universität Dresden, Professur VLP

AP 6: Technische Kommunikation

AP 7: Übergreifendes Sicherheitskonzept

AP 8: Feldtests und Evaluation

Technische Universität Dresden, Professur VLP

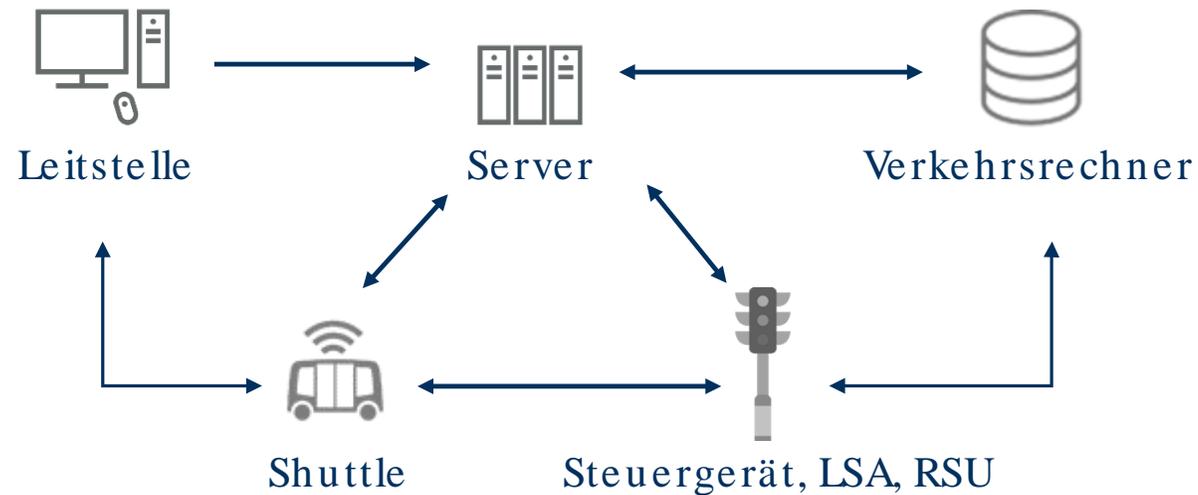
ABSOLUT

Projektziele und -abgrenzung

Fahrzeug: Crashkonforme Chassis, Fahrwerk, Bremse, Lenkung, Antrieb für 70 km/h

Infrastruktur: C2I- und I2C-Kommunikation, qualitätsgerechte LSA-Steuerung

Leitstelle: Fahrzeugüberwachung und -führung, Einsatzregime, Fahrgastinteraktion



ABSOLUT

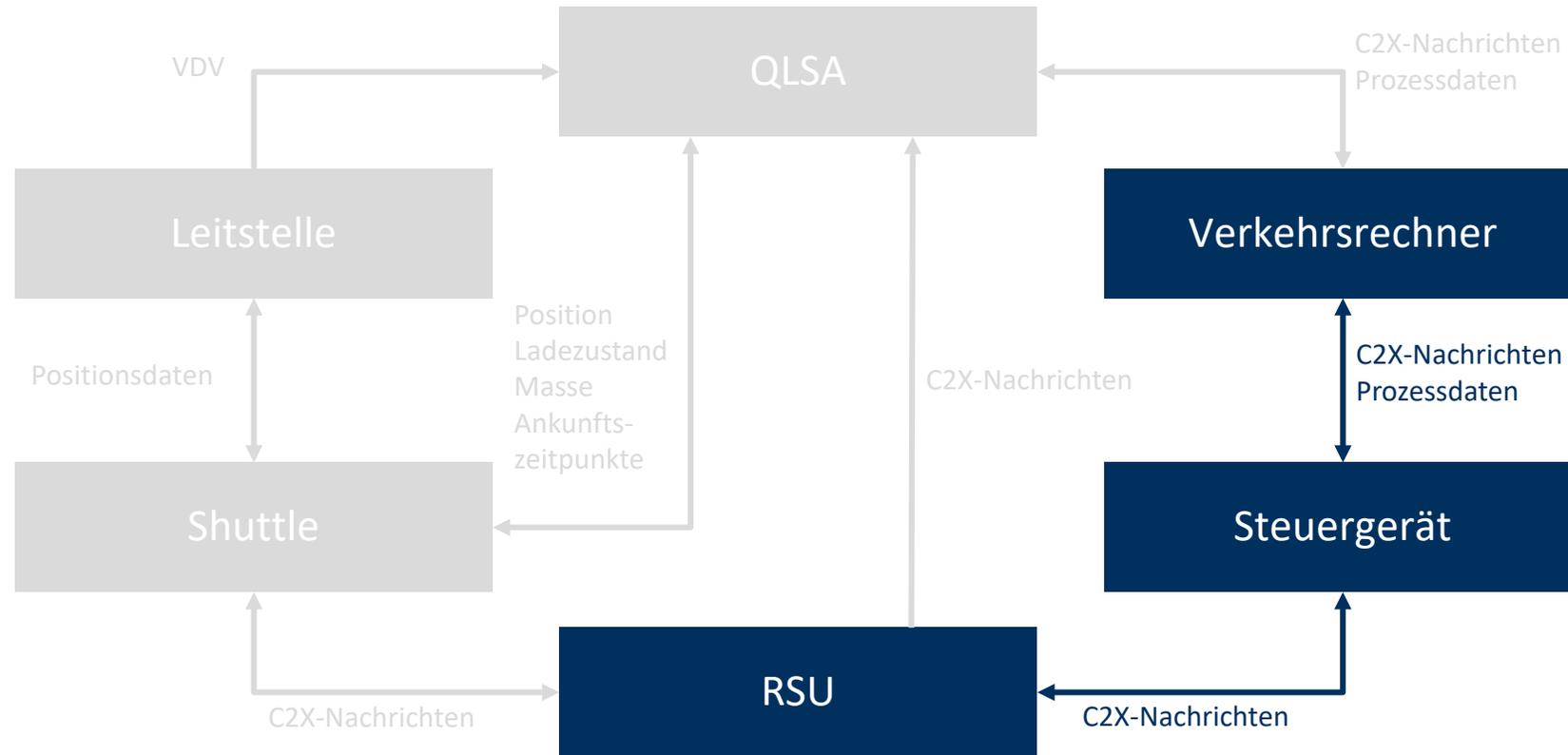
Infrastruktur - Zielsetzung

1. Ertüchtigung des Verkehrsrechnersystem
2. Aufrüstung der Steuergeräte
3. Einsatz von Kommunikationsmitteln (RSU) für C2I- und I2C-Kommunikation
4. Ertüchtigung der Kabelnetze
5. Einsatz und Ergänzung der Qualitätsgerechten LSA-Steuerung (QLSA) zur ÖPNV-Bevorrechtigung
6. Entwicklung von Algorithmen für Rückstaulängenschätzung und Grünzeitprognose
7. Weitere infrastruktureitige Themen



ABSOLUT

Infrastruktur - Ertüchtigung des Verkehrsrechnersystem (1.), Steuergeräte (2.)
inkl. RSU (3.) sowie des Kabelnetzes (4.)



ABSOLUT

Infrastruktur - Einsatz und Ergänzung der Qualitätsgerechten LSA-Steuerung (QLSA) zur ÖPNV-Bevorrechtigung (5.)



QLSA

Qualitätsgerechte Lichtsignalsteuerung

- Absoluter ÖV-Vorrang ist physikalisch nicht in jeder Verkehrssituation sinnvoll / realisierbar
- Absoluter ÖV-Vorrang kann sich mindernd auf Gesamtqualität und ÖV-Betriebsqualität auswirken
- Differenzierte ÖV-Behandlung erfordert ein genaues Betriebs- und Verkehrslageabbild



Stadt Leipzig



Verkehrsinformationssystem Stadt Leipzig

QLSA

Zielstellungen

Gezielte Bevorrechtigung bestimmter ÖV-Fahrzeuge

Zurückhalten verfrühter Fahrzeuge

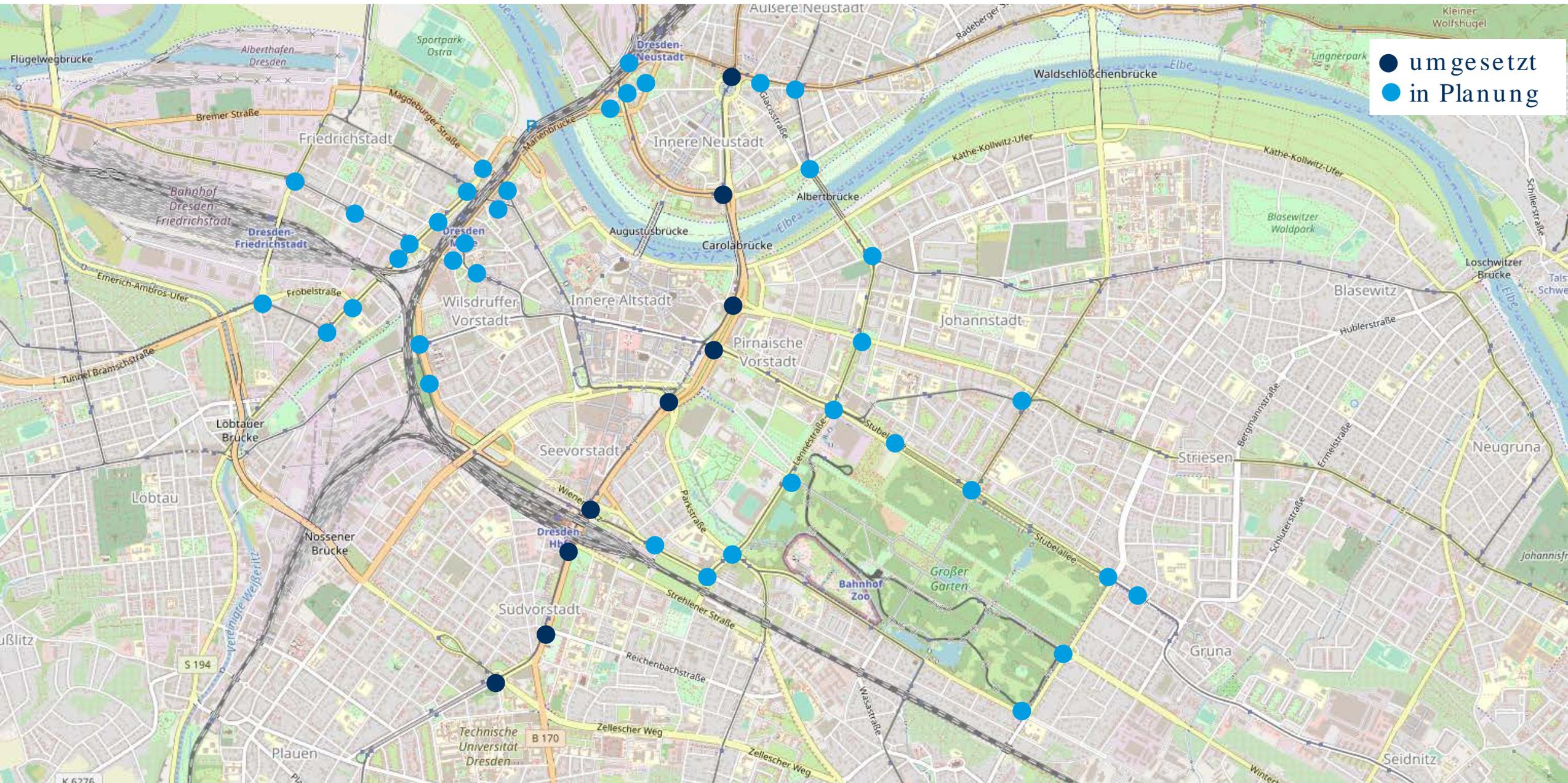
Einflussnahme auf die Reihenfolge der ÖV-Fahrzeuge an Verknüpfungspunkten

Realisierung von dynamischen Anschlüssen

Berücksichtigung anderer Verkehrsteilnehmer (MIV-Verkehrslage)

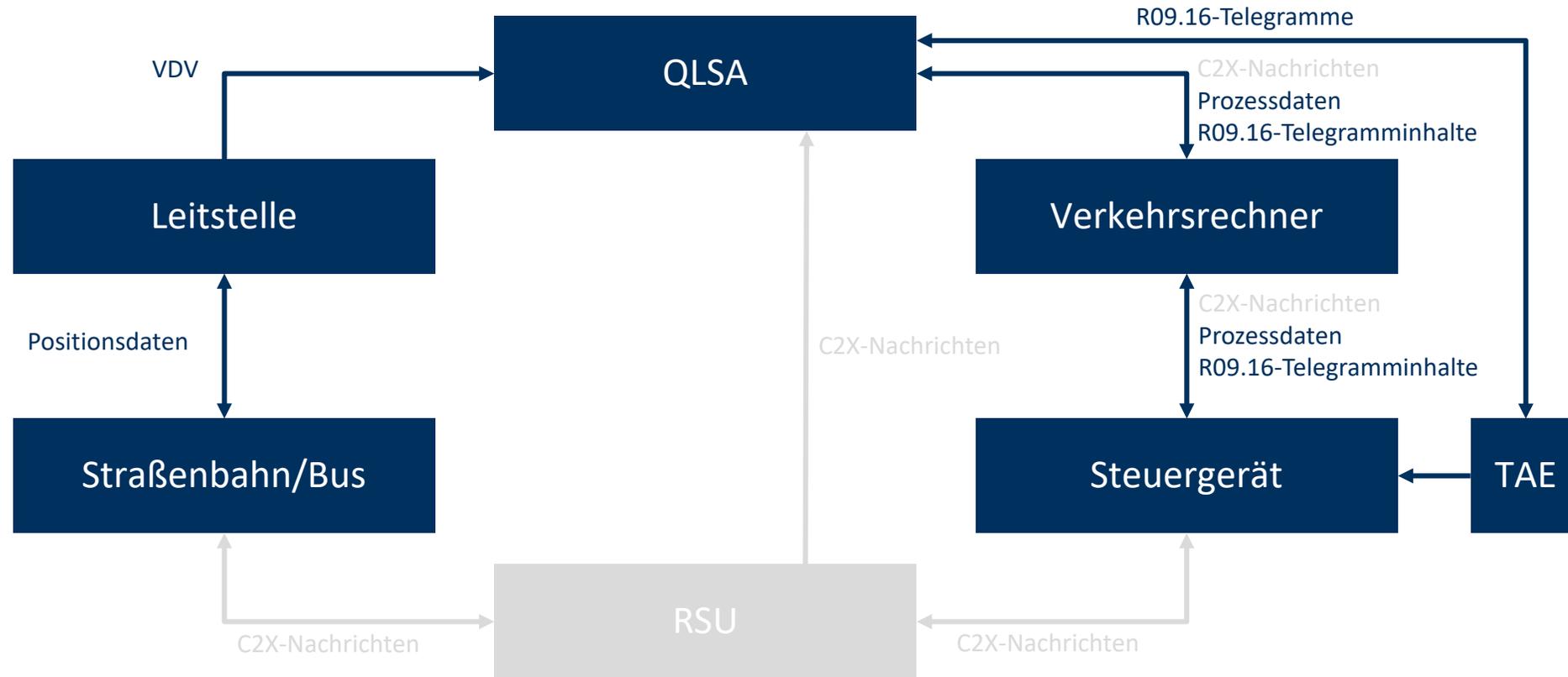
- Erhöhung Pünktlichkeit
- Verringerung der Fahrzeitenstreuung
- Verbesserung der Verkehrsqualität für alle Verkehrsteilnehmer
- Einsparung von Traktionsenergie
- Sicherung der Leistungsfähigkeit
- Vermeidung unnötiger Unterbrechungen der Grünen Welle durch ÖPNV
- Umweltgerechte Bündelung der Verkehrsströme auf den Hauptachsen

QLSA Dresden



QLSA im Bestand

Systemarchitektur



QLSA

Entscheidungsfindung

Multikriterielle Optimierung in Form einer Kostenfunktion

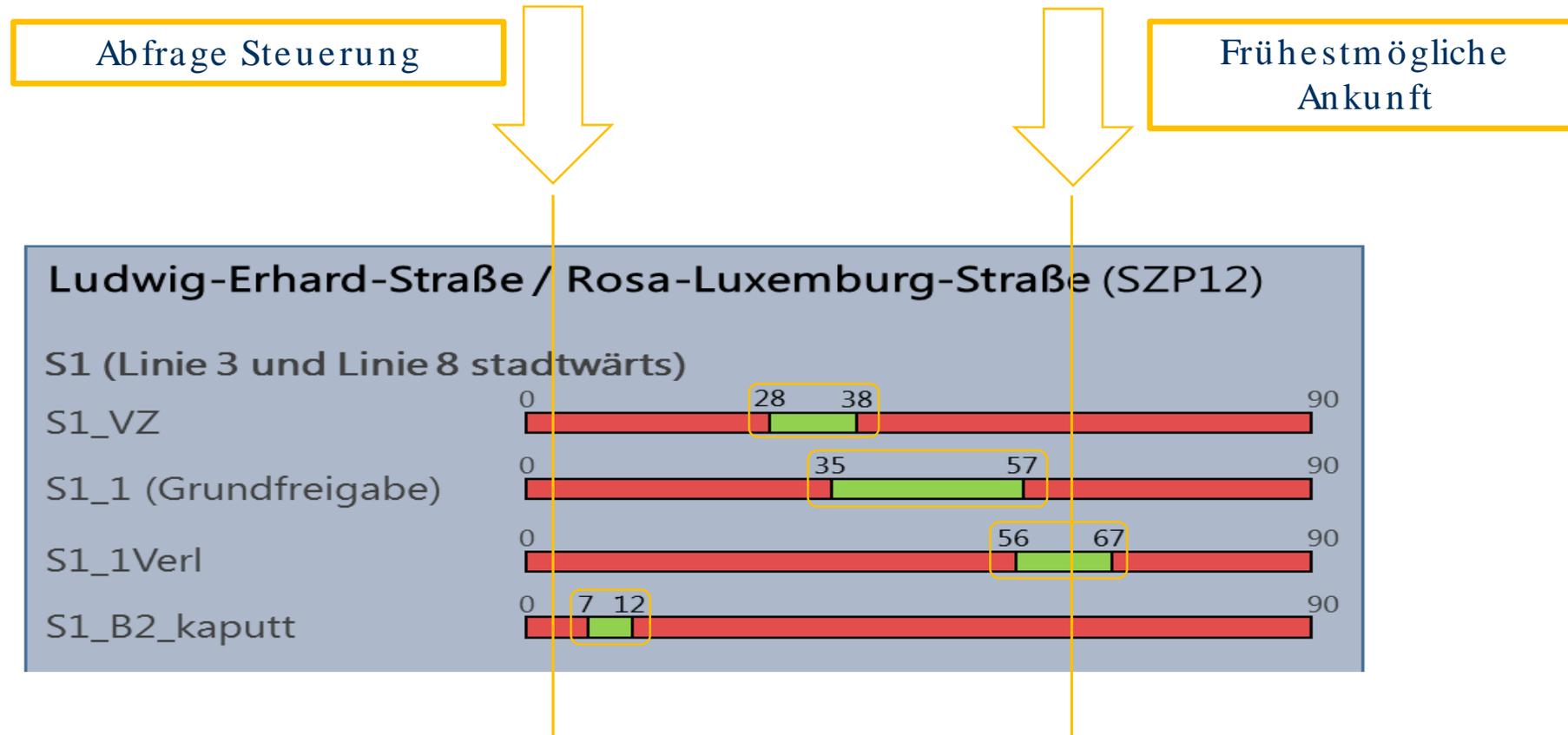
$$Q^* = \min_{\forall k} \sqrt{\sum_{i=1}^5 \lambda_i^2 \cdot \left(\sum_{j=1}^n |Q(k)_{i,j}| - Q_{ideal,i} \right)^2}$$

$Q(k)_{Fp}$	Abweichung der tatsächlichen fahrtkonkreten kombinierten Fahrplanlage von einer betrieblich erwünschten Fahrplanlage
$Q(k)_{Ein}$	Anzahl der realisierten korrekten Fahrzeugreihenfolgen
$Q(k)_{Ansi}$	Anzahl der gesicherten dynamischen Anschlüsse
$Q(k)_{Korr}$	Kosten für Korrekturprozesse bereits „veröffentlichter“ ÖV-Freigaben
$Q(k)_{MIV}$	Kosten für die Beeinträchtigung der MIV-Verkehrslage

QLSA

Funktionsweise

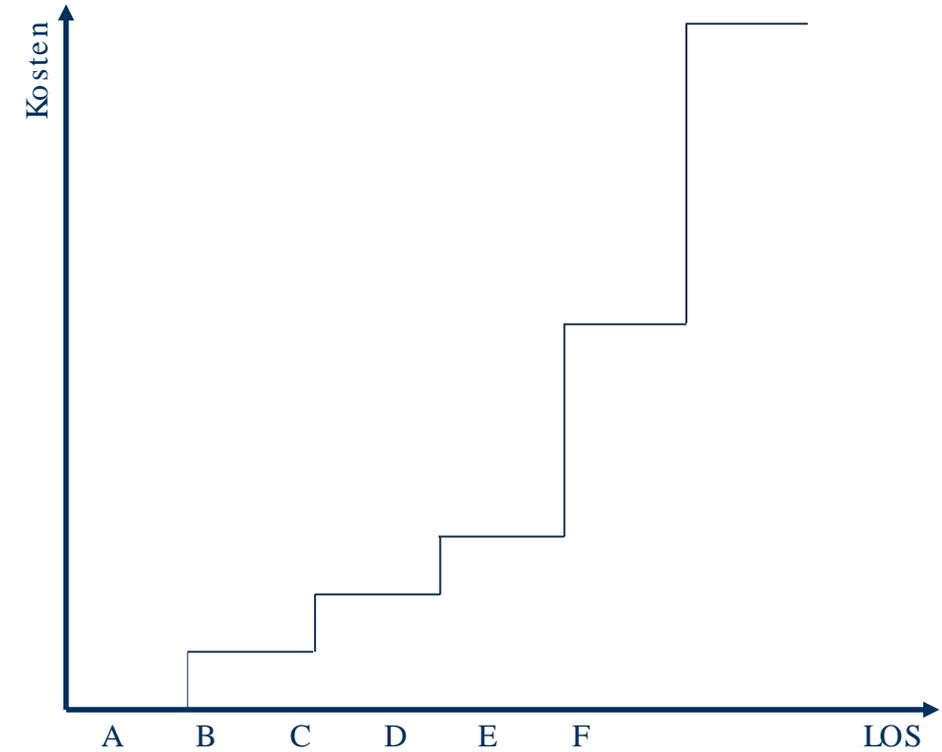
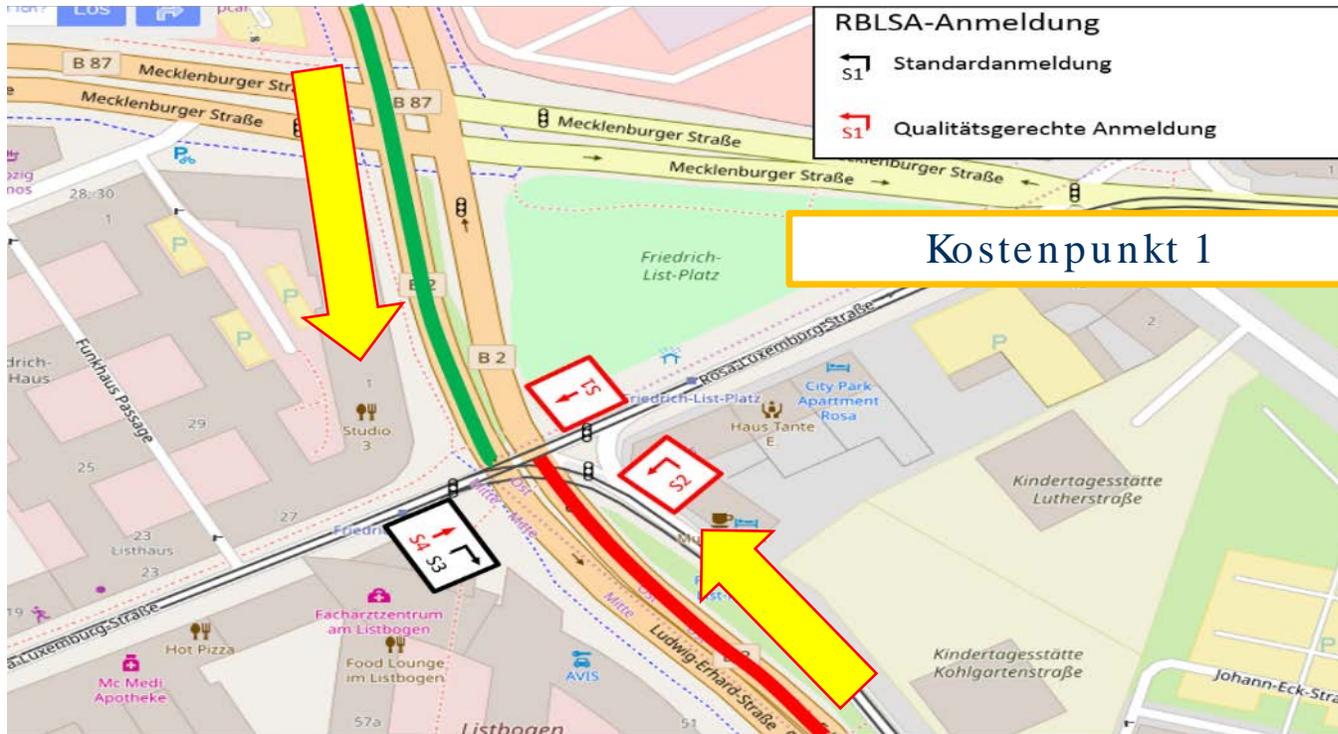
Abfrage der Steuerungsinformationen am LSA-Steuergerät über den Verkehrsrechner



QLSA

Funktionsweise - Eingangsgrößen

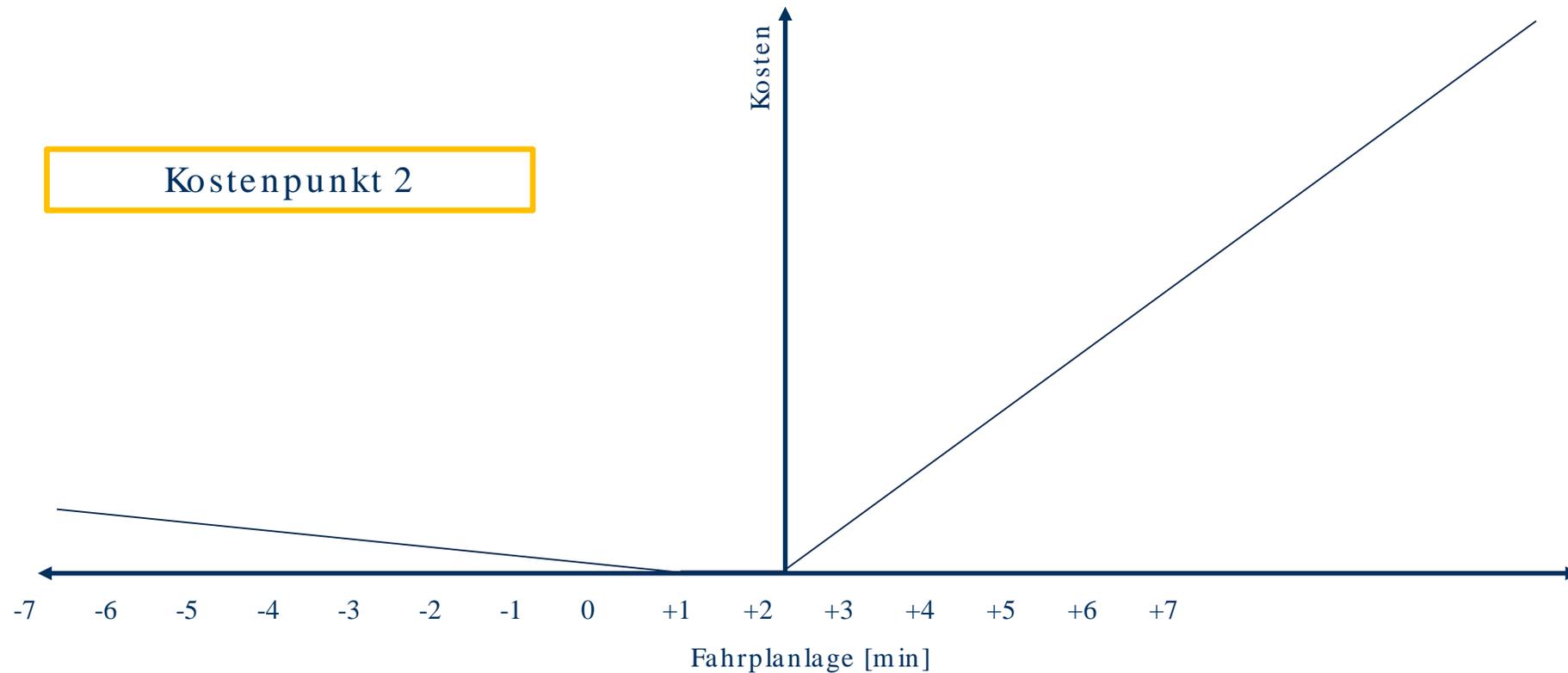
Bewertung nutzbarer Freigabefenster
Berücksichtigung der MIV-Verkehrslage



QLSA

Funktionsweise - Eingangsgrößen

Bewertung nutzbarer Freigabefenster
ÖPNV - Fahrplanlage



QLSA

Funktionsweise - Eingangsgrößen

Bewertung nutzbarer Freigabefenster

ÖPNV – Anschlüsse

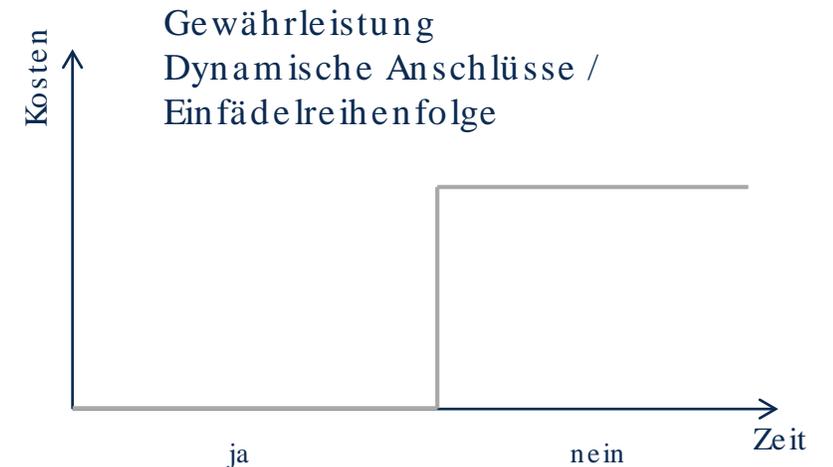
- geringe Kosten, wenn Zubringer vor Abbringer eintrifft
- steigende Kosten, wenn Abbringer aufgehalten werden muss

Kostenpunkt 3

ÖPNV – Einfädelreihenfolge

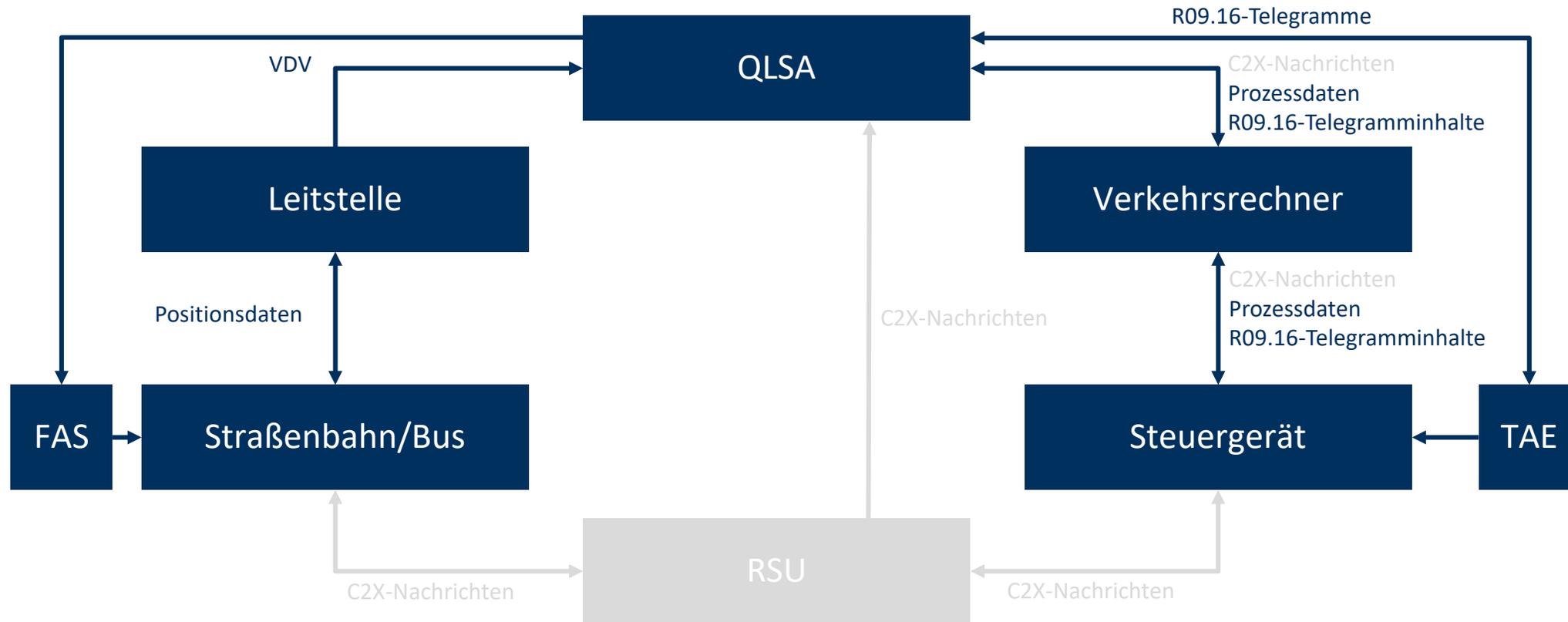
steigende Kosten, je höher die Anzahl der in falscher Reihenfolge bedienten Haltestellen ausfällt

Kostenpunkt 4



QLSA im Bestand

Systemarchitektur



QLSA

Fahrerassistenzsystem (FAS)

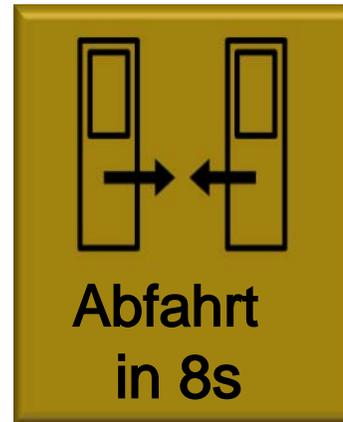
Nutzung der Information zur energieoptimalen Annäherung an den Knotenpunkt

Bisher sind in Dresden 83 Fahrzeuge und in Leipzig 20 Fahrzeuge mit FAS ausgerüstet

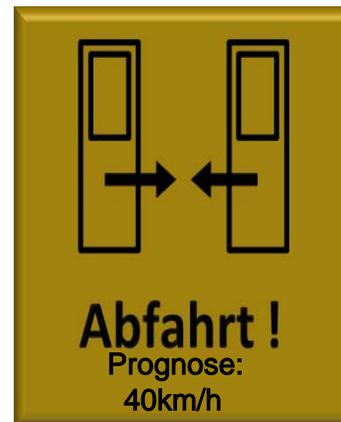
Aktuell wird an der Bordrechnerintegration gearbeitet, welche bis 2020 abgeschlossen sein wird



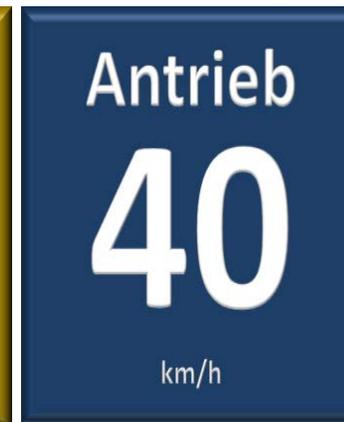
Abfahrts-
countdown



Abfahrts-
information



Antrieb bis...



Beharrungs-
fahrt

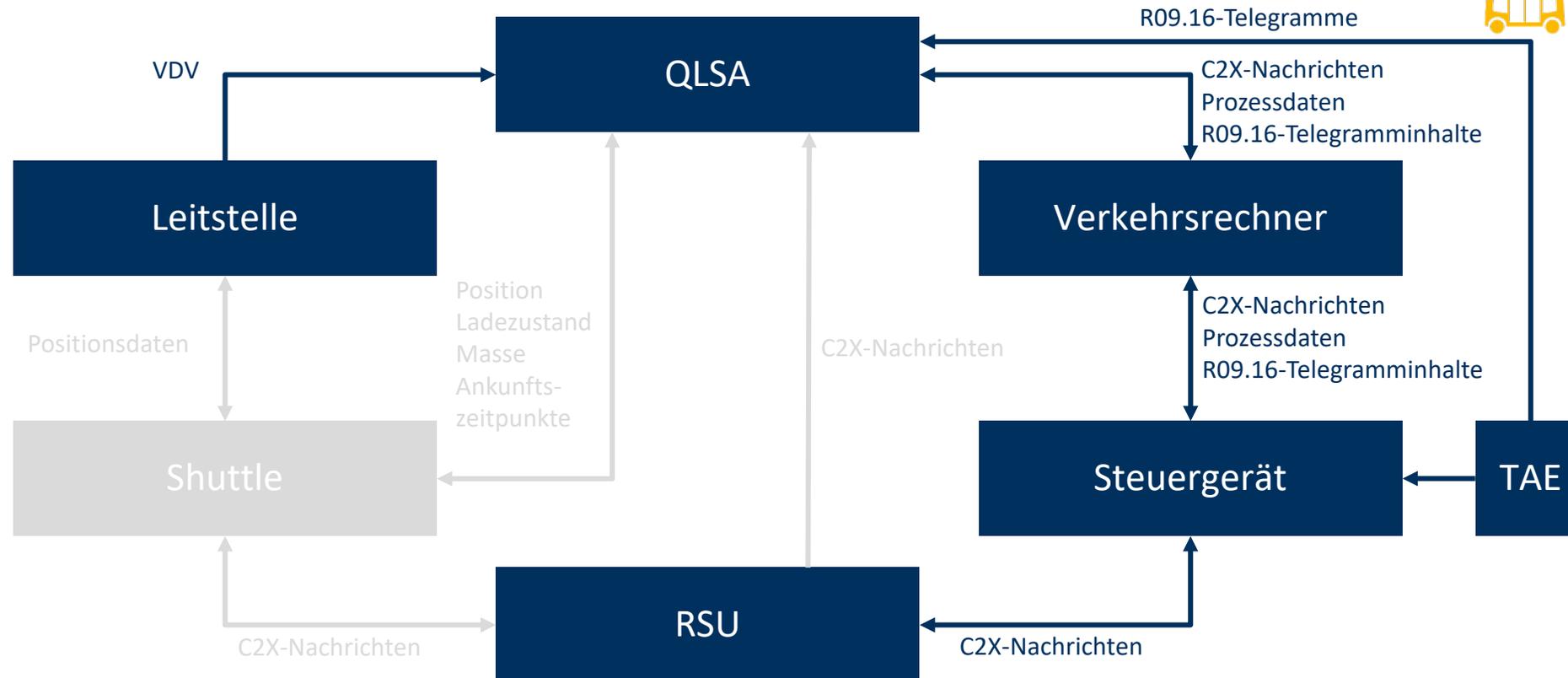


Auslauf



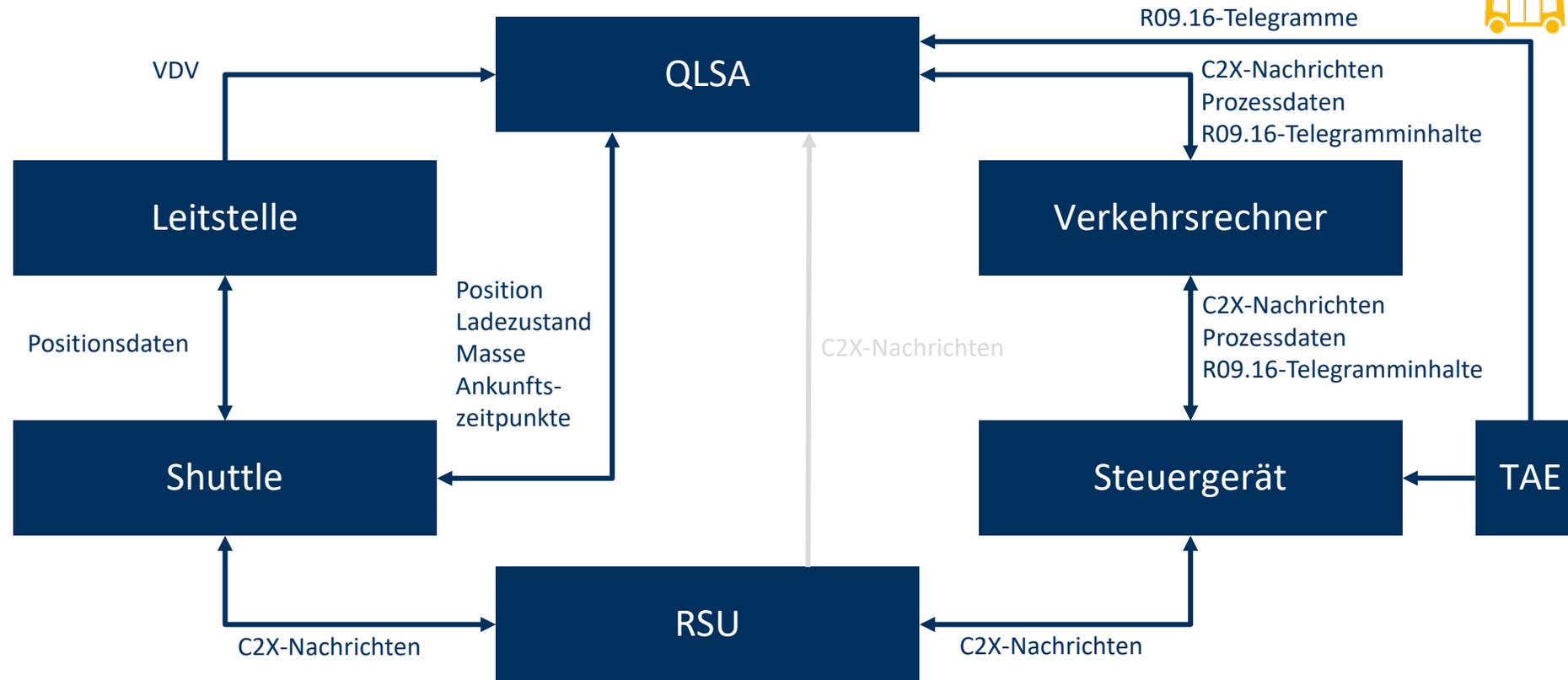
QLSA-Erweiterung für ABSOLUT

Infrastruktur - Einsatz und Ergänzung der Qualitätsgerechten LSA-Steuerung (QLSA) zur ÖPNV-Bevorrechtigung



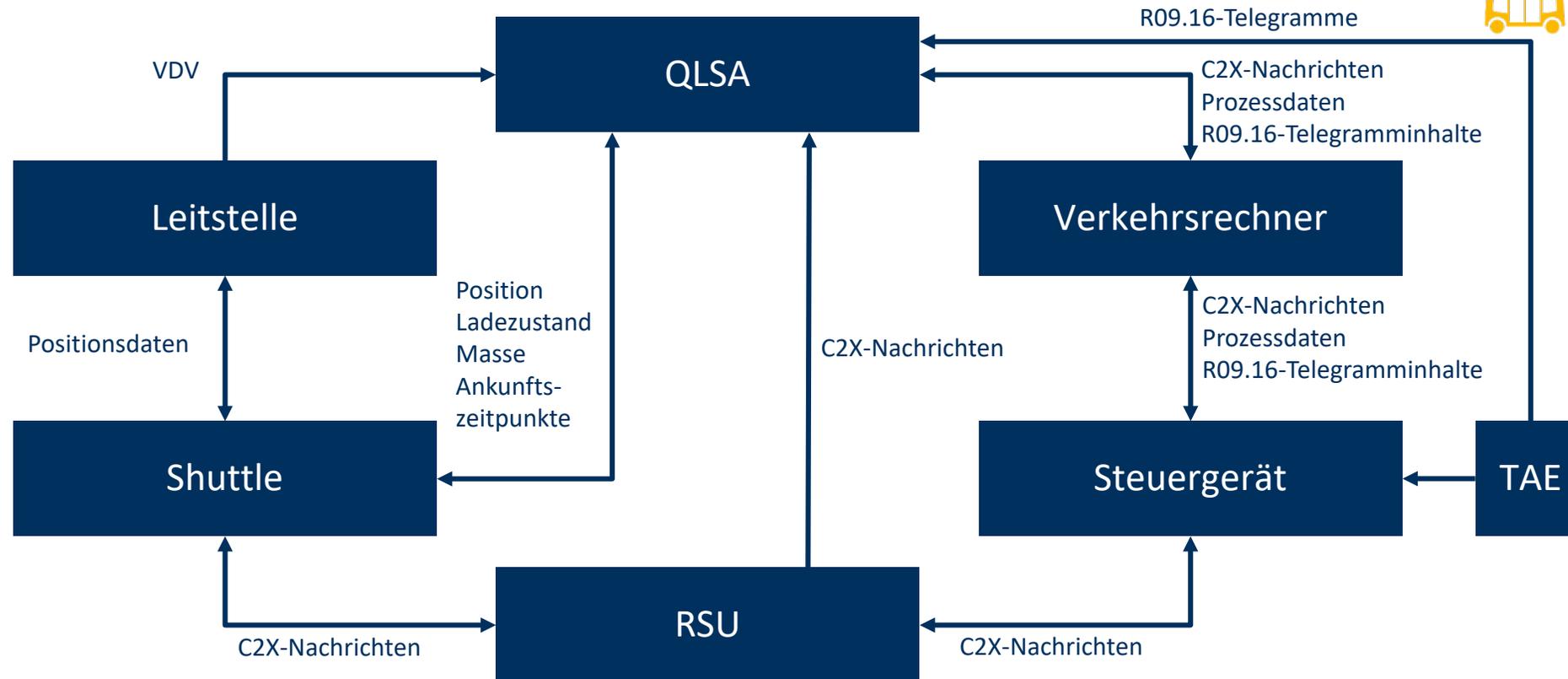
QLSA-Erweiterung für ABSOLUT

Infrastruktur - Einsatz und Ergänzung der Qualitätsgerechten LSA-Steuerung (QLSA) zur ÖPNV-Bevorrechtigung



QLSA-Erweiterung für ABSOLUT

Infrastruktur - Einsatz und Ergänzung der Qualitätsgerechten LSA-Steuerung (QLSA) zur ÖPNV-Bevorrechtigung



ABSOLUT

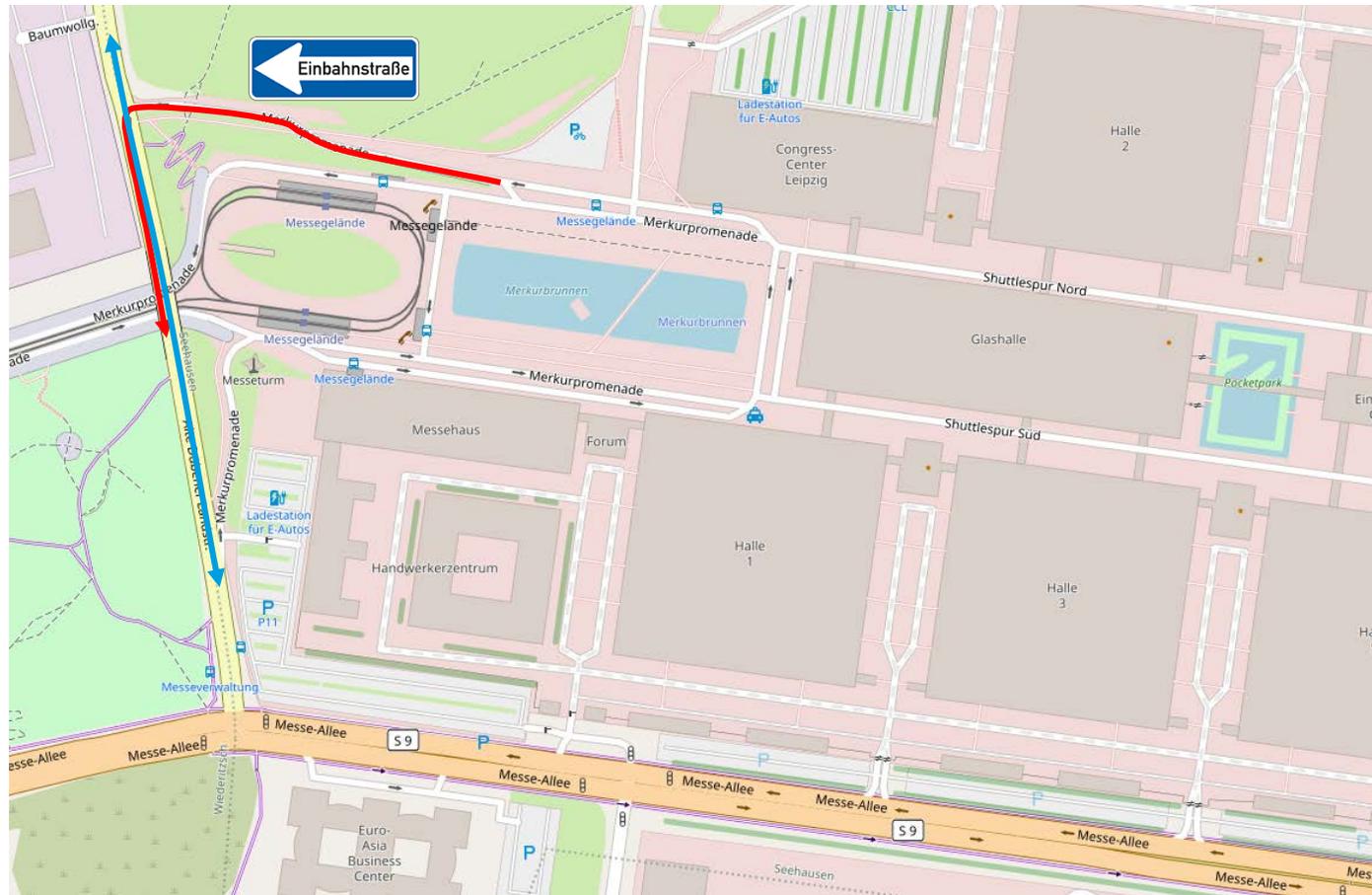
Infrastruktur - aktueller Stand

Streckenanalyse durchgeführt
Erneuerung LSA-Steuergeräte und
die Überarbeitung der VTU werden sukzessive veranlasst



LSA 113

Alte Dübener Landstraße/Merkurpromenade



- Linienverlauf ABSOLUT-Shuttle
Linie 85
Linie 86A
Linie 196
- Linie 192

Kartengrundlage OpenStreetMap

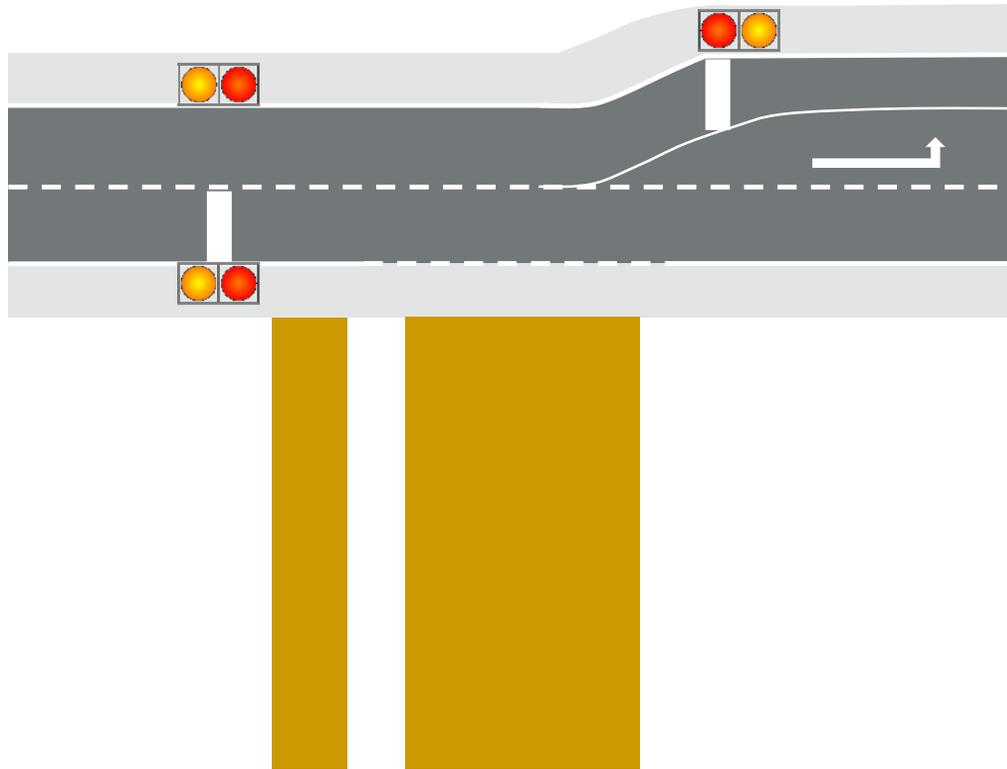
LSA 113

Alte Dübener Landstraße/Merkurpromenade



LSA 113

Alte Dübener Landstraße/Merkurpromenade



- Zusätzlicher Querschnitt Richtung Norden
- Anlage dunkel, bis Busanmeldung vorliegt
- Wegfall Fußgängerfurt Alte Dübener Landstraße
- Signalbild wird über C-ITS SPAT gesendet
- Bus kann nach dem Abbiegevorgang direkt weiterfahren

ABSOLUT

Infrastruktur - aktueller Stand

Streckenanalyse durchgeführt
Erneuerung LSA-Steuergeräte und
die Überarbeitung der VTU werden sukzessive veranlasst
Instandsetzung Fahrbahnmarkierung veranlasst



ABSOLUT

Infrastruktur - aktueller Stand

Streckenanalyse durchgeführt

Erneuerung LSA-Steuergeräte und
die Überarbeitung der VTU werden
sukzessive veranlasst

Instandsetzung Fahrbahnmarkierung
veranlasst



Luftbild: GoogleEarth

ABSOLUT

Infrastruktur - aktueller Stand

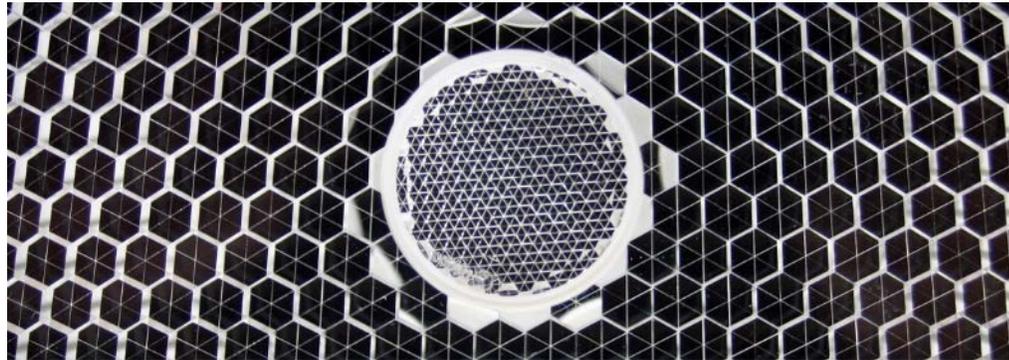
Streckenanalyse durchgeführt

Erneuerung LSA-Steuergeräte und
die Überarbeitung der VTU werden sukzessive veranlasst

Instandsetzung Fahrbahnmarkierung veranlasst

Position von Referenzmarken abgestimmt

Montage der Referenzmarken im Abstimmungsprozess mit den verantwortlichen Straßenbaulastträgern



www.imos-gubela.com



www.igepa.de

ABSOLUT

Infrastruktur - aktueller Stand

Streckenanalyse durchgeführt

Erneuerung LSA-Steuergeräte und
die Überarbeitung der VTU werden sukzessive veranlasst

Instandsetzung Fahrbahnmarkierung veranlasst

Position von Referenzmarken abgestimmt

Montage der Referenzmarken im Abstimmungsprozess mit den verantwortlichen Straßenbaulastträgern

Fortwährende Abstimmung mit den Projektpartnern, bspw. zur Umsetzung energieoptimaler Fahrstrategien für das Shuttle (Hüllkurve für Fahrtrajektorien)



Kontakt

Technische Universität Dresden
Fakultät Verkehrswissenschaften "Friedrich List"
Institut für Verkehrstelematik
Professur für Verkehrsprozessautomatisierung

<https://tu-dresden.de/vpa>



Gerhard-Potthoff-Bau, Haus 2
Hettnerstraße 3
01069 Dresden

<https://absolut-projekt.de>

