

Erfahrungen und Herausforderungen bei der Elektrobus-Umlaufplanung im Stadt- und Regionalverkehr

PTV-Anwenderseminar

Würzburg, 22. Mai 2025

Wer sind wir?



Eine Tochtergesellschaft der
Dresdner Verkehrsbetriebe AG und der Berliner Verkehrsbetriebe AöR



Fahrzeugtechnik

Infrastrukturplanung

Werkstattplanung

Verkehrstechnik

Innovative Verkehrssysteme

Verkehrsplanung



Dresden · Berlin · Magdeburg · Leipzig

- Seit 1994 Beratung und Planung für alle Fragen des Verkehrswesens – sachkundig und unabhängig
- Regionales, nationales und internationales Tätigkeitsfeld
- > 100 qualifizierte, engagierte Ingenieur*innen, Ökonom*innen und Geograph*innen



VCDB ist zertifiziert nach
DIN EN ISO 9001: 2015
DIN EN ISO 14001: 2015.



Mobil · Innovativ · Nachhaltig

Erfahrungen und Herausforderungen bei der Elektrobus-Umlaufplanung
im Stadt- und Regionalverkehr

22.05.2025

2

- fester Bestandteil unseres Repertoires seit 2020
- **abteilungsübergreifende** Projektarbeiten der Teams
Verkehrsplanung und Innovative Verkehrssysteme mit Schwerpunkten
 - Machbarkeitsstudien Dekarbonisierung
 - Konzeptionierung & Ausschreibung Ladeinfrastruktur
 - Ausschreibung Fahrzeugbeschaffung
- **Auftraggeber:**
 - Aargau Verkehr AG (AVA)
 - Dresdner Verkehrsbetriebe AG (DVB)
 - Fahrzeugmanagement Region Frankfurt RheinMain GmbH (fahma / RMV)
 - Göttinger Verkehrsbetriebe GmbH (GÖVB)
 - Münchner Verkehrs- und Tarifverbund GmbH (MVV)
 - Stadtverkehr Friedrichshafen GmbH (SVF)
 - SWN Verkehr GmbH (Neumünster)



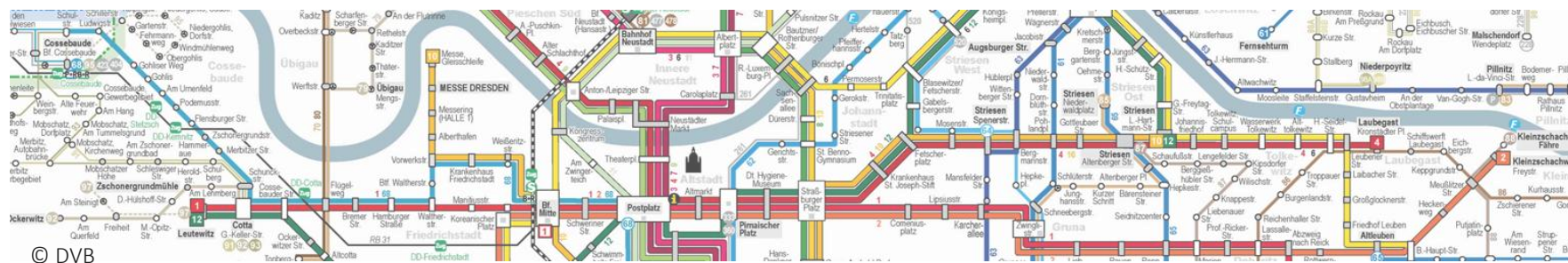


Zielstellung DENES:

- linienfeine Untersuchung aller DVB-Buslinien auf **Tauglichkeit** zur Umstellung auf reinen Batteriebus-Betrieb
- Identifikation notwendiger **Ladestellen** im Netz
- Analyse und Kategorisierung der **Endpunkte** auf Eignung als Nachladepunkt
- Ableiten einer schrittweisen **Umsetzung** sowie Identifikation und Aufzeigen von **Synergieeffekten**

Herausforderungen:

- **Integration** einiger Stadtbuslinien mit Regionalbuslinien
- Quartiersbuslinien / Verstärkerkurse mit hoher **Laufleistung**
- **gemischte Nutzung** von Ladepunkten durch mehrere Buslinien
- oftmals sehr beengte Platzverhältnisse an Endpunkten
 - starke **Kapazitätsrestriktion** an Endstellen (Aufstellmöglichkeiten)
- geforderte **Redundanz** an Ladepunkten pro Endpunkt <> diversifizierte **Endpunktsituation** im Busliniennetz



Zielstellung:

- technologieoffene Betrachtung der **Entwicklung** im Bereich der E-Mobilität (Fahrzeugkonzept)
- Grobplanung zur Einschätzung der **Eignung** von Linien zur Umstellung auf alternative Antriebe
- **Detailplanung** für ausgewählte Linien bzw. Bündel mit Betriebsstart 2024 bis 2028 auf alternative Antriebe
- Darstellung der ökonomischen und ökologischen **Auswirkungen**
- Vorplanung zur Umsetzung einzelner **Betriebskonzepte** für die Errichtung von Ladeinfrastruktur

Ergebnisse der Vorstudie zur Umsetzung werden in RMV-DeReBu weiter umgesetzt



RMV_DeReBu

Dekarbonisierung Regionaler Busverkehr

Das Projekt „RMV-DeReBu“ wird im Rahmen der „Richtlinie zur Förderung alternativer Antriebe von Bussen im Personenverkehr“ mit insgesamt 197.125 Euro durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) gefördert. Die Förderrichtlinie wird von der NOW GmbH koordiniert und durch den Projektträger Jülich (PtJ) umgesetzt.

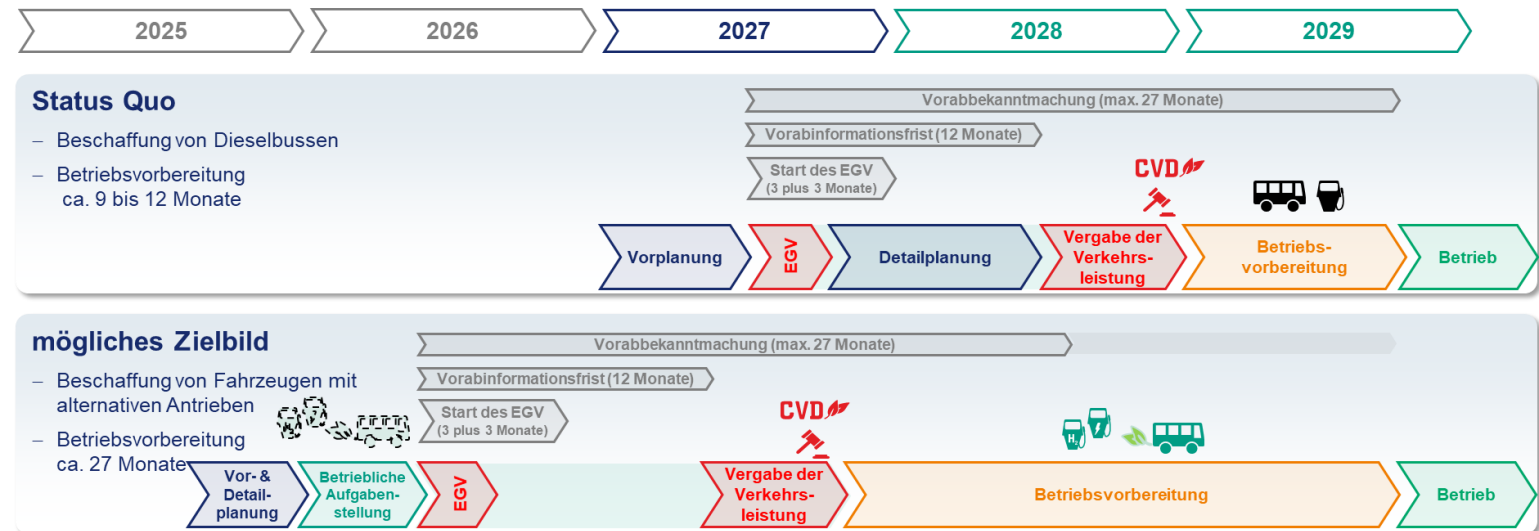
Gefördert durch:



Bundesministerium
für Digitales
und Verkehr

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

- Untersuchung **mehrerer** alternativer Antriebsformen (Gelegenheits- & Depotlader, Brennstoffzellen-Bus [BZB], Brennstoffzellen-Bus als Range Extender [BZ-REX]) für alle Linien im Untersuchungsgebiet (ca. 100 Linien)
- Diskriminierungsfreie** Umlaufplanung für Ausschreibung und fiktive Umlaufplanung mit **virtuellem** Betriebshofstandort
- Reichweitenpuffer für **Umleitungsfall** und **Angebotsausweitung** innerhalb des Verkehrsvertrags
- Annahme geringer **Ladeleistung** an potenziellen Betriebshofstandorten
- Entwicklung von **Regio-Zyklen** aufgrund hoher Geschwindigkeiten im Regionalverkehr in **Ergänzung zu den SORT-Zyklen**
- Berücksichtigung **Streckentopographie**



EGV = Eigenwirtschaftliches Genehmigungsverfahren

© fahma

VISUM-Umlaufplanung | Vom Diesel- zum Elektrobus



- in der Dieselumlaufplanung werden keine Reichweiten berücksichtigt → Reichweite des Diesels ist theoretisch ∞
- Elektrobus ist in Reichweite beschränkt
→ nicht jeder Umlauf ist geeignet

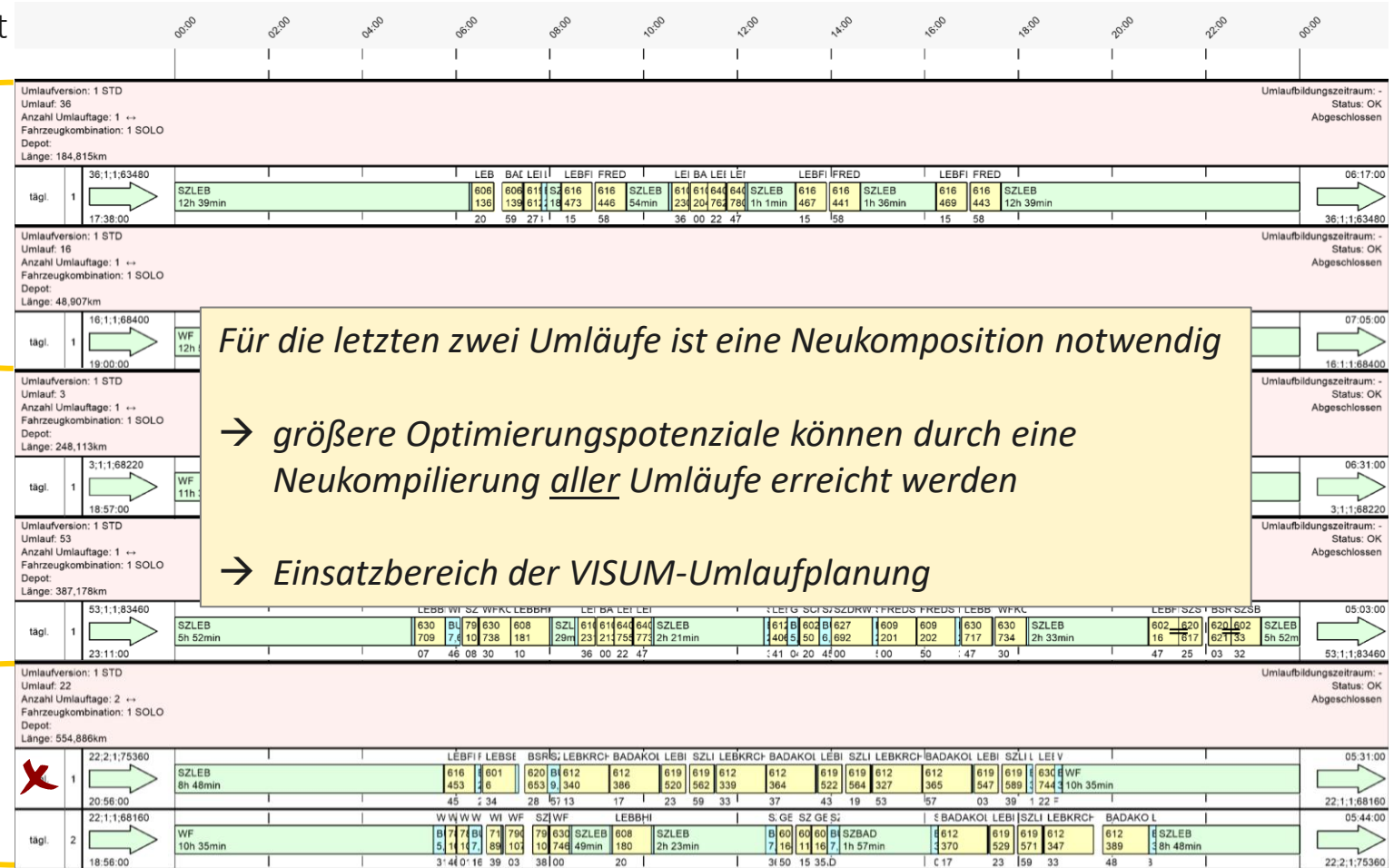
Beispiel: Reichweite 200 km

✓ Gesamtlänge < 200 km

✗ Gesamtlänge > 200 km

✓ Gesamtlänge > 200 km –
aber Nachladen möglich

✓ Gesamtlänge > 200 km –
Nachladen für einen Tag möglich



Wie werden die technischen Parameter in der VISUM-Umlaufplanung umgesetzt?

- Berechnung Reichweite und Nachladezeit anhand SORT-Werten + Klimatisierung (und Topographieklassifizierung, nur fahma)
- Reichweite ohne Nachladen + Reserve (nicht in VISUM hinterlegt)
- Nachladegeschwindigkeit anhand gewählter Antriebsart und Fahrzeugkombination
- BZB und BZ-REX: Abbildung über äquivalente Reichweite und Lade- und /oder Betankungszeit

Fahrzeugtyp	Ladeleistung	Ladedauer	Laderate
Solobus			
Gelenkbus			
CapaCity (nur DVB)			

Welche Vorgänge sind sonst noch zu beachten?

- Mindestladedauer
- Rüstzeit
- Verspätungsmanagement: kein Nachladen bei hinterlegter Mindestwendezeit

Steuernde Parameter für den Optimierungsalgorithmus

-  Minimaler Ladezustand (SOC) = mind. eine weitere Fahrplanfahrt zum Erreichen des nächsten Endpunktes (nur DVB)
-  Kostensätze: Umlaufelemente (EUR/h), Fahrplan- und Leerfahrten (EUR/km), Fahrzeugeinsatz (EUR/d)
-  Minimierung **Fahrzeugeinsatz**
-  max. Anzahl **Ladepunkte** pro Endpunkt (nur DVB)

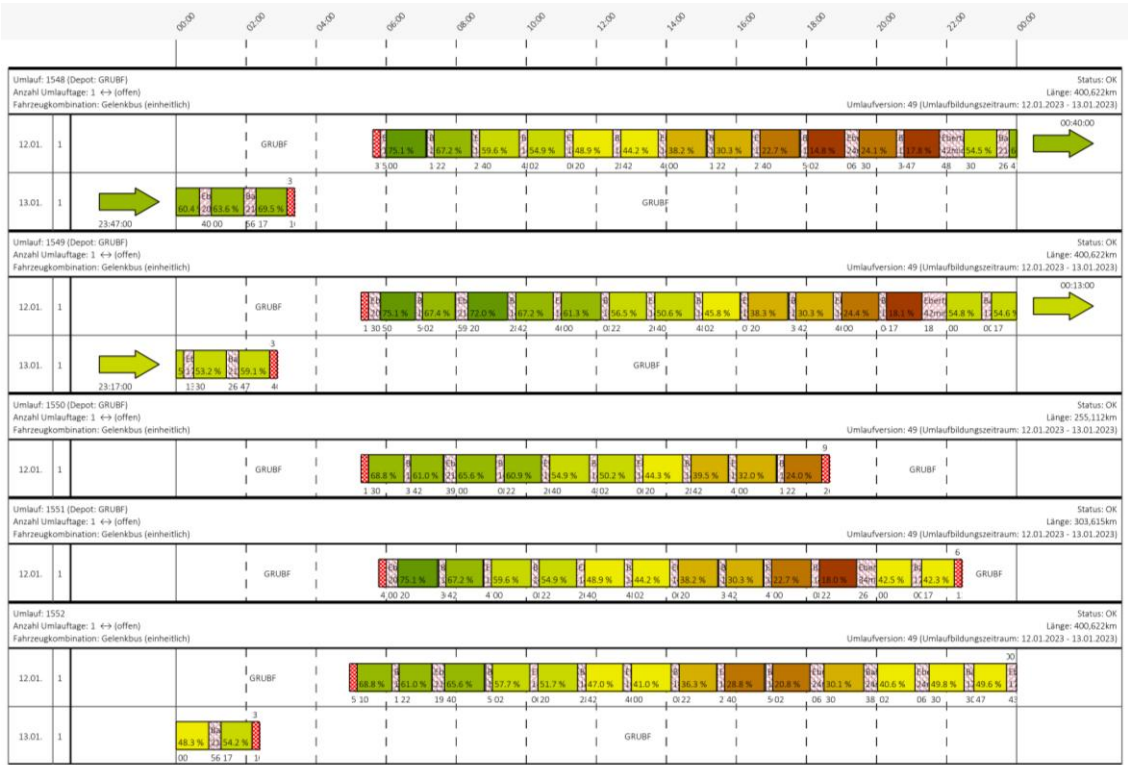
➔ **alles nur weiche Zielvorgaben in VISUM, keine Möglichkeit zur Festsetzung von technischen Untergrenzen**

Vorgehen

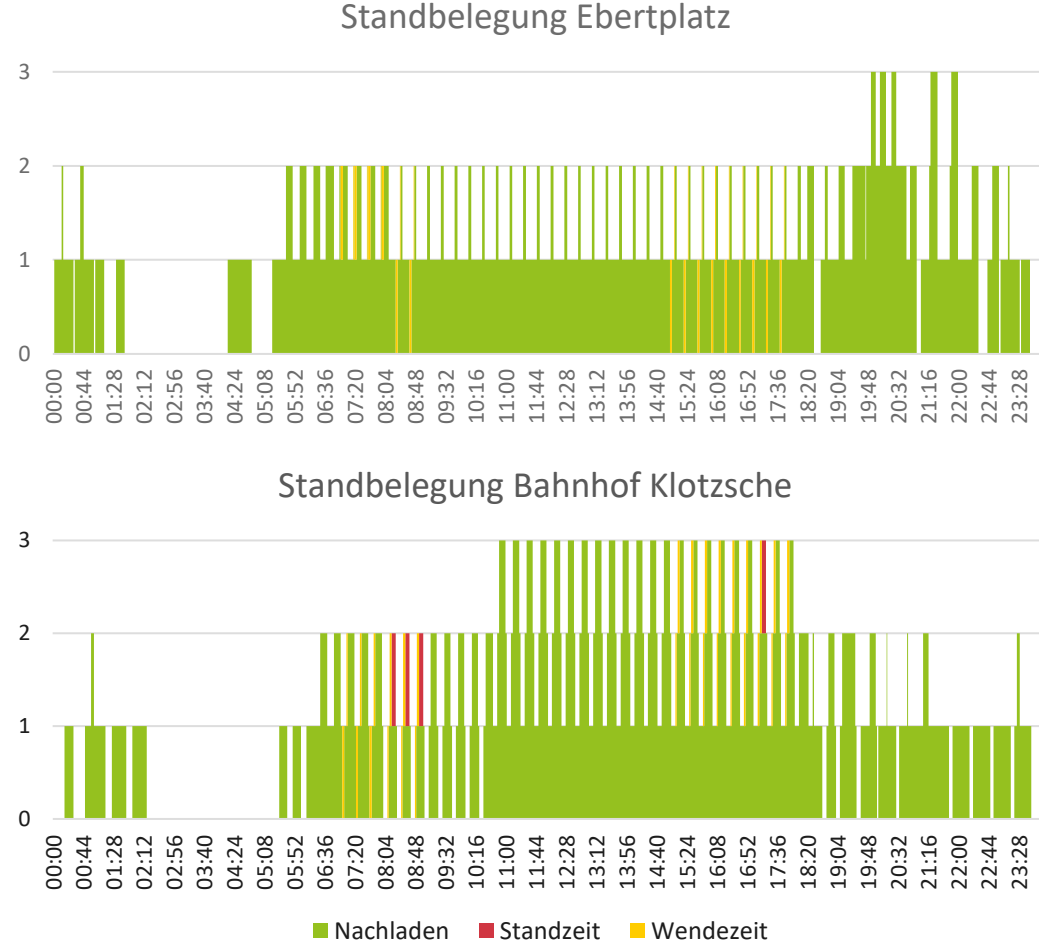
-  Rechnung zahlreicher Umlaufversionen mit variierender **Startzufallszahl**
-  iterativer Vorgang mit Anpassung Zielfunktion
 - Kriterium: Einhaltung SOC
 - Ablauf teilweise per Skript ➔ Versuch zur Steigerung der Benutzerfreundlichkeit und Intelligenz

➔ **komplexes Optimierungsverfahren mit oftmals manuellem Eingriff und Bewertung nötig**

Umlaufblockdarstellung



Endpunktkapazität





Lessons Learned | Das Gute und Schlechte

Projektfazit DENES

- 23 von 24 DVB-Linien auf Batteriebus umstellbar
- Umstellung von 5 Volumenlinien in Step 1
- Prioritätenfestlegung für Ausbau der Ladepunkte

Projektfazit fahma / RMV

- CVD-konforme Umstellung unter Prämisse „sauber = emissionsfrei“ führt zu großem Busmehrbedarf beim Depotlader
- in RMV-DeReBu bündelspezifische Betrachtung sowie Abwägung der Antriebstechnologien für wirtschaftlich optimierte Ausschreibung

Positive Lessons

- + Integrierte Bearbeitung von Angebots- und Wagenlaufplanung
- + Nutzung verschiedener Startzufallszahlen sorgt für größeren Lösungspool
→ höhere Chance auf optimale Lösung
- + Optimierung der Kostensätze sorgt für gewünschtes Verhalten in der Umlaufplanung

Negative Lessons

- Stellplatzkapazität an Haltestellen nur linienfein, nicht linienübergreifend
- Kapazitätsüberschreitung trotz Vorgabe maximaler Ladepunktzahl an Endhaltestelle
- Keine kombinierte Nutzung von Ladepunkten durch mehrere voneinander unabhängiger Linien betrachtbar
- Keine Betrachtung der Auswirkungen auf die Dienstplanung



Bedarf an Machbarkeitsuntersuchungen zum Einsatz alternativer Antriebe weiterhin hoch

- beim Gelegenheitslader ist insbesondere die Belegung am Endpunkt von Interesse
- größere benötigte Reichweiten im Regionalverkehr stellen ggf. eine Herausforderung dar (z. B. Expressbus-Linien)
- beim Depotlader ist das schnellere Zwischenladen tagsüber im Fokus (trotz gestiegener Batteriereichweiten)
- Ladevorgänge und benötigte Anschlussleistung im ländlichen Raum mit schlechterer Energieverfügbarkeit besonders relevant

weitere Potenziale / bestehende Fragestellungen der Verkehrsunternehmen

- detaillierte Abbildung von Stand- und Ladeplätzen an Endpunkten
- noch praxistauglichere Betrachtung bzgl. der Auswirkungen auf die Dienste im Verkehrsunternehmen

Potenziale von VISUM aus „Anwendersicht“

- bessere direkte Anpassungsmöglichkeiten im grafischen Umlaufeditor und im Umlaufprofil
- mehr feingliedrige Einstellungen bei der Abbildung der Ladeinfrastruktur und den Standplätzen
- Effizienzsteigerungen und mehr Komfortfunktionen beim Rechenalgorithmus



Dipl.-Ing.

Christoph Bochmann

Projektleiter

c.bochmann@vcdb.de



Dipl.-Ing.

Paul Michauk

Projektingenieur

p.michauk@vcdb.de



**Erfahrungen und Herausforderungen bei der Elektrobuss-
Umlaufplanung im Stadt- und Regionalverkehr**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Würzburg, 22. Mai 2025

Backup: Schritte der betrieblichen Vorplanung (Vorstudie RMV)

