

Autonome Shuttles

Datenbasis für intelligente On-Demand-Mobilität

Praxiseinblicke aus ABSOLUT I & II und SIAS-ÖV

02.06.2026

Ruslan Hrushchak

BitCtrl Systems GmbH



Wer fährt hier eigentlich?



Der unsichtbare Fahrer ist Software – und Software braucht Daten

- Ein autonomes Shuttle ist im Kern ein rollendes, verteiltes IT-System.
- Die eigentliche Leistung steckt nicht im Blech, sondern im Datenfluss.
- Leitfrage des Vortrags: Welche Daten braucht ein Shuttle, um sicher und On-Demand zu fahren – und wie organisiert man diesen Datenfluss?

Warum autonome Shuttles?

Die Lücke im ÖPNV schließen

- **Fahrpersonalmangel** ist heute einer der größten Engpässe im ÖPNV.
- **Die „letzte Meile“** und Stadtrandgebiete sind mit klassischem Linienverkehr unwirtschaftlich zu bedienen.
- **On-Demand statt starrer Fahrplan:** Das Shuttle kommt, wenn es gebraucht wird – als flexible Ergänzung zur Tram/Bus-Hauptachse.
- *Zitat (sinngemäß): „Mobilitätswende heißt nicht, den Stau elektrisch zu machen – sondern bessere Verbundsysteme zu schaffen, damit die Verkehrsdichte abnimmt.“*

Unsere Basis: ABSOLUT I, ABSOLUT II und SIAS-ÖV

Goal: Integrate autonomous vehicles into the Public Transportation

ABSOLUTI, BMW	2019-2022	13 partners	15 Mil. €
ABSOLUTII, BMW	2023-2026	12 partners	12 Mil. €
SIAS-ÖV, EFRE	2026-2028	9 partners	13 Mil. €



Infotainment

Software for Remote
Supervisor

On-board
computer

Data exchange & integration
platform

01

DIE DATENANFORDERUNGEN

Welche Daten braucht ein Shuttle?

- Telemetrie- & Zustandsdaten

„Wie geht es dem Fahrzeug?“ Position, Geschwindigkeit, Fahrtrichtung, Batteriestand, Türstatus, Betriebsmodus, Sicherheitszustand (Not-Halt, Feldverletzung).

- Umfeld- & Wahrnehmungsdaten

„Was sieht das Fahrzeug?“ Erkannte Objekte mit Position, Klasse (Fußgänger, Fahrzeug), Bewegungsvektor und prädizierter Trajektorie; dazu Videoströme der Bordkameras.

- Auftrags- & Dispositionsdaten

„Was soll das Fahrzeug tun?“ Fahraufträge, Routen (Knoten/Kanten), Missionen, Fahrgast-Buchungen, Halte- und Bedarfslisten, Manöverfreigaben.

- Karten- & Infrastrukturdaten

„In welcher Welt bewegt es sich?“ Hochauflösende Karten (HD-Map, OpenDRIVE), Ampelphasen (SPaT), Gefahrenmeldungen (DENM), Knoten-Topologie.

SO SIEHT TELEMETRIE AUS: Eine reale Zustandsnachricht aus dem Shuttle

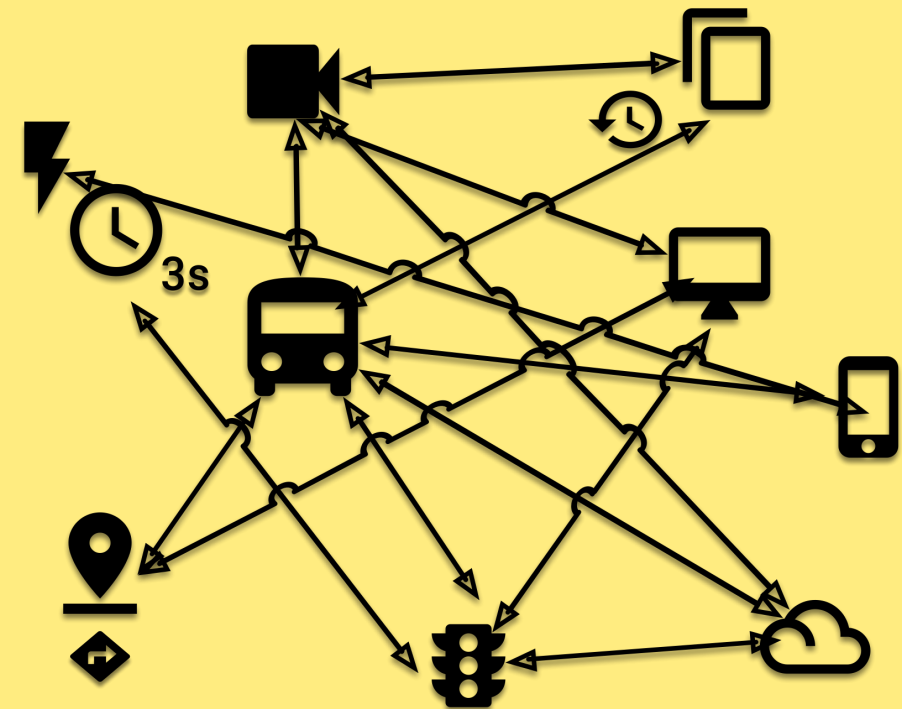
```
absolut2/v1/vehicle/e_crafter/state  
  
{  
  ...  
  "timestamp": "2026-06-15T08:41:53Z",  
  "serialNumber": "e_crafter",  
  "operatingMode": "AUTOMATIC",  
  "driving": false,  
  "velocity": { "vx": 1.0, "vy": 3.0 },  
  "agvPosition": {  
    "x": 19082.16, "y": 97142.77,  
    "theta": 1.363, "mapId": "33UUS" },  
  "doorStates": [ { "doorStatus": "CLOSED" } ],  
  "batteryState": { "batteryCharge": 80.0 },  
  "safetyState": { "eStop": "NONE",  
    "fieldViolation": false }  
  ...  
}
```

- **operatingMode = AUTOMATIC** → das Fahrzeug fährt autonom (weitere Modi: MANUAL, MINRISKSTATE ...).
- **agvPosition** → Position als x/y im Kartenkoordinatensystem (hier MGRS-Kachel „33UUS“), plus Ausrichtung theta in Radiant.
- **safetyState** → der sicherheitskritische Kern: kein Not-Halt, keine Schutzfeldverletzung.

02

DIE ARCHITEKTUR Viele Systeme, eine Sprache

- **Viele Teilnehmer, viele Hersteller:** Fahrzeug, Leitstelle, Technische Aufsicht, Prüfbehörde, On-Demand-Plattform, Ampeln, Kartendienst – oft von unterschiedlichen Anbietern (multi-vendor).
- **Unterschiedliche Kritikalität:** Ein Not-Halt darf Millisekunden brauchen; eine Batteriestatistik darf Sekunden brauchen.
- **Instabile Funkverbindung:** Das Fahrzeug ist mobil – Verbindungsabbrüche sind die Regel, nicht die Ausnahme.
- **Sicherheits- und Vertrauensdomänen:** Ein „untrusted“ Fahrzeug darf nicht direkt in kritische Backend-Systeme schreiben.
- **Die Gefahr:** Ohne Standard endet jede neue Verbindung in einer teuren Sonderentwicklung – und im Vendor-Lock-in.

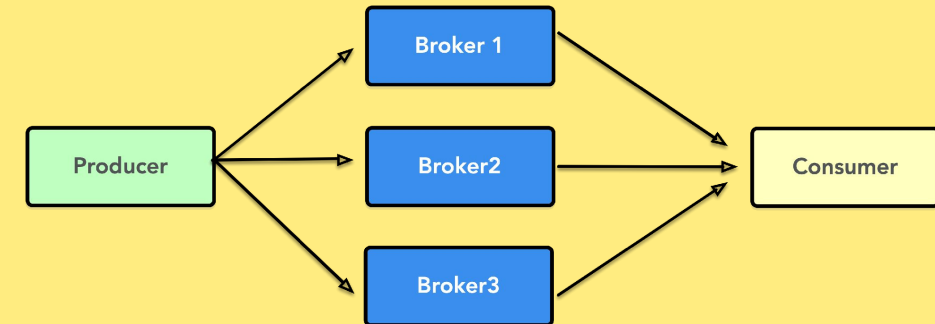


02

DIE ARCHITEKTUR: Eine Lösung

Der „Data Bus“ als Nervensystem

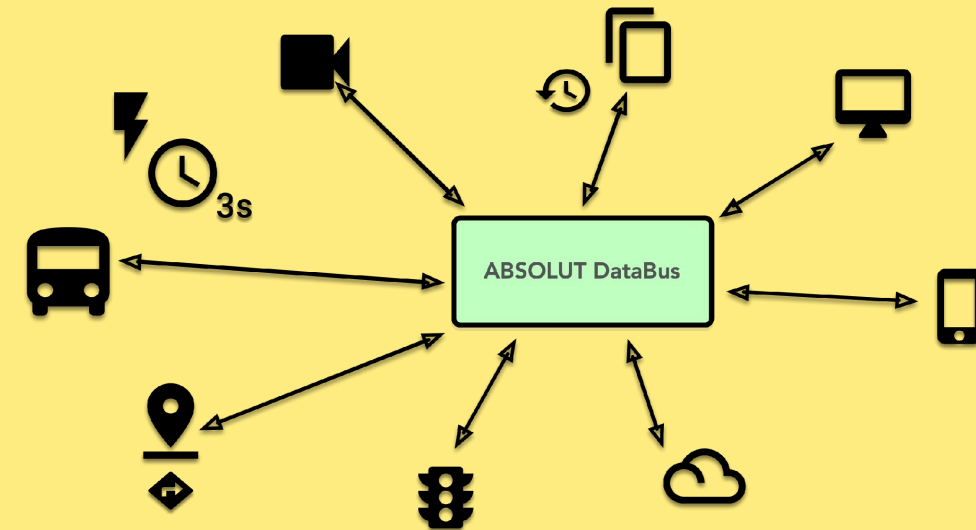
- **Das Prinzip – Entkopplung durch Publish/Subscribe:**
- Jeder Teilnehmer schreibt (publish) und liest (subscribe) nur am Bus – **nie direkt zueinander.**
- **Der Sender muss den Empfänger nicht kennen:** Neue Konsumenten kommen dazu, ohne dass das Fahrzeug etwas ändert.
- **Verträge statt Code:** Die Schnittstelle ist durch Topic + Schema definiert (Data Contract) – die Teams entwickeln unabhängig.



02

DIE ARCHITEKTUR: Eine Lösung Der „Data Bus“ als Nervensystem

- **Zwei Bausteine, eine Idee (State of the Art):**
- **MQTT (ISO/IEC 20922)** – am Fahrzeug-Rand: extrem leichtgewichtig, für instabile Funknetze gebaut, Latenz im Millisekundenbereich, mit abgestuften Zustellgarantien (QoS).
- **Apache Kafka** – im Backend: hoher Durchsatz, dauerhafte Speicherung aller Ereignisse (Event-Log), asynchrone Weiterverarbeitung durch beliebig viele Services.
- *MQTT und Data Bus sind Partner: MQTT bringt die Daten robust herein, Data Bus verteilt und speichert sie skalierbar.*

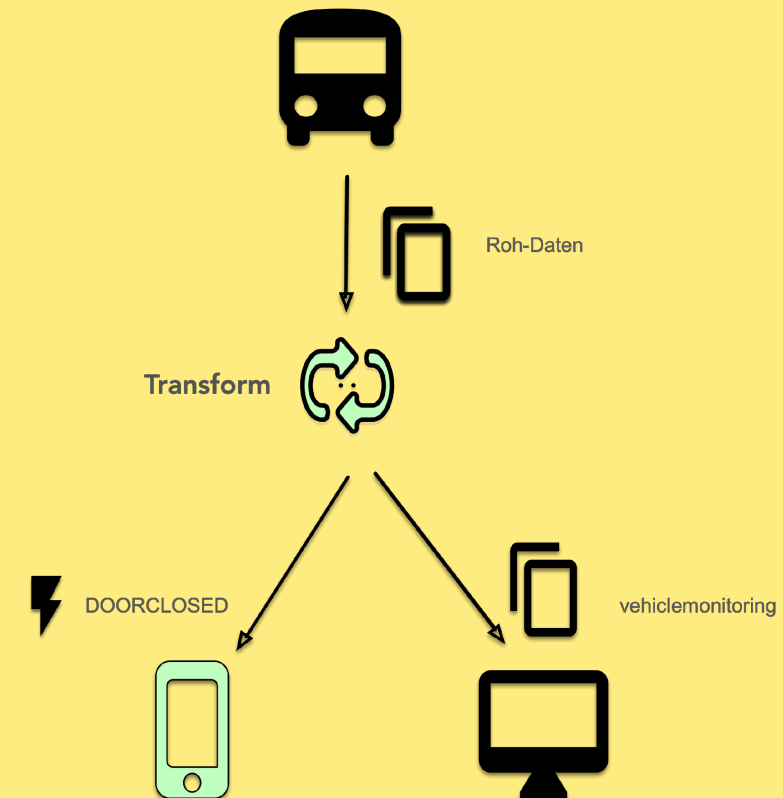


02

DIE ARCHITEKTUR: DATENVEREDELUNG

Vom Rohdatenstrom zur passgenauen Information

- **Nicht jeder Konsument braucht alles – der Bus veredelt die Daten:**
 - Transformation & Reduktion: Aus der vollständigen Zustandsnachricht wird ein schlankes Profil mit genau den Feldern, die ein Abnehmer braucht (z. B. Position, Modus, Batterie für die Leitstelle).
 - Event-Erkennung: Der Bus erkennt Zustandsänderungen und löst kompakte Ereignis-Nachrichten aus – z. B. „Tür geschlossen“ statt kontinuierlichem Türstatus.
 - Format-Übersetzung: Interne JSON-Telemetrie wird bei Bedarf in das ÖPNV-Standardformat (XML) für die Leitstelle übersetzt – dazu gleich mehr.
 - Werkzeuge: Stream-Processing (z. B. Kafka Streams) und konfigurierbare Konnektoren – kein manueller Code pro Schnittstelle.



03

INTEROPERABILITÄT

Standards als Brücke: VDA trifft VDV/SIRI

- **Autonome Shuttles leben zwischen zwei Standard-Welten:**
 - VDA 5050 – der Interoperabilitätsstandard aus der Fahrzeugautomatisierung (ursprünglich für fahrerlose Transportfahrzeuge in der Logistik). Definiert herstellerneutral, wie eine Leitsteuerung mit einem Fahrzeug spricht: Aufträge (order), Zustand (state), Sofortaktionen (instantActions). Läuft über MQTT/JSON. Aktuelle Version 2.1.0 (Januar 2025).
 - VDV 452/453/454 & SIRI – die etablierten ÖPNV-Standards für Fahrplan- und Echtzeitdaten. SIRI ist die europäische Norm (CEN/TS 15531), VDV 453/454 die in Deutschland verbreitete Ausprägung. Damit spricht jede ÖPNV-Leitstelle (ITCS). Läuft über XML.
 - Die Brücke: Der Data Bus übersetzt zwischen beiden Welten – das fahrzeugnahe VDA-5050-Format wird in das leitstellentaugliche VDV/SIRI-Format überführt.

SO SIEHT INTEROPERABILITÄT AUS:

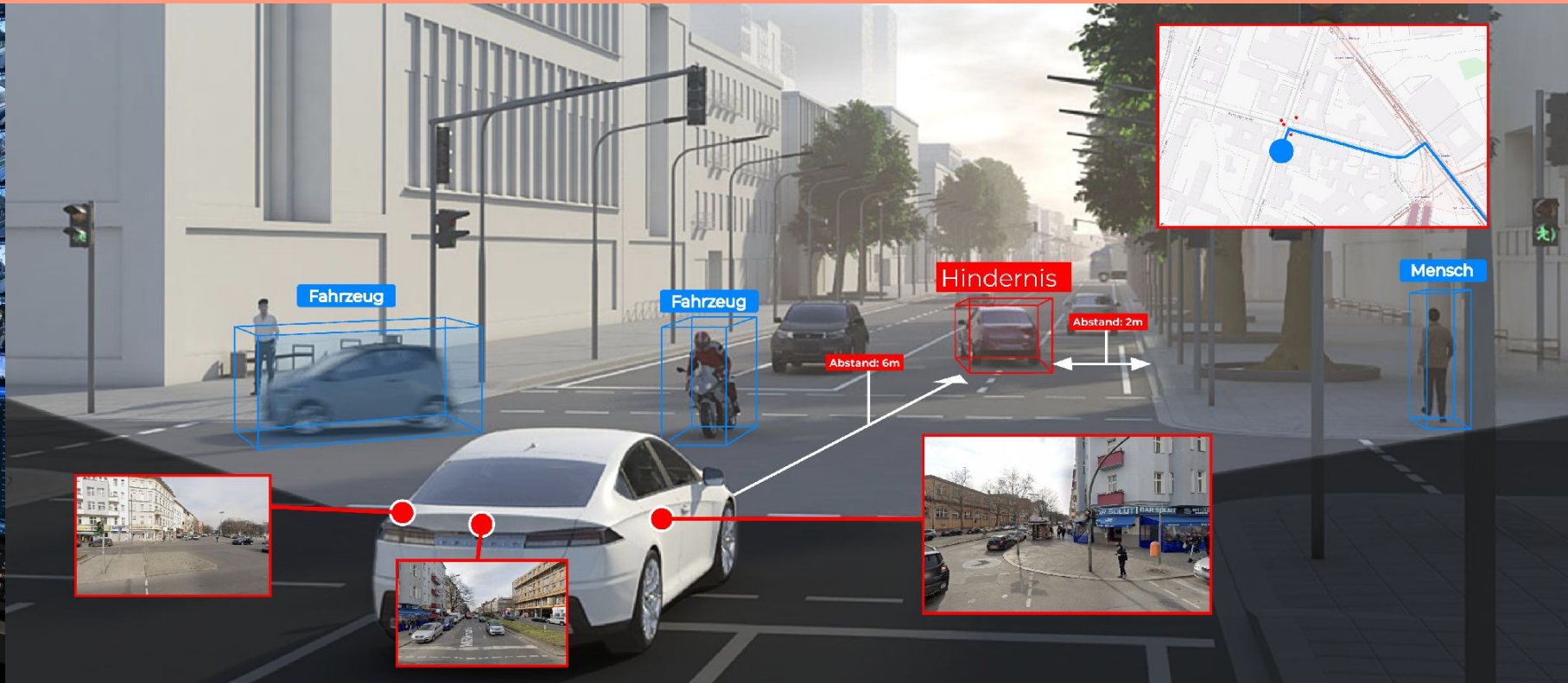
Konkretes Beispiel aus unserem System:

state (VDA 5050, JSON) → GnssPhysicalPositionData (VDV 435 / IOM, XML)

- Die x/y-Position auf der MGRS-Kachel wird in WGS84-Längen-/Breitengrade umgerechnet.
- Die Ausrichtung theta (Radiant, $-\pi \dots \pi$) wird in Kompass-Grad (0–360°, 90° = Ost) übersetzt.
- Aus den Geschwindigkeitskomponenten vx/vy wird ein Geschwindigkeitsbetrag in m/s berechnet.

4

SICHERHEIT & AUFSICHT Der Mensch als Rückfallebene: Daten für die Technische Aufsicht



04

SICHERHEIT & AUFSICHT

Daten für die Technische Aufsicht



- **Was die Technische Aufsicht ist – und welche Daten sie braucht:**
 - Gesetzliche Pflicht: Level-4-Betrieb in Deutschland erfordert eine Technische Aufsicht als menschliche Rückfallebene (StVG / AFGVB).
 - Keine Fernsteuerung, sondern Freigabe: Die Aufsicht fährt das Fahrzeug nicht fern – sie überwacht, analysiert Störungen und gibt Manöver frei.
 - Datenbedarf (Situationsbewusstsein): aufbereitetes Umfeldmodell (Objekte + Trajektorien), Live-Video der Bordkameras, Fahrzeugzustand, Position auf HD-Karte, Ampel-/Infrastrukturdaten.
 - Minimal-Risk-Manöver (MRM): Kann das Fahrzeug eine Situation nicht lösen, geht es selbsttätig in einen sicheren Zustand (z. B. kontrolliertes Anhalten). Die Aufsicht hilft dann, ihn wieder zu verlassen.
- **Die Befehlsseite – wie Freigaben technisch laufen (instantActions):**
 - *Manöर्वorschlag* → *Freigabe/Ablehnung* → *Auftrag* – als definierte Nachrichten mit eindeutigen IDs, inklusive abgesichertem Not-Halt (setEmergency) und dessen Aufhebung.

05

ON-DEMAND-DATENFLUSS

Vom App-Tap zur Fahrt

- **Was On-Demand von Linienverkehr unterscheidet – datenseitig:**
 - Buchung: Fahrgast sendet Start/Ziel per App. Es entsteht eine Nachfrage (demand) mit Ein- und Ausstiegspunkt.
 - Pooling & Disposition: Die On-Demand-Plattform bündelt Nachfragen zu einer Mission und plant die Route dynamisch – nicht nach starrem Fahrplan.
 - Auftrag ans Fahrzeug: Die Route wird als Auftrag (order) mit Knoten und Kanten an das Shuttle übergeben.
 - Fahrt: Das Shuttle meldet kontinuierlich Position und Status; die Plattform und der Fahrgast sehen das Fahrzeug live.
 - Boarding: Tür-Events bestätigen Ein- und Ausstieg und schließen den Vorgang ab.
- **Der entscheidende Punkt:** On-Demand erfordert einen bidirektionalen, ereignisgetriebenen Datenfluss in Echtzeit.

06

SICHERHEIT & COMPLIANCE

- **Sicherheit ist kein Add-on, sondern Architekturprinzip:**
 - Transport-Sicherheit: Verschlüsselte Verbindungen (TLS 1.3) für jeden Datenpfad – auch und gerade über Funk.
 - Identität & Zugriff: Authentisierung über OAuth 2.0 / OpenID Connect mit gegenseitiger Zertifikatsprüfung (mTLS); Rechte feingranular auf Topic-Ebene.
 - Automotive-Normen: Cybersecurity-Engineering nach ISO/SAE 21434, UNECE R155/R156, sichere Software-Updates (OTA) nach ISO 24089.
 - Datenschutz by Design: Insbesondere bei Videodaten im Fahrgastraum – Zweckbindung, Speicherfristen, Verschlüsselung, gemäß DSGVO/EDPB-Leitlinien.
 - Resilienz & Beobachtbarkeit: Definierte QoS-Budgets und Ausfallreaktionen für die kritische Fahrzeug-Funkverbindung; durchgängiges Monitoring (OpenTelemetry, Prometheus).

Aus der Praxis: Drei Lektionen, die wir gelernt haben

1. **Der Standard ist nur die halbe Miete:**

VDA 5050 ist für die Logistikhalle gedacht. Für den offenen ÖPNV mussten wir ihn anpassen (z. B. Türen, Fahrgast-Requests) und mit der ÖPNV-Welt verbinden.

2. **Daten reduzieren ist wertvoller als Daten sammeln:**

Der Engpass ist selten der Speicher, sondern die Funkbandbreite und die Aufmerksamkeit der Aufsicht. Die richtige Reduktion/Event-Bildung ist Gold wert.

3. **Offenheit schlägt Insellösung:**

Eine herstellernerneutrale Plattform erlaubt Mischflotten und gibt Verkehrsbetrieben die Wahl der Wertschöpfungstiefe – das ist überlebenswichtig für die Branche.

KONTAKT

BitCtrl Systems GmbH

Weißenfeller Straße 67
04229 Leipzig
Deutschland

<https://www.bitctrl.de>



Ruslan Hrushchak

Geschäftsführer
Tel: +49 341 4906718
Mail: ruslan.hrushchak@bitctrl.de



Über BitCtrl Systems

Unsere Mission:

Wir digitalisieren den öffentlichen Nahverkehr, automatisieren Industrie und Verkehr mit sicheren, stabilen und passgenauen Produkten und Technologien – effizient und zukunftsweisend.

35 years Erfahrung im öffentlichen Verkehr, in Telematik & Industrieautomation

35 Mitarbeitende

500+ Kunden

750+ Projekte weltweit

3,5 Mio Umsatz 2024/25

11 F&E/ € 3,3 M Förderung in 11 Jahren

