



## Smarter ÖPNV dank Künstlicher Intelligenz



## Projektpartner



- Energieversorger für Strom, Erdgas und Fernwärme sowie Lieferant für Trinkwasser in Gießen und der Region Mittelhessen
- Im Konzernverbund darüber hinaus Betreiber der Gießener Bäder und Konzessionsinhaber für den ÖPNV in der Stadt Gießen und der Gemeinde Wettenberg
- ÖPNV wird von der Tochtergesellschaft MIT.BUS GmbH bedient



- Management- und Strategieberatung mit Schwerpunkt auf Digitalisierung, Data Analytics und Data Science
- Partner der SWG seit 2017 in unterschiedlichen Projekten zu Unternehmensstrategie und Datenanalyse
- Interne Entwicklung einer cloudbasierten, skalierbaren Plattform zur Digitalisierung und Optimierung von kundenspezifischen Unternehmensprozessen und Datenanalyse

## Projektportrait

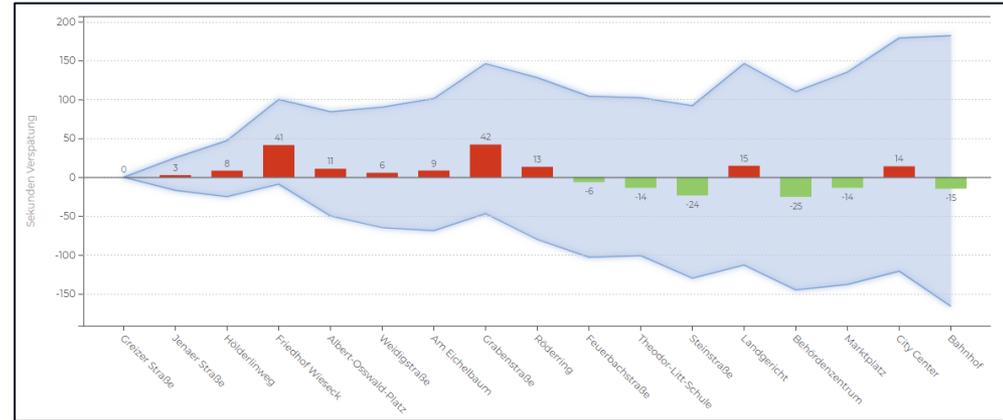


- Entstanden in 2019 aus einem Pilotprojekt der SWG und Brodtmann Consulting zur Datenanalyse im Nahverkehr
- Aufbereitung, Analyse und Visualisierung von Nahverkehrsdaten (typischerweise täglicher Import der Daten des Vortages)
- Prognosen auf Basis statistischer Methoden und (zukünftig) künstlicher Intelligenz
- Arbeitet mit den Daten, die verfügbar sind, annähernd keine weiteren Voraussetzungen
- Cloudbasiert, skalierbar, schnell und mit minimalem Aufwand aufzusetzen
- Anbindung an unterschiedlichste Hersteller von Fahrzeugsystemen und Steuerungssystemen

# Beispielanalysen und Anwendungsfälle

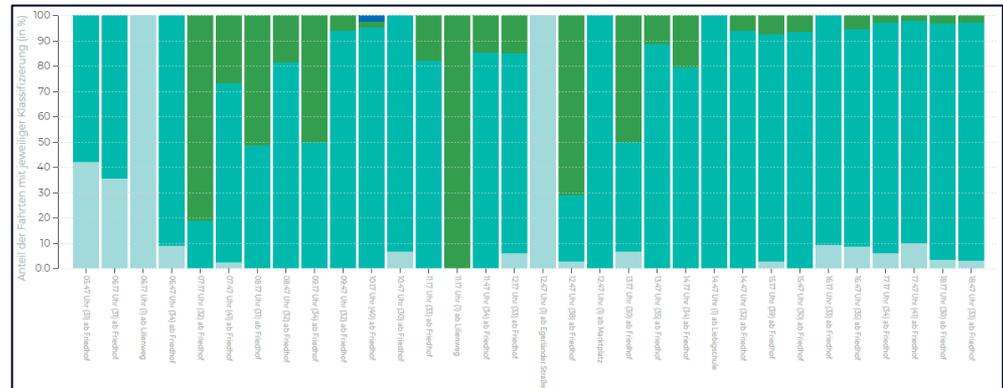
## Fahrzeitprofile

Über die Analyse der Fahrzeiten und Verspätungen lassen sich vielfältige Optimierungsmöglichkeiten realisieren, die oftmals ohne Aufwand für mehr Pünktlichkeit und einen realitätsnäheren Fahrplan sorgen.



## Auslastung und Kapazität

Sollten in einigen oder allen Fahrzeugen Personenzählsysteme integriert sein, kann die Auslastung der Fahrzeuge präzise analysiert werden. So werden Möglichkeiten geschaffen, den Fahrzeugeinsatz genau auf den Bedarf abzustimmen.



# Beispielanalysen und Anwendungsfälle

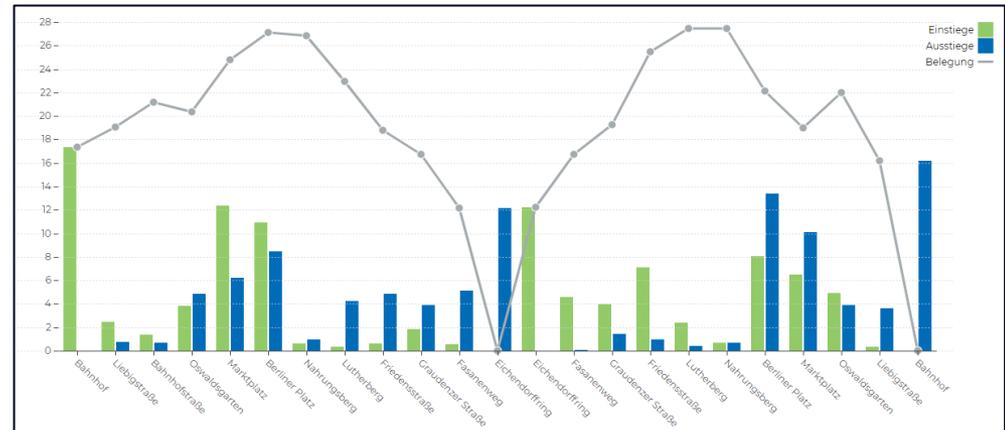
## Passagierzahlen und Fahrtaktung

Visualisierung des Passagieraufkommens in einer Heatmap; Aufschlüsselung stundenweise pro Tag, inklusive Detailanalysen und normierten Auswertung unter Berücksichtigung der Taktfrequenz



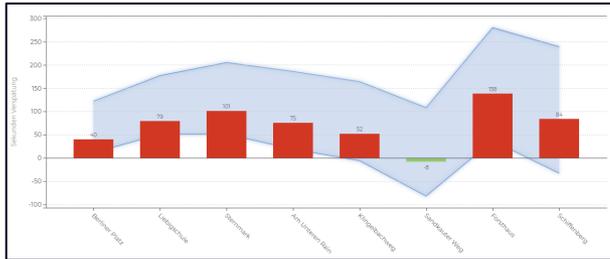
## Haltestellennutzung / Ein- und Ausstiege

Darstellung von Ein- und Ausstiegen im gesamten Fahrtverlauf einer Linie (Hin- und Rückrichtung) sowie der durchschnittlichen Belegung; Möglichkeit zur Detailanalyse des Passagieraufkommens an einzelnen Haltestellen



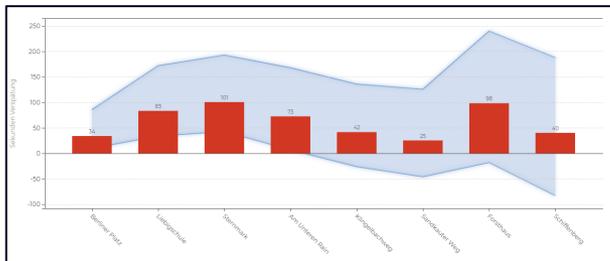
# Beispielanalysen und Anwendungsfälle

## Anpassung Fahrtzeitprofil



### Ausgangssituation 2019

- Verfrühung an der Haltestelle „Sandkauter Weg“ (6) selbst bei späterer Abfahrt an der Starthaltestelle
- Insgesamt bis zu 2.5 Minuten Verspätung im Schnitt
- Erkenntnis: Fahrtzeit zwischen Stopp (5) und (6) zu lang bemessen, dafür zu wenig Fahrzeit zwischen Stopp (6) und (7) eingeplant
- Lösung: Fahrtzeit (5) bis (6) um 1 Minute kürzen, diese Minute zwischen (6) und (7) hinzugeben

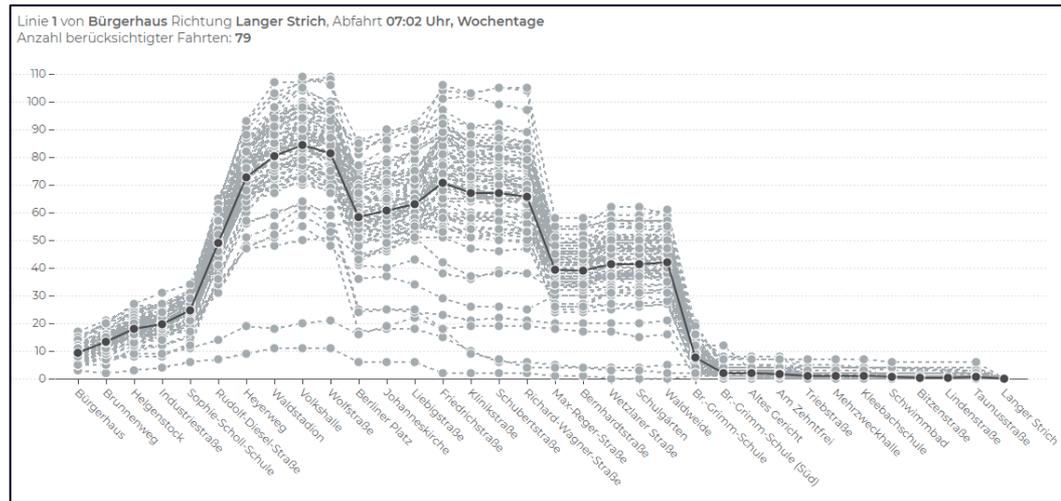


### Situation 2020

- Maximale Verspätung reduziert auf 1.5 Minuten
- Keine Verfrühung mehr an Stopp (6), geringere Verspätung an Stopp (7)
- Deutlich gleichmäßigeres Fahrtzeitprofil
- Ergebnis: Kostenneutrale Anpassung ohne Verlängerung des Fahrzeitprofils, bessere Passung zum Sollfahrplan, Mehrwert für Endkunden

# Beispielanalysen und Anwendungsfälle

## Einsatz von Verstärkerfahrten

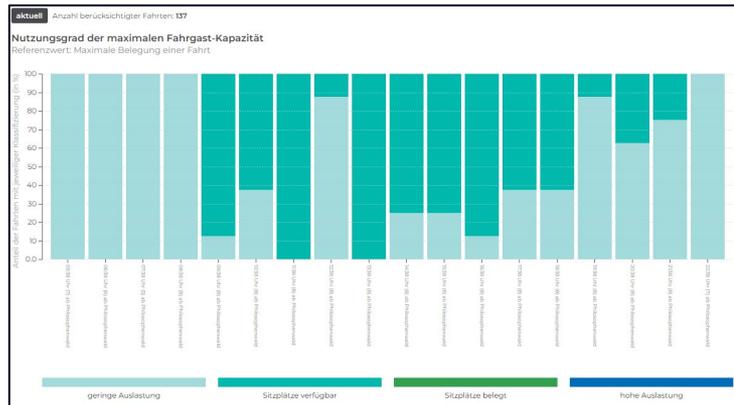


## Fahrplanjahr 2021

- Im Rahmen der Pandemiebekämpfung wurde der ÖPNV in Gießen angehalten, den Schulverkehr zu verstärken, um hohe Auslastungen in den Fahrzeugen zu Stoßzeiten zu vermeiden
- Problemstellung: Welche Linien und welche Streckenabschnitte müssen tatsächlich verstärkt werden?
- Analyse der Fahrgastzahlen ergab, dass eine Verstärkung nur auf 40% der Strecke („Sophie-Scholl-Schule“ bis „Max-Regner-Straße“) vorgenommen werden muss, um den in Gießen avisierten Zielwert von 50 oder weniger Personen im Fahrzeug (Gelenkwagen) zu erreichen
- Durch den gezielten Einsatz konnten mehrere Verstärkerfahrten mit demselben Fahrzeug durchgeführt werden, was zu einer deutlichen Kosteneinsparung führte

# Beispielanalysen und Anwendungsfälle

## Einsatz von Verstärkerfahrten



## Fahrplanjahr 2019

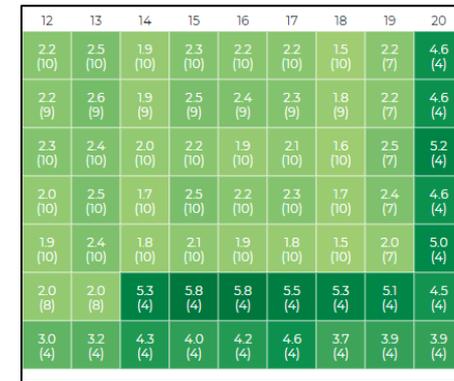
- Ansicht: Linie 7, Richtung „Ev. Krankenhaus“, Sonntage, gesamtes Fahrplanjahr 2019
- Erkenntnis: Zu den frühen Abfahrtszeiten zwischen 05:38 Uhr und 08:38 Uhr sind nie mehr als 8 Personen gleichzeitig im Fahrzeug gewesen (Klasse „geringe Auslastung“)

## Anpassung in 2020

- Frühe Fahrten werden jetzt durch ein Subunternehmen mit Kleinbussen durchgeführt (nach Fahrplan, kein Anforderungsverkehr)
- Ergebnis: Weniger CO<sub>2</sub>-Ausstoß, weniger Lärmbelastung, wirtschaftlicherer Einsatz von Ressourcen (Einsparung ca. 20.000 Euro / Jahr)

# Beispielanalysen und Anwendungsfälle

## Einsatz von Verstärkerfahrten



## Fahrplanjahr 2019

- Erkenntnis: Ungewöhnlich hohe Fahrgastzahlen am Samstag ab 14:00 Uhr, nicht erklärbar durch Berufsverkehr, Schülerverkehr oder Universitätsverkehr
- Darstellung rechts zeigt:
  - Höhere Belegung korreliert mit der Veränderung des Takts von „alle 15 Minuten“ auf „alle 30 Minuten“
  - Sehr geringe Auslastung vor 09:00 Uhr, dennoch ¼-Stunden Takt
- Ergebnis: Kostenneutrale Anpassung des Takts auf ½-stündlich vor 09:00 Uhr, dafür höhere Taktung nach 14:00 Uhr, deutlich bessere Passung zum Bedarf in 2020

## Projektportrait



- Gemeinsames mFUND Förderprojekt der SWG und Brodtmann Consulting
- Empfang von Echtzeitdaten aller Fahrzeuge der MIT.BUS via SIRI-VM Schnittstelle
- Prognose von Fahrgastzahlen und Verspätung in Echtzeit auf Basis neuronaler Netze und Machine Learning
- Weitere Datenquellen: Historische Daten, Wetter, Soziale Medien, Infrastruktur, demographische Daten, Schul- und Ferienzeiten
- Bereitstellung der Daten via HRX Echtzeitschnittstelle den RMV als assoziierten Partner
- Darstellung der Daten in der RMV App und RMV LiveMap

## Projektidee und Projektziele

- Formulierung weitere Ideen:
  - „Wie können die Kunden des ÖPNV von den Daten und Analysen profitieren?“
  - „Lässt sich durch den Einsatz komplexerer Methoden wie künstlicher Intelligenz noch mehr Nutzen erzeugen und so den Nahverkehr attraktiver machen?“
  - „Inwieweit können Echtzeitdaten zusätzliche Erkenntnisse bringen?“
- Start des Projektes „NV-ProVi“ im März 2020 im Rahmen des mFUND Modernitätsfonds



Ausbau der AFZS-Hardware in den Fahrzeugen der MIT.BUS und Aufrüstung der MIT.BUS Systeme zur Übertragung von Echtzeitdaten



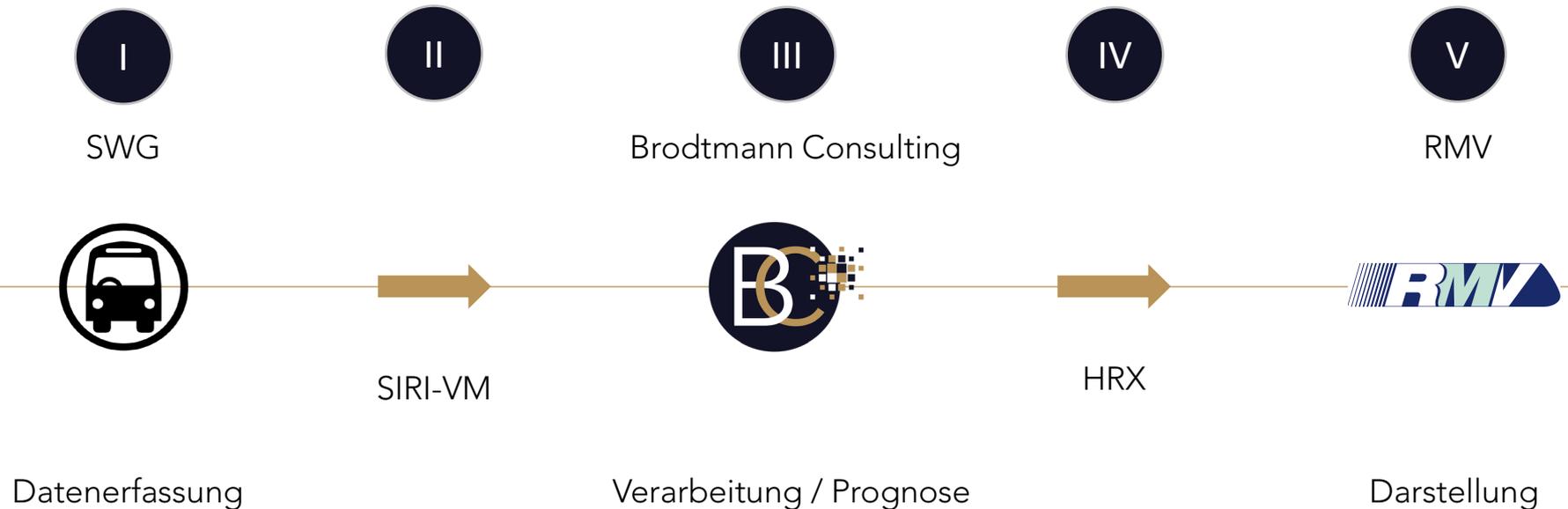
Bereitstellung der Echtzeitdaten für ÖPNV-Endkunden über die Livemap und Verbindungsauskunft des RMV



Entwicklung einer KI-basierten Prognose für die Belegung der Fahrzeuge auf Basis von Echtzeit- und historischen Daten

## Übergreifender Prozess

- Installation einer Schnittstelle (SIRI-VM), über die der Echtzeitdatenstrom bereitgestellt wird
- Planung und Implementierung des Analysesystems, welches später Prognosen erstellen und die Daten an den RMV weiterleiten soll
- Implementierung einer Schnittstelle (HAFAS HRX) zum RMV



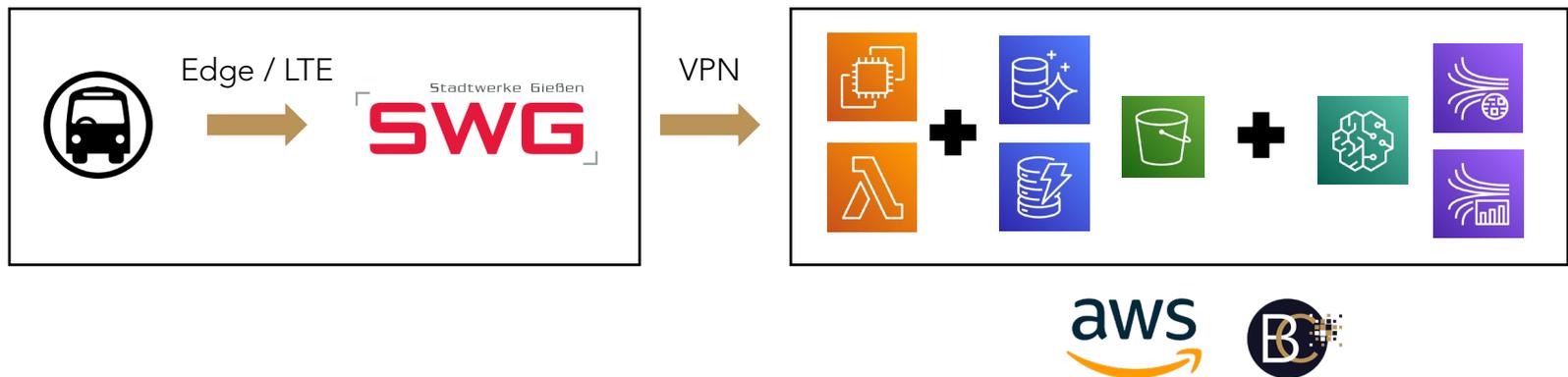


## Datenerfassung und Bereitstellung über SIRI-VM



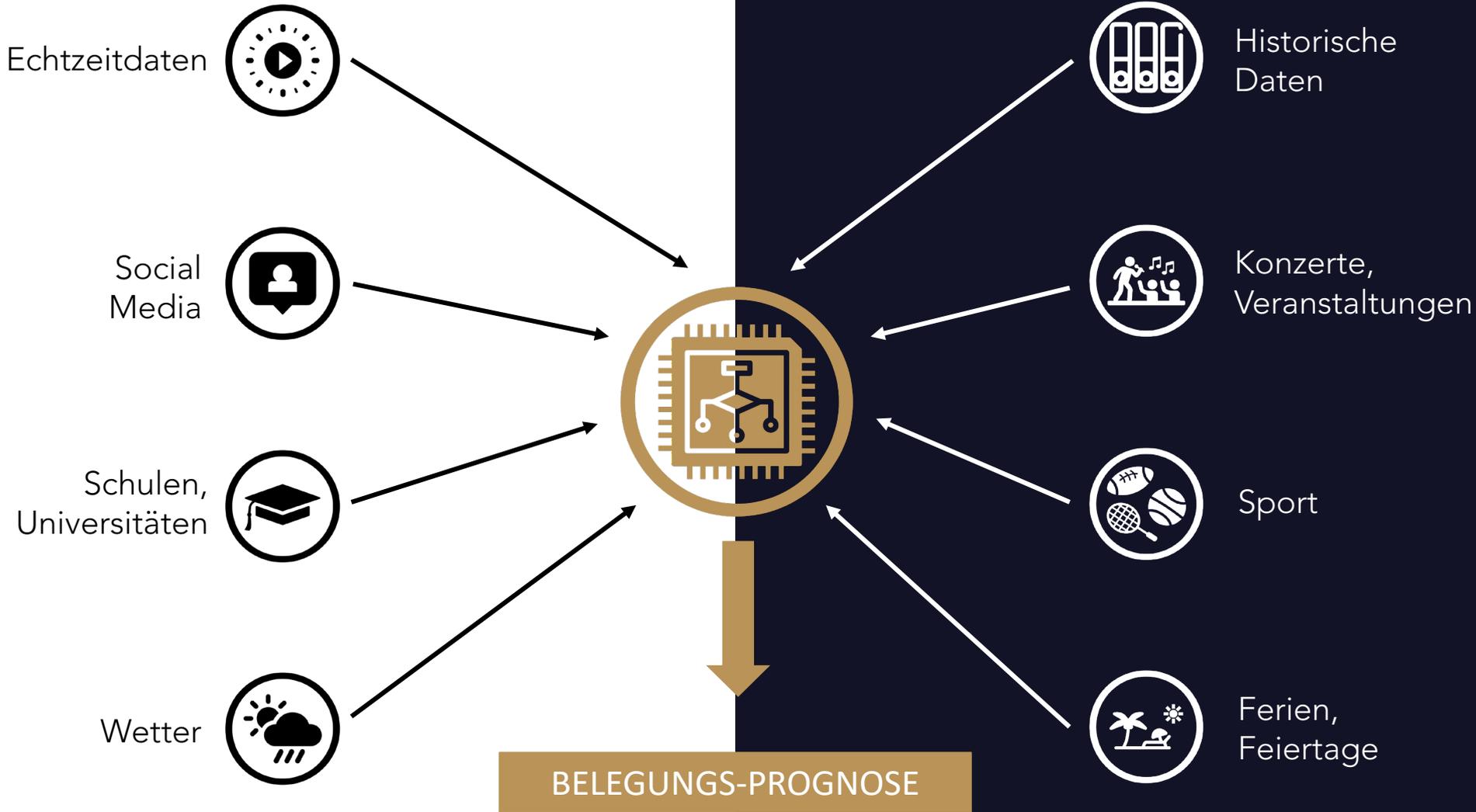
- Alle Fahrzeuge der MIT.BUS verfügen über Fahrzeugdrucker, die Daten in Echtzeit senden können
- Ca. 40% (Stand 2022) der Fahrzeuge verfügen über ein AFZS (IRMA MATRIX oder IRMA 6)
- Daten werden spätestens alle 10 Sekunden über das Mobilnetz an einen zentralen SWG-Server gesendet
- Erste Aufbereitung der Daten intern bei den SWG
- Bereitstellung über VPN-Tunnel im SIRI-VM Format mit Erweiterung zur Übertragung von Belegungsdaten

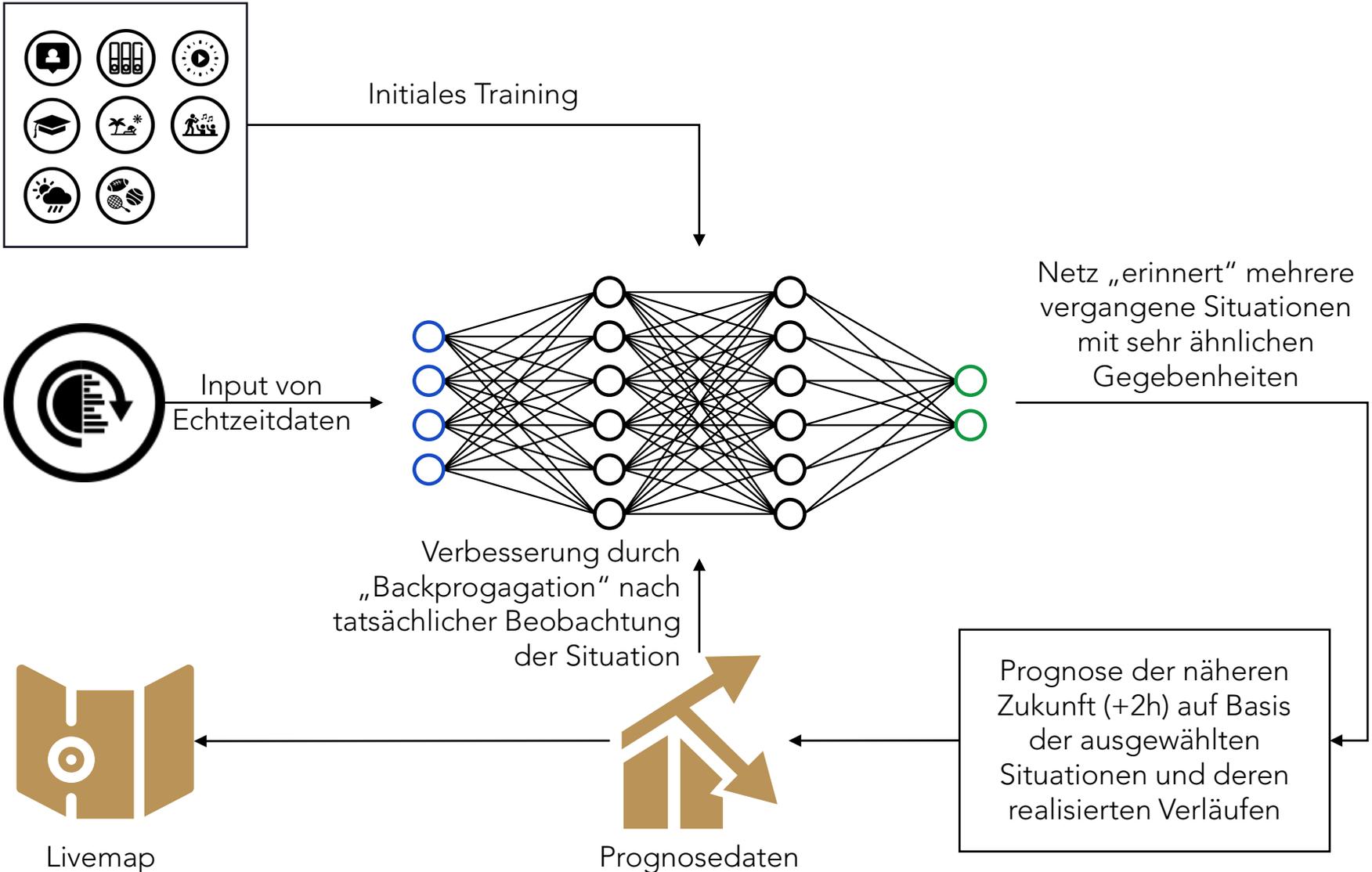
```
<VehicleActivity>
  <RecordedAtTime>2020-10-08T13:17:37.623+02:00</RecordedAtTime>
  <ItemIdentifier>35_VM1</ItemIdentifier>
  <ValidUntilTime>2020-10-08T13:27:37.623+02:00</ValidUntilTime>
  <MonitoredVehicleJourney>
    <VehicleFeatureRef>LowFloor</VehicleFeatureRef>
    <HeadwayService>>false</HeadwayService>
    <Monitored>>false</Monitored>
    <MonitoringError>LOCATION_UNDEFINED</MonitoringError>
    <InCongestion>>false</InCongestion>
    <InPanic>>false</InPanic>
    <VehicleLocation srsName="real">
      <Longitude>0.000000</Longitude>
      <Latitude>0.000000</Latitude>
    </VehicleLocation>
    <VehicleRef>35</VehicleRef>
  </MonitoredVehicleJourney>
  <Extensions>
    <init-o:OccupancyData xmlns:init-o="http://www.init-ka.de/occupancy">
      <init-o:OccupancyPercentage>0</init-o:OccupancyPercentage>
      <init-o:PassengersNumber>0</init-o:PassengersNumber>
      <init-o:VehicleCapacity>97</init-o:VehicleCapacity>
      <init-o:VehicleSeatsNumber>31</init-o:VehicleSeatsNumber>
    </init-o:OccupancyData>
  </Extensions>
</VehicleActivity>
```



III

# Prognosealgorithmus



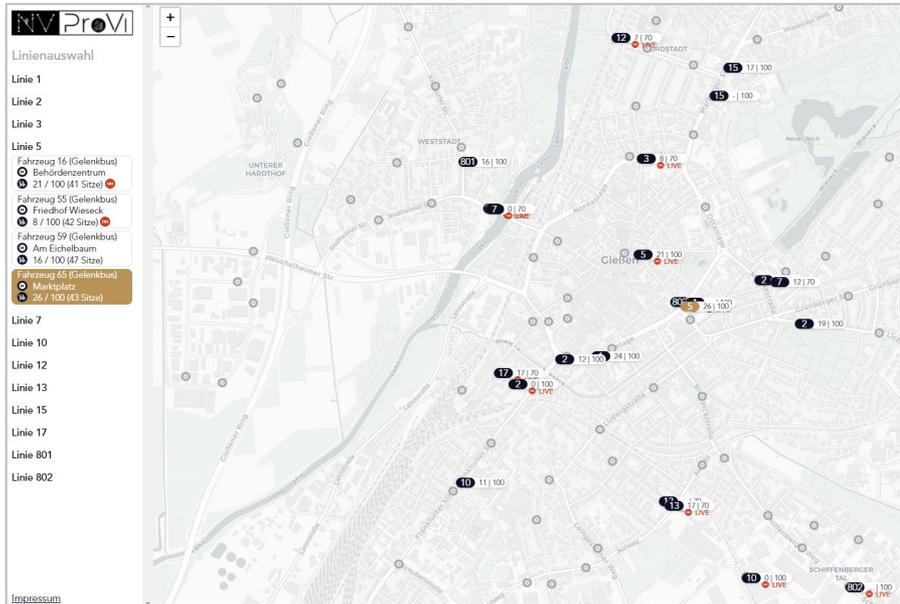




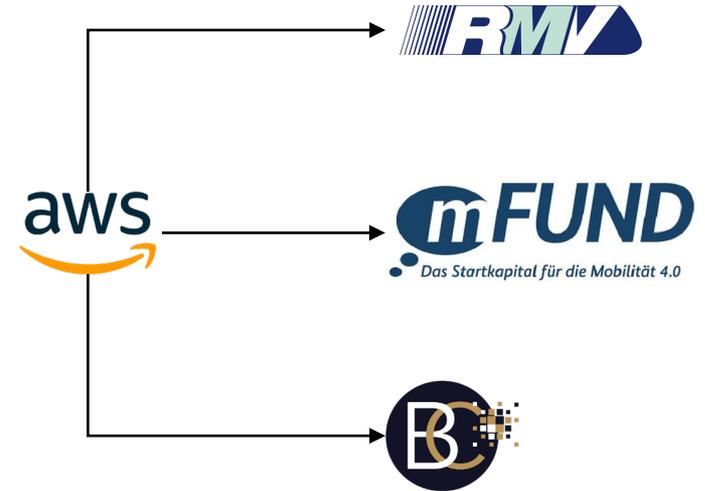
# HAFAS Schnittstelle und Livemap



- Aufbereitung der Daten in AWS EC2 und AWS Lambda auf das HAFAS HRX Format (XML)
- Bereitstellung über AWS Kinesis an beliebig viele Konsumenten möglich
- Darstellung aktuell auf RMV-Beta und NV-ProVi Beta Livemap



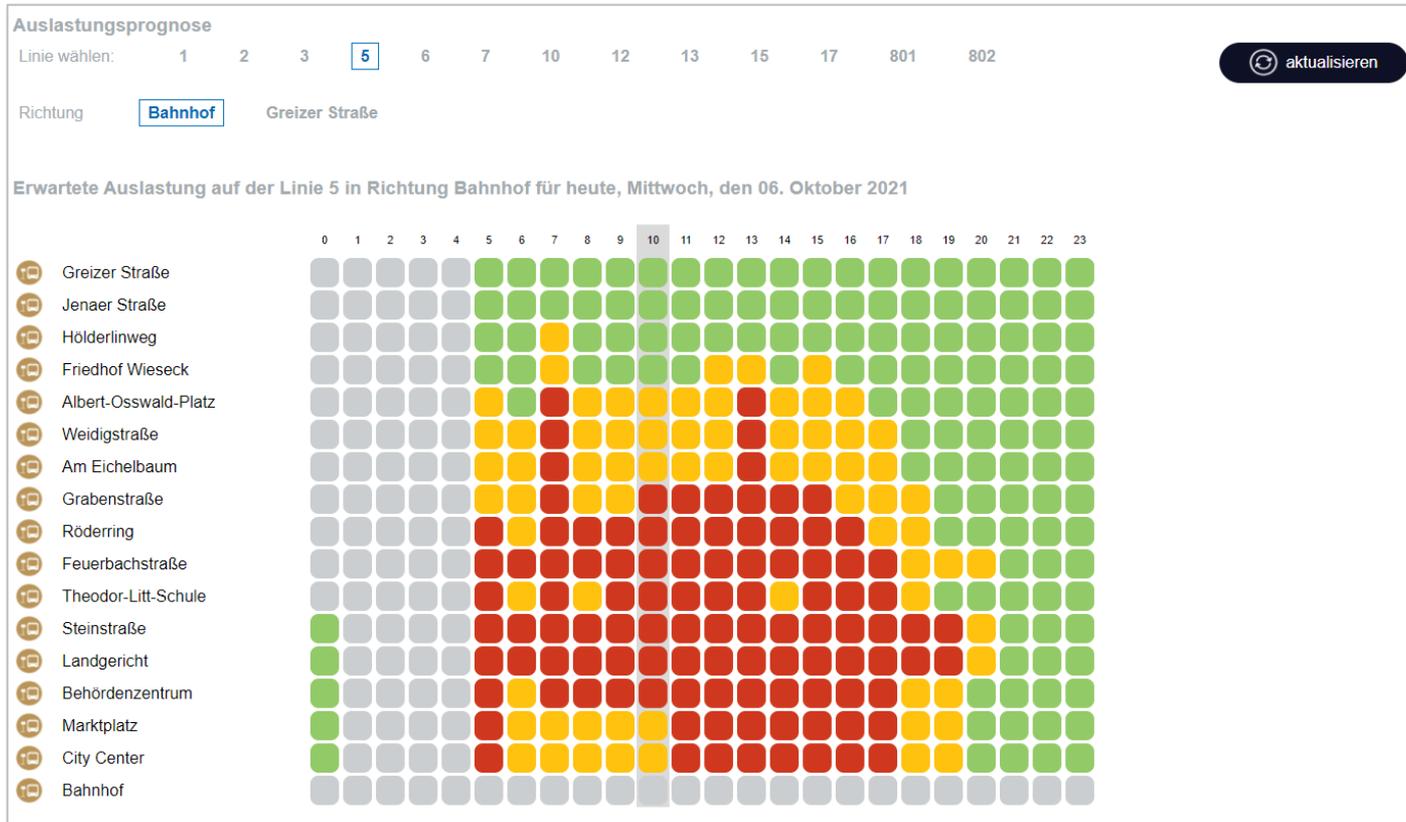
```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<ns1:Envelope xmlns:ns1="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/" xmlns:hrx="urn:hrx" xmlns:urn="urn:hrx">
  <ns1:Body>
    <RealTimeInfo xmlns="urn:hrx" timestamp="2020-03-02T12:46:18.002+01:00" version="2.4.11" sender="Gießen">
      <RealTrip>
        <VehicleID>54</VehicleID>
        <TripRef>
          <TripID>
            <TripName>15</TripName>
            <UniqueID>33533584768876</UniqueID>
          </TripID>
          <TripStartEnd>
            <StartStopID>test</StartStopID>
            <StartTime>2021-04-06T12:06:00+01:00</StartTime>
            <EndStopID>test1</EndStopID>
            <EndTime>2021-04-06T12:08:00+01:00</EndTime>
          </TripStartEnd>
        </TripRef>
        <Occupancy prognosis="false">
          <Capacity>3</Capacity>
          <Level>1</Level>
        </Occupancy>
        <GeoPosition>
          <XCoordinate>12.852639</XCoordinate>
          <YCoordinate>47.428801</YCoordinate>
          <Timestamp>2020-04-06T15:46:18.002+01:00</Timestamp>
        </GeoPosition>
      </RealTrip>
    </ns1:Body>
  </ns1:Envelope>
```





# Aktueller Stand: Prognosealgorithmen

- Erste Live-Auslastungsprognosen seit März 2021 für Kunden der SWG verfügbar



Wir freuen uns über Ihr Interesse!

## Kontakt

Vectura Analytics & NV-ProVi

[info@vectura-analytics.com](mailto:info@vectura-analytics.com)

[info@nv-provi.com](mailto:info@nv-provi.com)

+49 221 97761490

<https://vectura-analytics.com>

<https://nv-provi.com>