

Erhebungsmöglichkeiten von Auslastungsdaten im Schienenverkehr und erste Pilotierung



Bahnverband 04.07.2025

Veranlassung

- Es ist zunehmend von der Überlastung des Schienenverkehrs die Rede. Gemeint ist üblicherweise das Streckennetz und die Anzahl an Zügen.
- Aber wie sieht es mit der Auslastung der Züge aus? Wie viele Personen befinden sich in den Zügen, an den Stationen, welche und wie viele Güter werden befördert?
- Derzeit existieren keine kontinuierlich und bundesweit erhobenen und frei zugänglichen Datendienste zur Auslastung des Schienenverkehrs.

Ziel und Projektsteckbrief

- Ziel des Projekts ist es, geeignete Ansätze zur Erhebung von Auslastungsdaten im Schienenverkehr (SPV und SGV) zu identifizieren. Zudem sollen die entsprechenden Daten zeitlich und räumlich eingegrenzt erhoben bzw. beschafft und ausgewertet werden.
- Das Projekt soll die Grundlage für eine prototypische Datenerhebung und ggf. den späteren Aufbau eines Monitoringsystems liefern.
- Auftraggeber: Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung
- Dauer des Projekts: 36 Monate | Projektstart: Dezember 2023
- Auftragnehmer: Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH (IABG) zusammen mit INTERAUTOMATION Deutschland GmbH, Technische Universität Darmstadt, RS Consult Holding UG

Arbeitspakete

AP1: Recherche

- Zusammenstellung eines Kennzahlen-Katalogs (bestehende und innovative Datenquellen)
- Entwicklung technisch-methodischer Lösungen
- Bewertung Datenverfügbarkeit
- Erstellen von Kennzahlen-Profilen
- Stakeholder-Analyse

AP2: Konzeption

- Unterschiedliche Datenquellen im SGV, SPNV, SPFV berücksichtigen
- Verarbeitungs-Pipeline konzipieren
- Technische Lösung
- Analyselogik
- Auslastungs-Monitor

AP3: Erprobung

- Datenerfassung und Auswertung über ein Jahr
- Betrieb eines Prototypensystems für das Monitoring
- Begründete Beschränkung auf Regionen oder Strecken
- Skalierbarkeit nachweisen
- Testen verschiedener Datengranularität

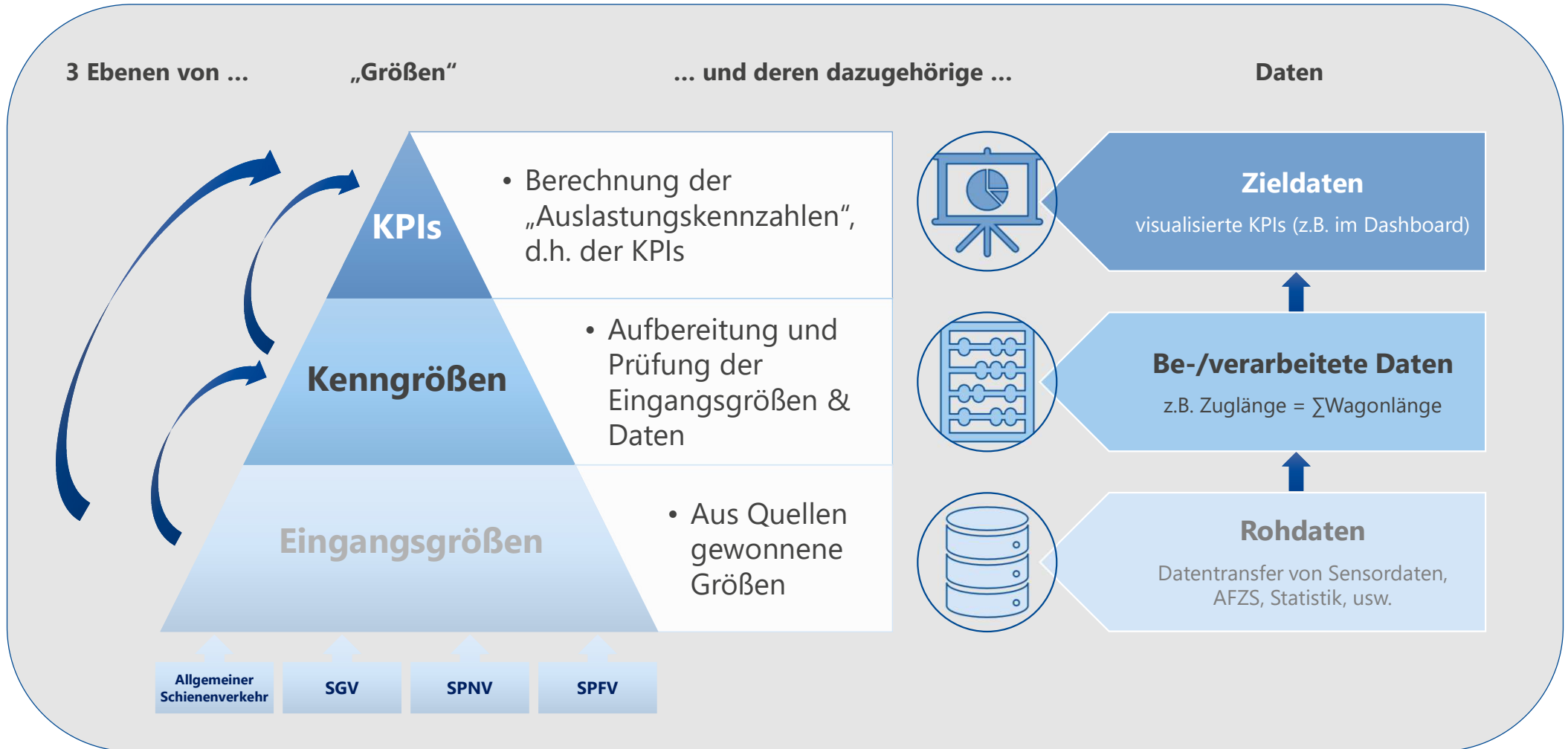
AP4: Bewertung

- Datenvalidierung für SGV, SPNV, SPFV
- Benchmarking-Studie zu Fahrgastzählungen
 - Automatische Systeme
 - Überwachungskameras
 - Buchungsdaten
 - Potential durch KI

AP5: Handlungsempfehlungen

- Güte der untersuchten Möglichkeiten zur Datenerhebung für ein Auslastungs-Monitoring
 - Langfristiger Betrieb
 - Abhängigkeiten von Datenbeistellern
 - Kosten zum Unterhalt
- Handlungsoptionen für EBA und DZSF aufzeigen

Konzept



Grafik: Prinzipdarstellung des Konzepts zur Darstellung der Auslastung im Schienenverkehr

Auslastungskennzahlen (KPIs)

- Darstellung der Auslastung erfolgt durch **Key Performance Indicators** (KPIs) in Form einer grafischen Darstellung (z.B. Dashboard)
- Die Auswahl der relevanten KPIs erfolgte basierend auf Interviews



Allgemeine KPIs für den Schienenverkehr

- Züge pro Station (BZBh)
- Züge auf der Strecke (STAZh)
- Pünktliche Züge (STPZh)
- Pünktlichkeitsquote Züge (STPZQh)
- Personen-Stationsbelegung (PSSHh)
- Objekte-Stationsbelegung (OSSHh)

Schienengüterverkehr (SGV)

- Gewichtsauslastung (GA_{KO} und GA_{KV})
- Belegung (BE_{KO} und BE_{KV})
- Auslastung der Abstellkapazitäten (AK_{KO} und AK_{KV})

Schienenpersonennahverkehr (SPNV)

- Personen-Belegung (PBSH)
- Objekt-Belegung (OBSh)
- Personenwechsel (PWSH)
- Objektwechsel (OWSH)

Schienenpersonenfernverkehr (SPFV)

- Personen-Belegung (PBSH)
- Objekt-Belegung (OBSh)

Auslastungskennzahlen (KPIs)

Beispielhafte Berechnung eines KPI

- Personen-Belegung (PBSH) beschreibt die Auslastung eines Zuges als Verhältnis der genutzten und verfügbaren Sitz- und Stehplätze. Sie berechnet sich aus der Anzahl der ein- und aussteigenden Personen an Stationen und der Kapazität.

Eingangsgrößen -> Kenngrößen -> KPI

$$\frac{BPZ_{SH-1} + EPZ_{SH} - APZ_{SH}}{(SIP + STP) \cdot FZA} = \frac{BPZ_{SH}}{KPZ} = PB_{SH}$$

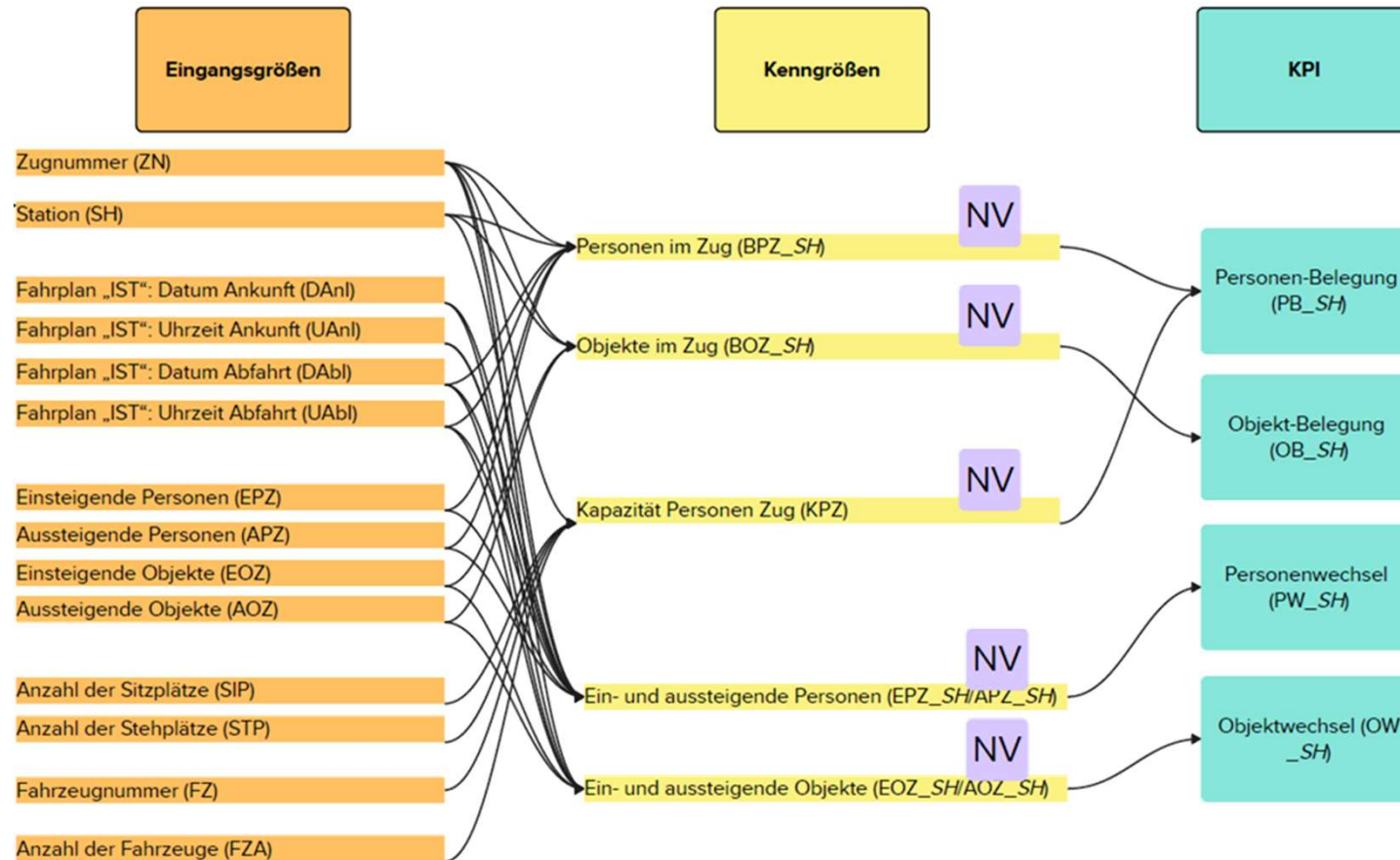
- Nach diesem Schema werden alle KPIs berechnet
- In einigen Fällen sind auch umfangreiche Abfragen und Abgleichen z.B. zu Fahrplänen notwendig

- PB_{SH} : Personen-Belegung nach Abfahrt an Station SH
- BPZ_{SH} : Anzahl Personen im Zug nach Abfahrt an Station SH
- KPZ: Kapazität Personen im Zug (Steh- und Sitzplätze)
- EPZ_{SH} : Einsteigende Personen an Station SH
- APZ_{SH} : Aussteigende Personen an Station SH
- SIP: Anzahl der Sitzplätze eines Fahrzeuges
- STP: Anzahl der Stehplätze eines Fahrzeuges
- FZA: Anzahl der Fahrzeuge eines Zuges
- Index „SH“: Station im Fahrtverlauf (≥ 0)



Auslastungskennzahlen (KPIs)

Beispiel des Datenflusses von den Eingangsgrößen bis zum KPI für den SPNV



Grafik: Datenfluss von den Eingangsgrößen bis zu den KPIs für den Schienenpersonennahverkehr

Kenngrößen

- Bei den Kenngrößen handelt es sich um berechnete Größen aus denen die KPIs gebildet werden
- Diese werden im Allgemeinen aus den Eingangsgrößen berechnet
- In Einzelfällen werden diese direkt zur Verfügung gestellt (die Berechnung erfolgt in diesen Fällen im HGS)



Allgemeine Kenngrößen für den Schienenverkehr

- Züge pro Station (BZB)
- Züge auf der Strecke (STAZ)
- Pünktliche Züge (STPZ)
- Streckenabschnitte (STSH)
- Personen an der Station (PSSH)
- Objekte an der Station (OSSH)

Schienengüterverkehr (SGV)

- belegtes Gewicht des Waggons ($ML_{bel, KO}$)
- belegtes Gewicht des Wagens ($ML_{bel, KV}$)
- belegte Länge der Stellplätze ($St_{bel, KO}$ und $St_{bel, KV}$)
- Belegte Abstellkapazität (bSt_{KO} und bSt_{KV})

Schienenpersonennahverkehr (SPNV)

- Ein- und aussteigende Personen (EPZ_{SH} und APZ_{SH})
- Ein- und aussteigende Objekte (EOZ_{SH} und AOZ_{SH})
- Personen im Zug (BPZ_{SH})
- Objekte im Zug (BOZ_{SH})
- Kapazität Personen im Zug (KPZ)

Schienenpersonenfernverkehr (SPNV)

- Personen im Zug (BPZ_{SH})
- Objekte im Zug (BOZ_{SH})
- Kapazität Personen im Zug (KPZ)

Eingangsgrößen

- Die Eingangsgrößen stellen die Grundlage zur Berechnung der KPIs dar
- Diese werden üblicherweise durch die unterschiedlichen Akteure zur Verfügung gestellt
- Aus diesen werden die Kenngrößen berechnet



Allgemeine KPIs für den Schienenverkehr

- Zugnummer (ZN)
- Fahrplan „Soll“
- Fahrplan „Ist“
- Station (SH)
- Strecke (ST)
- Anzahl Personen (P)
- Anzahl Objekte (O)

Schienengüterverkehr (SGV)

- Gewicht der Ladung (Ge_{KO} und Ge_{KV})
- Länge über Puffer (Lp_{KO} und Lp_{KV})
- Verfügbare Abstellkapazität (vSt_{KO} und vSt_{KV})
- Platzbedarf der Waggon (PL_{Wg})
- Platzbedarf der Ladeeinheiten (PL_{LA})

Schienenpersonennahverkehr (SPNV)

- Fahrzeugnummer (FZ)
- Anzahl der Fahrzeuge (FZA)
- Ein- und aussteigende Personen (EPZ und APZ)
- Ein- und aussteigende Objekte (EOZ und AOZ)
- Anzahl der Sitzplätze (SIP)
- Anzahl der Stehplätze (STP)

Schienenpersonenfernverkehr (SPFV)

- Fahrzeugnummer (FZ)
- Anzahl der Fahrzeuge (FZA)
- Anzahl der Sitzplätze (SIP)
- Anzahl der Stehplätze (STP)

Allgemein

Formate und Exporte

Typische Datenformate

- CSV | XLSX | XML | PDF | bilaterale Anbindung via verfügbare Schnittstellen

Datentransfer und Intervalle

Unterschiedliche Datenbereitstellung zwischen Personen- und Güterverkehr

- SPV
 - „Soll-Fahrplaninformationen“ werden i.d.R zweimal wöchentlich zentral an das Europäische Fahrplanzentrum (EFZ) geliefert
 - „IST-Fahrplaninformationen“ können live via Standardschnittstellen und / oder nachgelagert zur Verfügung gestellt werden
- SGV
 - „Soll-Fahrplaninformationen“ werden im KV dafür festgelegte Zeiträume (jährlich, halbjährlich, etc.) im Regelfahrplan festgelegt, im konventionellen SGV auch adhoc
 - „IST-Fahrplaninformationen“ können im über Schnittstellen und/oder nachgelagert zur Verfügung gestellt werden

Datum	Fahrzeug	TRIP_TIME	LINE_NAN	Stationsn	Entfernung	Uhrzeit	Einsteiger	Assteiger	Belegung
16.07.2019	xxx	10:32:00	3	XXXXXX	638	10:32:00	9	0	15
16.07.2019	xxx	10:32:00	3	XXXXXX	300	10:34:00	0	2	13
16.07.2019	xxx	10:32:00	3	XXXXXX	340	10:37:00	50	1	62
16.07.2019	xxx	10:32:00	3	XXXXXX	442	10:38:00	9	1	70
16.07.2019	xxx	10:32:00	3	XXXXXX	455	10:40:00	7	2	75
16.07.2019	xxx	10:32:00	3	XXXXXX	329	10:41:00	6	5	76
16.07.2019	xxx	10:32:00	3	XXXXXX	505	10:42:00	6	20	62
16.07.2019	xxx	10:32:00	3	XXXXXX	138	10:44:00	6	34	34
16.07.2019	xxx	10:32:00	3	XXXXXX	751	10:45:00	15	12	37
16.07.2019	xxx	10:32:00	3	XXXXXX	391	10:48:00	6	3	40
16.07.2019	xxx	10:32:00	3	XXXXXX	409	10:49:00	0	4	36
16.07.2019	xxx	10:32:00	3	XXXXXX	490	10:50:00	1	4	33
16.07.2019	xxx	10:32:00	3	XXXXXX	517	10:51:00	0	3	30
16.07.2019	xxx	10:32:00	3	XXXXXX	498	10:52:00	0	8	22
16.07.2019	xxx	10:32:00	3	XXXXXX	575	10:54:00	0	10	12
16.07.2019	xxx	10:32:00	3	XXXXXX	440	10:55:00	0	4	8
16.07.2019	xxx	10:32:00	3	XXXXXX	0	10:56:00	0	8	0
16.07.2019	xxx	11:05:00	3	XXXXXX	573	11:05:00	8	0	8
16.07.2019	xxx	11:05:00	3	XXXXXX	502	11:06:00	14	0	22
16.07.2019	xxx	11:05:00	3	XXXXXX	517	11:07:00	7	0	29

Tabelle: Beispiele von Eingangsgrößen die in einer XLSX-Datei beigestellt werden

Datenformate und Eingangsgrößen

Datenformate

- Je nach beabsichtigter Verwendung kommen unterschiedliche **Datenformate** zum Einsatz:

- CSV
- XLSX (z.B. für EDIGES)
- PDF
- Aber auch mündlich per Telefon, Fax, E-Mail

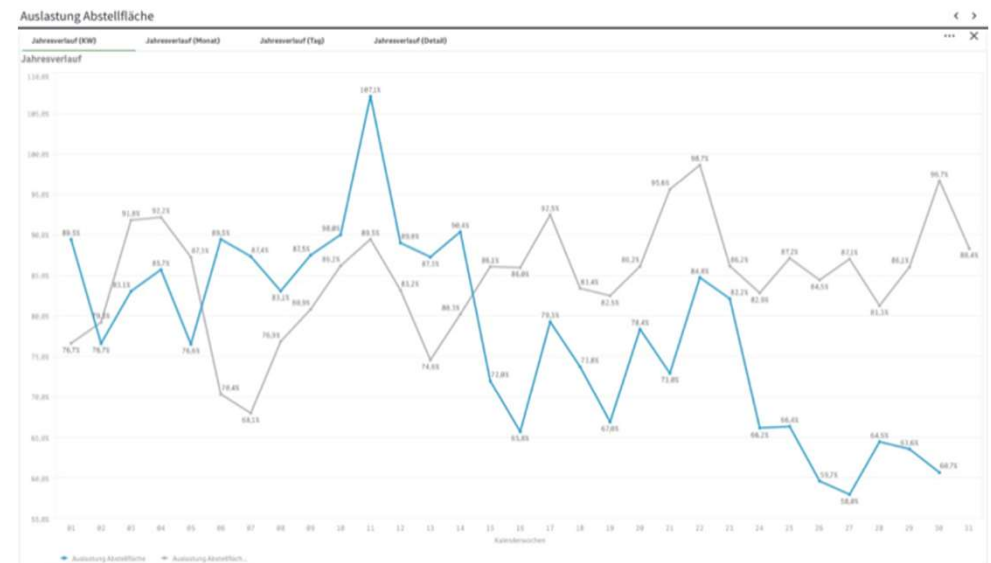
- Des weiteren direkte Anbindung durch verfügbare **Schnittstellen**

Relevante Eingangsgrößen für den SGV

- Gewicht der Ladung (Ge_{KO} , Ge_{KV})
- Länge über Puffer in Meter (Lp_{KO} , Lp_{KV})
- Verfügbare Abstellplätze (vSt_{KO} , vSt_{KV})
- Platzbedarf der Waggonen und Ladeeinheiten (PL_{Wg} , PL_{LA})

Lfd. Nr.	UIC- Gattungszeich	Versanddatum	Versandstelle	NHM Code	Gewicht der Ladung in Tonnen	Anzahl der Achsen	Länge über Puffer in Meter	Gefahrgut UN- Nummer	Empfangsstelle
250	Sgns	03.11.2023 00:00	STUTTGART HAFEN UBF	9932	10	4	19,74		HAMBURG-BILLW UBF
251	Sgns	03.11.2023 00:00	STUTTGART HAFEN UBF	8708	12,32	4	19,74		HAMBURG-BILLW UBF
252	Sgns	03.11.2023 00:00	STUTTGART HAFEN UBF	8708	18	4	19,74		HAMBURG-BILLW UBF
253	Sggmrs	03.11.2023 00:00	STUTTGART HAFEN UBF	8708	20,28	6	33,94		HAMBURG-BILLW UBF
254	Sggmrs	03.11.2023 00:00	STUTTGART HAFEN UBF	9922	0	6	34,2		Bremen-Sebaldsbr LCB
255	Sggmrs	03.11.2023 00:00	STUTTGART HAFEN UBF	8708	58,44	6	34,2		BREMEN-SEBALDSBRUECK
256	Sggmrs	03.11.2023 00:00	STUTTGART HAFEN UBF	8708	58,44	6	34,2		BREMEN-SEBALDSBRUECK
257	Sggmrs	03.11.2023 00:00	STUTTGART HAFEN UBF	8708	15,626	6	34,2		BREMEN ROLAND UBF
258	Sggmrs	03.11.2023 00:00	STUTTGART HAFEN UBF	8708	24,64	6	34,2		HAMBURG-BILLW UBF
259	Sggmrs	03.11.2023 00:00	STUTTGART HAFEN UBF	8708	32,615	6	34,2		BREMEN ROLAND UBF

Tabelle: Beispieldaten für den Schienengüterverkehr



Grafik: Beispieldaten und -darstellung für ein Terminal (Abstellkapazitäten pro Woche)

Datenquelle, Formate und Exporte

Datenquelle

- Freiwillige Datenbereitstellung privatwirtschaftlicher Akteure
- Haltung des Datenbestandes in Buchungssystemen

Typische Datenformate

- CSV | XLSX | PDF | bilaterale Anbindung via verfügbare Schnittstellen

Datentransfer und Intervalle

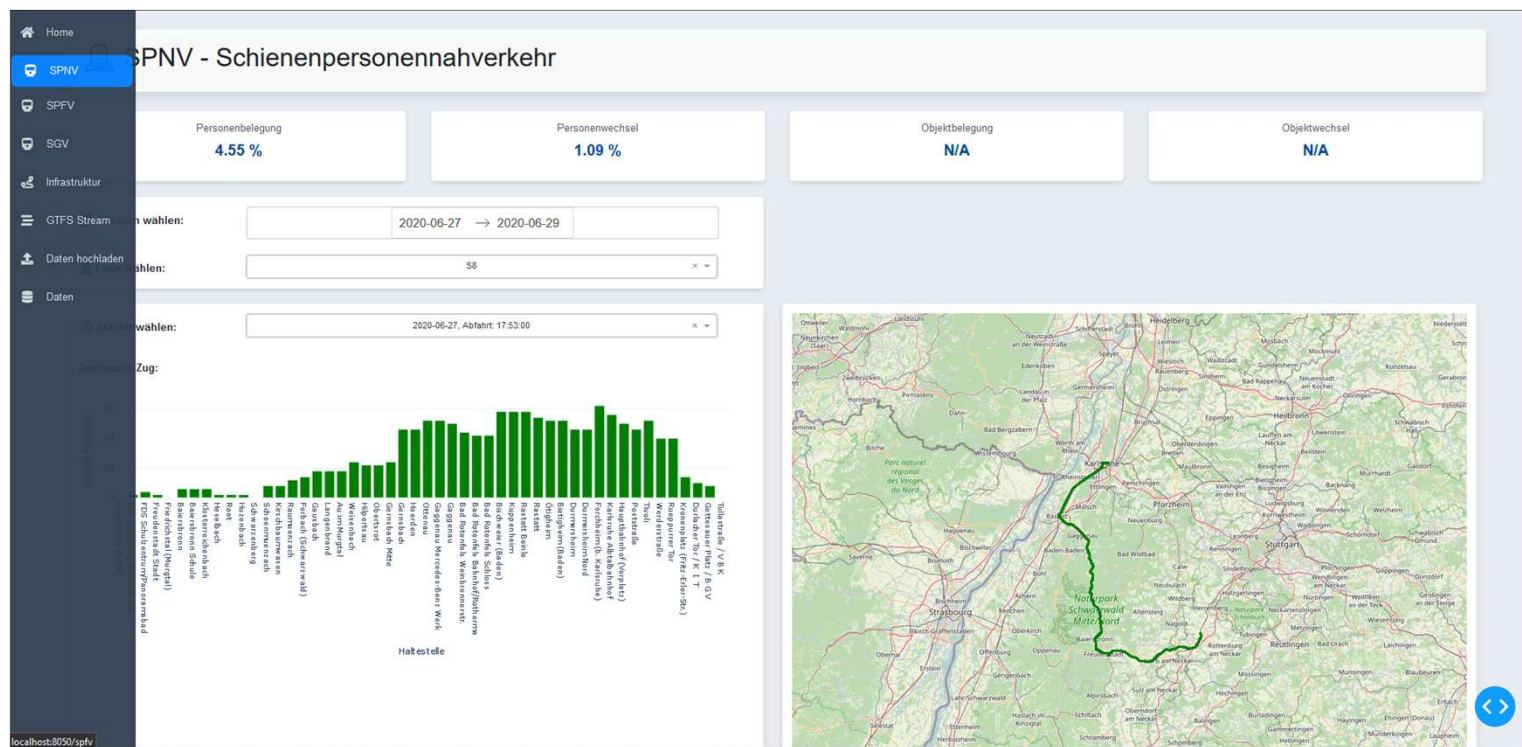
- Die Daten werden vornehmlich unternehmensintern genutzt und innerhalb des Buchungssystems gehalten – eine Weitergabe oder Veröffentlichung erfolgt i.d.R. nicht.
- Innerhalb des Unternehmens erfolgt der Datentransfer zu definierten Zeitpunkten digital.

Datum Abfahrt	Route	Abteil-Typ	Erwachsene	Kinder	Kleinkind	Ticketstatus
01.06.2023	XXXX	Liege	2	0	1	Aktiv
01.06.2023	XXXX	LiegePlus	2	0		Aktiv
01.06.2023	XXXX	Liege	1	0		Aktiv
01.06.2023	XXXX	Bett	9	0		Aktiv
01.06.2023	XXXX	Liege	2	0		Aktiv
01.06.2023	XXXX	Bett	2	0	1	Aktiv
01.06.2023	XXXX	Bett	2	0		Aktiv
19.08.2023			0	0		Storniert
01.06.2023	XXXX	Bett	2	0		Aktiv
12.08.2023			0	0		Storniert
01.06.2023	XXXX	LiegePlus	2	2		Aktiv
01.06.2023	XXXX	Liege	2	2	1	Aktiv
01.06.2023	XXXX	Bett	2	0		Aktiv

Tabelle: Beispiele von Eingangsgrößen im SPFV die in einer XLSX-Datei zur Verfügung gestellt werden

Softwaretechnische Umsetzung

- Die Programmierung erfolgt in Python
- PostgreSQL Datenbank im Hintergrund
- Bisher werden Daten aus Dateien eingelesen und auch über eine direkte Anbindung bereitgestellt



Grafik: Screenshot der Oberfläche des Dashboards

Plausibilitätskontrollen und Hintergrundsystem

- Zur Sicherstellung der Qualität der Daten sind eine **Plausibilisierung** der Daten sowie der berechneten Größen notwendig.
- Die genutzten und berechneten Größen werden stetig einer Plausibilitätskontrolle unterzogen. Hierzu werden bereits die Eingangsgrößen mit definierten Kriterien geprüft.
 - Einheiten
 - Datenformate
 - Jahreszahl
 - Logische Überprüfungen (z.B. negative Belegung, usw.)
 - Vollständigkeit („MUSS-Felder“ vorhanden?)
 - Konsistenz (keine Widersprüche der Eingangsgrößen bei mehreren Datenquellen)
- Nach dem gleichen Vorgehen werden auch die berechneten Größen in den weiteren Schritten der Verarbeitungskette geprüft.
- Beim SPNV erfolgt die Datenaufbereitung aus dem Messsystem des AFZ durch das **Hintergrundsystem** (HGS)
 - Rohdaten der Messsysteme
 - Das Vorgehen zur Ermittlung nutzbarer Größen (= Eingangsgrößen) aus den Messsignalen ist in der VDV 457 geregelt.

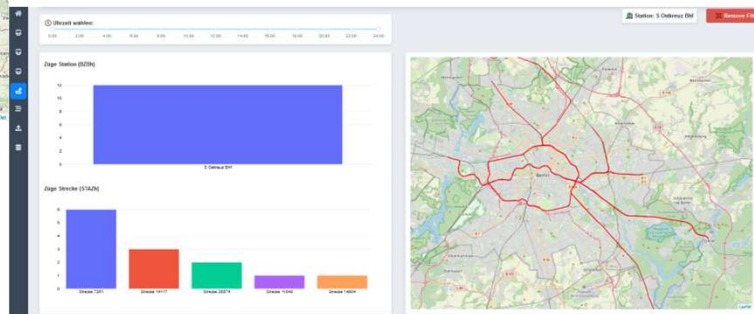
Weitere Schritte

Monitoring System (Dashboard)

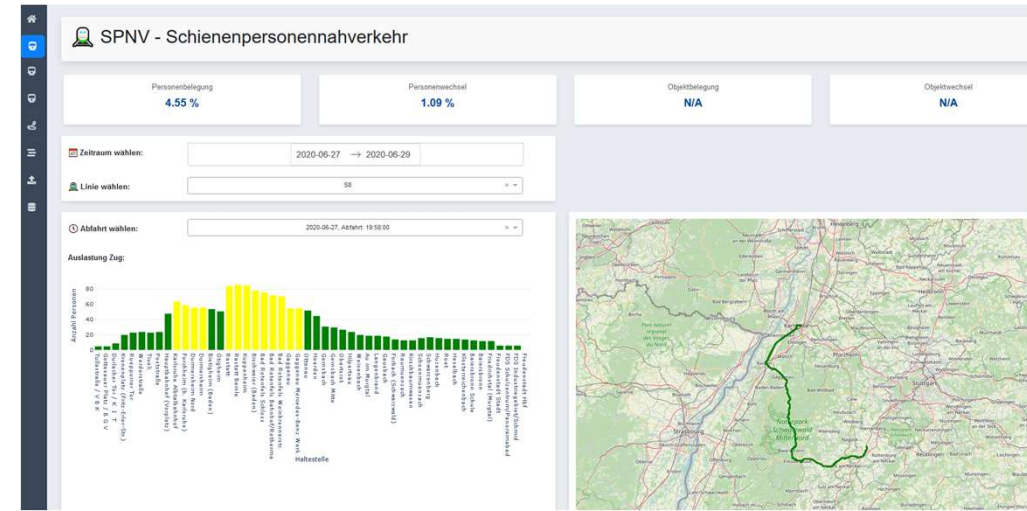
- Datenerfassung und Auswertung über ein Jahr
- Beschränkung auf definierte Regionen und Strecken
 - Großraum Karlsruhe – Stuttgart
 - Hafen Stuttgart
 - Hauptbahnhof Karlsruhe
 - Korridor Hamburg - Basel



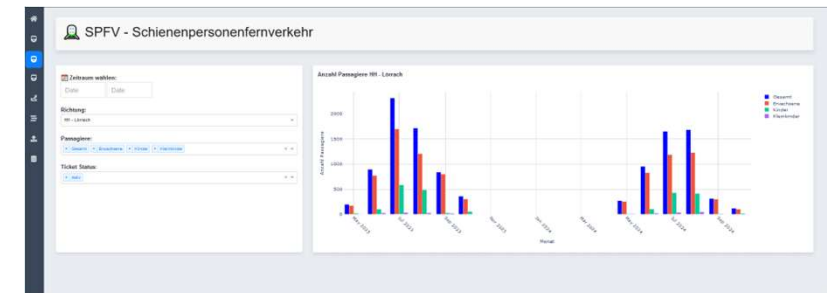
Grafik: Fahrstrecken



Grafik: Auslastung Berlin



Grafik: Beispiele SPNV



Grafik: Beispiele SPFV

Ihre Ansprechpartner

IABG mbH

Einsteinstraße 20
85521 Ottobrunn

Tel. +49 89 6088-0
Fax +49 89 6088-2220

info@iabg.de
www.iabg.de



Dr. Markus Neumeister
IABG mbH

neumeister@iabg.de



Julia Schaffer
IABG mbH



Simon Göppel
IABG mbH



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Ren Kajiyama
Technische Universität Darmstadt

kajiyama@log.tu-darmstadt.de



INTERAUTOMATION

Thomas Rau
Interautomation Deutschland GmbH

thomas.rau@interautomation.de

RS Consult Holding

Rainer Schneider
RS Consult Holding UG

rainer.schneider@rs-consult-holding.de