

Abschlussveranstaltung

SAFIRA – Sicherheit und Abstand durch Fahrgastlenkung mit Auslastungsdaten

Hybrider Projektabschluss

27. Februar 2025



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Bilder durch
KI generiert

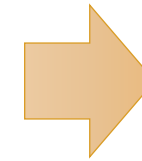
Wie können wir unsere Fahrgäste besser im System verteilen?

Auslastungsinformationen als Schlüssel zur Verkehrswende

- ◆ Bessere Reiseplanung durch Transparenz über volle und leere Verbindungen
- ◆ Grundlage für eine effiziente Fahrgastlenkung

Warum jetzt?

- ◆ **Corona-Pandemie** – Verändertes Mobilitätsverhalten, Fahrgastzahlen schwanken
- ◆ **Mobilitätswende** – ÖPNV **muss** attraktiver und smarter werden
- ◆ **Gesteigerte Informationsanforderungen** – Echtzeitdaten für bessere Entscheidungen



Vorhandene
Kapazitäten besser
Nutzen

Zufriedenheit unserer
Reisenden erhöhen

SAFIRA - Sicherheit und Abstand durch Fahrgastlenkung basierend auf Informationen und Auslastungsdaten

Projektpartner



Assoziierte- und unterstützende Partner



Zeitraum

Q3 2021 – Q1 2025



Gefördert durch:

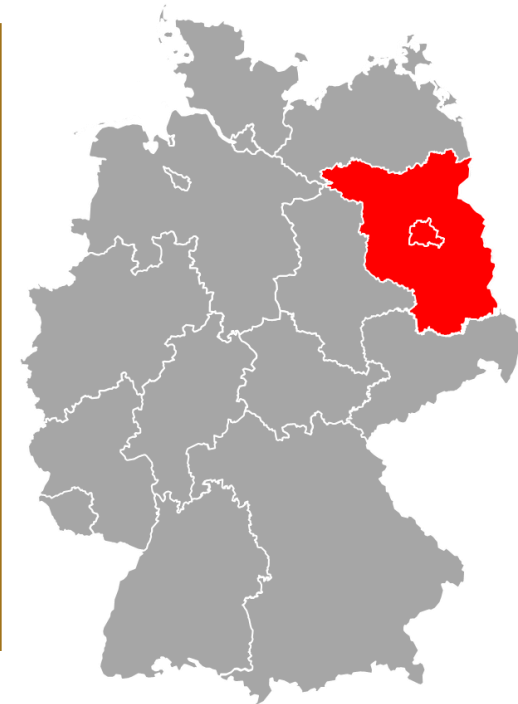


aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

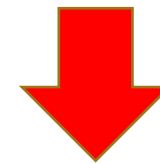
Weiterentwicklung der **Auslastungsprognose** sowie von **kapazitätsbasierten Routing-Funktionen** für die Fahrgastinformationssysteme

Umfassende **Nutzer:innenforschung**

Vernetzung, Standardisierung und Wissenstransfer mit der Branche



*Ich nehme lieber den Zug
um 18:16 Uhr. Der Zug
davor ist mir zu voll!*



Fahrgäste können künftig ihre Wege zeitlich und räumlich unter Berücksichtigung der Kapazität sowie der aktuellen und erwarteten Auslastung wählen

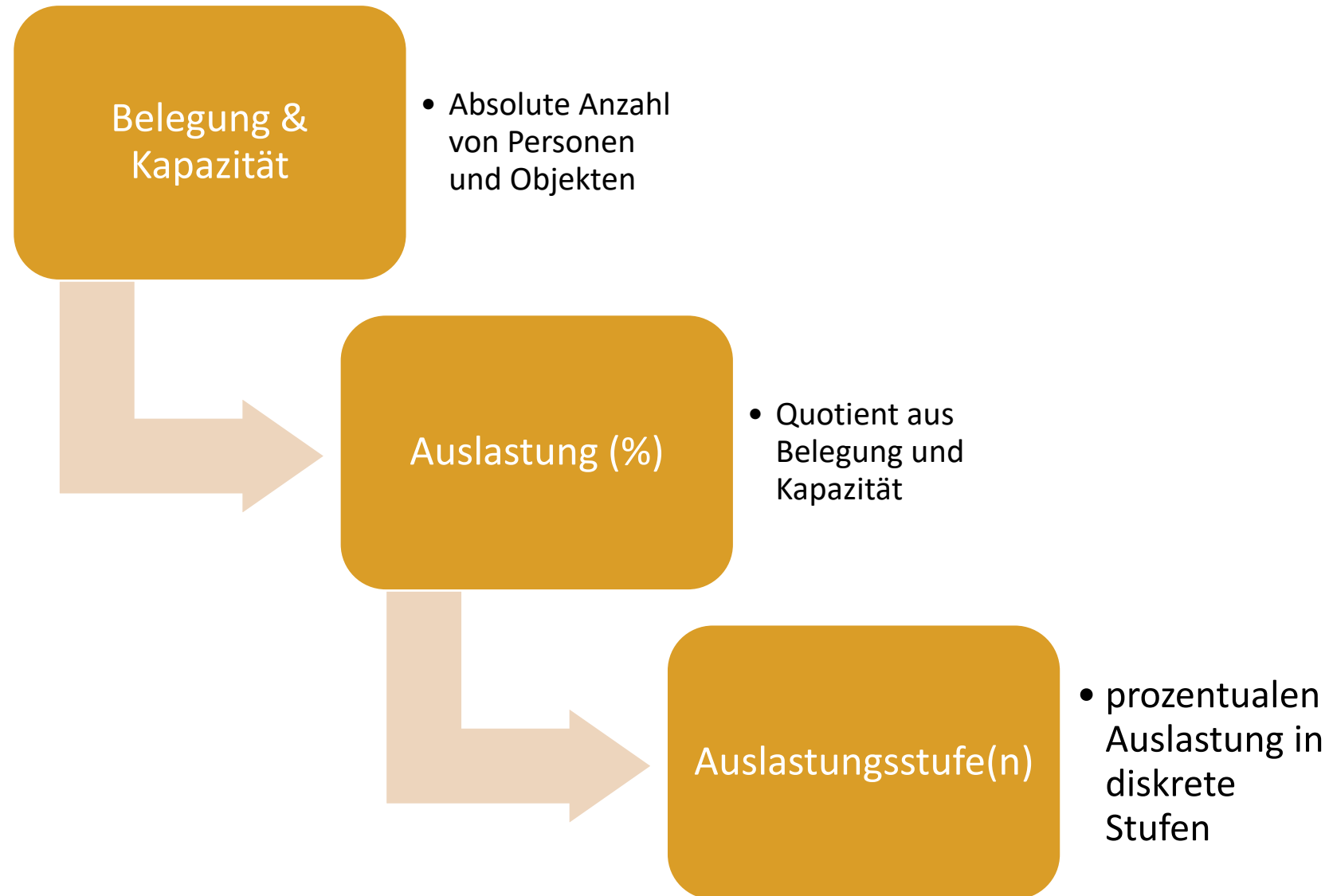
Weiterentwicklung der Auslastungsprognose sowie von kapazitätsbasierten Routing-Funktionen für die Fahrgastinformationssysteme



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages





App- & Web-Anfragen

Kapazitäten der Fahrzeuge

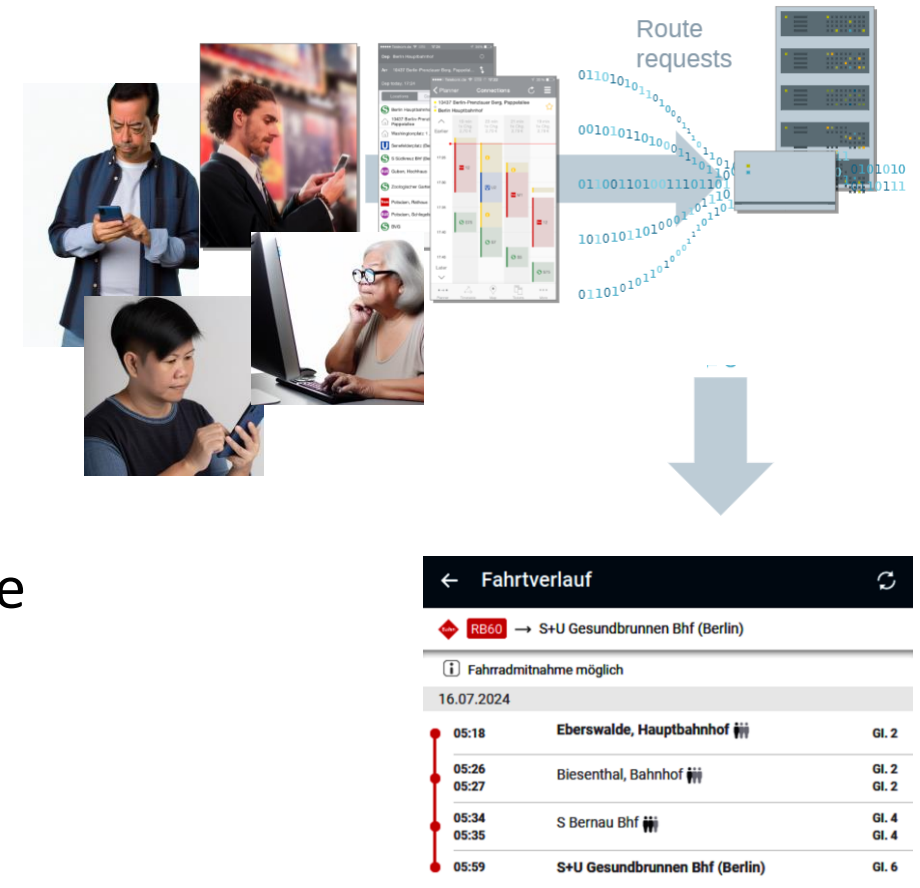
Historische Zähldaten

Echtzeit-Zähldaten

App- & Web-Anfragen

Nutzung von Verbindungsanfragen an die Auskunftssysteme des VBB:

- Hypothese: Verbindungsanfragen können die Kundennachfrage grundsätzlich abbilden
- Große Datenbasis von ca. 2,5 Mio Anfragen/Tag!
- Anonymisierung der Anfragedaten ist sichergestellt
- Mappen der Anfrage-Ergebnisse auf Fahrt-Segmente
- Kalibrierung mit Zähldaten
- Einsatz verschiedener Machine-Learning-Verfahren zur Nachfrageprognose



Kapazitäten der Fahrzeuge

Kapazitäten der Fahrten werden benötigt für:

- **Auslastungsprognosen:** benötigt werden detaillierte Kapazitäten als Referenz für Zählraten
- **Kapazitätsbasiertes Routing:** benötigt wird eine Klassifizierung, um Überlastung von Fahrten/Linien mit geringer Kapazität zu vermeiden

Kapazitätsklassen bisher nicht Bestandteil der Fahrplandaten

→ Erweiterung des HAFAS-Datenmodells erforderlich!

Datenprozesse noch nicht etabliert

→ Händische Übermittlung von Kapazitätslisten und Datenerfassung in IVU.pool

→ Ermittlung der Kapazitätsklassen im Datenmanagement (IVU.pool)

→ Anreicherung der HAFAS-Fahrplandaten

Historische Zähldaten



Fahrgastzählanlagen in Fahrzeugen

- Eingebaut für
 - verkehrsplanerische Zwecke und
 - die Einnahmeaufteilung
- Hohe **Anforderungen an Genauigkeit**
- ggf. systemseitige Korrekturen nachgeschaltet



Datenverfügbarkeit & Verarbeitung

- Technische Auslegung nicht für Echtzeit-Anwendungen
- Bereitstellung **wöchentlich, monatlich**

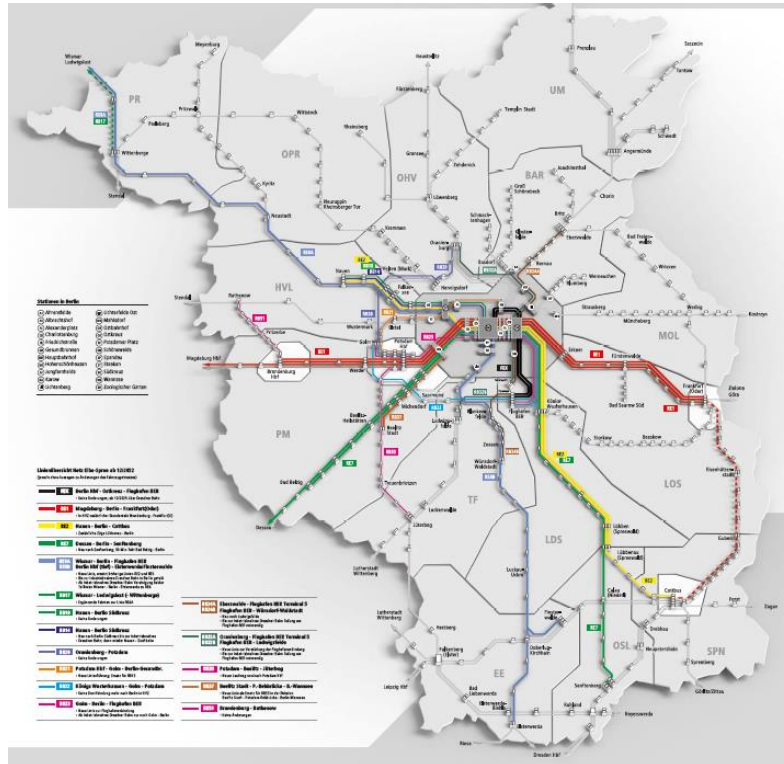


Herausforderung für Echtzeit-Auslastungsprognosen

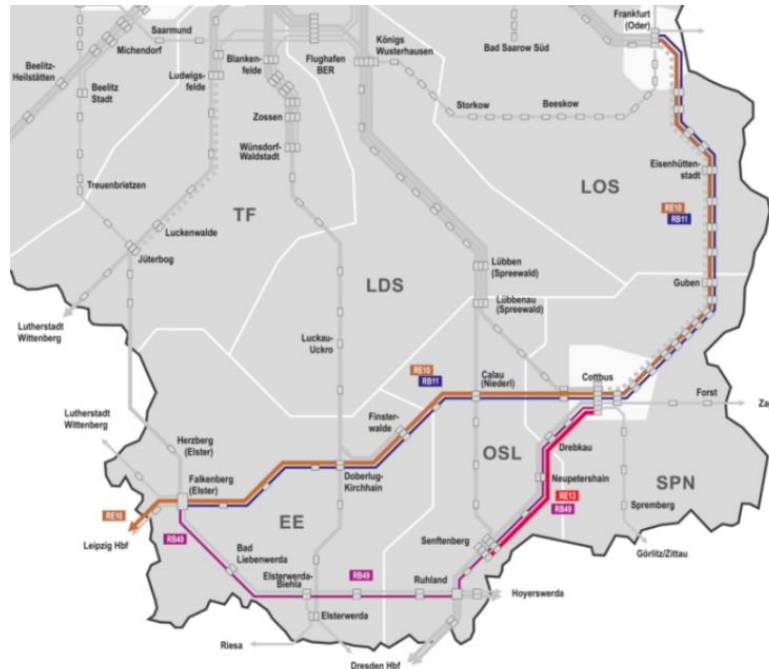
- **Langsame Datenverfügbarkeit** erschwert kurzfristige Prognosen
 - **Kombination** mit Echtzeit-Datenquellen zur besseren Vorhersage

→ CSV Dateien als wertvolle Basis für **Mustererkennung & Trends**

Echtzeit-Zähldaten



Netz Elbe-Spree



Netz Lausitz

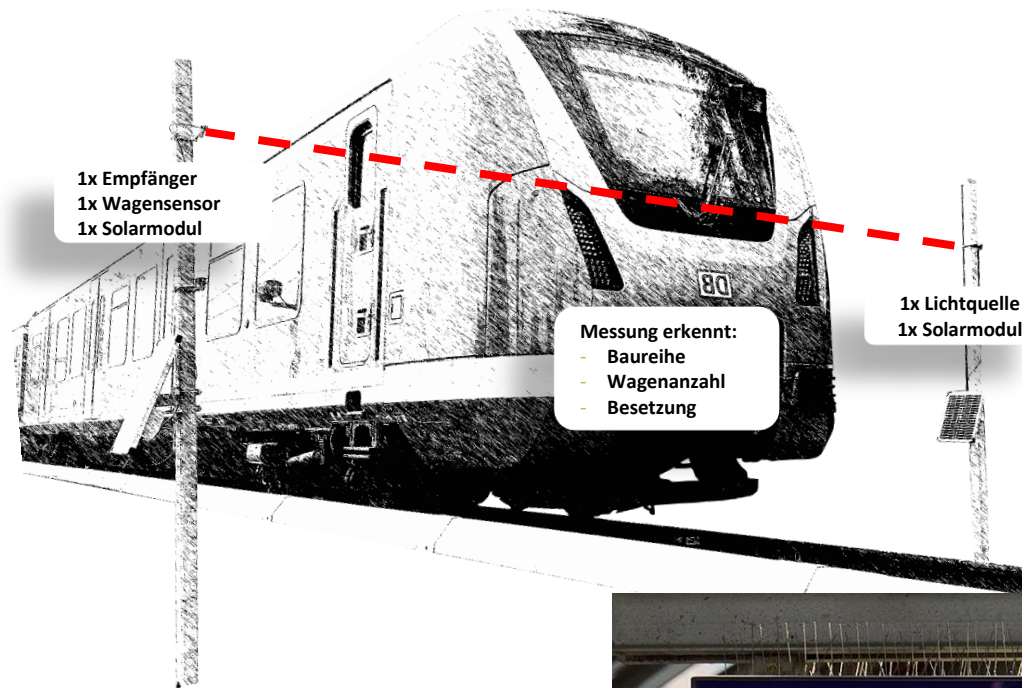
Technologieneutral

Aber Verpflichtung zur Übertragung von Echtzeitinformationen über VDV 454 3.x AUS, was die Übertragung von absoluten Zählwerten ermöglicht.

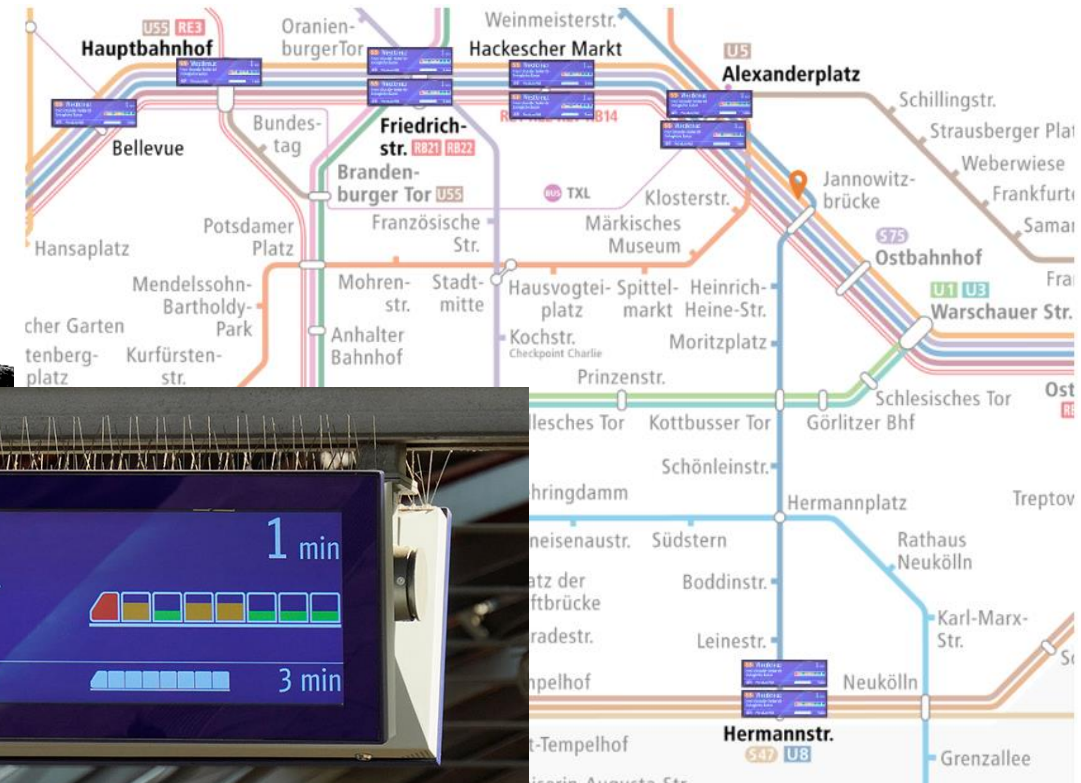
Zwischenstand?

Hälfte unserer Regio-Schienenkilometer in neuen Verträgen

Echtzeit-Zähldaten



Pilot: Infrastrukturseitige Erfassung durch
Licht Sensorik
→ Lightgate-Technologie



ACHTUNG: Pilotaufbau
sendet keine Daten im
VDV-Format



Neue Daten, neue Technologien – Hohe Komplexität

- Integration in gewachsene, teils komplexe Systemlandschaften
- Hoher technischer und finanzieller Aufwand für Schnittstellen und Kompatibilität
- Notwendigkeit standardisierter und effizienter Anbindungsprozesse
- Innovativer Start-ups und Erfassungstechnologien bringt frische Impulse

→ Zukunftsfähige Datenanbindungen erfordern klare Standards, offene Schnittstellen und enge Kooperationen zwischen etablierten und neuen Akteuren.

Zusammenführung von Anfrage- und Zähldaten in der Prognose

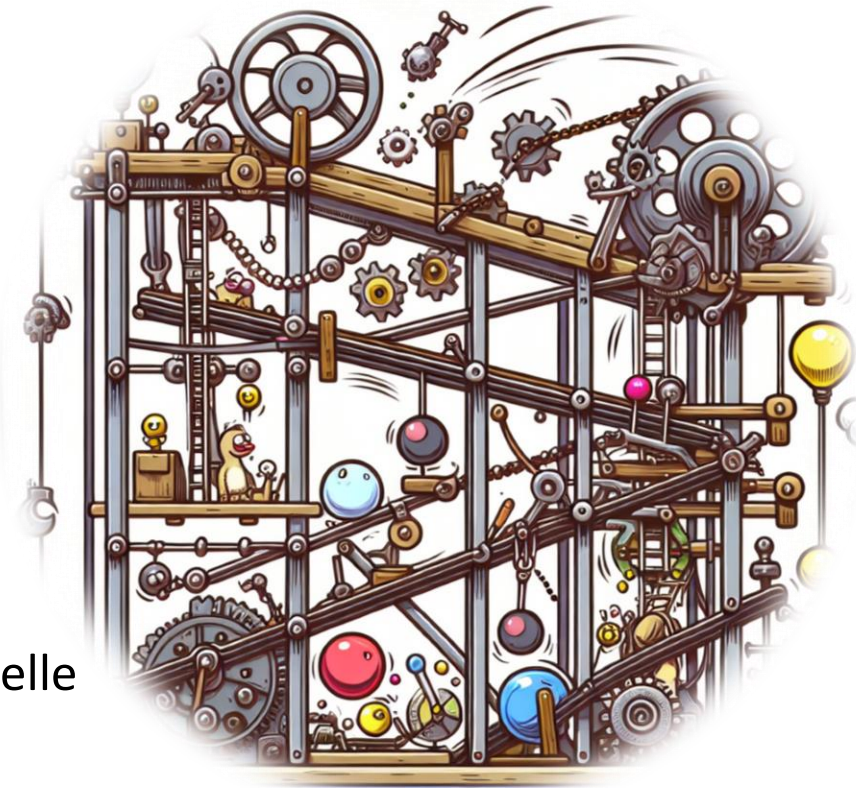
- Vollständige Abdeckung des Netzes mit Zähldaten nicht erforderlich!
- Abschnitte ohne Zähldaten werden auf Basis der Anfragedaten extrapoliert
- Verwendung verschiedener Machine-Learning –Verfahren

Verschiedene Prognosehorizonte

- Langfristprognose/Baseline
 - mehrtägiger Vorschau-Zeitraum
 - Berücksichtigt historische Zähldaten, Tagescharakteristiken
- Kurzfristprognose
 - Anpassen der Baseline mit kurzfristig verfügbaren Daten: aktuelle Anfragen, Echtzeit-Auslastungsdaten, Verspätungen etc.

Dynamisierung der Prognose über Integration der Echtzeitdaten

Alle Echtzeit-Auslastungsdaten werden im Prognosesystem verarbeitet!

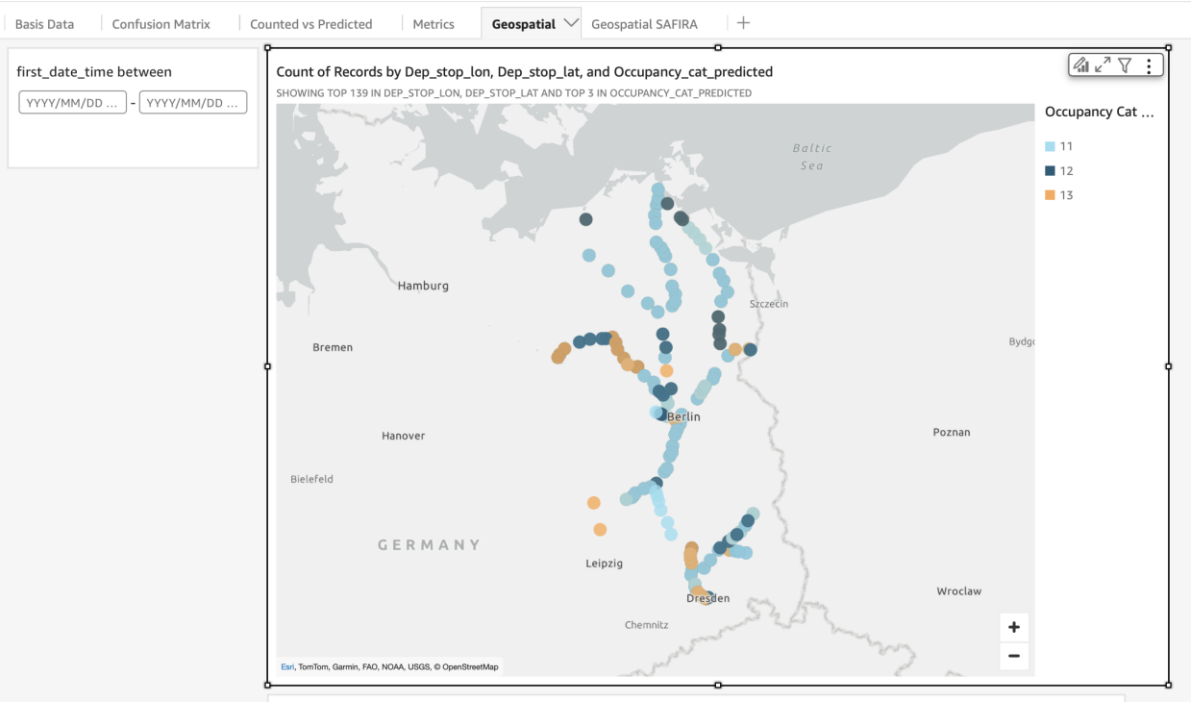




Nachträgliche Evaluation der erreichten Prognosequalität

- Nachträglicher Vergleich der erstellten Prognosen mit Daten aus den Zählsystemen
- Ermittlung verschiedener Parameter zur Messung der Prognosequalität
 - Abweichung Prognose – tatsächliche Auslastung
 - „Confusion Matrix“: Anzahl der unterschätzten/überschätzten Werte
- Nutzung der Ergebnisse zur Anpassung der Kalibrierung

Bewertung der Prognosequalität



Basis Data

Confusion Matrix

Counted vs Predicted

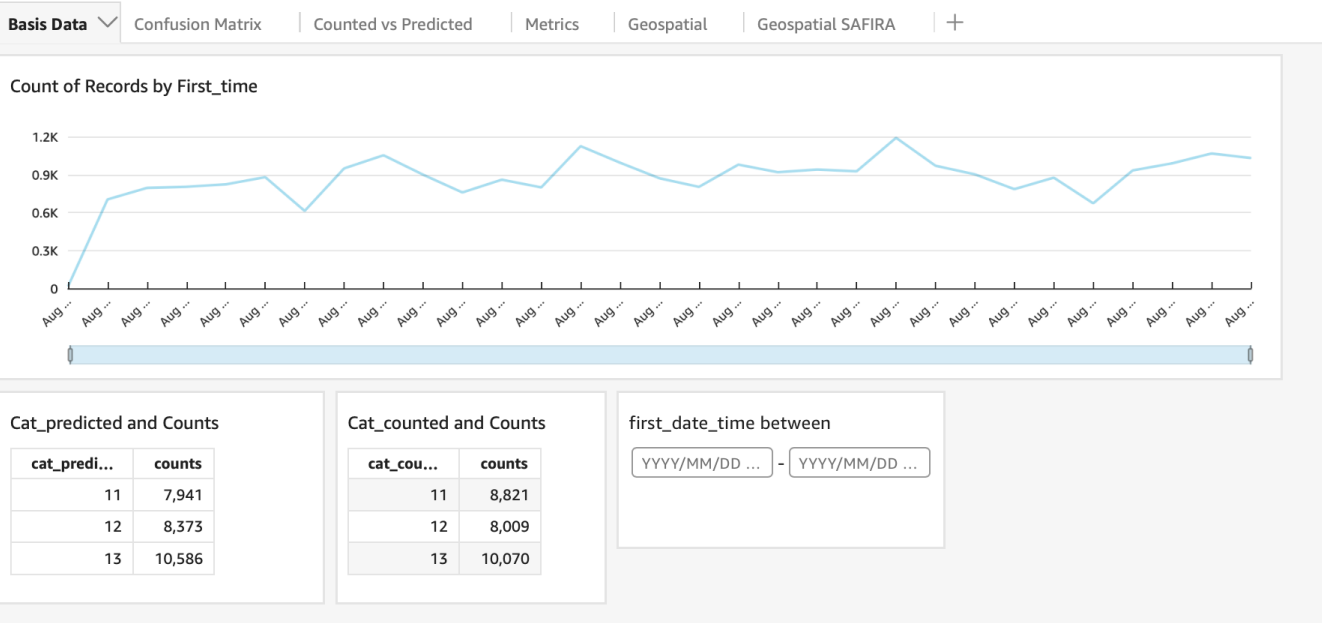
Metrics

Sum of 12 and Sum of 13 by 11

| 11 | 12 | 13 |
|-------|-------|-------|
| 7,245 | 1,509 | 67 |
| 671 | 6,256 | 1,082 |
| 25 | 608 | 9,437 |

Average of Cat_counted and Average of Cat_predicted by Dep_time, Line, Dep_id, and Arr_id

| dep_time | line | dep_id | arr_id | cat_cou... | cat_predicted |
|---------------------|------|-------------|-------------|------------|---------------|
| Aug 2, 2023 6:41am | RE5 | 900,100,020 | 900,003,200 | 12 | 13 |
| Aug 2, 2023 7:41am | RE5 | 900,100,020 | 900,003,200 | 13 | 13 |
| Aug 2, 2023 11:41am | RE5 | 900,100,020 | 900,003,200 | 13 | 13 |
| Aug 2, 2023 1:05pm | RE5 | 900,007,102 | 900,003,200 | 13 | 13 |
| Aug 2, 2023 1:41pm | RE5 | 900,100,020 | 900,003,200 | 13 | 13 |
| Aug 2, 2023 2:41pm | RE5 | 900,100,020 | 900,003,200 | 13 | 13 |
| Aug 2, 2023 3:41pm | RE5 | 900,100,020 | 900,003,200 | 13 | 13 |
| Aug 2, 2023 6:41pm | RE5 | 900,100,020 | 900,003,200 | 13 | 13 |
| Aug 2, 2023 8:05pm | RE5 | 900,007,102 | 900,003,200 | 13 | 13 |
| Aug 2, 2023 9:05pm | RE5 | 900,007,102 | 900,003,200 | 13 | 13 |
| Aug 2, 2023 10:05pm | RE5 | 900,007,102 | 900,003,200 | 13 | 13 |
| Aug 2, 2023 10:43pm | RE5 | 900,100,020 | 900,003,200 | 12 | 11 |
| Aug 3, 2023 5:41am | RE5 | 900,100,020 | 900,003,200 | 11 | 11 |
| Aug 3, 2023 6:41am | RE5 | 900,100,020 | 900,003,200 | 12 | 13 |
| Aug 3, 2023 7:41am | RE5 | 900,100,020 | 900,003,200 | 13 | 13 |
| Aug 3, 2023 9:05am | RE5 | 900,007,102 | 900,003,200 | 13 | 13 |
| Aug 3, 2023 9:41am | RE5 | 900,100,020 | 900,003,200 | 13 | 13 |
| Aug 3, 2023 11:23am | RE3 | 900,100,020 | 900,003,200 | 13 | 13 |



Wie werden die Daten genutzt?

Fahrplan

Abfahrten

Übersicht

Eberswalde, Hauptbahnhof
S+U Alexanderplatz Bhf (Berlin)

0:44 h

MEHR

Öffentlicher Nahverkehr

Sortieren nach: Abfahrt

Mi, 26.02.2025

11:53

RE3

U8

12:38

0:45

1

12:08

RB24

S5

13:07

0:59

1

12:54

RE3

U8

13:38

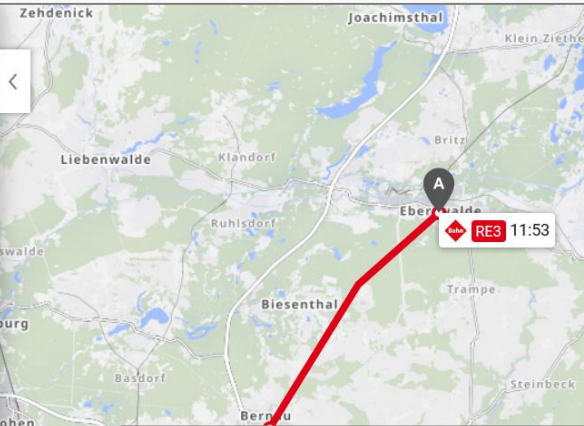
0:44

1

13:08

S

14:07



Fahrplan

Abfahrten

Details

Mi, 26.02.2025

12:08

RE3

S5

13:07

0:59

1

Drucken Kalender

12:08

Eberswalde, Hauptbahnhof

Gl. 2

RE3

RB24

S

Schönefeld (bei Berlin) Bhf

39 Min, 6 Halte

Alternativen alle 60 Minuten

Mittlere Belegung erwartet

12:47

S+U Lichtenberg Bhf (Berlin)

Gl. 22

12:54

S+U Lichtenberg Bhf (Berlin)

Gl. 2

S

S5

S Westkreuz (Berlin)

13 Min, 6 Halte

Alternativen alle 2 - 8 Minuten

Mittlere Belegung erwartet

13:07

S+U Alexanderplatz Bhf (Berlin)

Gl. 4

Verbindungs-
auskunft
+ Detailansicht

Fahrplan

Abfahrten

Fahrtverlauf

RE3 → S Schönefeld (bei Berlin) Bhf

Fahrradmitnahme möglich

Fahrzeuggebundene Einstiegshilfe vorhanden

26.02.2025

12:08

Eberswalde, Hauptbahnhof

Gl. 2

12:14

Melchow, Bahnhof

Gl. 2

12:15

Melchow, Bahnhof

Gl. 2

12:18

Biesenthal, Bahnhof

Gl. 2

12:18

Biesenthal, Bahnhof

Gl. 2

12:22

Rüdnitz, Bahnhof

Gl. 2

12:22

Rüdnitz, Bahnhof

Gl. 2

12:27

S Bernau Bhf

Gl. 4

12:28

S Bernau Bhf

Gl. 4

12:39

S Hohenschönhausen Bhf (Berlin)

Gl. 4

12:40

S Hohenschönhausen Bhf (Berlin)

Gl. 4

12:47

S+U Lichtenberg Bhf (Berlin)

Gl. 22

12:49

S+U Lichtenberg Bhf (Berlin)

Gl. 22

12:53

S Ostkreuz Bhf (Berlin)

Gl. 13

12:55

S Ostkreuz Bhf (Berlin)

Gl. 13

13:01

S Schöneweide Bhf (Berlin)

Gl. 1

13:02

S Schöneweide Bhf (Berlin)

Gl. 1

LINIENFAHRPLAN ANZEIGEN

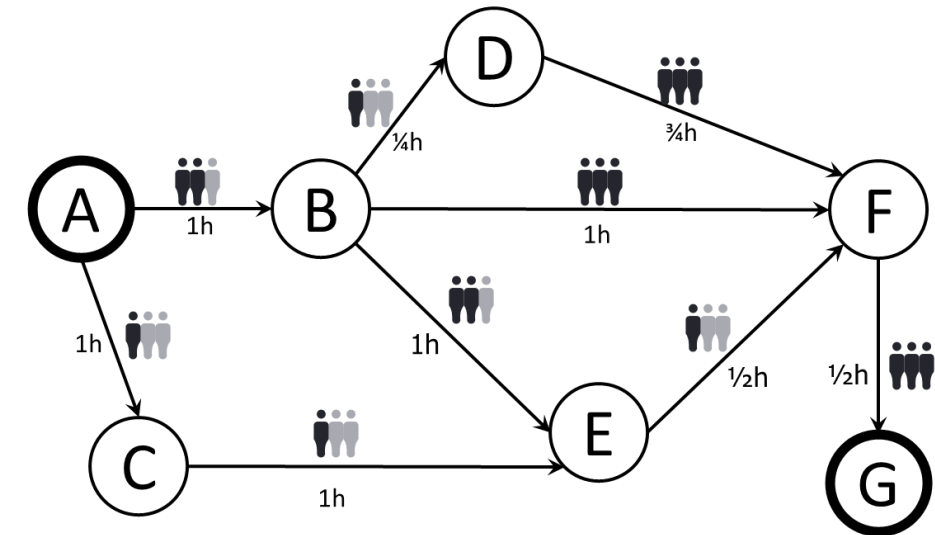
Fahrtverlauf

| Fahrplan | | Abfahrten |
|---------------------------------|--|-----------|
| Übersicht | | |
| S+U Jannowitzbrücke (Berlin) | | |
| ABFAHRTEN | | ANKÜNFTEN |
| 11:59 | | Gl. 3 |
| S S5 → S Mahlsdorf Bhf (Berlin) | | |
| Hohe Belegung erwartet | | |
| 12:00 | | Gl. 4 |
| S S3 → S Spandau Bhf (Berlin) | | |
| Mittlere Belegung erwartet | | |
| 12:00 | | Gl. 1 |
| U U8 → Kottbusser Tor | | |
| Mittlere Belegung erwartet | | |
| 12:00 | | Gl. 2 |
| U U8 → Paracelsus-Bad | | |
| 12:04 | | Gl. 3 |
| S S3 → S Erkner Bhf | | |
| Mittlere Belegung erwartet | | |
| 12:05 | | Gl. 4 |
| S S5 → S Westkreuz (Berlin) | | |
| Mittlere Belegung erwartet | | |
| 12:05 | | Gl. 1 |
| U U8 → Kottbusser Tor | | |
| Mittlere Belegung erwartet | | |

Abfahrts-/Ankunftstafel

Verwenden der erwarteten Auslastung als Optimierungsparameter

- Option 1: Wenn eine Verbindung einen hoch ausgelasteten Abschnitt enthält, suche eine Alternative, die diesen vermeidet
 - Für den Abschnitt $F \rightarrow G$ existiert keine Alternative!
- Option 2: Führe die Auslastung als zusätzlichen Bewertungsparameter zu Reisezeit und Zahl der Umstiege ein
 - Es können mehrere alternative Verbindungen mit geringerer Auslastung vorgeschlagen werden



- Prototypische Umsetzung nutzt an verschiedenen Stellen manuelle Prozesse:
 - Erfassung von Kapazitäten
 - Extrahieren und Bereitstellen der historischen Zähldaten aus den datenliefernden Systemen→ Für einen produktiven Einsatz müssen diese Prozesse automatisiert werden!
- Teilweise Probleme beim Matching der Zähldaten durch unterschiedliche Datenbasis
- Durch die Anfragedaten können „weiße Flecken“ durch fehlende Zähldaten geschlossen werden
- Je mehr Zähldaten verfügbar sind, desto besser werden die Prognosen





← Linien, welche bei der Auslastungsprognose Zähldaten berücksichtigt haben.

Hinweis: Daten nicht immer vollständig

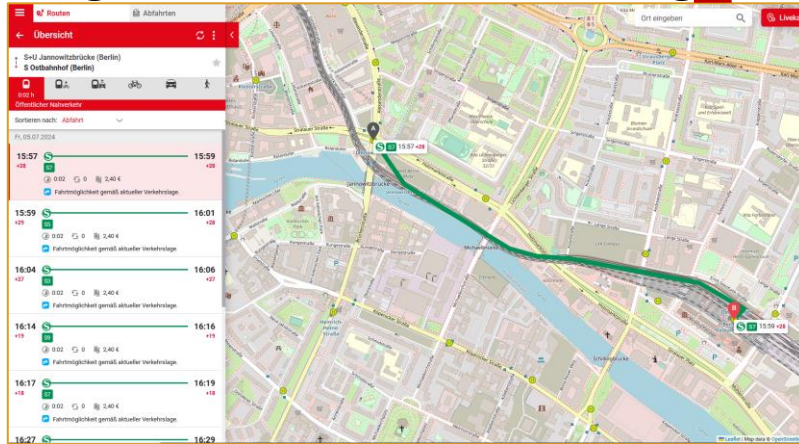
- Grundidee: Fahrzeug-/bzw. Linienkapazitäten beim Alternativrouting berücksichtigen
 - Vor allem für größere Störungen (Streckenunterbrechungen) relevant
 - Integration einer “verkehrslenkenden” Komponente in die Reiseauskunft
- Soweit möglich: Fahrten mit vergleichbarer Kapazität vorschlagen
 - auch bei längeren Fahrzeiten oder mehr Umstiegen
 - Vergeben von Kapazitätsklassen für Verkehrsmittel-Gattungen
 - Berücksichtigen der Kapazitätsklasse im Routing



Kapazitätsbasiertes Routing - Beispiel

Connection S+U Jannowitzbrücke – S Ostbahnhof (Berlin)

Originale S-Bahn-Verbindung

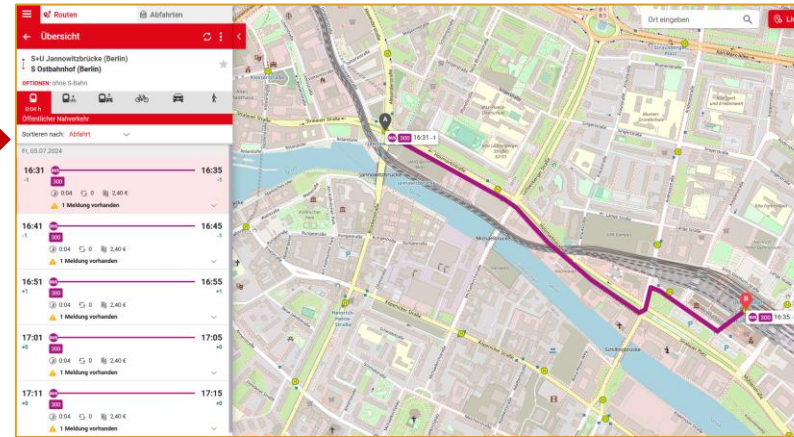


Use case: Störung auf der Stadtbahn

S-Bahn verkehrt

- Mit großen Fahrzeugen
- In dichtem Takt (3 Fahrten in 10 Minuten)

„Standard“-Alternative: Bus



Kapazitätsbasierte Alternative: U8 and RE



Buslinie 300 wird als Alternative vorgeschlagen

Vorteil:

- Vergleichbare Reisezeit (4 statt 2 Minuten)
- Direkte Verbindung

Nachteile:

- Geringe Fahrzeugkapazität
 - Nur 1 Fahrt in 10 Minuten
- Überlastung der Verbindung ist zu erwarten!

Alternative mit U8 und RE

Nachteile:

- Längere Reisezeit(16-20 min),
1 Umstieg

Vorteile:

- 2 Fahrten in 10 Minuten
- Vergleichbare Fahrzeugkapazität

- Erweiterung HAFAS-Datenmodell um Kapazitätsklassen, zusätzlich zu den detaillierten Kapazitätsdaten für die Prognose
 - Zuordnung zu Gattungen
 - Erweiterung TRANSFORM (Datenaufbereitung)
 - Erweiterung HAFAS-Server (Verarbeitung der Kapazitätsklassen)
- Erweiterung des HAFAS-Algorithmus
 - Anpassen des Routings: Im Störfall werden die Kapazitätsklassen der originalen Fahrt im Alternativrouting berücksichtigt
- Definition von Testfällen „ein erfahrener Planer würde diese Alternativroute wählen“...
- Tests des erweiterten Algorithmus grundsätzlich erfolgreich, aber die Ergebnisse sind noch zu umfangreich und entfalten keine lenkende Wirkung

Lessons learned:

- Fragestellung ist schwieriger / umfangreicher als ursprünglich angenommen
- Erprobte Ansätze müssen weiter verfeinert werden, um verkehrslenkende Wirkung zu entfalten



Ergebnisse aus der Nutzer/innen- Forschung

Catharina Wasić, Malte Petersen, Wei Jin, Chris Gorecki, Mandy Dotzauer



Gefördert durch:

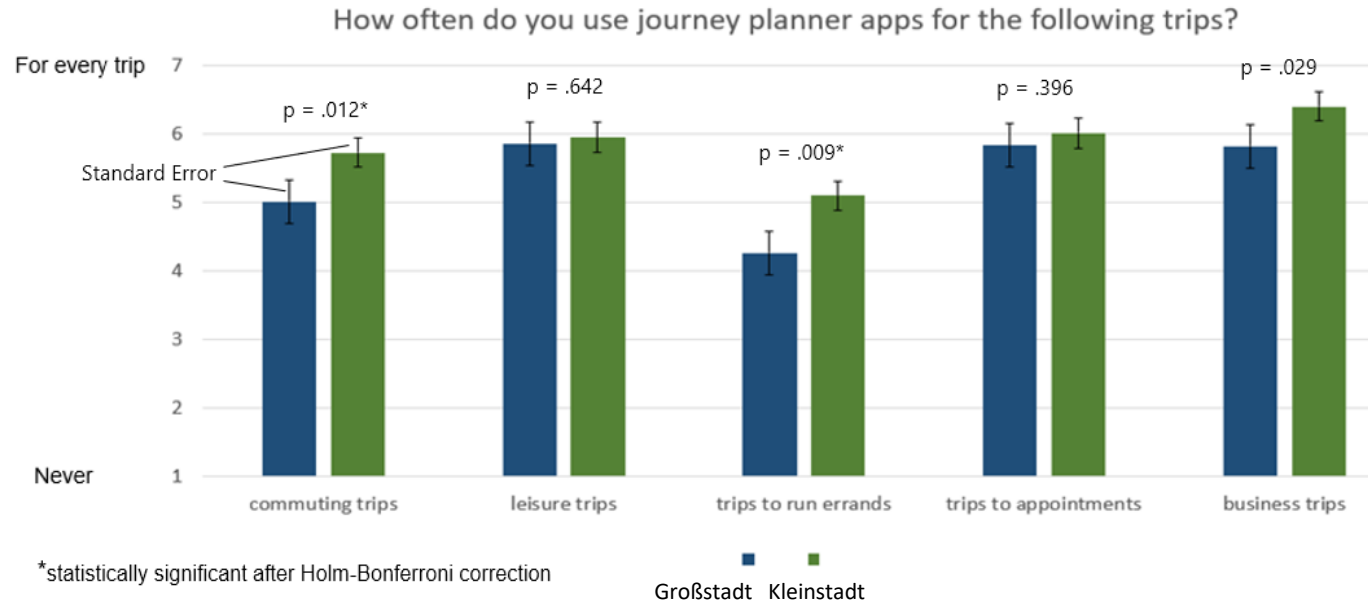


aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Nutzungsverhalten von Auskunftszapps (Petersen & Dotzauer, 2023)

How often do you use journey planner apps for public transportation? (1 = never, 7 = for every trip)

| | Overall | Großstadt | Kleinstadt | Vergleich Groß- vs Kleinstadt | Cohens d |
|-----------|-------------|-------------|-------------|----------------------------------|----------|
| Mean (SD) | 5.85 (1.35) | 5.42 (1.46) | 6.16 (1.16) | $p < .001$ | 0.57 |



Fahrgäste aus Kleinstädten nutzen Auskunftszapps öfter als Menschen aus Großstädten.

Nutzungsverhalten von Auskunftsans (Petersen & Dotzauer, 2023)

| | Less than 10 minutes prior to the trip | | 10-30 minutes prior to the trip | | 30 minutes – 1 hour prior to the trip | | 1-2 hours prior to the trip | | More than 2 hours prior to the trip | | More than 24 hours prior to the trip | |
|-----------------------|--|--------------|---------------------------------|--------------|---------------------------------------|------------|-----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|--------------------------------------|--------------|
| | Großstadt | Kleinstadt | Großstadt | Kleinstadt | Großstadt | Kleinstadt | Großstadt | Kleinstadt | Großstadt | Kleinstadt | Großstadt | Kleinstadt |
| Commuting | 32.9% | 26.9% | 32.9% | 28.6% | 22.4% | 21.0% | 5.9% | 10.9% | 17.6% | 11.8% | 12.9% | 11.8% |
| Leisure | 20.0% | 22.7% | 31.8% | 28.6% | 38.8% | 24.4% | 23.5% | 15.1% | 20.0% | 16.8% | 20.0% | 21.8% |
| Run errands | 31.8% | 23.5% | 32.9% | 20.2% | 18.8% | 14.3% | 7.1% | 8.4% | 4.6% | 8.4% | 5.9% | 1.7% |
| Appointments | 12.9% | 14.3% | 21.2% | 13.4% | 36.5% | 23.5% | 24.7% | 13.4% | 27.1% | 19.3% | 27.1% | 24.4% |
| Business trips | 10.6% | 9.2% | 11.8% | 10.1% | 10.6% | 11.8% | 11.8% | 10.9% | 16.5% | 10.9% | 41.2% | 35.3% |

Multiple answers were possible

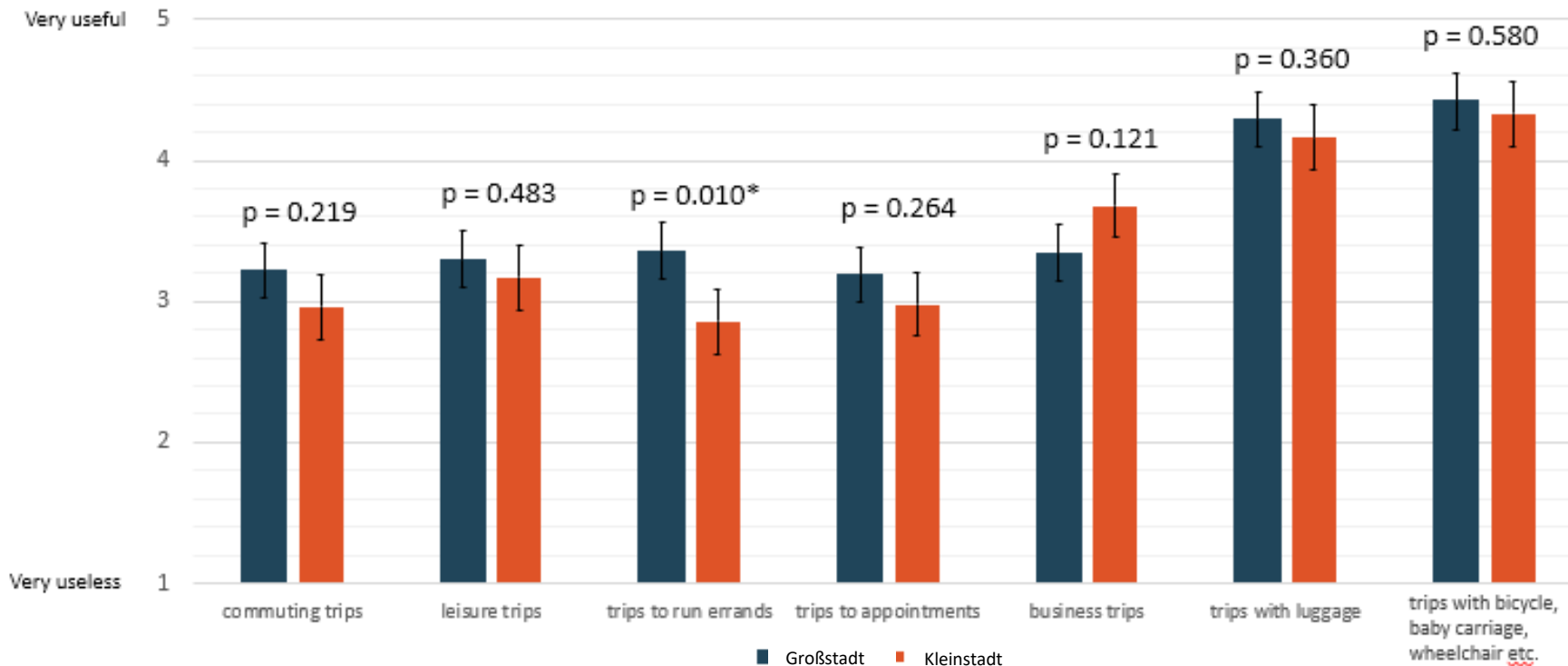
Wann die App genutzt wird, hängt vom Fahrtzweck ab:

- Pendel- und Besorgungsfahrten werden 30 Minuten oder weniger vor dem Start geplant,
- Geschäftsreisen und Termine werden mehr als 24 Stunden vor der Fahrt.

Nützlichkeit von Auslastungsinformationen (Petersen & Dotzauer, 2023; Wasic et al., 2024)

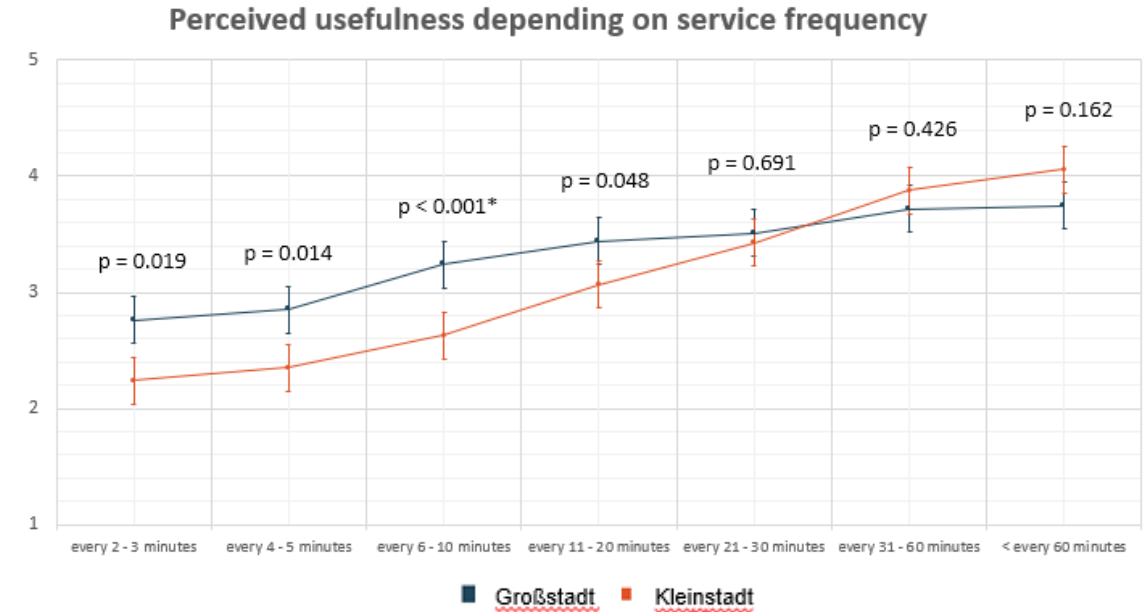
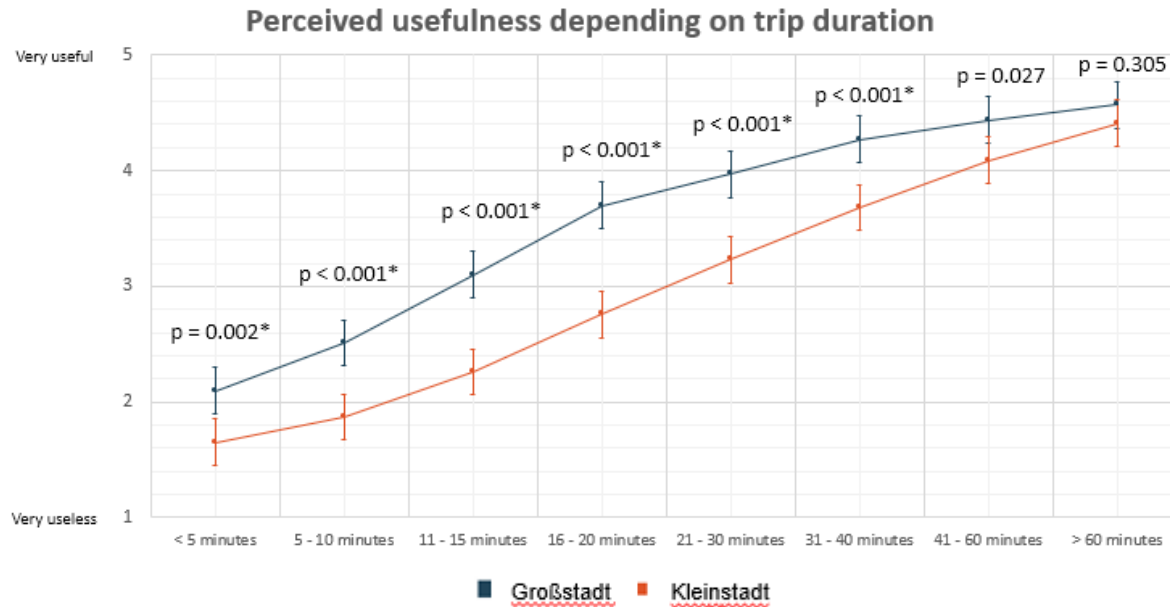
Insgesamt wird die Auslastungsinformation als nützlich bewertet.

Perceived usefulness for different trip purposes



- Fahrgäste mit größerem Platzbedarf (Gepäck, Fahrrad, Kinderwagen, Rollstuhl) bewerten die Auslastungsinformation als nützlicher.
- Eine weniger ausgelastete Route zu wählen, hängt vom Fahrtzweck ab.

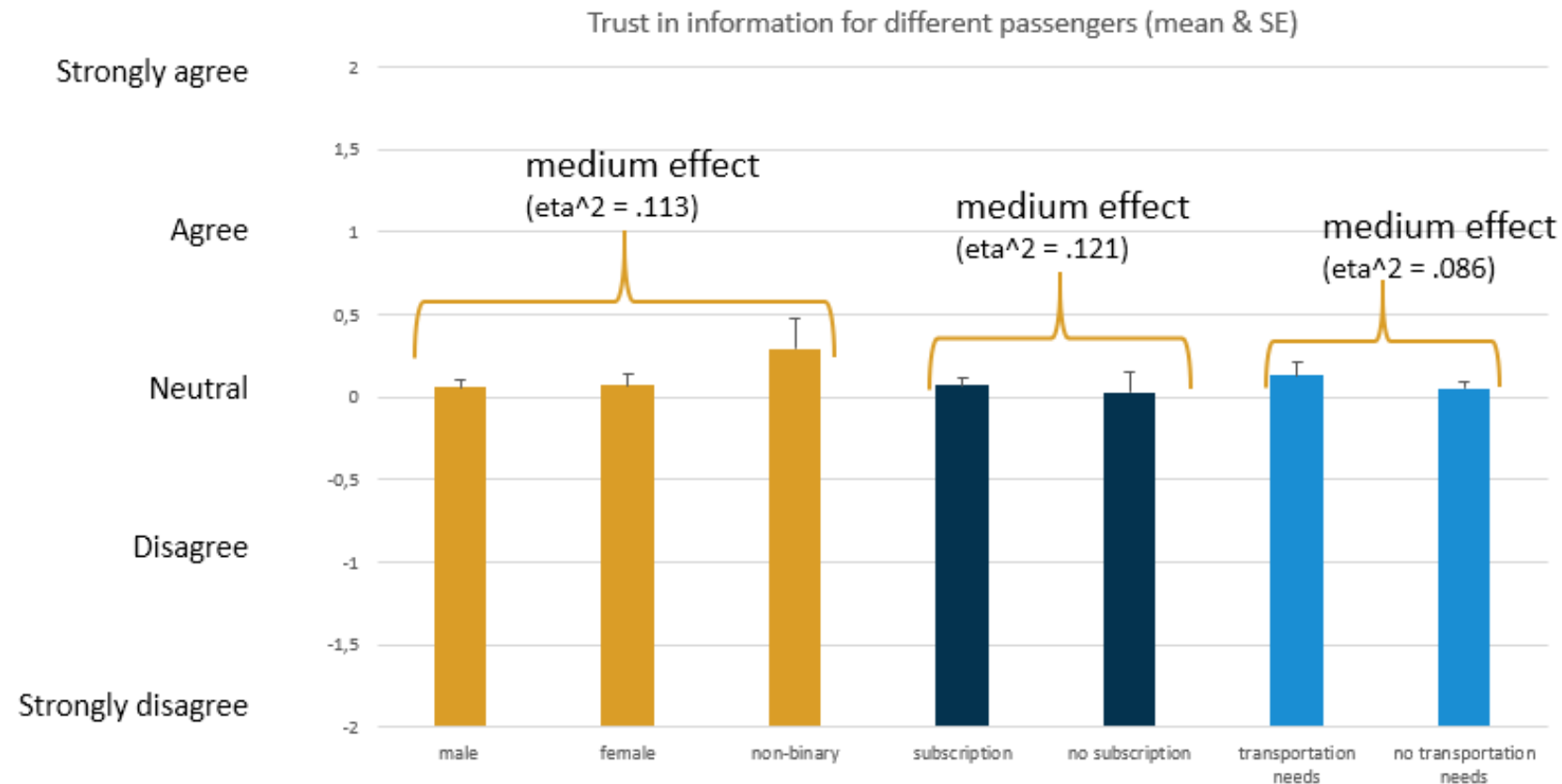
Nützlichkeit von Auslastungsinformationen (Petersen & Dotzauer, 2023; Wasic et al., 2024)



Menschen aus Großstädten bewerten Auslastungsinformationen als nützlicher:

- vor allem für Fahrten über 40 Minuten
- und einer Taktung größer als 10 Minuten

Vertrauen in Auslastungsinformationen (Wasic et al., 2024)

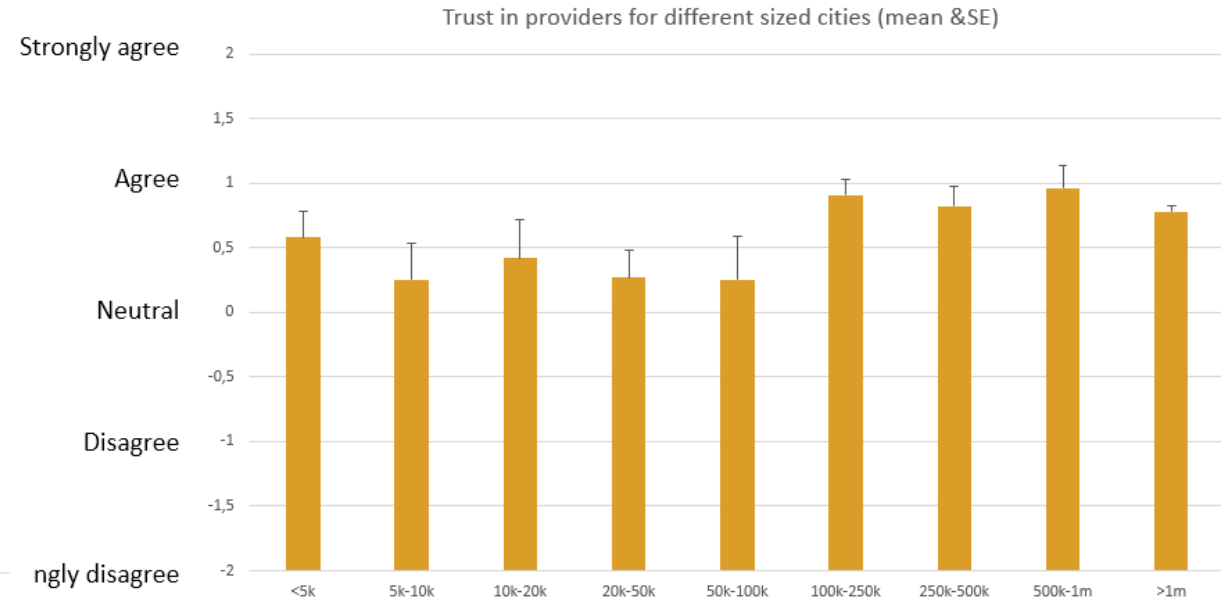
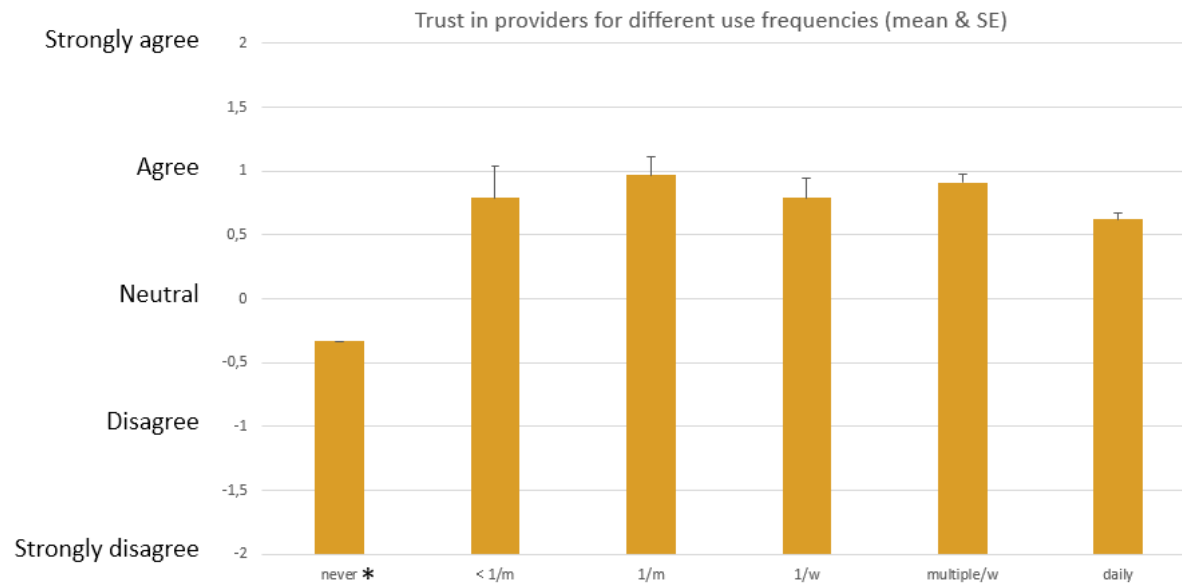


Vertrauen in die Auslastungsinformation ist höher bei Fahrgästen

- mit Abos,
- mit größerem Platzbedarf,
- sowie für nicht-binäre Fahrgäste.

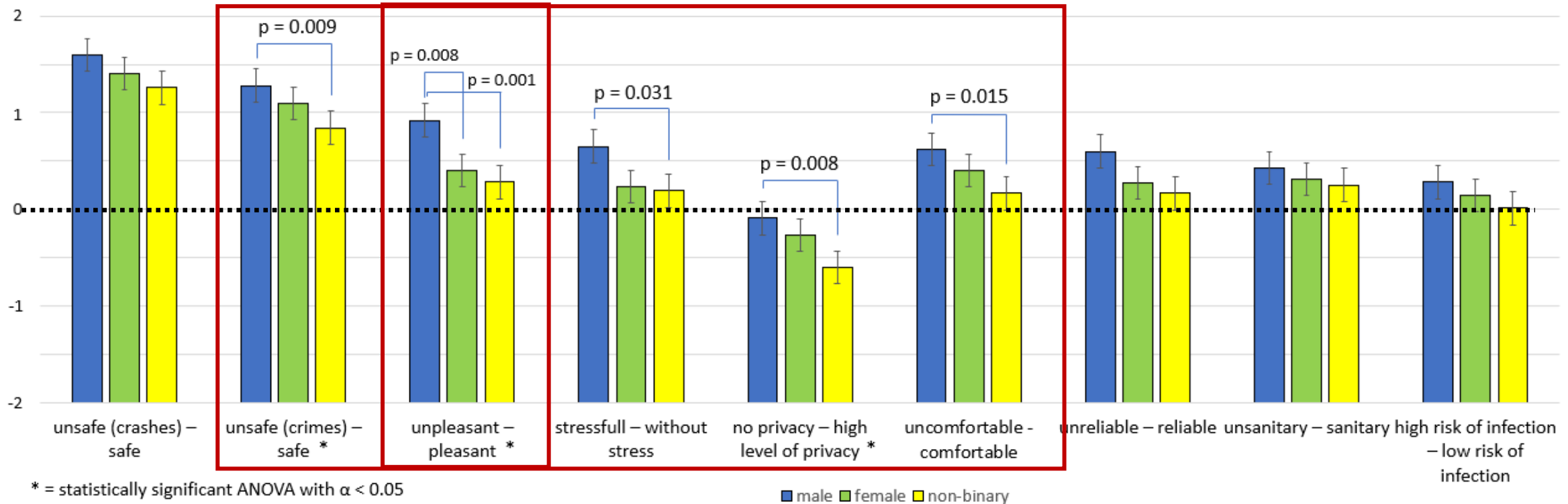
Vertrauen in Verkehrsunternehmen (Wasic et al., 2024)

Fahrgäste aus größeren Städten vertrauen Verkehrsunternehmen mehr.



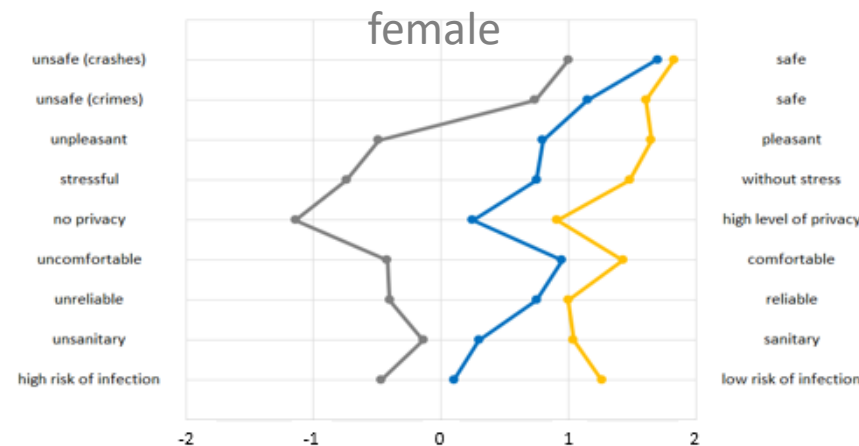
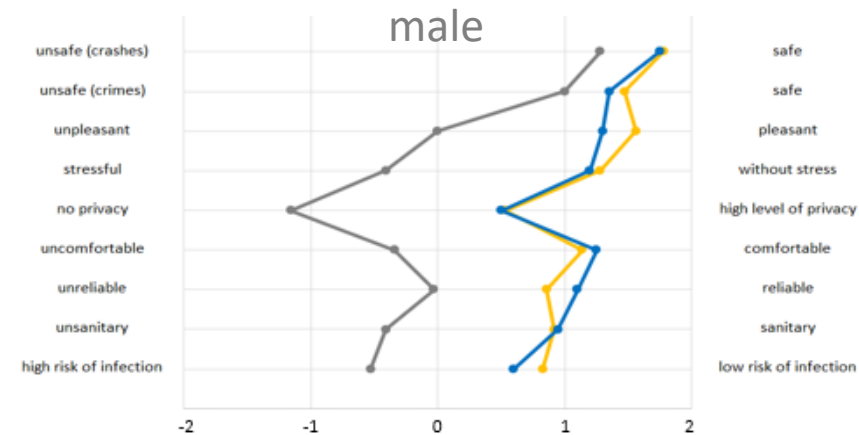
Vielnutzer/innen haben weniger Vertrauen in Verkehrsunternehmen.

Genderidentität & Bewertung der Fahrt (Petersen, et al., 2024)

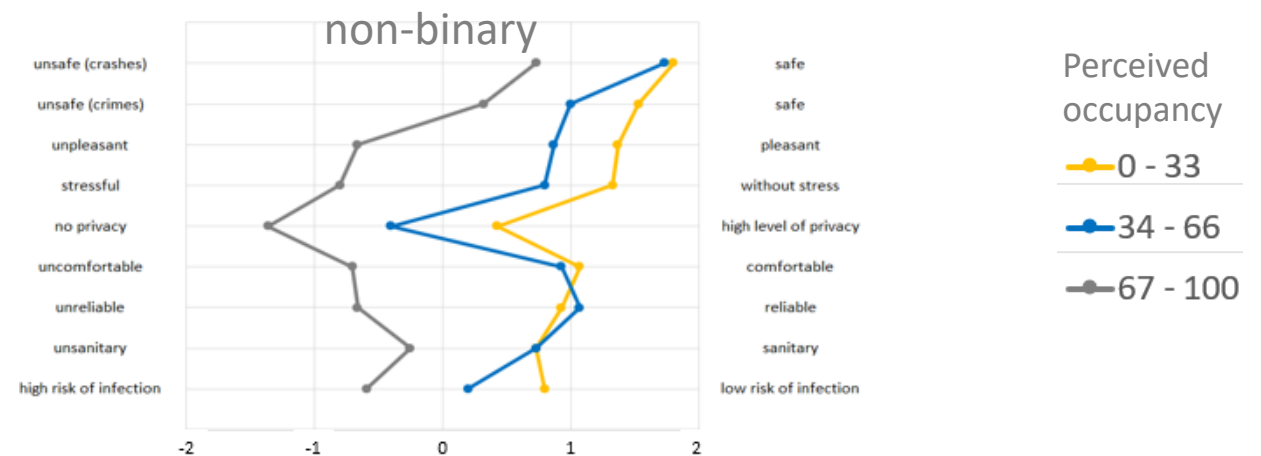


- Fahrten wurden von nicht-binären Personen und Frauen schlechter bewertet als von Männern.
- Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen Frauen und nicht-binären Personen.
- Signifikante Unterschiede zwischen Männern und nicht-binären Personen ergaben sich in Bezug persönliche Sicherheit, Annehmlichkeit, Stress, Privatsphäre und Komfort.
- Männer und Frauen unterschieden sich in der Bewertung der Annehmlichkeit signifikant.

Genderidentität, wahrgenommene Auslastung und Bewertung der Fahrt (Petersen, et al., 2024)

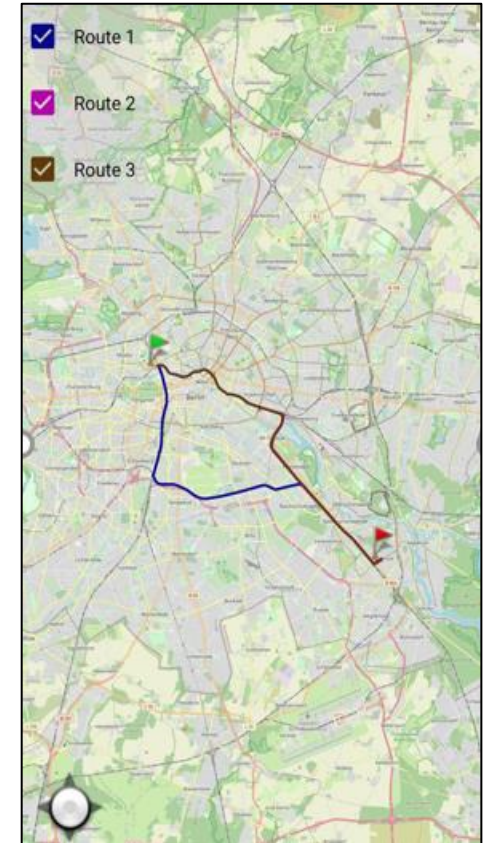
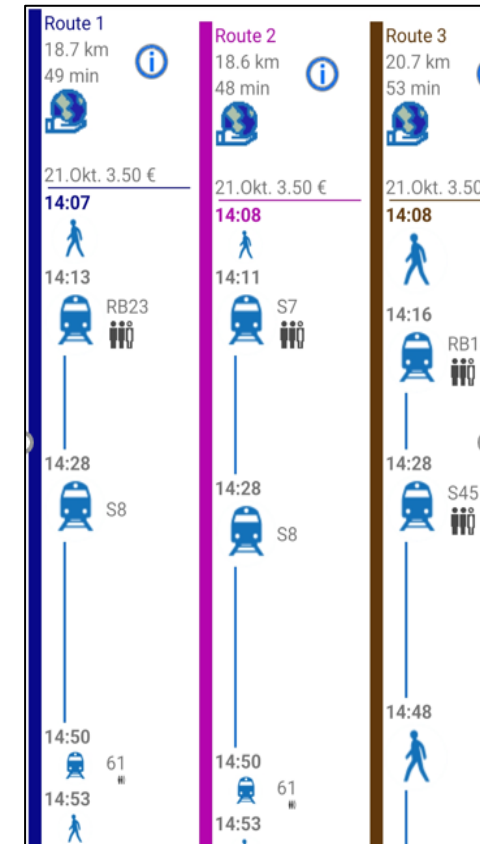


- Männer bewerteten die Fahrt ähnlich für geringe und moderate Auslastung. Eine positive Bewertung nahm für volle Züge ab.
- Frauen differenzierten stärker; die Bewertung der Fahrt nahm ab, wenn die wahrgenommene Auslastung zunahm.
- Privatsphäre zeigte sich als wichtiges Thema für nicht-binäre Personen. Es gab einen starken Abfall in der Bewertung von geringer zu moderat wahrgenommener Auslastung.

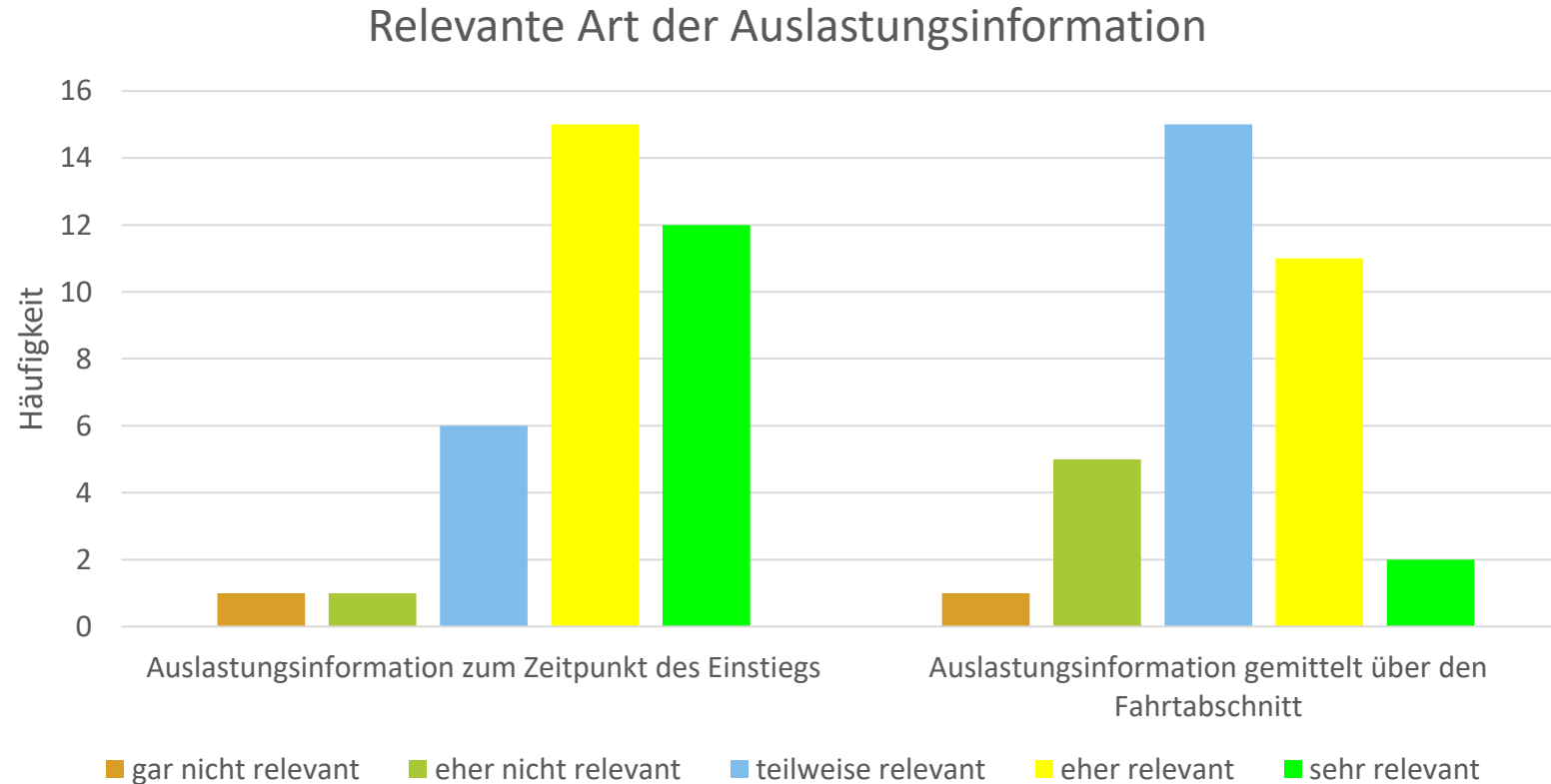


Erste Erkenntnisse aus der Pilotstudie

- Bereits mehr als 400 Fahrten (Stand 17.02.) mit System zum auslastungsbasierten Routing durchgeführt.
- 66% der Teilnehmenden empfanden die Auslastungsinformationen im 1. Monat als „nützlich“ oder „sehr nützlich“.
- Im 2. Monat lag dieser Anteil bei 84%.
- → Bewertung der Nützlichkeit steigt mit der Zeit

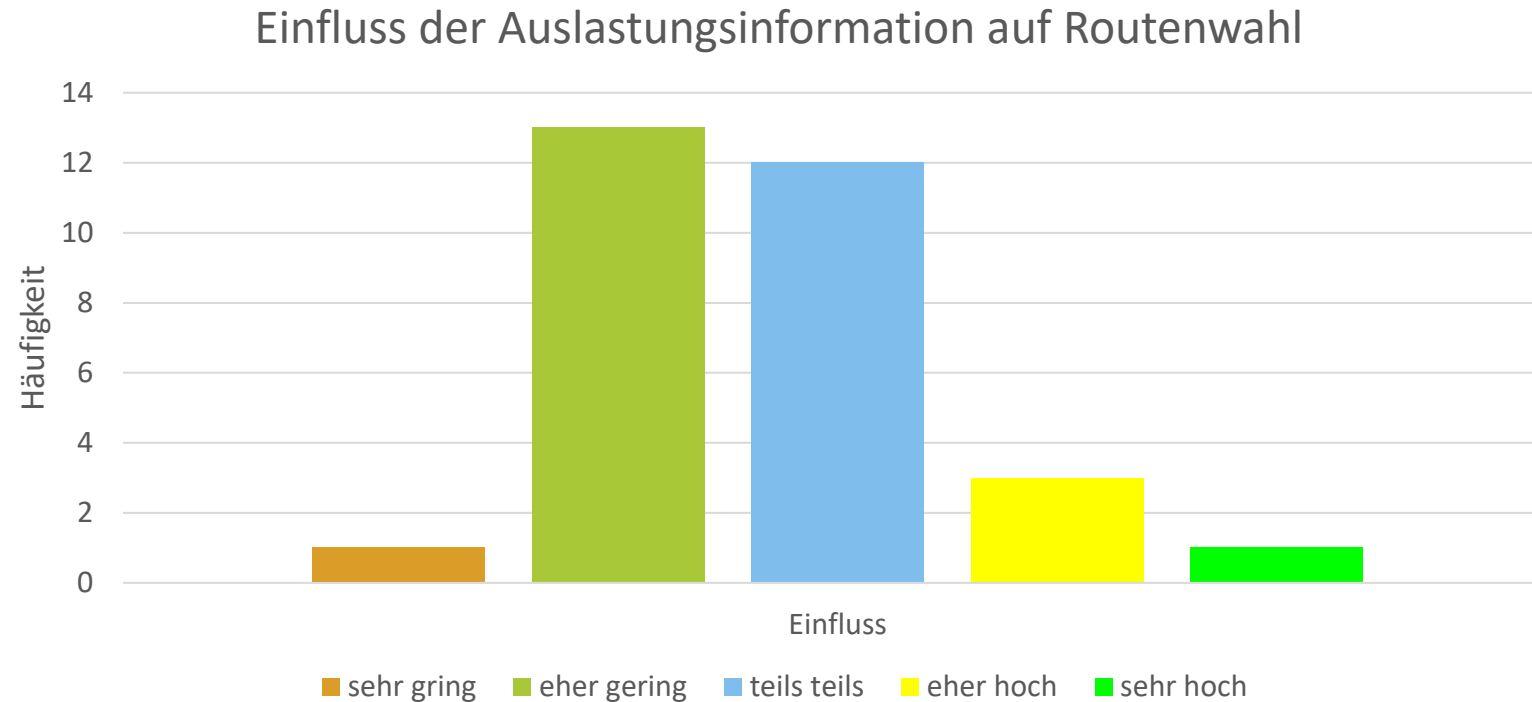


Erste Erkenntnisse aus der Pilotstudie



Insgesamt wird die Auslastungsinformation zum Zeitpunkt des Einstiegs als relevanter eingeschätzt.

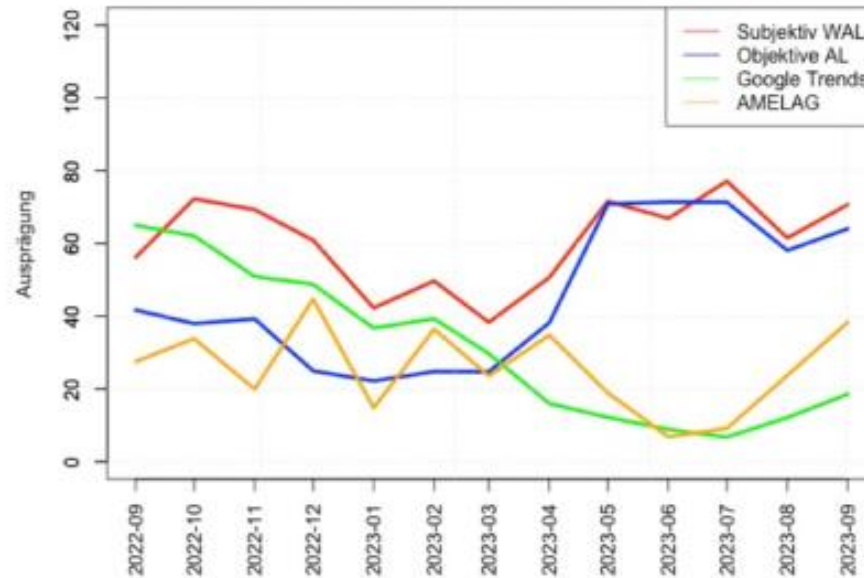
Erste Erkenntnisse aus der Pilotstudie



Der Einfluss der Auslastungsinformation auf die Routenwahl wird als eher gering bis mittelmäßig eingeschätzt.

Erster Vergleich von subjektiver und objektiver Auslastung (Fechner, 2024)

Monatlicher Verlauf der Variablen von September 2022 bis September 2023

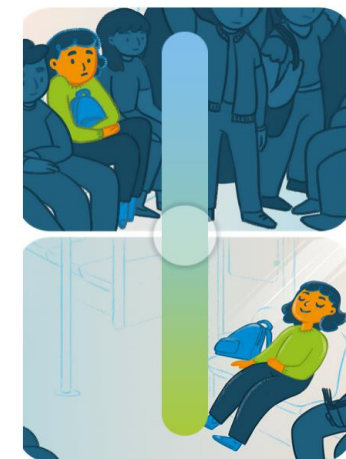


Anmerkungen. N = 1987, Subjektiv WAL = subjektiv wahrgenommene Auslastung, Objektive AL = objektive Auslastung.

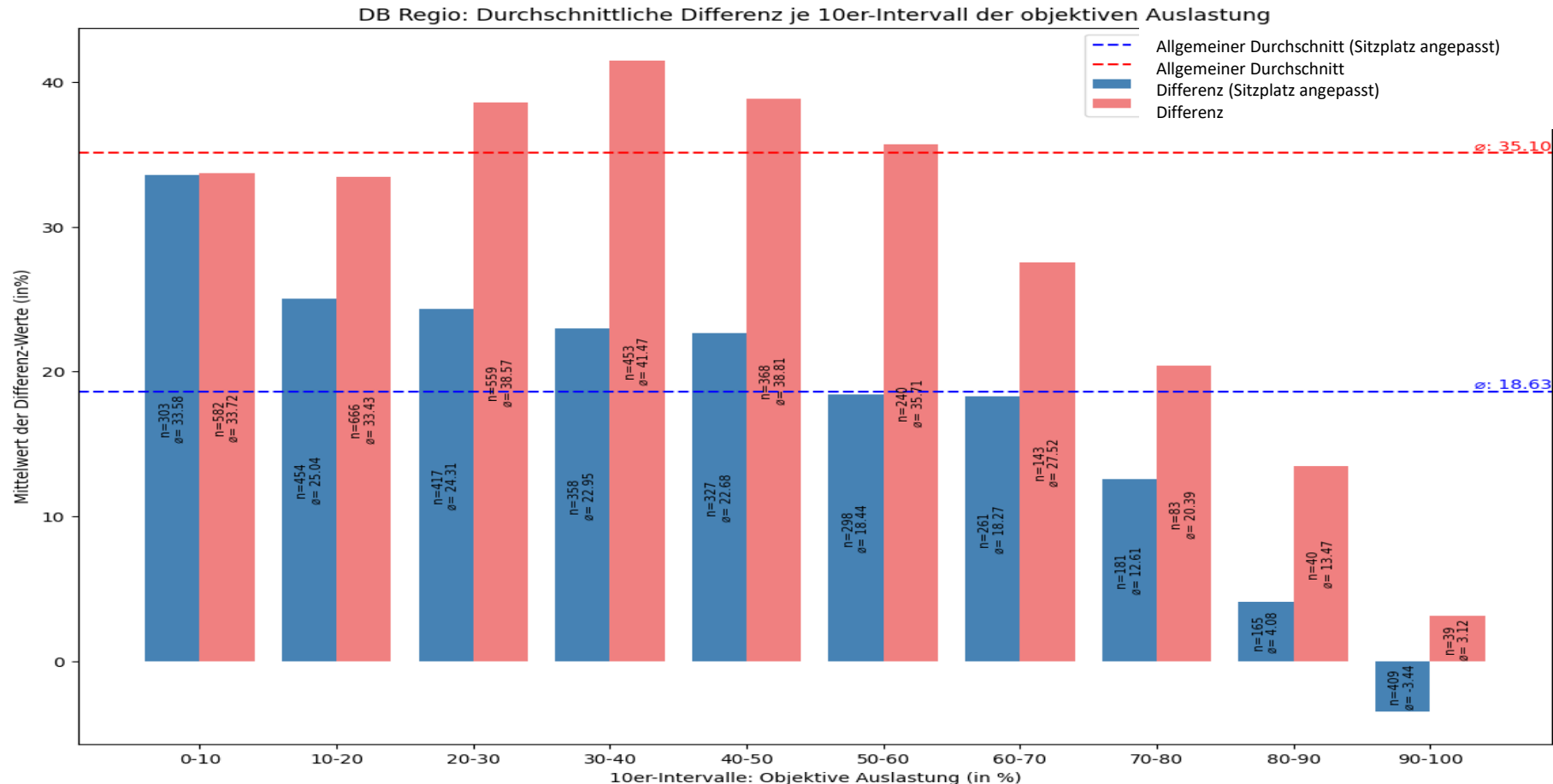
- In den Wintermonaten, in denen die Covid-19-Werte hoch waren, gab es eine deutlich größere Diskrepanz zwischen wahrgenommener und objektiver Auslastung.
- Ab September 2023 zeigte sich die Tendenz, dass die objektive und wahrgenommene Auslastung wieder weiter auseinandergehen.



How crowded does it feel on this train?
Please indicate how crowded it feels on this train. Please
slide the circle up (full) and down (empty) accordingly.



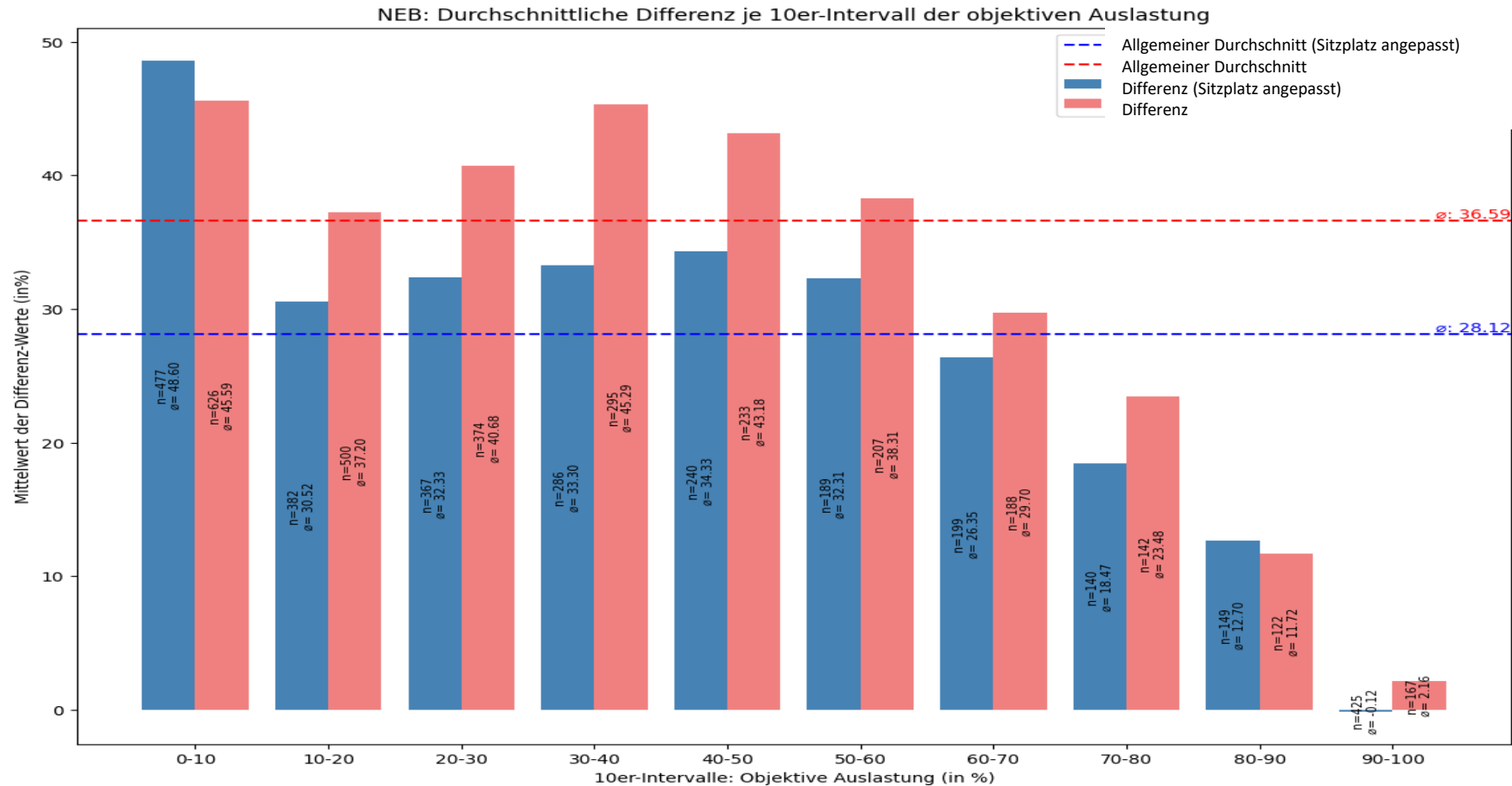
Vergleich der subjektiven und objektiven Auslastung



Fahrgäste nehmen Züge der DB Regio voller wahr, als sie es objektiv sind:

- Besonders bei leeren und mittelvollen Zügen
- Die Anpassung der objektiven Auslastung mit Bezug zu den Sitzplätzen, gibt das subjektive Empfinden besser wider, passt jedoch auch nicht vollständig.

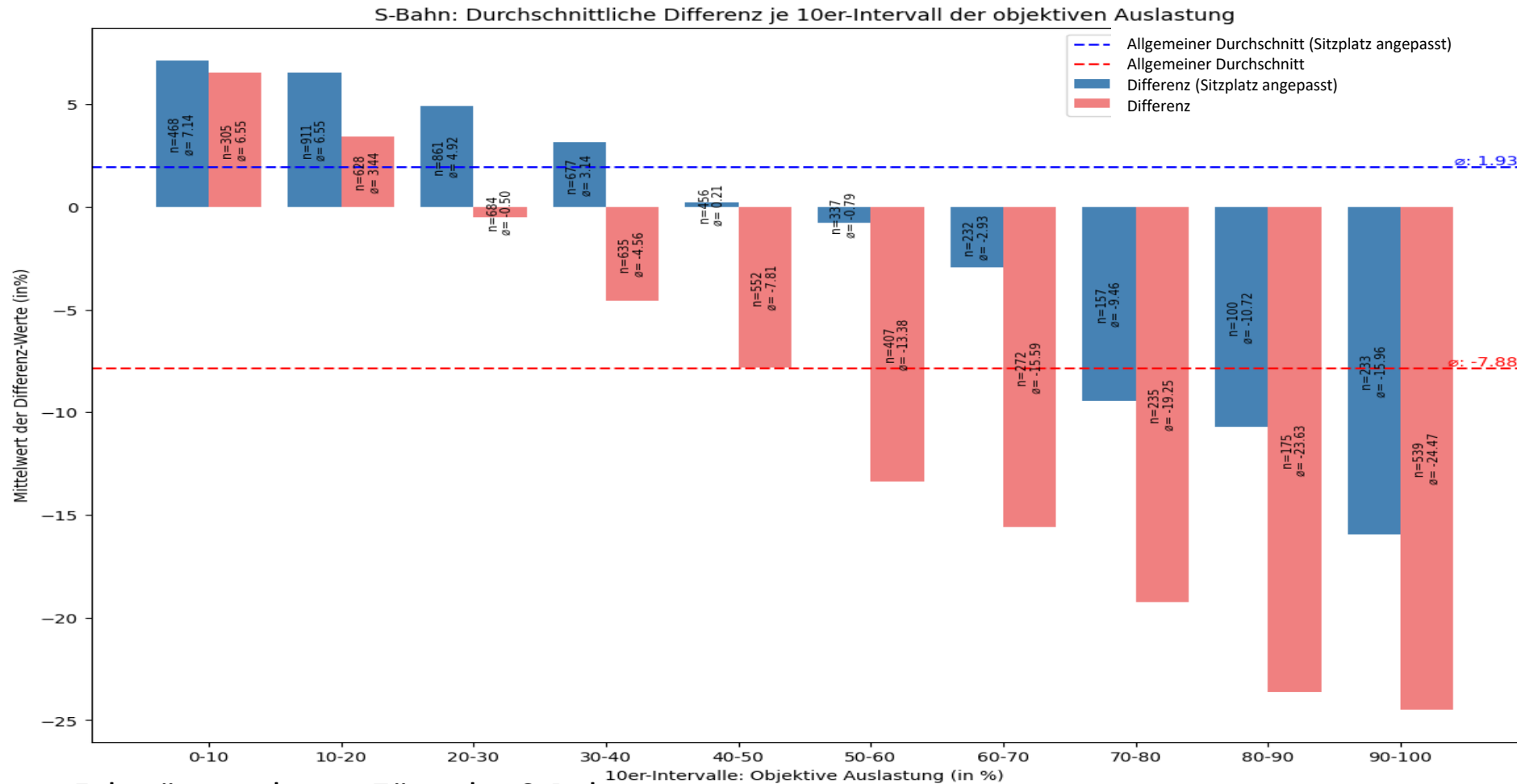
Vergleich der subjektiven und objektiven Auslastung



Fahrgäste nehmen Züge der NEB voller wahr, als sie es objektiv sind:

- Besonders bei leeren und mittelvollen Zügen
- Die Anpassung der objektiven Auslastung mit Bezug zu den Sitzplätzen, gibt das subjektive Empfinden besser wider, passt jedoch auch nicht vollständig.

Vergleich der subjektiven und objektiven Auslastung

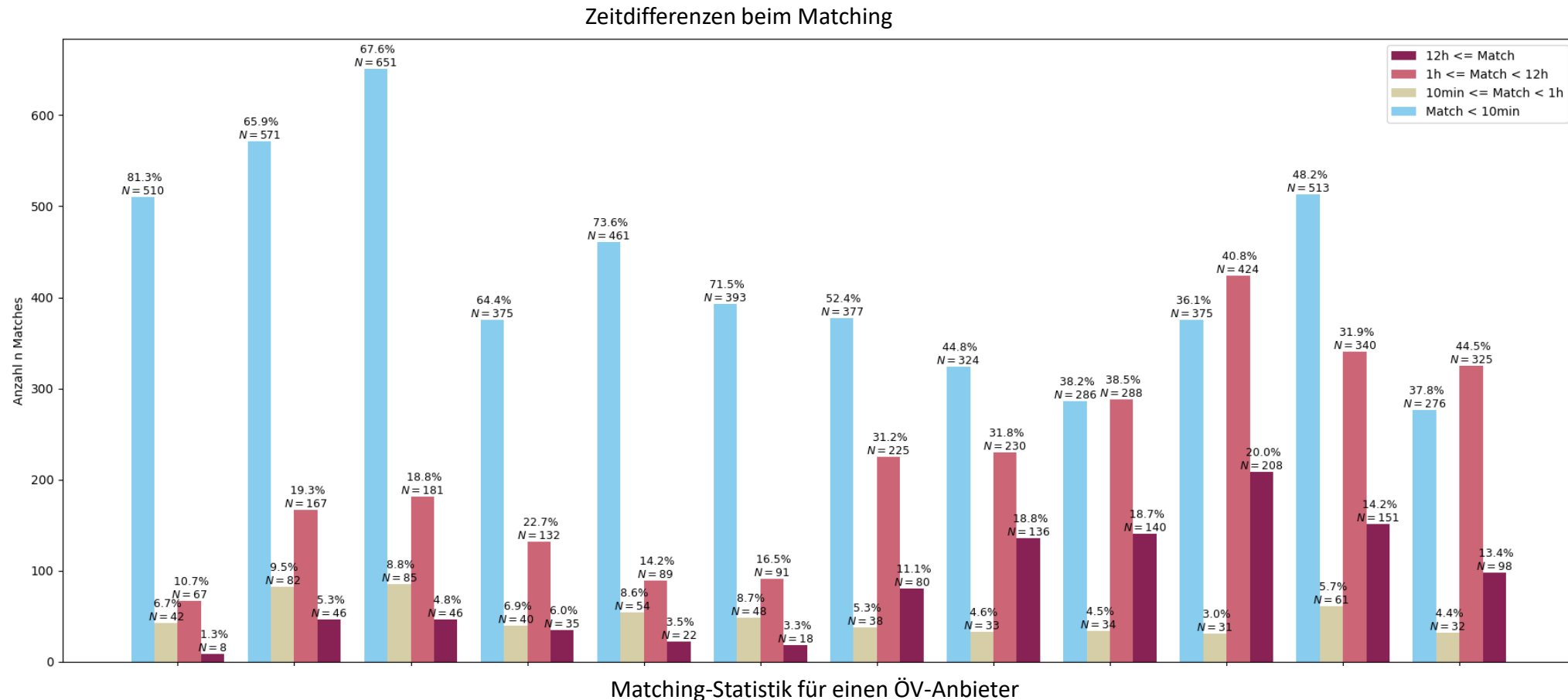


Fahrgäste nehmen Züge der S-Bahn

- Bei leeren Zügen voller wahr, bei vollen Zügen leerer war, als sie es objektiv sind.
- Die Anpassung der objektiven Auslastung mit Bezug zu den Sitzplätzen, gibt das subjektive Empfinden besser wider – besonders bei mittlerer Auslastung – passt jedoch auch nicht vollständig.

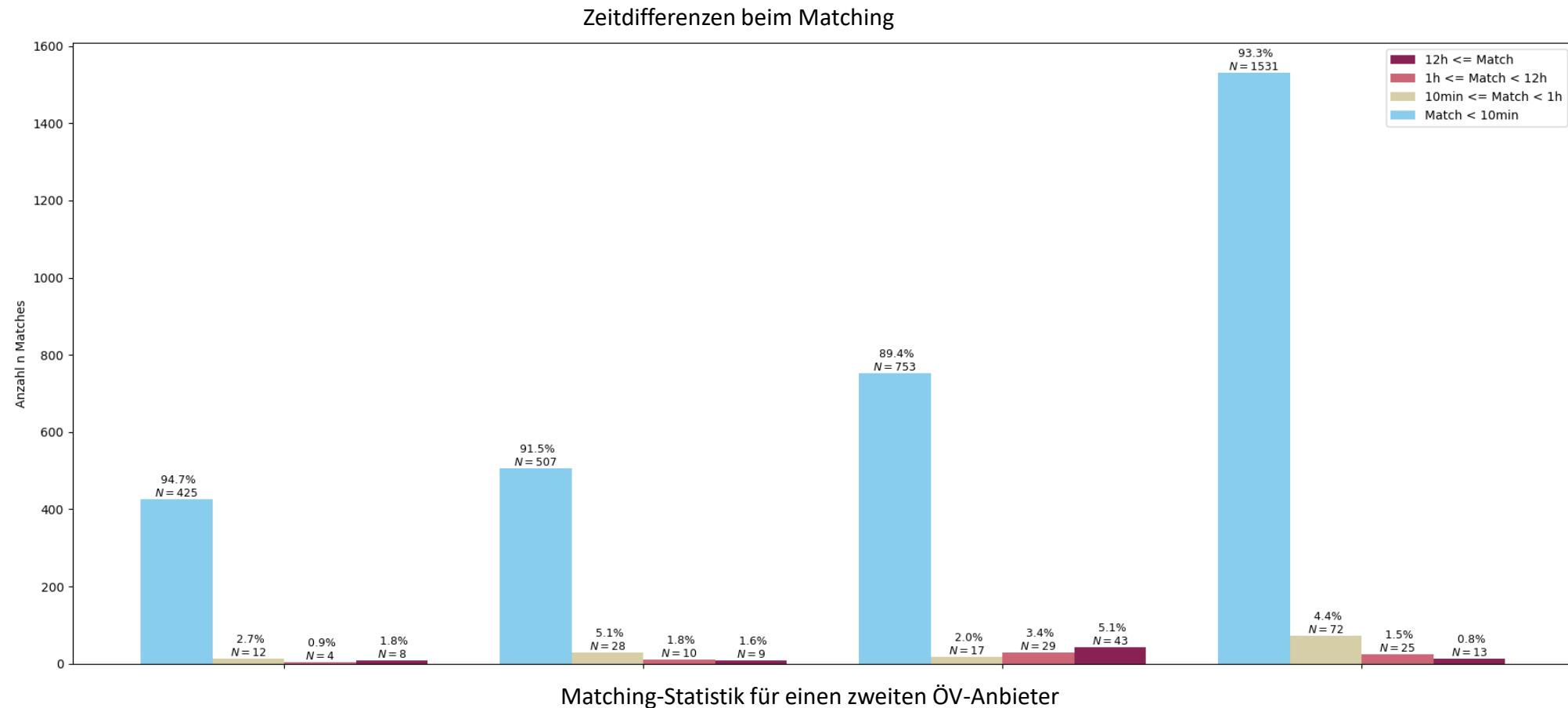
Lessons Learned: Daten sind nicht gleich Daten

Reliabilität der Daten:



Lessons Learned: Daten sind nicht gleich Daten

Reliabilität der Daten:



Lessons Learned: Daten sind nicht gleich Daten

Hoher Aufwand für Datenbereinigung und – Verarbeitung;

Einheitliches Datenformat würde dies vereinfachen, z.B.:

- Timestamp in UTF-Format
- Mindestens die IST An- & Abfahrtszeit angeben (Timestamp in UTF-Format)
- Jeweils eindeutige ID für Zugnummer, Strecke, Haltestation
- Einheitliche Stationsbenennung
(z.B. **Deutsche Bahn**: „Berlin-Grünau S-Bahn“, **VBB**: „S Grünau (Berlin)“)
- Vollständige Angaben der vorhandenen Kapazität: Sitz- & Stehplätze, Klappsitze

Lessons Learned: Daten sind nicht gleich Daten

Einheitliches Datenformat:

```
NR;DATUM;LFD-NR.HALT;IBNR(5-STELL.);NAME-HALT;DS10
20230901 1;11274;BERLIN-GRÜNAU;BGAS;0;0;0;447;0;0
20230901 1;11274;BERLIN-GRÜNAU;BGAS;2;0;0;447;0;2
20230901 2;11530;EICHWALDE;BEIW;0;0;452;453;0;0;0
20230901 2;11530;EICHWALDE;BEIW;0;0;452;453;0;2;0
20230901 3;11590;ZEUTHEN;BZTH;0;0;455;458;0;0;0;8
20230901 3;11590;ZEUTHEN;BZTH;0;1;455;458;0;1;0;1
20230901 4;11584;WILDAU;BWI;0;0;502;0;0;0;0;0;0
20230901 4;11584;WILDAU;BWI;0;1;502;0;0;0;0;0;0
```

Rohdaten: Datum und Zeit in anderem Format und verschiedenen Spalten. Abfahrtszeiten sind so zu interpretieren:
z.B.: 447 = 04:47 Uhr.

```
Andatum;Anzeit;Abdatum;Abzeit;Ortsdaten;Verk Zug
4421418 01.08.2023;00:19:24 01.08.2023;00:22:52;
4421418 01.08.2023;00:24:48 01.08.2023;04:42:28;
4421418 01.08.2023;04:51:23 01.08.2023;04:56:24;
4421418 01.08.2023;04:59:29 01.08.2023;05:00:40;
4421418 01.08.2023;05:04:43 01.08.2023;05:06:36;
4421418 01.08.2023;05:08:23 01.08.2023;05:10:08;
4421418 01.08.2023;05:12:25 01.08.2023;05:13:21;
4421418 01.08.2023;05:16:03 01.08.2023;05:17:28;
```

Rohdaten: Andatum und Abdatum sind gleich.
Uhrzeiten in separaten Spalten.

Lessons Learned: Daten sind nicht gleich Daten

Einheitliches Datenformat:

```
filter_Nr;inBetriebszweig_Nr;inLinie_Nr;Be  
13;1 27.6.2022 00:00:00 2 15840 16;1,00;1;  
13;1 27.6.2022 00:00:00 1 36000 4;1,00;1;  
13;1 27.6.2022 00:00:00 1 52200 4;1,00;1;  
13;1 27.6.2022 00:00:00 1 20280 6;1,00;1;  
13;1 27.6.2022 00:00:00 1 45000 6;1,00;1;  
13;1 27.6.2022 00:00:00 1 61200 6;1,00;1;  
13;1 27.6.2022 00:00:00 1 76800 6;1,00;1;  
13;1 27.6.2022 00:00:00 1 41400 16;1,00;1;
```

Rohdaten: Datum mit „Füll“-Uhrzeit. Tatsächliche Uhrzeit in Sekunden angegeben. Z.B.: 15840 = 04:24 Uhr.

```
TIMESTAMP_ANKUNFT;TIMESTAMP_ABFAHRT;LFD-NR.HALT;  
2023-09-02 10:02:00;2023-09-02 10:03:00 11;11109  
2023-09-02 20:38:00;2023-09-02 20:39:00 12;11137  
2023-09-02 20:50:00;2023-09-02 20:51:00 16;10041  
2023-09-03 10:11:00;2023-09-03 10:11:00 8;11148;  
2023-09-03 11:28:00;2023-09-03 11:28:00 14;11136  
2023-09-03 11:55:00;2023-09-03 11:56:00 1;11196;  
2023-09-03 11:55:00;2023-09-03 11:56:00 1;11196;  
2023-09-03 17:02:00;2023-09-03 17:02:00 3;11234;
```

Fertig verarbeitete Daten: Datum mit Uhrzeit in UTF Timestamp Format. Ankunft und Abfahrt in jeweils einer Spalte.

Lessons Learned: Daten sind nicht gleich Daten

- Kürzel, Abkürzungen, o.ä. erklären oder Definition mitgeben
- Gegebenenfalls auch Einheiten der Daten angeben
- Es gibt **nie zu viele** Informationen
- Format der Dateien kann zu Exportierfehlern führen

```
ID;loFahrt_Nr;inErhebungsfilter_Nr;inBetriebszweig_Nr;inLinie_Nr;Betriebstag;Richtung;loAbfahrtzeit;byKursnummer
```

```
Zaehlkasse wagenscharf;Ein;Aus;Bes;
```

```
UIC-Nummer;Andatum;Anzeit;Abdatum;Abzeit;Ortsdaten;Verk Zugnr (FIS)
```

Beispiele an Datenspalten, die teilweise nicht immer selbsterklärend sind und weitere Erklärung benötigen.

Lessons Learned: Daten sind nicht gleich Daten

Das Wichtigste zusammengefasst:

- Standardformate und Strukturen für zukünftige Datenerhebungen
- Dokumentation führen und Erklärungen zur Verfügung stellen
- Komplizierte Datenführung vermeiden
- Je selbsterklärender Namensgebungen sind, desto besser

```
ID;loFahrt_Nr;inErhebungsfilter_Nr;inBetriebszweig_Nr;inLinie;
25621292520;256212925;20;13;1;27.6.2022 00:00:00;2;15840;16;1;
25621297020;256212970;20;13;1;27.6.2022 00:00:00;1;36000;4;1;
25621297120;256212971;20;13;1;27.6.2022 00:00:00;1;52200;4;1;
25621297820;256212978;20;13;1;27.6.2022 00:00:00;1;20280;6;1;
25621298020;256212980;20;13;1;27.6.2022 00:00:00;1;45000;6;1;
25621298120;256212981;20;13;1;27.6.2022 00:00:00;1;61200;6;1;
```

```
"ID";"byPosition";"HaltestelleNr";"Haltestellenname";"Einst
"25621292520";2;110010;"Björnsonstr.";0,00;0,00;0,00
"25621292520";3;110008;"Schönfließer Str.";0,00;0,00;0,00
"25621292520";4;110007;"Schönhauser Allee/Bornholmer Str.";
"25621292520";5;130011;"U Vinetastr.";1,00;0,00;2,00
"25621292520";6;130512;"Masurenstr.";0,00;0,00;2,00
"25621292520";7;130002;"S+U Pankow";1,00;1,00;2,00
```

Hier wurden die Fahrten und Auslastung separat dokumentiert, weshalb hier nochmal extra gematcht werden muss für Datum und Abfahrtzeiten.

1. Fechner, N. (2024). Mind the Gap: Untersuchung der Unterschieds zwischen objektiver und subjektiv wahrgenommener Auslastung im öffentlichen Personenverkehr unter Berücksichtigung der Covid-19.Pandemie als potenzieller Einflussfaktor. Bachelorarbeit, Universität Münster.
2. Petersen, M. & Dotzauer, M. (2023). Information on Capacity Utilization for Public Transportation: Useful for Passengers? In: Proceedings of the 8th Humanist Conference. HUMANIST 8th International Conference, 2023-09-21 - 2023-09-22, Berlin, Germany.
3. Petersen, M., Wasic, C. & Dotzauer, M. (2024). Perceived degree of crowding and quality of public transportation: The importance of including the third gender. HFES Annual Meeting Europe Chapter, 2024-04-17 - 2024-04-19, Lübeck, Deutschland.
4. Wasic, C., Guenderen, N., Petersen, M., & Dotzauer, M. (2024). To trust or not to trust: Perception of information on occupancy. European Transport Conference. 2024-09-18, Antwerp, Belgium.

Dr. Mandy Dotzauer
Dr. Catharina Wasić
Malte Petersen

mandy.dotzauer@dlr.de
catharina.wasic@dlr.de
malte.petersen@dlr.de

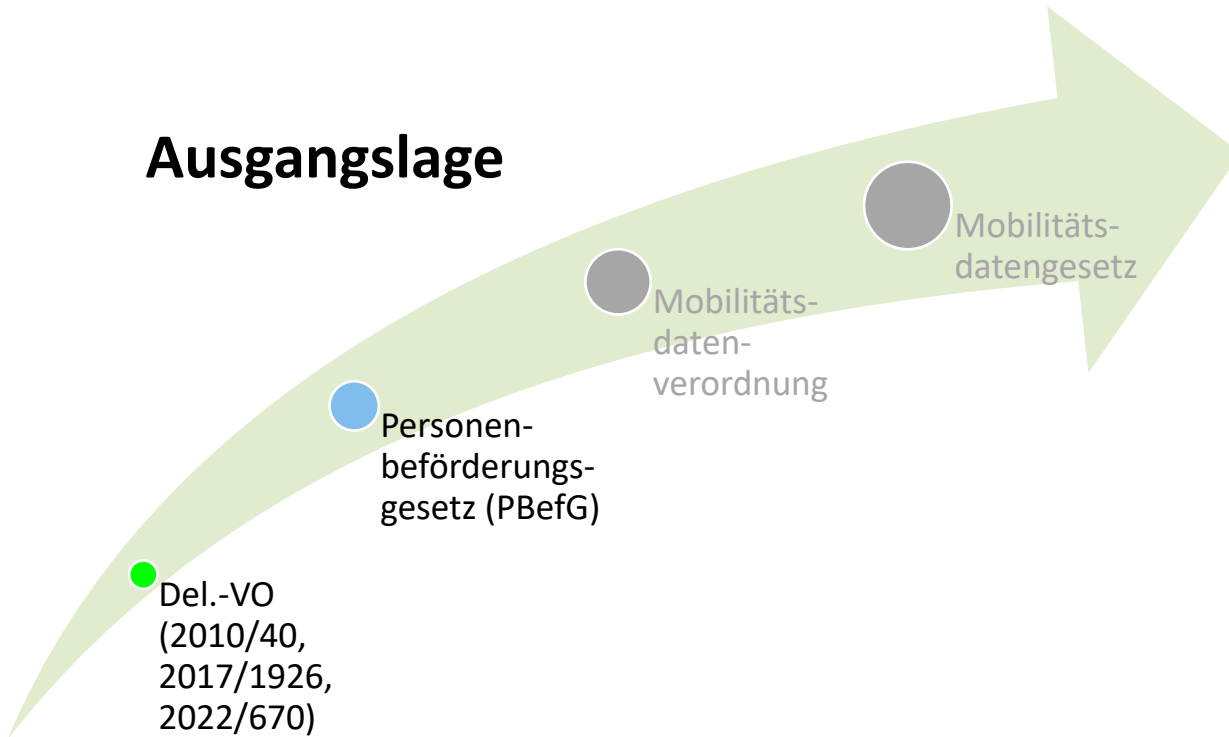
Vernetzung, Standardisierung und Wissenstransfer mit der Branche



Gefördert durch:



Ausgangslage



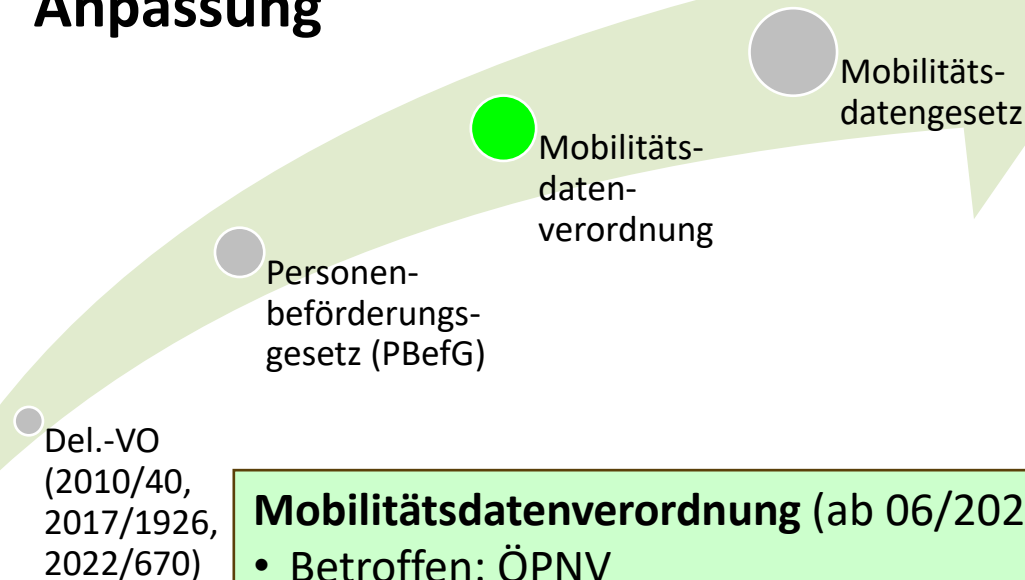
Europa: Delegierten Verordnungen (Del.-VO)

- 2010/40: Einführung intelligenter Verkehrssysteme im Straßenverkehr und für deren Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern
- 2017/1926: Ergänzung 2010/40; Bereitstellung EU-weiter multimodaler Reiseinformationsdienste
- 2022/670: Bereitstellung EU-weiter Echtzeit-Verkehrsinformationsdienste

Deutschland: Personenbeförderungsgesetz (PBefG, ab 07/2022)

- Bereitzustellende Daten (Linienverkehr → ÖPNV)
 - Statisch: Infrastruktur, Fahrpläne, Routen, Preise oder Tarifstruktur, Buchung/Bezahlung, Barrierefreiheit ...
 - Dynamisch: Betriebsstatus Infrastruktur (z.B. Aufzüge), Ausfälle, Störungen, Verspätungen, voraussichtliche Abfahrts- und Ankunftszeit, Auslastung
- Bereitzustellende Daten (Gelegenheitsverkehr → grds. Fahrzeuge mit Fahrer → KEIN Sharing)
 - Statisch: Bediengebiet und -zeiten, Standorte, Preise, Buchung/Bezahlung
 - Dynamisch: Verfügbarkeit von Fahrzeugen (inkl. Auslastung)

Anpassung



Mobilitätsdatenverordnung (ab 06/2022)

- Betroffen: ÖPNV
- Zu bereitstellende Daten
 - Statisch (Fahrplan, ...)
 - Dynamisch (Echtzeit, GPS, Verzögerungen, Auslastungsgrad)
- Ziel: Nationaler Zugangspunkt („NAP“)
 - Kostenfrei
- Wie:
 - konkrete Vorgaben zu Schnittstellen
 - Konkrete Vorgaben zum Auslastungsgrad



Auslastungsgrad bei Fahrzeugen

Wann ist ein Fahrzeug voll?

- Zulassung?
- Alltag?

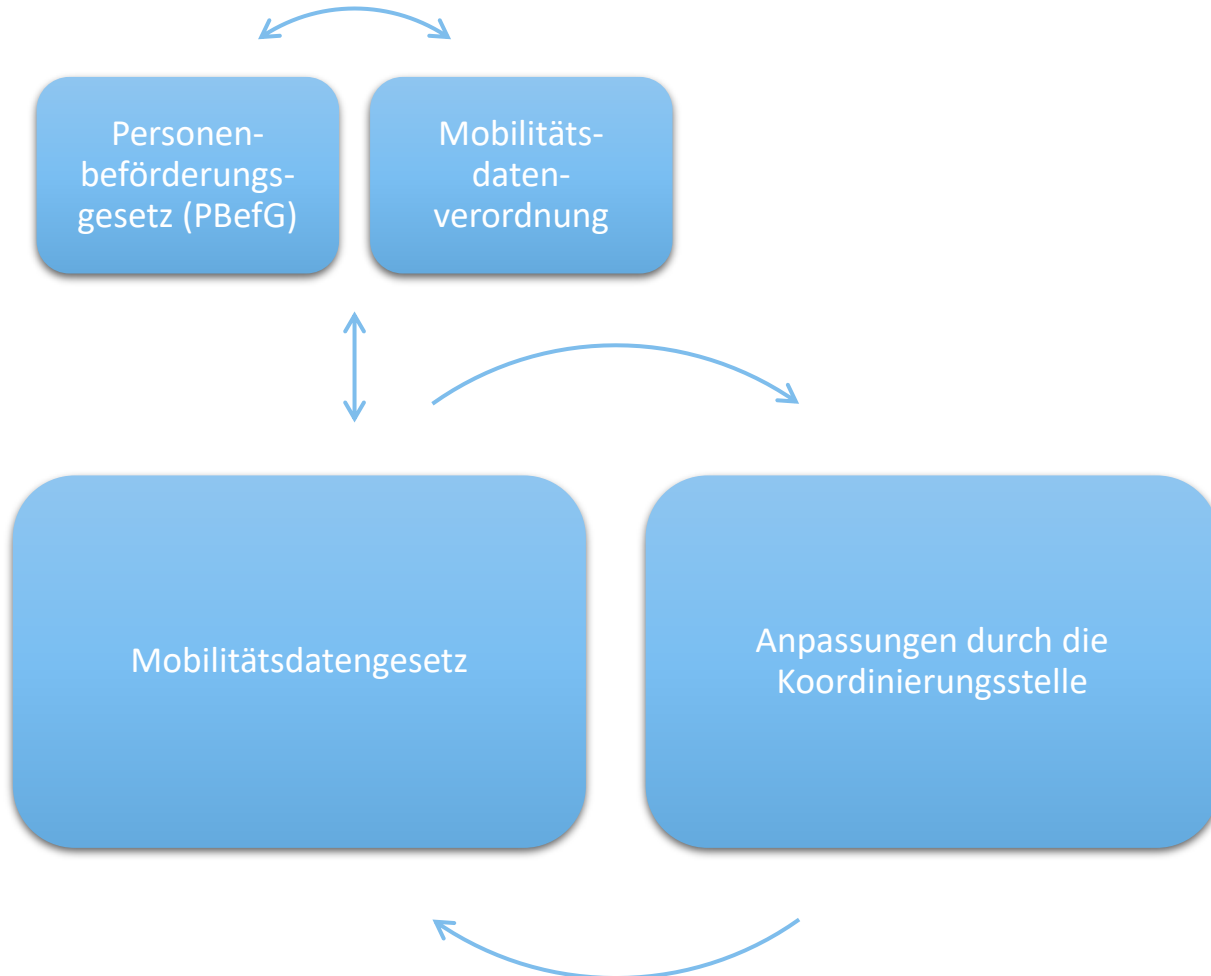
Wann wird ein Fahrzeug wie voll empfunden?

- Alle Sitzplätze belegt?
- Unterschied zwischen Fahrzeugen (z.B. Nahverkehr vs. Fernverkehr)?



SAFIRA

Zukunft



Mobiliätsdatengesetz (geplant ab 2025, Fachlich ab 12/2028)

- Betroffen: ÖPNV, Sharing, Taxi, ...
- Bereitzustellende Daten (gemäß Del.-VO.)
 - Statisch
 - Dynamisch
- Ziel: Nationaler Zugangspunkt („NAP“)
 - Kostenfrei
- Wie
 - Gesetz - keine Vorgaben zu Qualität, Schnittstellen, Auslastungsgrad usw.
 - Koordinierungsstelle (ab 2026, gemeinsam mit Branchenvertretern)

→ **Definition bundesweit einheitlicher Regelungen**





Nationale Standards

Verband deutscher Verkehrsunternehmen (VDV)

- Schriften (Beschreibung der Schnittstelle)
 - VDV 453 Solldaten
 - VDV 454 Istdaten
 - Je Fahrtabschnitt & Fahrzeug (Je Ausstattung (1./2. Klasse, Abteile, Fahrräder ...))
 - Kapazitäten
 - Zählraten
 - Auslastungsgrad
- Mitteilungen (Nutzungsempfehlung)
 - 7052 Auslastungsinformationen in der Fahrgastkommunikation

Europäische Standards

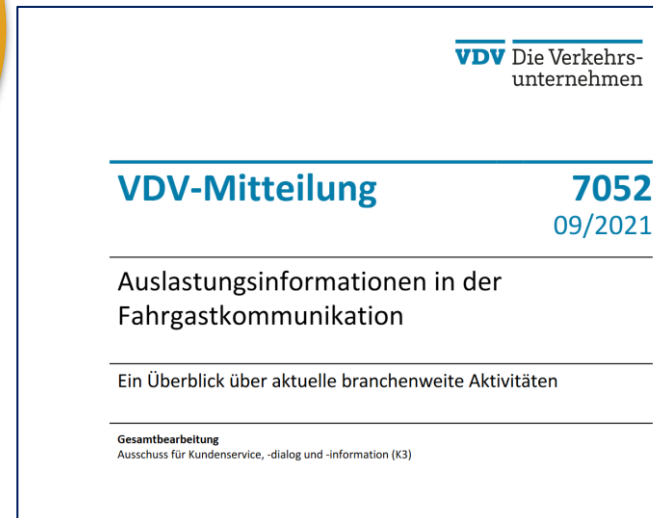
EU → Service Interface for Real Time Information (SIRI)

- Estimated Timetable (ET, Abfahrtstafel)
 - Wagenkapazität
 - Auslastungsgrad je Wagen und Fahrtabschnitt → Fortschreibend (gleiches Feld)

Branche → General Transport Feed Specification (GTFS)

- Real Time (RT)
 - Auslastungsgrad je Fahrzeug / Wagen (aktuell Feld noch experimentell)

→ Harmonisierung erforderlich



LINK:
knowhow.vdv.de/documents/713-0-1/



Alle, welche national vernetzt und Interesse an Auslastungsinformation haben, sind über SAFIRA gestolpert

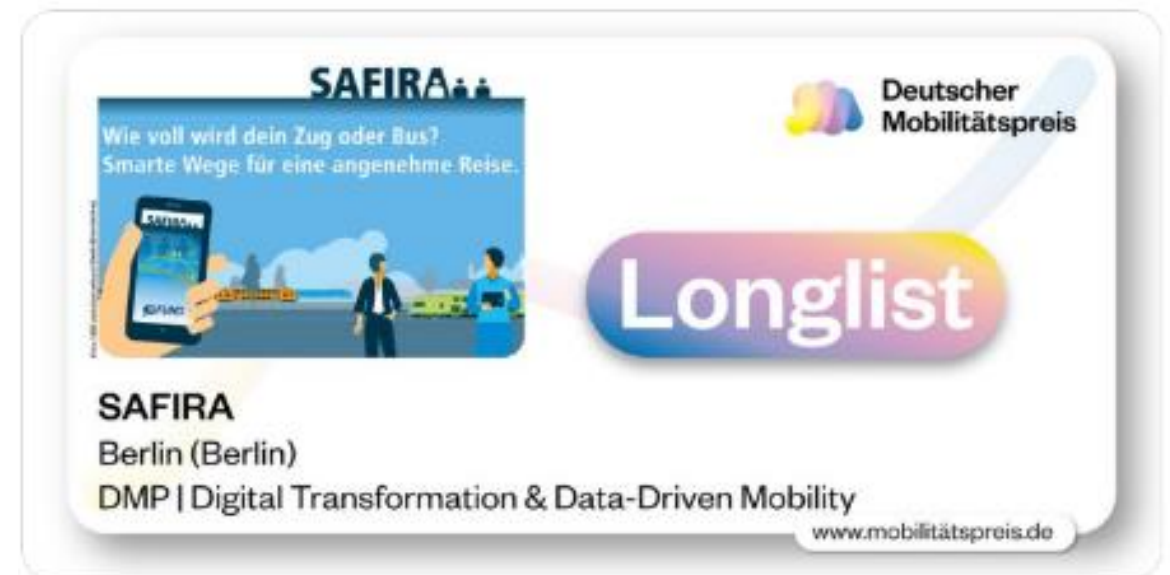
- Initiativen und Verbände
 - BRAIN
 - UITP
 - VDV
 - DELFI
 - BSN
- Messen, Kongresse und Verleihungen
 - IT-Trans Karlsruhe
 - Zukunft Nahverkehr
 - InnoTrans
 - Messe Smart Country Convention
 - mFUND Konferenzen
 - Deutscher Mobilitätspreis



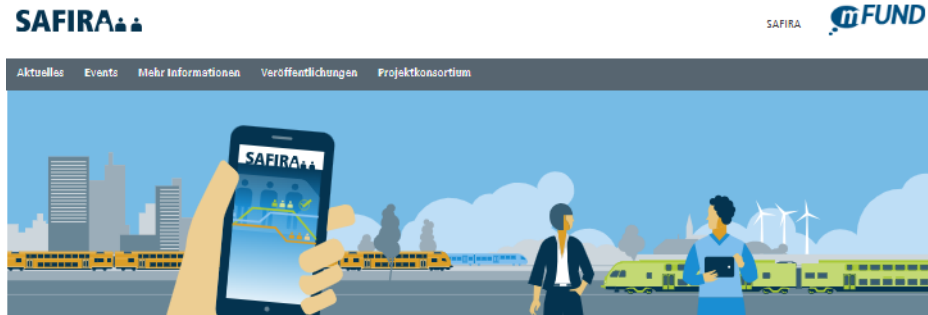
DLR_Verkehr
@DLR_Verkehr

...

Für unser Projekt SAFIRA wird's spannend: Es steht auf der Longlist zum Deutschen Mobilitätspreis. Wir drücken die Daumen! 🍀 @DMP_innovativ @VBB_BerlinBB #mobility #publictransport



11:18 vorm. · 14. Nov. 2023 · 99 Mal angezeigt



Wissen, wie voll der Zug ist, bevor er kommt!

SAFIRA - Sicherheit und Abstand durch Fahrgastlenkung basierend auf Informationen und Auslastungsdaten

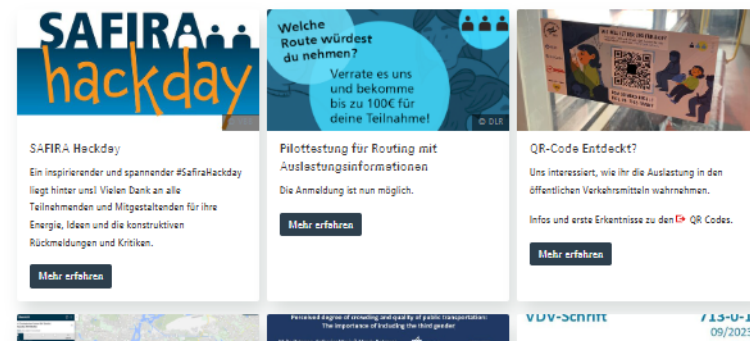
Die Verfügbarkeit von Auslastungsinformationen ist ein wichtiger Grundstein für die Verkehrswende. Durch die Erfassung, Verarbeitung und Visualisierung von Auslastungsinformationen können Fahrgäste ihre Reise besser planen und entscheiden, ob sie warten oder eine alternative Route nehmen möchten.

Während der Corona-Pandemie sind die Fahrgastzahlen stark zurückgegangen und die Mobilität der Menschen hat sich zeitlich und räumlich verändert. Deshalb müssen jetzt digitale Innovationen vorangetrieben werden, um die Weichen für die Zukunft zu stellen.

Das Projekt SAFIRA nimmt sich dieser Aufgabe an. Es schafft die Grundlagen, dass Fahrgäste aktuelle Informationen über die zu erwartende Auslastung ihrer Verbindung erhalten. Dazu werden innovative Methoden zur Auslastungsprognose erforscht. Durch eine umfassende Einbeziehung von Nutzerinnen und Nutzern wird gemeinsam erarbeitet, welche Informationen zu einer einfachen Wahrnehmung der Auslastung der Verkehrsmittel beitragen.

[Mehr Infos](#)

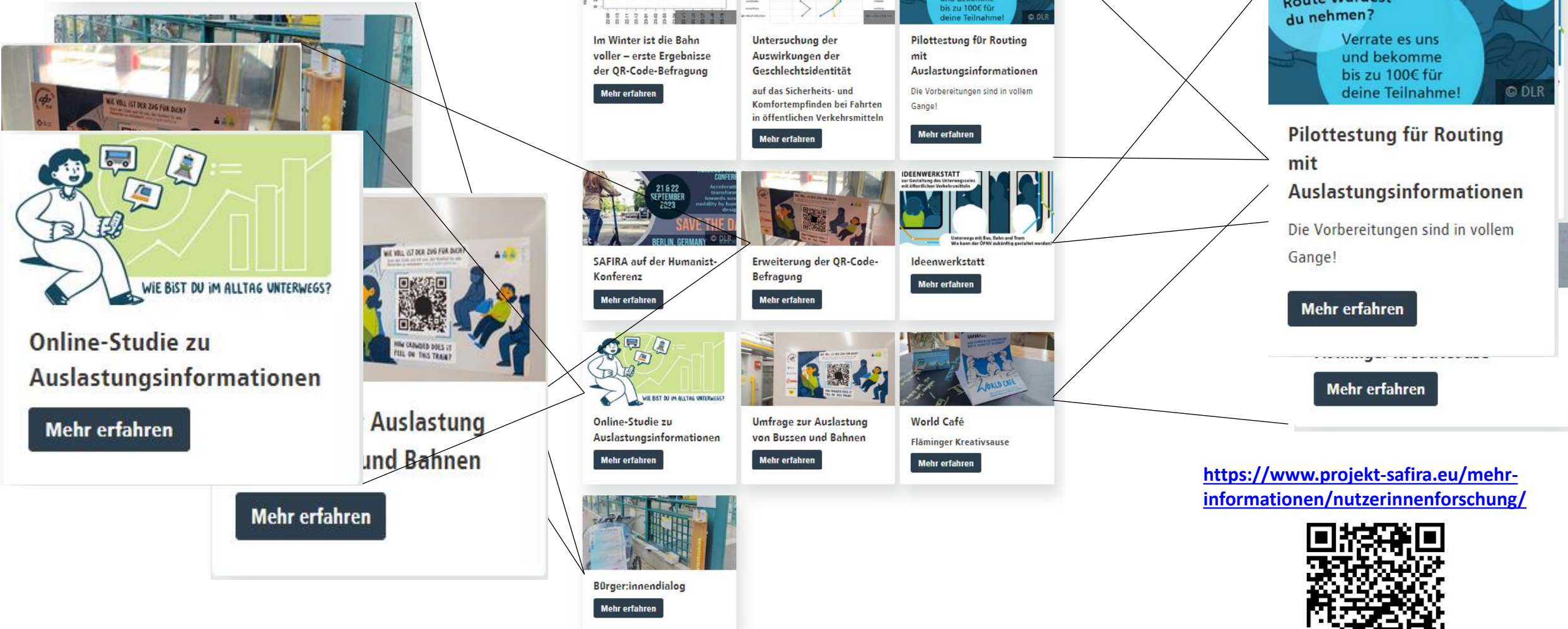
Aktuelles aus dem SAFIRA Konsortium



Projektwebsite www.projekt-safira.eu

Diverse Medien





<https://www.projekt-safira.eu/mehr-informationen/nutzerinnenforschung/>



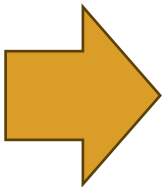
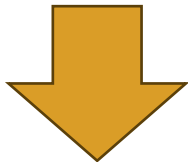
Partnerschaftsmanagement



© Deutsche Bahn AG | Oliver Lang



© Deutsche Bahn AG | Oliver Lang



© Deutsche Bahn AG | Oliver Lang

VBB und **DB mindbox** nehmen die SAFIRA Outputs mit zur Arbeitsgruppe **Community** der BRAIN (Brancheninitiative Auslastungsinformationen)

- Netzwerk
- Erfahrungen
- Lessons Learned
- Ideen „über den Tellerrand“
- OpenData-Expertise



Nächste Schritte & Fazit

27. Februar 2025



Gefördert durch:



28. Februar 2025

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

- **Direkte Pflege von Kapazitätsdaten:** Fahrende Unternehmen integrieren Kapazitätsdaten unmittelbar in die produktiven Systeme (IVU.pool, VBB-IVU.pool).
- **Automatisierte Echtzeitanbindung der Fahrgastzähl Daten:** Weitere Automatisierung der Echtzeitdatenbindung für eine präzisere Datenbasis.
- **Kapazitätsbasiertes Routing:** Fokus auf die kontinuierliche Weiterentwicklung und Optimierung.
- **Go LIVE Auslastungsprognose:** Umsetzung und Einführung der Auslastungsprognosen zur besseren Kapazitätsplanung.
- **Enge Zusammenarbeit mit Partnern und Experten:** Vertiefung der Kooperation mit Partnern, Gremien und der Wissenschaft für Wissensaustausch und Standardisierung.



Projekt Adler

Status Quo

RB33 **9** **08:10**

Geplant Scheduled Aktuell Today Nächster Halt (Endstation) Next stop (Final stop) Gleis Platform

08:13 08:13 Elsholz

Information zur Auslastung:

Sie befinden sich hier

Nach To **Elsholz**



Fahrplan **Abfahrten**

Übersicht

S+U Jannowitzbrücke (Berlin)
Cottbus, Hauptbahnhof

1:26 h MEHR

Öffentlicher Nahverkehr

Sortieren nach: Abfahrt

Mo, 10.02.2025

| Abfahrt | Linie | Ankunft |
|---------|--------|---------|
| 13:29 | S5 RE2 | 14:55 |
| 14:29 | S5 RE2 | 15:55 |
| 15:29 | S5 RE2 | 16:55 |
| 16:29 | S5 RE2 | 17:55 |

Map showing the route from S+U Jannowitzbrücke (Berlin) to Cottbus, Hauptbahnhof.

Frankfurt (Oder) **14:07** **14:04**

Cottbus Hbf **15:06** **RE1**

Fahrtrichtung
Direction of travel

RB33

9

08:10

Groß Schönebeck - Alstedt Zister

08:13 08:13

Elsholz

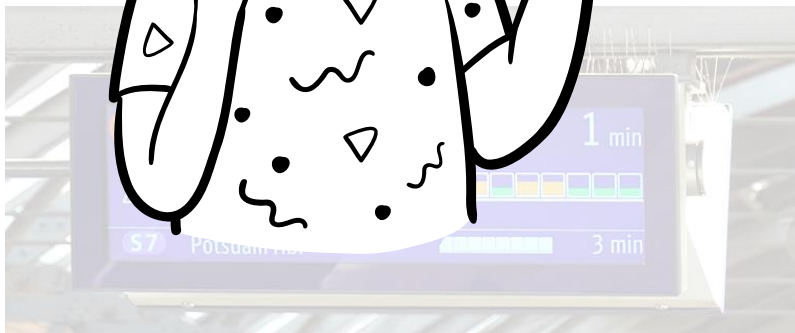
Information zur Auslastung:

Sie befinden sich hier:

Nach

To

Elsholz



Go LIVE
Juni 2025

15:55

S

RE2

1:26

1

16:55

S

RE2

1:26

1

17:55

S

RE2

1:26

1

14:07

Frankfurt (Oder)

14:04

15:06

Cottbus Hbf

RE1

Fahrplan

Abfahrten

Übersicht

S Buckower Chaussee (Berlin)

Güstrow, Bahnhof

0:52 h

Fr 23.11.2018

15:16

S

2

RE5

18:00

16:16

S

S2

RE5

RE4

19:53

Künftige Darstellung



API

- Einbringung der gesammelten Erfahrungen und Ergebnisse aus SAFIRA im Projekt NIKKI (Nutzer/innen-Information mit kontextsensitiver künstlicher Intelligenz, FL1) & Weiterentwicklung des Projektes zu einem FL2 Projekt
- Einreichung eines Beitrags zu mobilitätseingeschränkten Personen für die Konferenz HUMANIST
- Veröffentlichung der Ergebnisse zur Subjektiv-Objektiv-Analyse in Fachjournal
- Identifikation von weiterem Forschungsbedarf/ Einbringen in Projektanträge



- **Produktivsetzung** der in SAFIRA entwickelten Komponenten beim VBB
- **Automatisierung** der Datenversorgung
- Produktive Verarbeitung der **Echtzeit-Datenströme** in der Prognose
 - Echtzeit-Zähldaten der regionalen Eisenbahnunternehmen aus der VBB-Datendrehscheibe
 - Echtzeit-Zähldaten aus dem **Lightgate-System** der S-Bahn Berlin
- **Zusammenführen** von VBB/SAFIRA- und BVG-Prognosen
- Bereitstellen der integrierten Prognosen für die **produktive Auskunft**
- Weitere Erprobung des **kapazitätsbasierten Routings**



- **Einbringung der gesammelten Erfahrungen und Ergebnisse aus SAFIRA im Projekt NIKKI**
(Nutzer/innen-Information mit kontextsensitiver künstlicher Intelligenz, FL1)
- **Weiterentwicklung des Projektes NIKKI zu einem FL2 Projekt:**
Die entwickelten Konzepte sollen pilotiert und anschließend in den Regelbetrieb übernommen werden.
- **Enge Zusammenarbeit mit Partnern und Experten:**
Vertiefung der Kooperation mit Gremien, Partnern und der Wissenschaft für Wissensaustausch und forcieren der Standardisierung.



Spannend & lehrreich

Herausfordernd und bereichernd in vielen Bereichen. Manchmal auch kurios

Kommunikativ

Intensive und produktive Zusammenarbeit auf allen Ebenen.

Langer Atem

Ausdauer war an vielen Stellen erforderlich.

Überraschende Erkenntnisse

Fahrgäste waren unglaublich begeistert von Echtzeitinformationen!

Empirische Begeisterung

Das Projekt hat das Herz von Psychologen höher schlagen lassen.

Enge Verzahnung & Praxisorientierung

Zusammenarbeit mit Forschung, Gremien und der Open-Data-Community. Wir brauchen viele Köche für unseren Brei.

Nix für die Schublade

Wir nutzen unsere Ergebnisse und Erkenntnisse weiter!



