



Entwicklung von ETA-Prognosen für multimodale Transportketten mithilfe Künstlicher Intelligenz



Konferenz „Verkehrsökonomik und -politik“

Manuel Weinke & Peter Poschmann
23.05.2019

- 1.** Projektziele und -ansatz
- 2.** Projektdurchführung
- 3.** Projektnutzen und Ausblick

Ausgangssituation – maritimer Containertransport

Viele Störungen mit Einfluss auf die Prozesszeit

Vorlauf der maritimen Transportkette (Export)



Störanfälliges System

Verspätungen

**Höhere Kosten
Engpässe
Kundenunzufriedenheit**

Mehrere beteiligte Akteure, deren **Prozesse zeitlich aufeinander abgestimmt** sind und verschiedenen **Störungen unterliegen**, u. a.:

- Infrastrukturstörungen, u. a. Straße, Weiche, Schleuse
- Nicht verfügbare/fehlerhafte Ressourcen, u. a. Verkehrsmittel, Equipment, Personal
- Wetter, insb. Niederschlag, Temperaturen, Wind
- Unfälle, Notarzteinsatz, polizeiliche Ermittlungen

Beispiel Schienengüterverkehr:

- Ca. **25 % der Güterzüge** verspätet*
- Mittlere Verspätung: **23 h****

- **Ø-Staukosten** eines Lkw für LDL: **35 € pro h*****
- Gesamtstaukosten in 2013: **25,2 Milliarden €*****
- Hoher **dispositiver Aufwand**; **unausgelastete/überlastete Kapazität**
- **Risikokosten** durch das Vorhalten von Puffern und Ad-hoc-Sonderprozesse

Projekt SMECS

Smart Event Forecast for Seaports



Konsortium



TU Berlin
Fachgebiet Logistik
(Konsortialführung)



**Kühne Logistics
University**



DB Cargo

Förderer



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur



IHATEC
Innovative
Hafentechnologien

Projektträger



TÜVRheinland®
Precisely Right.

Laufzeit

01.09.2017 – 29.02.2020

VDZ vom 17.10.2017

TU Berlin, KLU und DB Cargo starten Projekt

RISIKOMANAGEMENT In diesem Monat haben das Fachgebiet Logistik der TU Berlin, die Kühne Logistics University (KLU) und DB Cargo die Arbeit am Projekt „Smart Event Forecast for Seaports“ (Smeecs) begonnen. Im Rahmen von Smeecs werden in den nächsten zweieinhalb Jahren Lösungen zur datenbasierten Vorhersage von Störungen und damit von Ankunftszeiten der einzelnen Verkehrsträger in maritimen Transportketten entwickelt und in ein Risikomanagementsystem überführt. Zu den Praxispartnern gehören Unternehmen wie Kühne + Nagel, TFG Transfracht, Lübecker Hafen-Gesellschaft und Dakosy.

Die Beteiligten werden mittels innovativer Methoden wie künstlicher neuronaler Netze Betriebsdaten von Akteuren im Hafen und Hafenhinterland sowie externe Einflussfaktoren analysieren. Ziel ist letztlich ein agiles Risikomanagementsystem, das ein aktives Eingreifen in Störfällen erlaubt und damit die Lieferrückmeldung erhöht. Das Bundesverkehrsministerium fördert das Projekt. (cs)

SMECS ist Partner des IHATEC-Projektes „EMP 4.0“ von Dakosy, Kuehne+Nagel und DB Cargo



Entwicklung von ETA-Prognosen für
multimodale Transportketten mithilfe
Künstlicher Intelligenz



Smart Event Forecast for Seaports (SMECS)

Entwicklung eines Systems, welches durch die **proaktive Erkennung von Störungen mittels Künstlicher Intelligenz** ein zielgerichtetes und effizienteres **Störungsmanagement** für die **maritimen Transportkette** erlaubt.



ETA*-Prognosemodell für Transportläufe

Entwicklung von Ankunftszeitsprognosen für die **maritime Transportkette** unter Berücksichtigung von **Störungen**



Prognosemodell für Knotenpunkte

Entwicklung von Prognosen für die **Durchlaufzeit** von Containern in **Knotenpunkten** (Hinterland-, Seehafenterminal, Rangierbhf.)



Akteursspezifisches Risikomanagement

Verbindung der Prognosen mit akteursbezogenen **Handlungsalternativen** in Abhängigkeit der Störungen und Ankunftszeit

Erhöhung der Zuverlässigkeit von Logistikketten durch datenbasierte Ansätze
(Maschinelles Lernen und Wissensbasierte Systeme)

Machbarkeitsprüfung für Künstliche Intelligenz in der Transportlogistik

- Prüfung der **Möglichkeiten und Restriktionen einer Umsetzung** von Methoden des Maschinellen Lernens für ETA-Prognose von Transportketten
- Identifizierung von Maßnahmen zur **Verbesserung der Datenverfügbarkeit** im Güterverkehr durch Nutzung von Realdaten

Partizipation der Praxis an Entwicklung und späterer Lösung

- Förderung des **akteursübergreifenden Austausches** zu Störungen und Informationsprozessen
- Erhöhung des **Verständnis über Datentechnologien** der Praxis
- Entwickeltes Modell als Grundlage für **Überführung in einsatzfähige Lösungen** bei verschiedenen Unternehmen

Erhöhung der Zuverlässigkeit und Wettbewerbsfähigkeit von Lieferketten

- Verbesserte **Entscheidungsgrundlage für Kapazitätsplanung und Prozesssteuerung** (Ressourceneinsatz, Auslastung etc.)
- Erhöhung der **Robustheit und Zuverlässigkeit** von Prozessen
- Erhöhung der Effizienz durch Minimierung von **Betriebs- und Risikokosten**

Hohe Potenziale für die Logistik

Lösungsraum von SMECS

Modellbasierte Ansätze

- Marko- oder mikroskopische Modellierung der Problemstellung
- u. a. Simulationsmodelle, Graphentheorie
- Anwendung bisher dominierend

Datenbasierte Ansätze

- Approximation von Regeln aus Daten
- u. a. klassische Statistik, Maschinelles Lernen
- Anwendung derzeit nur punktuell

- Bisherige Prognosen für Praxis **nicht zufriedenstellend** (fehlende Prognosegüte, Skalierbarkeit etc.)
- Forschungsaktivitäten konzentrieren sich auf (isolierte) Betrachtung der **Verkehrsträger im Gütertransport**
- Datenbasierte Ansätze zeigen hohe Eignung zur Vermeidung bisheriger Nachteile, jedoch bisher keine **verkehrsträger- bzw. prozessübergreifenden Lösungen**

Bisher existiert keine Lösung, welche Künstlicher Intelligenz für ETA-Prognose durch Integration mehrerer Akteure der Transportkette nutzt.

Umsetzung einer möglichst praxisorientierten Lösung durch Einbindung von Vertretern der Transportkette in Projekt, insb. bei:

- Anforderungserhebung und Ergebnisvalidierung
- Aufnahme von fachlichen Grundlagen (Betriebs- und Informationsprozesse, Störungen, Datenlage etc.)
- Bereitstellung notwendiger Daten



Seehafenterminal:

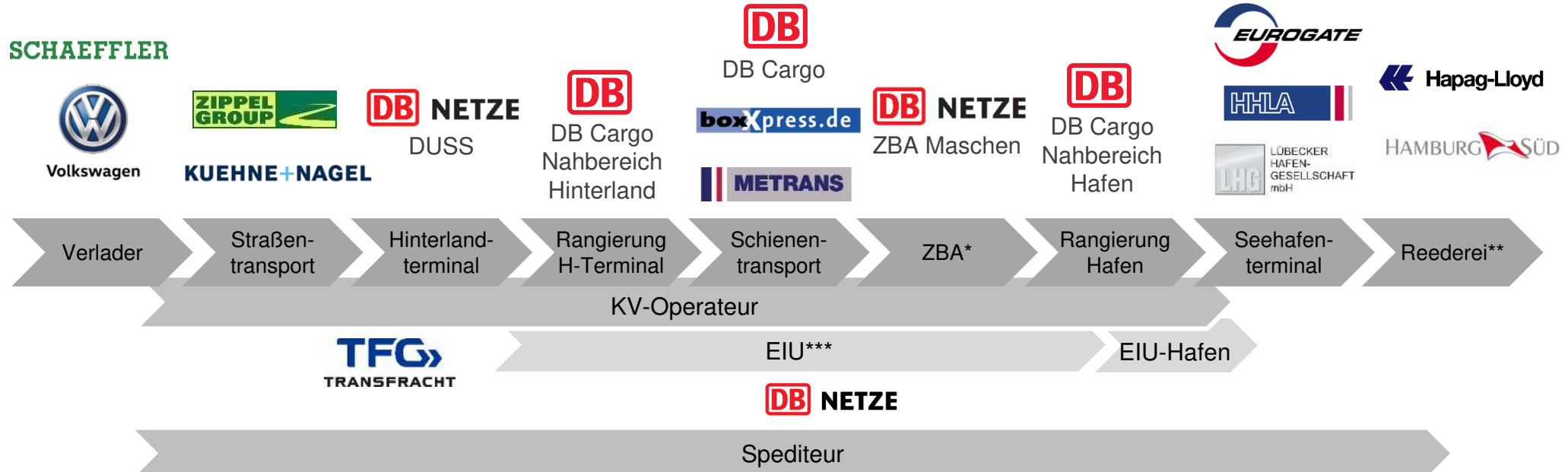
- HHLA Hamburg
- Eurogate Hamburg

ZBA:

- Maschen

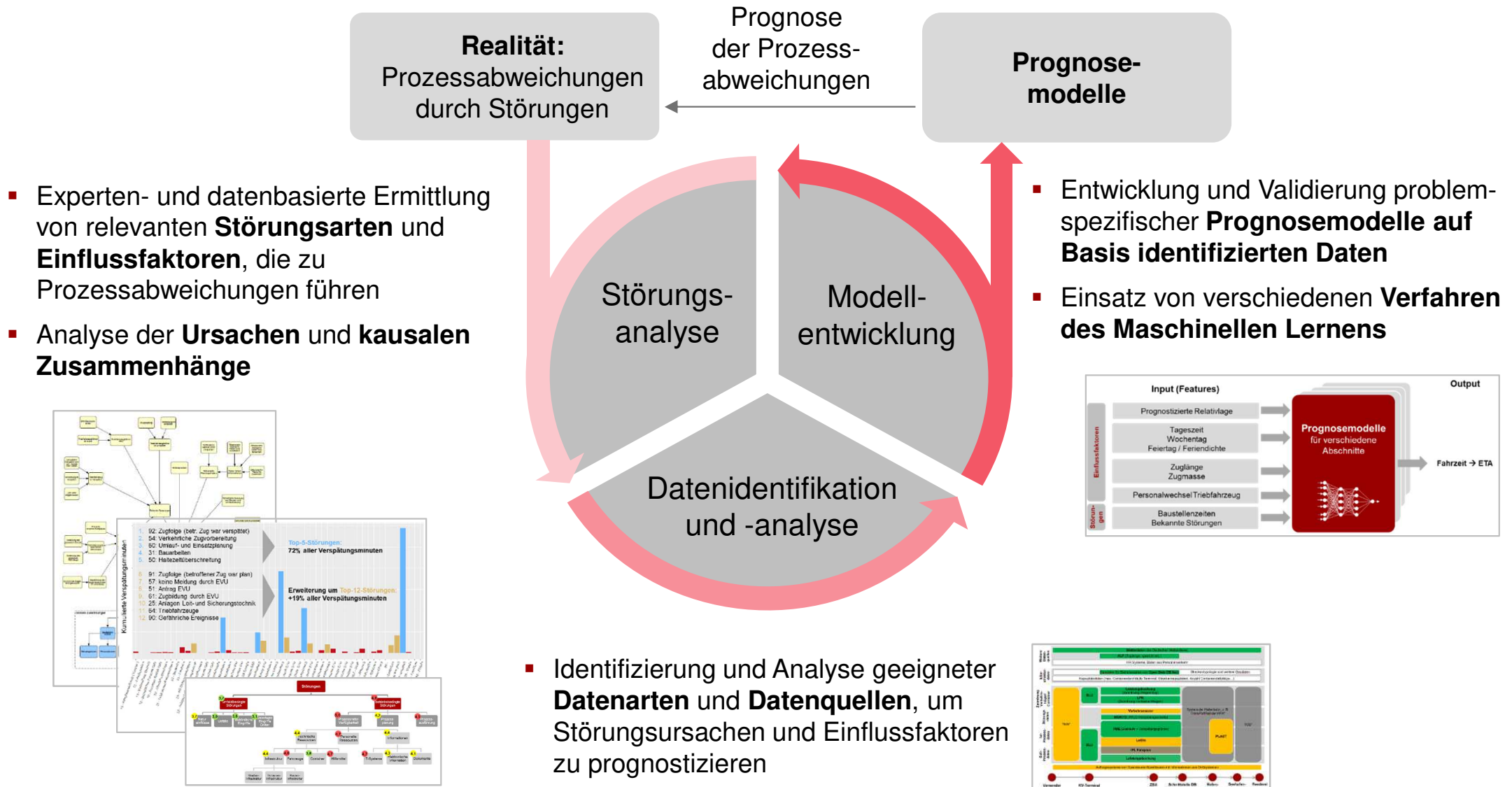
Hinterlandterminal:

- DUSS München
- DUSS Leipzig

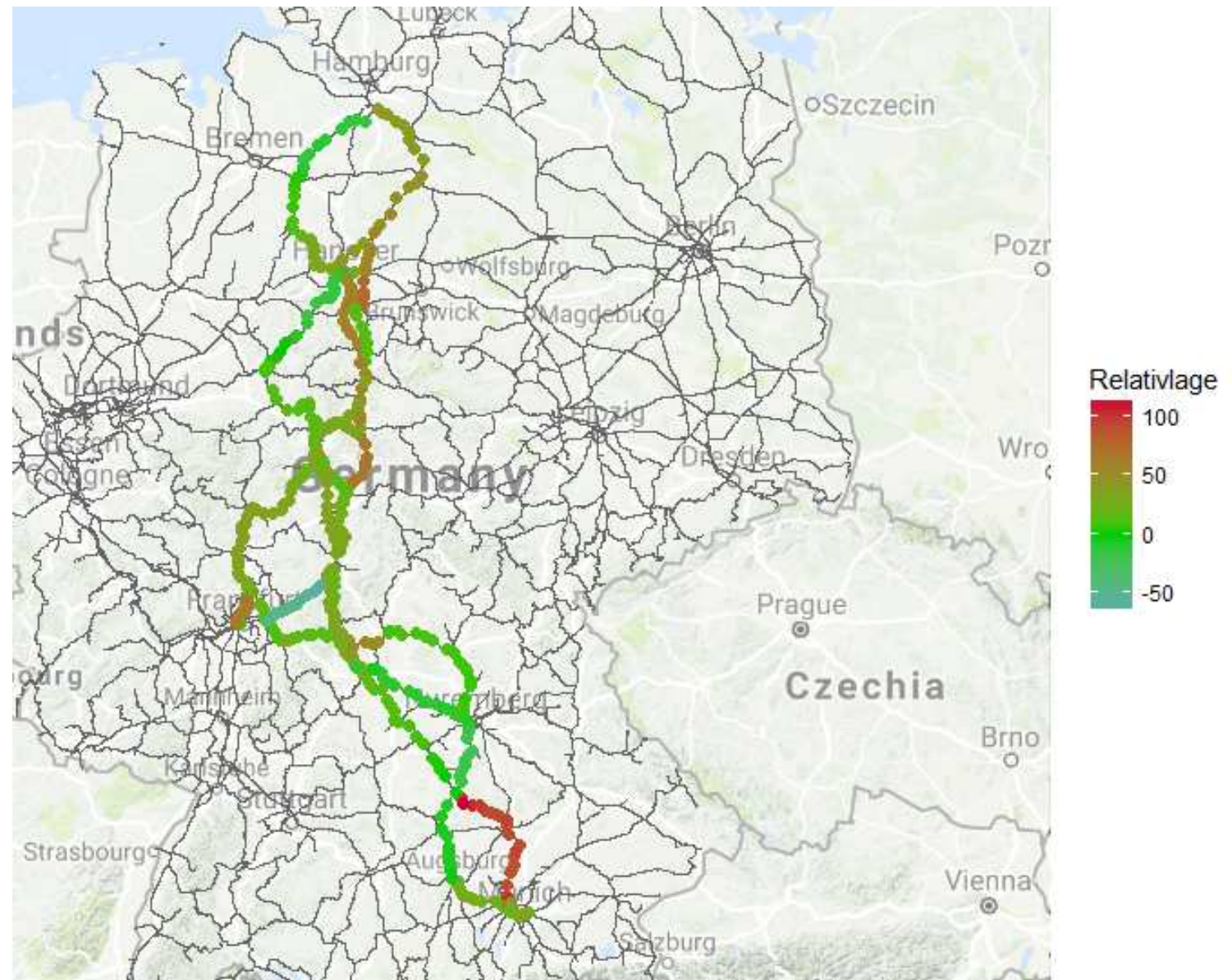


Vorgehen im Projekt

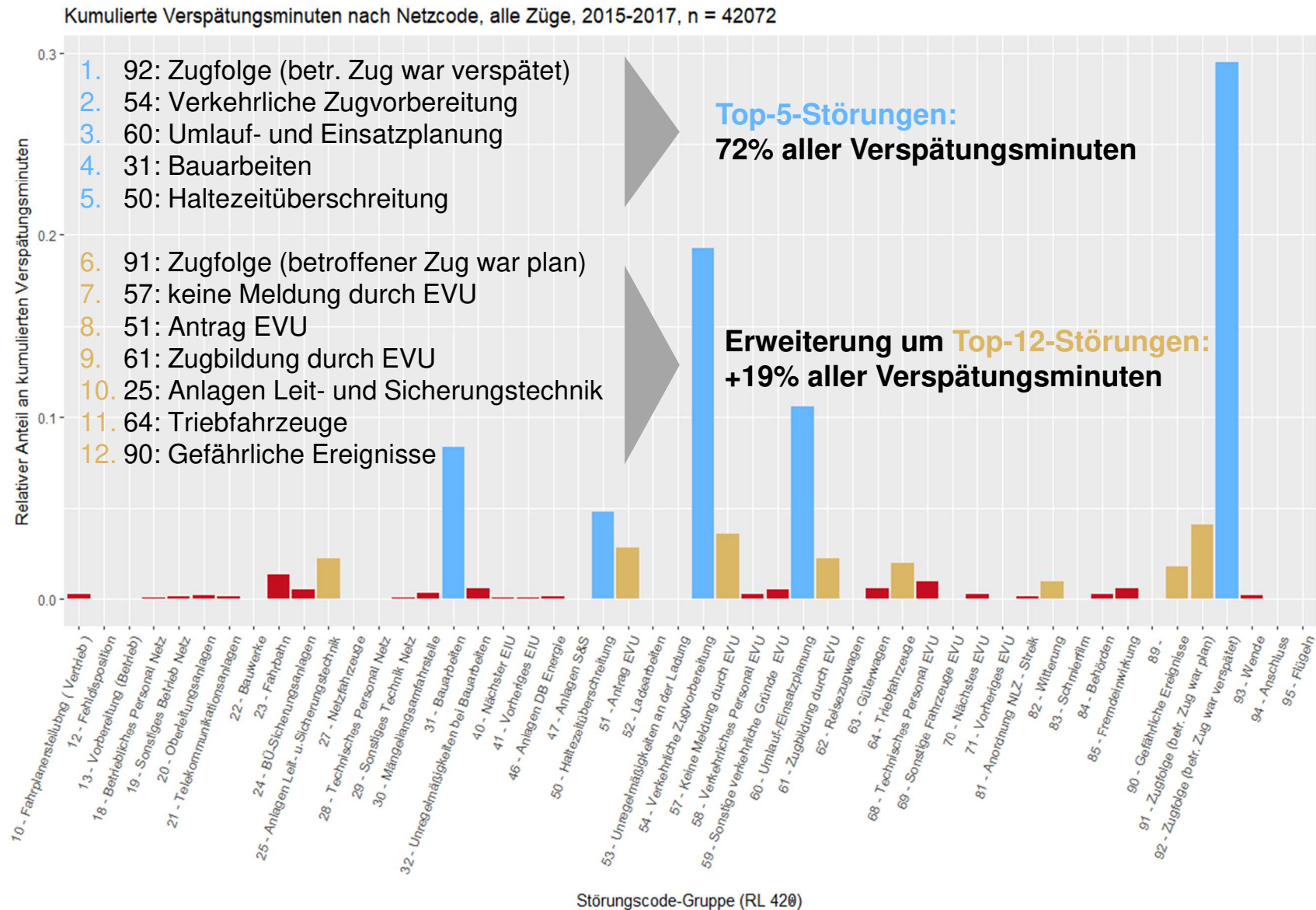
Abbildung von Störungsszenarien durch Modelle

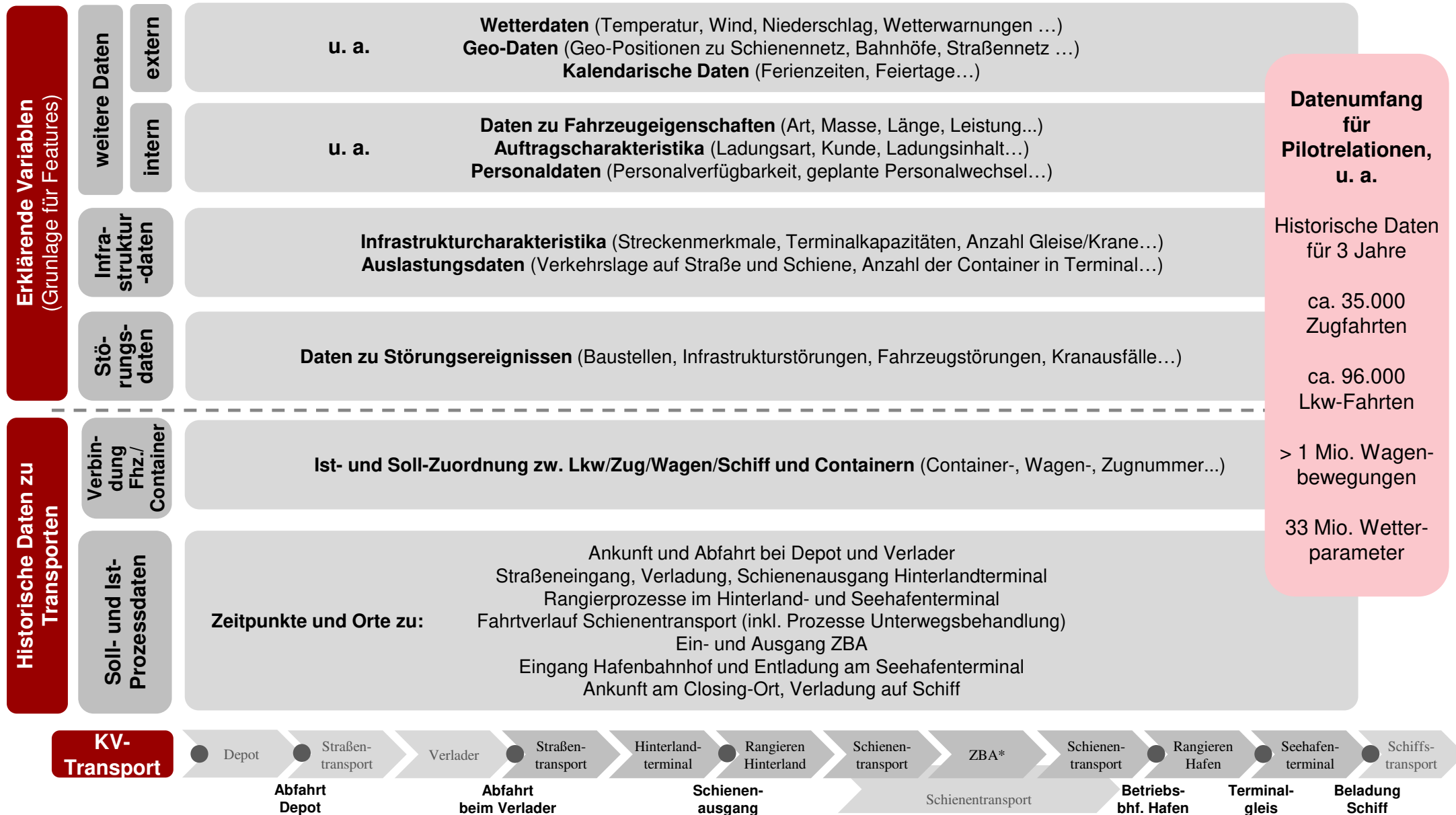


- Untersuchung der **Fahrwege** und der zugeordneten **Verspätungslage**, um Verständnis über Prozesse und Relevanz der ETA-Prognose zu gewinnen
- Ermittlung von **Gründen für Verspätungen** (=Störungen bzw. Einflussfaktoren)
- Bsp. hier: Verspätungslage (=Relativlage) historischer Zugfahrten auf einer der Pilotrelationen



- Auswertung der Störungen von Güterzügen für **Pilotstrecken** nach **DB Netz Codierung** in Bezug auf **Auswirkungen** (hier: *kumulierte Verspätungsminuten*)
- Die dargestellten Top-12-Störungen decken **91% aller Verspätungsminuten** ab
- Für diese Störungsarten lässt sich eine Relevanz für das Modell vermuten





Datenumfang für Pilotrelationen, u. a.

Historische Daten für 3 Jahre

ca. 35.000 Zugfahrten

ca. 96.000 Lkw-Fahrten

> 1 Mio. Wagenbewegungen

33 Mio. Wetterparameter

Zusammenführung Teilprognosen Gesamt-ETA (Port-to-Port)

Transport des Leercontainers (nachrangige Priorität)

Prognose Abfahrtszeit

Prognose Fahrzeit

Prognose Beladungs- bzw. Abfahrtszeit

Prognose Fahrzeit

Prognose DLZ***

Prognose, welcher Zug erreichbar

Prognose Warte- & Rangierzeit

Prognose Abfahrtszeit

Prognose Fahrzeit

Prognose DLZ***

Prognose, welcher Zug erreichbar

Prognose Abfahrtszeit

Prognose Fahrzeit

Prognose Warte- & Rangierzeit

Prognose DLZ***

Prognose Schiff/Clos. erreichbar

ETA des Import-Zuges*

ETA des Import-Zuges*

ETA des Import-Zuges*

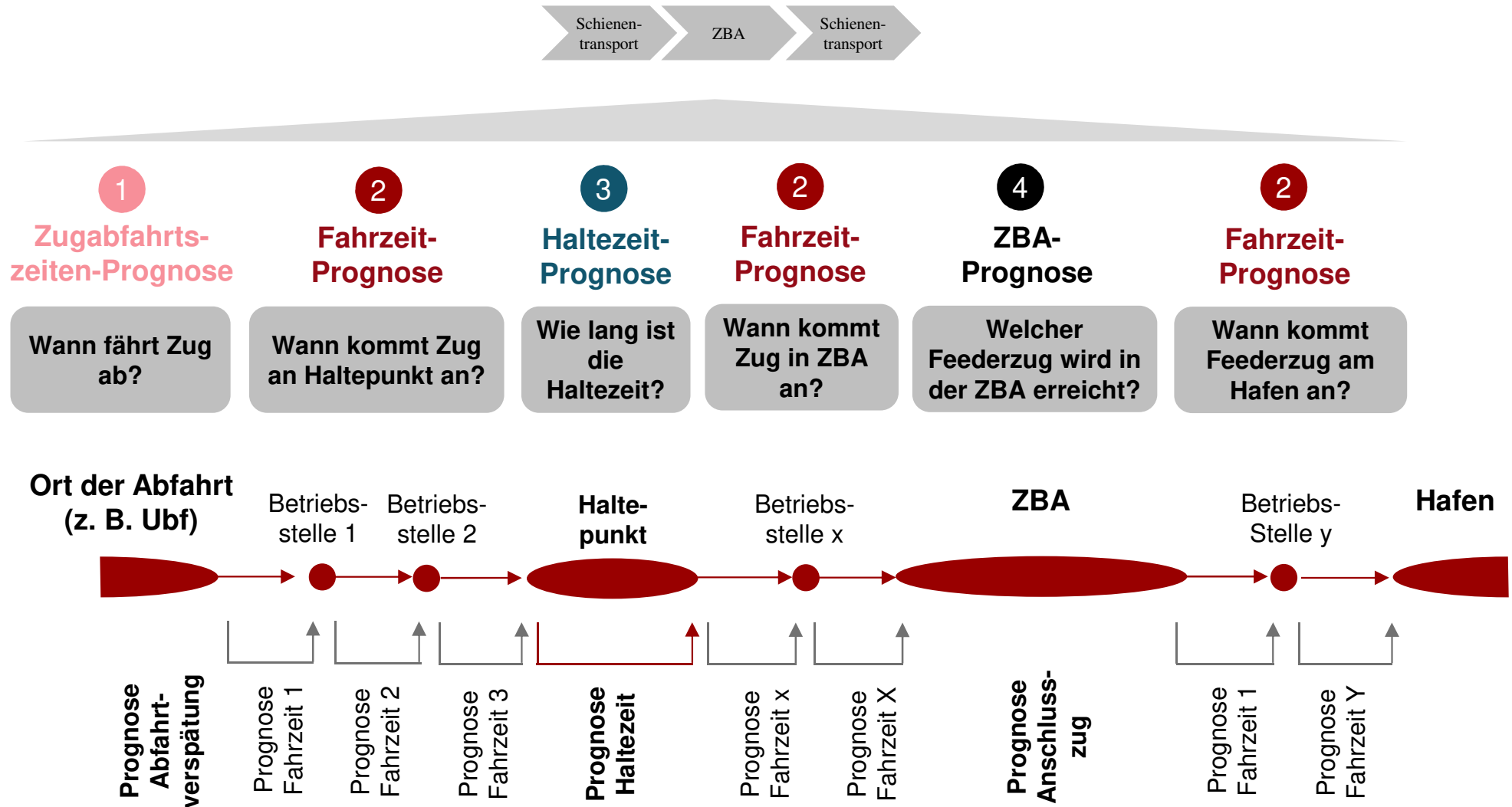
1 Berechnung von einzelnen ETA für Teilprognoseprobleme

Erste Lösung vorhanden

Lösung in Entwicklung

Bislang keine Lösung





Vorausgehende Prognose fließen in nachfolgende Prognosen ein

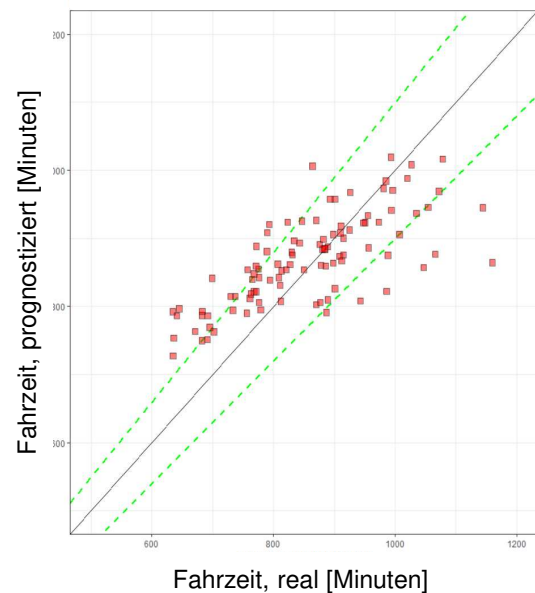
Modellentwicklung

Fahrzeitprognose Zug, ohne Haltezeiten

Exemplarische Entwicklungsstufen:

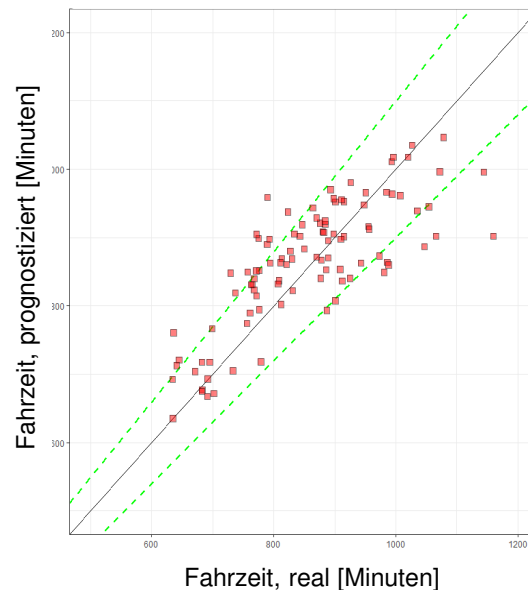
1

Prognosequalität*: **68%**



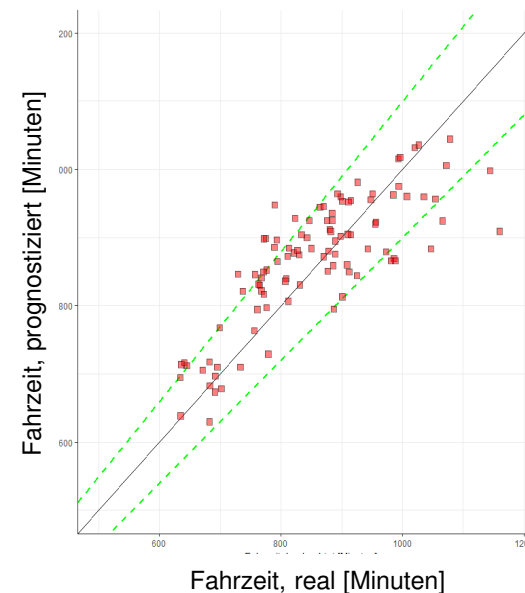
2

Prognosequalität*: **76%**



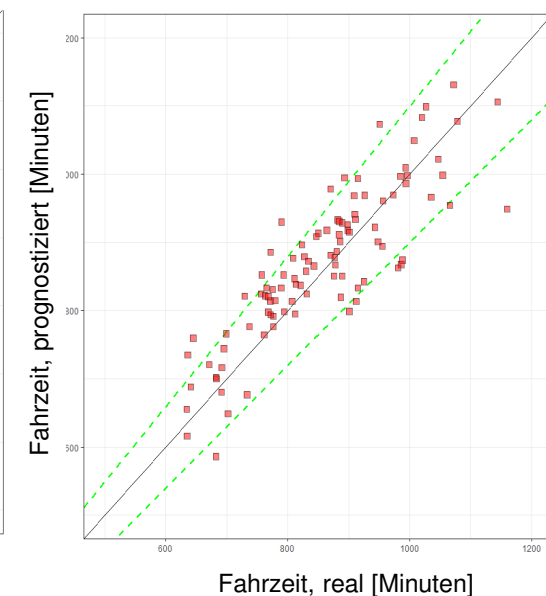
3

Prognosequalität*: **79%**



4

Prognosequalität*: **83%**



Einbezogene Features:

- Mittlere Fahrzeiten

Zusätzliche Features:

- Zeitliche Merkmale

Zusätzliche Features:

- Fahrzeugcharakteristika

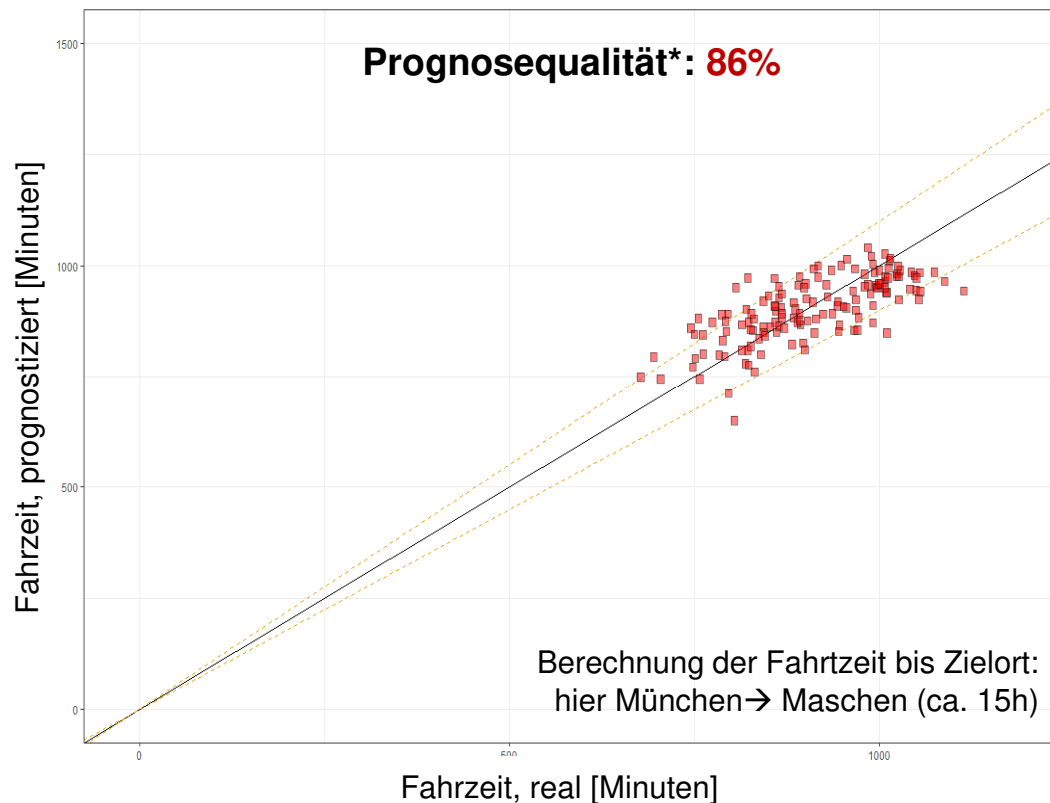
Zusätzliche Features:

- Störungsdaten
- Prozessdaten



Durch die **Hinzunahme von relevanten Einflussfaktoren** (Features) steigt die Prognosequalität.

- Struktureller Umbau der Prognose: Haltezeiten nun durch separate Modelle abgebildet
- Weitere **Features** eingebunden; Prognose konnte dadurch in ihrer Güte **verbessert** und deutlich **stabilisiert** werden
- Aktuell werden **vers. Granularitätsstufen der Prognose** (Betriebsstelle, Abzweige, Haltepunkte etc.) getestet



Aktuelle Input-Variablen:

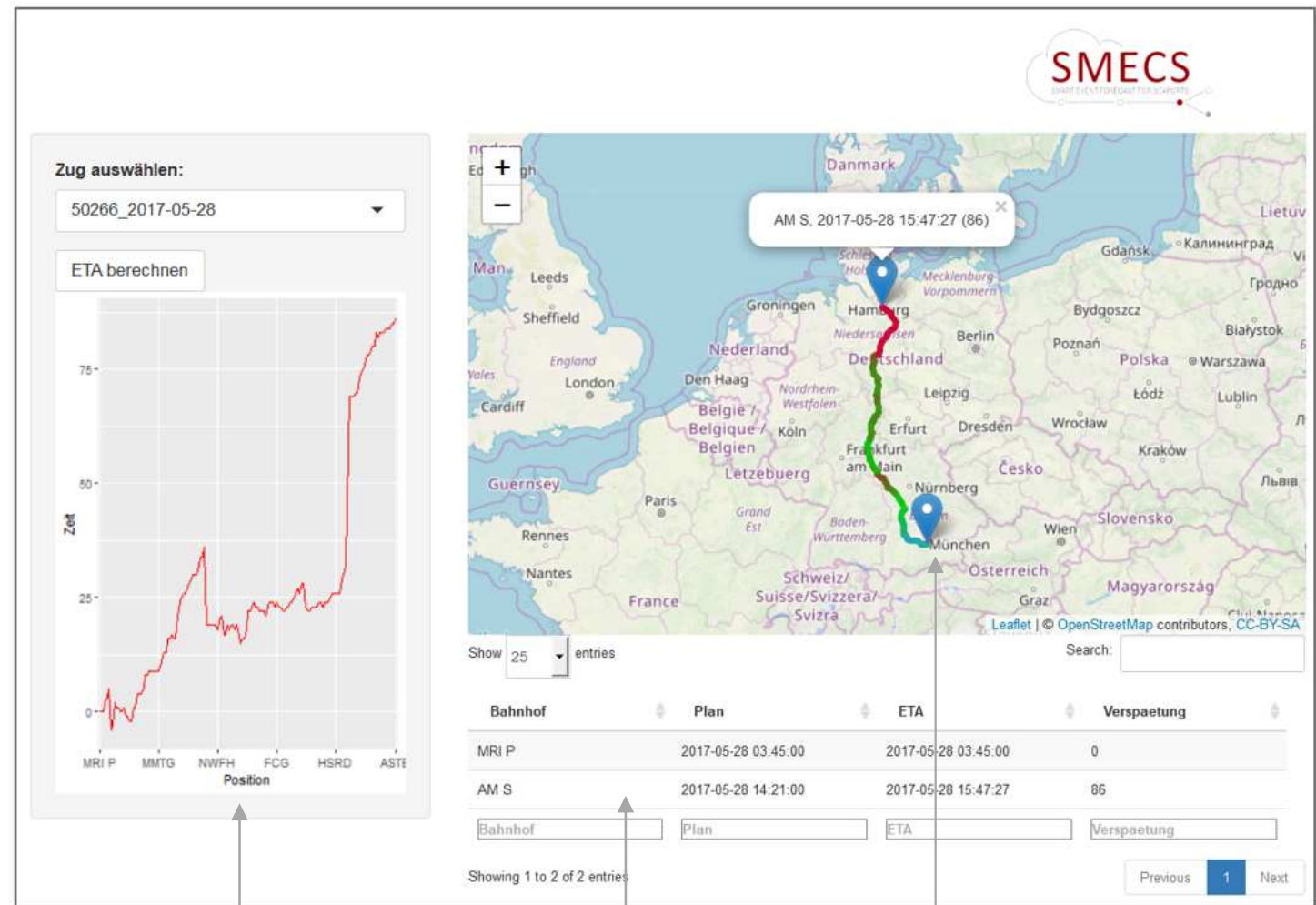
Fahrzeit-Prognose:

- Plan-Strecke (Betriebsstellen)
- Plan-Fahrzeit
- Prognostizierte Relativlage (rollierend)
- Tageszeit, Monat, Wochentag, Feriendichte
- Mittlere Fahrzeit der ZugNr der letzten 30 Tage
- Last, Länge Zug (Ist)
- Zuggattung, ZugNr
- Maximalgeschwindigkeit Lok (Ist)
- Lok-Leistungsklassen-Differenz (Plan vs. Ist)
- Störungen / Baustellen
- Wetterdaten

Haltezeiten-Prognose:

- Plan-Haltepunkt (Bahnhof)
- Plan-Haltezeit
- Prozesse (Personal-/Lokwechsel, Wagen zu/ab etc.)
- Tageszeit, Monat, Wochentag, Feriendichte
- Zuggattung, ZugNr
- Last, Länge Zug (Ist)
- Prog. kumulierte Fahrzeit seit letztem LPW

- Darstellung der Prognosen erfolgt in Form eines **Demonstrators**
- Dazu wurde bereits die Entwicklung einer webbasierten **Anwenderoberfläche (GUI)** als Vorstufe zur Live-Version begonnen
- Berechnung der **Ankunftszeit von Transporten (ETA)** für Zielort und wichtige **Knotenpunkte**
- **Visualisierung des Transportverlaufes** und voraussichtlicher **Verspätungen**
- Integration weiterer Transportabschnitte, einer Konfliktfalldetektion, **Maßnahmen zum Störungsmanagement** sowie weitere GUI-Funktionalitäten derzeit in Umsetzung



Prognostizierter
Verspätungsverlauf an
Knotenpunkten

Detaillierter
Transportplan
inkl. ETA

Visualisierung
des Transport-
verlaufes



Weitere Verbesserung der Prognosemodelle

- Integration weiterer (in Beschaffung stehender) Daten in Zuglaufprognose (Streckencharakteristika, Tf-Verfügbarkeiten, Rangierprozesse, Infrastrukturstörungen)
- Auswahl geeignetster Modellkonfiguration und KI-Verfahren für Zuglauf-Prognose
- Implementierung weiterer Teilmodelle für ausgewählte Prozesse (Rangierprozesse, DLZ-Prognose in Hafenterminal)



Entwicklung des Maßnahmenmodells

- Identifikation von Anforderungen für Echtzeit-Entscheidungsunterstützung
- Identifikation von geeigneten Maßnahmen im Falle von Störungen
- Integration von Handlungsempfehlungen in ETA-Prognose



Umsetzung des Gesamtmodells

- Erstellung Gesamtprozessvisualisierung mit vollständigen Soll-/Ist-Daten
- Implementierung einer Gesamtmodell-Logik
- Entwicklung Front-End für Demonstrator



Prof. Dr.-Ing. Frank Straube

Technische Universität Berlin
Fachgebiet Logistik

Leiter Fachgebiet Logistik
Projektleitung SMECS

Mail: straube@logistik.tu-berlin.de
Tel.: +49 30 314 22877



Manuel Weinke

Technische Universität Berlin
Fachgebiet Logistik

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Projektmitarbeiter SMECS

Mail: weinke@logistik.tu-berlin.de
Tel.: +49 30 314 76249



Peter Poschmann

Technische Universität Berlin
Fachgebiet Logistik

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Projektmitarbeiter SMECS

Mail: poschmann@logistik.tu-berlin.de
Tel.: +49 30 314 78690



[SMECS Webseite](#)