



*Systemtechnik*

# **Digitales Abbild moderner Hochgeschwindigkeitszüge durch systematische Auswertung der Diagnosedaten einer kompletten Baureihe**

Helmut Möller / Heiko Gau

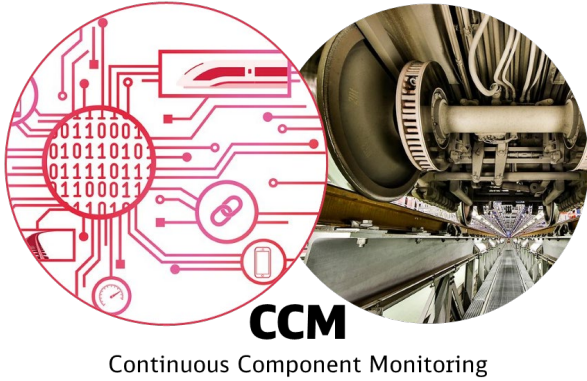
---

05.04.2022 | Graz

## 1. **Einleitung - Methodik**

2. Diagnosedaten über UDG – eine Erfolgsgeschichte der DB seit 1991
3. Datenbasis und Datenauswertung im ICE4
4. Digitaler Zwilling
5. Digitale Abbilder beim Gewerk Türen
6. Ausblick und Zusammenfassung

# Eine Kombination von Ingenieur Knowhow, etablierten Systemen und Daten generiert den größten Erkenntnisgewinn



## Methodik

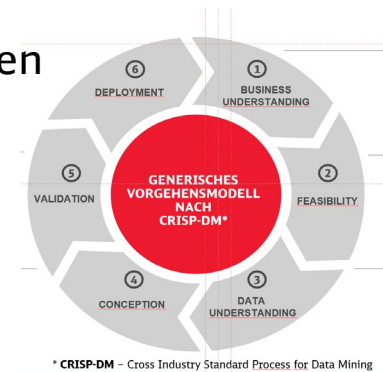
- Anwendung Advanced Analytics - Kombination Big Data und Ingenieur Knowhow
  - Kombination mit weiteren fahrzeugunabhängigen sekundären Daten
  - Aufbau auf dem im Diagnosesystem integrierten Knowhow
  - Vorerst keine neue Hardware (Sensorik, Datenübertragung) einbauen
- Auswertung von **Langzeitdaten** und intensive Verknüpfung mit **Ingenieurs Knowhow**

## Ziel

- Erkenntnisgewinn zum Langzeitverhalten der Komponenten
- Instandhaltung optimieren und Verfügbarkeit der Fahrzeuge erhöhen
- Weiterentwicklung des gesamten Ökosystems

## Pilot Anwendung:

- ICE 4, Gewerk Türen
- Diagnosedaten über MIP
- Sekundärdaten: Umfelddaten (Wetter), Betriebsstellen





1. Einleitung - Methodik
- 2. Diagnosedaten über UDG – eine Erfolgsgeschichte der DB seit 1991**
3. Datenbasis und Datenauswertung im ICE4
4. Digitaler Zwilling
5. Digitale Abbilder beim Gewerk Türen
6. Ausblick und Zusammenfassung

# Diagnose in Schienenfahrzeugen, eine lange Erfolgsgeschichte

Daten mit Potential - gestern wie heute



## ICE 1 - weltweit erster Zug mit diagnosegesteuerter Instandhaltung

- Frühe Form von „Condition Based Maintenance“ (CBM): „Fehlerzustand steht im Mittelpunkt“
- Arbeitsvorbereitung erfolgt in der Zeit des Werkszulaufs
- Ressourcenvorhaltung nach Erfahrungen
- Maßnahmenentscheidung kurz vor Eintreffen

## Sehr spezifische Lösungen für Datenkommunikation

- Keine Funknetze verfügbar → separate Empfangsstationen mit 2400 Baud (brutto)
- Einsatz von Funktechnik aus Rangierbereich
- Vernetzung über spezifische Bahnnetze (X.25)

## IT in 100%-iger Eigenentwicklung

- IT für Verarbeitung der Diagnosedaten und die Arbeitsvorbereitung musste in Eigenregie entwickelt werden
- Prozesse waren für die Werkstätten vollkommen neuartig
- Im Ergebnis wurden mindestens 2 Tz pro Flotte eingespart
- Planmäßig vorbeugende Ih behielt aber weiterhin starke Bedeutung

**Systemtechnik**

# Diagnosedaten – mehr als 30 Jahre Technologieentwicklung

## Universeller Datengateway (UDG) – der Integrationspunkt für Diagnose



### Technologiesprünge prägen den Weg

- Funk-Datenübertragung im Wandel (Bündelfunk, GSM, GSM-R, LTE, ..., bald 5G)
- verschiedene Kommunikationsnetze (X.25, ISDN, TCP/IP)
- Nachrüstlösungen wie MIP\*) für Bestandsfahrzeuge

### Vielzahl von Baureihen angebunden

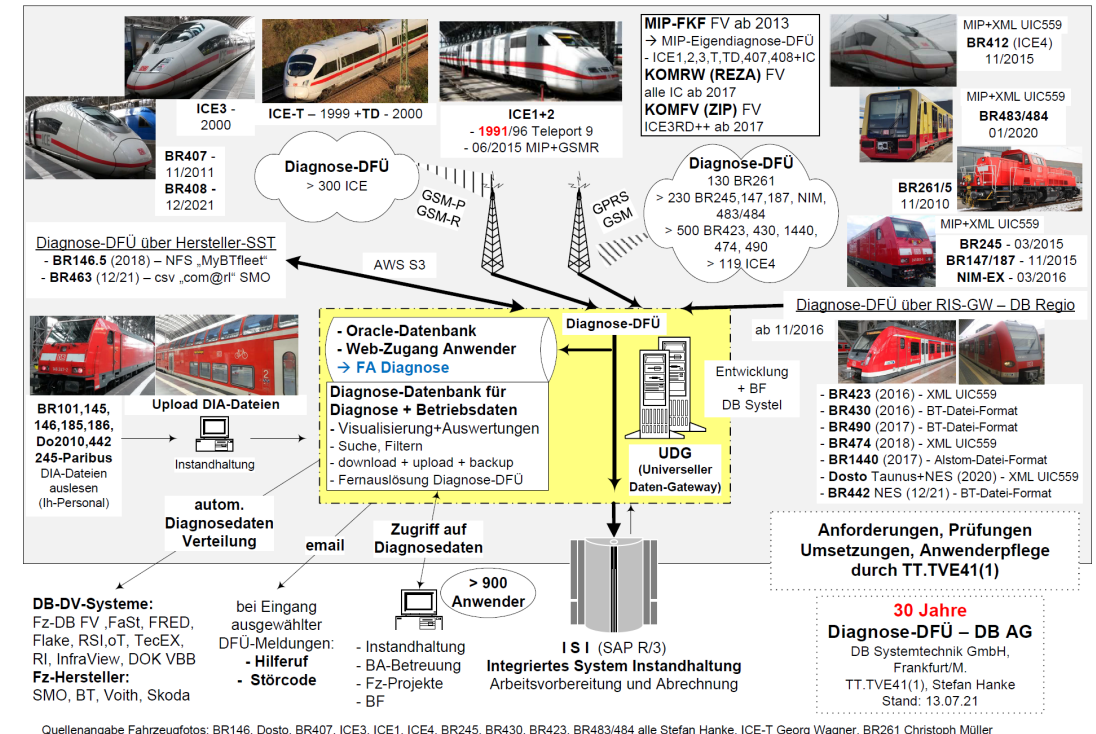
- über diverse Datenwege
- mit immer umfangreicheren Daten
- an ein einheitliches System

### Unterschiedlichste Datenformate integriert

- eigene Entwicklungen von Herstellern
- Standards wie UIC 559 nur partiell eingesetzt

### Verarbeitung der Diagnosedaten erfolgt in einheitlicher IT

- Arbeitsvorbereitung in SAP-ISI integriert
- Ergänzende Systeme für Analysen und Vorverarbeitung



Systemtechnik

# Systematische Beherrschung der heterogenen Welt ist nötig

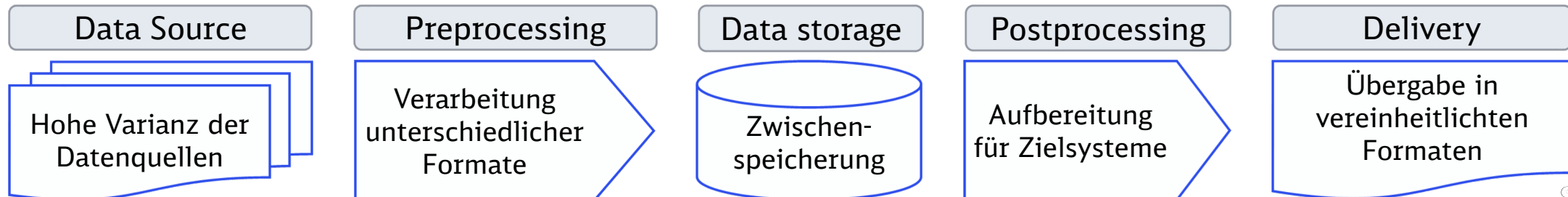


## UDG - die Diagnosedatendrehscheibe der DB

- Einheitliche Anbindung an Werkstattssystem
- Qualitätssicherung der Daten
- Konvertieren in einheitliches Format
- Umwandeln von Betriebs- und Umfelddaten
- Zielsysteme
  - > Instandhaltung
  - > Analyse und Flottenmonitoring
  - > Steuerung Bereitstellungsprozesse
  - > CBM- und PM-Projekte
- Datenbereitstellung für Anwender der Werke und der Bauartverantwortung
  - > Leichter, übersichtlicher Zugriff
  - > Verschiedene Datentypen verknüpft
  - > Selektions- und Suchfunktionen

### Daten & Fakten

<b>31</b>	angebundene Baureihen und Bauarten (+ diverse Unter-BR/BA)
<b>1027</b>	angebundene Devices
<b>&gt; 6 000</b>	angebundene Fahrzeuge
<b>&gt; 16 000</b>	Diagnosedateien täglich



Systemtechnik

1. Einleitung - Methodik
2. Diagnosedaten über UDG – eine Erfolgsgeschichte der DB seit 1991
- 3. Datenbasis und Datenauswertung im ICE4**
4. Digitaler Zwilling
5. Digitale Abbilder beim Gewerk Türen
6. Ausblick und Zusammenfassung



# Durch Verknüpfung von Diagnosemeldungen, Nutzungs- und externen Daten entsteht ein chronologisches und hierarchisches Abbild der Züge



## Zugdaten aus UDG

### Diagnosemeldungen

#### Fehler

- Meldungen über Abweichungen vom Sollzustand
- Je nach Fehlerklasse auch betrieblich relevant

#### Protokollmeldungen

- Aufzeichnen und Meldung der Änderung von Betriebszuständen

### Nutzungsdaten

#### Betriebsdaten

- Meldungen von 10 Systemen (z.B. Türen, Bremse, etc):
- Schaltspiele
  - Zyklen zählen
  - Betriebsstunden
  - Füllstände

#### Umfelddaten

- Kontinuierliche Messdaten (ohne konkretes Ereignis)
- Aggregation Min-, Max- und Mittelwerte in 10-min Abschnitten
- Laufleistung und Standortdaten
- Bei ausgewählten Komponenten

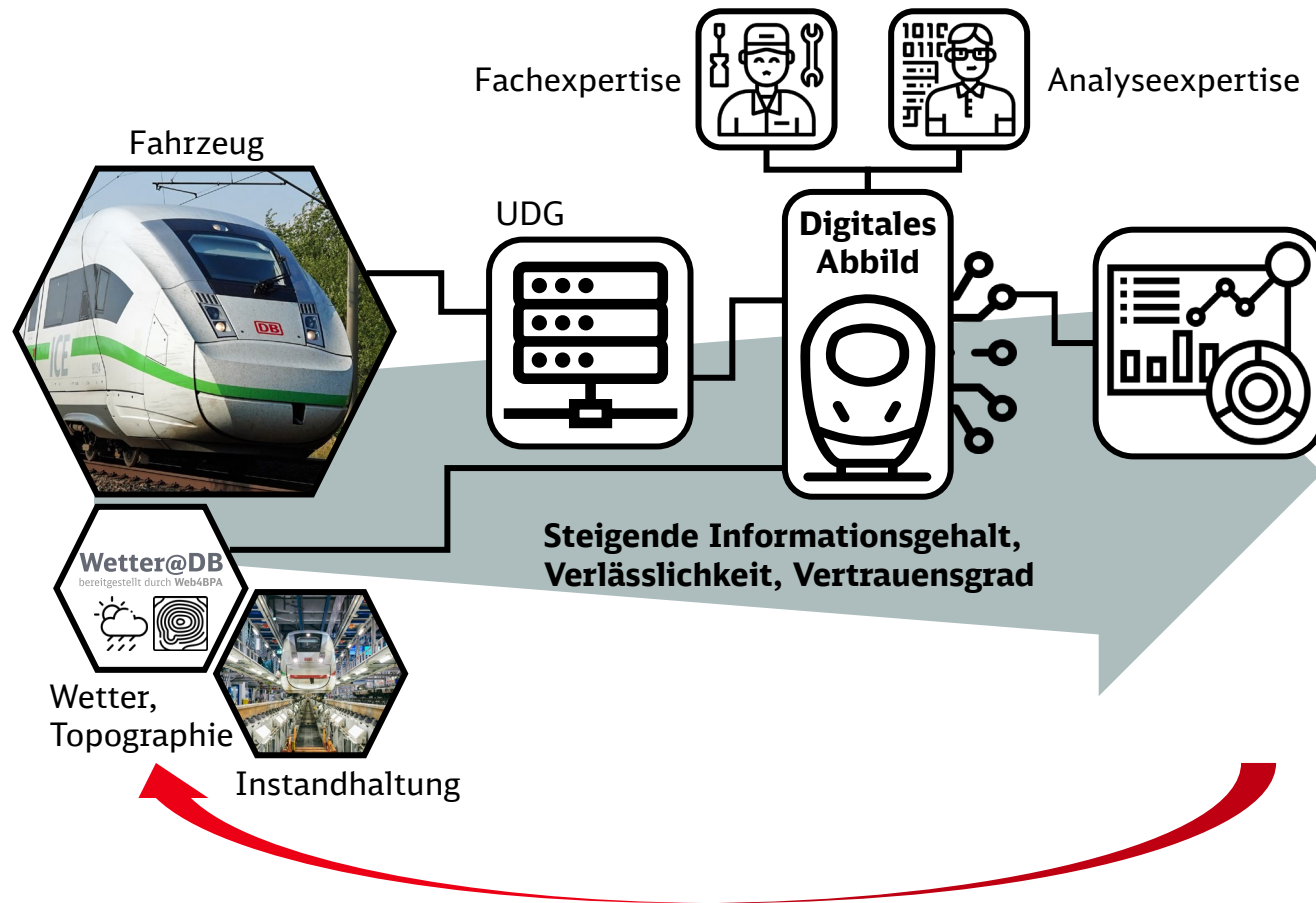
## Externe Daten\*

### Wetter und Betriebsstellen

- Aufenthaltsort der Fahrzeuge
- durch Korrelation zu Betriebsstellen mit GPS-Koordinaten Wetterdaten (stündlich)

1. Einleitung - Methodik
2. Diagnosedaten über UDG – eine Erfolgsgeschichte der DB seit 1991
3. Datenbasis und Datenauswertung im ICE4
- 4. Digitaler Zwilling**
5. Digitale Abbilder beim Gewerk Türen
6. Ausblick und Zusammenfassung

# Das Digitale Abbild der Baureihe ermöglicht die Optimierung von Fahrzeug und Instandhaltung und damit dem Gesamtsystem



- Verknüpfung von Zugdaten und externen Daten und Aufbereitung im hierarchischem, chronologischem Datenmodell
- Verknüpfung mit fachlichem Komponenten- und Systemwissen
- Auswertung über Flotte, Komponenten, Strecken, Zeiträume
- Evaluierung globaler Zusammenhänge
- Lastkollektive zur Ermittlung anbahnender Veränderungen und erstellen von Prognosen

Digitales Abbild zur Optimierung des Systems Zug in Form von Fahrzeug, Diagnosegüte und Instandhaltungsregime

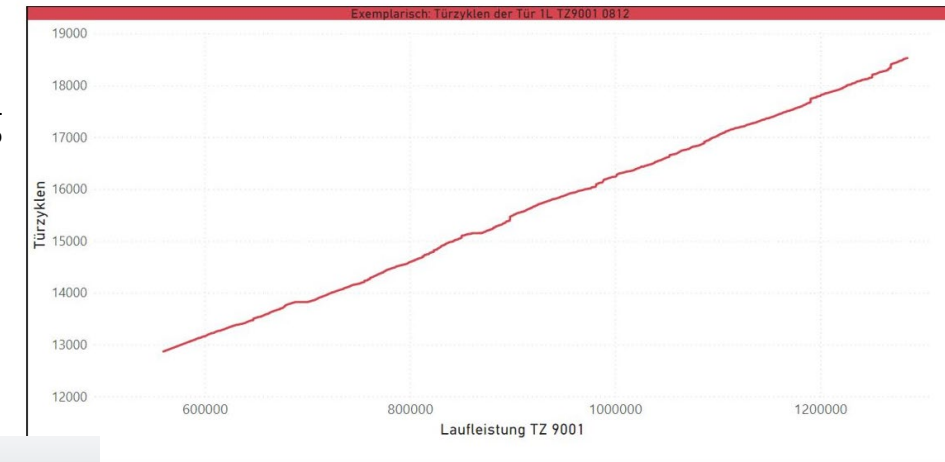
1. Einleitung - Methodik
2. Diagnosedaten über UDG – eine Erfolgsgeschichte der DB seit 1991
3. Datenbasis und Datenauswertung im ICE4
4. Digitaler Zwilling
- 5. Digitale Abbilder beim Gewerk Türen**
6. Ausblick und Zusammenfassung



# Nutzungsprofil und Nutzungskontinuität wurde für den relevanten Teil einer Fahrzeugflotte bestimmt



- Türnutzung zeigt konstante Entwicklung
- Nahezu lineare Abhängigkeit der Türnutzung in Bezug auf die Laufleistung
- Auch im „Lock Down“ trotz deutlich weniger Fahrgäste keine Veränderung
- Konstantes Nutzungsprofil der Türen (TZ) mit weitestgehend geringer Schwankungsbreite (Flotte) bezogen auf das Regel IH-Intervall
- Ursprüngliche Nutzungsprognose deutlich zu hoch angesetzt



Schwankungsbreite Tür- und Trittszyklen (100.000Km) für TZ 01-10



- Das Nutzungsverhalten ist in der Nutzungskontinuität und im Nutzungsprofil mittels „Monitoring“ nachverfolgbar
- Abweichungen sind jederzeit erkennbar

# Korrelation von Diagnosemeldungen mit Umfelddaten/Wetter erfolgt im Digitalen Twin



- Anzahl relevanter Diagnosemeldungen stark abhängig vom individuellen Triebzug
- Korrelation der Häufigkeit der Diagnosemeldungen und spezifischer / relevanter Umfelddaten erkennbar

# Häufigkeiten von Diagnosemeldungen werden von einigen wenigen individuellen Komponente dominiert



- Ca.78 % der betrachteten Komponenten (Türen) zeigen bezogen auf den Betrachtungszeitraum vereinzelt auftretende relevante Diagnosemeldungen
- Ca. 9 % zeigen eine erhöhte Häufigkeit an relevanten Diagnosemeldungen, welche sich durch wiederholte Meldungen mit hoher Intensität auszeichnen



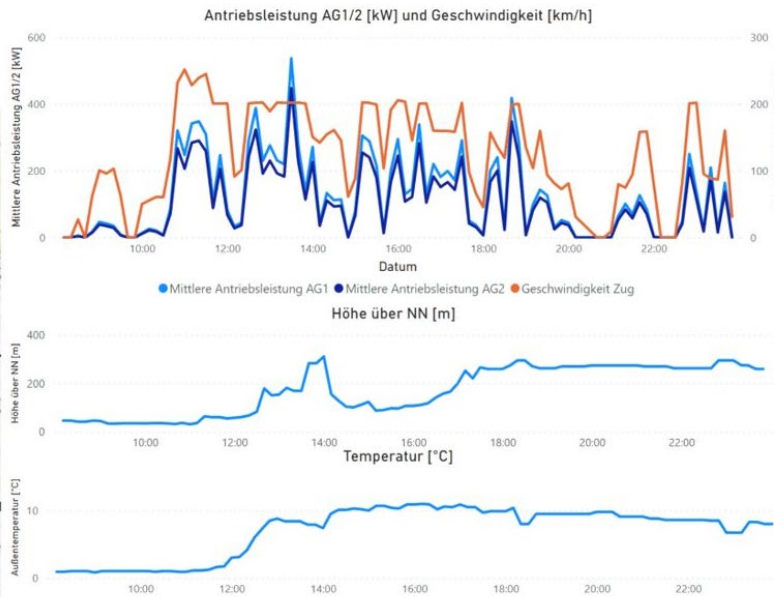
Kontinuierliche systematische Analysen **eines längeren Zeitraums** ermöglichen es systematische Fehler zu erkennen.

Dedizierte Auffälligkeiten werden flottenübergreifend identifiziert, Abhilfemaßnahmen können gezielt in die Instandhaltung eingesteuert werden

# Erstellung Lastprofile aus Wetterbedingungen und Topographie bietet zukünftig Potential für weitere Gewerke



**Triebzug:**  
9001  
**Zeitraum:**  
04.02.2021 08:10:00 bis 04.02.2021 23:50:00



## Ermittlung technischer Zusammenhänge:

- Lastkollektive für Antrieb
- Befüllung von Betriebsvorräten (z.B. Sand)

## Ermittlung globaler Zusammenhänge am Beispiel WC

- alle relevanten Daten vorhanden (Spül-, Wasch- und WC-Tür-Zyklen)
- statistische Bestimmung des Wasserverbrauchs möglich
- Defekte durch Korrelation mit Diagnose identifizierbar
- aktuell Abgleich mit externen Daten (Einsatzort, Einsatzzeit oder Einsatzbedingen wie Messen; Großveranstaltungen, etc),
- Ziel: Nutzungsprofil bzw. Lastkollektiv aus digitalem Abbild des WCs genauer bestimmen
- Passgenaue Durchführung von Instandhaltungs- und Wartungsmaßnahmen



1. Einleitung - Methodik
2. Diagnosedaten über UDG – eine Erfolgsgeschichte der DB seit 1991
3. Datenbasis und Datenauswertung im ICE4
4. Digitaler Zwilling
5. Digitale Abbilder beim Gewerk Türen
- 6. Ausblick und Zusammenfassung**

## Diagnosegesteuerte Instandhaltung

- hat eine lange Erfolgsgeschichte und das UDG bildet dabei das zentrale Element
- ist jetzt eine Basis für den Digitalen Zwilling

## Das Potential konnte an einer Komponente erfolgreich gezeigt werden

- Durchgängige Wege zur Datenanalyse und Rückmeldung in Betrieb und IH sind notwendig
- Analyse des Langzeitverhalten lässt sowohl Schlüsse zum Lastkollektiv als auch zu „Montagskomponenten“ zu
- The „Best“ Sensor is „No“ Sensor:  
neue Modelle mit Kombination von verfügbaren Mess- und Sekundärdaten liefern zusätzliche Erkenntnisse

## Nächste Schritte

- Kombination mit weiteren externen Daten und Diagnoseeinrichtungen
- Erweiterung auf andere Baureihen und Gewerke
- Anwendung KI Methoden und Engineering Knowhow, um weitere globale Zusammenhänge zu erkennen
- Zusammenarbeit mit Fzg. Hersteller und Komponentenhersteller

**Wichtig:** offene Schnittstellen, Zugang zu vorhandenen Daten

