NEXTRAIL

Digitalisierung des Bahnbetriebes

Innovative Projekte

DMG

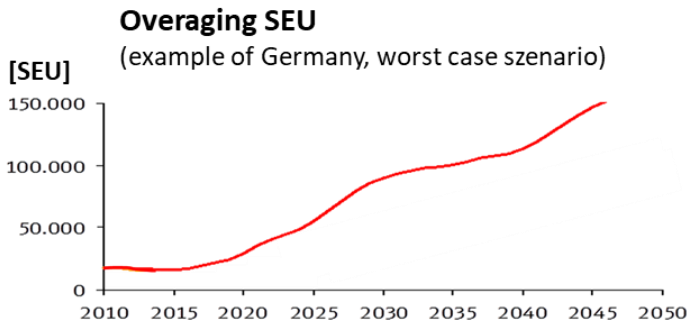
Welcome to the technology and data enablers.

1. Welches Problem wollen wir lösen? 3
2. Wie sieht die Problemlösung aus? 9
3. Wo geht die Reise hin? 23

1. Welches Problem wollen wir lösen?

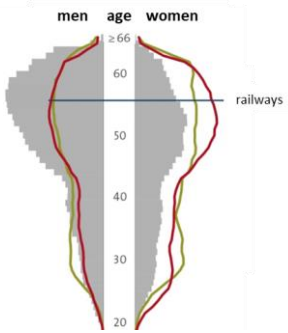
Common problem statement of industry and railways

No.1: Aging Infrastructure



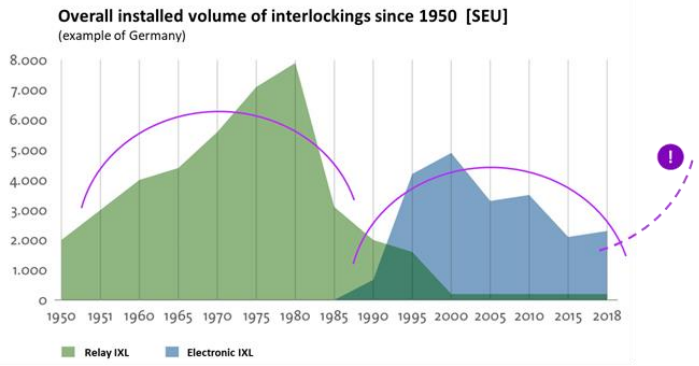
- Shorter life cycles
- Life cycle cost above affordability
- Missing long term compatibility
- Unsolved harmonisation

No.2: Aging Human Ressources



- Problematic skill shift
- Skilled labour shortage

No.3: Continuous Underspending

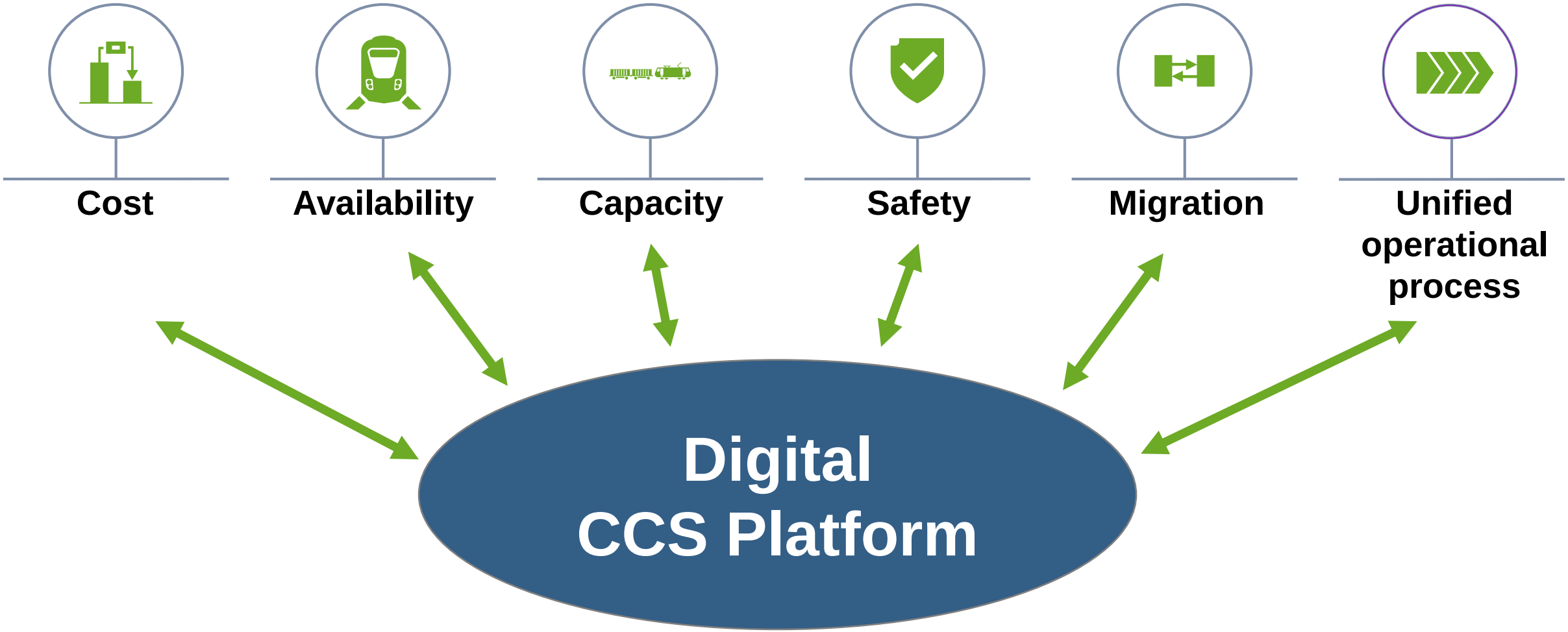


- Risky investments
- Unstable migration programs

A standardised CCS with game changers that foster digitisation will help solving major problems of the railway sector

NEXTRAIL

Business needs are the drivers for digitisation, not technology



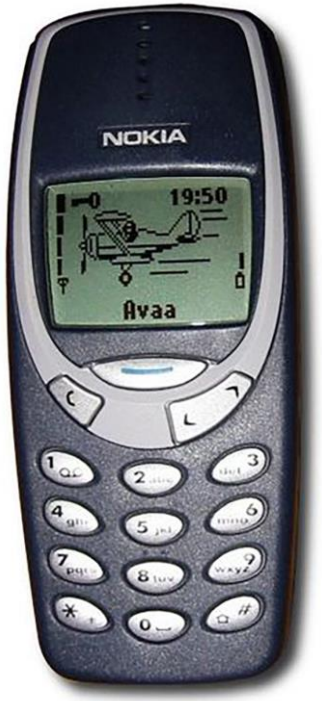
NEXTRAIL

Ausgangspunkt: Proprietäre, nicht vernetzte Bestandsarchitektur

- Separate Netze von LST, TK und Energie
- Allein über 4000 LST Standorte
- Keine Trennung von Informations- und Energieversorgung in der LST
- Unflexible Strukturen
- Kaum Redundanzen
- Keine integrierte Optimierung der Gesamtinfrastruktur
- Unterschiedliche, proprietäre Techniken
- Individuelles Anlagendesign
- Schnittstellenvielfalt an den Systemgrenzen
- Heterogene, nicht genutzte Diagnosesysteme

	Leit- und Sicherungstechnik	Gefahrenmelde- und Meldeanlagen	Diagnose
Rolle	**Fahrdienstleiter/in** Ca. **11.600** Mitarbeiter/innen ■ Orts- und technikgebunden	**Instandhalter/in** Ca. **5.600** Mitarbeiter/innen	■ Orts- und technikgebunden ■ Präventive Instandhaltung nicht möglich ■ Bis zu 9 Jahre Ausbildungsdauer
Anzeige	■ **3.000** Arbeitsplätze ■ Herstellerspezifisch ■ **10** verschiedene Bediensysteme ■ Unflexible und teure Anzeigen	■ Proprietäre Einzelsysteme FÜS TE, MAS 90	■ Jeder Hersteller hat sein eigenes Equipment/ Anzeigesystem Hersteller A, Hersteller B
Zentralebene	**Stellwerke** ■ Ca. **3.500** Stück ■ **97** Bauformen ■ Bis zu **100** Jahre alte Technik ■ > **45** Jahre durchschnittliches Alter	■ Verschiedene Softwareversionen in Verwendung ■ Nur dezentrale Updates möglich ■ Hochgradig abgängige Technik FÜSTE, MAS 90	■ Herstellerspezifische Einzellösungen ■ Proprietäre Systeme ■ Keine zentrale Verwaltung Roadmaster, Diverse andere
Security & Safety	**Safety** ■ Ausschließlich proprietäre Protokolle **Security** ■ Security Gateways ■ Dezentrale Betriebsführung	**Geschlossene Netze**	**Keine**
Übertragungs-protokoll	■ Über **200** verschiedene Übertragungsarten ■ Proprietäre Einzellösungen ISDN, X.25, Stromschnitt-stelle (4 Draht), Diverse Andere	■ Ca. **100** verschiedene Übertragungsarten ■ Proprietäre Einzellösungen Selbst-geschriebene Protokolle, X.25 (65x), ISDN (>7.000 Anschlüsse), SDH, IKI	
Übertragung	■ Ca. **400.000 km** Anbindu ■ Sternverkabelt ■ Exklusivnetz LST Bahnüber-gang, Bedienung, Signal, Stellwerk, Gleisfreimelder, Weiche	■ Ca. **40.000 km** Kupferkabel ■ Ca. **15.400 km** Glasfaserkabel ■ Mehrere hunderttausend km Kupferkabel (in Bahnhöfen) **Kabelstrukturen und -arten** Unverbundene Einzelnetze Über **230** verschiedene Kabelarten	**Kupfer- und LWL-Netze** Diagnose, Berlin, DUSS, GSM-R, + IKI ca. **15** weitere…
Feldelement	■ Feldelemente nicht diagnosefähig **Bahnübergang** (ca. 10.500, techn. gesichert), **Signal** (ca. 160.000), **Weiche** (ca. 65.000), **Gleisfreimelder** (ca. 145.000)	**Sicherheitsrelevant** Heißläufer-ortungsanlage, Windmelde-anlage **Nicht-Sicherheitsrelevant** (ca. 3.500) Not-beleuchtung, Gleisfeld-beleuchtung, Aufzug	■ Bei Altanlagen ist keine Diagnose vorhanden ■ Nicht standardisiert ■ Keine zentrale Verwaltung

Oder sollen wir das mit der Digitalsierung nicht einfach sein lassen …?



Quelle: https://www.forbes.com/sites/nargessbanks/2019/04/24/icon-4x4-retromodernist-cars/#7cea6e2c7bf4

Quelle: https://funalive.com/articles/the-retro-technologies-obituaries-21-photos_9Pd.html

2. Wie sieht die Problemlösung aus?

Wer Visionen haben möchte, sollte …

Quelle: https://aadl.org/aastreets/site15/aastreets_hashbash_300

1

NEXTRAIL

Die Digitalisierung in der Eisenbahnsicherungstechnik bricht mit fundamentalen Prinzipien der letzten 180 Jahre

Künstliche Intelligenz

Architektur	Planung	Betrieb	Instandhaltung	IT-Security
▪ Vernetzung ▪ Zentralisierung von Daten und Rechenleistung ▪ Verzicht auf Außenelemente	▪ Automatisierte Planung mit Knoten-Kanten-Modellen ▪ Abschaffung von PT1 und PT2 ▪ Abnahmeprozesse	▪ Zentralisierung der Bedienung ▪ KI-unterstützte Konfliktlösung	▪ Prädiktive Instandhaltung (Technik und Prozesse)	▪ Zentrale Überwachung des Systems

Signaltechnische Sicherheit	Infrastrukturseitige Logik für die Sicherheit der Bewegungen

Fundamentale Prinzipien

Technologien der nächsten Jahre

Technologien

- ETCS – always supervised
- ATO GoA 2/3/4
- Hochpräzise Lokalisierung – always located
- APS – Zugzentrische Sicherungslogik
- Zugseitige Zugvollständigkeitssysteme
- Digitale Automatische Kupplung
- Breitbandiger Funk (FRMCS)
- Intelligentes TMS (CTMS)
- Objektzentrierte Rottenwarnung

Umsysteme und Prozesse

- Digital Register – Zentrale Quelle für
  - Topologie-Daten (Knoten-Kanten)
  - Fahrzeug-Daten
  - Infrastruktur-Daten
- IT-Security System
- Testumgebungen für Systemintegration
- Harmonisierte, betriebliche Regeln

What‘s next

- KI
- GoA 4

Infrastrukturseitig weiterhin benötigt

- Bahnübergänge
- Weichen
- Balisen
- Wenige Signale

NEXTRAIL

Innovative Projekte

Quelle: https://digitale-schiene-deutschland.de/Digitale-S-Bahn-Hamburg

Quelle: https://rail.knorr-bremse.com/de/de/stories/fachartikel/rbd-testfahrten.json

Digitaler Knoten Stuttgart (DKS)

Quelle: https://www.bahnprojekt-stuttgart-ulm.de/digitaler-knoten-stuttgart/

OCORA

Open CCS on-board Reference Architecture

Quelle: https://github.com/OCORA-Public/Publications

EULYNX

Quelle: https://www.eulynx.eu

Quelle: https://youtu.be/iTr71zqvCjA

System Pillar / Innovation Pillar

Europe's Rail

A BODY OF THE EUROPEAN UNION

Quelle: https://rail-research.europa.eu

DAC4EU

Digitale Automatische Kupplung

Quelle: https://www.dac4.eu

NEXTRAIL

EULYNX fördert die Vision einer digitalen Eisenbahn

Warum EULYNX

- IT-basierte Steuerungslogik hat eine deutlich kürzere Lebensdauer als "Heavy Metal"-Lösungen für robuste Feldelemente
- Daher wird die Steuerelektronik häufiger ersetzt werden müssen als langfristige Investitionen in Eisenbahnanlagen im Feld
- Die Lebenszyklen von Stellwerken/Steuerungslogik müssen von denen der Feldelemente entkoppelt werden
- Die Systemarchitektur digitaler Systeme muss modular und standardisiert sein, um gegen Veralterung gefeit zu sein
- Die Systemarchitektur muss sich ändern, um zukunftssicher zu sein

Konsequenzen

- Marktzugang auch für spezialisierte Hersteller, die möglicherweise nicht die gesamte Palette von CCS-Anlagen anbieten
- Intensive Innovation auf Modulebene

Auf dem Weg zur TSI

- https://rail-research.europa.eu/system_pillar/system-pillar-outputs/trackside-assets-specifications/

Partner

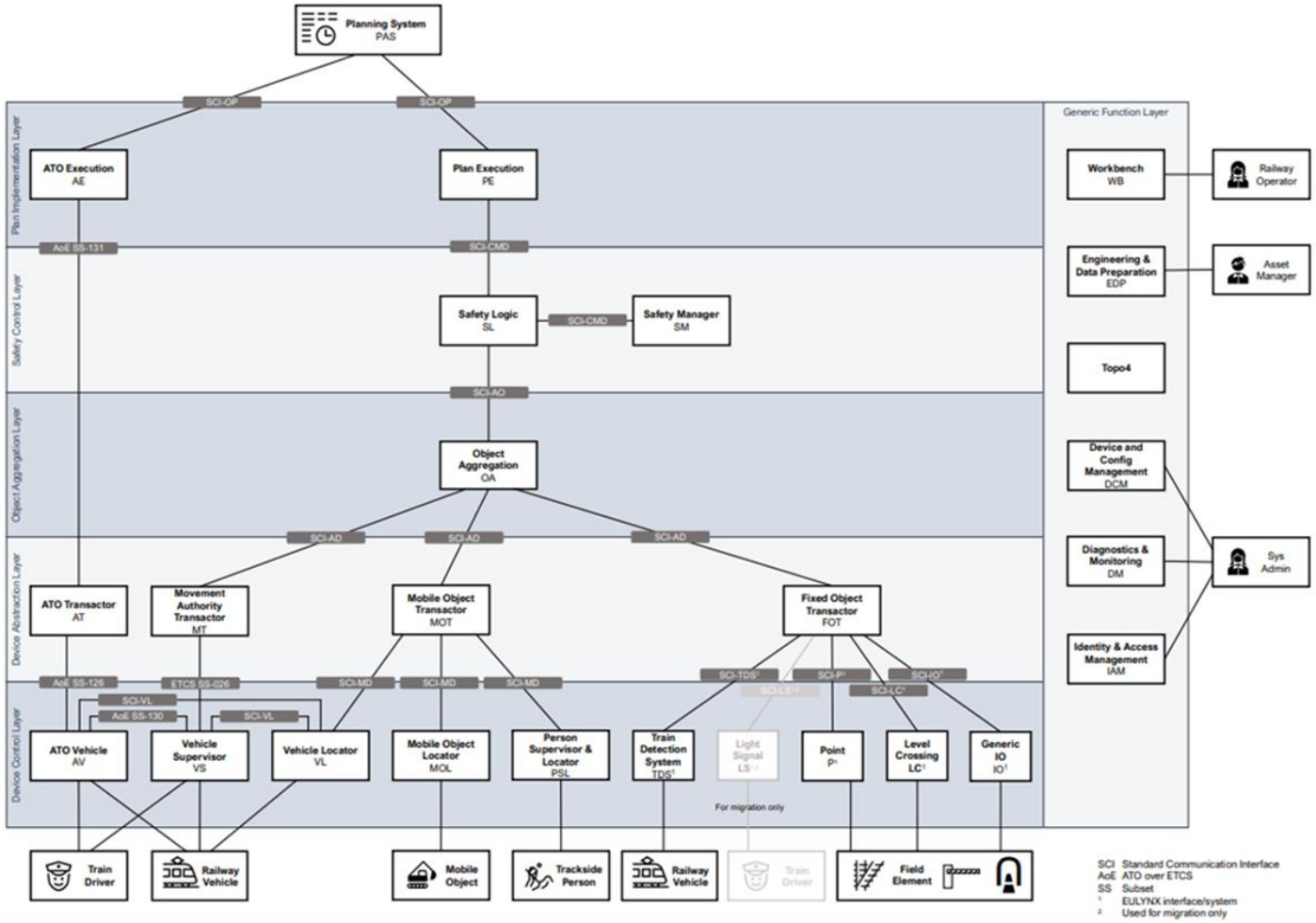
BANE NOR, CFL, DB NETZE, INFRABEL, NetworkRail, ÖBB INFRA, ProRail, RFI, SBB CFF FFS, SNCF, Infrastruktura, SPRÁVA ŽELEZNIC, TRAFIKVERKET, Finnish Transport Infrastructure Agency

Knorr-Bremse: Reproducible Breaking Distance

Quelle: https://rail.knorr-bremse.com/de/de/stories/fachartikel/rbd-testfahrten.json

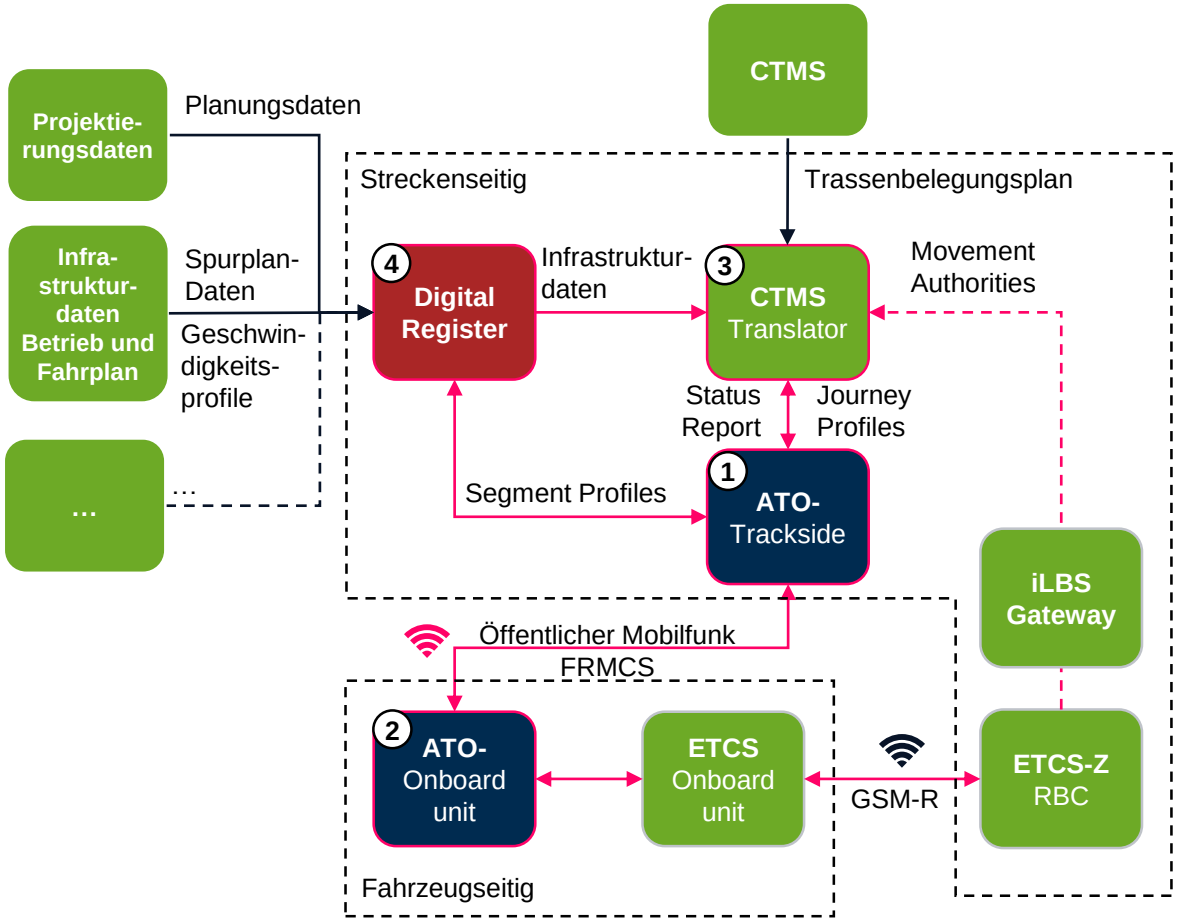
Vernetzte, modularisierte und standardisierte Architektur

- Bedienstandorte mit flexibler Zuordnung der Bereiche
- Rechenzentrumsbetrieb
- Trennung von Informations- und Energieversorgung
- IP-Netzwerk für alle Systeme
- Schaffung von Redundanzen
- Minimierung der Infrastrukturausrüstung
- Standardisierte Schnittstellen
- Prädiktive Diagnose und Instandhaltung
- Zentrale Vorhaltung der Daten für Planung, Betrieb und Instandhaltung
- IT-Security Konzepte
- Europäisch harmonisierte betriebliche Regeln



NEXTRAIL

Das Digital Register (DR) ist ein zentrales Element für den digitalen Bahnbetrieb

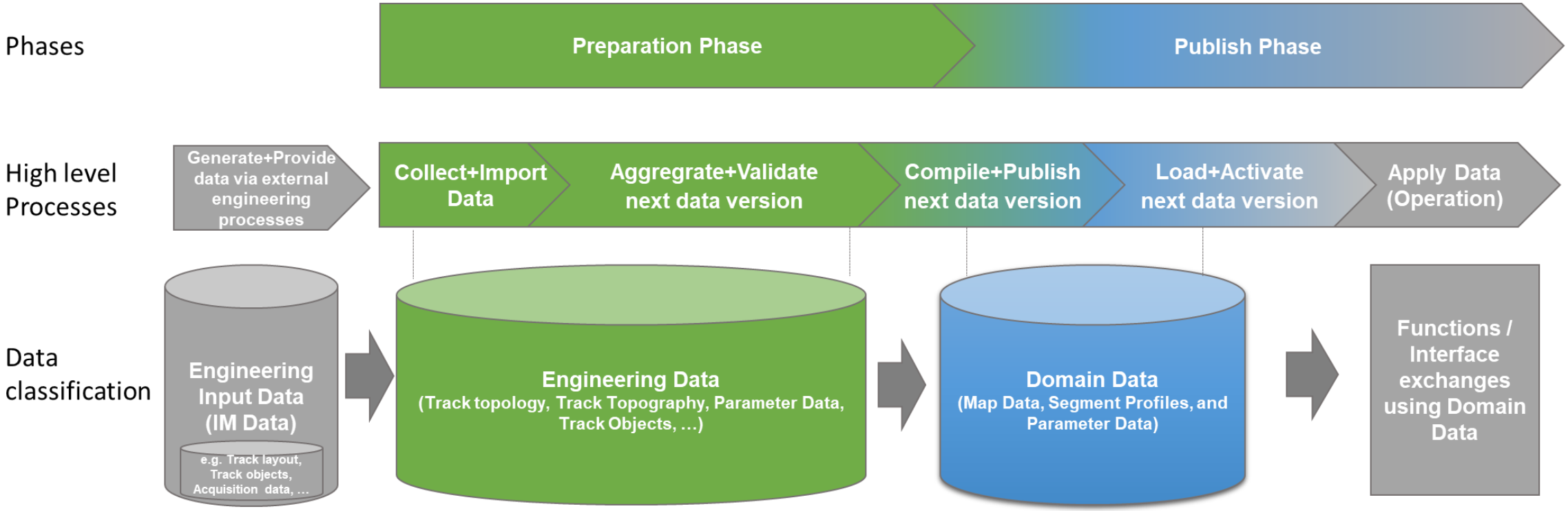


1. **ATO-Trackside** erstellt / verwaltet Journey Profile, verwaltet Segment Profile und kommuniziert mit ATO-Onboard Unit
2. **ATO-Onboard Unit** berechnet Fahrprofile basierend auf Journey / Segment Profiles, fährt entlang Fahrprofile und sendet regelmäßig Status Report an ATO-Trackside bzw. CTMS
3. **Capacity- and Traffic Management System Translator** (CTMS Translator) übersetzt die LeiDis-D[1] Trassenbelegungspläne in Journey Profiles (keine dispositive Funktion!)
4. **Basic Digital Register** stellt die Infrastrukturdatensicht (u.a. Segment Profiles) zur Verfügung

(1) LeiDis = Leitsystem Disposition

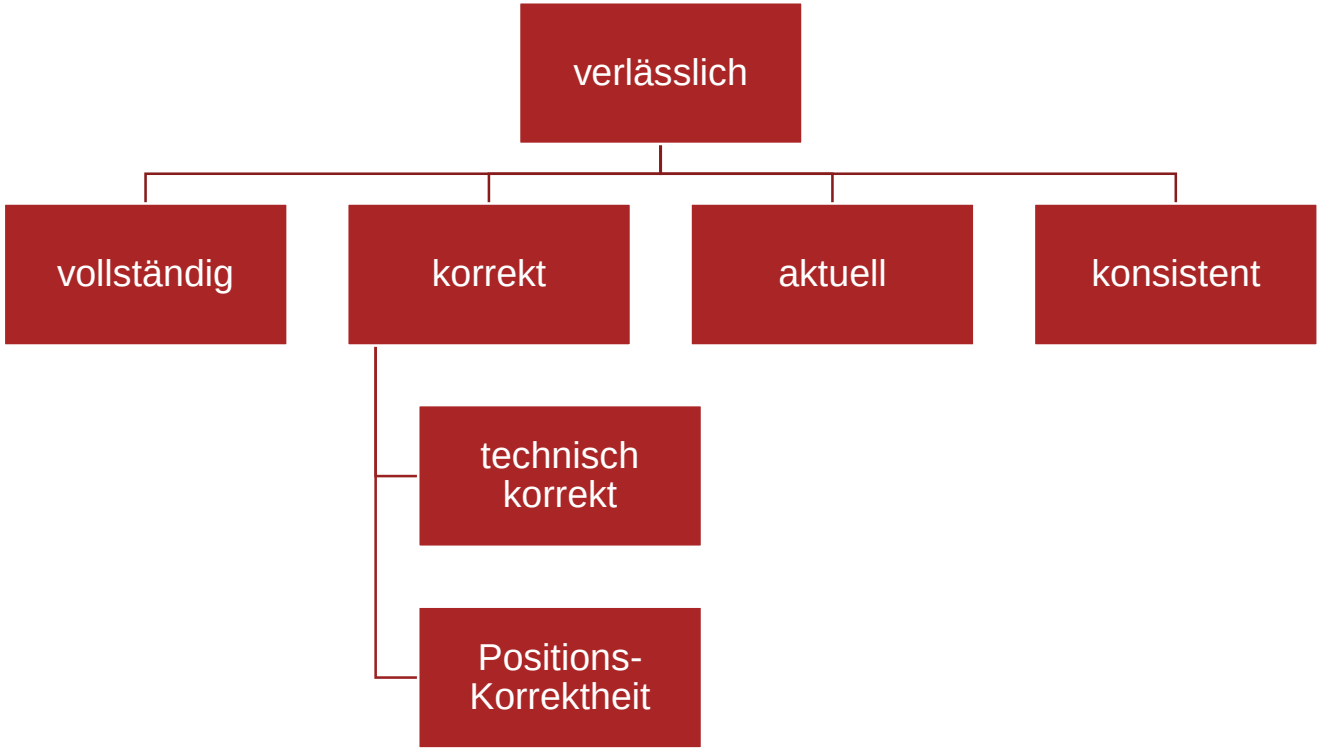
Digital Register - Was ist das?

Digital Register ist ein System zur Verwaltung von Infrastrukturdaten, das für die Generierung und Bereitstellung zuverlässiger statischer Infrastrukturdaten verantwortlich ist, die eine breite Palette von Datenverbrauchern wie Stellwerke, ETCS, Züge (Lokalisierung, Wahrnehmung usw.), ATO und Verkehrsmanagementsysteme abdecken.



Quelle: Project: 101102001 — FP2 R2DATO — HORIZON-ER-JU-2022-01

Digital Register - Was sind verlässliche Daten?



"Zuverlässige Daten„

- sind nicht ausschließlich an sicherheitsrelevante Funktionen gekoppelt

"Sichere Daten":

- vertrauenswürdig im Sinne einer hinreichend geringen Wahrscheinlichkeit von Fehlinformationen
- Übereinstimmung mit EN 5012x

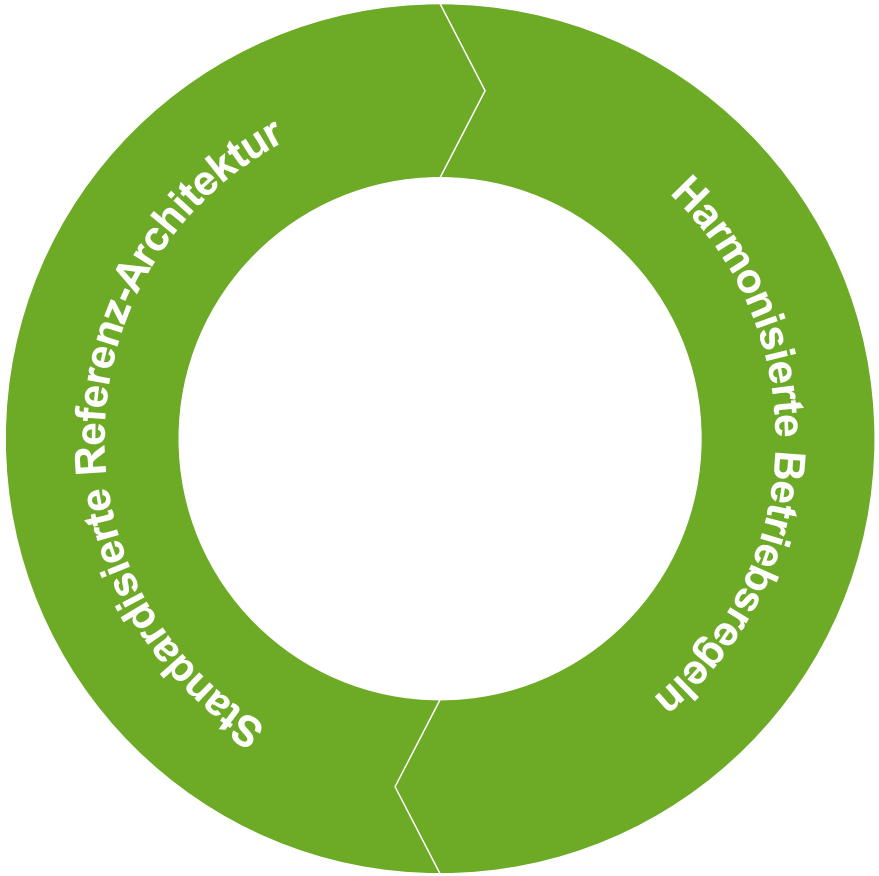
NEXTRAIL

Automatic Train Operation

	GoA 1 Nicht-automat. Fahren	GoA 2 Teil-automat. Fahren	GoA 3 Fahrerloses Fahren	GoA 4 Voll-automat. Fahren
	Quelle: Sebastian Terfloth, de. Wikipedia.org	Quelle: Sirap bandung, en. Wikipedia.org	Quelle: Tim Lezard, uslive.org	Quelle: Freddy2001, de. Wikipedia.org
Störungs-management	P	P	P	S
Tür-Schließung und Abfahrtsauftrag	P	P	S	S
Zug in Bewegung setzen	P	S	S	S
Zug fahren und anhalten	(S)	S	S	S
	Der Zug wird manuell gefahren. Mindestens Abfahrt und Halt werden durch einen Tf durchgeführt. Die Einhaltung der Geschwindigkeit wird vom System überwacht.	Der Zug fährt automatisch. Der Tf ist im Führerstand und ist für die Fahrt verantwortlich. Optional: Türsteuerung, Adhäsionsmanagement	Ein Zugbegleiter ist anwesend, der in Notfällen eingreifen kann und den Zug führen könnte. Er sitzt jedoch nicht zwangsläufig im Führerstand.	Der Zug fährt gänzlich unbegleitet, alle Funktionen sind automatisiert. Das Kontrollsystem übernimmt alle Fahrt- und Überwachungs-funktionen.

P = Handlung erfolgt durch das Personal
S = Handlung führt das System aus (teilweise)

Ein „Henne-Ei-Problem“:
Der Weg zu Standards in Technik und Betrieb



Harmonisierung der Betriebsregeln ist ohne eine standardisierte technische Architektur unmöglich

- Gleiche Funktionalität
- Gleiche Funktionsverteilung
  - Regelbetrieb
  - Rückfallebene
- Gleiche Prozesse

Die Unterschiede auf Grund landesspezifischer Gesetzgebung sind gering

3. Wo geht die Reise hin?

Ist schon klar, dass das alles schwer umzusetzen ist …

Migrationspfad

Einhalten von Standards

Kulturelle Hürden

Fachkräftemangel

IT-Security

Umsetzungszeiträume

Finanzierung

Zulassung

Bauen im laufenden Betrieb

etc.

Digitalisierung des Systems Bahn – und darüber hinaus

Denken wir wirklich weit genug?

… noch Fragen?

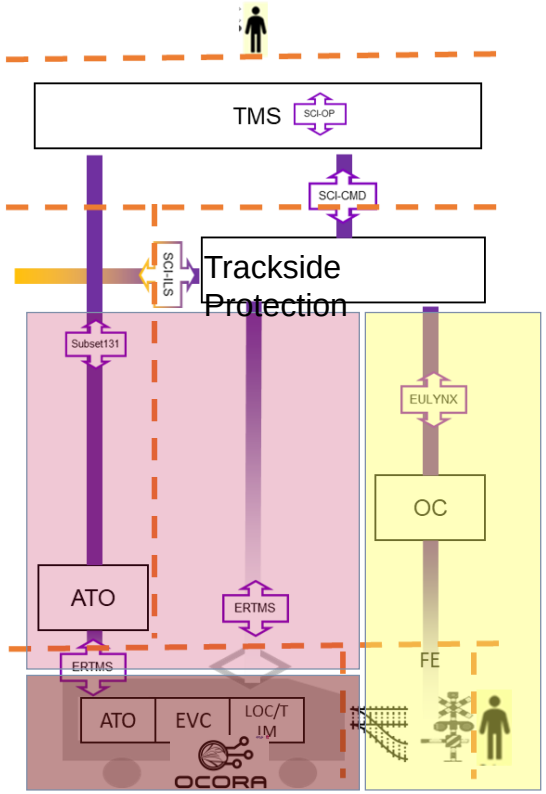
Thank you.
Start digitizing now!

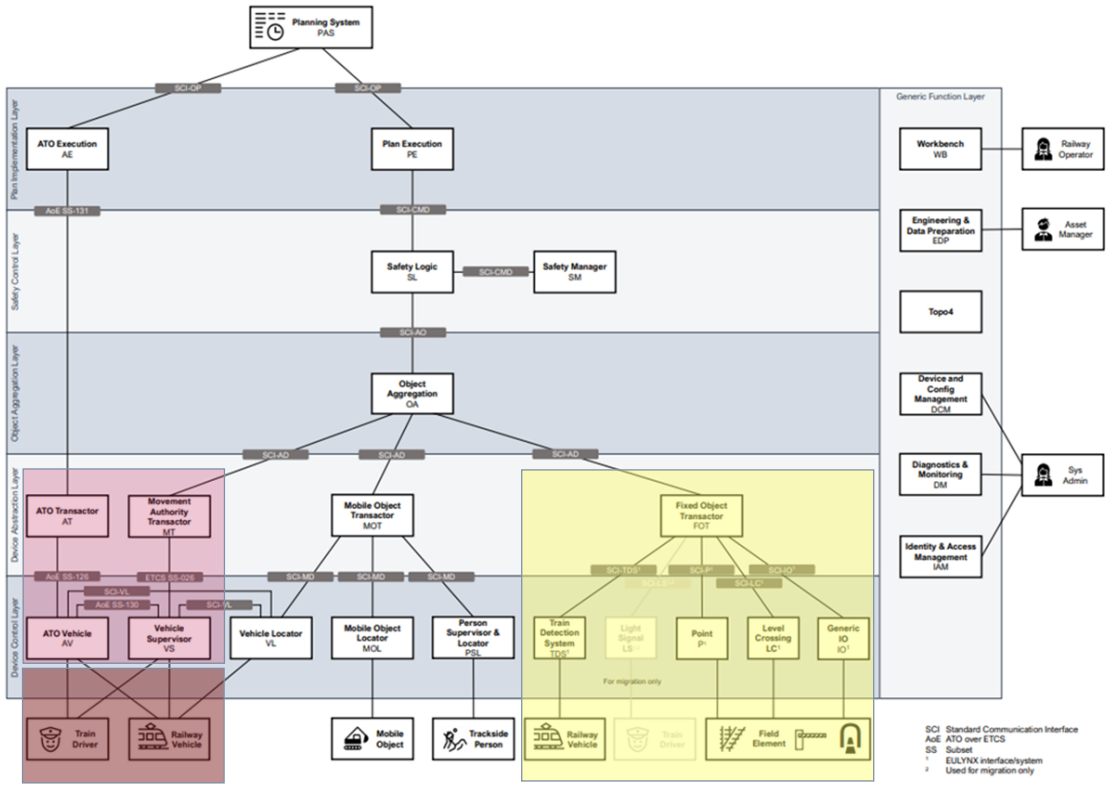
Dr. Michael Leining
Geschäftsführer

+49 160 97454568
michael.leining@nextrail.com
nextrail.com

NEXTRAIL

ERTMS, EULYNX and OCORA are the foundation of RCA





EULYNX

- is an integral part of RCA
- standardizes the interfaces around the Interlocking
- interfaces are a blueprint for further interface standardisation within RCA
- fits perfectly into RCA

ERTMS

- important technical game-changers like localisation, FRMCS will be integrated in the TSI

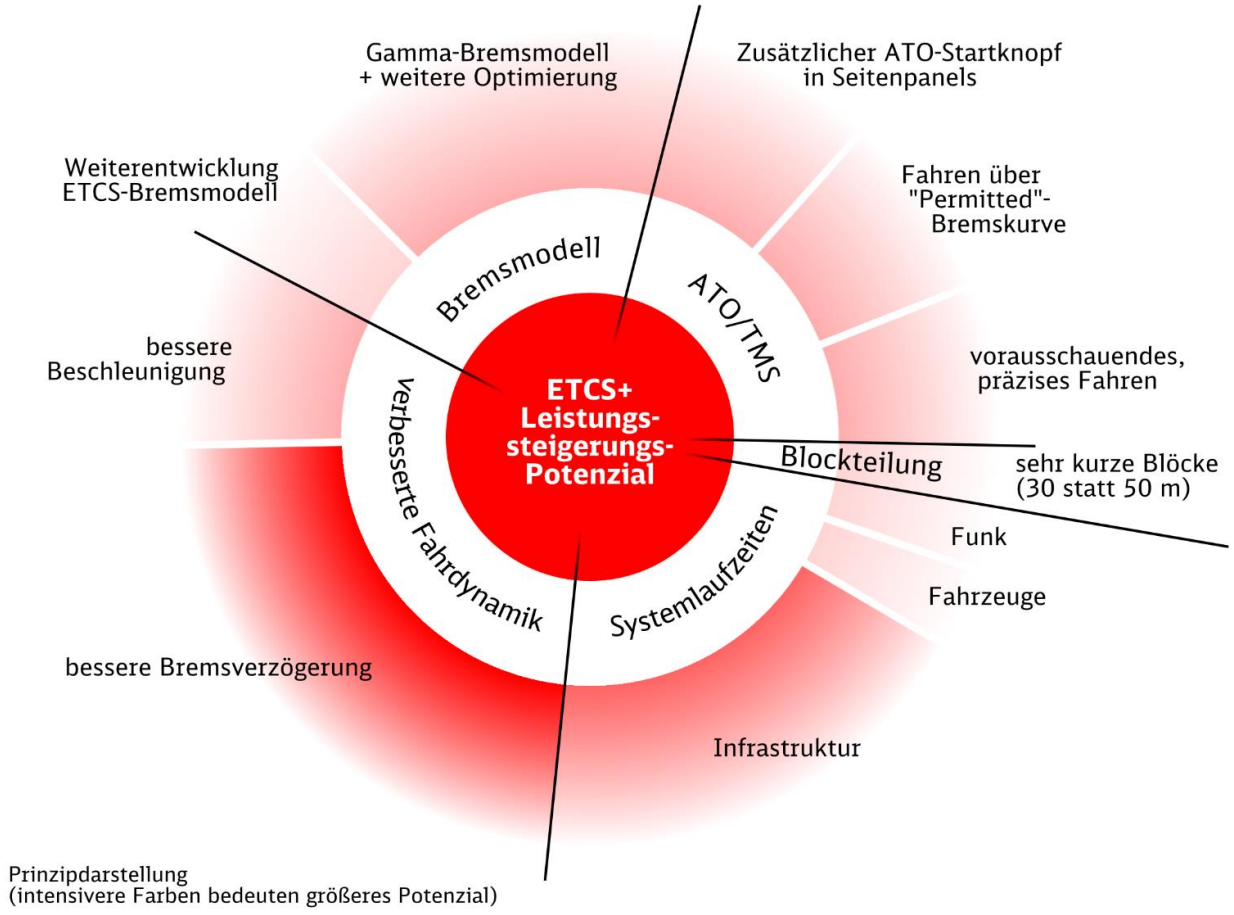
OCORA

- RCA and OCORA are aligned

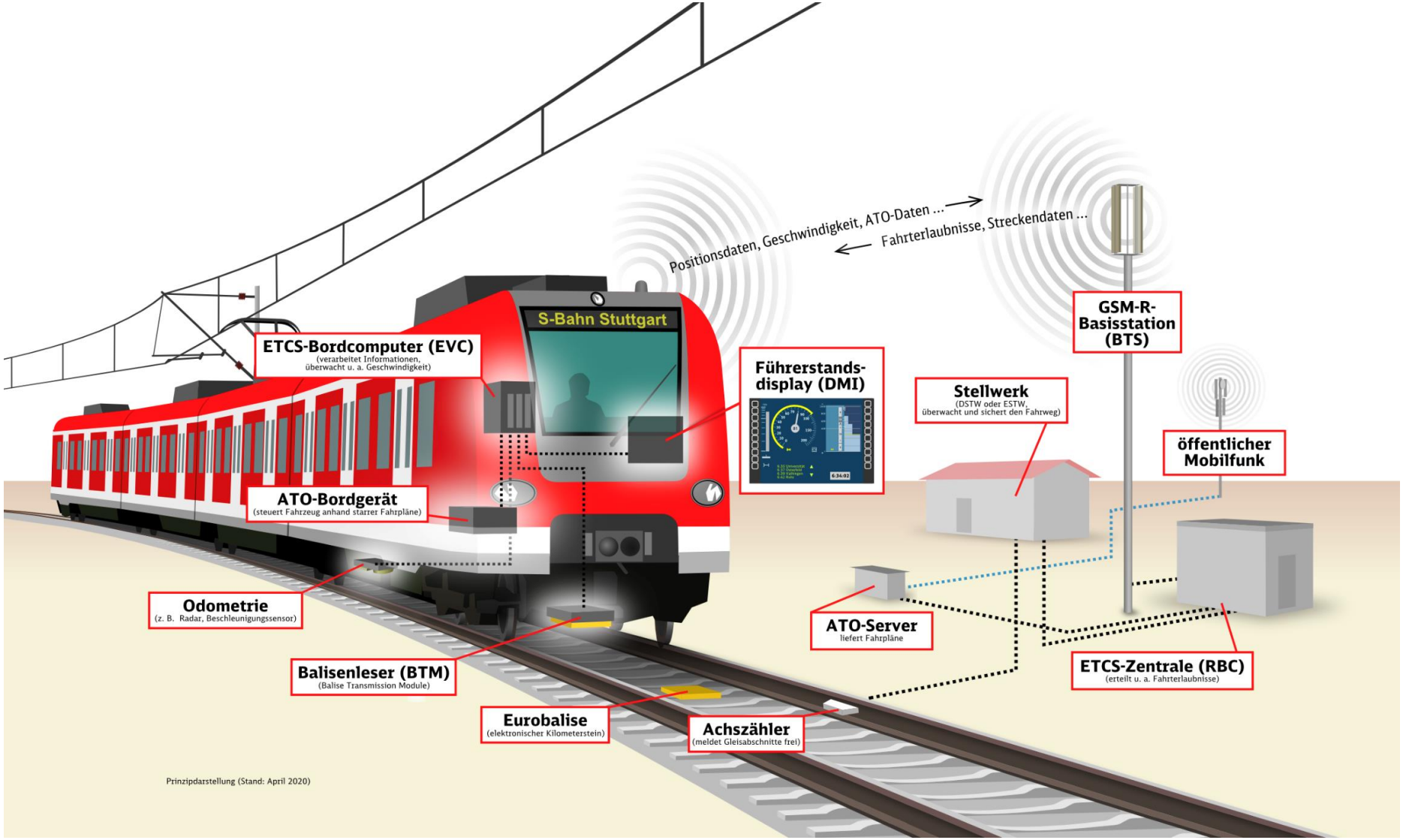
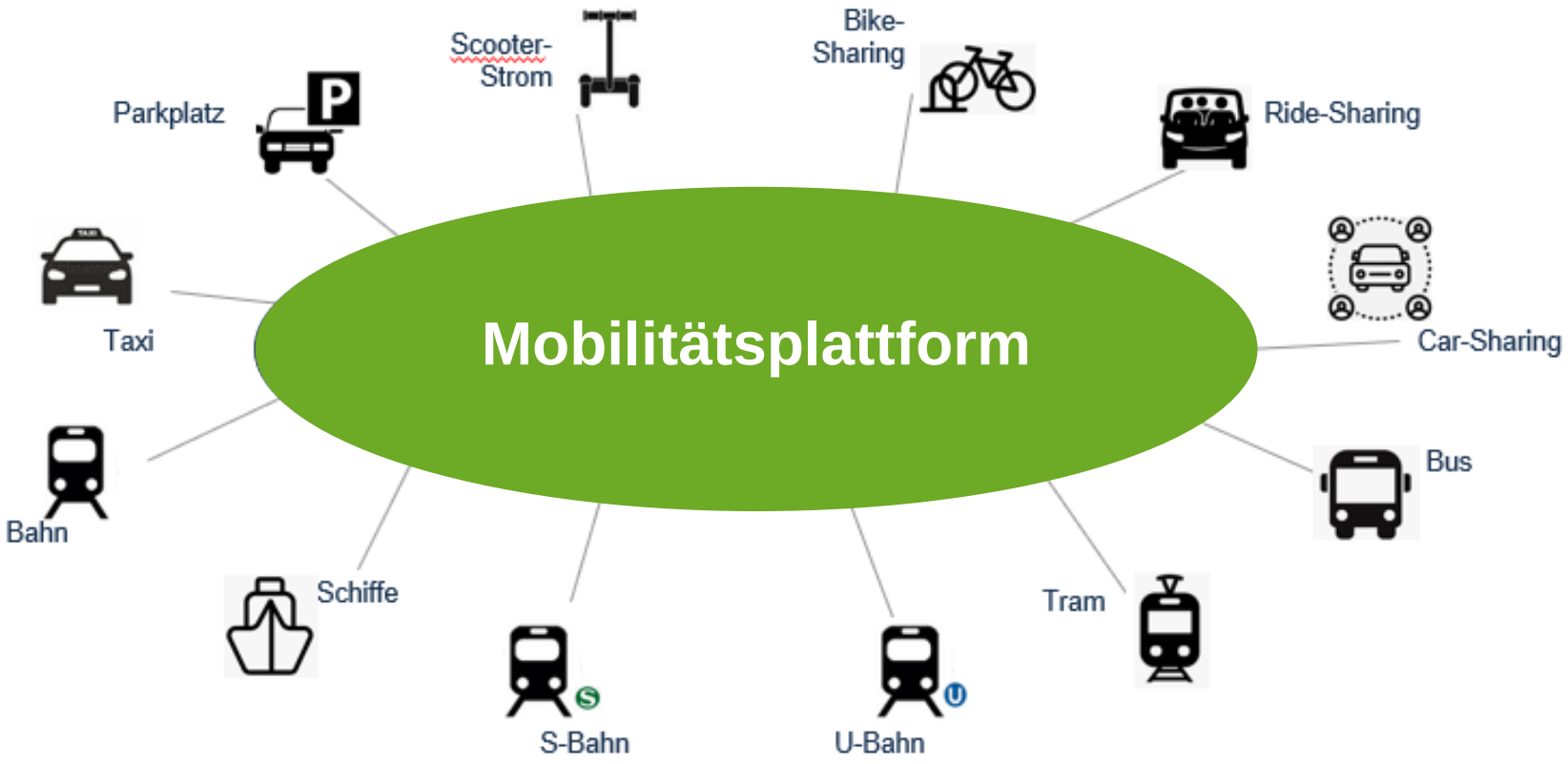
NEXTRAIL

If it is not secure, it can not be safe

Digitalisierung ist kein Allheilmittel – Beispiel Kapazität



- Fahrdynamik
  - Bessere Beschleunigung
  - Bessere Bremsverzögerung
- Bremsmodell
  - Weiterentwicklung ETCS-Bremsmodell
  - Gamma-Bremsmodell und weitere Optimierung
- ATO/TMS
  - Zusätzlicher ATO-Startknopf in Seitenpanels
  - Fahren über „Permitted“ Bremskurve
  - Vorausschauendes, präzises Fahren
- Blockteilung
  - Sehr kurze Blöcke (30 statt 50 m)
- Systemlaufzeiten
  - Funk
  - Fahrzeuge
  - Infrastruktur


Positionsdaten, Geschwindigkeit, ATO-Daten ...
Fahrterlaubnisse, Streckendaten ...
S-Bahn Stuttgart
ETCS-Bordcomputer (EVC)
(verarbeitet Informationen, überwacht u. a. Geschwindigkeit)
Führerstands-display (DMI)
GSM-R-Basisstation (BTS)
Stellwerk
(DSTW oder ESTW, überwacht und sichert den Fahrweg)
öffentlicher Mobilfunk
ATO-Bordgerät
(steuert Fahrzeug anhand starrer Fahrpläne)
Odometrie
(z. B. Radar, Beschleunigungssensor)
ATO-Server
liefert Fahrpläne
Balisenleser (BTM)
(Balise Transmission Module)
ETCS-Zentrale (RBC)
(erteilt u. a. Fahrterlaubnisse)
Eurobalise
(elektronischer Kilometerstein)
Achszähler
(meldet Gleisabschnitte frei)
Prinzipdarstellung (Stand: April 2020)

Eine nahtlose Integration aller Verkehrsträger erfordert Digitalisierung