



| Leit- und Sicherungssysteme

Dr.-Ing. Ralf Kaminsky, 22. Oktober 2025 / Minden

| Grundlagen

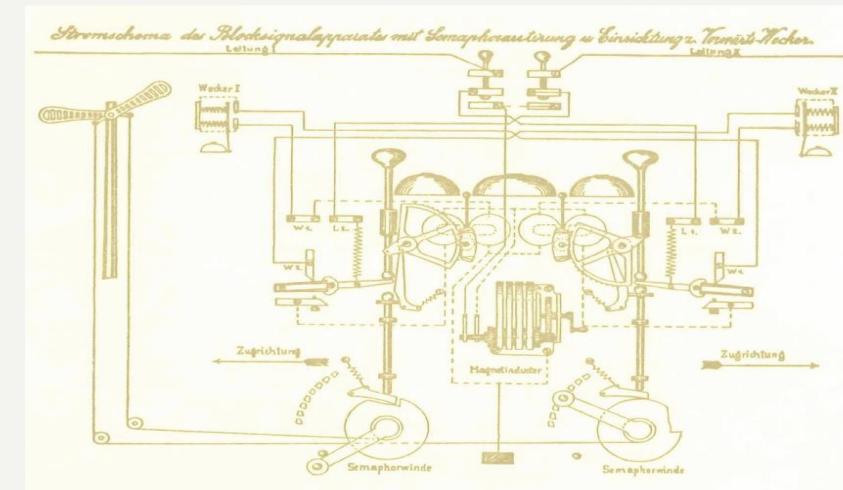
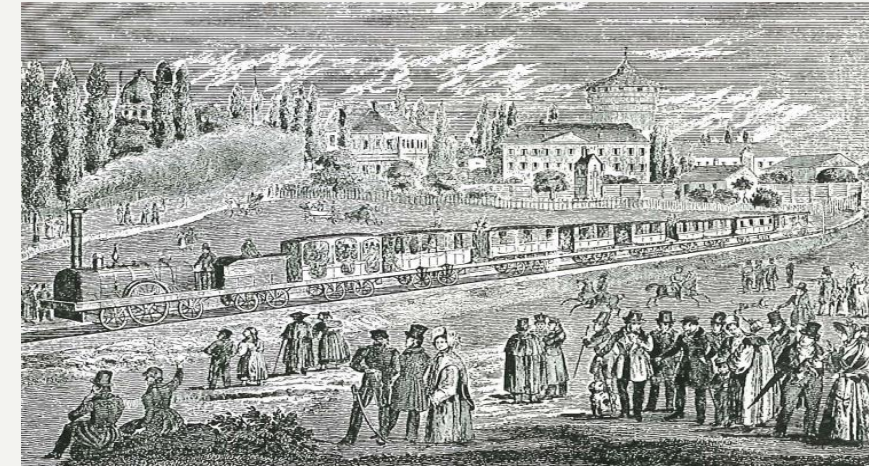
Einleitung

Notwendigkeit der Eisenbahnsignaltechnik

„Die schnelle Bewegung muss bei den Reisenden unfehlbar eine Gehirnkrankheit, eine besondere Art des Delirium furiosum erzeugen. Wollen aber dennoch Reisende dieser grässlichen Gefahr trotzen, so muss der Staat wenigstens die Zuschauer schützen, denn sonst verfallen diese beim Anblick des schnell dahinfahrenden Dampfwagens genau derselben Gehirnkrankheit.

Es ist daher notwendig, die Bahnstrecke auf beiden Seiten mit einem hohen Bretterzaun einzufassen.“

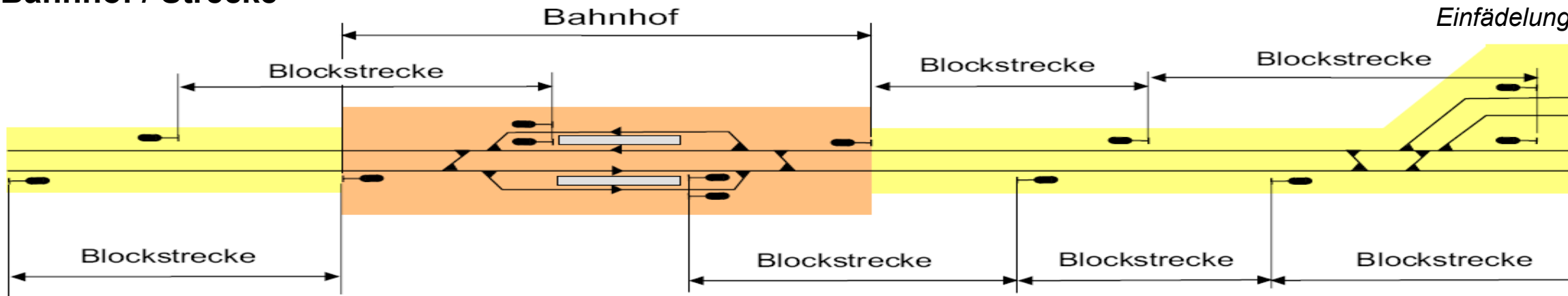
Gutachten im Vorfeld der ersten deutschen Eisenbahn: Bayerisches-Ober-Medizinal-Kollegium




Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Grundprinzipien

Bahnhof / Strecke



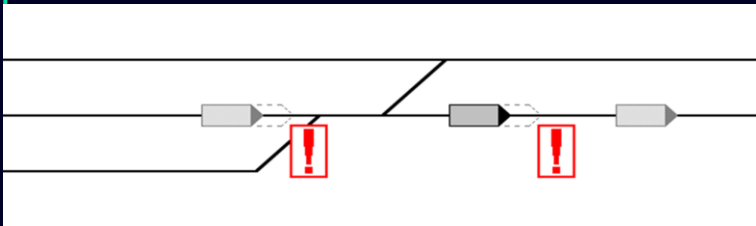
	Bahnhof	Strecke
Betriebliche Aspekte	Züge beginnen, enden, wenden und ausweichen	planmäßiger Zugverkehr
Techn. Merkmale	mindestens eine Weiche Begrenzung durch Einfahr-signal, Trapeztafel oder Einfahrweiche 	ein- oder mehrgleisige Verbindung zwischen End- oder Knotenbahnhöfen
Sicherungstechnik	Stellwerk → Fahrstraßen	Blockstelle → Block

Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Grundprinzipien – Anforderungen an ein Stellwerk

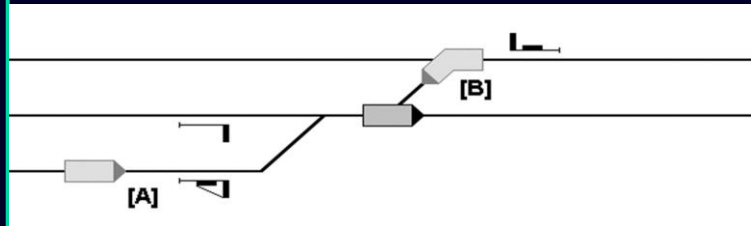
Verhindern des Nachfahrens

- Zwischen zwei Zügen muss immer ein „HALT“ zeigendes Signal sein
- Dieses Signal darf erst in „FAHRT“ gestellt werden, wenn der voraus liegende Abschnitt frei ist



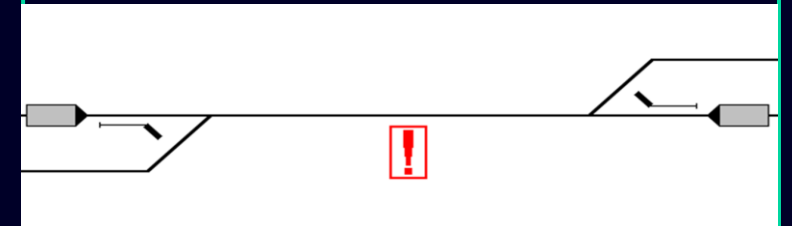
Verhinderung der Flankenfahrt

- Verhindern von Flankenfahrten durch Flankenschutz



Verhinderung des Gegenfahrens

- Ein Ausfahrtsignal kann nur auf Fahrt gestellt werden
 - wenn keine Gegenfahrt eingestellt ist und
 - wenn die Erlaubnis vorliegt



Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Sicherungstechnik – Minimierung des Unfallrisikos

Technische Umsetzung der betrieblichen Szenarien

- Fahrstraße
- Technisch gesicherter Fahrweg, den ein Zug oder eine Rangierabteilung vom Start zum Zielpunkt befährt



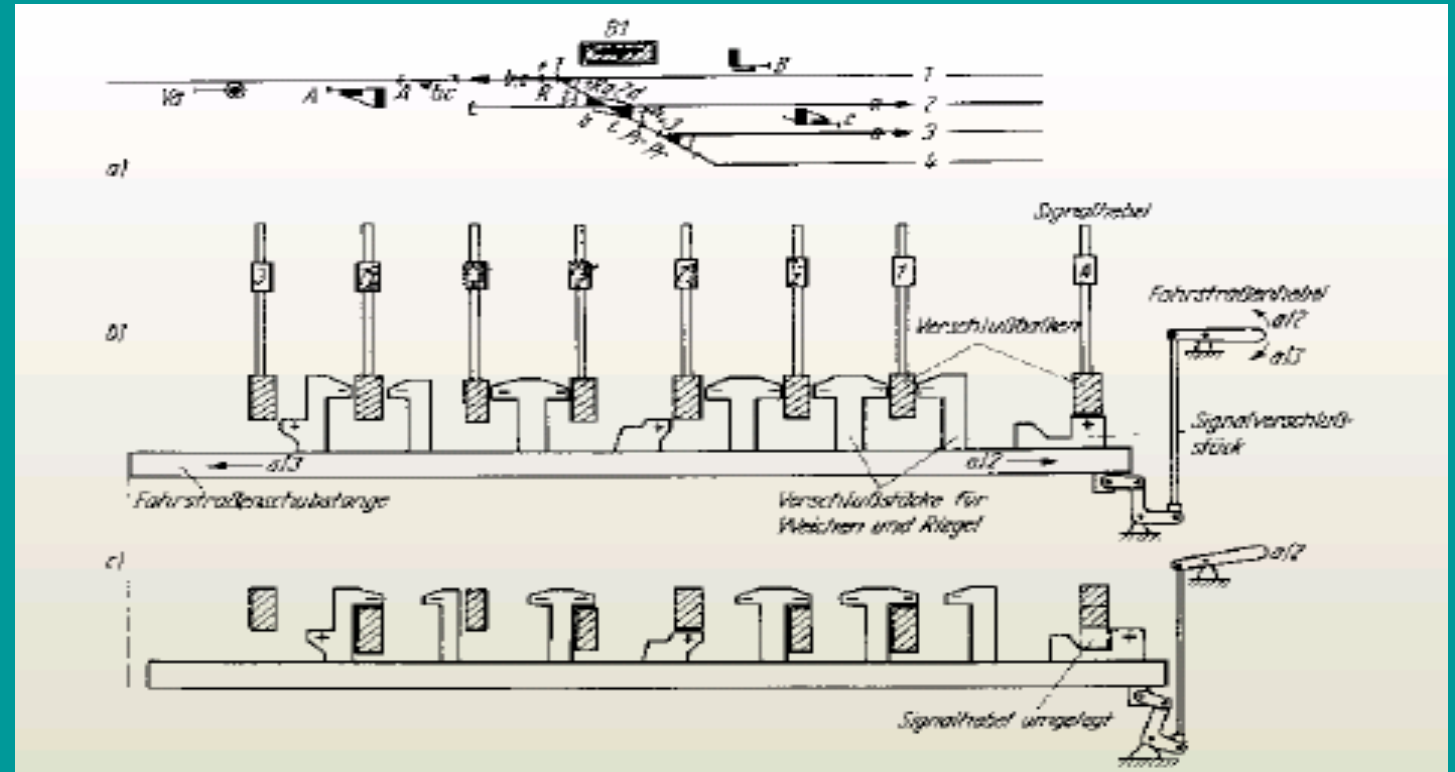
Quelle: Lupenbilder, ESTW Rheine

Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Sicherungstechnik – Minimierung des Unfallrisikos

Fahrwegsicherung

- Einstellen der Fahrstraße
- Verschließen der Weichen und Flankenschutzeinrichtungen
- Festlegen der Fahrstraße
- Freiprüfen des Fahrwegs (nicht bei Rangierfahrstraßen)
- Freigeben des Signals
- Fahrtstellen des Signals



Abhängigkeit zw. den Weichenhebeln, dem Fahrstraßen- und dem Signalhebel

a) Lageplan

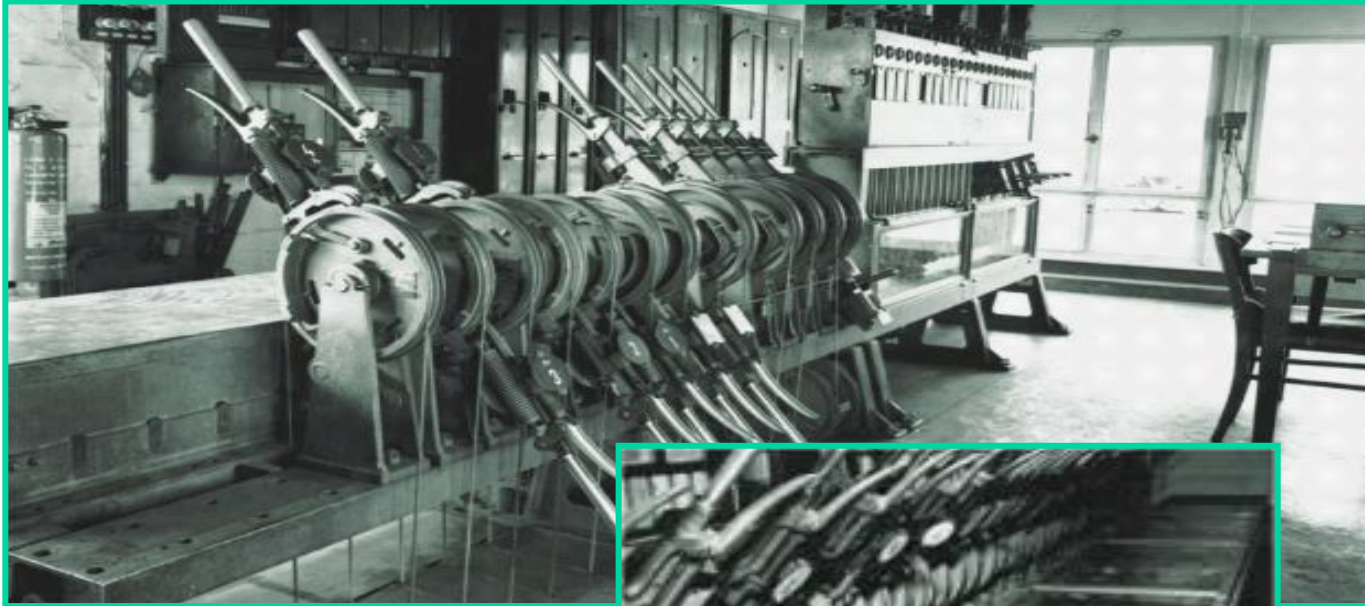
b) Fahrstraßenhebel in Grundstellung

c) Fahrstraßenhebel für die Fahrt a/2 umgelegt

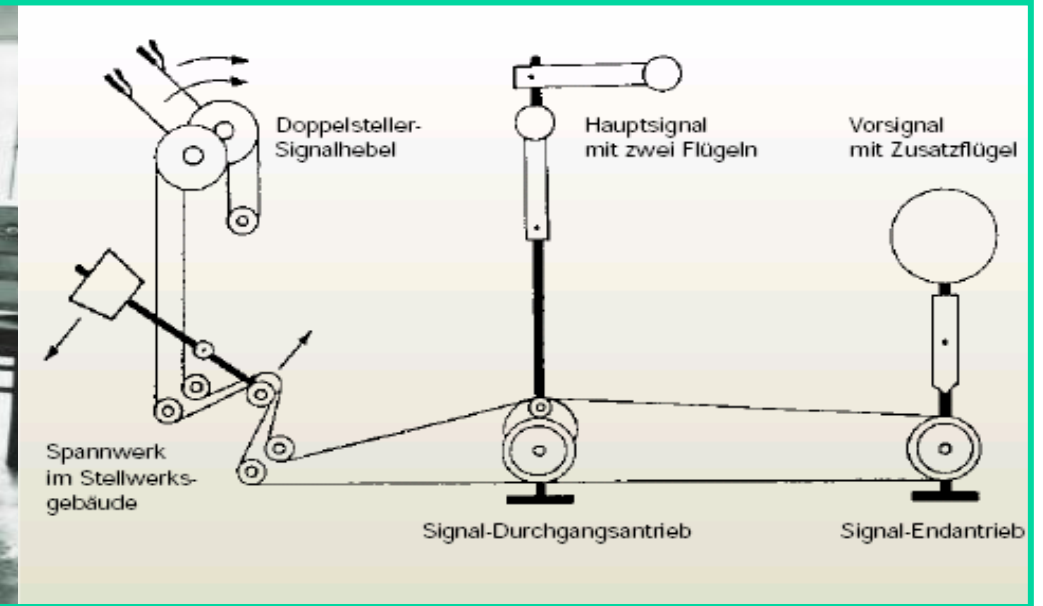
Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Rückblick

Mechanisches Stellwerk



- Hebelbank
- Verschlussstangen
- Drahtzugleitungen
- Mechanische Signale



Prinzip mechanisches Stellwerk

Stellwerk Gliesmarode Gs

Mechan.
Stellwerk
(YouTube)



Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Wesentliche Entwicklungsschritte

Zuerst Mechanisieren und Zentralisieren

- Weichen- und Signalsteller im Gleis wurden abgelöst durch Weichen- und Signalbedienung im Stellwerk
- 1856 – zwei Erfindungen: Zentralapparat mit mechanischen Abhängigkeiten und Wechselstrom-Magnetinduktor

Wechselstromblock mechanisiert Bedienhandlungen

- Abhängigkeit zwischen dem Ausfahrtsignal des eigenen Bahnhofs und dem Einfahrtsignal des Nachbarbahnhofes

Elektrische Kraftstellwerke beschleunigen Betriebsablauf

- Menschliche Muskelkraft wird durch Elektromotoren ersetzt
- Stellentfernung elektromechanischer Stellwerke übersteigt deutlich die von mechanischen Stellwerken

Automatisierung mit Selbstblock

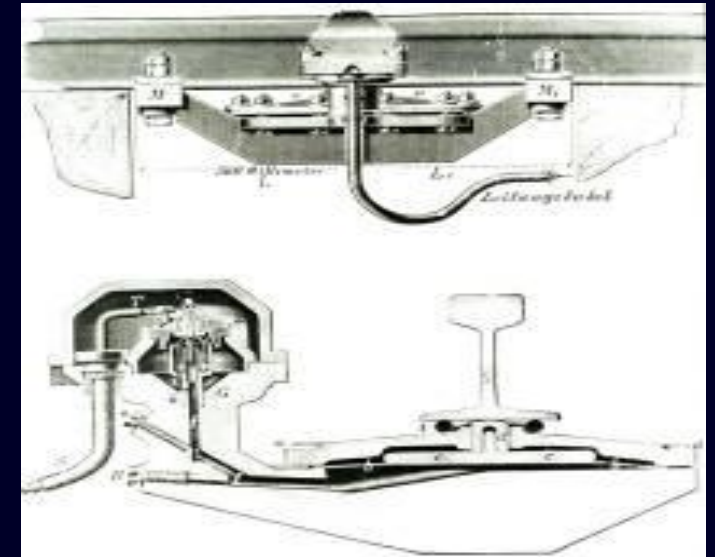
- Zugeinwirkung durch Schienenkontakte

Neue Automatisierungsansätze durch Relaischnik

- Einführung elektrischer Verschlüsse durch Signalrelais
- Einführung Spurplanprinzip ermöglicht automatisiertes Einstellen von Fahrstraßen



E43-Stw, Rheine Rpf



Prinzip Schienendurchbiegekontakt

Moderne Stellwerkstechnik

Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Heute angewandte Technik

Elektronische Stellwerke vergrößern den Stellbereich und haben neue Funktionen

- Steuerung ganzer Strecken mit einem Bediener
- Fahrstraßenprüfung und Überwachung (FPÜ)
- Einführung Linienförmige Zugbeeinflussung (LZB)
- Hochleistungsblock CIR-ELKE und LZB-Blockkennzeichen

Automatisierung der Betriebsführung

- Zuglenkung als Mittel effizienter Disposition

Zentralisierung der Betriebsführung durch Betriebszentralen

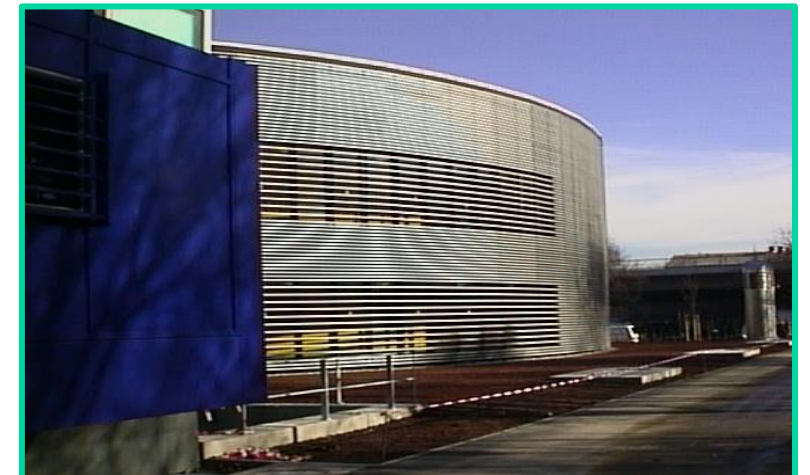
- Fernsteuerung des gesamten Fern- und Ballungsnetzes der DB AG aus 7 Betriebszentralen

ETCS als neues Zugsicherungssystem für Europa

- Harmonisierung der europäischen Sicherungstechnik für „grenzenlose“ Verkehre
- Zusammenwachsen von Strecken- und Zugsicherung



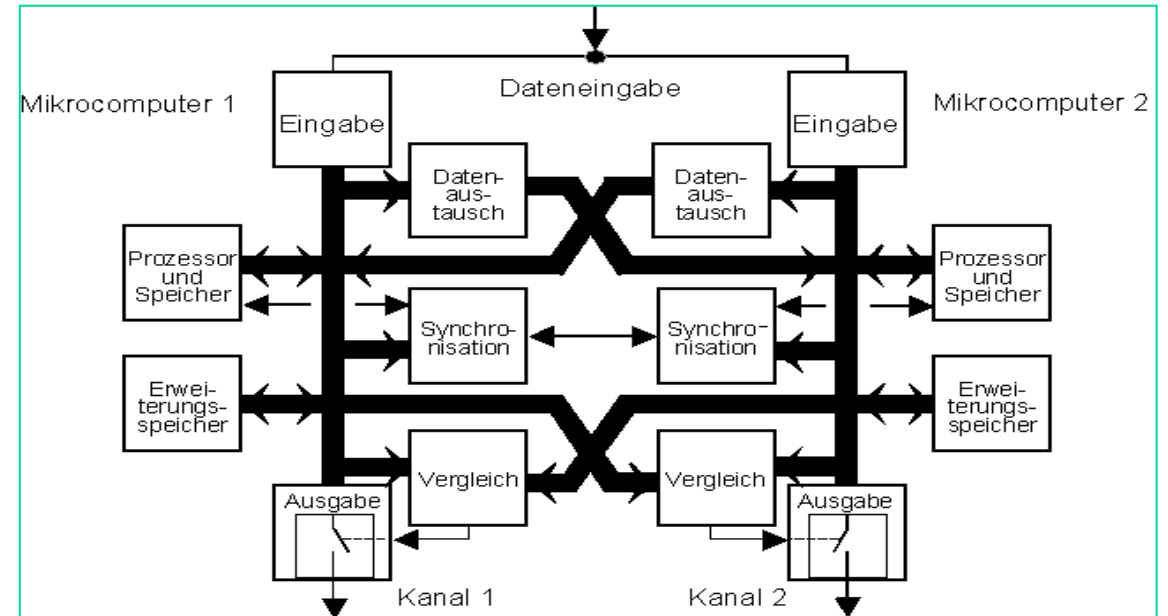
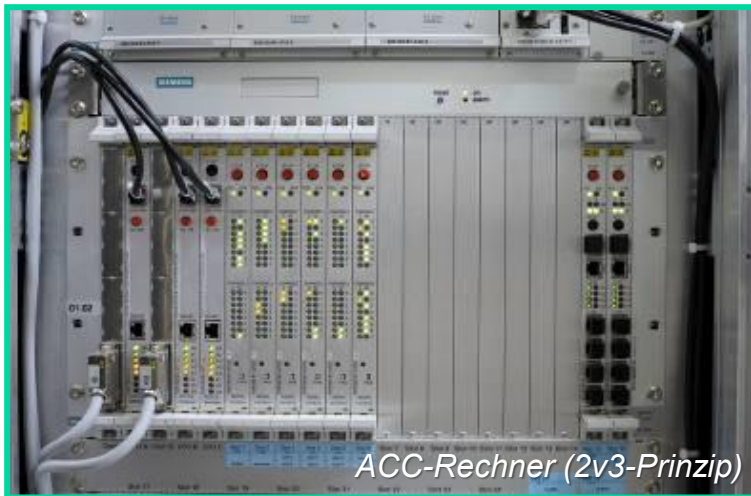
Betriebszentrale München



Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Elektronisches Stellwerk

Elektronisches Stellwerk EI S



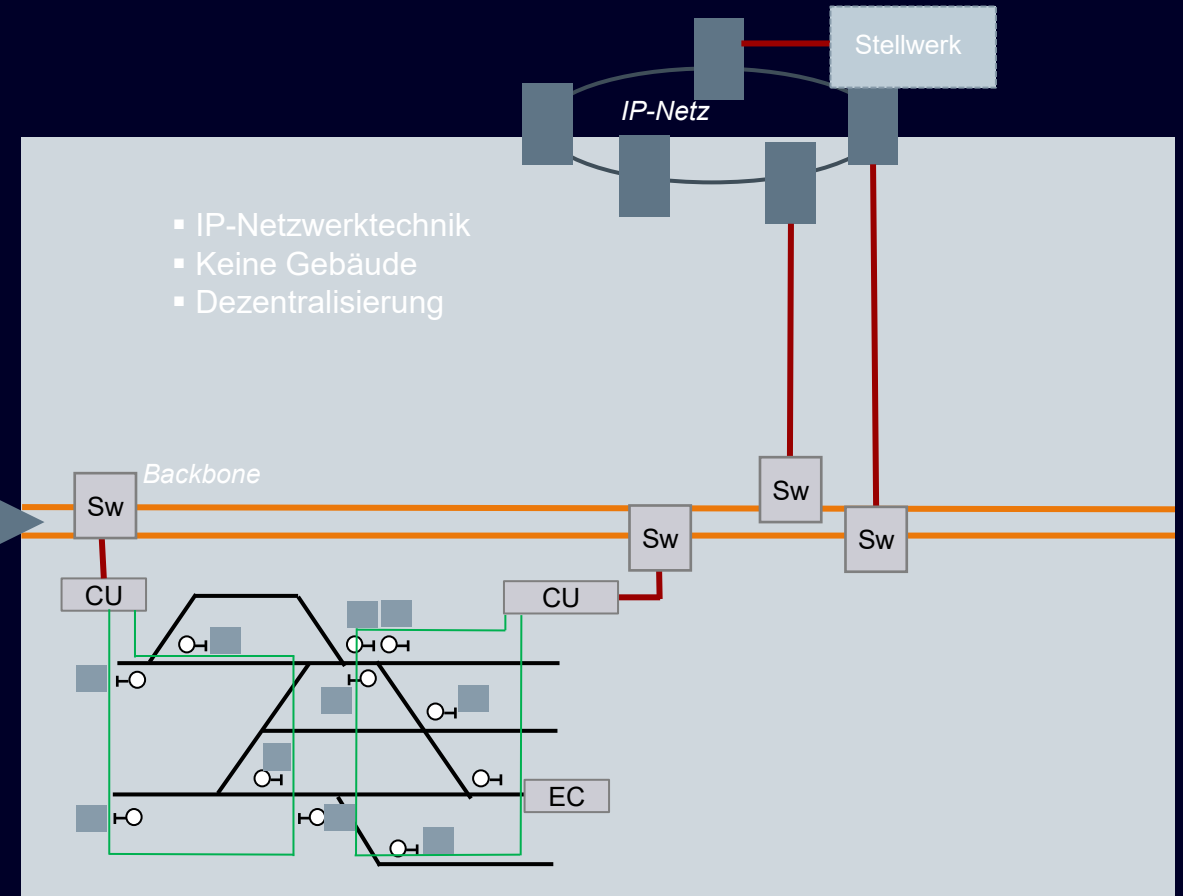
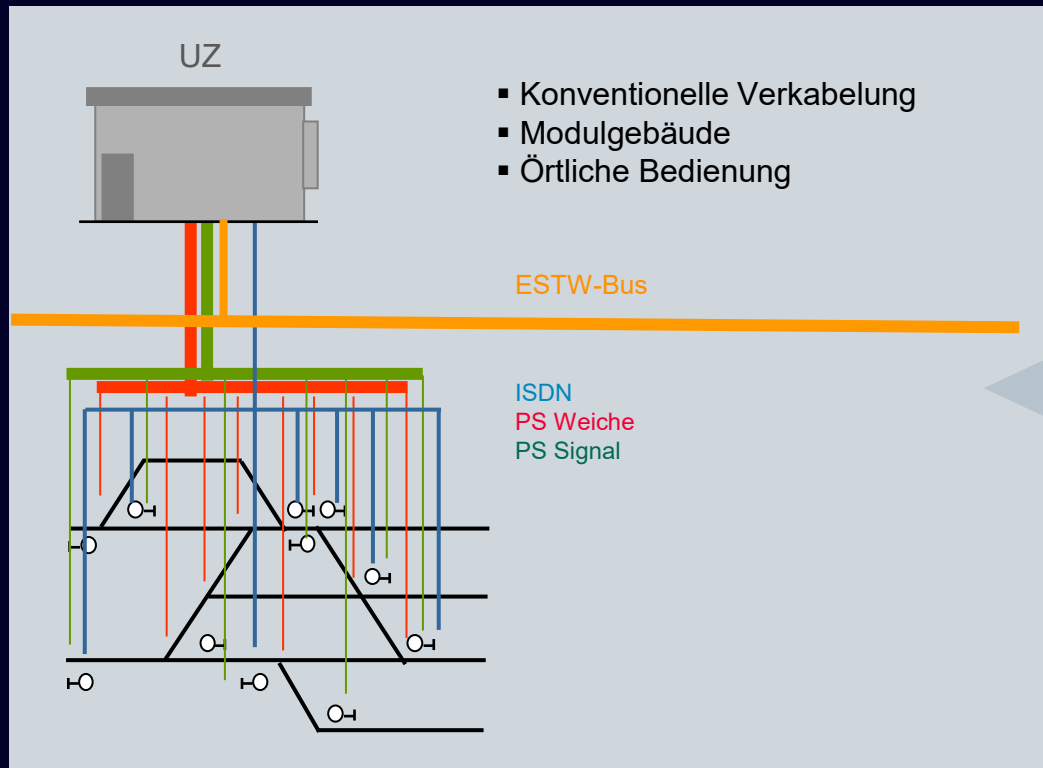
Simis-Prinzip

- Spurplanprinzip
- Mausbedienung
- Monitore
- Elektronische Freimeldung

Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Grundlegende Veränderung der Stellwerksarchitekturen (2)

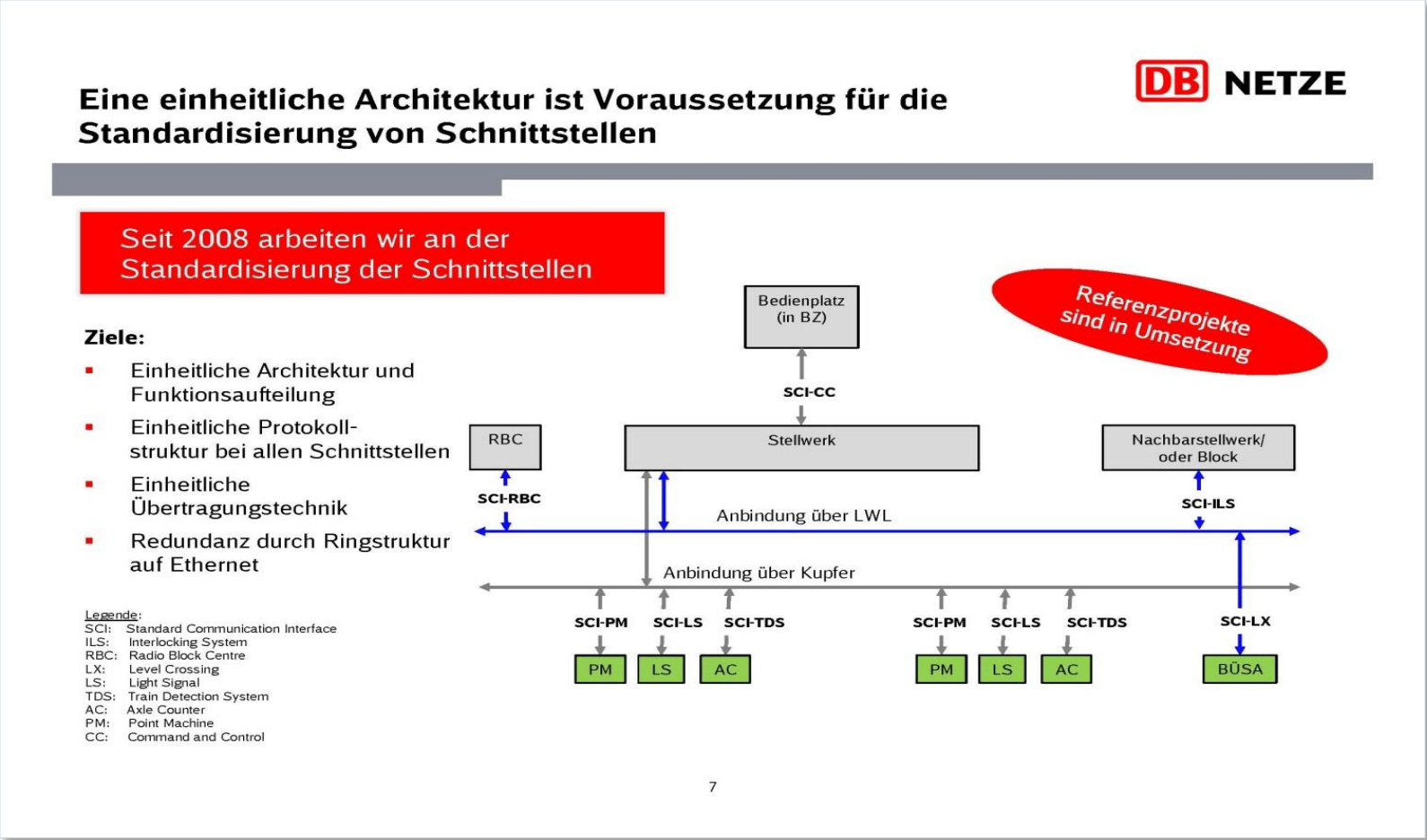
Beispiel einer dezentralen Architektur: Trackguard Sinet



Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Grundlegende Veränderung der Stellwerksarchitekturen (1)

Standardisierung der Schnittstellen – Umsetzung von NeuPro



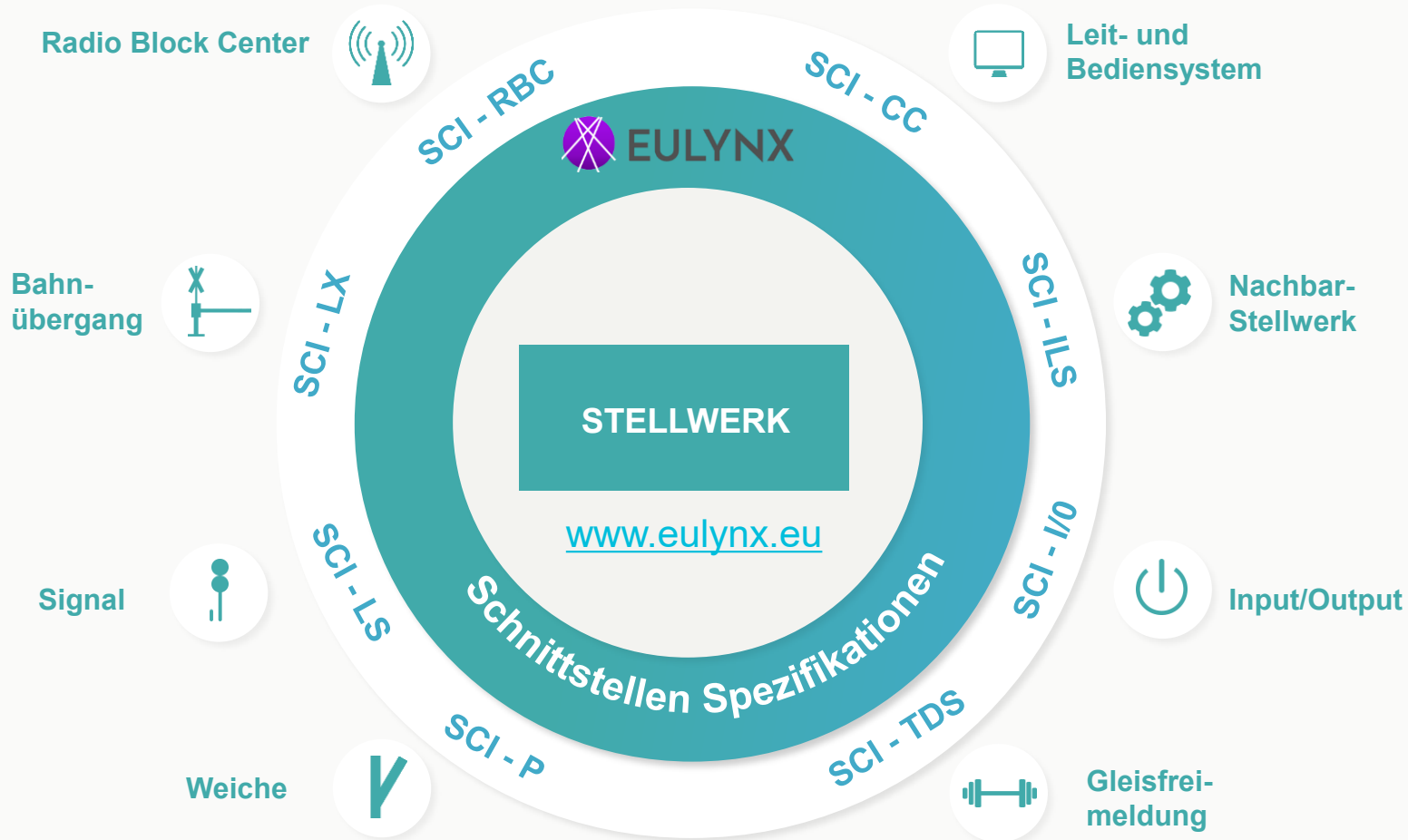
DSTW



Auszug aus Präsentation von Herrn Dr. Elsweiler
„Schnittstellenbetrachtung durch die DB Netz AG“
am 24.01.2013

Überblick Eisenbahnsignaltechnik

EULYNX – Standardisierte Schnittstellen für Europa



Vorteile durch

- Beherrschung der Komplexität des Gesamtsystems
- TCP-IP- basierte Netzwerke für Service-orientierte Architekturen (SOA)
- Verbessertes Monitoring und Diagnose

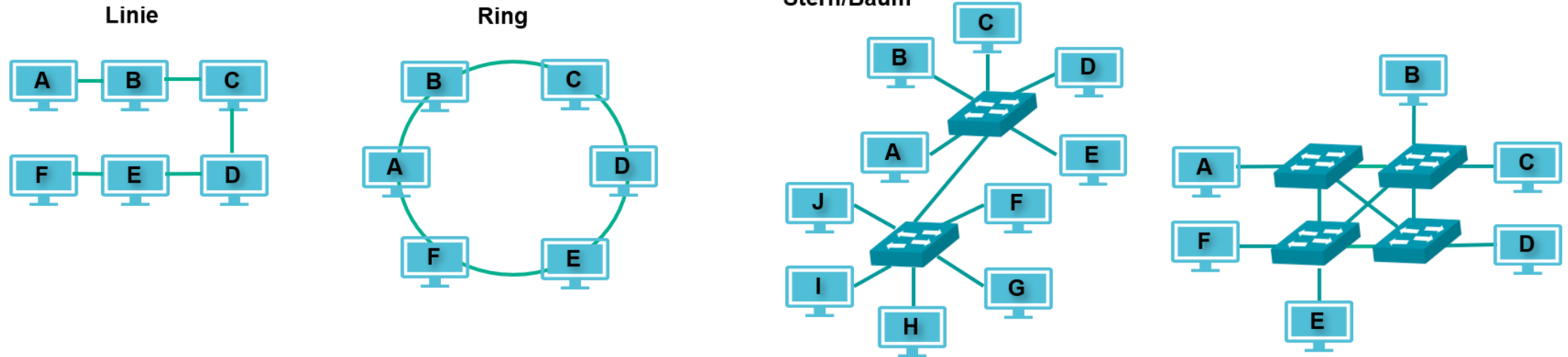
Im Europe's Rail Joint Undertaking (EU-Rail) wird sektroweit an der Spezifikation der Standardschnittstellen gearbeitet

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

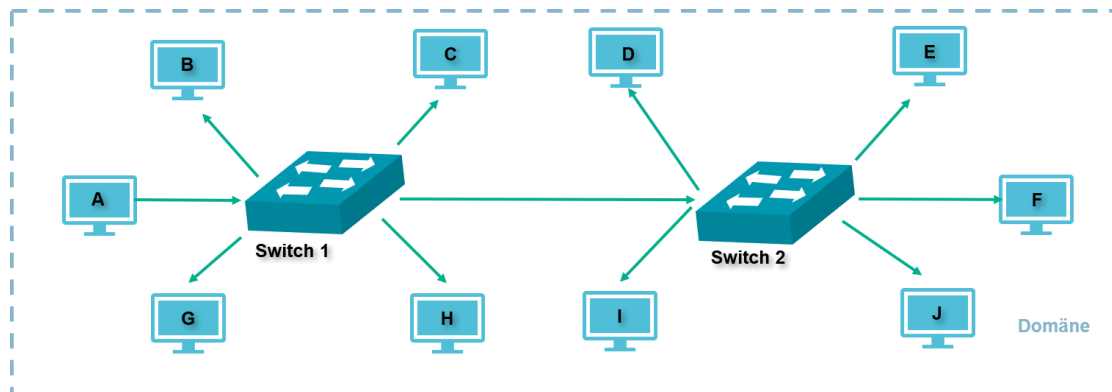
Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Netzwerk

Topologien



Telegrammtypen und Domänen



Überblick Eisenbahnsignaltechnik

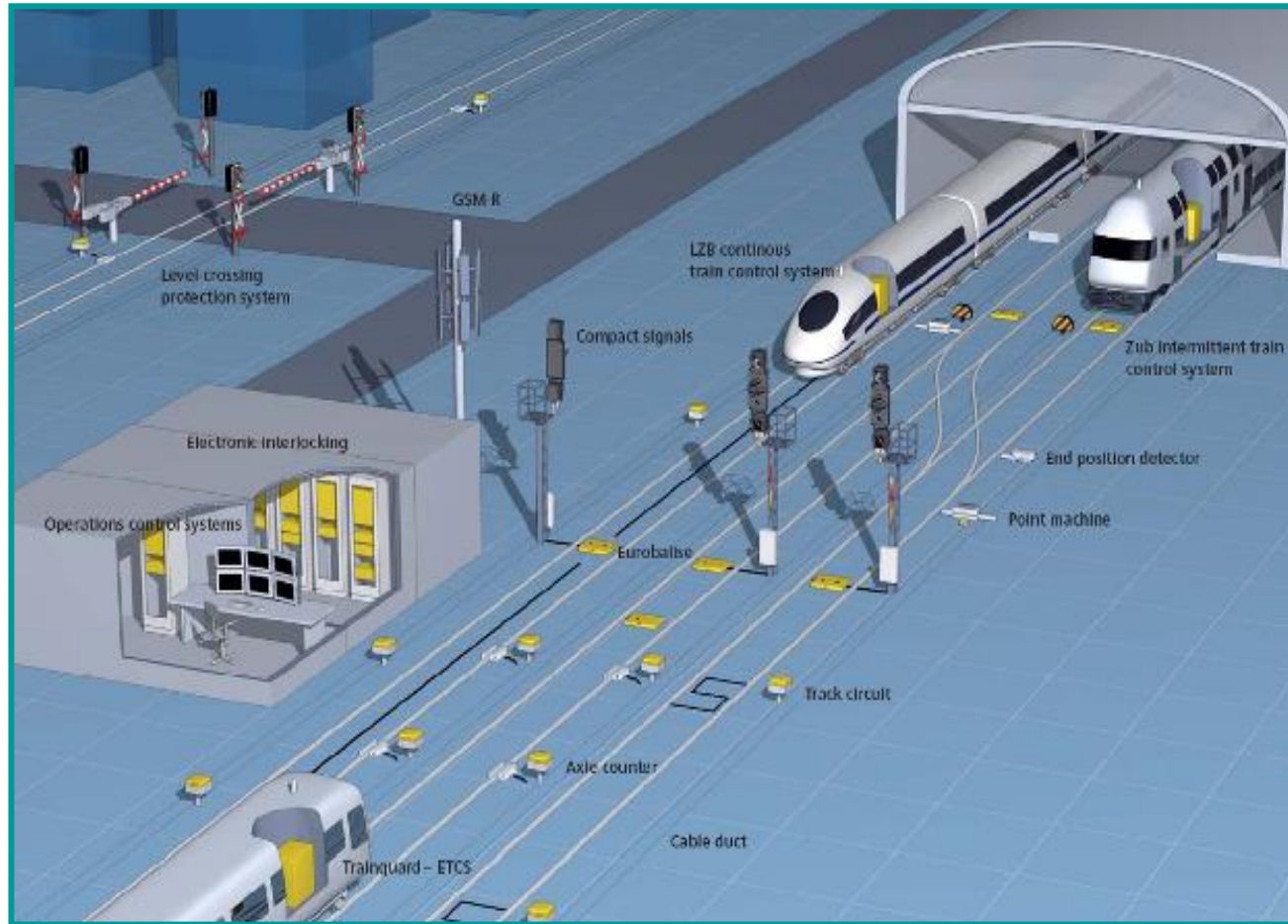
Wie erreichen wir Cybersecurity?



| Außenanlage

Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Außenanlage



Zählpunkt ZP 43 E

Weichenantrieb S 700 K



Ks-Mehrabchnittssignal

Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Außenanlage – Weichenstellsysteme

Signalssysteme/Ril 301 – Signalbuch

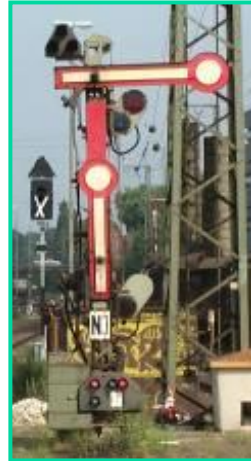
Formsignale

- HV-Signalsystem
- Vor- und Hauptsignale

Nebensignale (z.B. Blechtafeln)

Lichtsignale Deutsche Bundesbahn

- HV-Signalsystem
- Vor- und Hauptsignale
- Geschwindigkeitssignalisierung durch Signalbilder ggf. zusätzlich durch Anzeiger

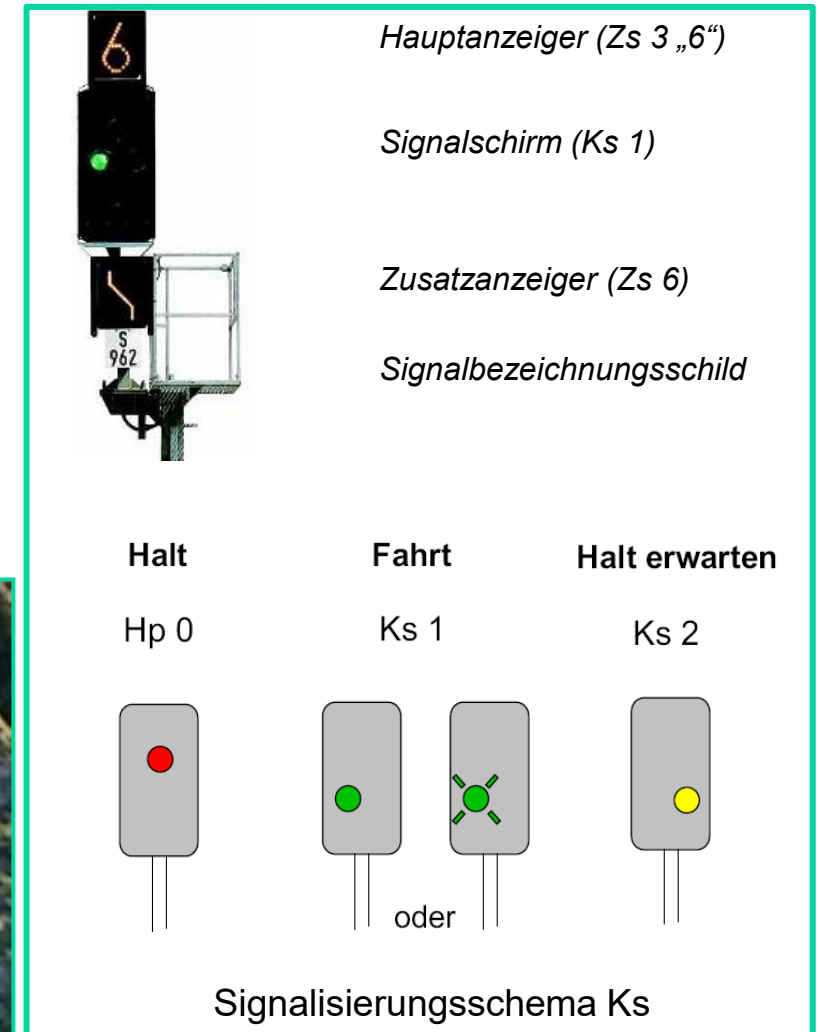


Lichtsignale Deutsche Reichsbahn

- HL-Signalsystem
- Mehrabschnittssignalisierung
- Geschwindigkeitssignalisierung durch Signalbilder

Lichtsignale Harmonisierung DB AG

- Ks-Signalsystem
- Geschwindigkeitssignalisierung durch Ziffern
- Mehrabschnittssignalisierung



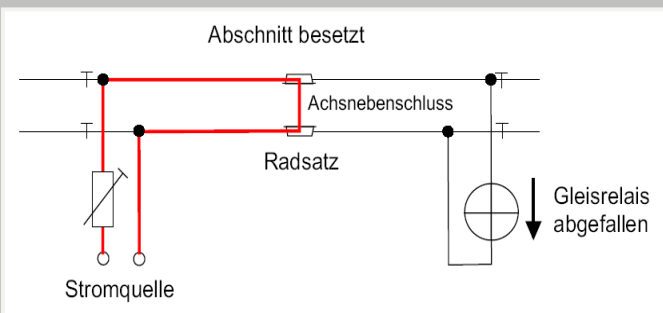
Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Außenanlage - Gleisfreimeldung

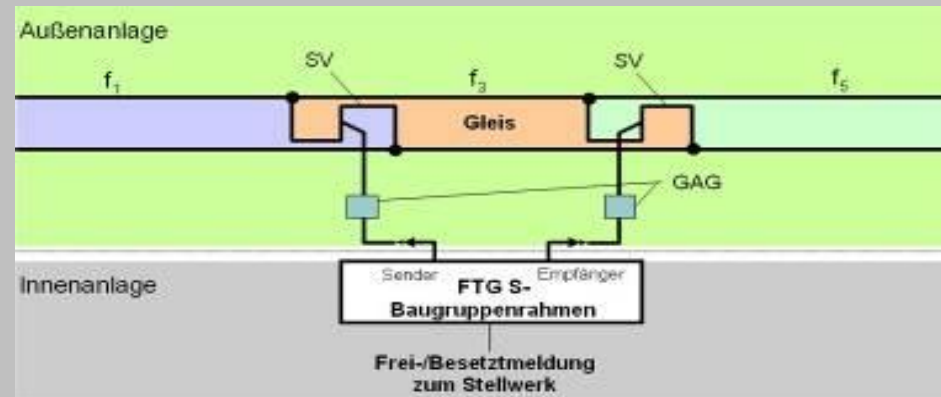
Gleisfreimeldung

- Direkte Ermittlung des Frei- und Besetzt-Zustandes von Abschnitten
- Ersetzt die visuelle Prüfung (z.B. Zugschluss)

Gleisstromkreis



FTGS



Achszählung



Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Außenanlage – Weichenstellsysteme

Weichenstellsysteme

- Weichenantrieb
- Klinkenverschluss
- Weichenüberwachungseinrichtung (WÜ)
- Zungenprüfkontakt „ZPrK“, Endlagenprüfer „ELP“
- Gleissperre



Weichenantrieb S 700 K



Switchguard ITS 700



*Weichenüberwachung/
Endlagenprüfer (ELP 319)*



Klothoidenweiche

Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Außenanlage – Verkabelung

Kabel

- Weichen- und Signalkabel
- Kabel für Achszählung
- Fernmeldekabel
- LWL-Kabel
- Stromversorgungskabel

- Kabelverteiler
- Kabelschränke
- Muffen
- Kabeltröge und -schächte



Projekt Stammstrecke München (S-Bahn)
davon 8 km im Tunnel

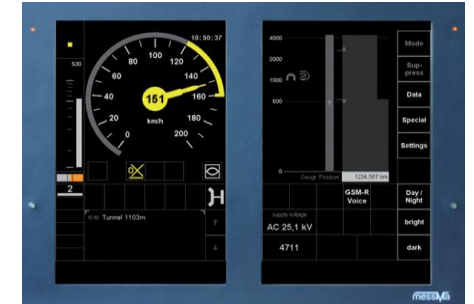
5.600 m feuerfeste Tröge im Tunnel
80.000 m Signalkabel (Tunnel)
265.000 m Signalkabel (Außenbereich)
150 Signalkästen
500 Gleisschaltmittel
48.000 m Rückbau Signalkabel (Tunnel)

| Zugbeeinflussung

Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Zugbeeinflussung

- verpflichtend nach §15 EBO !!
- Sicherheitssystem, das korrigierend in den Betriebsablauf eingreift, wenn der Triebfahrzeugführer ein Signal missachtet
- Wird z.B. ein haltzeigendes Signal missachtet, leitet es eine Zwangsbremmung ein
- Teilweise Funktion von Vorsignalen: eine „elektronische“ Sicht, die weiter als die optische Sicht ist, ermöglicht höhere Geschwindigkeiten und dichtere Zugfolgen
- Aufgaben:
 - Wachsamkeitsprüfung
 - Überwachung der Bremsfahrt
 - Weiterfahrt gegen „Halt“ verhindern
 - Anfahrt gegen „Halt“ verhindern
 - Fahrsperrn-Funktion
 - Geschwindigkeitsüberwachung



Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Zugbeeinflussung

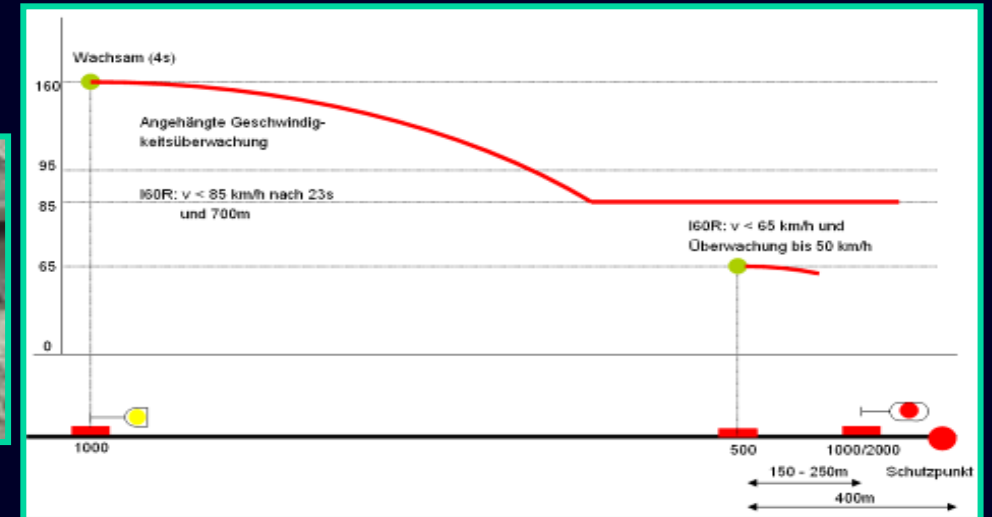
Punktförmige Zugbeeinflussung

- Überschreiten der Geschwindigkeit
- Mangelnde Wachsamkeit
- Zwangsbremsung, um spätestens innerhalb des vorgegebenen Schutzabschnittes zum Halten zu kommen
- Technik: INDUSI/PZB
- Basis-Zusi im Netz der DB AG

Gleismagnet

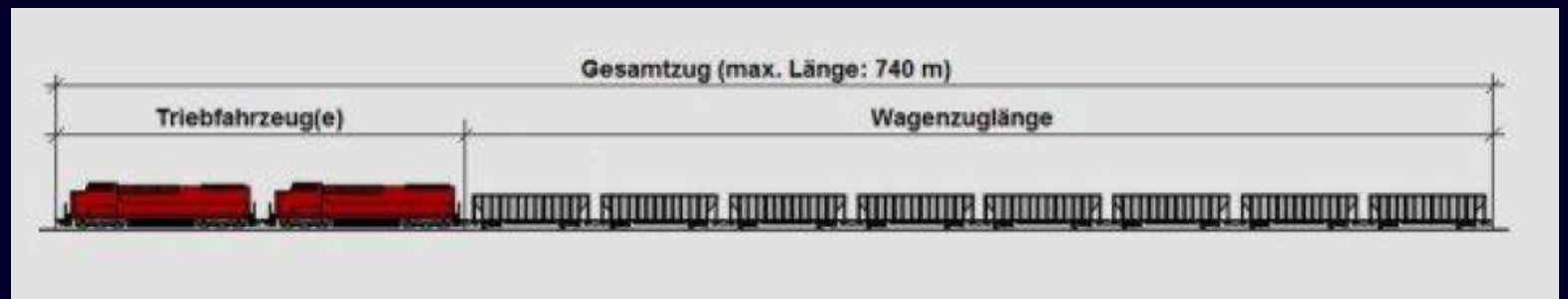


Bremskurven bei Beeinflussung



Aus der Blocklänge folgt:

- Blocklänge 1.000m = Bremsweg 1.000m
- Blocklänge 1.000m (min 950m) minus D-Weg 200m und Haltesichtweite 10m
Ableitung der max. Zuglänge = 740m



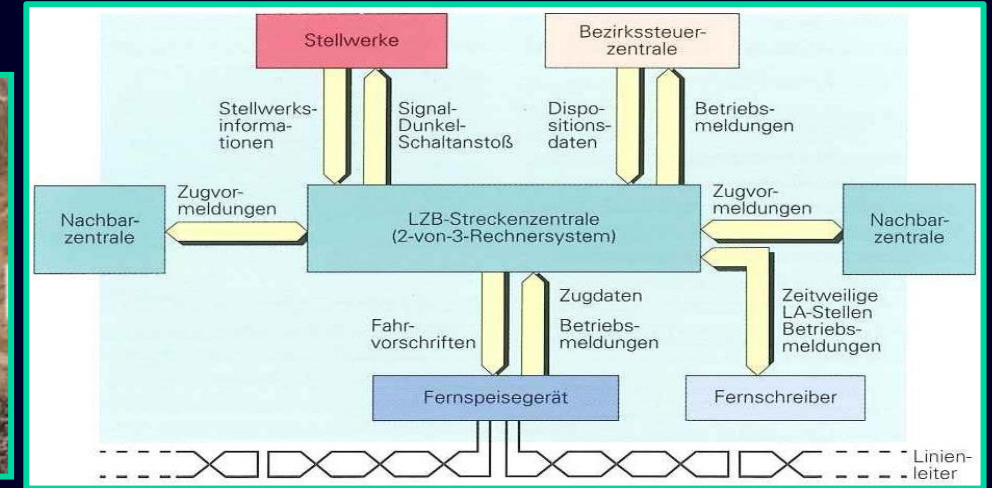
Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Zugbeeinflussung

Kontinuierliche Zugbeeinflussung

- Zwangsbremmung an jedem beliebigen Punkt der Strecke bei Geschwindigkeitsüberschreitung
- Führerraumsignalisierung
- Technik: LZB 80

LZB-Kabel im Gleis



Aus der Blocklänge folgt:

- Höhere Geschwindigkeit → Bremsweg \gg Blocklänge 1.000m führt zu neuer Technik
- „Elektronische Sicht“ mit v-Ziel und Zielentfernung

Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Zugbeeinflussung – Bremsende Vielfalt in Europa



Crocodile
(Frankreich)



Crocodile-
Kontaktbürste
(Frankreich)



CAWS/ATP
Empfangsspule
(Finnland)



TBL1-Balise
(Belgien)



ZUB 121
(Schweiz)



ZST-90
(Schweiz)



TPWS
(England)



ASFA Balise
(Spanien)



ZUB 123
(Dänemark)



Mirel
(Slowakei)



PZB 90
(Deutschland)



ASFA-Balisenleser (Spanien)

Überblick Eisenbahnsignaltechnik

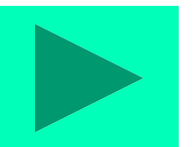
Ziele von ETCS

Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der Bahnen

Schnell → Grenzübergreifend → Durchgängig

- Verkürzung von Reisezeiten
- Verkürzung der Aufenthalte an der Grenze
- Verbesserung der Wettbewerbsposition des Schienengüterverkehrs gegenüber der Straße
 - Kostenbegrenzung für Transporteure im internationalen Verkehr
 - Verbesserte Flexibilität
(Schnelligkeit der Bereitstellung eines Transports)
- Wettbewerb auf dem Schienennetz durch sinkende Barrieren
 - Netzzugang für alle
- Erhöhung der Sicherheit

ETCS in
Europa

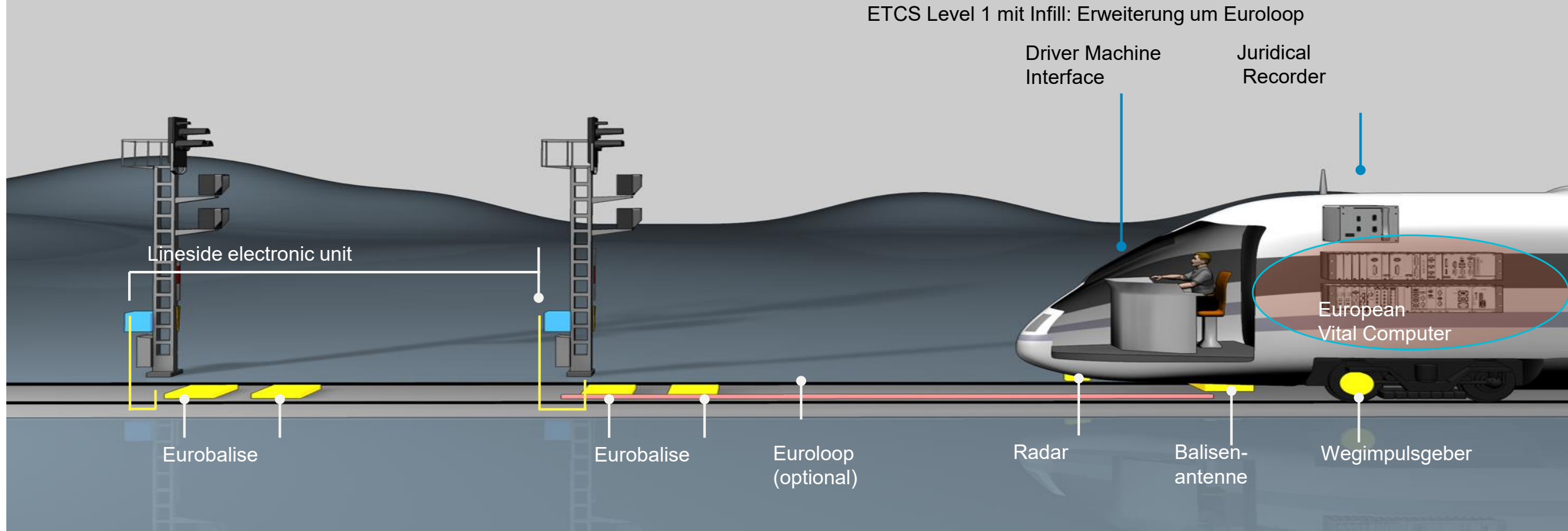


SIEMENS

Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Systemüberblick ETCS Level 1

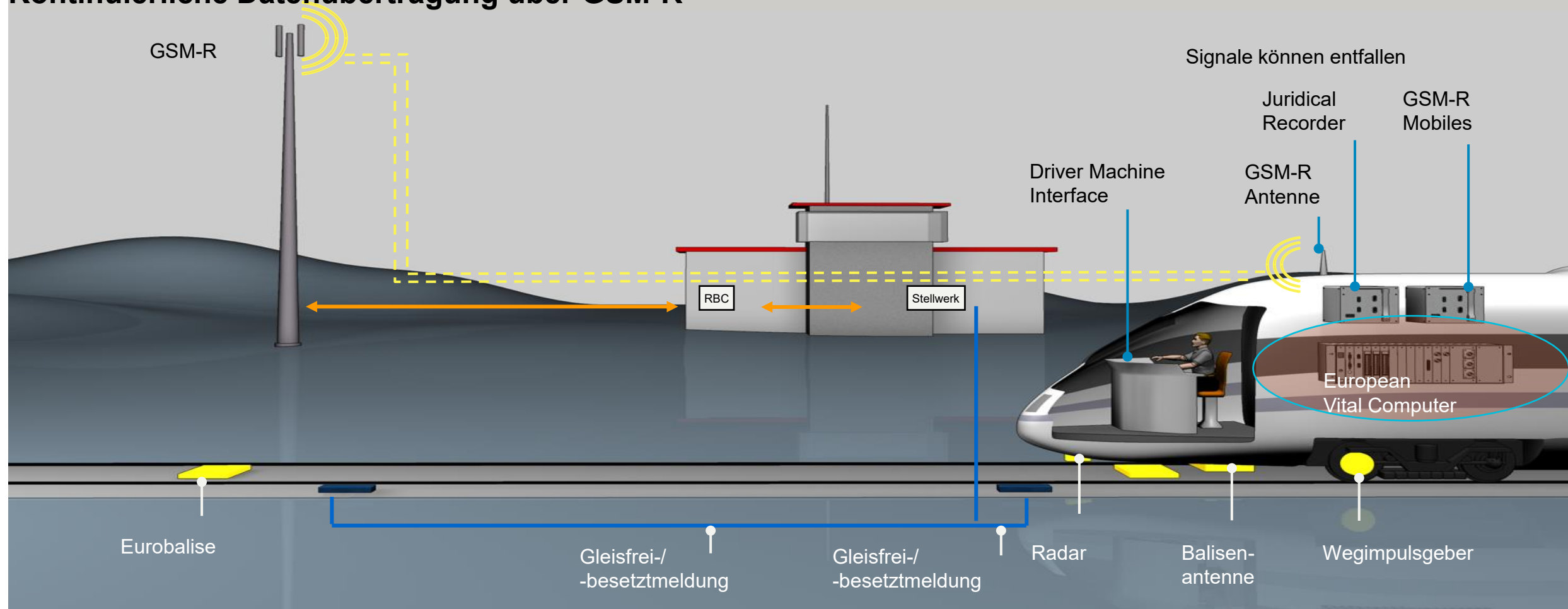
Punktförmige Datenübertragung über Eurobalisen



Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Systemüberblick ETCS Level 2

Kontinuierliche Datenübertragung über GSM-R



Überblick Eisenbahnsignaltechnik

ETCS weltweiter Einsatz

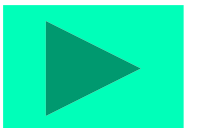
ETCS-Projekte weltweit

- ETCS als globaler Standard
- Mehr als 110.000 Strecken-km weltweit mit ETCS ausgerüstet oder beauftragt (Stand 2022)
- Knapp 20.000 Fahrzeuge ausgerüstet oder beauftragt
(Anzahl Fahrzeugausrüstungen)



Quelle: UNIFE, www.ertms.net

VDE 8



| ATO

Hoher Reifegrad von Automatisierungssystemen im Bahnbetrieb

Stufen der Automatisierung



¹ GoA Levels 0 – 4 = Grade of Automation according to International Electrotechnical Commission / Commission Electrotechnique Internationale, International Standard 62290-1

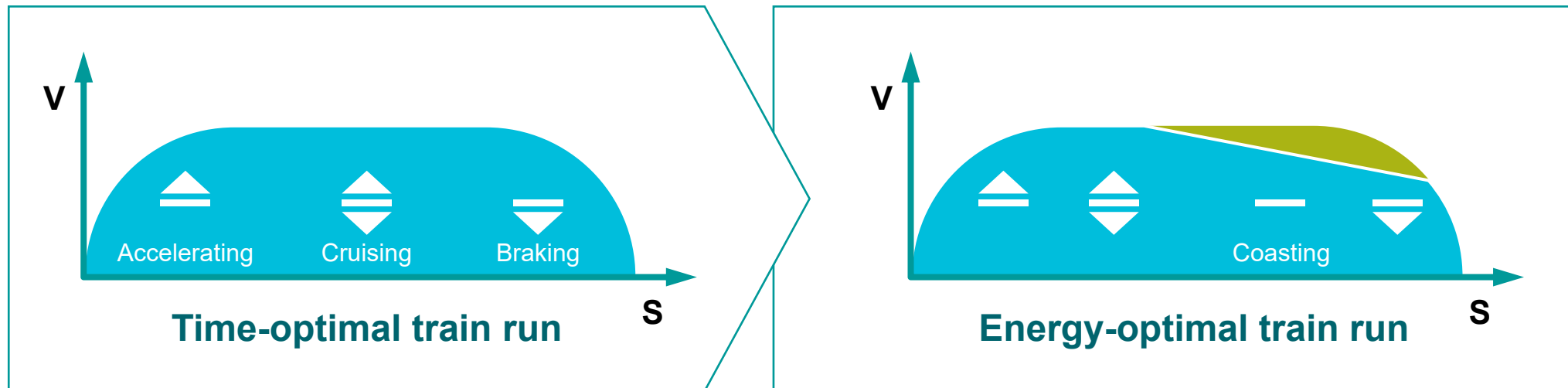
² SAE Levels 0 – 5: Automation Levels defined by the Society of Automotive Engineers (SAE)

Automated Train Operation (ATO)

Beitrag zur Energieoptimierung und Reduzierung der Betriebskosten

Die ATO steuert die optimierte Fahrweise (Geschwindigkeitsprofil) zwischen Stationen und fährt exakt den Fahrplan energieoptimiert ab.

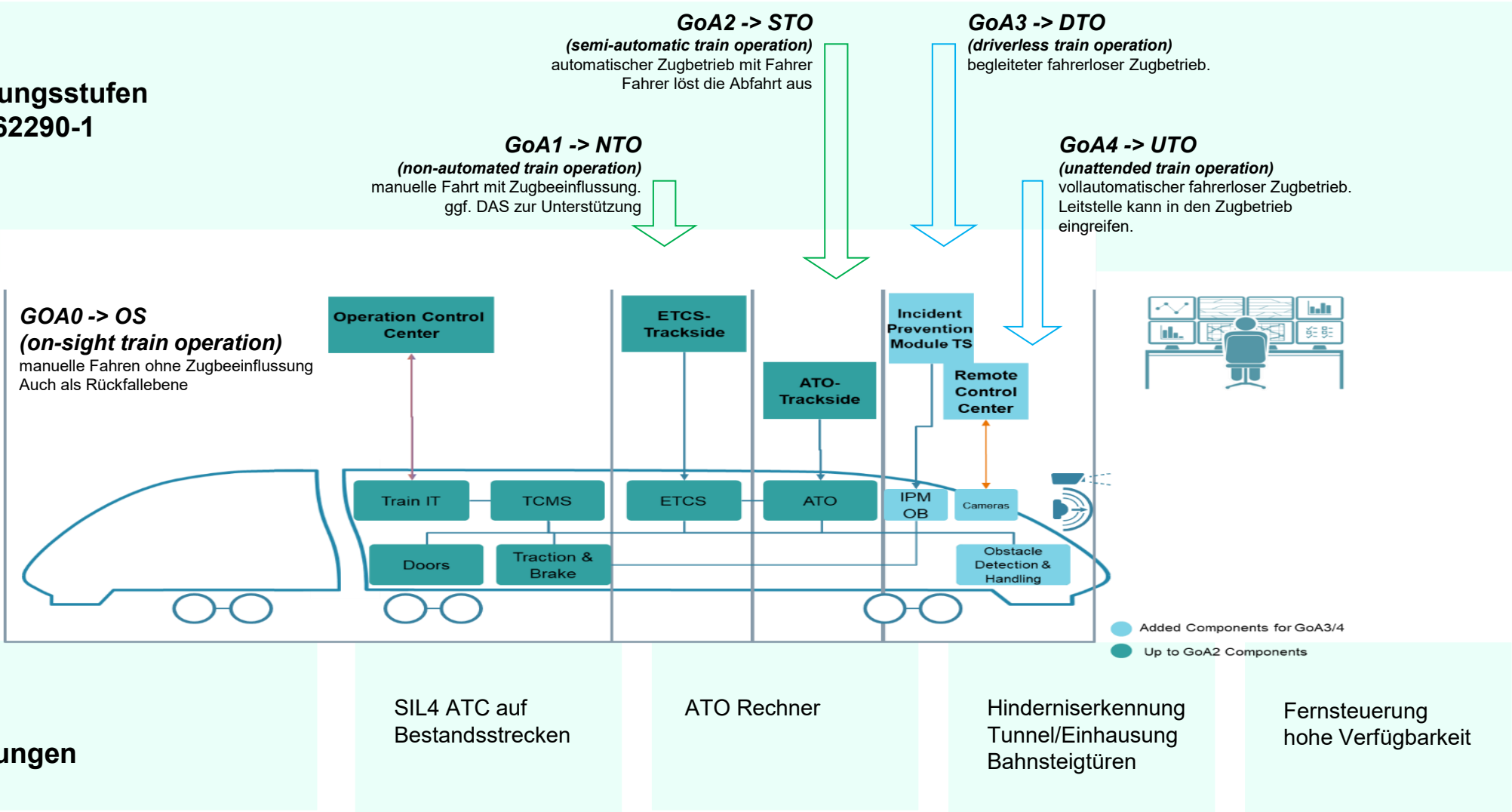
- Beschleunigen
- Cruising (Reisegeschwindigkeit)
- Coasting ("Rollen" ohne Strom)
- Bremsen



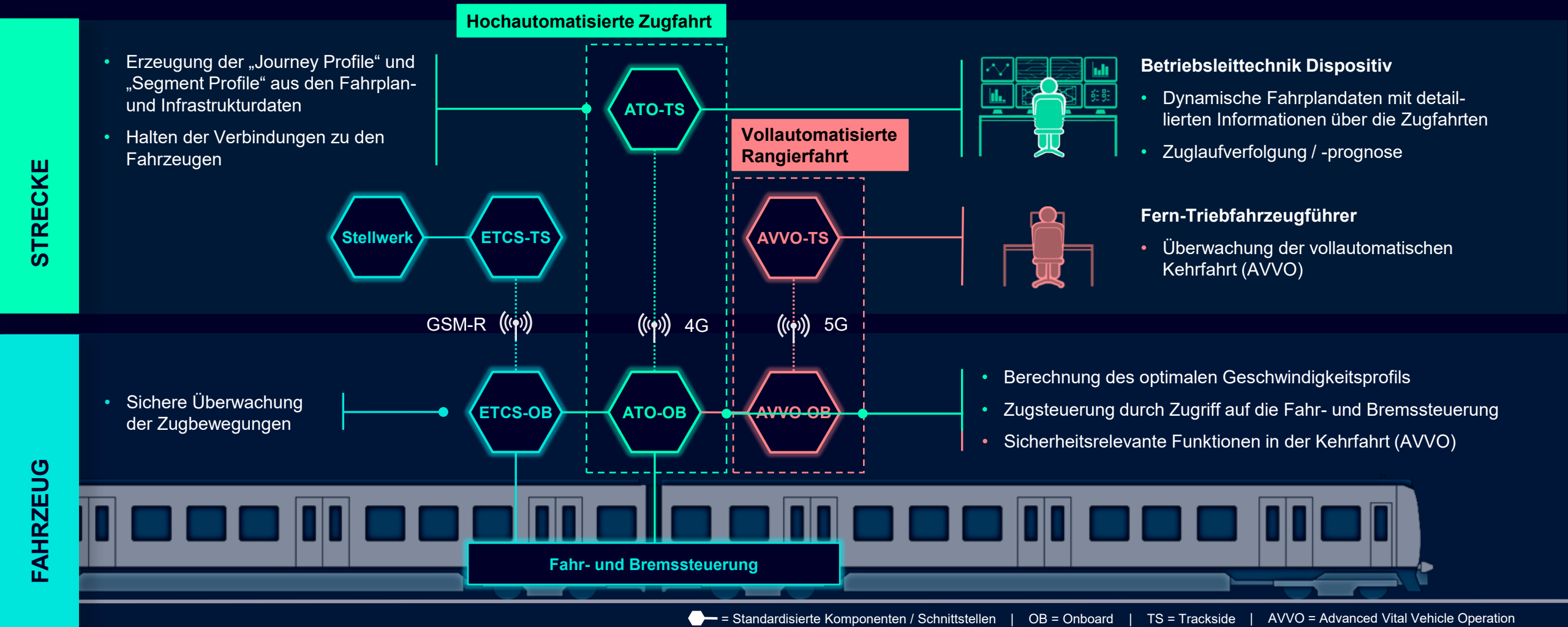
Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Automatisches Fahren

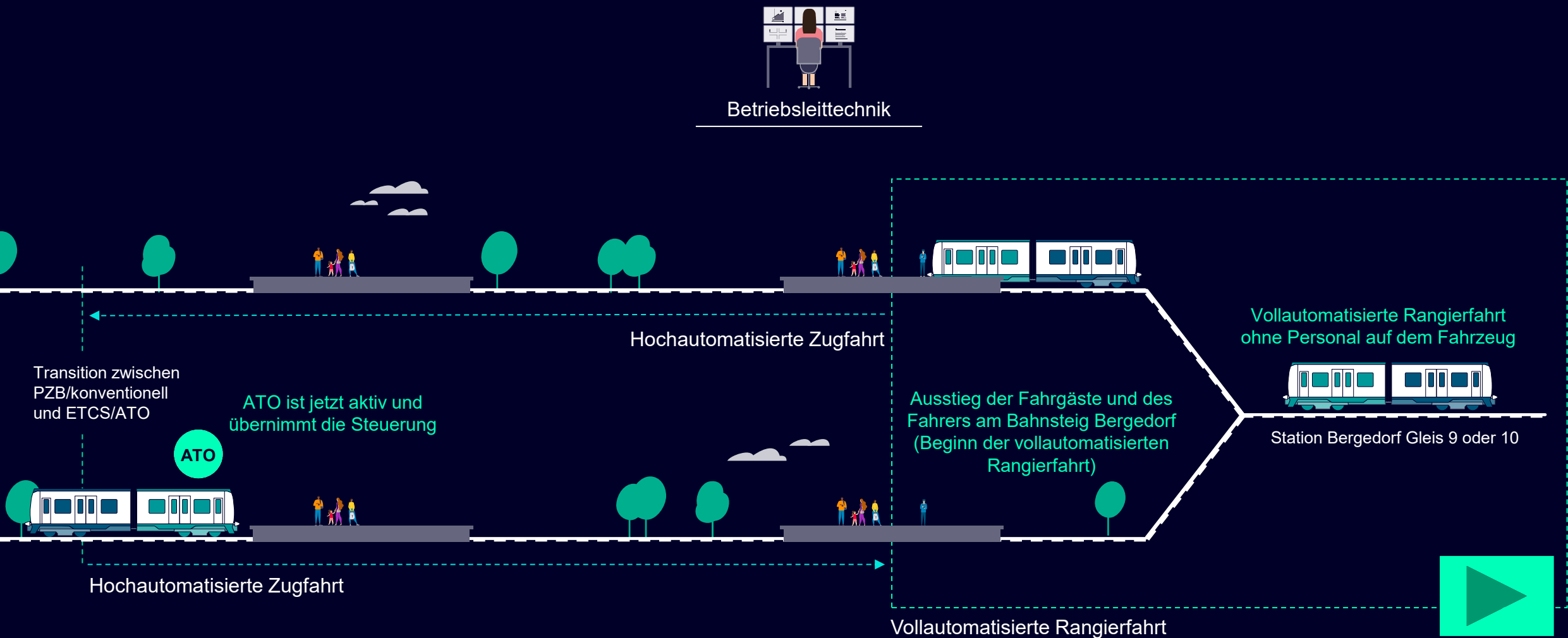
Automatisierungsstufen gemäss IEC 62290-1



Die Systemarchitektur der „Digitalen S-Bahn Hamburg“ basiert auf dem europäischen Standard „ATO over ETCS“ und ist interoperabel einsetzbar



Das Projekt „Digitale S-Bahn Hamburg“ realisiert die Anwendungsfälle hochautomatisierte Zugfahrt und vollautomatisierte Rangierfahrt



| Bahnübergänge

Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Bahnübergangstypen

Zuggesteuerte Anlagen

- FÜ – fernüberwacht
- ÜS – überwacht durch Triebfahrzeugführer (Tf) mittels Überwachungssignale

Signalgesteuerte Anlagen (auch Anrufschraken im EI S)

- Hp – überwacht durch Hauptsignal

Wärterbediente Anlagen (auch Anrufschraken)

- Bed. – überwacht durch Bediener
- SPM – Sperrmeldeanlage



*Hp-Anlage mit Vollschrake
und Gefahrenraumfreimeldung*



*FÜ-Anlage mit Blinklicht
und Halbschrake*



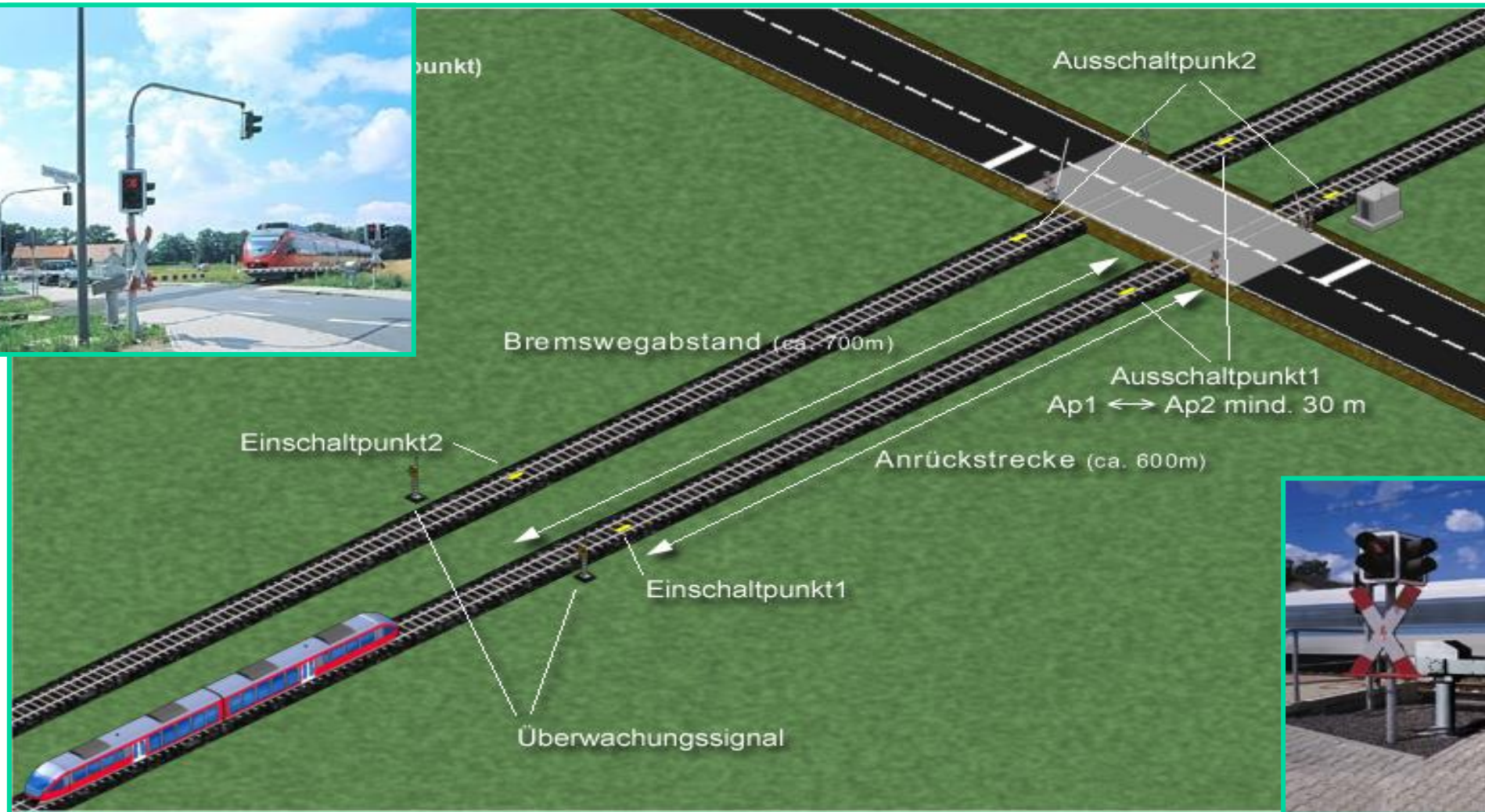
*Bahnübergang mit
Überwachungssignal*



BÜSTRA-Anlage

Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Bahnübergänge

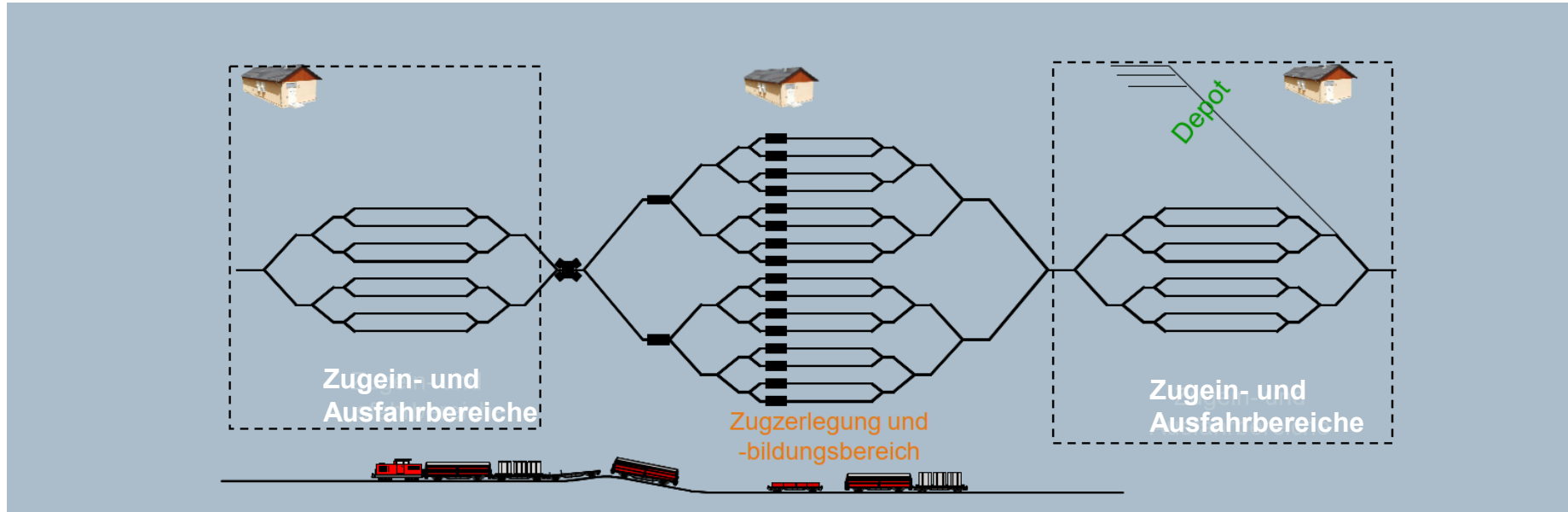


| Rangieranlagen

Überblick Eisenbahnsignaltechnik

Grundprinzipien

Rangieren



Dispositionssystem

- Behandlung des Eingangszuges
- Aktuelle Berechnung der Zerlegung und Prognoserechnung
- Automatisches Umsetzen und Optimieren der Zerlegedaten und Gleiszuordnung

Automatische Steuerung (MSR 32)

- Automatisches Steuern des Ablaufes

Dispositionssystem

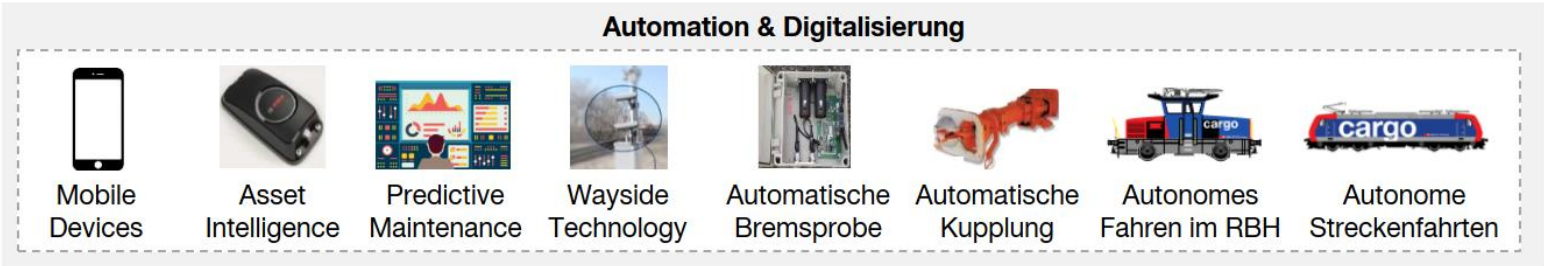
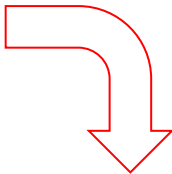
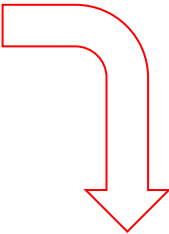
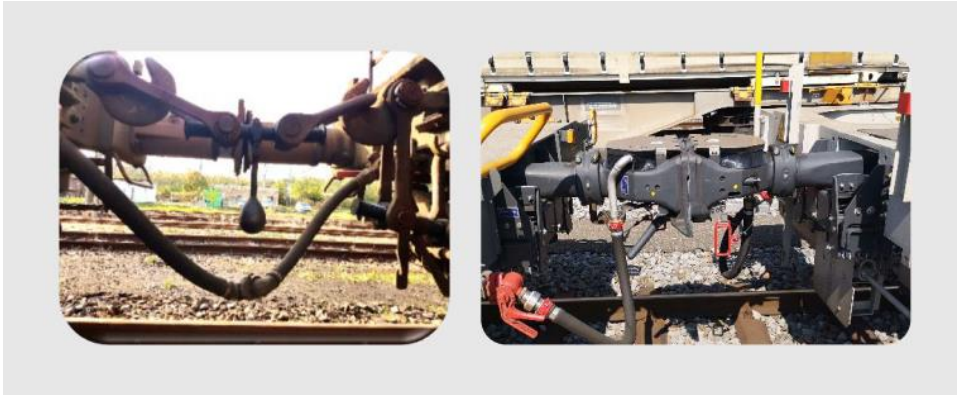
- Behandlung des Ausgangszuges
- Wagenbuchhaltung, Prognoserechnung

Flachrangieren mit MSR 32

- Rangiertechnik im Depotbereich
- Rangiertechnik in der Einfahrgruppe

Überblick Eisenbahnsignaltechnik

automatische Mittelpufferkupplung



| Kontakt

Siemens Mobility GmbH

Dr.-Ing. Ralf Kaminsky

VP Technology Collaborations

SMO SDT CTO TC

Ackerstraße 22

38126 Braunschweig

Deutschland

E-Mail ralf.kaminsky@siemens.com