



NETZE

Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit durch, mit oder trotz ETCS Level 2?

23.05.2022 | Vortrag im Eisenbahnwesen-Seminar der TU Berlin

1. Konzernprogramm Digitale Schiene Deutschland
2. Wirkweise ETCS Level 2 ohne Hauptsignale
3. Grundlagen der Kapazität
4. Welchen Einfluss hat ETCS Level 2 auf die Sperrzeitentreppe?
5. Ausblick

- 1. Konzernprogramm Digitale Schiene Deutschland**
2. Wirkweise ETCS Level 2 ohne Hauptsignale
3. Grundlagen der Kapazität
4. Welchen Einfluss hat ETCS Level 2 auf die Sperrzeitentreppe?
5. Ausblick

Erwartungen von Politik und Gesellschaft erfordern tiefgreifende technologische Innovationen des Bahnsystems

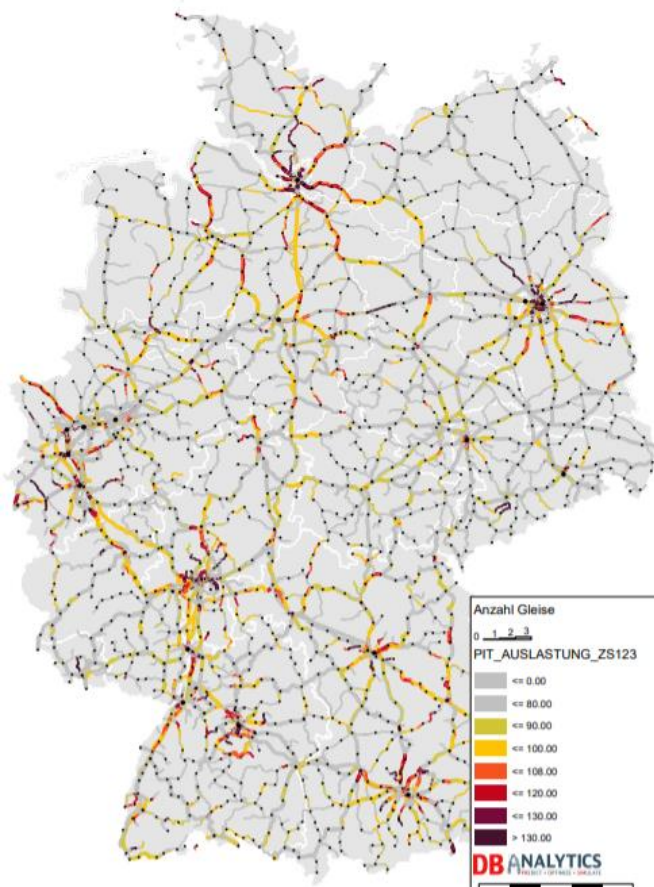
- **Verdoppelung der Fahrgäste** bis 2030
- **Steigerung Marktanteil Güterverkehr** auf **25 %**
- Wesentlicher **Beitrag zum Klimaschutz**
- Deutliche **Verbesserung der Pünktlichkeit**
- Schritt in Richtung **Deutschlandtakt**



- Um diese Erwartungen zu erfüllen, müssen wir die **Schielenkapazität steigern**
- **Technologische Innovation** und die **Digitalisierung des Bahnsystems** sind neben dem physischen Ausbau der größte Hebel zur Kapazitätssteigerung
- Diesen Hebel für das **System Bahn nutzbar zu machen** ist der Auftrag der Digitalen Schiene Deutschland

Relevant für die verkehrliche Wirkung der Digitalen Schiene Deutschland ist die tatsächlich nachgefragte Kapazität

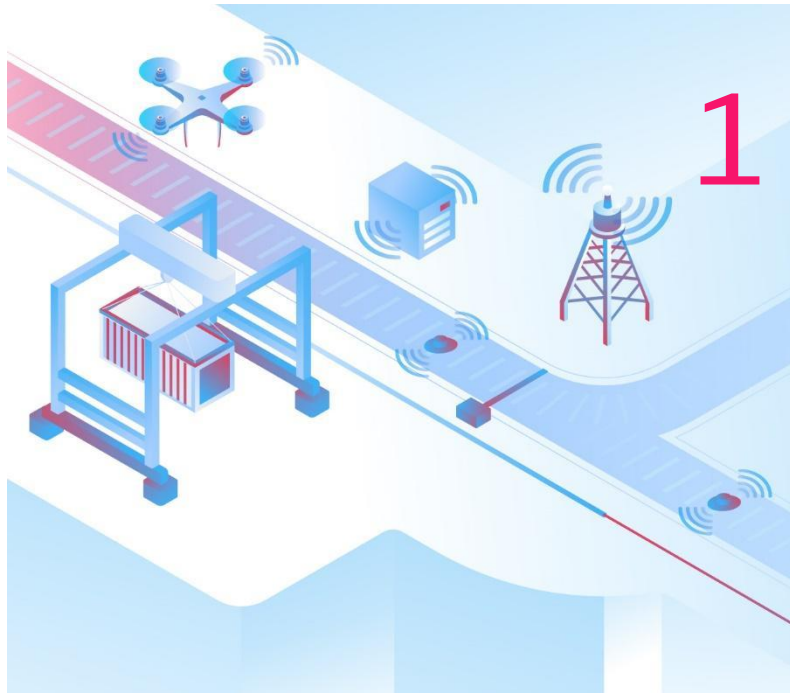
Auslastung der Schieneninfrastruktur¹



- Das in der **Netzkonzeption 2040** entwickelte Zielnetz berücksichtigt Kapazitätssteigerungen durch:
 - **Klassische Aus-/Neubauvorhaben:** zusätzliche Infrastruktur, Elektrifizierung, Geschwindigkeitserhöhung, etc.
 - **Digitale Schiene Deutschland (DSD):** Blockverdichtungen kürzere Prozesszeiten², etc.
- Mit der Nachfrageprognose 2040 wird ermittelt, wo **Kapazitätssteigerungen** durch DSD **verkehrlich genutzt** werden können
- DSD soll mit etwa einem **Drittel zum Kapazitätsausbau** beitragen

(1) Darstellung der Zwischenstufe Zielnetz mit der Verkehrsprognose 2040 ohne DSD-Effekte (2) z. B. Fahrstraßenbilde- und Signalsichtzeiten

Der Kapazitätsausbau im Rahmen der Digitalen Schiene Deutschland soll in drei Themenfeldern umgesetzt werden



DIGITALISIERTE INFRASTRUKTUR



**HOCHAUTOMATISIERTE
FAHRZEUGE**



INTELLIGENTE STEUERUNG

Die Umsetzung der Digitalen Schiene fußt auf dem Flächen- rollout ETCS/DSTW und dem Aufbau des Digitalen Bahnsystems

Digitales Bahnsystem Die Zugfahrt der Zukunft



Basis für Digitalisierung
ETCS/DSTW als Plattform

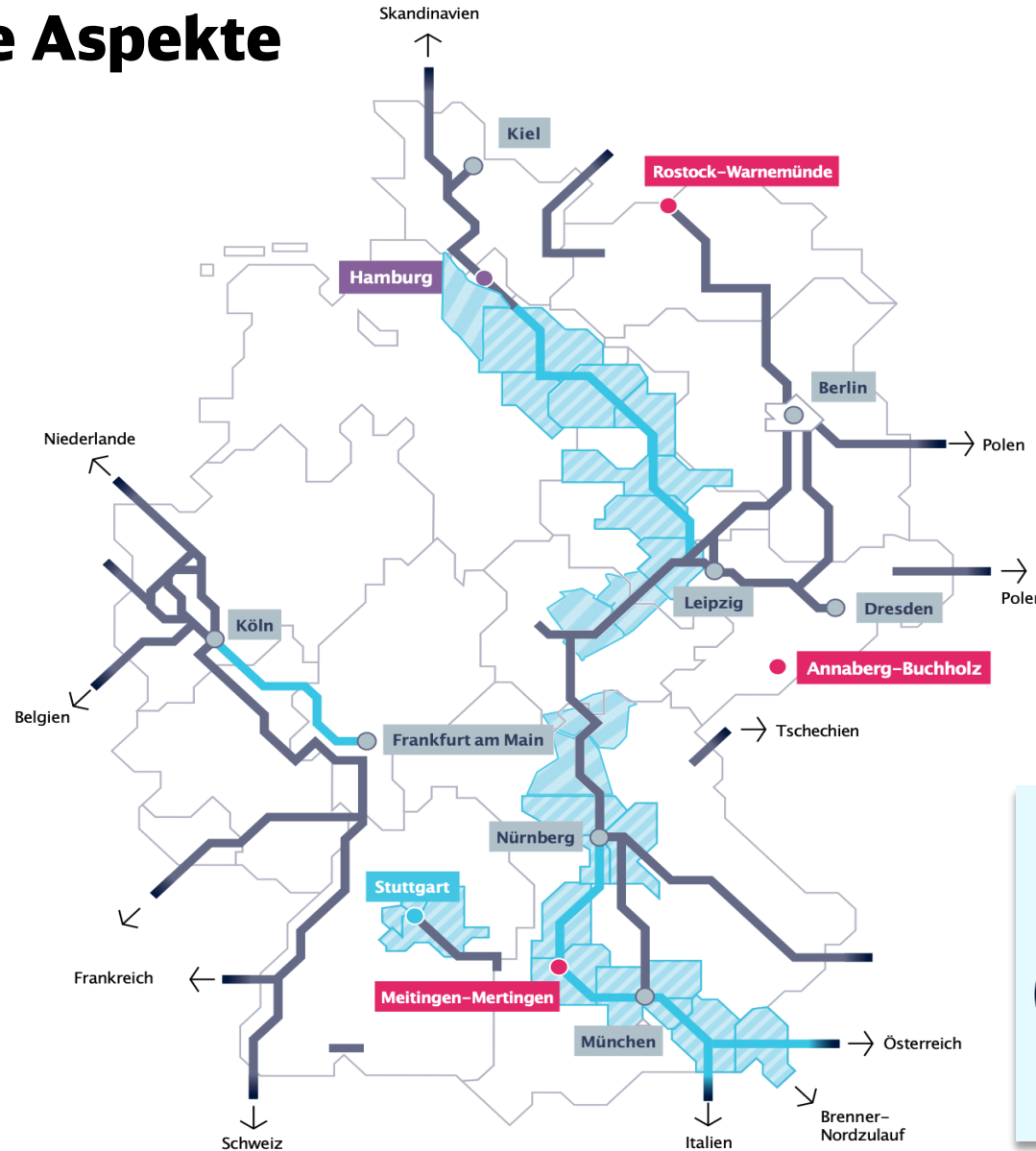
Die Sektorinitiative **Digitale Schiene Deutschland** definiert ein grundlegendes neues System Schiene.

Die ETCS-Ausrüstung und Digitale Leit- und Sicherungstechnik umfassen mehrere Aspekte



Seit 2020 drei Vorhaben im Fokus

1. Digitaler Knoten Stuttgart
2. TEN-Korridor Skandinavien-Mittelmeer
3. Schnellfahrstrecke Köln-Rhein/Main



Starterpaket: auszurüstende Strecken

Starterpaket: auszurüstende Netzbezirke

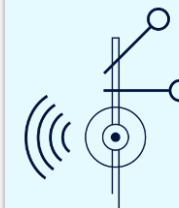
Bestehende/geplante ETCS-Ausrüstung außerhalb des Starterpakets (EDP, Bedarfsplan) – Auswahl



Digitale S-Bahn Hamburg Premiere für hochautomatisiertes Fahren

- Zum ITS-Weltkongress im Herbst 2021 erlebte die Hansestadt den ersten hochautomatisierten Eisenbahnbetrieb in Deutschland.
- Auf einer 23 Kilometer langen Strecke rollen digital gesteuerte S-Bahn-Züge.

Digitale Stellwerke – DSTW



- Diese neue Stellwerkstechnik kommt mit deutlich weniger aufwendiger und teurer Verkabelung aus.
- Es werden größere Bereiche abgedeckt. Moderne Arbeitsplätze entstehen.

Was ist heute anders?

Herausforderungen des Schienenverkehrs



Vermeidung hoher Wartungskosten bei großer Störanfälligkeit durch heterogene und abgängige Stellwerksarchitektur



Digitalisierungsinitiative sorgt für technologieoffene Diskussionen



Notwendige Verkehrsverlagerung auf die Schiene zum Klimaschutz



Bereitstellung zusätzlicher dringend notwendiger Kapazitäten auf der Schiene



Vermeidung eines Personalmangels für die Wartung der Alttechnik sowie Wirkung des demographischen Wandels mildern (operative Stellwerksobsoleszenz)

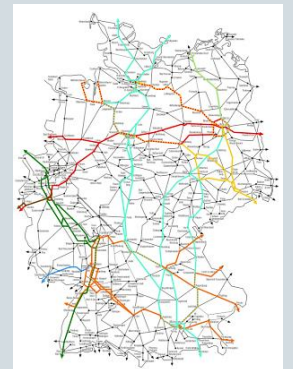
Option 1

Bundesweite ETCS/DSTW-Ausrüstung



Option 2

Fortsetzung Status quo¹



¹ ETCS-Ausrüstung transeuropäischer Korridore und Bedarfsplanprojekte; Stellwerkersatz nur bei technischer Abgängigkeit

Zukünftig ist die bundesweite ETCS/DSTW-Ausrüstung vorgesehen, um den Herausforderungen zu begegnen



Wir haben Option 1 gewählt:

ETCS Level 2

- Standardisiertes, europäisches **Zugbeeinflussungssystem**
- Wegfall der ortsfesten **Lichtsignale**
- **Funkverbindung** zwischen Fahrzeug und Infrastruktur
- **Verkürzung der Blockabstände** und Erhöhung der Kapazität einfacher möglich
- Grundlage für den automatisierten Fahrbetrieb (**ATO**)

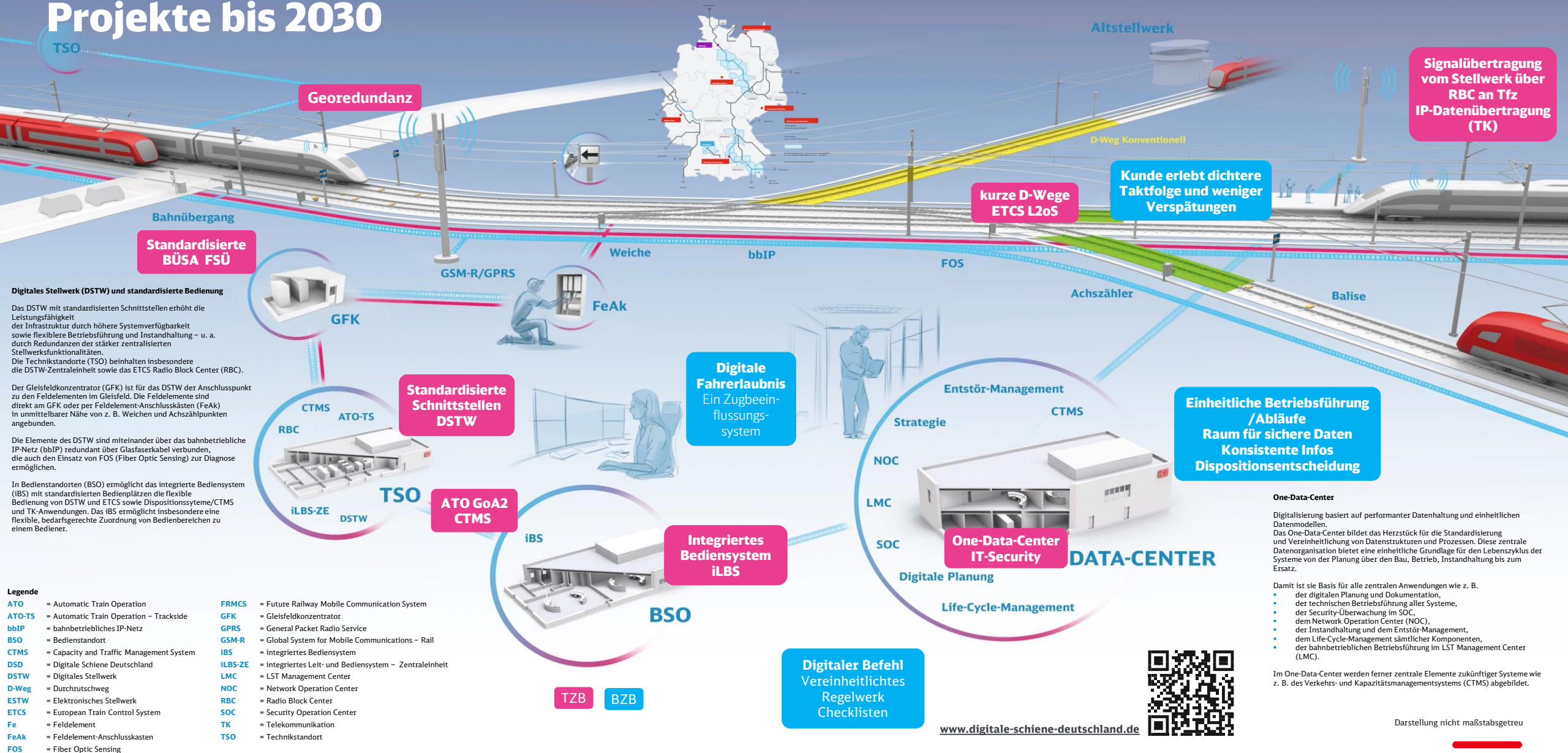


Bundesweite ETCS/DSTW-Ausrüstung

Digitale Stellwerkstechnik

- Standardisierte, IP-basierte **Schnittstellen**
- Redundante Anbindung jeder Stellelementgruppe über **Glasfaser**
- **Zentralisierte** hochverfügbare Stellwerksrechnerarchitektur
- **Ortsunabhängige** Bedienplätze
- Trennung von Stromversorgung und Daten und dadurch größere **Stellentfernungen** möglich

Betriebliches-Technisches Zielbild für die Infrastruktur der Starterpaket-Projekte bis 2030

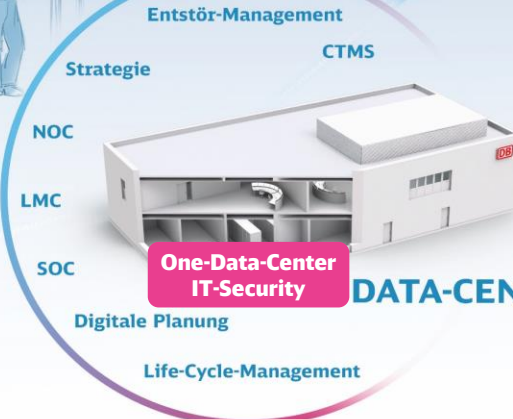


Signalübertragung vom Stellwerk über RBC an Tfz
IP-Datenübertragung (TK)

Kunde erlebt dichtere Taktfolge und weniger Verspätungen

kurze D-Wege ETCS L2oS

Einheitliche Betriebsführung / Abläufe
Raum für sichere Daten
Konsistente Infos
Dispositionentscheidung



One-Data-Center
Digitalisierung basiert auf performanter Datenhaltung und einheitlichen Datenmodellen. Das One-Data-Center bildet das Herzstück für die Standardisierung und Vereinheitlichung von Datenstrukturen und Prozessen. Diese zentrale Datenorganisation bietet eine einheitliche Grundlage für den Lebenszyklus der Systeme von der Planung über den Bau, Betrieb, Instandhaltung bis zum Ersatz.

- Damit ist sie Basis für alle zentralen Anwendungen wie z. B.
- der digitalen Planung und Dokumentation,
 - der technischen Betriebsführung aller Systeme,
 - der Security-Überwachung im SOC,
 - dem Network Operation Center (NOC),
 - der Instandhaltung und dem Entstö-Management,
 - dem Life-Cycle-Management sämtlicher Komponenten,
 - der bahnbetrieblichen Betriebsführung im LST Management Center (LMC).

Im One-Data-Center werden ferner zentrale Elemente zukünftiger Systeme wie z. B. des Verkehrs- und Kapazitätsmanagementsystems (CTMS) abgebildet.

Digitaler Befehl
Vereinheitlichtes Regelwerk
Checklisten



www.digitale-schiene-deutschland.de

Darstellung nicht maßstabsgetreu

Digitales Stellwerk (DSTW) und standardisierte Bedienung
Das DSTW mit standardisierten Schnittstellen erhöht die Leistungsfähigkeit der Infrastruktur durch höhere Systemverfügbarkeit sowie flexiblere Betriebsführung und Instandhaltung – u. a. durch Redundanzen der stärker zentralisierten Stellwerksfunktionalitäten.
Die Technikstandorte (TSO) beinhalten insbesondere die DSTW-Zentraleinheit sowie das ETCS Radio Block Center (RBC).

Der Gleisfeldkonzentrat (GFK) ist für das DSTW der Anschlusspunkt zu den Feldelementen im Gleisfeld. Die Feldelemente sind direkt am GFK oder per Feldelement-Anschlusskästen (FeAk) in unmittelbarer Nähe von z. B. Weichen und Achszählpunkten angebunden.

Die Elemente des DSTW sind miteinander über das bahnbetriebliche IP-Netz (bbIP) redundant über Glasfaserkabel verbunden, die auch den Einsatz von FOS (Fiber Optic Sensing) zur Diagnose ermöglichen.

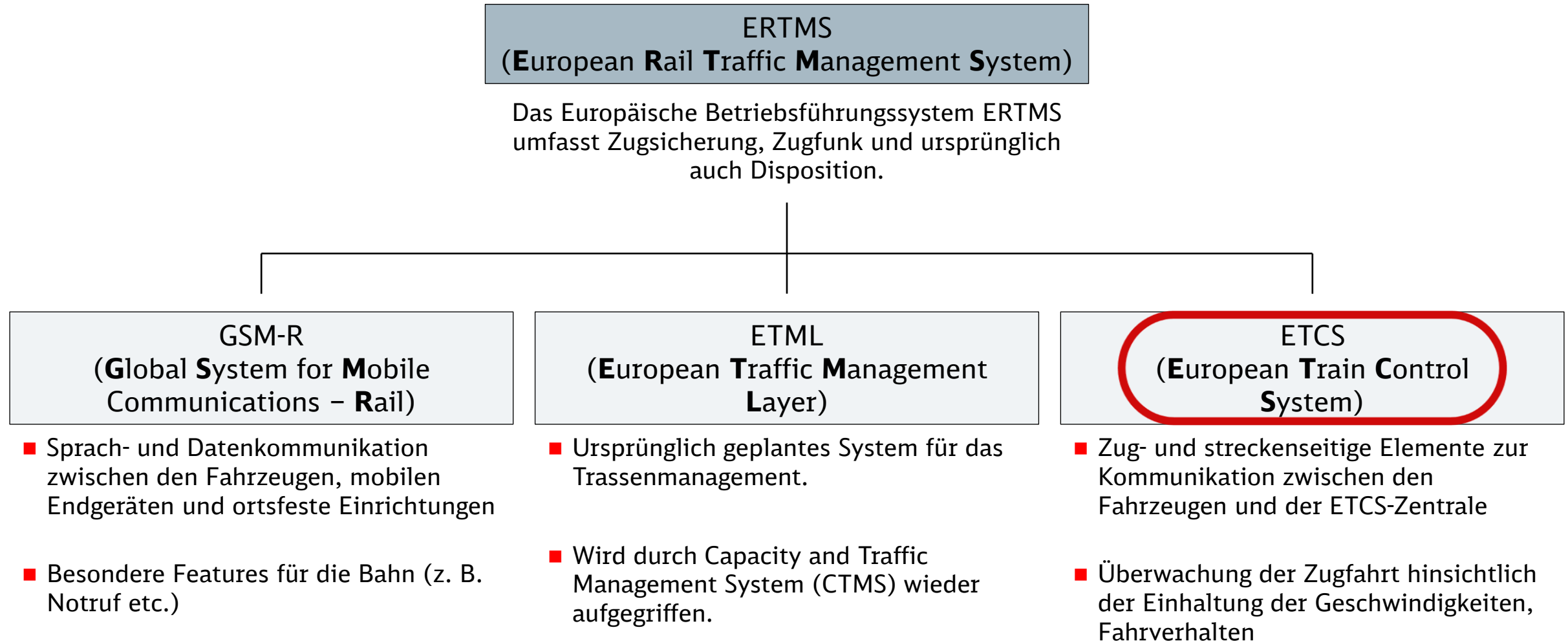
In Bedienstandorten (BSO) ermöglicht das integrierte Bediensystem (iBS) mit standardisierten Bedienplätzen die flexible Bedienung von DSTW und ETCS sowie Dispositionssysteme/CTMS und TK-Anwendungen. Das iBS ermöglicht insbesondere eine flexible, bedarfsgerechte Zuordnung von Bedienbereichen zu einem Bediener.

- Legende**
- ATO = Automatic Train Operation
 - ATO-TS = Automatic Train Operation – Trackside
 - bbIP = bahnbetriebliches IP-Netz
 - BSO = Bedienstandort
 - CTMS = Capacity and Traffic Management System
 - DSD = Digitale Schiene Deutschland
 - DSTW = Digitales Stellwerk
 - D-Weg = Durchrutschweg
 - ESTW = Elektronisches Stellwerk
 - ETCS = European Train Control System
 - Fe = Feldelement
 - FeAk = Feldelement-Anschlusskasten
 - FOS = Fiber Optic Sensing

- FRMCS = Future Railway Mobile Communication System
- GFK = Gleisfeldkonzentrat
- GPRS = General Packet Radio Service
- GSM-R = Global System for Mobile Communications – Rail
- iBS = integriertes Bediensystem
- iLBS-ZE = Integriertes Leit- und Bediensystem – Zentraleinheit
- LMC = LST Management Center
- NOC = Network Operation Center
- RBC = Radio Block Center
- SOC = Security Operation Center
- TK = Telekommunikation
- TSO = Technikstandort

1. Konzernprogramm Digitale Schiene Deutschland
- 2. Wirkweise ETCS Level 2 ohne Hauptsignale**
3. Grundlagen der Kapazität
4. Welchen Einfluss hat ETCS Level 2 auf die Sperrzeitentreppe?
5. Ausblick

ETCS und GSM-R sind Teilsysteme vom European Rail Traffic Management System



ETCS-Level (dt. ETCS-Ausrüstungsstufen)

Die **ETCS-Level** legen die **Kommunikationsbeziehungen** zwischen **Zugausrüstung** und **Streckenausrüstung** fest.

Beispiele

- Level 1
- Level NTC PZB
- Level 2

ETCS-Modes (dt. ETCS-Betriebsarten)

ETCS-Betriebsarten definieren **Zustände** des im Fahrzeug verbauten **On-Board-Zentralrechners** (European Vital Computer).

Beispiele

- On Sight (OS)
- Full Supervision (FS)
- Staff Responsible (SR)

Grundsatz:

Mit ETCS Level 2 erfolgt die Realisierung eines europäischen einheitlichen linienförmigen Zugsicherungssystems. ETCS Level 2 wird zukünftig die LZB und PZB ersetzen.

Voraussetzung zur Realisierung:

- Streckenseitige Verlegung von Balisen
- GSM-R
- DSTW und ESTW neuerer Bauformen
- RBC

Ausprägungen von ETCS Level 2



ETCS Level 2 mit Hauptsignalen (L2mS)

- Streckenseitig an bestimmten Punkten (z.B. Bahnhöfe, Zugmeldestellen) bedingt durch PZB weiterhin Hauptsignale vorhanden
- Blockteilung auf der Strecke i.d.R. nur durch Blockkennzeichen.

ETCS Level 2 ohne Hauptsignale (L2oS)

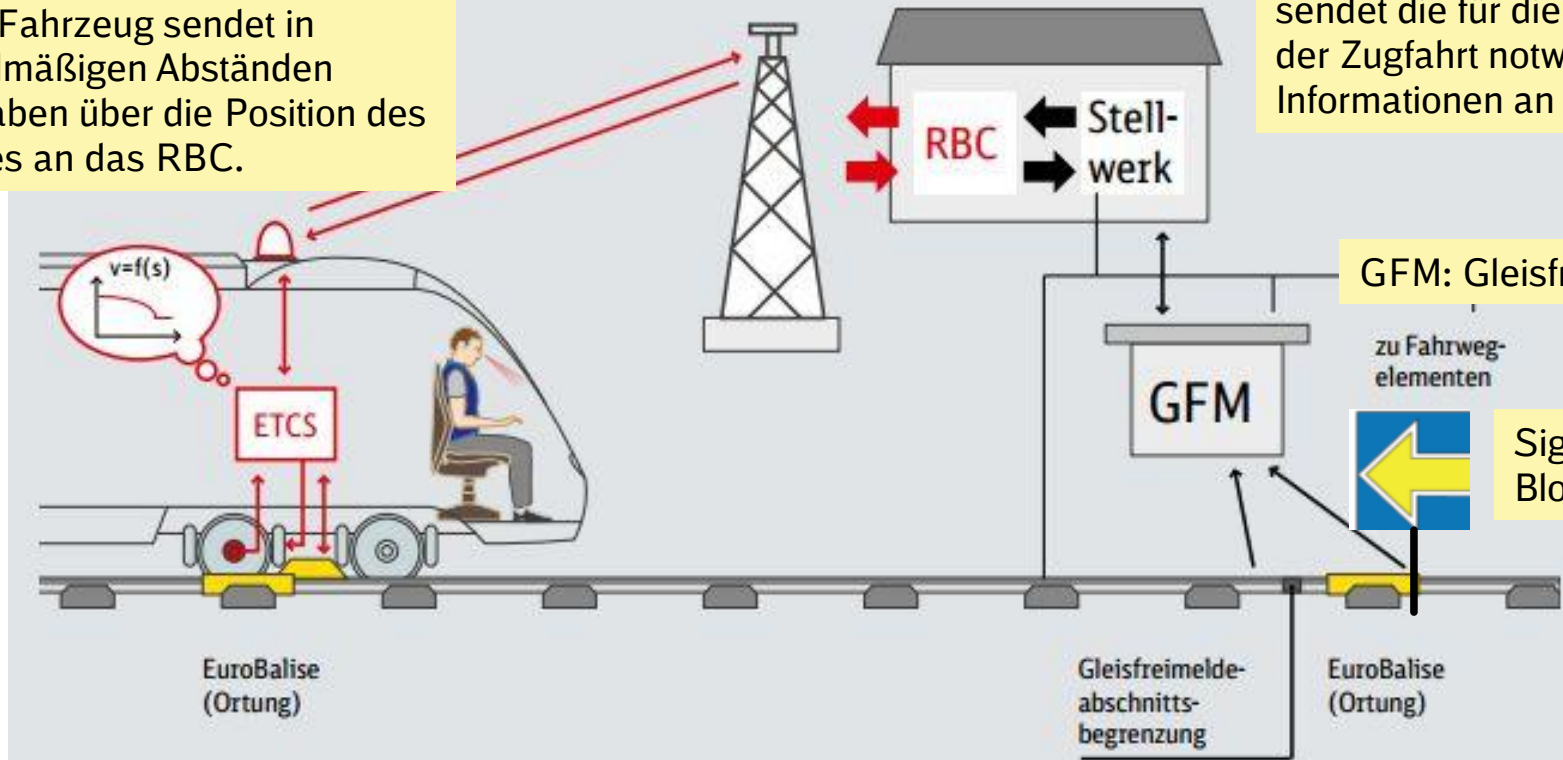
- vollständiger Verzicht auf Hauptsignale
- Blockteilung erfolgt durch virtuelle Blockstellen (Signal Ne 14 oder Blockkennzeichen)
- Abdecken des Bereiches durch die Aufstellung besonderer Zufahrtsicherungssignale

ETCS Level 2 benötigt verschiedene Komponenten im Betrieb

Die Datenübertragung zwischen den Fahrzeugen und dem RBC erfolgt mittels GSM-R-Datenfunk.

Das Fahrzeug sendet in regelmäßigen Abständen Angaben über die Position des Zuges an das RBC.

Die ETCS-Streckenzentrale (RBC) sendet die für die Überwachung der Zugfahrt notwendigen Informationen an das Fahrzeug.



GFM: Gleisfreimeldung

Signal Ne 14 als Marker an Blockabschnittsgrenzen.

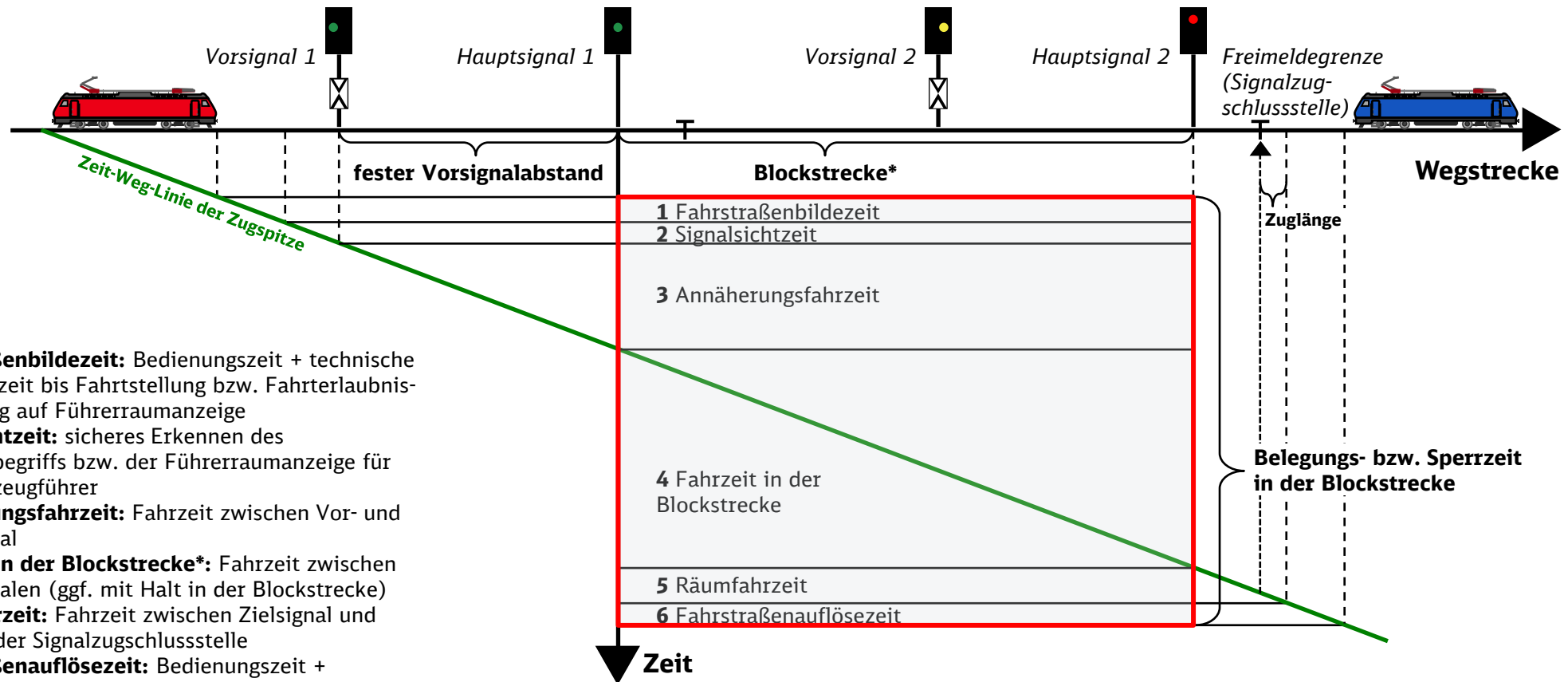
Die im ETCS Level 2 eingesetzten Balisengruppen bestehen aus einer oder aus zwei Festdatenbalisen.

Quelle: <http://fahrweg.dbnetze.com/fahrweg-de>

1. Konzernprogramm Digitale Schiene Deutschland
2. Wirkweise ETCS Level 2 ohne Hauptsignale
- 3. Grundlagen der Kapazität**
4. Welchen Einfluss hat ETCS Level 2 auf die Sperrzeitentreppe?
5. Ausblick

Das Belegungs- bzw. Sperrzeitenmodell dient als Grundlage für die Fahrplankonstruktion sowie Kapazitätsuntersuchungen

Das Ziel des Sperrzeitenmodells ist die genaue Berechnung bzw. Darstellung der Belegung der Fahrwegelemente und Streckenabschnitte durch eine Zugfahrt. Dies bildet die Grundlage für die Fahrplankonstruktion sowie Kapazitätsuntersuchungen aller Art.

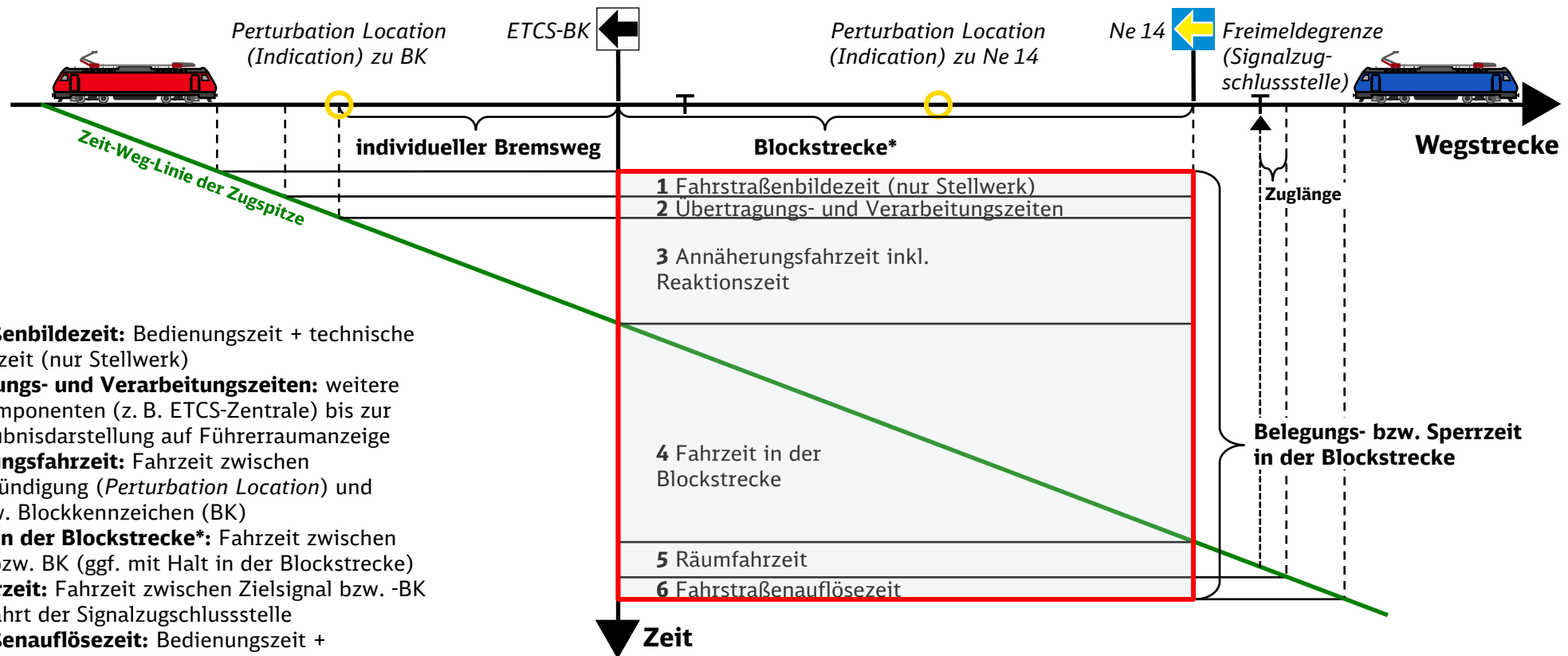


- 1. Fahrstraßenbildezeit:** Bedienungszeit + technische Reaktionszeit bis Fahrtstellung bzw. Fahrerlaubnisdarstellung auf Führerraumanzeige
- 2. Signalsichtzeit:** sicheres Erkennen des Vorsignalsbegriffs bzw. der Führerraumanzeige für Triebfahrzeugführer
- 3. Annäherungsfahrzeit:** Fahrzeit zwischen Vor- und Hauptsignal
- 4. Fahrzeit in der Blockstrecke*:** Fahrzeit zwischen Hauptsignalen (ggf. mit Halt in der Blockstrecke)
- 5. Räumfahrzeit:** Fahrzeit zwischen Zielsignal und Freifahrt der Signalzugschlussstelle
- 6. Fahrstraßenauflösezeit:** Bedienungszeit + technische Reaktionszeit bis Grundstellung

*Fahrstraßen, Teilfahrstraßen und Zugfolgeabschnitte der freien Strecke (d. h. im Sinne § 4 EBO gleichermaßen in Bahnhofs- und Streckenbereichen)

Zur Abbildung von ETCS Level 2 sind kleine Anpassungen am Sperrzeitenmodell erforderlich

Das Ziel des Sperrzeitenmodells ist die genaue Berechnung bzw. Darstellung der Belegung der Fahrwegelemente und Streckenabschnitte durch eine Zugfahrt. Dies bildet die Grundlage für die Fahrplankonstruktion sowie Kapazitätsuntersuchungen aller Art.

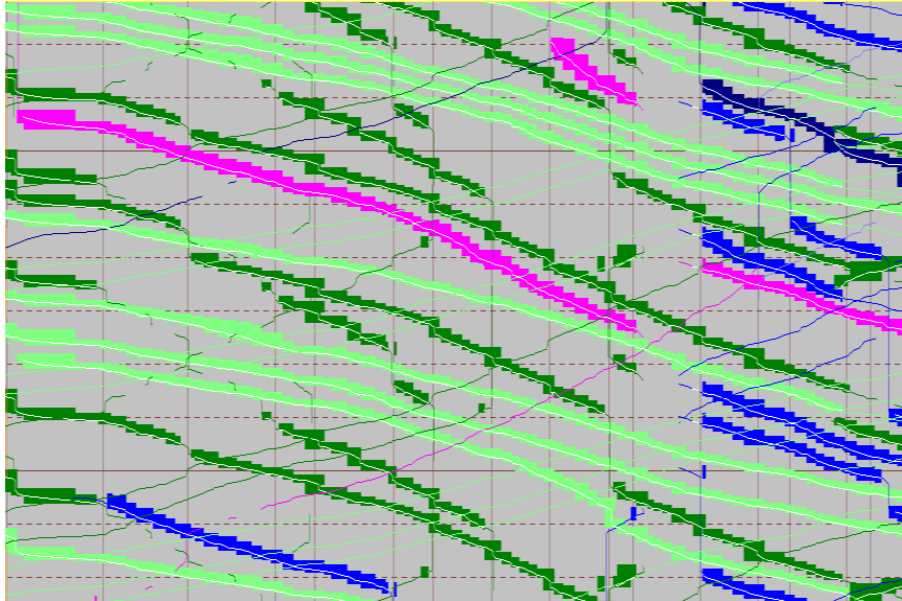


- 1. Fahrstraßenbildezeit:** Bedienungszeit + technische Reaktionszeit (nur Stellwerk)
- 2. Übertragungs- und Verarbeitungszeiten:** weitere Systemkomponenten (z. B. ETCS-Zentrale) bis zur Fahrerlaubnisdarstellung auf Führerraumanzeige
- 3. Annäherungsfahrzeit:** Fahrzeit zwischen Bremsankündigung (*Perturbation Location*) und Signal bzw. Blockkennzeichen (BK)
- 4. Fahrzeit in der Blockstrecke*:** Fahrzeit zwischen Signalen bzw. BK (ggf. mit Halt in der Blockstrecke)
- 5. Räumfahrzeit:** Fahrzeit zwischen Zielsignal bzw. -BK und Freifahrt der Signalzugschlussstelle
- 6. Fahrstraßenauflösezeit:** Bedienungszeit + technische Reaktionszeit bis Grundstellung

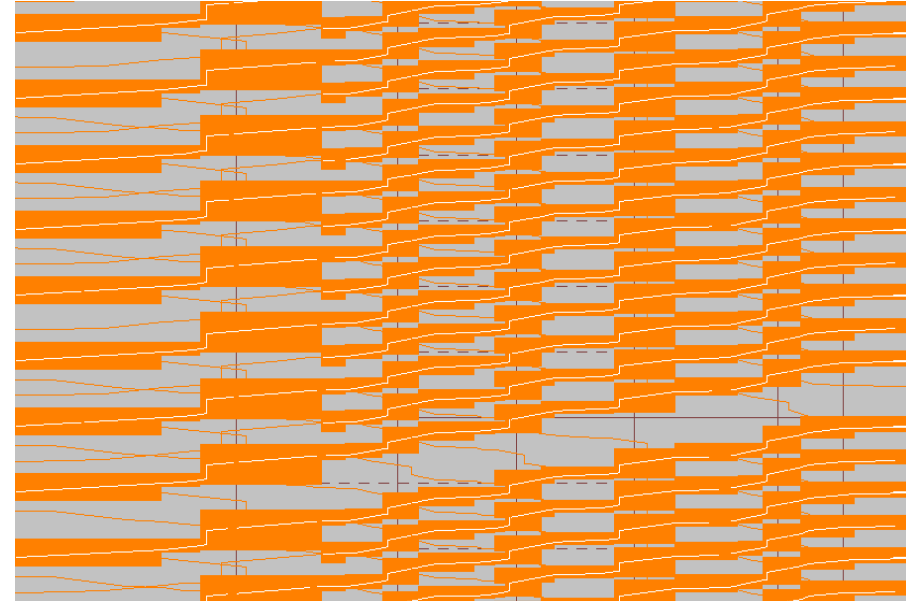
*Fahrstraßen, Teilfahrstraßen und Zugfolgeabschnitte der freien Strecke (d. h. im Sinne § 4 EBO gleichermaßen in Bahnhofs- und Streckenbereichen)

Sperrzeitentreppen bilden die für Fahrplankonstruktion und Fahrwegkapazität relevanten Mindestzugfolge- und Pufferzeiten ab

Mischbetrieb



homogener S-Bahn-Betrieb



Die Mindestzugfolgezeit wird beeinflusst von

- den Eigenschaften der Züge (Geschwindigkeit, Halte),
- ihrer Reihenfolge/Mischung (langsam, schnell, Bündelung) sowie
- der Infrastruktur (mögliche Zugfolgeabstände durch Abstand der Signale).

Damit wirken sich Betriebsprogramm und Infrastruktur auf die Kapazität aus.

Die DB-Netz-Richtlinie 405 definiert die Nennleistung und betont deren Qualitätsbezug

Der Begriff (*Fahrweg-*)**Kapazität** wird oft als Synonym für die **Leistungsfähigkeit** genutzt.



Die **praktische Leistungsfähigkeit** ist die unter Einhaltung bestimmter Qualitätsgrenzen ermittelte **fahrbare Zugzahl**.



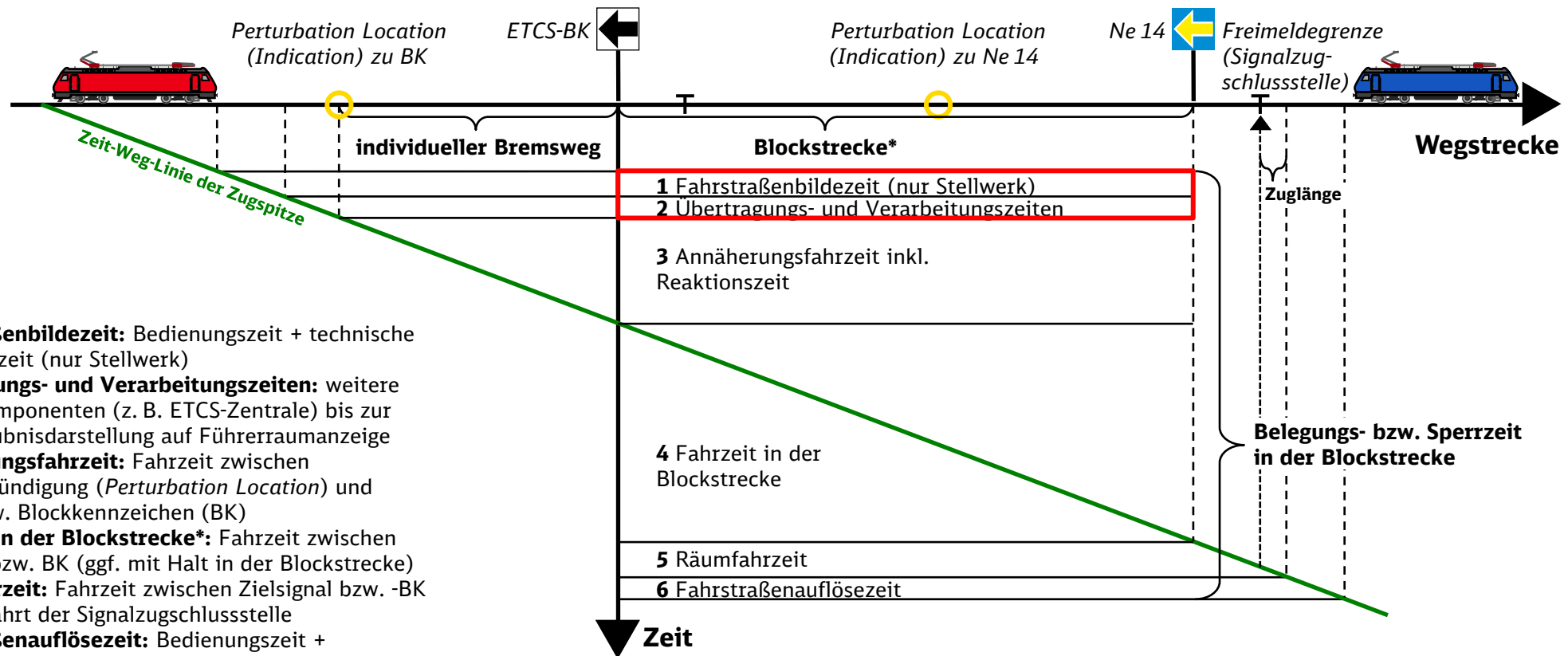
Die **Nennleistung** ist eine Kenngröße der praktischen **infrastrukturbezogenen Leistungsfähigkeit**. Sie entspricht der **Anzahl von Zugtrassen je Untersuchungszeitraum**, die

- auf der zu Grunde gelegten **Infrastruktur**
- bei vorgegebener Struktur des **Betriebsprogramms** (Zugfolge, Zugeigenschaften, Dispositionsregeln, Einbruchsverspätungsniveau)
- einschließlich zu berücksichtigender Reservezeitanteile (Regelzuschläge, Pufferzeiten)
- während des Betriebsablaufes mit einer definierten **optimalen Qualität** verarbeitbar ist (→ „optimale Zugzahl Betrieb“).

Elementar ist zudem die **Mindestzugfolgezeit**: Zeit, in der bei technisch bedingter dichtest möglicher Zugfolge ein nachfolgender Zug einem vorausfahrenden auf dem gemeinsam benutzten Fahrweg **behinderungsfrei** folgen kann.

1. Konzernprogramm Digitale Schiene Deutschland
2. Wirkweise ETCS Level 2 ohne Hauptsignale
3. Grundlagen der Kapazität
- 4. Welchen Einfluss hat ETCS Level 2 auf die Sperrzeitentreppe?**
5. Ausblick

Fahrstraßenbilde-, Übertragungs- und Verarbeitungszeiten bilden den Auftakt der Sperrzeitanteile

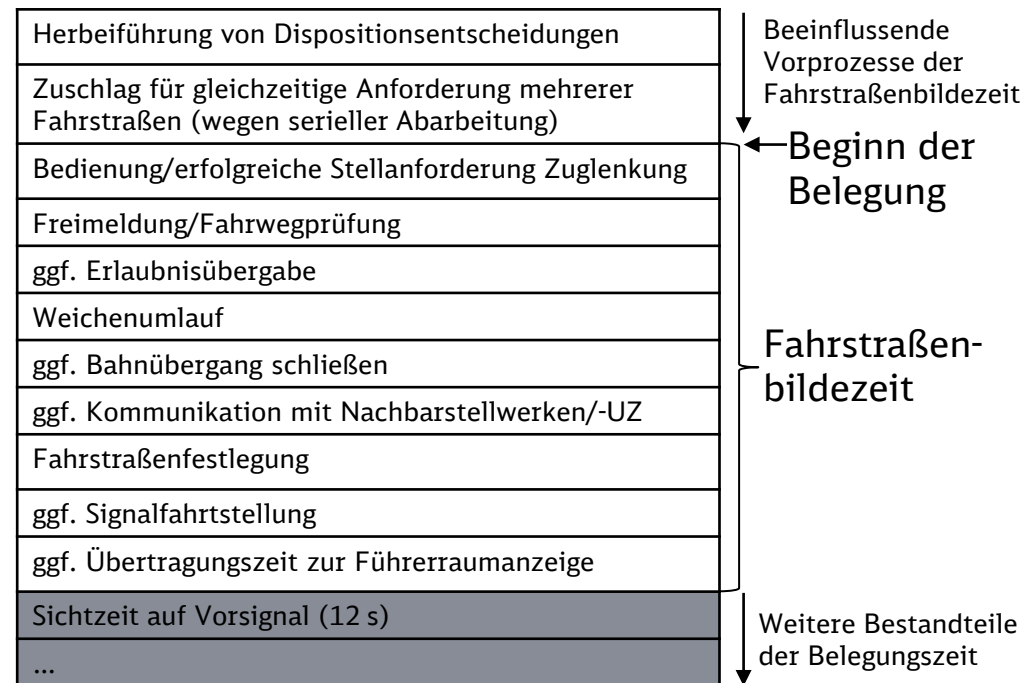


1. **Fahrstraßenbildezeit:** Bedienungszeit + technische Reaktionszeit (nur Stellwerk)
2. **Übertragungs- und Verarbeitungszeiten:** weitere Systemkomponenten (z. B. ETCS-Zentrale) bis zur Fahrterlaubnisdarstellung auf Führerraumanzeige
3. **Annäherungsfahrzeit:** Fahrzeit zwischen Bremsankündigung (*Perturbation Location*) und Signal bzw. Blockkennzeichen (BK)
4. **Fahrzeit in der Blockstrecke*:** Fahrzeit zwischen Signalen bzw. BK (ggf. mit Halt in der Blockstrecke)
5. **Räumfahrzeit:** Fahrzeit zwischen Zielsignal bzw. -BK und Freifahrt der Signalzugschlussstelle
6. **Fahrstraßenauflösezeit:** Bedienungszeit + technische Reaktionszeit bis Grundstellung

*Fahrstraßen, Teilfahrstraßen und Zugfolgeabschnitte der freien Strecke (d. h. im Sinne § 4 EBO gleichermaßen in Bahnhofs- und Streckenbereichen)

Mit der Fahrstraßenbildung beginnt die exklusive Belegung von Infrastrukturelementen durch eine Fahrt

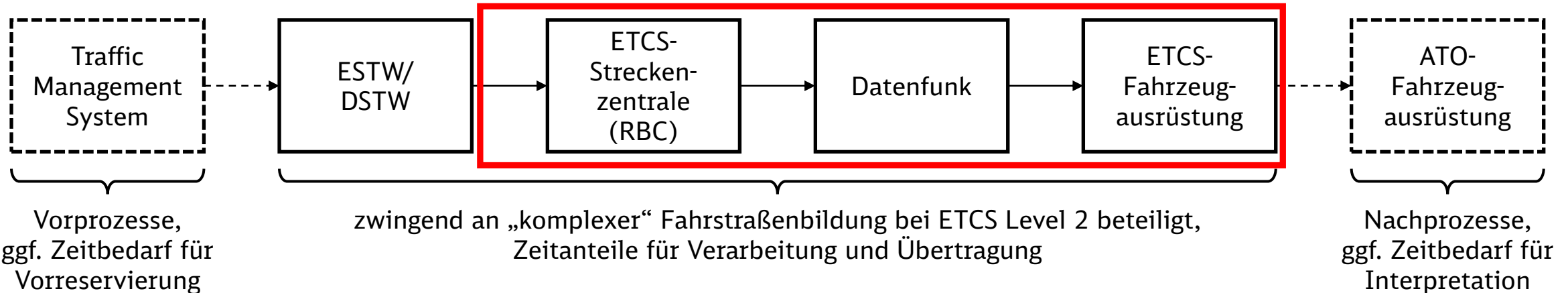
- Fahrstraßenbildezeit gemäß DB-Netz-Richtlinie 405:
 „Zeitverbrauch für das **Herstellen des gesicherten Status eines Fahrwegabschnitts** (Blockabschnitt, Fahrstraße) als Voraussetzung für die **Erteilung der Zustimmung zum Befahren** dieses Abschnitts.
 Der Zeitbedarf ist bei technischer Sicherung **abhängig vom Stellwerkstyp** und der **Anzahl von Weicheneinheiten**, die für die Fahrstraße zu stellen sind.“



- Erfahrung: kürzeste Fahrstraßenbildezeiten bei RSTWs, ESTWs bedeuten häufig eine Verlängerung

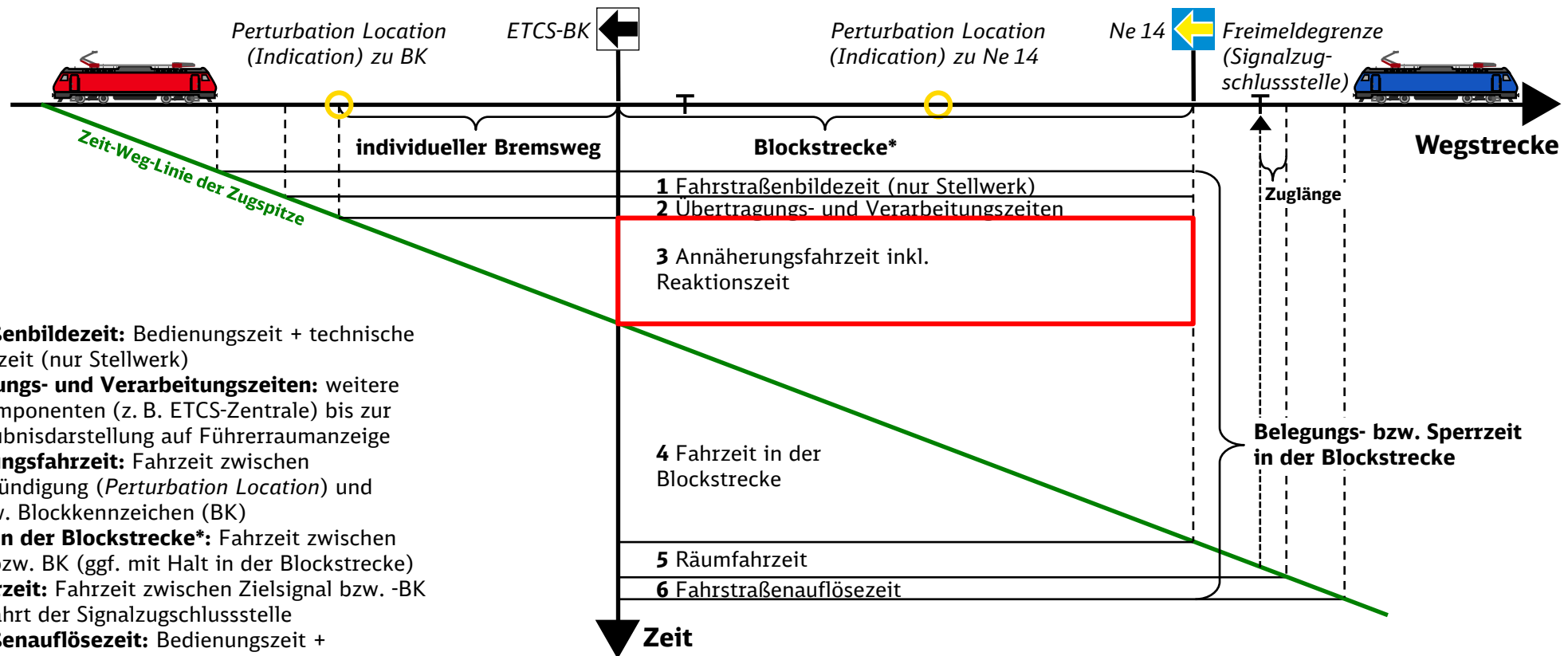
Bei ETCS Level 2 sind zusätzliche Komponenten in die „komplexe“ Fahrstraßenbildung involviert

- **Zusätzliche Systemkomponenten** benötigen eigene Zeitanteile für die Informationsverarbeitung und -übertragung untereinander. Auslöser dafür ist u. a. die Auslegung gemäß **SIL 4**.



- ETCS Level 2 führt somit vielfach systematisch zu **längeren Fahrstraßenbildezeiten** und zugleich höherem Sicherheitsniveau, d. h. hier wird die Abwägungsfrage „*performance vs. safety*“ berührt. (In der Ausprägung L2oS entfällt jedoch der Zeitanteil für die Fahrtstellung des Hauptsignals.)
- Um hier drohende Reduzierungen der Leistungsfähigkeit zu vermeiden, sind geeignete **Kompensationsmaßnahmen** erforderlich, zum Beispiel:
 - Blockverdichtung, um resultierende Sperrzeiten zu verkürzen
 - technische Weiterentwicklung der Digitalen LST zur Verkürzung der Fahrstraßenbildezeiten
 - in Einzelfällen bauliche Maßnahmen, z. B. höhere Weichengeschwindigkeiten, Verlagerung von Schaltabschnittsgrenzen der Oberleitung

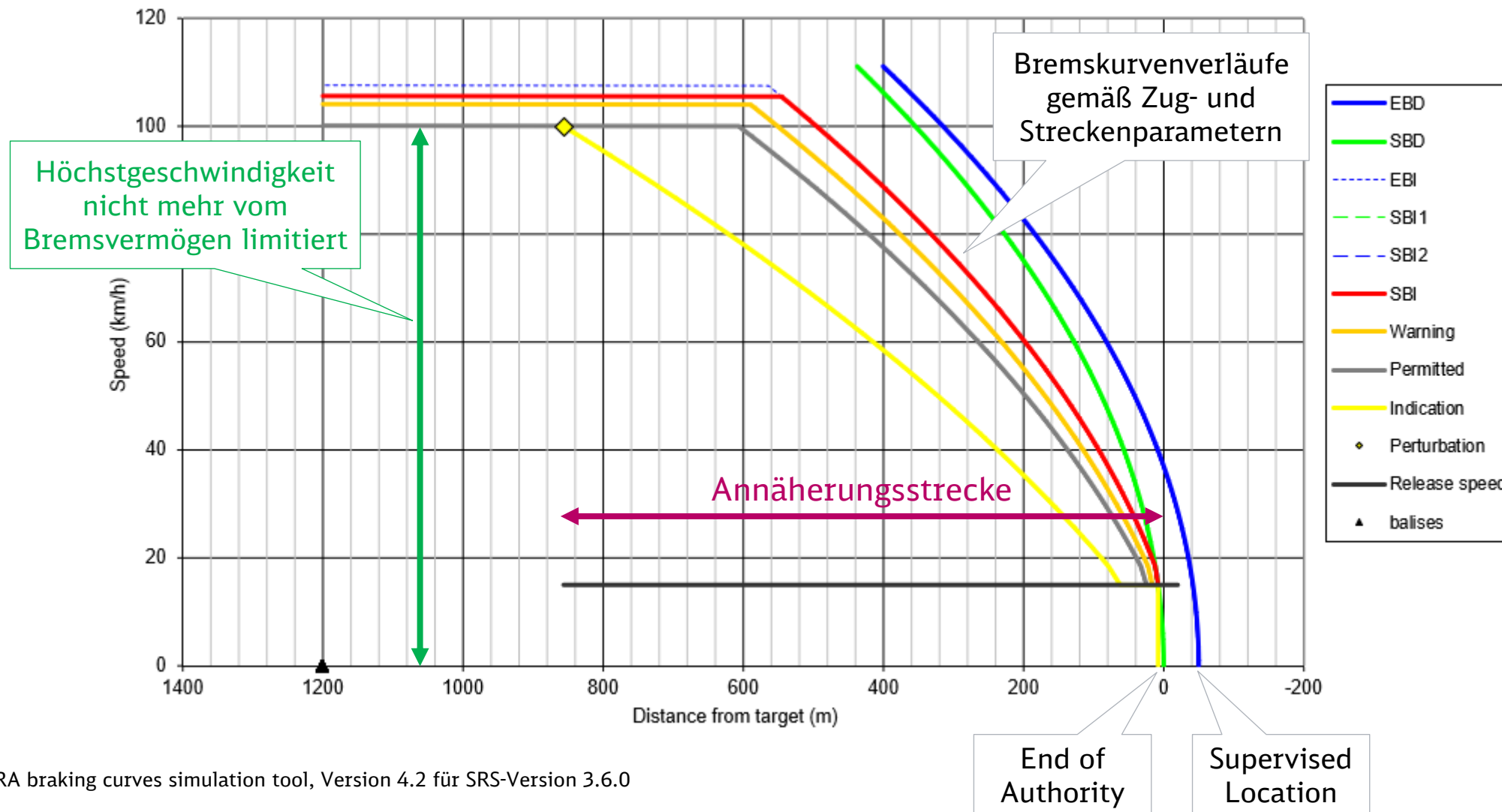
Die Annäherungsfahrzeit wird durch die individuelle Bremskurvenberechnung jedes Zuges geprägt



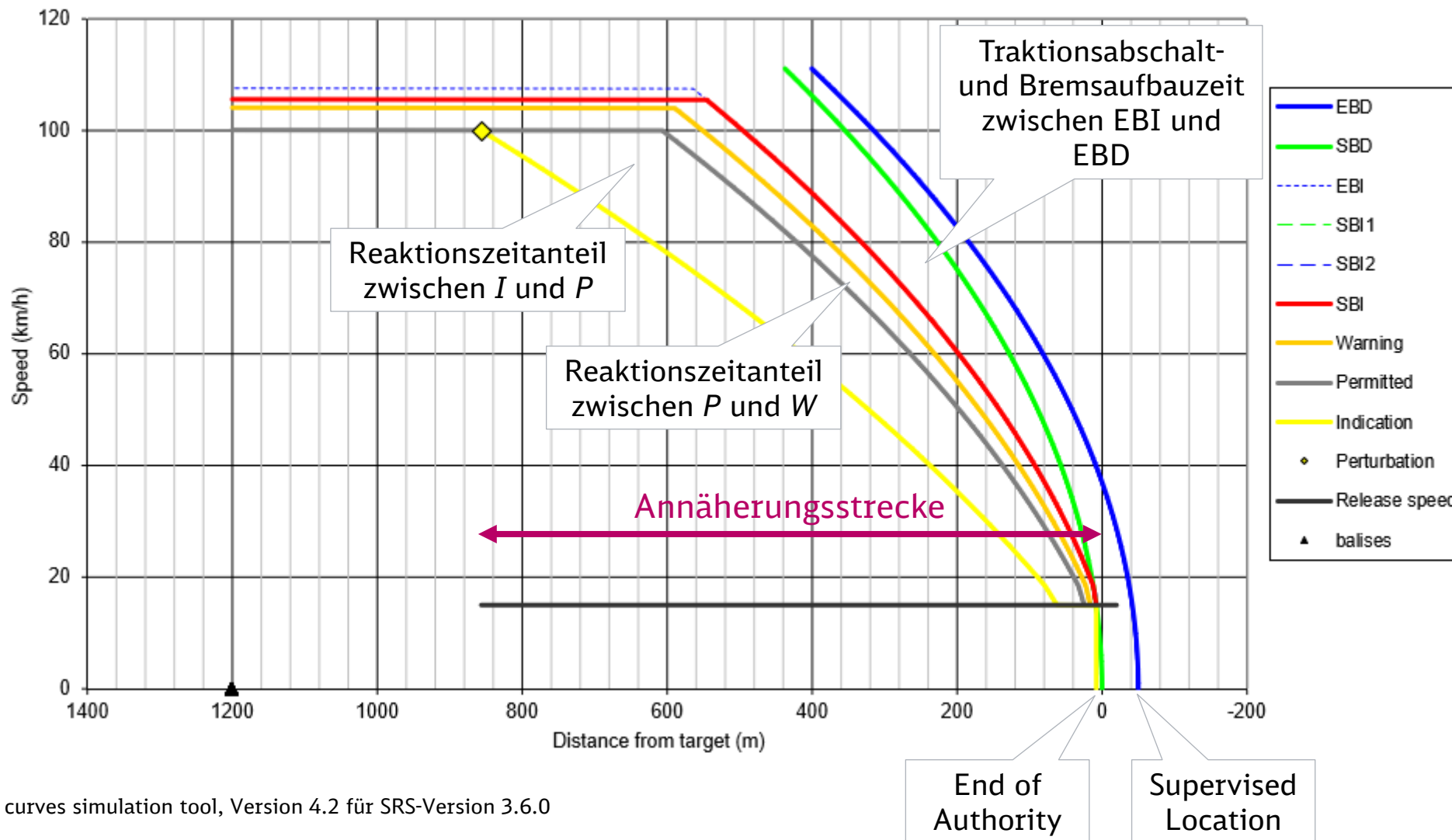
1. **Fahrstraßenbildezeit:** Bedienungszeit + technische Reaktionszeit (nur Stellwerk)
2. **Übertragungs- und Verarbeitungszeiten:** weitere Systemkomponenten (z. B. ETCS-Zentrale) bis zur Fahrerlaubnisdarstellung auf Führerraumanzeige
3. **Annäherungsfahrzeit:** Fahrzeit zwischen Bremsankündigung (*Perturbation Location*) und Signal bzw. Blockkennzeichen (BK)
4. **Fahrzeit in der Blockstrecke*:** Fahrzeit zwischen Signalen bzw. BK (ggf. mit Halt in der Blockstrecke)
5. **Räumfahrzeit:** Fahrzeit zwischen Zielsignal bzw. -BK und Freifahrt der Signalzugschlussstelle
6. **Fahrstraßenauflösezeit:** Bedienungszeit + technische Reaktionszeit bis Grundstellung

*Fahrstraßen, Teilfahrstraßen und Zugfolgeabschnitte der freien Strecke (d. h. im Sinne § 4 EBO gleichermaßen in Bahnhofs- und Streckenbereichen)

Im ETCS-Bremskurvenmodell ist die Indication maßgebend für die behinderungsfreie Fahrt und damit die Leistungsfähigkeit, nicht mehr ein fester Vorsignalabstand

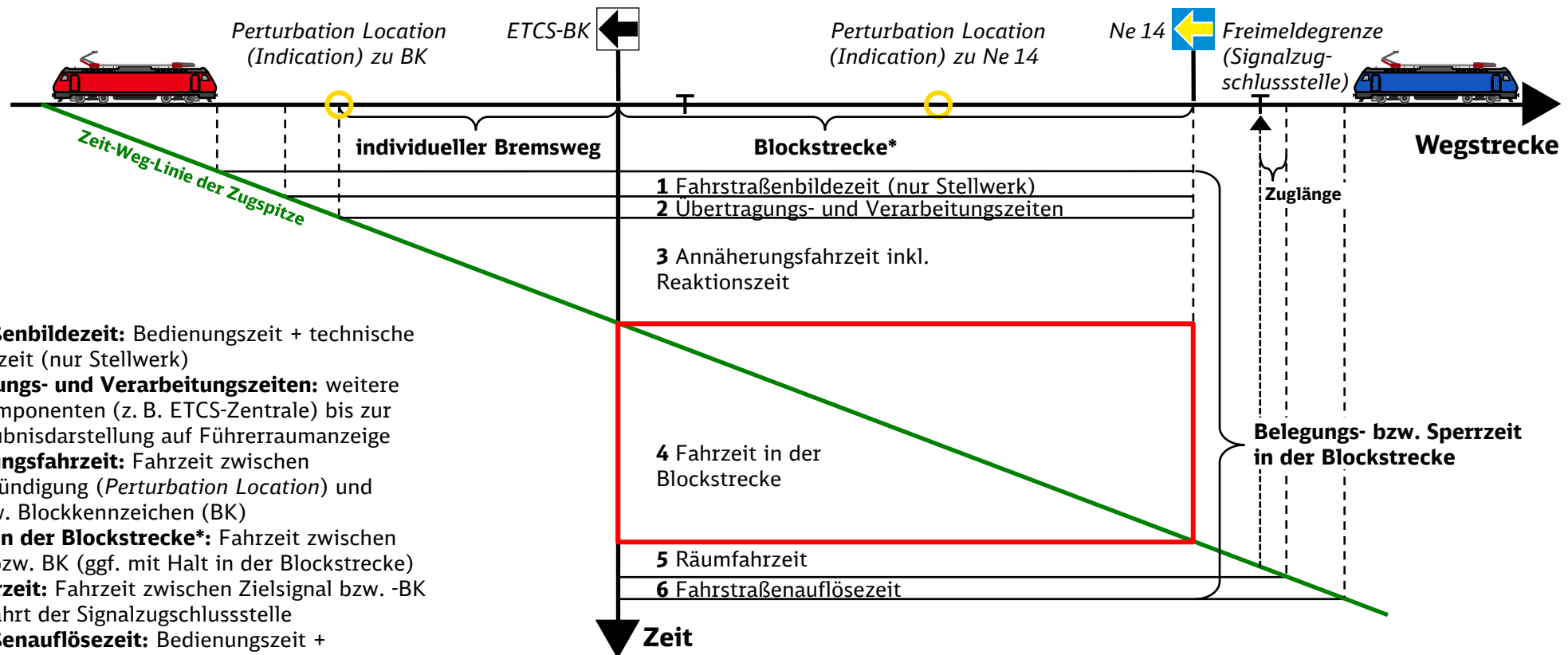


Die bisherige Signalsichtzeit auf das Vorsignal (12 s) entfällt, wird jedoch durch menschliche und technische Reaktionszeiten innerhalb der ETCS-Bremskurvenschar ersetzt



Quelle: ERA braking curves simulation tool, Version 4.2 für SRS-Version 3.6.0

Die Fahrzeit in der Blockstrecke hängt wesentlich von der vorhandenen Blockteilung und der Geschwindigkeit ab

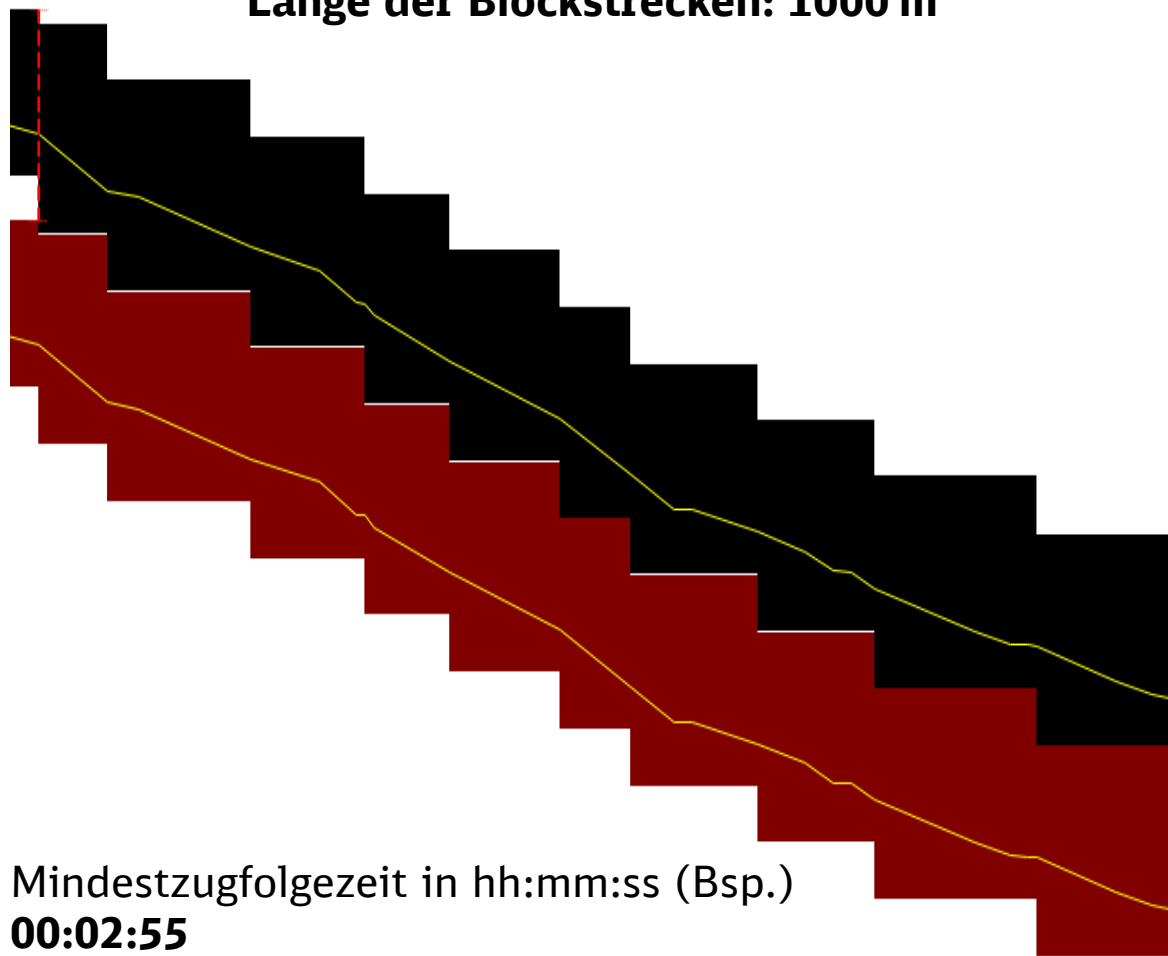


1. **Fahrstraßenbildezeit:** Bedienungszeit + technische Reaktionszeit (nur Stellwerk)
2. **Übertragungs- und Verarbeitungszeiten:** weitere Systemkomponenten (z. B. ETCS-Zentrale) bis zur Fahrerlaubnisdarstellung auf Führerraumanzeige
3. **Annäherungsfahrzeit:** Fahrzeit zwischen Bremsankündigung (*Perturbation Location*) und Signal bzw. Blockkennzeichen (BK)
4. **Fahrzeit in der Blockstrecke*:** Fahrzeit zwischen Signalen bzw. BK (ggf. mit Halt in der Blockstrecke)
5. **Räumfahrzeit:** Fahrzeit zwischen Zielsignal bzw. -BK und Freifahrt der Signalzugschlussstelle
6. **Fahrstraßenauflösezeit:** Bedienungszeit + technische Reaktionszeit bis Grundstellung

*Fahrstraßen, Teilfahrstraßen und Zugfolgeabschnitte der freien Strecke (d. h. im Sinne § 4 EBO gleichermaßen in Bahnhofs- und Streckenbereichen)

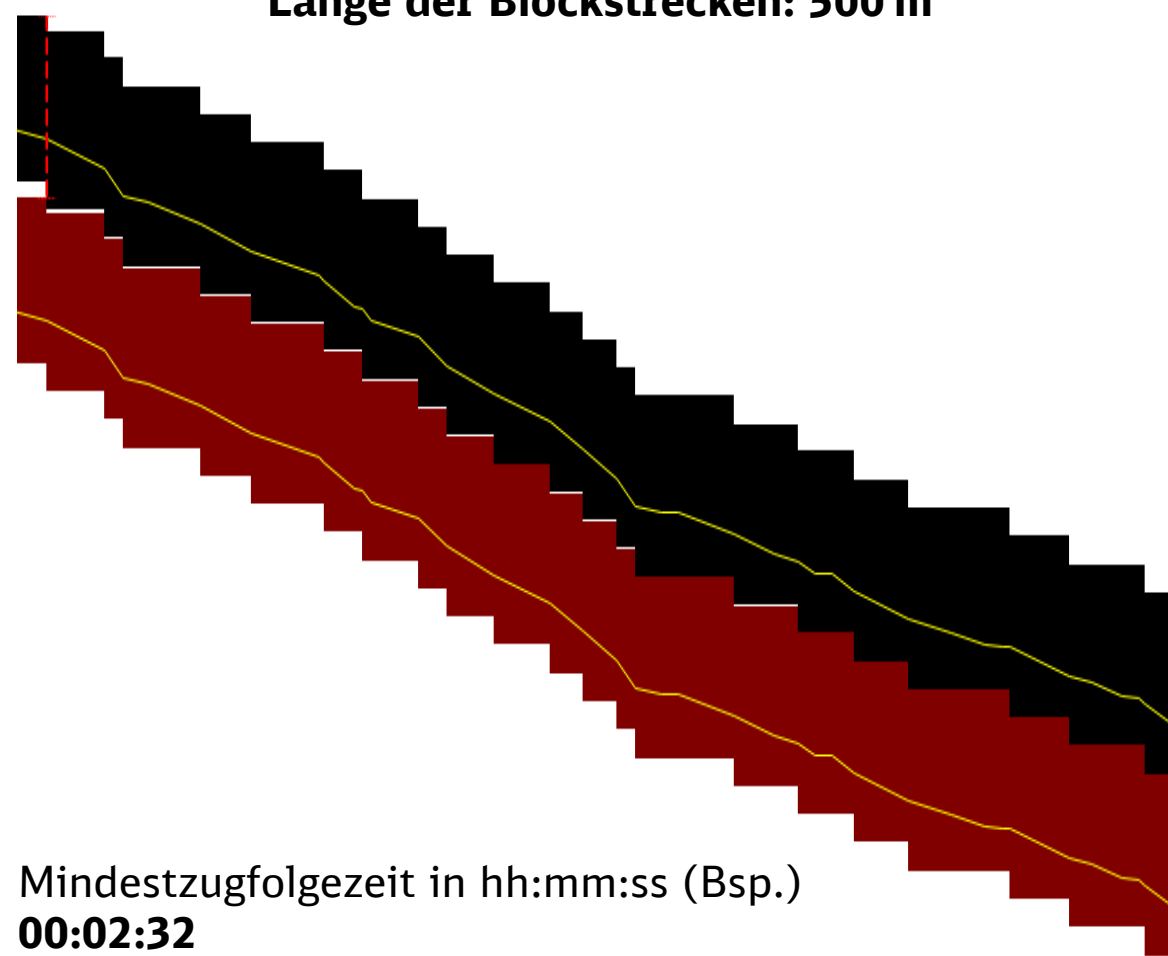
Fahrzeit in der Blockstrecke: Eine Halbierung der Blocklänge von 1000 auf 500 m ergibt nicht die halbe Mindestzugfolgezeit!

Länge der Blockstrecken: 1000 m



Mindestzugfolgezeit in hh:mm:ss (Bsp.)
00:02:55

Länge der Blockstrecken: 500 m



Mindestzugfolgezeit in hh:mm:ss (Bsp.)
00:02:32

Gleichwohl Blockverdichtungen durch ETCS Level 2 erheblich erleichtert werden, bestehen (noch) Planungsausschlüsse und betriebliche Herausforderungen

bestimmte Weichenbereiche

- Eurobalisenanordnung in Weichen
- Anordnung „Metalltafel“ bei beengtem Lichtraum

RBC-RBC-Übergänge

Bahnübergänge (Überstellen durch haltende Züge vermeiden)

Schaltabschnittsgrenzen der Oberleitung (Halt bzw. langsame Befahrung mit Stromabnehmern vermeiden)

Durchrutschwege

(Bereiche zwischen Start und Ziel von Rangierstraßen)

Randbereiche von L2oS

- Levelwechsel
- Vorsignale

Bahnsteige (zu frühe Halte bei anteiliger Belegung vermeiden)

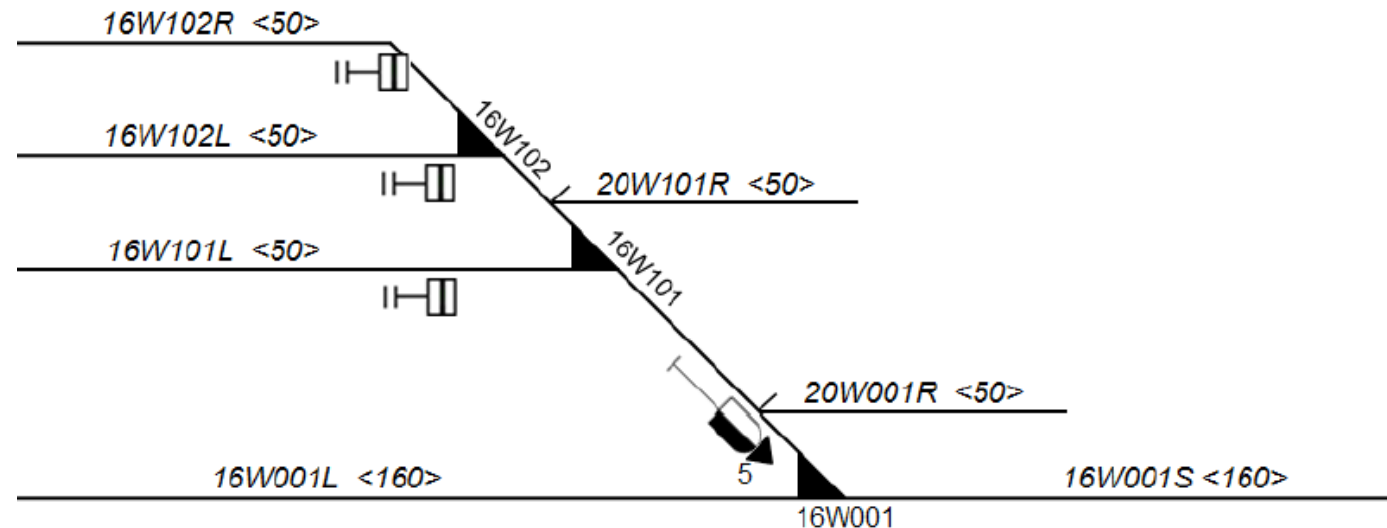
Grenzlast (Wiederanfahren schwerer Züge)

Beispiele ohne Anspruch auf Vollständigkeit

Die Auswirkungen zahlreicher Punkte können durch eine **vorausschauende Planung** bzw. durch angestrebte **technische Weiterentwicklungen** minimiert oder beseitigt werden.

Der Streckenatlas der ETCS-Zentrale gestattet sehr feingliedrige Geschwindigkeitsvorgaben

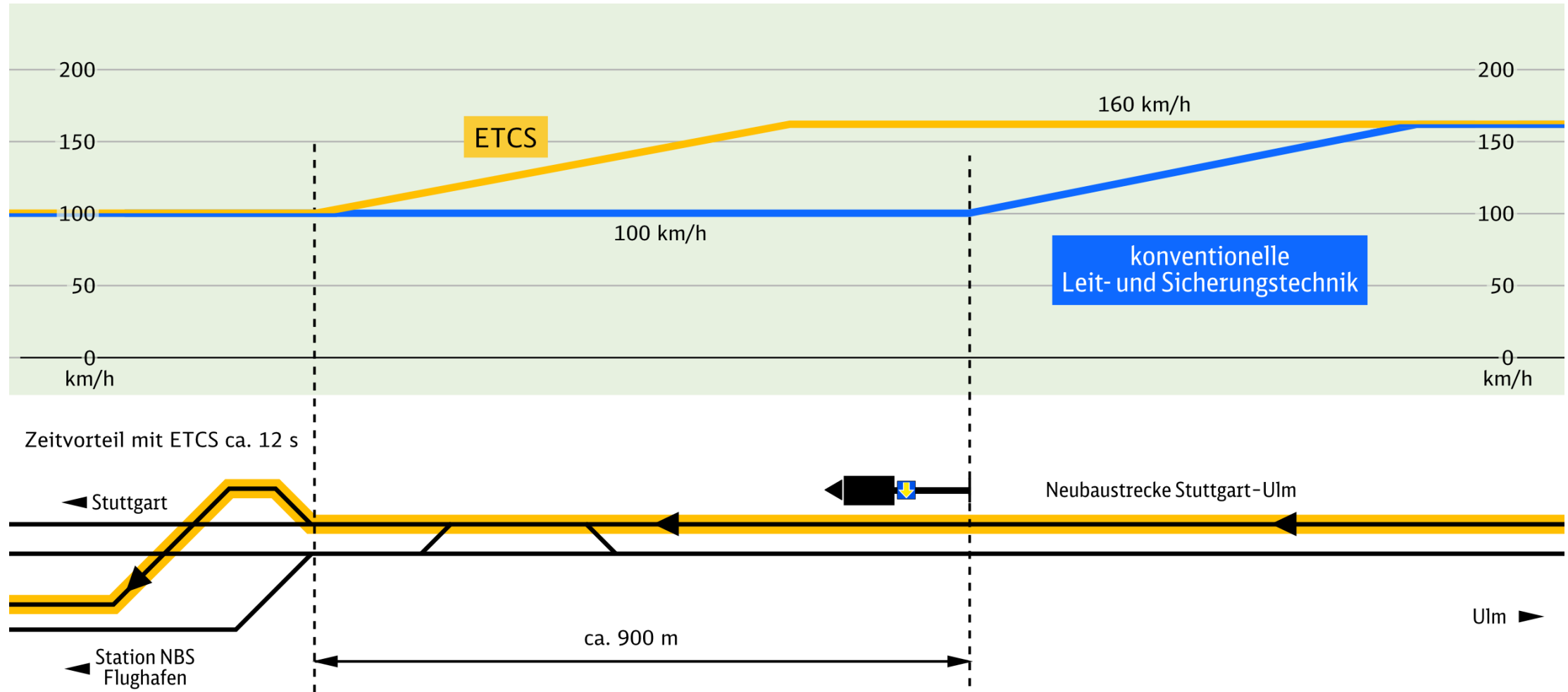
- Geschwindigkeiten können bei ETCS Level 2 in **5-km/h-Schritten** hinterlegt werden, d. h. genauer als die konventionellen 10-km/h-Schritte.
- Zudem können **Geschwindigkeitsprofile für unterschiedliche Zugkategorien** vorgesehen werden, z. B. in Abhängigkeit von zulässigen Überhöhungsfehlbeträgen oder für bogenschnelles Fahren.
- Neben *Geschwindigkeitsbändern* für die durchgehenden Hauptgleise lassen sich **abschnittsweise unterschiedliche Gleiskantengeschwindigkeiten projektieren**. Grenzen solcher Abschnitte können z. B. Weichen, Signale und weitere fahrdynamisch relevante Örtlichkeiten sein. Es resultieren „**elementfeine Geschwindigkeitsprofile**“.



Beispiel für Gleiskantengeschwindigkeiten aus der DB-Netz-Richtlinie 819.1344

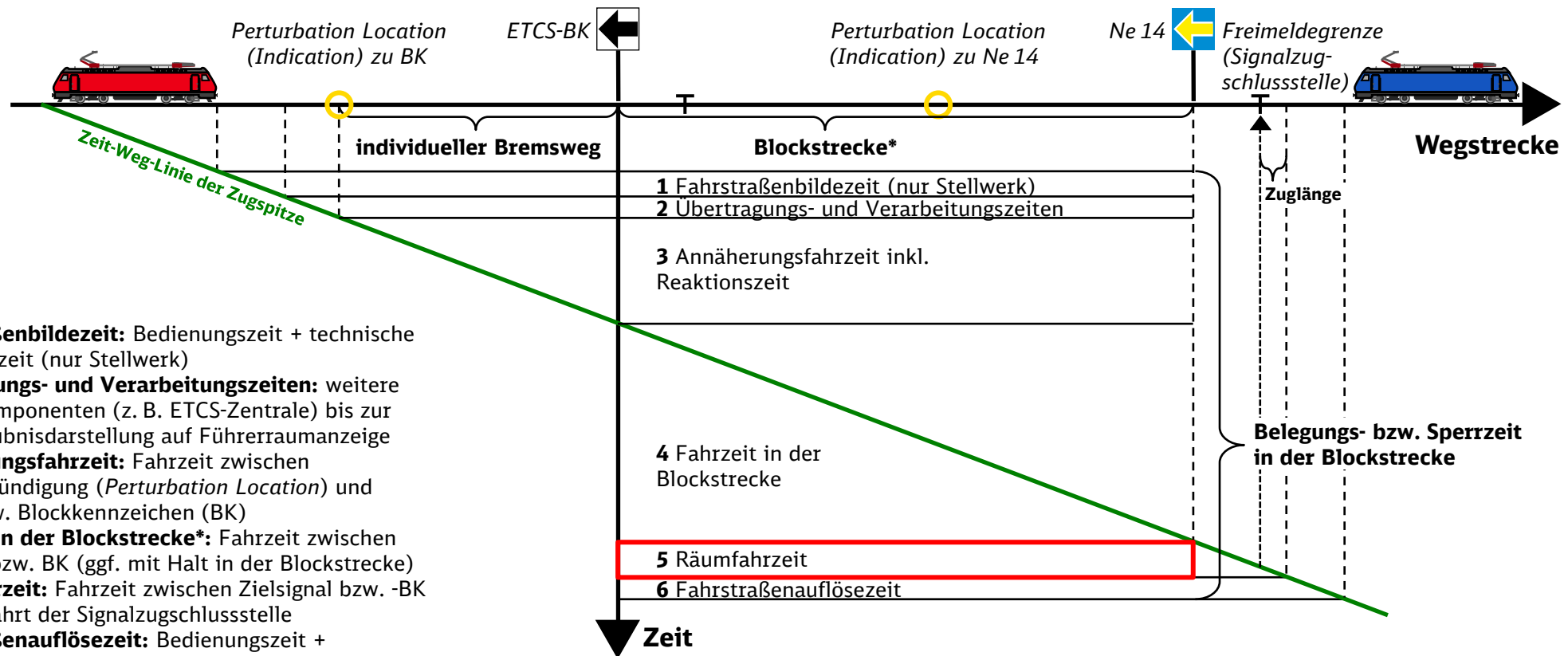
Die Gleiskantengeschwindigkeiten in ETCS erlauben „elementfeine Geschwindigkeitsprofile“

↑ Leistungsfähigkeit steigt



Quelle: DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH, Prinzipskizze mit Hauptsignal zwecks Vergleichbarkeit

Die Räumfahrzeit wird wesentlich durch Länge des Gefahrpunkt- abstands bzw. Durchrutschwegs sowie Zuglänge beeinflusst



1. **Fahrstraßenbildezeit:** Bedienungszeit + technische Reaktionszeit (nur Stellwerk)
2. **Übertragungs- und Verarbeitungszeiten:** weitere Systemkomponenten (z. B. ETCS-Zentrale) bis zur Fahrerlaubnisdarstellung auf Führerraumanzeige
3. **Annäherungsfahrzeit:** Fahrzeit zwischen Bremsankündigung (*Perturbation Location*) und Signal bzw. Blockkennzeichen (BK)
4. **Fahrzeit in der Blockstrecke*:** Fahrzeit zwischen Signalen bzw. BK (ggf. mit Halt in der Blockstrecke)
5. **Räumfahrzeit:** Fahrzeit zwischen Zielsignal bzw. -BK und Freifahrt der Signalzugschlussstelle
6. **Fahrstraßenauflösezeit:** Bedienungszeit + technische Reaktionszeit bis Grundstellung

*Fahrstraßen, Teilfahrstraßen und Zugfolgeabschnitte der freien Strecke (d. h. im Sinne § 4 EBO gleichermaßen in Bahnhofs- und Streckenbereichen)

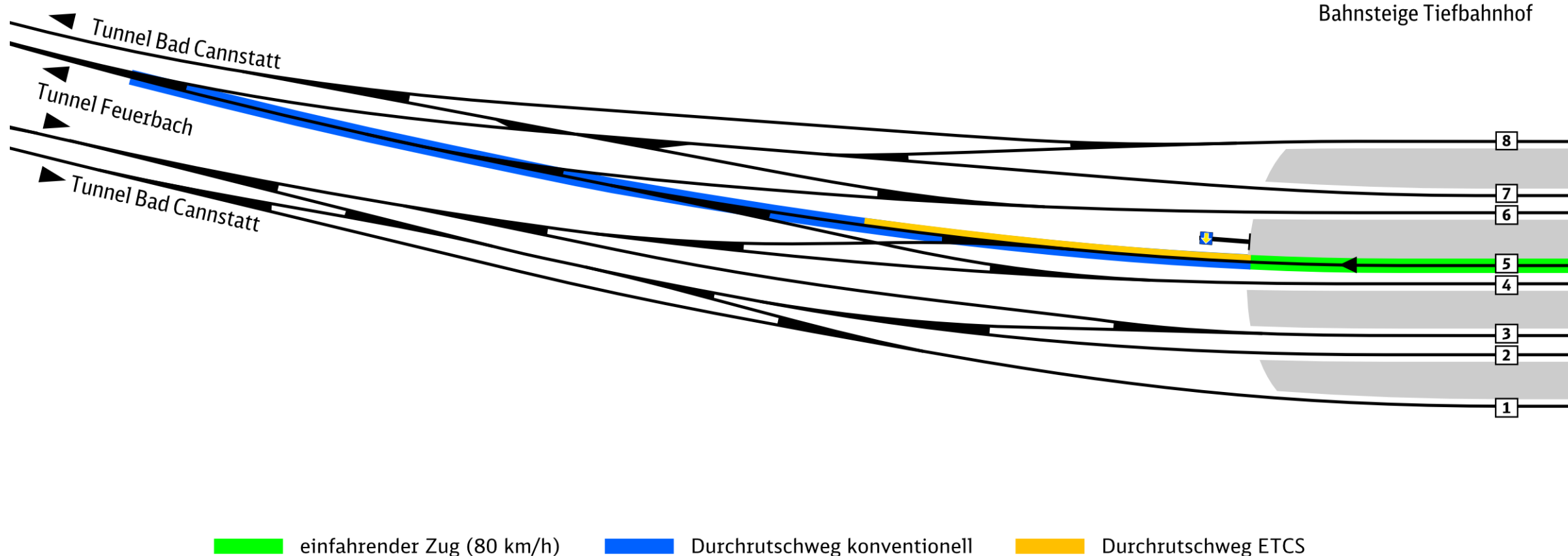
ETCS Level 2 bietet vorteilhafte Regelungen zu Durchrutschwegen und Gefahrpunktabständen

- **Regellänge 200 m**
 - Einhaltung durch PZB (bzw. LZB) überwacht
 - dabei jedoch keine Berücksichtigung der tatsächlichen Länge
- ggf. explizite Geschwindigkeitseinschränkungen bei kürzeren D-Wegen (z. B. ab Einfahrsignal)
- Verlängerung (und Verkürzung) in Abhängigkeit von maßgebender Längsneigung
- D-Weg-Auflösung bei modernen Stellwerken nach Zeitablauf
- bei ETCS L2oS **kürzere Solllänge von 70 m**
 - Einhaltung durch sichere ETCS-Bremskurven kontinuierlich überwacht
 - konkrete, variable Länge geht in Berechnung ein
- keine explizite Geschwindigkeitseinschränkung (höchstens aus Bremskurvenberechnung)
- keine neigungsbedingte Längenänderung
- kooperative D-Weg-Auflösung zwischen ETCS-Zentrale und Stellwerk nach Zugstillstand möglich

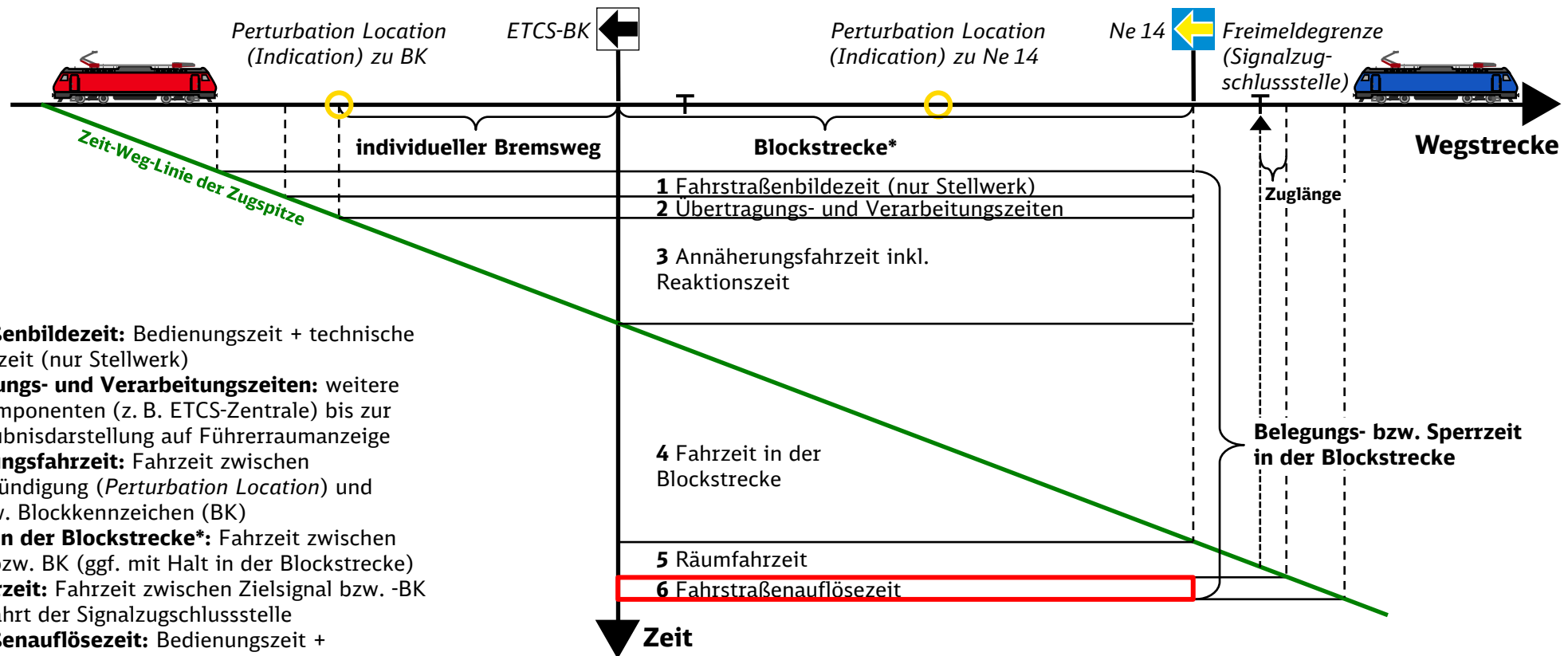
Kürzere Längen **reduzieren die Räumfahrzeit** – besonders bei niedrigen Geschwindigkeiten – und **erhöhen die Flexibilität** für Blockteilung sowie parallele Fahrten in Knoten.

Der konkrete Effekt auf die Leistungsfähigkeit hängt stark von der Örtlichkeit ab.

In Knotenbereichen können dank kürzerer D-Wege unter ETCS L2oS mehr parallele Fahrten (ohne Absenkung der Einfahrtsgeschwindigkeit) stattfinden



Mit der Fahrstraßenauflösung endet die Belegung



1. **Fahrstraßenbildezeit:** Bedienungszeit + technische Reaktionszeit (nur Stellwerk)
2. **Übertragungs- und Verarbeitungszeiten:** weitere Systemkomponenten (z. B. ETCS-Zentrale) bis zur Fahrerlaubnisdarstellung auf Führerraumanzeige
3. **Annäherungsfahrzeit:** Fahrzeit zwischen Bremsankündigung (*Perturbation Location*) und Signal bzw. Blockkennzeichen (BK)
4. **Fahrzeit in der Blockstrecke*:** Fahrzeit zwischen Signalen bzw. BK (ggf. mit Halt in der Blockstrecke)
5. **Räumfahrzeit:** Fahrzeit zwischen Zielsignal bzw. -BK und Freifahrt der Signalzugschlussstelle
6. **Fahrstraßenauflösezeit:** Bedienungszeit + technische Reaktionszeit bis Grundstellung

*Fahrstraßen, Teilfahrstraßen und Zugfolgeabschnitte der freien Strecke (d. h. im Sinne § 4 EBO gleichermaßen in Bahnhofs- und Streckenbereichen)

ETCS Level 2 hat keinen Effekt auf die Fahrstraßenauflösezeit

- Fahrstraßenauflösezeit gemäß DB-Netz-Richtlinie 405: „Zeitverbrauch vom **Freifahren der Zugschlussstelle bis zum Herstellen der Grundstellung** des betreffenden Fahrwegabschnitts (Blockabschnitt, Fahrstraße).

Der Zeitbedarf ist bei technischer Sicherung abhängig von der Art der Stellwerkstechnik und der Anzahl von Weicheneinheiten, die in Grundstellung zu bringen sind.“


- ETCS Level 2 beeinflusst wegen der infrastrukturseitigen Gleisfreimeldung diesen Zeitanteil nicht, da hierbei **interne Vorgänge im Stellwerk** berührt sind.


Dennoch besteht die kapazitive Anforderung an das Stellwerk, die Zeit möglichst kurz zu halten.

- (Erst Zugintegritätsüberwachung und Positionsmeldungen im Sinne von ETCS Level 3 mit einer zugseitigen Gleisfreimeldung berühren diesen Zeitanteil.)


- In der Ausprägung **Level 2 mit Hauptsignalen** (L2mS) würden weitere Restriktionen wegen der PZB-basierten konventionellen Planungsgrundlagen verbleiben, die Steigerungen der Leistungsfähigkeit erschweren. Entsprechend kommt dies nur bei einigen laufenden Projekten zur Anwendung, während die Digitale Schiene Deutschland **ETCS L2oS** zugrunde legt.
- Die gesamthafte Leistungsfähigkeit wird oft durch **Knotenbereiche** inkl. der unmittelbar umgebenden Strecken bestimmt. Auf deren komplexe Anforderungen hat ETCS meist nur geringen Einfluss, z. B. bei verfügbaren Gleisanzahlen, deren Erreichbarkeit und Haltezeiten.
- Die sichere **kontinuierliche Aufwertemöglichkeit** bei ETCS Level 2 (Funkübertragung einer neuen ETCS-Fahrterlaubnis) trägt zu einer flüssigeren Betriebsabwicklung und damit besseren Betriebsqualität bei.

1. Konzernprogramm Digitale Schiene Deutschland
2. Wirkweise ETCS Level 2 ohne Hauptsignale
3. Grundlagen der Kapazität
4. Welchen Einfluss hat ETCS Level 2 auf die Sperrzeitentreppe?
- 5. Ausblick**

 **Trotz** der aktuell noch längeren Systemlaufzeiten und der ggf. restriktiveren Bremskurven ist **ETCS L2oS** das aktuell beste verfügbare Zugsicherungssystem, da im Zielzustand z. B. durch die kontinuierliche Geschwindigkeitsüberwachung (inkl. Bremskurven) aller Züge das Sicherheitsniveau weiter gesteigert wird. Zudem sichert ETCS die Interoperabilität im europäischen Eisenbahnsystem.

 **Durch ETCS** kann

- die Kapazität durch gezielte Planung und Einsatz des Hochleistungsblocks deutlich gesteigert werden
- eine dichtere Blockteilung für kürzere Zugfolge realisiert werden, da alle Züge ausgerüstet sein werden
- ein elementfeines Geschwindigkeitsprofil Fahrzeiten reduzieren
- der Betriebsablauf insgesamt dank kontinuierlicher Aufwertemöglichkeiten verbessert werden

 **Mit ETCS** wird

- eine präzisere Informationsbasis für das CTMS bereitgestellt
- die Einführung von ATO ermöglicht

Vielen Dank

An aerial photograph of a busy railway yard. The tracks are filled with a variety of freight cars, including open-top hopper cars, covered hopper cars, tank cars, and flatcars. Some flatcars are loaded with cars, and others with large containers. The colors of the cars range from red and orange to blue and white. The DB NETZE logo is prominently displayed in the center of the image, consisting of a red rounded square containing the letters 'DB' in white, followed by the word 'NETZE' in a large, white, sans-serif font.

DB NETZE