

Einführungsseminar E1/2023 - Holzgerlingen

„Grundlagen der Bahnsysteme“

Bahnbetrieb

Dr.-Ing. Axel Müller, Bundesnetzagentur

**Der Betrieb umfasst alle Vorgänge und Tätigkeiten,
die erforderlich sind, um auf Eisenbahnanlagen
Fahrzeuge geregelt und sicher zu bewegen.**

**Eisenbahnverkehrsunternehmen und
Eisenbahninfrastrukturunternehmen
wirken dabei zusammen.**

- Betrieblicher Planungs- und Kontrollprozess
- Betriebsdurchführung
- Voraussetzung für eine Zugfahrt
- Betriebsstörungen
- Fahr- und Haltezeiten
- Fahrplanung
- Betriebswissenschaft
- Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebes

■ **Betrieblicher Planungs- und Kontrollprozess**

- Betriebsdurchführung
- Voraussetzung für eine Zugfahrt
- Betriebsstörungen
- Fahr- und Haltezeiten
- Fahrplanung
- Betriebswissenschaft
- Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebes

Bündelung der Verkehrsnachfrage



Im Öffentlichen Verkehr müssen (fast) immer mehrere Einzelnachfragen für den wirtschaftlichen Massentransport gebündelt werden (Ausnahmen: Charterverkehre, Ganzzüge im Güterverkehr).

-> vier betriebliche Bindungen des öffentlichen Verkehrs:

- Bindung an die Strecke
- Bindung an Netzzugangspunkte
- Bindung an die Linie (nur bei Linienverkehr)
- Bindung an den Fahrplan

Diese Eigenschaften des öffentlichen Verkehrs bedingen einen erheblichen Planungsaufwand und vermindern drastisch die Flexibilität der Leistungserstellung.

Das Angebot im öffentlichen Verkehr muss für längere Zeiträume vorabverbindlich festgelegt und publiziert werden.

Spurführung

- "Eindimensionales" Verkehrsmittel
- Bewegungsmöglichkeit praktisch nur "geradeaus,,
- Keine Ausweichmöglichkeiten in Notfällen
- Spurwechsel und Fahrwegverzweigungen erfordern das spezielle Fahrwegelement Weiche

Geringe Haftreibung Rad/Schiene

- um nahezu den Faktor 10 kleiner als auf der Straße
- geringe Steigungen möglich
- **vergleichsweise geringer Energieverbrauch**
- Lange Bremswege
 - übersteigen die Sichtweite des Fahrzeugführers
 - erfordern einen Fahrweg frei von Hindernissen
 - bedingen eine spezielle Technik zur Regelung und Sicherung der Zugfahrten

Betriebsplanung: vorausschauende Festlegung des Angebotes für einen Betrachtungszeitraum

Betriebsdurchführung: Umsetzung des geplanten /veröffentlichten Angebots (Soll) in ein reales Angebot(Ist)

Betriebsleitung: ständiger Vergleich des aktuellen Ist-Angebots mit dem Soll-Angebot (Betriebsüberwachung) sowie den Eingriffen in die Betriebsdurchführung bei Abweichungen des Ist-vom Soll-Angebot

Betriebskontrolle: umfasst den Nachher-Vergleich von Soll-und Ist-Angebot sowie die Eingriffe in die Betriebsplanung bei regelmäßigen Abweichungen des Ist-vom Soll-Angebot

- Betrieblicher Planungs- und Kontrollprozess

- **Betriebsdurchführung**

- Voraussetzung für eine Zugfahrt
- Betriebsstörungen
- Fahr- und Haltezeiten
- Fahrplanung
- Betriebswissenschaft
- Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebes

Zusammenwirken von Verkehrs- und Infrastrukturunternehmen

- Als Betriebsvorgänge im Eisenbahnverkehr gelten sowohl die Bedienungshandlungen des Stellwerkspersonals als auch das Bewegen von Fahrzeugen und Fahrzeuggruppen

Unterscheidungen nach EBO

- Zugfahrten
- Rangierfahrten

Höchstgeschwindigkeiten

- Hochgeschwindigkeitsverkehr: 230-300 km/h
- Lokbespannte Züge: 200 km/h, ohne LZB/ETCS L2 160 km/h
- Nah- und Regionalverkehr: 80-160 km/h
- Güterzüge 80-120 km/h, in Ausnahmefällen 160 km/h
- U- und Stadtbahnen mit Zugsicherung 80-90 km/h
- Straßenbahn im Straßenraum 50-60 km/h, auf besonderem Bahnkörper bis 70 km/h

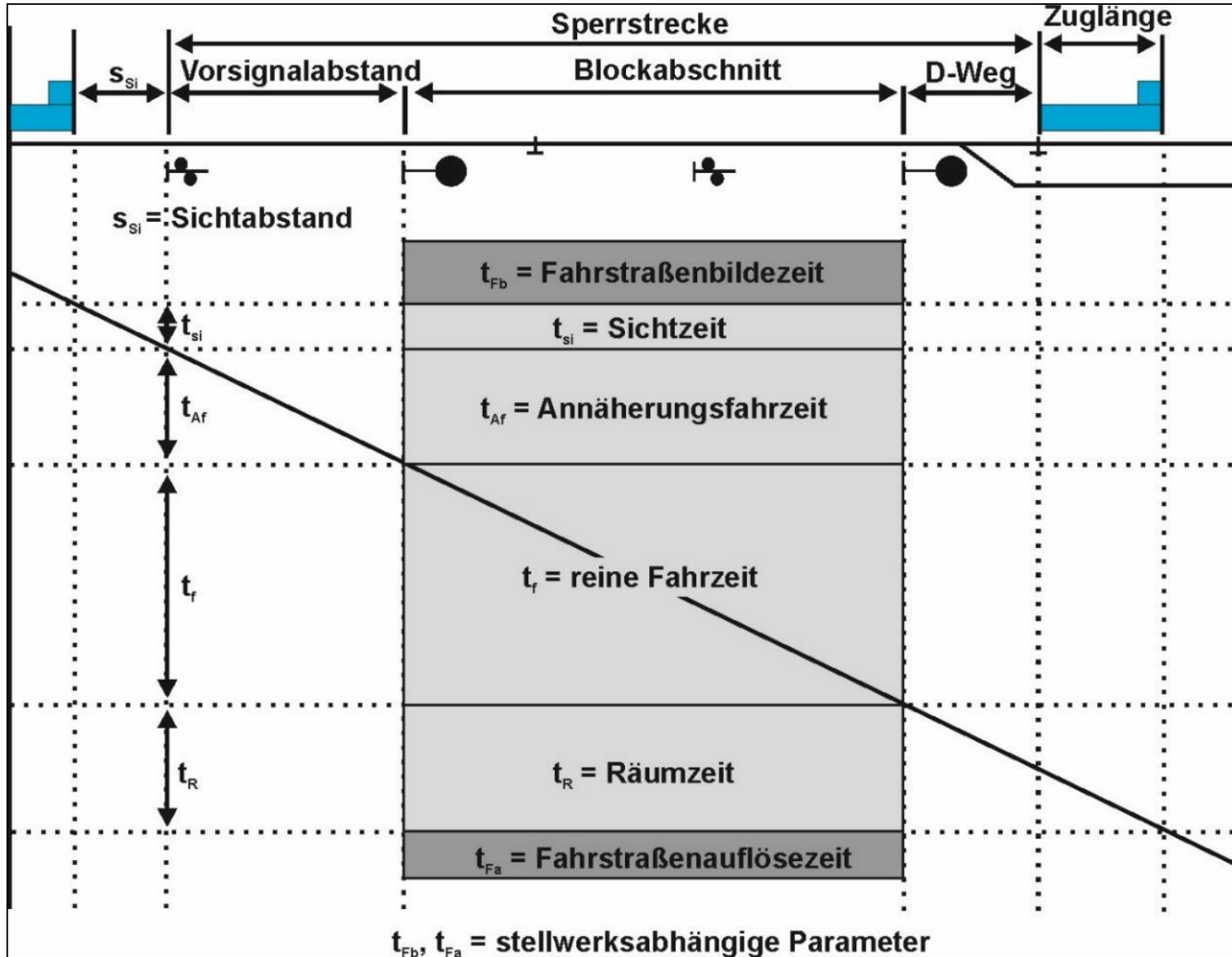
Fahren im festen Raumabstand

- ist das klassische Sicherungssystem der Eisenbahn und wird mit ortsfesten Signalen ausgeführt

Grundprinzip

- Hauptsignale begrenzen sogenannte „Blockabschnitte“
 - In einem Blockabschnitt darf sich jeweils nur ein Zug befinden
 - Züge dürfen nur in den jeweiligen Blockabschnitt einfahren, wenn diese frei von Fahrzeugen sind
- Signale sind in entsprechender Abhängigkeit zueinander geschaltet
- Hauptsignale werden im Bremswegabstand (in der Regel 1000 m) durch Vorsignale angekündigt

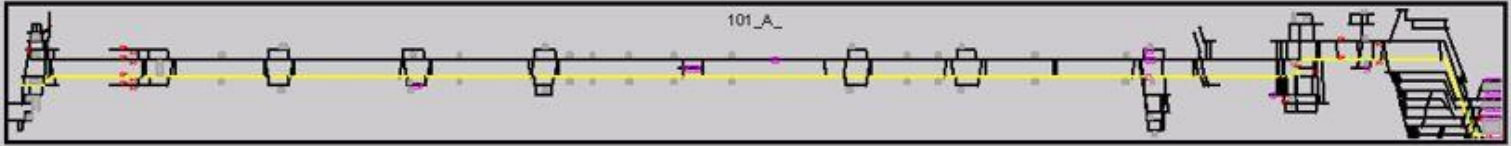
Sperrzeit eines Blockabschnittes



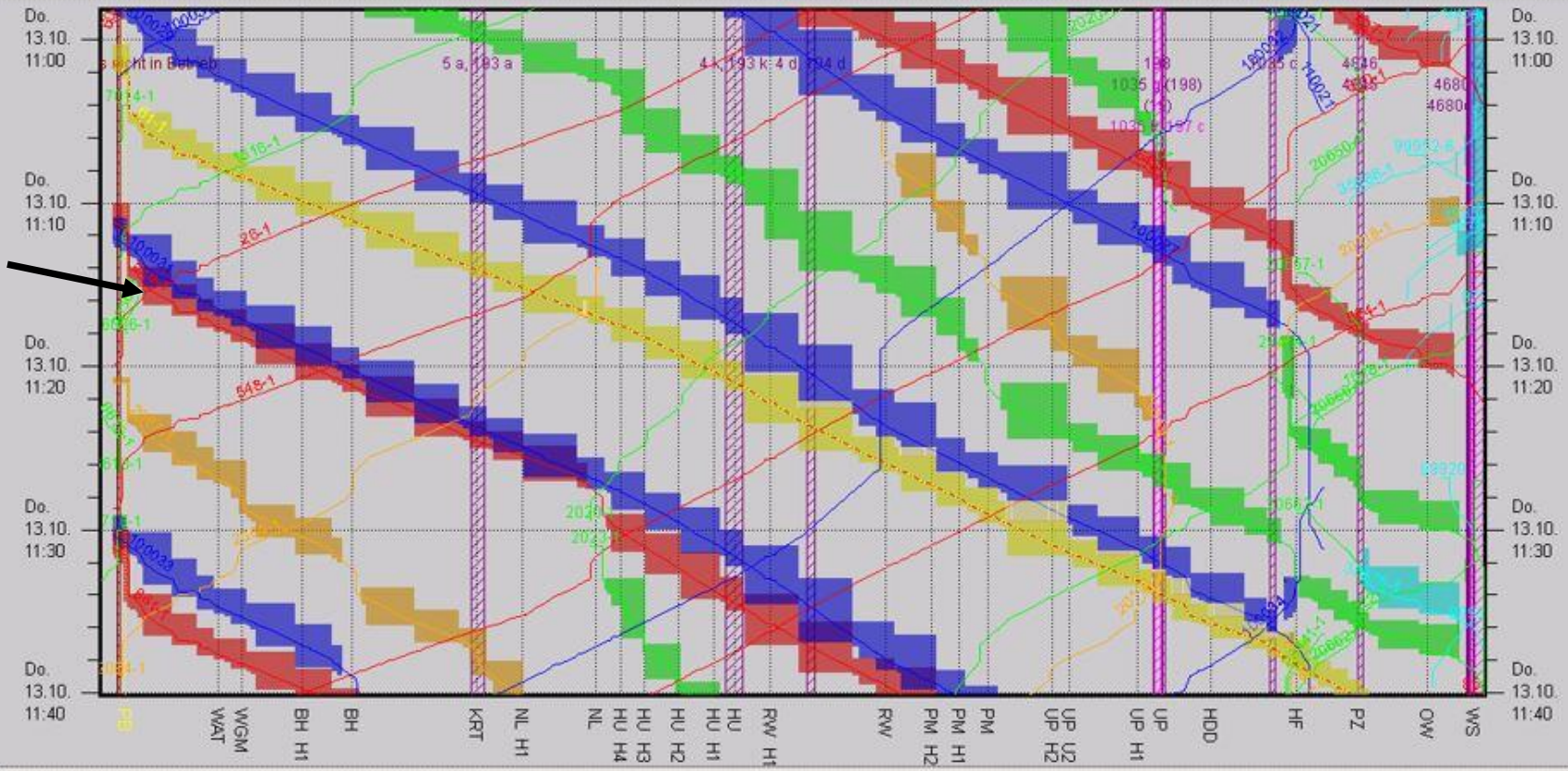
Sperrzeitentrepfen mit Konflikt



Planrissanschnitt von 12.10.11 - 14.10.11



Konflikt



Fahren im absoluten Bremswegabstand



- variable Zugfolgeregelung (= Abstände der fahrenden Züge) in Abhängigkeit von Geschwindigkeit und Bremsvermögen
- Fahrzeuge werden durch Rechner gesteuert
- es findet eine kontinuierliche Datenübertragung zwischen Steuerzentralen und Fahrzeugen statt
- wichtig: Zugschlusskennung
- Verzicht auf ortsfeste Signale möglich
- Bei Streckenverzweigung Wechsel von Zugschluss auf ortsfeste Weiche, größerer Abstand erforderlich!

- Betrieblicher Planungs- und Kontrollprozess
- Betriebsdurchführung
- **Voraussetzung für eine Zugfahrt**
 - Betriebsstörungen
 - Fahr- und Haltezeiten
 - Fahrplanung
 - Betriebswissenschaft
 - Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebes

Drei wesentliche Aufgabenbereiche

- Zugbildung
 - Funktionsprüfung von Fahrzeugteilen und Aggregaten
 - Überprüfung der Zugzusammensetzung
- Fahrwegsicherung
- Abfertigung

Sofern sicherheitsrelevant muss sichergestellt sein, dass

- die Sicherheitsbedingungen erfüllt sind und überprüft werden
- Informationen und Befehle sicher überprüft werden
- Befehle und Anweisungen ausgeführt und die Ausführungshandlungen überprüft werde.

Besondere Bedeutung für die Sicherheit hat die **Informationsübermittlung** zwischen Stellwerk, Triebfahrzeugführer und ggf. Rangier-bzw. Bahnsteigpersonal durch **eindeutige Signale**, deren Beachtung und Ausführung zudem überwacht werden muss.

- verantwortlich ist das Eisenbahnverkehrsunternehmen
- Traktionsart, Leistung und Höchstgeschwindigkeit müssen auf die jeweiligen Streckenverhältnisse und den Wagenzug abgestimmt sein.
- Der Zug darf aufgrund der Länge von Überholgleisen bzw. Bahnsteigen der Haltebahnhöfe festgelegte Längen nicht überschreiten:
 - maximale Reisezuglänge: 420 m
 - Maximale Güterzuglänge: 750 m
(aktuell 835m zwischen Padborg und Maschen,
längere Züge in der Diskussion)
- Der gesamte Zug muss sich innerhalb der nach EBO zulässigen Fahrzeugumgrenzungslinie befinden.
- Züge müssen mindestens mit einem streckenkundigen Triebfahrzeugführer besetzt sein
- jeder Zug muss mit einem Zugschlussignal ausgerüstet sein



Zugbildung



- Der Triebfahrzeugführer erhält für jede Zugfahrt die Informationen über die tatsächliche Zusammensetzung, Länge, Höchstgeschwindigkeit und Bremsvermögen seines Zuges aus dem so genannten „Bremszettel“
- Für Züge, deren Konfiguration fix ist, gibt es vorgefertigte Dauerbremszettel
- Vor Zugfahrten sind Bremsproben durchzuführen

Bremszettel der DB

174

Bremszettel		Datum		08. 11. 2011	
a			b		
Zugnummer(n)			ab Betriebsstelle		
77 652			MPB		
1	2	3	4	5	6
	Zeile	Bezeichnung	Wagenzug	arbeitende Triebfahrzeuge	Gesamtzug
Angaben für Reise- und Güterzüge	1	Gewicht [t]	239	86	325
	2	Bremsgewicht [t]	399	130	529
	3	Zahl der Achsen	28	4	32
	4	Mindestbrems-hundertstel			123
	5	Vorhandene Brems-hundertstel <small>Zelle 2, Sp. 6 x 100 Zelle 1, Sp. 6</small>			162
	6	Fehlende Brems-hundertstel			-)
	7	Nummer des letzten Fahrzeugs		84-34	104-1
	8	Zahl der einlö-sigen Bremsen		2	
	9	Zahl der mehrlö-sigen Bremsen		5	
	10	Zahl der Bremsen mit $\text{\textcircled{D}}$		5	
	11	Zahl der Bremsen mit $\text{\textcircled{K}}$		—	
	12	Zahl der Matrossow-Bremsen		—	
	13	Länge [m]		185	
	14	Zahl der gebremsten Achsen		28	
	15	Zahl der erforderlichen gebremsten Achsen <small>Zelle 3, Sp. 4 x 9 10</small>		26	
	16	Im Wagenzug sind Fahrzeuge, deren zulässige Geschwindigkeit niedriger ist als die des Zuges. Wenn ja, niedrigste zulässige Geschwindigkeit eines Fahrzeugs im Wagenzug		(nein / ja *) km/h
Besondere Angaben für Reisezüge	21	NBÜ/ep-Bremse an allen Fahrzeugen im Wagenzug vorhanden		(nein / ja)	Nicht Zutreffendes schräg durchstreichen
	22	Notbremsüberbrückung wirksam		(nein / ja)	
	23	Im Wagenzug sind Fahrzeuge mit	den Kennbuchstaben h, z, oder ee	(nein / ja)	
	24	Im Wagenzug sind Fahrzeuge mit	den Kennbuchstaben n oder y	(nein / ja)	
25	Im Wagenzug sind ausschließlich	Fahrzeuge mit TB 0	(nein / ja)		
26	Im Wagenzug sind ausschließlich	Fahrzeuge mit dem Kennbuchstaben a	(nein / ja)		
Besondere Angaben für Güterzüge	31	Im Wagenzug sind Fahrzeuge mit gefährlichen Gütern		(nein / ja)	
	32	ep-Bremse an allen Fahrzeugen im Wagenzug wirksam		(nein / ja)	
Bremszettel ausgefertigt (Name)					

468.0312V01 Bremszettel A5 Bk 100 05.03 *) Weisung der Betriebszentrale einholen

Voraussetzungen für eine Zugfahrt



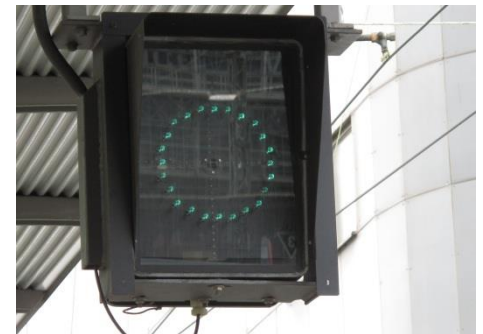
Fahrwegsicherung (durch Fahrdienstleiter)

- Alle im Fahrweg des Zuges befindlichen Weichen müssen richtig gestellt, in ihrer Endlage geprüft und verriegelt werden
- Flankenschutz durch abweisende Stellung von Weichen
- Das Hauptsignal kann vom Stellwerk erst auf Fahrt gestellt werden, wenn alle Voraussetzungen der Fahrwegsicherung erfüllt sind (Signalabhängigkeit)

Abfertigung

- wenn Fahrgastwechsel abgeschlossen und planmäßige Abfahrzeit erreicht ist, werden nach einem akustischen Signal die Türen geschlossen
- Abfahrauftrag wird erteilt, wenn alle Voraussetzungen erfüllt sind (inklusive der Fahrtstellung des Ausfahrsignals durch den Fahrdienstleiter)
- Auftrag wird vom örtlichen Personal (Aufsicht) oder dem Zugführer als fernbedientes Lichtsignal bzw. durch Handsignal erteilt

Handsignal		Lichtsignal
Tageszeichen	Nachtzeichen	
Eine runde weiße Scheibe mit grünem Rand	Ein grünes Licht	Ein grünleuchtender Ring



Sicherheitsmanagementsystem (SMS)

- Voraussetzung zur Benutzung des „übergeordneten Netzes“
- Sicherheitsgenehmigung für Eisenbahninfrastrukturunternehmen
- Sicherheitsbescheinigung für Eisenbahnverkehrsunternehmen

Betriebsleiter (EBO / BO Strab):

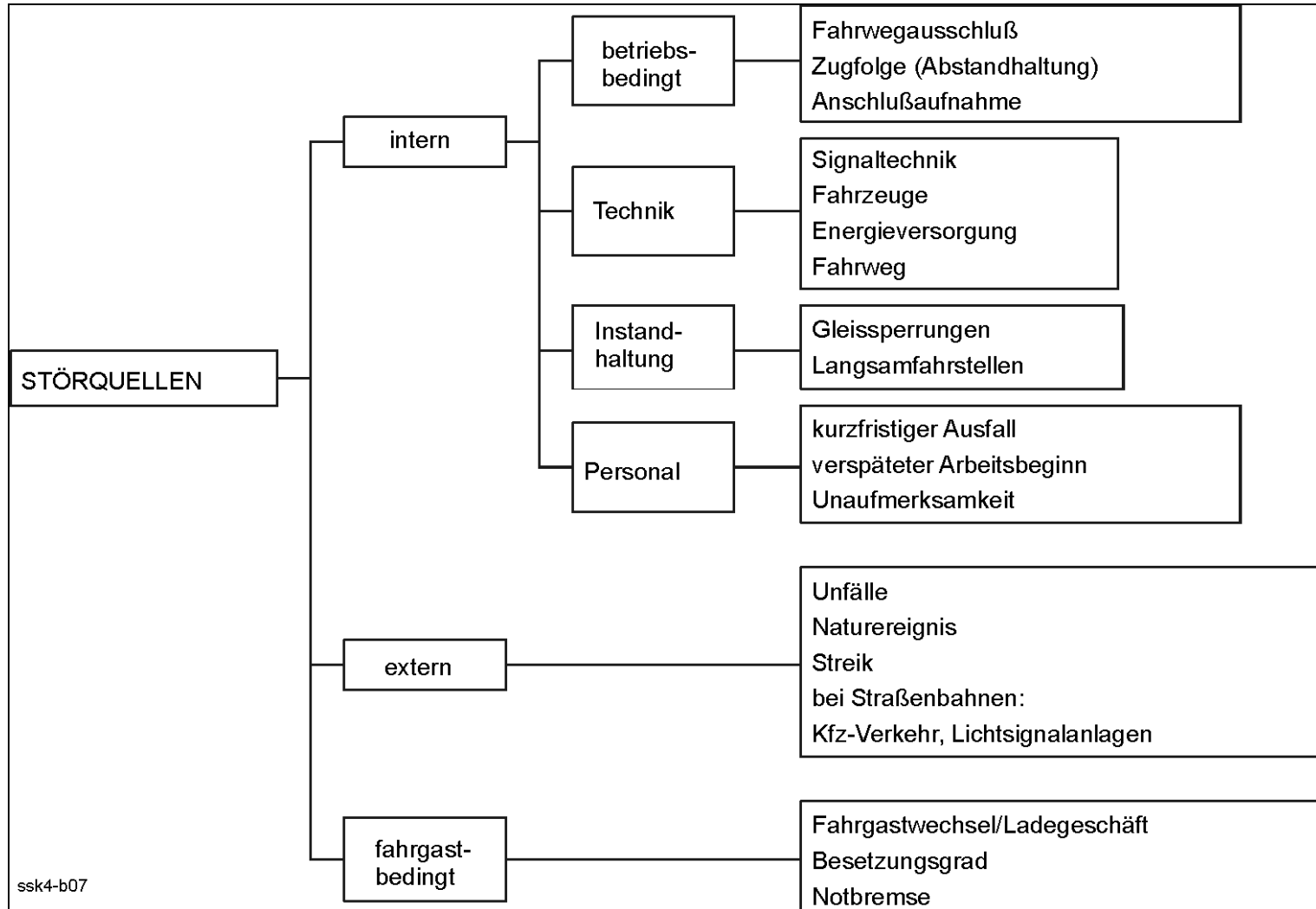
Betriebsleiter haben insbesondere die für die Sicherheit erforderlichen Anordnungen zu treffen und für die Einhaltung des Rechts und der getroffenen Anordnungen zu sorgen. Sie müssen die fachliche Ausbildung und Fortbildung des Betriebspersonals und dessen Bemessung und Verwendung überwachen.

Betrieblich-technisches Regelwerk

- Detaillierte Vorgaben für betriebliche Handlungen
- Vorgaben der Infrastrukturunternehmen an die Eisenbahnverkehrsunternehmen sind Bestandteil der Schienennetz-Nutzungsbedingungen
- u.a. Signalbuch, Fahrdienstvorschriften, Baubetriebsplanungen, Notfallmanagement

- Betrieblicher Planungs- und Kontrollprozess
- Betriebsdurchführung
- Voraussetzung für eine Zugfahrt
- **Betriebsstörungen**
- Fahr- und Haltezeiten
- Fahrplanung
- Betriebswissenschaft
- Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebes

Ereignisse, die zu einer Betriebsbehinderung und als Folge zu einer Abweichung vom „Soll“-Fahrplan führen.



Unterteilung der Störungen in

- Längerfristig planbare Störungen
 - können durch Fahrzeitzuschläge im Fahrplan abgefangen werden
- Unregelmäßige stark streuende Störquellen
 - können im Fahrplan nicht berücksichtigt werden

Abschätzung der betrieblichen Bedeutung von Störungen nach:

- der mittleren Störungsdauer sowie deren Streuung
- der Regelmäßigkeit und Häufigkeit ihres Auftretens
- dem Ort ihres Auftretens

Anreizsystem zur Verringerung von Störungen

- Gesetzgeber verpflichtet Betreiber von (Eisenbahn-) Schienenwegen zu einem Anreizsystem
- erfordert Erfassung der Ursachen und Abrechnung
- intensive Diskussionen zwischen Eisenbahninfrastruktur- und Eisenbahnverkehrsunternehmen über die Ausgestaltung

Durch Störungen des Betriebsgeschehens entstehen Verspätungen, wenn die im Fahrplan eingearbeiteten Zuschläge zum Auffangen der Behinderungszeit nicht ausreichen. Bei der Eisenbahn wird unterschieden nach:

Primär- oder Urverspätungen

- Werden durch den Zug selbst oder einen äußeren Einfluss verursacht

Sekundär- oder Folgeverspätungen

- Durch Behinderung eines bereits verspäteten Zuges durch andere Züge oder die Behinderung anderer Züge durch einen bereits verspäteten Zug

Zusatzverspätungen

- fallen in einem bestimmten Untersuchungsraum (Bahnhof, Strecke, Netzteil) zusätzlich an

Einbruchsverspätungen

- Bereits beim Einfahren in den Untersuchungsraum vorhanden

Im Betrieb von Schienenbahnen können bereits relativ geringe Urverspätungen schwer kontrollierbare Prozesse der Verspätungsübertragung, -fortpflanzung, -kumulation und -aufschaukelung auslösen:

Verspätungsübertragung

- z.B. durch Fahrstraßenausschlüsse oder Anschlusserahmen

Verspätungsfortpflanzung

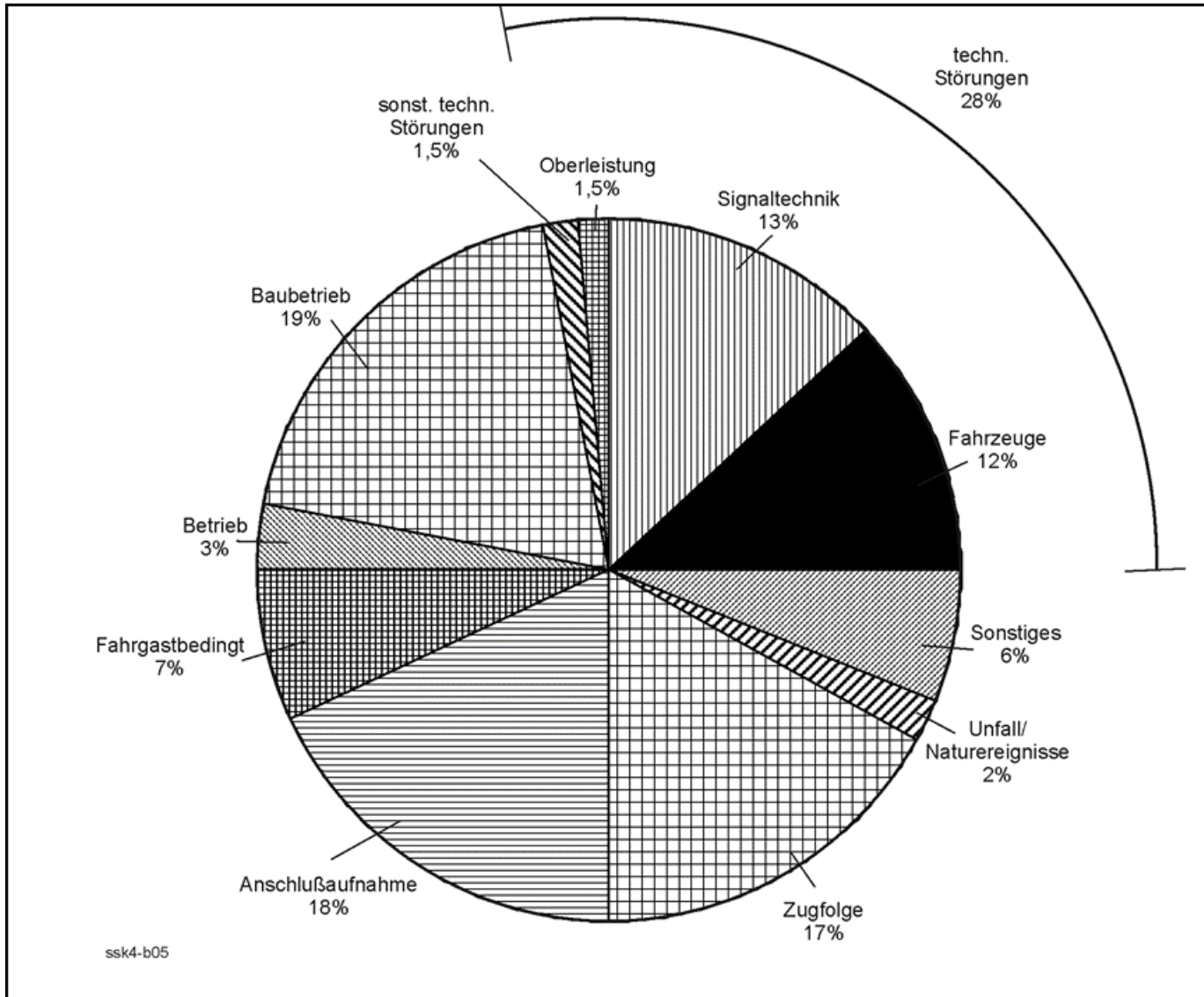
- Bei dichter Zugfolge können sich Urverspätungen auf nachfolgende Züge fortpflanzen

Verspätungskumulation (vor allem im Nahverkehr)

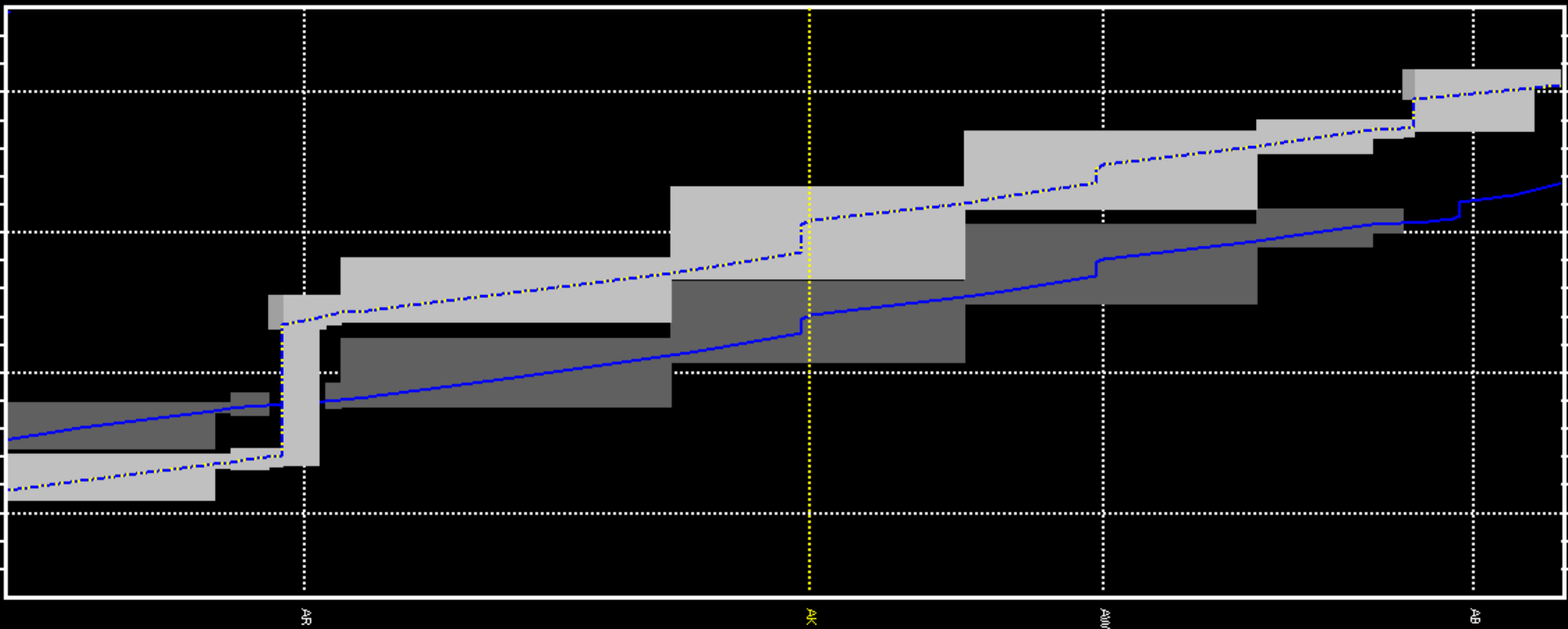
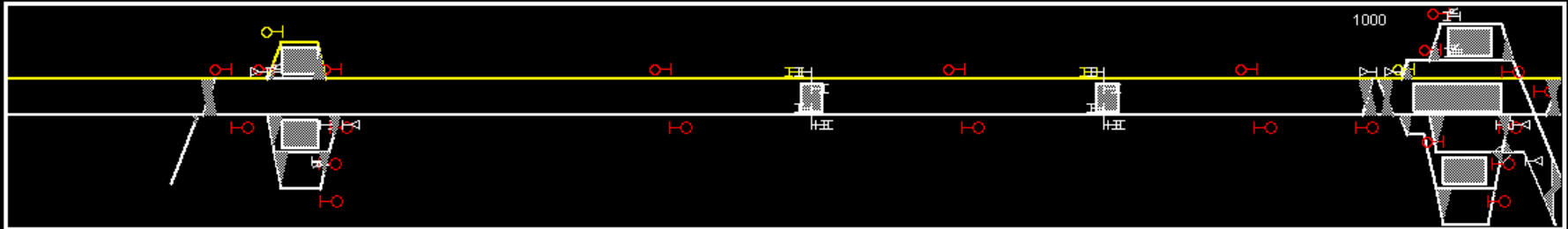
- Nach einer Urverspätung findet ein Zug an der nächsten Station mehr Fahrgäste vor, wodurch dieser Fahrgastwechsel länger dauert. Dieser Effekt potenziert sich über den Linienverlauf und bewirkt beim Folgezug eine Verfrühung (weniger Fahrgäste durch den vorausfahrenden Zug).

Verspätungsursachen

Prozentuale Verteilung der Verspätungsursachen



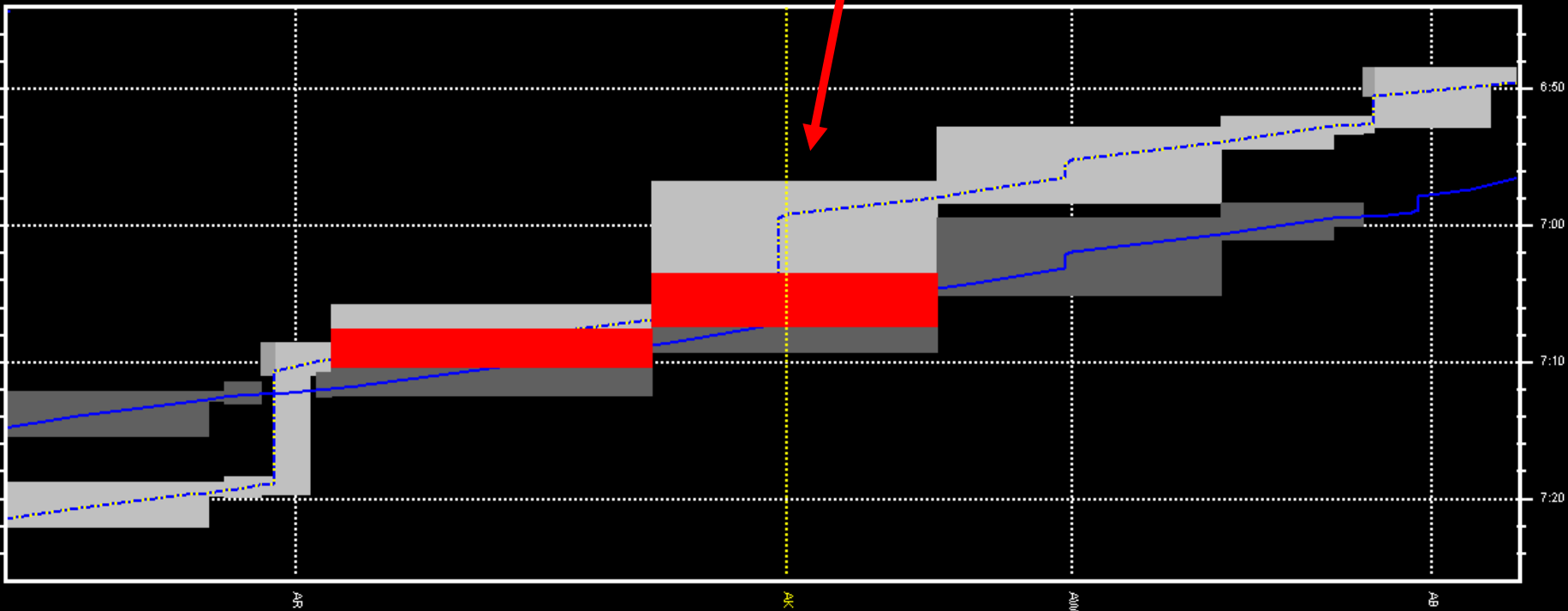
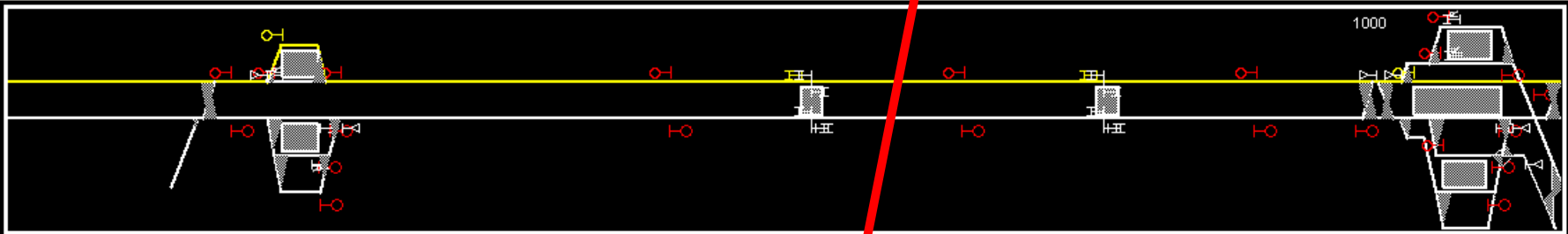
Solffahrplan



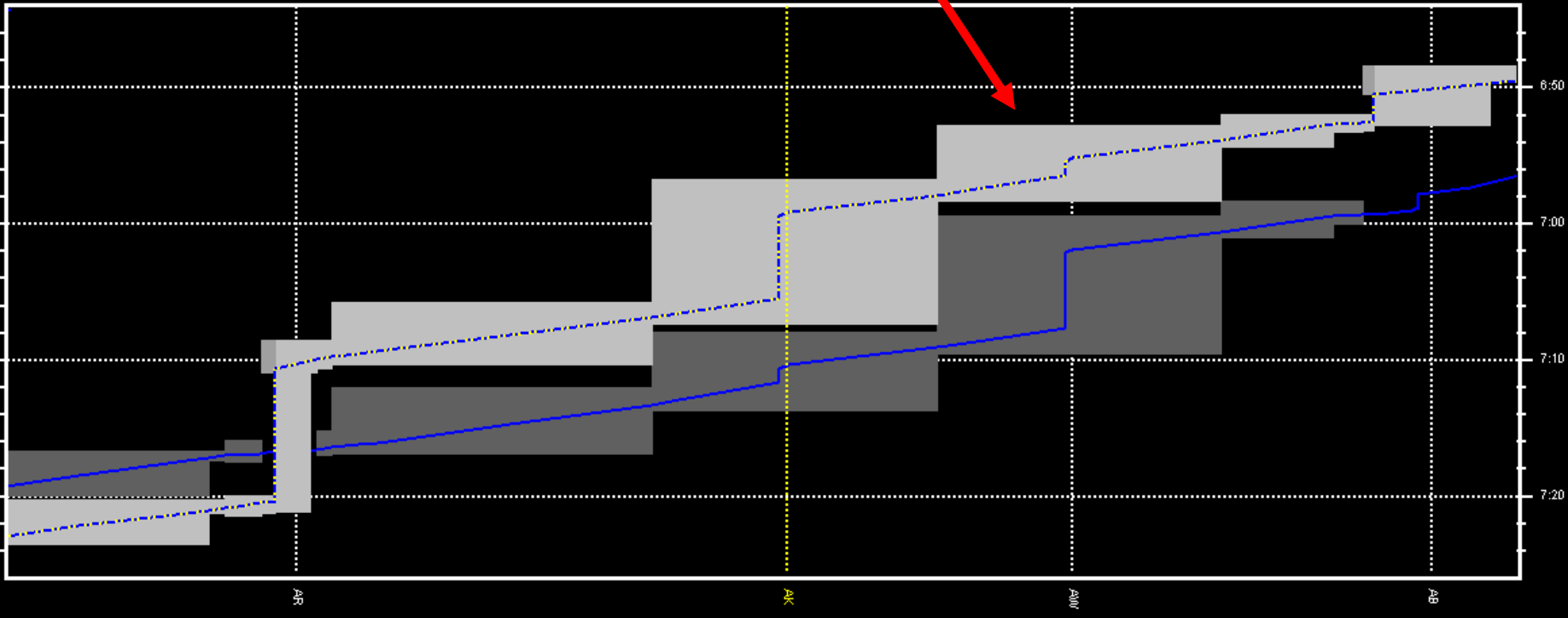
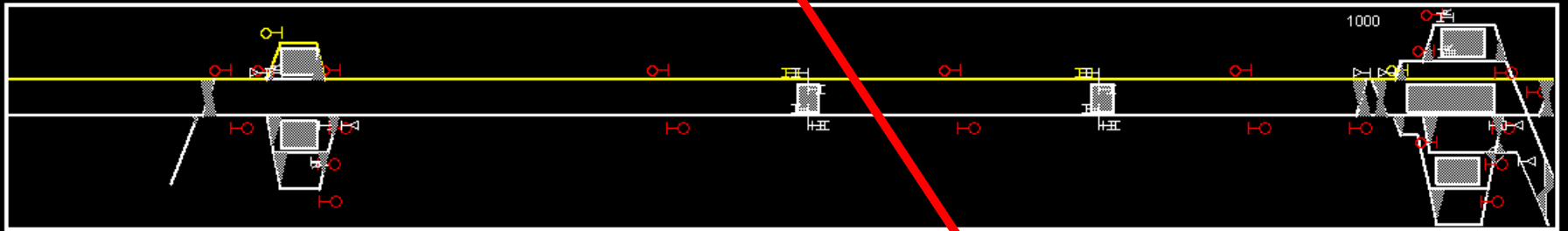
Urverspätung - Beispiel



unplanmäßige Haltezeitverlängerung im Bahnhof



Verspätungsübertragung auf Folgezug (längerer Halt im Bahnhof zuvor)



Verringerung von Verspätungen

- Reduzierung von Störungen
- Angemessenes Fahrverhalten der Triebfahrzeugführer
- Realistische Fahrplanvorgaben (incl. Fahrzeit- und Haltezeitzuschläge)
- Hinreichende Pufferzeiten zwischen den Zügen
- Intelligente Betriebsleitung



In einer **Betriebsleitzentrale** werden

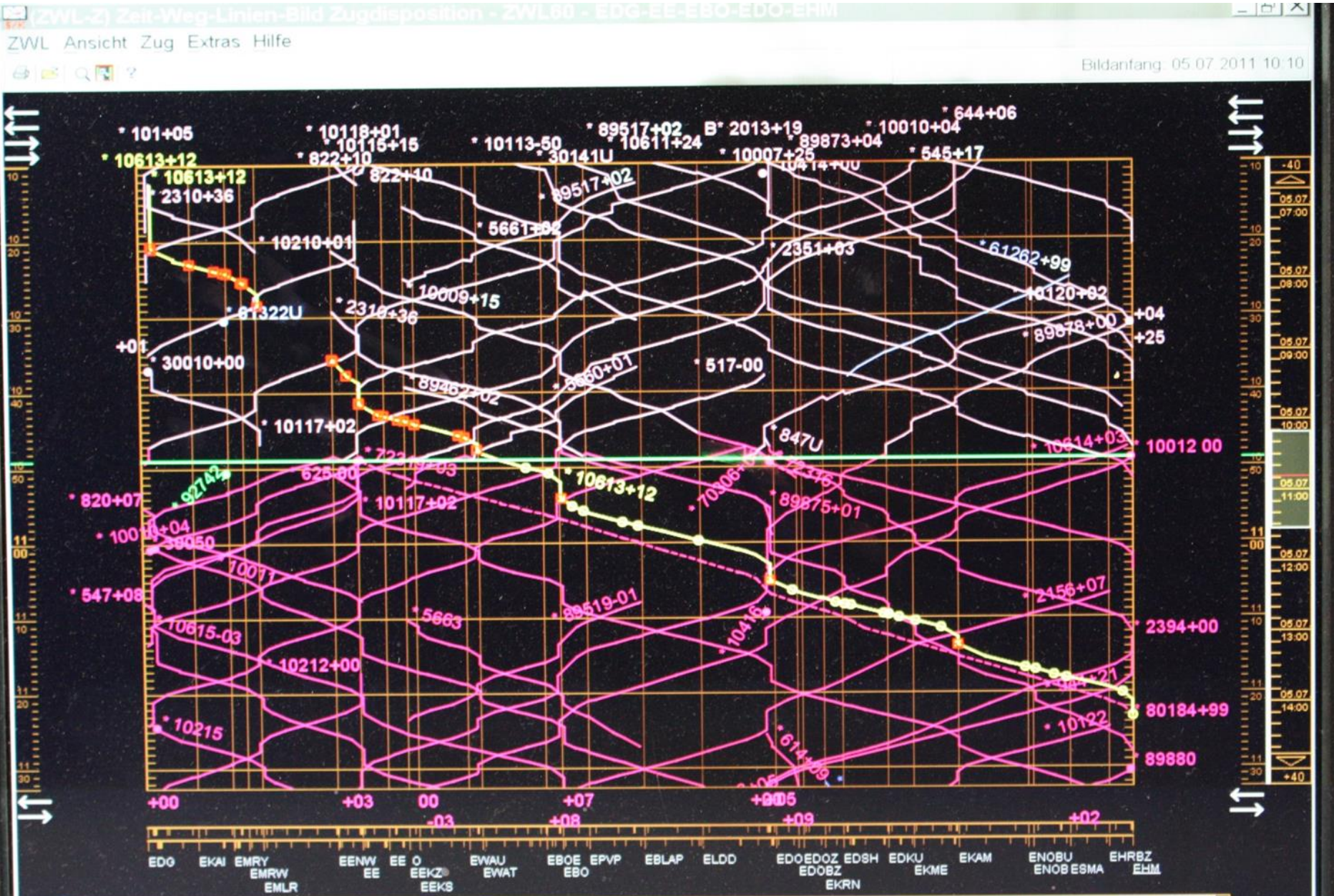
- die tatsächliche Position der Züge erfasst,
- der Zugverkehr überwacht,
- operative Eingriffe in den Eisenbahnbetrieb im Fall von Abweichungen vom Fahrplan vorgenommen (Zug-Disposition):
 - * reduzierte Fahrgeschwindigkeiten
 - * Reihenfolgetausch von Zügen
 - * abweichende Fahrwege und Gleise
 - * vorzeitiges Wenden von Zügen

Die Disposition von Zügen ist keine sicherheitsrelevante Aufgabe, diese Funktion wird in den Stellwerken von Fahrdienstleitern übernommen.

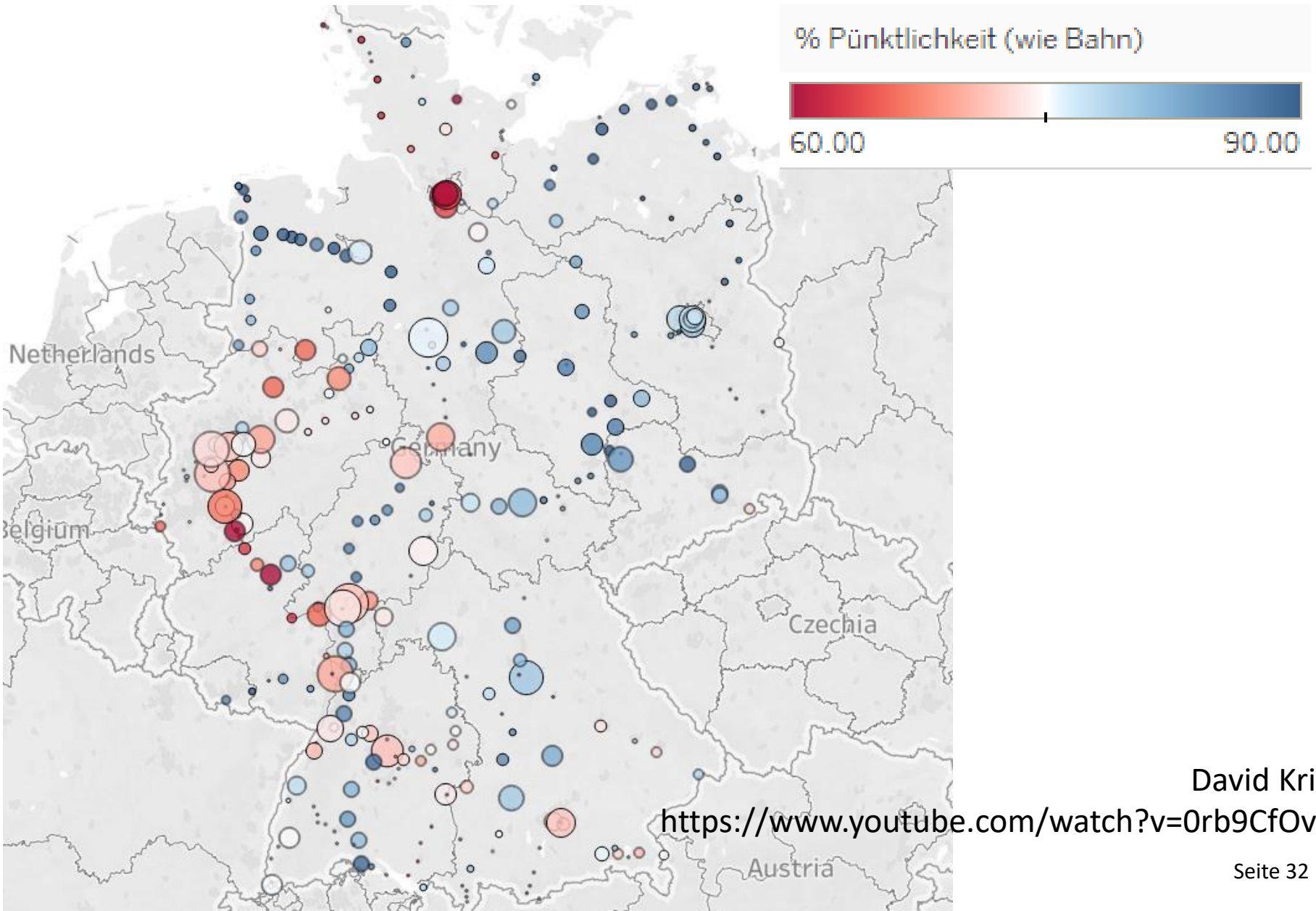
Die Zugdisposition erfolgt durch den Betreiber der Schienenwege. Dieser arbeitet mit den Leitzentralen der Eisenbahnverkehrs-unternehmen zusammen.

Diese disponieren ihren Fahrzeug- und Personaleinsatz selbst.

Bildfahrplan in Betriebszentrale



Bahnhöfe und Pünktlichkeit



David Kriesel

<https://www.youtube.com/watch?v=0rb9CfOvojk>

- Betrieblicher Planungs- und Kontrollprozess
- Betriebsdurchführung
- Voraussetzung für eine Zugfahrt
- Betriebsstörungen
- **Fahr- und Haltezeiten**
 - Fahrplanung
 - Betriebswissenschaft
 - Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebes

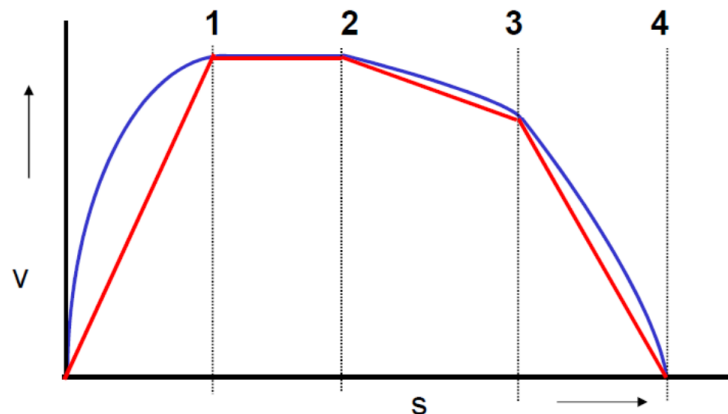
Fahrzeiten zwischen zwei Halten setzen sich zusammen aus

- den technisch möglichen reinen Fahrzeiten (entsprechend der Fahrdynamik)
- den Fahrzeitzuschlägen

Fahrzeitzuschläge sind Reserven, die dem Fahrplan eine gewisse Elastizität zur Verarbeitung von Störungen verleihen:

- bei geringfügigen Behinderungen entstehen erst gar keine Verspätungen
- größere Verspätungen können aufgeholt werden
- ermöglichen energiesparende Fahrweise bei störungsfreiem Verlauf

Anfahren-Beharrungsfahrt-Auslauf-Bremsen-Halten



Regelzuschläge

- zum Ausgleich von technischen Störungen und
- betrieblichen und verkehrlichen Unregelmäßigkeiten
- werden der reinen Fahrzeit prozentual zugeschlagen (Güterzüge 4-5%, Reisezüge 3-7%)

Knotenzuschläge

- zum Ausgleich von Behinderungen in Fahrstraßenknoten und Gleisgruppen
- werden vor großen Knotenbahnhöfen angeordnet
- haben einen fixen Charakter (z.B. 2 min für jeden Reisezug)

Sonderzuschläge

- zum Ausgleich von geplanten Bauarbeiten
- vorübergehenden Langsamfahrstellen
- werden für jede betroffene Strecke und jeder Fahrplanperiode einzeln festgelegt

Größere Baumaßnahmen werden inzwischen bei der DB Netz AG direkt in der Fahrzeitberechnung berücksichtigt.

Verkehrliche Haltezeiten

- technische Elemente u.a. Trittbettbewegung, Türöffnung, Fahrgastwechsel, Abfertigung, Türschließung / ggf. Fahrtrichtungswechsel
- Beschleunigung Fahrgastwechsel durch breite Türen ($\geq 1,30\text{m}$)
- Auf zweigleisigen „Stamm-“strecken häufig der limitierende Faktor für die Leistungsfähigkeit

Haltezeitzuschläge

- Zum Ausgleich betrieblichen und verkehrlichen Unregelmäßigkeiten
- Haben fixen Charakter (z.B. 30s für jeden Reisezug)

Fernverkehrszüge	an Zwischenhalten	2 min
	bei starkem Aufkommen	3-5 min
Nahverkehrszüge	an einfachen Halten	1 min
	an größeren Bahnhöfen	2-4 min
S-Bahn		20-40 s
U-Bahn		20-30 s
Straßenbahn	kleiner Fahrgastwechsel	15-20 s
	großer Fahrgastwechsel	25-30 s

Betriebliche Haltezeiten



- entstehen durch Kreuzungen und Überholungen
- Zusätzlicher Zeitbedarf für Richtungswechsel und Stärken/Schwächen

Beispiel Reisezüge:

Richtungswechsel		
- mit Lokwechsel (zwei Loks, zwei Lokführer)		7-10 min
- ohne Lokwechsel (Lok umfährt Zug)		15 min
- Wendezug / Triebwagen	ein Lokführer	7-8 min
	zwei Lokführer	4 min
	im Nahverkehr (zwei Lokführer)	2 min

Stärken oder Schwächen von Zügen		
- zusätzliche Wagen am Zugschluss anhängen		5-8 min
- Wagen absetzen		2-4 min
- Flügelzüge trennen	1. Zug	2 min
	2. Zug	3-4 min
- Flügelzüge kuppeln	1. Zug	4-6 min
	2. Zug	2-3 min
- Stärken oder Schwächen von Straßenbahnen		1-2 min

- Betrieblicher Planungs- und Kontrollprozess
- Betriebsdurchführung
- Voraussetzung für eine Zugfahrt
- Betriebsstörungen
- Fahr- und Haltezeiten
- **Fahrplanung**
- Betriebswissenschaft
- Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebes

Herausforderungen an die Fahrplanung



Die Fahrplanung muss mehreren Zielen gerecht werden, die ggf. miteinander konkurrieren:

- Maximierung der Beförderungsgeschwindigkeit (insbesondere beim hochwertigen Personenverkehr)
- häufige vertaktete Bedienung (insbesondere im Nahverkehr)
- wirtschaftlicher Fahrzeug- und Personaleinsatz (Umlaufplanung)
- hohe Zugauslastung (im Güterverkehr lange und schwere Züge)
- Vorhaltung von Fahrplantrassen für Bedarfs- und Sonderzüge
- Vermeidung von Verspätungsübertragungen
- Sperrpausen für die Durchführung von Instandhaltungsarbeiten

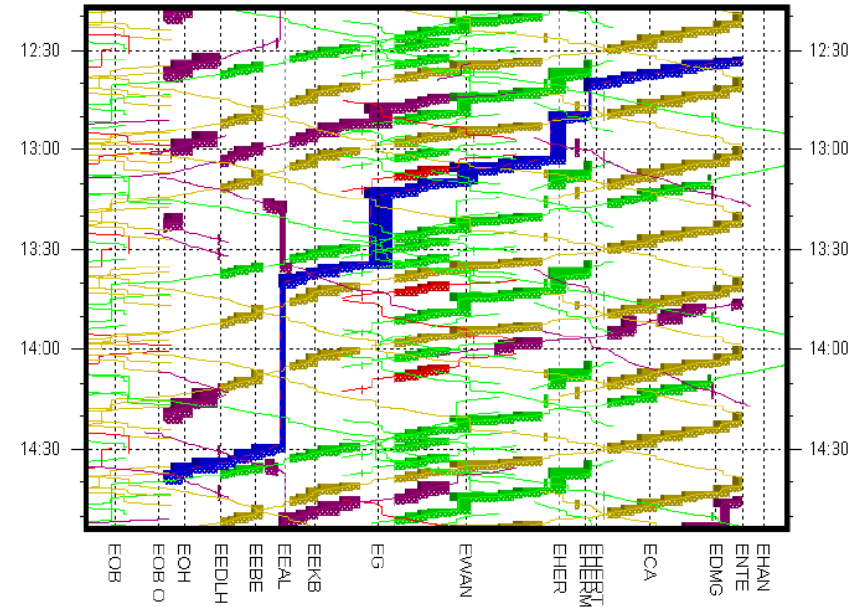
Schwierigkeiten entstehen dabei vor allem auf Engpassstrecken, wo die Leistungsfähigkeit weitgehend ausgeschöpft ist.

-> Überlastungserklärungen wurden inzwischen für 798 km Streckenlänge und zwei Knotenbahnhöfe von der DB Netz AG abgegeben.

Planung der Fahrplantrassen



- Eisenbahnverkehrsunternehmen beantragen Zugtrassen beim Betreiber der Schienenwege. Dieser prüft und bearbeitet die Anträge.
- Bei der Trassenkonstruktion im Jahresnetzfahrplan werden Konflikte gelöst. Dabei werden die in den Schienennetznutzungsbedingungen angegebenen Konstruktionsspielräume genutzt. Reichen diese nicht aus, werden die Eisenbahnverkehrsunternehmen einbezogen.
- Nach der Koordinierung erhalten die Eisenbahnverkehrsunternehmen ein Angebot oder eine Ablehnung. Sie können das Angebot annehmen oder ablehnen. (z.B. 2020 DB Netz: rd. 90 000 Netzfahrplantrassenangebote; 90 Ablehnungen)
- Prioritätsregel:
 1. vertakteter oder ins Netz eingebundener Verkehr
 2. grenzüberschreitende Zugtrassen
 3. Zugtrassen für den Güterverkehr
 4. Regelentgelt
 5. Höchstgebote (Versteigerung)
- Trassenanmeldungen im Gelegenheitsverkehr werden entsprechend ihrer Reihenfolge bei der Anmeldung berücksichtigt und erhalten die verfügbaren Restkapazitäten.
- Automatisierungslösung „Click an ride“.



Vorteile von Taktfahrplänen:

- einfacher, für die Kunden leicht merkbarer Aufbau
- im günstigsten Fall gute Anschlüsse über die gesamte Betriebszeit
- wirtschaftlicher Fahrzeug- und Personaleinsatz mit geringen Wendezeiten
- Infrastruktur kann optimal auf das jeweilige Betriebsprogramm ausgelegt werden

Nachteile von Taktfahrplänen:

- starke Schwankungen der betrieblichen Belastung in den Knoten aufgrund der Anschlussgestaltung
- starre fahrplantechnische Bindungen führen zu komplexen Abhängigkeiten (mehrfach unbestimmtes System)
- schlechte Auslastung von Zügen in Schwachlastzeiten und auf Auslaufstrecken

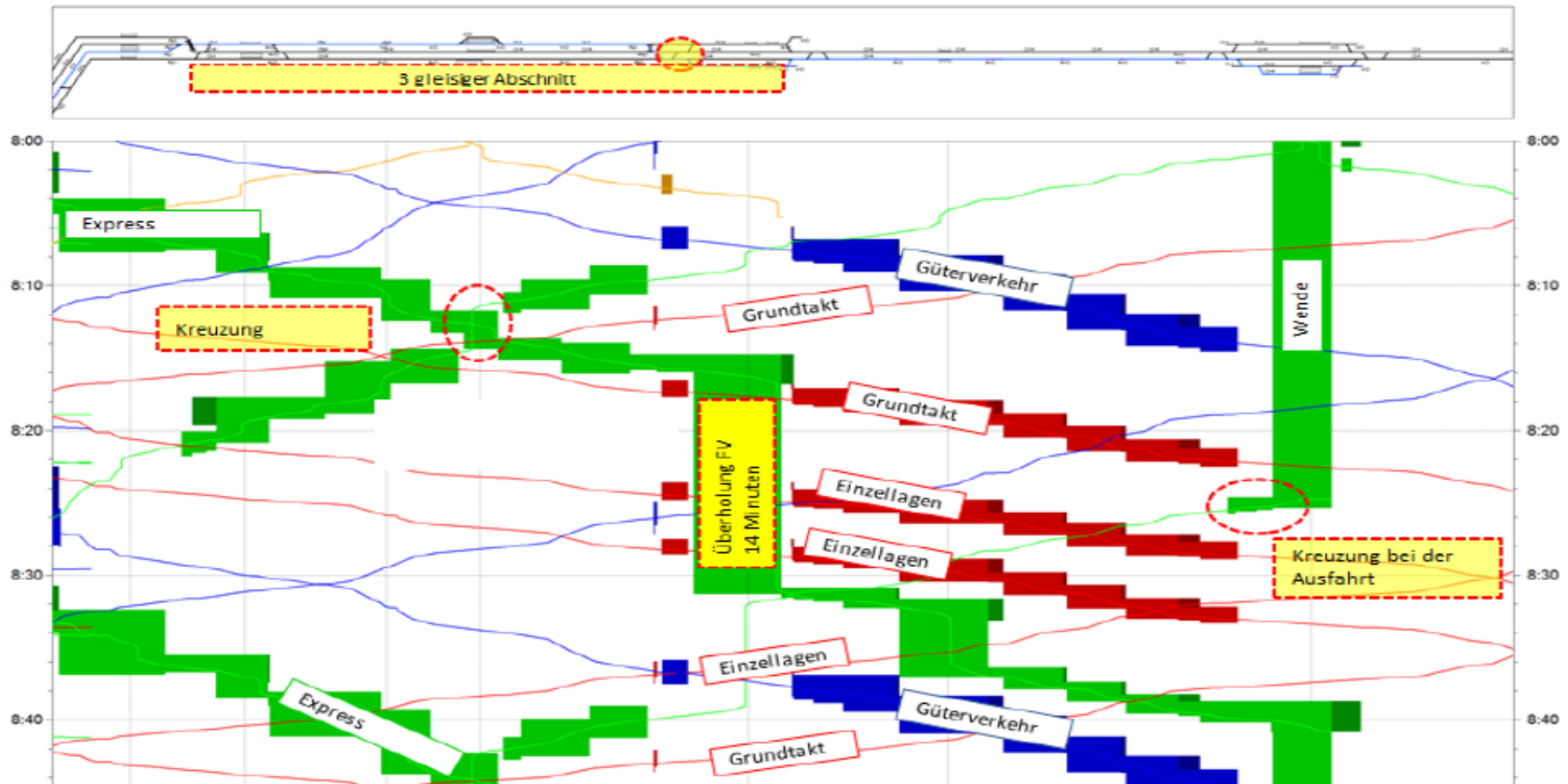
Initiative Deutschland-Takt:

- Integraler Taktfahrplan für den Schienenpersonenfern- und -nahverkehr
- Ausbau der Infrastruktur entsprechend vorkonstruierter Fahrplantrassen (Ziel- und Etappenfahrpläne)
- Durchgängiges Tarifsystem über alle Anbieter
- Bereithaltung vorkonstruierter Trassen und Form der Trassenvergabe werden gegenwärtig diskutiert

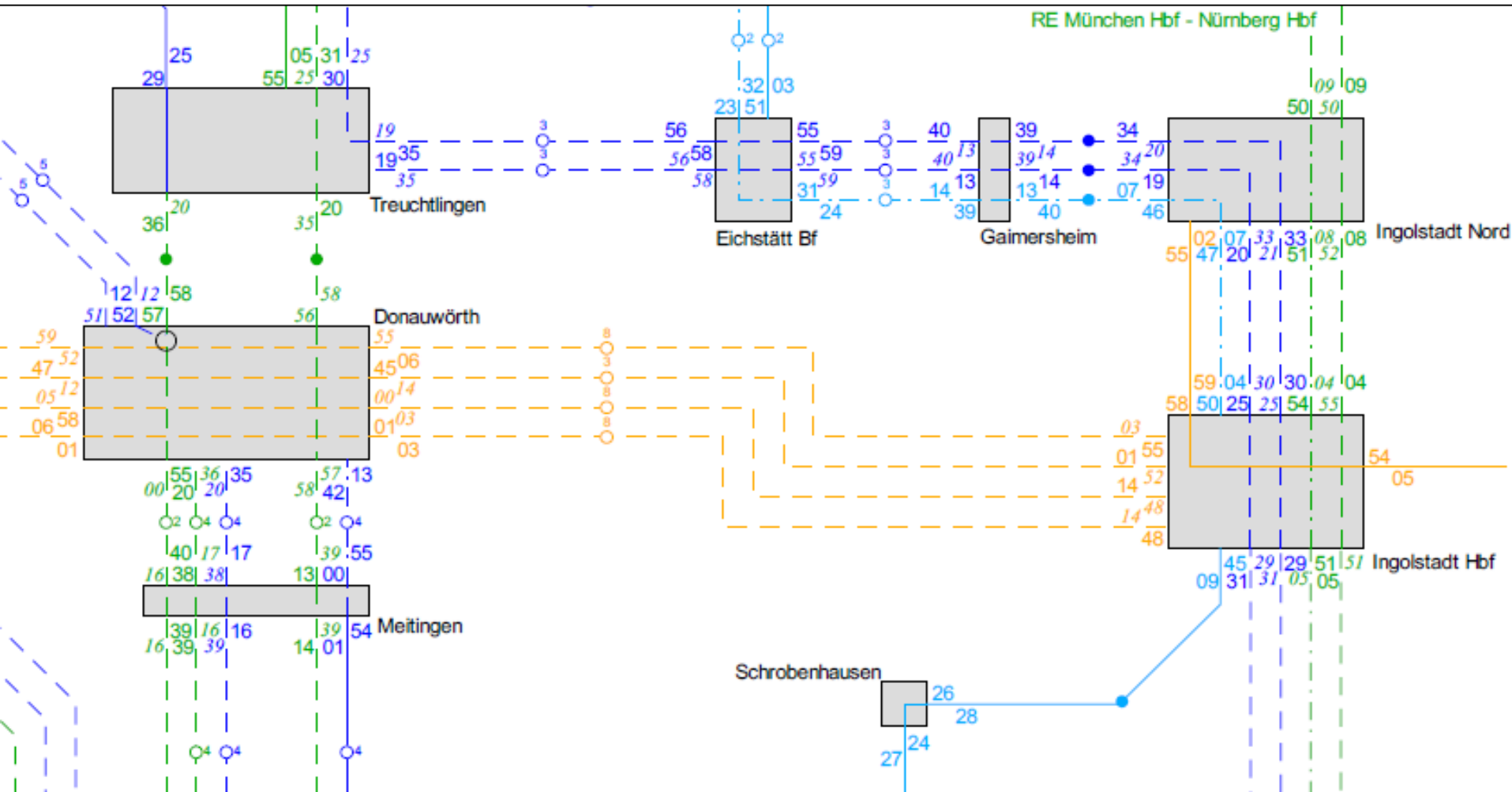
Fahrplandarstellung - Bildfahrplan

Folgende Angaben sind im Bildfahrplan enthalten:

- Weg-Zeit-Linien jedes Zuges
- Betriebsstellen / Signalstandorte
- relevante Streckendaten
- Hauptgleise
- Zugnummer, Verkehrstage und fahrplanmäßige Ankunfts-, Abfahrts- und Durchfahrzeiten in den Betriebsstellen.

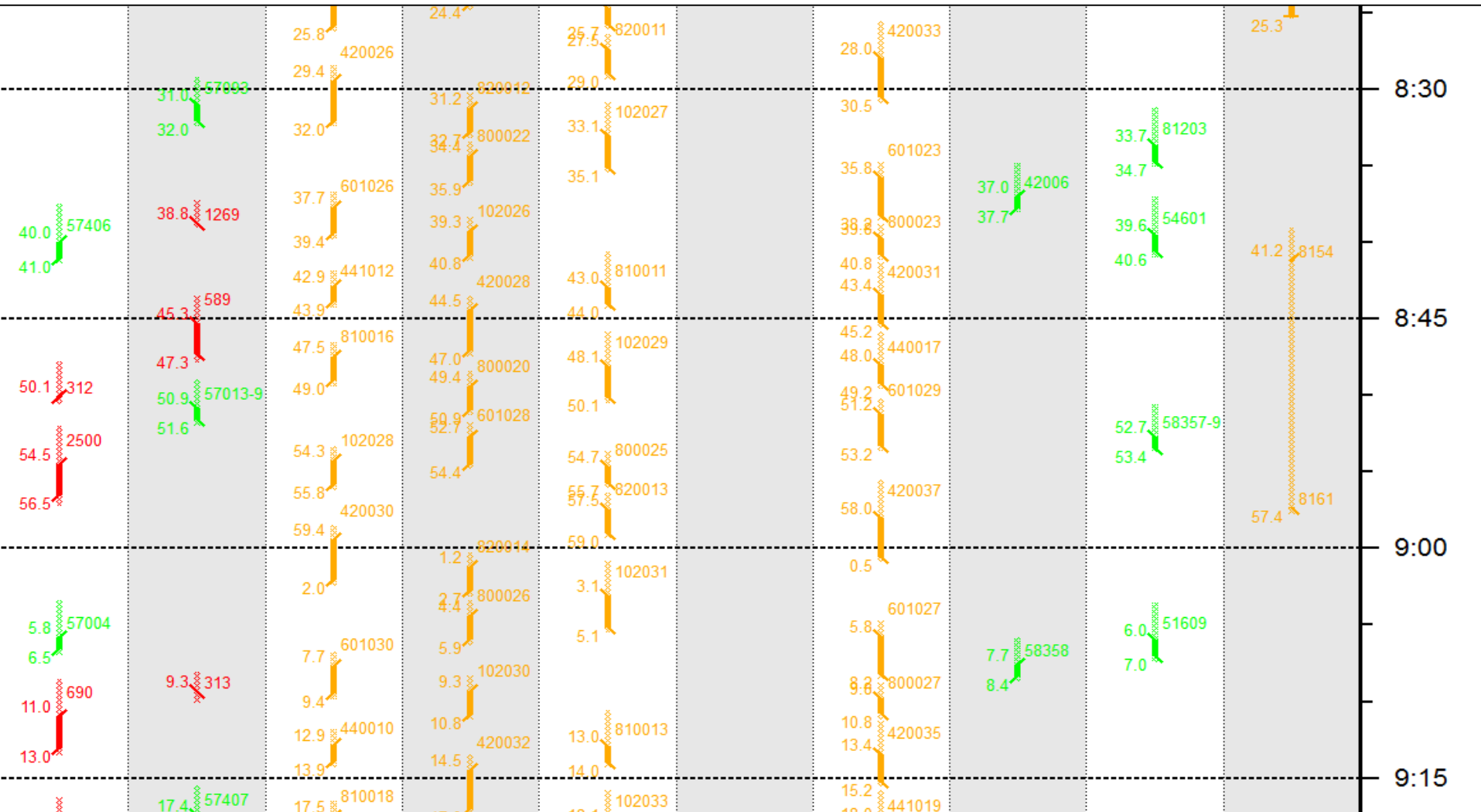


Netzgrafik



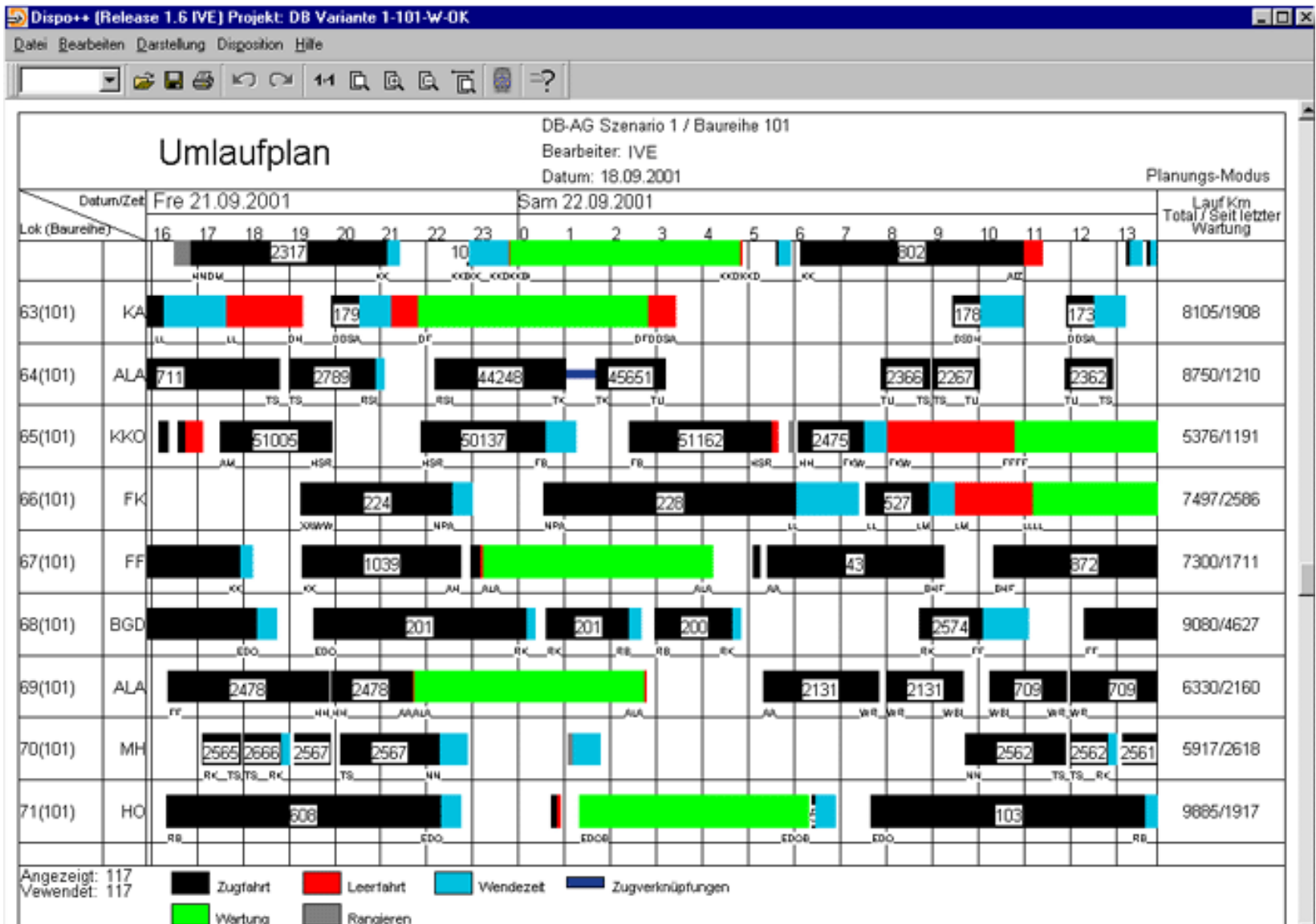
Quelle: RMCon

Gleisbelegungsplan / Bahnhofsfahrordnung





Quelle: RMCon

Triebfahrzeugumlaufplan



Elektronischer Buchfahrplan und Verzeichnis der Langsamfahrstellen

90		Fahrplan gültig! La-Daten für 06.12.2012!		06.12.12	10:13:45		
ab km 11,8: 100 km/h		ab km 9,6: 140 km/h		Nächster Halt: Bft Nürnberg Hbf			
110	130	2,7	Bft Regensb. Bbf		16:32.2		
		1,7	Zsig				
		0,7	gilt für Z nach ES-Profil NeiTech+GNT				
	70	0,5					
	120	80	I 600 A gilt für Z aus Gleis 8; auf Signal- bild Hp 1 mit Kz 8				
		138,7					
		(-0,3)					
		(138,4)					
		138,3	Zsig				
		138,1	Bft Regensb. Hbf	16:27.4	16:29.4		
		137,1	Esig Regensburg Hbf				
		137,0	♀ ↓ Esig C 125 m				
	120	135,7					
		RW /r	600 A A 62	-301 min			
Zug	FSD	LaD	LaT	LW	GW	Zeit	G

Züge / Tag

eingleisige Strecke

Mischbetrieb:	40... 60
nur SPNV / S:	80...120

Züge / Tag u. Richtung

zweigleisige Strecke

Mischbetrieb:	120...160
artreiner Betrieb:	200...240
S-Bahn:	360...400

Ist-Auslastung DB Netz

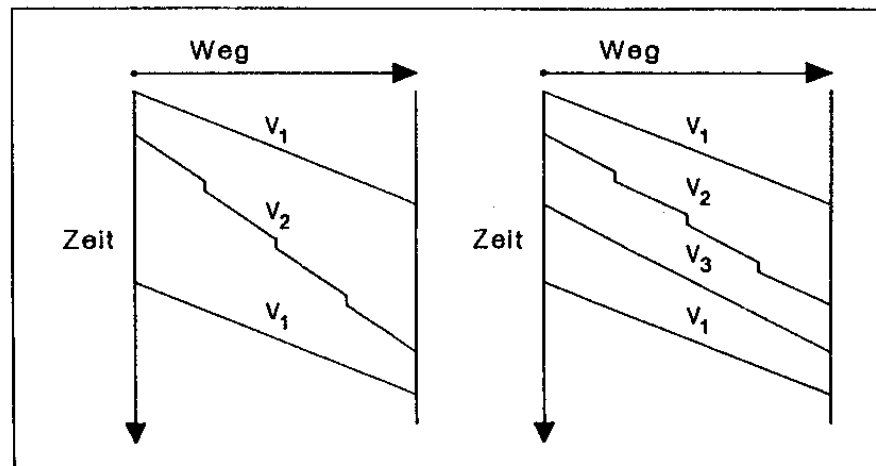
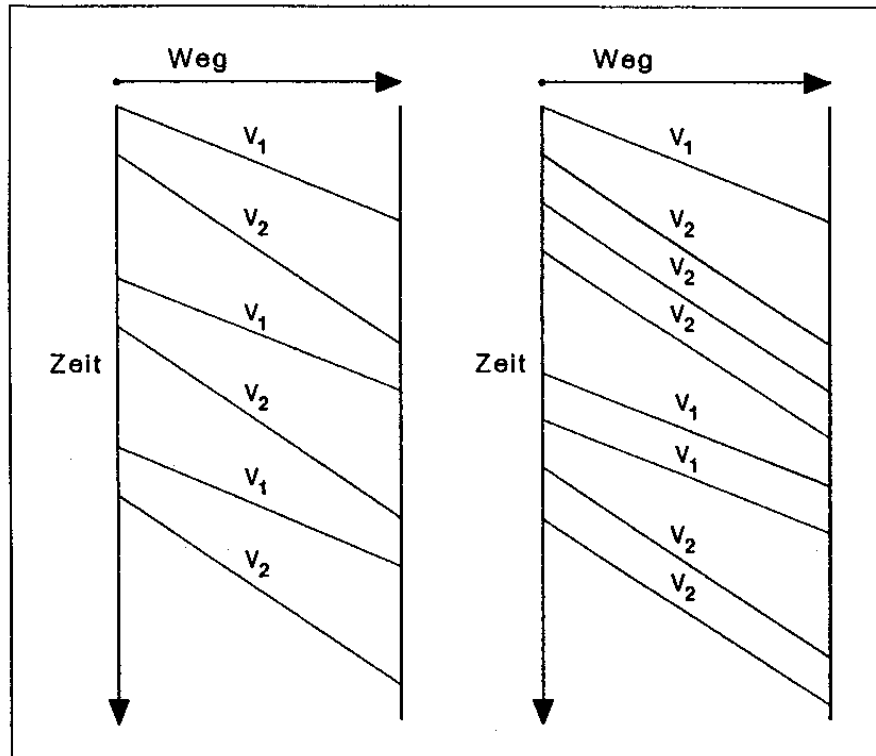
Nebenstrecken: 35

Hauptstrecken: 90

S-Bahn: 180

Erhöhung der Leistung von Strecken

Möglichkeiten zur Steigerung der Leistungsfähigkeit von Eisenbahnstrecken durch Bündelung von Fahrplan-Trassen gleichen Geschwindigkeits-Niveaus (oben) und durch Beschleunigen der langsamen Züge (unten)



- Betrieblicher Planungs- und Kontrollprozess
- Betriebsdurchführung
- Voraussetzung für eine Zugfahrt
- Betriebsstörungen
- Fahr- und Haltezeiten
- Fahrplanung
- **Betriebswissenschaft**
- Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebes

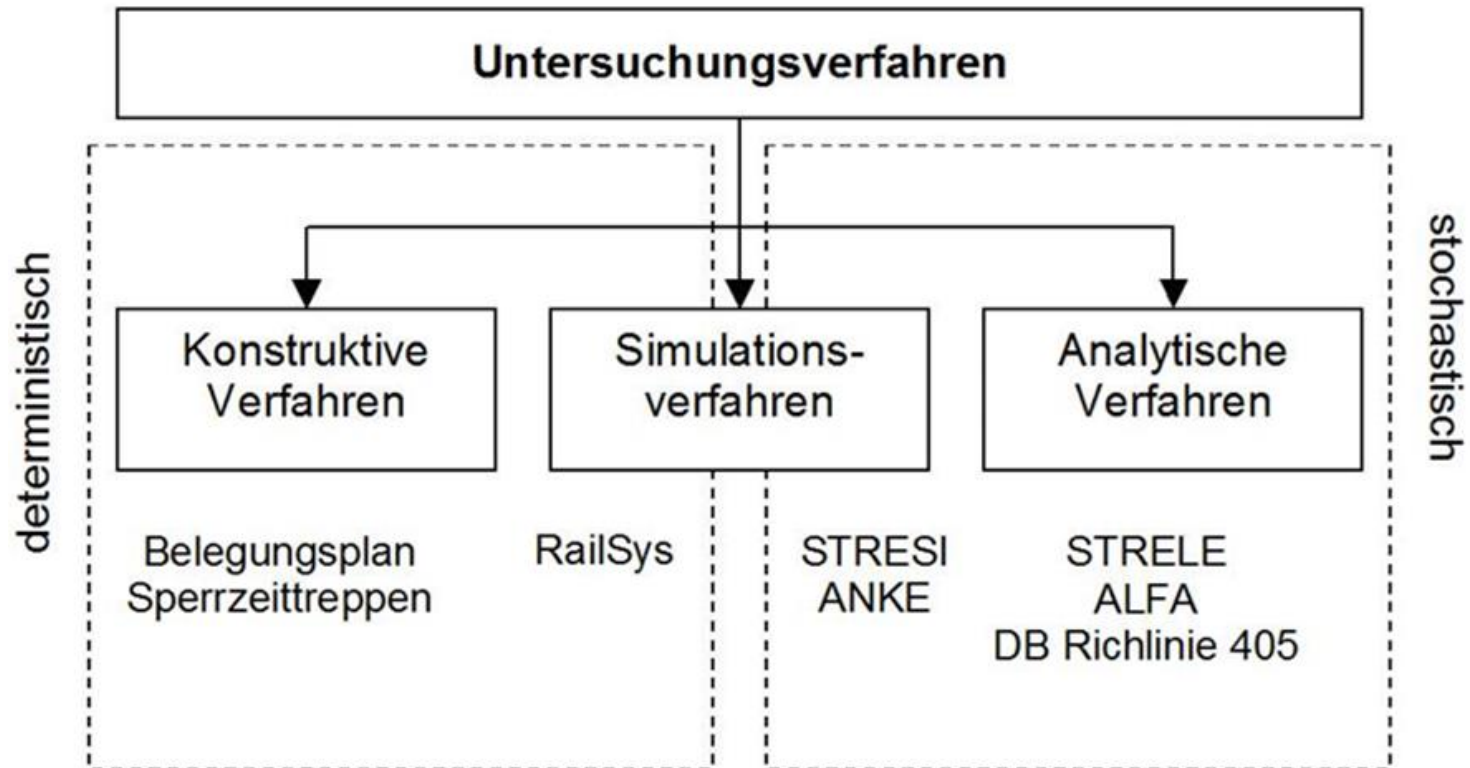
Die Betriebswissenschaft ist die Durchdringung aller Vorgänge des Betriebes mit wissenschaftlichen Methoden:

- Ermittlung der Leistungsfähigkeit von Bahnanlagen
- Bemessung von Bahnanlagen
- Betriebliche Infrastrukturplanung
- Gestaltung von Fahrplannetzen
- Optimierung von Fahrzeug-Umläufen

Die Beschreibung, Untersuchung oder Planung eines Betriebsgeschehens erfordert die eindeutige Zuordnung von Ort, Zeit und Geschwindigkeit einer Fahrzeugbewegung sowie eine möglichst genaue Abbildung der Infrastruktur.

Untersuchungsverfahren

Bei der DB Netz AG sind verschiedenen Verfahren im Einsatz

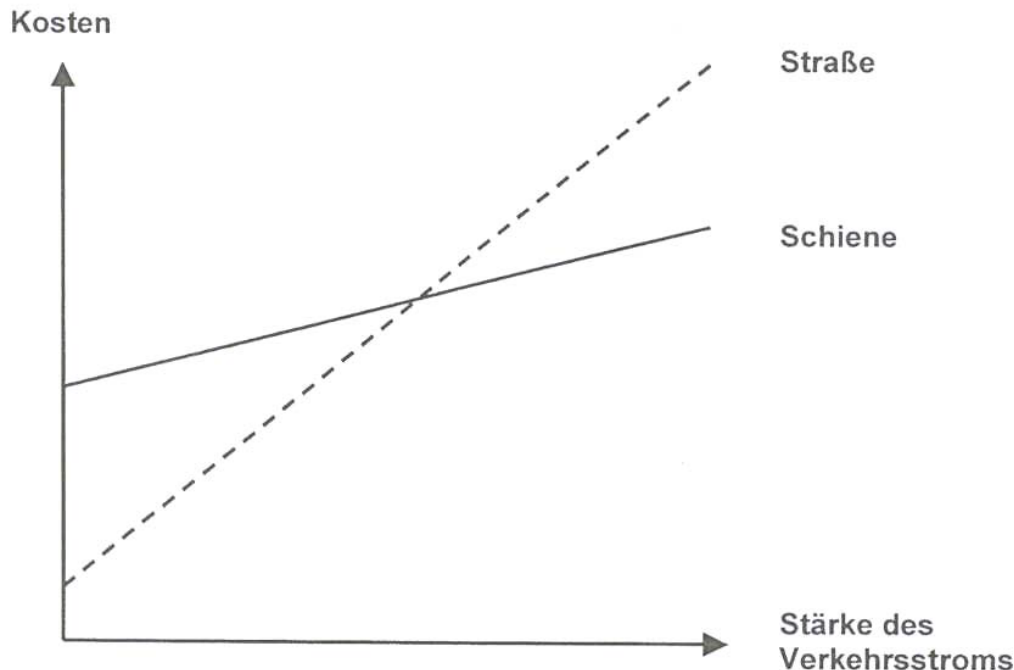


- Betrieblicher Planungs- und Kontrollprozess
 - Betriebsdurchführung
 - Voraussetzung für eine Zugfahrt
 - Betriebsstörungen
 - Fahr- und Haltezeiten
 - Fahrplanung
 - Betriebswissenschaft
- **Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebes**

Wirtschaftliche Besonderheiten der Bahn



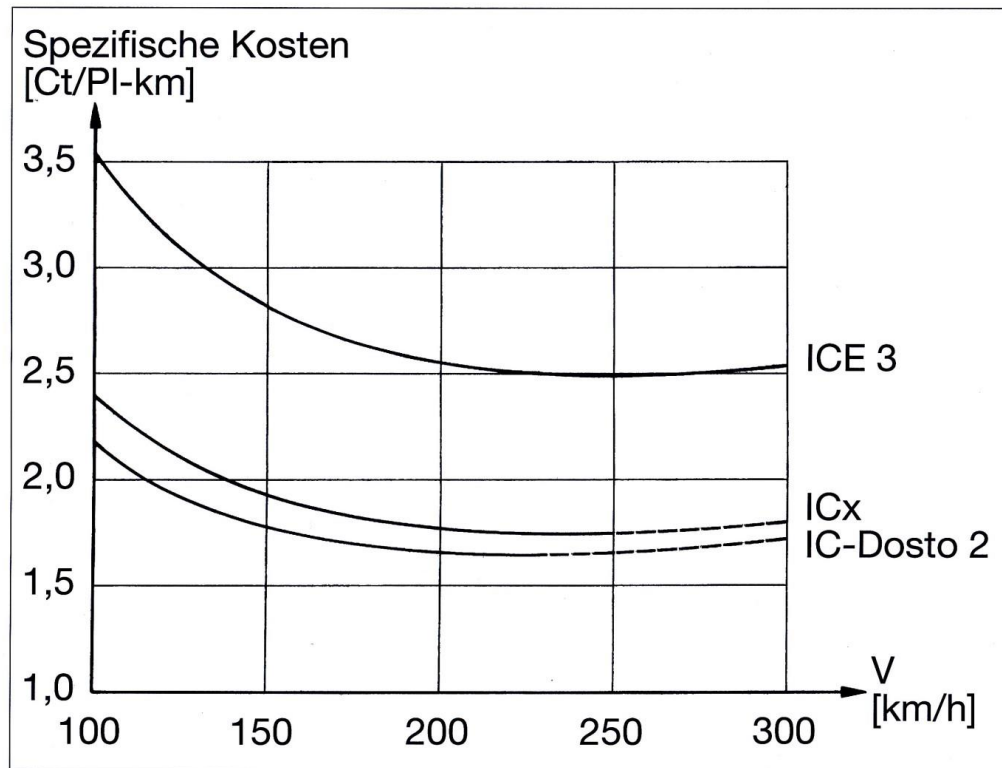
- Angeboten wird Betriebsleistung, verkauft wird Verkehrsleistung.
- Die Maßeinheiten der Betriebs- und Verkehrsleistungen sind abstrakte mathematische Größen (Zug-km, Pl-km, tkm, Pkm).
- Das Produkt ist nicht lagerungsfähig, nicht verkaufte Leistungen sind verloren.
- Verbundproduktion – z.B. der Strecke – erschwert Zuschreibung der Kosten.
- Ausgeprägte Fixkosten-Charakteristik (Streckennetz) erfordert hohe Auslastung, Eisenbahn ist Massenverkehrsmittel.



Wirtschaftlichkeit im Schienenpersonenverkehr



Die Kosten einer Zugfahrt (ohne Fahrwegkosten) sind überwiegend zeitabhängig (Personal, Kapitalkosten der Fahrzeuge). Sie erreichen ihr Minimum bei verhältnismäßig hohen Geschwindigkeiten. Reisende honorieren zudem schnelles Fahren mit einer Verkehrszunahme bzw. einer höheren Zahlungsbereitschaft. Eine Faustformel: Fahrzeitverkürzung 10 % Verkehrszuwachs 7 bis 8 % Die Eisenbahn ist hiermit ein ausgesprochenes Schnellverkehrsmittel.



Spezifische Zugfahrt-Kosten je Platz-Kilometer dreier Züge in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit V , durchschnittlicher Halteabstand 90 km (ICE-Einsatz), Kostenstand 2010-2012; IC-Dosto 2 = Lok 146.2 + 5 Doppelstockwagen

Wirtschaftlichkeit einer Eisenbahnstrecke



„Eisenbahn in der Wüste“ \Rightarrow Lösung einfach

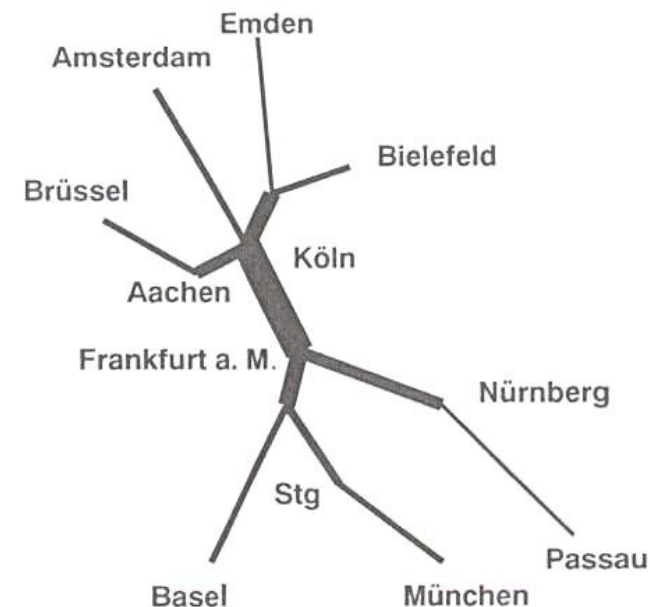
Strecke in Netz eingebunden \Rightarrow Lösung schwierig

Präzisere Fragestellung erforderlich :

- Ist der Verzicht auf die Strecke A – B für ein Bahnsystem wirtschaftlicher als deren Weiterbetrieb ?
- Lässt sich der Betrieb eines Bahnsystems durch den Neubau einer Strecke A – B wirtschaftlicher gestalten ?

Lösung erfordert Netzbetrachtung aller Wirkungen :

minus	Netz mit Neubaustrecke (Mit-Fall)
=	<u>Netz ohne Neubaustrecke (Ohne-Fall)</u>
	Wirkung der Neubaustrecke



„Wir stehen vorm roten Signal, weil der Abschnitt vor uns von unserem Vorzug besetzt ist. Davor steht der Vorzug unseres Vorzuges. Wie Sie sehen, ist die Bahn ein System mit vielen Vorzügen. Heute ist es besonders vorzüglich.“



BahnAnsagen

@rofrisch



@BahnAnsagen