DB InfraGO

Die ZBA als vollautomatische Wagensortieranlage

Woher kommt die Leistungsfähigkeit von Ablaufanlagen?

05.11.2026 | Dresden

Inhaltsverzeichnis

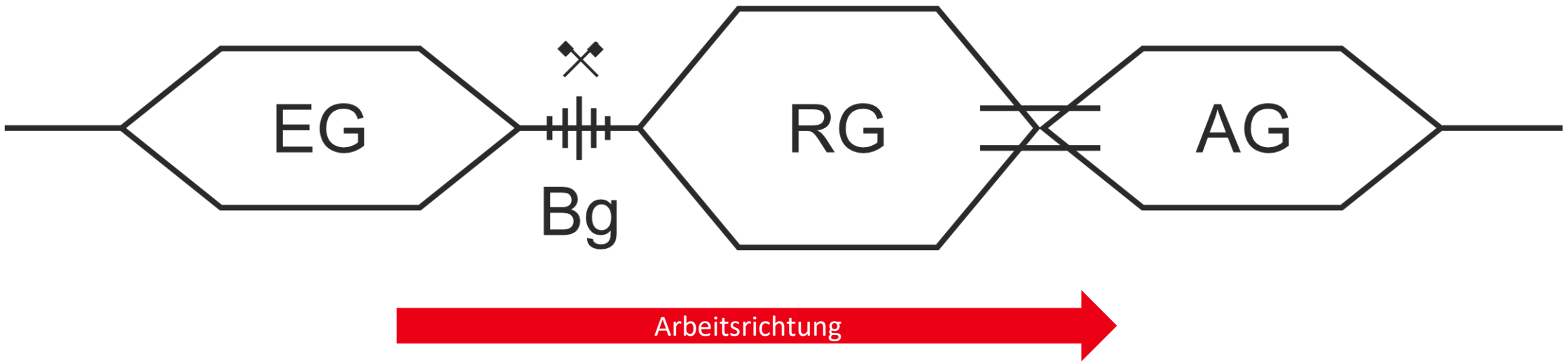
1. Definition Leistungsfähigkeit
2. Bauliche Gestaltung
3. Rangier- und steuerungstechnische Einrichtungen
4. Verfahrensgrundsätze

Definition Leistungsfähigkeit

Was heißt Leistungsfähigkeit in Bezug auf Ablaufanlagen und Zugbildungsanlagen?

Welche Einflussgrößen gibt es?

Vorwort: Aufbau und Funktion ZBA



Einfahrgruppe (EG)

- Vorbereitung der Züge für Zerlegung über Berg (Bg) – Setzen der Trennstellen
- Puffer für Flutstunden – Ausgleich für ungleichmäßig eintreffende Züge
- Ausrangieren von Ablauf-/ Bergverbotswagen
- Umlauf der Abdrücklok

Richtungsgruppe (RG)

- Aufnahme der Wagen nach Ausgangsrichtung, -zug, Zusatzanlage und Eckverkehr
- Ggf. Zugbildung für direkte Ausfahrt

Ausfahrgruppe (AG)

- betriebliche, verkehrliche und wagentechnische Ausgangsbehandlung
- Puffer bei stockender Ausfahrt

Definition Leistungsfähigkeit

- Leistungsfähigkeit ist kein starrer Begriff
- Muss unterschiedlichen Ansprüchen/ Fragestellungen genügen (technisch, betrieblich)
- Wurde in den letzten 100 Jahren kontrovers diskutiert
- Heute drei Größen:
  - Mittlere Abdrückgeschwindigkeit $\bar{v}_0$ [m/s]
  - Maximale Stundenleistungsfähigkeit L_2 [Wg/h]
  - Planbare Tagesleistungsfähigkeit L_{ZBA} [Wg/d]
- Leistungsfähigkeit und Kapazität bezeichnen in ZBA unterschiedliche Größen



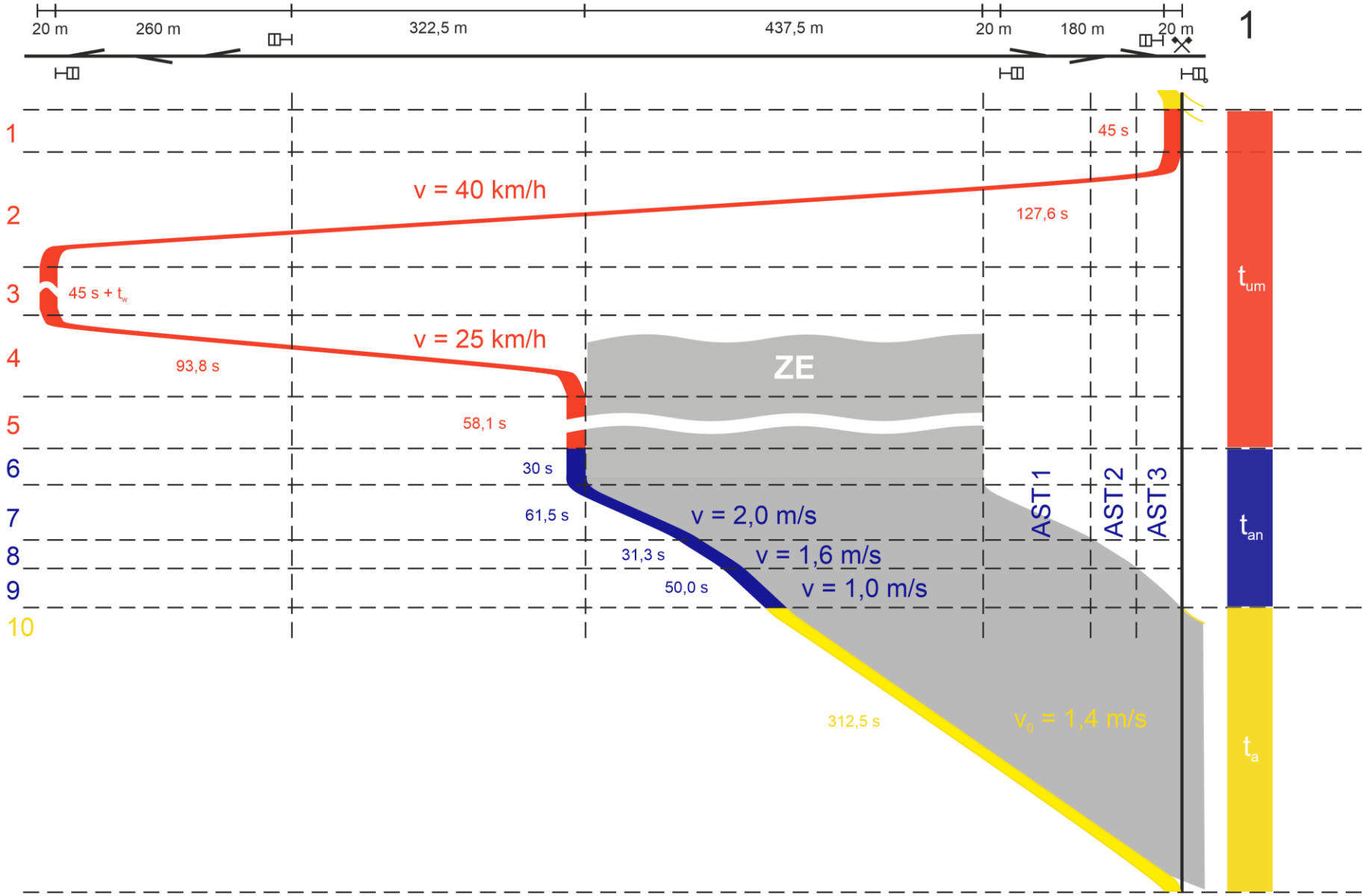
Mittlere Abdrückgeschwindigkeit $\overline{v}_0$

- Hängt von technischer Ausstattung der Ablaufanlage und betrieblichem Verfahren ab
  - reiner Hemmschuhlegerbetrieb: $\bar{v}_0 \approx 0{,}5\ \mathrm{m/s}$
  - Automatisierung und Entkuppeln mit Stange: $\bar{v}_0 \approx 1{,}0\ \mathrm{m/s}$
- Auch bestimmt durch Eigenschaften des Ablaufkollektiv
- Grundsätzlich mess-/ bestimmbar

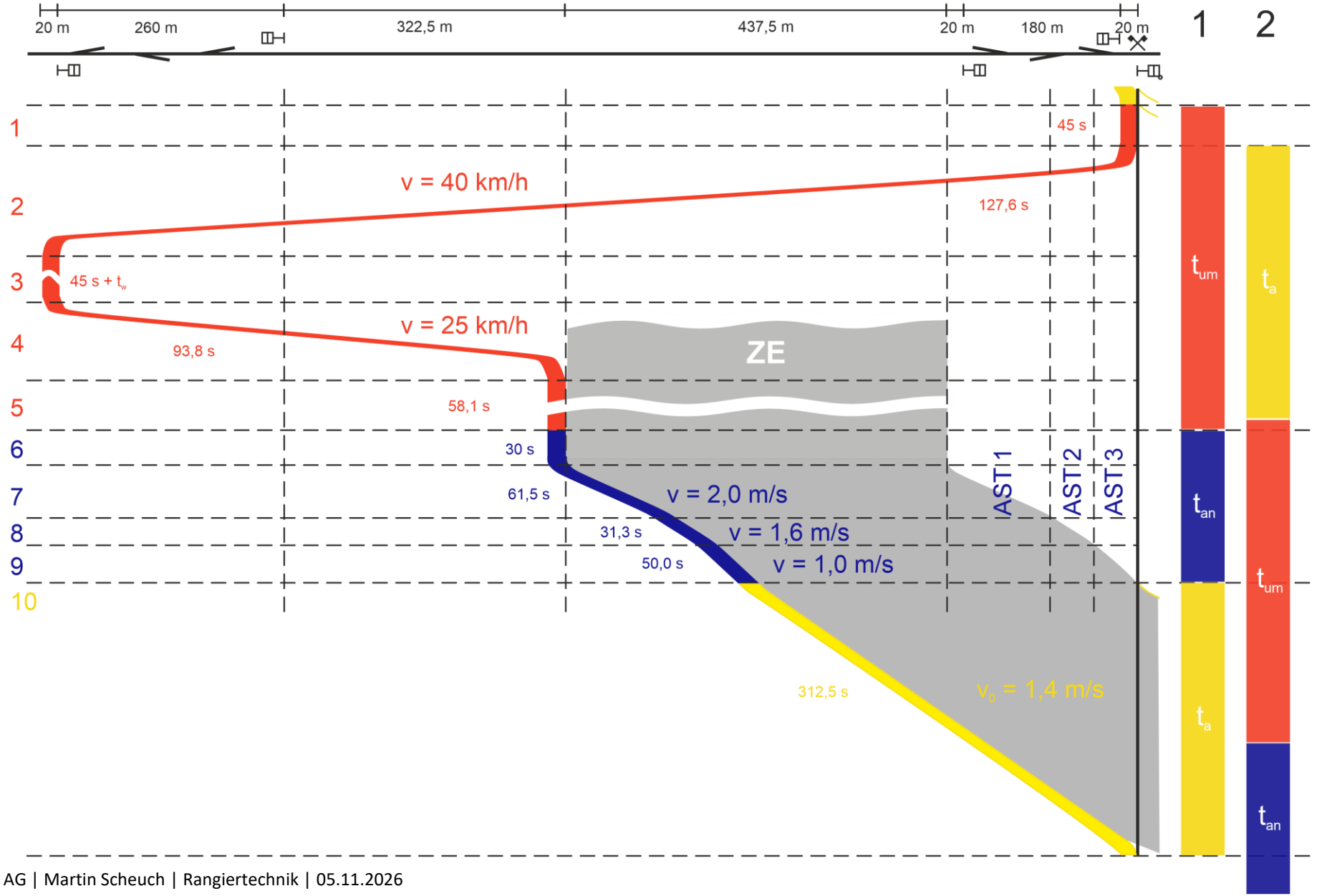
Länge ZE	$\bar{v}_0$	t_A
437,5 m	0,5 m/s	14,6 min
437,5 m	1,0 m/s	7,3 min
437,5 m	1,4 m/s	5,2 min
437,5 m	1,8 m/s	4,1 min

- **Steigt mit höherem Automatisierungsgrad**
- **Für uns die zu optimierende Größe**

Maximale Stundenleistungsfähigkeit L_2



Maximale Stundenleistungsfähigkeit L_2



Maximale Stundenleistungsfähigkeit L_2

Gibt an, wieviele Wagen pro Stunde maximal in der ZBA über die Ablaufanlage verarbeitet werden können.

— Auf den Umlauf der Abdrücklok bezogen

— Grundidee

1. Wieviele Umläufe der Abdrücklok schaffe ich pro Stunde?
2. Wieviele ZE bekomme ich während eines Lokumlaufs abgedrückt?

— Berücksichtigt auch Unterbrechungen für bspw. Beidrücken und Gegeneinfahrten

$$L_2 = \frac{T - \vartheta_s}{t_u} nN$$

t_{um} = 369,5 s
t_w = 60,0 s
t_{an} = 172,8 s
t_a = 312,5 s

t_u^{min} = 914,8 s = 15,25 min

n	2 ZE	3 ZE
t_u^{min}	15,25 min	15,25 min
t_{wu}	0,00 min	2,63 min
t_u	15,25 min	17,88 min
ϑ_s	7,00 min/h	7,00 min/h
L_2	$\frac{60 \text{ min/h} - 7 \text{ min/h}}{15{,}25 \text{ min}}$ ·2 ZE·25 Wg/ZE = 173 Wg/h	$\frac{60 \text{ min/h} - 7 \text{ min/h}}{17{,}88 \text{ min}}$ ·3 ZE·25 Wg/ZE = 222 Wg/h

Planbare Tagesleistungsfähigkeit L_{ZBA}

Gibt eine Größenordnung, wie viele Wagen pro Tag in einer Zugbildungsanlage verarbeitet werden können.

Berücksichtigt:

— Berücksichtigt Nachordnung (Blindleistung für den Zugein- und –ausgang) υ_N

— Flut- und Flautestunden (t_2 und t_3) bzw. Stunden mit Betriebsruhe t_0

— Maximale Stundenleistungsfähigkeit L_2

$$L_{\mathrm{ZBA}} = \frac{0{,}9 t_2 L_2 + 0{,}5(24 - t_2 - t_0) L_2}{\upsilon_N}$$

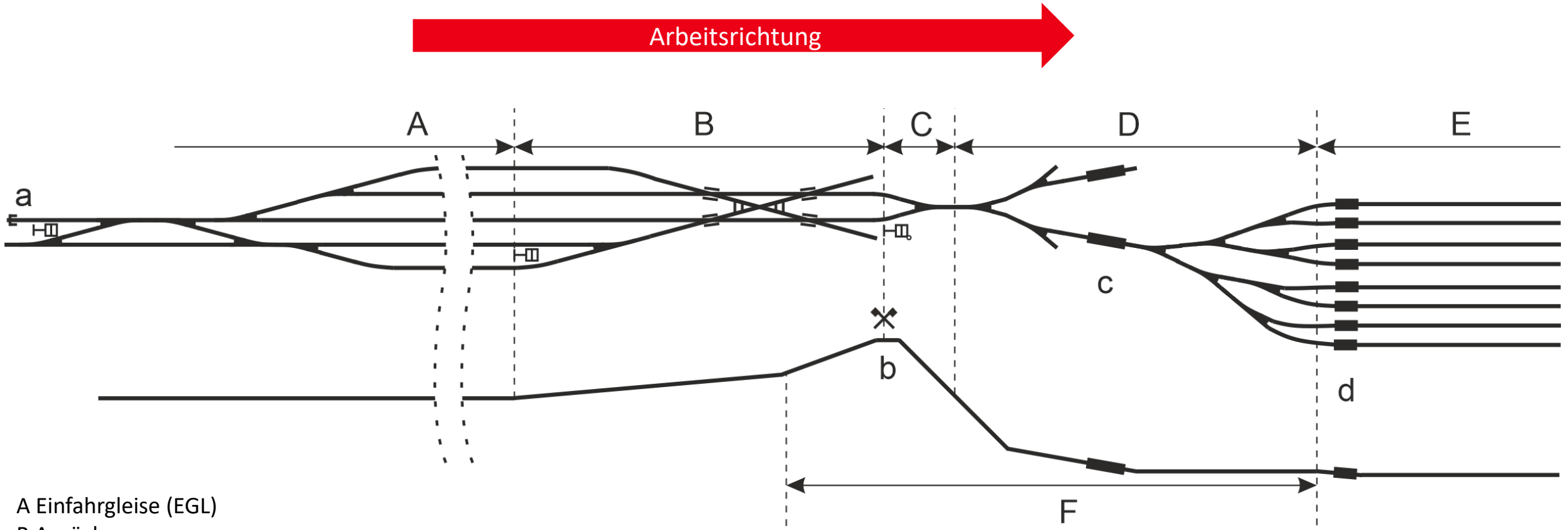


Gestaltungsgrundsätze von Ablaufanlagen

Längsprofil

Topologie

Längsprofil für optimales Anrücken und Abdrücken



A Einfahrgleise (EGL)
B Anrückzone
C Berggleis
D Verteilzone
E Richtungsgleise (RGL)
F Ablaufanlage

a Umsetzpunkt
b Berg
c Talbremse (TB)
d Richtungsgleisbremse (RGB)

Gleisbündel statt Harfen für gleichlange Laufwege



ZBA Maschen Süd-Nord
© Google Maps

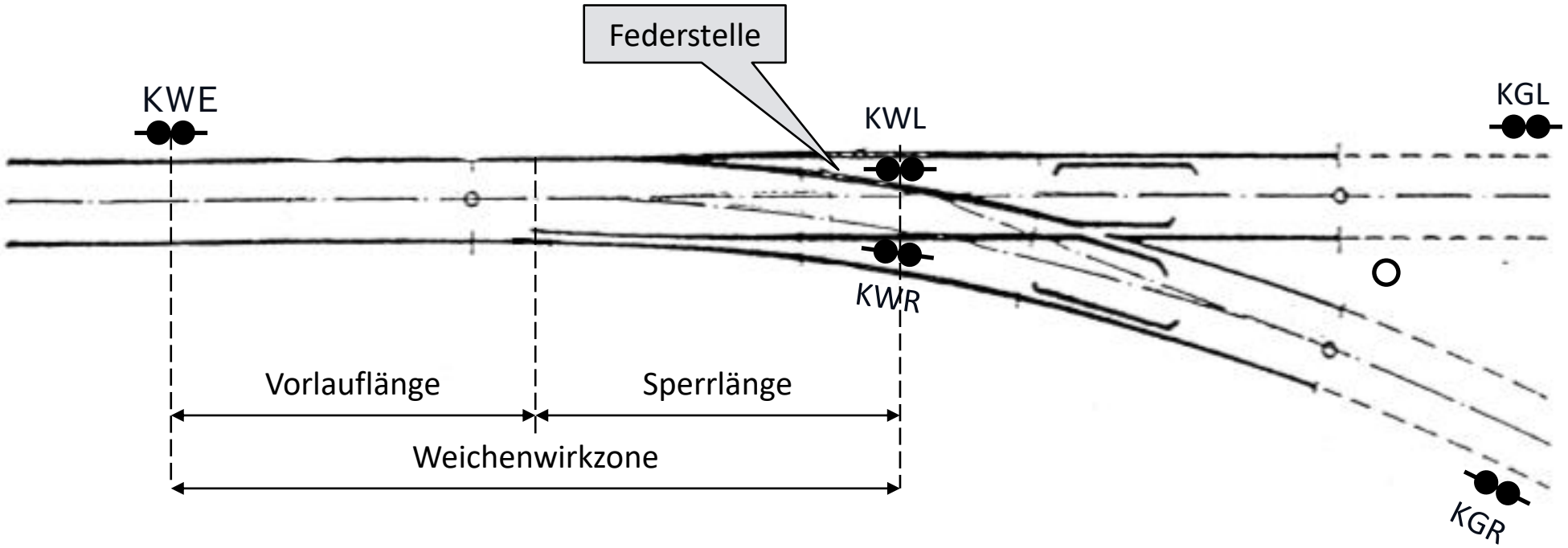
Automatisierung zur Leistungssteigerung

Automatisierung der Laufwegsteuerung.

Automatisierung der Abstandshaltung.

Optimierung des Abdrückens

Wirkzone einer Ablaufweiche

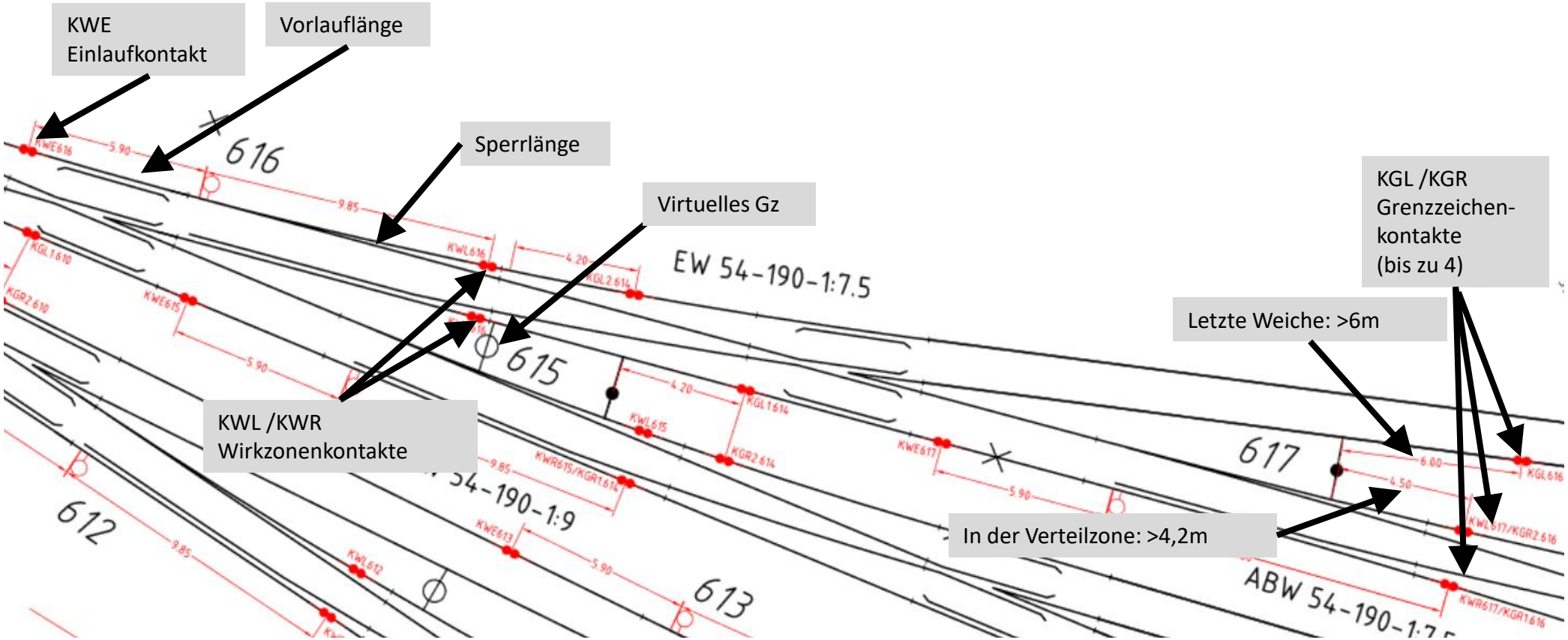


Vorlauflänge:

- Stellzeit (Schnellstläuferantrieb 0,5 s, kein Verschluss)
- Schaltzeit des EASTW
- Zuschlag für Schwergang
- Maximale Geschwindigkeit des Grenzgutläufers an der Zungenspitze

Verteilzone

Zusammengesetzt aus den Wirkzonen- und Grenzzeichenkontakten der Verteilweichen



Ausschnitt PT1-Planung ZBA Halle (Saale): Wirkzonenplan 1:200

Laufwegsteuerung und -verfolgung



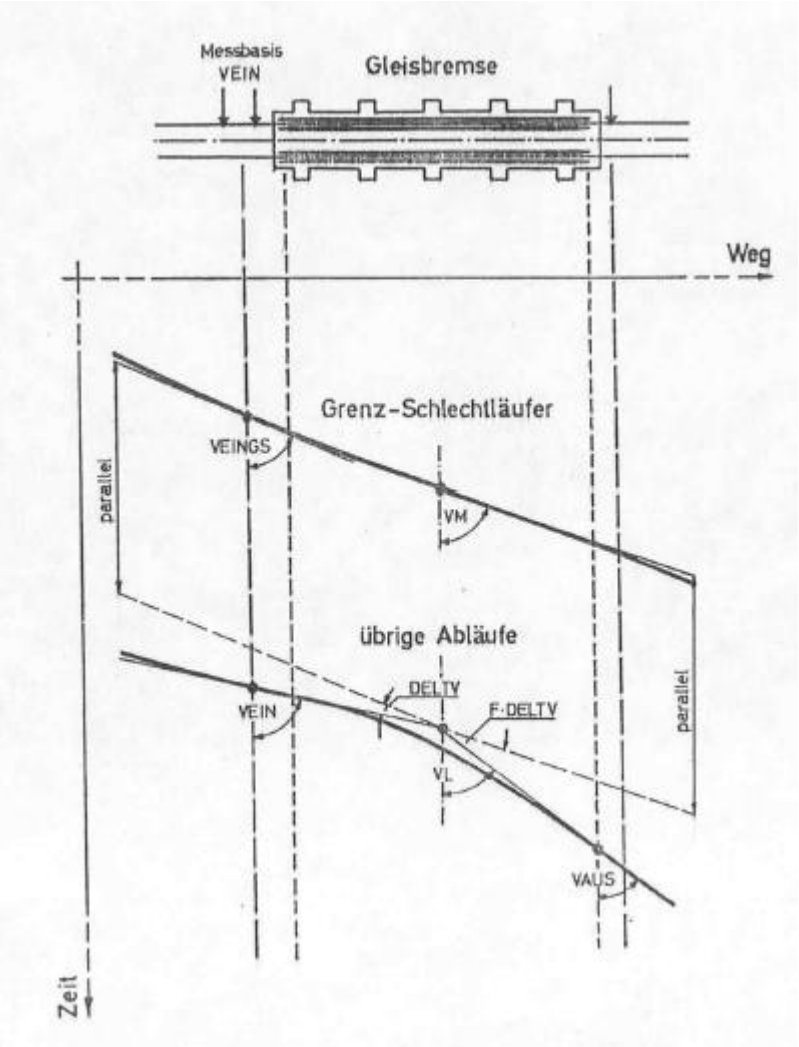
- Jede Verteilweiche hat 5 bis 7 Radsensoren (DSS)
- An jedem Kontakt wird Befahrung und Geschwindigkeit gemessen
- Am Berg zusätzlich gemessen:
  - Trennstelle
  - Achsgewicht
  - Ablauflänge
  - Ablaufhöhe (Segelfläche)
  - Wind
- Damit Lückenlose Verfolgung der Abläufe (Achsbefahrung) möglich
- Laufwiderstandsbestimmung über Prognose der Laufzeiten
- Schutzfunktionen nach Schlechtläufererkennung und Einholung möglich

Gleisbremsen



- Unterscheidung funktional:
  - Bergbremse (BB),
  - Talbremse (TB),
  - Richtungsgleisbremse (RGB)
  - Gefälleausgleichsbremse (GAB)
- Unterscheidung technisch:
  - Balkengleisbremsen (einseitig/ zweiseitig)
  - Elektrodynamische Gleisbremsen
  - Kolbengleisbremsen (Retarder)
  - Schraubengleisbremsen
  - Gummigleisbremsen

Gleisbremsensteuerung - Talbremse



Aus: H. König, Rangiertechnik

- Je nach Funktion der Gleisbremse unterschiedliche Anforderungen:
  - BB+TB: Abstandshaltung in der Verteilzone
  - RGB: Laufzielbremsung (Einhalten der sog. Rangierqualität)
  - GAB: Einhalten der maximalen Geschwindigkeit im Richtungsgleis
- Aufgabe: Bestimmung der Auslaufgeschwindigkeit aus der jeweiligen Bremse

➢ **Vorherige Bestimmung der Laufeigenschaften des jeweiligen Ablaufs notwendig**

Talbremsensteuerung:

- Bahnverwaltungen mit unterschiedlichen Lösungen
  - DB: Zielgeschwindigkeitsbremsung (1962)
  - SBB (SŽD): F*DELTV-Verfahren (1969)
  - DR: FEW-Zuordner

➢ **Realisierung einer Einlaufgeschwindigkeit in die RGB von ca. 4,0 m/s**

Gleisbremsensteuerung - Talbremse

DB

Zielgeschwindigkeitsbremsung

- Energiesatz
- Bestimmung w_r notwendig

$$v_3 = \sqrt{v_4^2 - 2g'l(i - w_r)}$$

DR

FEW-Zuordner

- Ermittlung der Geschwindigkeitsdifferenz zu Durchschnittsablauf
- Bestimmung w_r notwendig

$$(v_{\text{aus}} - \bar{v}_{\text{aus}})\frac{1}{\Delta v_{\text{aus}}} = (\bar{v}_{\text{ein}} - v_{\text{ein}})\frac{1}{\Delta v_{\text{ein}}} + v_{\text{Laufziel}} + v_{\text{Last}} \pm v_{\text{Wetter}}$$

SBB/ SŽD

*DELTV-Verfahren

- Nur Messung v_2 notwendig
- In Projektierung Simulation GS und Brechungsfaktur F
- Variable v_4

$$\text{DELTV} = v_2 - v_2^{GS}$$

$$v_3 = v_{max}^{GS} - F \cdot DELTV$$

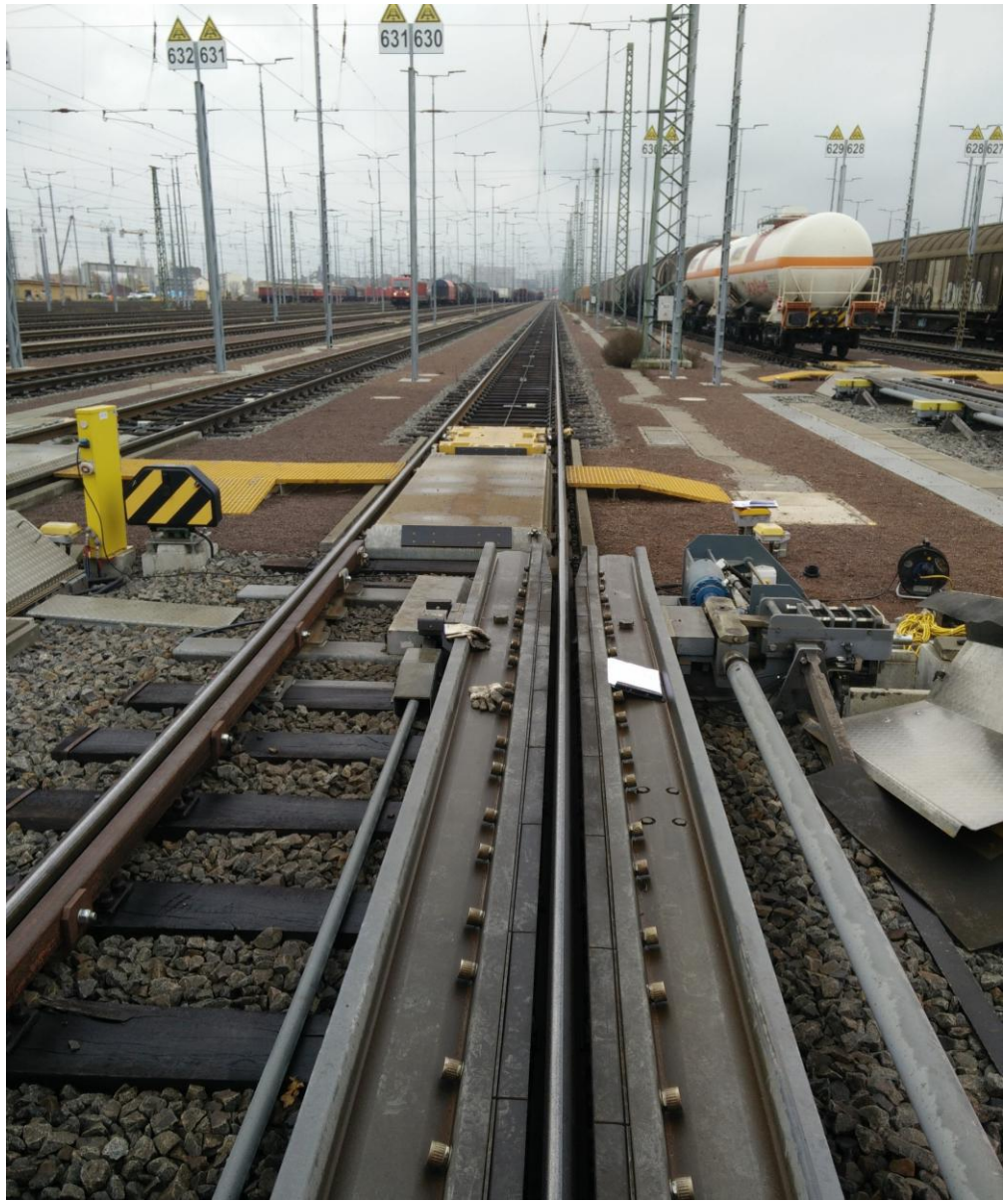
SNCF

- Empirischer Ansatz
- Mit laufwegspezifischen Faktoren

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} = 1$$

mit $x = v_2^2 - v_1^2$ und $y = \frac{v_3^2 - v_4^2}{v_3}$

Gleisbremsensteuerung - Richtungsgleisbremse



Richtungsgleisbremsensteuerung:

- Heute etabliert: Laufzielbremsung (target shooting/ tir au but)
  - Idee aus 1930er Jahren (StuGeRa)
  - Schien lange weder theoretisch noch praktisch realisierbar
  - 1973 bei SNCF (Sotteville/ Rouen) eingeführt und bewährt
  - DR ab Ende 1980er, DB ab Ende 1990er

➢ **Ziel ist es, dem Ablauf genau die kinetische Energie beim RGB-Auslauf mitzugeben, dass er auf den Vorläufer mit 1,25 m/s aufläuft**

➢ **Dabei müssen Stehenbleiber hinter der RGB vermieden werden**

Voraussetzungen:

- Bestimmung des Laufwiderstands
- Füllstandsbestimmung im Richtungsgleis

Förderanlagen



ZBA Maschen Nord-Süd

- **Ergänzung zur Laufzielbremsung, um vorzeitige Stehenbleiber zu verhindern**
  - Kuppelreifes Beidrücken der Abläufe
  - Bedarfsweises Beidrücken bei Schlechtläufern/ Stehenbleibern etc.
- **Kein Einsatz einer Beidrücklok notwendig**
  - Es werden zusätzliche Fahrten durch die Verteilzone vermieden
  - Verhindern Unterbrechungen des Ablaufbetriebs
- **Bedarfsgerechte Steuerung nicht trivial, weil widerstreitende Förderkriterien**
  - Maximale Achszahl, Gewicht
  - Schlechtläufer
  - Stehenbleiber

Verteilung der Abläufe und lange Gruppen

Für die Abdrückgeschwindigkeit sind weitere Dinge einflussreich:

- Lage der Trennungsweiche
  - Statistische Auswertungen zeig(t)en, dass sich die überwiegende Anzahl der Laufwege vor der TB trennt (Grassmann 1967)
  - Unterschiedliche Rollwiderstände nur mit geringem Einfluss
- Länge der Gruppen
  - Weniger direkter Nachlauf ins gleiche RGL, wenn lange Gruppen erlaubt
  - Entkuppelbarkeit am Berg bei langen Gruppen aber nicht immer gegeben

Lösung DB:

- **Variation der Abdrückgeschwindigkeit**
  - 0,6 – 3,3 m/s
  - $\bar{v}_0$ bis 1,8 m/s möglich
- **Vorentkuppeltes Anrücken und Abdrücken**
  - Gruppenlänge bis 250 m
  - Kein Entkuppeln am Berg notwendig
- **Lokfunkfernsteuerung**
  - Automatische Anrücken -> Anrückstaffeln
  - Direkte Umsetzung der Vorgaben des Ablaufstellwerks
  - Keine fernmündliche Kommunikation notwendig

Variation der Abdrückgeschwindigkeit

- Berechnung der optimalen Abdrückgeschwindigkeit anhand von Laufwegtrennungen und erwarteten Laufeigenschaften (inkl. Vor- und Nachläufer)
- Berechnung vor Abdrückbeginn -> Laufeigenschaften und Abrollpunkt vorher unbekannt
- Ermöglicht Steigerung der mittleren Abdrückgeschwindigkeit $\bar{v}_0$ von 1,0 m/s auf bis zu 1,8 m/s
- Voraussetzung:
  - Automatisierung -> Ablauffolge muss auch von der Ablaufanlage verarbeitet werden können
  - Lokfunkfernsteuerung -> Geschwindigkeitswechsel müssen auch gefahren werden können

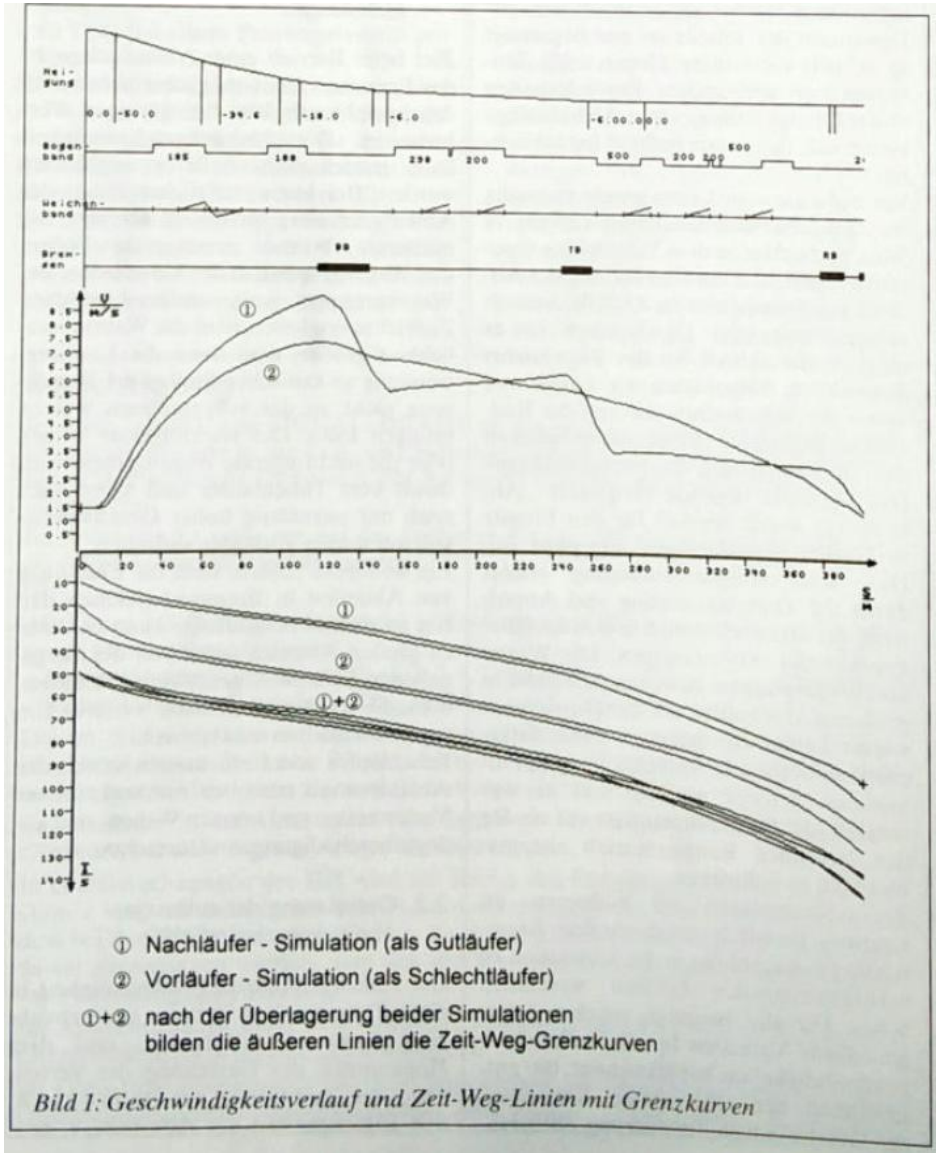


Bild 1: Geschwindigkeitsverlauf und Zeit-Weg-Linien mit Grenzkurven

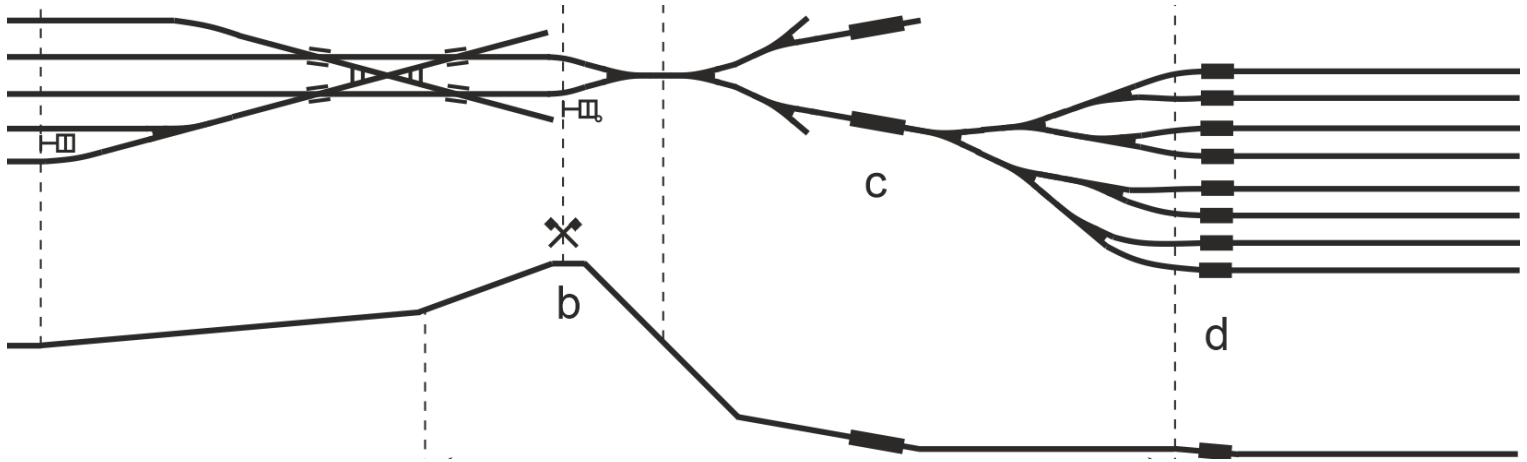
Gottschalk, S+D 6/2001

Lokfunkfernsteuerung



ZBA Seelze West-Ost

- Ab Juli 1962 in Mannheim
- Automatischen Anrücken und Abdrücken
- Verhindert unkontrolliertes Ablaufen
- Loksteuerung des EASTW übermittelt kontinuierlich die zu fahrende Geschwindigkeit
- Lok übermittelt Ist-Position und Ist-Geschwindigkeit (seit etwa 1995)
- Ortung über SOFIS-Balisen im Gleis, Anrückkontakte und Wegzähler auf der Lok
- Anrückstaffeln so bemessen, dass Wagen vor dem Berggipfel anhalten
- Im Bestand noch zwei ZBA mit unidirektionalem Funk



Elektronisches Ablaufstellwerk als Baukasten







RTE:
Gleisbremsen
Förderanlagen
Hydraulik

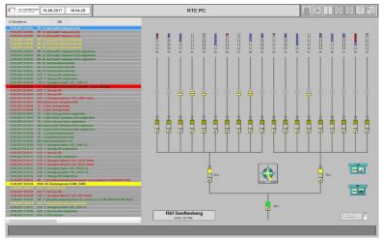


Automatisch fahrende
Abdrücklok, v_0-Variation

Bediensystem



Systeme zur (Fern-)
Diagnose und
Instandhaltung



Disposystem EVU

EASTW

Höhenprofil,
Spurplan, Weichen

Signale und
Weichenantriebe

Sensorik am Gleis:
Radsensoren, Licht-
gitter, Radargeräte















Einfahrgruppe

Spurplanoptimierung

Einfahrstellwerk

Umlauf der Abdrückloks

Spurplan und Einfahrstellwerk



- **L_2 benötigt einen möglichst schnellen Umlauf der Abdrücklok in der Einfahrgruppe**

— Spurplangestaltung der Einfahrgruppe -> Umlauf der Abdrückloks nicht von Einfahrten und Gegeneinfahrten gestört

— Entsprechend gestaltete Weichenköpfe, kurze Anrückwege und Umsetzpunkt für Abdrücklok

— Mindestens 3 Fahrstraßeneinstellungen für Lokumlauf notwendig -> Fahrstraßenbildezeit möglichst kurz

— Technische Schnittstellen zwischen Einfahr- und Ablaufstellwerk (klassisch Zustimmungsschaltung, heute NB, keine fernmündliche Kommunikation!)

— Anrückfahrwege und D-Wege dürfen sich nicht überschneiden (800.0420)

— D-Wege und Gefahrpunktabstand in Einfahrgruppen von ZBA nur 10 m (DS 818 2025 §8 5c)

— Ansage freier Fahrweg bei Fahrt zum Umsetzpunkt

Zusammenfassung

Beschreibung Abdrückvorgang

- Zulaufeinschaltung -> Anforderung Anrückfahrweg
- Einstellen Anrückfahrweg -> Lok fährt automatisch los
- Automatisches Anrücken
- Automatisch Abdrücken mit Variation der Abdrückgeschwindigkeit
  - Laufwege stellen sich automatisch
  - Berg- und Talbremsen sorgen für Abstandshaltung
  - Richtungsgleisbremsen und Förderanlagen sorgen dafür, dass Abläufe kuppelreif im Richtungsgleis stehen
  - Laufwegsteuerung mit Schutzfunktionen (bspw. Schutzweichenstellung)
  - Ablaufsteuerung meldet Position der Wagen zurück an Dispositionssystem
- Am Ende schaltet sich die Ablaufsteuerung automatisch aus
- Lok fährt hinter nächsten Zug



Zusammenfassung und Ausblick

- Ablaufbetrieb ist heute weitgehend automatisiert
- Zusammenspiel aus Trassierung, Rangiertechnischen Einrichtungen, modularen Steuerungen und Verfahren
- Ablaufwärter schaltet die Ablaufsteuerung ein und der Zug ist in wenigen Minuten zerlegt
- Aktuell sind maximal bis L_2 = 290 Wg/h rechnerisch möglich

Heute noch offene Fragen:

- Doppelablauf
- Verfahren für Nachordnung (Simultanverfahren)
- Veränderung des Ablaufkollektivs -> mehr Gruppenbildung



DB InfraGO

Danke