



Safety Requirements für Bahnbetriebsverfahren

Ontological Analysis für den Zugleitbetrieb

Bernd Sieker

`bsieker@rvs.uni-bielefeld.de`

Technische Fakultät, Universität Bielefeld



Überblick



- Bahnbetriebsverfahren — Begriffe
- Fahren mit Sicherheitsabstand
- Zugleitbetrieb
- Ontological Analysis des ZLB
- HAZOP



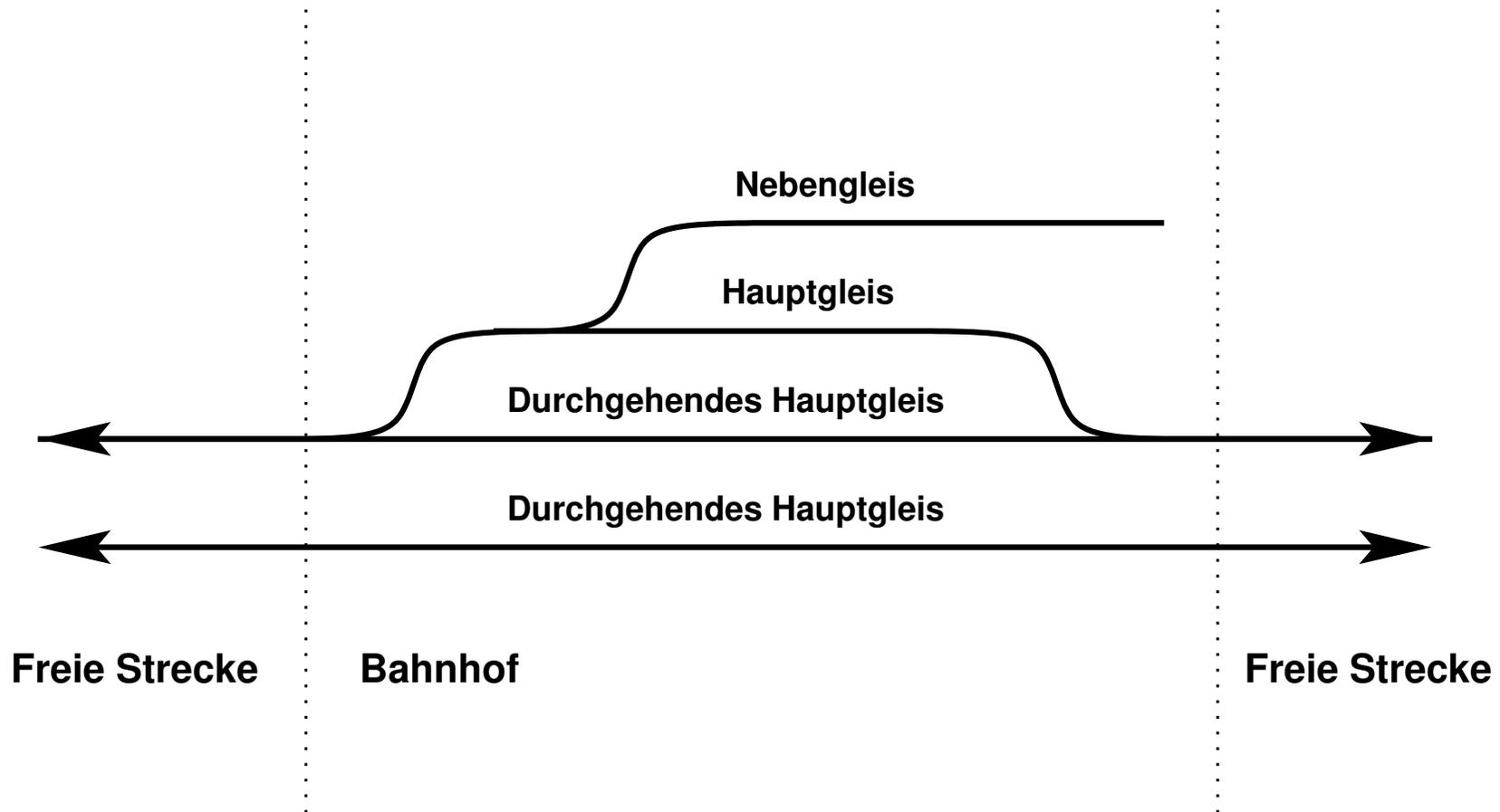
Bahnbetriebsverfahren



- Bahnanlagen
 - Bahnhöfe, Blockabschnitte, Blockstellen
 - Abzweigstellen, Überleitstellen, Anschlussstellen, ...
- Fahrten mit Eisenbahnfahrzeugen
 - Zugfahrten
 - Rangierfahrten
 - Sperrfahrten



Bahnanlagen



Fahren im Sicherheitsabstand



- ... im relativen Bremswegabstand
- ... im absoluten Bremswegabstand
- ... im festen Raumabstand
- ... im Zeitabstand: nicht mehr verwendet
- ... im Sichtabstand: bei Strassenbahnen und sonst bei sehr geringer Geschwindigkeit



Fahren im festen Raumabstand



- Bedingungen zur Einfahrt in den Blockabschnitt
 - Blockabschnitt und Durchrutschweg dahinter muss frei sein
 - Vorausfahrender Zug muss hinter sich Haltsignal haben
 - Bei eingleisigem Zweirichtungsbetrieb zusätzlich: Kein Gegenzug
- Meist automatisch („Selbsttätiger Streckenblock“)



Zugleitbetrieb - Begriffe



- Betriebsverfahren ohne technische Sicherungseinrichtungen mit zentraler Fahrdienstleitung
- Zugleitstrecke unterteilt durch Zuglaufstellen
 - Bahnhöfe
 - Andere Betriebsstellen (Haltepunkte, ...)
- Zugleitstrecke begrenzt durch Zugmeldestellen



Zuglaufmeldungen



- Meldungen an bestimmten Zuglaufstellen:
Zuglaufmeldestellen
 - Fahrerlaubnis
 - Ankunfthemeldung
 - Verlassensmeldung
 - Fahrwegsicherungsmeldung
 - Abstellmeldung.



Fahrerlaubnis



- Vor Beginn einer Fahrt in der ZL-Strecke
- Vor Einfahrt in die ZL-Strecke
- Vor Weiterfahrt auf besetzter Zuglaufstelle
- Vor Verlassen der ZL-Strecke
- Bei Kreuzungen und Überholungen für beide Züge



Fahrerlaubnis (2)



- Anfrage zur Fahrerlaubnis
 - Vom Zugführer
 - „Darf Zug (Nummer) bis (ZLS) fahren?“
- Fahrerlaubnis
 - Vom Zugleiter
 - Positiv: „Zug (Nummer) darf bis (ZLS) fahren“
 - Negativ: „Nein, warten.“



Fahrerlaubnis (3)



- Bedingungen
 - Die Weichen- und Flankenschutzeinrichtungen in Grundstellung und gesichert
 - In den Hauptgleisen außer dem Zug keine Fahrzeuge



Ankunftsmeldung



- Nach Ankunft auf besetzter Zuglaufstelle
- Nach Fahrtende in der ZL-Strecke
- Nach Einfahren in ZL-Strecke beim ersten planmäßigen Halt
- „Zug (Nummer) in (ZLS/ZMS)“



Andere



- Fahrwegsicherungsmeldung
 - Ggfs. für Einfahrt des zweiten Zuges
 - „Fahrweg für Zug (Nummer) nach Gleis (Nummer) gesichert“
- Abstellmeldung
 - Nach Abstellen auf Nebengleis
 - Nur nach Ankunfts meldung
 - „Zug (Nummer) in (ZLS) in Gleis (Nummer) abgestellt“



Zugfoleregelung



- Ein Zug darf bis zur letzten geräumten Zuglaufstelle folgen
- Nicht bei Gegenzug
- Bedingungen
 - Verlassensmeldung von dieser Zuglaufstelle
 - *oder* Ankunfts meldung von weiter gelegener Zuglaufstelle
 - *oder* Rückmeldung von benachbarter Zugmeldestelle



Kreuzungen / Überholungen



- Beide Züge halten an Kreuzungsstelle
- Zweiter Zug hält vor Trapeztafel, außer:
 - Fahrwegsicherung für zweiten Zug ist im Fahrplan angeordnet
 - Bahnhof hat Rückfallweiche
 - Wegfall des Halts ist angeordnet
- Verlegungen sind beiden Zügen per ZLB-Befehl mitzuteilen



Einfahrt



- Einfahrt ohne Halt an Trapeztafel, wenn nicht besonders angeordnet
- Zweiter Zug hält vor Trapeztafel, bis
 - Signal „Kommen“
 - *oder* mündlicher Auftrag vom Zugführer des ersten Zuges



Einfahrt zweiter Zug



- Kreuzungen / Überholungen
 - Weichen und Flankenschutzeinrichtungen für Einfahrt des zweiten Zuges werden durch Zugführer des ersten Zuges gestellt
 - Zugführer des ersten Zuges muss sicherstellen, dass Fahrweg für zweiten Zug frei ist, dann Fahrwegsicherungsmeldung geben



Vollständigkeitsprüfung



- Muss durchgeführt werden, wenn
 - rangiert werden soll
 - Fahrtrichtung sich ändert
 - Ankunfts meldung gegeben werden muss



Ontological Analysis — Idee

- Beginn mit einfachst-möglicher Systembeschreibung
- Feststellung der Requirements für sicheren Betrieb
- Verfeinerung der Beschreibung in kleinen Schritten
- Nachweis dass Folge-Beschreibung eine Verfeinerung vorhergehender Stufe ist
- Feststellung / Untersuchung aller Hazards (HAZOP / CSA / WBA)

Objekte im ZLB — Bahnanlagen

- Zugleitstrecke
- Zuglaufstelle
- Zuglaufmeldestelle
- Hauptgleis
- Durchgehendes Hauptgleis
- Nebengleis



Objekte im ZLB — Fahrzeuge



- Zug
- Rangiereinheit
- Sperrfahrt



Objekte im ZLB — Personen

- Zugleiter
- Zugleiter/Fahrdienstleiter Nachbarstrecke
- Zugführer
- Triebfahrzeugführer



Objekte im ZLB — Nachrichten



- Anfrage zur Fahrerlaubnis
- Fahrerlaubnis
- Ankunfts meldung
- Verlassensmeldung
- Fahrwegsicherungsmeldung
- Abstellmeldung
- Signal „Kommen“
- ZLB-Befehl



Erste Ebene



- Objekte
 - Schienenfahrzeug F
 - Streckenabschnitt (Bahnhof oder freie Strecke) A
- Relationen
 - Fahrzeug in Streckenabschnitt: $I(F, A)$
 - Sichtfahrt: $S(F, A)$



Bedingung für sicheren Betrieb

- keine 2 Fahrzeuge auf demselben Streckenabschnitt (freie Strecke oder Bahnhof); oder Fahren auf Sicht
 - Fahrzeuge: $F1, F2$
 - Streckenabschnitt: A
- $\neg Id \Rightarrow \neg SA \vee Si$

Id : $F1 \equiv F2$ (ident. Fahrzeuge)
 SA : $I(F1, A) \wedge I(F2, A)$ (Fahrz. im selben Abschn.)
 Si : $S(F1, A) \wedge S(F2, A)$ (Fahren auf Sicht)

Erste Verfeinerung

- Streckenabschnitt →
 - freie Strecke zwischen zwei Zuglaufstellen (*ZLS*)
 - *oder* Gleis (im Bahnhof) (*G*)



Modifizierte Bedingung

- Neue Objekte
 - Zuglaufstrecken: $ZLS1, ZLS2$
 - Gleis im Bahnhof: G
- Neue Relationen
 - Fahrzeug zwischen Zuglaufstellen:
 $Z(F, ZLS1, ZLS2)$
 - Fahrzeug auf Gleis: $A(F, G)$



Modifizierte Bedingung

$$\bullet \neg Id \Rightarrow (\neg SZL \wedge \neg SG) \vee Si$$

$$Id : F1 \equiv F2$$

(ident. Fahrzeuge)

$$SZL : Z(F1, ZLS1, ZLS2) \wedge Z(F2, ZLS1, ZLS2)$$

(Fahrz. zw. selben ZLS.)

$$SG : A(F1, G) \wedge A(F2, G)$$

(Fahrz. auf selbem Gleis.)

$$Si : S(F1, A) \wedge S(F2, A)$$

(Fahren auf Sicht)

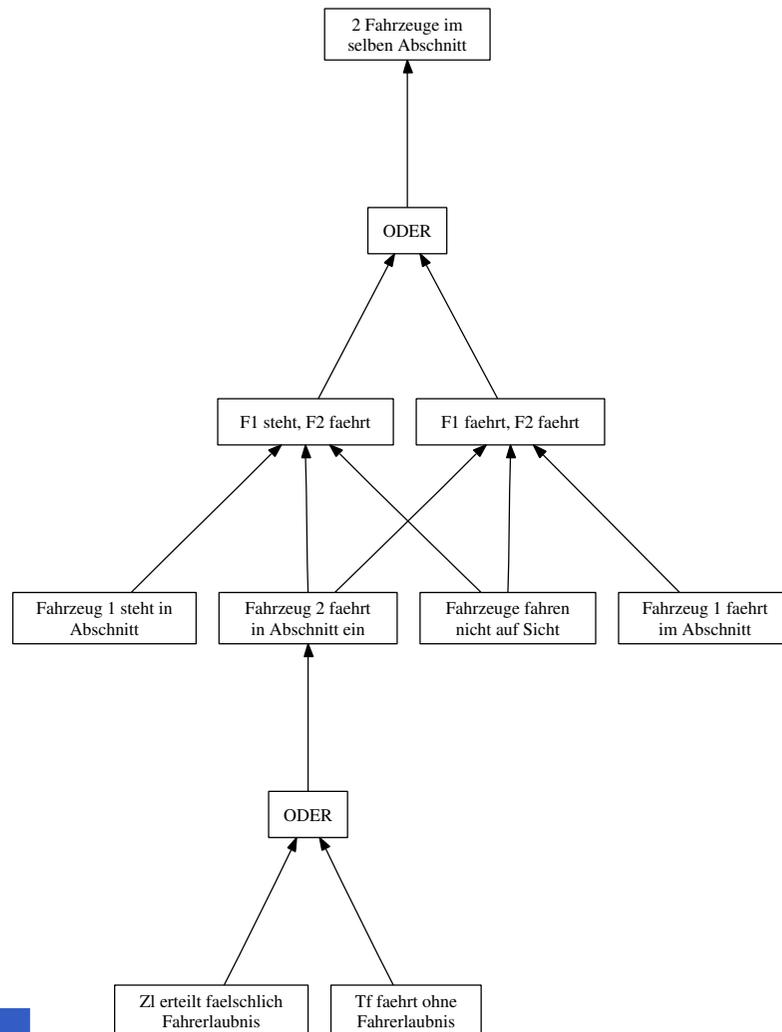
Hazards identifizieren



- Zwei Züge zwischen denselben Zuglaufstellen
- Zwei Züge im selben Gleis
- Z. B. kleine Graphen
- keine WBG, zusätzliche ODER-Verknüpfungen
- jeweils Auswahl eines Zweiges erzeugt WBG
- kombinatorische Komplexität noch ungelöst



Hazards identifizieren



HAZOPS — Standard-Guide Words

- No
- More
- Less
- As well as
- Part of
- Reverse
- Other than



HAZOPS — Bedeutung Guide Words

- No - Ereignis findet nicht statt
- More
 - Zug: Zug fährt schneller als vorgeschrieben
- Less
 - Zug: Zug fährt langsamer als erwartet
- As Well As - Etwas zusätzliches findet statt
- Part Of
 - Zug: Nicht alle Wagen
 - Nachricht: Nur Teile der Nachricht
- Reverse
 - Nachricht: Erteilung statt Verweigerung
Fahrerlaubnis

HAZOPS — Bedeutung Guide Words

- Other than
 - Zug: Anderer Zug / Anderes Gleis als erwartet
 - Nachricht: Andere Nachricht als erwartet
- Early
 - Zug: Zug erreicht Stelle eher als geplant
 - Nachricht: Nachricht vor zugehörigem Ereignis / Zustand
- Late
 - Zug: Zug erreicht Stelle später als geplant
 - Nachricht: Nachricht später als vorgesehen



HAZOPS — Noch viel Arbeit



- Schwierigkeit, geeignete Parameter zu formulieren
- Sprachmix
 - Guide Words Englisch (üblich)
 - Parameter auf Deutsch (kaum übersetzbar)
- Vollständigkeit der Parameterliste?
- Vollständigkeit der Objektliste?
- Auswahl der Guidewords



Vielen Dank



Fragen?

