

# Logik der Eisenbahnsicherungstechnik

Autor: Elias Dahlhaus

Wesentliche Literaturgrundlage:  
Jörn Pahl, Systemtechnik des Schienenverkehrs

# Gliederung

- Grundlagen der Leit- und Sicherungstechnik
- Weiterentwicklungen Richtung Kommunikation über unsichere Kanäle

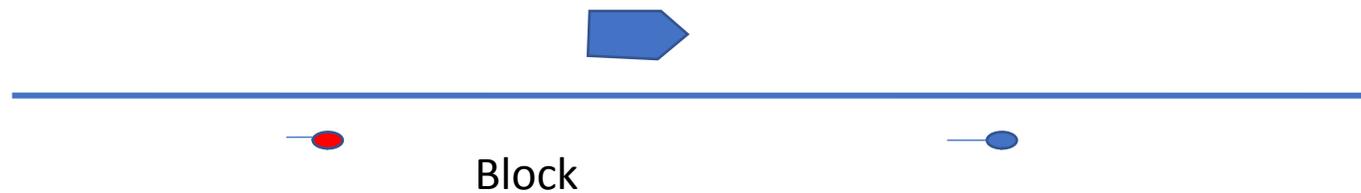
# Zweck

- Vermeidung von Zusammenstößen
- Nur ein Zug in jedem Blockabschnitt (abgegrenzt durch Hauptsignale)



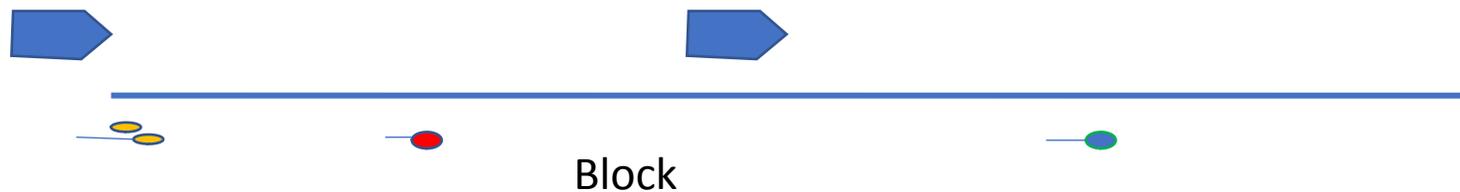
# Zweck

- Vermeidung von Zusammenstößen
- Nur ein Zug in jedem Blockabschnitt (abgegrenzt durch Hauptsignale)



# Zweck

- Vermeidung von Zusammenstößen
- Nur ein Zug in jedem Blockabschnitt (abgegrenzt durch Hauptsignale)
- Vor Erreichen eines belegten Blocks muss ich rechtzeitig bremsen können (Bremsweg > Sichtweite): Lösung Vorsignal



# Zweck

- Vermeidung von Zusammenstößen
- Nur ein Zug in jedem Blockabschnitt (abgegrenzt durch Hauptsignale)
- Vor Erreichen eines belegten Blocks muss ich rechtzeitig bremsen können (Bremsweg > Sichtweite): Lösung Vorsignal



# Abzweigstellen und Bahnhöfe

- Fahrstraßen von Einfahrsignal zu Bahnsteig oder Ausfahrsignal und von Ausfahrsignal zu Strecke
- Gleichzeitig befahrene Fahrstraßen dürfen keine Infrastrukturelemente gemeinsam haben.

# Fahrstraßenbildung

- Weichen stellen (Bildung der Fahrstraße)
- Fahrstraße festlegen (Weichen können nicht mehr umgestellt werden)
- Fahrstraße für Fahrt freigeben (Signal auf grün stellen)

# Fahrstraßenbildung und Auflösung

- Weichen stellen (Bildung der Fahrstraße)
- Fahrstraße festlegen (Weichen können nicht mehr umgestellt werden)
- Fahrstraße für Fahrt freigeben (Signal auf grün stellen)
- Zug passiert Fahrstraße
- Fahrstraße auflösen

# Fahrstraßenbildung und Auflösung

- Weichen stellen (Bildung der Fahrstraße)
- Fahrstraße festlegen (Weichen können nicht mehr umgestellt werden)
- Fahrstraße für Fahrt freigeben (Signal auf grün stellen)
- **Zug passiert Fahrstraße**
- Fahrstraße auflösen (auch Teile einer Fahrstraße können aufgelöst werden (Teilfahrstraßen))



Grüne  
Fahrstraße  
kann gestellt  
werden

# Durchrutschwege

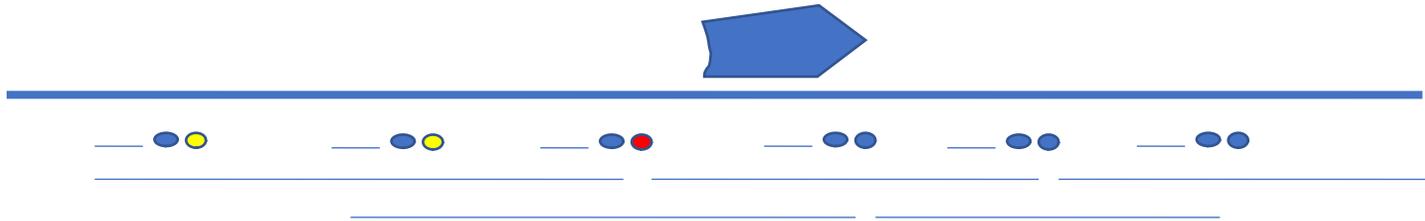
- Was tun, wenn Haltsignal überfahren wird: **Zwangsbremmung durch induktive Zugsicherung (Indusi)**.
- Auch der Zwangsbremsweg (Durchrutschweg) soll keine Infrastrukturelemente mit anderen gestellten Fahrstraßen teilen.
- **Zwei Durchrutschwege dürfen aber gemeinsame Infrastrukturelemente haben, da man davon ausgeht, dass keine zwei Lokführer gleichzeitig ein Signal übersehen.**

# Mindestabstand von Zügen

- Mindeste Blocklänge: Bremsweglänge (1000 m bei 160 km/h)
- Um bei Passieren des Vorsignals nicht bremsen zu müssen:
- Block davor muss frei sein
- Vorsignal/Hauptsignalabstand ist etwa Bremsweglänge
- Also **mindestens doppelter Bremswegabstand**

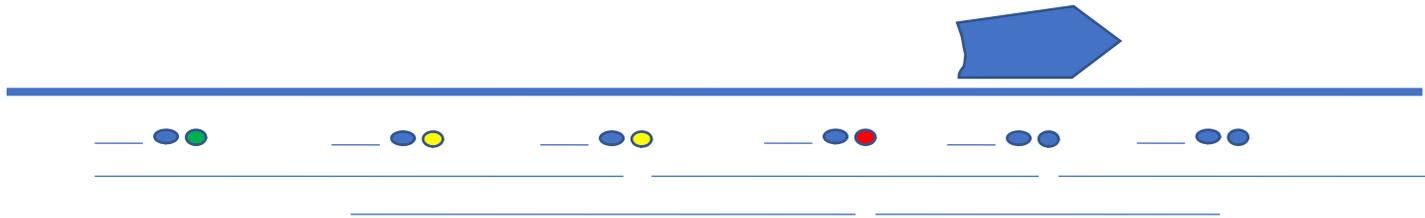
# Geht es besser:

- Geschachtelte Blöcke (kombinierte Haupt- und Vorsignale)



# Geht es besser:

- Geschachtelte Blöcke (kombinierte Haupt- und Vorsignale)



# Führerstandssignalisierung

- Vorteil: Geringere Gefahr, ein Signal zu übersehen
- Vorteil: Höhere Geschwindigkeit als 160 km/h verantwortbar
- Signalabhängige Fahrweisen können automatisiert werden

# Führerstandssignalisierung

- Vorteil: Geringere Gefahr, ein Signal zu übersehen
- Vorteil: Höhere Geschwindigkeit als 160 km/h verantwortbar
- Signalabhängige Fahrweisen können automatisiert werden

## **Signalinformation auf den Zug:**

- An den Signalpunkten (Punktweise Zugbeeinflussung (PZB) oder ETCS Level 1)
- Permanent über Linienleiter (Linienzugbeeinflussung (LZB) oder über Funk (GSM-R, ETCS Level 2 oder höher)

# Vorteil der permanenten Signalinformation

- Punktförmige Information:



- Permanente Information:



# Führerstandssignalisierung

- Vorteil: Geringere Gefahr, ein Signal zu übersehen
- Vorteil: Höhere Geschwindigkeit als 160 km/h verantwortbar
- Signalabhängige Fahrweisen können automatisiert werden

## **Ortung des Zugs:**

- Blockweise (diskret) über LZB-Blocksgrenzen (in LZB) oder Balisen (in ETCS Level 1 und 2)
- Kontinuierlich: Galileo oder Balisen + Odometer (ETCS Level 3)

# Durch Signalisierung nicht abgedeckt

Unerwartete Hindernisse



# Durch Signalisierung nicht abgedeckt

- Unerwartete Hindernisse auf der Strecke
- Verhalten von Personen am Bahnsteig oder am Bahnübergang

# Durch Signalisierung nicht abgedeckt

- Unerwartete Hindernisse auf der Strecke
- Verhalten von Personen am Bahnsteig oder am Bahnübergang
- Automatische Hinderniserkennung technisch heute möglich, Unfall kann bei zugseitiger Hinderniserkennung aber nur verhindert werden, wenn Bremsweg in Sichtweite endet (ob automatisch oder über Fahrer)
- Eigener Vorschlag: Auf Fernstrecken streckenseitig Kameras vorsehen

# Durch Signalisierung nicht abgedeckt

- Unerwartete Hindernisse auf der Strecke
- **Verhalten von Personen am Bahnsteig oder am Bahnübergang**
- **Mögliche Lösung: Am Bahnsteig ortsfeste Türen wie bei Aufzügen vorsehen (Nachteil: Züge müssen alle dieselben Türabstände haben, im Prinzip nur ein Zugtyp möglich), realisiert auf vielen fahrerlosen U-Bahnsystemen**
- **Übergang zum Gefahrenbereich durch Laser überwachen, kommender Zug bremst sofort, wenn Gefahrenbereich betreten wird; realisiert bei U-Bahn Nürnberg.**

# Bemerkung zu ETCS und anderen funkbasierten Signalsystemen

- Übertragung der Information durch Funk **nicht sicher**
- Trotzdem Gesamtsystem **sicher**

# Bemerkung zu ETCS und anderen funkbasierten Signalsystemen

- Übertragung der Information durch Funk **nicht sicher**
- Trotzdem Gesamtsystem **sicher**
- Voraussetzung: **Nichtempfang möglich, Empfang falsch interpretierter Information so gut wie unmöglich;**
- **Uninterpretierbare Information wie Nichtempfang behandeln**

# Bemerkung zu ETCS und anderen funkbasierten Signalsystemen

- Übertragung der Information durch Funk **nicht sicher**
- Trotzdem Gesamtsystem **sicher**
- Voraussetzung: **Nichtempfang möglich, Empfang falsch interpretierter Information so gut wie unmöglich;**
- **Uninterpretierbare Information wie Nichtempfang behandeln**
- **Schlimmsten möglichen Fall annehmen unter der Voraussetzung, dass alle Akteure korrekt arbeiten**

# Bemerkung zu ETCS und anderen funkbasierten Signalsystemen

- Übertragung der Information durch Funk **nicht sicher**
- Trotzdem Gesamtsystem **sicher**



# Bemerkung zu ETCS und anderen funkbasierten Signalsystemen

- Übertragung der Information durch Funk **nicht sicher**
- Trotzdem Gesamtsystem **sicher**



# Bemerkung zu ETCS und anderen funkbasierten Signalsystemen

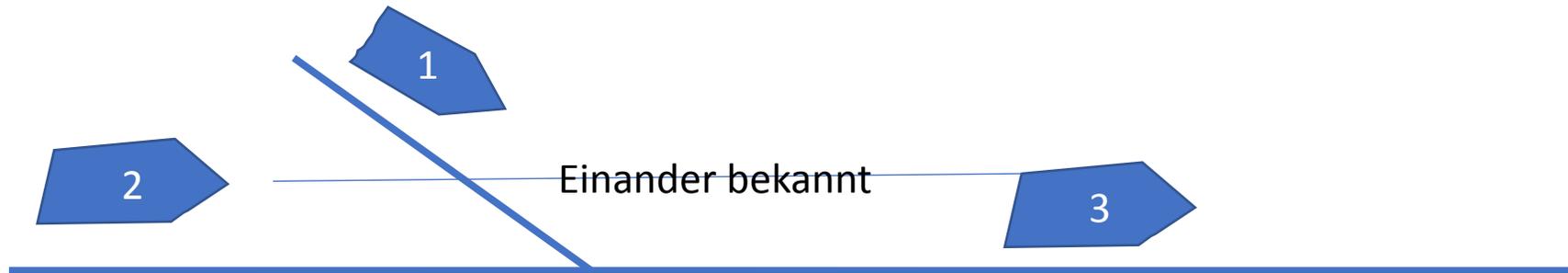
- Übertragung der Information durch Funk **nicht sicher**
- Trotzdem Gesamtsystem **sicher**



- Schlimmster möglicher Fall: A passiert, aber B nicht

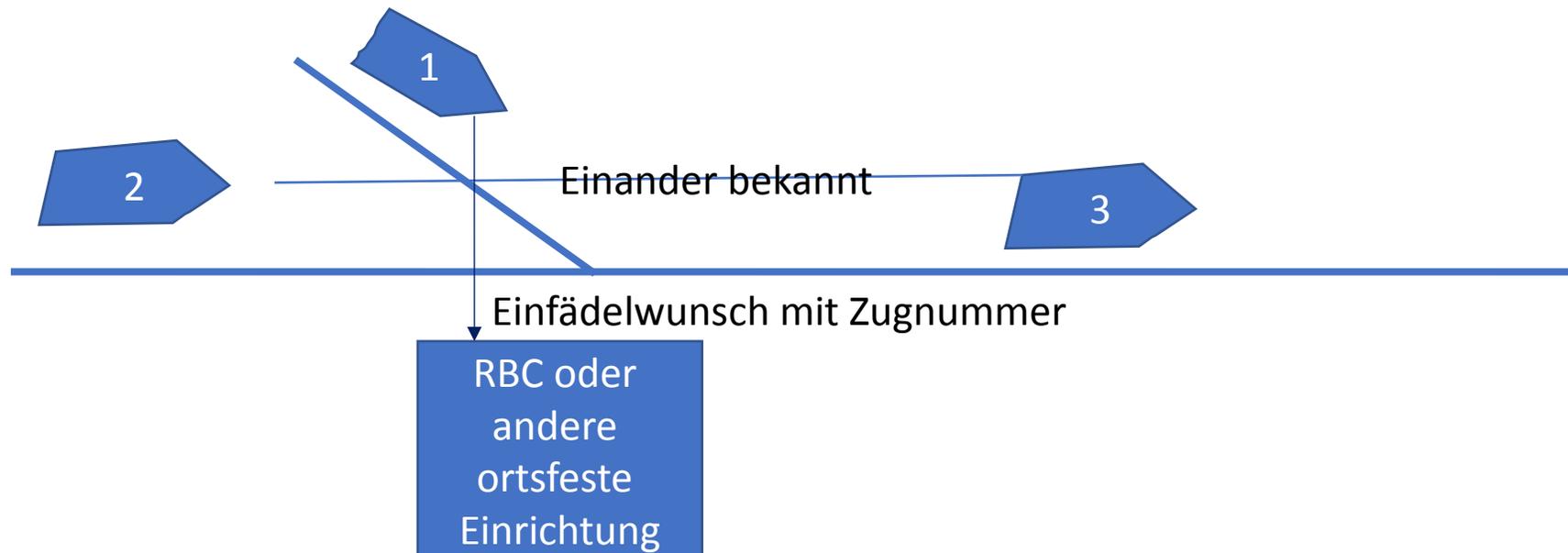
# Bemerkung zu ETCS und anderen funkbasierten Signalsystemen

- Übertragung der Information durch Funk **nicht sicher**
- Trotzdem Gesamtsystem **sicher**



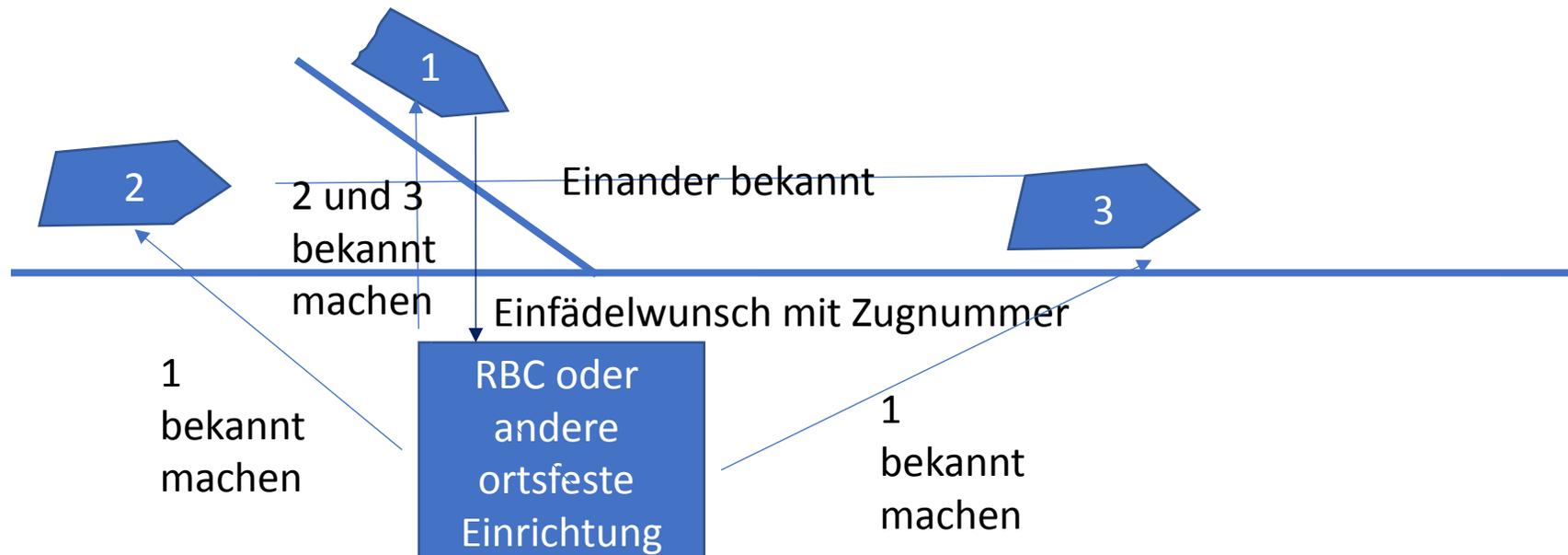
# Bemerkung zu ETCS und anderen funkbasierten Signalsystemen

- Übertragung der Information durch Funk **nicht sicher**
- Trotzdem Gesamtsystem **sicher**



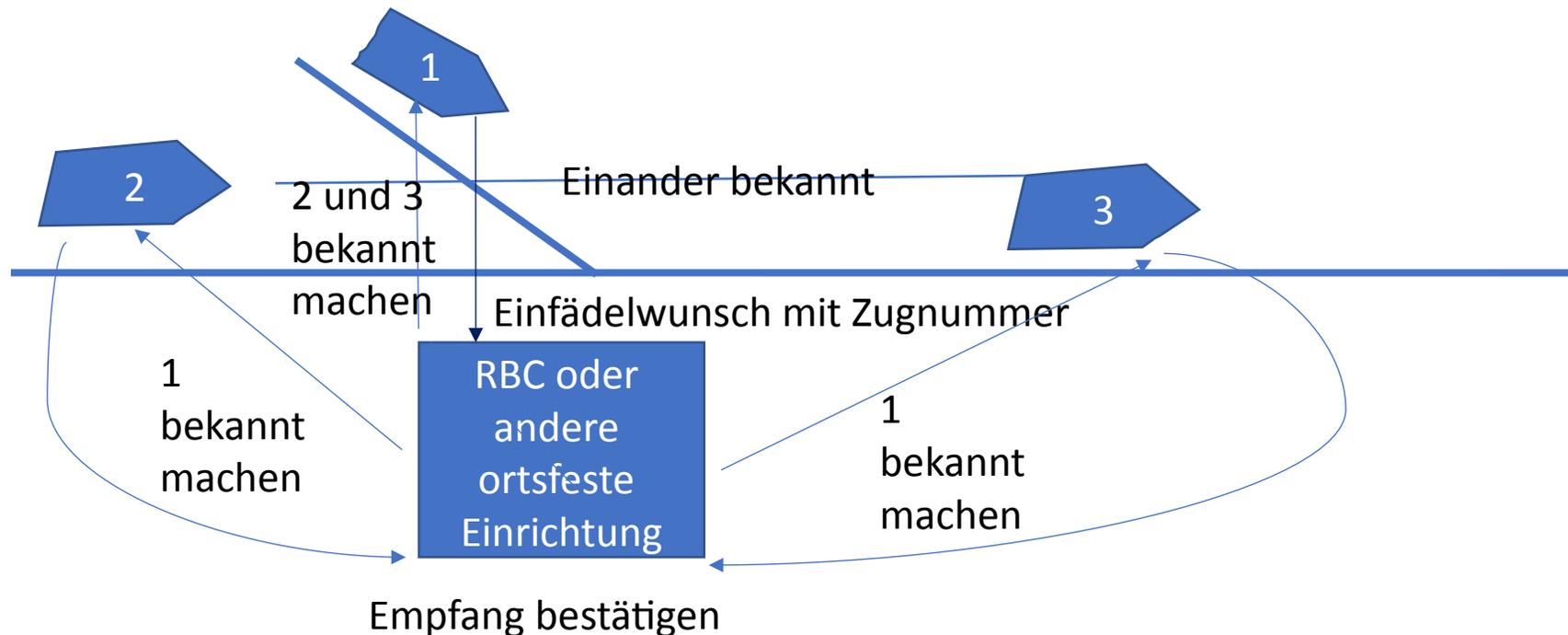
# Bemerkung zu ETCS und anderen funkbasierten Signalsystemen

- Übertragung der Information durch Funk **nicht sicher**
- Trotzdem Gesamtsystem **sicher**



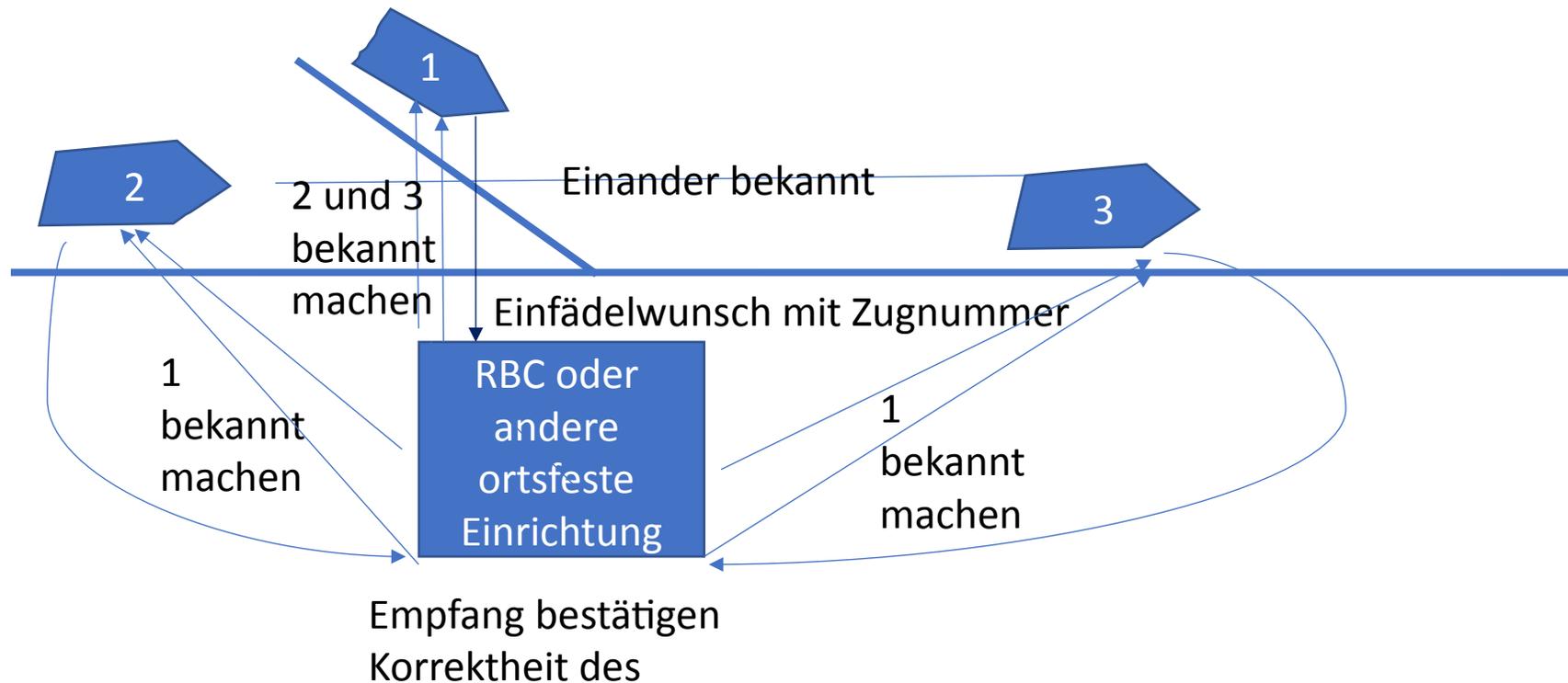
# Bemerkung zu ETCS und anderen funkbasierten Signalsystemen

- Übertragung der Information durch Funk **nicht sicher**
- Trotzdem Gesamtsystem **sicher**



# Bemerkung zu ETCS und anderen funkbasierten Signalsystemen

- Übertragung der Information durch Funk **nicht sicher**
- Trotzdem Gesamtsystem **sicher**



# Schlussbemerkungen

- Bahnsystem ist ein asynchrones Zustandstransformationssystem, das nichtdeterministisch bestimmten Regeln folgt
- Nachfolgezustand eines zulässigen Zustands darf nicht zu einem Unfall führen (unzulässig sein). Ein Beweis dafür ist zu führen, vor allen Dingen bei funkbasierten Systemen.