

Human Factors – Modellierung und Analyse menschlichen Verhaltens in komplexen Systemen der Eisenbahn



Dynamisches Eisenbahn System Modell
Modèle dynamique d'un système ferroviaire
Dynamic model of a railway system

TÜV Süd
safe.tech
28. April 2015

Dr.-Ing. Jürg Suter

Übersicht



1. Einleitung

Komplexität im Eisenbahnsystem
Problematiken der Automatisierung

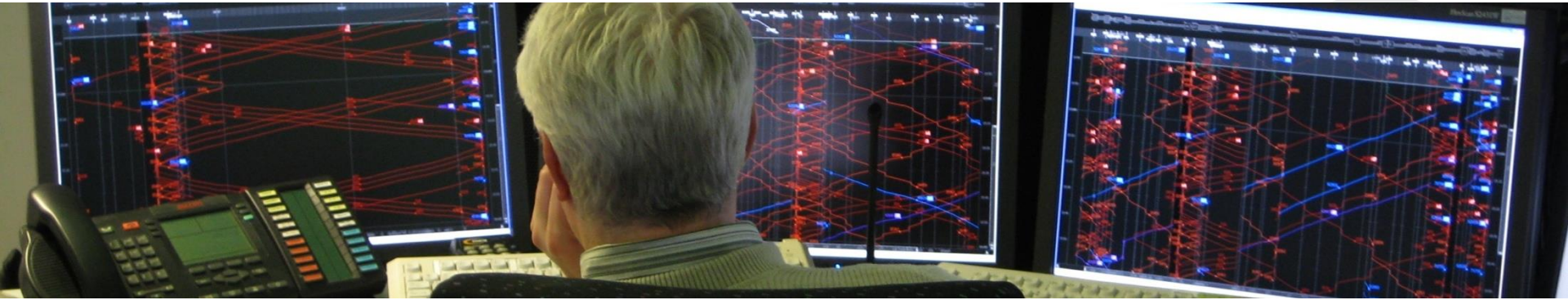
2. Fallstudien mit Lokführern

Signalfälle als Indikator
Das Forschungslabor
Messbarkeit von Situation Awareness
Ergebnisse

3. Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Simulatoren für die Untersuchung von
Human Factors

1. Einleitung



Komplexität im Eisenbahnsystem Problematiken der Automatisierung

1. Einleitung

Wozu Simulatoren?



Heute werden Simulatoren bei der Eisenbahn hauptsächlich zu Ausbildungszwecken eingesetzt.

Studien über die Human Factors im Bereich der Eisenbahn sind heute noch selten.

Was ist ein komplexes System?



1. Einleitung

Wozu Simulatoren?

	kompliziertes Problem	komplexes Problem
Struktur	Linear-kausale Abhängigkeiten	Vernetzte Abhängigkeiten
Gefahr	System verliert an Produktivität	System verliert an Lebensqualität
Analyseansätze	Suche nach Ursachen. Analyse gibt Aufschluss über Störungen	Verstehen der Wirkungszusammenhänge . Analyse zeigt problematische Grundmuster
Problemlösung	Reparieren der gestörten Wirkungskette	Gestaltungsimpulse geben

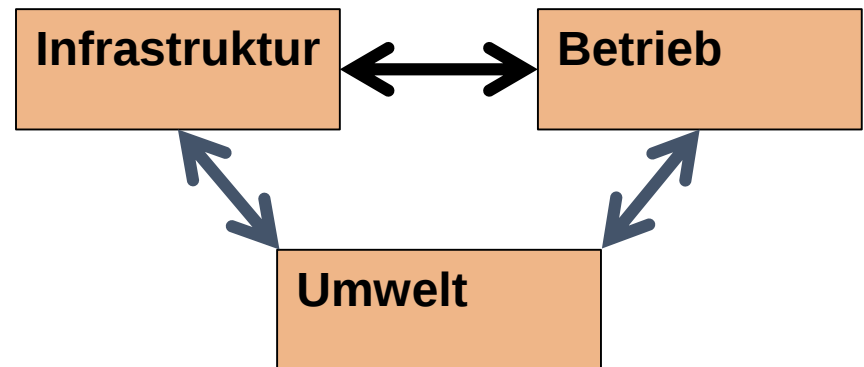
(Ninck, Bürki, Hungerbühler, Mühlemann, 2004)

1. Einleitung



Verkehr als komplexes System:

Verstehen von
Wirkungszusammenhängen



Quantitative und qualitative Ansätze für die Lösung der Problematiken im Zusammenhang mit der Datenerhebung, Datenaufbereitung, Systemmodellierung und der Anwendung von Simulatoren.

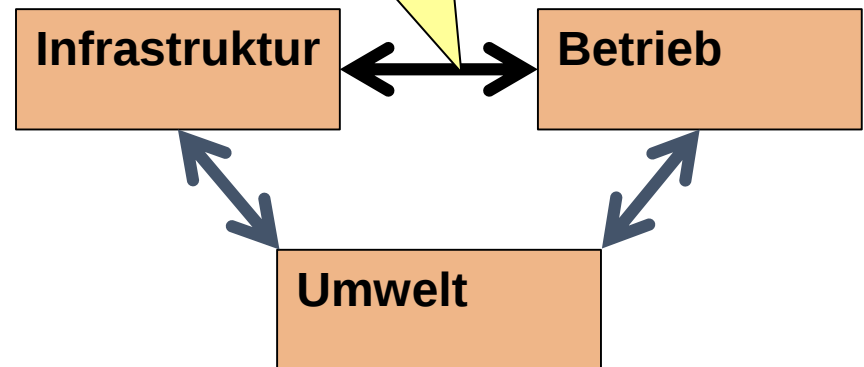
1. Einleitung

Komplexität durch nicht messbare Faktoren:
Schnittstelle Mensch-Maschine



Verkehr als komplexes System:

Verstehen von
Wirkungszusammenhängen



Quantitative und qualitative Ansätze für die Lösung der Problematiken im Zusammenhang mit der Datenerhebung, Datenaufbereitung, Systemmodellierung und der Anwendung von Simulatoren.

1. Einleitung



Automatisierung im Schienenverkehr: Vier Problematiken aus dem Bereich der menschlichen Faktoren

- ① **Der Mensch im technischen Umfeld → Komplexität**
 - ② **Der Mensch im Spannungsfeld der Automatisierung**
 - ③ **Mündliche Kommunikation**
 - ④ **Auswirkungen menschlicher Arbeitsprozesse im System**
- komplexe
soziotechnische
Problemstellung

Modelle für das Verständnis von komplexen Problemstellungen

- Formale Modelle zur Systembeschreibung (Petrinetze, railML)
mathematisch-analytisch → quantitativ
- Simulatoren für Mensch-Maschine-Untersuchungen
sensitiv-kognitiv → qualitativ

1. Einleitung



Fragen, die auf mathematisch-analytischem Weg nicht geklärt werden können:

- Im Zuge der technischen Entwicklung können oft nicht alle **Sicherheitslücken** ausgeschlossen werden. Wie können solche erkannt werden? *(Der Mensch im technischen Umfeld → Komplexität)*
- Im Zuge der Automatisierung wird der Mensch **vom Bediener zum Überwacher**. Wie kann man Grenzen der Automatisierung erkennen? *(Der Mensch im Spannungsfeld der Automatisierung)*
- Welche Problemstellungen resultieren aus der **technischen Entwicklung bei der Betriebsführung** der Bahn? *(Mündliche Kommunikation)*
- Wie können gefährliche **Auswirkungen menschlichen Handelns** auf der Systemebene erkannt und behoben werden? *(Auswirkungen menschlicher Arbeitsprozesse im System)*

2. Fallstudien



Signalfälle als Indikator

Das Forschungslabor

Messbarkeit von
Situation Awareness

Ergebnisse



2. Fallstudien

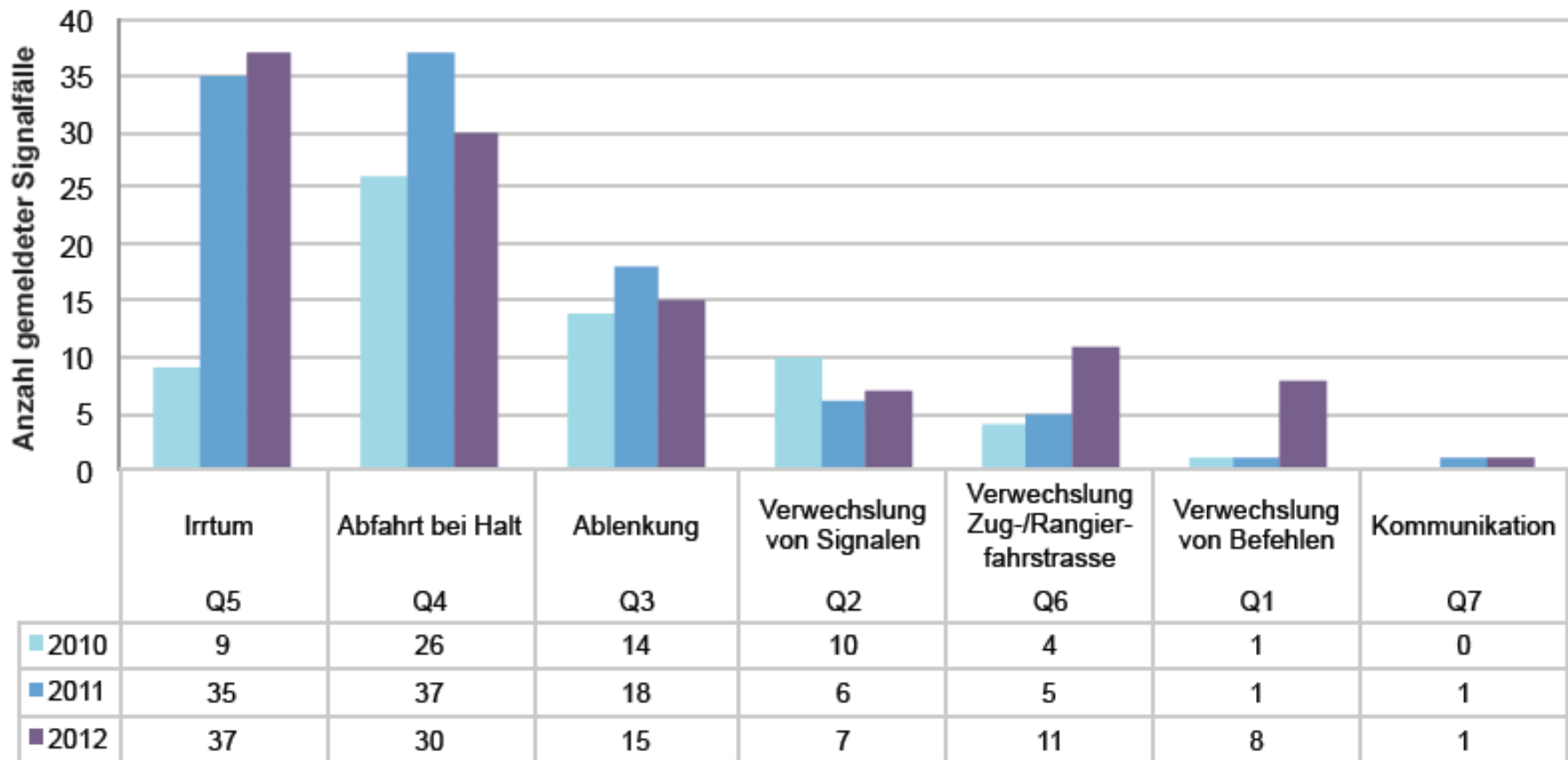
Signalfälle als Indikator

	Zahl der Signalfälle in der Schweiz	
2010	118	100%
2011	124	+5%
2012	136	+15%
2013	139	+18%



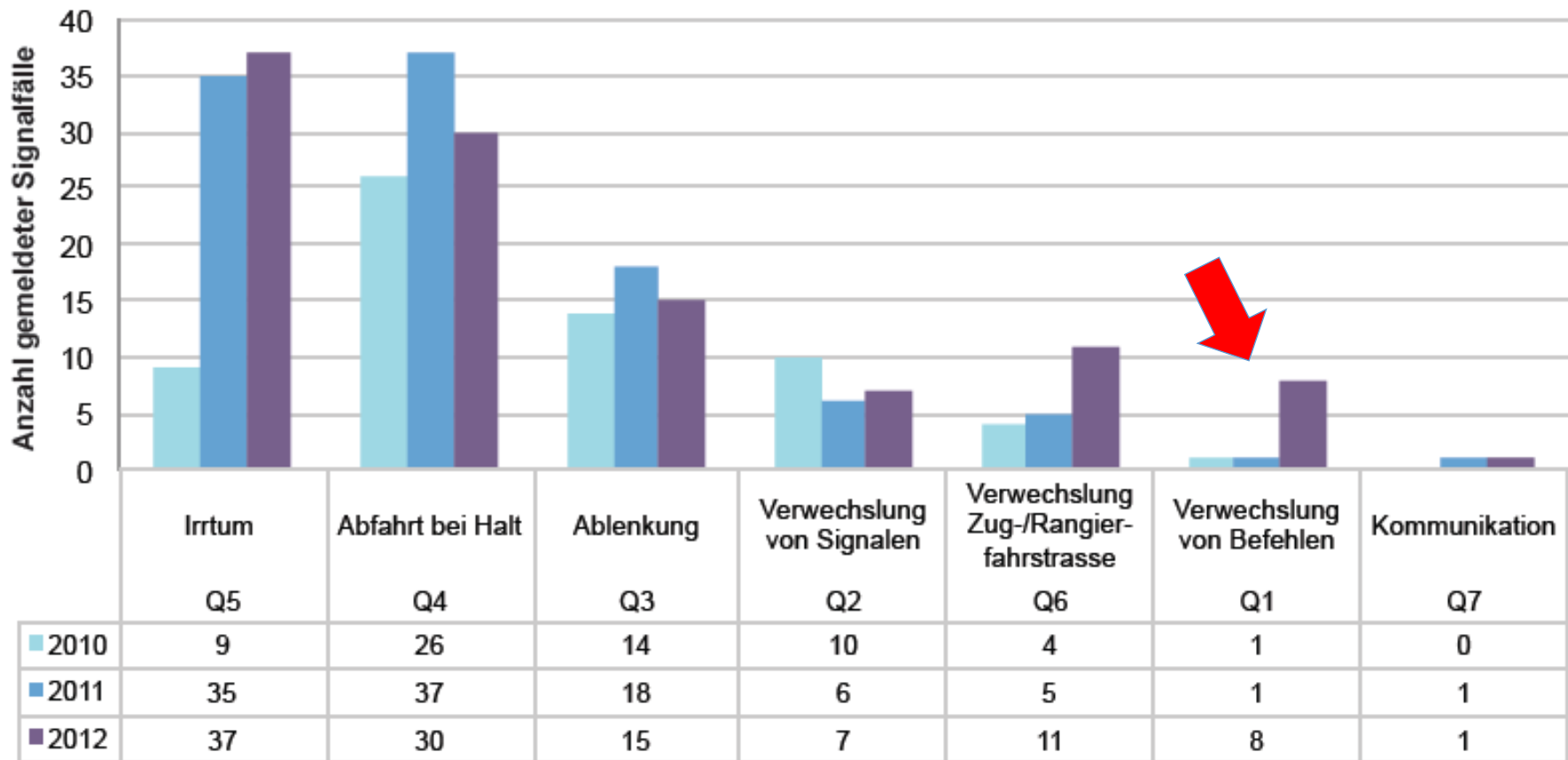
2. Fallstudien

Signalfälle als Indikator



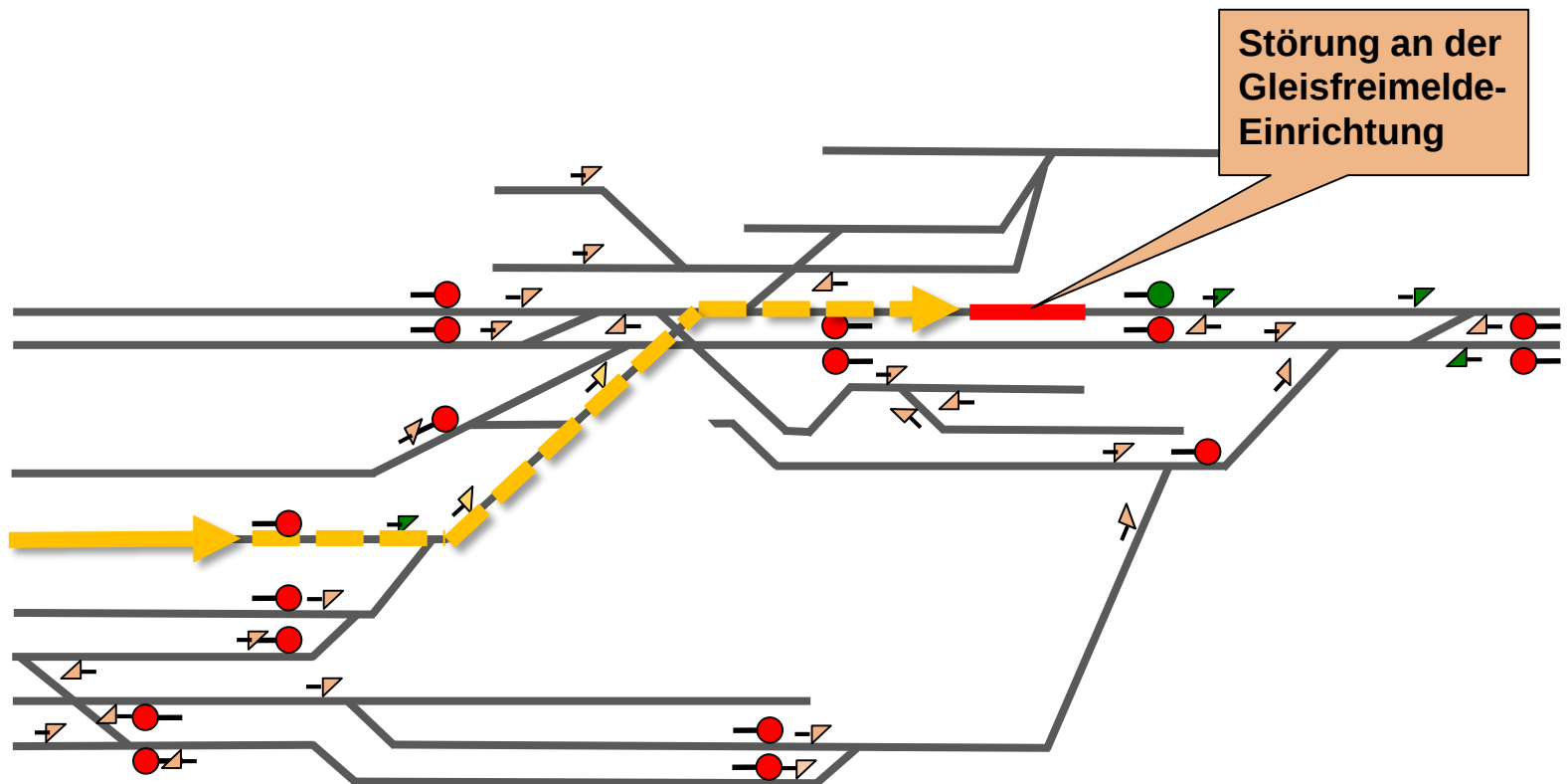
2. Fallstudien

Signalfälle als Indikator



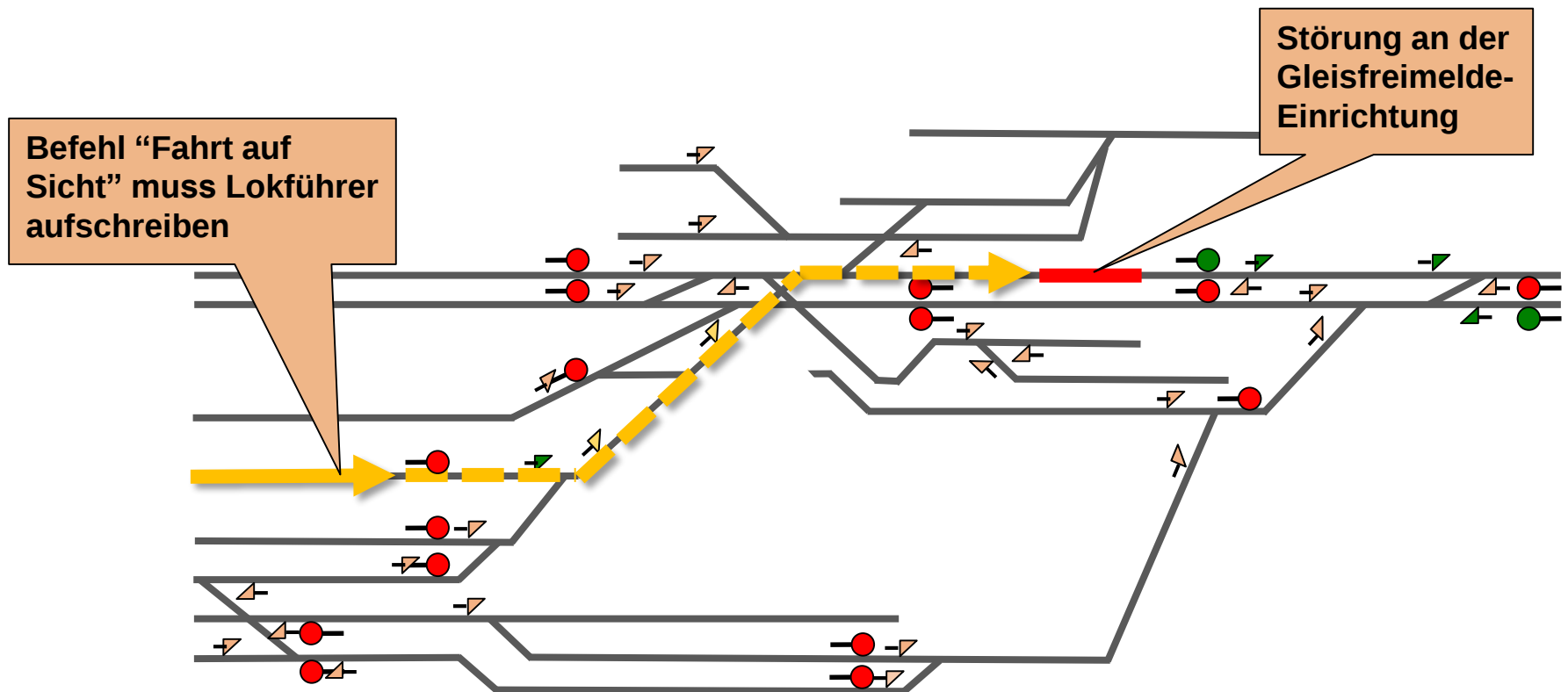
2. Fallstudien

Problem der Signalfälle



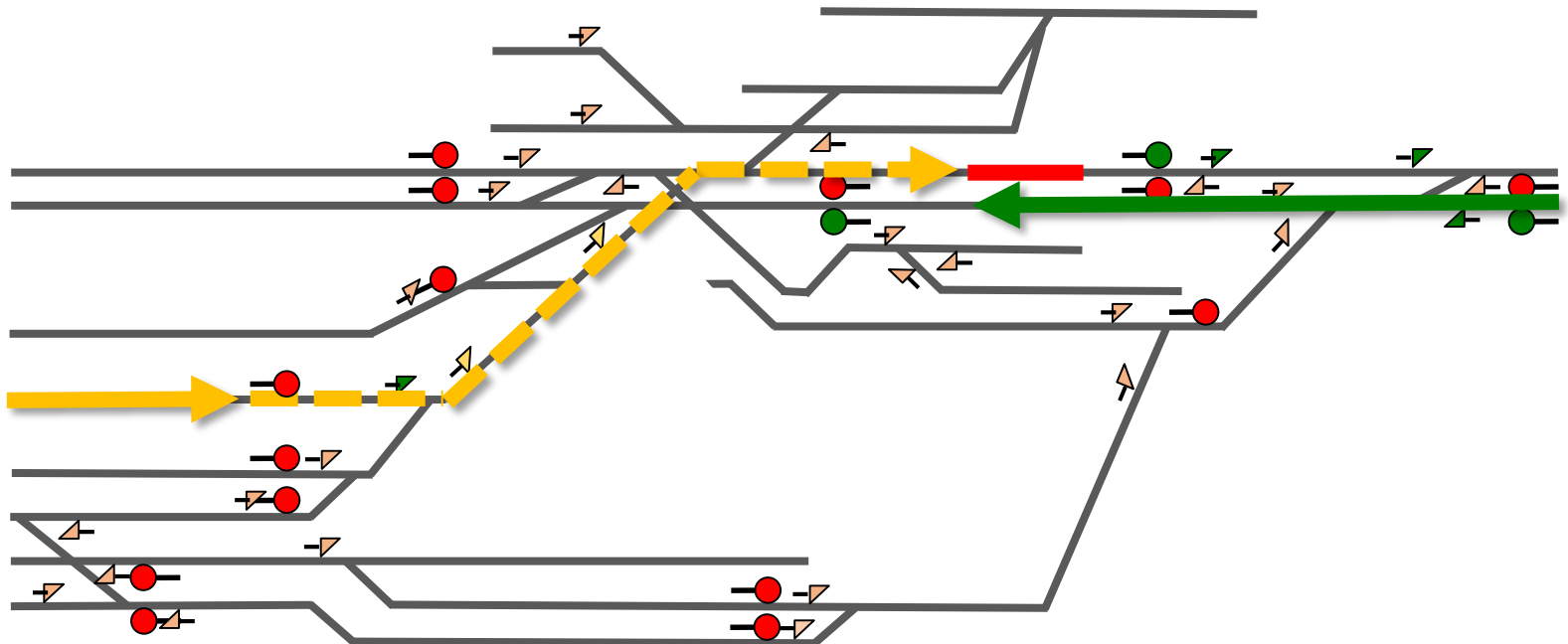
2. Fallstudien

Problem der Signalfälle



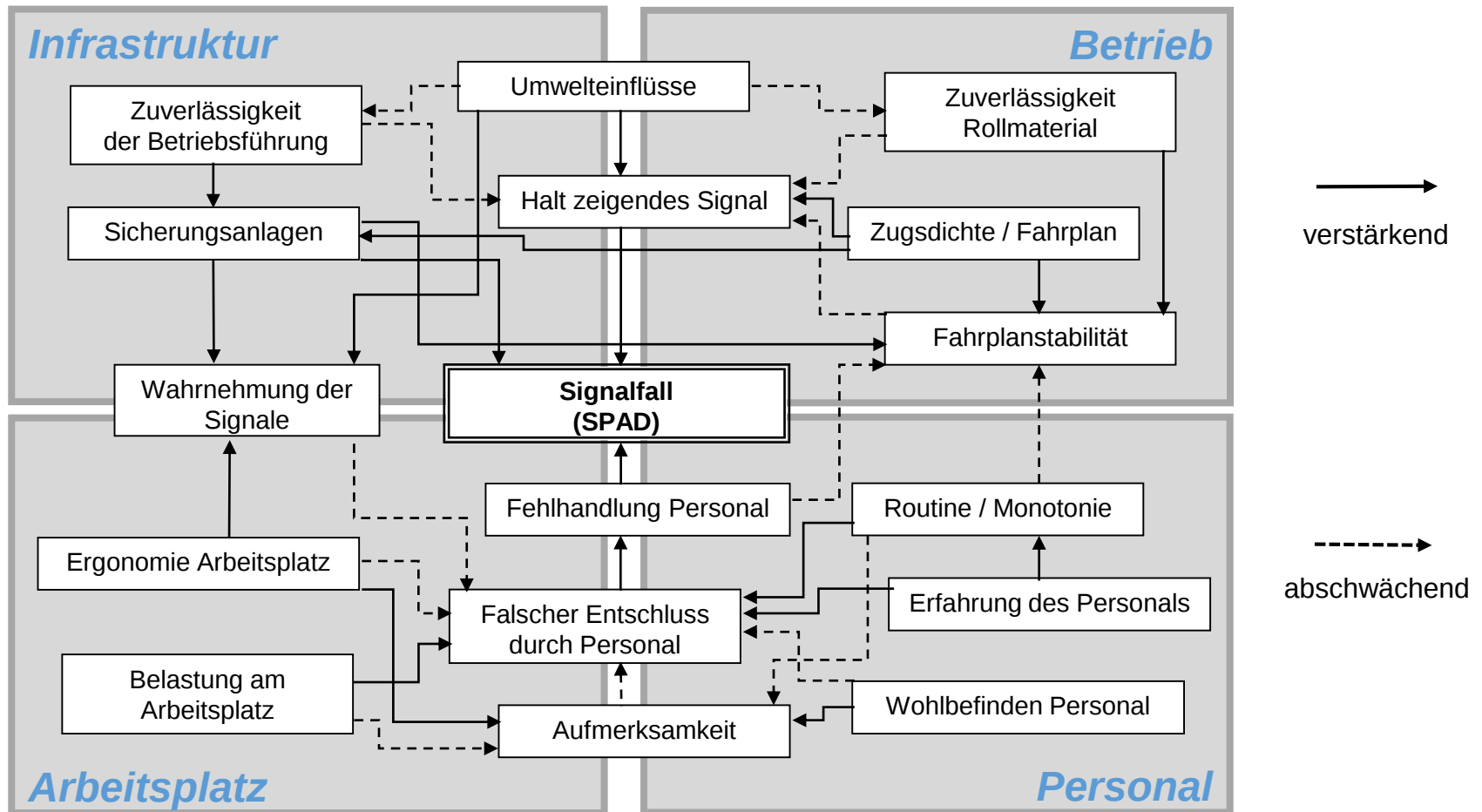
2. Fallstudien

Problem der Signalfälle



2. Fallstudien

Problem der Signalfälle



2. Fallstudien

Problem der Signalfälle



<http://www.20min.ch/diashow/diashow.tmpl?showid=77774>



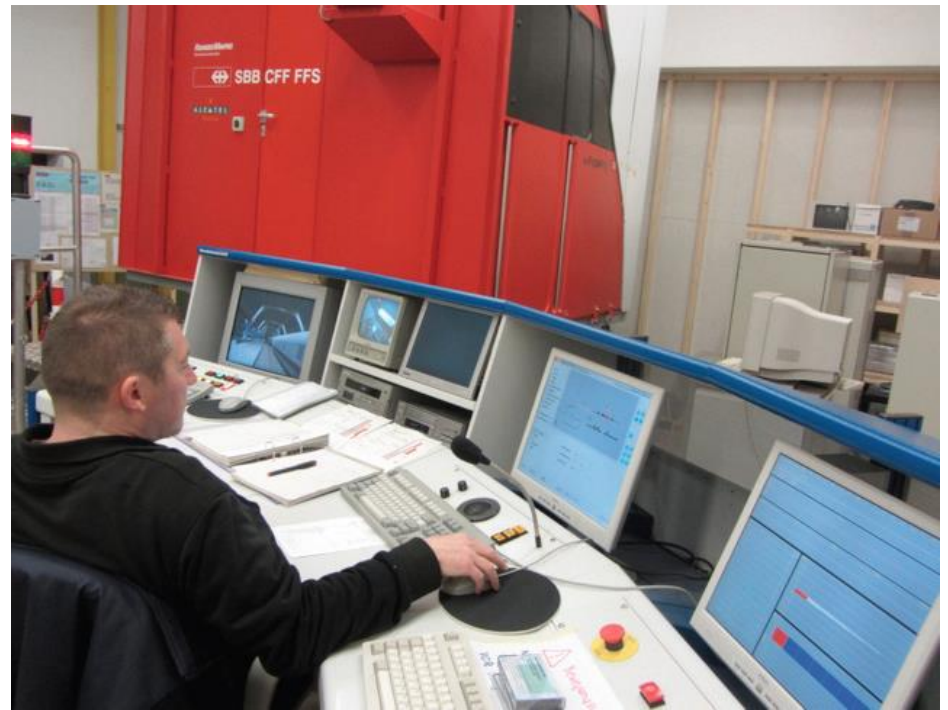
<http://www.nzz.ch/aktuell/panorama/neuhausen-zugunglueck-zusammenstoss-polizei-1.17931295>



<http://www.srf.ch/news/schweiz/zugkollision-in-rafz-zh-lokfuehrer-aspiranten-im-fuehrerstand>

2. Fallstudien

Das Forschungslabor



2. Fallstudien



Situation Awareness

*“Die **Wahrnehmung** von Elementen in der Umgebung (...), das **Verständnis** ihrer Bedeutung und die **Vorhersage** ihres Zustands in naher Zukunft.” (Endsley, 1995)*



2. Fallstudien

Situation Awareness



Wahrnehmung
level 1

Lokführer sieht
ein Signal

Verständnis
level 2

Er weiss, was das
Signal bedeutet

Vorhersage
level 3

Er weiss, was er in
den nächsten
Sekunden tun muss

2. Fallstudien

Situation Awareness



 Dilemmata in Szenario B		Kriterien	Ja = 2 / nein = 0
1	Lampendefekt am Rangiersignal	Verständigung Fahrdienstleiter?	
2	Fahrzeugstörung	Einleitung der Bremsung vor Vorsignal?	
3	Langsamfahrstelle 80 Km/h	V _{IST} 80 km/h beim Anfangssignal?	
4	Schutzstrecke	Korrekter Prozess bei Schutzstrecke?	
5	Ausfahrtsignal zeigt Halt (Nachbargleis Fahrt)	Korrekter Prozess?	
6	Vorsignal 60 km/h	V _{IST} 60 km/h bei Hauptsignal?	
7	Ausserordentlicher Halt in Zürich-Altstetten	Halt ausgeführt?	
8	Unklarer Notruf über Funk	Fahrt auf Sicht (V _{max} 40 km/h)?	
9		Verständigung Fahrdienstleiter?	
10	Lampendefekt am Rangiersignal	Zug angehalten?	
11		Verständigung Fahrdienstleiter?	

→ Performance score

2. Fallstudien

Situation Awareness



Name _____ Datum _____ **n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Angewandte Psychologie

Szenario ☐ A1 ☐ B1 ☐ A2 ☐ B2

(wird durch Testleiterin/ Testleiter ausgefüllt) **Situation Awareness Rating Technique SART**

Denken Sie bitte an die soeben beendete Fahrt im Lok-Simulator zurück und kreuzen Sie bei jedem Satz jeweils ein Feld an:

1	Der Fahrtverlauf war...	...sehr stabil und gradlinig	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	...sehr instabil plötzlichen Wechseln
2	Die Fahrt war...	...einfach	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	...komplex
3	Während der Fahrt haben sich...	...wenig Faktoren geändert	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	...viele Faktoren geändert
4	Ich war während der Fahrt...	...wenig reaktionsbereit	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	...sehr reaktionsbereit
5	Während der Fahrt bin ich gedanklich...	...oft abgeschweift	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	...sehr konzentriert gewesen
6	Ich habe mich während der Fahrt...	...auf nur einen Aspekt konzentriert	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	...auf mehrere Aspekte konzentriert
7	Ich hatte während der Fahrt durch die Bewältigung der Aufgaben...	...„den Kopf voll“	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	...„den Kopf frei“
8	Ich habe während der Fahrt vom Fahrdienstleiter und aus den Unterlagen...	...nur wenig Information erhalten	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	...sehr viel Information erhalten
9	Die erhaltenen Informationen waren...	...nutzlos	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	...hilfreich
10	Die Aufgaben während der Fahrt (nicht die Strecke an sich) waren für mich insgesamt...	...neu	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	...bekannt

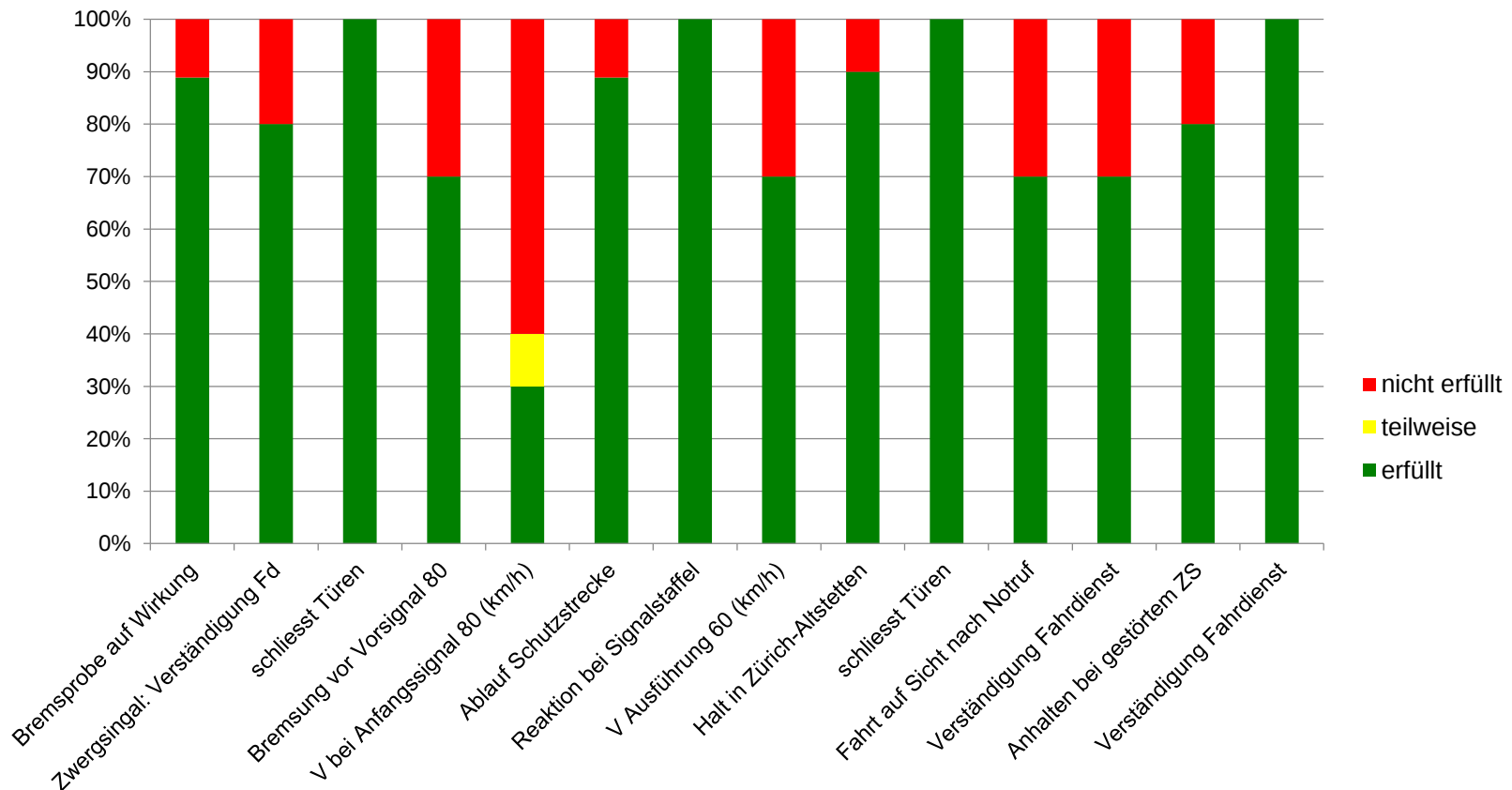
→ Self-rating score

2. Fallstudien

Ergebnisse



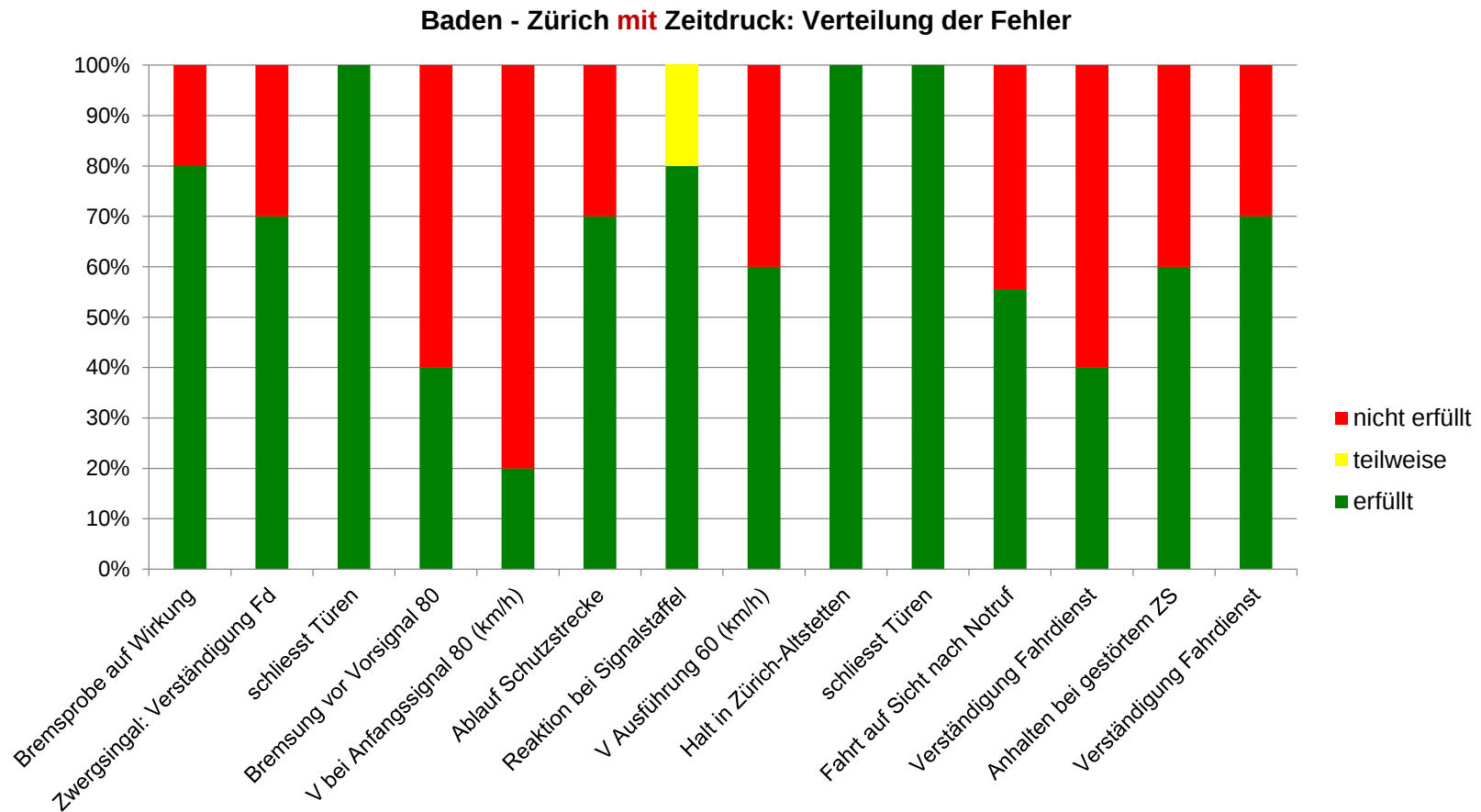
Baden - Zürich **ohne** Zeitdruck: Verteilung der Fehler



Reihenfolge der Dilemmata auf der Fahrt von Zug 33837 Baden - Zürich

2. Fallstudien

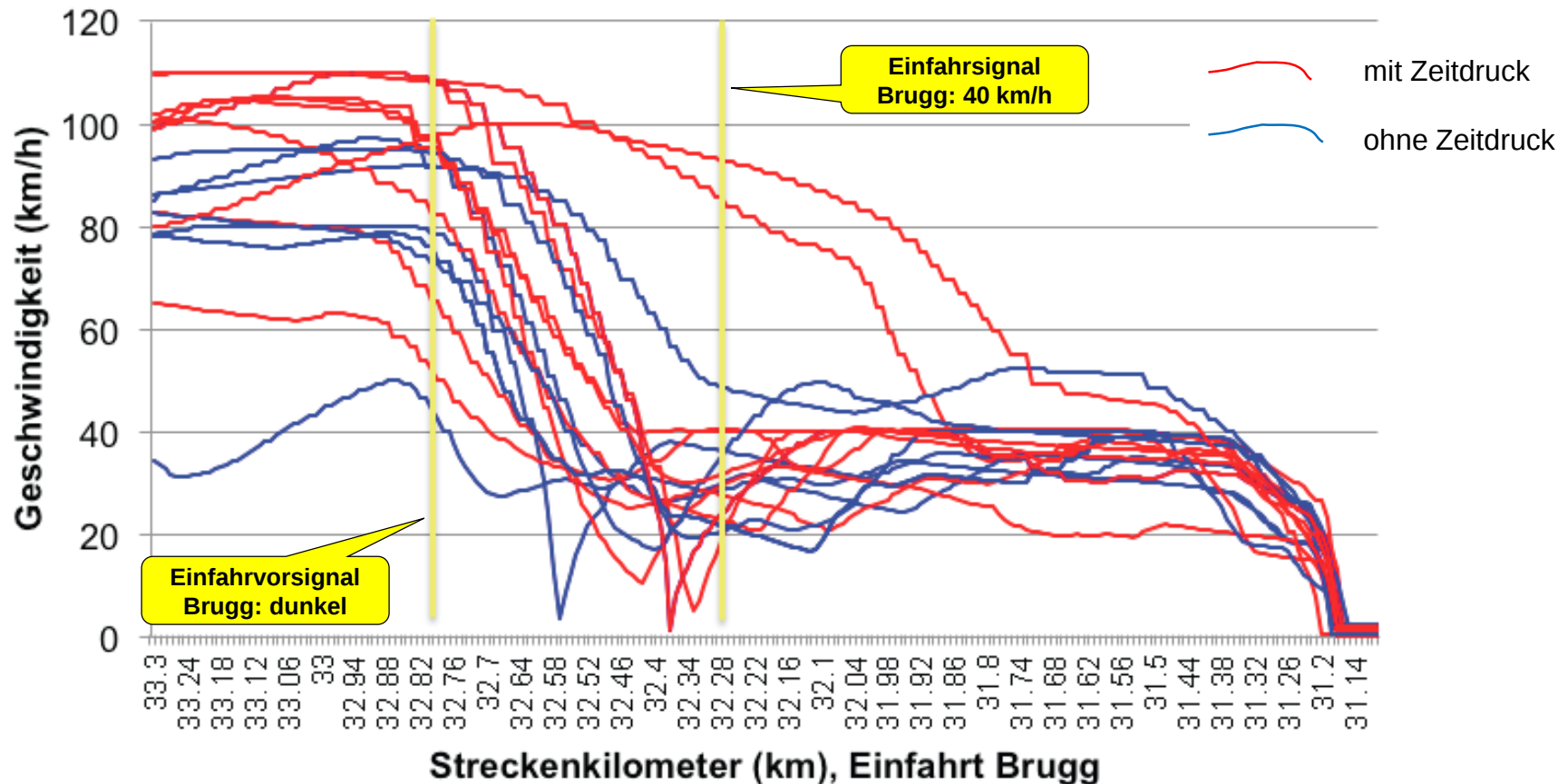
Ergebnisse



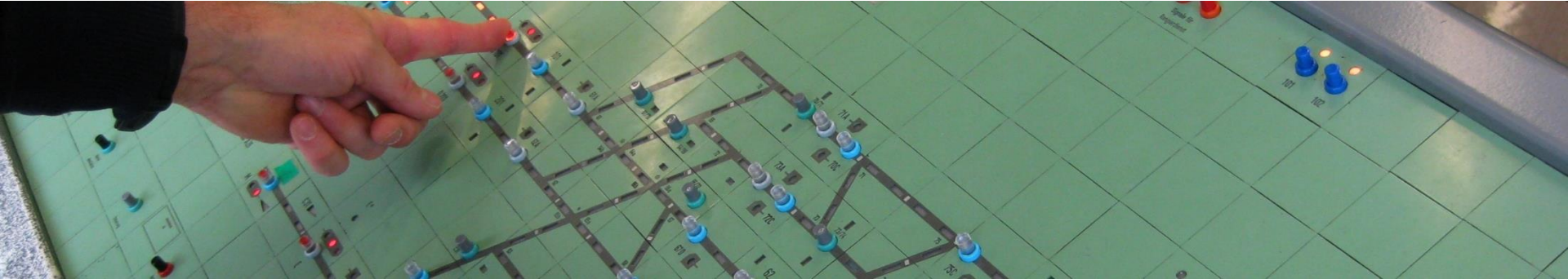
Reihenfolge der Dilemmata auf der Fahrt von Zug 33837 Baden - Zürich

2. Fallstudien

Ergebnisse



3. Schlussfolgerungen



Simulatoren für die Untersuchung von
Human Factors

3. Schlussfolgerungen

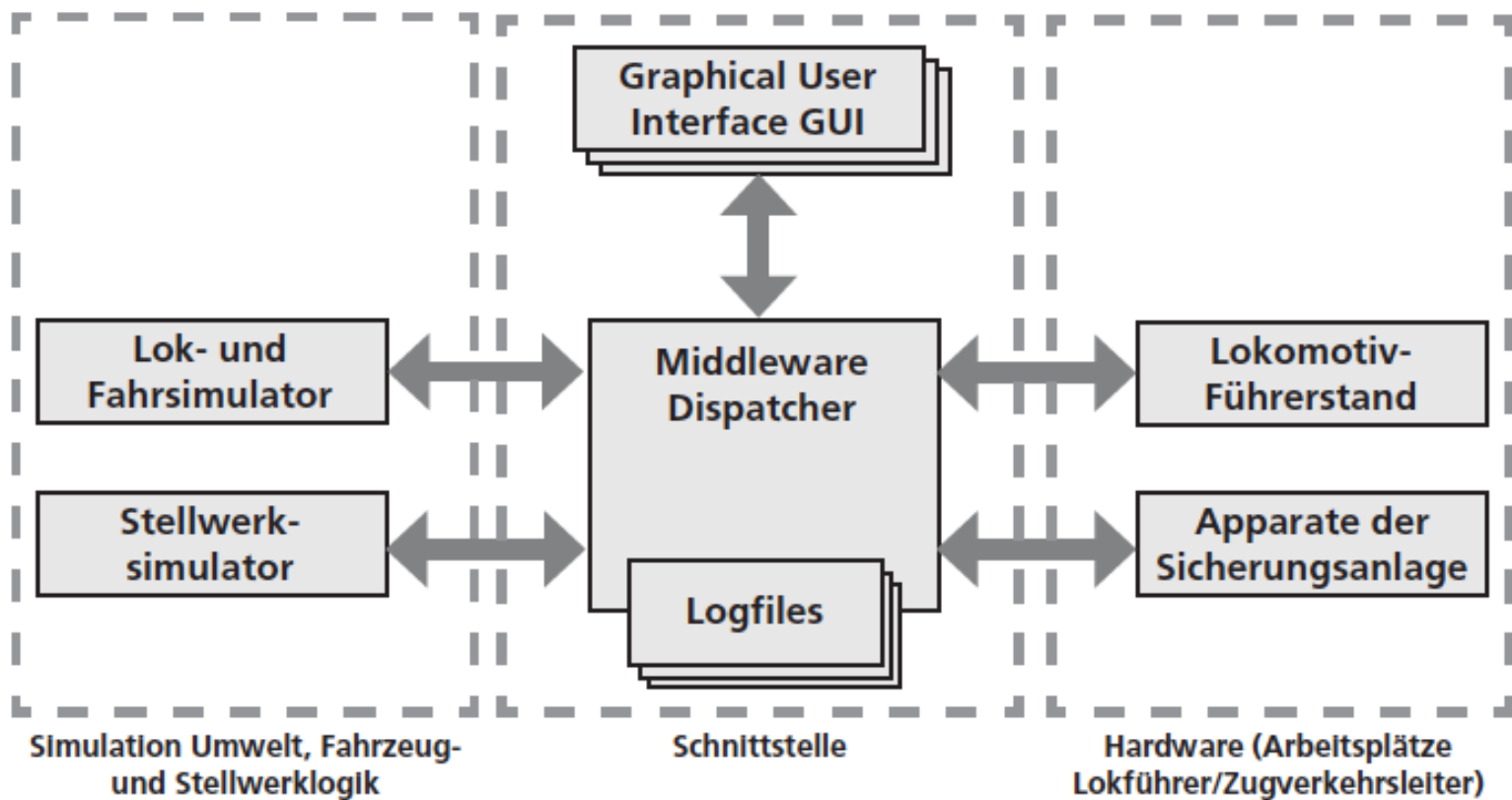
Erkenntnisse



Notwendigkeit von integrierten Simulatoren!

3. Schlussfolgerungen

Middleware



3. Schlussfolgerungen

Das Forschungslabor DESM



- Dienstleistung für Eisenbahnunternehmen, Forschungsinstitutionen und Industrie
- Aufzeigen von Gefährdungen in der Betriebsführung der Bahn und an den Schnittstellen Mensch-Maschine
- Middleware für die Integration von Eisenbahnsimulatoren
- Modellierung von Eisenbahnsystemen
- Planen, organisieren und ausführen von umfassenden Studien sowie Ausbildungskursen

Fragen?



→ www.desm.ch