TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ Institut für Bahnsysteme und Öffentlichen Verkehr

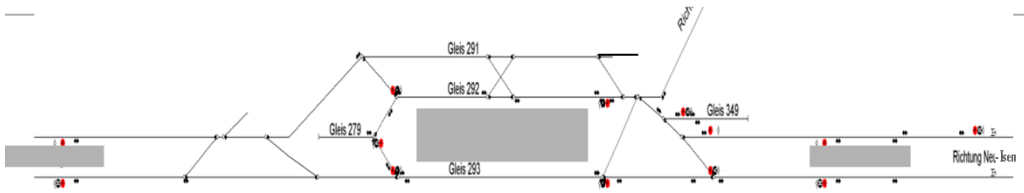
Professur für Bahnverkehr, öffentlicher Stadt- und Regionalverkehr

„Wissenschaftliche Untersuchung zur Realisierbarkeit und Qualität des Betriebskonzeptes im Abschnitt Flughafenkurve – Abzweig Rohrer Kurve des PFA 1.3 Filderbereich mittels Betriebssimulation“

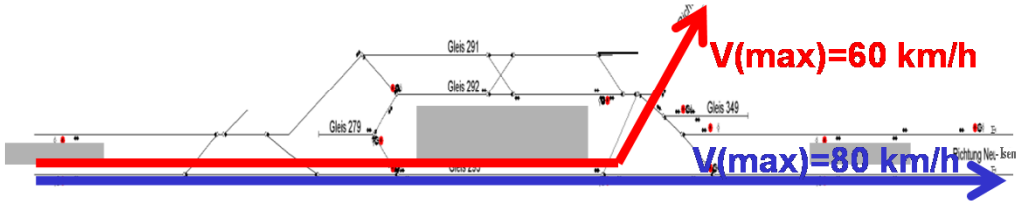
Kurzpräsentation

Echterdingen, 16.09.2014

Ablauf einer Betriebssimulation



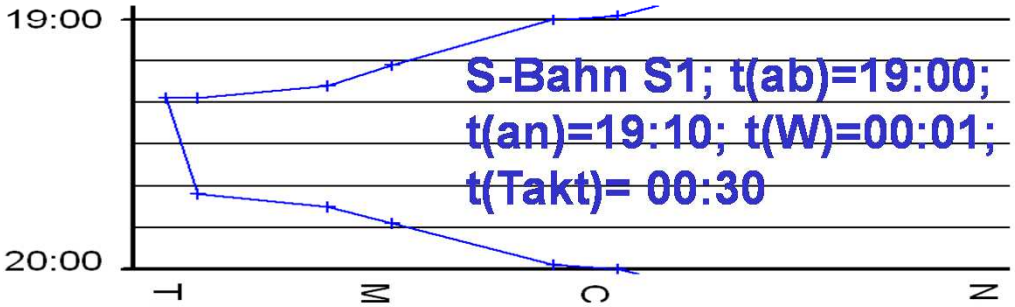
Eingabe der gleisgenauen Infrastruktur



Eingabe der Fahrstraßen / Fahrwege

S-Bahn, BR 143, 140 m, 200 t, 1,0m/s²

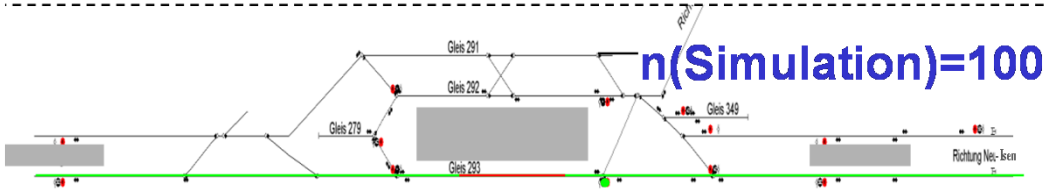
Eingabe Zugcharakteristika / Fahrdynamik



Eingabe Betriebsprogramm / Fahrplan

S-Bahn S1: Wkt(tVersp)=0,2, gleichverteilt;
tVersp,mittl.=0,5 min, exponentialverteilt

Eingabe der Werte für die Mehrfachsimulation

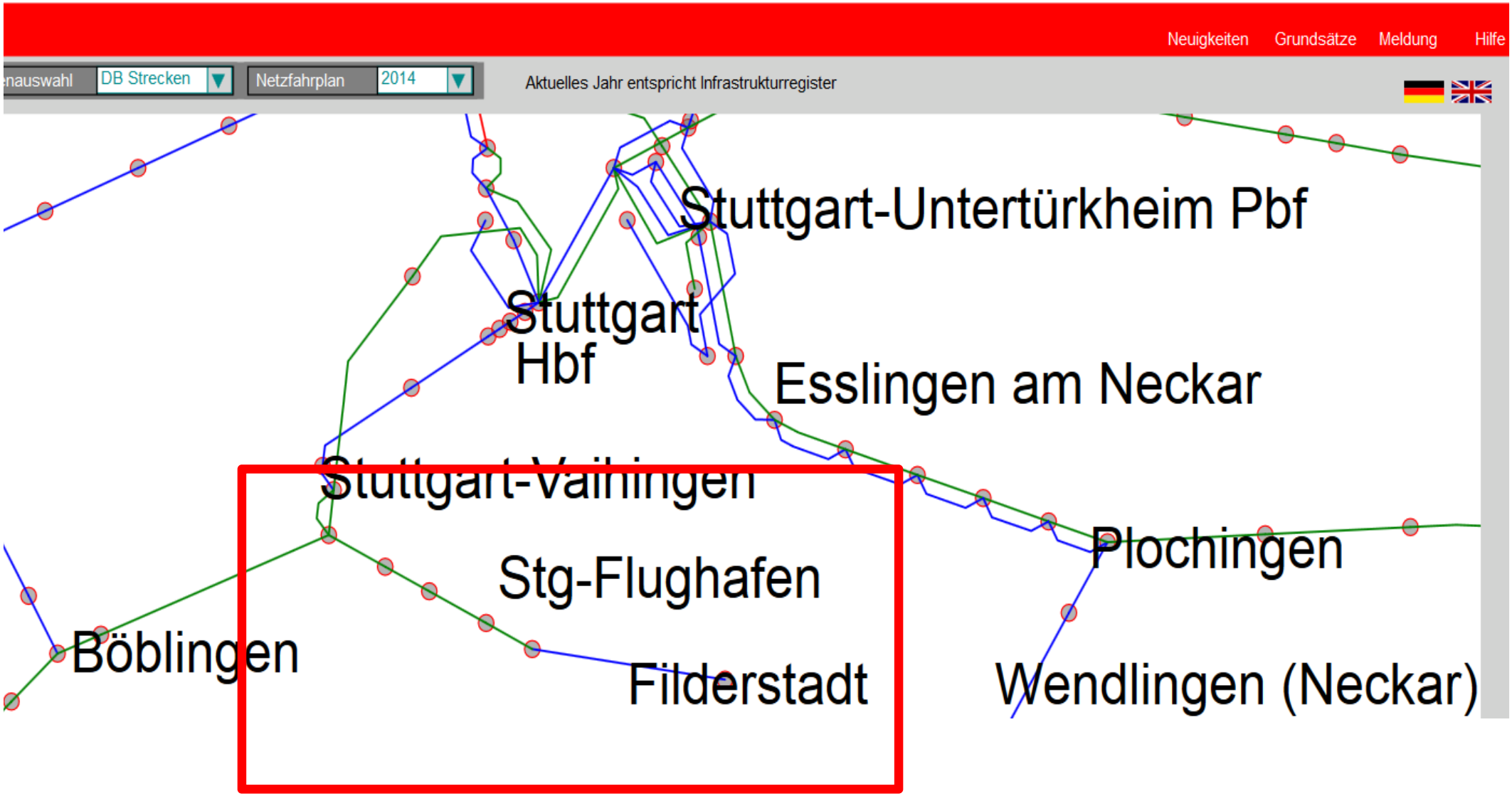


Durchführung und Auswertung der Simulation

© Professur für Bahnverkehr, öffentlicher Stadt- und Regionalverkehr, 07/2014

Umfang und Grenzen der Infrastrukturabbildung in der Eisenbahnbetriebssimulation der TU Dresden

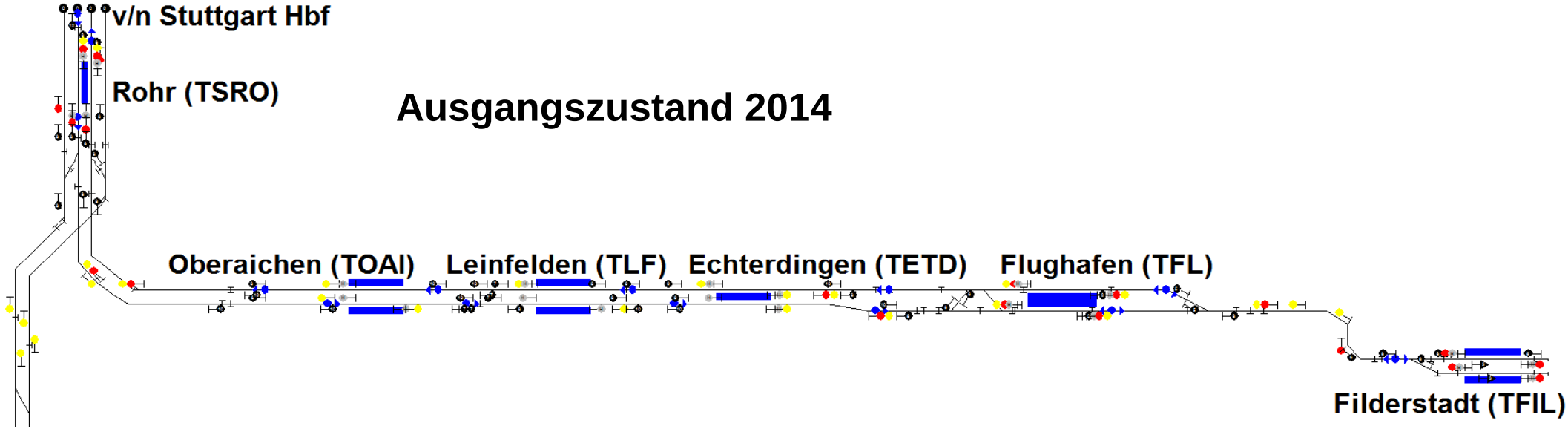
Grenzen der übernommenen und aufbereiteten Infrastruktur

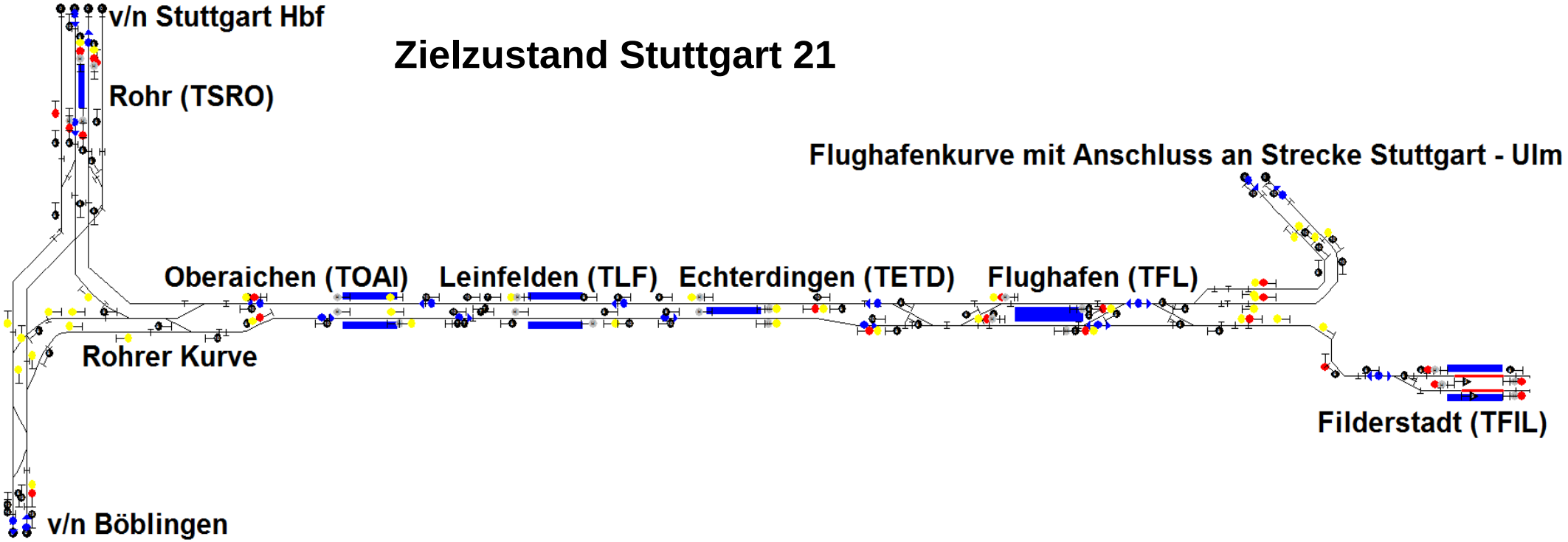


Quelle: DB Netz AG; http://stredax.bahn.de/ISRViewer/public_html_de/svg/index.html

© Professur für Bahnverkehr, öffentlicher Stadt- und Regionalverkehr, 07/2014

Infrastrukturabbildung in der Eisenbahnbetriebssimulation der TU Dresden
Detailansichten im Ausgangszustand 2014 und Zielzustand Stuttgart 21





© Professur für Bahnverkehr, öffentlicher Stadt- und Regionalverkehr, 07/2014

Betriebsprogramm Ausgangszustand und Zielzustand

Ausgangszustand

S2 (Schorndorf) - Rohr - Flughafen/Messe - Filderstadt und Gegenrichtung

- 30 Minuten Takt zwischen 05:00 und 01:00
- Verkehrshalte in Rohr, Oberaichen, Leinfelden, Echterdingen, Flughafen/Messe, Filderstadt
- zur S3 ein 10 Minuten / 20 Minuten Takt

S3 (Backnang) - Rohr - Flughafen/Messe und Gegenrichtung

- 30 Minuten Takt zwischen 05:00 und 22:00
- Verkehrshalte in Rohr, Oberaichen, Leinfelden, Echterdingen, Flughafen/Messe
- zur S2 ein 20 Minuten / 10 Minuten Takt

Zielzustand

S2 (Schorndorf) - Rohr - Flughafen/Messe - Filderstadt und Gegenrichtung

- 30 Minuten Takt zwischen 05:00 und 01:00
- Verkehrshalte in Rohr, Oberaichen, Leinfelden, Echterdingen, Flughafen/Messe, Filderstadt
- zur S3 ein 10 Minuten / 20 Minuten Takt

S3 (Backnang) - Rohr - Flughafen/Messe und Gegenrichtung

- 30 Minuten Takt zwischen 05:00 und 22:00
- Verkehrshalte in Rohr, Oberaichen, Leinfelden, Echterdingen, Flughafen/Messe
- zur S2 ein 20 Minuten / 10 Minuten Takt

ICE (Böblingen) – Abzweig Rohr – Flughafen/Messe – Abzweig Flughafenkurve – (Stuttgart Hbf) und Gegenrichtung

- 120 Minuten Takt zwischen 06:00 und 20:00;
- Verkehrshalt in Flughafen/Messe (Terminal)
- Abfahrt Minute 27 Richtung Böblingen in gerader Stunde
- Abfahrt Minute 35 in Richtung Stuttgart in ungerader Stunde

RE (Böblingen) – Abzweig Rohr – Flughafen/Messe – Abzweig Flughafenkurve – (Stuttgart Hbf) und Gegenrichtung

- 60 Minuten Takt zwischen 06:00 und 20:00;
- Verkehrshalt in Flughafen/Messe (Terminal)
- Abfahrt zur Minute 57 in Richtung Böblingen
- Abfahrt zur Minute 04 in Richtung Stuttgart.

Verstärker RE (Böblingen) - Abzweig Rohr - Flughafen/Messe - Abzweig Flughafenkurve - (Stuttgart Hbf) und Gegenrichtung

- Stunden zwischen 07:00 und 08:00 sowie 15:00 und 16:00;
- Verkehrshalt in Flughafen/Messe (Terminal)
- Abfahrt zur Minute 27 in Richtung Böblingen
- Abfahrten zur Minute 21 und 49 in Richtung Stuttgart

© Professur für Bahnverkehr, öffentlicher Stadt- und Regionalverkehr, 07/2014

eingesetzte Fahrzeuge im Ausgangszustand und Zielzustand

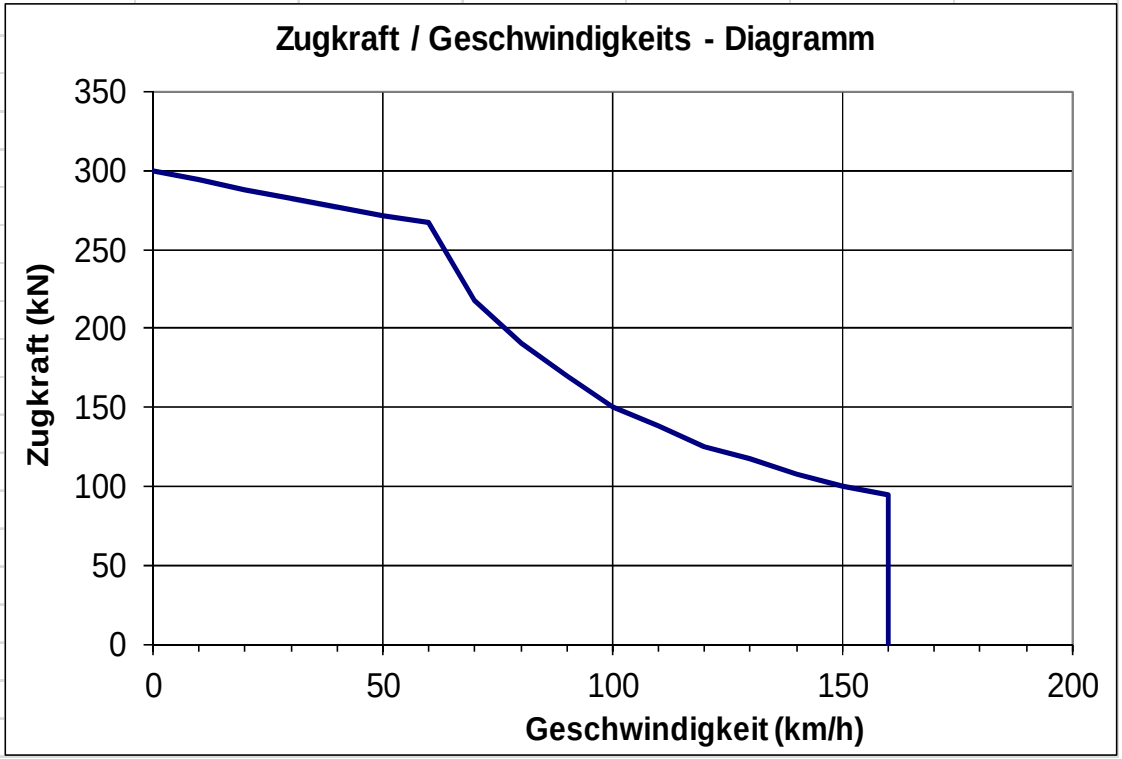
S-Bahnen: Triebwagenzug der Baureihe BR 423 als Langzug mit 3 Einheiten

RE: Triebfahrzeug der Baureihe BR 146 mit 5 Doppelstockwagen

ICE: Triebwagenzug ICE-T der Baureihe BR 411 mit 7 Wagen

Zugart	v_{max} in km/h	Zuglänge in m	Zugmasse in t	a_{an} in m/s²	a_{br} in m/s²
S-Bahn	140	203	368	1,0	0,9
ICE	230	185	366	0,5	0,5
RE	160	151	385	0,7	0,7

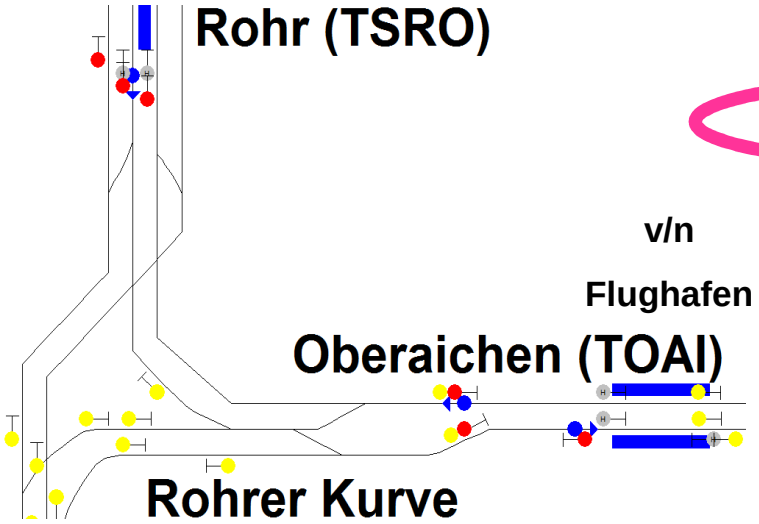
Zugkraft (kN)	Geschw. (km/h)
0	300
10	294
20	288
30	282
40	277
50	272
60	267
70	218
80	191
90	170
100	150
110	138
120	125
130	117
140	108
150	100
160	95
160	0



Beispiel für die Abbildung einer E-Lok Baureihe der DB AG in der Simulation

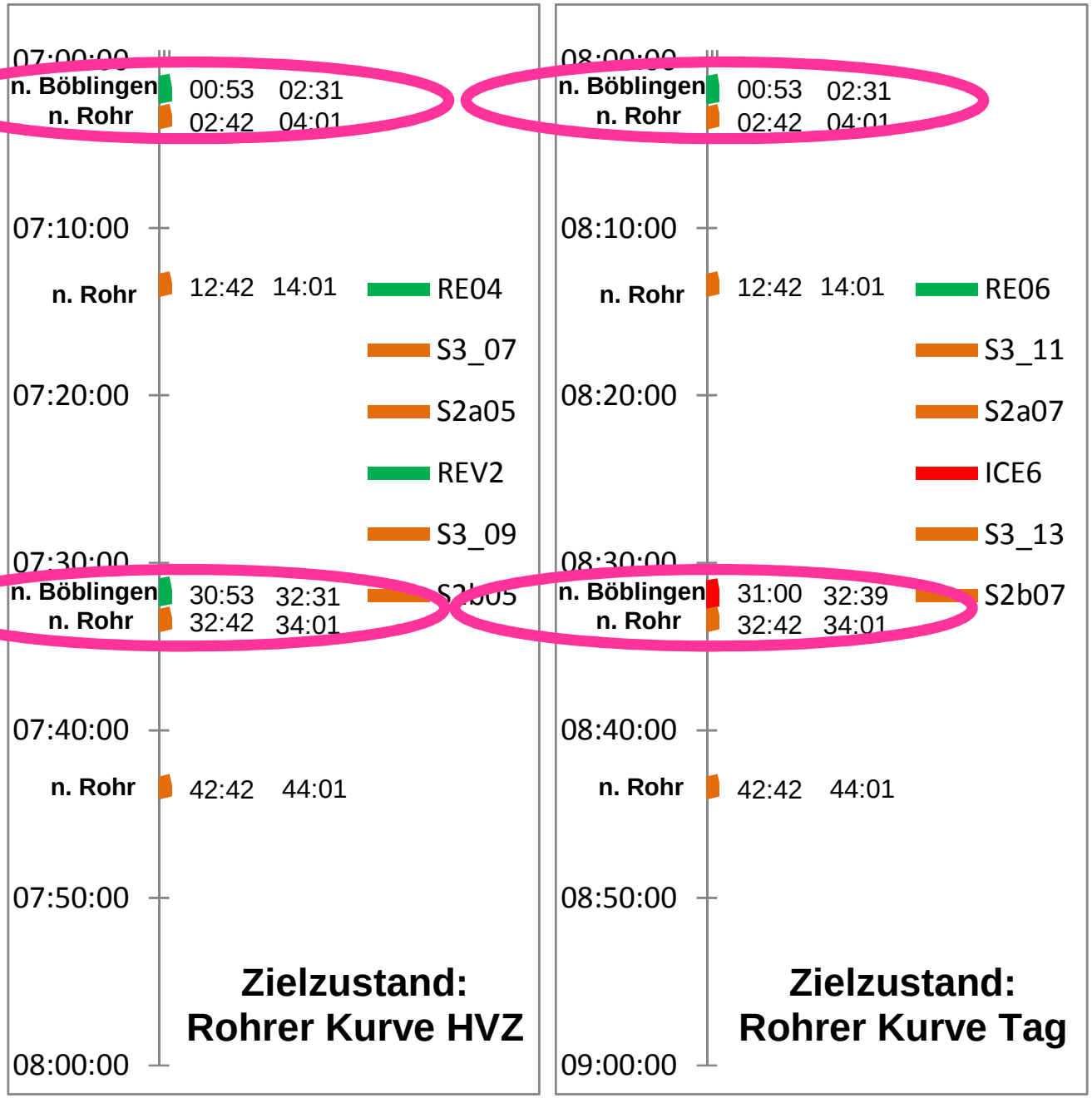
© Professur für Bahnverkehr, öffentlicher Stadt- und Regionalverkehr, 07/2014

Gleisbelegung Rohrer Kurve (eingleisiger Kreuzungsabschnitt) für den Zielzustand



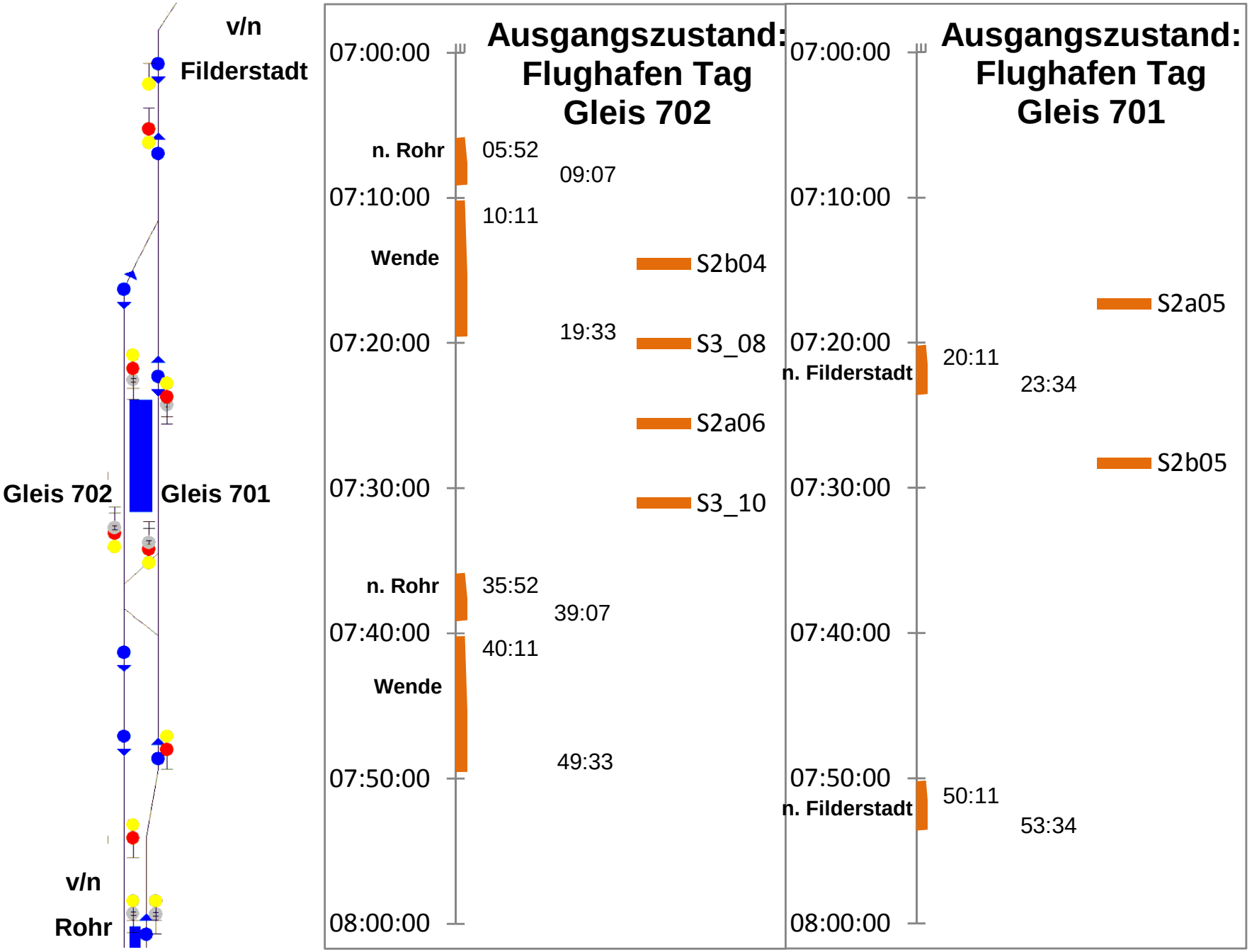
Pufferzeit RE – S3 = 11 s

Pufferzeit ICE – S3 = 3 s



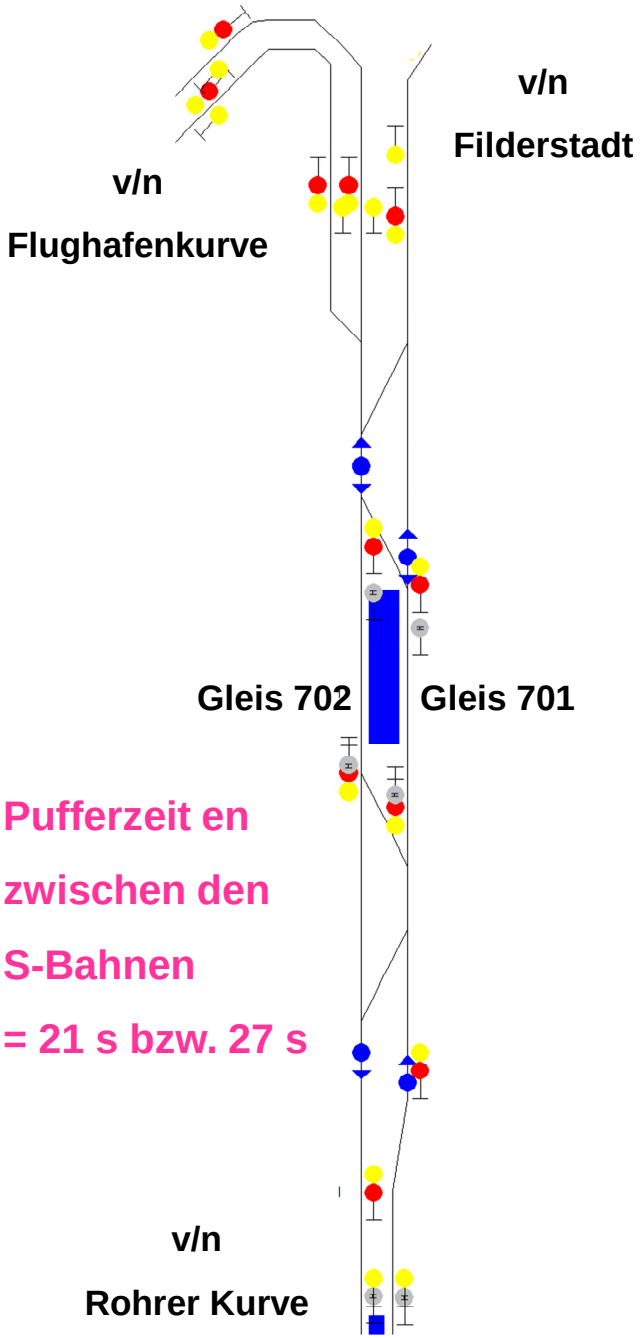
© Professur für Bahnverkehr, öffentlicher Stadt- und Regionalverkehr, 07/2014

Gleisbelegung Bahnhof Flughafen/Messe für den Ausgangszustand

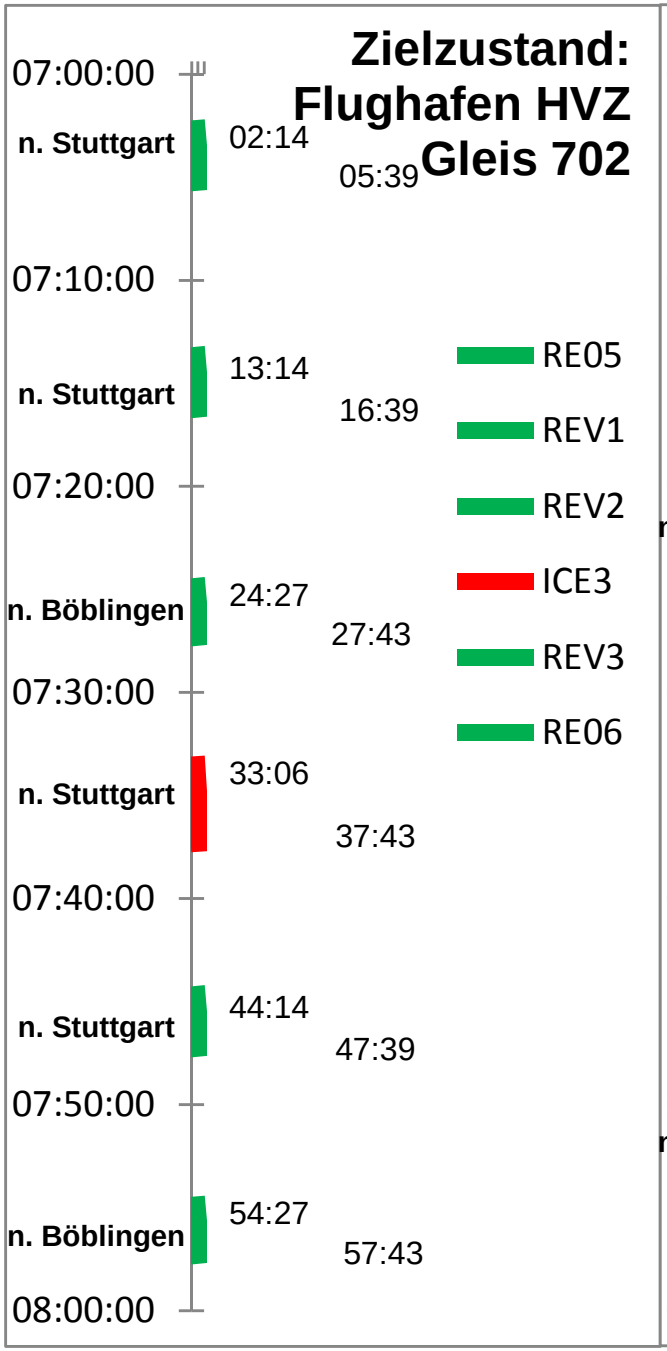


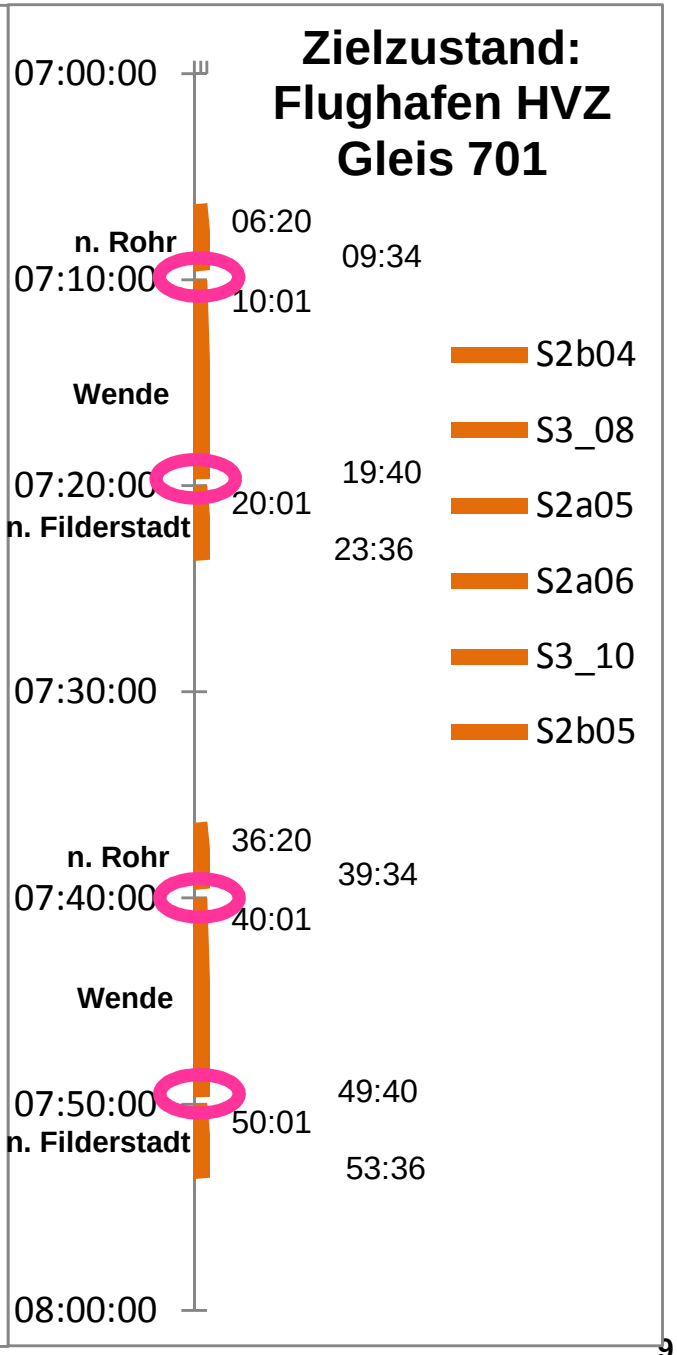
© Professur für Bahnverkehr, öffentlicher Stadt- und Regionalverkehr, 07/2014

Gleisbelegung Bahnhof Flughafen/Messe (Terminal) für den Zielzustand in der HVZ



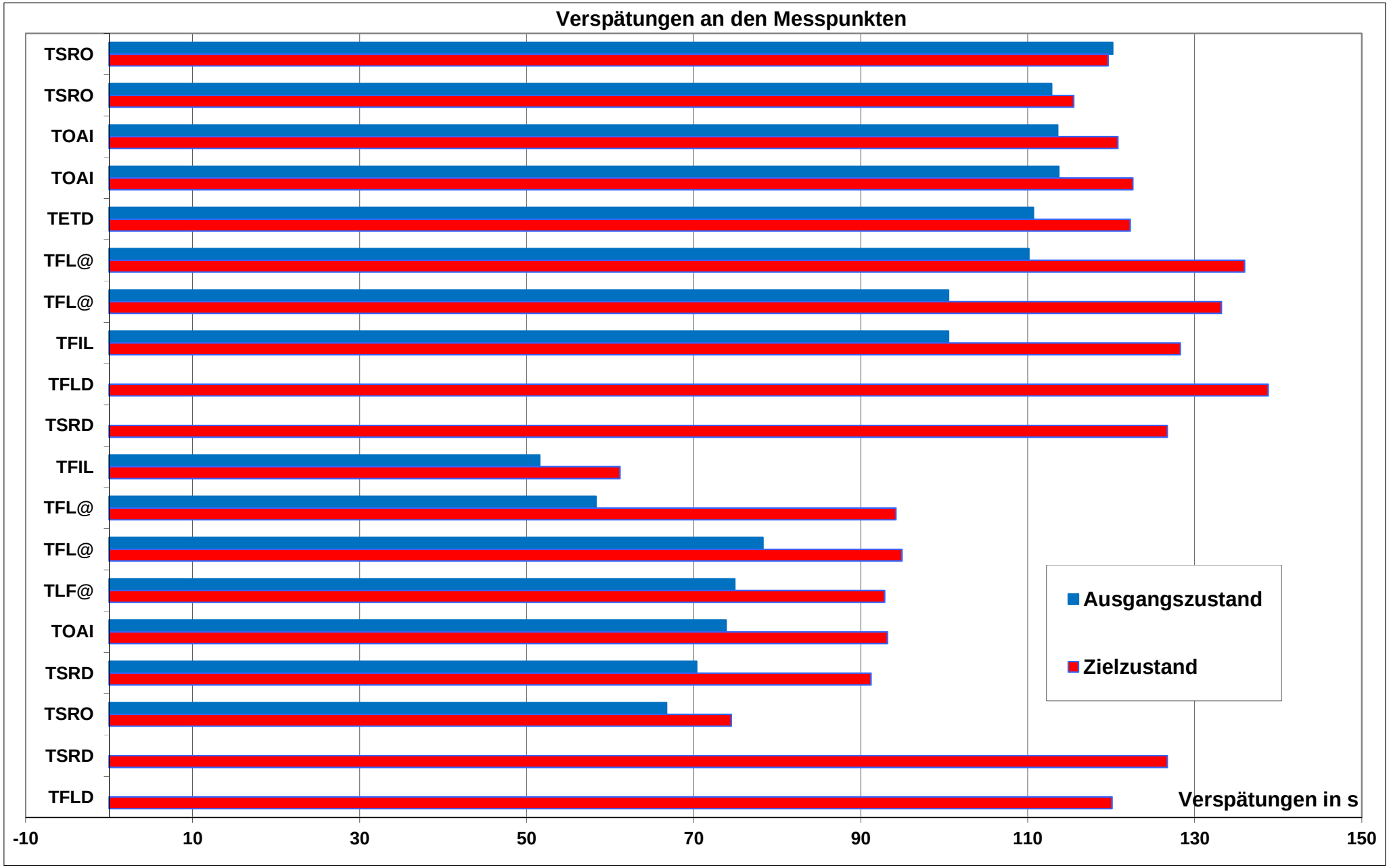
Pufferzeit en zwischen den S-Bahnen = 21 s bzw. 27 s





© Professur für Bahnverkehr, öffentlicher Stadt- und Regionalverkehr, 07/2014

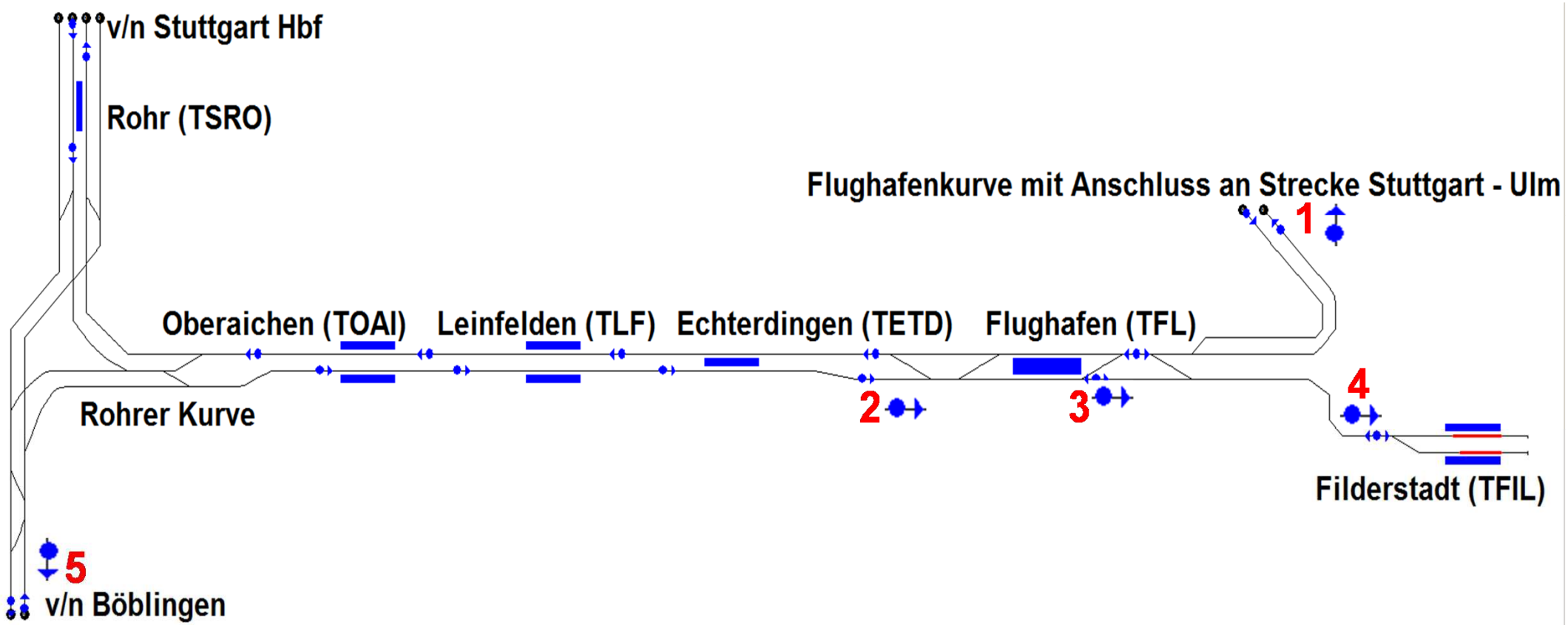
Auswertungen der Mehrfachsimulationen - Verspätungen (1)



Vergleich der Verspätungen an den Messpunkten zwischen Ausgangszustand und Zielzustand

© Professur für Bahnverkehr, öffentlicher Stadt- und Regionalverkehr, 07/2014

Auswertungen der Mehrfachsimulationen - Verspätungen (2)

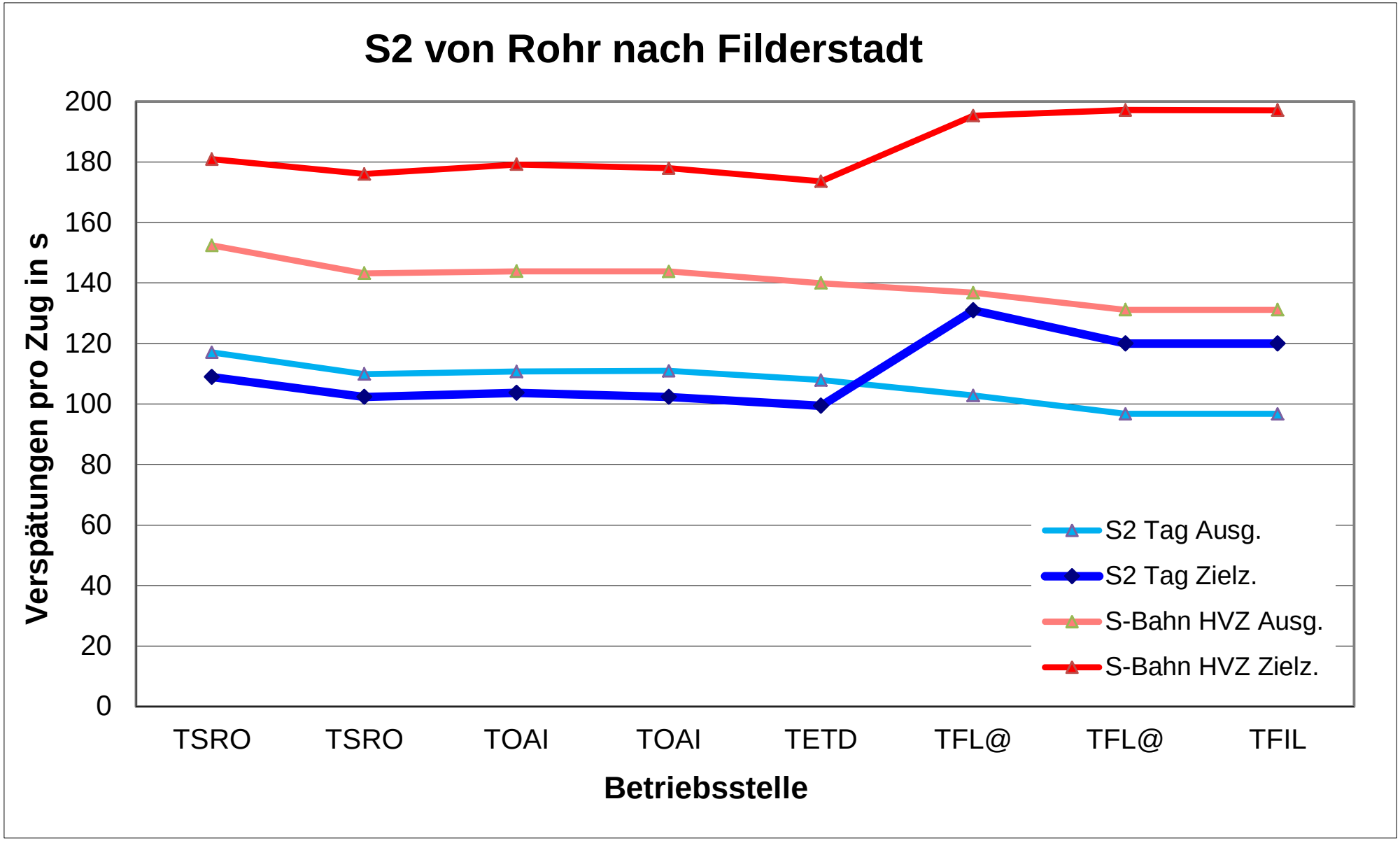


Rangfolge der Infrastrukturmesspunkte mit den höchsten Verspätungen im Zielzustand

© Professur für Bahnverkehr, öffentlicher Stadt- und Regionalverkehr, 07/2014

Auswertungen der Mehrfachsimulationen - Verspätungen (7)

Vergleich der Verspätungsentwicklung bei den S-Bahnen in der Folge der Betriebsstellen zwischen Ausgangszustand und Zielzustand in s



© Professur für Bahnverkehr, öffentlicher Stadt- und Regionalverkehr, 07/2014

Aussagen zur Qualität und Stabilität der Betriebsführung beim Ausgangszustand und Zielzustand (1)

Stabilität der simulierten Varianten anhand von reinen Folgeverspätungen (bei herausgerechneten Anfangs- und Urverspätungen in den Betriebsstellen)

Ausgangszustand	S2 TFIL-TSRO	S2 TSRO-TFIL	S3 TFL-TSRO	S3 TSRO-TFL	HVZ S-Bahn TFIL-TSRO	HVZ S-Bahn TSRO-TFIL
Folgeverspätungen pro Zug in s [2)]	-0,25	-20,24	-14,82	-4,49	26,16	-21,30
Reisezeit des Zuges in s [3)]	850	867	620	611	850	867
Verhältnis Folgeversp./Reisezeit in % [4)]	**-0,03**	**-2,34**	**-2,39**	**-0,74**	**3,08**	**-2,46**

Zielzustand	S2 TFIL-TSRO	S2 TSRO-TFIL	S3 TFL-TSRO	S3 TSRO-TFL	HVZ S-Bahn TFIL-TSRO	HVZ S-Bahn TSRO-TFIL
Folgeverspätungen pro Zug in s [2)]	3,75	11,00	-9,92	-1,22	33,12	16,15
Reisezeit des Zuges in s [3)]	850	867	620	611	850	867
Verhältnis Folgeversp./Reisezeit in % [4)]	**0,44**	**1,27**	**-1,60**	**-0,20**	**3,90**	**1,86**

Zielzustand	RE Flu-TGOL	RE TGOL-Flu	REV Flu-TGOL	REV TGOL-Flu	ICE Flu-TGOL	ICE TGOL-Flu	HVZ RE Flu-TGOL	HVZ RE TGOL-Flu
Folgeverspätungen pro Zug in s [2)]	6,30	5,15	14,76	45,48	5,01	11,85	13,65	10,54
Reisezeit des Zuges in s [3)]	512	535	512	535	590	611	512	535
Verhältnis Folgeversp./Reisezeit in % [4)]	**1,23**	**0,96**	**2,88**	**8,50**	**0,85**	**1,94**	**2,67**	**1,97**

[2)] mittlere Folgeverspätung jedes Zuges

[3)] mittlere Reisezeit des Zuges im Untersuchungsraum in s

[4)] Verhältnis der Folgeverspätung eines Zuges zur mittleren Reisezeit des Zuges im Untersuchungsraum in Prozent

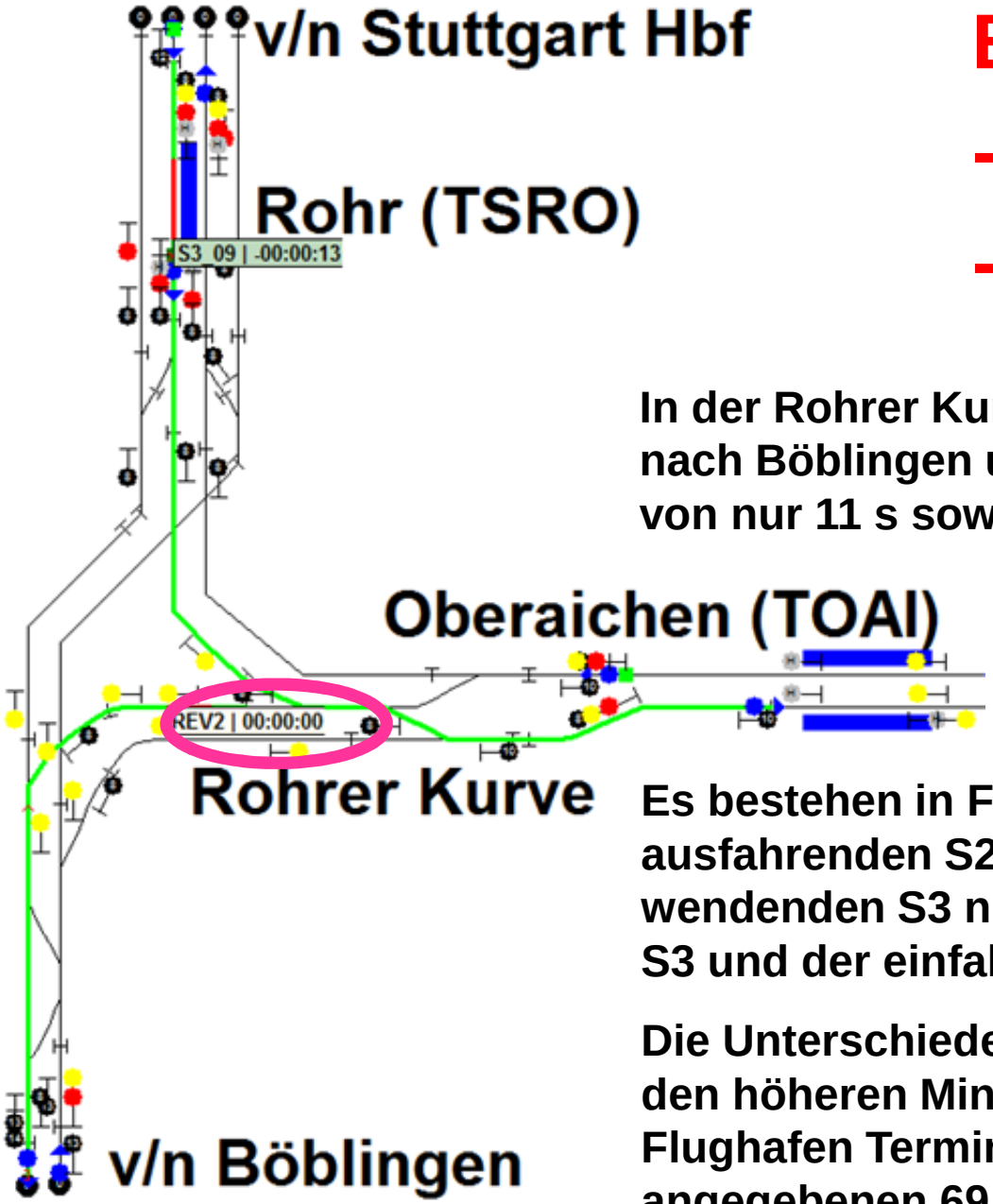
Stabiler Zuglauf – Verspätungen können im weiteren Laufweg abgebaut werden = gute Betriebsqualität

Labiler Zuglauf – Verspätungen können zwar im weiteren Zuglauf nicht abgebaut werden, sie schaukeln sich aber nicht oder nur geringfügig (max. in Höhe der Regelzuschläge) auf = noch befriedigende Betriebsqualität

Instabiler Zuglauf – Verspätungen können im weiteren Zuglauf nicht abgebaut werden, sie schaukeln sich weiter auf = ungenügende Betriebsqualität

© Professur für Bahnverkehr, öffentlicher Stadt- und Regionalverkehr, 07/2014

Betriebliche Engpässe mit Auswirkungen auf Leistungsfähigkeit und Auslastung - Auswertung



Engpässe im Zielzustand:

- Flughafen Terminal
- Rohrer Kurve

In der Rohrer Kurve gibt es einen Engpass zwischen den RE nach Böblingen und den S3 nach Flughafen mit Pufferzeiten von nur 11 s sowie zwischen ICE und S3 von sogar nur 3 s!

Es bestehen in Flughafen Terminal Gleis 701 zwischen der ausfahrenden S2 nach Rohr, der aus Rohr einfahrenden und wendenden S3 nur 27 s sowie zwischen der ausfahrenden S3 und der einfahrenden S2 aus Rohr nur 21 s Pufferzeit.

Die Unterschiede zum Stresstest bestehen insbesondere in den höheren Mindestwendezeiten und Mindesthaltezeiten in Flughafen Terminal, wodurch sich die im Stresstest angegebenen 69 s Pufferzeit nicht mehr realisieren lassen.

© Professur für Bahnverkehr, öffentlicher Stadt- und Regionalverkehr, 07/2014

Fazit zu den Simulationen (1)

Im Ausgangszustand laufen im Tageszeitraum alle S-Bahn Linien stabil, induzierte Einbruchsverspätungen können über dem Laufweg abgebaut werden.

Nur bei den HVZ S-Bahnen in Richtung Rohr ergeben sich in Flughafen Folgeverspätungen, die insgesamt eine noch labile Stabilität dieses Zuglaufes ergeben. Grund sind hier die hohen Verspätungsvorgaben aus den realen Urdaten.

Im Zielzustand laufen insgesamt nur die S-Bahnen S3 stabil, bei S2, ICE und RE ergeben sich über den Laufweg Folgeverspätungen pro Zug, die nicht mehr abgebaut werden können.

Diese Folgeverspätungen pro Zug sind im Tageszeitraum nur gering und erreichen maximal 2% der Reisezeit des jeweiligen Zuges.

In der HVZ ergeben sich dagegen höhere Folgeverspätungen von knapp 3% der Reisezeit des Zuglaufes bis zu 8,5%.

Damit sind die Zugläufe der HVZ im Zielzustand nicht mehr stabil, Verspätungen können nicht abgebaut werden sondern schaukeln sich auf und können andere Bereiche außerhalb des Untersuchungsraumes negativ beeinflussen.

Die höchsten Folgeverspätungen im Zielzustand traten:

- im Ausbruch der Flughafenkurve in Richtung Stuttgart Hbf
- in Flughafen Terminal (2 Punkte)
- inkl. im Gleis Richtung Filderstadt sowie
- im Ausbruch von der Rohrer Kurve in Richtung Böblingen auf.

Gegenüber dem Tageszeitraum sind die Verspätungen in der HVZ um bis zu 80% höher.

© Professur für Bahnverkehr, öffentlicher Stadt- und Regionalverkehr, 07/2014

Fazit zu den Simulationen (2)

Diese Ergebnisse bedingen folgende Empfehlungen:

- **Das reale Verspätungsniveau für die S-Bahnen sollte unbedingt bedeutend gegenüber 2013 reduziert werden.**
- **Es sollte auf die zusätzlichen Züge der HVZ im Zielzustand im Untersuchungsbereich verzichtet werden.**
- **Der fahrplanmäßige Engpass zwischen RE / ICE nach Böblingen und S-Bahnen nach Flughafen im Zielzustand sollte beseitigt werden (RE / ICE z.B. 5 Minuten später)**
- **Im Tageszeitraum außerhalb der HVZ sollte auch das im Zielzustand für RE / ICE vorgesehene Gleis in Flughafen Terminal standardmäßig für S-Bahnen genutzt werden (entsprechende Maßnahmen und Personal für den Zugang mobilitätseingeschränkter Fahrgäste sollten umfassend eingeplant werden; optimal wäre natürlich eine zusätzliche Bahnsteigkante in Flughafen Terminal)**

Nur mit diesen Maßnahmen scheint auch für den Zielzustand ein stabiler Betrieb ohne eine Verschlechterung der Qualität gegenüber dem Ausgangszustand realisierbar.

Allerdings gelten diese Aussagen nur ohne Erweiterung des S-Bahn Angebotes und ohne Erweiterung der S-Bahn nach Neuhausen.

Da im Zielzustand der Bahnhof Flughafen Terminal für die S-Bahn gemäß Vorgaben nur eingleisig nutzbar ist und zudem die Ausfahrt aus Flughafen Terminal in Richtung Filderstadt bzw. die Einfahrt der S-Bahnen nach Filderstadt zu den größten Verspätungspunkten im Untersuchungsraum zählt, besteht damit auch für die Erweiterung der Strecke nach Neuhausen ein großes Risiko.

© Professur für Bahnverkehr, öffentlicher Stadt- und Regionalverkehr, 07/2014

Vielen Dank für Ihr Interesse

© Professur für Bahnverkehr, öffentlicher Stadt- und Regionalverkehr, 07/2014