



Ermittlung von Anforderungen an die Weichenstromversorgung

Philipp Scherer, Thorsten Büker, Simon Schotten

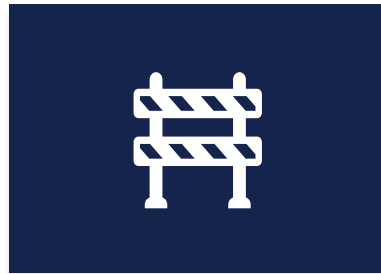
Aachen, 23.11.2021

Um Fahrstraßenbildezeiten möglichst kurz zu halten, ist eine ausreichende Weichenstromversorgung zu dimensionieren

- Stromversorgung weist Maximalleistung auf, sodass nur eine bestimmte Anzahl an Motoren gleichzeitig arbeiten kann.
- Zu schwache Stromversorgung oder ungünstiges Clustering von Weichen kann erhöhte Fahrstraßenbildezeit bedingen.



Topologie/
Fahrwege



Flankenschutz



Regelfahrplan



Variation
Zeit

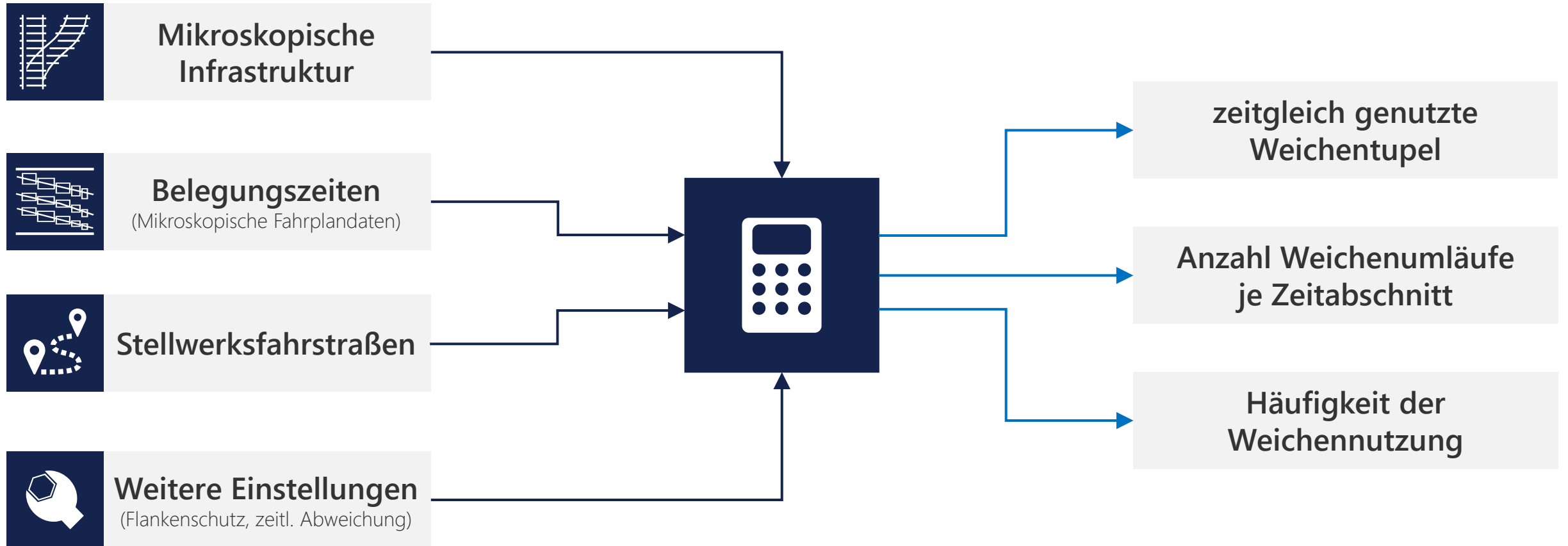
Variation
Routing

(Groß-)
Störungen

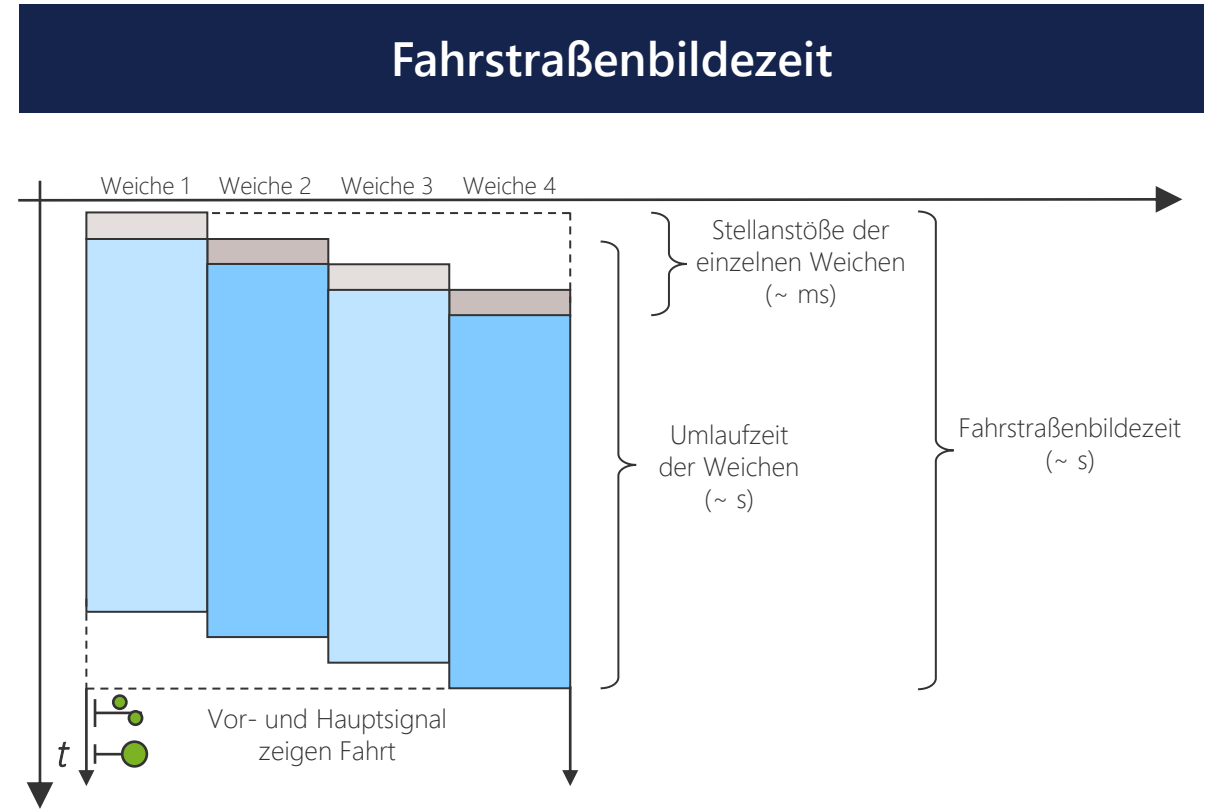
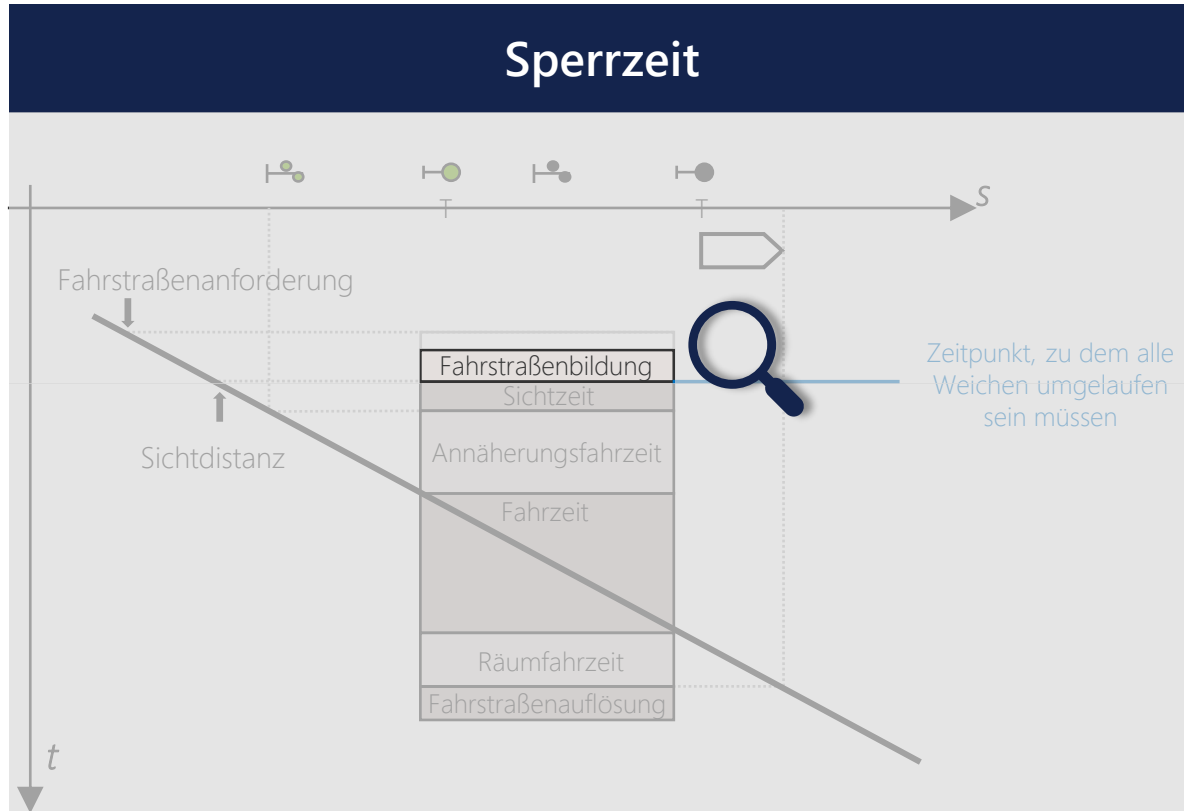
Wie viele Antriebe müssen zeitgleich versorgt werden?
Welche Weichen laufen häufig zusammen um?

Welche Reserven sind für Betrieb zu berücksichtigen?

Die Grunddaten der Weichendimensionierung liegen bei den meisten Eisenbahninfrastrukturunternehmen vor

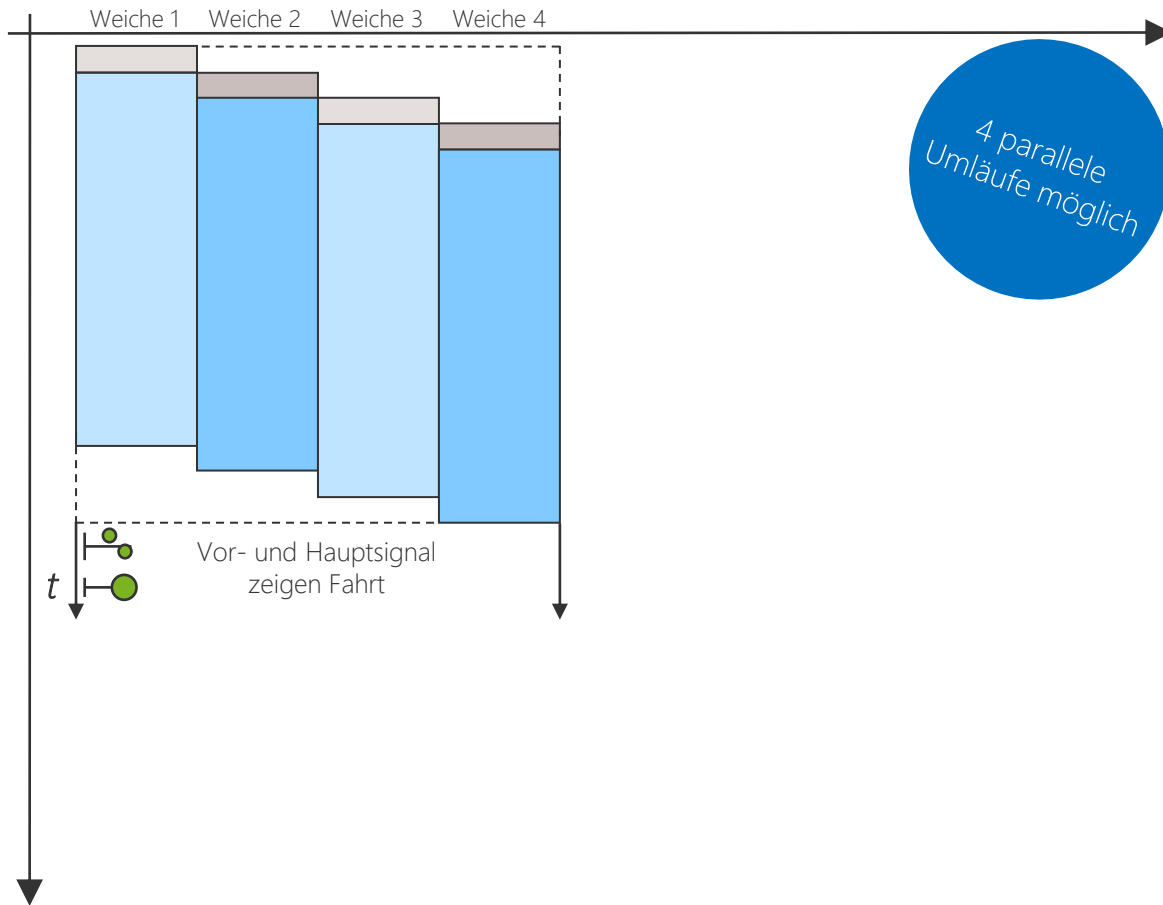


Bevor das Signal auf Fahrt gestellt werden kann, müssen alle Weichen umgelaufen sein

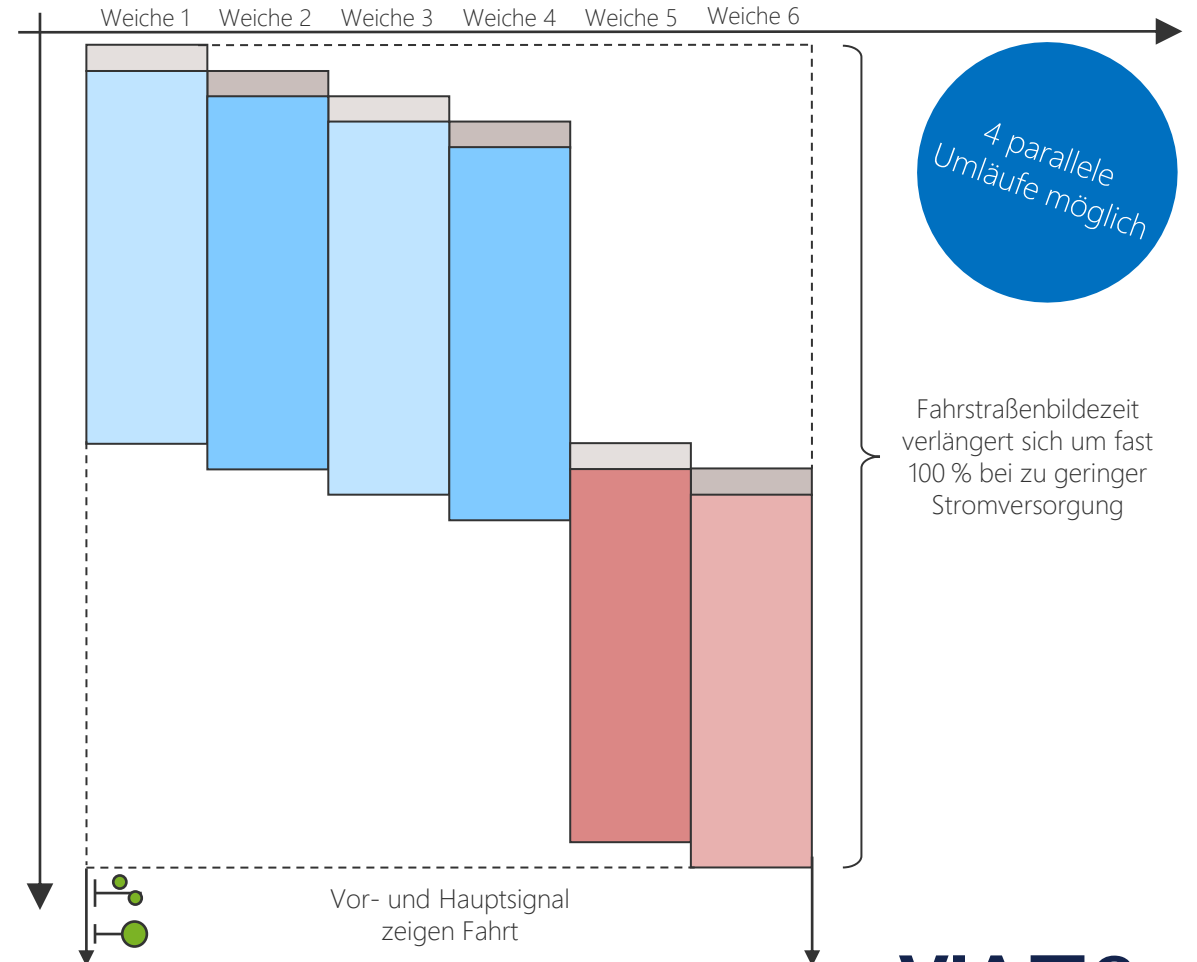


Eine zu geringe Stromversorgung führt dazu, dass nicht alle Weichen gleichzeitig umlaufen können

Fahrstraße mit vier zu stellenden Weichen



Fahrstraße mit sechs zu stellenden Weichen



Anstöße zur Fahrstraßenbildung werden als gleichzeitig definiert, wenn sie innerhalb von 30 Sekunden stattfinden

Aus technischer Sicht:

- Das Umlaufen der Weichen dauert mehrere Sekunden, weshalb auch ein zeitlicher Versatz von Stellanstößen zu gleichzeitig umlaufenden Weichen in unterschiedlichen Fahrstraßen führen kann.

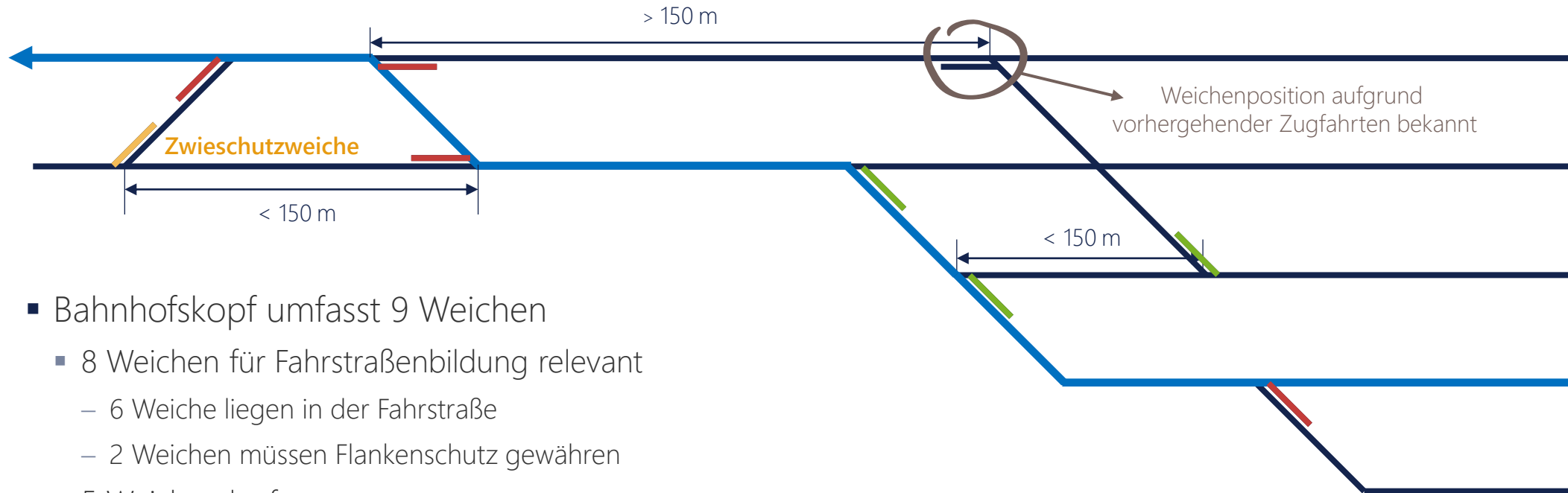
Aus betrieblicher Sicht:

- Der Stellanstoß beruht auf dem sekundenscharfen Regelfahrplan, sodass Abweichungen von einer Sekunde schon zu einer Verschiebung der Ergebnisse führt.
- Bandbreite des Fahrverhaltens der Triebfahrzeugführer soll abgebildet werden.
- Richtlinienkonforme Fahrplankonstruktion setzt meist eine Mindestpufferzeit von 60 Sekunden voraus:
 - Unter der Annahme, dass zwei Trassen von ihrer Planlage abweichen, so tritt auch bei 30 Sekunden Abweichung noch kein Belegungskonflikt auf, der zu einem Fahrtenausschluss führt.



Durch die gegebene Definition von „gleichzeitigen Stellanstößen“ sind die berechneten Ergebnisse stabil gegenüber geringfügigen betrieblichen Unschärfen.

Weichen werden als flankenschutzrelevant angenommen, wenn ihr Abstand zur zu bildenden Fahrstraße geringer als 150 m ist

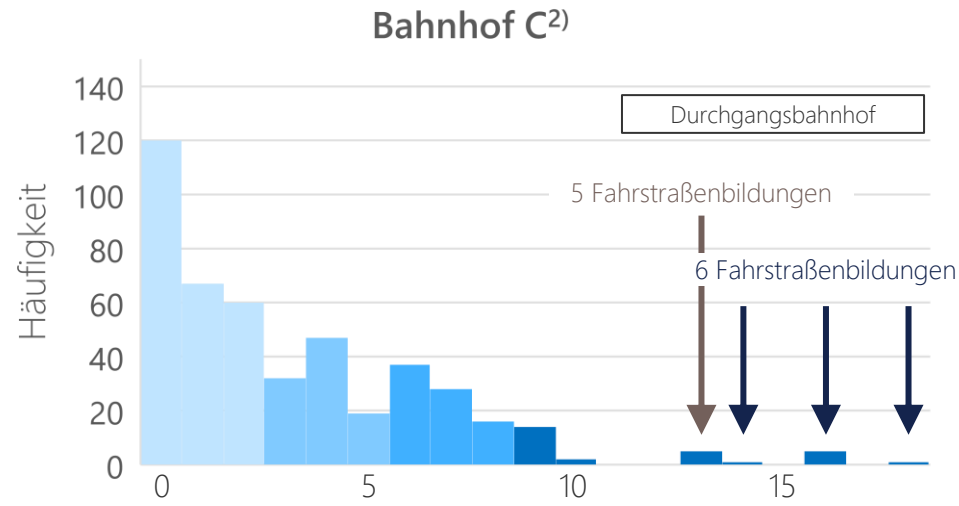


- Bahnhofskopf umfasst 9 Weichen
 - 8 Weichen für Fahrstraßenbildung relevant
 - 6 Weiche liegen in der Fahrstraße
 - 2 Weichen müssen Flankenschutz gewähren
 - 5 Weichen laufen um
 - 4 Weichen, damit Fahrstraße korrekt gebildet ist
 - 1 Weiche, um Flankenschutz zu gewährleisten (Annahme)



Näherungsweise Abbildung des Flankenschutzes möglich. Aus Vereinfachungsgründen werden Zwieschutzweichen ebenfalls als umlaufend deklariert.

Aus der Betrachtung von Regelfahrplänen können Minimalanforderung an die Stromversorgung abgeleitet werden



- Untersuchung eines großen Knotenbahnhofs, basierend auf dem Regelfahrplan
 - Keine Bereitstellungsfahrten
 - Keine ad-hoc Verkehre
- Gewählter Zeitraum deckt mehrere Fahrplanperioden ab
- Gleichzeitig³⁾ stattfindende Weichenumläufe

Maximum n_{\max}	18 Umläufe / F'Str'Bildung
Durchschnitt n_{avg}	3,2 Umläufe / F'Str'Bildung
Fahrstraßenbildungen FS/h	136 F'Str'Bildungen / h

Maximalleistung der Stromversorgung kann abgeleitet werden

Durchschnittsleistung der Stromversorgung kann abgeleitet werden:

$$P_{\text{avg}} = n_{\text{avg}} \cdot \text{FS/h},$$

hier circa 435 Umläufe/h

Bahnhofs- und Fahrplaneigenschaften haben einen maßgebenden Einfluss auf die benötigte Stromversorgung

Bahnhofsart	Durchgangsbahnhof	Kopfbahnhof	Durchgangsbahnhof
Fahrplaneigenschaft	---	---	Integraler Taktfahrplan
Häufigkeit Anzahl Weichenumläufe ⁴⁾	<p>Bahnhof C²⁾</p>	<p>Bahnhof D²⁾</p>	<p>Bahnhof E²⁾</p>
n_{avg}	3,2 Umläufe / F'Str'Bildung	4,2 Umläufe / F'Str'Bildung	5,3 Umläufe / F'Str'Bildung
n_{max}	18 Umläufe / F'Str'Bildung	13 Umläufe F'Str'Bildung	21 Umläufe / F'Str'Bildung
Interpretation		<p>Umläufe erforderlich, um Regelgleis zu nutzen</p>	<p>Erhöhte Infrastrukturnutzung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Viele Ein- und Ausfahrten innerhalb kurzer Zeit ▪ Hohe Anzahl sich kreuzender Fahrwege

Die Robustheit der Dimensionierung wird durch Sensitivitätsanalysen sichergestellt

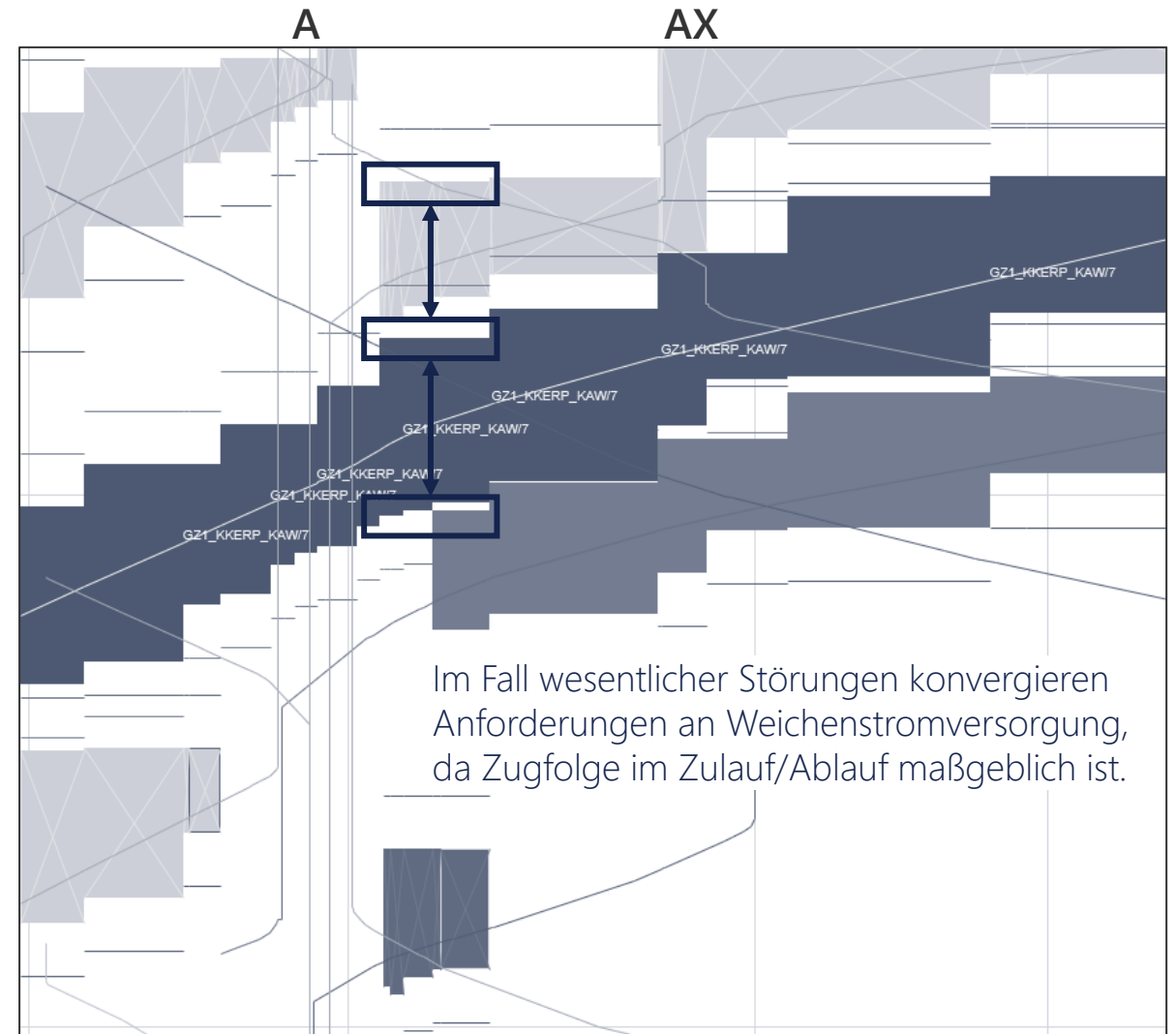
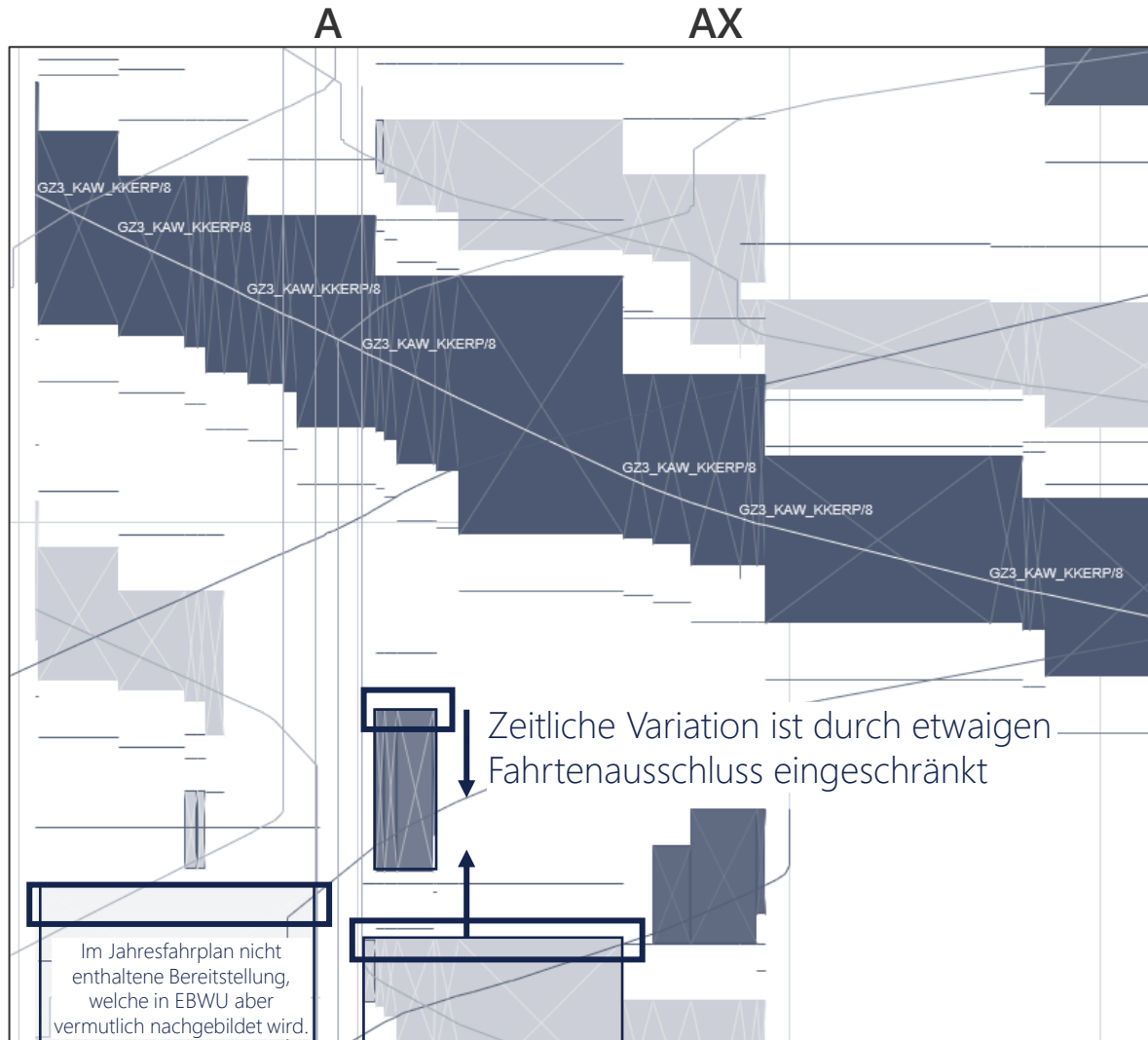
- Nicht alle auf der Infrastruktur stattfindenden Zugfahrten sind im Regelfahrplan abgebildet.
- Im eigentlichen Betrieb können deutliche Abweichungen vom Regelfahrplan auftreten.
- Treten Abweichungen auf, so muss die Stromversorgung auch für diese Fälle ausreichend groß dimensioniert sein, um eine Verschärfung der Betriebssituation zu vermeiden.
- Folgende Sensitivitäten wurden betrachtet:

Sensitivitäten	Modellierung	Betrachtungsgrund
Bereitstellungsfahrten	Bereitstellungsfahrten sind im Regelfahrplan nicht abgebildet: Änderung der Anforderungen an die Stromversorgung bei Hinzunahme von Trassen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Suche nach potentiellen Trassen im Fahrplan ▪ Anlegen einer zusätzlichen Trasse je Stunde für beginnende Züge
Bahnhofsausbauten	Gewährleistung der Aufwärtskompatibilität der Stromversorgung bei: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Infrastrukturausbauten ▪ Neuen Fahrplankonzepten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Untersuchung eines Zielzustandes: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Infrastrukturseitig ▪ Fahrplanseitig
Großstörungen	Änderung der Anforderungen an die Stromversorgung bei deutlichen Abweichungen vom Regelfahrplan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dichtes Packen von Zügen („Stau“) ▪ Reihenfolgenveränderung der Zugeinfahrten ▪ Abänderung der Zugroutings

Je nach Sensitivität sind erhebliche Puffer zum Regelfahrplan einzuplanen, um eine ausreichende Stromversorgung zu garantieren

Sensitivitäten	n_{\max}	FS/h	n_{avg}	Interpretation
Regelfahrplan	8 Umläufe / F'Str' Bildung	60	2,1 Umläufe / F'Str' Bildung	
Bereitstellungsfahrten	8 Umläufe / F'Str' Bildung	63	2,2 Umläufe / F'Str' Bildung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Betrachtung bei vielen Bereitstellungsfahrten notwendig
Bahnhofsausbauten	12 Umläufe / F'Str' Bildung	95	3,7 Umläufe / F'Str' Bildung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verschiedene Betriebskonzepte prüfen ▪ Zukünftige Ausbauten berücksichtigen
Großstörung (kein Ausbau)	10 Umläufe / F'Str' Bildung	92	2,5 Umläufe / F'Str' Bildung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Belegungsgrad hat Einfluss auf den zu berücksichtigenden Puffer
Großstörung (Ausbau)	10 Umläufe / F'Str' Bildung	107	3,4 Umläufe / F'Str' Bildung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anzahl zu bildender Fahrstraßen je Zeitschritt limitiert

Der Belegungsgrad hat einen Einfluss auf mögliche zu bildende Fahrstraßen



Zusammenfassung und Ausblick

	Tool	Sensitivitäten	Anwendungsbereiche
 Bereits erfolgt/ durchführbar	<ul style="list-style-type: none">▪ Basierend auf dem Regelfahrplan:<ul style="list-style-type: none">▪ Häufigkeit der Weichennutzung▪ Bestimmung parallel umlaufender Weichen je Zeitabschnitt▪ Erste Abbildung von Flankenschutz▪ Abbildung von geringen betrieblichen Unschärfen, insbesondere die zeitliche Verschiebung von Fahrplänen um wenige Sekunden	<ul style="list-style-type: none">▪ Qualitative Untersuchung verschiedener Bahnhofstypen und Fahrplankonzepte▪ Aufwärtskompatibilität überprüft:<ul style="list-style-type: none">▪ Zusätzliche Trassen▪ Infrastrukturmaßnahmen (Ausbauten)▪ Erste Untersuchung von Großstörungen	<ul style="list-style-type: none">▪ Untersuchung exemplarischer Bahnhöfe auf Anforderungen zur Stromversorgung▪ Weitere Untersuchungen im Hinblick auf die Anlagenleistungsfähigkeit für verschiedene Betriebsstellen und Betriebskonzepteneigenschaften aufwandsarm möglich
 Ausblick/ Erweiterungen	<ul style="list-style-type: none">▪ Detailliertere Abbildung von Flankenschutzrelationen▪ Standardisierung der Ausgabeparameter zur Weichenstromdimensionierung	<ul style="list-style-type: none">▪ Untersuchung betrieblicher Abweichungen auf Grundlage von Betriebssimulationsdaten<ul style="list-style-type: none">▪ Keine händische Abänderung des Fahrplans nötig▪ Deutlich verbesserte Abbildung von abgeänderten Routings	<ul style="list-style-type: none">▪ Bestimmung der Anforderungen an die Anlagenleistungsfähigkeit bereits im Planungsprozess etablieren, insbesondere für den netzweiten Rollout<ul style="list-style-type: none">▪ ETCS▪ DSTW



Ermittlung von Anforderungen an die Weichenstromversorgung

Philipp Scherer, Thorsten Büker, Simon Schotten

Aachen, 23.11.2021