

DIPLOMARBEIT

Gestaltung, Betrieb und Kapazität einer dreigleisigen Mischverkehrsstrecke

BEARBEITER



Name: Hannes Ortlieb
Studium: Verkehrsingenieurwesen (VIW/BAS/2010)
Zeitraum: Februar bis Juli 2017

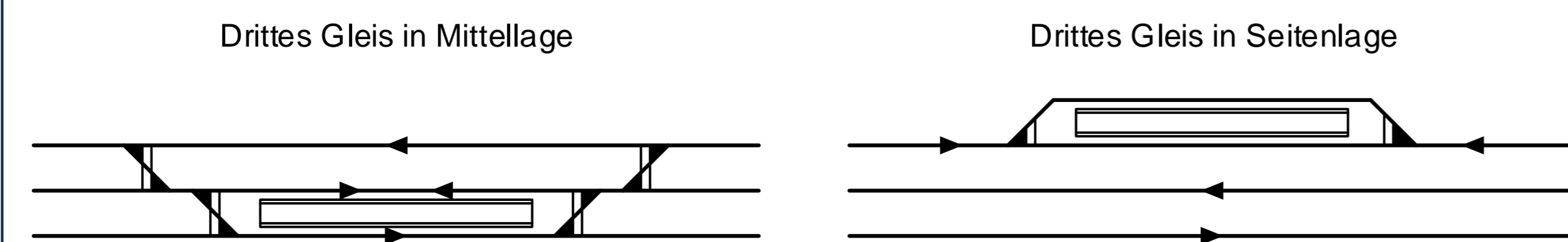
BETREUER

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Fengler
Dr.-Ing. habil. Matthias Bär
Dipl.-Ing. Michael Otto
Dr.-Ing. Rudolf Breimeier, Bad Bevensen

AUFGABE

Die Betriebsführung und damit auch die Ermittlung der Kapazität dreigleisiger Eisenbahnstrecken stellen von jeher anspruchsvolle Aufgaben für den Eisenbahningenieur dar. Auch die Methoden und entsprechenden Softwarewerkzeuge für die Untersuchung des Leistungsverhaltens sind nicht direkt auf den Fall dreigleisiger Strecken zugeschnitten. Gegenstand der Arbeit ist daher die Untersuchung der Frage, welche Leistung auf einer Beispielstrecke nach ihrem dreigleisigen Ausbau mit akzeptabler Betriebsqualität erbracht werden kann. Die maximalen Zugzahlen pro Zeiteinheit sollen dabei vorzugsweise auf Basis der im Softwaresystem LUKS zur Verfügung gestellten analytischen Methoden ermittelt werden. Diese eignen sich besonders für die fahrplanunabhängige Anwendung auf ein- und zweigleisigen Strecken sowie in Knoten. Für die Anwendung auf dreigleisigen Strecken bzw. Streckenabschnitten sind entsprechende Vorüberlegungen anzustellen. Diese umfassen auch die spurplantechnische Konzeption der Dreigleisigkeit.

BAU- UND BETRIEBSFORMEN



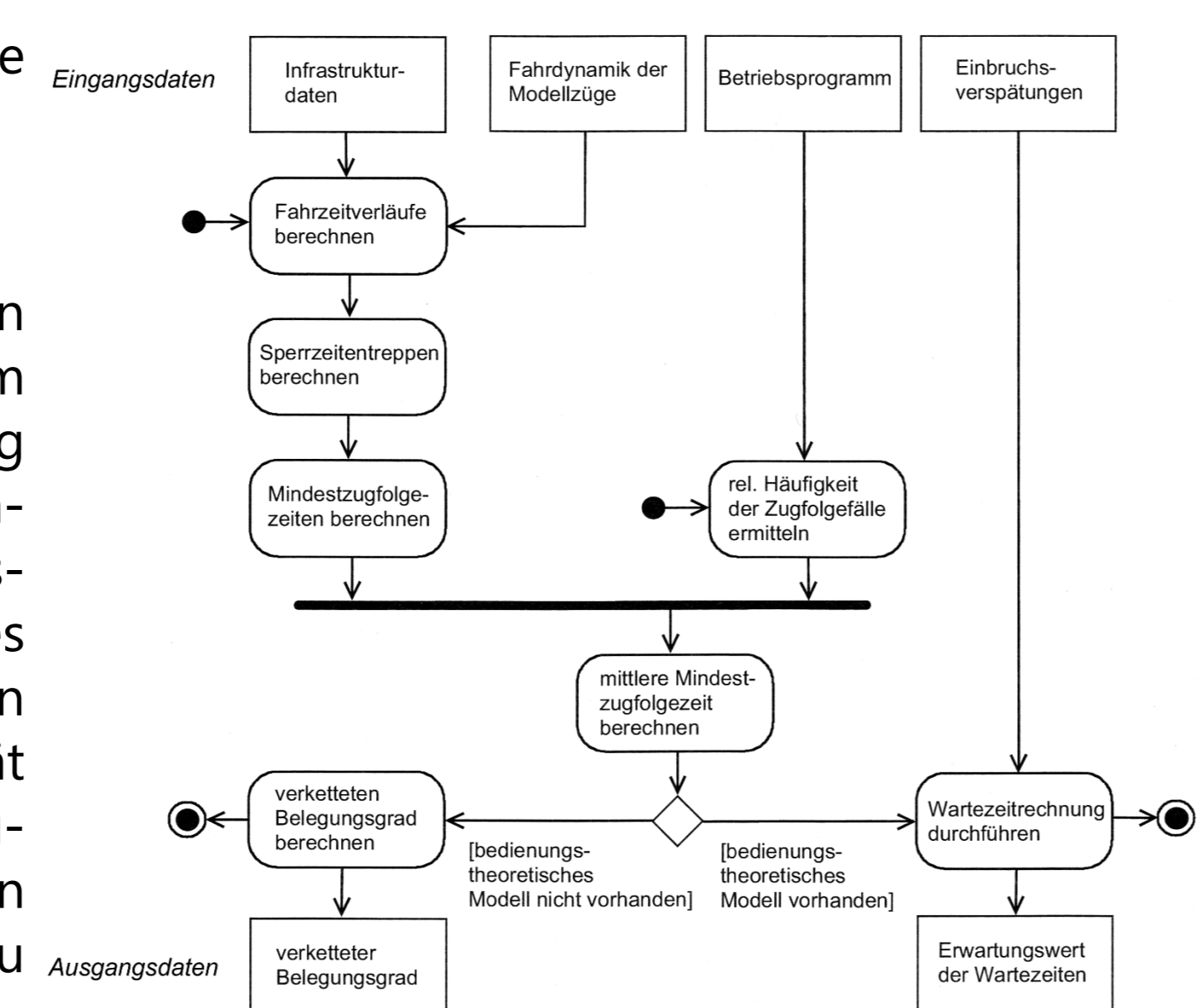
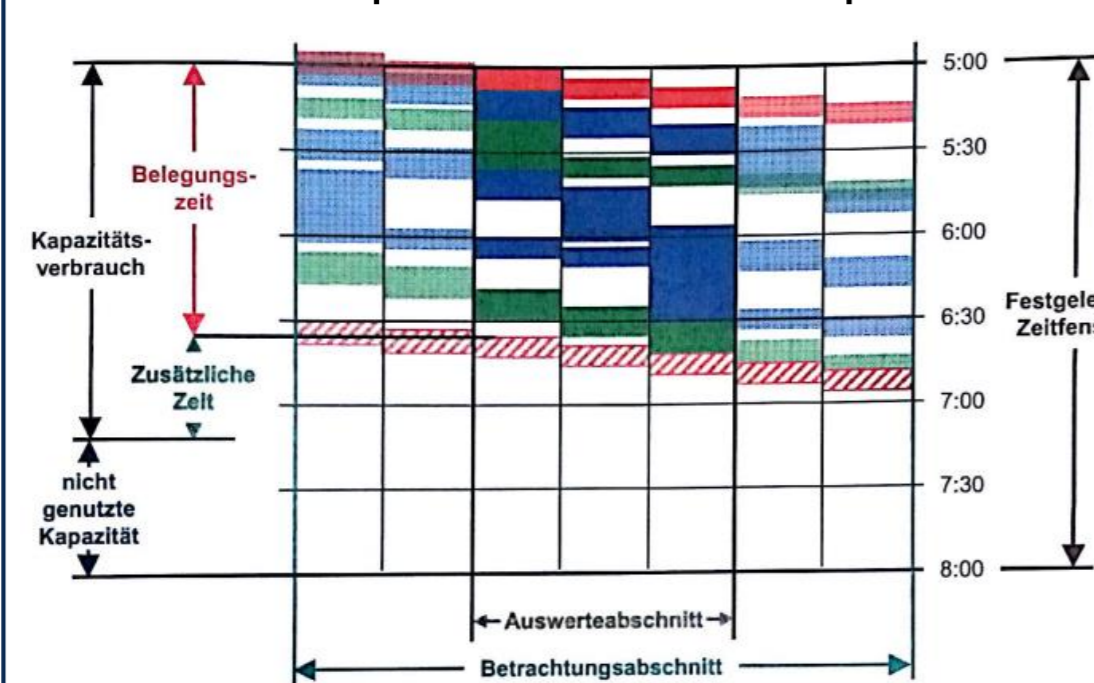
Ein drittes Gleis entsteht baulich in der Regel als zusätzliches Gleis einer zweigleisigen Strecke. Als Betriebsform ergibt sich entweder die Nutzung der beiden Randgleise als normale Richtungsgleise mit einem in beiden Richtungen nutzbaren Mittelgleis (siehe oben links) oder aber die Nutzung eines Randgleises in einer oder beiden Richtungen (siehe oben rechts) für eine zusätzliche Verkehrsart wie bspw. eine S-Bahn-Linie. Eine bisher kaum realisierte Idee stellt zudem das Prinzip der verschränkten Dreigleisigkeit dar, welches von Prof. Schwanhäuffer der RWTH Aachen erstmals in den 90er Jahren für den Ausbau der Strecke Stelle – Lüneburg vorgeschlagen wurde. Ein drittes Gleis wird jeweils erst ab etwa Streckenmitte bis zum nächsten Knoten je Richtung verlegt und ermöglicht langsameren Zügen den Wechsel aufs Randgleis, sodass nachfolgende schnellere Züge überholen können, wie in der nebenstehenden Abbildung ersichtlich.

LEISTUNGSUNTERSUCHUNGSVERFAHREN

Im Rahmen der Arbeit kamen folgende Verfahren zur Anwendung:

- Analyse
- Kompression

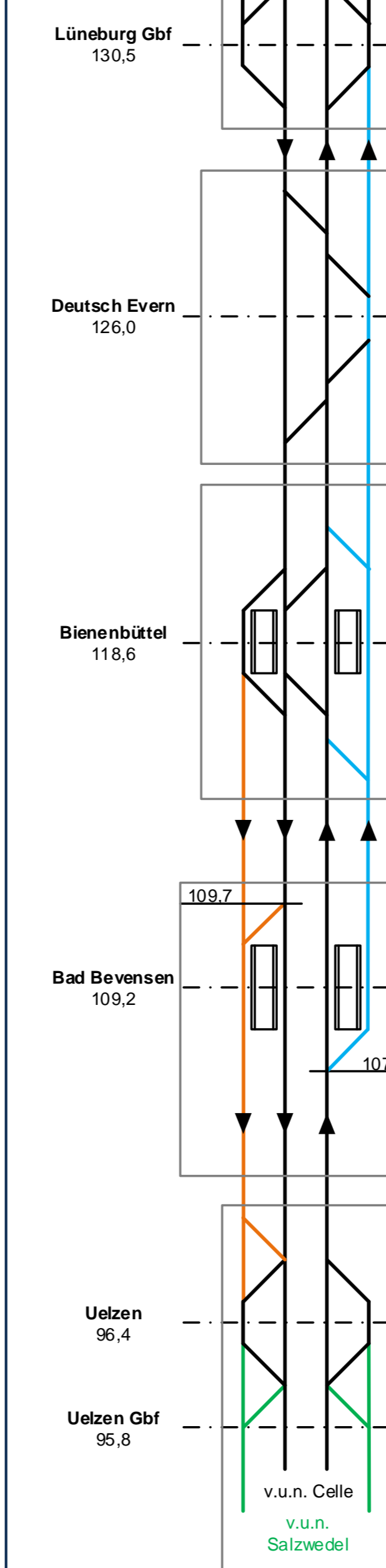
Die Analyse stellt ein fahrplanunabhängiges Verfahren mit dem in der nebenstehenden Abbildung ersichtlichen Ablauf für Streckenabschnitte mit homogenem Betriebsprogramm dar (Quelle: Pachl). Mittels des Programms STRELE/LUKS-A können schnell erste Aussagen zur Kapazität anhand eines Zugprogramms mit Zugzahlen je Verkehrsart getroffen werden ohne einen Fahrplan konstruieren zu müssen. Zu den ermittelten Zugzahlen je Zeiteinheit wird eine Aussage zur erwarteten Betriebsqualität in Form eines Qualitätsfaktors bei definierten Qualitätsstufen ausgegeben. Die Nennleistung entspricht der Zugzahl bei optimaler Betriebsqualität, was keinen Verspätungszuwachs bedeutet. Alternativ kann auch der verkettete Belegungsgrad berechnet werden. Die Berücksichtigung exakter Fahrpläne mit ihren spezifischen Zugfolgen befindet sich zudem noch in der Entwicklung.



Das Kompressionsverfahren wird u.a. im UIC-Merkblatt 406 definiert (Auszug: s. Abb. links) und baut auf konkreten Fahrplänen auf. Der notwendige Detaillierungsgrad ist also bereits zu Beginn einer Untersuchung wesentlich höher. Im Kompressionsverfahren wird als Ergebnis ebenfalls eine Belegungsrate oder ein Kapazitätsverbrauch ausgegeben.

STRECKE LÜNEBURG – UELZEN

Die Bahnstrecke Lüneburg – Uelzen ist Teil der VzG-Strecke 1720 Hannover – Hamburg und dient dem Hochgeschwindigkeitsverkehr mit 200 km/h im Personenfernverkehr ebenso wie dem Personennahverkehr und dem Güterverkehr, v.a. in Form des Seehafenhinterlandverkehrs des Hamburger Hafens. Ihr dreigleisiger Ausbau wurde im Bundesverkehrswegeplan 2030 verankert, u.a. im Hinblick auf ihre Funktion als Teil des Ostkorridors Uelzen – Leipzig – Regensburg. Der nördlich Lüneburg liegende Abschnitt Stelle – Lüneburg wurde bereits bis 2014 mit einem dritten Gleis in Seitenlage ausgebaut, welches jedoch nahezu ausschließlich in südlicher Richtung genutzt wird.

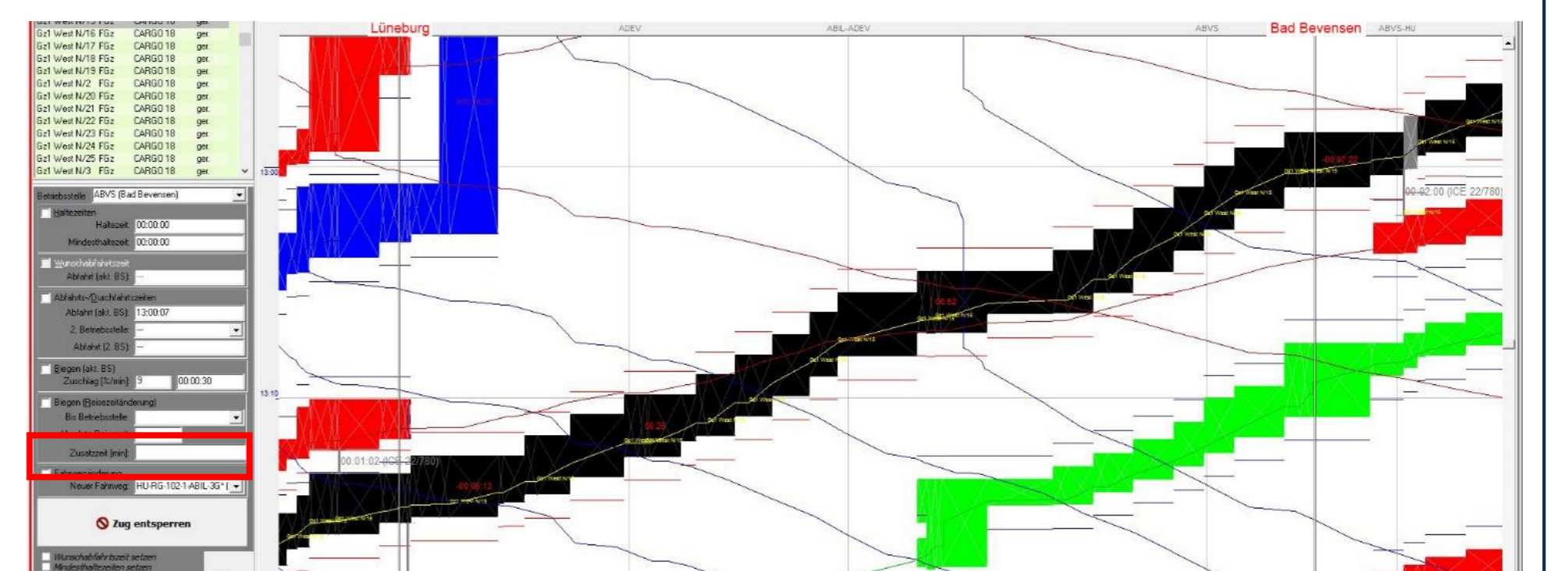


Der Fahrplan des Personenverkehrs umfasst zwei stündlich verkehrende ICE-Linien (20/22, 25) ohne Halte, eine zweistündlich verkehrende IC-Linie (26) mit Halten in Lüneburg und Uelzen sowie eine stündlich verkehrende RE-Linie (3) mit Halten in Lüneburg, Bienenbüttel, Bad Bevensen und Uelzen. Nördlich Lüneburg kommt noch eine RB-Linie (31) hinzu.

Im Rahmen der Arbeit wurden fünf grundlegende Varianten für einen dreigleisigen Ausbau definiert:

1. Mittelgleis
2. Seitliches Gleis Lüneburg – Uelzen
3. Seitliches Gleis Uelzen – Lüneburg
4. Verschränkte Dreigleisigkeit 1: Drittes Gleis Lüneburg – Bad Bevensen & Uelzen – Bienenbüttel
5. Verschränkte Dreigleisigkeit 2: Drittes Gleis Bad Bevensen – Lüneburg & Bienenbüttel – Uelzen

Bei einer zunächst durchgeführten Kapazitätsanalyse für den Bestandsfall zeigte sich mit einem Betrachtungsraum ab Unterlüß bis Stelle ein Kapazitätsdefizit in nördlicher Richtung im bereits ausgebauten Abschnitt Lüneburg – Ashausen Abzweig/Stelle. Eine Verbesserung des Zulaufs aus dem südlich gelegenen Abschnitt führt hier jedoch nur noch zu einer geringen Steigerung der Zugzahlen bei weiterhin mangelhafter Betriebsqualität.



Ausbauplanvarianten 5-5 (verschränkte Dreigleisigkeit 2)

Bei der Untersuchung der notwendigen Überholabschnittslänge für eine fliegende Überholung zeigte sich, dass selbst bei mehr als 20 km zwischen Bad Bevensen und Lüneburg die Pufferzeiten gemäß Regelwerk der DB Netz AG nur eingehalten werden können, wenn die Fahrzeit des langsameren Zuges um 9 %, konkret um mehr als eine Minute, gestreckt wird (sog. „Biegen“). Diesen Fall zeigt die obenstehende Darstellung der Sperrzeitentreppe mit dem überholten Zug (schwarz) und dem überholenden Zug (rot, rechts unterhalb und links oberhalb der schwarzen Sperrzeitentreppe). Grund hierfür ist der Geschwindigkeitseinbruch bei der Bahnhofsdurchfahrt Lüneburg.

Im Rahmen der Untersuchung der verschiedenen Varianten zeigte sich, dass prognostizierte Zugzahlen von bis zu 475 Zügen täglich für diesen Streckenabschnitt nur bei einem Ungleichgewicht der Richtungen erzielt werden können. In den Varianten 1 und 2 würde dabei die südliche Richtung gestärkt, was einer Fortsetzung des dritten Gleises – Lüneburg entspräche, wobei ein Ausbau der Lüneburger Westseite unterstellt wurde.

THESEN

1. Ein drittes Gleis eignet sich besonders gut für die Separierung stark konfliktzeugender Trassen mit relativ niedriger Beförderungsgeschwindigkeit wie Regional- und S-Bahnen im Zu- und Ablauf auf Knoten.
2. Für fliegende Überholungen bei einem Geschwindigkeitsverhältnis von 1:2 zwischen langsamem Zug und schnellen Zug ohne Halt und Geschwindigkeitsregulierung der beteiligten Züge sind unter Berücksichtigung von Pufferzeiten und Signalführung des langsameren Zuges mindestens etwa 13 bis 14 km anzusetzen.
3. Die Form der Einbindung und gegebenenfalls Durchfädung eines dritten Gleises in einen Knoten ist maßgebend für die Fahrplankonstruktion.
4. Die für den Streckenabschnitt Lüneburg – Uelzen von anderen Gutachtern genannten Güterzugzahlen von bis zu 360 Güterzügen täglich lassen sich unter Beibehaltung des Mischverkehrs nur bei einem Richtungsbetrieb des dritten Gleises in südlicher Richtung erzielen und führen damit zu einer ungleichmäßig verteilten Kapazität im Güterverkehr von etwa 3:1 für die südliche Richtung gegenüber der nördlichen.
5. Ohne eine Beseitigung des Engpasses von Lüneburg bis Ashausen Abzweig können zwischen Lüneburg und Uelzen in nördlicher Richtung nur noch geringe Kapazitätzuwächse von bis zu etwa 10 bis 15 % für den Güterverkehr erzielt werden.