

LEI SHI



Betriebliche Maßnahmen zur Optimierung der Leistungsfähigkeit der Bahnstrecken und zur Erhöhung der Reisegeschwindigkeit des Personenverkehrs in China

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek:

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet unter <http://dnb.de> abrufbar.

Impressum:

Wissenschaftliche Arbeit Nr. 73 des Instituts für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und -betrieb der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Shi, Lei, „Betriebliche Maßnahmen zur Optimierung der Leistungsfähigkeit der Bahnstrecken und zur Erhöhung der Reisegeschwindigkeit des Personenverkehrs in China“, Dissertation 26.09.2011

ISBN 978-3-7771-0443-0

© 2012 bei DVV Media Group GmbH | Eurailpress, Nordkanalstr. 36,
D-20097 Hamburg, Telefon +49 (0) 40 237 14 - 03, Telefax +49 (0) 40 237 14 - 236,
E-Mail: eurailpress@dvvmedia.com

Alle Rechte der Verbreitung und Wiedergabe vorbehalten, Übersetzungen in eine andere Sprache, Nachdruck und Vervielfältigung – in jeglicher Form und Technik, auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlags gestattet.

Eine Publikation der DVV Media Group



**Eurail
press**

WISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN

**des Instituts für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und -betrieb
der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover**

Nr. 73

**Betriebliche Maßnahmen zur Optimierung der
Leistungsfähigkeit der Bahnstrecken und zur Erhöhung
der Reisegeschwindigkeit des Personenverkehrs
in China**

Von der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie
der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
zur Erlangung des Grades

DOKTOR DER INGENIEURWISSENSCHAFTEN

– Dr.-Ing. –

genehmigte Dissertation

von

M. Sc. Lei Shi

geboren am 01.11.1979, in Wuhan, V. R. China

Hannover 2011

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG.....	1
2	GRUNDLAGEN DES EISENBAHNWESENS IN CHINA	5
2.1	GESCHICHTE DER ENTWICKLUNG DER CHINESISCHEN EISENBAHN.....	5
2.2	ORGANISATION DES MOR.....	7
2.3	SIGNAL UND SICHERUNGSSYSTEM IN CHINA.....	9
2.4	KLASSIFIZIERUNG DER FAHRZEUGE UND BAHNSTRECKEN	13
2.5	STATISTIK DER BETRIEBSLEISTUNGEN UND KENNZAHLEN DER CR.....	16
3	FAHRPLAN.....	17
3.1	KOMPONENTEN DES FAHRPLANS	18
3.2	KONSTRUKTION DES FAHRPLANS.....	22
3.3	DISPOSITION DES FAHRPLANS	28
4	LEISTUNGSFÄHIGKEIT UND BETRIEBSQUALITÄT	33
4.1	DEFINITIONEN.....	33
4.2	CHINA	34
4.3	DEUTSCHLAND	46
5	DER BETRIEBZUSTAND DES SCHIENENPERSONENVERKEHRS IN CHINA.....	53
5.1	ANALYSE DES FAHRPLANS DES SCHIENENPERSONENVERKEHRS	54
5.2	ANALYSE DES BETRIEBZUSTANDES DES PERSONENVERKEHRS.....	60
5.3	ZUGFOLGEZEIT IM CHINESISCHEN BAHNBETRIEB	61
5.4	REISEGESCHWINDIGKEIT IM CHINESISCHEN BAHNBETRIEB	64
5.5	ZUSAMMENFASSUNG BETRIEBZUSTAND	84
6	ENTWICKLUNG DER MAßNAHMEN ZUR VERBESSERUNG DES BAHNBETRIEBS..	85
6.1	„RAPID DEVELOPMENT“-STRATEGIEN	85
6.2	MAßNAHMEN ZUR VERBESSERUNG DES BAHNBETRIEBES.....	88
6.3	STANDARDISIERUNG DER BAHNSTRECKEN UND BESTIMMUNG DER DARAUF ZULÄSSIGEN ZUGKOMBINATIONEN	89
6.4	OPTIMIERUNG DER FAHRPLANKONSTRUKTION IM PERSONENVERKEHR	97
6.5	NEUE BERECHNUNG DER ZUGFOLGEZEIT IN CHINA.....	109
6.6	NEUE BERECHNUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT FÜR BAHNSTRECKEN IN CHINA	127
6.7	REFORM UND REORGANISATION VON VERWALTUNG UND BETRIEB DER CHINESISCHEN BAHN.....	132

7	ANWENDUNG DER ENTWICKELTEN MAßNAHMEN AUF DER UNTERSUCHUNGSTRECKE	135
7.1	DARSTELLUNG DER VERSUCHSSTRECKE	135
7.2	SIMULATIONSMODELL	138
7.3	ANALYSE UND BEWERTUNG DES IST-FAHRPLANES.....	141
7.4	VERBESSERUNGSKONZEPT.....	147
7.5	ÜBERPRÜFUNG DER DURCHFÜHRBARKEIT DES VERBESSERUNGSKONZEPTS MIT BETRIEBSSIMULATION.....	155
7.6	FAZIT	159
8	ZUSAMMENFASSUNG	161
	LITERATURVERZEICHNIS	165
	ANHANG	171

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1	Abteilungen der Regionaldirektion	8
Abbildung 2-2	Drei-Aspekt-Signalisierung.....	10
Abbildung 2-3	Vier-Aspekt-Signalisierung mit abgestuftem Bremsweg	10
Abbildung 3-1	Anforderungen an den Fahrplan	17
Abbildung 3-2	Sperrzeitentreppe und Sperrzeit eines einzelnen Blockabschnitts	18
Abbildung 3-3	Stehender Bildfahrplan.....	18
Abbildung 3-4	Phasen einer Zugfahrt.....	19
Abbildung 3-5	Haltezeit bei Kombination von Betriebs- und Verkehrshalten [Pac08]	20
Abbildung 3-6	Zeitanteile eines Verkehrshalts im Personenverkehr [Pac08]	20
Abbildung 3-7	Einteilung der auf die Fahrzeitmesspunkte der Betriebsstellen bezogenen Zugfolgezeiten [Pac08].....	21
Abbildung 3-8	Prozess des Fahrplan-Entwurfs in China	23
Abbildung 3-9	Der Prozess der Netzfahrplanerstellung (X= Beginn der Netzfahrplanwechsel) (Quelle: DB AG)	26
Abbildung 3-10	Entscheidungsverfahren bei Trassenkonflikten im Rahmen der Netzfahrplanerstellung (Quelle: DB Netz AG).....	26
Abbildung 3-11	TDCS System (Eigene Darstellung).....	30
Abbildung 3-12	NLZ und BZ in Deutschland	31
Abbildung 4-1	Allgemeines Wirkungsgefüge.....	33
Abbildung 4-2	Unterschiedliche Gestaltungen der Zykloseinheit und Zykluszeit T_T	35
Abbildung 4-3	Die Anteile der Belegungszeit eines Taktes T_T	37
Abbildung 4-4	Grafische Methode	38
Abbildung 4-5	Einlegen eines Schnell-Reisezugs im Fahrplan.....	41
Abbildung 4-6	Langsam-Reisezüge ohne Überholen im Fahrplan	44
Abbildung 4-7	Wartezeitfunktion.....	47
Abbildung 4-8	Wartezeitfunktion in der Fahrplanerstellung und Betriebsabwicklung	48
Abbildung 4-9	Verfahren für Leistungsfähigkeitsuntersuchungen.....	49
Abbildung 4-10	Ablauf einer analytischen Leistungsfähigkeitsuntersuchung [Pac08]	50
Abbildung 4-11	Bestimmung der maximalen Leistungsfähigkeit durch Simulation einer unbeschränkten Leistungsanforderung am Eingang des Systems.....	51
Abbildung 5-1	Vergleich der beförderten Personen und Güter zwischen Jahr 1978 und Jahr 2008	53
Abbildung 5-2	Darstellung der 1.649 Fahrtrelationen mit Datenpunktdiagramm	54
Abbildung 5-3	Mögliche Zeitscheibe für die Abfahrt und Ankunft nach Angebotsstrategien .	58
Abbildung 5-4	Fahrtverlauf und Weg-Zeit-Diagramm.....	66
Abbildung 5-5	Komponente der Haltezeit $\overline{t_H}$	67
Abbildung 5-6	Kurven von f_R im Bereich von 0 bis 1 und von Detail (0,5 bis 1)	68
Abbildung 5-7	Verhältnisse zwischen der Anzahl der Halte m , V_F und f_R	69

Abbildung 5-8	Durchschnittliche Distanz der Halte $\overline{L_H^{j,j+1}}$ und Abhängigkeit von f_R	70
Abbildung 5-9	Zunahme der Reisezeit in Prozent	71
Abbildung 5-10	Verzahnung zwischen f_R und Haltestelle.....	72
Abbildung 5-11	Lösung der Konflikte auf freier Strecke	77
Abbildung 5-12	Zeitverlust von Modellzug L [min].....	79
Abbildung 5-13	Komplette Durchführung einer Überholung.....	81
Abbildung 5-14	Haltezeit für kombinierte Halte und Betriebshalte	81
Abbildung 6-1	Beeinflussungsparameter für die Leistungsfähigkeit des Eisenbahnnetzes ...	85
Abbildung 6-2	„Rapid Development“-Strategien	86
Abbildung 6-3	Abteilung „Fahrplankonstruktion“ zwischen MOR und Regionaldirektion	100
Abbildung 6-4	Mindestzugfolgezeiten in einem Streckenabschnitt [Pac08].....	111
Abbildung 6-5	Zugsperrzeit $t_{zj,aus}$	112
Abbildung 6-6	Zugsperrzeit $t_{zj,str}$	112
Abbildung 6-7	Zugsperrzeit $t_{zj,ein}$	113
Abbildung 6-8	Zugsperrzeit $t_{zj,dur}$	113
Abbildung 6-9	Erforderliche Zugfolgezeiten in einem Streckenabschnitt	114
Abbildung 6-10	Unterschied zwischen zwei Berechnungen der Vorbereitungszeit zur Ermittlung der Mindestzugfolgezeit	118
Abbildung 6-11	Zielsetzungen für die Optimierung der Signalisierung.....	122
Abbildung 6-12	Ermittlungsprozess im Flussdiagramm.....	126
Abbildung 7-1	Aufriss der Strecke „Hu-Ning-Abschnitt“ und Darstellung der Lage auf Google Earth©.....	136
Abbildung 7-2	Ein CRH fährt auf der Bahnstrecke „Hu-Ning-Abschnitt“ (Quelle: Xinhua News Agency).....	137
Abbildung 7-3	Betriebsprogramm IST-Zustand	142
Abbildung 7-4	Belastung der Untersuchungsstrecke	142
Abbildung 7-5	Zweistündlicher Takt in der Entwurfsvariante.....	152
Abbildung 7-6	Betriebsprogramm Entwurfsvariante	154

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1	Vergleich Vier-Aspekt-Signalisierung und Drei-Aspekt-Signalisierung	11
Tabelle 2-2	Regel der Nummerierung der Züge mit 4-stelligen Nummern	13
Tabelle 2-3	Regel der Nummerierung der Züge mit Sonderbuchstabe	14
Tabelle 2-4	Modellierung der Züge	14
Tabelle 2-5	Streckenklasse und zulässige Leitgeschwindigkeit des Personenverkehrs	15
Tabelle 4-1	Empfehlungswert von Abzugsfaktoren.....	42
Tabelle 4-2	Empfehlungswert α	43
Tabelle 4-3	Empfehlungswert β	45
Tabelle 4-4	Empirischer Wert des Abzugsfaktors	45
Tabelle 4-5	Abzugsfaktor eines Reisezugs auf zweigleisiger Strecke mit Drei-Aspekt-Signalisierung [Mtn90].....	46
Tabelle 4-6	Gegenüberstellung synchrone und asynchrone Simulation [Bar98]	51
Tabelle 4-7	Auswahl geeigneter Untersuchungsverfahren [Pac08].....	52
Tabelle 5-1	Annäherungsverhältnisse zwischen Reisezeit und Reisedistanz	55
Tabelle 5-2	Statistische Aufteilung der Reisezüge nach Reiseweite und Reisedauer	55
Tabelle 5-3	Angebotsstrategien des Personenfernverkehrs	57
Tabelle 5-4	Festlegung der Zeitscheibe mit traditionellem Verfahren.....	59
Tabelle 5-5	Berechnungsbeispiel für die Zugfolgezeit	63
Tabelle 5-6	Vergleich der Modellzüge und vorgeschlagene Haltestellenabstände der Modellzüge	73
Tabelle 5-7	Berechneter Haltestellenabstand ohne Berücksichtigung der Betriebshalte	74
Tabelle 5-8	Ideale Reisegeschwindigkeit mit angepasstem Haltestellenabstand je nach Modellzug	75
Tabelle 5-9	Vier Möglichkeiten der Überholung	78
Tabelle 5-10	Ermittlung der Anzahl der Überholungen wegen kombinierter Zwischenhalte ...	82
Tabelle 5-11	Ermittlung der Anzahl der Überholungen wegen der separat auftretenden Betriebshalte.....	82
Tabelle 5-12	Modellzug und entsprechende Reisegeschwindigkeit	83
Tabelle 6-1	Übersicht der Hochgeschwindigkeitszüge in China	87
Tabelle 6-2	Aufteilung der Netzlänge auf die Streckenstandards (Stand 2002) [Sie04].....	92
Tabelle 6-3	Zusammenstellung der Streckenstandards nach Richtlinie 413 [DBA00]	93
Tabelle 6-4	Zugklassen und ihre Geschwindigkeit.....	95
Tabelle 6-5	Anordnung der Streckenstandards und dazu erlaubte Zugkombinationen.....	96
Tabelle 6-6	Matrix zur Berechnung der Wahrscheinlichkeiten der Zugfolgefälle.....	130
Tabelle 7-1	Kilometrierung der Betriebsstellen entlang der Untersuchungsstrecke	139
Tabelle 7-2	Betriebliche Merkmale der Modellzüge	143
Tabelle 7-3	Anzahl der Züge auf dem Untersuchungsabschnitt	144
Tabelle 7-4	Modellierung der Züge im IST-Fahrplan 24 h	145

Tabelle 7-5	Prognostizierte regionale Nachfrage im Bahnverkehr zwischen den Städten in YRD	148
Tabelle 7-6	Die Anzahl der erforderlichen Züge zwischen den Städten in YRD	148
Tabelle 7-7	Ordnung der Halteregel	149
Tabelle 7-8	Die Priorität und die gewünschte Reisegeschwindigkeit des Modellzuges im Takt	150
Tabelle 7-9	Vergleich IST-Fahrplan und Entwurfsvariante	152
Tabelle 7-10	Berechnung des Kapazitätsverbrauchs jedes Streckenabschnittes	155
Tabelle 7-11	Ursverspätungen als Haltezeitverlängerung [Deu92]	156
Tabelle 7-12	Einbruchsverspätungen im Untersuchungsbereich [Deu92]	156
Tabelle 7-13	Wahrscheinlichkeit der Ursverspätungen und Einbruchsverspätungen	157
Tabelle 7-14	Vergleiche der Pünktlichkeit der Personenzüge	157
Tabelle 7-15	Mittelwert der Verspätung für die Relation HBF Nanjing- HBF Shanghai	158
Tabelle 7-16	Vergleich der Streckenbelastung in „IST“ und „Entwurf“	159
Tabelle 7-17	Vorschläge der Standardisierung des Streckenstandards M160	160

Anhangverzeichnis

A.	Organisation des MOR und China Railway.....	171
B.	Detaillierte Klassifizierung der Züge in China	174
C.	Hochgeschwindigkeitsstrecken in China.....	176
D.	Betriebliche Kennzahlen der chinesischen Bahn.....	178
E.	Berechnungsbeispiel der Streckenauslastung mit Abzugsfaktor	182
F.	Die Schritte der Leistungsfähigkeitsuntersuchung mit analytischen Verfahren in Deutschland.....	184
G.	Verteilungsdiagramm des Schienenpersonenverkehrs in China	188
H.	Zeitverlust jedes Modellzuges je 100 km	192
I.	Berechnungsbeispiel der Signalisierung bzw. Aufteilung der Blocklänge	194
J.	Untersuchungsstrecke im Railsys [®] -Modell	199

Die Vier-Aspekt-Signalisierung gewährleistet, dass mindestens drei Blöcke in der Fahrtrichtung frei sind. Sie kann die Züge, die mit der Geschwindigkeit größer als 120 km/h fahren, auf der Strecke sichern. Die Besonderheit dieses Signalsystems ist das Grün/Gelb Signal, es sendet die Informationen über zwei unmittelbar folgende Blöcke. Die Hochgeschwindigkeitszüge und die schwer beladenen Güterzüge müssen nach dem Passieren dieses Grün/Gelb-Signals auf die entsprechende Geschwindigkeit vor dem Gelb-Signal reduzieren, um vollständig innerhalb von zwei Blöcken vor dem rotleuchtenden Signal zu halten. Der Bremsweg des Zuges wird bei abgestufter Geschwindigkeit auf zwei Blockabschnitte verteilt. Die Züge mit einer Geschwindigkeit unter 120 km/h können noch ohne Berücksichtigung des Grün/Gelb-Signals mit der IST-Geschwindigkeit weiter bis zum Gelb-Signal fahren.

	Vier-Aspekt	Drei-Aspekt
Signalisierung	Grün/Gelb-Grün/Gelb/Rot	Grün/Gelb/Rot
Bremsweg	2 Blöcke	1 Block
Zugfolge	4 (5*) Blöcke	3 Blöcke
Blocklänge [m]	700-900	1600-2600
Zugfolgezeit [min]	$t_z = \frac{4 * l_B + l_{Zug}}{v_t}$ Oder $t_z = \frac{5 * l_B + l_{Zug}}{v_t}$	$t_z = \frac{3 * l_B + l_{Zug}}{v_t}$
Bemerkung	*Der 5. Block bei der Vier-Aspekt-Signalisierung wird aus Sicherheitsgründen als eine Schutzstrecke vorgehalten.	

Tabelle 2-1 Vergleich Vier-Aspekt-Signalisierung und Drei-Aspekt-Signalisierung

In der Tabelle 2-1 wurden die zwei Signalisierungen miteinander verglichen. Die Ermittlung der Zugfolgezeit ist stark mit der Blocklänge und der durchschnittlichen Geschwindigkeit des Zuges verbunden. Wenn die Länge der Blockabschnitte wesentlich größer ist, führt das zu einer unnötigen Erhöhung der Sperrzeit, dadurch würden die Mindestzugfolgezeiten zunehmen und die Leistungsfähigkeit der Strecke würde nicht ausgenutzt. Die Verkürzung der Mindestzugfolgezeit ist das Kernstück zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Strecke im chinesischen Eisenbahnbetrieb, die Maßnahme zur Verkürzung der Mindestzugfolgezeit wird danach in dem Kapitel 6 detailliert dargestellt.

2.3.2 Sicherungssystem

Die Entwicklung des modernen Zugsicherungssystems, das die Informationen (z. B. Geschwindigkeiten, Stromabnehmer heben bzw. senken) vom Gleis zum Führerstand

4.2.1.2 Asymmetrischer Fahrplan

Da in China die Zuggattungen vielfältig sind und der Fernverkehr den Großteil des Personenverkehrs ausmacht, ist der Eisenbahnbetrieb sehr kompliziert. Die Züge werden auf den meisten Bahnstrecken heutzutage im Mischbetrieb gefahren, die Reisezüge mit hoher Geschwindigkeit und die langsamen Güterzüge folgen sich unregelmäßig auf der Bahnstrecke. Solche unregelmäßigen Zugfolgen gestalten einen asymmetrischen Fahrplan.

In der Vergangenheit hatten die Personenreisezüge und Eilgüterzüge sehr kleine Anteile des Eisenbahnverkehrs, die Berechnung der Leistungsfähigkeit der Strecke [Züge/Tag] ist deswegen zuerst die Summe der geplanten Güterzüge im Fahrplan. Danach werden die Güterzüge, die wegen der Einlegung der Personenreisezüge im Fahrplan keine Fahrplantrassen haben, von dem Fahrplan entfernt bzw. abgezogen. Die Summe der planbaren Güterzüge und Personenreisezüge, die sich ohne Konflikte im Fahrplan befinden, ist das endgültige Ergebnis der Leistungsfähigkeit der Untersuchungsstrecke [Züge/Tag].

Es gibt grundsätzlich zwei Methoden, um die Leistungsfähigkeit der Untersuchungsstrecke zu ermitteln:

1. Grafische Methode

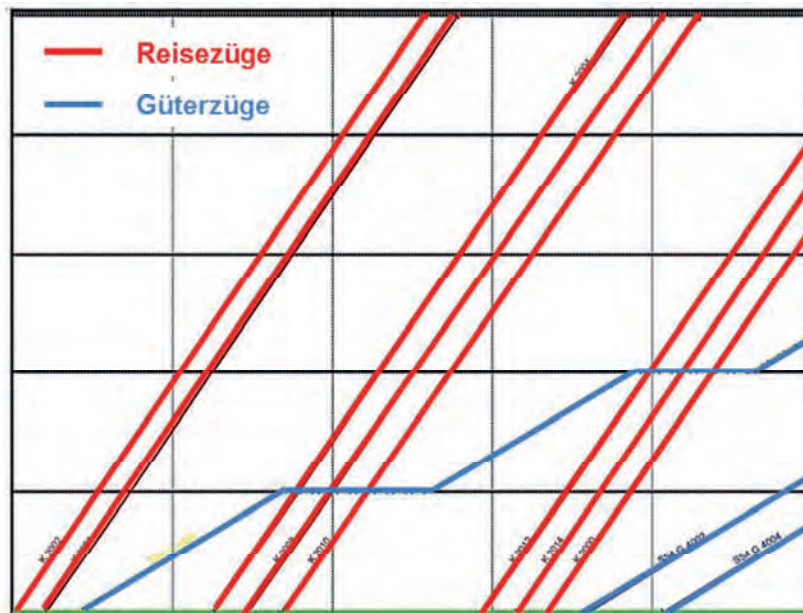


Abbildung 4-4 Grafische Methode

Die Abbildung 4-4 stellt dar, dass die Abfahrtszeit und die Haltezeit der geplanten Reisezüge bevorzugt nach Bedarf mit den gewünschten Fahrplantrassen

(die roten Linien) im Fahrplan festgelegt werden, dann werden die Güterzüge (die gelben und blauen Linien) in die Zeitlücken zwischen den Reisezügen eingefügt. Die Anzahl der Summe der max. angeordneten Güterzüge und Reisezüge innerhalb von 24 Stunden stellt die Leistungsfähigkeit der Bahnstrecke dar.

2. Analytische Methode

Durch die Festlegung der Abzugsfaktoren von Reisezug, Eilgüterzug und Sammelgüterzug kann die Leistungsfähigkeit des asymmetrischen Fahrplans n_{AS} annähernd ermittelt werden.

Die Voraussetzung für die Berechnung der Leistungsfähigkeit einer Strecke mit dem Verfahren „Abzugsfaktoren“ ist, dass der Fahrplan zuerst ideal nur mit den Güterzügen geplant ist und symmetrisch mit Zyklus periodisch wiederholt wird. Wenn ein Reisezug oder ein Eilgüterzug bzw. ein Sammelgüterzug im Fahrplan eingelegt wird, werden einige Güterzüge wegen der Beeinflussung von „Eindringlingen“ von dem Fahrplan abgezogen. Solche Verhältnisse werden als ein Abzugsfaktor dargestellt.

$$n_G^{AS} = n_G - \varepsilon_p * n_p - (\varepsilon_{eg} - 1) * n_{eg} - (\varepsilon_{sgz} - 1) * n_{sgz} \quad \text{Gleichung 4-7}$$

$$n^{AS} = n_G^{AS} + n_p \quad \text{Gleichung 4-8}$$

n_G Anzahl der Güterzüge im symmetrischen Fahrplan

n^{AS} Anzahl der Summe von den Güterzügen und den Reisezügen im asymmetrischen Fahrplan

n_G^{AS} Anzahl der gesamten Güterzüge im asymmetrischen Fahrplan (Eilgüterzug und Sammelgüterzug sind eingeschlossen.)

n_p Anzahl der Reisezüge im Fahrplan

n_{eg} Anzahl der Eilgüterzüge im Fahrplan

n_{sgz} Anzahl der Sammelgüterzüge im Fahrplan

ε_p Abzugsfaktor von Reisezügen

ε_{eg} Abzugsfaktor von Eilgüterzügen

ε_{sgz} Abzugsfaktor von Sammelgüterzügen

Die Größe der Abzugsfaktoren soll nach verschiedenen Situationen des Betriebs (z. B. eingleisig, zweigleisig oder mehrgleisig) festgelegt werden und kann in der Praxis nach den vom MOR bestimmten Gleichungen grob geschätzt werden. Die Genauigkeit der Abzugsfaktoren hat große Einwirkungen auf die Ergebnisse der Leistungsfähigkeit der Bahnstrecke.

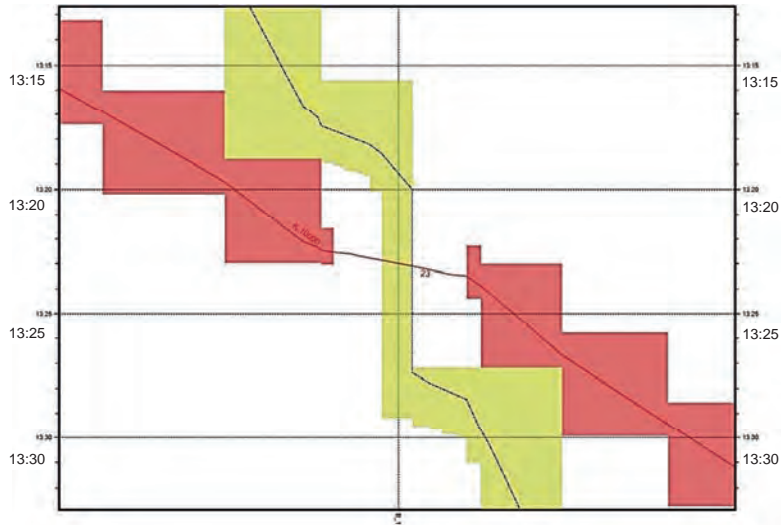


Abbildung 5-13 Komplette Durchführung einer Überholung

Die Berechnungen der Zugfolgezeit sind in Deutschland und China unterschiedlich, stehen aber in Zusammenhang mit der Länge des Blocks. In China beträgt die Zugfolgezeit auf den meisten zweigleisigen Strecken 6-10 min als technische Norm. In der folgenden Analyse werden $t_{z, (L-S)}$, $t_{z, (S-L)}$ und $t_{z, (S-S)}$ einheitlich mit 7 min angenommen. Die Haltezeit für einen separat auftretenden Betriebshalt kann vereinfacht aus der Summe von $t_{z, (L-S)}$ und $t_{z, (S-L)}$ mit 14 min berechnet werden. Wenn die Betriebshalte mit den Verkehrshalten kombiniert sind, entspricht die Verlängerung der Haltezeit zum Anschluss einer einmaligen Überholung ungefähr einer Zugfolgezeit $t_{z, (S-L)}$ von 7 min, der gesamte Zeitverlust durch die Überholungen wird bereits mit dem Reisegeschwindigkeitsfaktor ermittelt, dadurch kann die Anzahl der Überholungen grob geschätzt werden.

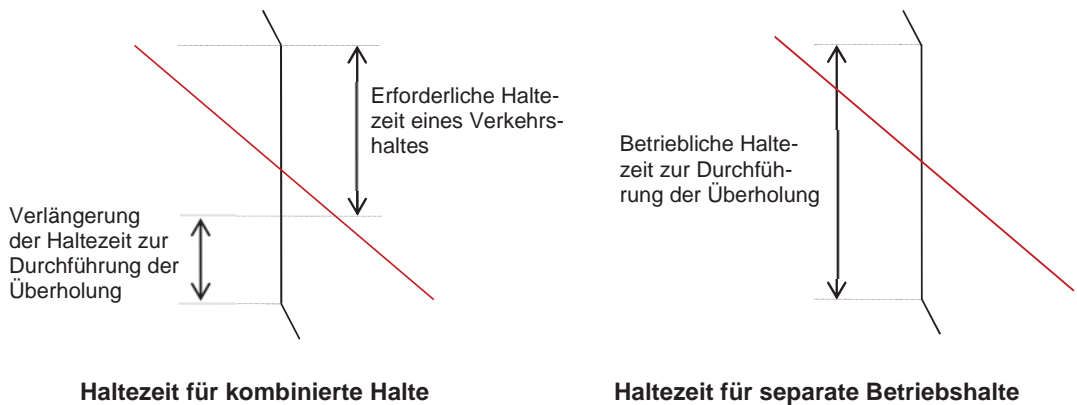


Abbildung 5-14 Haltezeit für kombinierte Halte und Betriebshalte

Die Ober- und Untergrenze der Anzahl der Überholung vom Modellzug L unter dem IST-Zustand auf 100 km Strecke kann nach folgenden Tabellen berechnet werden:

1. Alle Betriebshalte sind mit den Verkehrshalten kombiniert

Zeitverlust [min/100 km]	Durchschnittlicher Haltestellenabstand [km]	Anzahl der Verkehrshalte	Max. Anzahl der kombi- nierten Halte	Anzahl der separat auftretenden Betriebshalte	Min. Anzahl der gesamten Zwischenhalte	Max. Anzahl der Überho- lungen
47,8	20	4	4	0	4	$47,8/7 \approx 6,8$
59,5	30	2,3	2,3	0	2,3	$59,5/7 \approx 8,5$
65,3	40	1,5	1,5	0	1,5	$67,6/7 \approx 9,3$

Tabelle 5-10 Ermittlung der Anzahl der Überholungen wegen kombinierter Zwischenhalte

2. Alle Betriebshalte bzw. Überholungen treten separat auf

Zeitverlust [min/100 km]	Durchschnittlicher Haltestellenabstand [km]	Anzahl der Verkehrshalte	Anzahl der kombinierten Halte	Max. Anzahl der separat auftretenden Betriebshalte	Max. Anzahl der gesamten Zwischenhalte	Min. Anzahl der Überho- lungen
47,8	20	4	0	$47,8/14 \approx 3,4$	7,4	3,4
59,5	30	2,3	0	$59,5/14 \approx 4,3$	7,6	4,3
65,3	40	1,5	0	$65,3/14 \approx 4,7$	6,2	4,7

Tabelle 5-11 Ermittlung der Anzahl der Überholungen wegen der separat auftretenden Betriebs-
halte

Die Anzahl der gesamten Zwischenhalte ändert sich durch die Veränderung der Anzahl der kombinierten Halte und der separaten Betriebshalte, die eventuell auftretenden Überholungen sind von der Zunahme der Zwischenhalte umgekehrt proportional abhängig. Der Bedarf zur Überholung besteht aufgrund der Zugfolgefälle und Priorität des Zuges. Wenn die folgend abfahrenden Züge in einem bestimmten Zeitraum keine großen Unterschiede bzw. höhere Priorität haben, wird die Überholung vermieden, sodass dadurch der Zeitverlust wegen Überholungen vermindert werden kann.

Durch die Auswertungen der Tab. 5-10 und 5-11 ergibt sich die mögliche Anzahl der Überholungen von 3,4 bis 9,4. Um die Reisegeschwindigkeit des Modellzugs L zu erhöhen, wird der ideale Fall angenommen, bei dem der Modellzug L die minimale Anzahl der Überholungen auf seinem Weg und weitestgehend kombinierte Halte hat.

In dieser Arbeit wird vorgeschlagen, die ermittelte Untergrenze der Anzahl der Überholungen als erwünschten Maßstab vorzugeben. Der Modellzug L darf nur 3,4-mal auf einer 100 km langen Strecke von anderen Zügen überholt werden und alle Überholstel-

7.6 Fazit

Mithilfe der Betriebssimulation kann man die Auswirkung der Anwendungen der entwickelten Maßnahmen auf der Untersuchungstrecke im Rechner ansehen.

Belastung der Untersuchungstrecke Abschnitt (Danyang – Changzhou Ost)			
	Ist	Entwurf	Δ
D	27	30	+ 3
E	17	22	+ 5
RE	0	30	+ 30
S	23	23	+ 0
P	12	15	+ 3
G	30	37	+ 7
Summe	109	157	+ 48

Tabelle 7-16 Vergleich der Streckenbelastung in „IST“ und „Entwurf“

Durch die Harmonisierung der Züge und die Verkürzung der Zugfolgezeit kann die Leistungsfähigkeit der Versuchsstrecke um knapp 45 % erheblich erhöht werden. Außerdem können die Reisegeschwindigkeiten der FRz (Modell S und P), die vorher niedrige Prioritäten und mehrere Überholungen von anderen Zügen im Betrieb hatten, durch das verbesserte Verfahren zur Konstruktion des Fahrplans auf eine zufriedenstellende Höhe gebracht werden.

Um die Pünktlichkeit zu erhöhen und die Verspätungen abzubauen, kann im Fahrplan der Fahrzeitüberschuss jedes Zuges noch mit einem bestimmten Maß erhöht werden. Obwohl die Belastung der Strecke entsprechend teilweise reduziert wird, ist die Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Untersuchungstrecke jedoch schon sehr groß und beachtenswert. Die Bahnstrecke in China wurde wegen des Berechnungsverfahrens mit Abzugsfaktoren und der großen „Mindestzugfolgezeit“ nicht komplett ausgenutzt, nach der Analyse und Überprüfung der Auswirkung der entwickelten Maßnahmen auf der Untersuchungstrecke kann die Möglichkeit zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit auf der Bahnstrecke von CABS und CBBS um ca. 30 % gut nachgewiesen werden.

Da in China die meisten Bahnstrecken von CABS und CBBS ähnliche Infrastruktur und betriebliche Aufgaben wie die Untersuchungstrecke haben, wird in dieser Arbeit die Entwurfsvariante, in der die Leistungsfähigkeit der Untersuchungstrecke erheblich erhöht ist, als Referenz für die Definition der Obergrenze der Streckenauslastung im Standard der Mischbetriebsbahnstrecke „M160“ angewendet. Durch Vergleiche der betrieblichen Maßstäbe im Standard bzw. Bezugssystem kann die optimale Ausnut-

zung der Strecke sowie Infrastruktur in der Praxis verwirklicht werden. Da die Startzeit des „Wartungsfensters“ jeder Strecke in der Nacht zwischen 21:00 und 6:00 Uhr unterschiedlich ist, können die Ströme des Güterverkehrs in der Nacht entsprechend in die Tagesganglinie verschoben werden.

Streckenstandard M160

Basisparameter

Streckenauslastung [Z/d] je Richtung	Obergrenze
Summe/SPFV/SPNV/SGV	157/60/60/37
Leitgeschwindigkeit	121-160 km/h
Angebote Zugklasse	ZP ₃ – ZP ₅ , ZG ₁ – ZG ₂
Optimierungskriterium	Mischverkehr, Personenverkehr als Kerngeschäft zwischen 6:00 Uhr und 20:00 Uhr

Standardparameter

Anzahl der Gleise	2
Überholungsgleisabstand	6-13 km
Blockabschnittslänge	1,3 km
V _{Ein} /V _{Aus}	80-90 km/h
V _{Überleitstelle}	80-90 km/h

Tagesganglinie M160 Streckenauslastung je Richtung

Zeit	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Gz	9	8	6	6	4	0	6	7	9	9	7	7	7	9	7	7	7	7	6	9	9	1	0	10	157
P-Zug	7	3	2	2	0	0	0	1	0	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0	10	37
S-Zug	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	23
E-Zug	0	1	0	1	1	0	0	1	3	3	0	1	0	3	1	0	0	0	1	3	3	0	0	0	22
D-Zug	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	30
RE-Zug	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	30

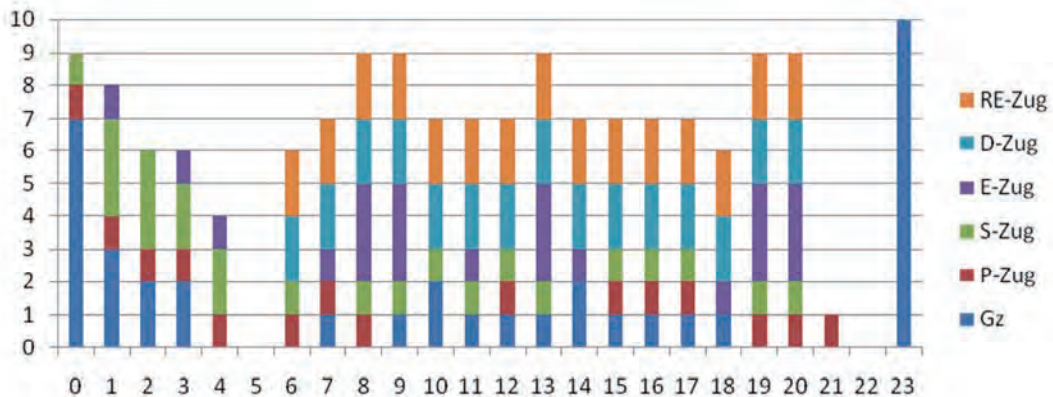


Tabelle 7-17

Vorschläge der Standardisierung des Streckenstandards M160