

OPTIMIERUNG VON BETRIEBSQUALITÄT UND LEISTUNGSFÄHIGKEIT IN BALLUNGSRÄUMEN

**Optimierung der Betriebsqualität und Leistungsfähigkeit
auf hoch belasteten Personenverkehrsstrecken mit ho-
mogenem Geschwindigkeitsprofil und Haltemuster am
Beispiel der Wiener S-Bahn-Stammstrecke**

InES-Thema 1901

Version 1.0

07.12.2020

Zertifiziert nach ISO 9001

INHALTSVERZEICHNIS

0.	Executive Summary	4
1.	Einleitung	5
1.1.	Ausgangslage	5
1.2.	Fragestellung und Vorgehensweise.....	5
2.	Betriebsqualität/Leistungsfähigkeit: Einflussfaktoren und Interdependenzen	7
2.1.	Identifikation der Einflussfaktoren	7
2.1.1.	Sicherungssystem.....	7
2.1.1.1.	Betrachtete Sicherungssysteme	7
2.1.1.2.	Eigenschaften der PZB	8
2.1.1.3.	Eigenschaften von ETCS Level 2.....	10
2.1.1.4.	Eigenschaften von ETCS Level 3.....	14
2.1.1.5.	Hochleistungsblock	14
2.1.1.6.	Schutzwege	14
2.1.1.7.	Systemische Vorteile von ETCS	15
2.1.1.8.	Einsatz von Sicherungssystemen auf Ballungsraum-Nahverkehrsstrecken im internationalen Vergleich	16
2.1.2.	Fahrzeuge	19
2.1.2.1.	Fahrzeuglayout, Türen und Schiebetritte (Haltezeit).....	20
2.1.2.2.	Performance der Antriebstechnik (Fahrzeit)	28
2.1.3.	Fahrplan	32
2.1.3.1.	Zulassung/Ausschließung von Nutzungsarten	32
2.1.3.2.	Gestaltung der fahrplantechnischen Einbindung allfälliger Außenäste in die „Stammstrecke“ (= den stadtbahnähnlichen Abschnitt).....	33
2.1.3.3.	Überlagerung der Fahrgastströme unterschiedlicher Linien und Laufwegslängen.....	34
2.1.3.4.	Fahrplankonstruktionsparameter im engeren Sinne	34
2.1.4.	Infrastruktur (bauliche Anlagen).....	36
2.1.4.1.	Kapazitätsoptimierte Ausnutzung der Bahnsteiganlagen.....	36
2.1.4.2.	Erhöhung des Gefahrenpunktabstands	40
2.1.5.	Betriebsabwicklung	40
2.1.6.	Personal	40
2.2.	Interdependenzen zwischen den Einflussfaktoren	41
3.	Lösungsansätze zur Optimierung von Betriebsqualität und Leistungsfähigkeit	42
3.1.	Lösungsansätze in Zusammenhang mit dem Fahrplan	42
3.2.	Lösungsansätze im Zusammenhang mit dem Rollmaterial.....	44
3.2.1.	Fahrgastlenkung	44
3.2.2.	Beschaffung von Neufahrzeugen.....	48
3.3.	Organisatorische Lösungsansätze im Bereich des Infrastrukturbetreibers	49
3.3.1.	Handlungsspielräume innerhalb bestehender Richtlinien.....	49
3.3.1.1.	Geänderte Verteilung von Fahrzeitreserven und daran angepasste Fahrgastinformation.....	49
3.3.1.2.	Mindestbeharrungszeiten	51

3.3.1.3.	Wechselweise Bahnsteignutzung.....	51
3.3.1.4.	Optimierungen im Zusammenhang mit ETCS	52
3.3.1.5.	Erhöhung von Schutzwegen (Overlap) für ETCS.....	54
3.3.2.	Handlungsoptionen unter Anpassung der Richtlinien	60
3.4.	Bauliche Lösungen im Bereich des Infrastrukturbetreibers	61
3.4.1.	Reduzierung/Entfall der Überhöhungen im Stationsbereich.....	61
3.4.2.	Bahnsteigsperrren/Zugangssperrren	62
3.4.3.	Einbahnsystem beim Fahrgastwechsel.....	62
4.	Conclusio	63
4.1.	Beantwortung der Fragestellung.....	63
4.2.	Handlungsempfehlungen / weiteres Vorgehen	64
5.	Verzeichnisse	66
5.1.	Allgemeine Angaben	66
5.2.	Abkürzungsverzeichnis.....	66
5.3.	Abbildungsverzeichnis	68
6.	Anlagen	69
7.	Quellenverzeichnis	69

0. EXECUTIVE SUMMARY

Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich mit der Fragestellung, wie Betriebsqualität und Leistungsfähigkeit auf hoch belasteten Personenverkehrsstrecken mit homogenem Geschwindigkeitsprofil und Haltemuster optimiert werden können. Als Beispiel bzw. als gedankliche Stütze hinsichtlich der Überlegungen dient die Wiener S-Bahn-Stammstrecke.

In einem ersten Schritt werden die wesentlichen Einflussfaktoren auf Betriebsqualität und Leistungsfähigkeit identifiziert und näher analysiert, wobei die folgenden hervorzuheben sind:

- Sicherungssystem
- Fahrzeuge
- Fahrplangestaltung
- Physische Infrastruktur, Resilienzniveau
- Betriebsabwicklung
- Personal

In weiterer Folge werden Lösungsansätze zur Steigerung von Betriebsqualität und Leistungsfähigkeit erarbeitet, wobei die wesentlichen Einflussfaktoren zueinander in Beziehung gesetzt und entsprechend adressiert werden. Wichtig ist dabei, ganzheitliche Lösungsstrategien zu verfolgen, die über Unternehmensgrenzen hinaus wirken und Inseleptima vermeiden – also das Zusammenspiel aus Fahrplan, Rollmaterial, Betriebsabwicklung/Sicherungssystem, Infrastruktur und Personal optimieren. Einige wesentliche Erkenntnisse sind:

- Über das Sicherungssystem verbunden mit baulichen Maßnahmen und einem darauf abgestimmten Betriebskonzept lässt sich die Leistungsfähigkeit erhöhen.
- Einen ganz wesentlichen Einflussfaktor stellt das Rollmaterial dar – nicht nur aus technischer Sicht (was etwa Brems- und Beschleunigungsvermögen betrifft), sondern auch hinsichtlich des Layouts des Innenbereichs, um den Fahrgastfluss zu optimieren (siehe dazu auch die Anlage zu vorliegendem Bericht mit konkreten Layoutvorschlägen). Auch sollten neue Technologien genutzt werden, um die Reisenden bereits am Bahnsteig zu informieren, in welchem Abschnitt des Zuges Kapazität frei ist, um auch so Haltezeiten kurz zu halten.
- Für die Betriebsqualität wesentlich ist, dass Verkehre nur über definierte „Einfüllpunkte“ und ohne niveaugleiche Auskreuzungen in die Strecke eintreten bzw. diese verlassen können, um Verzögerungen zu minimieren.

I. EINLEITUNG

I.1. Ausgangslage

Die Nachfrage im öffentlichen Schienenpersonenverkehr, insbesondere in Ballungsräumen, erfährt ungebrochen starke Zuwächse. Neben Reisezeit- und Bequemlichkeitsvorteilen spielt auch der zunehmende Umweltgedanke in diesem Zusammenhang eine Rolle.

Nicht zuletzt deshalb ist auch im aktuellen Regierungsprogramm bereits im Einleitungstext zum Unterkapitel „Verkehr und Infrastruktur“ folgender Satz enthalten: „Der Bahnverkehr steht vor Herausforderungen wie die der Kapazitätssteigerung.“ⁱ Im weiteren Verlauf des Unterkapitels „Verkehr und Infrastruktur“ ist auch eine „Öffi-Milliarde für den Nahverkehr für die Verbesserung der Rahmenbedingungen im öffentlichen Verkehr“ angekündigt. Sihin „sollen vor allem Ausbau und Verbesserung des öffentlichen Verkehrs in und um Ballungsräume vorangetrieben werden“. Es wird also deutlich, dass Verkehrsachsen in Ballungsräumen eine noch stärkere Rolle zuteil wird. Eine mögliche Lösung zur Beseitigung von Kapazitätsengpässen stellen Infrastrukturneubauten (z.B. zusätzliche Streckengleise oder gar neue Strecken) dar. Diese sind jedoch – gerade in Ballungsräumen – oftmals aufwendig und kostspielig und daher nur mit sehr langen Planungs- und Genehmigungsvorlaufzeiten umsetzbar. Um nun aber auch kurz- bis mittelfristig Kapazitätssteigerungen sowie gleichzeitig auch eine verbesserte Betriebsqualität auf hoch belasteten Strecken in Ballungsräumen mit homogenem Geschwindigkeitsprofil und Haltemuster zu erzielen, lohnt es sich, anhand eines Beispiels (hier: der Wiener S-Bahn-Stammstrecke) auch Möglichkeiten zur Optimierung von Leistungsfähigkeit und Betriebsqualität auf bestehenden Strecken auszuloten.

I.2. Fragestellung und Vorgehensweise

Von dieser Ausgangslage startend, ergeben sich zur vorliegenden Thematik unter anderem folgende Fragestellungen:

- Welche Einflussfaktoren sind für die Betriebsqualität und Leistungsfähigkeit auf hoch belasteten Strecken in Ballungsräumen mit homogenem Geschwindigkeitsprofil und Haltemuster maßgeblich?
- Wie stehen diese Einflussfaktoren zueinander in Beziehung?
- Welche Ansatzpunkte zur Interdependenzoptimierung der Einflussfaktoren lassen sich konstatieren?
- Welche der Lösungsmöglichkeiten zur Optimierung von Betriebsqualität und Leistungsfähigkeit können innerhalb bestehender Regelwerke und Richtlinien umgesetzt werden und wo benötigt es dafür Änderungen? Wie könnten allfällige Änderungen aussehen?

- Wie könnte eine umfassende Strategie zur Optimierung von Betriebsqualität und Leistungsfähigkeit auf hoch belasteten Strecken in Ballungsräumen mit homogenem Geschwindigkeitsprofil und Haltemuster am Beispiel der Wiener S-Bahn-Stammstrecke aussehen?

Um sich diesen Fragestellungen zu nähern, wird zunächst in Kapitel 2. versucht, potentielle Einflussfaktoren auf Betriebsqualität und Leistungsfähigkeit zu identifizieren sowie deren Abhängigkeiten untereinander aufzuzeigen. Anschließend folgt in Kapitel 3. der Versuch, Beiträge zu einer ganzheitlichen Lösungsstrategie zu erarbeiten. In Kapitel 4. werden schließlich entsprechende Empfehlungen ausgearbeitet.

SCHÍG mbH

2. BETRIEBSQUALITÄT/LEISTUNGSFÄHIGKEIT: EINFLUSSFAKTOREN UND INTERDEPENDENZEN

An dieser Stelle sollen nun die Einflussfaktoren auf Leistungsfähigkeit (damit ist insbesondere die Kapazität bzw. mögliche Beförderungsleistung unter normalen/geplanten Umständen zu verstehen) sowie Betriebsqualität (dies meint den Grad an störungsfreiem Betrieb bzw. den Grad an Resilienz) erläutert und zueinander in Beziehung gesetzt werden.

2.1. Identifikation der Einflussfaktoren

Vielfach wird postuliert, dass für mangelnde Betriebsqualität und Leistungsfähigkeit auf hoch belasteten Strecken überaltete Sicherungssysteme ursächlich seien und daher durch Erneuerung dieser bzw. Umstellung auf neuere Systemgenerationen das Problem beseitigt werden könne. Wiewohl dies sicher ein Teil der Lösung ist, erscheint eine bloße Fokussierung auf das Sicherungssystem als Stellschraube zu kurz gegriffen. Daher wurden als erster Schritt zu einer ganzheitlichen Betrachtungsweise in einer Expertendiskussion in der SCHIG mbH verschiedene Einflussfaktoren auf die Betriebsqualität identifiziert, die wesentlichsten davon sind:

- Sicherungssystem
- Fahrzeuge
- Fahrplangestaltung
- Physische Infrastruktur, Resilienzniveau
- Betriebsabwicklung
- Personal

Diese sollen in weiterer Folge näher erläutert und in Abhängigkeit zueinander gesetzt werden.

2.1.1. Sicherungssystem

2.1.1.1. Betrachtete Sicherungssysteme

Für den gegenständlichen Bericht sind in erster Linie das bestehende System der Punktförmigen Zugbeeinflussung (PZB) und das aufgrund gesetzlicher Vorgaben erforderliche European Train Control System (ETCS) relevant.

ETCS wird in unterschiedlichen Ausprägungen errichtet und es stehen der Level 1 bis 3 zur Verfügung. Bei der ÖBB-Infrastruktur AG kommt zukünftig nur der ETCS Level 2 am starkbelasteten Streckennetz zur Anwendung. Das ETCS Fahrzeuggerät unterstützt je Konfiguration alle ETCS Level,

wobei beim ETCS Level 3 darauf hinzuweisen ist, dass dieser noch nicht kommerziell im Einsatz ist und die technische Spezifikation des ETCS Level 3 in der TSI CCS im Gange ist.

Die maßgebenden Eigenschaften (d.h. die Einflussnahme auf das Fahrzeug und die Bremskurven) werden im Folgenden in verkürzter Form betrachtet.

2.1.1.2. Eigenschaften der PZB

Um die Einhaltung der durch Signale an die Triebfahrzeugführerin bzw. den Triebfahrzeugführer (Tfzf) übermittelten Vorgaben bzw. Beschränkungen und deren bzw. dessen Aufmerksamkeit zu überprüfen, werden an bestimmten Punkten durch sogenannte Gleismagnete Informationen an das Fahrzeug übertragen.

Dies dient dazu, die erforderliche Sicherheit zu erreichen, weil die Aufmerksamkeit bzw. das Auffassungsvermögen von Tfzf alleine nicht ausreichend ist. Die Wahrscheinlichkeit für menschliche Fehler ist zwar recht gering, aber immer noch weit über dem akzeptablen Ausmaß.

Die Gleismagnete sind Schwingkreise, die Frequenzen von 500, 1000 und 2000 Hz verwenden. Diese werden fahrzeugseitig erfasst und je nach Frequenz wird eine entsprechende Reaktion des Fahrzeuggeräts gesetzt, sofern eine bzw. ein Tfzf nicht korrekt handelt.

Ein Befreien aus den Eingriffen eines PZB-Systems ist technisch möglich, durch die betrieblichen Normen der ÖBB-Infrastruktur AG jedoch untersagt.

Stark vereinfacht und ohne Berücksichtigung von z.B. Geschwindigkeitsanzeigern gilt das Folgende:

- Die Beeinflussung mit 1000 Hz erfolgt in folgenden Konstellationen:
 - Vorsignal mit dem Signalbegriff „Vorsicht“
 - Signalnachahmer mit gelbem/r Lichtpunkt/Umrandung in der Stellung „Hauptsignal zeigt Halt“
 - an Stellen, wo eine Herabsetzung um min. 30 km/h angekündigt wird
 - bei einem erloschenen Vorsignal bzw. Signalnachahmer mit gelbem/r Lichtpunkt/Umrandung
- Die Beeinflussung mit 2000 Hz erfolgt bei Hauptsignalen, die den Begriff „Halt“ und bei Schutzsignalen, die „Fahrverbot“ zeigen.

500 Hz Gleismagnete sind zu verlegen bei Überleitstellen in Tunneln, bei Abzweigstellen oder bei allen anderen Haupt- und Schutzsignalen in Bahnhöfen und Überleitstellen aufgrund des Ergebnisses einer Kreuzungsrisikoanalyse gemäß Handbuch Betriebliches Risikomanagement gem. EU-Verordnung 402/2013.

Die Beeinflussung mit 500 Hz erfolgt, wenn das zugehörige Hauptsignal „Halt“ bzw. das zugehörige Schutzsignal „Fahrverbot“ zeigt.

Aufgrund der Beeinflussung durch die Gleismagnete wird die Überwachung durch das Fahrzeuggerät ausgelöst, wie in der folgenden Abbildung zu sehen ist.

Betriebsprogramm der PZB 90

Zugart O

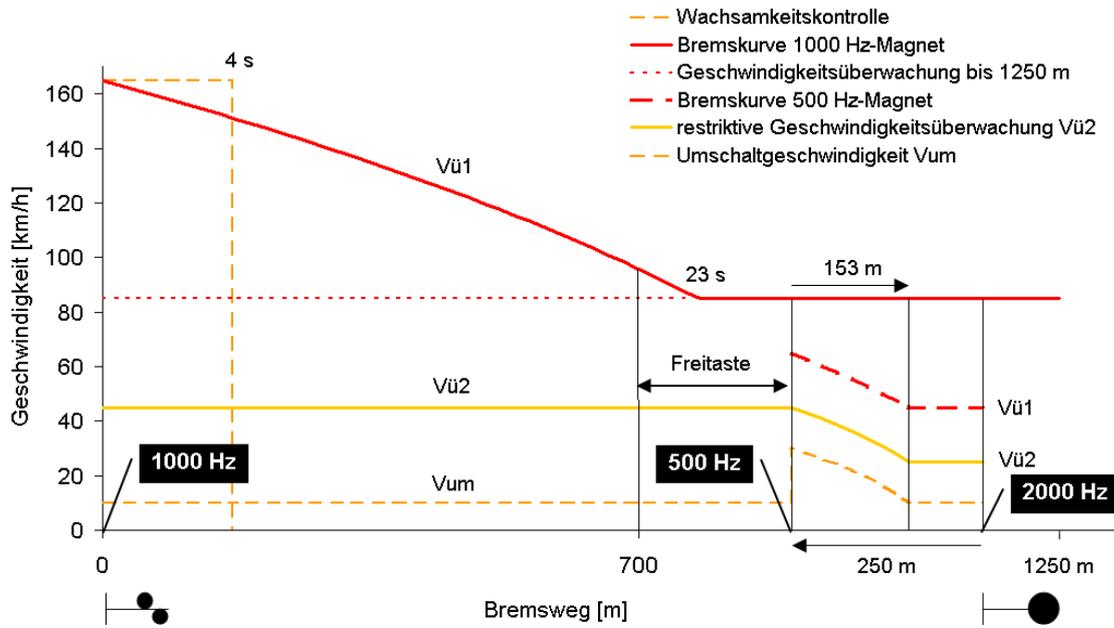


Abbildung 1: Betriebsprogramm der PZB 90 (Quelle: Wikipedia)

Die überwachte Geschwindigkeit bleibt nach 700 m konstant und würde ohne weitere Beeinflussungen bis 1.250 m ab dem Ort der Beeinflussung laufen.

Nach 700 m könnten sich Tzfz aus der Geschwindigkeitsüberwachung technisch befreien, jedoch ist das „Befreien“ normativ untersagt.

Züge, die nach einer Beeinflussung mit 1000 Hz für mehr als 15 Sekunden eine Geschwindigkeit (v_{um}) von 10 km/h unterschreiten, werden dann auf die restriktive Geschwindigkeit von 45 km/h ($v_{ü2}$) überwacht. Somit findet sich ein Zug, der zwischen Vor- und Hauptsignal anhält, in der restriktiven Überwachung. Dies ist auch der Fall nach einer Beeinflussung mit 500 Hz, wobei die restriktive Geschwindigkeit 25 km/h beträgt.

Tzfz können sich – technisch gesehen – aus dem restriktiven Modus mit der Freitaste befreien, sofern keine 500-Hz-Beeinflussung aktiv ist, jedoch ist das „Befreien“ normativ untersagt.

2.1.1.3. Eigenschaften von ETCS Level 2

Im Fall von ETCS Level 2 besteht zwischen dem Radio Block Center (RBC) und dem Fahrzeuggerät (On-Board Unit, OBU) eine Verbindung über den digitalen Zugfunk GSM-R.

Das RBC übermittelt die Fahrerlaubnis (Movement Authority, MA) an das Fahrzeug. Die OBU berechnet aufgrund der Streckeninformation, die Bestandteil der MA ist, und basierend auf den Bremseigenschaften des Fahrzeugs die erforderliche Sollkurve, die Tzfz einzuhalten haben.

Bei Nichteinhaltung der Sollkurve kommt es zu einer Bremsintervention. Dazu werden von der OBU Berechnungen angestellt, um entweder mittels Betriebsbremsung am Ende der Fahrerlaubnis oder mittels Notbremsung vor einem Gefahrenpunkt (supervised location, SvL) zu stehen zu kommen.

Zusätzlich ist noch die Option vorhanden, unterhalb einer festzulegenden Geschwindigkeit (sogenannte Entlassungsgeschwindigkeit bzw. Release Speed) die Überwachung der Sollkurve zu beenden. Damit kann bei besonders flachen Bremskurven in Verantwortung der Tzfz zügiger auf das Ende der Fahrerlaubnis zugefahren werden, wobei die Einhaltung der Release Speed überwacht wird.

In der folgenden Abbildung ist die Bremskurve für einen Personenzug mit 160 m Länge, 135 Brems-hundertstel für die Betriebs- und 190 Brems-hundertstel für die Notbremsung (die ins Konversionsmodell eingehen) dargestellt, wie sie das Berechnungstool der Eisenbahngesellschaft der Europäischen Union ausgibt. Als Release Speed wird der Wert der ÖBB von 20 km/h verwendet.

Anmerkung: Es wird das Lambda-Bremsmodell verwendet, das Brems-hundertstel als Eingangsdaten verwendet. Für das Gamma-Bremsmodell, welches die tatsächlichen Bremseigenschaften verwendet, fehlen Eingangsdaten.

Dabei ist eine Strecke mit einer Neigung von 0 ‰ berücksichtigt.

Das Ende der Fahrerlaubnis und die SvL sind dabei identisch.

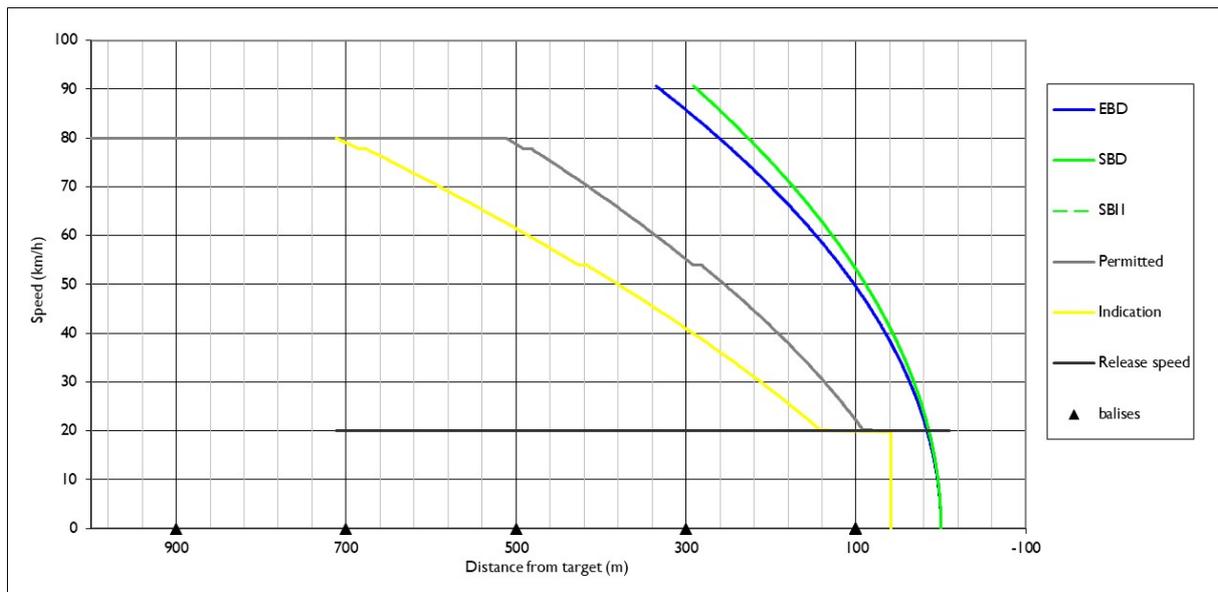


Abbildung 2: Bremskurve, Beispiel ohne Schutzweg

Die Bremskurve beginnt dabei 511 m vor dem Ende der Fahrerlaubnis und die Release Speed ist 59 m davor erreicht.

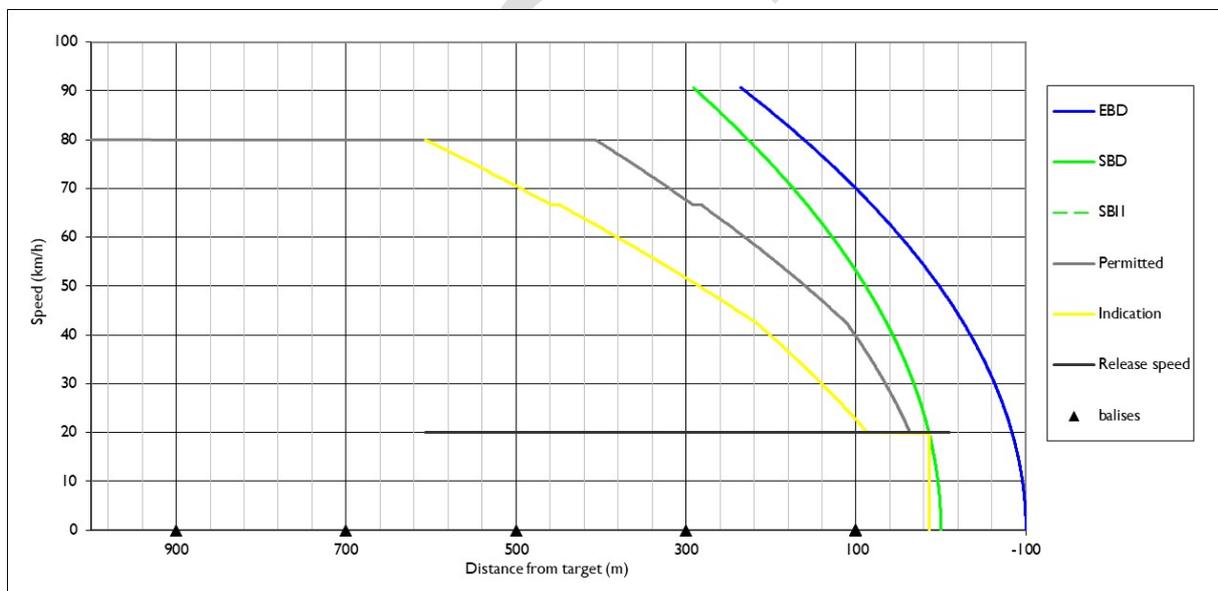


Abbildung 3: Bremskurve, Beispiel mit 100 m Schutzweg

Die Bremskurve beginnt dabei 406 m vor dem Ende der Fahrerlaubnis und die Release Speed ist 14 m davor erreicht.

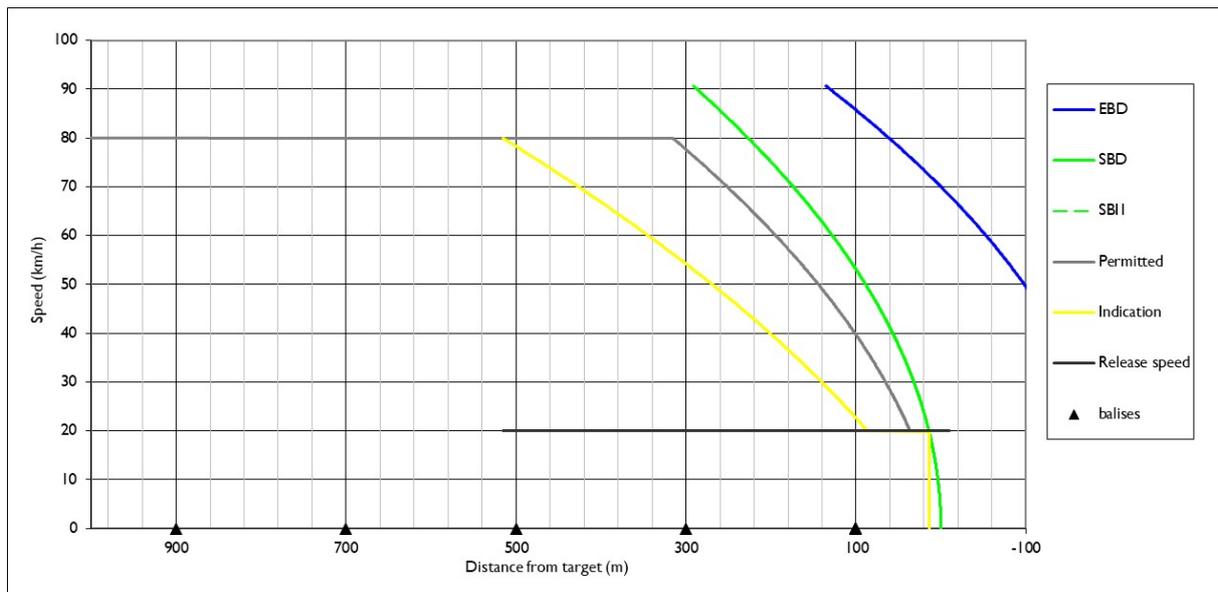


Abbildung 4: Bremskurve, Beispiel mit 200 Schutzweg

Die Bremskurve beginnt dabei 316 m vor dem Ende der Fahrerlaubnis und die Release Speed ist unverändert 14 m davor erreicht. Der Unterschied zur vorigen Berechnung liegt darin, dass die Notbremskurve (EBD) nicht auf die Sollkurve (Permitted) wirkt.

Der entscheidende Faktor bei identischem Bremsvermögen für die Bremskurve ist also die Distanz zwischen dem Ende der Fahrerlaubnis und dem Gefahrenpunkt.

Aus den drei Bremskurven, welche vom Berechnungsprogramm der EUAR als Reststrecke der MA in festen Geschwindigkeitsschritten von 0,1 km/h ausgegeben werden, kann man auch die Zeit zum Anhalten errechnen. Dies wurde aber nur bis zum Erreichen der Release Speed berechnet.

$$\Delta t_n = \frac{2 \cdot (s_n - s_{n-1})}{v_n + v_{n-1}}$$

$$t = \sum_{i=1}^n \Delta t_i$$

Folgendes Ergebnis für die drei Beispiele aus 80 km/h:

Schutzweg [m]	Bremsweg s [m]	t [s] bis Release Speed
0	511	33,4
100	406	26,3
200	316	20,9

Tabelle 1: Einfluss des Schutzwegs auf die Bremskurve

Unter der Annahme, dass unter Release Speed identisch gebremst wird, ergibt sich ohne Schutzweg ein Unterschied beim Beginn der Release Speed von rund 45 m, die mit 20 km/h in 8,1 s durchfahren werden müssen.

Da beim obigen Vergleich noch keine identischen Gesamtwege verglichen werden, ist auch die Fahrstrecke, die bei kürzeren Bremswegen noch mit voller Geschwindigkeit gefahren wird, zu berücksichtigen.

Das sind bei 100 m Schutzweg 105 m und bei 200 m Schutzweg 195 m. Diese werden mit 80 km/h in 4,7 s bzw. in 8,8 s zurückgelegt.

Damit ergeben sich die folgenden Gesamtzeiten bis zur 14 m vor dem Ende der Fahrerlaubnis befindlichen Stelle, an der bei beiden Beispielen mit Schutzweg die Release Speed erreicht wird (danach kann in identischer Weise gebremst werden):

Schutzweg [m]	t [s] bis Release Speed	Zeit bei 20 km/h [s]	Zeit bei 80 km/h [s]	Summe [s]
0	33,4	8,1	0,0	41,5
100	26,3	0,0	4,7	31,0
200	20,9	0,0	8,8	28,7

Tabelle 2: Einfluss des Schutzwegs auf die Fahrzeit

Aus dieser Gegenüberstellung ist ersichtlich, dass bei besseren Bremseigenschaften und durch eine Release Speed von 20 km/h die Auswirkungen nicht so drastisch sind wie beim Güterverkehr im Fall von bremschwachen Zügen.

Dennoch sind es 10,5 s bei 100 m Schutzweg und 12,8 s bei 200 m Schutzweg. Die Schlussfolgerung ist, dass ein moderater Schutzweg eine günstige Auswirkung auf den Bremsvorgang hat.

Eine Eigenschaft des fahrzeugseitigen ETCS ist, dass vor Beginn der Sollkurve eine Vorankündigung kommt (in den obigen Beispielen als Indication dargestellt). Diese ist sowohl akustisch als auch optisch auf der Führerstandsanzeige (Driver Machine Interface, DMI) erkennbar.

Idealerweise wird eine Fahrerlaubnis verlängert, bevor die Vorankündigung erfolgt. Außerdem soll vermieden werden, dass häufig eine Vorankündigung erfolgt, die dann wegen einer Verlängerung der Fahrerlaubnis hinfällig wird, da die akustische und optische Warnung recht intensiv ist.

Hier tritt ein weiterer Vorteil eines höheren Schutzwegs zutage: Die Indikation kommt beim Beispiel oben jeweils 200 m vor der Sollkurve. Dadurch ist der Zeitgewinn für eine Verlängerung der Fahrerlaubnis ohne Vorankündigung am DMI 4,7 s bzw. 8,8 s.

2.1.1.4. Eigenschaften von ETCS Level 3

Der wesentliche Unterschied von Level 3 gegenüber Level 2 ist, dass infrastrukturseitig keine Gleisfreimeldung mehr benötigt wird, weil die Zugvollständigkeitskontrolle fahrzeugseitig erfolgt. Der ETCS Level 3 ist bis dato auf Hauptbahnen nicht zur Anwendung oder Erprobung gekommen. Eine besondere Herausforderung ist die Entwicklung der sicheren Zugvollständigkeitsüberwachung insbesondere bei Güterzügen.

Jedoch sind infrastrukturseitig Anpassungen für die Umsysteme (Stellwerk, Leittechnik etc.) erforderlich, da nicht mehr im Blockabstand gefahren wird, sondern im Bremsabstand gefahren werden kann.

2.1.1.5. Hochleistungsblock

Eine Folge der flacheren Bremskurven ist, dass in Bereichen, in denen gehalten bzw. angefahren wird, analog der Linienzugbeeinflussung (LZB) ein sogenannter Hochleistungsblock oder Abwandlungen davon errichtet wird bzw. werden.

Durch die Verkürzung von Gleisabschnitten gelingt es dabei, die von einem Zug jeweils freigefahrenen Abschnitte für den nachfolgenden Zug zur Verfügung zu haben.

Im ETCS-Lastenheft der DB AG sollen Blockabschnitte bis minimal 30 m berücksichtigt werden. Bei der S-Bahn in Berlin ist das Minimum sogar nur 22 m.

Der Nachteil von derartig kurzen Blöcken ist die Kostensteigerung für Achszähler und Gleisfreimeldeanlage.

Demzufolge wäre ETCS Level 3 in puncto Außenanlage günstiger, da die Kosten für die Gleisfreimeldeanlage entfallen.

2.1.1.6. Schutzwege

Der Schutzweg ist hinter dem Ende einer Fahrerlaubnis angeordnet und bildet, vereinfacht gesagt, eine Sicherheitsreserve für den Fall, dass der Zug nicht vor dem Ende der Fahrerlaubnis zum Stehen kommt.

Der Schutzweg wird von der Eisenbahnsicherungsanlage gesichert. Falls nicht genügend Platz vorhanden ist, z.B., weil der Abstand zwischen dem Signal und der nächsten Grenzmarke zu knapp ist, kommt es zu Fahrtausschlüssen.

Zugfahrten in jenem Bereich, der für den Schutzweg benötigt wird, sind dann nicht möglich.

Der Schutzweg kann auf unterschiedliche Art aufgelöst werden, eine davon ist die automatische Rücknahme nach Ablauf einer definierten Zeit.

Die Schutzwegauflösezeit ergibt sich aus der Länge des Gleisabschnitts, der für die Auflösung verwendet wird. Mit der Belegung des Gleisabschnitts beginnt die Zeit zu laufen. Bei deren Ablauf ist der Zug nach einem regulären Bremsvorgang zum Halt gekommen. Das Überfahren des Endes der Fahrerlaubnis erfolgt bei einem regulären, aber unzureichenden Bremsvorgang sicher vor Ablauf der Zeit.

Ein sehr langsam einfahrendes Fahrzeug könnte auch ohne Anzuhalten das Ende der Schutzwegauflösezeit erreichen. Ein Hinausfahren über das Ende der Fahrerlaubnis kann durch 500 Hz Gleismagnete wirksam vermieden werden.

2.1.1.7. Systemische Vorteile von ETCS

Durch ETCS ergibt sich eine automatische Verbesserung durch die exakte Übertragung von dynamischen Geschwindigkeitsprofilen an das Fahrzeug und durch den Wegfall der restriktiven Überwachung.

Sobald eine Verlängerung der Fahrerlaubnis (MA) erfolgt ist, wird nur mehr die zulässige Höchstgeschwindigkeit überwacht. Die Überwachung der Bremskurve erfolgt erst wieder für das Ende der verlängerten MA.

Das Beispiel in der folgenden Abbildung wurde zwar für einen Halt an einem Bahnsteig auf einer Strecke mit etwas höherer Geschwindigkeit erstellt, aber die Grundprinzipien gelten auch für den S-Bahn-Verkehr.

Zunächst kann der Geschwindigkeitsbruch exakt vor den jeweiligen Weichen stattfinden. Sobald die Verlängerung der MA vorhanden ist, kann entsprechend der zulässigen Geschwindigkeit beschleunigt werden.

Es müssen nicht mehr, wie unter PZB 90, ganze 1.250 m zurückgelegt werden, bevor wieder beschleunigt werden darf.

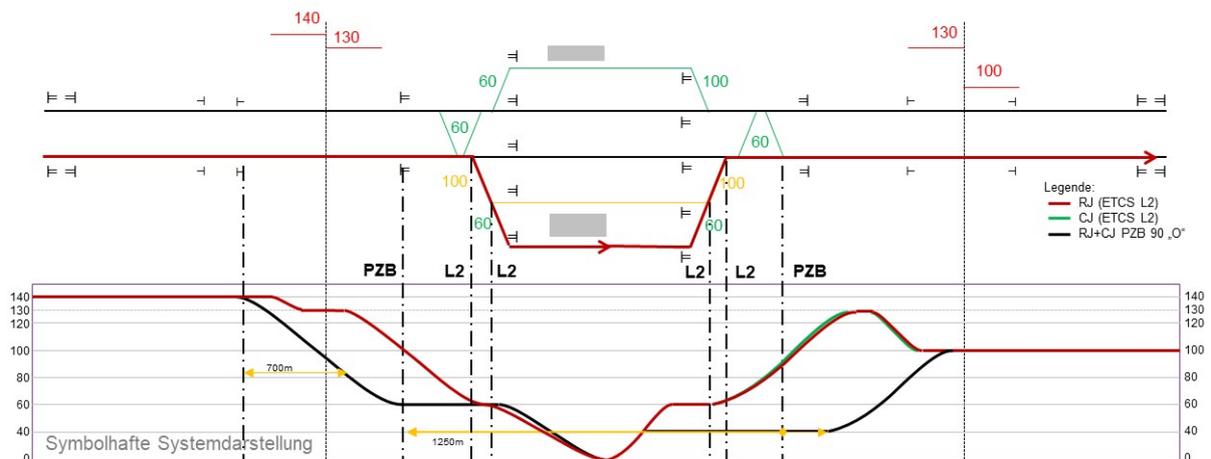


Abbildung 5: Betriebsituationen im Vergleich ETCS L2 vs. PZB 90: Halt am Bahnsteig (Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG)

2.1.1.8. Einsatz von Sicherungssystemen auf Ballungsraum-Nahverkehrsstrecken im internationalen Vergleich

Das Bestreben, die sicherungstechnische Leistungsfähigkeit von (Stadt-)Schnellbahnen zu erhöhen, ist ein steter Begleiter dieser Bahnsysteme. Traditionell beträgt die Länge von Blockabschnitten mindestens die für den betreffenden Streckenabschnitt festgelegte Bremsweglänge. Das bedeutet ein Zusammenfallen von Hauptsignalen mit den Vorsignalen der jeweils folgenden Hauptsignale und schließt daher eine weitere Verkürzung grundsätzlich aus. Eine darüberhinausgehende Straffung der technischen Zugfolgezeit ist in einem beschränkten Ausmaß noch mittels einer aus der Herabsetzung der örtlich zulässigen Geschwindigkeit folgenden, kürzeren Bremsweglänge möglich.

Bahnen mit Mehrabschnittssignalisierung realisieren eine Verkürzung der technischen Zugfolgezeit dadurch, dass sie Blockabschnitte weiter unterteilen und den Tzfz über verschiedene Signalbilder mitteilen, ob die Ankündigung „Halt erwarten“ mit voller oder verkürzter Bremsweglänge erfolgt (in letzterem Falle natürlich mit einer Vorankündigung beim vorangegangenen Signal).

Beispielsweise arbeitet die Schnellbahn der Hafenbehörde von New York und New Jersey dort mit verkürzten Blockabschnitten, wo Züge mehr Zeit benötigen, also rund um infrastrukturbedingt niedrige örtlich zulässige Geschwindigkeiten oder die Verkehrshalte. Das betrifft den unmittelbaren Zu- und Abgang zum Bahnsteig ebenso wie Block- oder Zwischensignale in der ersten Bahnsteighälfte, die ein Nachrücken zum vom Vorderzug noch nicht freigefahrenen Bahnsteig ermöglichen.

Exkurs: Dieses mehr als 100 Jahre alte Signalsystem mit punktförmiger Zugbeeinflussung wird derzeit aufgrund geänderter Rechtslage durch ein funkbasiertes Zugsicherungssystem ergänzt, welches die Kapazität empfindlich herabsetzt.

In Deutschland wird eine ähnliche Funktionalität (sehr kurze Blockabschnitte zwecks schnellem Nachfahren) mit Kombinationssignalen umgesetzt. Dabei wird bei Annäherung an ein haltzeigendes Signal am zweiten davorliegenden Signal eine Geschwindigkeit angekündigt, mit der beim unmittelbar davorliegenden Signal die verfügbare Bremsweglänge ausreicht.

Ein ähnliches Prinzip setzt die Deutsche Bahn auch mit konventionellen Haupt- und Vorsignalen um – das Fahren im Halbregelabstand. Dabei sind die Signale auf halber Bremsweglänge aufgestellt, die Vorsignale kündigen haltzeigende Hauptsignale aber weiterhin auf Bremsweglänge an. Das auf halber Bremsweglänge vor einem haltzeigenden Hauptsignal stehende Signal wird von den Tzf nicht beachtet (das Hauptsignal zeigt lediglich ein weißes Kennlicht, das Vorsignal fungiert als Wiederholer des Signals Halt erwarten). Im Einsatz steht dieses Verfahren beispielsweise heute noch bei Teilen der S-Bahnen Stuttgart, Köln oder München.

Exkurs: Die S-Bahnen Berlin und Hamburg verwenden weiterhin Permissivsignale, die Zügen das Nachfahren in besetzte Blockabschnitte erlauben, z.B. Nachrücken zu einem noch am Bahnsteig stehenden Zug. Dieses Betriebsverfahren (Fahren auf Sicht) kommt heute ansonsten nicht mehr zur Anwendung. Die Ausnahme sind Bahnen, die sich in ihrer Betriebsweise der Eigenart des Straßenverkehrs anpassen, sowie Bahnen, die nordamerikanischen Betriebsgepflogenheiten folgen.

Ein interessantes Beispiel ist die S-Bahn-Stammstrecke München. Sie war ursprünglich mit LZB sowie Vor- und Hauptsignalen als Rückfallebene ausgerüstet. Verfügbarkeitsprobleme und hohe Kosten führten jedoch zur baldigen Abschaltung der LZB. Das Haupt-/Vorsignalsystem wurde durch geschickte Wahl der Signalstandorte derart ausgereizt, dass Zugfolgen von 150 Sekunden möglich waren. Dazu mussten auch knappe Haltezeiten eingehalten werden, wozu punktuell Stationsaufsichten/Abfertiger im Einsatz waren. Eine Besonderheit sind auch noch beidseitige Bahnsteige an stark belasteten Stationen, um einen guten Fahrgastfluss zu gewährleisten.

Dieses Beispiel zeigt bereits, dass für die Optimierung von Betriebsqualität und Leistungsfähigkeit eine Kombination aus verschiedenen Maßnahmen unterschiedlicher Themengebiete bzw. Ansatzpunkte entscheidend sein kann.

Zur Ertüchtigung der Münchner S-Bahn-Stammstrecke für Zugfolgen von 120 Sekunden wurde im Jahr 2004 ein neues ESTW errichtet und der LZB-Betrieb wiederaufgenommen, unter Anwendung des Betriebsverfahrens CIR-ELKE (Computer Integrated Railroading – Erhöhung der Leistungsfähigkeit im Kernnetz). Die Leistungssteigerung wird durch einen Hochleistungsblock realisiert. Vor allem vor und nach den Bahnsteigen kommen bis zu 50 m kurze Blockabschnitte zur Anwendung. So ist ein flüssiges Nachfahren im Stationsbereich möglich. Außerdem wurde eine große Dichte an Punkten projiziert, an denen Züge in die LZB-Führung übernommen werden können, um die Verfügbarkeit nach Störungen zu erhöhen. Als Rückfallebene kommen Kombinationssignale und PZB zum Einsatz.ⁱ

Der Verzicht auf ortsfeste Signale wurde verworfen, weil die betrieblichen Nachteile im Störfall als inakzeptabel eingestuft wurden. Des Weiteren gibt es ortsspezifische Ausnahmen von Regelwerken. So sind beispielsweise die Bahnsteige kaum länger als die Züge, entsprechende Reserven fehlen (siehe dazu auch Kapitel 2.1.2. und 2.1.4.). Außerdem darf bei LZB-Ausfall auf Sicht bis zum nächsten Signal gefahren werden, anstatt anzuhalten und von der Fahrdienstleiterin bzw dem Fahrdienstleiter einen Befehl diktiert zu bekommen.ⁱⁱ

Im Zuge des Projekts „Digitaler Knoten Stuttgart“ wird die Schaffung zusätzlicher Kapazität durch digitale Sicherungstechnik und Zugführung untersucht. Das beinhaltet auch die sicherungstechnische Ausrüstung der dortigen S-Bahn-Stammstrecke.ⁱⁱⁱ

Während die Ausrüstung mit ETCS Level 2 im Grunde feststeht, wurde unter anderem geprüft, ob und in welchem Ausmaß auf ortsfeste Signale verzichtet werden soll. Mit Arbeitsstand November 2019 ist eine wesentliche Erkenntnis, dass ETCS Level 2 beispielsweise mittels Hochleistungsblock zwar die Kapazität eines bestehenden Signalsystems ergänzen und verbessern kann, für eine volle Ausschöpfung der Möglichkeiten aber ein Verzicht auf ortsfeste Signale unumgänglich ist (die Blockteilung muss dann nicht auf Signale, Durchrutschwege etc. Rücksicht nehmen).

Mittels Ausrüstung mit ETCS Level 2 ohne Signale und mit teilautomatisiertem Fahren (GoA 2) kann die Zugfolgezeit auf der Stammstrecke von ca. 150 auf ca. 120 Sekunden gesenkt werden. Als wesentliche Vorteile der gewählten Lösung werden die große Flexibilität bei punktgenauen Geschwindigkeitsbrüchen oder bei Einfahrten auf besetzte Gleise sowie die flexible Blockteilung genannt. Es wird angemerkt, dass die Regelwerke in Deutschland vielfach restriktiver als in Österreich sind, wodurch der ermittelte Fahrzeitvorteil größer ausfällt.

ⁱ Zur allfälligen Übertragbarkeit internationaler Beispiele auf das Netz der ÖBB-Infrastruktur AG ist anzumerken, dass aus Sicht der ÖBB-Infrastruktur AG LZB auf ihrem Netz – da nicht interoperabel und seitens der Lieferanten aufgekündigt – nicht weiterverfolgt wird.

Voraussetzung ist jedenfalls eine gute Modellierung der Bremskurven der eingesetzten Fahrzeuge.

Darüber hinaus sind im Zuge der nächsten ETCS-Spezifikation Anpassungen erforderlich bei:

- der zu restriktiven Überwachung von Geschwindigkeitsschwellen nach unten und unrealistischen Berechnungsgrundlagen,
- Neigungswechsel während der Zielbremsphase, die Verlängerungen der Fahr- und Zugfolgezeit zur Folge haben sowie
- der Führerstandssignalisierung der sich im Hochleistungsblock in rascher Folge ändernden Bremszielpunkte (akustische Belastung für die Tzfz).

Die Anzahl der notwendigen Balisen bei sehr kurzen Blockabschnitten ist im Zuge der Projektierung auf die Leistungsgrenzen des Systems abzustimmen, wobei im Falle einer hohen Dichte an Balisen auf die steigenden Wartungserfordernisse bzw. ggf. erhöhte Störanfälligkeit hinzuweisen ist.

Weiterführend werden Szenarien untersucht, wie mit ETCS und angepasster Infrastruktur (schnelle Weichen, ausreichend Abstand vom Bahnsteig) ein Vorfahren während eines 30-Sekunden-S-Bahn-Halts stattfinden und so auf zusätzliche Streckengleise verzichtet werden kann. Diese potentielle Maßnahme erscheint zwar geeignet, die Leistungsfähigkeit der Strecke zu erhöhen, stellt aber gleichzeitig auch erhöhte Anforderungen an die Betriebsqualität.

2.1.2. Fahrzeuge

Der Einfluss von Fahrzeugen auf Betriebsqualität und Leistungsfähigkeit einer Strecke kann mit den beiden Zeitanteilen Haltezeit und Fahrzeit beschrieben werden.

Daraus ergibt sich für Fahrzeuge mit dem Einsatzgebiet „hoch belastete Personenverkehrsstrecke mit homogenem Geschwindigkeitsprofil und Haltemuster“ ein klares Anforderungsprofil.

Die für die Haltezeit und die Fahrzeit maßgebenden Eigenschaften sind das Fahrzeuglayout und das Leistungsvermögen der installierten Antriebstechnik.

Das Fahrzeuglayout und die Türen haben einen direkten Einfluss auf die tatsächliche Fahrgastwechselzeit (Haltedauer). Das Leistungsvermögen der installierten Antriebstechnik wirkt auf die Dauer von Beschleunigungsvorgängen und somit in die Fahrzeit.

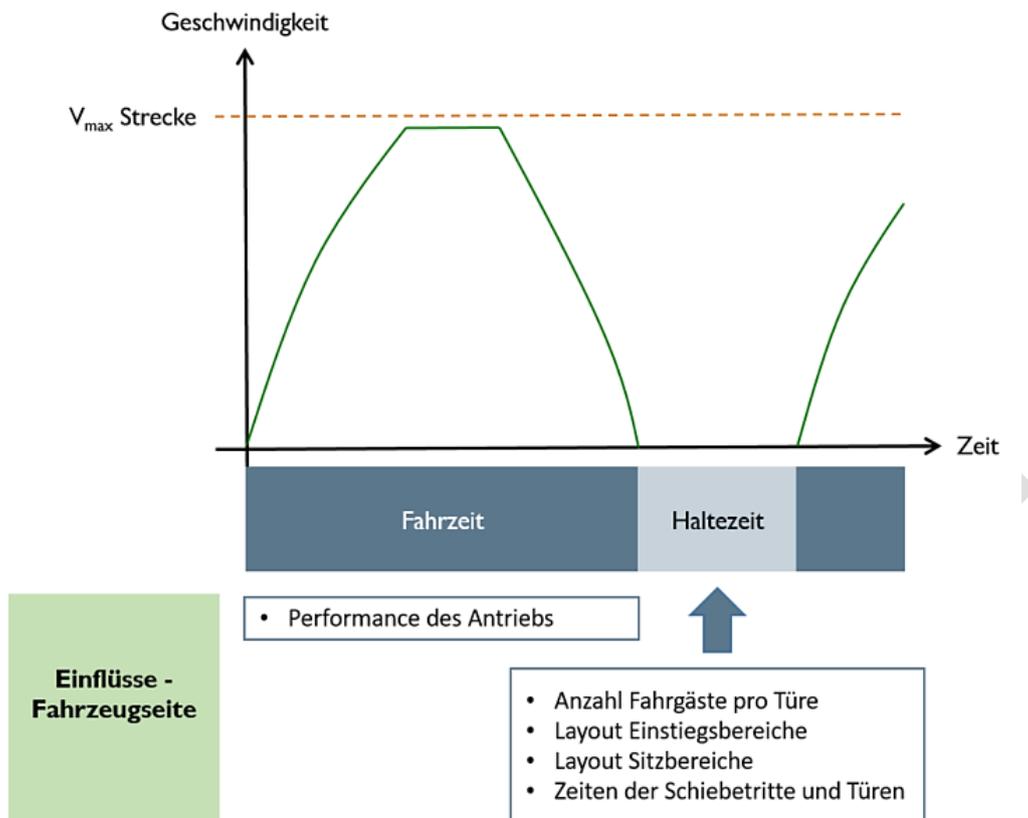


Abbildung 6: Darstellung der fahrzeugseitigen Einflüsse

Während die Forderung nach ausreichender Antriebsleistung bereits von einigen modernen Triebfahrzeugen erfüllt wird, stellt sich das Fahrzeuglayout als eine anspruchsvolle Aufgabenstellung dar.

2.1.2.1. Fahrzeuglayout, Türen und Schiebetritte (Haltezeit)

Als Fahrzeuglayout wird die Anordnung der Inneneinrichtung eines Personenzuges definiert. Dieses besteht in der Regel neben den Führerständen und Technikabteilen aus Türbereichen (Einstiegen), Fahrgastabteilen, Mehrzweckbereichen und WCs.

Die Verteilung dieser Bereiche über den Zug wird bei der Beschaffung einer Fahrzeugserie definiert. Eine nachträgliche Änderung ist technisch und wirtschaftlich nur sehr schwer bis nicht umsetzbar. Im Beschaffungsprozess muss der Fahrzeugbetreiber daher die Anforderungen zur Nutzung des Fahrzeugs mit den Zulassungsbedingungen (TSI, Normen etc.) und den Produktplattformen der Industrie bestmöglich vereinen.

Grundlegende Anforderungen

Die Anforderungen an das Fahrzeuglayout ergeben sich aus dem vorgesehenen Einsatzprofil der Fahrzeugflotte. Dieses kann ein dezidiertes S-Bahn-Profil oder ein Mischprofil mit anteiligem Regionalverkehr sein.

In Österreich gibt es vorwiegend Mischprofile des Fahrzeugeinsatzes. Typischerweise setzt sich dieses im urbanen Bereich aus hochbelasteten Strecken mit kurzen Haltestellenabständen und hohen Fahrgastwechselraten und im regionalen Bereich aus Strecken mit längeren Haltestellenabständen und mäßigen Fahrgastwechselraten zusammen. Aufgrund der nachfrageseitig attraktiven und daher gewünschten Durchbindung über beide Einsatzgebiete hinweg sind beide Anforderungsprofile in Einklang zu bringen, wobei der urban zurückgelegte Streckenabschnitt aufgrund seiner Bedingungen für einen stabilen Betrieb des Netzes als kritisch einzustufen und daher auch für die Gestaltung des Fahrzeuglayouts determinierend ist.

Zwangsbedingungen für die Fahrzeugzulassung

Für die Fahrzeugzulassung sind primär die technischen Spezifikationen für Interoperabilität (TSI) und die zugrundeliegenden Normen bezüglich der Gestaltung des Fahrzeuglayouts zu berücksichtigen, wobei hier eine überschaubare Anzahl an verbindlichen Anforderungen mit Auswirkung auf die Fahrgastwechselzeit vorhanden ist.

Als Beispiele seien hier die barrierefreie Ausgestaltung des Fahrgastraumes im PRM-Bereich oder die Gestaltung von Stufen bzw. Rampen im Inneren des Fahrzeugs erwähnt.

Einfluss der Bahnindustrie

Die derzeit von der Bahnindustrie für den Nahverkehr angebotenen Fahrzeuge basieren grundsätzlich auf modularen Fahrzeugkonzepten. Der Spielraum der individuellen Konfigurierbarkeit der Innenausstattung wird neben den Abmessungen insbesondere durch die Gewichtsbilanz des Fahrzeugs beschränkt. Kritisch ist hierbei die Stehplatzfläche, die sich durch die Anzahl der Einstiegstüren, die Breite der Gänge oder die Größe von Mehrzweckbereichen ergibt.

Anzahl der Türen

Folgende Parameter beeinflussen fahrzeugseitig die für den Fahrgastwechsel benötigte Zeit:

- die Anzahl der Türen,
- die Breite der Türen und
- die Gestaltung der Bereiche zwischen den Türen und den Sitzplätzen.

Bezüglich der erforderlichen Anzahl an Türen pro Fahrzeugseite können verschiedene, bereits im betrieblichen Einsatz befindliche Fahrzeuge miteinander verglichen werden.

Eine Übersicht ist in der Tabelle 3 dargestellt. Dabei wird eine Türenkennzahl abgeleitet, die aus der Gesamtkapazität, bestehend aus Sitz- und Stehplätzen, geteilt durch die Anzahl der Türen pro Fahrzeugseite errechnet wird. Die verglichenen Fahrzeuge sind alle einstöckig und die Breite der Türen beträgt immer 1,3 m.

Nr.	Fahrzeugtype	Länge [m]	Sitz- / Stehplätze	Türen pro Seite	Fahrgäste pro Tür
1	DB 423, S-Bahn München	67,4	192 / 352	12	45
2	V Wagen, U-Bahn Wien	111,2	260 / 618	18	49
3	Flirt 3 GYSEV (Ungarn)	77,1	208 / 201	6	68
4	ÖBB 4024, Talent 1, 4 Teiler	66,9	199 / 252	6	75
5	ÖBB 4746, Desiro ML, 6 Türen	75,2	244 / 248	6	82
6	ÖBB 4758, Talent 3, 6 Teiler	104,5	303 / 428	8	91
7	ÖBB 4744, Desiro ML, 4 Türen	75,2	259 / 229	4	122

Tabelle 3: Vergleich Anzahl der Türen zu Fahrgäste

Die ersten zwei in der Tabelle beschriebenen Fahrzeuge sind für den Verkehr auf hochfrequentierten Strecken entwickelt. Die Baureihe 423 der Deutschen Bahn wird jedoch auch für Mischprofile bestehend aus stark frequentierter S-Bahn und Regionalbahn eingesetzt. Für diese Fahrzeuge ergibt sich der Wert der Türenkennzahl unter 50.

Alle weiteren in der Tabelle beschriebenen Fahrzeuge sind für den klassischen Einsatz im Regionalverkehr konzipiert. Der Einsatz der ÖBB Baureihe 4744 (Nummer 7) auf Zugläufen mit hohen Fahrgastwechselzahlen hat sich aufgrund der Türenkennzahl mit 122 Fahrgästen pro Tür nicht bewährt.

Für die anderen Fahrzeuge (Nummern 3-6) ergibt sich eine Türenkennzahl von 68 bis 91, also im Mittel von 79.

Daraus kann gefolgert werden, dass Fahrzeuge, die eine Türenkennzahl von etwa 80 Fahrgästen pro Türe aufweisen, idealerweise im Regionalverkehr eingesetzt werden, wobei zusätzlich die Gestaltung des Einstiegsbereichs mitberücksichtigt werden muss.

Werden die Trends der Verstädterung und der verstärkten Nutzung der öffentlichen Verkehrsmittel mitberücksichtigt, müsste die „Türenkennzahl“ im Sinne der stabilen Betriebsqualität weiter abnehmen.

Die Türenkennzahl ist jedoch nur ein Indikator für die Fahrgastwechselzeit, relevant ist etwa auch die Gestaltung der Einstiegsbereiche, die auf die Fahrgastwechselzeit einen wesentlichen Einfluss hat.

Einstiegsbereiche

Es soll weitestgehend vermieden werden, dass stehende Fahrgäste auf Kurzstrecken (enge) Türbereiche verstellen und damit den Fahrgastfluss blockieren. Die Fahrgastwechselzeit wird dadurch verlängert, da die den ein- bzw. aussteigenden Fahrgästen im Einstiegsbereich zur Verfügung stehende Fläche reduziert wird.

Diese Thematik wurde z.B. in den vergangenen Jahren von den Wiener Linien gemeinsam mit Frau Dr. E. Oberzauchner von der Uni Wien untersucht. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse wurden beim Wiener Eisenbahnkolloquium 2018 präsentiert und sind in die Gestaltung der zukünftigen Wiener U-Bahn-Generation eingeflossen.^{iv}

Eine der daraus gewonnenen Erkenntnisse ist, dass, wenn eine Art „Trichter“ von den Fahrzeugtüren zu den Sitzbereichen geschaffen wird, ein flüssigerer Fahrgastwechsel möglich ist. Der Türbereich fungiert dabei als eine Art „Pufferspeicher“ für den Fahrgastwechsel. Diese Anordnung ist schematisch in der Abbildung 7 dargestellt.

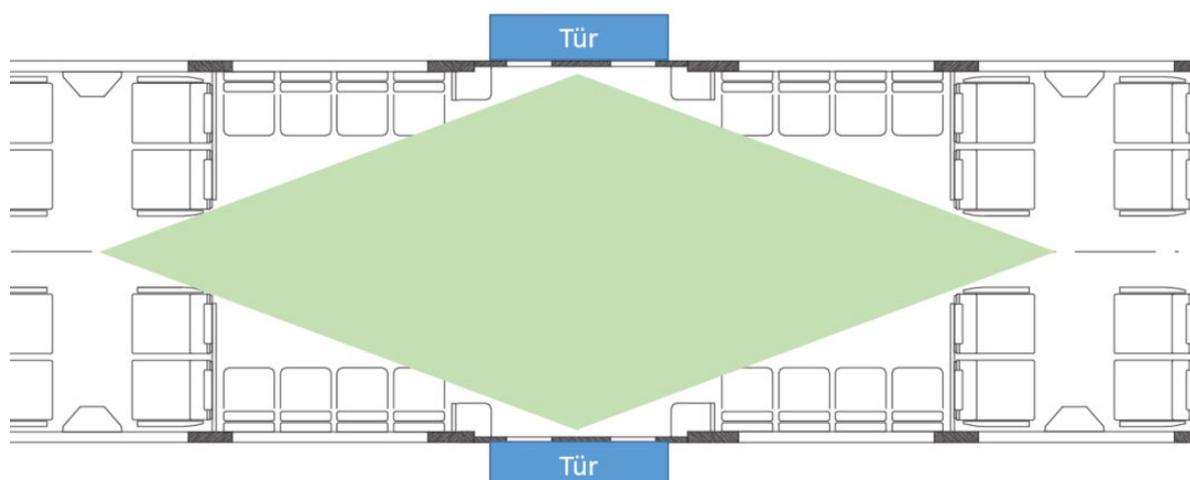


Abbildung 7: Skizze Trichterform im Einstiegsbereich

Idealerweise befindet sich diese Anordnung in exakt symmetrischer Ausführung in beiden Richtungen von der Türe aus gesehen.

Die folgende Abbildung 8 zeigt einen großzügig ausgeführten Einstiegsbereich mit dem oben beschriebenen „Trichter“.



Abbildung 8: Einstiegsbereich mit "Trichter" (Quelle: Deutsche Bahn)

Die Bestandsflotte im österreichischen Nahverkehr erfüllt diesen Aspekt ansatzweise, nämlich dort, wo neben der Türe ein Mehrzweckbereich angeordnet ist. Ansonsten beginnt direkt neben den Einstiegen der Sitzbereich mit einer 2+2-Bestuhlung. Diese Situation wird in der folgenden Abbildung 9 beispielhaft dargestellt.



Abbildung 9: Einstiegsbereich ohne „Trichter“

Sitzbereiche

Wird der Fahrgastfluss im Bereich der Sitze eines Fahrzeugs mitberücksichtigt, trägt dies ebenfalls zur Stabilität des S-Bahn-Betriebs bei. Dafür bestehen folgende Anforderungen für Fahrzeuge auf stark frequentierten Strecken:

- breite Gänge,
- Vis-à-vis-Bestuhlung mit einem Sitzmodul von mindestens 1,75 m,
- möglichst keine Differenzierung der Sitzbereiche untereinander und
- keine oder nicht auskragende Tische zwischen den Sitzgruppen.

Die Breite der Gänge hängt von der Breite des Wagenkastens und der Bestuhlung ab. Im Gegensatz zu Zügen des Fernverkehrs besteht in den Zügen des Nahverkehrs mit kurzen Haltestellenabständen eine rege Bewegung der Fahrgäste im Inneren des Zuges. Ein am Gang zum Einstieg stehender Fahrgast darf die Bewegung eines weiteren Fahrgasts nicht erschweren. Leider besteht derzeit bei den Herstellern von Schienenfahrzeugen ein Trend zu möglichst schmalen Wagenkästen.

Eine Vis-à-vis-Bestuhlung mit einem Sitzmodul von mindestens 1,75 m ist in Abbildung 10 dargestellt. Mit dieser Anordnung kann der am Fensterplatz sitzende Fahrgast bei voller Belegung der Sitzplätze

auf den Gang gelangen, ohne dass ein weiterer Fahrgast aufstehen muss. Bei einer Reihenbestuhlung ist dies nicht möglich, da der am Gang sitzende Fahrgast auf den Gang ausweichen muss. Daher eignet sich eine Reihenbestuhlung per se nicht für Fahrzeuge, die auf stark frequentierten urbanen Linien eingesetzt werden.

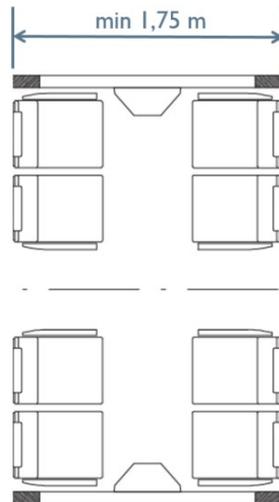


Abbildung 10: Vis-a-Vis-Sitzgruppen mit einem Sitzmodul von min. 1,75 m

Mit keiner bzw. möglichst geringer Differenzierung der Sitzbereiche untereinander werden Bewegungen der Fahrgäste im Fahrzeuginneren vermieden, da es keine „besseren“ oder „schlechteren“ Plätze gibt. Das Fahrzeug wird dazu auf der gesamten Länge einheitlich ausgestattet.

In einigen Zügen des Nahverkehrs finden sich zwischen einer Vis-à-vis-Sitzgruppe weit auskragende Tische. Diese bieten Fahrgästen auf längeren Zugläufen einen zusätzlichen Komfort, schränken jedoch den Fahrgastfluss ebenso wie die Reihenbestuhlung ein. Auf hochfrequentierten Strecken mit kurzen Halteabständen werden Tische idealerweise vermieden.

Mehrzweckbereiche

Als Mehrzweckbereiche werden jene Bereiche definiert, die für die sichere Beförderung von Kinderwägen und Fahrrädern vorgesehen sind. Werden diese Bereiche gleichmäßig über die Zuglänge verteilt (im Idealfall bei allen Türen), erleichtert es den Fahrgästen mit Kinderwägen oder Fahrrädern die richtige Türe zu finden. Diese Bereiche eignen sich auch sehr gut zur Ausbildung des weiter oben beschriebenen „Trichters“.

Die Abbildung 11 zeigt einen sowohl für mobilitätseingeschränkte Personen als auch für Kinderwägen und Fahrräder geeigneten Mehrzweckbereich. Diese Ausführung wurde im Zuge eines Retrofits in Fahrzeugen des Typs 423 der Münchner S-Bahn umgesetzt.

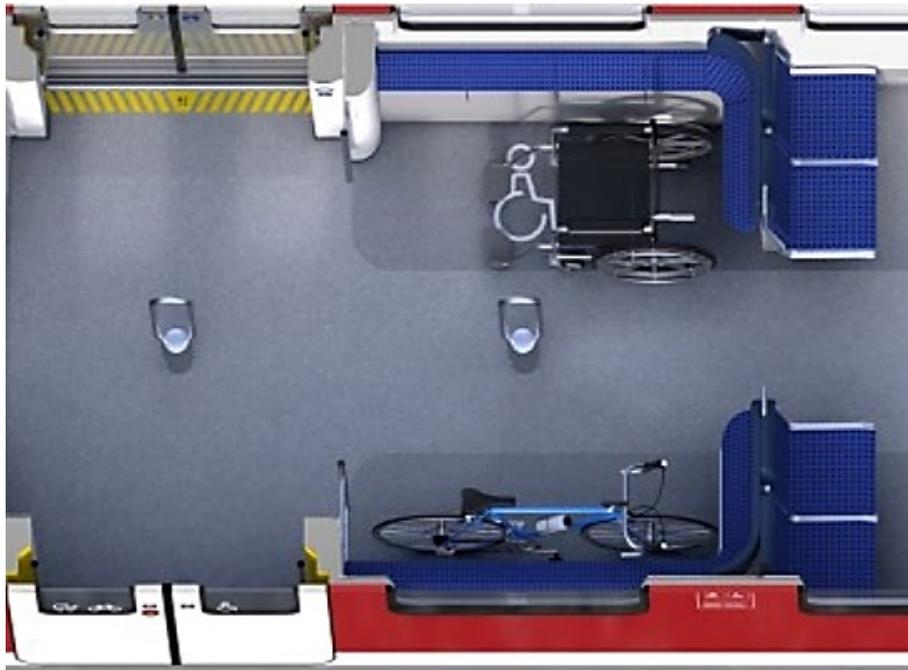


Abbildung 11: Beispiel für einen PRM-geeigneten Mehrzweckbereich zwischen Einstieg und Sitzbereich (Quelle: Deutsche Bahn/Neomind Design)

Bereiche für mobilitätseingeschränkte Personen

Auf diese Bereiche wird nicht weiter eingegangen, da diese in den TSI PRM klar spezifiziert werden. Es wird lediglich auf den anzuratenden Verzicht von Klappsitzen gegenüber von PRM-geeigneten Toiletten hingewiesen. Diese erschweren den Fahrgastfluss.

Technische Zeiten der Türen und Schiebetritte

Der sich zwischen Wagenkasten und Bahnsteigkante ausbildende Spalt hängt primär von der Wagenkastenbreite und dem zu erfüllenden Lichtraumprofil ab. In engen Bögen vergrößert sich dieser Spalt aufgrund der notwendigen Erweiterung des Lichtraumprofils von der Gleisachse.

Gemäß dem Dokument des deutschen Eisenbahnbundesamts „Technische Regeln Spalt“ ist die TSI PRM das einzige Regelwerk, welches Maximalabmessungen für diesen Spalt vorgibt. Bei niveaugleichen Einstiegen (Niederflurfahrzeugen) darf der Spalt horizontal höchstens 75 mm und vertikal 50 mm betragen.

Im Gegensatz zu einem U-Bahn-Netz sind die Bahnsteige auf S- und Regionalbahnstrecken baulich nicht homogen ausgeführt. Die Einhaltung dieser Forderung für PRM-gerechte Einstiege (nur diejenigen Einstiege, die in ein PRM-gerechtes Fahrzeugabteil führen) erfordert daher eine Spaltüberbrückungsmaßnahme. Diese wird in der Regel als elektrisch betätigter Schiebetritt ausgeführt.

Zur Wahrung der Sicherheit müssen die Bewegungen der Türflügel und Schiebetritte aufeinander abgestimmt und in Abhängigkeit betrieben werden. Dies wird von der TSI PRM und der EN 14752 gefordert. Die TSI PRM legt fest, dass Reisenden das Ein- oder Aussteigen nur dann ermöglicht werden darf, wenn der Schiebetritt seine Endposition erreicht hat. Dies stimmt auch mit der Anforderung der EN 14752 überein. Letztere gibt vor, dass bei vollständig ausgefahrenem Schiebetritt die Türflügel höchstens 40 cm geöffnet sein dürfen.

Dies bedeutet: Wenn ein einfahrender Zug am Bahnsteig zu stehen kommt, öffnen die mit Schiebetritten ausgestatteten Türen erst verzögert. Diese Verzögerung liegt bei 3 Sekunden für derzeit im Regionalverkehr eingesetzte Schiebetritte (siehe Messprotokoll Schiebetritte, Messung an Baureihe ÖBB 4744 bzw. 4746).^{vi} Umgekehrt kann ein Zug erst dann abfahren, wenn alle Schiebetritte eingefahren sind.

Daraus folgt, dass mit Schiebetritten versehene Türen den Fahrgastwechsel um bis zu 6 Sekunden verlängern. Dies tritt insbesondere dann auf, wenn die statistisch am stärksten frequentierten Türen auch einen Schiebetritt besitzen.

Dies kann so weit gehen, dass aufgrund des Einsatzes von mit Schiebetritten ausgestatteten Fahrzeugen der Fahrplan nicht mehr eingehalten werden kann, wie dies etwa bei der Umstellung der Fahrzeuggeneration auf der Bodensee-Gürtelbahn der Fall war.^{vii}

Andererseits tragen Schiebetritte zur Sicherheit der Fahrgäste beim Ein- und Aussteigen bei. Im deutschsprachigen Raum besteht derzeit der Trend, alle Türen mit Schiebetritten auszustatten.

Die elektrische Flotte für den S- und Regionalverkehr der ÖBB-Personenverkehr AG besitzt Schiebetritte auf den Fahrzeugen der Baureihen 4746 und 4744. An der ersten und letzten Türe der eben genannten Baureihen befindet sich je ein Schiebetritt für 55 cm hohe Bahnsteige und an allen Türen ein Schiebetritt für 38 cm hohe Bahnsteigkanten. Für die Beförderung von PRM-Fahrgästen sind die Abteile an den Zugenden dieser Baureihe vorgesehen. Zur Spaltverkleinerung bei einem Halt an einer 55er Bahnsteigkante besitzen diese Züge ein schmales und fix am Wagenkasten montiertes Trittbrett.

2.1.2.2. Performance der Antriebstechnik (Fahrzeit)

Das Leistungsvermögen der in einem Fahrzeug installierten Antriebstechnik fließt, wie oben bereits angeführt, in die Fahrzeit ein. Ein Fahrspiel im S-Bahn-Verkehr setzt sich aus den folgenden drei Anteilen zusammen:

- Beschleunigen
- Beharren
- Bremsen

Aufgrund der kurzen Haltestellenabstände im S-Bahn-Verkehr sind die Beschleunigungs- und Bremsvorgänge von vorrangiger Bedeutung. Für beide Vorgänge besteht eine Obergrenze der Beschleunigung von etwa $1,2 \text{ m/s}^2$, die sich aus dem Fahrkomfort der Fahrgäste ergibt.

Das Bremsvermögen wird nicht näher behandelt, da die Komfortgrenze bei modernen Triebfahrzeugen auf jeden Fall die maßgebende Größe ist.

Die Anfahrbeschleunigung (bis ca. 50 km/h auf Strecken ohne Steigungen; vgl. Abbildung 12) wird durch die Kraftschlussgrenze² des Rad-Schiene-Kontakts begrenzt. Dieser Geschwindigkeitsbereich wird von Triebfahrzeugen im S-Bahn-Betrieb infolge der kurzen Haltestellenabstände oft durchfahren und stellt somit einen für die Betriebsqualität ausschlaggebenden Faktor dar.

Für die weitere Beschleunigung nach dem Anfahrbereich ist die installierte Antriebsleistung samt Antriebstechnik der limitierende Faktor. Neben der angewandten Technologie ist diese auch stark von der Fahrzeugarchitektur abhängig.

Je idealer die Kombination aus der Verteilung der Reibmasse und der installierten Antriebsleistung ist, desto länger kann ein hoher Beschleunigungswert gefahren werden.

In Abbildung 12 sind der Verlauf der Beschleunigung über die Geschwindigkeit und der Bereich der Anfahrbeschleunigung für zwei unterschiedliche, symbolhafte Triebfahrzeuge dargestellt. Das Triebfahrzeug A ist leistungsfähiger als das Triebfahrzeug B.

² Diese ist von der auf die Antriebsachsen wirkenden Reibmasse abhängig.

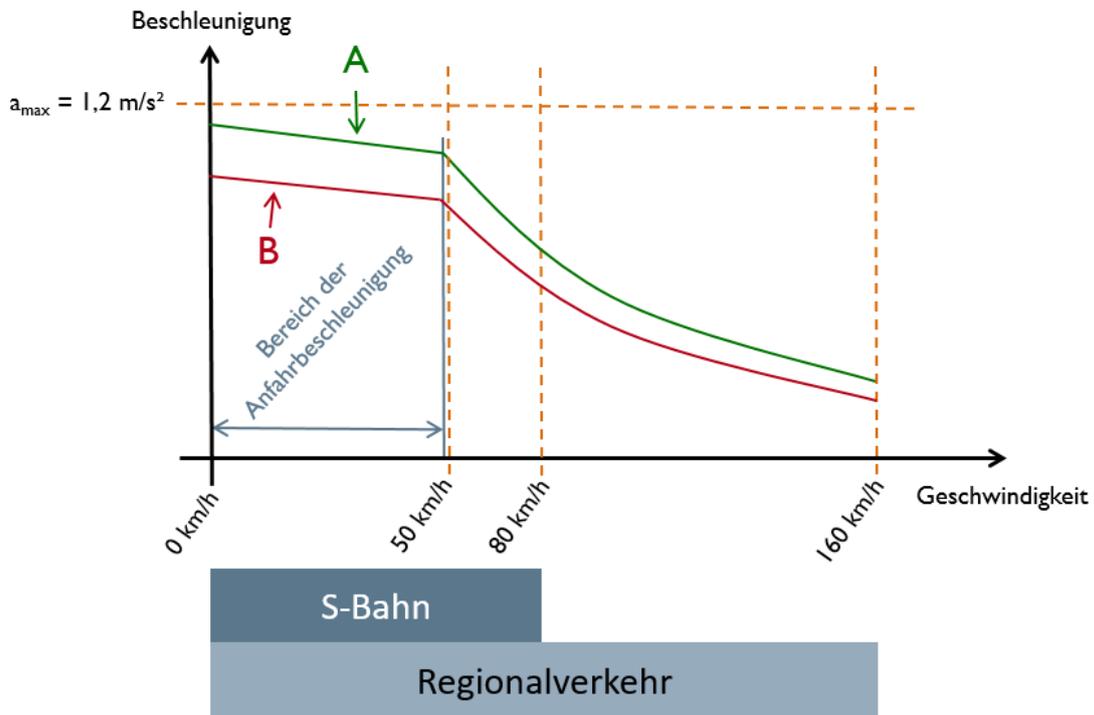


Abbildung 12: Darstellung der Beschleunigung zweier Triebfahrzeuge über die Geschwindigkeit

Die folgende Abbildung 13 stellt nun die Auswirkung unterschiedlicher Beschleunigungsvorgänge auf die Fahrzeit symbolhaft dar. Wie in der vorangehenden Darstellung besitzt das Triebfahrzeug A die leistungsfähigere Antriebstechnik.

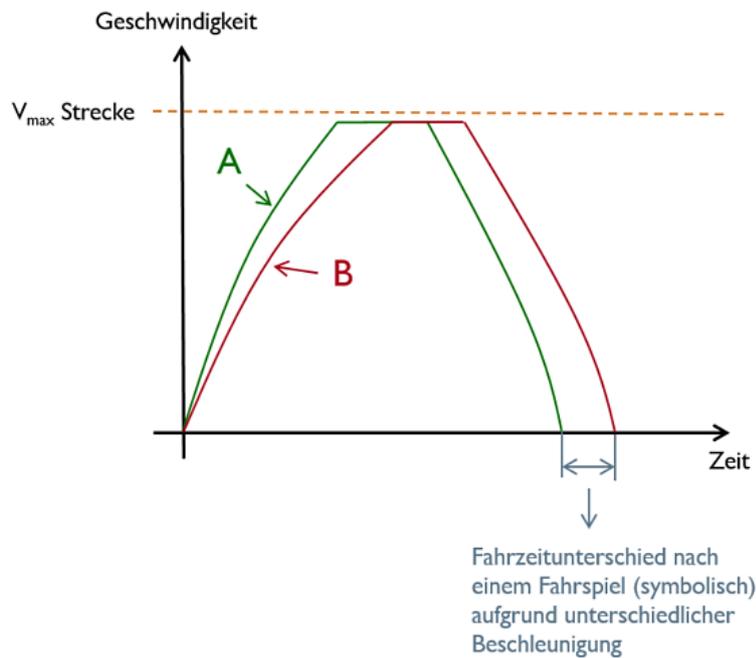


Abbildung 13: Auswirkung unterschiedlicher Beschleunigungen auf die Fahrzeit

Ein Überblick über die technischen Kennwerte verschiedener Triebfahrzeuge ist in Tabelle 4 dargestellt. Die Leistungskennziffer ist dabei das Verhältnis aus Antriebsleistung und Fahrzeuggewicht bei 2/3-Beladung. Die Tabelle ist nach der maximal möglichen Anfahrbeschleunigung der dargestellten Triebwagen sortiert.

Nr.	Fahrzeugtype	Länge [m]	Plätze [Sitz/Steh]	Stundenleistung [kW]	Gewicht [t] 2/3 beladen	Höchstgeschwindigkeit [km/h]	Leistungskennziffer [kW/t]	maximale Anfahrbeschleunigung [m/s ²]
I	DB 423, S-Bahn München	67,4	192/352	2350	130	140	18,0	1,20
II	Flirt 3 GYSEV (Ungarn)	77,1	208 / 201	2600	150	160	17,3	1,20
III	VWagen, U-Bahn Wien	111,2	260 / 618	2650	229	80	11,6	1,20
IV	ÖBB 4744, Desiro ML, 4 Türen	75,2	259 / 229	2600	168	160	15,5	1,10
V	ÖBB 4746, Desiro ML, 6 Türen	75,2	244 / 248	2600	168	160	15,5	1,10
VI	ÖBB 4758, Talent 3, 6 Teiler	104,5	303 / 428	3030	241	160	12,6	0,90 (?)
VII	ÖBB 4024, Talent 1, 4 Teiler	66,9	199 / 252	1520	137	140	11,1	0,78

Tabelle 4: Überblick zu Leistungskennziffern und Anfahrbeschleunigungswerten unterschiedlicher Triebfahrzeuge

Aus der Tabelle 4 geht hervor, dass Fahrzeuge, die für hoch belastete Personenverkehrsstrecken mit homogenem Geschwindigkeitsprofil und Haltemuster ausgelegt wurden (wie die Nummern I und III), eine hohe Anfahrbeschleunigung aufweisen.

Fahrzeuge, die eine hohe Anfahrbeschleunigung und höhere Geschwindigkeiten als Auslegungskriterium aufweisen, sind üblicherweise an den hohen Leistungskennziffern erkennbar (vgl. Nummern I, II, IV und V).

Auf dem Abschnitt Wien Praterstern – Wien Hauptbahnhof der Wiener S-Bahn-Stammstrecke wurden von der SCHIG mbH vereinfachte Untersuchungen der Beschleunigungsvorgänge unternommen. Diese dienen lediglich dem Erlangen eines Überblicks über die realen Beschleunigungswerte. In diesem Streckenabschnitt liegt die mittlere Beschleunigung bei $0,6 \text{ m/s}^2$. Dieser Wert liegt unter dem fahrzeugtechnisch möglichen Beschleunigungswert für diesen Geschwindigkeitsbereich (siehe Messprotokoll Beschleunigungen).^{viii}

Zusammenfassend wird festgehalten, dass bei der Spezifikation bzw. bei der Beschaffung von Fahrzeugen das fahrdynamische Verhalten des Fahrzeugs über das gesamte Geschwindigkeitsspektrum betrachtet werden muss. Dieses muss mit dem vorgesehenen Einsatzprofil übereinstimmen.

2.1.3. Fahrplan

Relevant für Betriebsqualität und Leistungsfähigkeit auf stadtbahnähnlichen Strecken sind auch die Parameter der Fahrplankonstruktion. Dabei können insbesondere folgende Einflussfaktoren genannt werden:

- Zulassung/Ausschließung von Nutzungsarten
- Gestaltung der fahrplantechnischen Einbindung allfälliger Außenäste in die „Stammstrecke“ (= den stadtbahnähnlichen Abschnitt)
- Überlagerung der Fahrgastströme unterschiedlicher Linien und Laufwegslängen
- Fahrplankonstruktionsparameter im engeren Sinne

2.1.3.1. Zulassung/Ausschließung von Nutzungsarten

Wesentlich für Betriebsqualität und Leistungsfähigkeit ist die Frage, welche Nutzungsarten auf der betreffenden Strecke vorkommen können bzw. zugelassen werden.

Hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der Strecke ist hierbei insbesondere die Spreizung zwischen den Fahrzeiten und Geschwindigkeiten der einzelnen Züge auf der betreffenden Strecke relevant. Kommt es zu einer hohen Spreizung (etwa durch eine Mischnutzung von Güterverkehr, Fernverkehr

und Nahverkehr mit unterschiedlichem Haltemuster), wird die Leistungsfähigkeit und Kapazität der Strecke empfindlich eingeschränkt. Daher ist eine Mischnutzung auf stadtbahnähnlichen Strecken nicht empfehlenswert und wird auch kaum praktiziert. In Wien wurde zwar über einen kurzen Zeitraum ein Fernverkehrsprodukt im Takt über die S-Bahn-Stammstrecke geführt, allerdings mit homogenem Haltemuster zum Nahverkehr.

Hinsichtlich der Betriebsqualität der Strecke ist unter anderem die Verzahnung mit dem übrigen Eisenbahnnetz maßgeblich. Bei S-Bahn-Systemen ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor die umsteigefreie Anbindung der Regionen über eine (oder mehrere) „Stammstrecke(n)“ an Innenstadtbereiche, womit sich eine Verzahnung mit Umlandstrecken automatisch ergibt. Kritisch ist hierbei jedoch die Abgrenzung der Durchbindungen und der Charakter der durchgebundenen Züge: Diese sollten grundsätzlich Nahverkehrscharakter aufweisen und damit einerseits eine adäquate Fahrzeuggestaltung aufweisen (siehe dazu auch das Kapitel zu Fahrzeuglayout und -motorisierung), andererseits dadurch auch ein Mindestmaß an Pünktlichkeit gewährleisten können, was bei Fernverkehrszugläufen nur lückenhaft möglich ist. Einbindungen von Fernverkehrszugläufen in stadtbahnähnliche Strecken sind daher zu vermeiden. Die diesbezüglichen Versuche in Wien waren der Betriebsqualität nicht zuträglich.

2.1.3.2. Gestaltung der fahrplantechnischen Einbindung allfälliger Außenäste in die „Stammstrecke“ (= den stadtbahnähnlichen Abschnitt)

Wie im vorigen Abschnitt erläutert, ist die Ausgestaltung der Verzahnung mit dem übrigen Netz ein wesentlicher Einflussfaktor auf die Betriebsqualität am stadtbahnähnlichen Abschnitt.

Nachdem Durchbindungen über den stadtbahnähnlichen Abschnitt hinaus bei betrachtungsgegenständlichen S-Bahn-Systemen ausdrücklich erwünscht sind, ist bei der Einbindung der Außenäste insbesondere auf folgende Parameter zu achten:

- Linienführungen dergestalt vorsehen, dass niveaugleiche Ein- und Auskreuzungen tunlichst vermieden werden. Sollten derlei Linienführungen langfristig als erforderlich oder zielführend erachtet werden, sollte die Infrastruktur entsprechend baulich angepasst werden (Über- bzw. Unterwerfungsbauwerke, wo möglich, oder zumindest entsprechende Staugleise).
- Zur Minimierung von Verspätungsübertragungen von den Außenästen und damit zur Steigerung der Betriebsqualität sind längere fahrplanmäßige Aufenthalte an den „Einfüllpunkten“ in den stadtbahnähnlichen Abschnitt denkbar. Hier ist jedoch darauf zu achten, dass die Reisezeiten durch übermäßige Pufferhalte nicht über Gebühr verlängert werden.

2.1.3.3. Überlagerung der Fahrgastströme unterschiedlicher Linien und Laufwegslängen

Im Gegensatz beispielsweise zu U-Bahn-Linien, bei denen alle Züge stets die gleiche Linie zur Gänze befahren, setzt sich der ähnlich dichte Verkehr beispielsweise auf der Wiener S-Bahn-Stammstrecke aus unterschiedlichsten Linien zusammen, die verschiedene Außenstrecken befahren, unterschiedlich weit in die Region hinaus durchgebunden sind und verschiedene Haltemuster aufweisen. Zusätzlich ergeben sich systematisch Intervalllücken durch die Abzweigungen beim Matzleinsdorfer Platz und Rennweg sowie den Flughafenschnellverkehr und durch die Anforderung von Reservetrassen zur Systemerholung bzw. für betrieblich notwendige Fahrten ohne Personenbeförderung. Die Auslastung der einzelnen Züge in den jeweiligen Abschnitten und die Einsteigenden-Zahlen an den einzelnen Stationen summiert sich daher aus folgenden zwei Einflussfaktoren:

1. Für die Anzahl innerstädtischer Fahrgäste, die ohne Berücksichtigung des Fahrplans einfach zur Station kommen um in den nächsten Zug einzusteigen, ist ausschlaggebend, wie lange vorher kein Zug gefahren ist.
2. Für die Anzahl regionaler Fahrgäste ist entscheidend, wie viele Quell- bzw. Zielorte der jeweilige Zug entsprechend seines Laufwegs und Haltemusters mit welcher Attraktivität an Wien anbindet und auf wie viele Züge pro Zeitraum sich die Nachfrage der jeweiligen Relationen aufteilt. Erfahrungsgemäß sind die mittelschnellen Linien mit langem Laufweg am stärksten ausgelastet, auch wenn sie etliche Verkehrsstationen nicht bedienen.

2.1.3.4. Fahrplankonstruktionsparameter im engeren Sinne

In der Diplomarbeit „Ansätze zur effizienten Kapazitätsausnutzung bei S-Bahnsystemen“^{ix} wird beschrieben, dass auf S-Bahn-Strecken, die in möglichst kurzer Zugfolge mit homogenem Geschwindigkeitsprofil und gleichartig dichtem Haltemuster befahren werden, konventionelle Fahrzeitzuschläge kapazitätsmindernd wirken, da sich die abschnittsweisen Planfahrzeiten und somit auch die Belegungszeiten verlängern. Eine höhere Kapazität wird erreicht, wenn anstelle eines proportional über den betrachteten, hinsichtlich Kapazität und Betriebsstabilität kritischen Abschnitt verteilten Fahrzeitzuschlags die zur Stabilität des Gesamtsystems erforderlichen Zeitreserven erst unmittelbar vor dem Ende dieses Abschnitts oder als längere Haltezeit im Abschnitts-Endbahnhof veranschlagt werden. Als Abschnittsenden für eine solche Handhabung von Fahrzeitzuschlägen kommen nur Bahnhöfe mit mehr als einer Bahnsteigkante pro Richtung in Frage, sodass ein verlängerter Halt zum Aufbrauchen der am Abschnittsende kumulierten Fahrzeitreserve die Kapazität nicht beeinträchtigt, weil der Folgezug bereits ungehindert an der anderen Bahnsteigkante einfahren kann.

Aus dem Gesichtspunkt der zulässigen bzw. realistisch anzustrebenden tatsächlichen Zeitlagen der Zugfahrt im stark belasteten Abschnitt wird so aus einer Plantrasse mit pessimistisch angenommenen

Abschnittsfahrzeiten ein Trassenband mit kürzerer Planfahrzeit aber einer gewissen zulässigen Bandbreite. Dadurch ergibt sich zusätzliche Flexibilität zur Aufrechterhaltung der Pünktlichkeit, da aus der Sichtweise einer klassischen, über die Strecke verteilten Fahrzeitreserve ein Vorsprungfahren praktiziert wird, sodass Verzögerungen gegen Ende des betreffenden Streckenabschnitts leichter kompensiert werden können:

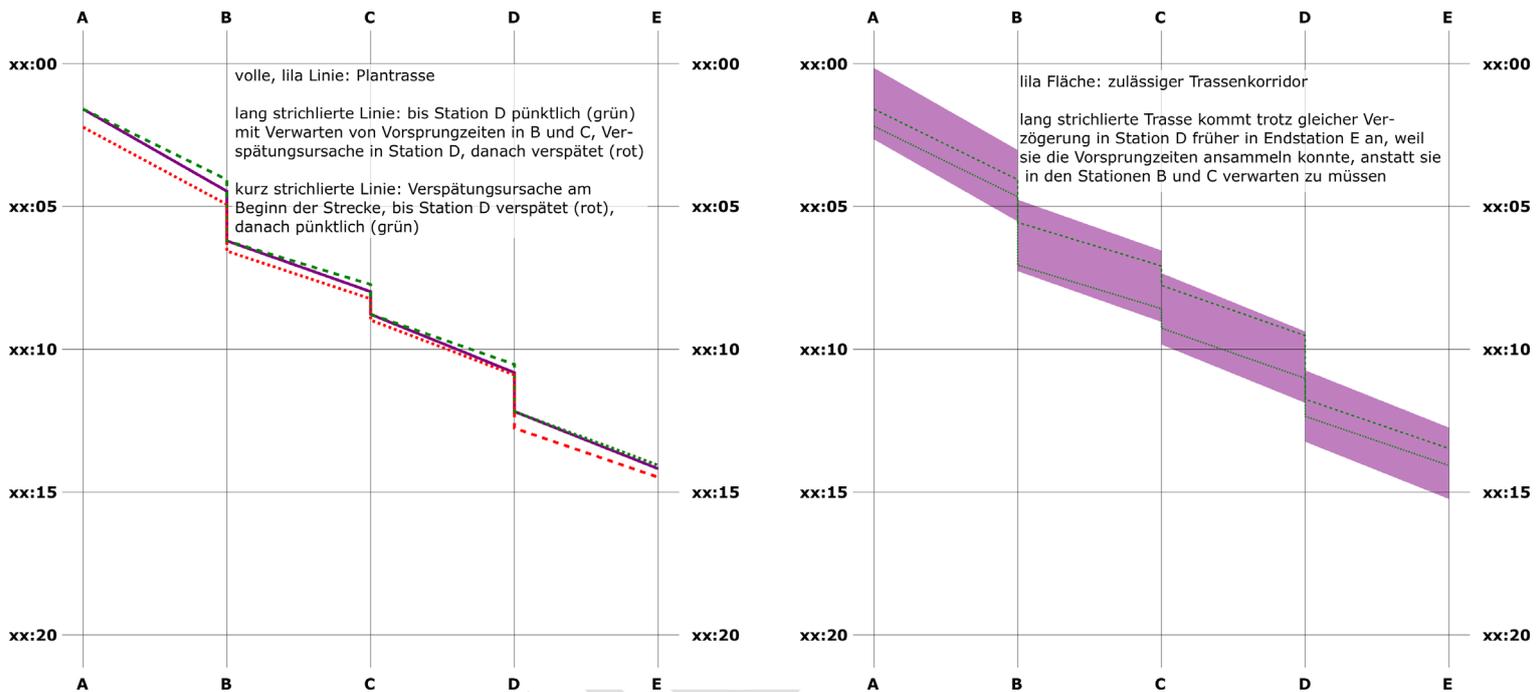


Abbildung 14: konventionelle Trasse mit Fahrzeitzuschlägen (links) und Trassenband mit kürzerer Planfahrzeit und flexiblerer Trassenlage (rechts)

Auch bei einer solchen Handhabung kann die theoretische Streckenkapazität nicht vollständig mit einer dichten Abfolge unmittelbar aufeinander folgender Trassen mit kürzest technisch möglicher Fahrzeit aufgefüllt werden, weil Verzögerungen in kritischen Abschnitten ja tatsächlich Kapazität verbrauchen. Dank der Möglichkeit, bei störungsfreiem Betrieb im Rahmen der Trassenband-Breite Vorsprung anzusammeln, können aber bei in Summe gleicher Anzahl an Trassen pro Zeitraum Verzögerungen des Betriebsablaufs früher wieder aufgeholt werden bzw. umgekehrt bei gleicher Stabilität mehr Trassen im Fahrplan realisiert werden.

Ein weiterer wesentlicher Parameter der Fahrplankonstruktion ist die Mindestbeharrungszeit, also die planmäßig vorgesehene Mindestzeitspanne zwischen Ende des Beschleunigungsvorgangs und Beginn des nächsten Bremsvorgangs. Auf anderen Strecken angewandte Standardwerte in der Größenordnung von 30 Sekunden bewirken auf hochbelasteten innerstädtischen Strecken mit sehr kurzen Halteabständen inadäquat niedrige Fahrgeschwindigkeiten und somit sowohl Kapazitäts- als auch Fahrzeitverluste.

2.1.4. Infrastruktur (bauliche Anlagen)

Auch die physische Infrastruktur an sich, also die baulichen Anlagen, steht in wesentlichem Zusammenhang mit der Leistungsfähigkeit und Betriebsqualität einer Strecke. Unter anderem können hier folgende Ansatzpunkte angeführt werden:

- Niveaufreie Einbindungen und Ausfädelungen von Außenästen und Seitenstrecken, Staugleise
- Ausreichend bauliche Anlagen für eine resiliente Betriebsführung
- Kapazitätsoptimierte Ausnutzung der Bahnsteiganlagen, ggf. Bahnsteigkanten an beiden Seiten der Züge („Einbahnregelung“ beim Ein- und Aussteigen)
- Für den Fahrgastfluss und kurze Haltezeiten optimierte Zu- und Abgänge, ggf. Bahnsteigsperrern an besonders stark frequentierten Stationen
- Leistungsfähigkeit der Energieversorgung

2.1.4.1. Kapazitätsoptimierte Ausnutzung der Bahnsteiganlagen

Gerade in Ballungsräumen auf stadtbahnähnlichen Strecken bestehen hohe Anforderungen an die Kapazität nicht nur der Infrastruktur, sondern auch der Fahrzeuge. Eine Möglichkeit, die Kapazität der Fahrzeuge zu steigern, ist das Ausweichen in die zweite Ebene (Doppelstockfahrzeuge). Ist auch dieser Schritt bereits getan und dennoch Handlungsbedarf gegeben, so kann die Zuglänge erhöht werden. Hier ist jedoch durch die Bahnsteiglänge eine gewisse Grenze gegeben. Bauliche Maßnahmen zur Verlängerung der Bahnsteige können häufig nicht kurzfristig umgesetzt werden, in einigen Fällen sind sie mit vertretbarem Aufwand gar nicht machbar (beengte Platzverhältnisse, Kunstbauten, Anlagenzustand/Nutzungsdauer etc.). Auf sie wird hier nicht näher eingegangen. Unter organisatorischen Maßnahmen versteht man primär den betrieblichen Umgang mit Zügen, die über den Bahnsteig hinausragen. Folgende Fälle werden betrachtet:

- Überstehen der Lok oder eines Wagens, der nicht der Personen- oder Reisegepäckbeförderung dient
- Überstehen des ersten und/oder letzten personenbefördernden Fahrzeugs derart, dass sich alle Türen am Bahnsteig befinden
- Absperren einzelner Türen (bzw. selektive Freigabe)

Abriss bestehender Richtlinien

Das Zusammenwirken von Bahnsteig- und Gesamtzuglängen ist sowohl in der Eisenbahnbau- und -betriebsverordnung (EisbBBV) als auch in betrieblichen Richtlinien der ÖBB-Infrastruktur AG geregelt. In der EisbBBV sind dazu folgende relevante Bestimmungen festgehalten:

Länge der Züge

§ 105. (1) Züge dürfen nicht länger sein, als es die Bremsverhältnisse, die Zug- und Stoßeinrichtungen, die in den Zügen auftretenden Längs- und Querkräfte und die von ihnen zu befahrenden Betriebsanlagen zulassen.

(2) Züge, deren Länge die Länge der jeweiligen Betriebsanlagen überschreitet, gelten als überlange Züge. Die Führung überlanger Züge ist nur zulässig, wenn die Sicherheit durch betriebliche Anweisungen gewährleistet ist.

(3) Personenbefördernde Züge dürfen nur dann länger als die Bahnsteige sein, wenn die Sicherheit beim Fahrgastwechsel durch betriebliche Anweisungen gewährleistet ist.

Besetzen person befördernder Züge

§ 115. (1) Die Besetzung person befördernder Züge mit Zugbegleitern hat durch das Eisenbahnverkehrsunternehmen zu erfolgen. Für die Führung von person befördernden Zügen ohne Zugbegleiter ist hinsichtlich der Maßnahmen in Zusammenhang mit dem Fahrgastwechsel und dem Abfahren von person befördernden Zügen an Bahnsteigen das Einvernehmen mit dem Eisenbahninfrastrukturunternehmen herzustellen.

(2) Personenbefördernde Züge sind mit mindestens einem Zugbegleiter zu besetzen, sofern dessen betriebliche Aufgaben nicht von einem anderen geeigneten Betriebsbediensteten oder von technischen Einrichtungen übernommen werden. Sie dürfen ohne Zugbegleiter verkehren, wenn mindestens folgende Bedingungen eingehalten sind:

I. Die Gesamtzuglänge darf die Länge der Bahnsteige der Betriebsstellen mit planmäßigen Halten nicht übersteigen (ausgenommen sind Schienenfahrzeuge, die nicht der Personenbeförderung dienen und sich abgesperrt am Zugschluss befinden); muss mit dem Triebfahrzeug über das Bahnsteigende hinaus gefahren werden, ist dies mit dem Eisenbahninfrastrukturunternehmen zu vereinbaren, [...]

In der betrieblichen Richtlinie 30.01 (Betriebsvorschrift, V3) der ÖBB-Infrastruktur AG finden sich mehrere relevante Bestimmungen:

§ 44 Haltepunkt, grenzfreie Einfahrt

(1) Personenbefördernde Züge, die planmäßig - ausgenommen Betriebsaufenthalte - halten, müssen so zum Stillstand kommen, dass die Bahnbenützer möglichst leicht und sicher die Wagen erreichen bzw. verlassen können. Auf Bahnsteigzugänge ist soweit wie möglich Rücksicht zu nehmen. Zur besseren Orientierung können Orientierungstafeln [siehe DA – (z.B. Längenangaben am Bahnsteigdach, Masten u. dgl.)] angebracht sein. In Betriebsstellen mit dem Signal - HALTEPUNKT - (siehe StL) hält der Tzf mit der Zugspitze beim ersten erreichten Signal - HALTEPUNKT - an. Ist das Anhalten schriftlich (Befehl, LA) vorgeschrieben, wird dies einem planmäßigen Halt gleichgehalten. [...]

§ 49 Überlange Züge

[...] (3) Grundsätzlich dürfen person befördernde Züge nicht länger als die Bahnsteigkanten der Haltebahnhöfe und Haltestellen (Bsb, StL) sein.

(4) Müssen längere person befördernde Züge gebildet werden, verständigt der Bahnhof, der den Zug bildet, die betroffenen Haltebahnhöfe. Die betroffenen Bahnhöfe müssen alle Möglichkeiten ausschöpfen (z.B. Einfahränderungen, Vorziehen), um alle Personenwagen an die Bahnsteigkante zu bringen. Ist das nicht möglich oder ist der Zug für den Bahnsteig einer Haltestelle zu lang, werden die Zub beauftragt, die Bahnbenützer von den gebotenen Ausstiegsmöglichkeiten zu verständigen. Für ständig wiederkehrende Fälle trifft die BFZ Anordnungen.

§ 62 Züge ohne Zub

[...] (11) P-Züge dürfen ohne Zub geführt werden, wenn folgende Bedingungen eingehalten werden:

a) Die Gesamtzuglänge der Züge darf die Länge der Bahnsteige der Betriebsstellen mit planmäßigen Halten nicht übersteigen (s. § 49 Abs. 3). Ausgenommen sind Fahrzeuge die nicht der Personenbeförderung dienen und sich abgesperrt am Zugschluss befinden. Muss mit dem Tzf über das Bahnsteigende hinaus gefahren werden, ist dies mit dem IB zu vereinbaren, [...]

Weitere Bestimmungen finden sich in der betrieblichen Richtlinie 30.04.01 (Dienstanweisung Orientierungstafeln für Tfzf) der ÖBB-Infrastruktur AG:

2.2 Orientierungstafeln nach dem Bahnsteig für P-Züge

Für P-Züge können entsprechende Orientierungstafeln nach dem Bahnsteig angebracht sein (z.B. Wagenzuglänge entspricht exakt der Länge des Bahnsteigs). Der P-Zug hält bei diesen Zügen mit dem Tfz bei dieser Orientierungstafel an.

Das EVU darf für ihre Tfzf entsprechende Aufträge für die Fahrt über das Bahnsteigende hinaus bis (maximal) zu dieser Orientierungstafel erteilen (z.B. Zub beauftragt Tfzf zum Fahren bis zur Orientierungstafel „Lok“).

- [...] Evaluierung der erforderlichen Tafeln und deren mögliche Aufstellung (z.B. keine Gleisschaltmittel, EK, ...) [...]
- In der StL ist die Orientierungstafel „Lok“ mit der Angabe der Meter aufgenommen.

10 Sonstige Orientierungstafeln für Tfzf

Andere Orientierungstafeln für Tfzf, die in dieser Anweisung (DA) nicht genannt sind, dürfen nur nach vorheriger Genehmigung durch die Arbeitsplattform Betrieb (APBe), für jeden Einzelfall gesondert, aufgestellt werden.

In den Schienennetz-Nutzungsbedingungen überbindet die ÖBB-Infrastruktur AG die aus § 49 der betrieblichen Richtlinie 30.01 resultierenden Pflichten ausdrücklich dem EVU:

3.3.2.5

Die maximale Zuglänge (Summe aus Wagenzug und arbeitenden Triebfahrzeugen) für nichtpersonenbefördernde bzw. personenbefördernde Züge wird durch die Bahnhofsgleislängen (z.B. Möglichkeit zum Kreuzen bzw. Vorfahren von Zügen) der befahrenen Strecke und der Fahrplanlage (Netzfahrplangefüge) bestimmt. Personenbefördernde Züge dürfen nicht länger sein als die Bahnsteigkanten der Verkehrsstationen, in denen die Züge zum Ein- und Aussteigen halten. Ausnahmen von den vorgenannten Grundsätzen (z.B. „Überlange Züge“) sind in der betrieblichen Richtlinie 30.01 (DV V3) samt dazugehöriger Erläuterung angeführt. Bahnhofsgleis- bzw. Bahnsteiglängen können der Betriebsstellenbeschreibung (Bsb) entnommen werden.

Handlungsspielräume innerhalb bestehender Richtlinien

Es besteht der Grundsatz, dass planmäßig haltende personenbefördernde Züge insgesamt nicht länger sein dürfen als der Bahnsteig. Obgleich Ausnahmen möglich sind, ist ein planmäßiger Verkehr überlanger Züge nicht vorgesehen. Die bestehenden Regelwerke lassen folgende Handlungsspielräume zu:

- Am Zugschluss können Wagen, die nicht der Personenbeförderung dienen, abgesperrt über den Bahnsteig hinausragen, sofern dies evaluiert wurde. Eine vollständige Einfahrt in den Bahnhof sollte aber trotzdem möglich sein.
- Zwischen Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) und ÖBB-Infrastruktur AG kann vereinbart werden, dass mit dem Triebfahrzeug über das Bahnsteigende hinausgefahren wird. Dafür werden Orientierungstafeln aufgestellt und der Zug muss mit Zugbegleiter besetzt sein.
- Der Zug darf im zugbegleiterlosen Betrieb über das Bahnsteigende hinausragen, wenn alle Türen im Bahnsteigbereich sind und das EVU beim BMK eine Ausnahmegenehmigung erwirkt hat. Dass sich alle Türen im Bahnsteigbereich befinden, ist insofern von Bedeutung, als bei vielen

Zügen, insbesondere bei modernen Triebwagen, speziell für Rollstühle, Kinderwägen und Fahrräder ausgewiesene Bereiche an den Enden der Fahrzeuge situiert sind und ein barrierefreier Zugang zu diesen Zonen nur über die erste bzw. letzte Tür erfolgen kann. Im Hinblick auf eine Automatisierung des Bahnbetriebs kann davon ausgegangen werden, dass durch überlange Züge Anpassungen in der Betriebsführung notwendig werden (derzeit schließen solche überlangen Züge eine automatisierte Betriebsführung aus).

Auch ohne Automatisierung wäre diese Lösung für die Betriebsführung der ÖBB-Infrastruktur AG höchst herausfordernd, da für die Zugfahrten eine Prüfung auf Fahrzeuge und Ausnahmegenehmigung erfolgen müsste.

Maßgebend für die Frage, ob ein Zug überlang ist, ist gemäß einer Behördenentscheidung die Länge über Puffer bzw. Kupplung. Die zuständige Behörde hat laut Auskunft der ÖBB-Infrastruktur AG auch festgehalten, dass mit dem Passus „muss mit dem Triebfahrzeug über das Bahnsteigende hinaus gefahren werden“ ausdrücklich die führende Lokomotive gemeint ist; eine sinngemäße Anwendung für Triebzüge ist somit derzeit ausgeschlossen.

Die Beweggründe der Behördenentscheidung kann die SCHIG mbH insofern nicht nachvollziehen, als eine inhaltliche Unterscheidung zwischen gezogenen lokbespannten Zügen einerseits und Triebwagen/Triebzügen bzw. Wendezügen mit Steuerwagen voraus andererseits getroffen wird.

Beim gezogenen lokbespannten Zug kann eine zulässige Fahrt über das Bahnsteigende hinaus dazu führen, dass sich die erste Tür genau beim vorderen Bahnsteigende befindet (bei Reisezugwagen mit Türen an den Wagenenden). Auch wenn abgesperrte Wagen am Zugschluss beigegeben sind, kann sich beim letzten für Reisende geöffneten Wagen unmittelbar am hinteren Bahnsteigende unter Einhaltung aller Vorgaben eine Tür befinden. Ein sicheres Anhalten des Zuges bei der Orientierungstafel „Lok“ (mit sehr geringer Abweichung) wird also vorausgesetzt. Triebzüge bzw. Steuerwagen müssen jedoch spätestens beim Bahnsteigende angehalten werden, auch wenn sich die Türen nicht unmittelbar am Wagenende befinden. Es wird also vorausgesetzt, dass diesfalls die Züge nicht mit derselben Sicherheit und Toleranz bei einer Orientierungstafel angehalten werden können.

Für den Fahrgastwechsel ist nur der Bereich zwischen den beiden äußeren Türen relevant und nicht die Zuglänge. Daher wäre für die nutzbare Bahnsteiglänge jedenfalls der Abstand von erster zu letzter Tür (plus eine angemessene Toleranz) maßgeblich. Voraussetzung dafür ist selbstverständlich, dass die Sicht auf Signale, der Grundsatz der grenzfreien Einfahrt, eine übersichtliche Anordnung der Orientierungstafeln (kein Wildwuchs), etc. gegeben sind.

Es ist heute am Fahrzeugmarkt auch Stand der Technik, eine seitenselektive Freigabe und wahlweise Verriegelung einzelner Türen durchzuführen. Vor allem bei Fahrzeugneubeschaffungen kann diesbezüglich auf eine für die Arbeitsabläufe der Tzfz praktikable Lösung gedrängt werden.

Weiters ist die Praxis, dass eine Ausnahmegenehmigung für über das Bahnsteigende hinausragende Züge im zugbegleiterlosen Betrieb vom EVU zu erwirken ist, problematisch. In der langfristigen Angebotsplanung kann nicht davon ausgegangen werden, dass eine solche Ausnahmegenehmigung auch tatsächlich erteilt wird.

2.1.4.2. Erhöhung des Gefahrenpunktabstands

Die Erhöhung des Abstands zwischen dem Ende der Fahrerlaubnis (EoA) und der SvL stellt eine Maßnahme dar, um die in Kapitel 2.1.1.6. beschriebene Problematik flacher Bremskurven zu minimieren.

Dazu gibt es mehrere Möglichkeiten:

- Den Abstand durch Gleisneulagen erhöhen
- Temporäre Fahrtausschlüsse durch Schutzwege (Overlap) zulassen
- Temporäre Schutzwege auf freie Gleise ohne fahrplanwirksame Fahrtausschlüsse nutzen

2.1.5. Betriebsabwicklung

Von Bedeutung für die Betriebsqualität ist auch die Art der Betriebsabwicklung selbst. Interessante Eckpunkte sind:

- Nutzung von richtungsbezogenen Inselbahnsteigen mittels strikt alternierender Einfahrt im Gegensatz zur Benützung der Plangleise auch im Abweichungsfall
- Anstoß der automatischen Fahrstraßeneinstellung so zeitgerecht, dass kein Zug zum Abbremsen genötigt wird
- Generell Regelung der Fahrten so, dass kein Zug unter eine restriktive Überwachung des Zug-sicherungs-systems fällt
- Kommunikation an Stellbereichsgrenzen
- Umgang der Betriebsvorschrift mit Störungen an der Sicherungsanlage (Ersatzsignal/Befehl diktieren/Fahren auf Sicht/...) unter Berücksichtigung der gesetzlichen Vorgaben

2.1.6. Personal

Nicht zu unterschätzen ist auch der Einfluss des Zugpersonals, selbst wenn dessen Aufgaben zunehmend von technischen Systemen unterstützt werden. Gute Ausbildung und Motivation beeinflussen

die Schnelligkeit der Zugabfertigung oder die Reaktionszeit bei Signalen (beispielsweise die Abfahrt eines wartenden Zuges nach erfolgter Signalfreistellung) und somit auch die Reduktion oder das Hintanhalten von Verspätungen. Auf stark frequentierten Stationen kommt dabei der Kundenlenkung besondere Bedeutung zu. Auch ein flüssiger Fahrstil unter Berücksichtigung der betrieblich zu erzielenden Fahrzeiten und des Fahrgastkomforts trägt zur hohen Akzeptanz des Systems bei.

2.2. Interdependenzen zwischen den Einflussfaktoren

Im Rahmen der Würdigung der verschiedenen Einflussfaktoren auf Betriebsqualität und Leistungsfähigkeit sowie der Tatsache, dass es sich bei der Eisenbahn um ein System aus Infrastruktur, Betriebsführung, Rollmaterial und externen Einflüssen (bspw. Fahrgäste) handelt, wird rasch offenbar, dass zur Hebung eines allfälligen Optimierungspotentials die verschiedenen Einflussfaktoren zueinander in Beziehung zu setzen sind. Hier ist darauf zu achten, dass durch das Erlangen eines Optimums in einem einzelnen Bereich gleichzeitig auch ein Beitrag zum Systemoptimum geleistet wird. So steht etwa die Fahrplankonstruktion (bspw. die Bemessung der Haltezeiten oder der Fahrzeiten) direkt in Abhängigkeit zum eingesetzten Rollmaterial (was etwa das Innenlayout oder die Beschleunigungsanforderungen betrifft). Außerdem sind zur Hebung von Optimierungspotenzial mitunter auch Einflussfaktoren-überschreitende bzw. Systemkomponenten-überschreitende Ansätze nötig. Diese Ansätze werden im folgenden Kapitel näher erläutert.

3. LÖSUNGSANSÄTZE ZUR OPTIMIERUNG VON BETRIEBSQUALITÄT UND LEISTUNGSFÄHIGKEIT

Auch wenn, wie zuvor erläutert, die Lösungsansätze ganzheitlich zu betrachten sind und zueinander in Beziehung stehen, sollen diese im Folgenden in untergliederter Form diskutiert werden. Folgende Bereiche werden dabei besonders hervorgehoben:

- Fahrplan
- Rollmaterial
- Organisatorische Lösungen
- Bauliche Lösungen

3.1. Lösungsansätze in Zusammenhang mit dem Fahrplan

Entsprechend der unter 2.1.3.3. beschriebenen Überlagerung von innerstädtischen und regionalen Fahrgastströmen kann eine gleichmäßigere Auslastung der einzelnen Züge dadurch erzielt werden, dass bei der Fahrplangestaltung darauf geachtet wird, dass nach einer Trassenlücke (CAT, S7 / S80, Reservetrassen) kein Zug folgt, der aufgrund von Laufweg und Haltemuster am Außenast schon mit regionalen Fahrgästen überdurchschnittlich ausgelastet ist. Unter der Prämisse der Fahrplansymmetrie bedeutet das, dass stets sowohl unmittelbar vor als auch nach einer stark ausgelasteten REX-Trasse eine schwächer ausgelastete Trasse folgen sollte, z.B. eine S-Bahn kürzeren Laufwegs. Derzeit ist dies auf der Wiener S-Bahn-Stammstrecke nicht durchgängig der Fall, in der Nachmittagsspitze folgt halbstündlich auf eine 9-Minuten-Lücke zwischen Rennweg und Wien Meidling ausgerechnet ein REX Richtung Wr. Neustadt mit Halten in den nachfragestarken Zwischenbahnhöfen. In der Morgenspitze wiederum fährt vor einer ähnlichen Linie in der Gegenrichtung im gesamten Abschnitt Meidling – Floridsdorf fünf Minuten lang kein anderer Zug.

In der Fahrplanplanung ist daher darauf zu achten (dies erfolgt seitens der aufgabenträgerseitigen Verkehrsplanungszuständigen in der SCHIG mbH und – bezogen auf die Wiener S-Bahn-Stammstrecke – in der VOR GmbH derzeit auch bereits), dass sowohl unmittelbar vor als auch nach einer stark ausgelasteten REX-Trasse eine schwächer ausgelastete Trasse folgen sollte. Künftig sollte dieser Planungsgrundsatz (REX – SB – REX – SB usw.) konsequent angewendet werden.

Darüber hinaus sollten zur Gewährleistung einer hohen Betriebsqualität Ein- und Ausfahrten in das „System Stammstrecke“ nur an definierten Stellen im Netz möglich sein; d.h. dort, wo es ohne

3.2. Lösungsansätze im Zusammenhang mit dem Rollmaterial

Der aktuelle Trend der größeren Schienenfahrzeughersteller ist, durch „günstigere“ Bauweisen einen günstigeren Anschaffungspreis anzubieten. Daraus ergibt sich zwangsläufig jedoch eine verkürzte Lebensdauer von etwa 15 Jahren. Diese Zeitspanne deckt auch die derzeit übliche Laufzeit für einen Verkehrsdienstleistungsvertrag ab. In einige Fällen (beispielsweise in Niedersachsen, Baden-Württemberg, Südtirol, ...) wird eine Fahrzeugflotte zur Ausführung eines Verkehrsdienstleistungsvertrags beigestellt.

Die wirtschaftliche Lebensdauer der derzeit am Markt verfügbaren Schienenfahrzeugs-Plattformen ist mit 25 bis 30 Jahren angesetzt. Üblicherweise wird bei halber Lebenszeit ein „Upgrade“ bzw. „Redesign“ durchgeführt. Diese Maßnahme umfasst üblicherweise die Erneuerung der Inneneinrichtung (Sitze, Bodenbelag, Beleuchtung, ...). Die Antriebstechnik oder die Wagenkastenstruktur wird in den meisten Fällen nicht verändert.

Veränderungen an Schienenfahrzeugen sind genehmigungs- bzw. zulassungspflichtig. Werden an einer Fahrzeugflotte nachträglich Veränderungen vorgenommen, so werden Ersatzfahrzeuge für den Zeitraum der Umbaumaßnahmen notwendig.

3.2.1. Fahrgastlenkung

Die Fahrgastwechselzeit ist durch Einrichtung von Maßnahmen zur Fahrgastlenkung verkürzbar. Die Umsetzung ist mit überschaubarem Aufwand zu erreichen. Die folgend dargestellten Beispiele zur Fahrgastlenkung sollen kurz- bis mittelfristige Optimierungsmöglichkeiten darstellen.

Passive Fahrgastlenkung

Als passive Fahrgastlenkung werden jene Maßnahmen definiert, die nach ihrer Installation ohne weitere Mechanismen, Handlungen bzw. Dateninputs einen Einfluss auf das Fahrgastverhalten bewirken.

Im Kapitel 2.1.2.1. wird beschrieben, dass die Suche nach einem Sitz- bzw. Stehplatz im Fahrzeug vermieden werden soll. Durch entsprechende Piktogramme/Markierungen und einen farblich auffallend abgesetzten Bodenbelag kann auf frei zu haltende Bereiche aufmerksam gemacht werden.



Abbildung 16: Beispiel Bodenmarkierung Einstieg

Infrastrukturseitig kann mit Bodenmarkierungen, Piktogrammen bzw. Hinweistafeln auf eine gleichmäßige Verteilung entlang des Bahnsteigs hingewiesen werden, sofern diese gewünscht ist.

Aktive Fahrgastlenkung

Die Maßnahmen zur aktiven Fahrgastlenkung werden nach ihrer Installation kontinuierlich mit Daten, akustischen Ansagen etc. gespeist, um das Fahrgastverhalten rechtzeitig und bedarfsgerecht zu beeinflussen.

Die für eine kurze Fahrgastwechselzeit optimale Fahrgastverteilung erfolgt bereits infrastrukturseitig am Bahnsteig. Abhängig von der Auslastung der einfahrenden Züge bestehen Systeme, die am Bahnsteig im Fahrzeug vorhandene Kapazitäten anzeigen.

Die Informationen über die tatsächliche Fahrgastverteilung im Zug kann bei den derzeit eingesetzten Systemen aus den Sensoren der Luftfederstufe (Gewichtsverteilung auf die Sekundärfederstufe) bzw. aus der Fahrgastraumklimatisierung (CO₂-Fühler) gewonnen werden. Am Bahnsteig wird über den Beladungszustand des nächsten Zuges informiert, dies kann über Monitore/optische Anzeigen (wie etwa ein LED-Leuchtband an der Bahnsteigdachkante, welches bspw. in einer 3-Farben-Skala den

Belegungsgrad der Segmente des nächsteinfahrenden Zuges anzeigt – siehe Abbildung 17) bzw. Lautsprecher erfolgen.



Abbildung 17: Fotomontage - LED-Leuchtband zur Fahrgastlenkung am Bahnsteig

Die Effektivität derartiger Systeme wurde im Zuge einer Studie der technischen Universität Stockholm untersucht: „Impact of real-time crowding information: a Stockholm metro pilot study“¹⁰. Diese beschreibt die Auswirkungen von visuellen und akustischen Informationen zur Auslastung einfahrender U-Bahn-Züge. Die Zusammenfassung des Studienergebnisses lautet: Etwa 25 % der wartenden Fahrgäste haben die am Bahnsteig zur Verfügung gestellten Informationen verstanden und entsprechend gehandelt.

Es ist aber anzumerken, dass das dafür notwendige Zusammenspiel von unterschiedlichen Systemen auf der Fahrzeug- und Infrastrukturseite sowie der dabei zu übermittelnden Daten äußerst komplex ist. Aus Sicht der SCHIG mbH sollten aber dennoch Schritte in Richtung Umsetzung dieser Technologie (ggf. in einem Pilotprojekt) gesetzt werden.

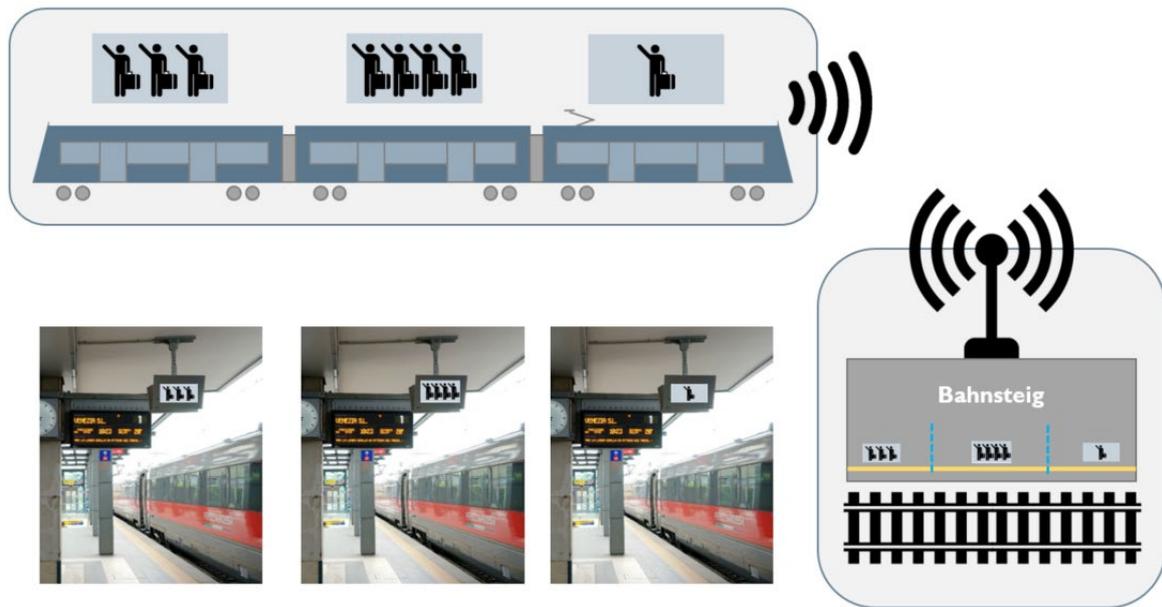


Abbildung 18: Schema Auslastungsabhängige Bord-Boden-Kommunikation

In gewissen Fällen (etwa in Verkehrsstationen mit besonders hohem Fahrgastwechsel) ist auch der Einsatz von Kundenlenkerinnen- bzw. Kundenlenkern denkbar.

Ein anderer Ansatz wird bei den Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) angewandt. Diese zeigen über eine Fahrplanabfrage auf deren Homepage bzw. Smartphone-App die prognostizierte Auslastung der gewünschten Verbindung.

Hierbei wird auf eine Umverteilung der Fahrgäste auf weniger stark frequentierte Verbindungen abgezielt.

Dieser Ansatz zielt jedoch eher auf Reisende mit längeren Reiseweiten ab, welche im Gegensatz zu Reisenden auf U-Bahn-ähnlichen Relationen eine Verbindung im Vorhinein abfragen.

Thalwil → Zürich HB

 Mi., 23.09.2020. Abfahrt 07:30. [Erweiterte Suche ändern](#)

	Dauer	Umsteigen	Auslastung		
IR 75 Richtung Konstanz 07:14 ●————● 07:25	11 min	0	1. 2.	Gl. 5	Ab CHF 3.40
S 24 Richtung Thayngen 07:21 ●————● 07:39	18 min	0	1. 2.	Gl. 5	Ab CHF 3.40
S 2 Richtung Zürich Flughafen 07:29 ●————● 07:42	13 min	0	1. 2.	Gl. 6	Ab CHF 3.40

Abbildung 19: Fahrplanabfrage SBB mit Auslastungsdarstellung

3.2.2. Beschaffung von Neufahrzeugen

Die Beschaffung von neuen Schienenfahrzeugen gehört zu den längerfristigen Lösungsansätzen. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass es sich um einen sehr zeit- und personalintensiven Prozess handelt.

Das deutsche Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) beziffert im „Handbuch Eisenbahnfahrzeuge“^{xi} die Dauer von der Vertragsunterzeichnung bis zur Fahrzeugzulassung von Regionalverkehrs-Triebwagen mit 40 bis 44 Monaten. Bis zur Vertragsunterzeichnung sind ebenfalls mehrere Jahre für die Aktivitäten Bedarfserhebung, Erstellung Lastenhefte/Ausschreibungsunterlagen und Ausschreibung/Vergabe einzurechnen.

Die Redesign/Upgrade-Fähigkeit von Schienenfahrzeugen muss bereits zu Beginn des Beschaffungsprozesses mitberücksichtigt werden. In einem Vortrag der 43. Schienenfahrzeugtagung in Graz beschreibt Hans-Peter Lang (Deutsche Bahn AG)^{xii} dass Redesign die „Marktfähigkeit“ einer Fahrzeugtype gewährleistet. Weiter beschreibt er die Grundanforderungen für redesignfähige Fahrzeuge wie folgt:

- „Ausreichende Konstruktionsreserven, kein Ausschöpfen von Gewichtsgrenzen“

- „Modularer Fahrzeugbau“
- „Dokumentierte und nicht proprietäre Schnittstellen“
- „Vollständige und eindeutige Fahrzeugdokumentation“

Eine erfolgreiche Fahrzeugbeschaffung erfordert auch auf der Bestellerseite eine entsprechende technische Expertise des verantwortlichen Projektteams. Dieses muss die Auswirkungen der Beschaffung auf den Bahnbetrieb und die Instandhaltung in Anforderungen umsetzen und während des gesamten Beschaffungszeitraums verteidigen, auch im Spannungsfeld Anforderungen vs. Preisvorstellungen der Hersteller.

Neben den technischen Erfordernissen wie etwa Beschleunigungsvermögen (insbesondere im Sinne von spezifischer Leistung, Traktionsgewichtsanteil und Anfahrzugkraft) und dergleichen ist für die Leistungsfähigkeit und insbesondere die Betriebsqualität (Fahrgastfluss, Haltezeit, ... - siehe dazu auch Kapitel 2.1.) auch das Fahrzeuglayout im Innenraum von Bedeutung. Von der SCHIG mbH wurden daher sowohl für ein einstöckiges als auch für ein doppelstöckiges Fahrzeug Layoutvorschläge ausgearbeitet. Diese sind, samt entsprechender Erläuterungen, dem Bericht beigelegt.

Eine weitere Maßnahme wäre das Vorsehen und konsequente Ausüben einer Zwangsschließfunktionalität.

3.3. Organisatorische Lösungsansätze im Bereich des Infrastrukturbetreibers

3.3.1. Handlungsspielräume innerhalb bestehender Richtlinien

3.3.1.1. *Geänderte Verteilung von Fahrzeitreserven und daran angepasste Fahrgastinformation*

Ohne physische Maßnahmen an Fahrzeugen oder Infrastruktur kann die Betriebsqualität verbessert werden, indem, wie in 2.1.3.3. beschrieben, die Fahrzeitreserven nicht gleichmäßig über die Strecke verteilt, sondern vor Knotenbahnhöfen konzentriert werden. Die damit verbundene, bewusste Inkaufnahme einer Schwankungsbreite der Ankunfts- und Abfahrtszeiten an den Zwischenhalten des Abschnitts im Ausmaß von ein oder zwei Minuten erfordert besondere Regelungen hinsichtlich Pünktlichkeitsmessung und Fahrgastinformation:

- Für die Messung bzw. Berechnungsweise der Pünktlichkeit einschließlich der Sanktionierung unerlaubten Vorsprungfahrens wären stets die frühesten Zeiten anzusetzen und etwaige Ver-

spätungen rechnerisch stets um die Breite des Trassenbandes zu reduzieren. Bei einer überschaubaren Anzahl von Halten auf einem kurzen, innerstädtischen Abschnitt wäre es auch eine pragmatische Lösung, die Pünktlichkeit nur an den Abschnittsenden zu messen und nicht an den Zwischenhalten.

- Eine zweckmäßige Fahrgastinformation muss realistische Vorstellungen davon vermitteln, wann der Fahrgast spätestens am Bahnhof sein muss, um den Zug sicher zu erreichen, und mit welcher spätestmöglichen Ankunft zu rechnen ist. Auch wenn die Züge auf dem betrachteten Streckenabschnitt selbst in so kurzen Intervallen verkehren, dass Fahrgäste auf innerstädtischen Abschnitten nicht mit konkreten Abfahrtszeiten, sondern mit einem üblichen Intervall von beispielsweise 3-6 Minuten rechnen können, ist zu bedenken, dass sich die Züge auf unterschiedliche Außenäste verzweigen und Anschlüsse zum Fernverkehr bestehen, sodass trotz eines nur drei Minuten später verkehrenden Folgezuges die Gefahr besteht, ein außerhalb der Stadt gelegenes Fahrtziel erst eine oder zwei Stunden später zu erreichen. Dieser Problematik kann am besten wie folgt begegnet werden:
 - Es wird stets die frühestzulässige Abfahrtszeit veröffentlicht.
 - Es wird grundsätzlich ein Aufenthalt von 0 Minuten veröffentlicht (planmäßige Ankunft ist gleich planmäßige Abfahrt).
 - Sofern sich innerhalb eines solchen Abschnitts mit an den Abschnittsenden konzentrierten Fahrzeitreserven ein wichtiger Umsteigeknoten zum Regional- oder Fernverkehr befindet, werden die Mindestübergangszeiten von Zügen des betreffenden Abschnitts zu den übrigen Zügen um ein oder zwei Minuten verlängert. Dies könnte beispielsweise auf der Wiener S-Bahn-Stammstrecke auf die Stationen Wien Hauptbahnhof und Handelskai zutreffen.

Hinsichtlich der Länge der einem solcherart neuen Zuschlagsregime zu unterwerfenden Abschnitte ist zwischen zwei Zielsetzungen abzuwägen: Im Sinne eines maximalen Effekts auf die Betriebsstabilität und Kapazität wären möglichst lange Abschnitte zweckmäßig, sodass bis zu zwei Minuten an Fahrzeitzuschlag an das Streckenende verschoben werden können. In diesem Fall wären die Verzweigungsbahnhöfe am Ende des innerstädtischen Abschnitts mit maximaler Zugfrequenz zur Ansammlung der Fahrzeitreserven prädestiniert, im Wiener Beispiel wären das Meidling und Floridsdorf³. Soll hingegen die Schwankungsbreite möglicher Abfahrts- und Ankunftszeiten reduziert werden, können die Fahrzeitreserven auch an dazwischenliegenden Bahnhöfen mit mehreren Gleisen

³ Die Anwendung dieses Prinzips der Verteilung von Fahrzeitzuschlägen verkompliziert sich im Falle der Wiener S-Bahn-Stammstrecke durch die Auskreuzungen nächst Rennweg und Wien Matzleinsdorfer Platz, die nicht aus einem Knotenbahnhof mit mehreren Bahnsteigkanten heraus erfolgen, sondern aus der freien Strecke. Aufgrund der schwankenden Zeitlagen möglicher Ein- und Ausfahrten in die bzw. aus der Stammstrecke müssten auf den betreffenden Seitenstrecken unmittelbar an die Abzweigung angrenzend ebenso ausreichende Reserven vorgesehen werden, sodass die Züge stets zur frühestmöglichen Einfahrt in die Stammstrecke bereitstehen, bei einer späteren Ausfahrt aus der Stammstrecke aber trotzdem ihre planmäßige Trasse im weiteren Fahrtverlauf einhalten können.

und Bahnsteigkanten pro Richtung verbraucht werden, wie beispielsweise Wien Mitte oder Wien Praterstern.

Anmerkung: Auf der Wiener S-Bahn-Stammstrecke wurde die Reservenverteilung im Jahr 2019 ausgiebig analysiert und mit Fahrplanwechsel Dezember 2019 (Netzfahrplan 2020) wurden die Fahrzeitreserven analog zur Empfehlung im Pkt. 2.1.3.4. optimiert und generell neu verteilt bzw. dort wo notwendig und möglich in die Haltezeiten implementiert.

Für die Erarbeitung künftiger Angebotskonzepte wird der Ansatz eines „Trassenbandes“ von 30 Sekunden empfohlen, d.h. das System wird auf eine technische Zugfolgezeit von 120 Sekunden konzipiert, aber mit 150 Sekunden Zugfolge genutzt. Im veröffentlichten Fahrplan hat sich eine möglichst frühe Zeit wiederzufinden, um (technisch gesehen) auch im „Vorsprung“ fahren zu können. Zum weiteren Ausgleich sind längere Halte (bspw. 90 Sekunden) in Meidling und Floridsdorf vorzusehen.

3.3.1.2. Mindestbeharrungszeiten

Im Rahmen des InES-Projekts „Fahrzeitzuschläge am Netz der ÖBB-Infrastruktur AG“ wurden für die Wiener S-Bahn-Stammstrecke sowie den Nahverkehr im Abschnitt Salzburg Hauptbahnhof – Freilassing in der Fahrplansoftware iPLAN/FBS Fahrzeiten mit einer Mindestbeharrungszeit von wahlweise 30 Sekunden oder 10 Sekunden gerechnet. Die kürzere Mindestbeharrungszeit bewirkte auf der Wiener S-Bahn-Stammstrecke (Meidling – Floridsdorf) je nach eingesetztem Fahrzeug eine Fahrzeitverkürzung von 2-2,5 %, zwischen Salzburg und Feilassing von 4-5 %. Ob daraus ein Beitrag zur Leistungsfähigkeit und Betriebsstabilität abgeleitet werden kann, ist aber insofern fraglich, als eine Verkürzung der Mindestbeharrungszeiten naturgemäß dort die Fahrzeiten verkürzt, wo die höchsten Geschwindigkeiten erreicht werden, also genau zwischen den einzelnen Halten. Bei Strecken mit homogenem, dichtem Haltemuster ist aber für die Leistungsfähigkeit in der Regel entscheidend, wie lange es vom Einfahren in die Station über den Fahrgastwechsel bis zum Verlassen jenes Bahnsteigbereichs dauert, der frei sein muss, damit der nächste Zug einfahren kann.

Bei der ÖBB-Infrastruktur AG werden die fahrplankonstruktionsrelevanten Mindestbeharrungszeiten bereits bei der Infrastrukturabbildung im VzG durch die sogenannte VzG-Glättung mit einer Beharrungszeit von 30 Sekunden berücksichtigt.

3.3.1.3. Wechselweise Bahnsteignutzung

Eine gute Möglichkeit, in stark frequentierten Stationen eine rasche Zugfolge zu gewährleisten, stellen richtungsbezogene Inselbahnsteige dar. Während sich ein Zug im Bahnsteigbereich befindet, kann für den Folgezug bereits eine Fahrstraße auf das Nachbargleis eingestellt sein und es kommt zu keinen Verzögerungen des anrückenden Zuges oder sogar Verhaltungen beim deckenden Signal. Um den Effekt voll ausschöpfen zu können, ist eine alternierende Einfahrt unumgänglich, den Zügen darf

also betrieblich kein fixes Gleis zugeordnet sein. Im Abweichungsfall könnte letzteres dazu führen, dass zwei dasselbe Gleis benutzende Züge hintereinanderfahren und die Maßnahme damit konterkarieren. Problematisch ist diese Maßnahme allerdings in Zusammenhang mit ETCS, wenn zwischen Bahnsteigende (bzw. Ende der Fahrerlaubnis) und Weichen kein ausreichender Abstand gegeben ist (siehe dazu 3.3.1.4.).

3.3.1.4. Optimierungen im Zusammenhang mit ETCS

Die Fahrzeuge, die im S-Bahn-Verkehr eingesetzt werden, werden das sogenannte Gamma-Bremssystem verwenden.

Die sichere Bremsverzögerung wird im Gamma-Modell aus der nominellen Schnellbremsverzögerung berechnet, die mit den Korrekturfaktoren für trockene und für nasse Schiene multipliziert wird. Die Bremsleistung wird in Fahrversuchen aus verschiedenen Ausgangsgeschwindigkeiten und unter verschiedenen Bedingungen (u.a. trockene Schiene, definierte Beladungszustände) bestimmt.

Der Korrekturfaktor für nasse Schienen wird bei Bremsversuchen für den Gleitschutz ermittelt.

Mit dem Korrekturfaktor für trockene Schiene wird sichergestellt, dass die Bremsverzögerung auf trockener Schiene ausreichend sicher ist.

Der Faktor beschreibt mögliche fahrzeugbedingte Abweichungen bei der Verzögerung des Zuges und wird vom infrastrukturseitig festgelegten „Emergency Brake Confidence Level“ (EBCL) maßgeblich beeinflusst.

Der EBCL definiert die zulässige Wahrscheinlichkeit für eine Überschreitung des Gefahrenpunktes und wird von ETCS von der Infrastruktur an das Fahrzeug gesandt.

In der ETCS-Spezifikation ist ein Default-Wert von 9 festgelegt. Dies entspricht einer Wahrscheinlichkeit von 99,9999999 % für das Einhalten des Bremswegs bzw. einer Wahrscheinlichkeit für das Überfahren von 10^{-9} .

Die Festlegungen für den EBCL variieren recht stark. Bei der DB Netz AG wurde der Wert für Level 1-Züge mit Limited Supervision auf 3 festgelegt^{xiii}, für Level 2 hingegen auf 7^{xiv}. In der Schweiz ist er für Level 2 mit 5 festgesetzt^{xv}.

In den Niederlanden hat man sich für einen Wert von 4 entschieden^{xvi}, während Belgien einen Wert von 7 bestimmt hat^{xvii}.

Die ÖBB-Infrastruktur AG hat die Festlegung eines niedrigeren EBCL für die Stammstrecke als signifikante Änderung gemäß Verordnung 402/2013/EU idgF eingestuft und wickelt die Bestimmung gemäß Common Safety Methods (CSM) ab.

Mit dem EBCL lässt sich der Verlauf der ETCS-Sollkurve stark beeinflussen. Die folgende Abbildung zeigt den Verlauf der Sollkurven eines Zuges mit einem von der SCHIG mbH entworfenen Gamma-Bremssystem in Abhängigkeit des EBCL. Je höher der EBCL ist, desto flacher ist die Bremskurve.

Damit lässt sich festhalten, dass sich für hoch belastete Personenverkehrsstrecken mit homogenem Geschwindigkeitsprofil und Haltemuster die Festlegung eines niedrigeren EBCL als vorteilhaft hinsichtlich Leistungsfähigkeit erweist.

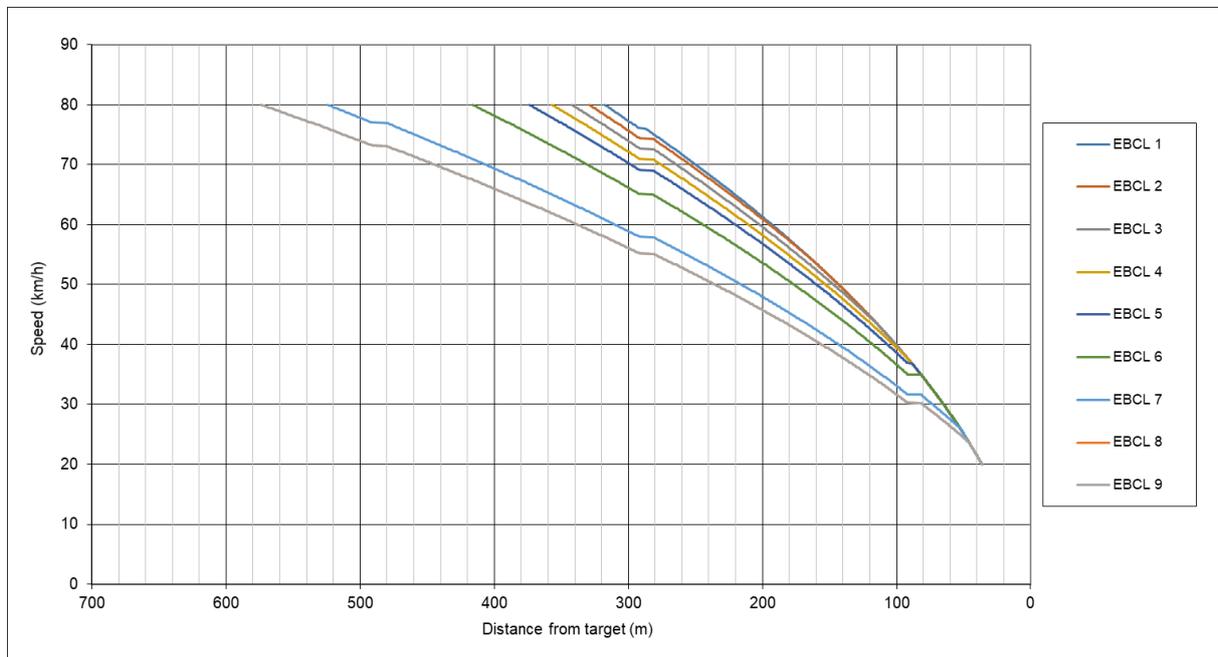


Abbildung 20: Beispiel für den Einfluss der EBCL auf die Bremskurve (Quelle: ERA-Simulationstool)

Eine weitere Optimierungsmaßnahme ist die Ausgestaltung des ETCS Level 2 Hochleistungsblocks. Das Ziel ist dabei, die Abschnitte optimal rund um die Haltepunkte anzuordnen. Während derzeit das Bahnsteigende nahe an den Ausfahrtsignalen liegt, werden die Bahnsteigenden dann von den ETCS Stop Markern wegrücken. Damit wird ein zusätzlicher Abstand zwischen dem Ende der Fahrerlaubnis (ETCS Stop Marker) und dem Bahnsteigende gewonnen, der für den Bremsvorgang günstiger ist.

Durch die Optimierung von Weichenverbindungen ergibt sich ein zusätzliches Verbesserungspotential. Im folgenden Beispiel entsteht eine größere Distanz zwischen dem Haltepunkt und dem potentiellen Ende einer Fahrerlaubnis (End of Authority bzw. der Supervised Location).

Die gelb eingetragenen Weichen entfallen dabei.

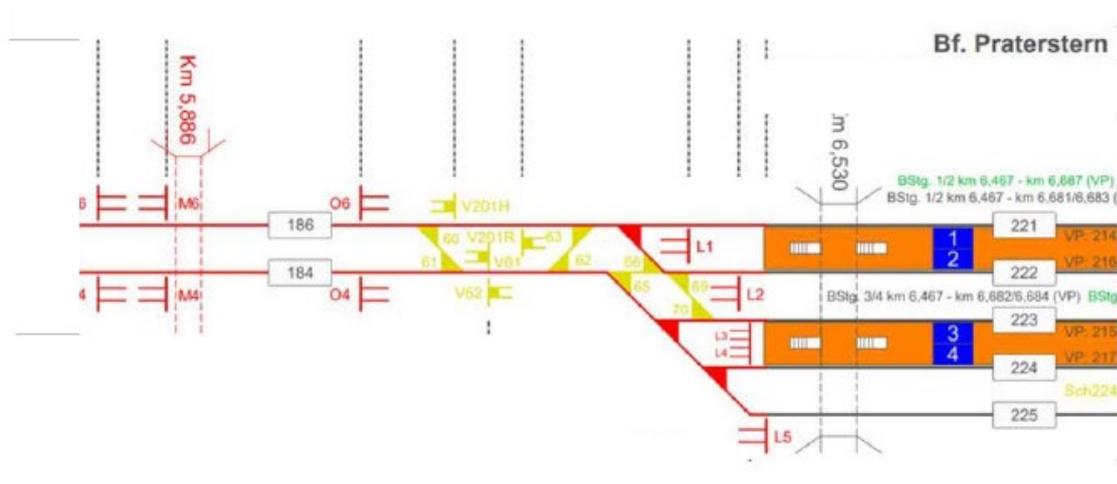


Abbildung 21: Beispiel für die Optimierung von Weichenverbindungen (Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG)

Allein durch den Entfall der Weichen 69 und 70 rückt der Gefahrenpunkt um fast 100 m vom Ende des Bahnsteigs weg. Der bisherige Gefahrenpunkt ist die Grenzmarke der Weiche 69, der neue Gefahrenpunkt ist die Grenzmarke der nicht beschrifteten Weiche 64 (rot eingezeichnete Weiche hinter L1).

Durch den größeren Abstand ergibt sich automatisch eine bessere Bremskurve für die Fahrt auf Bahnsteig 2.

Dabei ist jedoch zu evaluieren, ob die entfallenden Weichen an anderer Stelle benötigt werden.

3.3.1.5. Erhöhung von Schutzwegen (Overlap) für ETCS

Eine weitere Option ist es, einen Overlap vorzusehen.

Die Analyse der bestehenden Gleislängen bzw. der bestehenden Möglichkeiten, diese einstellen zu können, hat die folgenden Ergebnisse für die unten beschriebenen Betriebsstellen gebracht. Diese berücksichtigen jedoch noch keine Optimierungen der Weichenverbindungen.

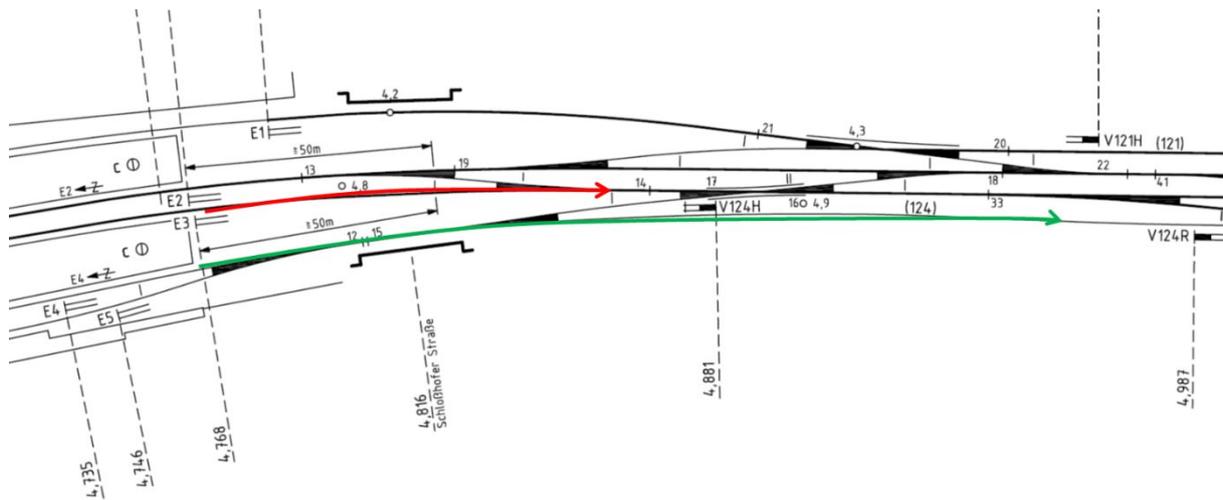


Abbildung 22: Bahnhof Floridsdorf, Fahrtrichtung I (Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG)

Für Fahrten bis E4 gibt es einen passablen Overlap, während gleichzeitig ab E3 abgefahren wird. Für Fahrten bis E3 stehen etwa 100 m zur Verfügung. Falls mehr benötigt wird, sind Änderungen an den Weichen nötig.

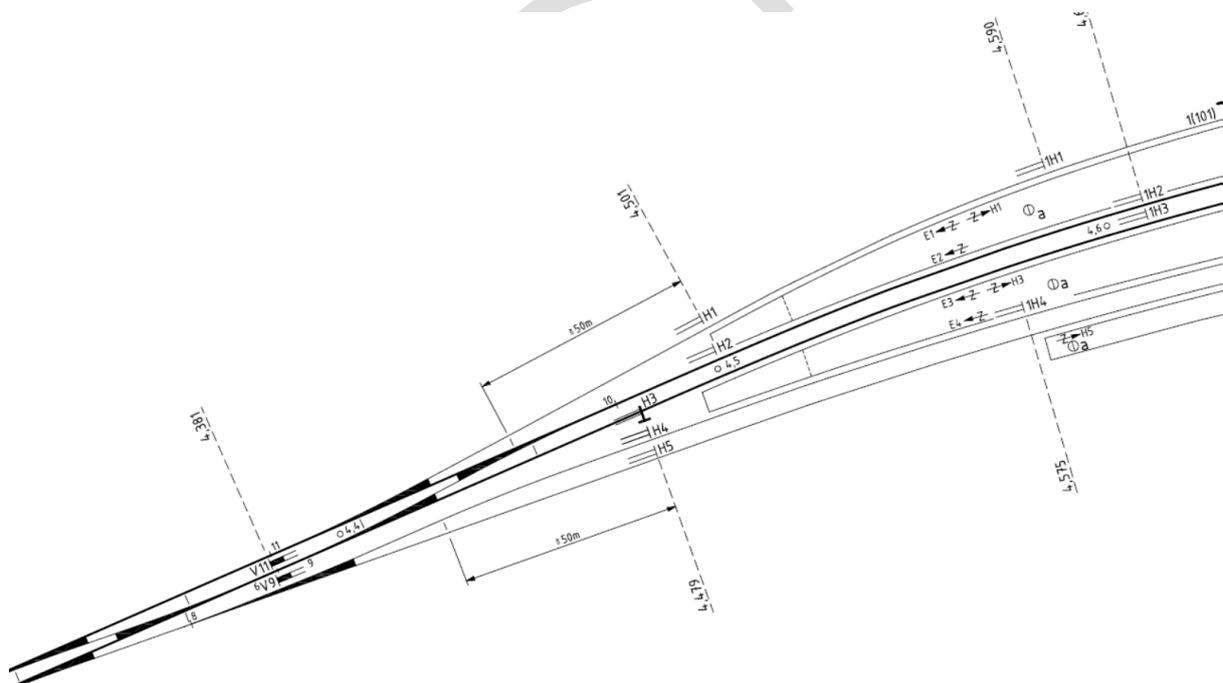


Abbildung 23: Bahnhof Floridsdorf, Fahrtrichtung 2 (Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG)

Ein relevanter Overlap ist hinter H1 bzw. H2 nur mit zusätzlichem Grund unterzubringen, da Weiche II verschoben werden müsste. Dazu ist auf Basis des Katasterplans vermutlich kein Fremdgrund nötig, wie den folgenden Abbildungen entnommen werden kann.

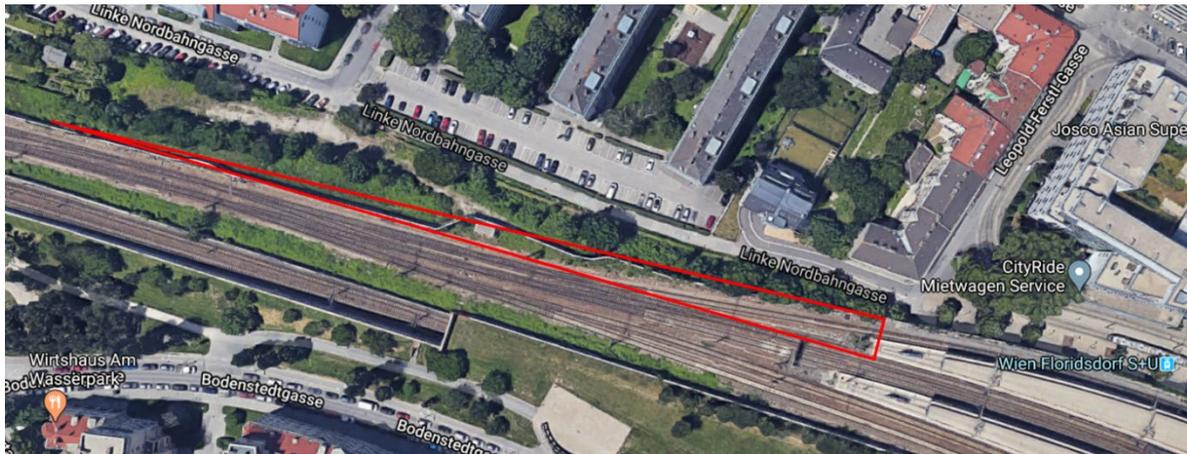


Abbildung 24: Bahnhof Floridsdorf, Grundbedarf Fahrtrichtung 2

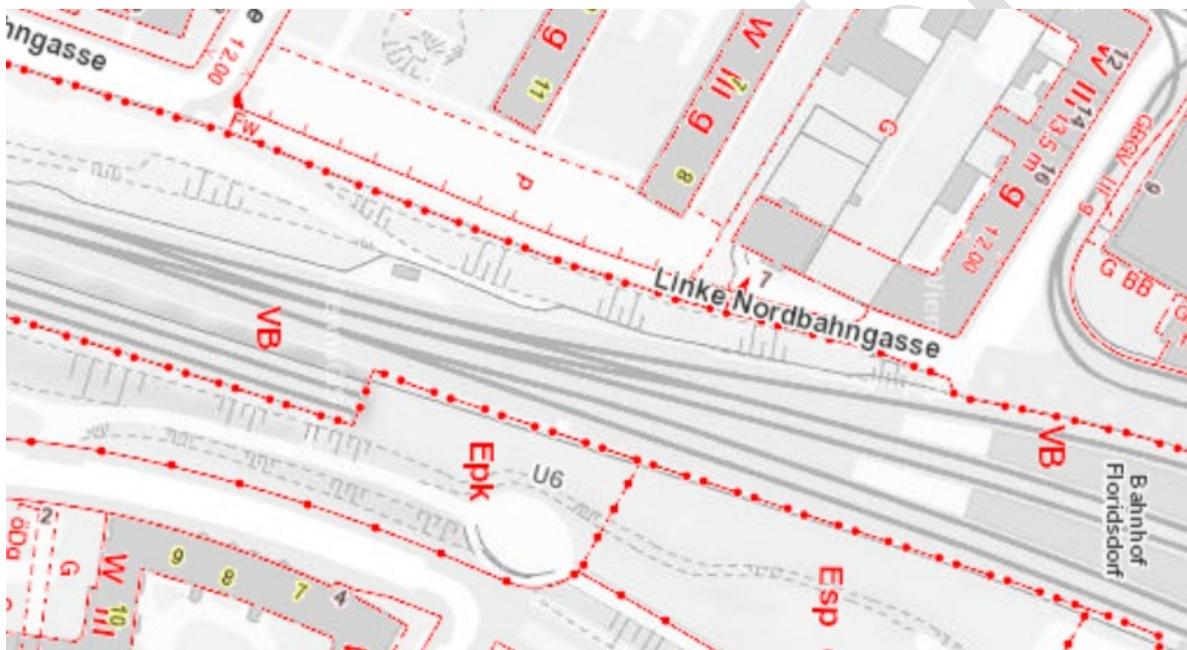


Abbildung 25: Bahnhof Floridsdorf, Katastrerauszug

In Wien Mitte gibt es für Fahrtrichtung I für Sch I 33 und Sch I 44 aufgrund des CAT-Bahnsteigs keine Möglichkeit, den Overlap bei gleichzeitiger Aus-/Einfahrt über die bestehenden rund 70 m zu verlängern.

Im Bahnhof Wien Meidling erscheint in Fahrtrichtung I genügend Platz vorhanden zu sein.

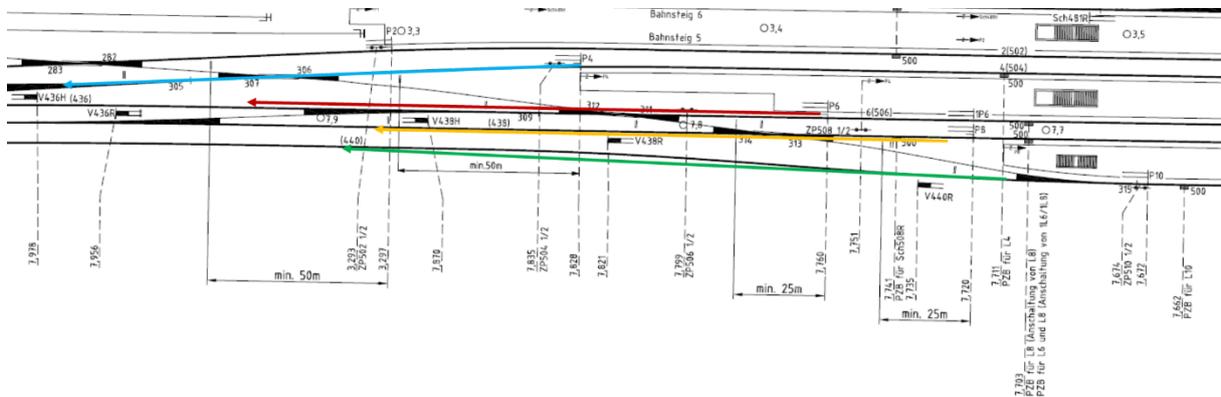


Abbildung 30: Bahnhof Wien Meidling, Fahrtrichtung I (Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG)

In Fahrtrichtung 2 scheint ebenfalls genügend Platz vorhanden zu sein.

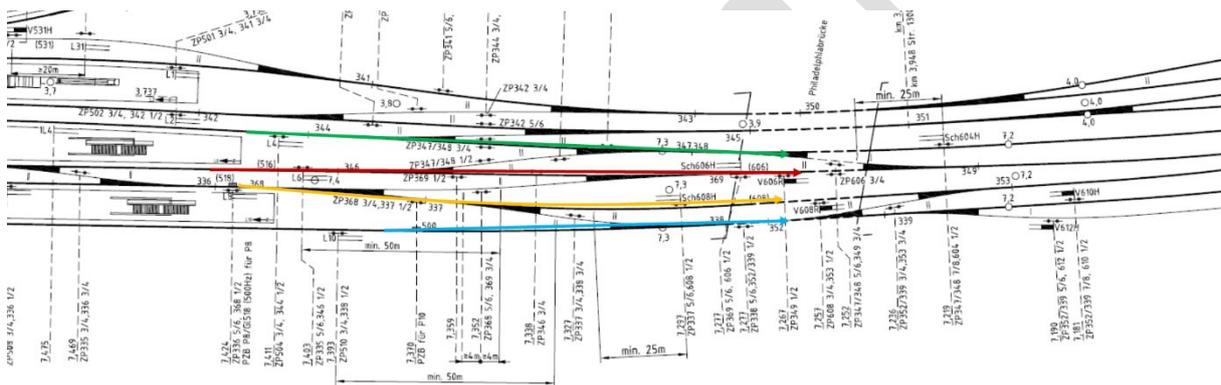


Abbildung 31: Bahnhof Wien Meidling, Fahrtrichtung 2 (Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG)

Es ist jedoch möglich, dass es zu Fahrtausschlüssen für andere Züge kommen kann. Es besteht aber immer die Möglichkeit, für Fälle, in denen es hinderliche Fahrtausschlüsse gibt, langsamere Einfahrten mit geringem Overlap in Betracht zu ziehen.

Die hier genannten Beispiele wurden unter der Prämisse erarbeitet, dass die Infrastruktur an sich nicht wesentlich verändert wird. Da jedoch im Rahmen einer Umstellung des Betriebs auf ETCS-only bzw. Umbauarbeiten aufgrund von Bahnsteigverlängerungen auch grundlegende Änderungen an Gleis- und Weichengeometrie umgesetzt werden, sind die Beispiele lediglich als Verdeutlichung der Problemstellung zu verstehen. Es wird explizit darauf hingewiesen, dass die Thematik der Nutzung verfügbarer Overlaps jedenfalls im Rahmen der Planungen bzw. Erarbeitung der Zielinfrastruktur berücksichtigt werden sollte.

3.3.2. Handlungsoptionen unter Anpassung der Richtlinien

Eine kritische Durchsicht zeigt, dass an den betrieblichen Regelwerken der ÖBB-Infrastruktur AG grundsätzlich kein Änderungsbedarf besteht, um hochbelastete Personenverkehrsstrecken in Ballungsräumen mit hoher Qualität betreiben zu können.

Eine Ausnahme stellt die Übereinstimmung von Bahnsteig- und Zuglängen dar, womit sich die ÖBB-Infrastruktur AG und die SCHIG mbH im Jahr 2018 intensiv auseinandergesetzt haben. Als Auszug aus den gemeinsamen Überlegungen folgen die Ausführungen zu einer kritischen Würdigung der bestehenden Richtlinien und Ableitung eines allfälligen Anpassungsbedarfs:

Vor allem Änderungen am Fahrzeugsektor, aber auch Angebotsausweitungen, haben in den letzten Jahren zu einer Erhöhung der Gesamtzuglängen geführt. Die Langlebigkeit der Infrastruktur im Allgemeinen und örtliche Restriktionen im Besonderen verhindern aber oftmals eine kurzfristige Anpassung an die geänderten Anforderungen. Wie oben angeführt, könnten in der Planung und Abwicklung von Verkehrsdienstbestellungen auftretende Probleme auch mit organisatorischen Maßnahmen abgedeckt werden. Allerdings erlauben die Richtlinien dies nicht in allen Fällen.

Im Sinne einer effizienten Mittelverwendung erscheint es schon aufgrund der hohen Investitions- und Betriebskosten von Eisenbahninfrastruktur geboten, die verfügbaren Anlagen so gut wie möglich auszunützen.

Um die aktuellen fahrzeugseitigen Möglichkeiten besser ausnutzen und im Einzelfall von aufwendigen Infrastrukturmaßnahmen absehen zu können, hat die ÖBB-Infrastruktur AG folgende Änderungen der betrieblichen Richtlinie 30.01. vorgeschlagen:

§ 49 Überlange Züge

[...] (3) Bei personenbefördernden Zügen müssen alle für den Fahrgastwechsel vorgesehenen Fahrzeuge Bahnsteig besitzen (Bsb, StL). Werden personenbefördernde Züge ausnahmsweise länger als die Bahnsteige der Betriebsstellen mit planmäßigen Halten (siehe StL) geplant, ist die Sicherheit beim Fahrgastwechsel durch betriebliche Anweisungen des EVU an die Zugmannschaft zu gewährleisten. Muss dabei mit dem führenden Fahrzeug über das Bahnsteigende hinausgefahren werden bzw. ragt ein Teil des Zuges am Zugschluss über den Bahnsteig hinaus, ist dies zusätzlich bei der Planung der Zugfahrt zwischen EVU und IB zu vereinbaren.

(4) Müssen ausnahmsweise Bahnsteige benützt werden, auf denen nicht alle für den Fahrgastwechsel vorgesehenen Fahrzeuge Platz finden, ist die Zugmannschaft vor Zulassung der Fahrt durch die betriebssteuernde Stelle schriftlich (Befehl) zu verständigen. Die Zugmannschaft verständigt die Bahnbenützenden.

§ 62 Züge ohne Zub

[...] (11) P-Züge dürfen ohne Zub geführt werden, ... wenn folgende Bedingungen eingehalten werden:

a) bleibt frei [...]

Die SCHIG mbH unterstützt die von der ÖBB-Infrastruktur AG geplanten Änderungen. Dabei ist es nachvollziehbar, dass die betriebliche Vorgehensweise bei Einsatz von für manche Bahnsteige zu

langen Garnituren direkt zwischen EVU und Infrastrukturbetreiber vereinbart und im Einzelfall festgelegt wird.

Der Widerspruch der angestrebten Änderungen zu §§ 105 und 115 EisbBBV idGF. sollte kein Hindernis darstellen, wenn der zuständigen Behörde nachgewiesen werden kann, dass die Sicherheit und Ordnung trotzdem gewährleistet wird.

Diese Anpassungen müssen in einem nächsten Schritt auch in die technischen Systeme der Betriebsführung übernommen werden, um den planmäßigen Verkehr solcher überlangen Züge ohne Fahrdienstleiterinnen- bzw. Fahrdienstleiter-Eingriffe im Einzelfall durchführen zu können.

3.4. Bauliche Lösungen im Bereich des Infrastrukturbetreibers

Die im Folgenden dargestellten Lösungsansätze sind naturgemäß aufwendig und bedingen sowohl einige Vorlaufzeit als auch eine entsprechende Einbettung in den Gesamtkontext der betrachteten Strecke. Die Vorschläge sind daher vornehmlich als Anregungen im Falle eines umfangreichen baulichen Eingriffs in eine bestehende Strecke oder bei einer Neukonzeption einer voraussichtlich hoch belasteten Personenverkehrsstrecke mit homogenem Geschwindigkeitsprofil und Haltemuster in Ballungsräumen zu verstehen.

3.4.1. Reduzierung/Entfall der Überhöhungen im Stationsbereich

Die historisch gewachsene Strecken- und Stadtentwicklung bedingt in manchen Stationen entweder bereits im Bestand oder im Falle von Bahnsteigverlängerungen, dass der ganze Bahnsteig oder ein Teil davon im Bogen liegt. Dies bewirkt Schwierigkeiten in der Einhaltung von Vorschriften und der Gewährleistung der Barrierefreiheit, unter anderem aufgrund der in Gleisbögen üblichen Kurvenüberhöhung, die naturgemäß zu einem größeren Bahnsteigspalt und einer höheren Lage des Einstiegs führt. Der Zweck der Kurvenüberhöhung, die im Fahrzeug spürbaren Fliehkräfte soweit wie möglich zu kompensieren, entfällt aber bei einem Halt in der Kurve, bei Stillstand bzw. in der langsamen Brems- und Anfahrphase ist die Kurvenüberhöhung sogar kontraproduktiv und bewirkt eine einseitige Belastung der zwei Schienen und eine unangenehme Schräglage des Fahrzeugbodens, und damit neben der erhöhten Abnutzung auch erhöhte Lärmemission (sog. „Zischeln“). Es wäre daher anzudenken, Gleisbögen mit Haltstellen, die ohnehin von praktisch allen Zügen eingehalten werden, ohne Kurvenüberhöhung zu realisieren.

Es ist aber darauf zu achten, dass ein allfälliges Absenken der Überhöhung und damit verbunden die Reduktion der Geschwindigkeitslinie den Brems- und Beschleunigungsbereich nicht maßgeblich negativ beeinflusst.

3.4.2. Bahnsteigsperrren/Zugangssperren

Um den Zustrom von Fahrgästen zum Bahnsteig bzw. zum Zug zu reglementieren und so insbesondere Haltezeitüberschreitungen durch knapp vor der Abfahrt heraneilende Fahrgäste zu reduzieren, könnten grundsätzlich oder in ausgewählten Stationen Zugangssperren (z.B. in Form von Bahnsteigsperrren) errichtet werden. Dies würde jedoch entsprechende bauliche Abtrennungen der Bahnsteige (bzw. jeder Bahnsteigkante separat) erfordern und damit – im Falle der Wiener S-Bahn-Stammstrecke – umfangreiche Eingriffe in die Anlagen erfordern. Sollten jedoch neuralgische Stationen ohnehin zu einem bestimmten Zeitpunkt grundlegend umgestaltet oder überhaupt neue Strecken errichtet werden, so sollte eine Ausstattung mit Zugangssperren evaluiert werden.

3.4.3. Einbahnsystem beim Fahrgastwechsel

Eine noch umfangreichere Anpassung als durch Bahnsteigsperrren würde die Einführung eines Ein-/Aussteige-Einbahnsystems bedeuten (bspw. „Zustieg links, Ausstieg rechts“). So würde der Zustieg immer auf der anderen Seite des Zuges als der Ausstieg erfolgen. Dies würde jedoch einen umfangreicheren Infrastrukturanpassungsbedarf auslösen, da in jeder Verkehrsstation beiderseits des haltenden Zuges eine Bahnsteigkante benötigt würde. Daher ist dieser Vorschlag als ein sehr langfristiger zu verstehen und wäre diese Maßnahme vorrangig bei Neuerrichtungen von Verkehrsstationen oder gar neuen Strecken zu prüfen.

4. CONCLUSIO

4.1. Beantwortung der Fragestellung

- Welche Einflussfaktoren sind für die Betriebsqualität und Leistungsfähigkeit auf hoch belasteten Strecken in Ballungsräumen mit homogenem Geschwindigkeitsprofil und Haltemuster maßgeblich?

Die Einflussfaktoren wurden in Kapitel 2.1. Identifikation der Einflussfaktoren im Detail erläutert. Eine Wiederholung an dieser Stelle würde den Rahmen sprengen.

- Wie stehen diese Einflussfaktoren zueinander in Beziehung? Welche Ansatzpunkte zur Interdependenzoptimierung der Einflussfaktoren lassen sich konstatieren?

Hier ist darauf zu achten, dass durch das Erlangen eines Optimums in einem einzelnen Bereich gleichzeitig auch ein Beitrag zum Systemoptimum geleistet wird. So steht etwa die Fahrplankonstruktion (bspw. die Bemessung der Haltezeiten oder der Fahrzeiten) direkt in Abhängigkeit zum eingesetzten Rollmaterial (was etwa das Innenlayout oder die Beschleunigungsanforderungen betrifft). Außerdem sind zur Hebung von Optimierungspotential mitunter auch Einflussfaktoren-überschreitende bzw. Systemkomponenten-überschreitende Ansätze nötig.

- Welche der Lösungsmöglichkeiten zur Optimierung von Betriebsqualität und Leistungsfähigkeit können innerhalb bestehender Regelwerke und Richtlinien umgesetzt werden und wo benötigt es dafür Änderungen? Wie könnten allfällige Änderungen aussehen?

Im Rahmen der Untersuchungen wurde deutlich, dass nahezu alle relevanten und kurz- bis mittelfristigen Optimierungsvorschläge innerhalb bestehender Regelwerke bzw. Richtlinien umsetzbar sind. Manche Handlungsmöglichkeiten befinden sich auch außerhalb des Richtlinienkorsetts der ÖBB-Infrastruktur AG, wie etwa das Fahrzeuginnenlayout. Hier sind allerdings andere Einschränkungen (etwa TSI PRM) zu berücksichtigen, wobei aber auch innerhalb dieser ausreichend Optimierungspotential besteht.

- Wie könnte eine umfassende Strategie zur Optimierung von Betriebsqualität und Leistungsfähigkeit auf hoch belasteten Strecken in Ballungsräumen mit homogenem Geschwindigkeitsprofil und Haltemuster am Beispiel der Wiener S-Bahn-Stammstrecke aussehen?

Entscheidend ist das konsequente Verfolgen eines Systemansatzes, in welchem insbesondere die Komponenten Fahrplan, Fahrzeugkonfiguration, Reisendenlenkung und Betriebsabwicklung aufeinander abgestimmt sind. Konkrete Handlungsempfehlungen folgen in Kapitel 4.2.

4.2. Handlungsempfehlungen / weiteres Vorgehen

- An dieser Stelle sollen abschließend einige „Highlights“ aus dem Strauß an Lösungsansätzen zusammengefasst werden, woraus sich auch die Empfehlung zum weiteren Vorgehen ergibt.
- Die auf hoch belasteten Personenverkehrsstrecken mit homogenem Geschwindigkeitsprofil und Haltemuster einzusetzenden Fahrzeuge müssen neben technischen Mindestanforderungen insbesondere im Bereich des Beschleunigungsvermögens konsequent auf starken Fahrgastwechsel und kurze Haltezeiten ausgerichtet werden. Das betrifft insbesondere Anzahl und Verteilung der Türen sowie das Innenlayout. Hier sollte künftig durch die Aufgabenträger (SCHIG mbH in Zusammenarbeit mit den Verkehrsverbänden/Bundesländern) verstärkt diese Erkenntnis bei der Fahrzeugbeschaffung und -konfiguration durch die EVU eingebracht und auch entsprechende Umsetzung eingefordert werden.
- Im Rahmen der Ausrüstung derlei Strecken mit ETCS sind Lage und Anzahl der Stop-Marker, Weichen und die damit einhergehenden Schutzwege zu optimieren und aufeinander abzustimmen.
- Bei Erstellung künftiger Fahrplankonzepte ist bei derlei Strecken darauf zu achten, dass vor und nach einer allfälligen Taktücke (S7/80-Trasse im Fall der Wiener Stammstrecke) eine S-Bahn und kein REX verkehrt. Dies wirkt sich positiv auf Belegung und Fahrgastwechselzeiten aus, da in REX-Zügen mit einer höheren Grundbelegung zu rechnen ist. Dies kann etwa durch einen strikten 5-Minuten-S-Bahn-Raster gewährleistet werden.
- In der Fahrplankonstruktion an sich ist idealerweise der Ansatz eines „Trassenbandes“ von 30 Sekunden zu verfolgen, d.h. das System wird auf eine technische Zugfolgezeit von 120 Sekunden konzipiert, aber mit 150 Sekunden Zugfolge genutzt.
- Ebenso ist die wechselweise Bahnsteignutzung automatisiert seitens der Betriebsführung vorzusehen – und zwar nicht nur im Plan- sondern konsequenterweise auch im Abweichungsfall.
- Zur Gewährleistung einer hohen Betriebsqualität sollen Ein- und Ausfahrten in ein „System Stammstrecke“ nur an definierten Stellen im Netz möglich sein; d.h. wo es ohne Beeinträchtigung anderer Fahrstraßen möglich ist. Am Beispiel der Wiener S-Bahn-Stammstrecke wäre das südlich von Meidling Bahnsteig 1-4, östlich vom Matzleinsdorfer Platz zum Hauptbahnhof, am Rennweg vom Flughafen sowie nördlich von Floridsdorf.
- Die aktive Fahrgastlenkung soll ausgebaut werden. So wäre beispielsweise ein Pilotprojekt denkbar, in welchem in einer geeigneten Station am Bahnsteig über den Beladungszustand des nächsten Zuges informiert wird, dies kann über Monitore/optische Anzeigen (wie etwa ein LED-Leuchtband an der Bahnsteigdachkante, welches bspw. in einer 3-Farben-Skala den Belegungsgrad der Segmente des nächsteinfahrenden Zuges anzeigt – siehe Abbildung 17) bzw. Lautsprecher erfolgen.

- Im Falle der Entwicklung gänzlich neuer derartiger Strecken wäre etwa die Idee der Trennung von Fahrgastströmen mittels beidseitig angeordneter Bahnsteigkanten zu prüfen, ebenso ist das Thema der Reisendenlenkung durch Zugangssperren zu evaluieren. Auch das Thema der Überhöhungen im Stationsbereich wäre hier mitzudenken.

SCHÍG mbH

5. VERZEICHNISSE

5.1. Allgemeine Angaben

Auftraggeber:	BMK
Prüfgegenstand:	Optimierung von Betriebsqualität und Leistungsfähigkeit in Ballungsräumen
Prüfungsleiter:	Samuel Niemand
Mitarbeit von::	Harald Buschbacher Viktor Krisch Marco Meusburger Peter Calließ Gerhard Lueger ÖBB-Infrastruktur AG: Bernhard Poimer
Verteiler:	BMK SCHIG mbH

5.2. Abkürzungsverzeichnis

APBe	Arbeitsplattform Betrieb
BFZ	Betriebsführungszentrale
BMK	Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
BMVI	Deutsches Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
Bsb	Betriebsstellenbeschreibung
CCS	Teilsystem – Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung
CIR-ELKE	Computer Integrated Railroading – Erhöhung der Leistungsfähigkeit im Kernnetz
CJ	CityJet
CSM	Common Safety Methods
DA	Dienstanweisung
DMI	Driver Machine Interface
EBCL	Emergency Brake Confidence Level
EBD	Notbremskurve
EisbBBV	Eisenbahnbau- und -betriebsverordnung
EK	Eisenbahnkreuzung
EoA	Ende der Fahrerlaubnis

ESTW	Elektronisches Stellwerk
ETCS	European Train Control System
EUAR	European Union Agency for Railways
FBS	Fahrplanbearbeitungssystem
GoA 2	ohne Signale und mit teilautomatisiertem Fahren
GSM-R	Global System for Mobile Communication-Railway – der digitale Funkstandard europäischer Bahnen
Hz	Hertz
IB	Infrastrukturbetreiber
iPLAN	integrierte Fahrplanbearbeitungssoftware
LA	Langsamfahrstelle
LZB	Linienzugbeeinflussung
MA	Movement Authority – Fahrerlaubnis
OBU	On-Board Unit
PRM	Zugänglichkeit für Menschen mit Behinderung und Menschen mit eingeschränkter Mobilität
PZB	Punktförmige Zugbeeinflussung
RBC	Radio Block Center
RJ	Railjet
SBD	Service Break Distance
SBI	Service Break Intervention
SCHIG mbH	Schieneninfrastruktur-Dienstleistungsgesellschaft mbH
StL	Sicherungstechnischer Lageplan
SvL	supervised location
TSI	Technische Spezifikationen für die Interoperabilität
Tzf	Triebfahrzeugführerin bzw. Triebfahrzeugführer
VzG	Verzeichnis zulässiger Geschwindigkeiten
Zub	Zugbegleiterin bzw. Zugbegleiter

5.3. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Betriebsprogramm der PZB 90 (Quelle: Wikipedia)	9
Abbildung 2: Bremskurve, Beispiel ohne Schutzweg	11
Abbildung 3: Bremskurve, Beispiel mit 100 m Schutzweg	11
Abbildung 4: Bremskurve, Beispiel mit 200 Schutzweg	12
Abbildung 5: Betriebssituationen im Vergleich ETCS L2 vs. PZB 90: Halt am Bahnsteig (Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG)	16
Abbildung 6: Darstellung der fahrzeugseitigen Einflüsse	20
Abbildung 7: Skizze Trichterform im Einstiegsbereich	23
Abbildung 8: Einstiegsbereich mit "Trichter" (Quelle: Deutsche Bahn)	24
Abbildung 9: Einstiegsbereich ohne „Trichter“	25
Abbildung 10: Vis-a-Vis-Sitzgruppen mit einem Sitzmodul von min. 1,75 m	26
Abbildung 11: Beispiel für einen PRM-geeigneten Mehrzweckbereich zwischen Einstieg und Sitzbereich (Quelle: Deutsche Bahn/Neomind Design)	27
Abbildung 12: Darstellung der Beschleunigung zweier Triebfahrzeuge über die Geschwindigkeit	30
Abbildung 13: Auswirkung unterschiedlicher Beschleunigungen auf die Fahrzeit	31
Abbildung 14: konventionelle Trasse mit Fahrzeitzuschlägen (links) und Trassenband mit kürzerer Planfahrzeit und flexiblerer Trassenlage (rechts)	35
Abbildung 15: Ausschnitte aus dem Tabellenfahrplan der S-Bahn-Stammstrecke im Fahrplanjahr 2020 unter Hervorhebung von 5- und 9-Minuten-Taktlücken vor Zügen nachfragestarker Linien	43
Abbildung 16: Beispiel Bodenmarkierung Einstieg	45
Abbildung 17: Fotomontage - LED-Leuchtbänder zur Fahrgastlenkung am Bahnsteig	46
Abbildung 18: Schema Auslastungsabhängige Bord-Boden-Kommunikation	47
Abbildung 19: Fahrplanabfrage SBB mit Auslastungsdarstellung	48
Abbildung 20: Beispiel für den Einfluss der EBCL auf die Bremskurve (Quelle: ERA-Simulationstool)	53
Abbildung 21: Beispiel für die Optimierung von Weichenverbindungen (Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG)	54
Abbildung 22: Bahnhof Floridsdorf, Fahrtrichtung 1 (Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG)	55
Abbildung 23: Bahnhof Floridsdorf, Fahrtrichtung 2 (Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG)	55
Abbildung 24: Bahnhof Floridsdorf, Grundbedarf Fahrtrichtung 2	56
Abbildung 25: Bahnhof Floridsdorf, Katasterauszug	56
Abbildung 26: Bahnhof Wien Mitte, Fahrtrichtung 1 (Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG)	57
Abbildung 27: Bahnhof Wien Mitte, Fahrtrichtung 2 (Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG)	57
Abbildung 28: Bahnhof Praterstern, Fahrtrichtung 1 (Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG)	58
Abbildung 29: Bahnhof Praterstern, Fahrtrichtung 2 (Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG)	58
Abbildung 30: Bahnhof Wien Meidling, Fahrtrichtung 1 (Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG)	59
Abbildung 31: Bahnhof Wien Meidling, Fahrtrichtung 2 (Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG)	59

6. ANLAGEN

Studie: Layout S-Bahn-Züge

7. QUELLENVERZEICHNIS

- ⁱ Die neue Volkspartei/Die Grünen – Die Grüne Alternative: Aus Verantwortung für Österreich. Regierungsprogramm 2020 – 2024: https://www.wienerzeitung.at/_em_daten/_wzo/2020/01/02/200102-1510_regierungsprogramm_2020_gesamt.pdf; bezogen am 9.3.2020; S. 120
- ⁱⁱ vgl. „Neue LZB bei der S-Bahn München“, SIGNAL + DRAHT (97) 9/2005, S. 14-20
- ⁱⁱⁱ Vgl. ETCS & Co für „maximale Leistungsfähigkeit“; Ein Werkstattbericht zum Digitalen Knoten Stuttgart; DB Projekt Stuttgart – Ulm GmbH; 21.11.2019
- ^{iv} Foliensatz und Tagungsband zum 16. Wiener Eisenbahnkolloquium, März 2018
- ^v Technische Regeln Spalt, Deutsches Eisenbahnbundesamt, Version 1.5 vom 15.02.2013
- ^{vi} Messprotokoll SCHIG mbH Schiebetritt 4746 S-Bahn (20.05.2020)
- ^{vii} Vgl. NaNa Nr. 43/2019, S. 2
- ^{viii} Messprotokoll SCHIG mbH Beschleunigung S-Bahn (20.05.2020)
- ^{ix} Stefan Tanzler: Ansätze zur effizienten Kapazitätsausnutzung bei S-Bahnsystemen, Diplomarbeit am Institut für Verkehrswissenschaften der TU Wien: <http://repositum.tuwien.ac.at/obvutwhs/download/pdf/1609916?originalFilename=true>; 9.7.2019; S. 30ff
- ^x Impact of real-time crowding information: a Stockholm metro pilot study, Zhang, Jenelius, Kottenhoff, 08.12.2016, Department of Transport Science, KTH Royal Institute of Technology
- ^{xi} Handbuch Eisenbahnfahrzeuge, BMVI, Ausgabe 2011
- ^{xii} Beschaffungs- und Technikstrategie für Schienenfahrzeuge – Neue Konzepte für das Flottenmanagement, Deutsche Bahn AG, Lang, Fürstenau, Heerdegen, 04.04.2016
- ^{xiii} Bremsleistung Gamma-Züge unter ETCS L1LS, ETCS-Anforderungsmanagement, Test- und Inbetriebnahme, 20.06.2019
- ^{xiv} Fahrzeugausrüstung für den Einsatz im Bereich der Schienenwege der DB Netz, Stand 18.08.2020
- ^{xv} Projektierungsgrundlagen für „National Values“ in der Schweiz, Version V3.0
- ^{xvi} Regeling van de Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu, van 18 september 2015, nr. IENM/BSK-2015/165737
- ^{xvii} ETCS Full Supervision – Conventioneel net-Vereisten en nationale waarden van de remcurves, 26.03.2018

ANLAGE

Studie: Layout S-Bahn-Züge

- Zeichnungsnr. 001: S-Bahn EMU A, vierteilig, 75 m
- Zeichnungsnr. 002: S-Bahn EMU B, vierteilig, 75 m
- Zeichnungsnr. 003: S-Bahn EMU C, dreiteilig, 75 m
- Zeichnungsnr. 004: S-Bahn DOSTO EMU, individuell zu konfigurieren

Diese Anlage beinhaltet von der SCHIG mbH ausgearbeitete Skizzen zu möglichen Layouts für S-Bahn-Züge. Dabei wurde besondere Rücksicht auf den Fahrgastfluss gelegt.

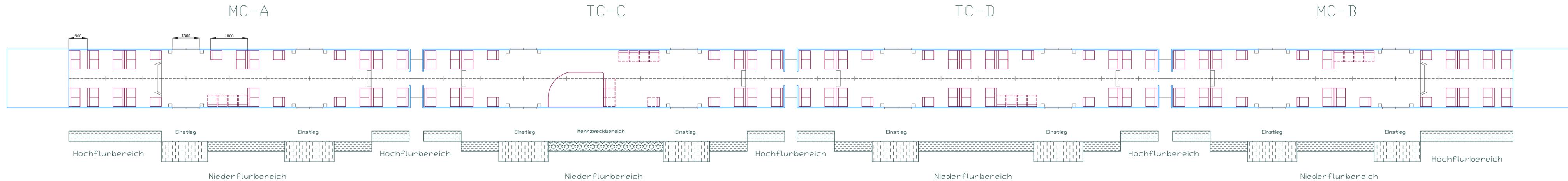
So weit wie möglich wurden auch die technischen Randbedingungen, wie Platz bzw. Räume für Fahrwerke und Technikabteile berücksichtigt. Diese Skizzen sind als Studie zu betrachten. Für eine konkrete Fahrzeugbeschaffung bzw. für ein „Retrofit“ muss eine detailliertere Ausarbeitung erfolgen.

Ergänzend wird auf folgende Literatur hingewiesen:

- Weidmann Ulrich, Der Fahrgastwechsel im öffentlichen Personenverkehr, ETH Zürich, 1996;
- Bundesarbeitsgemeinschaft der Aufgabenträger des SPNV e.V., Empfehlungen für Anforderungen an Fahrzeuge in Vergabeverfahren, 3. Ausgabe, 2016;

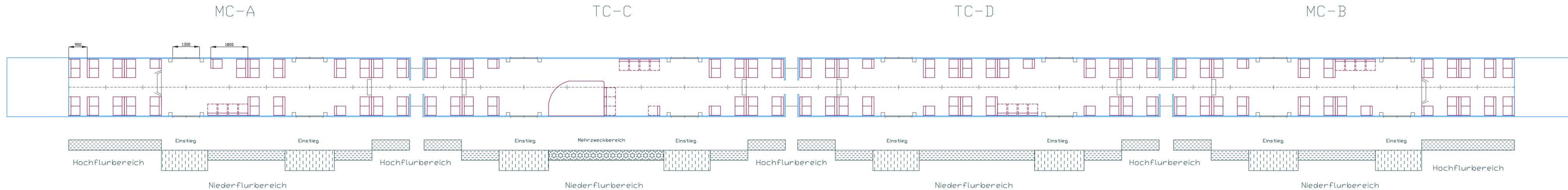
EMU = Electric Multiple Unit

DOSTO = Doppelstockfahrzeug



Wagen	MC-A	TC-C	TC-D	MC-B	Summe
Sitze	41	28	45	41	155
Klappsitze	4	8	4	4	20
Sitzplätze Gesamt	45	36	49	45	175
Stehplätze geschätzt	85	95	85	85	350
Fahrradstellplätze	3	3	3	3	12
Rollstuhl-Plätze	0	2	0	0	2
Türen	2	2	2	2	8
Sitzplätze pro Tür	22.5	18.0	24.5	22.5	21.9
Fahrgäste max. pro Tür	65.0	65.5	67.0	65.0	65.6

Verwendungsbereich						InES 1901		
		Datum	Name	Benennung				
		Bearb.	21.09.2020	Meusbürger	Layout-Studie, S-Bahn			
		Gepr.			EMU 75 m, 4-Teilig, Variante A			
		Norm						
		SCHIG mbH		Zeichnungsnummer		Blatt		
				001		Bl.		
Zust.	Änderung	Datum	Name	Urspr.	Ers. F.	Ers. d.	M 1X	



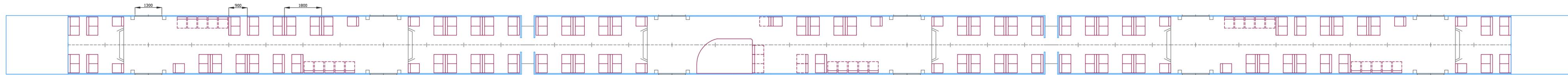
Wagen	MC-A	TC-C	TC-D	MC-B	Summe
Sitze	45	30	48	45	168
Klappsitze	4	8	4	4	20
Sitzplätze Gesamt	49	38	52	49	188
Stehplätze geschätzt	75	90	75	75	315
Fahrradstellplätze	3	5	3	3	14
Rollstuhl-Plätze	0	2	0	0	2
Türen	2	2	2	2	8
Sitzplätze pro Tür	24.5	19.0	26.0	24.5	23.5
Fahrgäste max. pro Tür	62.0	64.0	63.5	62.0	62.9

Verwendungsbereich				InES 1901	
		Datum	Name	Benennung	
		Bearb. 21.09.2020	Meusburger	Layout-Studie, S-Bahn	
		Gepr.		EMU 75m, 4-Teilig, Variante B	
		Norm		Zeichnungsnummer	
		SCHIG mbH		002	Blatt
					Bl.
Zust.	Änderung	Datum	Name	Urspr.	Ers. d.
					M 1X

MC-A

TC-C

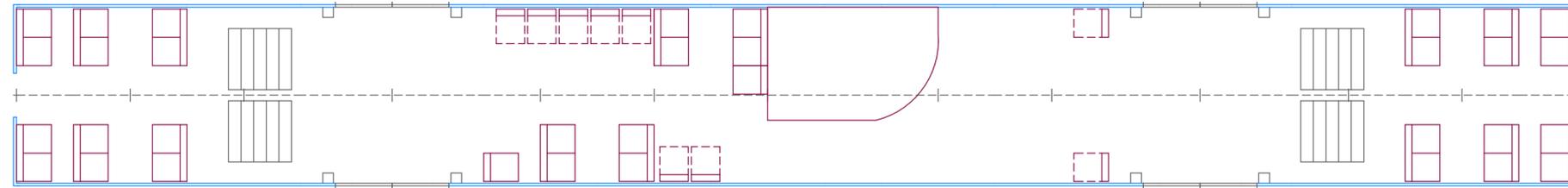
MC-B



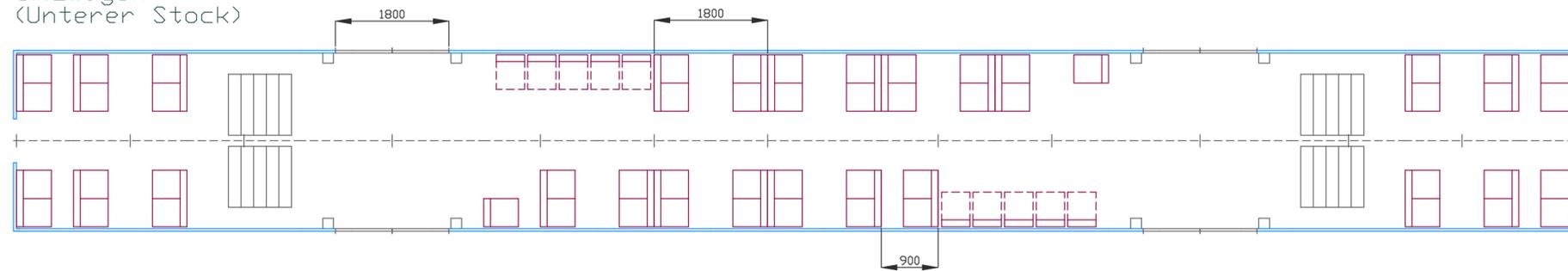
Wagen	MC-A	TC-C	MC-B	Summe
Sitze	58	56	58	172
Klappsitze	10	11	10	31
Sitzplätze Gesamt	68	67	68	203
Stehplätze geschätzt	100	120	100	320
Fahrradstellplätze	6	3	6	15
Rollstuhl-Plätze	0	2	0	2
Türen	2	2	2	6
Sitzplätze pro Tür	34	33.5	34	33.8
Fahrgäste max. pro Tür	84	93.5	84	87.2

Verwendungsbereich				InES 1901	
		Datum	Name	Benennung	
		Bearb. 21.09.2020	Meusburger	Layout-Studie, S-Bahn	
		Gepr.		EMU 75m, 3-Teilig	
		Norm			
SCHIG mbH				Zeichnungsnummer	Blatt
				003	Bl.
Zust.	Änderung	Datum	Name	Urspr.	Ers. d.
					M 1X

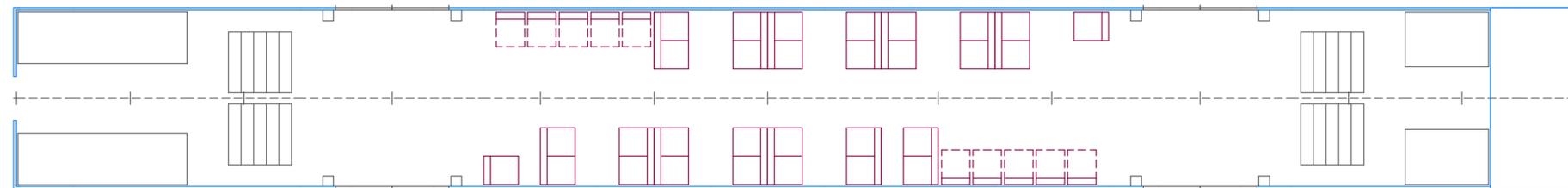
Sitzwagen mit Mehrzweckabteil
(Unterer Stock)



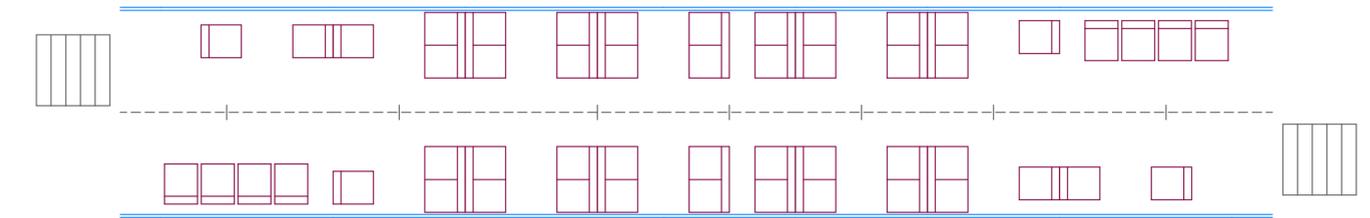
Sitzwagen
(Unterer Stock)



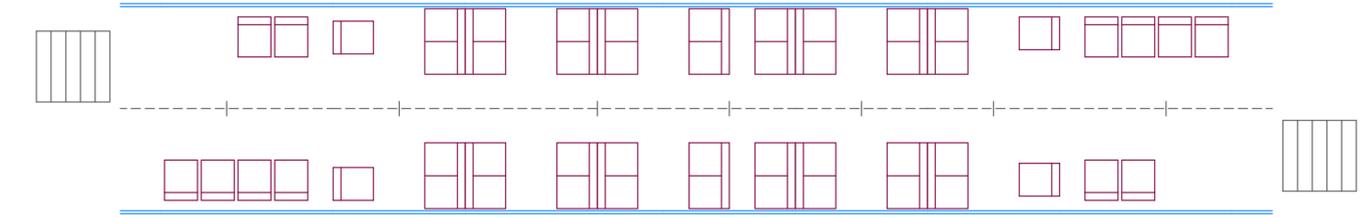
Sitzwagen mit Antrieb und Führerstand
(Unterer Stock)



Sitzwagen, oberer Stock Variante A



Sitzwagen, oberer Stock Variante B



Verwendungsbereich						InES 1901	
				Datum	Name	Benennung	
				Bearb.	21.09.2020	Meusburger	Layout-Studie, S-Bahn
				Gepr.			DOSTO-EMU
				Norm			
				SCHIG mbH		Zeichnungsnummer	
						004	
Zust.	Änderung	Datum	Name	Urspr.	Ers. F.	Ers. d.	Blatt
							Bl.
							M 1X