Schriftenreihe

Nr. 74

OVE

12. Wiener Eisenbahnkolloquium

13. - 14. März 2014

Technisch-wirtschaftliche Optimierungspotentiale für den Nahverkehr

Veranstalter:

TU WIEN TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN Vienna University of Technology

OVE OGMA Mess- und Automatisierungstechnik

Eurailpress

DVV Media Group

Medienpartner:

ETR Austria

Impressum:

OVE-Schriftenreihe, Band Nr. 74

Herausgeber dieses Bandes:
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Norbert Ostermann
Technische Universität Wien
Institut für Verkehrswissenschaften
Forschungsbereich für Eisenbahnwesen, Verkehrswirtschaft und Seilbahnen
Karlsplatz 13/230-2
1040 Wien
http://www.eiba.tuwien.ac.at

© 2014 im Eigenverlag des Österreichischen Verbandes für Elektrotechnik
Eschenbachgasse 9
1010 Wien
http://www.ove.at

ISBN: 978-3-85133-080-9

Inhalt

5 Aufgaben, Ziele und Strategien des Bundes
Martina Schalko, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

13 Transparente Vergabe von Verkehrsdienstleitungen im Schienenpersonennahverkehr
Wolfgang Schroll, Verkehrsverbund Ost-Region (VOR) GmbH

23 StadtRegioTram Gmunden – Vorchdorf: Von der Vision zur Realität
Otfried Knoll, Knoll Traffic & Touristic Solutions

35 Nahverkehrsinfrastruktur – Planung im Spannungsfeld von Vernetzung und Abgrenzung
Dietmar Zierl, ÖBB Infrastruktur AG

47 Modernisierung der Leittechnik inklusive Betriebsführung bei der Neusiedler Seebahn
Thomas Auer, Thales Austria GmbH

55 Optimierte Rillenschienen für den Nahverkehr
Johannes Wundersamer, voestalpine Schienen GmbH

63 Energiespeicher im Straßenbahnbetrieb – Erfahrungsbericht
Harald Jösslin, Innsbrucker Verkehrsbetriebe und Stubaitalbahn GmbH
Franz Kaiser, Siemens AG Österreich

71 Anwendungen der EN 15227 – Anforderungen an die Kollisionssicherheit bei Straßen- und Stadtbahnfahrzeugen
Robert Söllner, Urbania Traffic Solutions GmbH

79 Produkthaftung bei Schienenfahrzeugen
Robin Rudra, Bombardier Transportation GmbH

87 Der Einfluss unterschiedlicher Fahrzeugkonzepte auf die Haltezeit
Bernhard Rüger, TU Wien, Institut für Verkehrswissenschaften

97 Optimierung des Systems Rad/Schiene
Michael Petz, Urbania Traffic Solutions GmbH
Josef Zaussinger, Ing. Kons. f. Technische Mathematik

103 Technische Normung im Eisenbahnwesen – Stand und Perspektiven für den öffentlichen Personennahverkehr
Karl-Otto Endlicher, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

111 LCC-optimierte Fahrwegtechnologie im Nahverkehr
Michael Mach, ÖBB Infrastruktur AG
Dieter Pichler, FCP Fritsch, Chiari & Partner ZT GmbH

117 Abstimmung Fahrwerke – Schiene. Was so nicht in Lehrbüchern steht
Roman Pongracz, Sachverständigenbüro Dr. Strigl

125 Erschütterungsschutz bei Straßenbahnen
Rene Rath, Holding Graz Linien
Benedikt Tappauf, Tappauf Consultants

135 EcoTram – Energieeffizienz und thermischer Komfort in Straßenbahnen
Martin Kozek, TU Wien, Institut für Mechanik und Mechatronik
Walter Struckl, Siemens AG Österreich

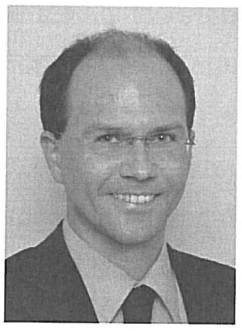
143 Neue Ansätze zur Evaluierung von Grüngleisen
Paul Steckler, TU Wien, Institut für Verkehrswissenschaften

153 Technisch-wirtschaftliche Optimierung urbaner Eisenbahninfrastruktur – Raum für Innovationen?
Günter Steinbauer, Wiener Linien GmbH & Co KG

Der Einfluss unterschiedlicher Fahrzeugkonzepte auf die Haltezeit

Dr. Bernhard RÜGER
TU-Wien, Forschungsbereich f. Eisenbahnwesen
Karlsplatz 13/230-2, 1040 Wien, Österreich
Tel: 0043 1 58801 23212; Fax: DW-99
E-Mail: bernhard.rueger@tuwien.ac.at

DI Doris TUNA
ÖBB-Infrastruktur AG, Engineering Services
Praterstern 3, 1020 Wien, Österreich
Tel: 0043 1 93000-33554
E-Mail: doris.tuna@oebb.at



Fahrzeugkonzepte haben einen wesentlichen Einfluss auf die Fahrgastwechselzeit im Schienenverkehr und damit auch auf Faktoren wie die Betriebsqualität und schlussendlich auch auf die Wirtschaftlichkeit. Folgender Artikel befasst sich mit einem umfangreichen Forschungsprojekt an der TU-Wien, in dem die Einflussgrößen auf den Fahrgastwechsel im Eisenbahnverkehr quantifiziert wurden. Der Artikel widmet sind zwar dem Thema Fernverkehr, soll jedoch das grundsätzliche Verständnis für die Problematik schärfen, welche analog auf alle Arten des öffentlichen (Nah)verkehrs umzulegen ist.

1. Einleitung

Der Fahrgastwechsel im Personenfernverkehr stellt gegenwärtig einen unbefriedigenden Zustand dar. Einerseits verursachen viele Einstiegskonzepte für Reisende teils erhebliche Schwierigkeiten, welche Komforteinschränkungen mit einhergehenden Auswirkungen auf den Modal-Split bedeuten und die Fahrgastwechselzeit spürbar beeinflussen. Andererseits spielt neben dem unmittelbaren Einstiegsbereich auch die Fahrzeuginnenraumgestaltung eine wesentliche Rolle in Bezug auf den Fahrgastkomfort und den Zeitbedarf beim Fahrgastwechsel. Ungünstige Innenraumkonzepte, wie sie heute häufig angetroffen werden, tragen wesentlich zu einer Rückstaubildung einsteigender Fahrgäste bei, welche zu einem starken Anwachsen des Zeitbedarfs in den Stationen führt und damit auch die Pünktlichkeit der Züge negativ beeinflusst. Bei optimierter Fahrzeuggestaltung kann der Haltezeitbedarf gegenüber heute weit verbreiteter Fahrzeugkonzepte im Durchschnitt auf unter ein Drittel reduziert werden. Um die Auswirkungen der Fahrzeuggestaltung auf die Haltezeit quantifizieren zu können, wurde am Institut für Eisenbahnwesen der TU-Wien eine Forschungsarbeit durchgeführt, im Rahmen derer über 13.000 Fahrgastwechselvorgänge mittels Videoanalysen genau untersucht wurden. Diese Erhebungen wurden in Deutschen, Österreichischen und Schweizer Bahnhöfen bei nahezu allen im Fernverkehr derzeit eingesetzten Fahrzeugtypen durchgeführt.

2. Fahrgastwechselvorgang

Der Ablauf des Fahrgastwechsels kann in zwei Phasen unterteilt werden, einerseits in den Aussteige-, andererseits in den Einsteigevorgang. Da die aussteigenden Reisenden im Regelfall bereits vor der Ankunft in der Station samt ihrem Gepäck bereit stehen und es weiters

am Bahnsteig wesentlich geringere Restriktionen als nach dem Einsteigen im Fahrzeug gibt, stellt sich der summierte Zeitbedarf aller Aussteiger linear dar.

Eine wesentlich größere Auswirkung auf das Einsteigeverhalten der Reisenden hat das jeweilige Fahrzeugkonzept. Für die Bewertung des Einsteigevorganges lässt sich das Fahrzeug in zwei Bereiche einteilen Es kann in den unmittelbaren Einstiegsbereich (Tür, Stufen und Auffangbereich) und in den eigentlichen Fahrzeuginnenraum (Sitzbereich). Beide Zonen haben in Abhängigkeit der Anzahl der Reisenden einen unterschiedlichen Einfluss auf den Zeitbedarf einsteigender Fahrgäste. Bei bis zu ca. zehn hintereinander einsteigenden Fahrgästen ist die Gestaltung des unmittelbaren Einstiegsbereiches in Kombination mit den Fahrgasteigenschaften wie das Alter, das Reisegepäck oder etwaige Behinderungen die maßgebliche Haupteinflussgröße. Bei mehr als zehn hintereinander einsteigenden Reisenden steigt in zunehmendem Maße der Einfluss des Fahrzeuginnenraumes. Bei ungünstigen Konzepten bildet sich sehr rasch ein Rückstau, welcher das zügige Vorankommen aller Reisenden einschränkt und maßgeblich zu stark anwachsenden Fahrgastwechselzeiten beiträgt.

3. Einflussfaktoren beim Einzeleinstieg

Der Zeitbedarf des einzelnen Reisenden wird sowohl beim Aus- als auch beim Einsteigen im Wesentlichen durch nachstehende Faktoren bestimmt. Fahrzeugseitig haben die Anzahl der zu überwindenden Stufen, deren Neigungsverhältnis, die breite der Türen und die Ausprägung eines horizontalen Spaltes zwischen der Bahnsteigkante und der ersten zu verwendenden Trittstufe einen Einfluss auf den Zeitbedarf. Fahrgastseitig beeinflussen v.a. das Alter der Reisenden, das Gepäck und etwaige Behinderungen die erforderliche Zeit.

3.1. Gestaltung des Einstiegsbereiches

Die Untersuchungen zeigen deutlich, dass niveaufreie Einstiege nicht nur hinsichtlich des Kundenkomforts sondern auch in Bezug auf die Fahrgastwechselzeit die günstigste Lösung darstellen. Dies gilt sowohl für den Aus- wie auch den Einsteigevorgang. Da bei gängigen Fahrzeugkonzepten zwischen der Bahnsteigkante und dem Fahrzeug ein horizontaler Spalt bleibt welcher dazu führt, dass der Schritt in das Fahrzeug mit leicht erhöhter Konzentration und bewusst gesetzt werden muss bzw. Reisende mit größerem Gepäck dieses über den Spalt heben müssen ist der gänzlich niveaufreie Einstieg jenem mit einer Stufe (bis zu 20cm) für den Großteil der Reisenden praktisch gleichzusetzen. Diese These bestätigt sich auch durch denselben gemessenen Zeitbedarf der Reisenden bei null und bei einer Stufe bestätigen. Ein erhöhter Zeitbedarf ergibt sich v.a. bei kleinen Kindern und älteren, gehbehinderten Fahrgästen. Hinsichtlich der Barrierefreiheit, v.a. für die Benutzung mit Rollstühlen, ist jedoch der gänzlich niveaufreie Einstieg unbedingt zu bevorzugen. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden zur Analyse des Fahrgastwechsels bei den genannten Bedingungen die IC2000-Doppelstockfahrzeuge der SBB an Bahnsteigkanten mit einer Höhe von 38cm bzw. 55cm herangezogen.

Bei herkömmlichen Fahrzeugkonstruktionen bietet die Einstiegsgestaltung bei ICE-Fahrzeugen mit einer Türbreite von 90cm und einer im Vergleich zu üblichen IC-Waggons flacheren Stufenneigung an Bahnsteigkanten mit einer Höhe von 76cm (2 Stufen) unter allen untersuchten Reisezugwaggons die beste Lösung. Die größte Zeitdifferenz zeigt sich generell zwischen dem Vorhandensein oder dem nicht Vorhandensein von Einstiegsstufen. Denn der Zeitbedarf für das Überwinden von drei oder vier Stufen steigt geringer als zwischen ebenen Einstieg und bei zwei Stufen. Deutliche Unterschiede zeigen sich jedoch bei der Mitnahme mehrerer oder größerer Gepäckstücke, hier ist der Einfluss der weiteren zunehmenden Stufenanzahl deutlich spürbar.
Einstiege mit Türbreiten von mindestens 90cm und einer bequemeren Stufenausführung erlauben eine um ca. 15% kürzere Fahrgastwechselzeit.

3.2. Fahrgastseitige Einflussparameter

Neben etwaigen Behinderungen stellen v.a. das Alter und das mitgenommene Gepäck der Fahrgäste die größten Einflussparameter dar. Im Wesentlichen können aufgrund des analysierten Verhaltens die Fahrgäste in die drei Hauptaltersgruppen Kinder (bis etwa 10 Jahre), Jugendliche und Erwachsene (bis etwa 60 Jahre) und Ältere einteilen.
Das während des Fahrgastwechsels von den jeweiligen Reisenden getragene Gepäck lässt sich aufgrund der gewonnen Erkenntnisse für die Zeitermittlung ebenfalls in drei Hauptkategorien unterteilen. Wenig behinderndes Gepäck umfasst Gepäckarten, die Reisende beim Aus- bzw. Einsteigen offensichtlich nur in geringem Ausmaß einschränken. Diese Gruppe umfasst sowohl Reisende ohne Gepäck, nur mit Handgepäck, umgehängten Reisetaschen oder Rucksäcken. Die zweite Gepäckgruppe umfasst ein größeres Gepäckstück wie gehobene Reisetaschen, Koffer oder Troleys. Hier zeigt sich bereits eine spürbare Zunahme der Schwierigkeiten und damit des Zeitbedarfs beim Einsteigen. Die dritte Gruppe umfasst die Mitnahme mehrerer Gepäckstücke wie beispielsweise von zwei Koffern. Hier sind die Einschränkungen am größten.

3.3. Schnittstelle Bahnsteig-Fahrzeug, Spalt

Ein gewisser Spalt zwischen Bahnsteig und Fahrzeug ist konstruktiv unvermeidbar. Es gibt jedoch unterschiedliche Ausprägungen des Spaltes. Bei Niederflurfahrzeugen stellt der entstehende Spalt beim Großteil der Fahrgäste keine auffällige Restriktion dar. Die Spaltweite kann sich jedoch aufgrund der Sehnenstellung bei etlichen Fahrzeugkonstruktionen an Bahnsteigen in engen Bögen stark vergrößern. Bei Einstiegen mit Stufen ergibt sich zwischen der Bahnsteigkante und der ersten Trittstufe ebenfalls ein Spalt, welcher jedoch aufgrund der Tatsache, dass im Anschluss Stufen zu überwinden sind keinen merkbaren Einfluss hat. Eine besondere Situation stellen jedoch Fahrzeuge mit der untersten Trittstufe auf einer Höhe von 55cm über SOK an Bahnsteigkanten mit einer Höhe von 76cm über SOK dar. Diese Situation tritt im Fernverkehr besonders in Deutschen Bahnhöfen bei klassischen

IC/EC-Fahrzeugen häufig auf. Hier liegt die unterste Trittstufe 22cm unter der Bahnsteigkante und kann daher nicht verwendet werden. Bedingt durch diese Konstruktion ergibt sich jedoch eine Spaltbreite von mehr als 25cm. Dieser Spalt wirkt sich v.a. bei Reisenden mit größerem Gepäck sowie bei Kindern und älteren Reisenden spürbar aus. Jedoch auch bei der Alterskategorie der Erwachsenen ist ein Einfluss erkennbar. Es zeigt sich nämlich, dass der Zeitbedarf beim Einsteigen in IC/EC-Fahrzeuge von einer Bahnsteigkante mit einer Höhe von 55cm gleich groß ist wie bei einer Höhe von 76cm, obwohl hier eine Stufe weniger zu überwinden ist.

4. Einflussgröße Einstiegsraum

Steigen mehrere Fahrgäste unmittelbar hintereinander ein, so zeigen sich über die bisher genannten Einflussgrößen auf den Zeitbedarf des einzelnen Reisenden hinaus weitere Einflüsse aufgrund der Fahrzeugkonzepte. Bei bis zu ca. zehn hintereinander einsteigenden Fahrgästen spielt v.a. die unmittelbare Gestaltung des Auffangbereiches eine wichtige Rolle. Zu klein dimensionierte Einstiegsräume werden rasch durch Fahrgäste samt deren Gepäck gefüllt. Da es praktisch keinen Retentionsbereich gibt, wirkt sich ein Rückstau aus dem Fahrzeuginnenraum bereits nach sehr wenigen Fahrgästen aus. Sind die Einstiegsbereiche in solcher Weise konzipiert, dass sie einen brauchbaren Auffangraum darstellen, wirkt sich ein Rückstau erst bedeutend später aus was in Summe zu einem schnelleren Fahrgastwechsel und damit auch zu einer früheren Abfahrbereitschaft des Zuges führt.

Fahrgäste bewegen sich nach dem Einstieg entlang eines vordefinierten Weges bzw. stellen sich im Falle eins Rückstaus entlang diesem auf. Es zeigt sich nicht die eventuell zu erwartende Tendenz, dass sich Reisende für das Abwarten kurzer Zwangspausen bei Vorhandensein ausreichender Aufstellflächen auch tatsächlich nebeneinander aufstellen. Daher ist es bei der Dimensionierung von Retentionsbereichen beim Einstieg wichtig nicht eine große Fläche sondern einen langen Weg mit ausreichender Breite (ca. 1m) zur Verfügung zu stellen. Somit genügt es häufig schon, wenn nach einem normalen Einstiegsbereich noch ein Gangbereich folgt. Dieser kann in Form eines Mittelganges aber durchaus auch als Seitengang verlaufen.

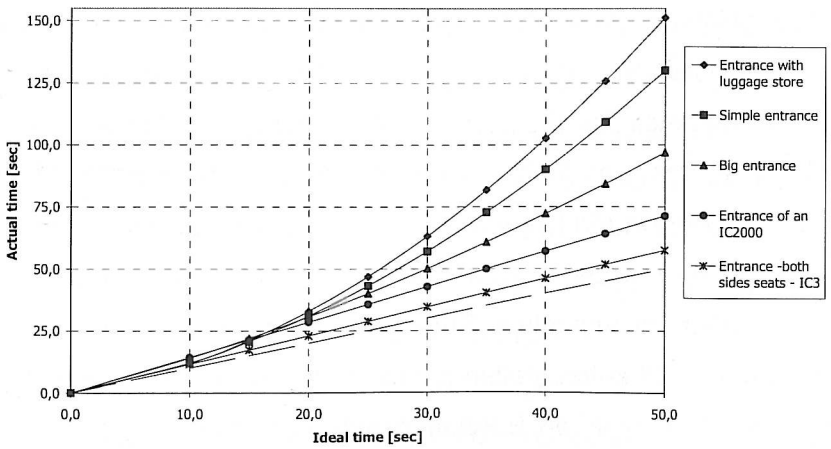


Abb.1: Fünf Einstiegskonzepte im Vergleich hinsichtlich der Fahrgastwechselzeit

5. Einflussgröße Fahrzeuginnenraum

Die Gestaltung des Fahrzeuginnenraumes, also des unmittelbaren Fahrgastbereiches hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Fahrgastwechselzeit wenn mehr als ca. zehn Personen unmittelbar hintereinander einsteigen. Der Zeitbedarf kann bei ungünstigen Raumkonzepten stark ansteigen, was v.a. an stärker frequentierten Reisetagen große Probleme hinsichtlich der Betriebsqualität verursacht. Die wesentlichsten Einflussparameter sind die Gangbreite, die Anordnung der Sitzplätze und die Gepäckunterbringungsmöglichkeiten.

5.4. Gangbreiten

Nach dem unmittelbaren Einsteigen in das Fahrzeug müssen sich die Reisenden fortbewegen um zu einem freien oder zum vorreservierten Sitzplatz zu gelangen. Dabei hat die Gangbreite einen wesentlichen Einfluss auf die Fortbewegungsgeschwindigkeit und damit auf den Zeitbedarf. Da Reisende im Fernverkehr im Regelfall Gepäck bei sich haben - im Durchschnitt mindestens ein mittleres oder großes Gepäckstück pro Person – schränken heute übliche Gangbreiten von ca. 50 cm in der zweiten Klasse stark ein. Der Grund liegt darin, dass es einerseits keine Möglichkeit des Ausweichens gibt und andererseits viele Gepäckstücke größer als die vorhandenen Gangbreiten sind. Mittlere oder größere Trolleys, die sich bei Bahnfahrern in den letzten Jahren stark zunehmender Beliebtheit erfreuen, können nicht mehr widmungsgemäß gezogen werden, da sie breiter als 50 cm sind. Solche Gepäckstücke müssen um 90° gedreht vom Reisenden vor sich hergetragen werden. Dies stellt nicht nur eine starke Komforteinschränkung dar sondern behindert auch massiv den Fahrgastfluss.

Bei Gangbreiten von über 60cm zeigt sich ein rascheres und bequemeres Vorankommen für Reisende, was sich v.a. durch einen um ca. 25% geringeren Gesamtzeitbedarf beim Einsteigen bemerkbar macht. Gangbreiten zwischen 70 und 90cm, wie sie v.a. bei Abteilwagen vorkommen, erlauben nicht nur ein praktisch uneingeschränktes Vorankommen der Fahrgäste sondern im Zweifelsfall auch die Möglichkeit des Begegnens von Fahrgästen.

5.5. Gepäckunterbringung

Fahrgäste haben bei der Unterbringung Ihres Gepäcks zwei wesentliche Bedürfnisse, die es zu berücksichtigen gilt. Einerseits wollen sie ihr Gepäck nicht hochheben müssen, andererseits wollen sie immer Sichtkontakt zum Gepäck haben. Aufgrund der hohen Anzahl an zu erwartenden Gepäckstücken stellt die Dimensionierung der Unterbringungsmöglichkeiten eine große Herausforderung dar. Sowohl die Gepäckmenge im Waggon als auch die Gestaltung der Unterbringungsmöglichkeiten haben einen wesentlichen Einfluss auf die Fahrgastwechselzeit.

Gibt es keine oder zu wenig geeignete und vom Fahrgast akzeptierte Unterbringungsmöglichkeiten, wird Gepäck in solcher Weise abgestellt, dass es häufig behindernd wirkt. Benutzte Abstellmöglichkeiten sind dann Gänge oder Sitzplätze. Gepäck in den Gängen stellt eine

wesentliche Einschränkung für einsteigende und sich fortbewegende Fahrgäste dar, was sich wiederum in der Gesamtfahrgastwechselzeit spürbar auswirkt.
Weiters müssen Fahrgäste, welche gerade eingestiegen sind, ihr Gepäck möglichst rasch und einfach abstellen können. Gibt es nur Überkopfablagen, so dauert der Vorgang des Verstauens aufgrund der Schwierigkeiten im Regelfall länger. Während dieser Zeit müssen im Gang weitere Fahrgäste warten, da die zu schmalen Gangbreiten ein Ausweichen nicht ermöglichen. Eine unkomplizierte Unterbringung in der Nähe der Fahrgäste erlaubt nicht nur ein bequemes sondern auch ein rasches Verstauen und geringe Behinderungen für weitere Reisende.
Wesentlich ist jedoch nicht nur der Umstand, dass es genügend geeignete Abstellmöglichkeiten gibt, sondern auch wo diese positioniert werden. Die beste Variante ist die gleichmäßige Aufteilung entlang des Waggons. Dadurch hat jeder Reisende sein Gepäck nicht nur in seiner Nähe, sondern behindert den Fahrgastfluss am Wenigsten.

Als ungeeignet zeigen sich folgende Standorte im Waggon:
Gepäckrack im Einstiegsbereich: Da diese Ablagen von Reisenden während der Fahrt nicht beobachtet werden können, werden diese Ablagen nur im Notfall für besonders Großes Gepäck benutzt. Somit bietet diese Lage keine effiziente Unterbringungsmöglichkeit. Andererseits zeigt sich, dass die Unterbringung im Auffangbereich zu einem erheblichen Anwachsen des Zeitbedarfes führt. Einerseits bildet sich aufgrund der verstauenden Reisenden bereits frühzeitig ein Rückstau, andererseits müssen Fahrgäste, die ihr Gepäck abgelegt haben, nachträglich den Einsteigerstrom queren. Beides verlängert den Zeitbedarf.
Eine ähnliche Situation zeigt sich, wenn die *Gepäckracks am Anfang des Fahrgastraumes* aufgestellt sind. Hier braucht zwar nicht der Einsteigerstrom gequert zu werden, dennoch kommt es bereits nach wenigen Reisenden zum Rückstau. Obendrein bietet diese Lage der Unterbringung ebenso kaum Sichtkontakt, weshalb auch diese Ablagen nur sehr ungern in Anspruch genommen werden.
Ein *Gepäckrack in der Mitte des Fahrzeuges* erlaubt zwar für einen größeren Teil der Reisenden einen Sichtkontakt zum Gepäck, hinsichtlich des Einsteigeverhaltens hat auch diese Lage einen sehr negativen Einfluss. Reisende mit großem Gepäck müssen zuerst bis zur Mitte des Fahrzeuges gehen und somit den maximal möglichen Weg zurücklegen. Dieser verursacht wegen der häufig zu geringen Gangbreiten große Probleme und starke Verzögerungen im Fahrgastfluss. Wenn der Reisende sein Gepäck verstaut hat, muss er in jedem Fall gegen den Fahrgaststrom zu einem Sitzplatz gehen. Aufgrund der Gangbreiten ist ein Ausweichen praktisch unmöglich weshalb es ebenfalls nach wenigen Reisenden zu ausgeprägten Rückstauwirkungen kommt.
Gepäckracks sollten ca. in den Viertelspunkten aufgestellt werden. Dieser Standort erlaubt sowohl einen guten Sichtkontakt als auch ein zügigeres Unterbringen und Vorankommen der

Einsteigenden Fahrgäste. Sehr wichtig ist dabei auch eine ausreichende Dimensionierung der Ablagen, damit das mitgeführte Gepäck auch tatsächlich verstaut werden kann. Als Ergänzung soll danach getrachtet werden, dass es neben solchen Racks auch weitere Ablagen im Raum gibt, vis-a-vis-Bestuhlungen erlauben hier zwischen den Sitzrückenlehnen, wenn diese einen ausreichenden Abstand aufweisen, eine besonders geeignete Art der Unterbringung.

5.6. Sitzplatzanordnung

Die bereits angeführten Beeinflussungsparameter verdeutlichen sich am Gesamtkonzept der Raumaufteilung. Grundsätzlich kann bei Fernreisezugwaggons zwischen den drei Hautkonzepten Reihenbestuhlung, Vis-a-vis-Bestuhlung und Abteilwagen unterschieden werden, wobei häufig auch Mischformen dieser drei Konzepte auftreten.

Bei der *Reihenbestuhlung* treten die meisten der genannten Nachteile in kumulierter Weise auf. Es gibt im Fahrzeugraum keine geeigneten Möglichkeiten zur Gepäckunterbringung. Die schmalen Gänge sowie die Sitzplatzanordnung erlauben kein Ausweichen von Reisenden. Diese sehr wesentlichen Einschränkungen führen zu einer rasch auftretenden Rückstauwirkung.

Die *Vis-a-vis-Bestuhlung* erlaubt im Regelfall eine Gepäckunterbringung zwischen den Sitzrückenlehnen. Diese Art Unterbringung ermöglicht Reisenden einen regelmäßigen Sichtkontakt zum eigenen Gepäck und ist obendrein in gleichmäßig kurzen Abständen entlang des Fahrzeuges vorhanden. Dieser Umstand führt zu wesentlich geringeren Restriktionen beim Einsteigen, was den Fahrgastfluss deutlich beschleunigt. Die sehr günstige Lage der Gepäckunterbringung kann durch eine geringfügige Vergrößerung des Abstandes der beiden Rückenlehnen zueinander erheblich verbessert werden. Es zeigt sich nämlich, dass bei Vis-a-vis-Bestuhlungen deren Rückenlehnen unmittelbar aneinanderstoßen maximal für kleines und mittleres, jedoch keinesfalls für großes Gepäck ausreichend Platz vorhanden ist. An Reisetagen mit einem höheren pro Kopf Gepäckaufkommen steigt der Zeitbedarf in einem ähnlichen Maße wie bei der Reihenbestuhlung an. Dies ist auf die dann wiederum fehlende bodennahe Gepäckunterbringung zurückzuführen. Ein zweiter Vorteil der Vis-a-vis-Bestuhlung liegt auch darin, dass Fahrgäste im Begegnungsfall leichter in eine Vierergruppe ausweichen können. Dies führt zu einer geringeren Beeinträchtigung des Fahrgaststromes. Dieser Vorteil besteht jedoch nur dann, wenn zwischen den Sitzen keine Tische bis zum Mittelgang vorhanden sind. Die Existenz solcher Tische rückt das Fahrzeugkonzept hinsichtlich des Einsteigerzeitbedarfs näher zur Reihenbestuhlung.

Abteilwagen haben in der Regel der Vorteil, dass die Seitengänge zwischen 70 und 90 cm breit sind. Dies ermöglicht ein zügigeres Vorankommen auch mit größeren Gepäckstücken. Ebenso stellen aufgrund dieser Breiten eventuell im Gang abgestellte Gepäckstücke wesentlich geringere Einschränkungen dar, da die Restbreite für ein ungehindertes Passieren ausreicht. Weiters verursacht Gegenverkehr geringere Einschränkungen, da das Passieren von

Fahrgästen möglich ist. Abteilwagen haben auch den Vorteil, dass Reisende nach dem Auffinden eines Sitzplatzes häufig samt Gepäck in das Abteil treten und dadurch den Fahrgaststrom nicht mehr beeinträchtigen. Selbst wenn Gepäck aufgrund der mangelnden bodennahen Gepäckunterbringung kurz- oder auch langfristig im Gang abgestellt wird, sind die Restriktionen im Vergleich zu Großraumwagen, hier besonders mit Reihenbestuhlung, wesentlich geringer. Abteilwagen bieten aufgrund ihres Fahrzeugkonzeptes obendrein den Vorteil eines großzügigeren Auffangbereiches, da der Seitengang mindestens bis zur ersten Abteiltüre als Retentionsraum genutzt werden kann.

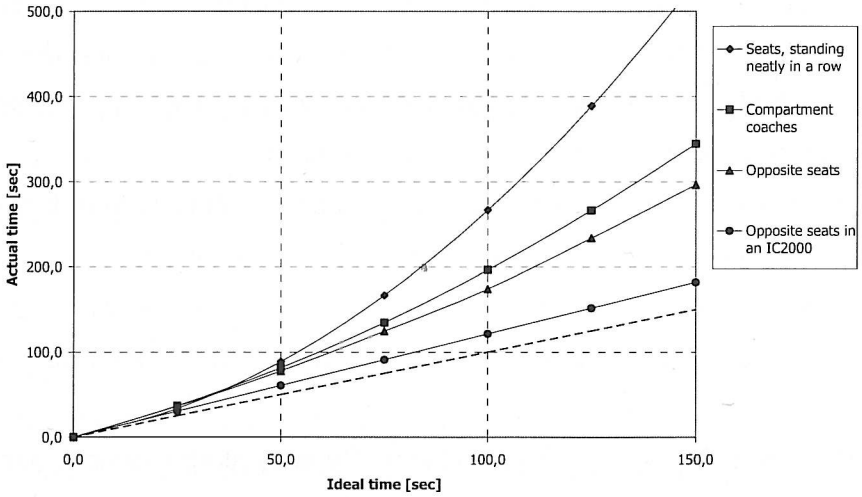


Abb.2: Vier Fahrzeuginnenraumkonzepte im Vergleich hinsichtlich der Fahrgastwechselzeit

6. Gesamtkonzept

6.7. Anordnung der Einstiegstüren

Die Anordnung der Einstiegestüren im Fahrzeug hat ebenso einen wesentlichen Einfluss auf die Fahrgastwechselzeit. Bei klassischen Fahrzeugkonzepten liegt an einem Ende des Waggons pro Seite je eine Türe. Dies bedeutet, dass pro Waggon mindestens 50% der Fahrgäste durch diese Türe gehen und im Mittel den längst möglichen Weg zu ihrem Sitzplatz zurücklegen müssen. Da der Einsteigezeitbedarf mit jedem zusätzlichen Fahrgast überlinear anwächst, kommt es zu einer starken Verlängerung der Haltezeit.

Eine positive Wirkung auf den Gesamtzeitbedarf zeigen Konzepte, bei denen sich die Fahrgastströme nach dem unmittelbaren betreten des Fahrzeuges aufteilen können. Dies kann entweder durch doppelstöckige Fahrzeuge erfolgen oder durch eine Türanodnung statt an den Wagenenden etwa in den Viertelspunkten. Zweiteres teilt den Fahrgastraum in vier gleich große Bereiche, jeder Eingangsbereich wird nur durch die halbe Anzahl an Reisenden betreten und jeder Reisende braucht im Mittel nur den halben Weg zu einem Sitzplatz zurückzulegen. Die Fahrgastwechselzeit lässt sich dadurch spürbar verringern.

Ein großes Problem stellen Fahrzeuge mit nur einer Einstiegstür dar. Befindet sich die Einstiegstüre am Fahrzeugende zum Nachbarwaggon, so müssen zwangsläufig alle Reisenden,

die diesen Waggon betreten möchten durch diese eine Türe gehen. Da der Zeitbedarf mit der Anzahl der Reisenden überlinear anwächst, kommt es zu einer ausgeprägten Verlängerung der Haltezeit. Steuerwagen mit nur einer Türe stellen daher auch immer die kritischen Fahrzeuge im Zugverband mit der kritischen Tür dar, welche für die Haltezeitberechnung im Regelfall auch die Bemessungstüre darstellt.
Wird die Türe wie z.B. beim Steuerwagen des ICE-T am vorderen Ende des Fahrzeuges (auf der Seite des Führerstandes) angeordnet, so liegt die Vermutung einer Entschärfung der Situation nahe, da das rückwärtige Ende des Waggons durch den Nachbarwaggon gespeist werden kann. Die Untersuchungen zeigen jedoch deutlich, dass Fahrgäste grundsätzlich durch jede Türe einsteigen, in deren zugehörigen Waggon sie sitzen möchten. Ein nach dem Einsteigen unmittelbares Wechseln in den Nachbarwaggon findet praktisch nicht statt. Somit ist die Tatsache, dass nur eine Türe vorhanden ist, wesentlich kritischer zu beurteilen, als die Lage im Waggon.

6.8. Zeitoptimierendes Gesamtkonzept

Um hinsichtlich einer Haltezeitreduktion effiziente Fahrzeuge zu gestalten, ist es wichtig das Gesamtkonzept und alle vorhin genannten Einflussparameter im Auge zu behalten. Es müssen sowohl der unmittelbare Einstiegsbereich, der Auffangbereich wie auch die Innenraumgestaltung ein zügiges Vorankommen der Reisenden ermöglichen. Ein sehr gutes Gesamtkonzept im heutigen Fernreiseverkehr stellen die Doppelstock-Fahrzeuge IC2000 der SBB dar. Mit Ausnahme der Gangbreiten in der zweiten Klasse und der für die Unterbringung von großen Gepäckstücken zu geringen Sitzrückenlehnenabstände kommt dieses Fahrzeugkonzept hinsichtlich einer möglichen Haltezeitoptimierung dem Idealzustand nahe. Die Türbreite mit 140cm lichter Weite erlaubt grundsätzlich das versetzte oder parallele Einsteigen von Reisenden. Die Beobachtungen haben jedoch gezeigt, dass sich dieser Umstand eher beim Aussteigen einstellt, wo nur etwa 60% aller Reisenden hintereinander Aussteigen, die restlichen Fahrgäste wählen eine der vorhin genannten zeitoptimaleren Varianten. Besonders beim Einsteigen ist die Türbreite hierfür zu schmal, da mehr als 80% der Reisenden wie bei schmäleren Türen hintereinander einsteigen.
Sehr positiv wirkt sich der ebene oder quasi ebene Einstieg (null oder max. eine Stufe) aus. Weiters reduziert die Aufteilung der Fahrgastströme in das untere oder obere Geschoß sowie der großzügige Auffang- und Retentionsbereich, zu dem auch der gesamte Stiegenbereich gerechnet werden kann, den Gesamtzeitbedarf. Diese positiven Einflüsse werden durch die Vis-a-vis-Bestuhlung mit den vorhin genannten grundsätzlichen Vorteilen ergänzt. Dieses Gesamtkonzept führt zu einer linearen Verteilung der Gesamtfahrgastwechselzeit und im Vergleich zu herkömmlichen IC-Fahrzeugen mit großteils Reihenbestuhlung zu einer Zeitreduktion um mindestens 70%.

7. Zusammenfassung

Die Untersuchungen verdeutlichen, dass unter entsprechender Beachtung der wesentlichen Einflussparameter im Fernreisezugwagenbau die Fahrgastwechselzeit in den Stationen auf weniger als ein Drittel der heutigen Zeiten reduziert werden kann. Die dafür einzuhaltenden Grundsätze lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Niveaugleicher Einstieg oder maximal eine Stufe
- Sind Stufen unvermeidbar, dann maximal zwei
- Horizontale Spaltbreiten von weniger als 10cm
- Türbreite mindestens 90cm
- Flacheres Neigungsverhältnis der Stufen (geringer als 1:1)
- Auffangbereich mit ausreichenden Rückstaulängen (z.B. durch Gänge)
- Gangbreiten mindestens 60cm, besser 70-90cm
- Bodennahe Gepäckunterbringung (auch für große Gepäckstücke) möglichst gleichmäßig entlang des Fahrzeuges verteilen. Keine Gepäckracks nur im Einstiegsbereich, am Großraumabteilende oder konzentriert in der Fahrzeugmitte)
- Aufgelockerte Sitzplatzkonzepte mit höherem Vis-a-vis-Bestuhlungs-Anteil

Die durch Einhaltung der genannten Maßnahmen erzielbare Reduktion der Fahrgastwechselzeit von mehr als 70% ermöglicht nicht nur eine höhere Pünktlichkeit sondern eröffnet auch nicht zu unterschätzende Potentiale für energiesparende Fahrweisen durch gekürzte Haltezeiten und damit geringere erforderliche Höchstgeschwindigkeiten bei Beibehaltung der Reisezeiten

Literaturhinweise:

[1] Doris Tuna: "Fahrgastwechsel im Personenfernverkehr"; Diplomarbeit TU-Wien, 2008

[2] Bernhard Rüger: Reisegepäck im Eisenbahnverkehr, Dissertation TU-Wien, 2004

[3] Viktor Plank, Dimensionierungsgrundlagen für Gepäckablagen in Reisezugwagen, Diplomarbeit TU-Wien, 2008

[4] Bernhard Rüger, "La influencia de la accesbilidad en el consumo de energía / The influence of railway interiors on train energy consumption"; Vortrag: Estrategias de ahorro y eficiencia energética en el transporte ferroviario, Sitges/Barcelona; 05.06.2008 - 06.06.2008; in: "*Estrategias de ahorro y eficiencia energética en el transporte ferroviario*", Fundación de los Ferrocarriles Espanoles, 2008

[5] B. Rüger: "Reducing Passenger Change Over Time By Optimizing Railway Vehicles"; Vortrag: The First BH Congress on Railways, Sarajevo; 29.09.2011 - 30.09.2011; in: "*The first Congress on Railways - proceedings*", (2011), ISSN: 2233-0100.