

Studienwoche „Zahlen zählen für die Bahn“

Betriebstechnologische Empirie in Zürich HB

Von Rolf Schudel, Zürich/Schweiz, und Dr. Steffen Schranil, Bern/Schweiz*)

Motivation – Teilprojekte und deren Ziele – Ablauf der Studienwoche – Ausgewählte Ergebnisse der Erhebungen – Synthese und Fazit

1. Motivation

Die Anfänge von unterstrass.edu liegen als Standort des Evangelischen Lehrerseminars in Zürich Unterstrass im Jahr 1869. Die Einrichtung verfügt über ein breites Aus- und Weiterbildungsangebot vom Gymnasium bis zum Institut der Pädagogischen Hochschule Zürich. Das Kurzzeitgymnasium dauert vier Jahre und verfügt über je zwei Klassen, was die besondere Individualität der Ausbildung unterstreicht. Lebens- und Praxisnähe stellen zentrale Eckpfeiler dieser Ausbildung dar [1]. Dazu werden zunehmend innovative Wege der Aus- und Weiterbildung erprobt. Einer dieser Wege ist die Zusammenarbeit mit externen Unternehmen, insbesondere in der Erstellung und Durchführung der dreimal im Schuljahr stattfindenden Studienwochen am Gymnasium. Für die Schülerinnen und Schüler bedeutet dies die Behandlung realer Fragestellungen in Zusammenarbeit mit dem Praxispartner, was dem Erlangen von Fach- und Methodenkompetenzen eine verstärkte Lebendigkeit verleiht.

Die Schweizerischen Bundesbahnen SBB betreiben mit 3173 km das längste Bahnnetz der Schweiz. Es ist mit durchschnittlich 101 Zügen je Strecke und Tag (2014) das am stärksten belastete Bahnnetz der Welt. Die stetig wachsende Zahl von Kundinnen und Kunden führt auch im Kontext von FABI (Finanzierung und Ausbau der Bahninfrastruktur) zu umfangreichen Bestrebungen, das Bahnangebot auszubauen. Diese Planungen werden aktuell in den Ausbausritten 2025 (AS 2025) und 2030 (AS 2030) geführt. Mit diesen Ausbausritten wird eine weitere Verlagerung von Verkehren zugunsten des öffentlichen Verkehrs angestrebt. Gleichzeitig gestaltet sich die Bewirtschaftung der

Streckenkapazität in den Knoten und deren Zulaufstrecken zunehmend anspruchsvoll. Gleiches gilt für die Personenfluss in den Knotenbahnhöfen. Daraus resultiert ein großes Interesse der SBB, Fahrplanabweichungen und Fahrgastströme in den Knoten möglichst gut zu verstehen und folglich proaktiv gestalten zu können.

Das Projekt „Zahlen zählen für die Bahn“ im Juni 2015 war eingebettet in die Studienwoche „Zahlenspass in Unterstrass“. Im Kontext realer Fragestellungen sollten die Schülerinnen und Schüler im Themenfeld Statistik beziehungsweise Umgang mit Zahlen Fach- und Methodenkompetenz erarbeiten und anwenden. Auf Grund der großen Komplexität bietet hier ein Projekt aus der Bahnbetriebstechnologie besonderen Reiz. Für die SBB ergab sich die Chance, mit einer größeren Anzahl von Erfassern statistische Stichproben in Zürich HB zu erheben, deren Auswertung zu begleiten und Schlüsse für die zukünftige Gestaltung des Bahnangebots im Knotenbahnhof abzuleiten.

2. Teilprojekte und deren Ziele

Drei Teilprojekte bilden das Projekt „Zahlen zählen für die Bahn“. Während die Knotenpunktpünktlichkeit die Abweichungen zwischen Fahrplan und realer Bahnproduktion thematisiert, beschäftigt sich das Teilprojekt Fahrgastwechselzahlen mit den Ein- und Aussteigern ausgewählter Fernverkehrszüge. Im Teilprojekt Umsteigezeiten werden die Übergänge zwischen den Bahnhofsteilen analysiert. Alle drei Teilprojekte basieren auf empirischen Erhebungen am Dienstag, 23.6.2015, in der Hauptverkehrszeit in Zürich HB und bearbeiten je eine spezifische Forschungsfrage. Die allen drei Teilprojekten übergeordnete

Forschungsfrage bildet einen Rahmen und lautet: Wie groß sollten die Umsteigezeiten in Zürich HB bemessen werden?

Teilprojekt Knotenpunktpünktlichkeit

Forschungsfrage: Wie verteilen sich zeitliche Abweichungen ankommender und abfahrender Züge in der Hauptverkehrszeit in Zürich HB?

Für dieses Teilprojekt sind die Ankünfte und Abfahrten aller Züge in Zürich HB sekundenscharf zu erheben sowie Fahrplanabweichungen auszuwerten und zu klassifizieren. Dies fließt in die Bestimmung der Umsteigezeiten im Teilprojekt 3 ein. Zur Pünktlichkeitserhebung sind acht Personen eingesetzt. Diese übernehmen die Felddatenerhebung der ankommenden und abfahrenden Züge für die Gleise 3 – 6, 7 – 10, 11 – 14, 15 – 18 (jeweils Fernverkehr), Gleise 21/22 im Bahnhofsteil des Bahnunternehmens Sihltal-Zürich-Uetlibergbahn SZU, Gleise 31 – 34 im Bahnhofsteil Löwenstrasse sowie separat für die Gleise 41/42 und 43/44 im Bahnhofsteil Museumsstrasse.

Teilprojekt Fahrgastwechselzahlen

Forschungsfrage: Wie verteilen sich Ein- und Aussteiger im Fernverkehr entlang des Zuges?

An ausgewählten Zügen des Fernverkehrs in der Hauptverkehrszeit in Zürich HB sind die Ein- und Ausstiegsszahlen turscharf zu erfassen. Der Fernverkehrsfokus soll helfen, insbesondere Umsteigebeziehungen in Zürich HB abzubilden. Daraus ist eine Verteilung der Reisenden über das Perron zur Kalibrierung der Umsteigewege zu ermitteln. Die ausgewählten Fernverkehrszüge sind auf zwei Zählteams und die maximale Anzahl der erfassenden Schülerinnen und Schüler zugeschnitten.

*) Rolf Schudel, unterstrass.edu, Leiter Gymnasium Seminarstrasse 29, 8057 Zürich/Schweiz; Dr. Steffen Schranil, Schweizerische Bundesbahnen SBB, Energiemanagement Traktion, Teilprogrammleiter Angebot, Bern/Schweiz.

Sie umfassen folgende Züge während der Hauptverkehrszeit (Tabelle 1).

Teilprojekt Umsteigezeiten

Forschungsfrage: Welche Umsteigezeiten schlagen Sie in welcher Struktur vor?

In diesem Teilprojekt werden die Umsteigebeziehungen in Zürich HB untersucht. Dazu werden einerseits die Messdaten aus im Projekt erhobenen Umsteigezeiten ausgewertet und andererseits weitere Umsteigewege mit zugehörigen Zeiten analysiert. Daraus ergibt sich die Synthese mit den Teilprojekten Knotenpunkt-pünktlichkeit in Form eines Aufschlags auf die Umsteigezeit und dem Teilprojekt Fahrgastwechselzahlen mit Kalibrierung des Umsteigeweges gemäss Ein-/Ausstiegsort. Bild 1 gibt einen Überblick über die Bahnhofsteile von Zürich HB. Die zu messenden Umsteigewege führen vom Fernverkehrsteil (Gleise 3 – 18) in den Bahnhofsteil Löwenstrasse (Gleise 31 – 34), den Bahnhofsteil Museumstrasse (Gleise 41 – 44) sowie zur Tramhaltestelle Bahnhofquai der Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ). Die Erhebungsplanung umfasst abwechselnd eine Messung für die Fahrgastwechselzahlen (Teilprojekt 2) und eine Messung der Umsteigezeiten (Teilprojekt 3)

Tabelle 1: Betrachtete Züge der Stichprobenerhebung Fahrgastwechselzahlen

ICN 515	Genève – St. Gallen	Zürich HB 08:56 – 09:09 Uhr	Team 2
IC 710	St. Gallen – Genève-Aéroport	Zürich HB 08:23 – 08:32 Uhr	Team 2
IC 808	Romanshorn – Brig	Zürich HB 07:53 – 08:02 Uhr	Team 1
IC 809	Brig – Romanshorn	Zürich HB 08:58 – 09:07 Uhr	Team 1
IR 2111	Biel/Bienne – Konstanz	Zürich HB 08:30 – 08:37 Uhr	Team 1
IR 2161/2162	Bern – Zürich HB – Bern	Zürich HB 07:54 – 08:06 Uhr	Team 2

in beiden Zählteams, was wiederum den Anspruch an die Zählteams erhöht.

3. Ablauf der Studienwoche

Die Studienwoche knüpft an ein ähnliches Projekt aus dem Vorjahr sowie frühere Erhebungen in der Bahnbetriebsforschung der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH Zürich) an (vgl. [3] und [4]). Nachfolgend wird ein Einblick in den Ablauf des fünftägigen Projekts gegeben.

Vermittlung von Grundlagen (Montag)

Zum Beginn der Studienwoche werden das Gesamtprojekt „Zahlenspass in Unter-

strass“ und die einzelnen Projekte vorgestellt und eine Einführung in die Teilprojekte gegeben. Dies sind vier Projekte aus unterschiedlichen Wissenschaftszweigen mit je zwei bis vier Teilprojekten:

- Sozialwissenschaften mit den Teilprojekten „Erziehungsziele“, „Medienkonsum“ sowie „Herr und Frau Zürchers Sörgeli“
- Physik mit den Teilprojekten „Der schiefe Wurf mit dem Projectile Launcher“, „Fallbeschleunigung“, „Heisser Tee und ein Ventilator“ sowie „Heisse Spur“
- Geografie mit den Teilprojekten „Naherkundung“ und „Fernerkundung“
- Zahlen zählen für die Bahn mit den Teilprojekten „Knotenpunkt-pünktlichkeit“,

Innenplan Bahnhof Zürich HB (Umgebungsplan siehe Folgeseite)

Services	
Bancomat	B
Postomat	P
LV03	Y: 683'144 X: 248'040 F2
WGSB4	Icon: 8.539693 lat: 47.377945
Bahnhofhilfe	Zwischengeschoss F4
Bahnhofkirche Raum der Stille	Zwischengeschoss G4
SBB-InfoPoint	Querhalle F2
SBB Ausstellungsraum Die Bahn baut	Halle Sihlquai C4 100
SBB Eventtickets und Kundendienst	Nordtrakt G2 091
SBB Lounge	Südtrakt 2. OG F3 102
SBB Reisebüro	Nordtrakt F2 103
Centerleistung Zürich HB	Nordtrakt 2. OG H2 104
Credit Suisse Automatenbank	Halle Landesmuseum F5 105
Kantonspolizei Zürich	Nordtrakt F2 106
AvPremier Konferenzzentrum	Südtrakt 1. OG G3 107
McClean WC/Dusche	Zwischengeschoss F4 108
Time... Lounge	Südtrakt 1. OG F3 109
Tourist Service Zürich Tourismus	Nordtrakt H3 110
UBS Automatenbank	Halle Bahnhofplatz E6 111
VBZ Ticketeria	Geschoss ab 07/14 F4 112
ZVV-Contact	Halle Löwenstrasse E6 113
Western Union	Nordtrakt G2 091
Western Union Internet/Telefon	Halle Bahnhofplatz D6 115
ZKB Automatenbank	Passage Bahnhofstrasse G6 116
Zür WC	Halle Bahnhofplatz G7 117
WC/Hygienecenter	Bahnhofplatz 117

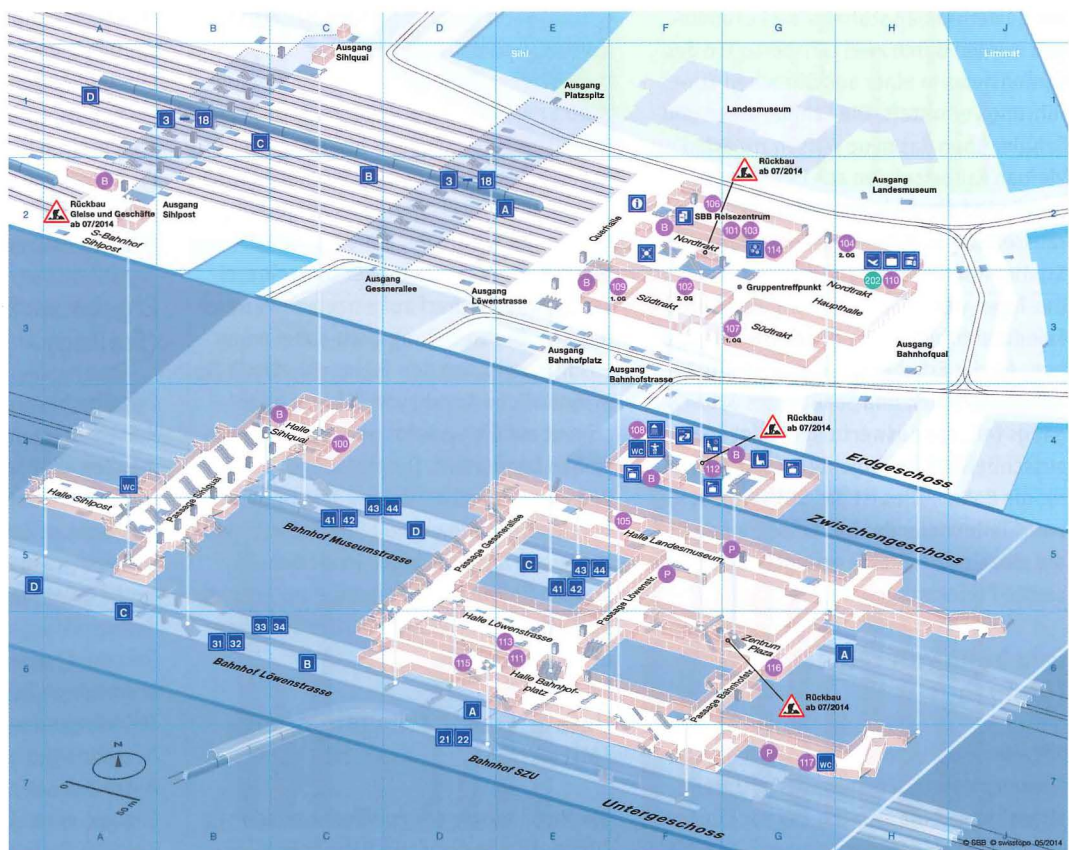


Bild 1: Bahnhofplan Zürich HB (Bild: SBB)

Nutzen Sie die digitale V+T!



Mehr zum eJournal unter:
 www.VTdigital.de

Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG
 Genthiner Str. 30 G · 10785 Berlin
 Tel. (030) 25 00 85-227
 ESV@ESVmedien.de · www.ESV.info

Lesen Sie auf **V+Tdigital** das aktuelle Heft oder Einzelbeiträge, die Sie besonders interessieren. Natürlich sind auch Downloads möglich.

Besonderes Plus – das Archiv

Recherchieren Sie in den Inhaltsverzeichnissen, Kurz- und Volltexten seit Ausgabe 1/2004.

ESV ERICH SCHMIDT VERLAG
Auf Wissen vertrauen

„Fahrgastwechselzahlen“ und „Umsteigezeiten“

Die gemeinsamen statistischen Grundlagen werden durch zwei Lehrpersonen des Gymnasiums in einer ausführlichen Einführung vermittelt. Die Schülerinnen und Schüler üben das neue Wissen zunächst an kleinen Fallbeispielen aus ihrem Alltag. Somit sind die wichtigsten fachlichen Voraussetzungen für den weiteren Verlauf der Studienwoche anwendungsbereit. Am Ende des Tages werden wichtige Hinweise für die Felddatenerhebung in Zürich HB mitgegeben. An der Erhebung nehmen sämtliche 48 Schülerinnen und Schüler des Jahrgangs teil, die Auswertung erfolgt später ausschließlich im Projekt „Zahlen zählen für die Bahn“. Dies ist das SBB-Projekt für zwölf Teilnehmende. Das Einschreiben in die einzelnen Projekte erfolgt am Ende des ersten Projektstages.

Erhebung von Felddaten (Dienstag)

Mit allen Schülerinnen und Schülern des Gesamtprojekts „Zahlenspass in Unterstrass“ findet am zweiten Tag der Studienwoche die Felddatenerhebung in Zürich HB statt. Vorgängig wurden SBB Immobilien

(„Drehbewilligung“), SBB Personenverkehr (Regionales Operation Center Personenverkehr) und SBB Infrastruktur (Betriebsführung und Bahnzugang) über das Vorhaben informiert. Acht Schülerinnen und Schüler messen die Pünktlichkeit aller Züge im Zeitfenster 07:45 Uhr bis 09:17 Uhr. Die übrigen Schülerinnen und Schüler wurden vorgängig in zwei Zählteams aufgeteilt, welche die Anzahl der Ein-/Aussteiger türscharf und die Dauer der Umsteigezeiten sekundenscharf auf einzelnen Perrons messen. Die Einteilung sieht dabei einen Wechsel zwischen den Teams vor, damit die erforderliche Anzahl von Zählern abgestimmt auf die verkehrenden Zugkompositionen bereitsteht. Die Messungen werden von einer Fachexpertin aus dem Geschäftsbereich Bahnzugang von SBB Infrastruktur begleitet. Nach Rückkehr in die Schule starten für die zwölf Projektteilnehmer im SBB-Projekt die Auswertearbeiten in den drei Teilprojekten.

Detaillierte Ortsbegehungen (Mittwoch)

Die Morphologie der Publikumsanlagen in Zürich HB mit all seinen Bahnhofsteilen ist nicht nur für Gelegenheitsnutzer kom-

plex. Um ein gemeinsames Verständnis der Projektteilnehmenden zu erlangen, findet am Morgen des dritten Projektstages eine Ortsbegehung aller öffentlich zugänglichen Bahnhofsteile sowie der wichtigsten Umsteigewege statt.

Im Anschluss ist eine Besichtigung geplant: Die Betriebszentrale Ost am Zürcher Flughafen steuert und überwacht als eine von vier SBB-Betriebszentralen den Zugverkehr in der Region. Von den Disponenten und Zugverkehrsleitern ist zu erfahren, welche Rollen und Aufgaben die heutigen Eisenbahner in der Betriebszentrale haben, wie die Pünktlichkeit von Zugfahrten erfasst wird, wie Abweichungen und Verspätungen entstehen und für diesen Fall Kundinnen und Kunden informiert werden. Nach Rückkehr in die Schule sind nun alle Grundlagen für die weitere Datenauswertung in den Teilprojekten vorhanden. Daher stehen bereits Vertiefungen zu einzelnen Teilfragen auf dem Programm.

Datenauswertungen (Donnerstag)

Der vierte Tag der Projektwoche dient neben dem Abschluss der Datenauswertungen bereits der Vorbereitung der Ergebnispräsentationen. Hierzu münden die Verteilung der Abweichungen in der Hauptverkehrszeit (Knotenpunktpünktlichkeit) als Zuschlag zur Umsteigezeit und die Verteilung der Ein- und Aussteiger im Fernverkehr (Fahrgastwechselzahlen) im Design der Umsteigezeiten für diesen Bahnknoten. Den Projektteilnehmenden wird damit die Komplexität des Systems Bahn anhand eigener Felddatenauswertungen verdeutlicht.

Ergebnispräsentation (Freitag)

Den Abschluss der Projektwoche bildet die Präsentation der Ergebnisse für die Teilnehmenden aller Teilprojekte. Dies schult einerseits die Kompetenz, komplexe Inhalte prägnant an Zuhörende ohne spezifische Vorkenntnisse zu vermitteln. Andererseits wird die Dokumentation und Aufbereitung der Projektergebnisse sichergestellt. Pro Teilprojekt wird ein Poster gezeigt, das in mehreren Präsentationsrunden den Teilnehmenden der anderen Projekte näherzubringen ist. Somit hat ein größerer Anteil der Schülerinnen und Schüler die Chance, einen Einblick in die Teilprojekte des SBB-Projekts zu erhalten und ebenso andere Projekte kennenzulernen.

4. Ausgewählte Ergebnisse der Erhebungen

4.1 Ergebnisse der Knotenpunkt-pünktlichkeit

Die Knotenpunkt-pünktlichkeit in Zürich HB wurde für ankommende und abfahrende Züge ausgewertet (Bild 2). Die Klassifizierung der Felddaten erfolgt in Minutengranularität. Bei weniger als drei Minuten Abweichung (≤ 179 Sekunden) gilt ein SBB-Zug als pünktlich. Wird diese Pünktlichkeitsgrenze nach oben verschoben (vergleiche Deutsche Bahn mit 5:59 min Pünktlichkeitsgrenze), so steigt der Anteil der als pünktlich bewerteten Züge. Entsprechend sinkt er bei Verschiebung der Pünktlichkeitsgrenze nach unten.

Für die Messungen in der Hauptverkehrszeit wurde eine Pünktlichkeit von 77 % der ankommenden und 81 % der abfahrenden Züge gemessen. Diese Werte resultieren aus den hohen Verkehrs- und Nachfragezahlen in der Hauptverkehrszeit. Zürich HB wird an Werktagen von mehr als 400 000 Ein- und Aussteigern genutzt [5] und ist darüber hinaus der am stärksten frequentierte öffentliche Platz der Schweiz inklusive eines der umfangreichsten Einkaufszentren. Möchte man in dieser Stichprobe zu 80 % sicher sein, müsste man zur fahrplanmäßigen Ankunftszeit knapp vier Minuten, zur fahrplanmäßigen Abfahrtszeit knapp drei Minuten hinzuzählen. Zu der im Fahrplan angegebenen Minute – mit weniger als 60 Sekunden Fahrplanabweichung – verlassen deutlich mehr Züge den Knotenpunkt als ihn erreichen. Dies zeigt die stabilisierende Wirkung des Knotens: Abweichungen werden tendenziell abgebaut und allenfalls abgeschwächt von ankommenden auf abfahrende Züge übertragen. Dies trägt wesentlich zu einer zuverlässigen Bahnproduktion bei.

Die offizielle Kundenpünktlichkeit der SBB betrug im Jahr 2014 schweizweit 87,7 %. Hierbei ist hervorzuheben, dass die Kundenpünktlichkeit nach Nachfrageströmen gewichtet an relevanten Umsteigeknoten und somit nicht zwangsläufig am Endpunkt des Zuglaufs (Zugpünktlichkeit) erhoben wird. Das verschärft die Pünktlichkeitsbewertung gegenüber internationalen Erfassungsstandards [3] und vergrößert den Aussagegehalt der Pünktlichkeit gegenüber den Kundinnen und Kunden.

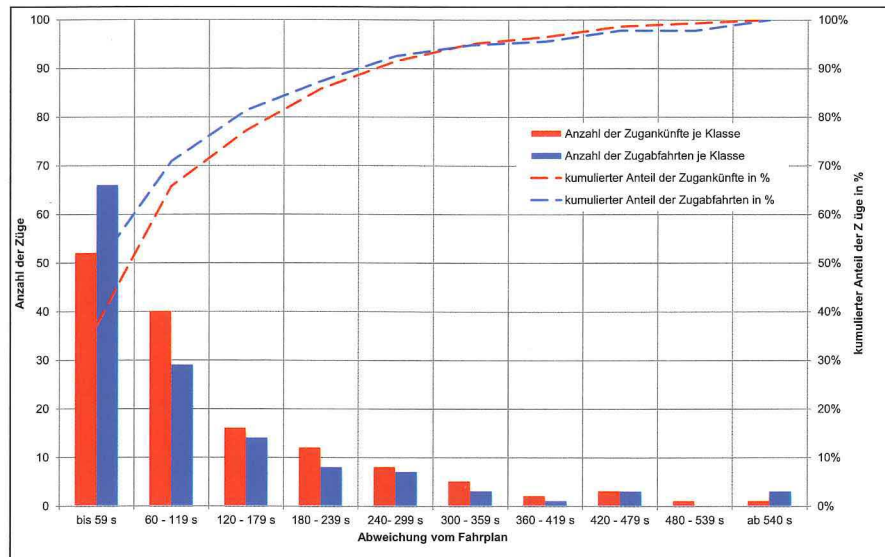


Bild 2: Knotenpunkt-pünktlichkeit der Ankünfte bzw. Abfahrten klassiert und kumuliert

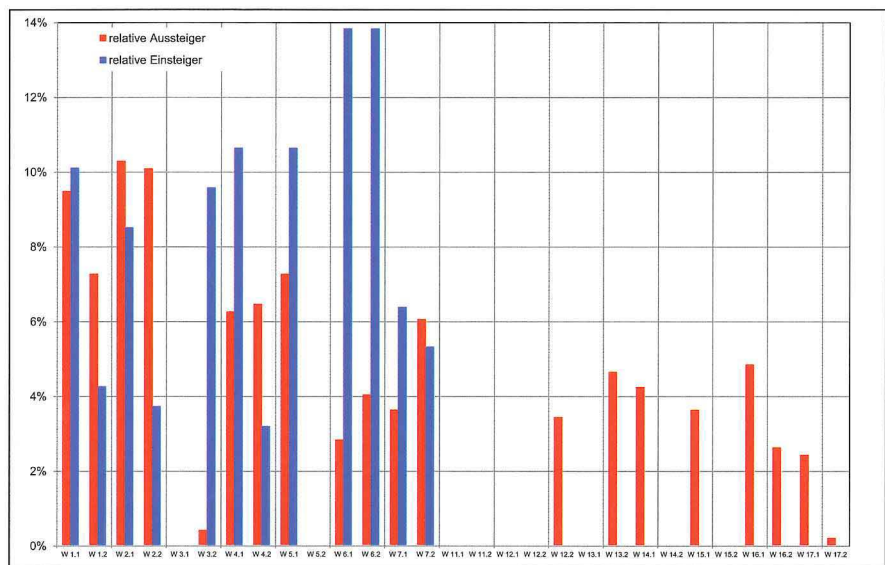


Bild 3: Ein- und Aussteiger am ICN 515 normiert (zweiter ICN in Zürich HB weggestellt)

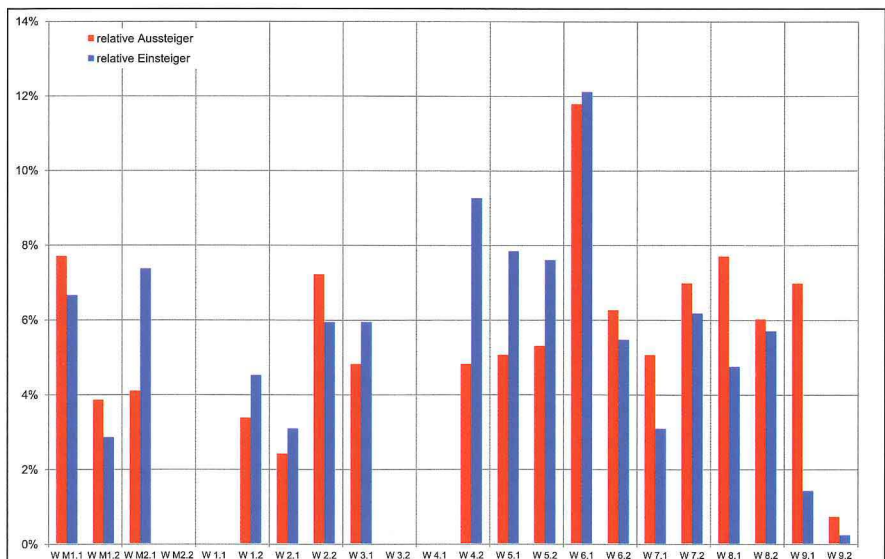


Bild 4: Ein- und Aussteiger am IC 808 normiert

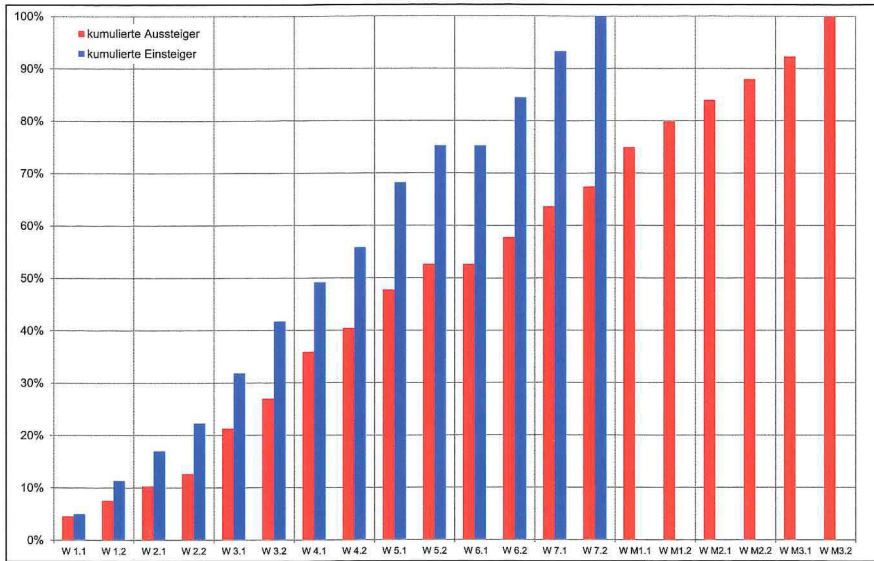


Bild 5: Ein- und Aussteiger am IR 2111 kumuliert und normiert (Modul in Zürich HB weggestellt)

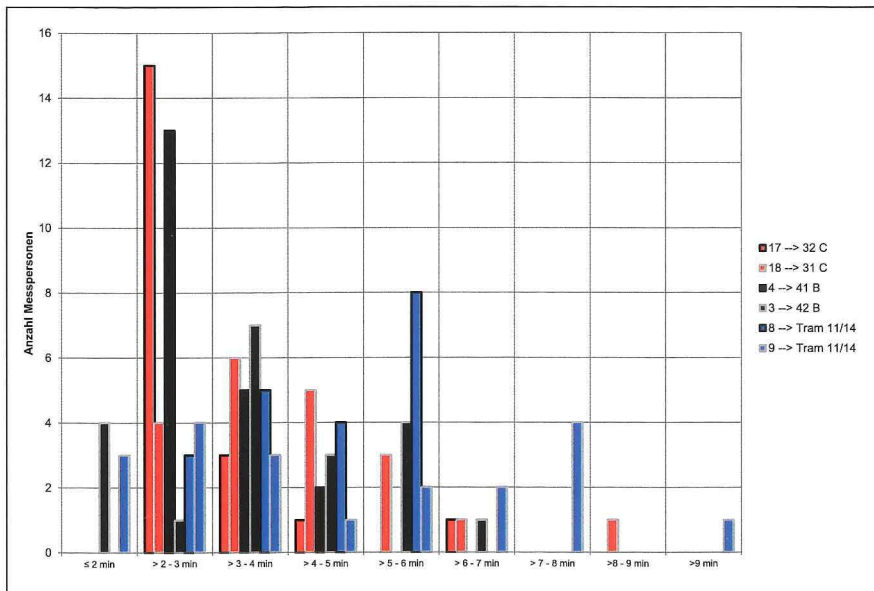


Bild 6: Klassierte Darstellung der Umsteigezeitenmessung zwischen Gleisen verschiedener Bahnhofsteile

4.2 Ergebnisse der Fahrgastwechselzahlen

Die Felddatenerhebung beinhaltet die türscharfe Zählung von sechs Fernverkehrszügen während der Hauptverkehrszeit in Zürich HB. Um Vergleichbarkeit zwischen den Zügen herzustellen, wird die Anzahl der Ein- und Aussteiger auf die Gesamtzahl der ein- bzw. aussteigenden Fahrgäste auf 100 % normiert. Die Darstellungen sind ausgehend vom Querbahnsteig auf Seite Innenstadt visualisiert. Die sichtbaren Lücken beziehen sich auf Wagen, welche nur einen Ein-/Ausstieg haben: Speisewagen, ICN-Wagen mit Gepäckabteil, IC-2000-Endwagen 1. Klasse, EW-IV Wagen 1. Klasse mit Zugführerabteil. In den Bildern 3 bis 5 für je einen der gemessenen

ICN-, IC 2000- und IR-Züge ist die Wagennummer mit „W“ gekennzeichnet, Modulwagen sind mit „W M“ beschriftet.

Ein einheitliches Muster hinter den Verteilungen ist eher nicht nachweisbar. Was auffällt, sind die vergleichsweise wenigen Aus- und Einsteiger außerhalb der Bahnhofshalle (in den Bildern rechts), was die realen Umsteigewege wesentlich verkürzt. In diesem Kontext sei noch auf die weggestellten Verstärkermodule (Zusatzwagen) hingewiesen, welche beim Aufenthalt in Zürich HB keine Einsteiger verzeichnen konnten. Die hohe Anzahl der Aussteiger im weggestellten Teil des ICN 515 deutet auf die für diese Türen günstigere Einstiegssituation an den zurückliegenden Einstiegsbahnhöfen hin. Möchte man beispielweise 80 % der Fahrgäste betrachten,

so genügt es in der Regel, weniger als 80 % der Einstiege (gezählt ab Querbahnsteig) zu evaluieren. In den Nebenverkehrszeiten sollte sich dieser Effekt dank des höheren Sitzplatzangebots im Bereich des zufälligen Einstiegs im Zug verstärken. In der Hauptverkehrszeit werden zwangsläufig längere Wege inner- und außerhalb des Zuges in Kauf genommen, was in Kombination mit der Knotenpunktgenauigkeit in diesen Tageszeiten die gesamte Fahrgastwechselzeit eher vergrößert. Offenbar orientieren sich die Fahrgäste beim Fahrgastwechsel entweder am Einstiegs- oder am Aussteigsbahnhof und minimieren für sich die Wegstrecke.

4.3 Ergebnisse durch Messung der Umsteigezeiten

Die Umsteigezeiten wurden zwischen den Bahnhofsteilen Fernverkehr (Gleise 3 bis 18), Löwenstrasse (Gleise 31 – 34), Museumsstrasse (Gleise 41 – 44) sowie Tram Bahnhofquai mit Stoppuhren gemessen. Das Messkonzept sah hierbei vor, dass die beiden Zählteams jeweils von und zu unterschiedlichen, jedoch sehr gut vergleichbaren Perrons unterwegs sind. Die Messdaten der je zwanzig Personen wurden sowohl als minutenweise klassierte Stichprobe als auch als Summenkurve ausgewertet, vergleiche Bild 6. Die ähnlichen Messungen beider Zählteams erzeugen eine künstliche Streuung innerhalb der Stichproben. Darüber hinaus waren die Zählteams beauftragt, während des Umsteigens ihr Mobiltelefon zu nutzen und Nachrichten zu versenden, um dem Verhalten realer Reisender möglichst nahe zu kommen. Als Umsteigezeiten mit 90 % Sicherheit genügen in diesen Stichproben:

- Fernverkehr (Gleise 3 – 18) – Löwenstrasse (Gleise 31 – 34): 4 – 6 min
- Fernverkehr (Gleise 3 – 18) – Museumsstrasse (Gleise 41 – 44): 4 – 6 min
- Fernverkehr (Gleise 3 – 18) – Tram Bahnhofquai: 6 – 8 min

Aus der Verteilung der Gehgeschwindigkeiten [2] wurde ermittelt, dass ein Fahrgast im Mittel mit einer Geschwindigkeit von 1,34 m/s läuft. Mit dieser Geschwindigkeit konnten die relevanten Umsteigezeiten zwischen den Bahnhofsteilen berechnet werden. Es resultiert eine Matrix, wobei lediglich eine Halbdiaagonale betrachtet wird. Nicht betrachtet wurden in diesem Projekt die Umsteigezeiten zwischen den einzelnen Tramhaltestellen, da der Fokus auf den Fern- und S-Bahn-Umsteigeverbindungen gelegt worden war.

nach		Fernverkehr	Löwenstrasse	Museumsstrasse	SZU	Tram Bahnhofstrasse	Tram Bahnhofquai	Tram Sihlquai
Fernverkehr	Entfernung in m	250	250	250	250	500	600	400
	Gehzeit in s	187	187	187	187	373	448	299
	Zuschlag in s	180	180	180	180	180	180	180
	max. Umsteigezeit in min	6	6	6	6	9	10	8
Löwenstrasse	Entfernung in m		175	250	175	400	600	500
	Gehzeit in s		131	187	131	299	448	373
	Zuschlag in s		180	180	180	180	180	180
	max. Umsteigezeit in min		5	6	5	8	10	9
Museumsstrasse	Entfernung in m			175	400	400	400	375
	Gehzeit in s			131	299	299	299	280
	Zuschlag in s			180	180	180	180	180
	max. Umsteigezeit in min			5	8	8	8	8
SZU	Entfernung in m				20	150	275	500
	Gehzeit in s				15	112	205	373
	Zuschlag in s				180	180	180	180
	max. Umsteigezeit in min				3	5	6	9

Tabelle 2: Maximale Umsteigezeiten mit Pünktlichkeitszuschlag aus Wegmessungen

Die angegebenen maximalen Umsteigezeiten in der Tabelle 2 entsprechen dem maximalen Weg mit mittlerer Gehgeschwindigkeit und Zeitzuschlägen für die (Un-)Pünktlichkeit von pauschal drei Minuten. Real ist mit kürzeren Umsteigewegen zu rechnen, da weder alle Züge im entsprechenden Bahnhofsteil ganz außen halten, noch alle Fahrgäste zum Umsteigen am entferntesten Zugteil ein- bzw. aussteigen. Der Abgleich dieser Werte mit den Messungen widerspiegelt dies: Die berechneten Umsteigezeiten Fernverkehr zu Löwenstrasse und Museumsstrasse liegen im oberen Bereich der gemessenen Spannweite, die berechnete Umsteigezeit vom Bahnhofsteil Fernverkehr zum Tram Bahnhofquai liegt sogar noch darüber. Bei perrongleichen oder perronnahen Anschlüssen sinken die Umsteigezeiten massiv, vgl. die Umsteigebeziehung innerhalb der SZU-Gleise 21/22. Aggregiert auf Bahnhofsteile kann für die maximale Umsteigezeit inklusive Pünktlichkeitszuschlag nunmehr vorgeschlagen werden:

- Zürich HB grundsätzlich: 6 min
- Löwenstrasse von/nach Löwenstrasse und SZU: 5 min
- Museumsstrasse nach Museumsstrasse: 5 min
- Museumsstrasse von/nach SZU: 8 min
- SZU nach SZU: 3 min

Eine nach Bahnhofsteilen differenzierte Betrachtung der (Vollbahn-)Umsteigezeiten stiftet Sinn, sofern keine detaillierteren und somit gleisscharfen Umsteigezeiten verwendet werden sollen. Die insgesamt verkürzten Umsteigezeiten können die Fahrplangestaltung im Zulauf des Knotens Zürich HB leicht entspannen helfen und folglich in der Bahnproduktion zur energieeffizienten homogenen Zu- bzw. Ausfahrt im Knoten Zürich HB Verwendung finden. Damit ließe sich der Umweltvorteil des Systems Bahn weiter ausbauen.

5. Synthese und Fazit

Das Format der Studienwoche eignet sich besonders, um theoretische Fachinhalte an praktischen Beispielen mit externen Partnern zu vermitteln und zu vertiefen. Eine Umfrage unter den teilnehmenden Schülerinnen und Schülern ergab ein Bedürfnis, diese Art Studienwoche auch für nachfolgende Jahrgänge anzubieten. Die Zusammenarbeit mit Praxispartnern und die Erhebung realer Felddaten wurden sehr geschätzt. Die komplexen betriebstechnologischen Zusammenhänge im System Bahn sind prädestiniert, um empirische Untersuchungen durchzuführen und auszuwerten. Die Vorbereitung für eine Messkampagne mit weit über 40 Teilnehmenden ist für die beteiligten Projektpartner aufwändig. Diese Art der Felddaten eignet sich jedoch besonders, um Möglichkeiten und Grenzen einer gezielten Messkampagne anhand der eigenen Daten zu erkennen.

Für Großunternehmen wie der Schweizerischen Bundesbahnen ist die Zusammenarbeit mit Schulen ein wichtiger Baustein, um als sympathisches Unternehmen und auch als potenzieller Arbeitgeber erlebbar zu werden. Der Einsatz zweier Schulklassen als Erfasser einer Stichprobe eignet sich, um einen größeren Feldversuch in endlicher Zeit durchführen und auswerten zu können. Die Analysen der Umsteigebeziehungen zeigen, dass diese – inklusive eines Pünktlichkeitszuschlags – zentral für die Angebotsgestaltung sind. Neben der Präzision der Bahnproduktion in Form des Einflusses auf den Pünktlichkeitszuschlag sollten die Halteplätze mit Bedacht gewählt werden. Vor dem Hintergrund der Aufnahme des Fernverkehrs in der Durchmesserlinie im Dezember 2015 und den via Passage Gessnerallee modifizierten Umsteigewegen zum Bahnhofsteil Museumsstrasse könnten sich dort Verlegungen von Halteplätzen für Kurzzüge

der Nebenverkehrszeit anbieten, für die Gleise 41/42 die Verlegung des Halteplatz 100-m-Züge auf heutigen Halteplatz 200-m-Züge. Für die Gleise 43/44 den Halteplatz für 100-m-Züge auf heutiges hinteres Ende des Halteplatzes 100-m-Züge und Halteplatz 200-m-Züge auf heutigen Halteplatz 100-m-Züge zurückverlegen. Dies würde helfen, reale Umsteigewege zu kürzen, die Dauer der Teilprozesse im Abfertigungsprozess zu reduzieren und die Pünktlichkeit weiter zu steigern.

Die Wegweisung an Knotenbahnhöfen wie Zürich HB ist komplex und insbesondere für Ortsunkundige eine nicht immer triviale Herausforderung. Die Dimensionierung der Umsteigezeiten, basierend auf gemessenen Wegstrecken und -zeiten zwischen den Bahnhofsteilen, könnte eine interessante Alternative zum heute konstanten Planwert von sieben Minuten darstellen. Die Differenzierung der Umsteigezeiten nach Bahnhofsteilen ist somit ein vielversprechender und zu vertiefender Ansatz, wie die empirische Erhebung mit dem Gymnasium Unterstrass eindrucksvoll belegt.

LITERATUR

- [1] unterstrass.edu: Leitbild 2008, Zürich, 2008
- [2] Weidmann, Ulrich: Bahninfrastrukturen (Verkehr II), Vorlesungsskript ETH Zürich, 2012
- [3] Schranil, Steffen und Weidmann, Ulrich: Monitoring des Störergeschehens in Bahnsystemen, V+T Verkehr und Technik, 03/2012
- [4] Schranil, Steffen und Weidmann, Ulrich: Störungsprognosen in der Bahnproduktion, V+T Verkehr und Technik, 06/2013
- [5] SBB AG Kommunikation: Die SBB in Zahlen und Fakten 2014, Bern, 2015