

Sehr geehrte/ Leserin, Leser!

Der FSV-Verkehrstag 2012 findet heuer am 21. Juni 2012 statt – er wird aufgrund des sehr guten Zulaufes erstmals in einem größeren Veranstaltungshotel in Wien abgehalten werden, der auch eine Ausstellungsfläche für interessierte Fachaussteller bietet.

Der Verkehrstag liefert einen Gesamtüberblick über die in der FSV derzeit in Entwicklung stehenden

Richtlinien, die den Stand der Technik darstellen (werden). Speziell wird auf die eisenbahnspezifischen Richtlinien eingegangen werden, die in der Forschungsgesellschaft ausgearbeitet werden.



Dipl.-Ing.
Martin Car

Das Besondere an der Veranstaltung ist der breit angelegte Themenbereich (Planung, Bau, Betrieb), der für alle im Verkehrswesen Tätigen einen sehr guten Überblick über das aktuelle Fachgeschehen im Bereich Schiene und Straße darstellt.

Wir wollen damit unserer Jahrestagung noch mehr Gewicht verleihen – der stetige Zulauf zu dieser Veranstaltung ermunterte uns, an eine Erweiterung zu denken. Diese erfolgte einerseits durch das breitere Spektrum (Aufnahme weiterer, bahnspezifischer Themenbereiche), andererseits durch die Möglichkeit, aktuelle Firmeninformationen in einem überschaubaren Rahmen, aber für fachspezifische Entscheidungsträger, anzubieten. Die FSV erhofft sich damit eine zusätzliche Attraktivität für die Besucher – Mitglieder der FSV können bekanntlich kostenlos teilnehmen.

Ich hoffe Sie am 21. Juni am FSV-Verkehrstag in Wien zu sehen!

Dipl.-Ing. Martin Car,
Generalsekretär der FSV

Beschreibung der Masterarbeit „Nachfrageorientierte Liniennetzoptimierung am Beispiel Graz“



Dipl.-Ing.
Stefan Walter

Unter einer Liniennetzoptimierung versteht man die Neuordnung der Linienführungen im öffentlichen Verkehr, um entweder unter Verwendung der bestehenden Mittel ein Maximum an Nutzen oder mit einem Minimum an Mitteleinsatz denselben Nutzen wie im Bestand zu erzielen.

Grundlage für diese Arbeit ist ein multimodales, stundenfeines Verkehrsmodell, welches an der Technischen Universität Graz erstellt wurde und den Großraum Graz umfasst. Das Modell (300 Verkehrszellen im Grazer Stadtgebiet) ermöglicht auf Basis von Wegeketten eine stundenfeine, extrem feingliedrige Modellierung von ÖV und IV inklusive Wege- und Verkehrsmittelwahl, womit die Untersuchung von ÖV-Planungen auf Fahrplanebene überhaupt erst erfolgen kann. Im Rahmen der vorliegenden Masterarbeit wurde dieses Modell erstmals einer praktischen Anwendung zugeführt.

Das Untersuchungsgebiet dieser Arbeit sind die Buslinien im Südwesten der Landeshauptstadt Graz, welche seit 1977 immer wieder Änderungen unterworfen waren, jedoch nie einer grundsätzlichen Neukonzeption des gesamten Liniennetzes unterzogen wurden. Der Untersuchungsgegenstand war, mit den bestehenden Mitteln ein Maximum an Nutzen zu erzielen, wobei die Definition dieses Nutzens im Zuge der Arbeit festzulegen war.

Der Arbeit ging eine umfangreiche Studie voraus, die sich insbesondere mit drei Teilbereichen befasste: Methoden der Liniennetzoptimierung, bereits durchgeführte Liniennetzoptimierungen und Kennzahlen zur Beschreibung der Qualität öffentlicher Verkehrsmittel.

Zunächst sind strategische Entscheidungen bereits vor Erstellung eines Liniennetzes zu treffen. Sie umfassen unter anderem die Taktfamilie, die Grundform des Liniennetzes, die Philosophie der Linienbildung und die Wahl dezentraler Umsteigeknoten und beeinflussen wesentlich die Struktur des generierten Liniennetzes.

Die Methodiken für Liniennetzoptimierungen lassen sich in drei Bereiche gliedern: Intuitivverfahren, die auf Basis von Nachfragedaten „händisch“, also primär aufgrund der Erfahrung planender Personen auf eine Optimierung des Liniennetzes abzielen, Eröffnungsverfahren, welche halbautomatisch die Erstellung eines optimierten Liniennetzes aufgrund von Optimierungsalgorithmen ermöglichen sowie Verbesserungsverfahren, welche ein Liniennetz durch Variation und Neukombination schrittweise optimieren.

Für die Durchführung der Liniennetzoptimierung selbst wurde aus den untersuchten Verfahren das Linienvorschlagsverfahren nach Nökel ausgewählt. Dieses zeichnet sich durch vollkommene Transparenz der Ergebnisse, eine sehr gute Dokumentierbarkeit der einzelnen Schritte sowie eine dennoch sehr große Unabhängigkeit der Ergebnisse von persönlichen Einschätzungen des Anwenders aus. Dadurch, dass der Algorithmus auf der in dieser Masterarbeit verwendeten Verkehrsmodellierungsoftware (VISUM) aufbaut, war zudem eine gute Integration zwischen Verkehrsmodell und Optimierungsalgorithmus möglich. Das Linienvorschlagsverfahren generiert auf einem „leeren Stadtplan“ (ein Liniennetz, in welchem nur Linien außerhalb des Untersuchungsgebietes sowie unveränderliche Linien bestehen) automatisch Buslinien zwischen allen bestehenden Endstationen, führt bei jeder einzelnen eine Verkehrsumlegung durch und bewertet die Linie

nach einer Reihe von Kennzahlen, die im Rahmen der Studie erarbeitet und aufgrund des Grazer Verkehrsverhaltens gewichtet wurden. Die „beste“ Linie wird dabei ausgewählt und den unveränderlichen Linien zugeschlagen. Damit kann ab dem zweiten Durchgang bereits die Netzwirkung (Umsteiger zwischen den „neuen“ Linien) berücksichtigt werden. Die Methode wird abgebrochen, sobald die Betriebskosten des Bestandsnetzes erreicht werden.

Die Methode nach Nökel wurde dabei wesentlich modifiziert, um den Eigenschaften eines stark vermaschten Liniennetzes mit großer Flächenwirkung gerecht zu werden: Statt einer Reduktion der Nachfrage um jene Fahrgäste, die auf bereits erstellten Linien verkehren, wurde in jedem Arbeitsschritt die gesamte Nachfrage berücksichtigt, um Routenwahlveränderungen durch Effekte der Netzwirkung neuer Linien abbilden zu können. Die Verhinderung paralleler Linienführung erfolgte daher im Rahmen der Linienbewertung manuell.

Für die Beurteilung bereits durchgeführter Liniennetzoptimierungen wurden fünf Städte bereist (Brüssel, Dortmund, Wiesbaden, München und Innsbruck) und mit Verantwortlichen der Verkehrsunternehmen sowie mit Planern zweier weiterer Liniennetzoptimierungen (Saarbrücken und Dubai) vertiefte Interviews über die Methodiken, die Datengrundlage und die Erfahrungen mit optimierten Liniennetzen geführt.

Das wesentliche Ergebnis dieser Interviews war, dass eine algorithmusgestützte Liniennetzoptimierung bislang noch nie durchgeführt wurde, alle bisherigen Optimierungen also rein intuitiv erfolgten. Verkehrsmodelle wurden jedoch in den meisten Fällen als wesentliches Planungsinstrument verwendet. Hierbei zeigte sich, dass für Graz im Vergleich ein sehr weit

entwickeltes Verkehrsmodell zur Verfügung steht, in welchem wesentliche Unzulänglichkeiten anderer Verkehrsmodelle (zu grobe räumliche und zeitliche Einteilung, Mangel an wichtigen Strukturdaten, fehlende Kalibrierungsmöglichkeiten) ausgemerzt sind. Ein weiterer Punkt, der sich bei allen untersuchten Liniennetzoptimierungen zeigte, war die unbedingte Notwendigkeit, den gesamten Planungsprozess mit Bürgerbeteiligung zu begleiten, um eine breite Akzeptanz der üblicherweise recht gravierenden Änderungen zu erzielen. Insbesondere die Städte München und Innsbruck erreichten durch die intensive Bürgerbeteiligung, dass die einmal erstellten Liniennetze nach Einführung nicht mehr überarbeitet werden mussten und von Beginn an erfolgreich waren. Die Erhebung von Kennzahlen, die die Qualität des öffentlichen Verkehrs beschreiben, ergab, dass es einerseits wesentliche Unterschiede in der Bewertung verschiedener Parameter (hierbei insbesondere zwischen einerseits angelsächsischen und andererseits kontinentaleuropäischen und asiatischen Verkehrswissenschaften) gibt, gleichzeitig aber wesentliche Parameter (insbesondere die Bewertung der Intervallqualität und der Betriebszeiten) von nur wenigen, angelsächsischen Studien beschrieben wurden. Deshalb mussten eigene Bewertungsverfahren eingeführt werden, um die unterschiedlichen Zugänge vergleichbar zu machen. Die Kennzahlen wurden dann in zwei Bereiche eingeteilt: Einerseits „absolute Kennzahlen“, welche jedem Szenario eine Kennzahl für jedes einzelne Kriterium zuweisen und es damit,

unabhängig von der Netzstruktur, vergleichbar machen. Andererseits „relative Kennzahlen“, welche sich aus einem Vergleich der Kennzahlen zweier Szenarien, dies jedoch relationsbezogen, ergeben. Dies geschah aus dem Grund, dass mit den „absoluten“ Kennzahlen keine Aussage über regional unterschiedliche Auswirkungen von Maßnahmen getroffen werden kann, während „relative“ Kennzahlen keine eindeutige Beurteilung der gesamtheitlichen Auswirkungen verschiedener Szenarien ermöglichen. Für die Durchführung der Liniennetzoptimierung wurden dann sechs Hauptszenarien entworfen: Ein Nullszenario (der Bestand), wie er im Verkehrsmodell hinterlegt ist, ein Kontrollszenario, in welchem das Bestandsliniennetz mit der Linien- und Fahrplankonstruktionslogik des Algorithmus modelliert wurde, zwei mittels Algorithmus erstellte Planfälle (einmal mit einem Grundintervall von 10 und einmal von 15 Minuten) sowie zwei mittels Intuitivverfahren erstellte Planfälle (ebenfalls mit zwei verschiedenen Grundintervallen). Das Null- und das Kontrollszenario dienen hierbei dazu, die Qualitätssteigerung durch die Planfälle zu beschreiben, während die händisch erstellten Planfälle dazu dienen, die Sinnhaftigkeit der Anwendung von Optimierungsalgorithmen zu hinterfragen. Anhand der zuvor erstellten absoluten Kennzahlen wurden alle Szenarien bewertet, wobei die Kernaussage ist, dass jedes Planszenario bessere Ergebnisse liefert als der Bestand. Besonders sticht dabei hervor, dass sich die durchschnittliche Reisezeit im Planungsgebiet um durchschnittlich eine Minute re-

duziert. Die in dieser Kategorie besten drei Szenarien (die beiden algorithmusgestützten sowie ein händisch erstelltes) wurden danach einem weiteren Vergleich mittels relativer Kennzahlen unterzogen. Es zeigte sich, dass in beiden Fällen ein algorithmusgestützt erstelltes Szenario die besten Ergebnisse erzielte, jedoch keine Aussage darüber gemacht werden kann, ob der 10- oder der 15-Minuten-Grundtakt besser ist. Eine Vereinheitlichung auf das gesamte Grazer Liniennetz ist jedoch bedeutend einfacher möglich, wenn der Südwesten bereits auf eine einheitliche Taktfamilie gebracht wurde. Eine Gewichtung zwischen den absoluten und relativen Kennzahlen ist aus verkehrsplanerischer Sicht nicht möglich, da die beiden Bewertungen unterschiedliche Parameter unter unterschiedlichen Gesichtspunkten untersuchen. Eine Gewichtung ist jedoch im Rahmen eines Bürgerbeteiligungsverfahrens im Zuge einer etwaigen Umsetzung sinnvoll erstellbar. Insbesondere sei an dieser Stelle gesagt, dass weder absolute noch relative Kennzahlen eine Aussage darüber geben können, wie gut ein Liniennetz politisch umsetzbar ist und welche Auswirkungen eine Liniennetzreform auf die öffentliche Meinung hat. Wie am Beispiel Wiesbaden ersichtlich, können selbst Negativschlagzeilen an anderen

Schauplätzen (z.B. der Einsatz von Privatfirmen auf städtischen Buslinien) die Effekte einer Liniennetzreform überdecken und eine Bewertung des Erfolges verunmöglichen. Abschließend sei gesagt, dass mit der Erstellung dieser Arbeit ein Versuch gewagt wurde, die aktuellen Optimierungsansätze zu vergleichen und einen davon auch auf ein reales Netz anzuwenden. Durch die Verwendung marktüblicher Modellierungssoftware konnte zudem eine ingenieurwissenschaftliche Basis geschaffen werden, auf der in Zukunft Liniennetzoptimierungen durchgeführt werden können. Das Bewertungsgerüst für Liniennetze, insbesondere die absoluten Kennzahlen, kann für die Bewertung von Liniennetzentwürfen, aber auch für die Abschätzung der Auswirkungen einzelner Linienänderungen auf das Gesamtnetz verwendet werden, womit ein objektives Bewertungskriterium zur Verfügung steht. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Ansatz algorithmusgestützter Liniennetzoptimierung insbesondere mit feingliedrigen Verkehrsmodellen ein ausgezeichnetes Instrument zur Verbesserung des Verkehrsangebotes ist, welches unbedingt weiterzuverfolgen ist.
Dipl.-Ing. Stefan Walter
stefan.walter@tugraz.at

In der nächsten Ausgabe ...
... finden Sie weitere Berichte zu neuen Richtlinien und Vorschriften für das Eisenbahnwesen.

FSV-aktuell Schiene:
„Österreich-Teil“ und offizielles Organ des Bereichs Schiene der Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße · Schiene · Verkehr (FSV)
FSV-Geschäftsstelle:
A-1040 Wien, Karlsgasse 5
Tel.: +43 1 5855567 · Fax: +43 1 5855567 - 99
E-Mail: office@fsv.at · http://www.fsv.at
Schriftleitung:
Dipl.-Ing. Claudia Österbauer
(Kommentare, Anregungen, Beitragsideen etc. erwünscht!)
Weitere Informationen und Bestellmöglichkeit der Publikationen der FSV auf www.fsv.at.
Bei Bestellungen im EU-Raum bitte Ihre UID bekannt geben (in Deutschland = DE + 9 Ziffern), da Sie so die MwSt. sparen können.
Abonnementpreis der Zeitschrift ETR – Eisenbahntechnische Rundschau für FSV-Mitglieder ermäßigt!

Veranstaltungen und Seminare

**FSV-Jahrestagung
Verkehrstag 2012**
mit Fachausstellung
21. Juni 2012
Austria Trend Parkhotel Schönbrunn Wien, Hietzinger Hauptstraße – 10 – 14, 1130 Wien

**FSV-Infonachmittag
Leistungsbild Vermessungswesen und Geoinformation**
13. Juni 2012
FSV, Karlsgasse 5, 1040 Wien