



# ABSCHLUSSBERICHT

## TRANSFER VON METHODEN AUS DER VERKEHRSWISSENSCHAFT IN DEN VERKEHRSBETRIEB AM BEISPIEL DER SOZIALVERTRÄGLICHEN URLAUBSPLANUNG IM FAHRDIENST UND DER KUNDENORIENTIERTEN LINIENPLANUNG

Dresden, 2011

Auftragnehmer: Technische Universität Dresden Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ Institut für Luftfahrt und Logistik Professur für Verkehrsströmungslehre	Kennzeichen: 03WWSN037
Auftragsbezeichnung: Transfer von Methoden aus der Verkehrswissenschaft in den Verkehrsbetrieb am Beispiel der sozialverträglichen Urlaubsplanung im Fahrdienst und der kundenorientierten Linienplanung	
Laufzeit des Auftrags: Bewilligungszeitraum: 01. 11. 2007 – 31. 10. 2010 Geplante Laufzeit: 01. 11. 2007 – 31. 10. 2010	
Berichtszeitraum: 01. 11. 2007 – 31. 10. 2010	
Autoren des Berichtes: Dipl.-Ing. Sigrun Deweiß, M.O.R. Dipl.-Ing. Michael Rittner	



# Inhaltsverzeichnis

I	Kurzdarstellungen .....	1
I.1	Aufgabenstellung .....	1
I.2	Voraussetzungen, unter denen das Projekt durchgeführt wurde .....	1
I.3	Planung und Ablauf des Projektes.....	3
I.4	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde.....	10
I.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	12
II	Eingehende Darstellungen .....	12
II.1	Erzielte Ergebnisse .....	12
II.2	Voraussichtlicher Nutzen, insb. Verwertbarkeit der Ergebnisse .....	14
II.3	Während der Durchführung des Projektes bekannt gewordene Fortschritte auf dem Projektgebiet bei anderen Stellen .....	16
II.4	Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Projektergebnisses .....	16
	Literaturverzeichnis.....	19

# **I KURZDARSTELLUNGEN**

## **I.1 AUFGABENSTELLUNG**

Das Gesamtziel des Vorhabens war die Entwicklung von Prozessen und Strukturen zur effizienten Übertragung von aktuellen und praxisnahen Forschungserkenntnissen in die Unternehmenspraxis von regionalen Verkehrsunternehmen des öffentlichen Personennahverkehrs. Exemplarisch sollten wissenschaftliche Entwicklungen im Bereich der Dienstleistungsproduktion der Nutzung im Tagesgeschäft zugeführt werden. Das Projekt, das Unternehmen aus der Softwareindustrie, Unternehmen aus anwendenden Verkehrsunternehmen und Einrichtungen der anwendungsnahen Forschung zusammenführt, sollte Grundlage und Muster für den Aufbau langfristiger Kooperationen sein.

An zwei Beispielen, der sozialverträglichen Urlaubsplanung im Fahrdienst (Teilprojekt I) und der kundenorientierten Linienplanung (Teilprojekt II), sollte der Wissenstransfer in die Unternehmenspraxis, die Festigung und Schaffung von Industriekooperationen und die Förderung der Investitionsbereitschaft von Industriepartnern in Hochschulkooperationen demonstriert werden.

## **I.2 VORAUSSETZUNGEN, UNTER DENEN DAS PROJEKT DURCHGEFÜHRT WURDE**

Allgemein:

Die beteiligten Professuren verfügen bereits über Erfahrungen aus Kooperationen mit Industrieunternehmen. In Transferprojekten konnten Forschungsergebnisse erfolgreich der wirtschaftlichen Nutzung zugeführt werden.

Als Kooperationspartner für das Projekt konnten sowohl Anwender (DVB AG, LVB GmbH) als auch Hersteller von Software für Verkehrsunternehmen (id systeme GmbH, PTV AG) gewonnen werden.

Teilprojekt I (sozialverträgliche Urlaubsplanung):

Die Jahresurlaubsplanung für die Fahrerinnen und Fahrer eines Verkehrsunternehmens ist eine komplexe Aufgabe. Die Komplexität ist durch die hohe Anzahl an Fahrerinnen und Fahrern mit unterschiedlichen Qualifikationen sowie eine Vielzahl von Randbedingungen begründet. Die Fahrerinnen und Fahrer haben in der Regel sehr individuelle Präferenzen.

Diese sind insbesondere von der jeweiligen Familiensituation (z. B. schulpflichtige Kinder) abhängig. Seitens der Planung muss stets gewährleistet sein, dass hinreichend viele Fahrerinnen und Fahrer zur Aufrechterhaltung des Fahrdienstes vorhanden sind. Dabei ist u. a. zwischen Straßenbahn- und Buslinienverkehr zu differenzieren, da nur ein Teil der Fahrerinnen und Fahrer eine Fahrerlaubnis für beide Verkehrsmittel besitzt. Ferner ist darauf zu achten, dass die Urlaubspläne "gerecht" sind. Beispielsweise ist einer Fahrerin nach Möglichkeit Urlaub während der Weihnachtsfeiertage zu gewähren, wenn sie im Vorjahr während der Weihnachtszeit im Dienst war.

Derzeit wird die Urlaubsplanung im Fahrdienst sehr zeitaufwendig manuell durchgeführt. Aufgrund der Komplexität der Problemstellung ist davon auszugehen, dass nur eine suboptimale Lösung erzielt werden kann. Das Einpflegen von Änderungswünschen gestaltet sich in der Regel sehr schwierig und bindet zudem erhebliche Ressourcen. Die Analyse von mehreren alternativen Lösungen ist daher zumeist nicht praktikabel.

In der verkehrswissenschaftlichen Forschung sind dagegen erhebliche Fortschritte im Rahmen der Personalplanung erzielt worden. So sind hierzu innovative mathematische Planungsmodelle formuliert und zu deren Lösung leistungsfähige Methoden entwickelt worden. Diese Planungsansätze sind insbesondere auch zur Lösung von Problemstellungen praxisrelevanter Größenordnung geeignet. Zur unmittelbaren Anwendung in Unternehmen sind in der Regel aber erhebliche Integrationsleistungen erforderlich, die trotz ihrer Komplexität aus wissenschaftlicher Sicht zumeist von untergeordneter Bedeutung sind.

Teilprojekt II (kundenorientierte Linienplanung):

Das zweite Teilprojekt beschäftigt sich mit der Liniennetzoptimierung. Ziel war es, ein Programm zu entwickeln, mit dem es möglich ist, Liniennetzpläne im ÖPNV zu generieren. Die besondere Herausforderung war ein praxistaugliches Produkt zu entwickeln, das in hinnehmbarer Zeit sowohl das Verhalten der Fahrgäste als auch die Anforderungen der Verkehrsunternehmen abbildet.

Innerhalb der Professur für Verkehrsströmungslehre wurde dazu schon vor Projektbeginn eine umfangreiche, modular aufgebaute Programmbibliothek zur Leistungserstellung und Optimierung im Verkehrswesen (LINOP) entwickelt. Dieses Programmsystem wird bei Diplom- und Doktorarbeiten sowie im Forschungsbereich eingesetzt. In verschiedenen Projekten konnten damit bereits Prototypen entwickelt werden, die an der Professur für

weitere Auftragsforschung angewendet bzw. weiterentwickelt werden. Jedoch fehlten vor Projektbeginn noch die Möglichkeiten, diese Programmbibliothek in kommerzielle und praxistaugliche Produkte zu integrieren und auch eine prototyphafte Integration in ein kommerzielles Produkt hatte bisher nicht stattgefunden.

### I.3 PLANUNG UND ABLAUF DES PROJEKTES

Das Gesamtprojekt wurde entsprechend der Transfer-Beispiele in zwei Teilprojekte geteilt. Für beide Teilprojekte wurden zunächst Arbeitspakete (AP) geplant. Innerhalb aller Arbeitspakete sollten neben den darin definierten Teilaufgaben immer auch allgemeine Prozessen und Strukturen zur effizienten Übertragung von aktuellen und praxisnahen Forschungserkenntnissen in die Unternehmenspraxis entwickelt und erprobt werden. Während der Projektlaufzeit wurde versucht, die Arbeitspakete möglichst umfassend zu bearbeiten. Dabei mussten Einschränkungen bezüglich des Umfangs der einzelnen Arbeitspakete gemacht werden, da aufgrund der Mittelkürzungen der ursprüngliche Arbeitsplan nicht in vollem Umfang realisierbar war.

Das Projekt wurde gemeinsam mit folgenden KMU bearbeitet:

KMU	TÄTIGKEITSBEREICH IM PROJEKT (GEPLANT)	
Dresdner Verkehrsbetriebe AG (DVB AG)	Ausarbeitung Anforderungsprofile, Testdatenbereitstellung, Testbegleitung, Ergebnisbewertung, Vorhaben- und Ergebniskommunikation in der ÖPNV-Branche	
Leipziger Verkehrsbetriebe GmbH (LVB GmbH)		
id systeme GmbH	Anpassung von Datenstrukturen und Bedienoberflächen, Bereitstellung von Schnittstellen, Einbindung der an der TU zu entwickelnden Softwarebausteine	Teilprojekt I
PTV AG Dresden		Teilprojekt II
Attalo Ltd.	Marketing, langfristig Haftungsrisikoübernahme, Wartung und Support	

Insbesondere durch:

- die Beteiligung der id systeme GmbH, die sowohl öffentliche als auch private Verkehrsdienstleister zu ihren Kunden zählt und in Deutschland mit der Software PERDIS das Personaldispositionssystem mit der größten Verbreitung im öffentlichen Verkehr herstellt und vertreibt, sowie
- der Beteiligung der PTV AG, deren Verkehrsplanungssoftware VISUM die weltweit führende Software für Verkehrsanalysen und Prognosen im Verkehrs- und Transportbereich ist,

konnte gesichert werden, dass innerhalb des Vorhabens in beiden Teilprojekten auch aus wirtschaftlicher Sicht an den neuesten technischen Stand angeknüpft werden kann.

Seitens der TU Dresden (TU) waren zwei Professuren am Projekt beteiligt. Intern wurden die Verantwortlichkeiten für die einzelnen Teilprojekte zwischen den beteiligten Professuren der Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ der TU Dresden wie folgt aufgeteilt:

- Teilprojekt I: Professur für Betriebswirtschaftslehre, insb. Verkehrsbetriebslehre und Logistik
- Teilprojekt II: Professur für Verkehrsströmungslehre

Im Folgenden wird kurz für die einzelnen Teilprojekte auf die geplanten Arbeitspakete und deren Ablauf eingegangen.

Teilprojekt I (sozialverträgliche Urlaubsplanung):

- AP 1.1 Identifikation der Nutzeranforderungen:  
Die Identifikation der Nutzeranforderungen sollte mit Hilfe der beteiligten Verkehrsbetriebe und basierend auf Informationen der id systeme GmbH über Wünsche weiterer Kunden (Verkehrsunternehmen) erfolgen. Dazu wurden mehrere Projekttreffen durchgeführt. Die DVB AG hat eine repräsentative Umfrage unter dem eigenen Fahrpersonal zu Anforderungen an ein vollautomatisches Jahresurlaubsprogramm durchgeführt und dadurch mit uns insbesondere die Nutzeranforderungen aus Sicht des Urlaub beantragenden Personals erarbeitet. Die LVB GmbH hat hauptsächlich basierend auf den Erfahrungen und Hinweisen, die ihre Systembetreuer des Personaldispositionssystems PERDIS bekommen haben, die Identifikation der Nutzeranforderungen voran-

getrieben und dabei in Zusammenarbeit mit uns insbesondere die Nutzeranforderungen aus Sicht des Personals (und damit auch Urlaub) verwaltenden und genehmigenden Personals erarbeitet. Außerdem konnte über die id systeme GmbH (hauptsächlich im Rahmen einer von der id systeme GmbH durchgeführten „PERDIS Anwenderkonferenz“) Kontakt zu weiteren potentiellen Nutzern aus dem Verkehrsbereich aufgenommen werden und somit konnten auch Anregungen und Wünsche weiterer Verkehrsunternehmen berücksichtigt werden. Die id systeme GmbH hat dann jeweils gemeinsam mit uns aus den ermittelten Nutzeranforderungen diejenigen herausgesucht, die mit einem realistischen Aufwand innerhalb des Projektes umgesetzt werden können.

- AP 1.2 Anpassung der Datenmodelle:

Basierend auf den Ergebnissen aus AP 1.1 waren umfangreiche Anpassungen der Datenmodelle sowohl beim Softwarebaustein der TU Dresden als auch beim Personaldispositionsprogramm PERDIS der id systeme GmbH nötig. Bei der id systeme GmbH mussten für einige für die Urlaubsplanung neu benötigten Daten daneben auch mehrere Benutzeroberflächen angepasst werden, damit alle benötigten Daten eingelesen werden können und neu generierte Daten den Benutzern angezeigt werden können. Da in AP 1.1 mehr Nutzeranforderungen als bei Projektbeginn erwartet identifiziert wurden, erforderte AP 1.2 mehr Arbeitsaufwand als geplant, konnte aber trotzdem innerhalb der Projektlaufzeit erfolgreich abgeschlossen werden.

- AP 1.3 Modifikation der Planungsalgorithmen:

Ausgehend von den vorhandenen Planungsansätzen und unter Berücksichtigung der in AP 1.1 identifizierten Nutzeranforderungen mussten innerhalb dieses Arbeitspaketes die vorhandenen Planungsalgorithmen modifiziert und weiterentwickelt werden. Dies beinhaltete auch die innerhalb der Projektlaufzeit fertig gestellte Neuimplementierung der veränderten Planungsalgorithmen zumindest für eine Basisversion.

- AP 1.4 Systemintegration:

Innerhalb dieses Arbeitspaketes wurden die Eingangs- und die Ausgangsschnittstellen zwischen dem Softwarebaustein der TU Dresden und dem Programm PERDIS definiert, umgesetzt und getestet. Dies ist Basis dafür, dass der Softwarebaustein der TU Dresden in das Programm PERDIS integriert werden kann. Damit aber der Softwarebaustein der TU Dresden flexibel genug bleibt, um später auch mit vertretbarem Anpassungsaufwand in weiteren Anwendungsprogrammen und anderen Branchen genutzt werden zu können, wurde als Integrationslösung ein Add-On-Ansatz verfolgt. Dabei können aus

PERDIS heraus die Daten exportiert, der Softwarebaustein der TU Dresden gestartet und anschließend die Ergebnisdaten wieder importiert werden, ohne dass der Endnutzer direkt mit dem Softwarebaustein der TU Dresden interagieren muss.

- AP 1.5 System- und Benutzertests:

Zu den Systemtests gehören einerseits die Tests der Schnittstellen und andererseits die Tests des häufig angepassten Softwarebausteins der TU Dresden. Zur Durchführung der Systemtests wurde zunächst an der TU Dresden ein Testdatengenerator für automatische Tests entwickelt. Mit diesem können Testdaten in der Form, wie sie für die Eingangsschnittstellen benötigt werden, generiert werden. Mittels dieser Testdaten konnte der Softwarebaustein der TU Dresden zumindest funktional ausgiebig getestet werden. Zum Test der Eingangsschnittstellen hat die id systeme GmbH außerdem mit der von sich in PERDIS neu implementierten Schnittstelle zufällig Testdaten generiert. Mittels Tests mit diesen Testdaten konnten Missverständnisse bei der Eingangsschnittstellen-Definition aufgedeckt und behoben werden. Zum Test der Ausgangsschnittstellen wurden von uns Testdaten mittels des Softwarebausteins der TU Dresden und sowohl mittels des Testdatengenerators als auch mittels der uns zum Eingangsschnittstellentest von der id systeme GmbH zur Verfügung gestellten Testdaten erzeugt und an die id systeme GmbH weitergegeben. Dadurch zeigte sich, dass die Schnittstellen für Parallelläufe von Urlaubsplanungsrechnungen verschiedener Abteilungen von Verkehrsunternehmen noch angepasst werden mussten. Die Anpassungen konnten für eine Basisversion sowohl im Softwarebaustein der TU Dresden als auch in PERDIS erfolgreich umgesetzt werden. Neben der Durchführung von Tests mit zufällig generierten Testdaten konnten gemeinsam von der id systeme GmbH und der DVB AG auch Vergangenheitsdaten einer älteren Jahresurlaubsplanung für einen automatischen Software- und Schnittstellentest aufgearbeitet werden, bei dem neben einer funktionalen Überprüfung auch eine inhaltliche Überprüfung der erzeugten Ergebnisse möglich war. Dadurch ergab sich ein weiterer Anpassungsbedarf. So stellte sich heraus, dass auf der einen Seite mit gesetzlichen Urlaubstagen gerechnet wurde und auf der anderen Seite diese als Urlaubstage seitens der Fahrer (Urlaubstage und sonstige dienstfreie Tage im Urlaubszeitraum) interpretiert wurden. Aber auch diese Probleme konnten behoben werden und am Ende konnten funktional und inhaltlich einwandfreie Tests zumindest mit den vergangenheitsbezogenen Daten durchgeführt werden.

Im Anschluss an die Tests mit automatisch generierten Testdaten und mit vergangenheitsbezogenen Daten wurden schließlich in Zusammenarbeit mit der id systeme GmbH und der DVB AG erste halbautomatische Tests mit von realen Mitarbeitern für die Jahresurlaubsplanung 2010 eingegebenen Urlaubswünschen durchgeführt.

Grund für nur halbautomatische Tests war folgendes Problem:

Die id systeme GmbH hatte die Programmerweiterungen und –anpassungen in der (zukünftigen) Version 7.4 der Personalplanungssoftware PERDIS implementiert. Die DVB AG als erster Testpartner arbeitete aber damals noch mit der (alten) Version 7.2 von PERDIS. Ein direkter Wechsel von Version 7.2 sofort auf die Testversion 7.4 war kurzfristig jedoch nicht möglich. Die DVB AG musste daher zunächst ihren Datenbestand in Version 7.3 übertragen. Dieser Versionswechsel wurde damals bei der DVB AG vorbereitet, konnte aber nicht mehr rechtzeitig vor Urlaubsplanungsbeginn für das Jahr 2010 abgeschlossen werden. Um dennoch reale Testdaten zu erhalten und um damit zumindest das Optimierungstool zu testen und betriebliche Schnittstellentests durchführen zu können, mussten die Urlaubswünsche der Fahrer und Fahrerinnen in der geplanten Form dafür bei der DVB AG manuell aufgenommen und bei der id systeme GmbH manuell innerhalb einer dortigen Software-Testumgebung eingepflegt werden. Da eine manuelle Datenerfassung für alle Fahrerinnen und Fahrer der DVB AG zu aufwendig und nicht praktikabel gewesen wäre, wurden in Zusammenarbeit mit der Personalabteilung der DVB AG und dem Betriebsrat Testgruppen definiert, die die Grundgesamtheit der Fahrerinnen und Fahrer repräsentativ vertreten konnten. Durch diesen zusätzlichen Aufwand haben sich die damit noch durchführbaren Programmtests verzögert und der betriebliche Dateneingabetest muss verschoben werden, bis der Versionswechsel abgeschlossen ist.

Damit werden sich auch die an diesen Test anschließenden Problemfalltests bei der LVB GmbH dementsprechend verschieben, da ein kurzfristiger Wechsel von DVB AG und LVB GmbH als Erst- und Zweittester nicht möglich ist

- AP 1.6 Benutzerdokumentation:

Beim Arbeitspaket „AP 1.6 Benutzerdokumentation“ werden bisher lediglich einige Änderungen auf Seiten der id systeme GmbH beschrieben, eine ausführliche Dokumentation geschieht dann parallel zu den weiteren Benutzertests, wenn klar ist, welche Komponenten und Bedienelemente in welcher Form eine ausführliche schriftliche Erklärung benötigen und welche Funktionalitäten mittels einer „Hilfe-Funktion“

programmseitig genügend erklärt werden. Aufgrund von Verzögerungen im Projektablauf ist AP 1.6 leider noch nicht vollständig abgeschlossen. Es ist aber davon auszugehen, dass AP 1.6 innerhalb des nächsten Jahres vollständig abgeschlossen werden kann, sobald alle weiteren Benutzertests stattgefunden haben.

Da der Softwarebaustein der TU Dresden vom Konzept her unabhängig von einer direkten Benutzerinteraktion angelegt ist, ist dafür keine ausführliche Benutzerdokumentation notwendig. Hier müssen lediglich die Schnittstellen dokumentiert werden. Für die fertiggestellte Basisversion liegt diese Schnittstellendokumentation für zukünftige Anwendungen mit von PERDIS verschiedenen Personaldispositionsprogrammen vor. Bei PERDIS selbst sind alle nötigen Schnittstellen für die Basisversion implementiert.

- Sonstiges:

Bei der Projektdurchführung stellte sich heraus, dass ein weiteres Arbeitspaket „AP 1.7 Erarbeitung eines Vertrages zur Nutzung des Softwarebausteines der TU Dresden innerhalb von fremden Personaldispositionsprogrammen“ sinnvoll und nötig gewesen wäre. Aufgrund des Fehlens dieses Arbeitspaketes konnten AP 1.5 und AP 1.6 innerhalb der Projektlaufzeit leider nicht abgeschlossen werden. Wir sind aber zuversichtlich, dass dieses während der Planung vergessene AP 1.7 innerhalb der nächsten Monate noch nachgeholt werden kann. Auf die Auswirkungen der dadurch bedingten Projektverzögerung wird in Abschnitt II noch genauer eingegangen.

Daneben fehlte in der Planung noch ein Arbeitspaket „AP 1.8 Vermarktung“. Die darin anfallenden Aufgaben konnten allerdings größtenteils nebenher bearbeitet werden. So wurde der Softwarebaustein der TU Dresden auf der jährlich stattfindenden Anwenderkonferenz unseres Projektpartners id systeme GmbH vorgestellt, um so, neben einer fundierten Anforderungsanalyse, den Bekanntheitsgrad des Vorhabens und somit des Softwarebausteins der TU Dresden erheblich zu steigern.

Außerdem wurde, in Folge des Projektes, durch die LVB GmbH eine Softwareerweiterung von PERDIS bei der id systeme GmbH in Auftrag gegeben. Dafür wurde durch die LVB GmbH erarbeitet, welche Softwareerweiterungen die id systeme GmbH neben den für den Softwarebausteins der TU Dresden zwingend benötigten vornehmen muss, damit neben der automatischen Jahresurlaubsplanung für das Fahrpersonal auch die Urlaubsplanung für andere Unternehmensmitarbeiter entsprechend automatisiert stattfinden kann (z. B. ist bei einigen Mitarbeitern keine aufwendige Optimierungsrechnung nötig, sondern lediglich eine Urlaubsgenehmigung). Die Aufträge für diese

Softwareerweiterungen an sich werden durch die LVB AG auf deren Kosten ausgelöst, da diese Arbeiten nur bedingt dem Wissenstransfer zwischen Wirtschaft und Wissenschaft zugeordnet werden können und im Projekt keine reine Unternehmensförderung stattfinden soll.

Teilprojekt II (kundenorientierte Linienplanung):

- AP 2.1 Marktanalyse:

In diesem Arbeitspaket ist in Zusammenarbeit mit der PTV AG eine Analyse der Kundenwünsche eines Softwaretools zur Entscheidungsunterstützung bei der Liniennetzplanung erfolgt. Dazu wurden verschiedenen Verkehrsunternehmen sowie Aufgabenträgern die Programmideen und Hintergründe erläutert und es wurde erfragt, welche speziellen Anforderungen bzw. Wünsche an ein solches Programm bestehen. Die Reaktionen darauf waren überwiegend positiv.

- AP 2.2 Modellierung:

Auf Basis der Marktanalyse und eigener Ideen sollten möglichst alle Wünsche der Kunden in das bestehende Modell integriert werden. Als Ergebnis sollte ein funktionales Feinkonzept des Programms „LINOP“ vorliegen. Die Modellierung geschah auf graphentheoretischer Basis in Form eines gemischt-ganzzahligen linearen Optimierungsprogramms. Als Lösungsverfahren wurde eigens ein Spaltengenerierungsverfahren entwickelt, das zur effizienten Lösung auch praktische Eigenheiten des ÖPNV berücksichtigt. Neben der Optimierung musste natürlich auch eine Schnittstelle zu dem Programm VISUM entworfen werden. Dazu leistete uns der Projektpartner PTV AG die nötige Hilfestellung, u. A. in Form einer persönlichen Schulung.

- AP 2.3 Implementierung und Test:

Die Implementierung erfolgte zweigeteilt. Die Schnittstelle bedient sich einer Skriptsprache und ist direkt im Programm VISUM, welches die Eingangsdaten liefert, bedienbar. Das eigentliche Optimierungsprogramm ist ein externes Programm und dadurch auch nicht unbedingt auf das Verkehrsplanungsprogramm VISUM angewiesen. Da sich das Lösungsverfahren nicht trivial gestalten lässt, war die Implementierung, besonders von nachträglichen Wünschen, eine besondere Herausforderung.

Für die Programmtests hat der Projektpartner DVB AG alle notwendigen Daten zur Verfügung gestellt. Zusammen mit der PTV AG und der DVB AG wurden die Ergebnisse der Testläufe sowie die sich ggf. daraus resultierenden Programmänderungen regel-

mäßig beraten. Im späteren Projektverlauf konnte auch der Stadtverkehr Tübingen für Programmtests gewonnen werden.

- AP 2.4 Integration in die PTV Software-Umgebung:

Dieses Arbeitspaket sollte maßgeblich von der PTV AG in Kooperation mit der Professur für Verkehrsströmungslehre durchgeführt werden. Durch die Verzögerung bei der Einstellung eines Mitarbeiters für dieses Forschungsvorhaben und Verzögerungen bei der Implementierung des überaus anspruchsvollen Lösungsverfahrens konnte dieses Arbeitspaket nicht abgeschlossen werden. Jedoch konnte durch dieses Projekt eine längerfristige Partnerschaft mit den Projektpartnern erreicht werden, da ein gegenseitiges Interesse vorhanden ist. Gespräche zur möglichen Integration in die PTV-Software-Umgebung dauern noch an.

## **I.4 WISSENSCHAFTLICHER UND TECHNISCHER STAND, AN DEN ANGEKNÜPFT WURDE**

Teilprojekt I (sozialverträgliche Urlaubsplanung):

wissenschaftlicher Stand:

Die Jahresurlaubsplanung, wie sie von den meisten in Deutschland tätigen ÖPNV-Unternehmen bei einer vollautomatischen Planung gewünscht wird, war auf wissenschaftlicher Ebene kaum beachtet. Wissenschaftlich basiert das Vorhaben daher auf intern an der Professur für BWL, insb. Verkehrsbetriebslehre und Logistik, angefertigten wissenschaftlichen Arbeiten und Untersuchungen, die teilweise schon gemeinsam mit dem Projektpartner DVB AG durchgeführt wurden.

Insbesondere ist dabei zu nennen:

Reinsch, A 2007, Fachkonzept zur EDV-gestützten automatisierten Urlaubsplanung und -abstimmung für Fahrdienstmitarbeiter unter Berücksichtigung von verkehrlichen, mitarbeiterbezogenen und dispositiven Faktoren, unveröffentlichte Diplomarbeit, Technische Universität Dresden, Deutschland.

technischer Stand:

Es konnten lediglich Urlaubsdaten verwaltet werden, eine automatische Urlaubsplanung war mit den bei ÖPNV-Unternehmen in Deutschland eingesetzten Personaldispositionsprogrammen nicht möglich.

Da der wissenschaftliche Stand, an den dieses Projekt angeknüpft, ein an der Professur für Betriebswirtschaftslehre, insb. Verkehrsbetriebslehre und Logistik, entwickeltes Modell ist, und auf technischer Seite vor Projektbeginn keine Planungssoftware existierte, auf die aufgebaut werden konnte, werden Rechte Dritter nicht verletzt.

Teilprojekt II (kundenorientierte Linienplanung):

Neben Diplomarbeiten am eigenen Lehrstuhl kann folgende Fachliteratur angegeben werden:

Nachtigall, K, Jerosch, K 2008, "Simultaneous Network Line Planning and Traffic Assignment", 8. Workshop für "Algorithmic Approaches for Transportation Modeling, Optimization, and systems" (ATMOS 2008), Karlsruhe, 18. 09. 2008.

Da der wissenschaftliche und technische Stand, an den dieses Projekt angeknüpft, ein an der Professur für Verkehrsströmungslehre entwickeltes Modell bzw. Programm ist, werden Rechte Dritter nicht verletzt.

Für beide Teilprojekte wurde zur Ermittlung des wissenschaftlichen Standes vor Projektbeginn zusätzlich wiederholt eine Internetrecherche in gängigen Literatur-Datenbanken durchgeführt und es wurden Tagungen zu ähnlichen oder benachbarten Forschungsgebieten besucht. Der technische Stand vor Projektbeginn konnte außerdem für beide Teilprojekte durch die beteiligten Projektpartner, die aufgrund ihrer starken Marktposition einen vollständigen Überblick über verwendete Software im Bereich der Personaldisposition bzw. der Linienplanung haben, verifiziert werden.

## **I.5 ZUSAMMENARBEIT MIT ANDEREN STELLEN**

Teilprojekt I (sozialverträgliche Urlaubsplanung):

Neben den Projektpartnern fand insofern eine Zusammenarbeit mit anderen Stellen statt, als dass auch weitere ÖPNV-Unternehmen, die das Personaldispositionsprogramm PERDIS der Firma id systeme GmbH nutzen, zu ihren Wünschen für ein vollautomatisches Jahresurlaubsprogramm befragt wurden.

Teilprojekt II (kundenorientierte Linienplanung):

Eine Zusammenarbeit mit anderen Stellen, neben den Projektpartnern bzw. dem Stadtverkehr Tübingen, fand nicht statt.

## **II EINGEHENDE DARSTELLUNGEN**

### **II.1 ERZIELTE ERGEBNISSE**

Teilprojekt I (sozialverträgliche Urlaubsplanung):

Ergebnis von Teilprojekt I ist eine ausbaufähige Basisversion eines Softwarebausteins der TU Dresden zur vollautomatischen Jahresurlaubsplanung, der über Schnittstellen von kommerziellen, auf dem Markt existierenden Personaldispositionsprogrammen aus zur Jahresurlaubsplanung benutzt werden kann.

Durch den Softwarebaustein der TU Dresden ist es möglich, für das Fahrpersonal von ÖPNV-Unternehmen vollautomatisch einen Jahresurlaubsplan zu generieren, bei dem

- rechtliche (z. B. Urlaubsansprüche, Mindesturlaubsdauern)
- unternehmensbezogene (z. B. Unterscheidung der Mitarbeiter nach Qualifikationen, Urlaubskapazitäten für Mitarbeiter verschiedener Qualifikationen, Berücksichtigung örtlicher Einsatzgebiete, Berücksichtigung vorhandener Diensteinteilungen) und
- mitarbeiterbezogene (z. B. zwischenmenschliche Beziehungen zwischen Mitarbeitern, Präferenz von Urlaub in der Schulferienzeit bei Mitarbeitern mit schulpflichtigen Kindern)

Belange berücksichtigt werden können.

Durch die enge Zusammenarbeit sowohl mit der id systeme GmbH als führendem Hersteller von Personaldispositionssoftware für ÖPNV-Unternehmen als auch mit ÖPNV-Unternehmen, insb. LVB GmbH und DVB AG als Projektpartner, konnte sichergestellt werden, dass neben dem aktuellen wissenschaftlichen Stand auch wirtschaftliche Belange, Wünsche von Softwareherstellern und Wünsche von ÖPNV-Unternehmen (eigentliche Endkunden) in vollem Umfang berücksichtigt werden konnten.

Damit der Softwarebaustein zeitnah in der Praxis verwendet werden kann, wurden bei PERDIS, dem Personaldispositionsprogramm der id systeme GmbH, alle zur Urlaubsdatenerfassung benötigten Erweiterungen der Benutzerschnittstellen und alle zur Bedienung des Softwarebausteins der TU Dresden notwendigen Schnittstellen bereits implementiert.

Teilprojekt II (kundenorientierte Linienplanung):

Mit dem weiterentwickelten Programm (LINOP) ist es nun möglich ein Liniennetz mit den entsprechenden Takten der einzelnen Linien zu entwickeln, welches am besten den wichtigsten Kriterien der Fahrgäste genügt. Dazu zählt eine möglichst kurze Reisezeit, eine geringe Anzahl an Umsteigevorgängen aber auch die Einhaltung bestimmter Platzkapazitäten in den Fahrzeugen. Für die Verkehrsunternehmen wichtig ist die Einhaltung eines definierten Budgets für die Durchführung des Verkehrs. Dieses Budget bildet die Umlaufminuten ab, die wiederum proportional zu den Kosten für Fahrzeuge und Personal sind. Zusätzlich wurde die Möglichkeit der Betrachtung eines kilometerabhängigen Budgets vorbereitet, so dass neben den fahrzeugabhängigen Kosten auch Energie bzw. Verschleißkosten in die Optimierung einfließen können.

Es konnte also ein Optimierungsprogramm zur Liniennetzplanung (LINOP) mit Berücksichtigung der wesentlichen Wünsche und Ansprüche der Praxis entwickelt werden. Mit diesem Programm ist es möglich praxisrelevante (große) Liniennetze zu optimieren. Dies konnte bisher nur „händisch“, also mit dem Sachverstand eines Verkehrsplaners erfolgen. So sind nun wesentlich mehr mögliche Linienvarianten bzw. Netze in ihrer Wirkung auf den Fahrgast und die Wirtschaftlichkeit hin untersuchbar. Es handelt sich hierbei natürlich um Vorschläge für Liniennetze, die der Anwender nach Belieben modifizieren kann. Das war und bleibt ein wichtiger Wunsch der Praxisseite.

Ein weiterer wesentlicher Fortschritt, der durch dieses Forschungsvorhaben erreicht werden konnte, ist der Einsatz von LINOP in das Verkehrsplanungssystem VISUM der PTV

AG (Projektpartner). So können fast alle notwendigen Informationen für die Liniennetzoptimierung durch eine Schnittstelle verwendet werden. Durch die Bereitschaft der DVB AG (ebenfalls Projektpartner), alle notwendigen Informationen zum Testen von LINOP bereitzustellen und das Projekt zu begleiten, wurden viele Verbesserungsvorschläge und Wünsche der späteren Anwender gewonnen.

Mit diesem Forschungsvorhaben konnte das Interesse an diesem Programm bei der Praxis geweckt werden. Tests für die Entscheidung einer kommerziellen Anwendung erfolgen derzeit.

## **II.2 VORAUSSICHTLICHER NUTZEN, INSB. VERWERTBARKEIT DER ERGEBNISSE**

Teilprojekt I (sozialverträgliche Urlaubsplanung):

Bei Teilprojekt I ist geplant, den im Rahmen des Projektes an der TU Dresden entwickelten Softwarebaustein zur automatischen Jahresurlaubsplanung kommerziell zu verwerten.

Dafür soll voraussichtlich entweder

- direkt mit der id systeme GmbH ein Vertrag abgeschlossen werden, der es der id systeme GmbH ermöglicht, den Softwarebaustein der TU Dresden als zusätzliches Modul gemeinsam mit dem existierenden Personaldispositionssystem PERDIS zu vertreiben oder alternativ
- eine Vereinbarung mit der Attalo Ltd. getroffen werden, wobei diese dann, wie im Projektantrag geplant, für den Softwarebaustein der TU Dresden das Marketing und den Vertrieb sowie eine langfristige Haftungsrisikoübernahme, Wartung und Support übernimmt.

In beiden Fällen ist geplant, dass die daraus resultierenden Einnahmen verwendet werden, um sowohl den Softwarebaustein der TU Dresden zur Jahresurlaubsplanung weiterentwickeln zu können und damit die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu intensivieren als auch nötige Investitionen für Folgeprojekte zum Transfer von Wissen aus der Wissenschaft in die Wirtschaft, wie z. B. Lizenzen und mobile Rechner mit genügend Leistungsvermögen zur Demonstration aktueller Prototypen bei Wirtschaftsunternehmen, finanzieren zu können.

Neben diesem direkten Nutzen für die TU Dresden haben die Ergebnisse auch einen gesamtgesellschaftlichen und ökonomischen Nutzen. So können durch eine effizientere

Jahresurlaubsplanung Ausgaben von ÖPNV-Unternehmen sowohl bei der Jahresurlaubsplanung als auch bei der Ressourcenvorhaltung gesenkt werden, so dass auf diese Weise mehr Mittel für Investitionen von ÖPNV-Unternehmen zur Verfügung stehen. Außerdem ist zu erwarten, dass sozialverträglichere Jahresurlaubspläne einen positiven Einfluss auf die Mitarbeiterzufriedenheit des Fahrpersonals von ÖPNV-Unternehmen haben, was häufig auch eine Senkung des Krankenstandes und einen Anstieg in der Servicefreundlichkeit und damit auch in der Kundenzufriedenheit zur Folge hat.

Teilprojekt II (kundenorientierte Linienplanung):

Der wünschenswerte Nutzen des Forschungsprojektes ist natürlich die kommerzielle Verwertung des Programms. Auf jeden Fall konnte bei der Praxis ein Interesse für solch ein bisher eher theoretisches Verfahren geweckt werden. Einerseits konnten wirtschaftliche Belange in die wissenschaftliche Forschung übernommen werden (siehe AP 2.1), andererseits konnte bei der Wirtschaft ein Anreiz geschaffen werden, bei zukünftigen Entwicklungsvorhaben auf dem Gebiet der kundenorientierten Linienplanung mit wissenschaftlichen Einrichtungen im Verbund zu agieren und Erkenntnisse aus der Wissenschaft auf diese Weise schneller in der Praxis verfügbar zu machen.

Der Nutzen dieses Teilprojektes besteht in einer effizienteren und effektiveren Planung von Liniennetzen für die Verkehrsunternehmen, was auf der einen Seite dem Kunden in Form von kürzeren Reisezeiten bzw. weniger Umsteigevorgängen nutzt und auf der Unternehmenseite einen besseren Einsatz der Betriebsmittel ermöglicht. Somit ist von einer Verwertbarkeit der erzielten Ergebnisse auszugehen.

Für beide Teilprojekte hat sich durch dieses Forschungsprojekt die Zusammenarbeit mit den Projektpartnern nachhaltig intensiviert, so dass von weiteren gemeinsamen Projekten ausgegangen werden kann. Insgesamt ist davon auszugehen, dass eine wirtschaftliche Anschlussfähigkeit des Projektes bestehen wird.

## **II.3 WÄHREND DER DURCHFÜHRUNG DES PROJEKTES BEKANNT GEWORDENE FORTSCHRITTE AUF DEM PROJEKTGEBIET BEI ANDEREN STELLEN**

Es sind bisher von dritter Seite keine Entwicklungen bekannt geworden, die für die Durchführung des Projektes relevant sind.

Aufgrund des Charakters des geförderten Projektes (Transfer von bekannten Methoden in die Wirtschaft) sind die wichtigsten Informationsquellen dazu aus technischer Sicht die beteiligten Unternehmen. Da die meisten Verkehrsunternehmen Standardsoftware einsetzen, bei der ohne Einbindung der Entwickler der Standardsoftware kein Zugriff auf die vorhandenen Datenstrukturen möglich ist, kann es ohne Wissen dieser Entwickler keine relevanten FE-Ergebnisse auf dem Gebiet geben. Im öffentlichen Personen-Nahverkehr ist PERDIS von der Firma id systeme GmbH das Dispositionssystem mit der größten Verbreitung. Die Firma id systeme GmbH ist jedoch Partner dieses Projektes, so dass relevante FE-Entwicklungen bekannt wären.

Von der Entwicklung neuer Methoden in der Wissenschaft ist für das Teilprojekt I nichts bekannt (Internetrecherche in gängigen Datenbanken und Gespräche mit internationalen Experten auf dem Gebiet der Personalplanung unter anderem bei mehreren Fachtagungen). Für Teilprojekt II gilt dies analog, außerdem wurde auf wissenschaftlicher Seite eine Literaturrecherche bekannter Verfahren bzw. Modelle zur Liniennetzoptimierung durchgeführt.

## **II.4 ERFOLGTE ODER GEPLANTE VERÖFFENTLICHUNGEN DES PROJEKTERGEBNISSES**

Teilprojekt I (sozialverträgliche Urlaubsplanung):

Erfolgte Veröffentlichungen:

- Vorträge:

Deweß, S 2008, "Sozialverträgliche Jahresurlaubsplanung für den Fahrdienst von Verkehrsbetrieben", 18. Workshop für Quantitative Betriebswirtschaft (QBWL), Reimlingen, 03.-06. März 2008.

Haase, K 2008, "Annual holiday planning for the crew of a local public transport company", Column Generation 2008 (International Workshop on Column Generation), Aussois, Frankreich, 17.-20. Juni 2008.

Haase, K 2008, "Transfer von Methoden aus der Verkehrswissenschaft in den Verkehrsbetrieb am Beispiel der Urlaubsplanung für den Fahrdienst", Veranstaltung der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft (DVWG), Dresden, 06. 11. 2008.

Deweß, S 2009, "Socially acceptable annual holiday planning for the crew of a local public transport company in Germany", 11<sup>th</sup> International Conference on Advanced Systems for Public Transport (CASPT 2009), Hong Kong, China, 20.-22. Juli 2009.

Deweß, S 2009, "Sozialverträgliche Jahresurlaubsplanung für den Fahrdienst von Verkehrsbetrieben", PERDIS Anwenderkonferenz 2009, Hamburg, 13.-14. Oktober 2009.

- Publikationen:

Dewess, S 2009, "Socially acceptable annual holiday planning for the crew of a local public transport company in Germany", *Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Advanced Systems for Public Transport (CASPT09)*, 20.-22. Juli 2009, Hong Kong, China.

Dewess, S 2010, "Socially acceptable annual holiday planning for the crew of a local public transport company in Germany", *Public Transport*, Jg. 2, Heft 1, S. 25-49.

#### Teilprojekt II (kundenorientierte Linienplanung):

Zusammen mit den Projektpartnern ist bereits eine Pressemitteilung an alle relevanten Medien in unserem Fachbereich geschickt worden. Darüber hinaus werden wir mit den Projektpartnern zusammen einen Artikel in einer Fachzeitschrift mit den erzielten Ergebnissen veröffentlichen um das Programm LINOP bzw. das Forschungsprojekt weiter bekannt zu machen.

- Vorträge:

Rittner, M, Nachtigall, K 2009, "Modeling a simultaneously line network and schedule optimization in public transport", 23<sup>rd</sup> European Conference on Operational Research (EURO Conference), Bonn, 5.-8. Juli 2009.

Rittner, M, Nachtigall, K 2009, "Simultane Liniennetz- und Fahrlagenoptimierung", Fachvortrag, 22. Verkehrswissenschaftliche Tage, Dresden, 28.-29. September 2009.

Müller, T, Rittner, M 2010, "Innovative Verfahren zur Entwicklung neuer Liniennetze für den Stadtverkehr Tübingen", Fachvortrag, Stadtwerke Tübingen, Tübingen, 2010.

Rittner, M 2010, "Kundenorientierte Linienplanung", Fachvortrag, 20. PTV Vision Anwenderseminar, Karlsruhe, 21.-22. Oktober 2010.

- Publikationen:

Nachtigall, K, Jerosch, K 2008, "Simultaneous Network Line Planning and Traffic Assignment", 8. Workshop für "Algorithmic Approaches for Transportation Modeling, Optimization, and systems" (ATMOS 2008), Karlsruhe, 18. 09. 2008.

Rittner, M, Nachtigall, K 2009, "Simultane Liniennetz- und Taktfahrlagenoptimierung", *EI Der Eisenbahningenieur*, Jg. 60, Heft 6, S. 6-10.

Müller, T, Opitz, J, Rittner, M 2011, "Weiterentwicklung eines linearen Liniennetzoptimierungsmodells mit Hilfe entscheidender Kenntnisse aus der Betriebspraxis – Umsetzung für die Anwendung", HEUREKA '11 - Optimierung in Verkehr und Transport (Tagungsdokumentation zur HEUREKA '11 vom 16./17. März in Stuttgart), FGSV Verlag, Köln.

Daneben ist bei beiden Teilprojekten geplant, die Projekte und Projektergebnisse im Rahmen zweier Promotionsverfahren zu veröffentlichen.

# LITERATURVERZEICHNIS

Deweß, S 2008, "Sozialverträgliche Jahresurlaubsplanung für den Fahrdienst von Verkehrsbetrieben", 18. Workshop für Quantitative Betriebswirtschaft (QBWL), Reimlingen, 03.-06. März 2008.

Deweß, S 2009, "Socially acceptable annual holiday planning for the crew of a local public transport company in Germany", 11<sup>th</sup> International Conference on Advanced Systems for Public Transport (CASPT 2009), Hong Kong, China, 20.-22. Juli 2009.

Dewess, S 2009, "Socially acceptable annual holiday planning for the crew of a local public transport company in Germany", *Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Advanced Systems for Public Transport (CASPT09)*, 20.-22. Juli 2009, Hong Kong, China.

Deweß, S 2009, "Sozialverträgliche Jahresurlaubsplanung für den Fahrdienst von Verkehrsbetrieben", PERDIS Anwenderkonferenz 2009, Hamburg, 13.-14. Oktober 2009.

Dewess, S 2010, "Socially acceptable annual holiday planning for the crew of a local public transport company in Germany", *Public Transport*, Jg. 2, Heft 1, S. 25-49.

Haase, K 2008, "Annual holiday planning for the crew of a local public transport company", Column Generation 2008 (International Workshop on Column Generation), Aussois, Frankreich, 17.-20. Juni 2008.

Haase, K 2008, "Transfer von Methoden aus der Verkehrswissenschaft in den Verkehrsbetrieb am Beispiel der Urlaubsplanung für den Fahrdienst", Veranstaltung der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft (DVWG), Dresden, 06. 11. 2008.

Müller, T, Opitz, J, Rittner, M 2011, "Weiterentwicklung eines linearen Linienoptimierungsmodells mit Hilfe entscheidender Kenntnisse aus der Betriebspraxis – Umsetzung für die Anwendung", HEUREKA '11 - Optimierung in Verkehr und Transport (Tagungsdokumentation zur HEUREKA '11 vom 16./17. März in Stuttgart), FGSV Verlag, Köln.

Müller, T, Rittner, M 2010, "Innovative Verfahren zur Entwicklung neuer Liniennetze für den Stadtverkehr Tübingen", Fachvortrag, Stadtwerke Tübingen, Tübingen, 2010.

Nachtigall, K, Jerosch, K 2008, "Simultaneous Network Line Planning and Traffic Assignment", 8. Workshop für "Algorithmic Approaches for Transportation Modeling, Optimization, and systems" (ATMOS 2008), Karlsruhe, 18. 09. 2008.

Reinsch, A 2007, Fachkonzept zur EDV-gestützten automatisierten Urlaubsplanung und – abstimmung für Fahrdienstmitarbeiter unter Berücksichtigung von verkehrlichen, mitarbeiterbezogenen und dispositiven Faktoren, unveröffentlichte Diplomarbeit, Technische Universität Dresden, Deutschland.

Rittner, M, Nachtigall, K 2009, "Simultane Liniennetz- und Taktfahrlagenoptimierung", *El Der Eisenbahningenieur*, Jg. 60, Heft 6, S. 6-10.

Rittner, M, Nachtigall, K 2009, "Modeling a simultaneously line network and schedule optimization in public transport", 23<sup>rd</sup> European Conference on Operational Research (EURO Conference), Bonn, 5.-8. Juli 2009.

Rittner, M, Nachtigall, K 2009, "Simultane Liniennetz- und Fahrlagenoptimierung", Fachvortrag, 22. Verkehrswissenschaftliche Tage, Dresden, 28.-29. September 2009.

Rittner, M 2010, "Kundenorientierte Linienplanung", Fachvortrag, 20. PTV Vision Anwenderseminar, Karlsruhe, 21.-22. Oktober 2010.

## **Danksagung**

Für die Förderung des Projektes „Transfer von Methoden aus der Verkehrswissenschaft in den Verkehrsbetrieb am Beispiel der sozialverträglichen Urlaubsplanung im Fahrdienst und der kundenorientierten Linienplanung“ möchten wir uns beim Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und beim Bundesministerium des Inneren ganz herzlich bedanken.

Besonderer Dank gebührt auch dem Projektträger Jülich, der unser Projekt während der gesamten Projektlaufzeit ausgezeichnet betreute und die erforderlichen Umplanungen stets unbürokratisch ermöglichte.

Dieses Projekt wurde vom BMVBS bzw. BMI unter der Referenznummer 03WWSN037 gefördert und vom Projektträger Jülich betreut.