

Hermann, Christina

**Working Paper**

## Die kombinierte Touren- und Personaleinsatzplanung von Pflegediensten. Teil 1: Literatur und Modell

Diskussionsbeiträge aus dem Institut für Wirtschaft und Verkehr, No. 1/2014

**Provided in Cooperation with:**

Technische Universität Dresden, "Friedrich List" Faculty of Transport and Traffic Sciences, Institute of Transport and Economics

*Suggested Citation:* Hermann, Christina (2014) : Die kombinierte Touren- und Personaleinsatzplanung von Pflegediensten. Teil 1: Literatur und Modell, Diskussionsbeiträge aus dem Institut für Wirtschaft und Verkehr, No. 1/2014, Technische Universität Dresden, Fakultät Verkehrswissenschaften, Dresden

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/96921>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*



**TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN**

Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“

# **DISKUSSIONSBEITRÄGE AUS DEM INSTITUT FÜR WIRTSCHAFT UND VERKEHR**

**NR. 1/2014**

**CHRISTINA HERMANN**

## **DIE KOMBINIERTE TOUREN- UND PERSONAL- EINSATZPLANUNG VON PFLEGEDIENSTEN**

### **TEIL 1: LITERATUR UND MODELL**

**HERAUSGEBER: DIE PROFESSOREN DES  
INSTITUTS FÜR WIRTSCHAFT UND VERKEHR  
ISSN 1433-626X**

**In den Diskussionsbeiträgen aus dem Institut für Wirtschaft und Verkehr der TU Dresden erscheinen in zeitlich loser Folge verkehrswirtschaftliche Arbeiten von allgemeinem Interesse. Die Diskussionsbeiträge enthalten Vorträge, Auszüge aus Diplomarbeiten, interessante Seminararbeiten, verkehrswirtschaftliche Thesenpapiere, Übersichtsarbeiten, ebenso wie Beiträge, die zur Veröffentlichung in referierten Zeitschriften vorgesehen sind. Allen Beiträgen gemeinsam ist wissenschaftliche Fundierung und wissenschaftlicher Anspruch, jedoch je nach Zweck des jeweiligen Beitrages in unterschiedlichem Maße. Die in diesem Diskussionsbeitrag vertretenen Standpunkte liegen ausschließlich in der Verantwortung der Autoren und decken sich nicht zwingend mit denen der Herausgeber.**

**Als Herausgeber fungieren die Professoren des Instituts für Wirtschaft und Verkehr der TU Dresden.**

# 1 Einführung

Mit einer stetig älter werdenden Bevölkerung steigt die Nachfrage nach Pflegedienstleistungen. Die betroffenen Personen und deren Angehörige haben dabei grundsätzlich die Möglichkeit zwischen der Betreuung in einem Pflegeheim und der häuslichen Pflege zu wählen. Oft fällt jedoch die Entscheidung zu Gunsten der häuslichen Pflege, da die betroffene Person in ihrer vertrauten Umgebung bleiben möchte. Zudem sehen sich die Angehörigen in der Lage die Pflege des Familienmitgliedes zu übernehmen und sind nicht geneigt, die Ehefrau oder den Vater in ein Pflegeheim zu geben.

Trotzdem sind die pflegenden Angehörigen häufig nicht in der Lage sämtliche Aufgaben dauerhaft allein wahrzunehmen. So können das Krankheitsbild des zu pflegenden Menschen, die Arbeit oder andere Verpflichtungen der pflegenden Person es erfordern, die Hilfe eines Pflegedienstes in Anspruch zu nehmen.

Das elfte Sozialgesetzbuch definiert einen Pflegedienst wie folgt: „Ambulante Pflegeeinrichtungen (Pflegedienste) [...] sind selbstständig wirtschaftende Einrichtungen, die unter ständiger Verantwortung einer ausgebildeten Pflegekraft Pflegebedürftige in ihrer Wohnung pflegen und hauswirtschaftlich versorgen“ (SGB XI (2013), § 71 Abs. 1). Diese Unternehmen sehen sich aufgrund der sinkenden Bereitschaft zur Übernahme der Leistungen durch die Pflegekassen und der ständig steigenden Anzahl an Wettbewerbern einem hohen Kosteneinsparungsdruck bei effizientem Ressourceneinsatz und konstant zu haltender Servicequalität gegenüber. Dabei ist die menschliche Arbeitskraft ein entscheidender Kostenfaktor. Dem effizienten Einsatz des Pflegepersonals durch eine entsprechende Einsatzplanung kommt daher eine übergeordnete Rolle zu.

Ein weiterer Faktor, der Kosteneinsparungspotenziale gestattet, ist die Tourenplanung dieser Pflegedienste. Sie ermöglicht es einerseits eine reduzierte Fahrzeit und somit geringere Fahrtkosten zu erzielen, in dem die kürzeste Route zum Kunden gewählt wird. Andererseits lässt sich mit dieser Planung auch die Gesamtanzahl der Touren und somit die Anzahl der Fahrzeuge verringern.

Häufig werden in der Literatur die zwei genannten Planungsprobleme separat betrachtet, zum Beispiel im Bereich des Airline Crew Scheduling (vgl. Vance et al. 1997) bzw. des Airline Crew Assignment (vgl. Fahle et al. 2002, Sellmann et al. 2002). Diese Betrachtungsweise ist jedoch für die Personaleinsatz- und Tourenplanungs-

## 1 Einführung

probleme der häuslichen Pflege ungeeignet, da sie die Bedürfnisse und Wünsche der zu pflegenden Personen nur unzureichend berücksichtigt. So werden insbesondere Präferenzen der Kunden für bestimmte Pfleger oder die Qualifikation der eingesetzten Fachkräfte nur in den Personalplanungsproblemen abgebildet. Ein weiterer Nachteil der separaten Betrachtungsweise liegt darin begründet, dass Pfleger einerseits einem bestimmten Patienten und andererseits aber auch einem bestimmten Fahrzeug zugeordnet werden. Somit wird ein kombinierter Ansatz aus Touren- und Personaleinsatzplanung zwingend erforderlich, um den Ergebnissen und Erkenntnissen beider Problemstellungen Rechnung zu tragen. Diesem Ansatz folgt auch die vorliegende Schriftenreihe.

Die Zielstellung dieser zweigeteilten Arbeit liegt nun in der Analyse eines Modells der kombinierten Touren- und Personaleinsatzplanung in der häuslichen Pflege. Im ersten Teil der Arbeit werden die Grundlagen für diese Analyse vorgestellt. Im zweiten Teil wird das Modell angewandt, indem verschiedene Mengentests durchgeführt und Parameter variiert werden. Die Ergebnisse dieser Modellierungen werden untersucht und erläutert.

Der vorliegende Teil 1 ist wie folgt aufgebaut: Zunächst schließen sich im zweiten Kapitel weitere Ausführungen zum Pflegesystem in Deutschland an. Diese sollen zunächst die Rahmenbedingungen der Pflege darstellen, insbesondere hinsichtlich der Feststellung von Pflegebedürftigkeit und der einzelnen Pflegestufen. Weiterhin soll ein Überblick über die deutsche Pflegebranche gewonnen werden. Dabei stehen vor allem demografische Aspekte zum Thema Alter und Gesundheit im Blickpunkt des Interesses. Diese Ausführungen vertiefend, schließt sich eine Betrachtung der häuslichen Pflege an. Schwerpunkte liegen dabei hauptsächlich in der Arbeitsorganisation und dem Leistungsspektrum der Unternehmen.

Danach folgt ein Kapitel zu Modellen und Lösungsansätzen in den Bereichen der Touren- und Personaleinsatzplanung in der häuslichen Pflege (vgl. Kapitel 3). Dabei wird in chronologischer Reihenfolge ein umfangreicher Literaturüberblick der bis zum Jahr 2013 erschienenen Veröffentlichungen gegeben. Von Interesse sind dabei nicht nur kombinierte Planungsmodelle, sondern auch Artikel, welche die Touren- und Personaleinsatzplanung als separate Probleme betrachten.

Das Kapitel 4 verknüpft nun die in Kapitel 2 und 3 gewonnenen Erkenntnisse zum kombinierten Planungsproblem. Dazu wird ein Modell, das Gegenstand einer Veröffentlichung im Jahr 2006 war, hinsichtlich der Modellstruktur und den getroffenen Annahmen vorgestellt.

Das fünfte und letzte Kapitel fasst noch einmal die gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse zusammen und liefert einen Ausblick auf den zweiten Teil der Schriftenreihe.

# 2 Das Pflegesystem in Deutschland

## 2.1 Rahmenbedingungen der Pflege

In diesem Abschnitt der Arbeit werden zunächst die grundlegenden Begrifflichkeiten „Pflege“ und „Pflegebedürftigkeit“ näher erläutert. Mit der Feststellung der Pflegebedürftigkeit erfolgt auch die Zuordnung zu einer Pflegestufe. Diese werden im ersten Teil des Abschnitts ebenfalls dargestellt. Nachdem die pflegebedürftige Person der Pflegestufe zugeordnet wurde, kann sie Leistungen der Pflegeversicherung in Anspruch nehmen. Der Fragestellung, welche Leistungen bei welcher Pflegestufe durch die Pflegekasse finanziert werden, widmet sich der zweite Teil dieses Abschnitts.

### 2.1.1 Pflege und Pflegestufen

Der Bereich der Pflege wird durch viele Begrifflichkeiten charakterisiert, deren Definition für das weitere Verständnis der Arbeit unabdingbar ist. So schließt die Pflege gemäß des International Council of Nurses (ICN) die professionelle Pflege durch Altenpfleger, Kinderkrankenpfleger oder Gesundheits- und Krankenpfleger ein (ICN 2010). Dabei umfasst der Begriff „Pflege“: „die eigenverantwortliche Versorgung und Betreuung, allein oder in Kooperation mit anderen Berufsangehörigen, von Menschen aller Altersgruppen, von Familien oder Lebensgemeinschaften, sowie von Gruppen und sozialen Gemeinschaften, ob krank oder gesund, in allen Lebenssituationen“ (ebd.). So wird also nicht nur auf eine Pflege im Krankheits- oder Sterbefall abgestellt, sondern auch auf eine Unterstützung älterer oder behinderter Menschen, insbesondere bei hauswirtschaftlichen Tätigkeiten.

Personen sind nach der deutschen Gesetzgebung dann pflegebedürftig, wenn sie: „wegen einer körperlichen, geistigen oder seelischen Krankheit oder Behinderung für die gewöhnlichen und regelmäßig wiederkehrenden Verrichtungen im Ablauf des täglichen Lebens auf Dauer, voraussichtlich für mindestens sechs Monate, in erheblichem oder höherem Maße [...] der Hilfe bedürfen“ (SGB XI (2013), § 14 Abs. 1). Diese „gewöhnlichen und regelmäßig wiederkehrenden Verrichtungen“ umfassen die Körperpflege, die Ernährung, die Mobilität und die hauswirtschaftliche Versorgung (SGB XI (2013), § 14 Abs. 4). Kurzfristig Pflegebedürftige fallen nicht unter dieses Leistungssystem.

## 2 Das Pflegesystem in Deutschland

Die Ursachen der Pflegebedürftigkeit sind äußerst vielschichtig. So beschreiben Kuhlmei und Blüher (2011) Frakturen, Amputationen und Hirngefäßerkrankungen als die häufigsten Krankheiten, die zur Pflegebedürftigkeit führen. Weiterhin können chronische und schwere rheumatische Erkrankungen sowie Beeinträchtigungen der Sinnesorgane ebenfalls Auslöser für Pflegebedürftigkeit sein (ebd.).

Diese Pflegebedürftigkeit wird auf Antrag bei der Pflegekasse durch den Medizinischen Dienst der Krankenversicherung (MDK)<sup>1</sup> festgestellt. Ein Gutachter (Pflegefachkraft oder Arzt) beurteilt den Hilfebedarf für die Grundpflege (Körperpflege, Ernährung und Mobilität) und für die hauswirtschaftliche Versorgung. Für jede einzelne Tätigkeit gibt es bundesweit einheitliche Orientierungswerte zur Pflegezeitbemessung. Für die Feststellung der Pflegebedürftigkeit und die Zuordnung zu einer Pflegestufe ist jedoch der individuelle Hilfebedarf maßgeblich (ebd.). Einen Überblick über die einzelnen Pflegestufen einschließlich der Zeitvorgaben gibt die Tabelle 1 (vgl. Tabelle 1, S. 4).

Tabelle 1: Die Pflegestufen nach SGB XI (nach SGB XI (2013), § 15)

Pflegestufe	Definition	Pflegeaufwand von nichtprofessionellen Pflegern
<b>Pflegestufe I</b>	<b>Erheblich Pflegebedürftige:</b> Hilfebedarf bei der Körperpflege, der Ernährung oder der Mobilität für wenigstens zwei Verrichtungen aus einem oder mehreren Bereichen mindestens einmal täglich <u>zusätzlich:</u> Hilfebedarf bei der hauswirtschaftlichen Versorgung mehrfach pro Woche	mindestens 90 Minuten davon mindestens 45 Minuten für die Grundpflege
<b>Pflegestufe II</b>	<b>Schwerpflegebedürftige:</b> Hilfebedarf bei der Körperpflege, der Ernährung oder der Mobilität mindestens dreimal täglich zu verschiedenen Tageszeiten <u>zusätzlich:</u> Hilfebedarf bei der hauswirtschaftlichen Versorgung mehrfach pro Woche	mindestens drei Stunden davon mindestens zwei Stunden für die Grundpflege
<b>Pflegestufe III</b>	<b>Schwerstpflegebedürftige:</b> Hilfebedarf bei der Körperpflege, der Ernährung oder der Mobilität täglich 24 Stunden <u>zusätzlich:</u> Hilfebedarf bei der hauswirtschaftlichen Versorgung mehrfach pro Woche	mindestens fünf Stunden davon mindestens vier Stunden für die Grundpflege

Eine Pflegestufe, die in der Tabelle fehlt, ist die sogenannte „Pflegestufe 0“. Sie wird

<sup>1</sup>Bei knappschaftlich Versicherten erfolgt die Feststellung der Pflegebedürftigkeit durch den Sozialmedizinischen Dienst, bei privat Versicherten durch Gutachter des Medizinischen Dienstes „MEDICPROOF“ (BMG (Hrsg.) 2013, S. 28).

den Menschen zuerkannt, die trotz fehlender Zuordnung zu einer Pflegestufe, einen Hilfebedarf bei der Grundversorgung oder bei der hauswirtschaftlichen Versorgung benötigen (BMG (Hrsg.) 2012). Dies betrifft vor allem an Demenz erkrankte Personen (ebd.).

Je nach festgestellter Pflegestufe unterscheiden sich nun aber die Leistungen, welche durch die Pflegekasse finanziert werden. Einen Überblick über die Pflegeversicherung und die Absicherung im Pflegefall liefert der folgende Abschnitt.

### 2.1.2 Absicherung im Pflegefall

Die soziale Absicherung im Pflegefall erfolgt durch die gesetzliche Pflegeversicherung. Sie ist im elften Sozialgesetzbuch geregelt und trat 1995 als fünfte Säule des Sozialversicherungssystems in Kraft (Naegele & Bäcker 2011). Ziel dieser Versicherung ist es, den Pflegebedürftigen trotz Hilfebedarf ein selbstständiges und selbstbestimmtes Leben und einen möglichst langen Verbleib in der gewohnten häuslichen Umgebung zu ermöglichen (ebd.). Der häuslichen Pflege und der Unterstützung der Pflege durch Angehörige kommt demnach ein hoher Stellenwert zu.

Hinsichtlich der Leistungen der Pflegeversicherung werden Leistungen bei ambulanter, teilstationärer und stationärer Pflege sowie Geld- und Sachleistungen unterschieden, wobei für jeden Einzelnen der Grundsatz der Wahlfreiheit besteht (Naegele & Bäcker 2011). Die Leistungen erhält der Pflegebedürftige selbst, wobei sich die Höhe dieser nach dem Grad der Pflegebedürftigkeit richtet.

Die Pflegeversicherung leistet somit einen entscheidenden Beitrag zur verstärkten Einbeziehung von Angehörigen, Freunden und Nachbarn in die Pflege. Zudem stellen die pauschalisierten Geld- und/oder Sachleistungen einen Zuschuss zu den Kosten für professionelle Pflegekräfte, zur Ausstattung der Wohnung des Pflegebedürftigen, usw. dar. Weiterhin bestehen für einen Pflegebedürftigen und dessen Angehörige vielfältige Möglichkeiten finanzielle Unterstützung durch die Pflegekassen zu erhalten.

## 2.2 Die deutsche Pflegebranche

Die bisher noch allgemein gehaltenen Ausführungen sollen in diesem Kapitel hinsichtlich der Pflegebranche in Deutschland konkretisiert werden. Dabei stehen neben den Einflussfaktoren auf die Pflege, auch die Versorgungssituation der Pflegebedürftigen und die zukünftigen Herausforderungen einer alternden Gesellschaft im Mittelpunkt der Betrachtung.

Die Versorgungssituation wird im Wesentlichen durch die drei Säulen Vertragsärzte, Heil- und Hilfsmittelversorgung sowie ambulante und stationäre Pflege beschrieben.

Vorgestellt werden soll hier jedoch nur, im Hinblick auf das Thema der Arbeit, die ambulante Pflege (vgl. Kapitel 2.2.2).

### 2.2.1 Einflussfaktoren auf die Pflegebedürftigkeit

In den Industrienationen der Welt sorgen anhaltend niedrige Geburtenraten und eine gestiegene Lebenserwartung für eine Verschiebung der Altersstruktur zugunsten des Anteils der älteren Bevölkerung.

Vor etwa 50 Jahren hatte jeder zehnte Bürger und jede zehnte Bürgerin das 65. Lebensjahr erreicht oder überschritten (Hoffmann, Menning & Schelhase 2009). In der heutigen Gesellschaft leben etwa jede vierte bis fünfte Bürgerin und jeder sechste Bürger in diesem Lebensalter (ebd.).

Unter Bezugnahme auf die Raumordnungsprognose des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR) kann festgestellt werden, dass der demografische Alterungsprozess in allen Regionen Deutschlands stattfindet (BBR 2006). Zudem führen die seit Beginn des 20. Jahrhunderts sinkenden Geburtenraten und das Einpegeln auf einem niedrigen Niveau von 130 Geburten je 100 Frauen dazu, dass die bestehende Bevölkerung nur noch zu etwa 70 % ersetzt wird (Hoffmann, Menning & Schelhase 2009).

Hoffmann, Menning & Schelhase (2009) konstatieren weiter, dass gegenwärtig die Bevölkerungsanteile der jüngsten (unter 20 Jahre) und der ältesten Generation (65 Jahre und älter) mit 20 % noch gleich groß sind, im Jahr 2050 wird jedoch der Anteil der Älteren doppelt so groß sein wie der Anteil der Jüngsten.

Hinsichtlich der Pflegebedürftigkeit bedeutet dies, dass von den 2,5 Millionen Pflegebedürftigen im Sinne des Pflegeversicherungsgesetzes im Jahr 2011 etwa zwei Drittel Frauen waren (65 %), (Statistisches Bundesamt (Hrsg.) 2013b). In der Altersgruppe der 75- bis 85-Jährigen waren 32,9 % pflegebedürftig, während 20,9 % der 85- bis 90-Jährigen und 15,3 % der Über-90-Jährigen pflegebedürftig waren (ebd.).

Neben der Altersstruktur hat die familiäre Situation der älteren Bevölkerung einen Einfluss auf die pflegerische Versorgung. Mit zunehmendem Alter nimmt der Anteil der Verheirateten ab und der Anteil der Verwitweten zu (Hoffmann, Menning & Schelhase 2009). Allerdings gibt es Unterschiede bei den Familienständen der Männer und Frauen: So sind Männer bis ins hohe Alter hinein überwiegend verheiratet (60 % der über 80-jährigen Männer), wohingegen Frauen über 70 im Jahr 2006 zu 52 % verwitwet waren (ebd.).

Weiterhin gewinnt die sogenannte „Mehrgenerationenfamilie“<sup>2</sup> an Bedeutung. Dabei ist ein Wandel von eher horizontalen zu vertikalen Familienstrukturen zu beobach-

---

<sup>2</sup>Die Bundeszentrale für Politische Bildung (bpb) definiert eine Mehrgenerationenfamilie als Gemeinschaft, in der neben der Kernfamilie, also Eltern und Kinder, auch Großeltern und zum Teil auch Urgroßeltern leben (bpb 2009).

## 2 Das Pflegesystem in Deutschland

ten: Es gibt demnach mehr Generationen, die zu einem Familienverband gehören, wobei die einzelnen Generationen aber mit weniger Personen besetzt sind (Hoffmann, Menning & Schelhase 2009). So existieren in einer Familie weniger horizontale Strukturen, also Seitenverwandte wie Geschwister, Onkel oder Tanten. Stattdessen leben 50 % der 55- bis 69-Jährigen und 53 % der 70- bis 85-Jährigen in Drei-Generationen-Familien, also Großeltern, Eltern und Kinder (ebd.). Für die Pflege der älteren Generation ist dies insofern von Bedeutung, da die pflegebedürftige Person durch Angehörige wie den Ehepartner (28 % der Fälle), den Kindern (26 % der Töchter und 10 % der Söhne) oder den Enkeln gepflegt werden kann (Robert-Koch-Institut (Hrsg.) 2006).

Häufig gehen die pflegenden Angehörigen einer Erwerbstätigkeit nach: 19 % der Hauptpflegepersonen im erwerbsfähigen Alter (15 bis 63 Jahre) sind voll erwerbstätig, 21 % arbeiten in Teilzeit oder üben eine geringfügige Beschäftigung aus, während 60 % nicht erwerbstätig sind (ebd.). Ursächlich für diesen geringen Beschäftigungsgrad ist vor allem die zur Pflege des Angehörigen notwendige Zeit: Für knapp zwei Drittel der Hauptpflegepersonen gilt, dass sie jeden Tag rund um die Uhr zur Verfügung stehen müssen (ebd.). Ein Verbleiben in der häuslichen Umgebung und damit eine Vermeidung der Unterbringung in einem Pflegeheim kann daher zwar häufig gewährleistet werden, allerdings stellt sie für die pflegenden Angehörigen eine hohe psychische und physische Belastung dar. Zudem kann in diesen Fällen eine Unterstützung durch einen Pflegedienst notwendig werden, da die pflegenden Angehörigen häufig nicht in der Lage sind, alle Aufgaben auf Dauer allein zu erfüllen. Sind hingegen keine Angehörigen mehr vorhanden oder kann die Pflege aus diversen Gründen nicht durch die Angehörigen sichergestellt werden, so übernimmt ein Pflegedienst vollständig die Versorgung des Pflegebedürftigen, dies traf im Jahr 2009 immerhin auf etwa ein Drittel der Pflegebedürftigen zu, welche zu Hause versorgt wurden (Statistisches Bundesamt (Hrsg.) 2013b).

Weiterhin beeinflusst die Gesundheit im Alter die Pflege. Mit zunehmendem Alter steigen die Gesundheitsprobleme hinsichtlich der Anzahl erkrankter Personen als auch bezüglich der Komplexität der Beeinträchtigungen (Saß, Wurm & Ziese 2009). Der Mikrozensus 2009 des Statistischen Bundesamtes liefert dafür einen Beleg: Demnach gaben 14,6 % aller Befragten (alle Altersgruppen) an zum Erhebungszeitpunkt oder in den letzten vier Wochen davor krank oder unfallverletzt gewesen zu sein (alle Erkrankungen und Verletzungen), (Statistisches Bundesamt (Hrsg.) 2013c). In den Altersgruppen 65 bis 69 Jahre betraf dies 17 %, bei den 70- bis 74-Jährigen schon 21 % und in der Altersgruppe 75 Jahre und älter schon mehr als ein Viertel (28 %) (ebd.). Zudem leiden viele ältere Menschen gleichzeitig an mehreren Krankheiten, wobei viele davon irreversibel oder chronisch sind (Saß, Wurm & Ziese 2009).

Die lange Genesungszeit von Erkrankten, die zurückgebliebenen physischen und psy-

## 2 Das Pflegesystem in Deutschland

chischen Einschränkungen sowie die Krankheiten selbst, erfordern häufig eine Pflege durch Angehörige oder durch einen professionellen Pflegedienst, da insbesondere die persönliche Hygiene, die Medikamentengabe oder die hauswirtschaftliche Versorgung nur noch eingeschränkt oder nicht mehr von der betroffenen Person oder durch die Angehörigen auf Dauer allein wahrgenommen werden können. Um insbesondere finanzielle Unterstützung bei der Pflege zu erhalten, muss die Pflegebedürftigkeit festgestellt und die Zuordnung zu einer Pflegestufe vorgenommen werden (vgl. Kapitel 2.1). Die Einteilung in die einzelnen Pflegestufen sieht für Deutschland und für Sachsen wie folgt aus (vgl. Abbildung 1, S. 8). Es kann festgestellt werden, dass die meisten Pflegebedürftigen der Pflegestufe I zugeordnet werden (ca. 53 %). Den geringsten Anteil weisen die Schwerstpflegebedürftigen auf (ca. 13 % für Deutschland und 11 % für Sachsen), welche meistens in Pflegeheimen versorgt werden.

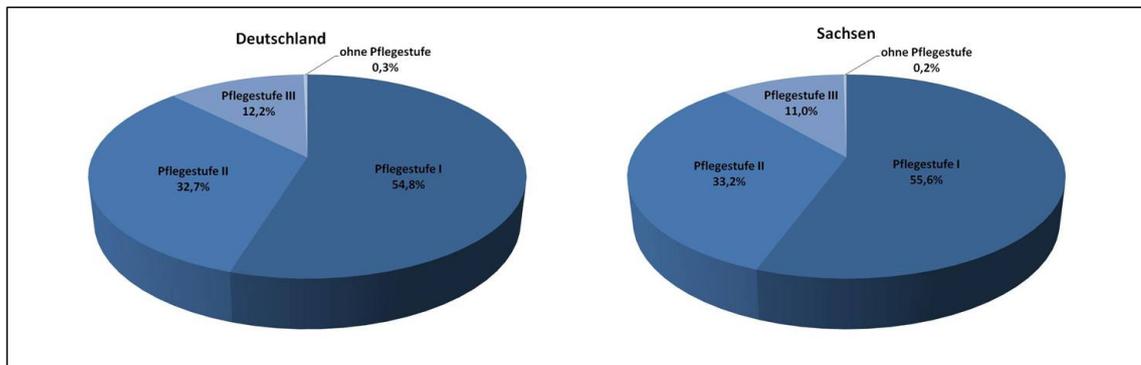


Abbildung 1: Pflegebedürftige nach Pflegestufen in Deutschland und Sachsen 2011 (nach Statistisches Bundesamt (Hrsg.) 2013b, S. 10)

In diesem Abschnitt wurden die Einflussfaktoren auf die Pflege dargestellt. So hat neben den demografischen Aspekten wie Alter oder familiäre Verhältnisse auch die körperliche Gesundheitszustand einen Einfluss auf die Pflege und die Pflegebedürftigkeit eines Menschen. Letztgenannte Faktoren werden vorrangig durch die gesundheitliche und pflegerische Versorgungssituation im Umkreis der pflegebedürftigen Person bestimmt und sollen daher im nachfolgenden Abschnitt erläutert werden.

### 2.2.2 Häusliche Pflege

Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei der häuslichen oder ambulanten Pflege um die dritte Säule der Versorgungssituation älterer Menschen. Büscher beschreibt diese Form der Pflege wie folgt: Die Wohnung bzw. der Wohn- und Lebensort eines kranken oder pflegebedürftigen Menschen wird bei der ambulanten Pflege zum Ausgangspunkt erhoben, wobei „[...] das gesamte Spektrum von Akteuren, Arrangements und Aktivitäten betrachtet [wird, Anmerk. d. Verf.], die sich mit Hilfs- und Pflegefragen an eben diesem Ort in Verbindung bringen lassen“ (Büscher 2011,

S. 491). Von den derzeit rund 2,5 Millionen Menschen, die Leistungen der sozialen und privaten Pflegeversicherung beziehen, werden 70 % (1,76 Millionen) zu Hause versorgt (Statistisches Bundesamt (Hrsg.) 2013b). Die Mehrheit (56 %) der ambulant Pflegebedürftigen wurde 2011 der Pflegestufe I zugeordnet (Statistisches Bundesamt (Hrsg.) 2013a). 33 % bzw. 11 % erhielten Leistungen der Pflegestufe II bzw. III (ebd.). Gegenüber 2009 stieg die Zahl der ambulant versorgten Pflegebedürftigen um 3,8 % (ca. 21.000 Personen).

Diese ambulante Versorgung kann durch pflegende Angehörige, Freunde, Nachbarn oder durch ehrenamtliche Helfer wahrgenommen werden. In diesem Fall handelt es sich um die informelle Pflege (Büscher 2011). Formelle Pflege erfolgt im Rahmen bezahlter Arbeitsverhältnisse, also vorrangig durch Pflegedienste. Zudem können Anbieter von pflegebegleitenden oder haushaltsnahen Dienstleistungen diesem Bereich zugeordnet werden (ebd.). Im Jahr 2011 wurden 47 % der Pflegebedürftigen durch Angehörige versorgt (Statistisches Bundesamt (Hrsg.) 2013b). Darüber hinaus gewinnen gemischte Pflegearrangements zunehmend an Bedeutung. Dabei wird neben der informellen Pflege ein Pflegedienst in Anspruch genommen, da die Angehörigen, welche bisher mit der Pflege betraut waren, auf Dauer nicht mehr allein in der Lage sind, die Pflege zu leisten (Büscher 2011). Dies lässt sich auch anhand der Pflegestatistik nachweisen: So nehmen immer mehr pflegebedürftige Menschen Kombinationsleistungen in der ambulanten Pflege in Anspruch (Statistisches Bundesamt (Hrsg.) 2013b).

Diese Leistungsempfänger werden vom Pflegepersonal<sup>3</sup> ambulanter Dienstleister, das etwa 291.000 Menschen umfasst, betreut (Statistisches Bundesamt (Hrsg.) 2013a). Bei der Mehrzahl der Arbeitnehmer handelt es sich um Frauen (88 %), (ebd.). Die meisten Beschäftigungsverhältnisse werden auf Teilzeitbasis abgeschlossen (70 %), lediglich jeder vierte Beschäftigte (27 %) arbeitet in Vollzeit (ebd.). Informationen zu Berufsabschlüssen der Beschäftigten in den ambulanten Pflegediensten lassen sich ebenfalls der Pflegestatistik entnehmen: Kranken- und Altenpflegekräfte sind dabei die am stärksten vertretenen Berufsgruppen.

Fast alle ambulanten Pflegedienste bieten sowohl Pflegeleistungen der Pflegeversicherung (nach SGB XI) als auch häusliche Krankenpflege in Form von Pflegeleistungen der gesetzlichen Krankenversicherung (nach SGB V) an. Dementsprechend richtet sich die Vergütung ambulanter Pflegeleistungen nach den Regelungen der beiden genannten Sozialgesetzbücher (Büscher 2011). Unterschiede treten jedoch beim Bezug und bei den Preisen dieser Leistungen auf: So müssen Leistungen der häuslichen Krankenpflege ärztlich verordnet werden, zum Beispiel um einen Krankenhausauf-

---

<sup>3</sup>Zum Pflegepersonal gehören alle Personen, die in einer Pflegeeinrichtung beschäftigt sind und teilweise oder ausschließlich Leistungen nach SGB XI erbringen (Statistisches Bundesamt (Hrsg.) 2013a).

enthalt zu vermeiden (Krankenhausvermeidungspflege) oder um die ärztliche Behandlung sicher zu stellen (Sicherungspflege), (Robert-Koch-Institut (Hrsg.) 2006). Allerdings sind die Preise zur Erbringung dieser Leistungen bundesweit nicht einheitlich geregelt, da sie zwischen der Krankenkasse und dem Leistungserbringer auf Landesebene oder aber für einzelne Pflegedienste verhandelt werden (Büscher 2011). Demgegenüber müssen Leistungen der Pflegeversicherung nicht ärztlich verordnet werden (ebd.). Ihr Leistungsspektrum und ihre Vergütung richten sich nach Vereinbarungen zwischen den Pflegediensten und den Kostenträgern auf Landesebene (Pflegekassen), wobei es zwischen privaten und freigemeinnützigen Pflegediensten unterschiedliche Vereinbarungen bezüglich des Leistungsspektrums und der Vergütung geben kann (ebd.).

Trotz dieser Vielzahl an Vereinbarungen ist das Leistungsspektrum bundesweit begrenzt: Die meisten ambulanten Pflegedienste bieten Leistungen an, die sich stark am Begriff der Pflegebedürftigkeit (vgl. Kapitel 2.1.1) orientieren und somit die Bereiche Mobilität, Körperpflege, Ernährung und hauswirtschaftliche Versorgung abdecken. Zudem übernehmen auch viele Pflegedienste Leistungen der Behandlungspflege (nach SGB V).

Die Qualität dieser Pflegeleistungen wird maßgeblich durch die Strukturierung der Arbeit bestimmt. Somit stellt die Arbeitsorganisation, also insbesondere die Dienstplangestaltung, einen weiteren Faktor dar, der einer umfangreichen Planung bedarf. Sie ist ein Kernelement der Arbeitsorganisation, welche den Dienst rund um die Uhr an jedem Tag im Jahr sicherstellt (Büker 2005). Kelm beschreibt den Dienstplan dabei wie folgt: „Ein Dienstplan ist gesetzlich und tariflich zwingend vorgeschrieben, er ist ein Dokument und wichtiges Führungsinstrument“ (Kelm 2008, S. 110). Er liefert Informationen darüber, welche Pflegekraft zu welchem Zeitpunkt Dienst hatte und unter welchen personellen Bedingungen gearbeitet wurde (ebd.).

Die Ziele der Dienstplangestaltung lassen sich auf drei große Bereiche beschränken: So gewährleistet die Patienten- und Bewohnerorientierung, dass der Dienstplan an den Wünschen und Bedürfnissen der Patienten ausgerichtet wird, so dass beispielsweise zu den Kernarbeitszeiten mit dem höchsten Arbeitsaufwand ein verstärkter Personaleinsatz erfolgt (Büker 2005). Zudem muss der Dienstplan sicherstellen, dass das Personal wirtschaftlich eingesetzt wird, da es in der Pflegebranche den Hauptkostenfaktor darstellt (ebd.). Dies beinhaltet auch die Berücksichtigung der Qualifikation der Mitarbeiter in der Dienstplanung (Kelm 2008). Weiterhin muss der Dienstplan die Mitarbeiterzufriedenheit gewährleisten, indem eine weitgehend verlässliche und faire Planung vorgenommen wird, welche die Mitarbeiter hinsichtlich des Arbeitsanfalls „gleichmäßig auf alle Schichten“ verteilt und sicherstellt, dass keine „festen Schichten“ mit gleicher Teamzusammensetzung gebildet werden (Kelm 2008, S. 109). Zudem kann ein sogenannter „Wunschplan“ aufgestellt werden, in den die

## 2 Das Pflegesystem in Deutschland

Mitarbeiter ihre Wünsche eintragen können (ebd.).

Die Dienstplanerstellung erfordert zudem die Berücksichtigung verschiedener gesetzlicher Regelungen wie Arbeitszeit-, Mutterschutz-, Jugendarbeitsschutz-, Betriebsverfassungs- und Bundesurlaubsgesetz (Büker 2005). Das EU-Recht, das Grundgesetz, tarifliche Regelungen, Betriebsvereinbarungen und Arbeitsverträge können diese ebenfalls beeinflussen.

Diese Ausführungen verdeutlichen den Umfang und die Komplexität der Dienstplanerstellung in der Pflege. Da die Erstellung mit einem enormen Zeitaufwand für das Leitungspersonal verbunden ist und häufig noch manuell durchgeführt wird, ergibt sich ein Bedarf an Modellen zur effizienteren Dienstplanerstellung, welche im Idealfall in einer Anwendungssoftware umgesetzt werden können.

Das im vierten Kapitel aufgezeigte Modell kann dazu einen Beitrag leisten: So verwendet es Zeitintervalle um die Dauer der Pflegeaktivitäten abzubilden. Außerdem werden Zeitintervalle auch genutzt um die Arbeitszeiten des Personals darzustellen. Zudem wird eine Zuordnung der Pflegekräfte entsprechend deren Qualifikationen vorgenommen.

Vor dem Hintergrund der oben genannten demografischen Herausforderungen und der im Kapitel 2.2.1 aufgezeigten Einflussfaktoren ist davon auszugehen, dass die Krankheitskosten für die ältere Bevölkerung, insbesondere die Aufwendungen für Pflegeleistungen, in Zukunft steigen werden. Somit ergeben sich auch höhere Ausgaben für die ambulante Versorgung der Bevölkerung. Unter weiterer Berücksichtigung des zukünftig geringeren verfügbaren Haushaltseinkommens der älteren Bevölkerung und der tendenziell zunehmenden Anzahl an Pflegediensten, die aufgrund der Vielzahl an Pflegebedürftigen auf den Markt drängen werden, ergibt sich für diese die Notwendigkeit Kosten einzusparen. Dabei kann das im Kapitel 4 vorgestellte Modell eine Unterstützung liefern.

## 3 Literaturüberblick

Bevor jedoch auf das Modell eingegangen wird, soll in diesem Kapitel zunächst noch die thematisch relevante Literatur betrachtet werden. Dabei erhebt diese Darstellung in keinster Weise den Anspruch auf Vollständigkeit. Es sollen hingegen die Besonderheiten der bisher in der Literatur untersuchten Modelle und Lösungsansätze im Bereich der Personaleinsatz- und Tourenplanung in der Pflege herausgestellt werden. Begur, Miller & Weaver (1997) betrachten ein Home Health Care Scheduling Problem. Dieses gemischt-ganzzahlige Problem ermittelt zuerst Tagespläne, die dann zu einem Wochen- bzw. Masterplan zusammengefügt werden. Ziel des Modells ist die Minimierung der Reisezeiten unter Berücksichtigung der Restriktionen der Tourenbildung, der verfügbaren Zeit der Pflegekräfte sowie der Anforderungen der Patienten. Das Lösungsverfahren beruht auf dem von Clark & Wright 1964 entwickelten Savingsalgorithmus sowie des Besten-Nachbar-Verfahrens. Die ermittelten Touren werden dann mit Hilfe eines GIS-Tools auf einer interaktiven Karte dargestellt und können manuell verbessert werden.

Cheng & Rich (1998) lösen ein gemischt-ganzzahliges Optimierungsproblem zur Minimierung der täglichen Anzahl an Überstunden und der Teilzeitarbeit für mehrere Pflegekräfte. Qualifikationen und Zeitfenster werden hier in allgemeiner Form berücksichtigt, Präferenzen werden über eine Zuordnungsmenge zwischen Pflegern und Patienten abgebildet. Gelöst wird das Problem mit Hilfe eines 2-Phasen-Algorithmus, welcher zunächst die Touren bildet (Greedy-Algorithmus) und in einem zweiten Schritt die erzeugten Touren mit einer Local Search Heuristik verbessert.

De Causmaecker et al. (2000) betrachten ein einfaches Vehicle Routing Problem mit Zeitfenstern (VRPTW), das sie auf die mobile Krankenpflege anwenden. Dabei finden persönliche Anforderungen und Wünsche in Form von Agenten je Pflegekraft Berücksichtigung. Um das Problem zu lösen, wird zunächst ein kombiniertes Verfahren aus dem Savings-Algorithmus und der Tabu-Suche angewandt. Dieses generiert eine Startlösung, die dann systematisch mit Hilfe der Metaheuristik verbessert wird. In einem weiteren Schritt werden die ermittelten Touren mit Hilfe von „Agenten“<sup>4</sup> den einzelnen Mitarbeitern des Pflegedienstes zugeordnet. Auf der Grundlage individueller Tourenkosten wird eine erste Tourenzuordnung vorgenommen. Erfüllt eine

---

<sup>4</sup>Die Agenten sind Softwarekomponenten, die jede Pflegekraft mit ihren Wünschen und Bedürfnissen abbilden (De Causmaecker et al. (2000)).

### 3 Literaturüberblick

Tour die Präferenzen des zugeordneten Mitarbeiters nicht, so werden mit Hilfe der Agenten einzelne Touren anderen Mitarbeitern zugeteilt. Das Verfahren endet, wenn die Präferenzen aller Mitarbeiter bezüglich der zugeordneten Tour erfüllt sind oder keine Touren zwischen Mitarbeitern mehr ausgetauscht werden können.

Eveborn, Flisberg & Rönnqvist (2004) entwickelten ein VRPTW, bei dem die Besuche als Belieferungspunkte und die Pflegekräfte als Fahrzeuge interpretiert werden. Das Modell wurde als Set-Partitioning-Ansatz modelliert und soll Versorgungsgebiete sowie präferierte Pflegekräfte je Patient abbilden. Zur Lösung wird ein kombiniertes Verfahren aus einer Optimierungsmethode und einer Heuristik verwendet, der Repeated Matching Algorithmus. Ausgangsbasis für dieses Verfahren bildet eine Startlösung, auf deren Grundlage die Matching-Kosten und erste lokale Lösungen ermittelt werden. Diese Lösungsmenge wird durch die Heuristik zerlegt und einzelne Lösungen werden erneut in ein Matching-Problem überführt. Das Matching endet, wenn eine maximale Anzahl an Iterationen ohne Verbesserung der Lösung durchgeführt wurde.

Isken (2004) stellt ein Tourenplanungsmodell dar, welches neben Vollzeittouren auch Touren für Teilzeitmitarbeiter plant sowie eine Flexibilität bezüglich der Startzeiten der einzelnen Touren zulässt. Geschaffen wurde das gemischt-ganzzahlige Optimierungsproblem speziell für die Anwendung im Gesundheitswesen. Die Zielsetzung dieses Modells ist die Minimierung der entstehenden Kosten. Zur Lösung des Modells wird der ILOG Solver CPLEX verwendet.

Bertels & Fahle (2006) betrachten in ihrem Ansatz ein Modell (Home Health Care Problem - HHCP) zur Ermittlung von Touren für jeden Mitarbeiter, so dass alle Aufgaben erledigt und die harten Bedingungen (Zeitfenster, Qualifikationen) eingehalten werden. Ziel dieses Problems ist sowohl die Minimierung der Strafkosten für verletzte weiche Bedingungen - Wünsche bzw. Präferenzen von Patienten und Pflegekräften - als auch die Minimierung der Betriebskosten. Drei Lösungsvarianten wurden entwickelt:

1. Vorberechnung zur Ermittlung der Reihenfolgebeziehung zwischen den einzelnen Aufgaben und zur Einschränkung des Lösungsraums, Optimierung der Startzeiten durch lineares Modell, Bestimmung optimaler Reihenfolgen innerhalb der Touren durch Constraint Programming,
2. Ermittlung der Startlösungen mit Hilfe eines Greedy-Algorithmus und Constraint Programming,
3. Verbesserung der bereits erzielten Lösungen mit Metaheuristiken (Simulated Annealing, Tabu Search).

Im selben Jahr erschien auch die Arbeit von Thomsen (2006) zur Optimierung in der häuslichen Pflege. Darin wird ein Vehicle Routing Problem (VRP) mit Zeitfenstern

### 3 Literaturüberblick

und gemeinsamen Besuchen bzw. abhängigen Touren entwickelt. Ziel dieses Modells ist die Minimierung der Reisezeiten sowie die Maximierung der Anzahl der Besuche. Eine weitere Besonderheit dieses Modells ist die Kopplung der Patientenbesuche an bestimmte Pflegekräfte, um die Bezugspflege abzubilden. Zur Lösung des Modells wird eine Einfüge-Heuristik mit einem Tabu Search Verfahren kombiniert. Dabei ermittelt die Heuristik eine Startlösung, in dem der Ablehnungsgrad bezüglich einer Person zur Ermittlung der besten Position innerhalb einer Tour herangezogen wird. Die Metaheuristik versucht die bereits erzielte Lösung zu verbessern, in dem auch unzulässige Lösungen berücksichtigt werden.

Borsani et al. (2006) entwickelten, im Gegensatz zu den bereits im selben Jahr veröffentlichten Papern, ein Modell zur kurzfristigen (d. h. wöchentlichen) Planung des Personal in der häuslichen Pflege, ohne dabei jedoch die Tourenplanung zu berücksichtigen. Dabei wird zunächst ein Zuordnungsproblem gelöst, bei dem jedem Patienten eine Referenzpflegekraft zugeteilt wird. Das Modell zielt darauf ab, ein ausgewogenes und faires Arbeitspensum für jeden Pfleger zu schaffen. Strafkosten werden vergeben, so bald die Pflegekraft und der Patient in unterschiedlichen Versorgungsgebieten arbeiten bzw. leben. Besonderheit dieses Modells ist, neben der Berücksichtigung von Versorgungsgebieten, auch die Einbeziehung des Burnout-levels. Das Ergebnis des Zuordnungsproblems liefert die Eingangsdaten für das eigentliche Planungsproblem. Zielstellungen dieses Modells sind die Minimierung der:

- „ausgegliederten“ Besuche<sup>5</sup>,
- Anzahl der Besuche, die nicht vom Referenzpfleger/in durchgeführt werden,
- Anzahl der Besuche, die nicht an den präferierten Tagen durchgeführt werden.

Gelöst wird dieses Modell mit Hilfe von Verfahren der Linearen Programmierung. Das von Akjiratikarl, Yenradee & Drake (2007) entwickelte Modell löst ein VRP, in dem es den Pflegekräften die Patienten zuordnet und dabei die Kapazitäts- und Besuchzeitfensterrestriktionen bei der Erstellung des Tourenplans berücksichtigt. Zielstellung des Modells ist die Minimierung der von allen Pflegern zurückgelegten Entfernung. Zur Lösung des Problems wird ein Verfahren der Particle Swarm Optimization verwendet, welches mit Tourenverbesserungsverfahren kombiniert wird.

Elbenani, Ferland & Gascon (2008) arbeiten mit einem m-VRPTW, welches medizinische Erfordernisse und die Bezugspflege berücksichtigt. Deren Modell ermittelt Touren für Pflegekräfte, indem Patienten einzelnen Sektoren (Versorgungsgebieten) zugeordnet werden und innerhalb dieser eine Tour gebildet wird. Die Versorgung eines einzelnen Sektors erfolgt durch mehrere Mitarbeiter des Pflegedienstes. Allerdings müssen auch Patienten angrenzender Versorgungsgebiete betreut werden, um

<sup>5</sup>Ausgegliederte Besuche sind Patientenbesuche, die von Pflegekräften aus einem anderen Versorgungsgebiet durchgeführt werden.

### 3 Literaturüberblick

eine ausgewogene Arbeitsbelastung zu schaffen. Besonderheiten dieses Modells sind, neben der Abbildung der medizinischen Erfordernisse, die Einbeziehung der Bezugspflege, welche durch eine sogenannte Recall-Liste selbst bei Urlaub oder Krankheit des Bezugspflegers gewährleistet wird. Gelöst wird dieses Problem mit einem auf der Tabu-Suche basierenden, metaheuristischen Ansatz. Dabei wird zunächst eine Startlösung je Sektor ermittelt, aus denen sich dann die globale Startlösung ermitteln lässt. Hierbei sollen so wenige Pflegekräfte wie möglich eingeplant werden. Der weitere Lösungsansatz basiert auf dem Scatter-Search Algorithmus und der Verwendung von Lösungspools, in denen die bisher beste bzw. die von der bisher besten am stärksten abweichende Lösung gespeichert wird. Eine Verbesserung der bisher erreichten Lösungen wird durch Kombination der Lösungen aus den Pools erreicht. Dieser Prozess wird so lange wiederholt bis ein Abbruchkriterium erreicht ist.

Kergosien, Lenté & Billaut (2009) gehen in ihrem Modell von einem Traveling Salesman Problem (m-TSP) mit Zeitfenstern aus. Zielstellung ist, wie bereits häufig genannt, die Minimierung der Reisekosten. Die Besonderheiten dieses Problems liegen:

- in der Abbildung des Koordinierungsbedarfs beim Patienten (z. B. gleichzeitige Anwesenheit von Ärzten und Pflegeern ohne parallele Arbeitsmöglichkeit),
- in der Berücksichtigung von verschiedenem Pflegepersonal (Ärzte, Pflegekräfte, Physiotherapeuten, Hauswirtschaftler),
- in Restriktionen bezüglich Arbeitszeit und Wohnort des Patienten.

Auch dieses Problem wird mit Verfahren der Linearen Programmierung gelöst.

Hertz & Lahrichi (2009) entwickelten ein Modell zur Zuordnung von Patienten unter Berücksichtigung der geografischen Lage des Patienten und des Arbeitspensums der Pflegekraft. Der Maßstab zur Beurteilung der Arbeitsbelastung ist:

- die Anzahl der Pflegebesuche,
- das Gewicht des Patienten,
- die Anzahl der Patienten jeder Kategorie sowie
- die Reisezeit zwischen den einzelnen Patienten.

Diese Kriterien sind direkt als Parameter im Modell eingebunden. Ziel des Modells ist die Minimierung des Ungleichgewichts bei der Besuchslast, bei dem Unterschied zwischen tatsächlich zugeordneter Anzahl an Patienten und der idealen Zuordnung an Patienten sowie bei der Reisebelastung. Dieses gemischt-ganzzahlige Optimierungsproblem enthält einige nicht-lineare Nebenbedingungen und wird daher mit

### 3 Literaturüberblick

dem Tabu Search Verfahren gelöst. Eine Linearisierung der nicht-linearen Restriktionen lässt eine Lösung mit dem ILOG Solver CPLEX zu.

Benzarti, Sahin & Dallery (2010, 2013) entwickelten ein Districting-Problem zur Anwendung im Bereich der häuslichen Pflege. Ihr Ansatz besteht aus zwei gemischt-ganzzahligen Modellen, welche die Einteilung in Versorgungsgebiete vornehmen, d. h. aus sogenannten Basis-Bezirken werden größere Versorgungsgebiete gebildet. Voraussetzungen dafür sind:

- die Unteilbarkeit der Basis-Bezirke, z. B. Orte auf gleicher Straße oder mit gleicher PLZ,
- die Kompaktheit der Bezirke,
- die Kompatibilität der Bezirke sowie
- ein ausgeglichenes Arbeitspensum.

Im ersten Modell wird die Kompaktheit als Nebenbedingung formuliert, welche die maximale Distanz zwischen zwei Basis-Bezirken, die zu einem Versorgungsgebiet zusammengeschlossen werden sollen, minimiert. Zielstellung dieses Modells ist die Minimierung der maximalen Abweichung zwischen der tatsächlichen und der idealen Arbeitsbelastung. Im Modell 2 wird die maximale Entfernung zwischen zwei Basis-Bezirken, die zu einem Versorgungsgebiet gehören, als Maß der Kompaktheit minimiert und stellt damit gleichzeitig die Zielfunktion des Modells dar. Zur Lösung der Modelle wird der ILOG Solver CPLEX verwendet.

Trautsamwieser, Gronalt & Hirsch (2011) entwickelten ein Modell zur Sicherstellung der ambulanten Versorgung im Falle von Naturkatastrophen, mit zu minimierenden Mehrfachzielsetzungen hinsichtlich:

- der Fahr- und Wartezeiten der Pfleger,
- der Überstunden,
- der nicht erfüllten Präferenzen,
- der Verstöße gegen weiche Zeitfenster der Patientenbesuche,
- der Verstöße gegen weiche Zeitfenster der präferierten Arbeits- und Pausenzeiten,
- dem Einsatz von überqualifiziertem Personal und
- der unbezahlten Fahrten zwischen dem eigenen Zuhause des Pflegers und dem Wohnort des Patienten.

### 3 Literaturüberblick

Der Lösungsansatz basiert auf dem Verfahren der Variable Neighbourhood Search in Kombination mit einer sogenannten „Schüttelphase“. Dabei wird eine Menge benachbarter Lösungen definiert, aus der dann zufällig eine Lösung ausgewählt wird. Die neu generierte Lösung wird mit der bisher besten Lösung verglichen und gegebenenfalls aktualisiert. Der Algorithmus endet, so bald ein Abbruchkriterium erreicht wird.

Bachouch, Guinet & Hajri-Gabouj (2011) entwickelten Werkzeug zur Unterstützung des Tourenplanungsprozesses in der häuslichen Pflege. Das Modell plant die Pflegekräfte derart ein, dass die wöchentlich zurückgelegte Entfernung minimal wird und dabei sowohl die Bezugspflege als auch persönliche Präferenzen der Pflegekräfte in Form eines Referenzpflegers Beachtung finden. Zur Umsetzung und Lösung des Modells wird LINGO dem ILOG OPL-CPLEX Studio gegenübergestellt.

Nickel, Schröder & Steeg (2012) entwickelten ein Modell zur Bildung von Mastertourenplänen (Master Scheduling Problem - MSP). Dieses zielt auf langfristige Planungen ab. Kurzfristige Änderungen, die im MSP nicht berücksichtigt werden können, werden durch ein eigens entwickeltes Operational Planning Problem (OPP) eingearbeitet. Die Lösung des MSP sowie des OPP erfolgt im Rahmen eines zweistufigen Verfahrens: Während beim MSP zunächst Aufgaben nach den Startzeiten sortiert werden und anschließend ein Constraint Programming Ansatz zur Bildung der Touren verwendet wird, fügt die Heuristik zur Lösung des OPP die neue Aufgabe an der aktuell besten Stelle in die Tour ein und versucht eine Verbesserung mit Hilfe eines Tabu Search Algorithmus zu erreichen bis ein Zeit- oder Move-Limit ausgeschöpft ist.

Rasmussen et al. (2012) entwickelten ein ganzzahliges Home Care Crew Scheduling Problem (HCCSP) als Verallgemeinerung des VRP unter besonderer Berücksichtigung von Präferenzen und zeitlichen Abhängigkeiten (Rangfolge- und Vorrang-Restriktion). Gelöst wird dieser Set Partitioning Ansatz mit Hilfe des Branch-and-Price Verfahrens. Dabei werden jedoch die Zeitfenster der einzelnen Aufgaben vor der Anwendung des Algorithmus ermittelt. Erst dann erfolgt die Zerlegung in Haupt- und Unterproblem sowie die Anwendung des Branch-and-Bound Verfahrens.

An, Jeong & Kim (2012) erarbeiteten ein Healthcare Service Scheduling Problem (HSSP). Ein gemischt-ganzzahliger Optimierungsansatz dient hier dazu, die Reisezeiten zu minimieren. Der Schwerpunkt liegt in der Entwicklung eines Lösungsverfahrens: ein 2-Phasen-Algorithmus konstruiert zunächst Teilpläne für Patienten mit engen Pflegerhythmen. Dazu werden die Patienten zunächst in zwei oder drei Teilgruppen aufgeteilt. Mehrere dieser Subgruppen werden dann kombiniert, um einen 6-Tageplan zu erhalten. Für jeden Tag wird dann eine Tour durch Lösen des dazugehörigen Traveling Salesman Problem ermittelt. Die entstandenen Touren werden anschließend noch verbessert, in dem schrittweise zwei Patienten innerhalb der Tour

### 3 Literaturüberblick

ausgetauscht werden bis keine Verbesserung der Lösung mehr erzielt werden kann. Im zweiten Schritt des Algorithmus werden dann die Patienten mit weiteren Pflegerhythmen in den Tourenplan eingefügt. Dazu werden die Reisezeiten zum nächsten Nachbarn aus dem Teilplan berechnet und in absteigender Reihenfolge nacheinander in den aktuellen Teilplan eingefügt. Beim Einfügen sind alle möglichen Positionen innerhalb der Teilpläne zu betrachten.

Lanzarone, Matta & Sahin (2012) modellieren die Zuordnung von Arbeitskräften (Pflegerkräfte, Ärzte, Therapeuten, etc.) zu Patienten im Kontext der ambulanten Pflege. Zielsetzung der Modelle ist die Schaffung eines ausgeglichenen Arbeitspensums. Dabei berücksichtigen die Modelle neben den Qualifikationen auch die Bezugspflege sowie die geografischen Bezirke, in denen die Patienten leben bzw. die Pflegerkräfte arbeiten. Die Autoren entwickelten jeweils ein Modell zur Abbildung der deterministischen und der stochastischen Natur der Nachfrage. Eine Bewertung der Modellergebnisse wird anhand von eigens entwickelten Performance-Indikatoren vorgenommen.

Allaoua et al. (2013) entwickelten einen simultanen Ansatz zur Optimierung von Touren und Dienstplänen für alle Mitarbeiter eines Pflegedienstes. Grundlage dafür sind ein Set Partitioning-Ansatz sowie ein Traveling Salesman Problem with Time Windows (TSPTW), die neben den Zeitfenstern auch Qualifikationen berücksichtigen. Kleine Beispielinstanzen werden mit Verfahren der linearen Programmierung gelöst (ILOG Solver CPLEX), während größere Testinstanzen durch die Zerlegung in zwei Teilprobleme und die Anwendung einer Heuristik gelöst werden.

Die hier vorgestellten Modelle und Lösungsansätze ermöglichen dem Anwender die Lösung vielfältiger Problemstellungen aus dem Bereich der Pflege. Zudem können sie die Grundlage für eine Vielzahl an Erweiterungen bilden und in verschiedene Modellierungssoftware eingebunden werden. Nachdem im zweiten Kapitel die Grundlagen der häuslichen Pflege und in diesem Kapitel vielfältige Ansätze zur Modellierung der Touren- und Personaleinsatzplanung beschrieben wurden, greift der folgende Abschnitt ein gerade beschriebenes Modell auf und stellt ausführlich dessen Struktur für die Implementierung in GAMS dar.

## 4 Kombinierte Touren- und Personaleinsatzplanung

Für die Implementierung in GAMS wurde das HHCP-Modell von Bertels & Fahle (2006) gewählt, da es aus Sicht der Verfasserin die realen Anforderungen der Pflegedienste in einer geeigneten Form abbildet. Es berücksichtigt die Wünsche und Präferenzen der Mitarbeiter und Patienten in Form von weichen Zeitfenstern für Aufgaben und Arbeitszeiten und bestraft die Verletzung dieser. Weiterhin können bei dem HHCP Qualifikationen abgebildet werden. Neben den harten Qualifikationen existieren ähnlich wie bei den Zeitfenstern weiche Qualifikationen, welche bei Nichteinhaltung zu Strafkosten führen.

Um das Modell in GAMS kodieren und lösen zu können, mussten einige Veränderungen und Ergänzungen an der Zielfunktion und an den Nebenbedingungen vorgenommen werden. Das Modell enthält, wie es von Bertels & Fahle (2006) vorgestellt wurde, nur die Variablen zur Bestimmung des Anfangszeitpunkts einer Aufgabe und des Zielfunktionswert. Eine Zuordnung von aufeinander folgenden Aufgaben zu Mitarbeitern fehlte bisher. Dies erfolgt nun durch die Variable  $x_{jmi}$ , dabei wird einem Mitarbeiter  $i$  die Aufgabenfolge  $(j, m)$  zugewiesen. Weiterhin wurde das Modell dahingehend verändert, dass zunächst eine Bestimmung des Zielfunktionswertes ohne Strafkosten erfolgt. Ursächlich hierfür war die Modellformulierung von Bertels et al. (2003), die vorsieht, dass Touren auf Basis vorgegebener Anfangszeitpunkte<sup>6</sup> für Aufgaben bestimmt werden. Ausgehend von diesen Daten werden dann die Strafkosten ermittelt. Aus Sicht der Verfasserin ist diese Modellformulierung nicht zielführend, da der Anfangszeitpunkt einer Aufgabe manuell festgelegt und nicht durch das Modell bestimmt wird. Daher erfolgte hier die Aufspaltung in zwei separate Teilmodelle, die nacheinander gelöst werden. Mit den im ersten Teilmodell ermittelten Anfangszeitpunkten der Aufgaben werden die Strafkosten bestimmt und als Summanden zur Zielfunktion des zweiten Teilmodells addiert. Im Anschluss daran wird das Modell erneut gelöst. Für diese Vorgehensweise wurde der Zielfunktionswert durch die Variable  $F1$  ersetzt und eine weitere Variable  $F2$  eingeführt. Um

<sup>6</sup>Bertels et al. (2003) verringern die vorgegebenen harten und weichen Zeitfenster für Aufgaben soweit, dass deren Start- und Endwerte identisch sind, also  $hb_j = sb_j = se_j = he_j$ . Dieser Wert wird als Anfangszeitpunkt einer Aufgabe festgelegt. Weitere Ausführungen dazu können Bertels et al. (2003, S. 107ff.) entnommen werden.

die Vorgehensweise zu verdeutlichen, soll das Modell hier vollständig dargestellt und auf veränderte Mengen- und Parameterdefinitionen hingewiesen werden. Das Ausgangsmodell kann Bertels & Fahle (2006) bzw. in einer umfangreicheren Darstellung Bertels et al. (2003) entnommen werden.

Das Modell enthält eine Menge der Mitarbeiter  $N$  (Indices  $i$  und  $n$ ), eine Menge der Patienten  $P$  (Indices  $p$  und  $r$ ), eine Menge an Aufgaben  $J$  (Indices  $j$  und  $m$ ) sowie die Menge der Qualifikationen  $Q$  (Index  $q$ ). Zu den bereits bestehenden Mengendefinitionen ist die Menge  $Z_{ij}$  hinzuzufügen. Sie definiert, welche Aufgaben aufgrund der Anforderungen der Aufgabe und den Qualifikationen des Personals, welchem Mitarbeiter zugeordnet werden. Zudem ergibt sich für die Patienten- und die Aufgabenmenge eine Erweiterung: Ersterer wird nun ein Depot  $D$  als Start- und Endpunkt aller Touren hinzugefügt. Die dazugehörige Aufgabe  $J0$  ist Bestandteil der Menge  $J$ . Dieses Depot kann entweder als fiktives Depot oder als reales Depot, in Form des Büros des Pflegedienstes, angesehen werden. Inwiefern diese Veränderung die Definition der Parameter beeinflusst, wird im Folgenden erläutert.

Folgende Parameter betreffen die Aufgaben:

- $hbj_j$  Beginn des harten Zeitfensters einer Aufgabe  $j$
- $hej_j$  Ende des harten Zeitfensters einer Aufgabe  $j$
- $sbj_j$  Beginn des weichen Zeitfensters einer Aufgabe  $j$
- $sej_j$  Ende des weichen Zeitfensters einer Aufgabe  $j$
- $d_{ij}$  Dauer der Aufgabe  $j$  in Abhängigkeit vom Mitarbeiter  $i$
- $qual_{ij_{qj}}$  harte Qualifikation  $q$  einer Aufgabe  $j$

Sobald das Depot  $D$  und die Aufgabe  $J0$  einen realen Charakter haben, sollten beide Zeitfenster und die Dauer der Aufgabe definiert werden. Es könnte sich bei der Aufgabe  $J0$  zum Beispiel um eine kurze Besprechung zum Dienstbeginn handeln. In diesem Fall können der Beginn des harten und weichen Zeitfensters auf den Beginn der Dienstbesprechung gelegt werden, da sie vor allen anderen Aufgaben stattfinden soll. Mit dem Parameter  $d_{i,j}$  kann die Dauer der Besprechung angegeben werden. Handelt es sich hingegen um ein fiktives Depot, kann mit dem Beginn des harten und weichen Zeitfensters der Dienstbeginn aller Mitarbeiter des Pflegedienstes festgelegt werden. Auf die Definition einer Aufgabendauer kann in diesem Fall jedoch verzichtet werden. Unabhängig von der Art des Depots sollte ein Endwert für das harte und weiche Zeitfenster definiert werden, der ausreichend groß zu wählen ist. In jedem Fall sollte die Aufgabe mit dem spätesten Anfangszeitpunkt noch innerhalb des Zeitfensters des Depots erledigt werden können, da aufgrund der Modellformulierung eine Rückfahrt für jeden Mitarbeiter von dessen letzter Aufgabe zum Depot

#### 4 Kombinierte Touren- und Personaleinsatzplanung

vorgesehen ist. Der Ermittlung der harten Qualifikationen einer Aufgabe liegt ein selbst entwickeltes binäres Konzept zugrunde: Erfordert eine Aufgabe  $j$  eine bestimmte Qualifikation  $q$ , so ist  $qual_{ijq} = 1$ , anderenfalls Null. Somit werden diese Anforderungen mit Hilfe einer binären Matrix abgebildet.

Für das Depot kann jedoch auf die Festlegung von harten Qualifikationen in jedem Fall verzichtet werden.

Folgende Parameter betreffen die Mitarbeiter des Pflegedienstes:

$hbn_i$	Beginn des harten Zeitfensters eines Mitarbeiters $i$
$hen_i$	Ende des harten Zeitfensters eines Mitarbeiters $i$
$sbni$	Beginn des weichen Zeitfensters eines Mitarbeiters $i$
$sen_i$	Ende des weichen Zeitfensters eines Mitarbeiters $i$
$mintime_i$	untere Schranke der Arbeitszeit eines Mitarbeiters $i$
$maxtime_i$	obere Schranke der Arbeitszeit eines Mitarbeiters $i$
$qual_{iq}$	Qualifikationen $q$ eines Mitarbeiters $i$

Mit diesen Parametern kann der Zeitraum für einen Dienst und die Arbeitszeit festgelegt werden.  $hbn_i$  und  $hen_i$  betreffen den geforderten Zeitraum der Arbeit, der sich durch die harten Zeitfenster der Aufgaben ergibt, während  $sbni$  und  $sen_i$  Wünsche des Arbeitnehmers wiedergeben. Die Beschränkungen der Arbeitszeit durch  $mintime_i$  und  $maxtime_i$  erlauben die Definition unterschiedlicher Dienstlängen, welche insbesondere bei der Berücksichtigung minderjähriger Arbeitnehmer (Praktikanten, Auszubildende) von Bedeutung sind und somit gesetzliche Regelungen widerspiegeln. Die Qualifikationen der Mitarbeiter werden analog zu den harten Anforderungen der Aufgaben über eine binäre Matrix abgebildet, bei welcher der Wert Eins vergeben wird, sobald ein Mitarbeiter  $i$  über die Qualifikation  $q$  verfügt und Null anderenfalls. Die folgenden Parameter sind sowohl für die Mitarbeiter als auch für die Aufgaben relevant:

$sc_{ij}$	Strafkostenwert für die Verletzung weicher Qualifikationen einer Aufgabe $j$ durch einen Mitarbeiter $i$
$trtime_{jmi}$	Reisezeit eines Mitarbeiter $i$ zwischen zwei Aufgaben $j$ und $m$

Der Bewertung von nicht eingehaltenen weichen Qualifikationen mit Strafkosten erfolgt auf der Basis eines selbst entwickelten Maßstabes. Dargestellt ist dieser in der Abbildung 2 (vgl. Abbildung 2, S. 22).

## 4 Kombinierte Touren- und Personaleinsatzplanung

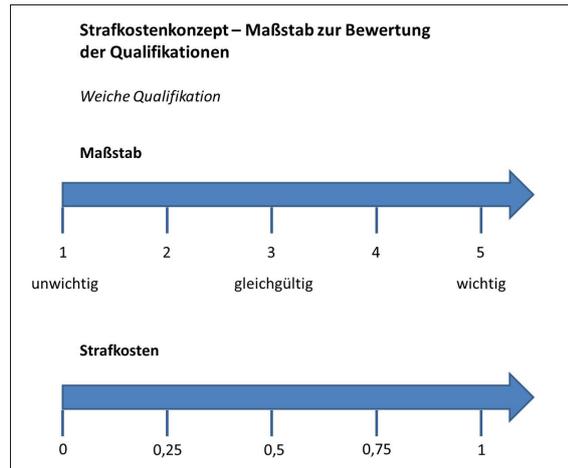


Abbildung 2: Das Strafkostenkonzept

Zunächst wird durch den Patienten eingeschätzt, wie wichtig ihm eine bestimmte Qualifikation bei einer Aufgabe ist (oberer Pfeil der Abbildung). Kann der Mitarbeiter diese Qualifikation nicht erfüllen, wird ein Wert entsprechend des unteren Pfeils der Abbildung vergeben. Je höher die Qualifikation durch den Patienten eingeschätzt wird, desto höher sind die Strafkosten, welche aus einer Nichteinhaltung resultieren. Wird also eine Anforderung vom Patienten als „wichtig“ (5) eingestuft, so wird ein Strafkostenwert von  $sc_{ij} = 1$  vergeben, sobald der Mitarbeiter  $i$  die Anforderung nicht erfüllen kann. Für das Depot entfällt diese Zuordnung.

Die Art des Depots beeinflusst jedoch den Parameter der Reisezeit. Handelt es sich um ein fiktives Depot, so ist die Reisezeit von diesem Depot zu allen Aufgaben bzw. von allen Aufgaben zu diesem Depot gleich Null. Ist das Depot jedoch das Büro des Pflegedienstes, so sind in die Reisezeitmatrix auch die Verbindungen vom Depot zu allen Aufgaben und von allen Aufgaben zum Depot aufzunehmen.

Weiterhin werden folgende Parameter benötigt:

- $B$  sehr große Zahl
- $\alpha_k$  Gewichtungsfaktoren der Summanden der Zielfunktion mit  $\alpha_k \geq 0, \sum_k \alpha_k = 1$
- $\epsilon$  Summand zur Verhinderung der Division durch Null
- $LBT$  untere Schranke der Reisezeit
- $UBT$  obere Schranke der Reisezeit
- $LBW$  untere Schranke der Arbeitszeit
- $UBW$  obere Schranke der Arbeitszeit

#### 4 Kombinierte Touren- und Personaleinsatzplanung

- $earlyj_{ij}$  Frühzeitigkeit, d. h. Beginn der Aufgabe  $j$  vor dem weichen Aufgabenzeitfenster in Abhängigkeit des Mitarbeiters  $i$
- $latej_{ij}$  Verspätung, d. h. Beginn der Aufgabe  $j$  nach dem weichen Aufgabenzeitfenster in Abhängigkeit vom Mitarbeiter  $i$
- $pj_{ij}$  Strafkosten der Aufgabe  $j$  in Abhängigkeit des Mitarbeiters  $i$  bei Verletzung des weichen Aufgabenzeitfensters
- $earlyn_{ij}$  Frühzeitigkeit, d. h. Beginn der Aufgabe  $j$  vor dem weichen Arbeitszeitfenster in Abhängigkeit des Mitarbeiters  $i$
- $laten_{ij}$  Verspätung, d. h. Beginn der Aufgabe  $j$  nach dem weichen Arbeitszeitfenster in Abhängigkeit vom Mitarbeiter  $i$
- $pn_i$  Strafkosten bei Verletzung des weichen Arbeitszeitfensters eines Mitarbeiters  $i$
- $psc_i$  Strafkosten eines Mitarbeiters  $i$  bei Verletzung der weichen Qualifikationen der Aufgaben

Folgende Variablen sind zur Modellformulierung erforderlich:

- $x_{jmi} = 1$ , falls die Aufgabenfolge  $(j, m)$  dem Mitarbeiter  $i$  zugeordnet wird, 0 sonst
- $t_{ij}$  Anfangszeitpunkt einer Aufgabe  $j$  bei einem Mitarbeiter  $i$  mit  $t_{ij} \geq 0$
- $zeit_{ij}$  Anfangszeitpunkt einer Aufgabe  $j$  bei einem Mitarbeiter  $i$  zur Ermittlung der Strafkosten mit  $zeit_{ij} \geq 0$
- $F1$  Zielfunktionswert des ersten Teilmodells
- $F2$  Zielfunktionswert des zweiten Teilmodells bzw. Endergebnis

Nachdem nun alle Mengen, Parameter und Variablen definiert wurden, sind noch folgende Vorberechnungen zur Lösung des Modells erforderlich.

Zunächst werden der Menge  $Z_{ij}$  Elemente zugewiesen. Dabei wird geprüft, ob  $qualin_{qi} \geq qualij_{qj}$  ist. Wenn dies der Fall ist, darf dem Mitarbeiter  $i$  die Aufgabe  $j$  zugewiesen werden, d. h. die Kombination  $(i, j)$  wird in die Menge  $Z_{ij}$  aufgenommen. Gilt hingegen  $qualin_{qi} < qualij_{qj}$  darf die Aufgabe  $j$  nicht durch den Mitarbeiter  $i$  erbracht werden, daher ist  $(i, j) \notin Z_{ij}$ .

#### 4 Kombinierte Touren- und Personaleinsatzplanung

Weiterhin werden die Schranken der Reise- und Arbeitszeit nach Bertels & Fahle (2006) ermittelt, d. h.:

$$LBT = \sum_{i \in N} \left( \min_{(j,m) \in J} trtime_{jmi} \right) \quad (4.1)$$

$$UBT = \sum_{i \in N} \left( \max_{(j,m) \in J} trtime_{jmi} \right) \quad (4.2)$$

$$LBW = \sum_{i \in N} mintime_i \quad (4.3)$$

$$UBW = \sum_{i \in N} maxtime_i \quad (4.4)$$

Das erste Teilmodell sieht nun wie folgt aus:

$$\min F1$$

mit

$$F1 = \frac{\sum_{(j,m) \in J} x_{jmi} \cdot trtime_{jmi} - LBT}{UBT - LBT + \epsilon} + \frac{1}{N} \frac{\sum_{(j,m) \in J} x_{jmi} \cdot (d_{ij} + trtime_{jmi}) - LBW}{UBW - LBW + \epsilon} \quad (4.5)$$

unter den Nebenbedingungen

$$\sum_{\substack{i \in N, \\ m \in J}} x_{mji} = 1 \quad \forall j \in J \setminus \{J0\}, (i, j) \in Z_{ij} \quad (4.6)$$

$$\sum_{m \in J} x_{jmi} - \sum_{m \in J} x_{mji} = 0 \quad \forall j \in J, i \in N \quad (4.7)$$

$$\sum_{\substack{(j,m) \in J, \\ j \neq m}} x_{jmi} \leq J - 1 \quad \forall i \in N \quad (4.8)$$

$$\sum_{\substack{j=J0, \\ m \in J}} x_{jmi} = 1 \quad \forall i \in N \quad (4.9)$$

#### 4 Kombinierte Touren- und Personaleinsatzplanung

$$\sum_{\substack{j=J0, \\ m \in J}} x_{mji} = 1 \quad \forall i \in N \quad (4.10)$$

$$hb_j \leq t_{ij} \quad \forall i \in N, j \in J \quad (4.11)$$

$$t_{ij} \leq he_j \quad \forall i \in N, j \in J \quad (4.12)$$

$$t_{ij} + d_{ij} + trtime_{jmi} - (1 - x_{jmi})B \leq t_{im} \quad \forall i \in N, j, m \in J, m \neq J0 \quad (4.13)$$

$$mintime_i \leq \sum_{\substack{(j,m) \in J, \\ j \neq m}} x_{jmi} \cdot (d_{ij} + trtime_{jmi}) \quad \forall i \in N \quad (4.14)$$

$$maxtime_i \geq \sum_{\substack{(j,m) \in J, \\ j \neq m}} x_{jmi} \cdot (d_{ij} + trtime_{jmi}) \quad \forall i \in N \quad (4.15)$$

$$hbn_i \leq t_{ij} \quad \forall i \in N, j \in J \quad (4.16)$$

$$t_{ij} + d_{ij} \leq hen_i \quad \forall i \in N, j \in J \quad (4.17)$$

Die Zielfunktion (4.5) summiert bisher lediglich die Abweichungen der Reise- und Arbeitszeiten. Die Nebenbedingung (4.6) gewährleistet, dass jede Aufgabe genau dann einmal zugeordnet wird, wenn die Qualifikationen des Mitarbeiters und die der Aufgabe übereinstimmen (Menge  $Z_{ij}$ ), während die Gleichung (4.7) die Fluss-erhaltungsbedingung darstellt. Durch die Restriktion (4.8) werden alle Aufgaben erfüllt. Schließlich stellen die Nebenbedingungen (4.9) und (4.10) sicher, dass jede Tour im Depot beginnt und endet. (4.11) bis (4.13) gewährleisten die Einhaltung der Zeitfenster und stellen ausreichend Zeit zur Erfüllung der Aufgabe und Weiterfahrt zur nächsten Aufgabe zur Verfügung. (4.14) und (4.15) beschränken die Arbeitszeiten der einzelnen Mitarbeiter, während die Nebenbedingungen (4.16) und (4.17) die Einhaltung der Arbeitszeitfenster garantieren. Lediglich die Gleichungen (4.6) bis (4.10) stellen Neuerungen im Vergleich zur Formulierung des HHCP-Modells durch Bertels & Fahle (2006) dar. Die Zielfunktion (4.5) und die Restriktionen (4.11) bis (4.17) sind bereits in ähnlicher Form bei ihnen zu finden.

Mit Hilfe dieses gerade beschriebenen Teilmodells können die Variablen  $t_{ij}$ ,  $x_{jmi}$  und  $F1$  ermittelt werden. Für die weiteren Berechnungen mit dem zweiten Teilmodell sind insbesondere die Werte der ersten beiden Variablen relevant. Zunächst werden der Variable  $zeit_{ij}$  Werte zugewiesen, um daraus die Frühzeitigkeit und Verspätung zu ermitteln. Dabei gilt:  $zeit_{ij} := t_{ij}$ , falls  $x_{jmi} = 1$ . Nur wenn die Aufgabenfolge  $(j, m)$  dem Mitarbeiter  $i$  zugeordnet wird, darf der Variablen  $zeit_{ij}$  ein Wert zuge-

#### 4 Kombinierte Touren- und Personaleinsatzplanung

wiesen werden. Sowohl Frühzeitigkeit und Verspätung als auch daraus resultierende Strafkosten werden also nur für die entsprechenden Zuordnungen von  $x_{jmi}$  ermittelt. Die Berechnung dieser Werte erfolgt durch die folgenden Gleichungen, mit  $i \in N$  und  $j \in J$ :

$$earlyj_{ij} = \begin{cases} 0 & sbj_j = hbj_j \\ \frac{sbj_j - zeit_{ij}}{sbj_j - hbj_j} & \text{sonst} \end{cases} \quad (4.18)$$

$$latej_{ij} = \begin{cases} 0 & sej_j = hej_j \\ \frac{zeit_{ij} - sej_j}{hej_j - sej_j} & \text{sonst} \end{cases} \quad (4.19)$$

$$earlyn_{ij} = \begin{cases} 0 & sbn_i = hbn_i \\ \frac{sbn_i - zeit_{ij}}{sbn_i - hbn_i} & \text{sonst} \end{cases} \quad (4.20)$$

$$laten_{ij} = \begin{cases} 0 & sen_i = hen_i \\ \frac{zeit_{ij} + d_{ij} - sen_i}{hen_i - sen_i} & \text{sonst} \end{cases} \quad (4.21)$$

$$pj_{ij} = \max\{earlyj_{ij}, latej_{ij}, 0\} \quad (4.22)$$

$$pn_i = \frac{1}{2} (\max_j \{earlyn_{ij}, 0\} + \max_j \{laten_{ij}, 0\}) \quad (4.23)$$

$$psc_i = \frac{1}{J-1} \sum sc_{ij} \quad (4.24)$$

Eine Besonderheit weist die Gleichung (4.24) auf, welche die Strafkosten für die Verletzung weicher Qualifikationen ermittelt: Hier wird im Nenner des Bruches das Depot ausgeschlossen, da ihm eingangs in der Parameterdefinition schon keine Werte zugewiesen wurden.

Mit den oben ermittelten Strafkosten kann nun das zweite Teilmodell gelöst werden. Es ergibt sich eine veränderte Zielfunktion, welche zu minimieren ist.

min  $F2$

mit

$$\begin{aligned}
 F2 = & \alpha_1 \cdot \frac{\sum_{\substack{i \in N \\ (j,m) \in J}} x_{jmi} \cdot trtime_{jmi} - LBT}{UBT - LBT + \epsilon} \\
 & + \alpha_2 \cdot \frac{1}{N} \cdot \frac{\sum_{\substack{i \in N \\ (j,m) \in J}} x_{jmi} \cdot (d_{ij} + trtime_{jmi}) - LBW}{UBW - LBW + \epsilon} \\
 & + \alpha_3 \cdot \frac{1}{J} \sum_{\substack{i \in N \\ j \in J}} pJ_{ij} \\
 & + \alpha_4 \cdot \frac{1}{N} \sum_{i \in N} pn_i \\
 & + \alpha_5 \cdot \frac{1}{N} \sum_{i \in N} psc_i
 \end{aligned} \tag{4.25}$$

Lediglich die letzten drei Summanden und die Gewichtung dieser unterscheiden diese Zielfunktion von der Zielfunktion (4.5) des ersten Teilmodells. Als Nebenbedingungen werden alle Restriktionen, (4.6) bis (4.17), des ersten Teilmodells verwendet. Durch diese gesplittete Berechnung kann eine Verbesserung der Lösung erreicht werden. Zudem wird verhindert, dass Anfangszeitpunkte als Startwerte manuell vorgegeben werden müssen.

## 5 Schlussbetrachtung

Die Pflege von Menschen ist nicht nur ein Forschungsbereich in den Gesundheitswissenschaften, sondern auch in der Verkehrswirtschaft. Im Rahmen dieser zweiteiligen Schriftenreihe soll ein Modell der Touren- und Personaleinsatzplanung für den Bereich der häuslichen Pflege untersucht werden. Dazu wurden in diesem Teil zunächst die Grundlagen für die Analyse des Modells beschrieben.

Mit der Vorstellung des deutschen Pflegesystems (vgl. Kapitel 2) wurde die Versorgung von pflegebedürftigen Menschen aller Altersgruppen mit den vielfältigsten Erkrankungen und Beeinträchtigungen in den Mittelpunkt der Betrachtung gerückt. Einen wesentlichen Einfluss auf diese Betreuung haben, neben dem Alter, auch die Familienstrukturen sowie die körperliche Gesundheit des Menschen. Sie bestimmen in hohem Maße, ob der Pflegebedürftige stationär gepflegt werden muss oder in seiner häuslichen Umgebung verbleiben kann. Im letzteren Fall erfolgt häufig die Unterstützung durch einen Pflegedienst. Maßgeblich beeinflusst wird diese Betreuung und die Qualität in der häuslichen Pflege durch eine effiziente Touren- und Personaleinsatzplanung des Pflegedienstes.

Dazu wurden im dritten Kapitel verschiedene Modelle der separaten und kombinierten Touren- und Personaleinsatzplanung vorgestellt. Herausgegriffen wurden Modelle und Lösungsansätze, die speziell für den Bereich der ambulanten Pflege entwickelt wurden und die u. a. Zeitfenster, Qualifikationen von Mitarbeitern sowie Präferenzen von Pflegebedürftigen abbilden. Weiterhin werden in diesen Modellen in unterschiedlichem Maße bereits eine 24-Stunden-Versorgung und die Sicherstellung der Betreuung an jedem Wochentag berücksichtigt.

Jedes Modell für sich betrachtet, bildet bereits einige Anforderungen an die Touren- und Personaleinsatzplanung von Pflegediensten ab. Allerdings kann erst die Kombination eines Touren- und eines Personaleinsatzplanungsproblems einer Vielzahl an Erfordernissen hinsichtlich eines geregelten Tagesablaufs des pflegebedürftigen Menschen und der Strukturierung der Pflegemaßnahmen beim Pflegedienst gerecht werden. Damit stellt das von Bertels et al. (2003) bzw. das von Bertels & Fahle (2006) beschriebene Modell ein vielseitiges Instrument zur Umsetzung von Problemstellungen dieser Art dar. Mit dem ihm zugrunde liegenden Modell (vgl. Kapitel 4) kann es den Ausgangspunkt für eine effiziente sowie Mitarbeiter- und Patienten-orientierte Pflege bilden. Sowohl die Verwendung von zwei verschiedenen Zeitfenstern als auch

## 5 Schlussbetrachtung

die unterschiedlichen Aufgabenanforderungen und Qualifikationen der Mitarbeiter bilden eine Basis für die Abbildung praxisrelevanter Problemstellungen. Dadurch können Mitarbeitern Aufgaben entsprechend ihrer Fähigkeiten und Kenntnisse zugeordnet werden, bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Zeitvorgaben der Patienten. Weiterhin gewährleistet das Modell minimale Arbeits- und Reisezeiten und bietet darüber hinaus die Möglichkeit Kosteneinsparungen, vor allem im Bereich der Betriebskosten, zu erzielen.

Auf der Grundlage eines fiktiven Pflegedienstes in Dresden können nun verschiedene Mengentests und Parametervariationen durchgeführt werden, um die Implementier- und Erweiterbarkeit des Modells zu untersuchen. Dies ist der zentrale Gegenstand des zweiten Teils dieser Schriftenreihe.

# Literaturverzeichnis

Akjiratikarl, C., Yenradee, P. & Drake, P. R. (2007): PSO-based algorithm for home care worker scheduling in the UK, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 53, Nr. 4, S. 559-583.

Allaoua, H., Borne, S., Létocart, L. & Calvo, R. W. (2013): A matheuristic approach for solving a home health care problem, *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, Vol. 41, S. 471-478.

An, Y.-J., Jeong, B. J. & Kim, S.-D. (2012): Scheduling healthcare services in a home healthcare system, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 63, Nr. 11, S. 1589-1599.

Bachouch, R. B., Guinet, A. & Hajri-Gabouj, S. (2011): A Decision-Making Tool for Home Health Care Nurses' Planning, *Supply Chain Forum*, Vol. 12, Nr. 1, S. 14-20.

Begur, S. V., Miller, D. M. & Weaver, J. R. (1997): An Integrated Spatial DSS for Scheduling and Routing Home-Health-Care Nurses, *Interfaces*, Vol. 27, Nr. 4, S. 35-48.

Benzarti, E., Sahin, E. & Dallery, Y. (2010): Modelling approaches for the home health care districting problem, *8th International Conference of Modeling and Simulation - MOSIM'10 - May 10-12, 2010, Hammamet, Tunisia*.

Benzarti, E., Sahin, E. & Dallery, Y. (2013): Operations management applied to home care services: Analysis of the districting problem, *Decision Support Systems*, Vol. 55, Nr. 2, S. 587-598.

Bertels, S. & Fahle, T. (2006): A hybrid setup for a hybrid scenario: combining heuristics for the home health care problem, *Computers and Operations Research*, Vol. 33, Nr. 10, S. 2866-2890.

## Literaturverzeichnis

Bertels, S., Fahle, T., Hokemeier, S., Klomp, H., Knauth, P., Rott, M. & Templin, M. (2003): *Partizipative Personaleinsatzplanung für den Ambulanten Pflegedienst*, Josef EUL Verlag, Lohmar/Köln.

Borsani, V., Matta, A., Beschi, G. & Sommaruga, F. (2006): A Home Care Scheduling Model For Human Resources, *International Conference on Service Systems and Service Management, Oktober 2006, Troyes - Frankreich*, Vol. 1, S. 449-454.

Büker, C. (2005): Spezielle Aufbau- und Ablauforganisation des Pflegeunternehmens, in: Loffing, C. & Geise, S. (Hrsg.), *Management und Betriebswirtschaft in der ambulanten und stationären Altenpflege*, Verlag Hans Huber, Bern.

Bundesamt für Bauwesen und Raumforschung (BBR) (2006): *Raumordnungsprognose 2020/2050: Kurzfassung von Berichten*, Band 23, abgerufen am 01.02.2012, [http://www.bbsr.bund.de/cln\\_032/nn\\_340582/BBRSR/DE/Veroeffentlichungen/Abgeschlossen/Berichte/2006\\_\\_2007/Kurzfr0P2020\\_\\_2050.html?\\_\\_nnn=true](http://www.bbsr.bund.de/cln_032/nn_340582/BBRSR/DE/Veroeffentlichungen/Abgeschlossen/Berichte/2006__2007/Kurzfr0P2020__2050.html?__nnn=true).

Bundesministerium für Gesundheit (BMG) (Hrsg.) (2012): *Pflegebedürftig. Was nun?: Die ersten Schritte zur schnellen Hilfe*, abgerufen am 17.12.2013, [https://www.bundesgesundheitsministerium.de/service/publikationen/einzelansicht.html?tx\\_rsmpublications\\_pi1\[publication\]=18&tx\\_rsmpublications\\_pi1\[action\]=show&tx\\_rsmpublications\\_pi1\[controller\]=Publication&cHash=c297b5d1771f2b93592ba722f5b2f027](https://www.bundesgesundheitsministerium.de/service/publikationen/einzelansicht.html?tx_rsmpublications_pi1[publication]=18&tx_rsmpublications_pi1[action]=show&tx_rsmpublications_pi1[controller]=Publication&cHash=c297b5d1771f2b93592ba722f5b2f027).

Bundesministerium für Gesundheit (BMG) (Hrsg.) (2013): *Ratgeber zur Pflege: Alles, was Sie zur Pflege wissen müssen*, abgerufen am 17.12.2013, [https://www.bundesgesundheitsministerium.de/service/publikationen/einzelansicht.html?tx\\_rsmpublications\\_pi1\[publication\]=13&tx\\_rsmpublications\\_pi1\[action\]=show&tx\\_rsmpublications\\_pi1\[controller\]=Publication&cHash=a174e7621143b00b5686b2d694edaea3](https://www.bundesgesundheitsministerium.de/service/publikationen/einzelansicht.html?tx_rsmpublications_pi1[publication]=13&tx_rsmpublications_pi1[action]=show&tx_rsmpublications_pi1[controller]=Publication&cHash=a174e7621143b00b5686b2d694edaea3).

Bundeszentrale für politische Bildung (bpb) (2009): *Informationen zur politischen Bildung: Familie und Familienpolitik*, Heft 301, abgerufen am 06.02.2012, [http://www.bpb.de/publikationen/7XXA8D,0,Familie\\_und\\_Familienpolitik.html](http://www.bpb.de/publikationen/7XXA8D,0,Familie_und_Familienpolitik.html).

Büscher, A. (2011): Ambulante Pflege, in: Schaeffer, D. (Hrsg.), *Handbuch Pflegewissenschaft*, Juventa, Weinheim/München.

## Literaturverzeichnis

- Cheng, E. & Rich, J. L. (1998): A Home Health Care Routing and Scheduling Problem, *Technical Reports*, Computational & Applied Mathematics Rice University (online CiteSeerX).
- De Causmaecker, P., Demeester, P., De Pauw-Waterschoot, P. & Vanden Berghe, G. (2000): Agents in a Route Planning Application, *Belgian Journal of Operations Research, Statistics and Computer Science*, Vol. 40, Nr. 1-2, S. 105-116.
- Elbenani, B., Ferland, J. A. & Gascon, V. (2008): Mathematical Programming Approach for Routing Home Care Nurses, *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 8.-11. Dezember 2008, Singapur, S. 107-111.
- Eveborn, P., Flisberg, P. & Rönnqvist, M. (2004): Home Care Operations, *OR/MS Today*, Vol. 31, Nr. 2.
- Fahle, T., Junker, U., Karisch, S. E., Kohl, N., Sellmann, M. & Vaaben, B. (2002): Constraint Programming Based Column Generation for Crew Assignment, *Journal of Heuristics*, Vol. 8, Nr. 1, S. 59-81.
- Hertz, A. & Lahrichi, N. (2009): A patient assignment algorithm for home care services, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 60, Nr. 4, S. 481-495.
- Hoffmann, E., Menning, S. & Schelhase, T. (2009): Demografische Perspektiven zum Altern und zum Alter, in: Böhm, K., Tesch-Römer, C. & Ziese, T. (Hrsg.), *Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes: Gesundheit und Krankheit im Alter*, abgerufen am 04.11.2011,  
[http://www.gbe-bund.de/gbe10/trecherche.prc\\_them\\_rech?tk=3600&tk2=4500&p\\_uid=gastd&p\\_aid=24488276&p\\_sprache=D&cnt\\_ut=7&ut=4660](http://www.gbe-bund.de/gbe10/trecherche.prc_them_rech?tk=3600&tk2=4500&p_uid=gastd&p_aid=24488276&p_sprache=D&cnt_ut=7&ut=4660).
- International Council of Nurses (ICN) (2010): *Definition of Nursing*, abgerufen am 05.01.2012,  
<http://www.icn.ch/about-icn/icn-definition-of-nursing/>.
- Isken, M. W. (2004): An Implicit Tour Scheduling Model with Applications in Healthcare, *Annals of Operations Research*, Vol. 128, Nr. 1-4, S. 91-109.
- Kelm, R. (2008): *Arbeitszeit- und Dienstplangestaltung in der Pflege*, 3. Aufl., Kohlhammer-Verlag, Stuttgart.

## Literaturverzeichnis

- Kergosien, Y., Lenté, C. & Billaut, J.-C. (2009): Home health care problem - An extended multiple Traveling Salesman Problem, *Multidisciplinary International Conference on Scheduling: Theory and Applications (MISTA 2009)*, 10.-12. August 2009, Dublin, Irland, S. 85-92.
- Kuhlmeiy, A. & Blüher, S. (2011): Demografische Entwicklung in Deutschland - Konsequenzen für Pflegebedürftigkeit und pflegerische Versorgung, in: Schaeffer, D. (Hrsg.), *Handbuch Pflegewissenschaft*, Juventa, Weinheim/München.
- Lanzarone, E., Matta, A. & Sahin, E. (2012): Operations Management Applied to Home Care Services: The Problem of Assigning Human Resources to Patients, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans*, Vol. 42, Nr. 6, S. 1346-1363.
- Loffing, C. (2005): Personalmanagement in Pflegeunternehmen, in: Loffing, C. & Geise, S. (Hrsg.), *Management und Betriebswirtschaft in der ambulanten und stationären Altenpflege*, Verlag Hans Huber, Bern.
- Naegele, G. & Bäcker, G. (2011): Pflegebedürftigkeit aus sozialpolitischer Sicht, in: Schaeffer, D. (Hrsg.), *Handbuch Pflegewissenschaft*, Juventa, Weinheim/München.
- Nickel, S., Schröder, M. & Steeg, J. (2012): Mid-term and short-term planning support for home health care services, *European Journal of Operational Research*, Vol. 219, Nr. 3, S. 574-587.
- Rasmussen, M. S., Justesen, T., Dohn, A. & Larsen, J. (2012): The Home Care Crew Scheduling Problem: Preference-based visit clustering and temporal dependencies, *European Journal of Operational Research*, Vol. 219, Nr. 3, S. 598-610.
- Robert-Koch-Institut (Hrsg.) (2006): *Gesundheitsberichterstattung des Bundes: Gesundheit in Deutschland*, abgerufen am 21.12.2011,  
[http://www.gbe-bund.de/gbe10/abrechnung.prc\\_abr\\_test\\_logon?p\\_uid=gasts&p\\_aid=&p\\_knoten=FID&p\\_sprache=D&p\\_suchstring=10955::Herz](http://www.gbe-bund.de/gbe10/abrechnung.prc_abr_test_logon?p_uid=gasts&p_aid=&p_knoten=FID&p_sprache=D&p_suchstring=10955::Herz).

## Literaturverzeichnis

Saß, A. C., Wurm, S. & Ziese, T. (2009): Somatische und psychische Gesundheit, in: Böhm, K., Tesch-Römer, C. & Ziese, T. (Hrsg.), *Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes: Gesundheit und Krankheit im Alter*, abgerufen am 04.11.2011, [http://www.gbe-bund.de/gbe10/trecherche.prc\\_them\\_rech?tk=3600&tk2=4500&p\\_uid=gastd&p\\_aid=24488276&p\\_sprache=D&cnt\\_ut=7&ut=4660](http://www.gbe-bund.de/gbe10/trecherche.prc_them_rech?tk=3600&tk2=4500&p_uid=gastd&p_aid=24488276&p_sprache=D&cnt_ut=7&ut=4660).

Sellmann, M., Zervoudakis, K., Stamatopoulos, P. & Fahle, T. (2002): Crew Assignment via Constraint Programming: Integrating Column Generation and Heuristic Tree Search, *Annals of Operations Research*, Vol. 115, Frühjahr, S. 207-225.

Sozialgesetzbuch (SGB) - Elftes Buch (XI) - Soziale Pflegeversicherung 1994 (letzte Änderung 15.07.2013).

Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2013a): *Pflegestatistik 2011: Pflege im Rahmen der Pflegeversicherung - Ländervergleich - Ambulante Pflegedienste*, abgerufen am 17.12.2013, <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Pflege/LaenderAmbulantePflegedienste.html>.

Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2013b): *Pflegestatistik 2011: Pflege im Rahmen der Pflegeversicherung - Ländervergleich - Pflegebedürftige*, abgerufen am 17.12.2013, <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Pflege/LaenderPflegebeduerftige.html>.

Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2013c): *Kranke und Unfallverletzte nach Altersgruppen - Ergebnisse des Mikrozensus 2009*, abgerufen am 17.12.2013, <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Gesundheit/GesundheitszustandRelevantesVerhalten/Tabellen/KrankeUnfallverletzte.html>.

Thomsen, K. (2006): Optimization on Home Care, Department of Informatics and Mathematical Modelling, Technical University of Denmark, Master Thesis.

Trautsmawieser, A., Gronalt, M. & Hirsch, P. (2011): Securing home health care in times of natural disasters, *OR Spectrum*, Vol. 33, Nr. 3, S. 787-813.

Vance, P. H., Barnhart, C., Johnson, E. L. & Nemhauser, G. L. (1997): Airline Crew Scheduling: A new formulation and decomposition algorithm, *Operations Research*, Vol. 45, Nr. 2, S. 188-200.

**SEIT 2000 SIND FOLGENDE DISKUSSIONSBEITRÄGE ERSCHIENEN:**

- 1/2000 Röhl, Klaus-Heiner: Die Eignung der sächsischen Agglomerationsräume als Innovations- und Wachstumspole für die wirtschaftliche Entwicklung des Landes**
- 2/2000 Röhl, Klaus-Heiner: Der Aufbau der ostdeutschen Infrastruktur und sein Beitrag zur wirtschaftlichen Entwicklung in Sachsen**
- 3/2000 Kummer, Sebastian; Mating, Anette; Käsbauer, Markus; Einbock, Marcus: Franchising bei Verkehrsbetrieben**
- 4/2000 Westphal, Jan R.: Komplexitätsmanagement in der Produktionslogistik**
- 5/2000 Röhl, Klaus-Heiner: Saxony's Capital Dresden – on the Way to become Eastern Germany's first "Innovative Milieu"?**
- 6/2000 Schramm, Hans-Joachim: Electronic Commerce im Lebensmitteleinzelhandel - Auswertung einer Konsumentenbefragung im Großraum Dresden**
- 1/2001 Schramm, Hans-Joachim; Veith, Elisabeth: Schwerlasttransport auf deutschen Straßen, Ergebnisse einer Befragung deutscher Schwerlasttransportunternehmen**
- 2/2001 Schramm, Hans-Joachim; Eberl, Katharina: Privatisierung und Going Public von staatlichen Eisenbahnunternehmen - Versuch eines adaptiven Vergleichs zwischen Japan und Deutschland**
- 1/2002 Kummer, Sebastian; Schmidt, Silvia: Methodik der Generierung und Anwendung wertorientierter Performance-Kennzahlen zur Beurteilung der Entwicklung des Unternehmenswertes von Flughafenunternehmen**
- 2/2002 Wieland, Bernhard: Economic and Ecological Sustainability - The Identity of Opposites?**
- 1/2003 Freyer, Walter; Groß, Sven: Tourismus und Verkehr - Die Wechselwirkungen von mobilitätsrelevanten Ansprüchen von touristisch Reisenden und Angeboten (touristischer) Transportunternehmen**

- 2/2003 Stopka, Ulrike; Urban, Thomas: Implikationen neuer Vertriebs- und Distributionsformen auf das Customer Relationship Management und die Gestaltung von virtuellen Marktplätzen im BtoC-Bereich**
- 1/2004 Hoppe, Mirko; Schramm, Hans-Joachim: Use of Interorganisational Systems - An Empirical Analysis**
- 2/2004 Wieland, Bernhard; Seidel, Tina; Matthes, Andreas; Schlag, Bernhard: Transport Policy, Acceptance and the Media**
- 1/2005 Brunow, Stephan; Hirte, Georg: Age Structure and Regional Income Growth**
- 2/2005 Stopka, Ulrike; Urban, Thomas: Erklärungsmodell zur Beurteilung der betriebswirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit des Kundenbeziehungsmanagements sowie Untersuchung zur Usability von Online-Angeboten im elektronischen Retailbanking**
- 3/2005 Urban, Thomas: Medienökonomie**
- 4/2005 Urban, Thomas: eMerging-Media: Entwicklung der zukünftigen Kommunikations- und Medienlandschaft**
- 1/2006 Wieland, Bernhard: Special Interest Groups and 4<sup>th</sup> Best Transport Pricing**
- 2/2006 Ammoser, Hendrik; Hoppe, Mirko: Glossar Verkehrswesen und Verkehrswissenschaften**
- 1/2007 Wieland, Bernhard: Laudatio zur Verleihung der Ehrendoktorwürde an Herrn Prof. Dr. rer. pol. habil. Gerd Aberle**
- 2/2007 Müller, Sven; Kless, Sascha: Veränderung der leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe in Abhängigkeit der Streckenbelastung**
- 1/2008 Vetter, Thomas; Haase, Knut: Alternative Bedienformen im ÖPNV – Akzeptanzstudie im Landkreis Saalkreis**
- 2/2008 Haase, Knut; Hoppe, Mirko: Standortplanung unter Wettbewerb – Teil 1: Grundlagen**

- 3/2008 Haase, Knut; Hoppe, Mirko: Standortplanung unter Wettbewerb – Teil 2: Integration diskreter Wahlentscheidungen**
- 1/2009 Günthel, Dennis; Sturm, Lars; Gärtner, Christoph: Anwendung der Choice-Based-Conjoint-Analyse zur Prognose von Kaufentscheidungen im ÖPNV**
- 2/2009 Müller, Sven: A Spatial Choice Model Based on Random Utility**
- 1/2010 Lämmer, Stefan: Stabilitätsprobleme voll-verkehrsabhängiger Lichtsignalsteuerungen**
- 2/2010 Evangelinos, Christos; Stangl, Jacqueline: Das Preissetzungsverhalten von Fluggesellschaften auf Kurzstrecken mit Duopolcharakter**
- 3/2010 Evangelinos, Christos; Matthes, Andreas; Lösch, Stefanie; Hofmann, Maria: Parking Cash Out – Ein innovativer Ansatz zur betrieblichen Effizienzsteigerung und Verkehrslenkung**
- 1/2011 Evangelinos, Christos; Püschel, Ronny; Goldhahn Susan: Inverting the Regulatory Rules? Optimizing Airport Regulation to Account for Commercial Revenues**
- 2/2011 Evangelinos, Christos; Obermeyer, Andy; Püschel, Ronny: Preisdispersion und Wettbewerb im Luftverkehr – Ein theoretischer und empirischer Überblick**
- 1/2012 Geller, Kathleen; Evangelinos, Christos; Hesse, Claudia; Püschel, Ronny; Obermeyer, Andy: Potentiale und Wirkungen des EuroCombi in Deutschland**
- 2/2012 Deweß, Sigrun; Klier, Michael: Verfahren zur Beschränkung von Schwerpunktmodulplätzen am Institut für Wirtschaft und Verkehr**
- 1/2013 Evangelinos, Christos: Infrastrukturpreise - Eine normativ-theoretische Analyse**
- 2/2013 Evangelinos, Christos: Interessengruppen und Preissetzung im Verkehr**
- 1/2014 Hermann, Christina: Die kombinierte Touren- und Personaleinsatzplanung von Pflegediensten – Teil 1: Literatur und Modell**

