

Entwicklung eines Verfahrens zur agentenbasierten Einsatzzeitgestaltung

Zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Ingenieurwissenschaften

der Fakultät für Maschinenbau des
Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)

genehmigte

Dissertation

von

Dipl.-Inform. Wirt Dipl.-Kfm. Thilo Gamber
aus Nußloch

Tag der mündlichen Prüfung:	16.07.2014
Hauptreferent:	Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Gert Zülch
Korreferentin:	Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza

ifab

Forschungsberichte
aus dem Institut für
Arbeitswissenschaft und
Betriebsorganisation der
Universität Karlsruhe

Herausgeber
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.
Gert Zülch

Band 44 - 2015

Thilo Gamber

Entwicklung eines Verfahrens zur agentenbasierten Einsatzzeitgestaltung

Shaker Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Karlsruhe, Karlsruher Institut für Technologie, Diss., 2014

Copyright Shaker Verlag 2015

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-3518-6

ISSN 0940-0559

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Vorwort des Herausgebers

Die Arbeitszeitgestaltung stellt ein wesentliches Problem der Organisation von Produktions- und Dienstleistungsbetrieben dar. Dabei geht es zum einen um die eher langfristige Definition eines in Anbetracht des betrieblichen Kapazitätsbedarfes geeigneten Arbeitszeitmodells für einen bestimmten Betriebsbereich, und zwar unter Berücksichtigung gesetzlicher und vertraglicher Bestimmungen sowie arbeitswissenschaftlicher Empfehlungen in Bezug auf den einzelnen Mitarbeiter. Sofern die Belegschaft des betrachteten Betriebsbereiches aus mehreren Gruppen von Mitarbeitern mit unterschiedlichen Arbeitszeitvereinbarungen besteht, führt dies zu komplexen Arbeitszeitsystemen, z.B. mit verschiedenen Arbeitszeitmodellen für Vollzeit- und Teilzeitkräfte. Zum anderen geht es um die kurzfristige Einsatzzeitplanung des einzelnen Mitarbeiters im Rahmen des für ihn geltenden Arbeitszeitmodells.

Bei der Bestimmung eines eher kurzfristigen Einsatzzeit- oder Dienstplans eines Mitarbeiters kann es zu Konflikten mit den zeitlichen Wünschen dieses Mitarbeiters kommen, vielfach auch als Work-Life-Balance diskutiert. Dies kann durch verschiedene außerberufliche Bedürfnisse des Mitarbeiters begründet sein, sei es durch die Familie bedingt, durch Ehrenämter, Freizeitinteressen o.ä. Die daraus resultierenden Einsatzzeitpräferenzen können individuell sehr unterschiedlich sein, wobei sich pro Mitarbeiter längerfristige und temporäre Einsatzzeitwünsche unterscheiden lassen.

Entsprechende zeitliche Konflikte zwischen Berufs- und Privatleben werden in der Praxis vielfach durch Abstimmung der Mitarbeiter untereinander oder auch über eine für den Personaleinsatz verantwortliche Person auszugleichen versucht. Dabei kann es allerdings zu der Situation kommen, dass einzelne Mitarbeiter größere Erfolge bei dieser Abstimmung erzielen können als andere. Wenn auch versucht wird, derartige Situationen durch Eintragung von Arbeitszeitwünschen in Listen, durch Moderation eines Einsatzzeitbeauftragten oder durch Formalisierung mit Hilfe eines Bonus-Malus-Systems zu regeln, kann

dies zu einer gewissen Ungerechtigkeit innerhalb der Belegschaft führen.

Diese Problemstellung greift der Autor dadurch auf, dass er den Prozess der Abstimmung zwischen Berufs- und Privatleben innerhalb einer Gruppe von Mitarbeitern weiter formalisiert. Die Einsatzzeitpräferenzen der Mitarbeiter werden hierzu für einen kürzeren Zeitraum in einem Präferenzkalender erfasst und diese dem geltenden Einsatzzeitkalender gegenüber gestellt. Dabei wird davon ausgegangen, dass es bereits einen vorläufigen Einsatzzeitplan gibt, den es unter Berücksichtigung der jeweiligen Wünsche der Mitarbeiter zu verbessern gilt.

Für dieses Vorgehen wird ein neuartiges Planungsverfahren entwickelt, mit dem die vorläufigen Einsatzzeitpläne für eine Mitarbeitergruppe mit gleicher Qualifikation im Sinne einer verbesserten Work-Life-Balance für den einzelnen Mitarbeiter oder auch innerhalb der Belegschaft verbessert werden. Bei dem Verfahren werden die berücksichtigten Mitarbeiter durch Softwareagenten repräsentiert, die ihre Einsatzzeiten mit anderen Agenten tauschen möchten. Für die agentenbasierten Tausche gibt es verschiedene Verhandlungsstrategien, deren Vorteilhaftigkeit untersucht wird. Für dieses Planungsverfahren definiert der Autor neuartige Kennzahlen, welche die Nutzenverbesserung für den einzelnen Mitarbeiter, aber auch die Gerechtigkeit innerhalb der Belegschaft messen. Diese statische Bewertung wird darüber hinaus durch eine dynamische Bewertung mittels Simulationsverfahren ergänzt.

Anhand zweier Pilotbeispiele werden die in dieser Weise kombinierten Verfahren verifiziert. Eines davon stammt aus einer Krankenhausabteilung, das andere aus einem industriellen Logistikbereich.

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.
Gert Zülch

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Defizite von Arbeitszeitsystemen hinsichtlich der Vereinbarkeit von Berufs- und Privatleben	7
1.1 Vereinbarkeit von Berufs- und Privatleben	8
1.2 Sozialverträgliche Einsatzzeiten als Lösungsansatz	10
1.3 Besonderheiten des Arbeitssystems "Krankenhaus"	11
1.3.1 Situation der Krankenhäuser in Deutschland	12
1.3.2 Patientenaufkommen im Krankenhaus	13
1.3.3 Krankenhausfinanzierung durch Fallpauschalen	15
1.3.4 Veränderung der Patientenstruktur	16
1.3.5 Wandel der Personalstruktur von Krankenhausbetrieben	17
1.3.6 Arbeitszeitrechtliche Veränderungen im Krankenhausbereich	17
1.3.7 Arbeitsintensität und steigende Belastung im Krankenhausbetrieb	18
1.4 Besonderheiten des Arbeitssystems "Innerbetriebliche Logistik"	20
1.5 Zielsetzung der Arbeit	21
1.6 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit	25
2. Wissensstand zur Planung, Bewertung und Verbesserung von Einsatzzeitplänen	28
2.1 Aufgaben des Arbeitszeitmanagements	29
2.2 Flexible und individualisierte Arbeitszeiten	31
2.2.1 Flexible Arbeitszeitgestaltung	31
2.2.2 Gestaltung individualisierter Arbeitszeiten	32
2.2.3 Arbeitszeitpräferenzen bei der Arbeitszeitgestaltung	34
2.2.4 Unterschiedliche Wertigkeit der Arbeitszeit	36
2.2.5 Initiativen zur besseren Vereinbarkeit von Berufs- und Privatleben	38

2.3	Vorhandene Verfahren der Personaleinsatzzeitplanung im Vollkontibetrieb	40
2.3.1	Arbeitszeiten im Krankenhaus und ihre Besonderheiten	40
2.3.2	Praxiserprobte Empfehlungen für Arbeitssysteme im Krankenhaus	41
2.3.3	Vorarbeiten im Bereich der Einsatzzeitplanung	43
2.3.3.1	Besonderheiten der algorithmischen Einsatzzeitplanung	43
2.3.3.2	Unterteilung der Einsatzplanung	44
2.3.3.3	Einsatzzeitplanung mittels Agenten	45
2.3.3.4	Agentenbasierte Personaleinsatzprojekte	49
2.4	Verfahren zur Planung und Bewertung von Einsatzzeiten	52
2.4.1	Überblick über arbeitswissenschaftliche Forschungsarbeiten	52
2.4.2	Planung und Bewertung von Einsatzzeiten mittels Simulation	56
2.5	Fazit zum Wissensstand	60
3.	Methodik zur Verbesserung von Einsatzzeitplänen	63
3.1	Abbildung von Mitarbeitern als Agenten	64
3.2	Entwicklung der Modellierungskonzepte	67
3.2.1	Mitarbeiterbezogene Attribute	67
3.2.1.1	Identifikation und demographische Attribute	67
3.2.1.2	Tätigkeitsbezogene Attribute	68
3.2.2	Konzept des Einsatzzeit- und Präferenzkalenders	70
3.2.2.1	Formalisierung von Kalendern	70
3.2.2.2	Modellierung von Einsatzzeitkalendern	72
3.2.2.3	Modellierung von Präferenzkalendern	76
3.2.2.4	Vergleich von Einsatzzeit- und Präferenzkalender	77
3.3	Konzipierung von Verhandlungsstrategien	79
3.3.1	Ziele des Tausches	80
3.3.2	Bedingungen für einen Tausch	81
3.3.3	Ablauf von Verhandlungen	82

3.3.3.1	Individueller Tausch	82
3.3.3.2	Tausch auf einem Marktplatz	87
3.3.3.3	Tausch über Moderatorfunktion	88
3.4	Kennzahlen für die Bewertung von Einsatzzeiten	91
3.4.1	Beschreibung der <i>ProSis</i> -Kennzahlen	91
3.4.2	Zufriedenheitsgrad eines Agenten	93
3.4.3	Mittlerer Zufriedenheitsgrad	96
3.4.4	Standardabweichung des Zufriedenheitsgrades	96
3.4.5	Mittlere Tauschanzahl	97
3.4.6	Standardabweichung der Tauschanzahl	98
3.4.7	Aggregierte Bewertung der Kennzahlen und Zielerreichungsgrade	99
4.	Realisierung des agentenbasierten Planungsverfahrens <i>ProSis</i>	102
4.1	Entwicklung des Planungsverfahrens <i>ProSis</i>	102
4.1.1	Aufbau und Module des Verfahrens	102
4.1.2	Ablauf des Verfahrens <i>ProSis</i>	104
4.2	Technische Umsetzung des Verfahrens <i>ProSis</i>	107
4.3	Verwendete Rechnerkonfiguration und Software	108
4.4	Implementierung des Verfahrens <i>ProSis</i>	109
4.4.1	<i>Core</i> -Paket als Kern des Verfahrens <i>ProSis</i>	110
4.4.1.1	<i>Core</i> -Paket <i>core::AgentBase</i>	111
4.4.1.2	<i>Core</i> -Paket <i>core::SimulationManagementAgent</i>	111
4.4.1.3	<i>Core</i> -Paket <i>core::ValidationAgent</i>	111
4.4.1.4	<i>Core</i> -Paket <i>core::EmployeeAgent</i>	114
4.4.2	<i>Data</i> -Paket zur Datenhaltung von <i>ProSis</i>	115
4.4.3	<i>GUI</i> -Paket als Benutzungsoberfläche von <i>ProSis</i>	116
4.4.4	Verhandlungsablauf im Verfahren <i>ProSis</i>	116
4.4.4.1	Verwendung eines Kontraktnetzprotokolls	118
4.4.4.2	Kontraktnetzprotokoll mit Prüffunktionalität	121
4.4.5	Umsetzung von Verhandlungsstrategien im Verfahren <i>ProSis</i>	122

4.4.5.1	Notwendigkeit von Verhandlungsstrategien	123
4.4.5.2	Auswahl einer Verhandlungsstrategie	124
4.4.5.3	Interner Zustandsautomat	125
4.4.5.4	Zufallsbasierte Heuristiken	127
4.4.5.5	Zeitbasierte Heuristiken	131
4.4.5.6	Triggerbasierte Heuristiken	136
4.5	Bewertung der entwickelten Heuristiken	141
4.5.1	Untersuchte Schichtszzenarien	141
4.5.2	Verwendung von Einsatzzeitpräferenzen als Grundlage für einen Tausch	142
4.5.3	Präferenzen in den untersuchten Betrieben und Verwendung von Tauschrestriktionen	144
4.5.4	Fazit aus der Bewertung der Heuristiken	146
5.	Bewertung agentenbasierter Verbesserungslösungen mittels Simulation	148
5.1	Begründung für die Verwendung des Simulationsverfahrens <i>OSim-GAM</i>	149
5.2	Bewertung des Planungsergebnisses aus <i>ProSis</i> mit Hilfe von <i>OSim-GAM</i>	150
5.3	Bewertung von Verbesserungslösungen mit Hilfe von Zielerreichungsgraden	151
5.3.1	Auswahl der Zielkriterien	151
5.3.2	Zielerreichungsgrad Personalauslastung	151
5.3.3	Zielerreichungsgrad Belastung	154
5.3.4	Zielerreichungsgrad Zeitstressgrad	156
5.4	Spezialisierung der Kennzahlen auf Verwendung verschiedener Heuristiken	158
5.4.1	Spezialisierung der Personalauslastung	158
5.4.2	Spezialisierung der Belastung	159
5.4.3	Spezialisierung des Zeitstressgrades	160
6.	Exemplarische Anwendungen des Verfahrens <i>ProSis</i>	162
6.1	Untersuchungsgebiet der Pilotstudien	163
6.2	Pilotstudie "Intensivstation"	164

6.2.1	Datenerhebung zur Modellierung von Einsatzzeitpräferenzen	164
6.2.2	Beschreibung des Arbeitssystems "Intensivstation"	167
6.2.3	Anwendung der Verfahren <i>ProSis</i> und <i>OSim-GAM</i>	171
6.2.3.1	Bewertung mittels <i>ProSis</i>	171
6.2.3.2	Bewertung mittels <i>OSim-GAM</i>	172
6.2.3.3	Fazit der Pilotstudie "Intensivstation"	175
6.3	Pilotstudie "Innerbetriebliche Logistik"	177
6.3.1	Beschreibung des Arbeitssystems "Innerbetriebliche Logistik"	177
6.3.2	Anwendung der Verfahren <i>ProSis</i> und <i>OSim-GAM</i> in der innerbetrieblichen Logistik	180
7.	Zusammenfassung und weitere Anwendungsbereiche	186
7.1	Problembehandlung und Lösungsmethoden	186
7.2	Anwendungsbereiche des Verfahrens	188
7.3	Ergebnisse und Schlussfolgerungen	188
7.4	Weiterführender Forschungsbedarf	189
8.	Quellenverzeichnis	192
8.1	Literatur	192
8.2	Studentische Abschlussarbeiten im Rahmen dieser Arbeit	226
8.3	Software	227
8.3.1	Externe Software	227
8.3.2	Interne Software	227
9.	Anhang	229
9.1	Tauschrestriktionen in <i>ProSis</i>	229
9.1.1	Berücksichtigte Tauschrestriktionen aufgrund arbeitsrechtlicher Vorschriften	229
9.1.2	Berücksichtigte Tauschrestriktionen aufgrund arbeitswissenschaftlicher Empfehlungen	230
9.2	Benutzungsoberfläche des Verfahrens <i>ProSis</i>	232
9.2.1	Verfahrensschritt 0: Globale Optionen	232

9.2.2	Verfahrensschritt 1: Vorlagenerstellung zur Modellierungserleichterung	233
9.2.3	Verfahrensschritt 2: Vorlagenzuweisung zur Modellierungserleichterung	233
9.2.4	Verfahrensschritt 3: Nachbearbeitung, Anpassung und Überprüfung der Einsatzzeiten und Präferenzen	234
9.2.5	Verfahrensschritt 4: Einstellung der Optimierungsparameter und der Regelkonfiguration	235
9.2.6	Verfahrensschritt 5: Verbesserung der Ausgangslösung und Bewertung der Ergebnisse	236
9.3	Wesentliche Auszüge aus dem Quellcode von <i>ProSis</i>	240
9.3.1	Zufallsbasierte Heuristiken	240
9.3.2	Zeitbasierte Heuristiken	241
9.3.3	Triggerbasierte Heuristiken	242
9.4	Szenarien für die Heuristiken	244
9.4.1	Präferenzen	244
9.4.2	Einsatzzeitkalender der Szenarien 1 und 2	245
9.4.3	Ergebnisse für Szenario 1	250
9.4.4	Ergebnisse für Szenario 2	251
9.5	Fragebogen zur Präferenzermittlung im Krankenhausbereich	253
9.6	Durchlaufpläne der Pilotstudie "Intensivstation"	259
9.7	Durchlaufpläne der Pilotstudie "Innerbetriebliche Logistik"	262
9.8	Mitarbeiterindividuelle Betrachtung der Pilotstudien	263
9.8.1	Agentenbezogene Kennzahlen	263
9.8.2	Qualifikationsdichte	265
9.8.3	Präferenzmuster	266
10.	Verzeichnis der Formelzeichen und Abkürzungen	268
10.1	Formelzeichen	268
10.2	Abkürzungen	279