

Computergestützte, arbeitnehmerorientierte Arbeitszeitgestaltung - Möglichkeiten, Anforderungen, Grenzen

Johannes Gärtner
Gewerkschaft der Privatangestellten

Thomas Grechenig
Technische Universität Wien

Zusammenfassung

Im Gegensatz zu den in den Betriebswissenschaften verbreiteten, weitgehend arbeitgeberorientierten Logistikprogrammen konzentrieren wir uns besonders auf Anforderungen und Interessen der Arbeitnehmer. Es werden wesentliche Kategorien von Einflußfaktoren auf die Zeitinteressen von Arbeitnehmern, die Anforderungen der Arbeitgeber, gesetzliche Bestimmungen und gesundheitliche Empfehlungen dargestellt sowie die Möglichkeit, diese zu formalisieren, diskutiert. Ein Prototyp eines arbeitnehmerorientierten, computergestützten Arbeitszeitplanungssystems (CANOZ) und dessen Optimierungsstrategie werden vorgestellt. Die beim Einsatz des Prototyps im Arbeitsalltag aufgetretenen Probleme und gewonnenen Erfahrungen werden dargelegt. Letztere führten zu einem veränderten Design des CANOZ-Systems, sowie zu einer iterativen Vorgehensweise bei der Optimierung und der Formulierung der Interessen der Arbeitnehmer. Darüber hinaus werden verschiedene Überlegungen über eine geeignete Optimierungsfunktion angestellt. Die Anwendbarkeit von Algorithmen wie Simplex-Algorithmus, Branch&Bound Suche und Genetischer Algorithmus wird in Hinblick auf deren Eignung diskutiert, den außerordentlich großen Suchraum bei der Berechnung eines optimalen Arbeitszeitplanes effizient zu durchwandern.

1 Einleitung

Flexible Arbeitszeitmodelle sind im Wirtschaftsalltag weit verbreitet. Die Ziele dieser Modelle basieren zumeist auf betriebswirtschaftlichen Anforderungen der Unternehmensleitung. Bis zu einem gewissen Grad beinhalten diese bereits Elemente von Arbeitszeit-Selbstbestimmung der Arbeitnehmer. Allerdings handelt es sich dabei in der Regel um Nebeneffekte. Flexible Arbeitszeitmodelle sind in vielen Fällen nicht oder nur teilweise den Interessen der Arbeiter oder Angestellten dienlich [MESC 87]. Trotz gewisser Flexibilisierungsentwicklungen arbeitet nach wie vor ein großer Teil der Arbeitnehmer in festen, unflexiblen Arbeitszeitstrukturen.

Manche Autoren bevorzugen es, alle jene Arbeitszeitregelungen, die nicht der Normalarbeitszeit (Arbeitszeit von Montag bis Freitag tagsüber; Arbeitsbeginn, -ende, Tages- und Wochenarbeitsdauer sind festgesetzt) entsprechen, als flexibel zu bezeichnen [BULL 89]. Wir ziehen es vor, alle jene Arbeitszeitmodelle als "starr" (unflexibel, fest) zu bezeichnen, die irgendeine Form der Pflicht zur Anwesenheit während bestimmter Zeiten beinhalten. In diesem Sinne ist auch das in der Praxis häufig anzutreffende Modell der sogenannten Gleitzeit mit einem präsenzpflichtigen Kernzeitbereich als Modell mit (teilweise) starrer Arbeitszeit anzusehen.

In Hinblick auf eine arbeitnehmerorientierte Flexibilisierung stößt die bisherige Strategie, einzelnen Mitarbeitern (bzw.-gruppen) individuell selbstbestimmte Flexibilisierung zuzugestehen, an ihre Grenzen. Dafür sind unter anderem folgende Umstände verantwortlich:

- Im Dienstleistungsbereich und in vielen Produktionsbereichen ist der Zeitpunkt der Arbeitsleistung weder für Arbeitnehmer noch für Arbeitgeber beliebig wählbar (z.B. wenn Konsumption und Produktion zusammenfallen).
- Die Tendenz zu erweiterten Betriebszeiten in Produktion und Dienstleistung (Handel, Banken, Versicherungen, u.ä.) führt zur Abnahme der Übereinstimmung zwischen individueller Arbeitszeit und Betriebs- bzw. Geschäftszeit. Arbeitszeitplanung wird damit prinzipiell erforderlich.
- Die von den Gewerkschaften z.T. bereits umgesetzte weitere Reduktion der wöchentlichen Arbeitszeit (derzeit 35 Stundenwoche) fördert diese Entwicklung.
- Der Umfang und die weitere Zunahme von Gruppenarbeit [KERN 86], [HAUG 87]. Damit wird Zeitplanung und Abstimmung individueller Arbeitszeiten zum integralen Bestandteil der Arbeitsorganisation.

Wir stellen im folgenden eine Mischform aus (möglichst umfangreichen) Elementen individueller, kurzfristiger Flexibilität und mittelfristiger Koordination der individuellen Arbeitszeiten als geeigneten Weg vor, der ein Maximum an Selbstbestimmung sicherstellen soll und gleichzeitig rein unternehmensbestimmte Flexibilisierung vermeidet. Wir werden darlegen, daß die Koordination individueller Arbeitszeiten eine durchaus komplexe Aufgabenstellung darstellt, die teilweise erst durch die Anwendung von Computerprogrammen durchführbar wird.

Programme können die Arbeitszeitplanung in Arbeitnehmergruppen unterstützen. Aber sie können nicht - das wollen wir von vornherein unterstreichen - zur "Knopfdruckoptimierung" im naiven Sinne (d.h.: Spezifizierung der Randbedingungen und der Optimierungskriterien --> Formalisierung der Spezifikation --> numerische Optimierung) herangezogen werden, weil die Bewertung von Arbeitszeitmodellen eine grundsätzlich politische Frage und laufendem Wandel unterworfen ist. Rahmenbedingungen der Optimierung (Gesetze, Unternehmensziele, prinzipielle Arbeits-

organisation) müssen weiterhin politisch (bezüglich der Arbeitsorganisation z.B. zwischen Geschäftsführung, Betriebsrat und Gewerkschaft) diskutiert werden.

Planungsprogramme können jedoch dazu verwendet werden, die aufwendige Erarbeitung von Vorschlägen für Arbeitszeitpläne durchzuführen.

In den wenigen, derzeit verfügbaren computergestützten Zeitplanungsprogrammen ([KNAU 86], [OTT 85], [LEPA 86], [SUGI 89], [GLOV 86]) konzentrieren sich die Optimierungsstrategien auf arbeitswissenschaftliche Kriterien in der Schichtarbeit oder auf das klassische Stundenplanproblem. Wir wollen verstärkt:

- die Formulierung der Interessen und Anforderungen der Arbeitnehmer bezüglich der Struktur der eigenen Arbeitszeit unterstützen,
- die interaktive Koordinierung der Arbeitszeit und Optimierung der Arbeitszeitpläne in Partizipation mit den Arbeitnehmern durchführen,
- die Auswirkung der Rahmenbedingungen auf mögliche Arbeitszeitpläne transparent machen.

Im vorliegenden Artikel stellen wir einen Prototyp eines Programmes vor, das Vorschläge für konkrete Arbeitszeitpläne errechnet (CANOZ). Wir versuchen eine Klassifizierung der verschiedenen Arten von Anforderungen und Bedingungen, denen die Arbeitszeitplanung unterliegt und beschäftigen uns mit der Frage der Formalisierung individueller und politischer Anforderungen sowie der Auswirkung etwaiger Vereinfachungen aufgrund dieser Formalisierung bei der konkreten Optimierung. Letzteres ist Teil einer Auseinandersetzung mit den prinzipiellen Grenzen der automatischen Arbeitszeitplanung in der Praxis. Schließlich diskutieren wir, wie CANOZ-Systeme im Alltag eingesetzt werden können, um die Anforderungen einzelner Mitglieder eines Teams zu koordinieren.

Unser Vorgehensmodell basiert auf der Annahme, daß nur sehr wenige *kurzfristige* Änderungen der Geschäftsleitungsanforderungen bezüglich der Anzahl der Arbeitnehmer und der Zeitpunkte, zu denen diese zur Verfügung stehen müssen, erfolgen. Wir halten diese Annahme in vielen Anwendungsbereichen für zulässig.

Wir denken sogar, daß Betriebsräte und Gewerkschaften dafür Sorge tragen sollten, daß betriebliche Arbeitszeitanforderungen prinzipiell kurzfristig möglichst konstant bleiben. Nur so ist ein gewisses Maß an Zeitautonomie für Arbeitnehmer realisierbar. (Sollte es in einem Betrieb zahlreiche, nicht vorhersehbare, kurzfristige Änderungen der Unternehmensanforderungen geben, ist eine mittelfristige Optimierung der Arbeitszeit nach Arbeitnehmerinteressen nur dann möglich, wenn die Unternehmensleitung hohe Personalreserven in Kauf nimmt.)

CANOE befaßt sich im Rahmen der bisherigen Arbeiten ausschließlich mit dem Scheduling von wöchentlicher Arbeitszeit (Anfang, Dauer, Pausen). Die interne etwa produktionsbestimmte Struktur der Arbeitszeit (Dauer einzelner Aufgaben, Stress, Selbstbestimmung innerhalb eines einzelnen Arbeitsprozesses) wird nicht explizit modelliert. Implizit werden sie berücksichtigt durch:

- die Unternehmerwünsche bezüglich der Anzahl der Arbeitnehmer pro Zeiteinheit (z.B. zwischen 15:00 und 17:00 werden sechs Arbeiter benötigt),
- die Zeitbewertung durch die Arbeitnehmer und deren Anforderungen (siehe auch 4.2).

Die Entscheidung, eine Bewertung der Arbeitszeiten vorzunehmen anstatt explizite Regeln zu definieren, vereinfacht die Optimierung und spiegelt die Tatsache wider, daß es praktisch unmöglich ist, alle Anforderungen, Einflüsse und Bedingungen explizit aufzulisten, da - sofern man nur genau genug untersucht - fast alles Auswirkungen bezüglich der Arbeitszeitanforderungen haben kann.

2 Klassifizierung der Anforderungen an die Arbeitszeit

Im folgenden Abschnitt stellen wir die grundlegenden Anforderungskategorien vor, die die Arbeitsplanung beeinflussen. Weiter unten (Abschnitt 4) wird dargelegt, wie diese in unserem Modell abgebildet werden und wie sie bei der Ermittlung von Scheduling-Vorschlägen einbezogen werden. Grundsätzlich kann man nach Herkunft der Anforderungen unterscheiden zwischen Bedingungen, die abgeleitet werden a) von den Wünschen des einzelnen Arbeitnehmers, b) von den Arbeitgeberinteressen, c) von diversen gesetzlichen Bestimmungen und d) allgemeinen Gesundheits- und Schutzgedanken, die (noch) nicht durch gesetzliche Bestimmung oder nicht durch individuelle Vorstellungen von Arbeitnehmern eingebracht werden.

2.1 Anforderungen der Arbeitnehmer

Eine vollkommen umfassende Beachtung der Individualität und der daraus resultierenden Wünsche eines einzelnen Menschen in ihrer Unbewußtheit und Widersprüchlichkeit können wohl nur auf der Ebene der Individualpsychologie und der Psychotherapie geleistet werden. Im Sinne angemessener Verallgemeinerbarkeit können im vorliegenden Kontext Ergebnisse der Arbeitswissenschaften einbezogen werden, wie z.B.:

[KUND 86] betont etwa, daß Arbeitszeit nicht in zu kleine Zeitabschnitte zerteilt werden darf. Erholungszeit in längeren Einheiten ist vorzuziehen.

[SEIF 87] schlägt vier verschiedene Kriterien zur Beurteilung und Bewertung von Arbeitszeiten aus der Sicht des Arbeitnehmers vor: 1) Dauer, 2) Zeitpunkt, 3) Vor-
aussehbarkeit der freien Zeit, 4) Grad der Selbstbestimmung der Arbeitszeit.

Die individuelle Bewertung bestimmter Arbeitszeiten hängt auch von Zeitstrukturen und Bedingungen ab, die wesentlich durch das persönliche und kulturelle Umfeld bestimmt werden (z.B. durch die eigene Lebensgemeinschaft, durch "kulturelle" Zeitstrukturen wie traditionelle Mittagszeiten, Öffnungszeiten von Geschäften und Kindergärten, durch die generellen Arbeitszeiten, durch die Verfügbarkeit von Transportmöglichkeiten zwischen Arbeitsplatz und Wohnung, durch persönliche Gewohnheiten und natürlich durch die Zeitstruktur der Mitarbeiter).

Einige dieser Anforderungen können explizit formuliert und formalisiert werden. So etwa der Wunsch eines Arbeitnehmers, sein Kind immer um 9 Uhr in den Kindergarten zu bringen, oder die Tatsache, daß der öffentliche Verkehr erst um 5 Uhr morgens beginnt. Andere Randbedingungen können wohl kaum in ein Rechenmodell aufgenommen werden, z.B. welche Folgen die Lebensbedingungen und -gewohnheiten eines Partners eines Arbeitnehmers auf dessen Arbeitszeitpräferenzen haben.

Im allgemeinen ist es nicht trivial, diese persönlichen Wünsche und Präferenzen in formaler Form festzuhalten. Zusätzlich müssen die gewählten Anforderungen in einfacher Weise modifiziert werden können (dies gilt insbesondere für einen iterativen Optimierungsprozeß, in dem Gruppenmitglieder die Effekte ihrer eigenen Anforderungen im resultierenden Arbeitszeitplan erkennen, siehe 4.4. und 6).

2.2 Anforderungen und Blickwinkel der Arbeitgeber

Flexiblere Arbeitszeit scheint aufs erste mit höheren Kosten für den Unternehmer verbunden zu sein. Dazu zählen insbesondere in vielen Fällen erhöhte Personalkosten bei einer Erweiterung der Betriebszeiten. [HALL 88] gibt drei weitere wichtige, potentiell nachteilige Auswirkungen an:

- Erhöhung der Kosten der innerbetrieblichen Infrastruktur, wie etwa Telefon- oder Portierdienste;
- Erhöhung der Kosten für Koordination und Administration;
- Erhöhung der Aufwände für betriebswirtschaftliche Planung und Supervision des Arbeitsprozesses.

Die wesentlichen für den Arbeitgeber unmittelbar einsichtigen Vorteile sind [MESC 87]:

- längere Öffnungs- bzw. Betriebszeiten (z.B. in Handelsgeschäften);
- geringere Gerätekosten wegen besserer Auslastung (z.B. CAD-Arbeitsplatz);
- im Falle kapazitätsorientierter Flexibilisierung: geringere Überstundenkosten;
- bis zu einem gewissen Maß höhere Arbeitszufriedenheit der Mitarbeiter.

In der Regel versucht natürlich die Geschäftsleitung, Flexibilitätsräume hinsichtlich der Arbeitszeiten offenzuhalten. Dies gilt insbesondere für Bereiche, in denen eine mittelfristige Vorhersehbarkeit der stundenbezogenen Personalanforderungen (z.B. mittwochs 6 Personen von 17-18 Uhr) nicht gegeben ist.

Die Betriebswissenschaften haben inzwischen eine Reihe von Methoden und Techniken entwickelt, die Anforderungen der Arbeitgeber an die Arbeitszeit zu erfassen, explizit zu machen und zu formalisieren (z.B. Produktionsplanung und -steuerung). Im allgemeinen basieren diese Anforderungen auf mittel- und langfristigen Produktionszielen, auf der gegebenen Qualifikationsstruktur der Mitarbeiter und darauf, wie die Substitution eines Arbeitnehmers - etwa bei Erkrankung - geregelt wird.

2.3 Schutz- und Gesundheitsanforderungen an Arbeitszeitregelungen

Regelungen, die aus dem Gedanken des gesundheitlichen Schutzes von Arbeitnehmern abgeleitet werden, sind in verschiedenen Berufsgruppen und Industriezweigen oft sehr unterschiedlich. Manche sind sehr präzise in Schutzgesetzen definiert, andere sind wiederum mehr oder weniger intuitiv. Nichtsdestotrotz sind sie beachtenswert (in der Regel dauert es ja Jahre, bis medizinische Erkenntnisse den Status gesetzlicher Schutzmaßnahmen erlangen). Beispielhaft einige grundlegende Forderungen: ausreichende Erholungszeit; Pausen nach einer längeren Phase der Arbeit; soweit realisierbar, keine Arbeitszeiten in der Nacht oder an Wochenenden.

Einige der zitierten Anforderungen - etwa die Gesundheitsgefährdung durch Nachtarbeit - können klar formalisiert werden. Dazu wurden verschiedentlich bereits Vorschläge veröffentlicht. [KUND 86] schlägt etwa ein System zur Bewertung der Lage von Schichtarbeitszeiten vor, eine modifizierte Bewertung nimmt [KNEV 87] vor. In beiden Modellen bleibt aber die Bewertung kleinerer Zeiteinheiten, die insbesondere für die individuelle Planung eine gewichtige Rolle spielen, offen.

Insgesamt gibt es zwei wesentliche Problembereiche, deren nachteilige Auswirkungen auf den einzelnen Arbeitnehmer mit CANOZ gemildert werden sollen:

- Fremdbestimmung der Arbeitszeit
- Desynchronisierung zwischen individualpsychologischer Zeitstruktur und Arbeitszeitstruktur [KERN 86].

2.4 Gesetzliche Bestimmungen zur Arbeitszeitregelung

Die meisten gesetzlichen Bestimmungen umfassen Regelungen im Bereich des Verbots von Arbeit zu bestimmten Zeiten, Regelungen zur Beschränkung der Länge einer Arbeitseinheit (z.B. maximal zehn Stunden Arbeitszeit an einem Tag) oder etwa Regelungen über Pausen und Erholungsphasen (z.B. daß nach sechs Stunden

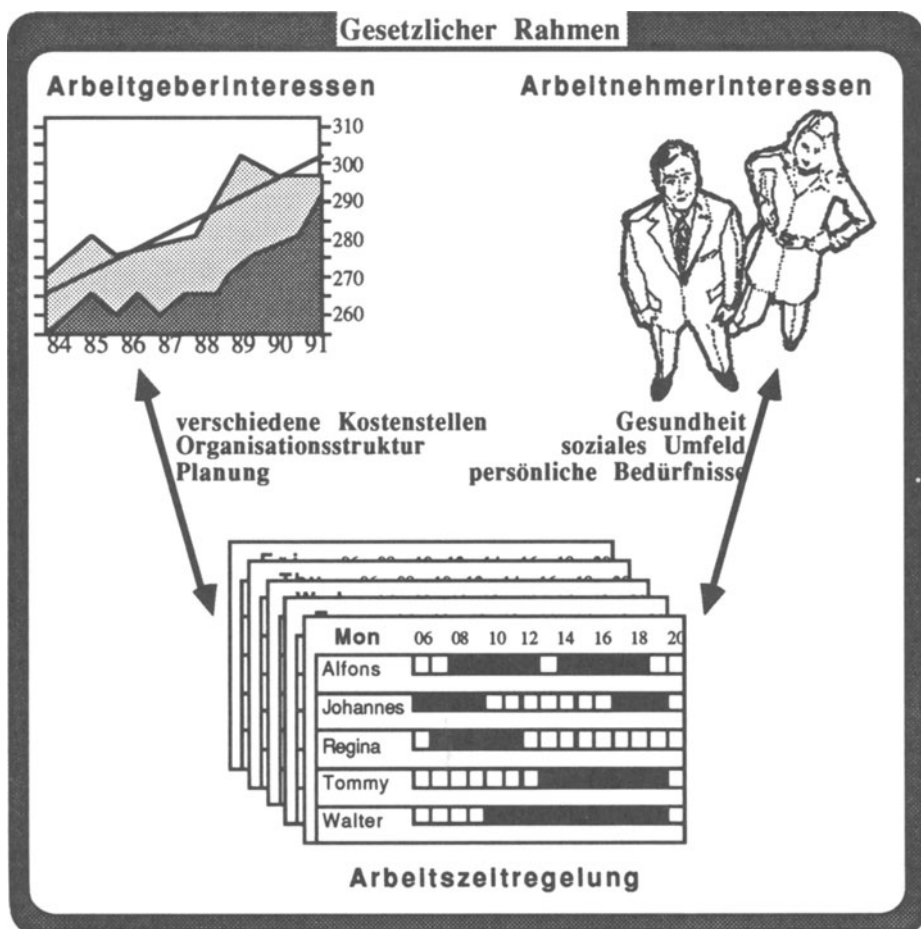


Abb. 1 : Einflüsse und Anforderungen an die Regelung von Arbeitszeit

Arbeit zumindest eine Pause von 30 Minuten vorzusehen ist.). Wie schon oben erwähnt besteht hier ein enger Zusammenhang zu den Gesundheitsregelungen. Einige Gesetze betreffen nur bestimmte Personengruppen (z.B. Mutterschutzgesetz).

Zusätzlich existieren gesetzliche oder kollektivvertragliche Bestimmungen, die eine betriebsspezifische Regelung bestimmter Arbeitszeitaspekte durch Betriebsrat und Unternehmensleitung in Form einer Betriebsvereinbarung notwendig machen.

3 Prototyp eines computergestützten arbeitnehmerorientierten Zeitplanungssystems (Version 1)

Im Rahmen einer Kooperation zwischen der Österreichischen Gewerkschaft der Privatangestellten und der Technischen Universität Wien wurde ein CANOZ-Prototyp entwickelt, der die grundlegenden Anforderungen der Arbeitszeitplanung berücksichtigt und Zeitpläne optimiert. Er dient als Experimental-Modell, um praktische Probleme beim Einsatz eines derartigen Systems zu studieren.

Die allererste Entscheidung vor der Implementierung ist die der Länge der kleinsten Zeiteinheit, die bei der Verteilung und Optimierung vergeben werden kann. In vielen Betrieben sind z.B. Zeiteinheiten von drei oder sechs Minuten gebräuchlich. Aus Gründen der Einfachheit - unter anderem wächst der Suchraum exponentiell mit der Anzahl der zur Disposition stehenden Zeiteinheiten - haben wir für den Prototyp eine halbe Stunde als minimale Zeiteinheit gewählt. Als Planungszeitraum wurde eine Woche gewählt.

3.1 Spezifikation der Anforderungen

Abbildung 2 zeigt, wie Arbeitnehmer ihre Anforderungen angeben können. Arbeitsanfang- und -schlußzeiten sowie Pausen und Freizeit können für jeden Tag einzeln fixiert werden. Es können auch ganze Tage als arbeitsfrei eingeplant werden.

Die Betriebsleitung muß die Anzahl der Arbeitsstunden pro Woche und Arbeitnehmer festlegen sowie jede/n einzelnen Arbeitnehmer/in einer Gruppe von Arbeitnehmern zuordnen. Es wird weiters angenommen, daß die Stundenanzahl pro Arbeitnehmer pro Woche konstant ist, daß die Zuordnung der Arbeitnehmer zu Gruppen exklusiv ist und es keine funktionalen Beziehungen (z.B. für jeweils vier CAD-Entwickler muß ein Operator anwesend sein) zwischen den Gruppen gibt.



Abb. 2: Definition der Anforderungen der Arbeitnehmer

Für jede Gruppe kann nun vom Betrieb spezifiziert werden, zu welchen Zeitpunkten wieviel Arbeitnehmer anwesend sein müssen (z.B. 6 Arbeitnehmer der Gruppe 1 müssen montags zwischen 8.00 und 10.00 Uhr anwesend sein).

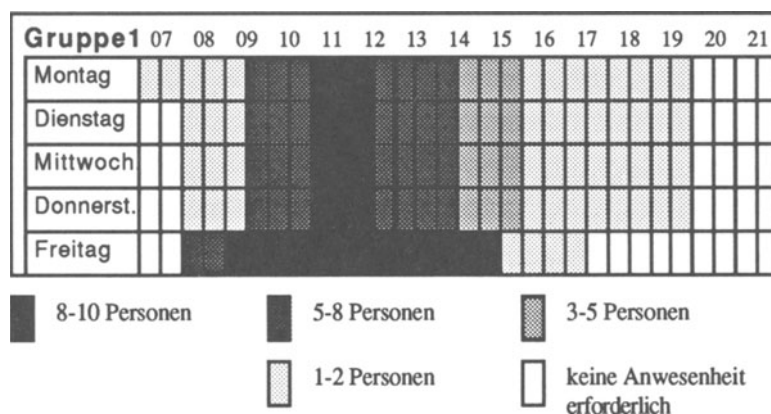


Abb. 3: Definition einer Anwesenheitstabelle des Arbeitgebers

Es wurden grundsätzliche Vorschriften des österreichischen Arbeitsrechtes und verschiedene Gesundheitsrichtlinien berücksichtigt (z.B. die maximale Arbeitsstundenanzahl pro Tag, einige Pausenregelungen). In der ersten Version wurden gruppenspezifische Anforderungen (etwa für Frauen und Kinder) nicht berücksichtigt. Nicht konventionelle Arbeitszeiten (z.B. nach 18 Uhr) wurden negativ bewertet.

3.2 Optimierung

Wie bereits angedeutet ist die Optimierung im Realfall ein sehr komplexes Verfahren. In Kapitel 4 werden einige dabei auftretenden Probleme näher erläutert. Für den ersten Prototyp wurde ein relativ einfacher Optimierungsalgorithmus gewählt, der in Abbildung 4 skizziert ist.

- o Wenn die Anforderungen des Betriebs nicht für alle Gruppen erfüllbar sind -> "unerfüllbar" STOP.
- o Teile die Wunschstunden der Arbeitnehmer zu, die sich mit Wunschzeiten der Firma decken.
- o Verteile die Arbeitsstunden der Arbeitnehmer, so daß die betrieblichen Anforderungen erfüllt werden, nach folgender Strategie:
 - o Für jede Zeiteinheit, an der ein Arbeitnehmer nicht arbeiten will, aber eingeplant wird, bekommt er/sie einen "Nachteilspunkt".
 - o Jene Arbeitnehmer mit den bis zu diesem Zeitpunkt wenigsten Nachteilspunkten müssen während dieser Zeiteinheit arbeiten, sofern die Bedingungen 1) und 2) erfüllt sind:

Bedingung 1: Es dürfen keine Pausen eingeplant werden, wenn sie nicht vom Arbeitnehmer selbst eingeplant oder gesetzlich vorgeschrieben sind. (D.h. eine zugeteilte Zeiteinheit ist entweder eine Anfangszeiteinheit, folgt einer Arbeitszeiteinheit oder folgt einer durch Arbeitnehmer oder Gesetz festgelegten Pause.)

Bedingung 2: Gesetze und gesundheitliche Regeln werden eingehalten. Die Wochenstundenanzahl der Arbeitnehmer darf nicht überschritten werden.
 - o "Ungesunde" Arbeitszeiten ergeben zusätzliche Nachteilspunkte für die Betroffenen.
- o Die übrigen Zeiteinheiten der Arbeitnehmer bleiben im Sinne der Selbstbestimmtheit unverplant.

Abb. 4: Ein einfacher Algorithmus zur Arbeitszeitplanung

Das Optimierungsziel ist die Minimierung der Summe der "Nachteilspunkte" aller Arbeitnehmer bei möglichst gleicher Verteilung der Nachteilspunkte zwischen den Arbeitnehmern. Nachteilspunkte werden dann verteilt, wenn ein Arbeitnehmer zu Zeiten arbeiten soll, die nicht seine erste Wahl sind.

Der verwendete Algorithmus liefert - sofern es überhaupt den Anforderungen entsprechende Lösungen gibt - einen optimierten Arbeitszeitplan. Dieser Zeitplan ist in der Regel aber noch nicht optimal. Es kann sogar sein, daß korrekte Lösungen nicht gefunden werden.

4 Feedback von Praktikern und Redesign (Version 2)

Das in Abbildung 4 skizzierte Optimierungsverfahren wurde Arbeitnehmern vorgestellt und im Detail diskutiert. Den Schwerpunkt der Fallbeispiele bildeten Arbeitszeitverteilungen in Betrieben mit Gleitzeit/Kernzeit, bzw. Problemstellungen, die bei der Zeitplanung der Mitarbeiter bei längeren Geschäftsöffnungszeiten auftreten. Es konnten dabei nützliche Erfahrungen gemacht werden in Hinblick darauf, welche Modifikationen für die praktische Verwendbarkeit berücksichtigt werden müssen. Einige Anforderungen an die weitere Entwicklung werden im folgenden vorgestellt.

4.1 Unmittelbares Feedback und demokratische Diskussion

Die Festlegung der individuellen Anforderungen und ihre Abstimmung innerhalb der Gruppen ist ein Prozeß, bei dem es einer Person im allgemeinen nicht möglich ist, alle relevanten Faktoren in einem einzigen Spezifikationsdurchgang festzulegen. Nicht zuletzt weil die Auswirkungen der eigenen Anforderungen auf das koordinierte und optimierte Scheduling-Resultat für die Arbeitnehmer nicht vorhersehbar sind, müssen Modifikationen der Anforderungen interaktiv durchführbar sein.

Der am besten geeignete Ansatz ist die direkte Konfrontation der Arbeitnehmer mit den Effekten ihrer koordinierten Wünsche, gefolgt von einer Gruppendiskussion zur Auflösungen etwaiger Kollisionen. In diesem Sinne wird CANOZ zu einem Werkzeug, das den iterativen Koordinierungs- und Optimierungsprozeß in der Gruppe eher unterstützt denn selbständig vornimmt. Sollten Unvereinbarkeiten auftreten, so identifiziert sie das Scheduling-Programm und verlangt eine Änderung der Anforderungen.

In Version 1 mußten alle zu berücksichtigenden Anforderungen vor Beginn der Optimierung festgelegt werden. Diese "vollständige Optimierung" führt im konkreten Fall zu extremen Antwortzeiten (siehe auch Kapitel 5). Eine schrittweise Optimierung mit interaktiver Beseitigung von bereits identifizierten Konflikten ist somit anzustreben.

4.2 Bewertung der Zeiteinheiten

Die im dritten Abschnitt skizzierte einfache Bewertungsmethode hat vier verschiedene Arbeitszeitbewertungen (1, 2. und 3. Wahl, unerwünscht) sowie beabsichtigte und vorgeschriebene Pausen unterschieden. Diese Bewertung ist in der Praxis nicht ausreichend genau.

Bewertungsfunktionen drücken gewissermaßen den "Wert" einer Arbeitszeiteinheit aus. Diese Bewertung ist jedoch kontextabhängig und nicht nur von der absoluten Lage abhängig. Zumindest müßten neben der Lage einer Arbeitszeiteinheit auch Beginn, Ende, Pausen des Arbeitszeitblocks, in den diese Einheit eingebettet ist, berücksichtigt werden.

Eine Bewertungsfunktion, die dieser Kontextabhängigkeit gerecht wird, ist häufig nichtlinear und nicht kontinuierlich. Wenn z.B. Busabfahrtszeiten berücksichtigt werden müssen (etwa jeweils nur zur vollen Stunde), ist die korrespondierende Bewertungsfunktion der Zeiteinheiten gegen Ende der täglichen Arbeitszeit nicht-linear und nimmt in Abhängigkeit von der Zeit, die der Arbeitnehmer warten muß, periodisch schlechte Werte an. Derartige Funktionen werfen aber erhebliche (auch theoretische) Probleme für die Optimierung auf (siehe Kapitel 5).

Kann das Problem mit der Verfügbarkeit des öffentlichen Verkehrs noch für größere Arbeitnehmergruppen relativ einheitlich behandelt werden, so ist das "Pausenproblem" nur noch durch individuelle Bewertung handhabbar. Dazu zählt etwa die Wirkung einer Verlängerung oder einer Lageänderung der Mittagspause.

Für die Gesamtbewertung eines Arbeitszeitplanes bieten sich zwei Möglichkeiten an. Eine ist die Berechnung eines gewichteten Mittelwertes von Bewertungen einzelner Arbeitszeiteinheiten, eine andere Möglichkeit stellt die Gesamtbewertung eines (größeren Teilbereiches eines) Arbeitszeitplanes durch die betroffenen Arbeitnehmer dar .

4.3 Umfang und Flexibilität betrieblicher Anforderungen

Die betrieblichen Anforderungen stellen zentrale Rahmenbedingungen für jeden Optimierungsprozeß dar. In der Regel sollten sie nicht einseitig von der Geschäftsführung festgelegt werden, sondern zumindest mit dem Betriebsrat und Betroffenen beraten werden. Der Betriebsrat kann, unterstützt durch die kritische Diskussion der betrieblichen Vorgaben mit der Belegschaft, versuchen, allzu starre Arbeitszeitschriften gering zu halten. Eine offene Informationspolitik der Geschäftsführung in

Fragen ihrer strategischen Ziele und Anforderungen ist hier offenbar für beide Seiten förderlich.

Aber auch bei geringen betrieblichen Vorschriften können kurzfristige Schwankungen, die zu Überstunden und Mehrarbeit führen, nicht völlig ausgeschlossen werden. Es sollte der tatsächliche Umfang dieser Abweichungen erfaßt werden, der Arbeitszeitplan auf seine Sensibilität und Stabilität bezüglich der Auswirkungen kurzfristiger Abweichungen untersucht werden und Belastungen durch Einplanung von Personal- und Zeitreserven verringert werden.

4.4 Fairneß zwischen den Arbeitnehmern

Die Berücksichtigung individueller Wünsche in der Arbeitszeitplanung bringt natürlich das Problem einer fairen Koordinierung innerhalb der Mitarbeitergruppe mit sich. Im ersten Prototyp werden z.B. Arbeitnehmer, die exzessive Anforderungen stellen, stärker berücksichtigt als zurückhaltendere Kollegen (In Kapitel 5 wird eine mathematische Methode diskutiert, diesen unerwünschten Effekt auszuschalten). Eine einfache Möglichkeit, dieses Problem zu reduzieren, ist das Üben und die Diskussion der Bewertung. Damit kann eine einheitliche Bewertungsweise in der Gruppe erreicht werden.

Ob Anforderungen einzelner Mitarbeiter sozial nicht gerechtfertigt sind, kann nicht a priori entschieden werden. Arbeitnehmer können völlig zurecht überdurchschnittliche Anforderungen haben (z.B. Arbeitnehmer mit kleinen Kindern, Arbeitnehmer, die Weiterbildungskurse besuchen). Sie müssen diese Anforderungen allerdings innerhalb der Gruppe selbst geltend machen.

Im Zusammenhang mit der persönlichen Bewertung und etwaigen unterschiedlich hohen individuellen Anforderungen stellt sich auch das Problem des Datenschutzes. Hier kommt dem Betriebsrat eine zentrale Rolle im Abgleich der Interessen zu, außer ihm und den jeweils Betroffenen sollten keine Personen Zugang zu diesen Daten haben. Es sollte untersucht werden, ob durch geeignete Maßzahlen (z.B. Prozentsatz der unerwünschten Stunden), eine Diskussionsbasis für den Vergleich von Anforderungen geschaffen werden kann.

4.5 Größe der Basiszeiteinheiten, Planungszeitraum

Eine diskrete Zeitstruktur erscheint uns als dem Problem und den bekannten Optimierungsstrategien am besten angepaßt. Die im Prototyp verwendete Zeiteinheit

von 30 Minuten verringert zwar den Suchraum enorm, ist aber für praktische Fälle zu ungenau. Wir empfehlen, die Basiszeiteinheit nicht größer als 15 Minuten zu wählen.

Auch der Planungszeitraum spielt eine wichtige Rolle. Er hängt stark von der Weitsicht und Flexibilität des Managements ab. Je kürzer er gewählt wird, desto weniger Spielräume für arbeitnehmerorientierte Planung sind gegeben, umso komplexer wird aber auch die Planung. Unseren Erfahrungen nach ist die wochenbezogene Planung eines Arbeitsmonats mit einer Übertragungsmöglichkeit von Zeitschulden und Zeitguthaben ein arbeitnehmerfreundliches und praktikables Modell für die Planung.

5 Einige theoretische Bemerkungen über Lösungsraum und Optimierungsstrategie

5.1 Optimierungsfunktion

Die folgenden Definitionen dienen der formalen Behandlung der Fragestellung Optimierungsfunktion und Optimierungsstrategie.

n	Anzahl der Arbeitnehmer
W_i	ein Arbeitnehmer ($i = 1..n$)
m	Anzahl der Zeiteinheiten pro Arbeitswoche
s_k	eine Zeiteinheit der Arbeitswoche ($k = 1..m$, z.B. Di von 8 bis 8:15)
a_{ik}	eine zweiwertige Funktion, die angibt, ob der Arbeitnehmer W_i zum Zeitpunkt s_k arbeitet ($a_{ik}=1$) oder frei hat ($a_{ik}=0$).
$g(a_{ik})$	die Bewertung der Zeiteinheit s_k durch den Arbeitnehmer W_i , wobei $g(0) \rightarrow 0$ und $g(1) \rightarrow R^+$.
P_i	Wochenplan eines Arbeiters ($i = 1..n$), ein m -Tupel a_{ik} , so daß für Arbeitnehmer i für jede Zeiteinheit k die Funktion a_{ik} definiert ist.
P	ein kompletter Wochenarbeitsplan, $P = \{P_1, P_2, P_3, \dots, P_n\}$

Die Bewertung des Arbeitsplanes P_i durch einen Arbeitnehmer W_i läßt sich somit etwa als Summe der Einzelbewertungen ausdrücken:

$$(1) \quad G(P_I) = \sum_{k=1}^m g(a_{ik})$$

Die einfache Gesamtbewertungsfunktion der Nachteilspunkte aus Kapitel 3 kann somit wie in (2) dargestellt werden. Der optimale Zeitplan P_{opt} ergibt sich als jene Menge P mit der kleinsten Gesamtbewertungsfunktion $G(P)$.

$$(2) \quad G(P) = \sum_{i=1}^n G(P_I) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m g(a_{ik})$$

Eine komplexere Form einer Gesamtbewertungsfunktion ist in (3) dargestellt.

$$(3) \quad G_{x,y,z}(P) = \sum_{i=1}^n \frac{\left(\sum_{k=1}^m g(a_{ik})^x \right)^y}{\left(\sum_{k=1}^m g(a_{ik})^z \right)^z}$$

Diese Funktion erlaubt je nach Wahl der Parameter x, y, z verschiedene Minimierungen:

$x=1$	$y=1$	$z=0$	Ist äquivalent zu (1) und führt zur Minimierung der negativen Bewertungen der ganzen Gruppe, ohne eine etwaige unfaire Verteilung der Nachteile zwischen den Arbeitnehmern zu berücksichtigen.
$x=1$	$y \gg 1$	$z=0$	Nachteile werden minimiert und auf alle Arbeitnehmer ungefähr gleichmäßig verteilt.
$x \gg 1$	$y=1$	$z=0$	Es werden nur Zeiteinheiten mit niedriger Punkteanzahl berücksichtigt.
$x \gg 1$	$y \gg 1$	$z=0$	Nachteils-Punkte werden auf alle Arbeitnehmer gleich verteilt (mit möglichst niedriger Zahl der Punkte pro Zeiteinheit).
$z \gg 0$			Arbeitnehmer, die relativ hohe Forderungen stellen, werden in der Optimierung weniger stark berücksichtigt ("Jammereffekte" können damit abgeschwächt werden).
$z \ll 0$			Arbeitnehmer, die hohe Anforderungen stellen, werden in der Optimierung stärker berücksichtigt (z.B. Arbeitnehmer mit Kleinkindern zu Hause).

Es zeigt sich, daß es die eine, "objektive" Optimierungsfunktion nicht gibt. Vielmehr spiegelt jede Optimierungsfunktion implizit politische Vorstellungen über die optimale Arbeitszeit wider. Daraus folgt, daß die Optimierungsfunktion nicht durch das System starr vorgegeben sein kann, sondern von den Betroffenen diskutiert und verändert werden muß. Eine Möglichkeit stellt eine interaktive Gesamtbewertung durch die Benutzer dar, eine andere die Variation der Parameter von (2) durch die Benutzer (wobei noch beliebig viele weitere Tuning-Parameter denkbar sind).

5.2 Lösungsraum

Der Lösungsraum ist zu groß, um die Strategie des vollständigen Generierens zu verfolgen. Würde man keine Einschränkungen annehmen, wäre die Größe des Lösungsraumes:

$$(4) \quad \binom{m}{p}^n$$

wobei p die Anzahl der Zeiteinheiten darstellt, die ein Arbeitnehmer pro Woche zu arbeiten hat. Unter der Annahme, daß die Basiszeiteinheit 1/10 Stunde und die Betriebszeit 60 Stunden ($m=600$) ist, daß die Arbeitszeit 35 Stunden pro Woche ($p=350$) und die Anzahl der Arbeitnehmer 40 ist ($n=40$) ist, ergibt sich aus (4) die in (5) angegebene Mächtigkeit des Lösungsraumes.

$$(5) \quad \binom{600}{350}^{40} \approx 10^{7020}$$

5.3 Optimierungsalgorithmen

Simplexalgorithmus

Der Simplexalgorithmus kann nur angewendet werden, wenn die Bewertungsfunktion linear ist. Berücksichtigt man diese unangenehme Einschränkung, so wirft trotzdem die Größe des Lösungsraumes Probleme auf. Es müssen nm Variable (in unserem Beispiel: $40 \cdot 600 = 24000$) und nq Nebenbedingungen, wobei q die Anzahl der Einschränkungen von Arbeitnehmern, durch Gesetz etc. darstellt. Die Komplexität des Simplex wächst umgelegt auf diese Fragestellung ca. mit n^2mq (vgl. [AWIS 78]). Praktische Fragestellungen sind damit nicht lösbar.

Branch&Bound Strategie

Die Branch&Bound-Suche liefert nur dann in akzeptabler Zeit eine Lösung, wenn je nach gegebenen Daten eine entsprechende Anpassung der Suchstrategie vorgenommen wird (erforderlich ist jedoch ein allgemein anwendbares Verfahren). Dies wird anhand des folgenden Beispiels, bei dem besonders lösungsraumeinschränkende Randbedingungen angenommen werden, deutlich: Sei die Betriebszeit 10 Stunden pro Tag bei 5 Betriebstagen in der Woche. Sei weiters die Arbeitszeit 8 Stunden pro Tag (inklusive einer Stunde fest verplanter Pause, z.B. um 12 Uhr). Nimmt man weiters an, daß die Planungszeiteinheit eine Stunde ist, dann gibt es genau drei mögliche Arbeitsbeginnzeiten an einem Tag. Bei 10 Arbeitnehmern ergeben sich sodann

$$3 \cdot 5 \cdot 10 = 7.2 \cdot 10^{23} \quad \text{prinzipielle mögliche Arbeitspläne für eine Woche.}$$

Trotz drastischer Einschränkungen ist der Lösungsraum für praktische Aufgaben immer noch zu groß. Es scheint sogar unumgänglich, auf deterministische Suchverfahren, die garantiert die optimale Lösung finden, auf Kosten von heuristischen Suchmethoden oder Zufallsverfahren zu verzichten [FRÖS 91].

Genetische Algorithmen

Das Problem, einen annähernd optimalen Arbeitszeitplan zu finden, ist als Suche in einem Raum von möglichen Lösungen mit realen Beschränkungen von Zeit und Speicherplatz zu betrachten. Das geringe a priori Wissen über die Struktur des Lösungsraumes wirkt sich insofern erschwerend aus, als praktisch keine problem-spezifischen Algorithmen existieren, die schnell gute Lösungen auffinden [DEJO 90]. Eine in solchen Fällen geeignete adaptive Strategie ist der von [HOLL 75] vorgeschlagene Ansatz der Genetischen Algorithmen (GA). GA integriert so unterschiedliche Techniken wie Random Search, Hill Climbing und Sampling durch Partitionierung des Suchraumes.

Eine Problemrepräsentation für GA besteht aus einer Population von sogenannten Individuen, die jeweils einen Punkt des Lösungsraumes in der Form eines Strings (genetischer Code) repräsentieren. Weiters muß definiert werden, was Fitness im fraglichen Problemraum bedeutet, und es müssen genetische Operatoren definiert werden, die eine Nachfolgeneration der Individuen erzeugen. Üblicherweise werden die Verfahren Crossover und Zufallsmutation der Strings (entspricht Mischen und Mutieren des Codes) vorgeschlagen [SCHA 89], wobei dann "fittere" Individuen eine höhere Überlebenswahrscheinlichkeit oder Vermehrungsrate haben.

Bei der vorliegenden Fragestellung entspricht ein Individuum des GA einem zulässigen Zeitplan, d.h. einer möglichen Aufteilung von Arbeitszeiten auf die Arbeitnehmer im Rahmen der verschiedenen Anforderungen. Ein Individuum gilt als "fitter", wenn der Wert der Gesamtbewertungsfunktion (siehe 5.1) an diesem Punkt des Lösungsraumes kleiner ist (es liegt bei dieser Anwendung die Frage nach Minimierung von Nachteilen vor). Fitness wird hier somit ganz einfach durch die Bewertungsfunktion ausgedrückt. Um Crossover und Mutation zu definieren, ist eine Partitionierung des Suchraumes zu wählen, wobei sich verschiedenste Abbildungen anbieten, deren Effizienz erst im konkreten Experiment getestet werden muß. Es bietet sich etwa ein String aus mn Dualziffern an, wobei jeweils n Bits angeben, welche Mitarbeiter zu einem bestimmten Zeitabschnitt anwesend sind (101000...000 repräsentiert somit einen Zeitabschnitt, wo Mitarbeiter 1 und 3 anwesend sind und alle anderen nicht).

Bis jetzt haben wir GA nicht in unser System integriert. Erfolge in vergleichbar unstrukturierten Lösungsräumen (vgl. [SCHA 89]) bestärken uns aber in der Annahme, daß diese Methode auch in Zeitplanungsfragen erfolgreich anwendbar ist.

6 Zusammenfassung

In diesem Artikel haben wir ein System vorgestellt, das Arbeitnehmer bei der eigenbestimmten Arbeitszeitgestaltung unterstützen kann. Wie schon vorhin hervorgehoben, ist bei zunehmenden Freiheitsgraden die Komplexität dieses Problems hoch und nicht ohne Computerunterstützung bewältigbar. Computergestützte Arbeitszeitgestaltung bedeutet allerdings nicht, daß arbeitspolitische Entscheidungen irgendeiner mathematischen Formel überantwortet werden. CANOZ soll einzig dafür verwendet werden, daß Pläne erstellt werden, die anschließend diskutiert und modifiziert werden.

Auf Grund der erwähnten prinzipiellen Schwierigkeit, Anforderungen der Arbeitnehmer zu formalisieren, schlagen wir folgende Vorgehensweise vor:

- (1) Die Spezifizierung der grundlegenden Anforderungen von Arbeitnehmern, Arbeitgebern, gesetzlichen Bestimmungen und gesundheitlichen Vorschlägen.
- (2) Die iterative, interaktive Optimierung durch die Arbeitnehmer. Notwendige Voraussetzung dafür ist eine Programmumgebung, die die errechneten Ergebnisse ansprechend darstellt und eine einfache "Was wäre wenn"-Simulation unterstützt.

Die Arbeitnehmer treffen also die wesentlichen Entscheidungen selbst, das System hat die Rolle der Entscheidungsunterstützung. Obwohl noch zahlreiche Schwierigkeiten bis zum Gebrauch im Betriebsalltag überwunden werden müssen, hoffen wir mit CANOZ, einen Beitrag zur Erhöhung der Zeitautonomie der Arbeitnehmer leisten zu können.

Literatur

- [ALIO 80] Alioth, A., Entwicklung und Einführung alternativer Arbeitsformen, Verlag Hans Huber, Schriften zur Arbeitspsychologie 27, Bern Stuttgart Wien 1980
- [AWIS 78] Awis, D., Chvatal, V., Linear Programming, Freeman and Company, New York 1978
- [BULL 88] Bullinger, H.J. (Hrsg.), Flexibilisierung der Arbeitszeiten im Produktionsbetrieb, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, Springer, Berlin 1989
- [DEJO 90] De Jong, K., Genetic-Algorithm-Based Learning, in [KODR 90]
- [FRÖS 91] Frösch, K.A., Deterministisches Scheduling - Eine Methodenübersicht, Christian Doppler-Labor für Expertensysteme, Technische Universität Wien, Wien 1991
- [GLOV 86] Glover, F., McMillan, C., The general employee scheduling problem: an integration of MS and AI, Computers and Operations Research, Mai 1986 v 13(5) p.563-573, ACM Guide
- [HALL 88] Haller, W., Flexible Arbeitszeit, Heyne KW 249, Berlin 1988
- [HAUG 87] Haug, F. et al., Widersprüche der Automationsarbeit, Argument Verlag, Berlin 1987
- [HOLL 75] Holland, J.H., Adaption in Natural and Artificial Systems, University of Michigan Press 1975
- [ILO 79] International Labor Organization, New Forms of work organisation II, Geneva, 1979
- [ILO 82] International Labor Organization, New Forms of work organisation I, Geneva, 1982
- [KERN 86] Kern, H., Schumann, M., Das Ende der Arbeitsteilung - Rationalisierung in der industriellen Produktion, Verlag Beck, München 1986
- [KNAU 86] Knauth, P., Möglichkeiten computergestützter Verfahren zur Schichtplanerstellung in Schichtarbeit und Gesundheit, Mitteilungen des Institutes für Gesellschaftspolitik, Heft 29, Wien 1986
- [KNAU 87] Knauth, P., Computergestützte Gestaltung diskontinuierlicher Schichtpläne nach arbeitswissenschaftlichen Kriterien, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 1987, H. 4, Jg. 41, pp. 221 - 226, 1987
- [KNEV 87] Knevels/Lindena, Gleitende Arbeitszeit, Schriftenreihe Personalfragen im Betrieb - 24, Heider Verlag, Bergisch Gladbach 1987
- [KODR 90] Kodratoff, Y., Michalski R., Machine Learning III, Morgan Kaufmann, Palo Alto 1990

- [KUND 86] Kundi, M., Vorschläge und Empfehlungen zur Schichtarbeit, in Schichtarbeit und Gesundheit, Mitteilungen des Institutes für Gesellschaftspolitik, Heft 29, Wien 1986
- [LEPA 86] Lepape, C., SOJA: A daily workshop scheduling system, SOJA's system and inference engine, in: Merry M., Expert systems 85, Cambridge University Press, New York 1986
- [MESC 87] Mesch, M., Schwarz, B., Stemmberger, G., Arbeitszeitgestaltung, Arbeit Recht und Gesellschaft 6, Kammer für Arbeiter und Angestellte, Wien 1987
- [OTT 89] Ott, E., Arbeitswissenschaft - Arbeitszeitflexibilisierung - Normalarbeitszeitstandard, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 3/89
- [OTTM 85] Ottmann, Schwarzenau, Kylian, Knauth, Klimmer, Bopp, Rutenfranz, Überlegungen zu einer ausgleichsorientierten Schichtplangestaltung bei Tätigkeiten mit unregelmäßigem Dienst. Vorschläge für computergestützte Personaldisposition, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 39 (11 NF), 157-161, 1985
- [SCHA 89] Schaffer, D., Proc. of the 3rd International Conference of Genetic Algorithms, Morgan Kaufmann Publishers, 1989
- [SCHW 84] Schwarzenau, Knauth, Kiesswetter, Brockmann, Rutenfranz, Algorithmen zur computergesteuerten Schichtplangestaltung nach arbeitswissenschaftlichen Kriterien, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 38 (10 NF), 151-155 (1984).
- [SEIF 87] Seifert, H., Variable Arbeitszeitgestaltung: Arbeitszeit nach Maß für die Betriebe oder Zeitautonomie für die Arbeitnehmer?, WSI-Mitteilungen, Heft 12, Jg. 40, 1987
- [SUGI 89] Sugihara, K., Kikuno, T., Yoshida, N., A meeting scheduler for office automation, IEEE Transactions on Software Engineering, Oct. 1989

Johannes Gärtner
Gewerkschaft der Privatangestellten
Deutschmeisterplatz 2
A-1010 Vienna

Thomas Grechenig
Technische Universität Wien
Resselgasse 3/2/188
A-1040 Vienna

EMAIL: tommy@eimoni.tuwien.ac.at