

V. Schaeffler  
G. Karg

## Ein Ansatz zur Planung einer Krankenhausverpflegung mit Hilfe eines wissensbasierten Systems

### A knowledge-based approach to computer-aided design of hospital menu plans

**Zusammenfassung** Die Planung einer Krankenhausverpflegung stellt sich als komplexes Entscheidungsproblem dar. Die Verpflegung soll

Eingegangen: 9. November 1994  
Akzeptiert: 20. März 1995

V. Schaeffler (✉)  
GSF-Forschungszentrum für Umwelt und  
Gesundheit  
MEDIS Neuherberg  
Postfach 11 29  
85758 Oberschleißheim

G. Karg  
Technische Universität München-Weihen-  
stephan  
Institut für Sozialökonomik des Haushalts  
85350 Freising

der Gesundheit der Patienten zuträglich sein, deren Ernährungsgewohnheiten entsprechen und im Rahmen der Küchenkapazität hergestellt werden können. In der vorliegenden Arbeit wird am Beispiel der Diätverpflegung für Diabetiker ein computerunterstütztes Modell vorgestellt, das den Entscheidungsträgern im Krankenhaus Hilfestellung bei der Auswahl der Speisen und deren Zusammenstellung zu Menüs bietet. Die Planung erfolgt auf der Basis ernährungs- und haushaltswissenschaftlichen Fachwissens, das im Computer abgebildet und zur Problemlösung genutzt wird.

**Summary** Menu planning in hospitals is a complex decision problem. Patients expect the menu plan to be healthful and in accordance with their nutritional habits. Furthermore, the menu plan must conform to capacity limits of the kitchen. In

this paper we present an approach to computerized food selection and menu composition. The model is based on nutritional knowledge, which is represented in the computer and used for problem solving.

**Schlüsselwörter** Verpflegungsplanung – Krankenhausverpflegung – Diabetesdiät – Speisenauswahl – wissensbasiertes System

**Key words** Menu planning – hospital menu – diabetes diet – food selection – knowledge-based system

**Abbreviation index** BE = Broteinheit · DDG = Deutsche Diabetes-Gesellschaft · DGE = Deutsche Gesellschaft für Ernährung · SAZUMA = Wissensbasiertes System zur Speisenauswahl, ZUSammenstellung eines Menüplans und dessen Analyse

### Einleitung

Die Verpflegung im Krankenhaus muß einer Reihe von Anforderungen genügen. Die Patienten erwarten, daß sie zum einen ihrer Gesundheit zuträglich ist, eventuell sogar eine therapieunterstützende Wirkung hat, zum anderen ihren Ernährungsgewohnheiten entspricht. Diese Erwartungen sollten möglichst gut erfüllt werden. Die Küche muß zudem darauf achten, daß die Verpflegung im Rahmen der verfügbaren Kapazitäten hergestellt werden kann. Eine solche Verpflegung Tag für Tag anzubieten, stellt

eine komplexe Aufgabe dar, die vorherige Planung voraussetzt. Die Planung ist als Entscheidungsproblem zu sehen, das nur mit einem beträchtlichen Maß an Wissen gelöst werden kann. Aufgrund der Komplexität des Problems bietet es sich an, bei der Problemlösung Computerprogramme einzusetzen.

Im folgenden wird zunächst das Problem der Planung einer Krankenhausverpflegung beschrieben. Danach wird am Beispiel der Planung von Diabetikerdiäten modellhaft gezeigt, wie die Planung einer Krankenhausverpflegung unter Nutzung ernährungs- und haushaltswissenschaftli-

chen Fachwissens ablaufen kann. Die planende Person wird hierbei durch eine neue Art von Computersystem, ein sogenanntes wissensbasiertes System, unterstützt. Schließlich wird ein Prototyp eines wissensbasierten Systems zur Planung von Diabetikerdiäten im Krankenhaus vorgestellt.

## Problemstellung

Die Verpflegung in einem Krankenhaus wird für einen gegebenen Zeitraum geplant. Der Planungszeitraum kann beispielsweise eine Woche umfassen. Innerhalb des Planungszeitraums müssen den Patienten zu verschiedenen Mahlzeiten Menüs angeboten werden. Jedes Menü besteht aus einer Kombination von Speisen, die der Art und Menge nach definiert sind.

Die Menüs, die einem einzelnen Patienten zu den Mahlzeiten im Planungszeitraum angeboten werden sollen, können in einem *individuellen* Menüplan aufgelistet werden. Die Gesamtheit der individuellen Menüpläne aller Patienten stellt den aggregierten Menüplan dar. Der aggregierte Menüplan enthält somit alle Menüs, die zur Versorgung der Patienten im Planungszeitraum von der Küche produziert werden sollen.

Aus der Sicht eines Patienten soll sein individueller Menüplan so gestaltet sein, daß er seiner Gesundheit zuträglich ist. Es werden deshalb Nährstoffempfehlungen, die von der DGE (3) allgemein für eine gesunde Ernährung und von der DDG (1) speziell für Diabetikerdiäten herausgegeben wurden, berücksichtigt. Weiterhin sollen die individuellen Menüpläne mit den Ernährungsgewohnheiten der Patienten im Einklang stehen. Aus der Sicht der Krankenhausküche soll der aggregierte Menüplan so beschaffen sein, daß alle benötigten Lebensmittel verfügbar sind und daß bei der Produktion der Menüs zu den Mahlzeiten die verfügbaren Kapazitäten zum Beispiel an Arbeit, Betriebsmitteln und Geldmitteln nicht überschritten werden. Im folgenden wird modellhaft dargestellt, wie eine Krankenhausverpflegung, die diesen Anforderungen gerecht wird, mit Hilfe eines wissensbasierten Systems geplant werden kann.

## Wissensbasierte Planung

Der Planungsablauf läßt sich in drei Phasen unterteilen: In der *ersten Phase* wird das für die Planung erforderliche Wissen gesammelt, großenteils im Computer abgelegt und gepflegt. In der *zweiten Phase* wird mit Hilfe des vorhandenen Wissens durch den Computer ein vorläufiger Menüplan entworfen. In der *dritten Phase* kontrolliert der Entscheidungsträger den vorläufigen Menüplan und modifiziert ihn gegebenenfalls in Interaktion mit dem Computer. Am Ende dieser Phase steht ein endgültiger Menüplan.

### Phase 1

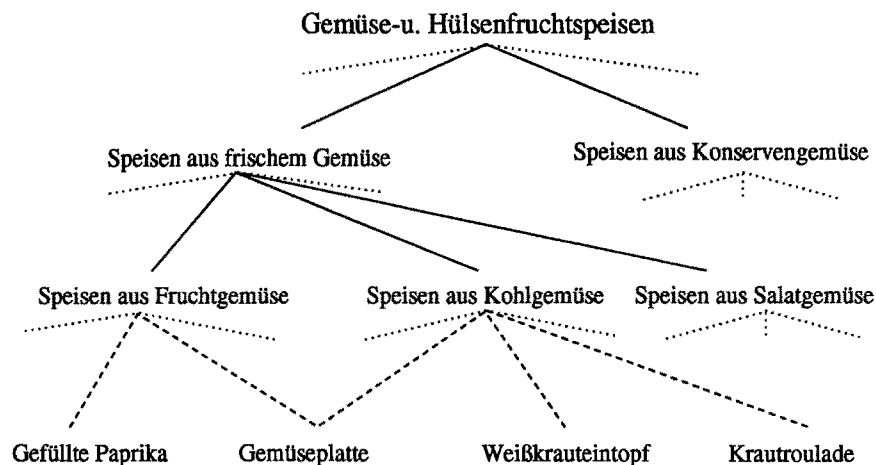
In der ersten Phase werden verschiedene Arten von Wissen im Computer abgebildet. Es handelt sich erstens um Wissen über relevante Merkmale der Patienten, die zu verpflegt sind (z.B. Alter, Geschlecht, Zweiterkrankungen, Teilnahme an den verschiedenen Mahlzeiten) sowie der Speisen, die von der Küche produziert werden können, und deren Zutaten (z.B. Gehalte an Nährstoffen, Broteinheiten sowie Bedarf an Arbeit und Betriebsmitteln bei der Zubereitung).

Zweitens handelt es sich um Wissen über die Anforderungen an die Verpflegung (individuelle Menüpläne und aggregierter Menüplan). Die Anforderungen an die *individuellen* Menüpläne werden durch den Gesundheitsstatus und die Ernährungsgewohnheiten der Patienten begründet. Die Anforderungen an den *aggregierten* Menüplan werden durch die Kapazitäten der Küche an Produktionsfaktoren definiert. Ein Teil dieser Anforderungen wird spezifiziert und explizit bei der Planung berücksichtigt. Bei jedem Diabetiker muß beispielsweise bekannt sein, wie viele Kohlenhydrate, gemessen in Broteinheiten, er pro Tag zu sich nehmen soll. Damit der aggregierte Menüplan in der Krankenhausküche produziert werden kann, wird z.B. festgelegt, wie viele Speisen mit hohem Arbeitsaufwand bzw. Geräteaufwand pro Mahlzeit maximal produziert werden können. Wie dieses Wissen repräsentiert werden kann, wird in (7) beschrieben.

Es ist aber schwierig, *alle* zu stellenden Anforderungen explizit in die Planung aufzunehmen. Zum einen ist es kaum möglich, alle Anforderungen explizit zu erfassen (z.B. die Ernährungsgewohnheiten aller Patienten), zum anderen führt die explizite Berücksichtigung aller zu stellenden Anforderungen (z.B. der Bedarf an sämtlichen Nährstoffen) zu einer problematischen Modellgröße. Es ist deshalb zum dritten sinnvoll, auf Wissen darüber zurückzugreifen, wie Menüpläne gestaltet werden können, die der Gesundheit der Patienten förderlich sind und mit den Ernährungsgewohnheiten im Einklang stehen. Solche Menüpläne werden im folgenden als geeignet bezeichnet. Wissen über eine gesunde Ernährung ist beispielsweise in den 10 Regeln der DGE für eine vollwertige Ernährung (2) zusammengefaßt. Die Regeln beinhalten zudem Wissen über Ernährungsgewohnheiten. Auch kann Erfahrungswissen des Küchenpersonals hinsichtlich der günstigen Gestaltung von Menüplänen vorliegen.

Diese dritte Art von Wissen ist unabhängig vom einzelnen Patienten. Das Wissen gilt für bestimmte Patientengruppen (z.B. Diabetiker) und kann mit Hilfe der Bildung von Speisengruppen und Menüstrukturen im Computer repräsentiert werden (6).

Es wird eine Hierarchie von Speisengruppen gebildet, die Speisen mit ähnlichen Merkmalsausprägungen bezüglich ihrer Nährstoffgehalte und ihrer Verwendungsmöglichkeiten in Menüs umfassen. Die Einteilung in Speisen-

**Abb. 1** Speisenhierarchie: Beispiel Gemüse- und Hülsenfruchtspeisen (Ausschnitt)

obergruppen richtet sich nach dem Ernährungskreis der DGE (2). Es werden daher folgende Speisengruppen gebildet: *Getreide- und Kartoffelspeisen, Gemüse- und Hülsenfruchtspeisen, Obstspeisen, Getränke, Milchspeisen, Fisch-, Fleisch- und Eierspeisen* sowie *Fette*. Zusätzlich wird noch eine Obergruppe *Gesüßte Speisen* eingeführt. Jede dieser Gruppen wird nach Nährstoffgehalt und Verwendungsmöglichkeit innerhalb der Menüs weiter untergliedert. Als Beispiel sei die Gliederung der Gemüsespeisen in Abb. 1 dargestellt. Es sind verschiedene Stufen der Untergliederung zu sehen. Die Speisen, die zur gleichen Speisengruppe der untersten Ebene gehören, haben sehr ähnliche Eigenschaften bezüglich Nährstoffgehalt und Verwendungsmöglichkeit. Es ist zu beachten, daß Speisen auch mehreren Speisengruppen zugeordnet sein können.

Menüstrukturen bilden zusammen mit Vorschriften zur Häufigkeit ihrer Auswahl das Wissen darüber ab, auf welche Weise Speisen aus unterschiedlichen Speisengruppen zu einem geeigneten Menüplan kombiniert werden können. Eine Menüstruktur gibt an, wie ein Menü aus verschiedenen Menükomponenten, denen Speisengruppen zugeordnet sind, zusammengesetzt werden kann. Tabelle 1 zeigt als Beispiel eine Menüstruktur für ein Mittagessen. Die Menüstruktur enthält folgende Komponenten: Eine Vorspeise, eine Hauptkomponente (der als Hauptspeise vorgesehene Gemüsespeisen zugeordnet sind), eine

stärkereiche Beilage, eine Salatbeilage, ein Getränk und eine Nachspeise. Zu jeder Menükomponente ist angegeben, wie viele Speisen mindestens (min) ausgewählt werden müssen, bzw. höchstens (max) ausgewählt werden dürfen. Zum Beispiel darf für die Komponente Vorspeise eine Speise gewählt werden. Es ist aber auch möglich, keine Vorspeise zu wählen.

Zu den einzelnen Mahlzeiten eines Tages werden jeweils mehrere Menüstrukturen definiert, die einen üblichen Aufbau von Menüs aus Menükomponenten beschreiben. Zum Beispiel gibt es für die Mittagsmahlzeit u.a. Menüstrukturen mit Fleisch-, Fisch- oder Gemüsespeisen als Hauptkomponente. Es wird festgelegt, wie oft die einzelne Menüstruktur im Planungszeitraum für einen individuellen Menüplan ausgewählt werden darf.

Die Abbildung des Wissens der 10 DGE-Regeln im Rechner wird am Beispiel der DGE-Regel 7 erläutert. Die DGE-Regel empfiehlt, tierisches Eiweiß in der Ernährung zu reduzieren. Um die Zufuhr von tierischem Eiweiß zu beschränken, werden folgende Bedingungen eingeführt: Menüstrukturen für das Mittagessen mit Fleisch- oder Fischspeisen als Hauptkomponente dürfen jeweils höchstens zweimal pro Woche gewählt werden. Die Menüstrukturen für Vormittags-, Nachmittags- und Spätimbiß enthalten keine Menükomponenten, denen Speisen aus Fleisch oder Wurstwaren zugeordnet sind.

## Phase 2

In der zweiten Phase entwirft der Computer einen vorläufigen Menüplan. Dies erfolgt für jeden individuellen Menüplan in den folgenden Schritten:

- Für jede Mahlzeit des Planungszeitraums wird eine Menüstruktur ausgewählt. Dabei wird auf die Vorschriften zur Auswahlhäufigkeit geachtet.
- Danach werden sukzessive für alle Mahlzeiten entsprechend den vorgegebenen Menüstrukturen Speisen zu Menüs zusammengestellt.

**Tabelle 1** Beispiel einer Menüstruktur (Mittagsmenü)

Menükomponenten	MIN	MAX
Vorspeise	0	1
Hauptspeise Gemüse	1	1
Stärkereiche Beilage	1	1
Salatbeilage	0	1
Getränk	1	1
Nachspeise	0	1

Beim zweiten Schritt werden zunächst innerhalb der gewählten Menüstruktur für jede Menükomponente die zulässigen Speisen herausgesucht. Beispielsweise dürfen für ein Mittagessen mit Gemüse als Hauptkomponente nur Gemüsespeisen, die als Hauptspeise vorgesehen sind, ausgewählt werden. Dann werden schrittweise für jede Menükomponente diejenigen Speisen herausgefiltert, die auch die sonstigen, spezifizierten Anforderungen erfüllen. Beispielsweise werden alle arbeitsaufwendigen Speisen entfernt, wenn die maximal erlaubte Anzahl von arbeitsaufwendigen Speisen zu einer Mahlzeit beim augenblicklichen Stand der Planung schon erreicht ist. Hier werden auch für bestimmte Patientengruppen ungeeignete Speisen entfernt, zum Beispiel bei Diabetikern gezuckerte Speisen. Aus den herausgefilterten zulässigen Speisen werden solchermaßen Speisen für die jeweilige Mahlzeit herausgesucht, daß eine bestimmte BE-Anzahl pro Menü erreicht wird und pro Menükomponente die Speisenanzahl innerhalb der Minimal-/Maximal-Grenzen liegt.

Um den Arbeitsaufwand für die Produktion der Speisen zu einer Mahlzeit einzuschränken, werden die Patienten zu Gruppen zusammengefaßt, die gleiche individuelle Menüs erhalten können. Zunächst wird ein Standardmenüplan für eine Diabetes-Normalkost entworfen, die für einen großen Teil der Patienten (auch Nicht-Diabetiker) geeignet ist. Dieser wird dann durch Veränderung von Portionsgrößen oder durch Speisenaustausch für Patienten mit anderen Bedarfen angepaßt.

### Phase 3

In der dritten Phase wird der vorläufige Menüplan am Bildschirm ausgegeben. Hierbei werden die berechneten

Nährstoffgehalte der individuellen Menüs den Nährstoffempfehlungen gegenübergestellt. Die planende Person hat nun die Möglichkeit, den Menüplan zu kontrollieren und gegebenenfalls noch Veränderungen vorzunehmen, die dann zum endgültigen Menüplan führen.

## Prototyp SAZUMA

Um das Modell der wissensbasierten Planung einer Diätverpflegung testen zu können, wurden die wichtigsten Teile als Forschungsprototyp SAZUMA implementiert. SAZUMA kann für die Mahlzeiten einer Woche einen aggregierten Menüplan entwerfen, der individuelle Menüpläne mit 11 bis 22 BE pro Tag enthält. An Beispielen wurden wichtige Nährstoffgehalte der individuellen Menüpläne berechnet und mit den Empfehlungen der DDG und der DGE verglichen. Das Ergebnis war insgesamt zufriedenstellend; die berechneten Nährstoffgehalte stimmten weitgehend mit den Empfehlungen überein.

## Schlußbetrachtung

Das vorgestellte Modell kann der Qualitätssicherung im Verpflegungsbereich von Krankenhäusern dienen. Eine Qualitätsverbesserung der Verpflegung scheint in vielen Krankenhäusern dringend geboten, wie Untersuchungen belegen (4, 5, 8). Vor einem Einsatz in der Praxis muß der Forschungsprototyp SAZUMA allerdings erst zu einer komfortableren Version weiterentwickelt und einer umfassenden Evaluation unterzogen werden.

## Literatur

1. DDG (1990) Grundlagen der Ernährung und Diätempfehlungen für Diabetiker. Stellungnahme der Deutschen Diabetes-Gesellschaft. Aktuelle Ernährungsmedizin 15:27-38
2. DGE (1989) Vollwertig essen und trinken nach den 10 Regeln der DGE, Frankfurt a.M.
3. DGE (1991) Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr. 5. Überarbeitung. Umschau Verlag, Frankfurt a.M.
4. Gaumnitz H (1993) Langzeiterfahrung bei der Überprüfung der Krankenhauskost durch die amtliche Lebensmittelüberwachung. Aktuelle Ernährungsmedizin 18:181-187
5. Hauenstein I, Muskat E (1986) Feststellung des Ernährungsstatus von Patienten in zwei hessischen Krankenhäusern durch chemische Analyse der angebotenen Vollkost. Aktuelle Ernährungsmedizin 11:253-257
6. Lehmann M (1990) Computerunterstützte Produktionsplanung in der Gemeinschaftsverpflegung. Dissertation, TU München-Weihenstephan, Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau
7. Schaeffler V (1995) Wissensbasierte Planung einer Krankenhausverpflegung - dargestellt am Beispiel der Diätverpflegung für Diabetiker. GSF-Bericht 3/95. GSF (Hrsg.), Neuherberg
8. Schauder P, Woike R, Schäfer G (1993) Vollkost im Rahmen der Klinikverpflegung: Vergleich der Nährstoffaufnahme mit den Zufuhrempfehlungen. Aktuelle Ernährungsmedizin 18:139-142