

Intelligentes Faktenretrieval am Beispiel der Werkstoffinformation

Stephan Roppel, Christian Wolff und Christa Womser-Hacker

Universität Regensburg
Linguistische Informationswissenschaft
Postfach 10 10 42
W-8400 Regensburg

e-mail: roppel@rsls2.sprachlit.uni-regensburg.de
wolff@vax1.rz.uni-regensburg.dbp.de
womser@vax1.rz.uni-regensburg.dbp.de

Abstract

In this paper, we describe the need for intelligent retrieval components in materials information systems. Starting from an object-oriented tool-based retrieval interface, three modules for intelligent query support are presented:

- **WING-GRAPH**, a facility allowing for direct manipulation based graphical retrieval exploiting the cognitive abilities involved in graphical thinking and interpretation of numerical information,
- **fuzzy-WING**, a module for representing vague knowledge about materials properties used for query interpretation and
- a user model designed for reducing the complexity of the user interface by utilizing knowledge about user interests in data.

These components are justified by an empirical analysis of the application domain based on different user tests carried out with research prototypes in the **WING-IIR** project. They all exploit application specific knowledge in addition to the underlying database itself.

0 Einführung

Im Rahmen der Forschung zu Textretrievalsystemen wurden relativ früh die Beschränkungen herkömmlicher Verfahren wie der Deskriptorensuche mit boolescher Logik deutlich, was zu einer Reihe unterschiedlicher, das Standardretrievalmodell transzendierender Systemvorschläge führte. Das Problem der Unschärfe, das sowohl auf Seite der Inhaltsrepräsentation durch die Vergabe natürlichsprachlicher Deskriptoren als auch bei der Schwierigkeit von Benutzern, Informationsbedürfnisse mit den begrenzten Mitteln einer Retrievalsprache in einem Schritt exakt auszudrücken, zum Tragen kommt, bildet den Hauptansatzpunkt für sog. intelligente Information Retrieval Komponenten:

- Thesauri erweitern die Möglichkeiten, Query- und Dokumentrepräsentation miteinander in Beziehung zu setzen,
- Relevanz-Feedbacktechniken, die das Retrieval als zyklischen Prozeß modellieren, erlauben die Anpassung von Query und Ergebnis an die Bewertung durch den Benutzer,

- die Integration von benutzerspezifischen Informationen in sog. Benutzerprofile erlaubt die Berücksichtigung von längerfristigen, die aktuelle Query überschreitenden Interessen.

Im Gegensatz zum Textretrieval wurde im Faktenretrieval lange Zeit das Problem der Unschärfe weder auf Seiten der Datenbasis noch auf Seiten der Queryformulierung als ernsthaftes Hindernis für den Retrievalerfolg begriffen. Mit der Anwendung der Datenbanktechnologie zu Speicherungs- und Retrievalzwecken in hochkomplexen Bereichen zeigte sich jedoch, daß auch in der Modellierung und Abfrage vermeintlich "harter" Fakten unsicheres und vages Wissen zum Tragen kommt. Die gespeicherten Daten sind oft abhängig von verschiedensten Einflußfaktoren und damit weniger exakt und zuverlässig als angenommen. Zusätzlich zum Problem unsicheren Wissens kommt in vielen Domänen die hohe Komplexität der modellierten Daten erschwerend hinzu: Zum einen sind einzelne Datenitems durch eine Vielzahl von Attributen auf mehreren Ebenen charakterisiert, zum anderen sind die Interdependenzen zwischen verschiedenen Attributen so vielschichtig, daß deren Beziehungen selbst von Experten nicht eindeutig abschätzbar sind, was wiederum eine exakte Formulierung des eigenen Informationsbedürfnisses für den Rechercheur erschwert. Diese Komplexität der Datenstruktur steigert zudem den für die Interaktion mit dem Datenbanksystem notwendigen Aufwand, so daß auch der Umgang mit den komplexen Retrievalwerkzeugen ein Hindernis für die Formulierung einer adäquaten Suchanfrage bilden kann.

Auch für den Bereich des Faktenretrievals besteht also die Notwendigkeit, das zugrundeliegende Datenbankmanagementsystem mit seiner Retrievalsprache durch Komponenten, die den Benutzer bei der Formulierung einer adäquaten Anfrage und bei der Interpretation des Ergebnisses unterstützen, zu ergänzen.

1 Arbeitskontext WING-IIR: Werkstoffinformation

Der Arbeitskontext des Projektes WING-IIR (Werkstoffinformationssystem mit natürlicher/sprachlicher/graphischer Benutzeroberfläche und Intelligentes Information Retrieval) der Linguistischen Informationswissenschaft an der Universität Regensburg ist die Entwicklung eines multimodalen Werkstoffinformationssystems mit intelligenten Zusatzkomponenten. Dabei fallen als Datenmaterial typischerweise Tabellen von Meßreihen bezüglich ausgewählter Werkstoffeigenschaften (Ist- und Sollwerte) sowie erläuternde Texte an. Das Anwendungsgebiet Werkstoffinformation ist als prototypische Domäne eines Faktenretrievalsystems gut geeignet, da

- Daten unterschiedlicher Komplexitätsgrade vorliegen,
- zu dem eigentlichen Faktenmaterial auch textuelle Daten (strukturierte Textfelder und längere Beschreibungen, später Bilder, Graphen, ...) vorliegen,
- sehr große Datenmengen benötigt werden.

Die typischen Fragestellungen und Problembereiche von Faktenretrievalsystemen sind also gerade im Anwendungsbereich Werkstoffdatenbanken gegeben.

1.1 *state of the art* der Werkstoffdatenbanktechnik

Die Entwicklung der Werkstoffdatenbanktechnologie hatte als bisherigen Schwerpunkt insbesondere das Bemühen um eine einheitliche Strukturierung der zugrundegelegten Datenbank, also die EDV-gerechte Sachgebietsgliederung (cf. Kröckel & Westbrook 1987:375ff). Dabei ist

die sehr hohe Bandbreite der möglichen Sachgebietsausschnitte mit ihren jeweiligen Charakteristika das hauptsächliche Problem; ein endgültiges generalisiertes Datenmodell ist noch nicht gefunden.

Erst in jüngerer Zeit hat man sich auch der Frage der Interfacegestaltung und der Integration intelligenter Komponenten in Werkstoffdatenbanksystemen gewidmet. Erste Versuche mit Expertensystemtechnologien liegen etwa im *Achilles*-System (Balkwill 1991) vor. Insgesamt handelt es sich dabei jedoch allenfalls um erste Versuche, der Komplexität der in diesem Bereich auftretenden Fragestellungen mit IIR-Komponenten gerecht zu werden. Eine wesentliche Hemmschwelle für den Einsatz intelligenter Verfahren ist in der potentiell verminderten Systemtransparenz "intelligenter" Algorithmen bei gleichzeitig geringer Akzeptanz bei den Datenbankanwendern zu sehen: Da es sich zumeist um sehr sensible Daten handelt, wird von einem Werkstoffinformationssystem erwartet, daß Status und Zustandekommen der präsentierten Information möglichst explizit gemacht werden.

1.2 Kooperationspartner von WING-IIR

Für das Projekt WING-IIR bedingt die Arbeit in einer so stark von sachgebietsbezogenen Aspekten geprägten Domäne die Notwendigkeit der Kooperation mit Experten eben dieser Domäne. Dies ist auch für die in WING-IIR verfolgte Entwicklungsmethodik des *rapid prototyping* unerlässlich.

Der erste Anwendungspartner von WING-IIR ist die Motoren- und Turbinen Union München GmbH (MTU), deren Datenbank - zunächst als hierarchisch organisierte Mainframe-Anwendung realisiert - in WING-IIR als Daten- und Strukturgrundlage der ersten beiden Entwicklungsstufen diente:

- a) Parallele Entwicklung verschiedener Datenbankzugangsmodi am Beispiel der MTU-Datenbank und deren empirische Validierung (1990/91, cf. Wolff & Womser-Hacker 1991),
- b) im Anschluß daran Entwicklung und Test eines ersten multimodalen Prototyps WING-M1 (1991/92, cf. Roppel & Wolff 1992).

Die Datenbank der MTU besteht im wesentlichen aus 19 Kennwerttabellen mit Messungen zu Werkstoffeigenschaften. Dazu kommen in einem sog. "Datenblatt" numerische und textuelle Globalinformationen, die einen schnellen Überblick über einzelne Werkstoffe vermitteln sollen. Zusätzlich existieren Tabellen, die die verschiedenen Zugangsschlüssel (Namensproblematik bei Werkstoffen) beinhalten. Damit sind im Kern die typischen Eigenheiten einer Faktendatenbank realisiert. Aus der Natur des Anwendungsgebietes Hochtemperaturwerkstoffe ergibt sich ferner, daß die angelegte Datenbankstruktur z.T. nur sehr unvollständig gefüllt ist, also etwa zu einem bestimmten Werkstoff nur zu einzelnen Kennwerten oder gar Meßpunkten Werte in der Datenbank vorhanden sind.

Seit 1992 hat WING-IIR mit dem Institute for Advanced Materials am Joint Research Centre der EG in Petten (NL) einen weiteren Anwendungspartner. Ähnlich wie bei der MTU handelt es sich auch hier um eine Datenbank für Hochtemperaturwerkstoffe (High Temperature Material Database - HTM-DB). Allerdings wurde bei der Entwicklung der HTM-Datenbankstruktur von Beginn an sehr viel mehr Gewicht auf ein für verschiedenste mögliche Anwender und Nutzer passendes Datenmodell gelegt, d.h. im Vergleich zu dem an spezifischen internen Informationsbedürfnissen ausgerichteten Modell der MTU handelt es sich bei der HTM-DB um ein generalisiertes Modell für Daten aus dem Hochtemperaturbereich, das nicht auf eine spezielle Anwendung hin ausgelegt ist. Dieser generalisierende Ansatz kommt WING-IIR besonders in der dritten Entwicklungsphase, dem Aufbau eines objekt-orientierten Werkzeugsystems, zugute.

1.3 WING-IIR: Stand des Projektes - Der Prototyp WING-M2

Den Erkenntnissen aus den oben kurz angedeuteten bisherigen Entwicklungsphasen von WING-IIR (Parallelentwicklung von Einzelkomponenten in Phase 1, erster multimodaler Prototyp WING-M1 in Phase 2, cf. Marx et al. 1991, Marx & Pflüger 1992) trägt das System WING-M2 Rechnung (cf. Krause 1992): Es ist als multimodales, strikt objekt-orientiertes Werkzeugsystem ausgelegt, das durch seine hohe Flexibilität und Anpaßbarkeit den auch innerhalb eines Anwendungsgebietes stark variierenden Benutzerbedürfnissen Rechnung trägt, sich aber gleichzeitig auf einer globalen Ebene auch für verschiedene Domänen generalisieren läßt. Dabei wird Objektorientierung prinzipiell als im Interface realisierte Sicht der Dinge als Objekte mit jeweils inhärent beigeordneten Methoden verstanden (weniger also im technischen Sinn einer objektorientierten Programmierung). Eine detaillierte Beschreibung von WING-M2 findet sich im Beitrag von Marx & Schudnagis (in diesem Band), weshalb auf nähere Ausführungen an dieser Stelle verzichtet werden kann.

2 Intelligente Komponenten in WING-IIR

Die im folgenden vorgestellten intelligenten Komponenten der WING-M2 Retrievalshell betreffen verschiedene Aspekte der Systemfunktionalität (graphisches Retrieval, Modellierung vagen Wissens und Benutzermodell) haben aber zwei wesentliche Aspekte gemeinsam:

- a) Die Ableitung aus empirischen Erkenntnissen der mit den bisherigen Prototypen von WING-IIR durchgeführten Benutzertests (cf. Marx 1992); die Module lassen sich jeweils nicht nur aus analytischen Überlegungen heraus rechtfertigen, sondern sind durch typische Fehlersituationen und Wünsche der Benutzer in den Tests legitimiert.
- b) Allen Modulen liegt die Notwendigkeit der Implementierung zusätzlichen Systemwissens zugrunde; dabei überschneiden sich die Wissensbasen teilweise.

Letztendlich sollen diese Überschneidungen in der unterschiedlichen Benutzung von Wissens-elementen als Synergieeffekt für das Gesamtsystem WING-M2 genutzt werden.

2.1 Graphisches Retrieval in WING-GRAPH

Im Rahmen von Retrievalsystemen für Faktendatenbanken spielen auch die durch direkte Manipulation entstandenen Interaktionstechniken eine wichtige Rolle für die Entwicklung neuer Retrievalformen.

Dabei läßt sich die Verwendung graphischer Mittel für das Retrieval auf verschiedenen Ebenen feststellen:

- a) Als Visualisierung von Strukturen, z.B. zur Nutzung bzw. zum Aufbau von Datenbanken (cf. als eines von vielen Beispielen die graphische Abfragesprache *PICASSO*, Kim et al. 1988),
- b) als graphisch unterstütztes Dokument Retrieval (cf. die Systeme *Guido* und *Vibe*, cf. Korfhage 1991) und
- c) als graphisches Interface zu Bilddatenbanken (cf. MacGregor & Lee 1989, Arndt 1990).

Nur im letzteren Fall kommt allerdings die graphische Natur der zu vermittelnden bzw. zu suchenden Information auch bei der Interfacegestaltung zum Tragen. Dies ist allerdings bei Faktendatenbanken verschiedener Art ein wichtiger Gesichtspunkt, da insbesondere größere In-

formationsmengen nicht mehr im abstrakten Medium Zahlendarstellung (bzw. Tabellen) adäquat interpretiert werden können.

Die graphische Informationsdarstellung wird hier zur unverzichtbaren Voraussetzung für die Gestaltung von Faktendatenbankschnittstellen; der Blick in die Literatur zu neueren Entwicklungen insbesondere von Werkstoffdatenbanken zeigt deutlich die hohe Bedeutung der Graphikfähigkeiten dieser Systeme (cf. stellvertretend für viele Sanchez et al. 1991).

2.1.1 Kognitive Voraussetzungen des graphischen Retrieval

Mit der Einarbeitung von graphisch aufbereiteter Information in die Systemfunktionalität wird bisher allerdings nur die interpretative Fähigkeit des Nutzers am Rechercheziel genutzt: Nach erfolgreicher Recherche kann das Ergebnis, adäquat graphisch dargestellt, optimal interpretiert werden. Im WING-GRAPH-Modul wird darüberhinausgehend die essentielle Bedeutung der graphischen Darstellungsmodalität für den Recherchezyklus auch in der Phase der Anfrageformulierung genutzt.

Dabei steht am Anfang die These, daß die kognitiven Fähigkeiten von Werkstoffexperten auch für die Anfrageformulierung genutzt werden können. Insbesondere bei vergleichenden Anfragen über große Faktenmengen kann es einfacher sein, eine Anfrage in gegebenem graphischen Bezugsrahmen in der gewünschten Ausgabemodalität zu formulieren, denn als Rücktransfer den Sprung in die abstrakten Zahlendarstellung machen zu müssen. Zugrundegelegt ist - einem für das Retrieval modifizierten kognitiven Modell von Pinker folgend - die These, daß Kurvenverlaufsformen in ihrer jeweiligen spezifischen graphischen Eigenart beim Werkstoffexperten mental repräsentiert sind und als Schemata Vergleichsprozessen mit abweichenden Verlaufsformen zur Verfügung stehen (cf. Pinker 1981).

Nicht unberücksichtigt bleibt aber gleichzeitig das Mißverhältnis zwischen kognitiver Interpretations- und Produktionsfähigkeit der Werkstoffexperten: Die Interpretation von gegebenen Werkstoffkurven als Abgleich mit den mental repräsentierten idealisierten Kurvenschemata kann sehr viel detaillierter sein als die Fähigkeit, eine gewünschte ideale Kurve als Ausdruck des Verhaltens eines Werkstoffs in Bezug auf eine bestimmte Meßung (z.B. Spannungs-/Dehnungsdiagramme) direkt zu manipulieren (cf. Wolff 1992:246ff).

2.1.2 Die Systemstruktur von WING-GRAPH

Der Designentwurf von WING-GRAPH versucht diesen Thesen zur kognitiven Verarbeitung von Graphen durch den Werkstoffexperten durch einen mehrstufigen Systemaufbau gerecht zu werden:

1. Kern des System sind verschiedene Interaktionsverfahren, mit denen der Benutzer gegebene Kurven verändern, zeichnen oder in Bezug zu ihnen Suchbereiche festlegen kann (näheres s.u. Kap. 2.1.3).
2. Zu dieser zentralen Kurvenmanipulationsinteraktion bietet das System dem Benutzer auf der Basis verschiedener Kriterien (typische Werkstoffe; idealtypische Kurvenverläufe; aus dem Arbeitskontext gewonnene Werkstoffe von besonderer Bedeutung für den Benutzer) ikonische Objekte an, die jeweils in nach den genannten Kriterien gegliederten Mengen zur Vorauswahl genutzt und nach erfolgreichen Recherchen entsprechend erweitert bzw. modifiziert werden können.
3. Das System nutzt zwar die kognitiven Fähigkeiten für die direkte graphische Interaktion, schließt aber gleichzeitig eine fruchtbare Wechselwirkung bei Interpretation und Formulierung graphischer wie abstrakt zahlenorientierter Informationsdarstellung nicht aus, d.h. der

Kurvendarstellung kann immer auch die entsprechende tabellarische Aufbereitung der Daten an die Seite gestellt werden. Dies bedeutet, daß die Tabelle auch den Anfrageformulierungsprozeß der graphischen Interaktion reflektiert, also z.B. graphische Suchflächen in der Tabelle gekennzeichnet werden.

4. Schließlich ist das System in das objektorientierte Werkzeugsystem WING-M2 als Komponente eingebettet, d.h. es steht dem Benutzer als ein Werkzeug unter mehreren zur Verfügung, der Benutzer ist also nicht gezwungen, auf das graphische Retrieval zurückzugreifen. Die Parametrisierbarkeit der Werkstoffobjektmenge durch den Benutzer entspricht der Strukturierung des WING-M2-Ansatzes, wo der erfahrene Benutzer mit Hilfe verschiedener Werkzeuge das System an seine spezifischen Bedürfnisse anpassen kann.

2.1.3 Graphische Kurvenmanipulation

Bei der Auswahl geeigneter Interaktionsverfahren für das graphische Retrieval waren zwei Gesichtspunkte von besonderer Bedeutung:

- a) Die produktiven Fähigkeiten der Werkstoffexperten und
- b) die durch das Sachgebiet geforderte Anfragetypologie.

Ausgehend von dem bereits erwähnten Mißverhältnis von Interpretations- und Formulierungsfähigkeit bei den Werkstoffexperten ergibt sich von vorne herein eine Einschränkung der potentiell großen Menge denkbarer Interaktionsformen:

Die *freie* Kurvenproduktion durch den Benutzer ohne Systemunterstützung scheidet aus, da kaum anzunehmen ist, daß die beim Benutzer vorhandene "graphisch genaue" Vorstellung eines gewünschten Kurvenverlaufs mit den vorhandenen Interaktionswerkzeugen (d.h. der Maus bzw. dem Lichtgriffel) im gegebenen exakten Bezugssystem des Koordinatennetzes des gewünschten Kennwertes in genau der gewünschten Form reproduziert werden kann.

Aus der Untersuchung typischer Anfrageformen aufgrund des empirischen Materials der verschiedenen Tests mit Prototypen aus der WING-IIR-Entwicklung ergibt sich, daß v.a. vergleichende Anfragen, die gegebene Kurven als Ausgangspunkt haben, für das graphische Retrieval interessant sind. Während die für den gewählten Anwendungsbereich Hochtemperaturwerkstoffe häufige Form der Suche nach Daten zu einem vom Benutzer gewünschten, also bereits spezifizierten Werkstoff nur auf der Ebene der Ikonenselektion (also der Vorstufe des eigentlichen graphischen Retrievals) relevant erscheint, ergeben sich weitere Möglichkeiten für das graphische Retrieval aus der Suchform, die ein (hier graphisch formuliertes) Eigenschaftsprofil ohne Angabe eines spezifischen Werkstoffes verwendet. Diese Möglichkeit ist in WING-GRAPH auch deswegen integriert worden, da sie bei einer Generalisierung des Ansatzes des graphischen Retrievals auf andere Anwendungsgebiete mit anderer Informationsstruktur und Datenverteilung wesentlich an Relevanz gewinnt.

Aus obigen Überlegungen hat sich für WING-GRAPH die folgende Menge von Interaktionsmöglichkeiten herauskristallisiert:

- a) Setzen eines einzelnen Suchpunktes: Der Benutzer spezifiziert einen Punkt im potentiellen Suchraum, auf dem die gewünschte Kurve zu liegen kommen soll,
- b) Markieren eines Suchbereichs: Der Benutzer gibt einen Bereich im Suchraum an, durch den die gesuchten Kurven verlaufen sollen (absolut bzw. in Relation zu gegebenen Kurven),
- c) Markieren eines globalen Suchraumes über bzw. unter einer oder mehreren gegebenen Kurven als visualisierte besser/schlechter-Relation (global bezogen auf den ganzen Wertebereich und für eingeschränkte Bereiche),

- d) Verschieben einer gegebenen Kurve durch Markieren und Dragging mit der Maus,
- e) Erweiterung einer gegebenen Kurve zu einem formähnlichen Suchraum, d.h. der Benutzer erweitert die Kurve selbst zu einer Suchfläche (nach oben/unten bzw. in beide Richtungen)
- f) Veränderung der Kurvenform durch Interaktion an (systemgesteuerten) Aufhängepunkten: Der Benutzer kann die Kurvenform zwar ändern, aber nur in den vom System durch die kennwertspezifische Wissensbasis gesetzten Grenzen. Damit ist gewährleistet, daß die erstellten Suchkurven eine Mindestplausibilität aufweisen, das Risiko häufiger Nullantworten also gleichzeitig verringert wird.

Inwieweit die einzelnen Interaktionsverfahren untereinander kombinierbar sein sollen, kann erst durch Benutzertests geklärt werden.

2.1.4 Unterstützendes Systemwissen

Die aufgeführten Interaktionsformen werden durch das WING-GRAPH-System auf verschiedene Weise unterstützt:

Für die Informationsstrukturierung der dargestellten Daten wie auch der für die graphische Anfrageformulierung relevanten Suchgrenzen wird eine Objekthierarchie verwendet, die gleichzeitig auf einer globalen Ebene die Generalisierung des Ansatzes für andere Anwendungsgebiete mit als Kurven darstellbarem Faktenmaterial sicherstellt und die Beiordnung von Wissen zu den Unterinstanzen einer Strukturierungsebene (z.B. Hochtemperaturwerkstoffe mit verschiedenen Kennwertmessungen als Untergliederungen) ermöglicht.

Als Wissen kommt zum einen allgemeines Wissen über werkstoffkundliche Zusammenhänge in ihrem Bezug zu den graphische Eigenschaften der Kurvendarstellungen, zum anderen spezifisches Datenbankmetawissen in Frage.

Erstere Wissensform dient dem Aufbau von Restriktionen insbesondere für die direkte Kurvenformänderung: Läßt sich aus allgemeinem Werkstoffwissen ableiten, daß Kurven eines Kennwertes (z.B. E-Modul) weitgehend linear verlaufen, so tritt diese Restriktion interaktiv bei der Kurvenmodifikation durch den Benutzer in Kraft und verhindert innerhalb einer auch die Möglichkeit von Streuwerten berücksichtigenden Toleranzschwelle die abweichende Modifikation der Kurve.

Datenbankmetawissen hilft auf einer konkreteren Ebene, wenig erfolgversprechende Suchformulierungen auszuschließen. So werden die jeweiligen Maximal- und Minimalwerte der Datenbank für spezifische Kennwerte bei der Einschränkung der Suchformulierung verwendet, der Benutzer kann also nur in den Bereichen Suchpunkte setzen oder -flächen definieren, für die in der Datenbank auch eine Belegung vorhanden ist.

Datenbankmetawissen wird auch bei der Interpretation von Suchpunkten und -flächen genutzt, wenn es darum geht, diese in exakte Queries für das zugrundeliegende DBMS umzusetzen. Entsprechend dem oben diskutierten unscharfen Verhältnis von graphischer Vorstellung und exakter numerischer Repräsentation wäre es verfehlt, die graphische Suchformulierung allzu "wörtlich" zu nehmen; vielmehr bietet sich auch hier an, das in der Datenbank implizit vorhandene Wissen z.B. über Meßpunkte (etwa Temperaturmessungen immer in 100°-Abständen) zu nutzen und so die Formulierung des Benutzers für die Anfrage als vage zu sehen und entsprechend der Datenbankbelegung um ein kontextuell zu bestimmendes Mindestmaß zu erweitern (bzw. in Ausnahmefällen auch zu begrenzen).

Eine systemseitige Analyse des zugrundegelegten Datenbestandes ist ferner dort relevant, wo aufgrund ungleichmäßiger Datenbelegung (Lückenproblematik!) oder -skalierung (unterschiedliche Referenzwerte bei der Messung von Werkstoffeigenschaften) von über den gesamten Datenbestand einheitlichen Vergleichspunkten nicht ausgegangen werden kann: Das

System muß sicherstellen, daß bei der Suchformulierung potentiell die Anfrage erfüllende Werkstoffe nicht schon deswegen durch das Suchraster fallen, da für sie die Meßpunkte an leicht abweichenden Punkten erhoben wurden. Diesem Problem wird durch entsprechende einfache Interpolationsverfahren abgeholfen, die für eine einheitliche Menge von Referenzpunkten der Anfrageformulierung sorgen.

2.1.5 Entwicklungsstand von WING-GRAPH

Der Prototyp WING-GRAPH ist in C++ als Windows-Anwendung erstellt worden. Vorläufig dienen der Elastizitätsmodul sowie die Zeitstandfestigkeit (Daten aus der MTU-Datenbank) als exemplarische Anwendungsbeispiele. Ein Benutzertest im Juni 1993 soll Aufschluß über weitere Entwicklungspotentiale bei der Auswahl von Interaktionsverfahren und beigeordnetem Systemwissen geben.

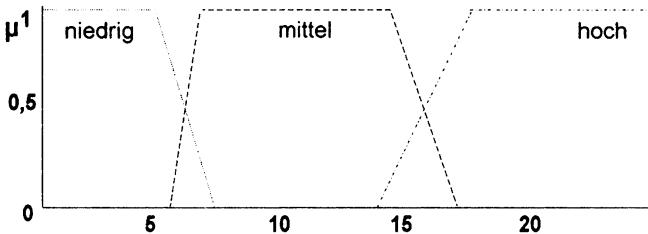
2.2 Modellierung von vagem Wissen in fuzzy-WING

Im Bereich der Datenbankforschung wurde das Vorkommen von Unsicherheit und Ungenauigkeit gespeicherter Daten bisher als Einschränkung der DB-Qualität betrachtet. Mittlerweile setzt sich jedoch die Ansicht durch, daß Unsicherheit in Faktendatenbanken die Regel darstellt; dies wird gerade im Werkstoffbereich mit häufig fehlenden Meßwerten, lückenhaften Meßreihen oder unvollständig spezifizierten Datensätzen besonders deutlich. Die Notwendigkeit von Verfahren, die diese nicht vermeidbaren Unsicherheiten handhaben können, liegt damit auf der Hand.

2.2.1 Prinzip der unscharfen Mengen

Der folgende Ansatz setzt als formales Prinzip zur Repräsentation von vagem Wissen die Theorie der *fuzzy logic* bzw. *fuzzy sets* ein, die bereits in den sechziger Jahren von Zadeh (cf. Zadeh 1965 und 1971) entwickelt wurde. Sie erweitert die zweiwertige klassische Logik um mehrwertige Prinzipien: mengentheoretisch formuliert gibt es verschiedene Grade der Mengenzugehörigkeit. Der Grad, in dem ein Element zu einer Menge oder ein Wert zu einem unscharfen Konzept gehört, wird durch die Zugehörigkeitsfunktion μ angegeben und durch eine Zahl zwischen 0 und 1 ausgedrückt. Dabei ist es nicht notwendig, exakte Schwellenwerte festzulegen, d.h. mehrere Konzepte können sich überschneiden. Die *fuzzy logic* stützt sich auf die Analogie zum menschlichen Denken, das sich oft in unscharfen Kategorien vollzieht. Es gibt zwar Dinge oder Sachverhalte, die entweder wahr oder falsch sein können, viele Dinge sind jedoch unscharf in ihrer Bedeutung.

Ein Beispiel aus dem Werkstoffbereich soll dieses Verfahren verdeutlichen:



"unscharfer" Chromgehalt in Gewichtsprozenten

Der Basisvariablen "Chromgehalt" (ausgedrückt in Gewichtsprozenten) wird ein unscharfes Konzept "hoch" zugeordnet. Die Zugehörigkeitsfunktion μ gibt an, zu welchem Grad ein bestimmter Chromgehalt dem Konzept "hoch" angehört. Im vorliegenden Beispiel wäre ein Anteil von 24 Gewichtsprozenten 100%ig als "hoch" einzustufen, während 20 Gewichtsprozent dem Konzept "hoch" nur mit einem Funktionswert von 0.5 angehören.

Wie in der klassischen Mengenlehre besteht innerhalb der *fuzzy set theory* auch die Möglichkeit, Mengen zu verknüpfen. Analog zu den Mengenoperationen "Durchschnitt", "Vereinigung" und "Komplement", welchen die Begriffe des logischen UND, ODER, NICHT entsprechen, gibt es in der *fuzzy set theory* entsprechende Techniken. Zusätzlich steht eine Reihe differenzierterer Operatoren zur Verfügung, bei denen es möglich ist, die Wahrheitsgrade verknüpfter Aussagen zu kompensieren. Auch für das UND und das ODER der natürlichen Sprache gibt es Ansätze, die es erlauben, linguistische Ausdrücke so zu verknüpfen, wie es je nach Situation in der natürlichen Sprache geschieht (cf. von Altrock 1991). Hier wird der Stellenwert der Empirie deutlich, denn nur durch empirische Analysen kann eine kontextsensitive Auswahl adäquater Operatoren vorgenommen werden. Weitere Möglichkeiten sind im Bereich der vagen Inferenzverfahren (meist im Kontext von Expertensystemen) denkbar, wenn aufgrund von Regeln neues Wissen erschlossen wird (z.B. "hoher" Chromgehalt verbunden mit "geringem" Eisenanteil bedingt "gute" Korrosionsbeständigkeit).

2.2.2 Anwendung im Werkstoffbereich

In den exakten Wissenschaften angesiedelte Bereiche wie die Werkstofftechnik scheinen auf den ersten Blick wenig geeignet, um mittels der unter Abschnitt 2.2.1 dargestellten Prinzipien repräsentiert zu werden. Die Hypothese, daß *fuzzy*-Techniken im Anwendungsbereich der Werkstoffsuche nutzbringend eingesetzt werden können, basiert auf folgenden Gegebenheiten, die sowohl Datenbank- als auch Anfrageseite betreffen:

a) *Unscharfes Wissen in der Datenbank*

Innerhalb der Wissensgrundlage zeigen sich Unterschiede zum einen in bezug auf die Exaktheit des Wissens, zum anderen in bezug auf dessen Detailliertheitsgrad. Nicht alle Daten erfüllen die Forderung, immer vollständig und vollkommen exakt (im Sinne von streng formaler Axiomatisierbarkeit, cf. Hennings 1991:61) zu sein. Vielmehr finden sich in Werkstoffdatenbanken auch Daten, die, in Anlehnung an die bei Hennings 1991:63ff. getroffene Klassifikation, als *vage* bezeichnet werden müssen:

*Ungenau*es Wissen: Es liegt keine Messung zu dem gesuchten Kennwert vor. Ein ähnlicher Kennwert kann möglicherweise Aufschluß geben.

Unvollständiges Wissen: Nicht für alle Werkstoffe bzw. Kennwerte liegen lückenlos Messungen vor. Dies ist oft im Rahmen einer Kosten-Nutzen-Relation zu sehen. Die Daten können sich auf eine Vorstufe des Werkstoffes beziehen, der bereits eine Weiterentwicklung erfahren hat.

Unsicheres Wissen: Manche Messungen stammen aus Datenquellen, die nicht als zuverlässig eingestuft werden (z.B. bestimmte Publikationsorgane). Bei der Angabe von Mittelwerten geht die Streuungsinformation und die Art der Mittelwertbildung verloren.

Widersprüchliches Wissen: Meßergebnisse können aus verschiedenen Gründen voneinander abweichen, z.B. wenn sie verschiedenen Meßreihen angehören.

Eine weitere Unterscheidung bezieht sich nicht auf die Qualität des Wissens, sondern auf dessen Detailliertheitsgrad. Im Fall der Werkstoffinformation reicht das Spektrum von einer

lückenlosen Meßreihe mit detaillierter Angabe aller wesentlichen Parameter, die im eigenen Unternehmen zielgerichtet durchgeführt worden ist, bis zum Informationstyp des "Datenblatts", das in Abstraktion von den eigentlichen Meßwerten eine globalere Sichtweise auf die Werkstoffe in der Datenbank zuläßt. Es enthält neben Werkstoffbezeichnungen auf verschiedenen Ebenen (Handelsnamen und interne Spezifikationen) die Werkstoffgruppe (z.B. hochwärmefeste Stähle und Legierungen), die chemische Zusammensetzung und Werkstoffcharakteristika in Form von Adjektiven wie "zunderbeständig" oder "schweißbar". Korrosionsbeständigkeit, spanende bzw. spanlose Formgebung, Schweiß- und Lötbarkeit werden mit unscharfen Begriffen wie "gut", "bedingt" etc. bewertet, wobei Kurztexte diese näher erklären. Außerdem sind die wichtigsten Kennwerte in Form von Mittelwerten enthalten. Vielfach reichen die im Datenblatt enthaltenen Informationen zur Erfüllung eines Informationsbedürfnisses bereits aus.

b) *Das Problem der Lücken* ist eines der schwerwiegendsten bei der Faktensuche. Ist ein exakt angegebener Kennwert nicht in der Datenbank enthalten, besteht bei allen Benutzern der Wunsch, auf "ähnliche" Kennwerte/Werkstoffe auszuweichen. Dazu benötigt das System eine Wissenskomponente, wie sich "Ähnlichkeit" in den verschiedensten Kontexten definiert. Hierzu wird auf das Ähnlichkeitskonzept der Komponente WING-SIM verwiesen, das in Mandl & Roppel 1992 beschrieben ist.

c) *Natürlichsprachliche Datenbankanfrage*

Vagheit ist ein bekanntes Phänomen der natürlichen Sprache. Auch beim natürlichsprachlichen Datenbankzugriff spiegelte sich dies während der Tests durch die Formulierung von vagen Anfragen wider. Obwohl in einem Simulationstest (cf. Marx 1991) vage Begriffe per Restriktion ausgeschlossen waren, zeigte sich, daß die Benutzer dennoch sprachliche Vagheiten verwendeten, was darauf schließen läßt, daß derartige Konzepte kognitiv stark verankert sind. Es traten u.a. folgende Anfragen auf:

"Werkstoff auf Nickel-Basis mit möglichst niedriger Wärmeausdehnung"

"Nickelbasislegierung mit minimalen Längenausdehnungskoeffizienten"

"Gibt es Daten zur chemischen Analyse eines ähnlichen Werkstoffs?"

"Welche charakteristischen Festigkeitswerte hat IN713?"

Trotz dieser Formulierungen und wohl auch wegen der negativen Konnotation des Begriffs *vage* im Sinn von *nicht exakt* akzeptieren Werkstoffingenieure nur ungern, daß in Datenbanken, die eigentlich an sich exakte Meßwerte enthalten, Vagheiten und Unschärfen auftreten können. Die empirische Analyse zeigte einerseits, daß sich Benutzer oft nicht über die Vagheit ihrer Anfrage im klaren sind, zum anderen, daß eine Übersetzung vager Begriffe in konkrete Meßwertbereiche zu durchaus unterschiedlichen Ergebnissen führte. Diese Unterschiede betrafen nicht nur unterschiedliche Benutzersichtweisen, sondern waren vor allem anwendungsabhängig. So ist z.B. eine Temperatur von 800 Grad Celsius, wenn sie eine Titan-Legierung betrifft, extrem hoch, während sie z.B. bei Nickel-Basis-Legierungen als weniger extrem einzustufen ist. Linguistische Variablen können also nicht nur generell ansetzen, sondern müssen anwendungsabhängig (z.B. innerhalb einer Werkstoffgruppe) definiert werden. Außerdem gibt der Anwendungskontext oft Interessenschwerpunkte vor (so ist bei Werkstoffen auf Nickel-Basis etwa im Triebwerksbau v.a. ein hoher E-Modul-Bereich interessant), die einer detaillierteren Modellierung unterzogen werden können.

2.2.3 Modellierung vagen Wissens innerhalb von WING-M2

Die Komponente fuzzy-WING ist als integrativer Bestandteil des objektorientierten Werkzeugsystems WING-M2 (cf. Krause 1992) zu sehen.

Die Erweiterung der Wissensgrundlage besteht in einer Vagheitsanalyse der Kennwerte bzw. Kennwertparameter, d.h. es wird eine sprachliche Bewertung dieser Basisvariablen vorgenommen, so daß parallel zu den vorhandenen Meßwerten unscharfe Mengen existieren, die linguistische Konzepte wie z.B. "niedrig" oder "hoch" abbilden.

Neben der Voraktivierung von fuzzy-WING, die signalisiert, daß ein Benutzer prinzipiell mit unscharfen Werten recherchieren will, wird die Komponente in folgenden Situationen aktiv:

- a) wenn die Benutzer den natürlichsprachlichen (Korrektur-)Modus wählen und vage Konzepte zur Anfrage benutzen (z.B. "Nickelbasislegierung mit niedrigem Wärmeausdehnungskoeffizienten")
- b) wenn ein exakt angegebener Meßwert bzw. Grenzwert nicht in der Datenbank vorliegt, so daß auf das entsprechende unscharfe Konzept ausgewichen werden kann.

Treten mehrere derartige vage Konzepte in Verbindung auf, wird die Boolesche Logik durch *fuzzy*-Verknüpfungsoperatoren ersetzt. Die Problematik dieser Operatoren liegt in der empirischen Begründung, da sich ihre mathematische Umsetzung oft nicht aus der Analogie menschlichen Ermessens begründen läßt. Die Entscheidung, welche *fuzzy*-Operatoren gewählt werden, muß empirisch ermittelt werden.

Als Ausgangspunkt für fuzzy-WING wird ein Konzept gewählt, das folgende Annahmen setzt: Die Kennwerte und Kennwertparameter werden in drei unscharfe Menge unterteilt, welche die sprachlichen Konzepte "niedrig", "mittel" und "hoch" oder entsprechende Synonyme abbilden. Eine detailliertere Unterteilung ist jederzeit möglich und wird sich aus der Empirie ergeben. Es liegen z.B. für den E-Modul drei unscharfe Mengen vor: Die unscharfe Menge "hoch" enthält z.B. Elemente, die mit einer Zugehörigkeitsfunktion von 1 zu 100% dieser Menge angehören, aber auch in verschiedenen Abstufungen Elemente, die geringere Zugehörigkeitswerte aufweisen. In dieser ersten Stufe soll der Benutzer nicht damit belastet werden, das Prinzip der Zugehörigkeitsfunktion aktiv einzusetzen. Das Ergebnis wird ihm in der Reihenfolge des absteigenden Zugehörigkeitsfunktionswerts präsentiert, so daß er seine Schranke setzen kann, indem er die Ausgabe abbricht. Im Gesamtzusammenhang von WING-M2 kann ein derartiger Schwellenwert in einem Benutzermodell verankert sein.

Als Operatoren zur Verknüpfung unscharfer Konzepte werden das unscharfe UND und ODER verwendet in Form von Minimum- und Maximumoperatoren. Diese Operatoren stellen die allgeinste Form von Verknüpfung dar und erfordern den geringsten Erfülltheitsgrad.

2.2.4 Fazit: Vagheit

Das Hauptproblem in bezug auf die Modellierung vagen Wissens besteht in dessen Erarbeitung und Aufbereitung. Obwohl das Instrumentarium sowohl auf theoretischer als auch auf der Softwareseite weitgehend vorhanden ist, können erst empirische Analysen zeigen, ob *fuzzy*-Technologien innerhalb des Werkstoffsektors erfolgreich eingesetzt werden können.

2.3 Ein Benutzermodell über Interessen zur Reduktion der Interaktionskomplexität

Die Eigenschaft von Werkstoffinformationssystemen als "pragmatically optimized multiparameter systems" (cf. Kröckel/Westbrook 1987), die durch hohe Anzahl von Objekten und Attri-

buten sowie vielfältige Interdependenzen zwischen diesen charakterisiert sind, bedingt einen Grad an Komplexität auch an der Benutzeroberfläche, der - wie empirische Untersuchungen in WING-IIR zeigten - trotz der Wahrung softwareergonomischer Prinzipien zu ernststen Bedienungsschwierigkeiten führen kann (cf. Marx/Pflüger 1992).

Im Einzelnen sind folgende Eigenschaften von Werkstoffdatenbanken für die Komplexität auch der Interaktionsstrukturen verantwortlich:

- Die *hohe Anzahl von Werkstoffen* mit ihren jeweiligen zugehörigen Spezifikationen.
- Die *große Menge von Werkstoffkennwerten*, die jeweils noch auf 2-3 weiteren Ebenen parametrisiert sind.
- Die vielschichtigen *Abhängigkeiten zwischen Werkstoffeigenschaften*: eine Werkstoffeigenschaft ist von verschiedensten Einflußgrößen (z.B. Meßbedingungen, Herstellungsverfahren, Probengeometrie) abhängig, die sich wiederum gegenseitig beeinflussen können.
- Verschiedene Aufgabenstellungen, die an das System herangetragen werden können, die jeweils unterschiedliche *Aspekte und Detailliertheitsgrade* der Daten erfordern.
- Die hohe Anzahl *mathematischer und graphischer Darstellungs- und Auswertungsformen* zur Verarbeitung von Suchergebnissen.

Die angeführten Punkte - hohe Anzahl von Items, Attributen und Interdependenzen und die daraus resultierende tief strukturierte Funktionalität - führen auch bei der Integration des Werkstoffinformationssystems in eine graphische Benutzeroberfläche (GUI) zu ergonomischen Problemen. Die Prinzipien von GUIs, möglichst alle Optionen und Funktionen an der Oberfläche verfügbar zu machen sowie direktes Feedback für die Interaktionsschritte des Benutzers zu liefern, führen bei der beschriebenen Komplexität zu einer Überlastung des Benutzers mit langen Auswahllisten, einer Vielzahl von Ikonen und mehrstufigen Fensterkaskaden, die die Orientierung im System deutlich erschweren.

Ein Weg, um diese Komplexität an der Benutzeroberfläche zu entschärfen, besteht unserer Meinung darin, das System mit einem Modell über die aktuellen Informationsbedürfnisse des Benutzers zu versehen, mit Hilfe dessen das Angebot an Objekten, Funktionen und Parametern auf dem Bildschirm an die individuellen Interessen des Benutzers angepaßt werden kann, um so bestimmte softwareergonomische Fehler wieder zurückzunehmen.

Damit soll versucht werden, das prinzipiell unlösbare Problem, ein uniformes Retrievalwerkzeug für heterogene Benutzerinteressen zu optimieren, zumindest auf der Ebene der Gestaltung der Benutzeroberfläche zu umgehen, indem die Anzahl der dort verfügbaren Optionen und damit notwendiger Interaktionsschritte möglichst gering gehalten wird.

Die Plausibilität dieser These wird durch die Ergebnisse der Analyse der Aufgabenbereiche verschiedener Werkstoffdatenbankbenutzer des Kooperationspartners MTU deutlich: Einzelne Abteilungen und Benutzer sind jeweils nur an Unterausschnitten sowohl der Datenbasis als auch der verfügbaren Werkstoffeigenschaften interessiert. Unterschiedliche Benutzer interessieren sich für unterschiedliche Werkstoffgruppen, manche Werkstoffeigenschaften mit ihren Abhängigkeiten müssen für bestimmte Abteilungen äußerst präzise und vollständig belegt sein, während andere nur globale Einschätzungen benötigen.

Gelingt es, Wissen über solch benutzerspezifische Einschränkungen - die zusätzlich jeweils stark von der Arbeitsaufgabe abhängen - zu repräsentieren und entsprechend flexibel für eine dynamische Benutzeroberflächengestaltung zu nutzen, so können bestimmte softwareergonomische Postulate, die durch die Komplexität eines alle Optionen gleichwertig anbietenden Gesamtsystems unmöglich zu verwirklichen sind, für den einzelnen Benutzer doch umgesetzt werden.

Innerhalb des WING-M2 Systems kann Wissen über Aspekte des Benutzerinteresses sich folgendermaßen in der Benutzeroberflächengestaltung auswirken:

- Nur die Werkzeuge, die für einen Benutzer und seine aktuelle Aufgabe als relevant erkannt werden, werden als Ikonenobjekte angeboten: der Benutzer muß am Bildschirm nur unter den Funktionen auswählen, die er wirklich benötigt, was das Zuordnungsproblem ("welches Werkzeug für welche Funktion?") erleichtert.
- Nur für den jeweiligen Benutzer relevante Parameter und Nebenbedingungen von Werkstoffeigenschaften werden in den entsprechenden Dialogfenstern zur Spezifikation vorgelegt: dies führt zum einen zu weniger breiten Optionslisten innerhalb eines Fensters, zum anderen zu flacheren Fensterstrukturen, wodurch die Zahl der Navigationsschritte innerhalb und zwischen verschiedenen Fenstern wesentlich verringert werden kann.
- Werkstoff, Kennwert- und Parameterlisten werden je nach Benutzerinteresse gefiltert, geordnet und hervorgehoben, so daß der Suchaufwand in langen Listen entschärft wird.

Um diese Anpassungen der Retrievaloberfläche verwirklichen zu können, benötigt das System Wissen über die Anwendungsdomäne sowie darüber, wie das Interessen an Aspekten dieser Anwendungsdomäne bei verschiedenen Benutzern oder Benutzergruppen verteilt ist. Zusätzlich sind Regeln erforderlich, die dieses Wissen in entsprechende Anpassungen der Benutzeroberfläche umsetzen.

Bei der Konzeption der notwendigen Wissensbasis kann auf Konzepte, die im Bereich der Benutzermodellierungsforschung entwickelt wurden, zurückgegriffen werden. Vor allem der Stereotypansatz (cf. Rich 1989, Chin 1989) und der Partitionierungsansatz, wie er von Kobsa 1990 zur Modellierung von konzeptuellem Wissen verschiedener Benutzer und Benutzerstereotypen beschrieben wird, scheint auch für die Repräsentation von unterschiedlichen Suchinteressen geeignet.

Der Grundgedanke der von Kobsa vorgestellten Benutzermodellierungshell BGP-MS (cf. Kobsa 1990) besteht darin, über einer gemeinsamen, die gesamte Domäne repräsentierenden Wissensbasis verschiedene Partitionen, die jeweils Unterauschnitte oder Abweichungen von der Gesamtwissensbasis darstellen, zu definieren und mit Hilfe dieser Partitionen spezifischer Sichten verschiedener Benutzer- oder Benutzergruppen voneinander abzugrenzen. Zwar steht bei Kobsa ursprünglich der Gedanke im Mittelpunkt, konzeptuelles Wissen des Systems und des Benutzers zu repräsentieren, die Anwendung des Stereotyp- und Partitionierungsansatzes zur Modellierung unterschiedlicher Interessen an Datenbankinhalten ist jedoch gleichfalls möglich.

In WING-IIR wird die zugrundeliegende Wissensbasis gemäß des BGP-MS Repräsentationsformalismus aus einer sog. "Konzepthierarchie" (Werkstoffe, Werkstoffkennwerte und -Parameter, Funktionen und Suchwerkzeuge) sowie zwischen Konzepten geltenden "Rollen" (Interdependenzen, Wirken von Funktion auf Objekte etc.) gebildet.

Darauf aufbauend werden für bestimmte Benutzergruppen und typische Aufgaben aus dem Werkstoffbereich mit Hilfe von Partitionen Stereotypen definiert, die jeweils nur einen Ausschnitt der gesamt verfügbaren Konzept- und Rollenhierarchie beinhalten.

Beispielsweise kann ein Stereotyp aussagen, daß Benutzer einer bestimmten Abteilung nur an einem übergeordneten Konzept, etwa einem bestimmten Kennwert, nicht aber an dessen Unterkonzepten, also einzelnen Parametern interessiert ist. Ebenso ist es möglich, Funktionsbereiche des Systems in *einem* Stereotyp zu integrieren, in einem *anderen* aber auszuschließen.

Zur Bestimmung der Inhalte der Stereotypen kann innerhalb von WING-IIR auf eine Reihe empirischer Belege, die etwa Abteilungszugehörigkeit und Aufgabenverteilung von potentiell

len Werkstoffdatenbankbenutzern der MTU beschreiben, zurückgegriffen werden. Die Gruppierung sowohl von Suchfunktionen als auch von Werkstoffen und ihrer Eigenschaften anhand ihrer Relevanz für bestimmte Abteilungen und Aufgaben ist nach dem vorliegenden empirischen Material möglich.

Offen ist bisher die Frage, wie einzelne Benutzer zu Beginn des Dialogs den richtigen Stereotypen zugeordnet werden können. Da Planerkennung im Bereich der Interessensmodellierung beim angestrebten Ziel der Reduzierung der Benutzeroberflächenkomplexität erst zu spät, also nach der Spezifizierung des Suchziels, einsetzen könnte, bietet sich eine Vorstrukturierung durch explizite Fragen (etwa nach Abteilungszugehörigkeit) und eine schrittweise Verfeinerung durch implizite Techniken (Auswertung von ausgewählten Funktionen und Attributen) an.

Auch die konkrete Umsetzung des Benutzermodellinhalts in die Adaptierung der Benutzeroberfläche erfolgt regelbasiert. Automatische Anpassungen durch das System selbst sollen durch den Benutzer kontrollierbar und aufhebbar sein (etwa durch dynamisch erweiterbare Dialogboxen), denkbar sind auch defensive Ansätze wie in *FLEXCEL* (cf. Oppermann 1992), bei denen das System lediglich Vorschläge zur Adaptierung leistet, die Entscheidung über deren Verwendung aber dem Benutzer selbst überläßt.

3 Fazit

Das vorliegende Papier legt den Schwerpunkt auf intelligente Information Retrieval Komponenten, die beim Werkstoffdatenretrieval im Projekt WING-IIR eingesetzt werden. Ihre Notwendigkeit ergab sich aus empirischen Analysen und mehrfachen Benutzertests, welche die Probleme aufzeigten, die Werkstoffexperten bei der Arbeit mit der Repräsentation der komplexen Anwendungsdomäne in der Datenbank hatten. Die gemeinsame Plattform für die graphische und *fuzzy*-Retrievalkomponente und die Benutzermodellierung besteht im Werkzeugsystem WING-M2, das den Kern des Werkstoffinformationssystems bildet. Die Benutzermodellierungskomponente ist dabei verwoben mit allen anderen IR-Werkzeugen, da sie die Aufgabe hat, ein uniformes, umfangreiches Retrievalwerkzeug an jeweils heterogene Benutzerinteressen anzupassen. Graphisches und *fuzzy* Retrieval haben sich als spezifische intelligente Retrievalfunktionalität aus den Anforderungen des Sachgebiets ergeben. Sie sind insofern verklammert, als sie - wenn auch mit unterschiedlicher Stoßrichtung - durch die (unterschiedliche) Modellierung von Vagheiten auf eine gemeinsame Wissensbasis zurückgreifen. Während beim graphischen Retrieval ein vom Benutzer gesetzter Punkt (im Sinne einer Retrievalbedingung) vage interpretiert werden muß, hat das *fuzzy*-Werkzeug die umgekehrte Aufgabe, nämlich Vagheiten auf Seiten der Anfrage oder in der Datenbank auf konkrete Werte zurückzuführen.

Die gemeinsame Ableitung aus empirischen Erkenntnissen, die am Anfang der Entwicklung der einzelnen Komponenten stand, wird wiederum bei der Validierung der Teilmodule in Benutzertests zum Tragen kommen und deren weitere Entwicklung beeinflussen. Dabei ist insbesondere auch an die Entwicklung einer gemeinsamen Wissensbasis der intelligenten Module zu denken, die die evidenten Synergieeffekte im Zusammenspiel von Benutzermodellierung, graphischem Retrieval und Verarbeitung vagen Wissens ausnutzt.