

# **Eine Navigatorsicht zur Visualisierung von produktionsorientierten Datenbeständen**

Gert Zülch, Sascha Stowasser

Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab), Universität Karlsruhe

## **Zusammenfassung**

Die übersichtliche Darstellung komplexer industrieller Produkt- und Produktionsdaten und die Reduzierung der damit einhergehenden Informationsflut für die Benutzer ist Ziel eines arbeitswissenschaftlich orientierten Teilprojektes im Sonderforschungsbereich 346 "Rechnerintegrierte Konstruktion und Fertigung von Bauteilen". Zu diesem Zweck wurden auf Basis experimenteller Untersuchungen kommunikations-ergonomisch günstige Benutzungsoberflächen zur Visualisierung, Handhabung, Navigation und Bearbeitung objektorientierter Datenbestände entwickelt. Dabei wurde eine originäre Darstellungstechnik, die Navigatorsicht, entwickelt und mit anderen unterschiedlichen Darstellungsweisen mit Hilfe der Blickregistrierung, des Keystroke-Recordings und der Verhaltensbeobachtung verglichen. Der folgende Beitrag soll die Relevanz experimenteller Untersuchungen unterstreichen und einen Überblick über innovative Visualisierungstechniken geben, die nicht unbedingt nur auf Textform und Listen basiert.

## **1 Visualisierung objektorientierter Datenbestände**

### **1.1 Einleitung und Problemstellung**

Daten, Zustände, Ereignisse, Erfahrung und Wissen liegen in jedem Produktionsunternehmens in den unterschiedlichsten Formen vor und werden heutzutage zumeist innerhalb eines verteilten und vernetzten Informationssystems gespeichert, verwaltet und bearbeitet. Die systematische Sammlung und Pflege der Informationen ist ein bedeutender strategischer Faktor für die Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit. Eine wichtige Herausforderung für den Einsatz von Informationstechnologien besteht darin, sowohl die technische Infrastruktur für die Speicherung als auch für geeignete Modellierungs- und Visualisierungstechniken zur Repräsentation und Bearbeitung der Informationen bereitzustellen (Zülch, Fischer, Jonsson 2000).

Als Grundlage für die modell- und datenbasierte Integration wurde im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 346 "Rechnerintegrierte Konstruktion und Fertigung von Bauteilen" mit einem objektorientierten Produkt- und Produktionsmodell (PPM) entwickelt. Das PPM bietet eine integrierte, verteilte, redundanzfreie Datenbasis zur Speicherung, Verwaltung und Bearbeitung von Informationsbeständen der Funktionsbereiche Konstruktion, Planung und Fertigung mechanischer Bauteile. Allerdings führt nach Lang und Lockemann (1995) der objektorientierte Ansatz gegenüber anderen Datenmodellen zu sehr komplex strukturierten Datenbeständen, was oftmals in einer zeitintensiven und umständlichen Suche nach Informationen resultiert. Darüber hinaus muss davon ausgegangen werden, dass mit Zunahme der Anzahl der Benutzer und den damit verbundenen Informationsbe-

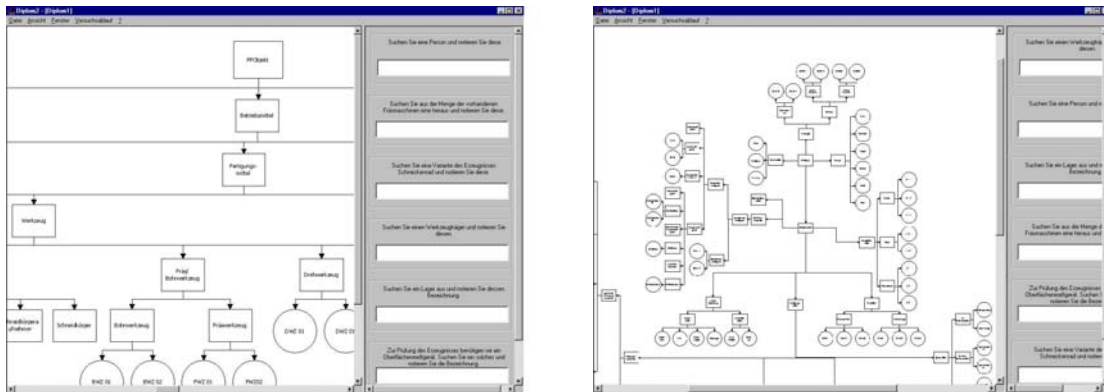
ständen und Kooperationsbeziehungen innerhalb eines verteilten Systems der Umfang der Datenbestände erheblich anwächst. Es muss erwartet werden, dass die Sachbearbeiter, die mit derartigen komplexen Informationstechnologien arbeiten, einer noch größeren Informationsflut als in hierarchisch oder relationalen Datenbeständen ausgesetzt werden. Neben dem Aspekt der Vielfältigkeit von Informationen und Aufgaben, die mittels eines verteilten und vernetzten Informationssystems in einem Unternehmen verwaltet und verarbeitet werden, muss die Unterschiedlichkeit der Benutzer und damit die benutzungsfreundliche Darstellung des Datenbankzugriffs beachtet werden. Die Benutzer eines derartigen Systems unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Aufgaben und somit des Anwendungsbereiches des Informationssystems, der Vorbildung sowie des Verständnisses der Informationsszusammenhänge.

Ein besonderer Schwerpunkt liegt in der Konzeption, Realisierung und Evaluation von kommunikationsergonomisch günstigen Benutzungsoberflächen zur Handhabung, Navigation und Bearbeitung von Datenbeständen in Unternehmen. Durch eine kommunikationsergonomisch sinnvolle Visualisierung soll es ermöglicht werden, dem Benutzer auf einfache Weise einen Überblick über die vorhandenen Daten und einen schnellen Zugriff auf einzelne Daten zu ermöglichen. Damit in Zusammenhang steht auch die Darstellung von thematischen, abstrahierenden, verdichtenden und detaillierenden Sichten auf die Datenbestände.

Im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 346 wurden hierzu unterschiedliche Visualisierungstechniken entworfen und experimentell mittels Blickregistrierung und Keystroke-Recording untersucht, um jene herauszufinden, welchen einen möglichst schnellen, intuitiven Zugang zu den gespeicherten Informationen ermöglichen. Dieser Beitrag beschreibt die Vorgehensweise und Ergebnisse ausgewählter experimenteller Untersuchungsaspekte.

## 1.2 Visualisierungstechniken zur Darstellung von Objekten

In der Literatur werden unterschiedliche Ansätze zur Ordnung von Daten und Dokumenten dargestellt (z.B. Preim 1998, Shneiderman 1998, Anders 1999). Ein Grundprinzip, das häufig benutzt wird, ist die Strukturierung der Daten durch Gruppierung. Prinzipiell basieren alle hierarchisch strukturierten Darstellungen auf einem Baumdiagramm (Abbildung 1, linker Bildschirmabzug). Als Variante des herkömmlichen, in eine Richtung anwachsenden Baumdiagramms kann ein Kristallogramm, verwendet werden, d.h. ein Baumdiagramm, das von einer Wurzel aus in alle Richtungen verzweigt (Abbildung 1, rechter Bildschirmabzug). Sowohl das Baumdiagramm als auch das Kristallogramm werden in der nachfolgend erläuterten Versuchsreihe untersucht. Das Baumdiagramm und die daraus abgeleiteten Ordnungsmethoden (z.B. Kristallogramm, Cone Tree oder Hyperbolic Tree; vgl. Shneiderman 1998) präsentieren die gesamte Datenstruktur eines Informationssystems in einer umfassenden Ansicht. Daraus resultiert das Problem, dass diese Darstellungsweisen mit zunehmender Komplexität immer unübersichtlicher werden. Es erscheint daher sinnvoll, die Sicht des Betrachters sinnvoll einzuschränken.



**Baumdiagramm**

**Kristallogramm**

Abb. 1: Verschiedene Visualisierungstechniken

Eine solche Einschränkung wird hier bei einer neuen Darstellungsweise vorgenommen, der Navigatorsicht: In der dafür gewählten Darstellung wird neben dem Objekt nur das vererbende Objekt der Oberklasse sowie die Subklasse aus dem Blickwinkel des Objektes visualisiert (Abbildung 2). Diese Darstellung verwendet das Sinnbild eines Autofahrers, der auf die Herkunftssicht (d.h. das übergeordnete Objekt) im Rückspiegel und auf die Voraussicht (d.h. die untergeordneten Objekte) in Form von Straßenhinweisschildern blickt. Die Straßenhinweisschilder enthalten eine Kurzbeschreibung des Objektes sowie eventuell seine Objektidentifikationsnummer. Das Armaturenbrett stellt Informationen bzw. Attribute über das aktuelle Objekt dar. Zusätzlich wird auf dem Armaturenbrett die Objekthierarchie in Form einer Netzstruktur visualisiert, um die relative Position des aktuellen Objektes innerhalb der Objekthierarchie und globale Anordnungsbeziehungen der Objekte zu bestimmen.

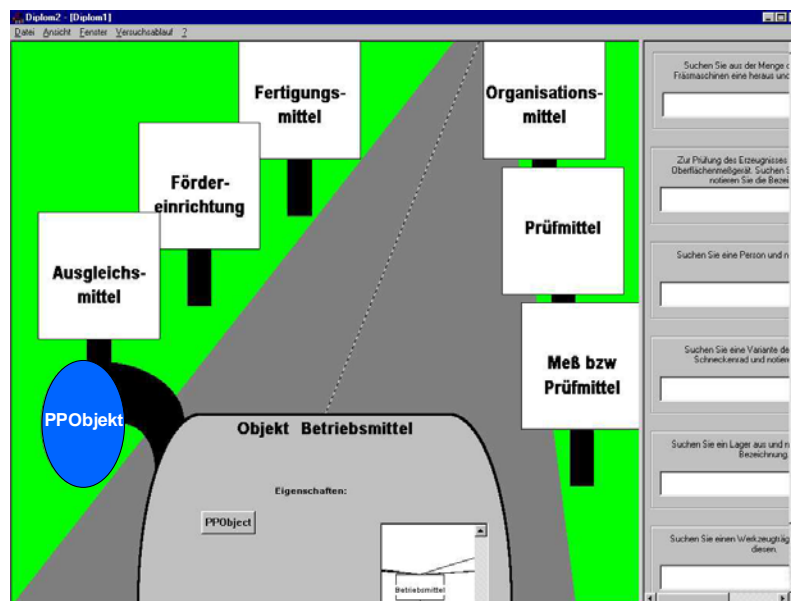


Abb. 2: Darstellung der Navigatorsicht

## 2 Experimentelle Untersuchungsmethoden zur Evaluation der Visualisierungstechniken

Innerhalb einer umfangreichen Untersuchungsserie zur Auffindung sinnvoller Darstellungstechniken für Produkt- und Produktionsdaten zielte ein Teilversuch auf die Evaluation dieser alternativen Visualisierungsformen ab (Abbildung 2). Zur Durchführung dieses Teilversuches wurden die drei beschriebenen Darstellungsweisen Baudiagramm, Kristallogramm und Navigatorsicht mit Datenbeständen des PPM gefüllt. Die Darstellungen des Baumdiagramms und des Kristallogramms wurden mit einer zweifachen Zoomfunktion versehen, um den Versuchspersonen sowohl eine Übersicht als auch eine abgestufte Detailsicht zu ermöglichen. Die zu erfüllende Arbeitsaufgabe bestand darin, jeweils sechs unterschiedliche Informationen zu suchen und in ein elektronisches Protokoll zu übertragen. Erfasst wurde dabei lediglich das Auffinden der Information, die Übertragung in das Protokoll wurde hingegen nicht berücksichtigt.

### 2.1 Durchführung der Untersuchung

In einer Untersuchungsreihe mit 20 Versuchspersonen wurde mit Hilfe der Blickregistrierung überprüft, inwieweit die entwickelten Visualisierungstechniken auf die Produkt- und Produktionsdatenbestände die Forderungen nach einer benutzungsfreundlichen Darstellung und nach einem schnellen, intuitiven Zugang erfüllen. Für die Durchführung der Untersuchung wurden Versuchspersonen aus unterschiedlichen Industrieunternehmen mit Erfahrungen in den Tätigkeitsfeldern Arbeits-, Produktions- und Fertigungsplanung eingesetzt. Alle Versuchspersonen waren männlich und erfahren in Bildschirmarbeit.

Abbildung 3 zeigt das Untersuchungskollektiv der experimentellen Untersuchungen. Die Untersuchungen wurden in fachunabhängige und fachspezifische Untersuchungen (hierunter fällt auch die in diesem Beitrag näher betrachtete Untersuchung) unterteilt. In der fachunabhängigen Untersuchung mit 20 Studenten wurden die prinzipiellen Möglichkeiten zur Darstellung von Objektmengen und der Darstellung von Beziehungen analysiert. Die fachspezifischen Untersuchungen bauten auf dieser ersten Untersuchungsphase auf und untersuchten u.a. die oben beschriebenen Darstellungsarten verschiedener Sichten auf die Datenbestände sowie die Visualisierung der Objektversionierung bzw. -historie.

Der Versuchsablauf war bei jeder Versuchsperson gleich: Vor dem Beginn des eigentlichen Versuches wurde mit Hilfe eines Sehtestgerätes eine Untersuchung der Sehschärfe sowie des räumlichen Sehvermögens der Probanden durchgeführt. Für den eigentlichen Versuch wurde den Versuchspersonen das Blickregistrierungsgerät angepasst. Hierbei wurde ein SMI-Headmounted Eyetracking Device System (HED-II) der Firma SensoMotoric Instruments eingesetzt. In einer Versuchszeit von ungefähr 60 Minuten mussten die Versuchspersonen die oben beschriebene Arbeitsaufgabe erledigen. Zum Abschluss wurde von jeder Versuchsperson ein Fragebogen ausgefüllt sowie mit ihr ein Interview durchgeführt, um die subjektiven Eindrücke der Versuchspersonen zu erfassen.

Untersuchungsgegenstand	Fachunabhängige Untersuchungen		Fachspezifische Untersuchungen	
	Darstellung von Objektmengen	Darstellung von Beziehungen	Sichtenkonzepte	Versionierung und Historisierung
Anzahl der Versuchspersonen	20		20	
Ausbildung, Tätigkeit	Studenten verschiedener Fachrichtungen, alle erfahren in Bildschirmarbeit		Fachpersonal der Industrie (Produktions-, Arbeits- und Fertigungsplanung), alle erfahren in Bildschirmarbeit	
Durchschnittsalter	24,3 Jahre		36,2 Jahre	
Geschlecht	3 weiblich, 17 männlich		20 männlich	
Dauer der Blickregistrierung	durchschnittlich 1 Stunde (ohne Vorbereitung, Interviews...)		durchschnittlich 1 Stunde (ohne Vorbereitung, Interviews...)	

Abb. 3: Untersuchungen zur Visualisierung von Unternehmensdaten

## 2.2 Eingesetzte Untersuchungsmethoden

Das Labor für Kommunikationsergonomie des Instituts für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab) der Universität Karlsruhe (TH) ist mit umfangreichen Analyseinstrumenten ausgerüstet, die für die Untersuchung genutzt werden konnten (z.B. Blickregistrierung, Keystroke-Recording, Sehtestgerät und Videoaufzeichnungsgeräten). Der Schwerpunkt der Auswertungen lag auf der Analyse der Blickpunkte (Fixationen), die mit Hilfe der Methode der Blickregistrierung aufgenommen wurden. Diese verhaltensorientierte Methode eignet sich insbesondere zur Analyse von Augenbewegungen während eines Problemlösungsprozesses (u.a. Grießer 1995). Das eingesetzte Blickregistrierungssystem hat sich bereits in anderen Untersuchungen bewährt (u.a. Zülch, Fischer, Paas, Stowasser 1998; Gullberg, Holmqvist 1999). Die Funktionsweise, der Aufbau des Systems und die Messgrundlage soll an dieser Stelle nicht näher erläutert werden, da dies bereits an anderer Stelle getan wurde (Zülch, Stowasser 1999). Nähere Ausführungen zu den Grundbegriffen und Messgrößen der Blickregistrierung sind auch beispielsweise bei Zwerina (1992), Grießer (1995) und Rötting (1999) zu finden.

Mittels Keystroke-Recording wurden die Interaktionen des Benutzers in Form eines Rechnerprotokolls aufgezeichnet (z.B. Grießer 1995). Dabei wird standardmäßig neben der eigentlichen Eingabe auch der zeitliche Abstand zwischen den erfolgten Eingaben protokolliert. Diese Methode eignet sich zur Analyse der taktilen Aktionen eines Benutzers mittels Tastatur bzw. Maus.

Durch strukturierte Interviews wurden ergänzende Informationen abgefragt, wie die demographischen Daten der Versuchsperson sowie ihr Ausbildungsstand und Erfahrungsbe reich. Weiterhin wurden detaillierte Informationen über individuelle Vorgehensweisen sowie subjektive Eindrücke der Versuchsperson ermittelt. Die strukturierten Interviews dienen der Erfassung von Informationen, die mit dem technischen Versuchsaufbau nicht objektiv gemessen werden können.

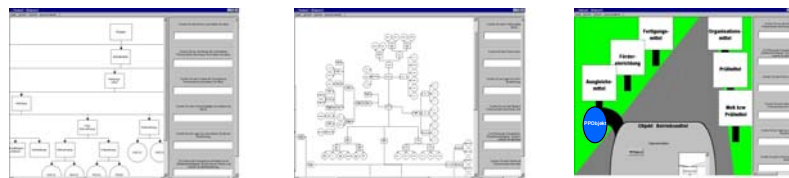
Neben diesen experimentellen Methoden wurde das in früheren Phasen des SFB entwickelte Evaluationsverfahren PROKUS (Program zur Durchführung kommunikationsergonomischer Untersuchungen) für die Bewertung der Benutzungsfreundlichkeit von Programmsystemen eingesetzt (Zülch, Stowasser 2000).

### 3 Ergebnisse der experimentellen Laborstudie

#### 3.1 Quantitative Ergebnisse

Bezogen auf den in diesem Beitrag vorgestellten Teilversuch zeigt die Auswertung der Versuchsreihe, dass die durchschnittliche Bearbeitungszeit in Abhängigkeit von der Darstellungsweise sehr stark variiert. Im Vergleich zur durchschnittlichen Gesamtsuchzeit von 232 s, die mit der Navigatorsicht erreicht wurde, benötigten die Versuchspersonen mit dem Baumdiagramm durchschnittlich fast das 1,6-fache und mit dem Kristallogramm das 1,5-fache (Abbildung 4). Betrachtet man den Median der Gesamtsuchzeit, so verändert sich allerdings die Rangfolge: Bezogen auf den Median der Navigatorsicht beträgt der Median des Baumdiagramms das 1,2-fache und der des Kristallogramms das 1,4-fache. Die kürzeste Gesamtsuchzeit mit 123 s wurde mit der Navigatorsicht erzielt, gefolgt vom Baumdiagramm mit 145 s und dem Kristallogramm mit 191 s. Die längste Gesamtsuchzeit wurde mit dem Baumdiagramm, gefolgt von Kristallogramm und Navigatorsicht erzielt. Bemerkenswert ist, dass die Standardabweichung beim Baumdiagramm das 2,4-fache und die beim Kristallogramm das 1,8-fache der Standardabweichung der Navigatorsicht betragen.

Hinsichtlich der notwendigen Mausektionen (Abbildung 5) benötigten die Versuchspersonen beim Kristallogramm durchschnittlich 75 Klicks zur Lösung der Suchaufgabe, beim Baumdiagramm 63 Klicks und bei der Navigatorsicht 51 Klicks. Die durchschnittlich etwas höhere Anzahl an Mausektionen beim Kristallogramm gegenüber dem Baumdiagramm lässt sich damit erklären, dass die Versuchspersonen beim Kristallogramm häufiger zwischen den Zoomstufen wechselten. Betrachtet man die Standardabweichung, so fällt auch hier wieder der geringe Wert der Navigatorsicht (13) im Vergleich zu den Standardabweichungen des Baumdiagramms (43) und des Kristallogramms (46) auf.



Suchzeit in s	Baumdiagramm	Kristallogramm	Navigatorsicht
Mittelwert	365	355	232
Medium	291	324	234
Minimum	145	191	123
Maximum	864	692	428
Standardabweichung	200	146	82

Abb. 4: Zeitorientierte Kennzahlen (Mittelwerte der Versuchspersonen)

Abbildung 5 listet die Mittelwerte typischer Kennzahlen der Blickregistrierung auf. Alle Daten beziehen sich ausschließlich auf den Identifikationsprozess des Auffindens eines

gesuchten Objektes (die Protokollierung wird nicht beachtet). Durch den häufigen Wechsel der Zoomstufen wurde beim Kristallogramm ein geringerer Blickweg zurückgelegt als beim Baumdiagramm. Durch die meist kreisenden Blickbewegungen ist dieser Unterschied (ca. 1 %) jedoch nicht so bedeutend wie der Unterschied zwischen Baumdiagramm und Navigatorsicht (ca. 29 %). Betrachtet man den Median des zurückgelegten Blickweges, so ist der Unterschied zwischen der Betrachtung des Baumdiagrammes (28459 mm) und dem Kristallogramm (34191 mm) gravierender. Bei der Navigatorsicht weicht der Median (25775 mm) um ca. 25 % vom Median des Kristallogramms ab. Die Standardabweichungen variieren von 17434 mm bei der Navigatorsicht, über 28584 mm beim Kristallogramm bis zu 38122 mm beim Baumdiagramm.

Die Fixationsrate, d.h. die betrachteten Objekte pro Zeiteinheit, gibt die Häufigkeit von Blicksprüngen wieder und stellt somit ein Maß für die Unruhe im Blickverhalten dar. Sie ist daher ein weiteres Kriterium, das die Reihenfolge der Eignung der untersuchten Darstellungsweise für Suchaufgaben untermauert. Zieht man als weiteres Kriterium die Fixationsrate hinzu, so zeigt sich, dass das Kristallogramm und die Navigatorsicht die gleichen Fixationsraten aufweisen. Die Fixationsrate des Baumdiagrammes liegt über dem Wert der beiden anderen Darstellungen. Der Median der Fixationsrate liegt beim Kristallogramm mit 3,4 bei einer Standardabweichung von 2,2 am niedrigsten, gefolgt von der Navigatorsicht mit 3,7 (Standardabweichung 1,6) und dem Baumdiagramm mit 3,51 (Standardabweichung 2,7).

Auch die durchgeführten Interviews zeigten einhellig, dass die Navigatorsicht besser als das Kristallogramm und das Baumdiagramm zur Durchführung von Suchaufgaben geeignet ist. Lediglich eine Versuchsperson war der Meinung, mit dem Kristallogramm am besten arbeiten zu können. Alle anderen entschieden sich im Fragebogen für die Navigatorsicht.

<b>Kennzahlen</b>	<b>Baumdiagramm</b>	<b>Kristallogramm</b>	<b>Navigatorsicht</b>
Mausaktionen	63	75	51
Standardabweichung	43	46	13
Fixationsrate pro s	3,8	3,2	3,2
mittlere Sakkadenlänge in mm	37	42	45
Gesamtblickweg in mm	39743	39376	30817
Suchzeit in s	365	355	232

Abb. 5: Ausgewählte Kennzahlen der Blickregistrierung (Mittelwerte der Versuchspersonen)

### 3.2 Folgerungen für die Gestaltung von Benutzungsoberflächen

In vorliegender Untersuchung ging es um die Frage, wie graphische Benutzungsoberflächen gestaltet werden sollen, um den Benutzern möglichst intuitiv und benutzungsfreundlich industrielle Produkt- und Produktionsdaten anzubieten. Zusammenfassend lässt sich aus den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchung schlussfolgern, dass zur Durchführung der vorliegenden Aufgabe die Navigatorsicht am besten zur Visualisierung der Produkt- und Produktionsdaten geeignet war. Dies zeigt sich nicht nur in den Mittelwerten der aufgeführten Kennzahlen, sondern auch in der im Vergleich zu den anderen Sichten geringeren Streuung der Kennzahlen. Die Vermutung, dass eine kompakte Darstellung wie das Kristallogramm Vorteile gegenüber einer streng strukturierten Darstellung in Form des Baumdiagramms hat, wurde nicht bestätigt. Aufgrund der Auswertung der ermittelten Kennzahlen können keine großen Unterschiede zwischen diesen beiden Sichten festgestellt werden. Aus den Untersuchungen können als Gestaltungsregeln u.a. abgeleitet werden:

- Eine allumfassende Sicht auf die Datenbestände ist wenig sinnvoll. Deshalb sollten für vorher klassifizierte Benutzergruppen speziell auf deren Informationsbedarf und Arbeitsbereich abgestellte Sichte verwendet werden.
- Inhaltlich und logisch getrennte Datenkategorien sollen in räumlichem Mindestabstand voneinander visualisiert werden.
- Die hierarchisierende Datenaufbereitung vereinfacht das semantische Verständnis der Datenobjekte für den Benutzer. Zur Visualisierung der Datenobjekte sollten die Hierarchien (z.B. Unterklasse "Drehmaschine" der Klasse "Maschinen") berücksichtigt werden.
- Relationen zwischen den Informationen müssen dem Benutzer in geeigneter Art und Weise visualisiert werden. Hierzu eignen sich sowohl graphische als auch textuelle Gestaltungselemente.
- Bei der Verwendung von Symbolen müssen diese leicht unterscheidbar sein, und ihre Bedeutung muss dem Benutzer bekannt sein.

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Eine Marktanalyse zeigt, dass Daten in kommerziellen objektorientierten Informationssystemen derzeit vorrangig in Textform und Listen dargestellt werden (Zülch, Fischer, Keller, Stowasser 1998). Die vorliegenden experimentellen Untersuchungen zeigen jedoch, dass diese traditionelle Form der Visualisierung nicht unbedingt die aus kommunikationsergonomischer Sichtweise benutzungsfreundlichste Art der Darstellung ist. Dagegen gibt es bereits in anderem Zusammenhang graphische Benutzungsoberflächen, die auf der Basis interaktiver, dreidimensionaler Visualisierung ein Volltext-Retrieval ermöglichen. So lassen sich beispielsweise bereits Dokumente und WWW-Seiten im Internet entsprechend ihrer Relevanz zueinander im dreidimensionalen Raum abbilden (Snowdon, Fahlén, Stenius 1996; Shneiderman 1998).

Heutzutage ist meist unklar, bei welchen Rahmenbedingungen eine dreidimensionale Visualisierung Vorteile bzw. Nachteile gegenüber einer zweidimensionalen Darstellung besitzt (Gershon, Eick, Card 1998). Zukünftige Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Software-Ergonomie müssen sich deshalb verstärkt mit der benutzungsfreundlichen Anwendung dreidimensionaler Visualisierungstechniken beschäftigen. Empirische Studien



sollten derartig konzipiert und durchgeführt werden, dass sie Empfehlungen darüber aussprechen, welche Visualisierungstechnik sich für eine spezifische Situation oder ein spezielles Anwendungsgebiet eignet (Shneiderman 1998).

## 5 Literatur

- Anders, P. (1999): Envisioning cyberspace. New York u.a.: McGraw-Hill.
- Gershon, N., Eick, S.G., Card, S. (1998): Information Visualization. In: interactions 5(1998)2, S. 9-15.
- Grießer, K. (1995): Einsatz der Blickregistrierung bei der Analyse rechnerunterstützter Steuerungsaufgaben. Karlsruhe, Uni Diss. (ifab-Forschungsberichte aus dem Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation der Universität Karlsruhe, Band 10)(ISSN 0940-0559)
- Gullberg, M., Holmqvist, K.: Keeping on eye on gesture. In: Pragmatics and Cognition 7(1999)1, S. 35-65.
- Lang, S.M., Lockemann, P.C. (1995): Datenbankeinsatz. Berlin u.a.: Springer.
- Preim, B. (1998): Interaktive Illustrationen und Animationen zur Erklärung komplexer räumlicher Zusammenhänge. Düsseldorf: VDI.
- Rötting, M. (1999): Typen und Parameter von Augenbewegungen. In: Rötting, M., Seifert, K. (Hrsg.): Blickbewegungen in der Mensch-Maschine-Systematik. Sinzheim: Pro Universitate, S. 1-18.
- Shneiderman, B. (1998): Designing the User Interface. Reading MA u.a.: Addison-Wesley.
- Snowdon, D., Fahlén, L., Stenius, M. (1996): WWW3D: A 3D multi-user web browser. In: WebNet'96, San Francisco CA, 1996.
- Zülch, G., Fischer A.E., Keller, V., Stowasser, S. (1998): Kommunikationsergonomische Darstellungstechniken für objektorientierte Datenbestände. In: Rechnerintegrierte Konstruktion und Fertigung von Bauteilen – Kolloquium 30.06.1998. Karlsruhe Uni: Sonderforschungsbereich 346, S. 43-52.
- Zülch, G., Fischer, A.E., Paas, M., Stowasser, S. (1998): Prüfarbeitsplätze in der Bekleidungsindustrie. Köln: Forschungsgemeinschaft Bekleidungsindustrie. (Bekleidungstechnische Schriftenreihe, Band 131) (ISSN1436-9664)
- Zülch, G., Jonsson, U., Fischer A.E. (2000): Objektorientierte Modellierung und Visualisierung von Planungs- und Methodenwissen. In: Krallmann, H. (Hrsg.): Wettbewerbsvorteile durch Wissensmanagement. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 151-202.
- Zülch, G., Stowasser, S. (1999): Einsatz der Blickregistrierung zur Gestaltung von Prüfarbeitsplätzen in der Bekleidungsindustrie. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 53(25 NF)(1999)1, S. 2-9.
- Zülch, G.; Stowasser, S. (2000): Usability Evaluation of User Interfaces with the Computer-aided Evaluation Tool PROKUS. In: MMI-Interaktiv (2000)3, S. 1-17.
- Zwerina, H. (1992): Erkennung von Sehzeichen in unterschiedlichen Strukturen auf dem Bildschirm. Karlsruhe, Uni Diss.

## 5. Autorenadressen