

Gert Zülch; Mikko Börkircher, Sascha Stowasser
Lehrstuhl und Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab), Universität
Karlsruhe (TH)

Deutscher Titel:

Visualisierung von prozessorientiertem Erfahrungswissen in wissensbasierten Unterstützungssystemen am Beispiel der kurzfristigen Personaleinsatzplanung

Schlüsselwörter in Deutsch (6): Wissensmanagement, Kommunikationsergonomie, kurzfristige Personaleinsatzplanung, Benutzungsoberfläche, Evaluation, Visualisierung

Zusammenfassung in Deutsch (3-4 Sätze):

Die Visualisierung von prozessorientiertem Erfahrungswissen in einem wissensbasierten Unterstützungssystem ist Ziel eines Teilprojektes im Sonderforschungsbereich 346 "Rechnerintegrierte Konstruktion und Fertigung von Bauteilen". Zu diesem Zweck wurden auf Basis experimenteller Untersuchungen kommunikationsergonomisch günstige Benutzungsschnittstellen zur Handhabung, Navigation und Bearbeitung von Aufgaben innerhalb der kurzfristigen Personaleinsatzplanung entwickelt. Die Erfordernis zu flexiblen und schnellen Entscheidungen über kurzfristige Neuordnungen des Personals wird häufig durch Maschinenstörungen und Personalabwesenheiten hervorgerufen. Um dem Benutzer eines Planungstools durch die Prozesse Störungsdiagnose und Störungsbehebung zu begleiten, wird ihm Erfahrungswissen zur Entscheidungsunterstützung bzw. Lösungsfindung angeboten. Dazu wurden in einem Experiment eine VR-ähnliche Visualisierungsform zur Darstellung von Erfahrungswissen, eine Funktions-Betriebsmittel-Matrix zur Darstellung von explizitem Wissen und eine objektorientierte Information über Personal und Maschinen miteinander verglichen. Die Probanden hatten dabei in drei unterschiedlich komplexen VR-Werkstätten kurzfristige Personalabwesenheiten durch eine Neuordnung von Personal zu den jeweiligen Arbeitsplätzen mit Hilfe der drei genannten "Wissensdarstellungen" zu lösen. Die Bewertung erfolgte mit Hilfe des Keystroke-Recordings und halbstandardisierten Interviews.

Praktische Relevanz in Deutsch (2-3 Sätze):

Eine wichtige Aufgabe bei der Bereitstellung von Daten für Konstruktions-, Planungs- und Fertigungsprozesse in wissensbasierten Systemen ist die benutzungsfreundliche Gestaltung der Mensch-Rechner-Schnittstelle, die den Austausch von Daten, Informationen und vor allem von Wissen zwischen Benutzer und Informationssystem im dynamischen Kontext des Prozessablaufes unterstützen soll.

Um die Nutzenanwendung von bereitgestelltem Erfahrungswissen im Rahmen dynamischer Prozesse im Fertigungsbereich zu überprüfen, sind grundlegende Untersuchungen darüber notwendig, welche Visualisierungsformen bei der Bereitstellung von Erfahrungswissen für den Benutzer geeignet sind.

Englischer Titel:

Visualization of process-oriented experience knowledge in knowledge-based decision support systems for short-term personnel assignment

Schlüsselwörter in Englisch (6): Knowledge Management, Communication Ergonomics, User-Friendliness, Personnel Assignment, Evaluation, Visualization

Zusammenfassung in Englisch (2 Seiten):

In order to exploit the potential of information technology, software systems should be adapted to the cognitive requirements of the users. In a project of the Collaborative Research Centre 346 "Computer-Integrated Design and Manufacturing of Parts" at the University of Karlsruhe it has been determined and experimentally examined which forms of visualization are suitable for the user-equitable representation of experience knowledge. The exemplary development of a user-friendly, object-oriented tool for the planning of short-term personnel assignment serves to demonstrate possible visualization forms.

Currently available applications i.e. in the areas of knowledge management, content management or knowledge commerce show weaknesses related to their user interfaces: Explanation components are modelled insufficiently, explanations are inadequately adapted to the user's level of knowledge etc.

With respect to knowledge-based information systems and technologies, for example knowledge-based decision support systems, the problem today is found in relaying the relevant software content in such a way that user-equitable explanation components are created.

An application area for knowledge-based decision systems is for example the planning and controlling of production processes. Users of such systems should be enabled to discover solutions for disturbance situations within a short period of time.

Based on already realized tools, which (suggest and) attempt to capture the knowledge in structures and processes within the area of knowledge-based systems, and the configuration approaches, rules and conclusions from earlier research work within the Collaborative Research Centre 346 a prototypic, knowledge-based decision support system for short-term personnel assignment was developed. The goal within the system was to visualize knowledge in a user-friendly manner to support users in their decisions and thus to help them to discover solutions for disturbance situations.

The main goal of the experimental examination was to find out which visualization form is best suited to represent decision support knowledge for short-term personnel assignment problems in workshops. Therefore three different complex shop floors were each combined with different forms to represent the needed knowledge. The support of the test persons during the solution discovery was increased from barely no help (scenario 1) by a matrix representation, which shows all feasible (i.e. skill-related) assignments of workers to machines in the shop floor, (scenario 2) to experience statements which should represent experience knowledge (scenario 3).

The experimental examination of the developed knowledge representations was carried out with 17 test persons. The test persons' tasks comprised the search for solutions for adequately assigning workers to machines. The visualization forms of knowledge and the complexity of the tasks, dependent upon the number of workers and machines in the shop floor represented as well as by the type of unforeseeable problems, were thereby varied.

Two communications ergonomics methods were implemented into the experimental examination: In order to be able to derive statements about the behaviour and reactions of the test persons, all interactions are recorded and analyzed using keystroke recording. An interview was carried out after each experiment to fix the test persons' subjective point of views of the visualization forms. The questioning was used to supplement the objective method mentioned above.

After the experimental examination the accumulated data was evaluated statistically with the software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Results regarding the number of errors, time required for the solution of a problem and the mouse distance were consulted.

None of the test persons indicated that they were better supported by the experience statements. 10 test persons suggested a combination of the above mentioned matrix representation and experience statements. Since a matrix representation does not support causal conclusions,

a combination would be helpful, in cases of very complex personnel assignment problems, when a matrix representation first isolates a certain worker subgroup and the experience statements then helps to make a selection for the right personnel assignment. A matrix representation could thus be used to achieve a quick pre-selection of suitable workers with respect to their skills. Experience statements would in turn support a detailed retrieval for the most fitting person.

Furthermore, a knowledge-based decision support system must be constructed in such a way that the execution of standard tasks can be carried out without major problems. "Without problem" hereby means that the visualization of knowledge-based decision support should neither be configured too simple, nor too complex.

Praktische Relevanz in Englisch (2-3 Sätze):

An important task in the supply of data for construction and manufacturing processes through knowledge-based systems can be seen in the user-friendly configuration of the human-computer-interface. This interface ensures the exchange of process related data, information and knowledge between the user and information system within a dynamic context of the process flow.

In order to check the practical application of provided experience knowledge within dynamic processes in shop floor areas, basic examinations are required. They are necessary to find out which visualization forms actually are useful for the user in supplying experience knowledge.

Französischer Titel:

Wird von der ZfA übersetzt

Schlüsselwörter in Französisch (6):

Wird von der ZfA übersetzt

Zusammenfassung in Französisch (3-4 Sätze):

Wird von der ZfA übersetzt

Praktische Relevanz in Französisch (2-3 Sätze):

Wird von der ZfA übersetzt

Beitragstext in Deutsch (12-15 Seiten):

1. Problemstellung

1.1 Wissensbasierte Systeme und Erfahrungswissen

In vielen Produktionsbereichen wird die Steuerung laufender Prozesse und die Planung zukünftiger, vor allem schwach strukturierter Prozesse durch die Nutzung von Erfahrungswissen unterstützt (nach Allweyer 1998). In wissensbasierten Systemen wird das Fachwissen über ein abgegrenztes Anwendungsgebiet explizit und unabhängig vom allgemeinen Problemlösungswissen dargestellt. Ein wissensbasiertes System kann dann als Expertensystem bezeichnet werden, wenn das ihm zugrunde liegende Wissen Expertenniveau hat und es zur Lösung von schwierigen Problemen in der Praxis eingesetzt wird (vgl. Kurbel 1992).

In Abhängigkeit vom jeweiligen Anwendungsgebiet und von der zugrunde liegenden Problemstellung gibt es verschiedene Ansätze, Wissen zu klassifizieren (vgl. Savory 1989; Kohlas 1989; Holsapple et al. 1992; Nauck et al. 1994). Den meisten dieser Ansätze ist gemeinsam, dass sie Wissen hinsichtlich statischer (faktisches, deklaratives, deskriptives Wissen oder

Sachwissen) und dynamischer Aspekte unterscheiden. Darüber hinaus kann innerhalb des dynamischen Wissens weiter zwischen eher funktionalen Wissens-elementen (prozedurales Wissen) und steuerndem Wissen (Metawissen, kausales Wissen, Regelwissen) differenziert werden.

Für den weiteren Verlauf wird auf die Taxonomie der Wissensformen von Süß (1996) und Oberauer (1997) zurückgegriffen, die die verschiedenen Wissenskonzepte und -klassen der kognitiven Psychologie in eine Ordnung bringt. Dabei lehnt sich diese Taxonomie an Hacker (1998) an (vgl. Lindenthal 2001). Süß und Oberauer unterscheiden zum einen nach Sachwissen und Handlungswissen, zum anderen nach deklarativem und prozeduralem Wissen (vgl. Beispiel in Tabelle 1).

	Sachwissen:	Handlungswissen:
	Was ist der Fall?	Was ist zu tun?
Deklaratives Wissen: Fragen beantworten können	Wie wirkt sich die Personalabwesenheit von Person 1 auf die kurzfristige Neuordnung des gesamten Werkstattpersonals aus?	Wie kann die Personalabwesenheit von Person 1 gelöst bzw. eine kurzfristige Neuordnung des Werkstattpersonals herbeigeführt werden
Prozedurales Wissen: Erfolgreich handeln können	Auswirkungen auf das Werkstattgeschehen nach einer Neuordnung von Personal zu Maschinen	Zusammenstellung einer optimalen Neuordnung des gesamten Werkstattpersonals

Tabelle 1: Taxonomie von Wissensformen an einem Beispiel aus der Personalzuordnung (in Anlehnung an Wittmann et al. 1996)

Prozedurales Wissen ist das Können einer handelnden Person, das sich in ihren Handlungen äußert. Deklaratives Wissen ist die Fähigkeit, Regeln und Sachverhalte sprachlich auszudrücken. Daraus folgt im Einzelnen für den Begriff des Sachwissens, dass das deklarative Sachwissen die Fähigkeit ist, Zustände, Vorgänge, Zusammenhänge usw. beschreiben zu können, wohingegen prozedurales Sachwissen die Fähigkeit ist, Zustände und Vorgänge zu erkennen, wenn man mit den entsprechenden Gegenständen und Objekten zu tun hat. Damit lassen sich die wesentlichen Merkmale einer Situation schnell wahrnehmen und es lässt sich erkennen, "was der Fall ist" und was in einer bestimmten Situation geschehen kann. In Bezug auf das Handlungswissen kann man folgern, dass das deklarative Handlungswissen die Kompetenz beinhaltet, Handlungsziele und -regeln anzugeben, also zu sagen, was in einer bestimmten Situation getan werden müsste, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen. Prozedurales Handlungswissen schließlich ist das Verfügen über die Mittel und Maßnahmen, die notwendig sind, um das Ziel zu erreichen.

Dieses prozedurale Sach- und Handlungswissen, welches implizit, d.h. in Handlungen und Erfahrungen einer Person, gespeichert ist, wird im Folgenden als Erfahrungswissen betrachtet. Wissensbasierte Systeme finden heutzutage in den verschiedensten Bereichen ihre Anwendung und es gibt eine Fülle von Forschungsprojekten, um sie auch in weitere Gebiete zu

integrieren. Wissensbasierte Unterstützungssysteme sind so konzipiert, dass sie die Stärken des Menschen mit einbeziehen und ihn bei seinen Aufgaben entsprechend unterstützen (z.B. bei Diagnosesystemen für Werkzeugmaschinen).

1.2 Defizite von wissensbasierten Systemen

Bei der Entwicklung der Benutzungsschnittstellen eines wissensbasierten Systems spielen Aspekte der Kommunikationsergonomie eine wichtige Rolle, sowohl im Hinblick auf den Entwicklungsprozess des Informationssystems als auch auf die spätere Leistung und Wartbarkeit sowie die Akzeptanz des Systems durch den Benutzer (vgl. Geiser 1990). Hierbei kommt es darauf an, das Potenzial der Technik zu nutzen und Wissenssysteme zu entwickeln, die sich an die kognitiven Voraussetzungen der Benutzer anpassen lassen.

Derzeit verfügbare Anwendungen u.a. in den Bereichen Wissensmanagement, Content Management oder Knowledge Commerce berücksichtigen die Fähigkeiten und Bedürfnisstrukturen der Benutzer nur unzureichend (vgl. Asmus 2001). Wissensbasierte Systeme weisen das Problem auf, dass sie nur relativ unflexibel genutzt werden können und dadurch eine geringe Akzeptanz bei den Benutzern erzielen (vgl. Engel 1996). So sind beispielsweise Erklärungskomponenten, die die gefundene Lösung erläutern und den Lösungsweg begründen sollen, vielfach nicht vorhanden und Erklärungen sind nur unzureichend an die individuellen Erklärungsbedürfnisse und Wissensstände der Benutzer angepasst. Bei vielen Prototypen ist die Erklärungskomponente lediglich dadurch realisiert, dass die Reihenfolge der zur Problemlösung angewandten Regeln ausgegeben wird. Oftmals wird dabei dem Benutzer die Information als eine Menge syntaktischer Kommandos bereitgestellt, wobei es jedoch höchst unwahrscheinlich ist, dass der gelegentliche Benutzer diese Kommandos vollständig kennt und richtig zu interpretieren weiß.

1.3 Anforderungen an wissensbasierte Systeme

Anstelle experteneretzender sind –unterstützende Systeme oder "wissensbasierte Unterstützungssysteme" zu entwickeln. Wissensbasierte Unterstützungssysteme sollen den Benutzer nicht von Teilen seines fachspezifischen Wissens "enteignen", sondern ihn durch die Systemnutzung befähigen, in kürzerer Zeit Lösungswege für Planungs- und Störungssituationen aufzudecken (z.B. für die Arbeitsverteilung bei Personalabwesenheiten), d.h. mit höherer Adäquatheit und größerer Zuverlässigkeit Vorgänge, Zustände und Bedingungen zu analysieren, Entscheidungen zu treffen sowie Handlungen zu planen und auszuführen (in Anlehnung an Rothe, Timpe 1996).

Ausgehend von der Aussage "The next generation of knowledge support systems will be limited more by our creative imaginations, than by our available technologies" (Gaines et al. 1992) und der fast schon unüberschaubaren Vielfalt an wissensbasierten Informationssystemen und Technologien, liegt die Schwierigkeit heutzutage darin, die relevanten Systeminhalte zu vermitteln, geeignete Visualisierungsformen auszuwählen und so zu integrieren, dass eine benutzungsgerechte Erklärungskomponente entsteht. Es ist oft der Fall, dass ein Benutzer, der auf der Suche nach einer Information ist, nur ein geringes Wissen darüber hat, wie er sein Ziel erreichen kann und wie er ein Informationssystem benutzen soll, damit seine Suche erfolgreich verläuft.

Eine logische und verständliche Gestaltung von Benutzungsschnittstellen kann in solchen Fällen sehr hilfreich sein. Um die Nutzenanwendung von bereitgestelltem Erfahrungswissen im Rahmen dynamischer Prozesse im Fertigungsbereich anhand des Beispiels der kurzfristigen Personaleinsatzplanung zu überprüfen, sind grundlegende Untersuchungen darüber notwendig, welche Visualisierungsformen bei der Bereitstellung von Erfahrungswissen für den Benutzer geeignet sind.

2. Wissensbasierte Unterstützungssysteme in der kurzfristigen Personaleinsatzplanung

2.1 Untersuchungsgegenstand

Für die prototypische Gestaltung von Visualisierungsformen und die anschließenden experimentellen Laboruntersuchungen werden nachfolgend dynamische Abläufe betrachtet, wie sie z.B. bei der betrieblichen Werkstattsteuerung (WST) in Produktionsunternehmen auftreten (vgl. Stowasser 2002). Dazu werden hauptsächlich operative Aspekte der dezentralen WST herangezogen, deren Aufgabe die Überwachung und Sicherung der Fertigungsprozesse in einer bestimmten Werkstatt ist.

Die Aufgaben der WST lassen sich in aufgabenvorbereitende (veranlassende) und aufgabenbegleitende (operative) Werkstattsteuerungsaufgaben unterteilen (Bild 1).

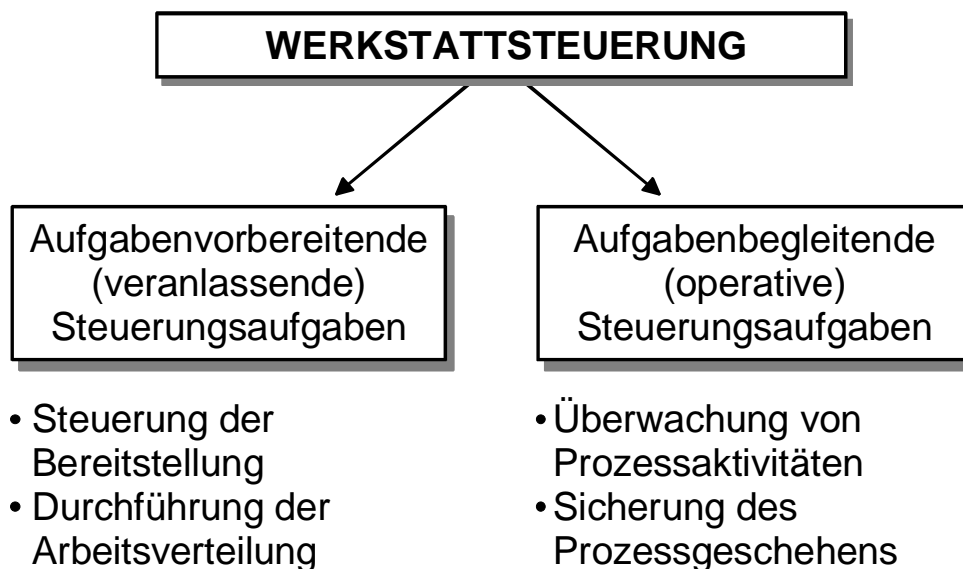


Bild 1: Aufgaben der Werkstattsteuerung (Stowasser 2002)

In einer Werkstatt werden Fertigungsaufträge i.d.R. in mehreren Arbeitsvorgängen mit Hilfe von Betriebsmitteln durch die Werkstattmitarbeiter gefertigt. Eine der Hauptaufgaben der kurzfristigen WST im betrieblichen Leistungsprozess liegt in der Fortschrittsüberwachung der Fertigungsprozesse, d.h. im prozessorientierten Controlling der Werkstattaufträge (vgl. Binner 1999). Die Werkstattmitarbeiter (hauptsächlich Meister, Facharbeiter sowie angeleitete Mitarbeiter) überwachen beispielsweise die Einhaltung vorgegebener Fertigungsauftragstermine, reagieren auf unvorhergesehene Störungen im Fertigungsprozess, führen eine Bestandskontrolle (z.B. der bereitzustellenden Materialien) durch oder greifen aufgrund technischer und organisatorischer Störungen in den Fertigungsablauf ein. Vielfältige organisatorische Störungen (z.B. Personalabwesenheiten, siehe Kapitel 2.2) und das Nichtbeherrschen von technologischen Prozessen führen auf der Ebene der operativen Werkstattsteuerung (WST) zu Eingriffen und Umplanungen der ablaufenden Werkstattprozesse. Fehlentscheidungen bei der WST (z.B. aufgrund unzureichender Informationsbereitstellung der für diese Aufgabe notwendigen Informationen) haben dabei direkte Auswirkungen auf die Auslastung, Termintreue, Kostensituation und somit letztlich auf die Wettbewerbsfähigkeit des Betriebes.

2.2 Merkmale der kurzfristigen Personaleinsatzplanung

Die Planung des kurzfristigen Personaleinsatzes besteht in der kurzfristigen örtlichen und zeitlichen Zuordnung von personellen Ressourcen zu Maschinen oder Arbeitsplätzen für die Erfüllung von Kapazitätsbedarfen (vgl. Nüßgens 1975; Heel 1999). Die Planung des kurzfristigen Personaleinsatzes ist gemäß REFA (1991) auf kurze Zeithorizonte ausgerichtet und bezieht sich demgemäß direkt auf konkret zu bearbeitende Aufträge und auch auf die verfügbaren betrieblichen Ressourcen (vgl. Heel 1999).

Eine effektive Planung des kurzfristigen Personaleinsatzes lässt sich aufgrund der Komplexität des Zuordnungsproblems und der Menge der relevanten Planungsdaten vorzugsweise durch den Einsatz rechnerunterstützter Verfahren realisieren. Hierzu wurden in der Vergangenheit rechnerunterstützte Planungssysteme, spezielle Expertensysteme und weitere Verfahren entwickelt, die auf der Theorie der Fuzzy-Logik basieren (vgl. Drösser 1996; Heel 1999). Die genannten Verfahren bieten dabei unterschiedliche Formen der Entscheidungsunterstützung an. Die kurzfristige Personalplanung ist vergleichbar mit den wichtigsten Tätigkeiten in der rechnerunterstützten Fertigung. Dazu zählen diagnostische Tätigkeiten (z.B. Erkennen von Störungen an technischen Anlagen in Form von Normalabweichungen bei Prozessverläufen), die Identifikation der Ursache dieser Störungen und die Ausführung von Handlungen zur Störungsbeseitigung (vgl. Rothe, Timpe 1996). Zur Bewältigung dieser Anforderungen muss der Benutzer sein spezifisches Erfahrungswissen einsetzen.

2.3 Erfahrungswissen in der kurzfristigen Personaleinsatzplanung

Zur Bewältigung der Aufgaben in der kurzfristigen Personaleinsatzplanung setzt der erfahrene Planer sein spezifisches Wissen ein. Es besteht in Anlehnung an Hacker (1993) im Wesentlichen aus drei Komponenten, die für die hier interessierenden Planungssituationen sowie der einhergehenden Neuordnung von Personal zu Maschinen wie folgt charakterisiert werden können:

- Technologisches Wissen über Maschinen, Aufträge und Personalstrukturen (Anzahl der Personen und ihnen zugeordnete Qualifikationselemente) sowie Wissen über potenzielle Störungen,
- Wissen über konkrete Vorgehensweisen zur Feststellung von Störungsmerkmalen, zur Identifikation von Störungsursachen und zur Prüfung von Hypothesen über Störungsursachen,
- Wissen über Strategien zur Neuordnung von Personal sowie deren Auswirkungen auf den Werkstattbereich.

Überträgt man das Wissenskonzept von Süß und Oberauer (vgl. Abschnitt 1.1) auf die kurzfristige Personaleinsatzplanung, dann ergeben sich für das deklarative und prozedurale Wissen mit den beiden Ausprägungen Sach- und Handlungswissen die in Bild 2 aufgeführten Wissensarten. Die Achsenbezeichnungen sollen darin unterschiedliche Ausprägungsebenen zur Problemlösungshilfe (gut – schlecht) und den Grad der Wissensvisualisierung (einfach – schwierig) verdeutlichen. Bild 2 verdeutlicht bereits, dass sich der Grad der (Wissens)Visualisierung für prozedurales Sach- und Handlungswissen, welches implizit, d.h. in Handlungen und Erfahrungen einer Person gespeichert ist (siehe Abschnitt 1.1), gegenüber explizitem Wissen schwieriger gestaltet.

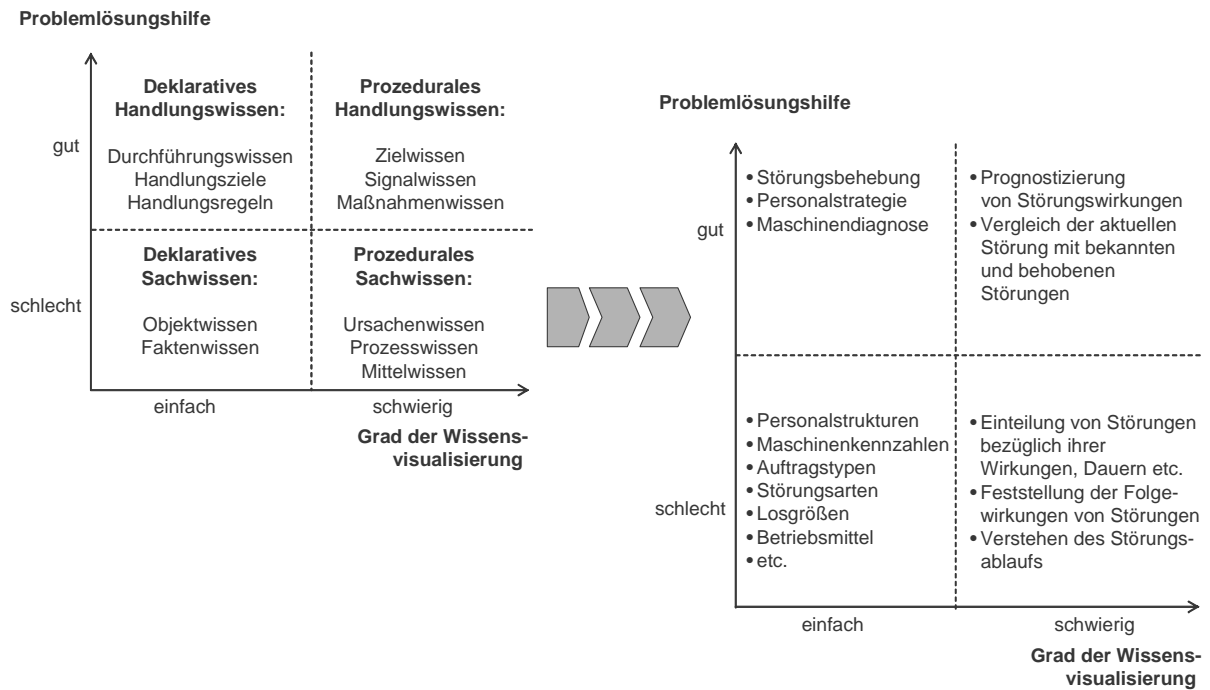


Bild 2: Transfer der Wissensklassen nach Süß und Oberauer auf die kurzfristige Personaleinsatzplanung

Im Folgenden wird ein Planungstool vorgestellt, welches erfahrungsgestütztes Wissen (abgeleitet aus der Beobachtung vergangener Prozesse) in benutzungsfreundlicher Weise visualisiert und somit dem Benutzer Unterstützung bei Entscheidungen über kurzfristige Neuordnungen des Personals aufgrund von Maschinenstörungen und Personalabwesenheiten bietet.

3. Versuchsdesign, prototypische Visualisierung und konzipierte Wissensdarstellungen

3.1 Planungstool

Die Visualisierung von erfahrungsgestütztem Wissen im Rahmen der kurzfristigen Personaleinsatzplanung wird in eine realitätsnahe Werkstattansicht des Planungstools REPLAN (Repräsentation von Erfahrungswissen zur Planungsunterstützung) integriert (vgl. Zülch et al. 2002).

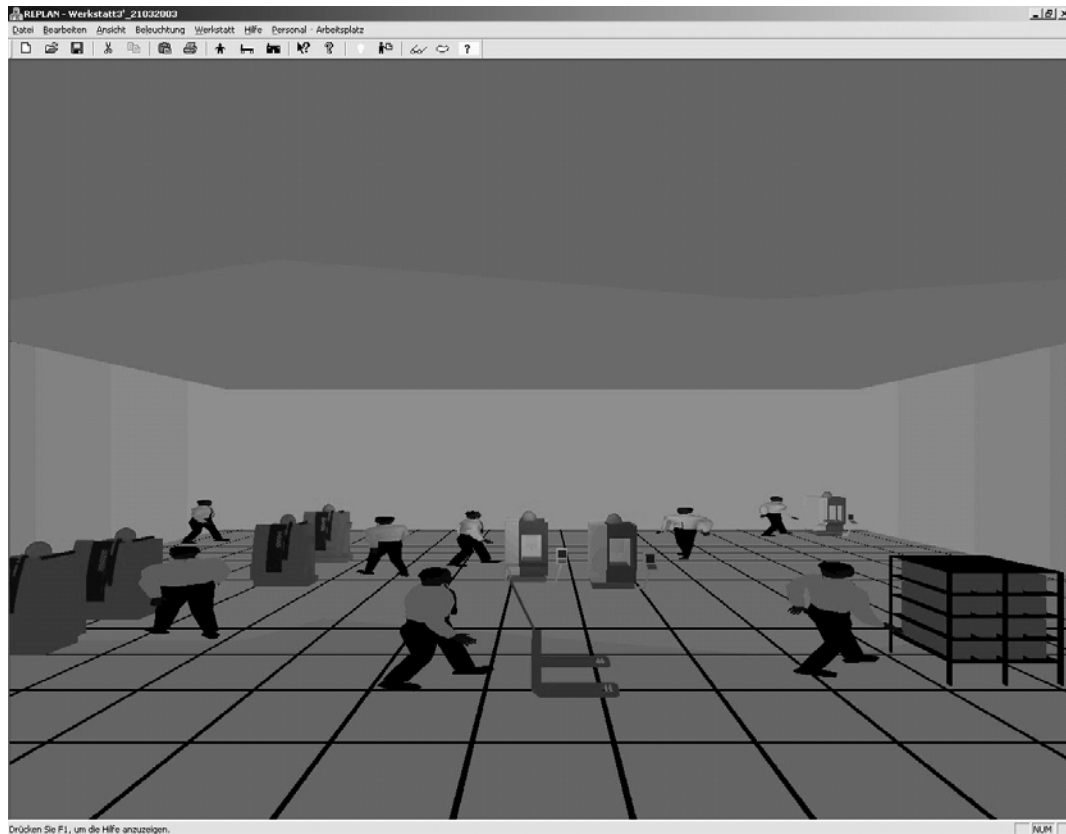


Bild 3: Realitätsnahe Werkstattvisualisierung

Dabei bietet diese Darstellung den Vorteil, dass es sich um ein realitätsnahes Abbild der Wirklichkeit handelt. Der Benutzer kann sich dadurch in die Werkstatt "hineinversetzen" und sich z.B. unter Verwendung einer Spacemouse (Funktion einer herkömmlichen Computer Maus vereinigt mit der Funktion eines Geräts zur Bewegungssteuerung von 3D-Graphik-Objekten in gleichzeitig bis zu 6 Freiheitsgraden) im virtuellen Raum bewegen. Um konkrete Informationsabfragen über das aktuelle Werkstattgeschehen, wie z.B. die Bezeichnung einer Person (P1, P2, P3 usw.) oder einer Maschine (Drehmaschine1, Drehmaschine2, Schleifmaschine usw.) durchzuführen, muss der Benutzer mit der Maus das jeweilige Objekt auswählen. REPLAN informiert den Benutzer über aktuell auftretende Personalabwesenheiten im Werkstattbereich. Dabei besteht die Störungsmeldung aus der Bezeichnung der abwesenden Person, z.B.: "Die Person P6 ist abwesend. Ersetzen Sie die Person P6 durch eine andere Person aus dem Werkstattbereich". Alle Störungsmeldungen können nur durch eine einzige Neuordnung behoben werden.

Die Lösungseingabe derjenigen Person, die die abwesende Person ersetzen soll, erfolgt mittels eines Pop-up-Menüs, welches eine Liste aller in der jeweiligen Werkstatt befindlichen Personen enthält. Der Benutzer muss eine Person auswählen und bekommt als Bestätigung seiner Auswahl entweder die Aussage: "Die richtige Neuordnung wurde gefunden" bzw. "Diese Neuordnung ist falsch. Bitte ordnen Sie die richtige Person zu".

3.2 Beschreibung der Wissensdarstellungen

Zur Lösung von kurzfristigen Personalabwesenheiten werden, ergänzend zu einer Ausgangssituation (Szenario "ohne Hilfe"), in der dem Benutzer keinerlei Hilfestellung zur Behebung der Störung gegeben wurde, zwei verschiedene Visualisierungsformen angeboten: Einerseits wird das deklarative Sach- und Handlungswissen in Form einer Funktions-Betriebsmittel-Matrix (Szenario "Matrixdarstellung") visualisiert, andererseits wird das prozedurale Sach-

und Handlungswissen (also das implizite Erfahrungswissen eines Meisters oder Facharbeiters) in Form von prägnanten Aussagen (Szenario "Erfahrungsaussagen") zur Verfügung gestellt. Diese Szenarien wurden in verschieden komplex gestaltete, realitätsnahe Werkstattansichten integriert:

- Szenario "ohne Hilfe" (siehe Bild 4) ist eine Erweiterung der oben beschriebenen Informationsabfrage. Dabei wird zusätzlich zur Möglichkeit von Statusabfragen an den Personen- und Maschinenobjekten eine Verbindung zwischen beiden Objekttypen hergestellt (z.B. P2 arbeitet an Schleifmaschine usw.). Für den Benutzer stehen in diesem Szenario für die Lösungsfindung keine weiteren Informationen als die jeweilige aktuelle Zuordnung von Personen zu Maschinen zur Verfügung.

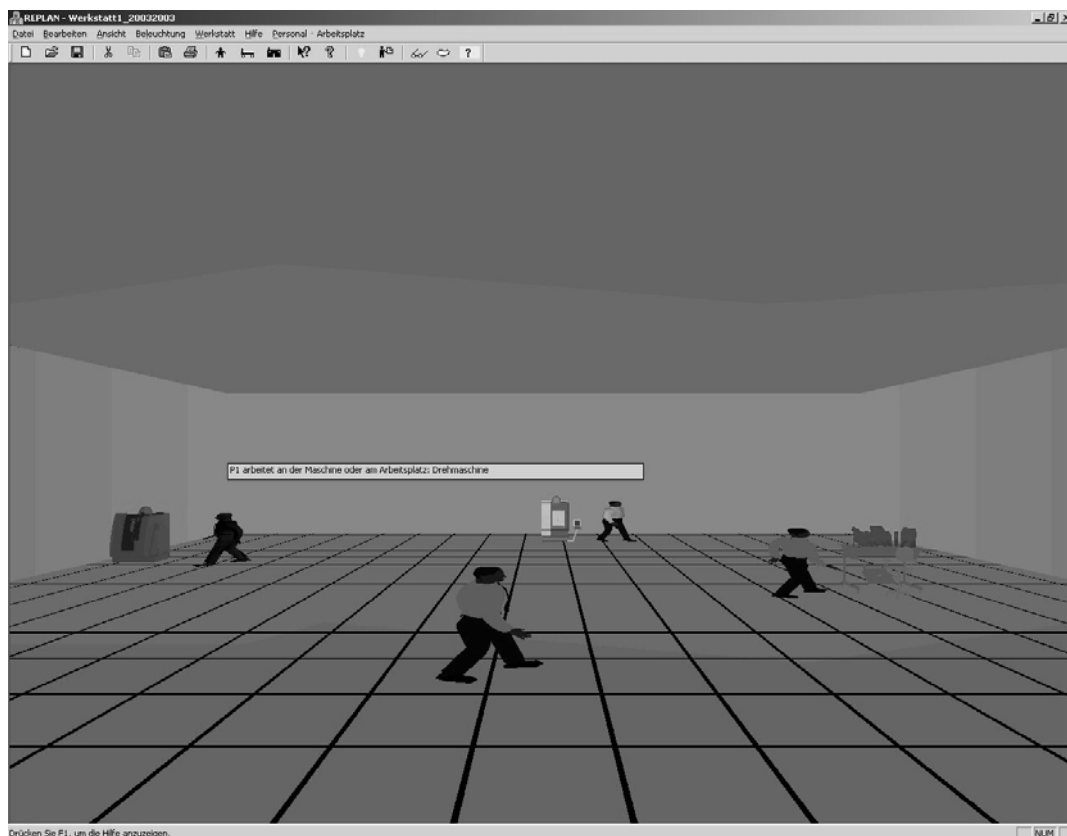


Bild 4: Szenario "ohne Hilfe"

- Das Szenario "Matrixdarstellung" (siehe Bild 5) zeigt die Funktions-Betriebsmittel-Matrix im betrachteten Fertigungssystem, die sämtliche in der Werkstatt vorkommenden Funktionselemente enthält, die einer Person in Verbindung mit einem Betriebsmittel zugeordnet werden können. Beispiele für Zuordnungen können z.B. sein, dass einer Person mehrere Maschinen zugeordnet sind bzw. mehrere Personen gleichermaßen eine bestimmte Funktion ausüben können. Der Benutzer kann somit bei einem konkreten Störfall erkennen, welche Person von einer anderen ersetzt werden kann.

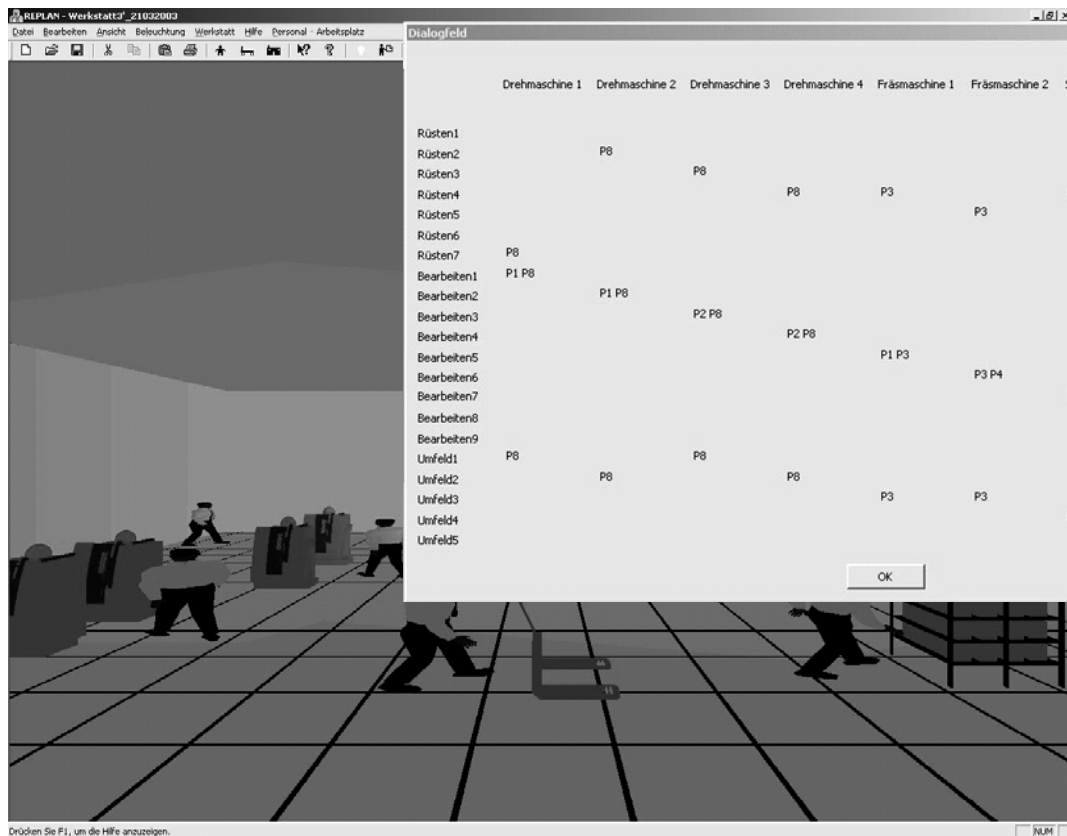


Bild 5: Szenario "Matrixdarstellung" mit der Funktions-Betriebsmittel-Matrix der virtuellen Werkstatt

- Um im Szenario "Erfahrungsaussagen" das relevante Wissen zu erhalten, muss der Benutzer - ähnlich wie bei der erstgenannten Objektinformation - (mit der Maus) die jeweiligen Personen- bzw. Maschinenobjekte auswählen. Die "Erfahrungsaussagen" sollen dem (unerfahrenen bzw. naiven) Benutzer bei der Lösungssuche für einen konkreten Störfall das Erfahrungswissen eines erfahrenen Meisters bzw. Facharbeiters darstellen. "Erfahrungsaussagen" sind z.B. folgende: "Person P6 kann bei diesem konkreten Störfall vernachlässigt werden"; "Person P8 kann im Gegensatz zur Person P6 zusätzlich noch die Drehmaschine2 bedienen"; "Person P3 muss weiterhin an der Schleifmaschine arbeiten" (vgl. Bild 6).

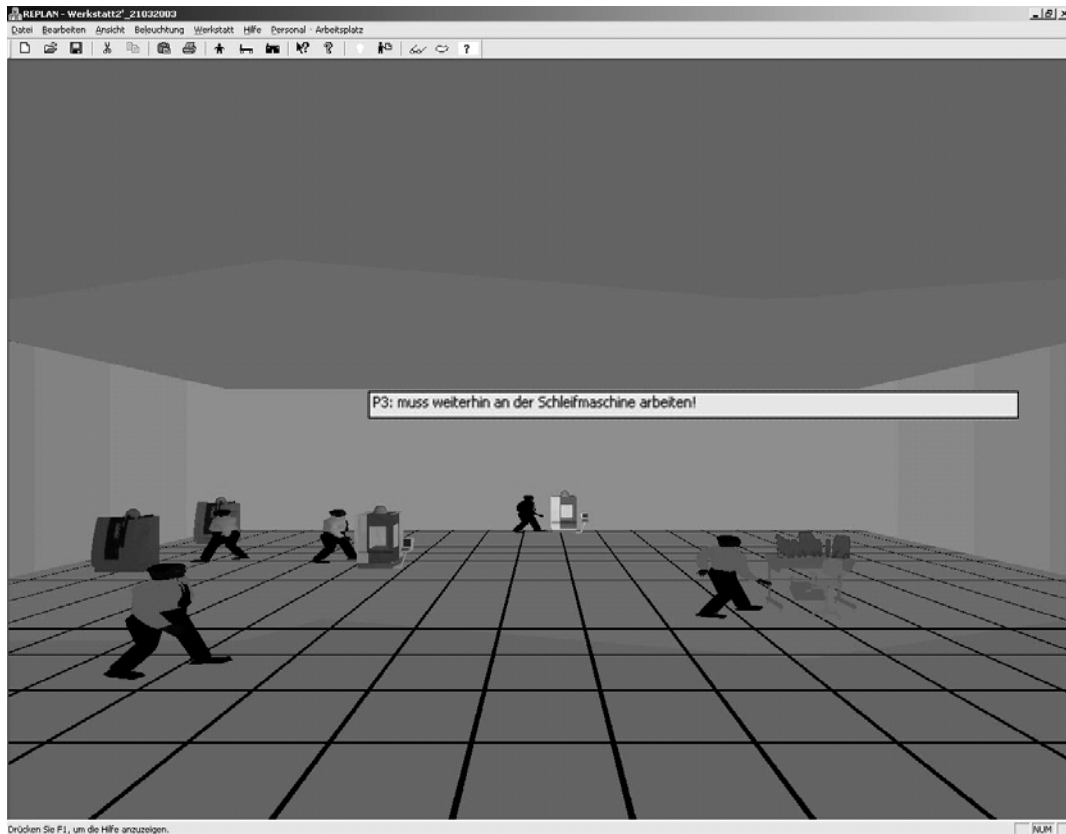


Bild 6: Szenario Erfahrungsaussagen mit Beispiel

4. Methoden der Evaluation und Versuchsdesign

4.1 Verwendete Evaluationsmethoden

Zur Bewertung der kommunikationsergonomischen Gestaltungsaspekte geplanter oder bereits existierender Mensch-Rechner-Schnittstellen können unterschiedliche Evaluationsmethoden eingesetzt werden (vgl. Oppermann, Reiterer 1994, Bild 7).

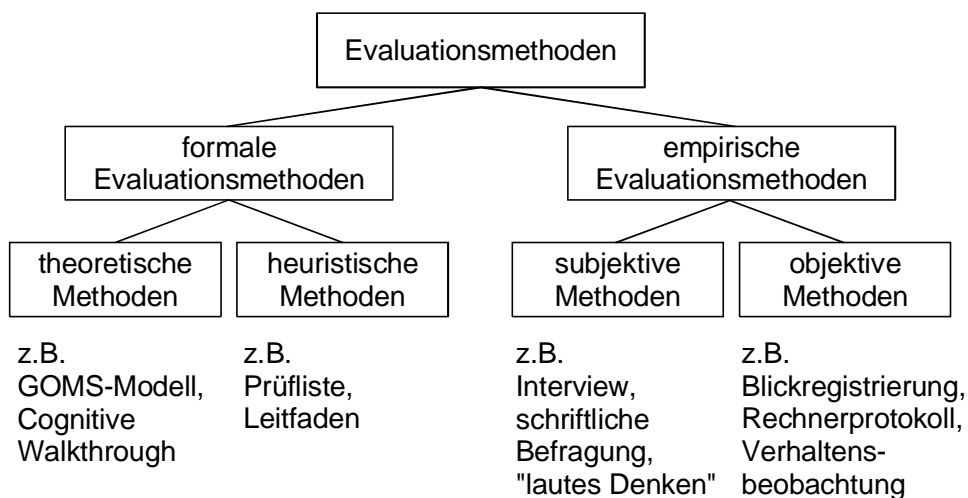


Bild 7: Methoden zur Evaluation von Mensch-Rechner-Schnittstellen
(nach Stowasser 2002)

In den durchgeführten Untersuchungen zur Bewertung der Visualisierungsformen wurden verschiedene objektive und subjektive Evaluationsmethoden eingesetzt, da in vielen Fällen die Anwendung nur einer Methode zur Evaluation nicht ausreicht.

Von den objektiven Evaluationsmethoden wird das Keystroke-Recording (Rechnerprotokollierung) als spezielle Methoden der Verhaltensbeobachtung eingesetzt. Um Aussagen über das Verhalten und die Reaktionen der Benutzer erheben zu können, wurde in diesem Experiment der Mausweg mit Hilfe des Keystroke-Recordings aufgezeichnet und ausgewertet. Die Auswahl dieser objektiven Methoden begründet sich auch aus der Erfahrung, die bereits in Voruntersuchungen mit diesen Methoden gemacht wurden (vgl. Grießer 1995; Zülch et al. 1999; Zülch et al. 2001).

Zur Bewertung der Visualisierungsformen aus der subjektiven Sicht der Benutzer und zur Erfassung demographischer Daten der Versuchspersonen wurden Interviews durchgeführt. Da Versuchspersonen erfahrungsgemäß größere Schwierigkeiten haben, ihre Vorgehensweise während der Aufgabenbearbeitung zu benennen, wurde die Befragung ergänzend zu den oben genannten objektiven Methoden eingesetzt (vgl. auch Stowasser 2002).

Zusätzlich zum Mausweg und der subjektiven Bewertung der Visualisierungsformen wurden durch Verhaltensbeobachtungen die Zeit zur Lösungsfindung und die Fehleranzahl bei jeder Versuchsaufgabe und für jede Versuchsperson gemessen.

Alle experimentellen Untersuchungen wurden im Labor für Kommunikationsergonomie des Instituts für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation der Universität Karlsruhe (TH) durchgeführt. Dieses Labor ist mit den notwendigen Analyseinstrumenten ausgerüstet, wie z.B. Keystroke Recording, Sehtest- sowie Videoaufzeichnungsgeräte.

4.2 Struktur der Versuchsaufgaben

Die experimentellen Untersuchungen wurden mit 17 Versuchspersonen (10 weibliche und 7 männliche) durchgeführt. Die Versuchspersonen hatten die Aufgabe, anhand der virtuell vorgegebenen Personalabwesenheiten eine konkrete Lösung in Form einer Neuuzuordnung einer Person zu einer Maschine herbeizuführen. Die Unterstützung der Versuchspersonen zur Lösungsfindung wurde vom Szenario "ohne Hilfe" über das Szenario "Matrixdarstellung" bis hin zum Szenario "Erfahrungsaussagen" variiert. Außerdem wurde jedes Szenario mit drei unterschiedlich komplexen Werkstätten (Werkstatt 1 bis 3) kombiniert, wobei die Anzahl dargestellter Werkstattobjekte sowie die Art und das Auftreten unvorhersehbarer Personalabwesenheiten erhöht wurden. Jede Versuchsperson hatte folglich 9 Versuchsaufgaben zu bearbeiten.

4.3 Versuchsablauf

Nach einer Vorstellung des Labors und seiner Messeinrichtungen wurde zunächst eine Messung des Sehvermögens vorgenommen. Hierbei wurde mit Hilfe des Rodenstock-Sehtestgerätes R 12 und der zugehörigen Testscheiben 173 und 176 (vgl. Rodenstock 1987) festgestellt, ob das Sehvermögen der Versuchspersonen bezüglich der Merkmale Sehschärfe, Farbensinn, Phorie, Fusionsvermögen und Stereopsis ausreicht und die Versuchsperson somit für den Versuch geeignet war. Dies traf für alle Versuchspersonen zu.

Anschließend wurde die Versuchsperson zum Experimentiermonitor geführt und dort in die Aufgabenstellung eingeführt. Dabei lag das Hauptaugenmerk auf der Einweisung in die Handhabung der zu evaluierenden Visualisierungsformen.

Die Versuchsaufgaben wurden in allen Fällen von der Versuchsperson vollständig alleine gelöst. Eine Hilfestellung bei der Bearbeitung der Versuchsaufgaben war nicht erforderlich.

Durch halbstandardisierte Interviews im Anschluss an die Versuchsdurchführung wurden ergänzende Informationen abgefragt, wie die demographischen Daten der Versuchsperson

sowie ihr Ausbildungsstand und ihre Erfahrung mit Bildschirmarbeit. Weiterhin wurden Informationen über individuelle Vorgehensweisen und Präferenzen sowie subjektive Eindrücke der Versuchsperson erfragt. Das Interview diente somit der Erfassung von Informationen, die mit dem technischen Versuchsaufbau nicht objektiv gemessen werden konnten.

5. Versuchsauswertung und Ergebnisse der Untersuchung

Nach Abschluss der Untersuchung wurden die gemessenen Daten mit der Statistiksoftware SPSS (Statistical Package for the Social Sciences; Version 8.0, 1998) ausgewertet und die Ergebnisse zur Ableitung von Gestaltungsaussagen zu den Visualisierungsformen für Erfahrungswissen verwendet.

5.1 Subjektive Bewertung der Szenarien

Alle Versuchspersonen hatten keine Schwierigkeiten mit der Aufgabenstellung. Bild 7 zeigt die mittlere subjektiv empfundene Beanspruchung in Abhängigkeit von der jeweiligen Versuchsaufgabe (von sehr einfach bis sehr schwierig).

Die einfaktorielle Varianzanalyse ANOVA ergibt keine Unterschiede in der subjektiven Bewertung für diejenigen Szenarien der Versuchsaufgaben, welche durch "Erfahrungsaussagen" unterstützt wurden, und denjenigen "ohne Hilfe" (siehe Bild 8). Jedoch tritt ein signifikanter Unterschied zwischen diesen beiden Szenarien und dem Szenario mit "Matrixdarstellung" auf, und zwar dahingehend, dass das Szenario mit Matrixunterstützung für alle Werkstätten signifikant besser bewertet wird als die beiden anderen Szenarien. Aus Bild 8 ist weiterhin die Tatsache zu erkennen, dass die über alle Versuchspersonen gemittelte subjektiv empfundene Beanspruchung trotz Zunahme der Komplexität der Werkstätten gleichgeblieben oder sogar im Fall der "Erfahrungsaussagen" zurückgegangen ist (Gewöhnungseffekt). Dies lässt darauf schließen, dass die Komplexität der Werkstätten zu gering war, um eine abgestufte Bewertung der Szenarios zu bewirken.

Das Szenario "ohne Hilfe" machte für keine der Versuchspersonen einen Sinn, da keine gezielte Lösungsfindung durchführbar war, sondern nur "Trial and Error" praktiziert werden konnte. 71 % aller Versuchspersonen favorisieren das Szenario "Matrixdarstellung" bei der Lösungsfindung, da die matrixartige Visualisierung eine schnelle Erfassung und Verarbeitung der Werkstatt ergab; nur 18 % aller Versuchspersonen bevorzugten die Darstellungsform mittels "Erfahrungsaussagen". Keine der Versuchspersonen gab an, dass sie durch Erfahrungsaussagen bei bestimmten Aufgaben besser unterstützt wurde. Grund dafür ist wohl, dass bei komplexen Aufgaben die Erfahrungsaussagen zu unübersichtlich sind. 10 Versuchspersonen schlugen aber eine Kombination von Matrixdarstellung und Erfahrungsaussagen vor. Eine Kombination erscheint dann als hilfreich, wenn über die Matrixdarstellung zunächst ein bestimmter Personenkreis eingegrenzt und dann mit den Erfahrungsaussagen eine Auswahl getroffen werden kann, da Kausalschlüsse mit Hilfe der Funktions-Betriebsmittel-Matrix nicht unterstützt werden. Eine Matrixdarstellung könnte somit für eine schnelle Übersichtsplanung herangezogen werden; eine Detailplanung wäre mit Hilfe von Erfahrungsaussagen sinnvoll.

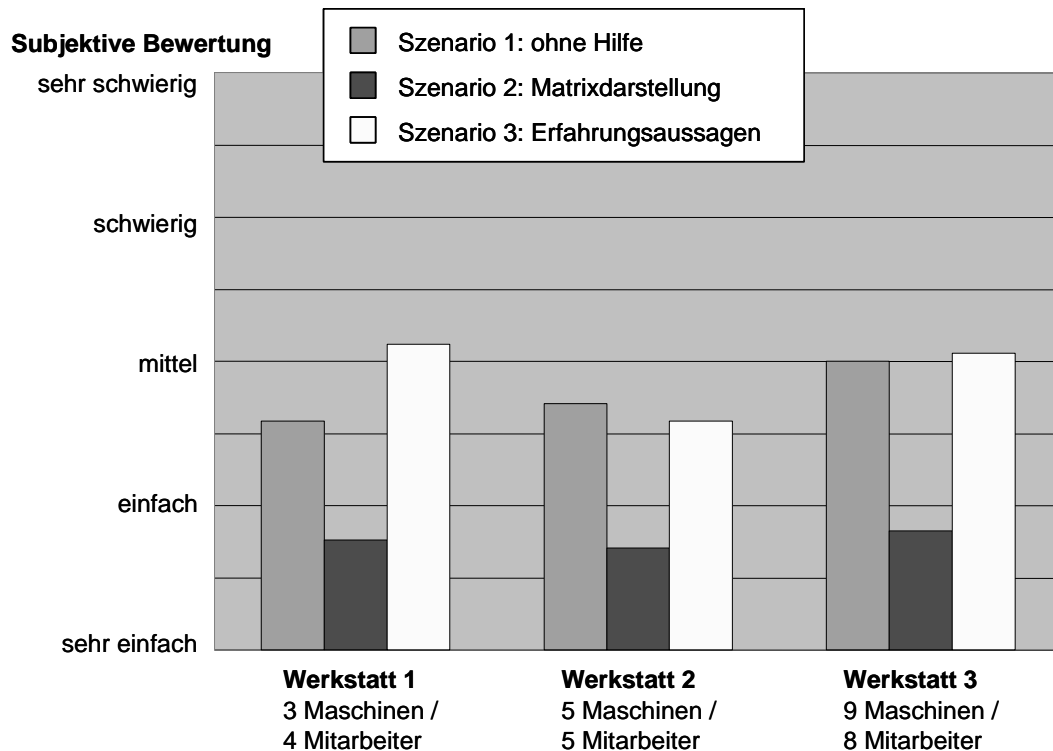


Bild 8: Ergebnisse der subjektiven Bewertung

5.2 Auswertung der Aufzeichnung des Mauswegs

Die einfaktorielle Varianzanalyse ANOVA ergibt keine Unterschiede im Mausweg für die Szenarien, welche durch "Erfahrungsaussagen" unterstützt werden, und denjenigen "ohne Hilfe" (siehe Bild 9). Jedoch tritt ein signifikanter Unterschied zwischen diesen beiden Szenarien und dem Szenario mit "Matrixdarstellung" auf: Dieses Szenario weist für alle Werkstätten signifikant kürzere Mauswege auf als die beiden anderen. Aus Bild 8 ist weiterhin die Tatsache zu erkennen, dass der Mausweg beim Szenario "Erfahrungsaussagen" der Mausweg deutlich ansteigt. Dies ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass der Benutzer bei der Verwendung von Erfahrungsaussagen immer wieder in neuartige Situationen geführt wird. Obwohl die graphische Grundstruktur der Werkstatt grundsätzlich gleich bleibt, entstehen neuartige Situationen hauptsächlich dadurch, dass der Benutzer die dargebotenen Erfahrungsaussagen immer wieder neu aufrufen bzw. zum Teil mehrfach lesen muss und dadurch der Mausweg verlängert wird. Offenbar werden aufgrund der ansteigenden Komplexität und damit der Informationsfülle viele Erfahrungsaussagen immer wieder vergessen.

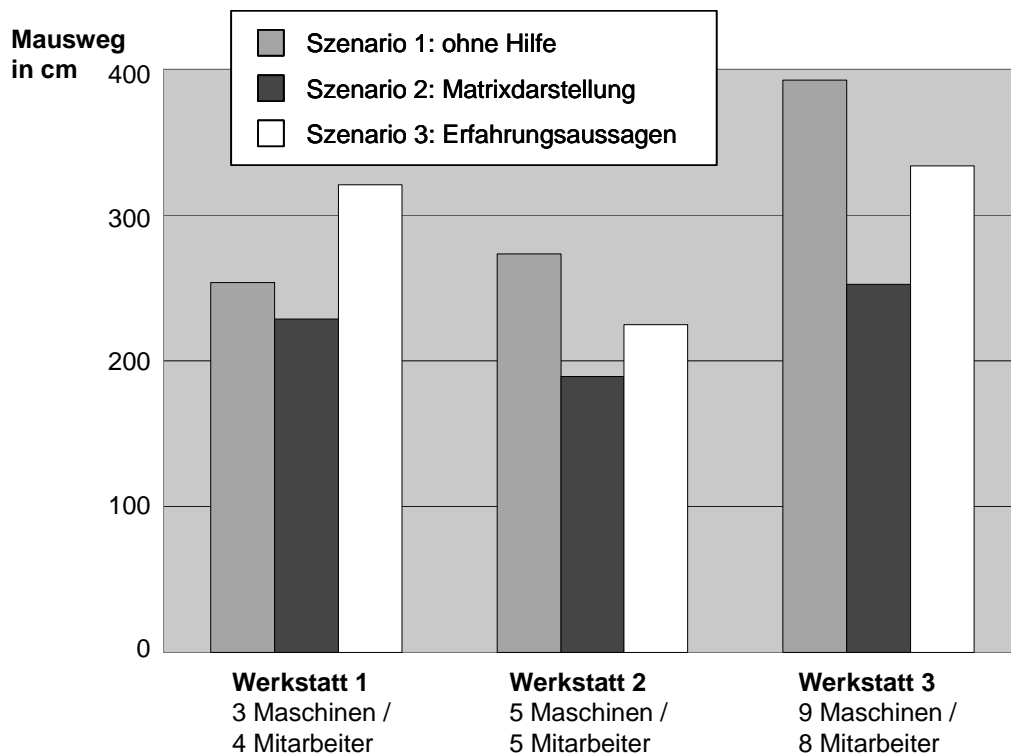


Bild 9: Ergebnisse bezüglich der Mauswege

5.3 Auswertung der Fehleranzahl

Die einfaktorielle Varianzanalyse ANOVA ergibt wieder keine Unterschiede in der Fehleranzahl für die Szenarien, welche durch "Erfahrungsaussagen" unterstützt werden, und denjenigen mit "Matrixdarstellung" (siehe Bild 10). Jedoch tritt auch hier ein signifikanter Unterschied zwischen diesen beiden Szenarien und dem Szenario "ohne Hilfe" auf: Das Szenario "ohne Hilfe" weist für alle Werkstätten eine signifikant höhere Fehleranzahl auf als die beiden anderen Szenarien.

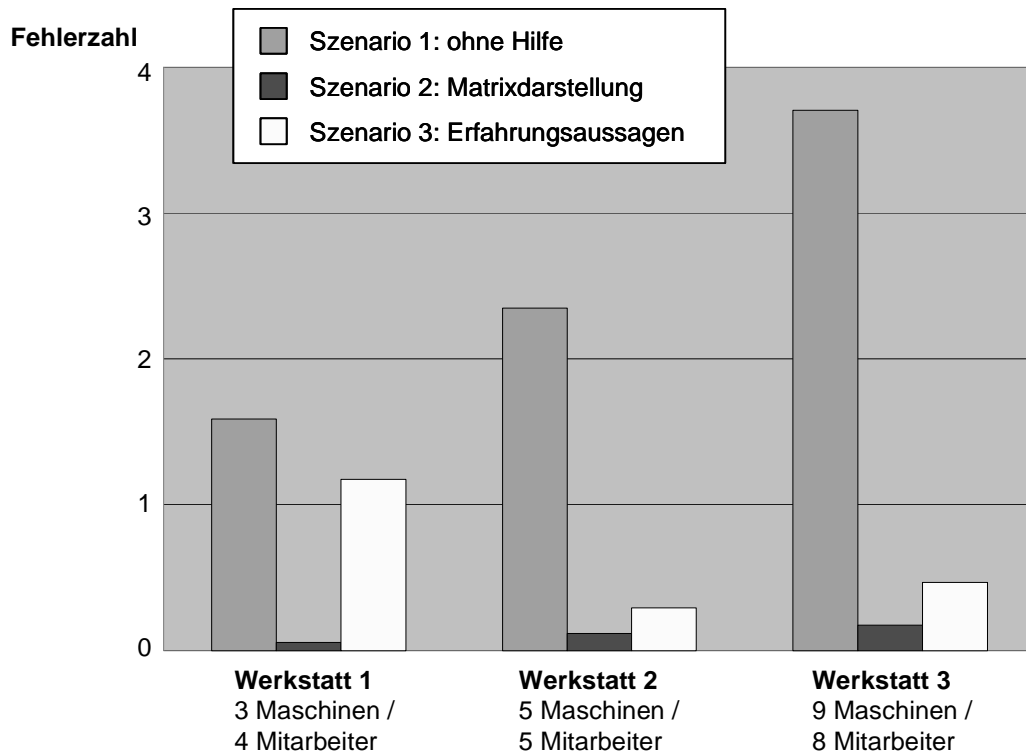


Bild 10: Ergebnisse bezüglich der Fehleranzahl

5.4 Auswertung der Zeit zur Lösungsfindung

Die einfaktorielle Varianzanalyse ANOVA ergibt keine Unterschiede in der Zeit zur Lösungsfindung für die Szenarien, welche durch "Erfahrungsaussagen" unterstützt werden, und denjenigen "ohne Hilfe" (siehe Bild 11). Jedoch tritt auch hier ein signifikanter Unterschied zwischen diesen beiden Szenarien und dem Szenario "Matrixdarstellung" auf: Das Szenario mit Matrixunterstützung wird für alle Werkstätten in einer signifikant kürzeren Zeit bearbeitet als die beiden anderen Szenarien.

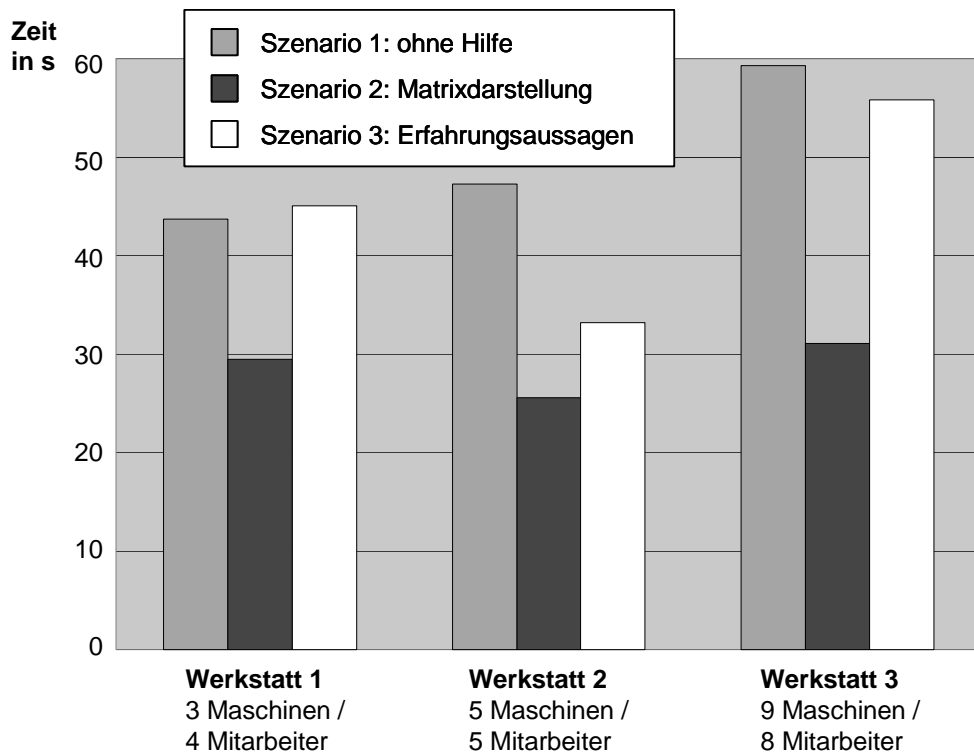


Bild 11: Zeit zur Lösungsfindung

5.5 Auswertung hinsichtlich der Komplexität der Werkstätten

Auch die Komplexität der Versuchsaufgaben hat einen signifikanten Einfluss auf die Ausprägung der untersuchten Faktoren (siehe Bild 12). Bei dem Vergleich der Komplexität der Werkstätten bezüglich der Faktoren Mausweg, Fehleranzahl, Zeit zur Lösungsfindung und subjektive Bewertung ergeben sich aus der einfaktoriellem Varianzanalyse hinsichtlich der Visualisierungsformen folgende Schlussfolgerungen:

- **Szenario "ohne Hilfe"**: Die subjektive Bewertung und die Zeit zur Lösungsfindung hängen nicht signifikant von der Anzahl der Personen (in diesem Experiment gegebenen Komplexität der Werkstatt) ab.
- **Szenario "Matrixdarstellung"**: Die Anzahl der Personen wirkt sich auf keinen der vier Untersuchungsparameter signifikant aus. Die Matrixdarstellung könnte sich somit auch für komplexere Szenarien eignen, wobei bei einer sehr großen Anzahl von Informationen ein Scrollen in der Funktions-Betriebsmittel-Matrix unvermeidbar würde.
- **Szenario "Erfahrungsaussagen"**: Je mehr Ressourcen vorhanden sind, desto länger dauert die Lösungsfindung. Das kann auf die Tatsache zurückgeführt werden, dass bei einer großen Anzahl von Personen in der Werkstatt viele Erfahrungsaussagen zum Teil mehrfach gelesen werden müssen, da die Informationsfülle nicht behalten werden kann.

Werkstatt 1				Werkstatt 2			
Signifikanz zwischen ...	Weg	Fehler	Zeit	Signifikanz zwischen ...	Weg	Fehler	Zeit
1 und 2	-	**	*	1 und 2	-	***	*
1 und 3	-	-	-	1 und 3	-	***	-
2 und 3	-	**	*	2 und 3	-	-	-

Werkstatt 3				Gesamt			
Signifikanz zwischen ...	Weg	Fehler	Zeit	Signifikanz zwischen ...	Weg	Fehler	Zeit
1 und 2	**	***	**	1 und 2	**	***	***
1 und 3	-	***	-	1 und 3	-	***	-
2 und 3	-	-	***	2 und 3	*	**	***

Legende:

-	nicht signifikant	*	signifikant ($p < 0,05$)
**	hoch signifikant ($p < 0,01$)	***	höchst signifikant ($p < 0,001$)

Bild 12: Vergleich der Komplexität der Werkstätten

6. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, einen Beitrag zur experimentellen Analyse und Gestaltung der Darstellung von prozessorientiertem Erfahrungswissen am Beispiel der kurzfristigen Personaleinsatzplanung innerhalb der operativen Werkstattsteuerung zu leisten. Um das angestrebte Ziel zu erreichen, wurde ein breiter Ansatz gewählt, und zwar ausgehend von der Beschreibung der defizitären Ist-Situation heutiger wissensbasierter (Unterstützungs-)Systeme über die Implementierung verschiedener Visualisierungsformen bis hin zu deren experimentellen Bewertung.

Die Ergebnisse der Untersuchungen machen deutlich, dass die Visualisierungsform im Anwendungsfall ausgesprochen relevant ist für die Darstellung von Erfahrungswissen zur Lösungsfindung durch den Benutzer. Im vorliegenden Fall bevorzugten die Versuchspersonen das Szenario "Matrixdarstellung" gegenüber dem Szenario "Erfahrungsaussagen".

Die Untersuchungen deuten jedoch auch an, dass das Szenario "Matrixdarstellung" nicht uneingeschränkt zu bevorzugen ist, insbesondere für noch komplexere als in diesem Versuch dargestellte Werkstätten. Die Wahl der Visualisierungsform von Erfahrungswissen hängt demnach auch von der Komplexität des Gegenstandsbereiches ab. Die Versuchspersonen bevorzugten das Szenario "Matrixdarstellung" hauptsächlich bei der Durchführung derjenigen Aufgaben, bei denen sie "auf den ersten Blick" eine Übersicht über die Werkstatt in Form der Funktions-Betriebsmittel-Matrix bekamen. Erfahrungsaussagen hatten hierbei den Nachteil, dass sie von den Testpersonen in jeder "neuen" Werkstattsituation sorgfältig durchgelesen werden mussten, um auf die richtige Lösung zu kommen.

7. Offene Fragen und Forschungsperspektiven

Die Entwicklung innovativer Visualisierungsformen für produktionsorganisatorische Software-Anwendungen muss noch selbstverständlicher betrieben werden als bislang üblich. Unabdingbar sind in diesem Zusammenhang weiterführende, grundlagenorientierte Analysen

der Zweckmäßigkeit dreidimensionaler Darstellungsformen sowie multimedialer Elemente, aber auch kognitionsbasierte Untersuchungen der auf virtueller oder erweiterter Realität basierenden Interaktionen. Bisher liegen bis auf wenige, teilweise unveröffentlichte Ausnahmen keine quantitativen Untersuchungen über den sinnvollen Einsatz und die Auswirkungen von virtueller Realität vor (Zülch et al. 2002).

Dabei muss beachtet werden, dass innovative Visualisierungsformen nicht nur als Designaspekt anzusehen sind, sondern stets im Kontext der Aufgabenbearbeitung zu betrachten sind.

Zukünftige Forschungsarbeiten müssen beispielsweise den kontextabhängigen Grad der Abstraktion realitätsnaher Visualisierungsformen näher bestimmen, Gestaltungsregeln insbesondere auch für hybride Visualisierungsformen definieren und den Nutzen realitätsnaher Darstellungen für den Routinebetrieb und die Schulung evaluieren. Auch müssen in Folgearbeiten Aussagen darüber abgeleitet werden, welche Visualisierungsformen z.B. in einer realitätsnahen Darstellung stören bzw. ablenken.

Literaturverzeichnis:

Allweyer, T.: Modellbasiertes Wissensmanagement. In: Information Management & Consulting, Saarbrücken, 13(1998)1, S. 37-45.

Asmus, S.: Designing future knowledge systems. In: Wissensorganisation und Edutainment. Hrsg.: Internationale Gesellschaft für Wissensorganisation (ISKO). Berlin: ISKO, 2001. (www.uni-hildesheim.de/~chlehn/isko2001/abstracts_druck.html, Stand: 16.3.2002)

Binner, H. F.: Prozeßorientierte Arbeitsvorbereitung. München, Wien: Carl Hanser Verlag, 1999.

Drösser, C.: Fuzzy Logic. Reinbek: Rowohlt Verlag, 1996.

Engel, J.: Entwicklung eines wissensbasierten Informationssystems zur Unterstützung der Störungsdiagnose. Düsseldorf: VDI-Verlag 1996. (Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 20, Band 199)

Gaines, B. R. et al.: Combining paradigms in knowledge engineering. In: Data and Knowledge Engineering, Holland: Elsevier Science, 9(1992)1, S. 1-18.

Geiser, G.: Mensch-Maschine-Kommunikation. München, Wien: Oldenbourg Verlag, 1990.

Grießer, K.: Einsatz der Blickregistrierung bei der Analyse rechnerunterstützter Steuerungsaufgaben. Karlsruhe Uni, Diss. 1995. (ifab-Forschungsberichte aus dem Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation der Universität Karlsruhe, Band 10)

Hacker, W.: Methodische Impulse aus dem Spannungsfeld zwischen grundlagenwissenschaftlicher Orientierung und angewandter Forschung. In: Arbeits- und Organisationspsychologie im Spannungsfeld zwischen Grundlagenorientierung und Anwendung. Hrsg.: Bungalow, W.; Herrmann, T. Bern: Hans Huber, 1993, S. 267-283.

Hacker, W.: Allgemeine Arbeitspsychologie. Bern: Hans Huber, 1998. (Schriften zur Arbeitspsychologie, Band 58)

Heel, J.: Reorganisation des Personaleinsatzes mit Hilfe der personalorientierten Simulation. Aachen: Shaker Verlag, 1999. (ifab-Forschungsberichte aus dem Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation der Universität Karlsruhe, Band 18)

Holsapple, C. W.; Raj, V.; Wagner, W.: Knowledge Acquisition: Recent Theoretic and Empirical Developments. In: Recent Developments in Decision Support Systems. Hrsg.: Holsapple, C.; Whinston, A. Berlin: Springer-Verlag, 1993, S. 295-312.

Kohlas, J.: Künstliche Intelligenz: Eine besondere Form der Informatik? In: Expertensysteme: Nutzen für Ihr Unternehmen. Hrsg.: Savory, S. E. München: Oldenbourg Verlag, 1989, S. 237-259.

Kurbel, K.: Entwicklung und Einsatz von Expertensystemen. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2. Auflage 1992.

Lindenthal, M.: Wissen, Ökonomie und Communities of Practice. Beiträge zum Themenkreis Wissensmanagement. Mannheim, Uni Dipl. (Lehrstuhl für Psychologie I), 2001.

Nauck, D.; Klawonn, F.; Kruse, R.: Neuronale Netze und Fuzzy-Systeme. Braunschweig: Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft, 1994.

Nüßgens, K.-H.: Führungsaufgabe Personalwesen. Berlin, New York: Verlag Walter de Gruyter, 1975.

Oberauer, K.: Intentionalität und Reflexion. Münster: Aschendorff, 1997.

Oppermann, R.; Reiterer, H.: Software-ergonomische Evaluation. In: Einführung in die Software-Ergonomie. Hrsg.: Eberleh, Edmund; Oberquelle, Horst; Oppermann, Reinhard. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 2. Auflage 1994, S. 325-371. (Mensch-Computer-Kommunikation: Grundwissen, Band 1)

REFA - Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation (Hrsg.): Planung und Steuerung, Teil 2. München: Carl Hanser Verlag, 1991.

Rodenstock (Hrsg.): Testscheiben, Arbeitsanleitung für Rodenstock Sehtestgeräte. München: G. Rodenstock Instrumente GmbH, 1987.

Rothe, H.-J.; Timpe, K.-P.: Entwicklung eines wissensbasierten Diagnosesystems zur Störungsdiagnose bei CNC-Werkzeugmaschinen. In: Psychologische Erkenntnisse und Methoden als Grundlage für die Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen. Hrsg.: Rothe, H.-J.; Kolrep, H. Berlin: Zentrum Mensch-Maschine-Systeme, 1996, S. 3-15. (ZMMS-Bericht 96-3)

Savory, S. E.: Expertensysteme: Welchen Nutzen bringen sie für Ihr Unternehmen. In: Expertensysteme: Nutzen für Ihr Unternehmen. Hrsg.: Savory, S. E. München: R. Oldenbourg Verlag, 1989, S. 17-36.

SPSS (für Windows): Version 8.0. SPSS GmbH Software, München, 1998. <http://www.spss.com/de/> (Stand 5.10.2003).

Stowasser, S.: Vergleichende Evaluation von Visualisierungsformen zur operativen Werkstattsteuerung. Aachen: Shaker Verlag, 2002. (ifab-Forschungsberichte aus dem Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation der Universität Karlsruhe, Band 26)

Süß, H. M.: Intelligenz, Wissen und Problemlösen. Kognitive Voraussetzungen für erfolgreiches Handeln bei computersimulierten Problemen. Göttingen: Hogrefe Verlag für Psychologie, 1996.

Wittmann, W. W.; Süß, H. M.; Oberauer, K.: Determinanten komplexen Problemlösens. Mannheim Uni: Forschungsbericht aus dem Lehrstuhl Psychologie II, 1996.

Zülch, G.; Stowasser, S.: Eye movement registration for engineering of industrial manufacturing software. In: 11th European Conference on Eye Movements. Hrsg.: Hyönä, J. Turku: University, 2001, S. P31.

Zülch, G.; Stowasser, S.; Börkircher, M.: Prozessbezogene Visualisierung objektorientierter Daten- und Wissensbestände. In: Rechnerintegrierte Konstruktion und Fertigung von Bauteilen – Abschlussbericht 1.1.2000 – 31.12.2002. Karlsruhe Uni: Sonderforschungsbereich 346, 2002, S. 43-77.

Zülch, G.; Stowasser, S.; Keller, V.: Sichtenkonzept zur kommunikationsergonomischen Darstellung von objektorientierten Unternehmensdaten. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, Stuttgart, 55(2001)2, S. 113-123.

Zülch, G.; Stowasser, S.; Keller, V.; Fischer, A. E.: Kommunikationsergonomische Darstellungstechniken für objektorientierte Datenbestände. In: Rechnerintegrierte Konstruktion und Fertigung von Bauteilen – Arbeits- und Ergebnisbericht 1.12.1997 – 31.12.1999. Karlsruhe Uni: Sonderforschungsbereich 346, 1999, S. 69-100.

Anschrift der Verfasser:

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

Dipl.-Ing. Mikko Börkircher

Dr.-Ing. Sascha Stowasser

Lehrstuhl und Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab)

Universität Karlsruhe (TH)

Kaiserstraße 12

D-76128 Karlsruhe