

Sonntag, Karlheinz; Rothe, Heinz-Jürgen; Schaper, Niclas
**Wissenserschaffung bei diagnostischen Tätigkeiten in komplexen
Fertigungssystemen als Grundlage für die Gestaltung beruflichen Trainings**

Unterrichtswissenschaft 22 (1994) 3, S. 215-232

urn:nbn:de:0111-opus-81534



in Kooperation mit / in cooperation with:

BELTZ JUVENTA

<http://www.juventa.de>

Nutzungsbedingungen / conditions of use

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.
This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.
By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF)
Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft
Informationszentrum (IZ) Bildung
Schloßstr. 29, D-60486 Frankfurt am Main
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Unterrichtswissenschaft

Zeitschrift für Lernforschung
22. Jahrgang / 1994 / Heft 3

Thema:

Wissensanwendung

Verantwortlicher Herausgeber:
Heinz Mandl

Heinz Mandl:

Einführung 194

Alexander Renkl, Hans Gruber, Heinz Mandl, Ludwig Hinkofer:
Hilft Wissen bei der Identifikation und Kontrolle eines
komplexen ökonomischen Systems? 195

Michael Henninger, Heinz Mandl, Mona Pommer:
Ein multimediales Trainingstool zur Förderung der
Differenzierungsfähigkeit von Gesprächsinhalten 203

K. Sonntag, Heinz-Jürgen Rothe, Niclas Schaper:
Wissenserfassung bei diagnostischen Tätigkeiten in
komplexen Fertigungssystemen als Grundlage für
die Gestaltung beruflichen Trainings 215

Heinz Mandl, Hans Gruber, Alexander Renkl:
Zum Problem der Wissensanwendung 233

Allgemeiner Teil

P. Robert-Jan Simons:
Verschiedene Formen von Lernen und Lernfertigkeiten
Organisationen 243

Ludwig J. Issing:
Von der Mediendidaktik zur Multimedia-Didaktik 267

Buchbesprechung 285

Berichte und Mitteilungen 287

193

Karlheinz Sonntag, Heinz-Jürgen Rothe und Niclas Schaper

Wissenserfassung bei diagnostischen Tätigkeiten in komplexen Fertigungssystemen als Grundlage für die Gestaltung beruflichen Trainings

Unter Einbeziehung von arbeits-, anforderungs- und wissensanalytischen Methoden wurde ein Ansatz zur Erfassung des fachspezifischen Fakten- und Handlungswissens bei komplexen diagnostischen Tätigkeiten in der flexibel automatisierten Fertigung entwickelt. Er ermöglichte die Bestimmung von Wissensstrukturen bei Experten über die Diagnose von Störungen an CNC-Werkzeugmaschinen, auf deren Grundlage Lernaufgaben für ein regelgeleitetes und ein Selbstreflexionstraining zur Ausbildung betrieblicher Mitarbeiter entwickelt wurden. Die Wirksamkeit des Trainings wurde in einem quasi-experimentellen Kontrollgruppenversuch überprüft.

An approach for the determination of specific declarative and procedural knowledge at complex diagnostic activities in flexible automated manufacturing was developed with a help of job, task and knowledge analysis. This was the basis for the determination of knowledge structures of experts for the diagnosis of technical faults in CNC machine tools. From this derived training tasks for a rule based and self-reflectional training for the further education of skilled workers. The efficiency of the trainings was tested in an experimental test with a control group.

Problemstellung

Zu begründeten Annahmen über Strukturen und Inhalte kognitiver Prozesse bei der Bewältigung komplexer Aufgaben zu kommen und diese lehrbar in geeigneten Trainingssettings aufzubereiten, ist schwierig. Der Forschungsstand arbeitspsychologischer Lern- und Trainingsforschung ist hierzu defizitär.

Ziel eines von der DFG geförderten Projektes¹ war daher die Ermittlung des erforderlichen Fakten- und Handlungswissens bei komplexen diagnostischen Tätigkeiten in der flexibel automatisierten Fertigung als Grundlage für die Ableitung prototypischer Lernaufgaben und die dikaktisch-methodische Gestaltung von kognitiven Trainingsverfahren im Rahmen der beruflichen Aus- und Weiterbildung. In der Produktionspraxis ist eine außerordentliche Vielfalt diagnostischer Tätigkeiten in Abhängigkeit von vernetzten, komplexen Technologien (beispielsweise Steuerungstechnik), unterschiedlichen Störungsarten, organisatorischen Rahmenbedingungen und personellen Faktoren zu finden. Dementsprechend wird in der neueren instruktions- und arbeitspsychologischen Literatur die Notwendigkeit zu komplexem aufgaben-, anforderungs- und wissensanalytischem Vorgehen bei der Ermittlung von Ausbildungs- und Trainingsinhalten sowie die Integration der bei

den Analysemethoden angewandten Mittel zur Darstellung von Wissensstrukturen in die Ausbildungs- und Trainingsprogramme hervorgehoben (vgl. Sonntag, 1989, 1992). Es seien hier nur die kombinierte aufgabenanalytische Vorgehensweise von Merrill (1987) oder die kognitiven Aufgabenanalysen von Redding (1990) erwähnt, mit denen fachspezifisches Wissen identifiziert und für Instruktionzwecke aufbereitet werden soll. Was die Darstellungsmittel anbelangt, so nutzte Dubs (1989) Netzwerke und Feedbackdiagramme im Wirtschaftslehreunterricht, Krogoll, Pohl & Wanner (1986) verwendeten Schemata als Grundlage für sog. Lernspinnen im Rahmen eines CNC-Qualifizierungsprogrammes. Insgesamt sind die Erfahrungen aber noch gering und die Verallgemeinerungsfähigkeit der vorliegenden Ergebnisse begrenzt. In den nachfolgend dargestellten Untersuchungen sollen die Brauchbarkeit eines verschiedene arbeits-, anforderungs- und wissensanalytische Methoden integrierenden Vorgehens zur Bestimmung von Lernaufgaben für ein regelgeleitetes und ein reflektierendes kognitives Training bestimmt, die Effektivität dieser Trainingsverfahren geprüft und damit ein Beitrag zur aktuellen Diskussion geleistet werden.

Wissen und Störungsdiagnose

Grundlage des konkreten Vorgehens bildeten die in der einschlägigen Literatur zu findenden Erkenntnisse über diagnostische Tätigkeiten, insbesondere hinsichtlich Inhalt und Struktur des gedächtnismäßig gespeicherten fachspezifischen Wissens und dessen Nutzung bei der Lösung diagnostischer Aufgaben. Betrachten wir zunächst die Anforderungen an die Arbeitskräfte. Allgemein kann man aus betriebspraktischen Analysen (s. z.B. Josif, 1977; Leplat & Cuny, 1977; Christensen & Howard, 1981) schlußfolgern, daß diagnostische Tätigkeiten in der Erkennung von Störungen an technischen Anlagen in Form von Normalabweichungen bei Prozeßverläufen oder Produkten, der Identifikation der Ursachen dieser Störungen und der Ausführung von Handlungen zur Störungsbeseitigung bestehen. Ursachenidentifikation ist dabei in der Regel pragmatisch definiert als Bestimmung jener Zustände eines technischen Systems, die eindeutig die Zuordnung von Eingriffshandlungen ermöglichen, die zur Wiederherstellung des normgerechten Betriebes führen. „Maschinenstillstand“ ist in diesem Sinne keine Störungsursache, weil unterschiedlichste Handlungen zur Wiederinstandsetzung nötig sein können. „Defekte Schalter“ kann als gefundene Ursache ausreichen, wenn das Auswechseln des Schalters wieder zum Normalbetrieb führt. Erst wenn nach kurzer Zeit der Schalter wieder ausfällt, wird nach der Ursache dafür, also nach der Ursache der Ursache gesucht. Bzgl. der kognitiven Anforderungsstruktur handelt es sich bei der Störungserkennung um Merkmalsvergleichsprozesse. Merkmale von gedächtnismäßig gespeicherten Normzuständen müssen auf Übereinstimmung mit den Merkmalen aktueller Istzustände geprüft werden. Die Identifizierung von Störungsursachen besitzt in Abhängigkeit vom individuellen fachspezifischen Gedächtnisbe-

sitz der Arbeitskraft zwei unterschiedliche Anforderungsstrukturen. Zunächst kann davon ausgegangen werden, daß die Arbeitskräfte eine (individuell möglicherweise unterschiedliche) Anzahl von Merkmalskonstellationen mit Störungsursachen fest verknüpft gespeichert haben. Liegt eine dieser Merkmalskonstellationen im aktuellen Störfall vor, handelt es sich um eine Klassifikationsanforderung. D.h., das Ergebnis des Vergleiches zwischen einer vorliegenden Merkmalsstruktur und gedächtnismäßig gespeicherten Merkmalsstrukturen muß einer Störungsursache zugeordnet werden. Dieser Klassifikationsprozeß oder dessen Resultat werden auch als Störungsdiagnose bezeichnet. Kann die Arbeitskraft eine vorliegende Merkmalskonstellation aber nicht intern einer Störungsursache zuordnen, weil diese für sie tatsächlich neu ist oder weil sie einfach die Zuordnung vergessen hat, dann wird die Störungsursachenidentifikation zu einer Problemlöseanforderung. Nunmehr müssen Wissensinhalte über technisch-technologische Zusammenhänge aktiviert, Hypothesen über mögliche Störungsursachen aufgestellt und Handlungen zur Hypothesenprüfung geplant und ausgeführt werden. Häufig wird auch dieses vor allem schlußfolgernde Denken bei der Störungsursachenidentifikation unter dem Konzept der Störungsdiagnose subsumiert. Entsprechend der Anforderungscharakteristik lassen sich nunmehr die für diagnostische Tätigkeiten erforderlichen Wissenskomponenten beschreiben. Nach Hacker (1992, 1993) besteht berufsspezifisches Wissen im allgemeinen (1) aus dem Wissen über handlungsauslösende Situationsmerkmale, über Ursachen für zu verändernde Gegebenheiten, über Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten technologischer Prozesse, Materialien, Werkzeuge usw., (2) aus dem Wissen über Arbeitsverfahren, über die mit ihnen zu erreichenden Ziele, über Folgen wie Nutzen, Nebenwirkungen usw. sowie (3) aus dem Wissen über das Organisieren und Planen von Handlungen im Sinne von Metaprozeduren (s. Kluwe, 1979). Spezifiziert für die interessierenden diagnostischen Tätigkeiten handelt es sich insbesondere (1) um technisch-technologisches Wissen über den Aufbau und die funktionsweise von Anlagenkomponenten und das Zusammenwirken zwischen ihnen, über Merkmale von Bauteilen der Anlagenkomponenten u.ä. sowie über die Merkmalsstruktur und Aufttrittshäufigkeit potentieller Störungen, über Eigenschaften von Störungsmerkmalen wie Wahrnehmbarkeit, Komplexität u.ä., (2) um das Wissen über konkrete Vorgehensweisen zur Feststellung von Störungsmerkmalen, zum Einsatz von Meßgeräten und anderen Hilfsmitteln sowie zur Prüfung von Hypothesen über Störungsursachen und zur Ursachenbeseitigung und (3) um Wissen über Strategien zur Störungsursachenidentifikation und deren bedingungsabhängigen Einsatz (s. Konradt, 1992). Auf die Art und Weise der internen Repräsentation dieser Wissenskomponenten soll hier nicht eingegangen werden (s. hierzu z.B. Mandl & Spada, 1988).

Sowohl bei der Bestimmung von Lernaufgaben als auch bei deren Nutzung in Lehrprogrammen wurden diese Erkenntnisse über diagnostische Tätigkeiten berücksichtigt. (s. auch Abb. 4)

Allgemeines methodisches Vorgehen

Die Untersuchungen wurden in Etappen von den Bearbeitern der am o.g. Projekt beteiligten Institutionen entsprechend dem in Abb. 1 dargestellten Plan arbeitsteilig realisiert.

Trainingsbedarfsanalyse

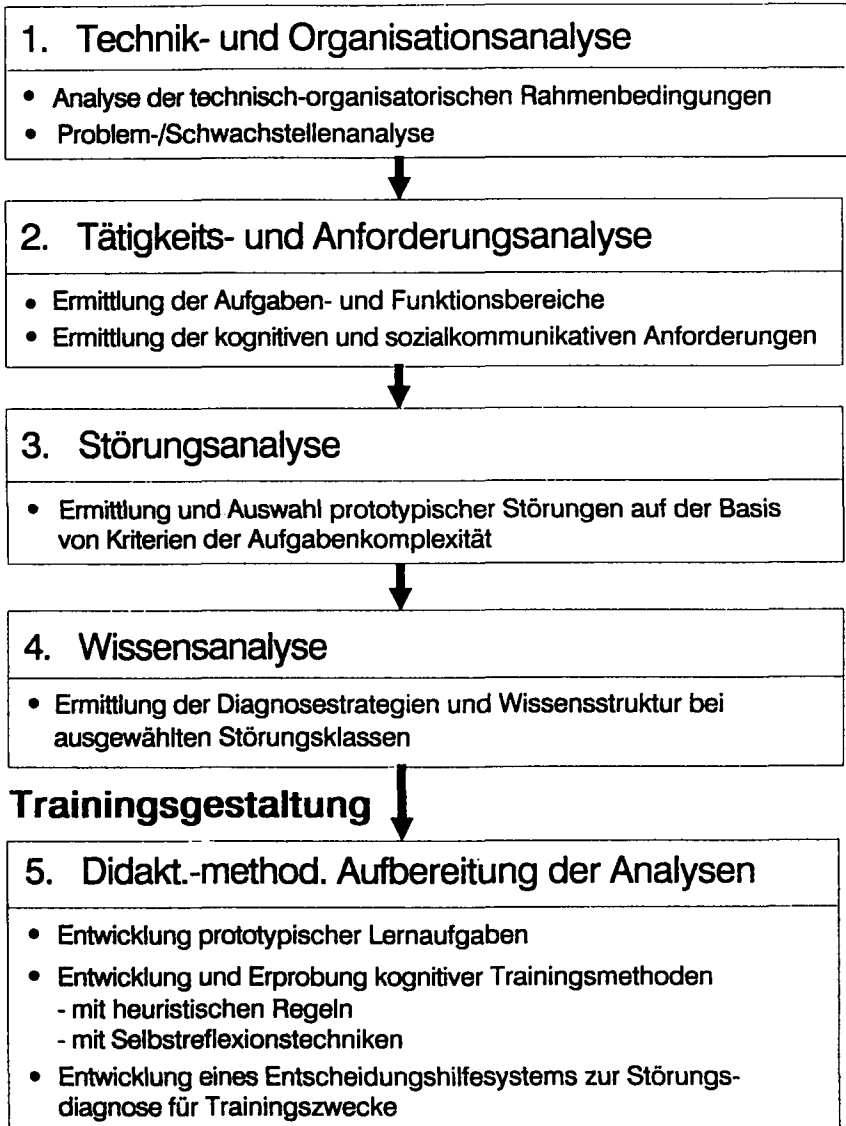


Abbildung 1: Untersuchungsetappen

Ziel der *ersten* Untersuchungsstufe war es, einen groben Überblick über die technisch-organisatorischen Strukturen in den ausgewählten Bereichen von zwei Automobilunternehmen, über die Arbeitsinhalte der dort mit der Instandhaltung befaßten Mitarbeiter sowie über Probleme bei der Störungsdiagnose und -behebung zu gewinnen. Durch eine Arbeitsanalyse in ausgewählten Bereichen sollten dann in einer *zweiten* Stufe die Lernerfordernisse bei Instandhaltern aufgedeckt und mögliche Lerninhalte bestimmt werden. Im einzelnen ging es um eine möglichst differenzierte Ermittlung

- der technisch-organisatorischen Bedingungen in den verschiedenen Bereichen,
- der auftretenden Störungen und ihrer Merkmale,
- der Aufgaben und Funktionen der Instandhalter,
- der kognitiven Anforderungen insbesondere bei der Störungsdiagnose und -behebung,
- der Kommunikations- und Kooperationserfordernisse bei Instandhaltungstätigkeiten.

Als Grundlage für die Auswahl von Störungen, die in den geplanten kognitiven Trainings als Lernaufgaben eingesetzt werden können, wurden daran anschließend in einem *dritten* Schritt die erfaßten Störungen hinsichtlich der Ausprägung leistungsbestimmender globaler Merkmale klassifiziert. Ziel der *vierten* Untersuchungsstufe war es, durch Wissensanalysen mit erfahrenen Instandhaltern anhand der ausgewählten Störungen Aufschluß über erfolgreiche Vorgehensweisen zur Diagnose von Störungsursachen und das dazu notwendige Faktenwissen bzgl. Störungssymptome, Symptom-Ursache-Beziehungen und Maßnahmen zur Störungsbehebung zu gewinnen. Schließlich wurden ein Training mit heuristischen Regeln und Vorgehensinstruktionen und ein Selbstreflexionstraining mit simulierten Störungen als Lernaufgaben konzipiert und im Rahmen der Ausbildungsgänge Industriemechaniker/Produktionstechnik und Betriebstechnik durchgeführt. Im folgenden wird auf die wesentlichsten Ergebnisse dieses Untersuchungsprogramms eingegangen.

Anforderungs- und Wissensanalysen

Arbeitsanalyse

Um eine möglichst umfassende Charakterisierung der ausgewählten Instandhaltungstätigkeiten vornehmen zu können, wurden drei weitgehend standardisierte und in der arbeitswissenschaftlichen Literatur eingeführte Verfahren in verschiedenen Betriebsbereichen bei Instandhaltern (Schlosser und Elektriker) und Anlagenführern eingesetzt:

1. Leitfaden zur qualitativen Personalplanung bei technisch-organisatorischen Innovationen (LPI) von Sonntag u.a. (1992)
2. Tätigkeitsbewertungssystem – Geistige Arbeit (TBS/GA) von Rudolph u.a. (1978)
3. Tätigkeits-Analyse-Inventar (TAI) von Frieling u.a. (1993)

Die grundlegende Erhebungsmethode für alle drei Verfahren ist das sog. Beobachtungsinterview. Es wurde daher ein komplexer Interviewleitfaden entwickelt, der Fragen zu allen Analyseaspekten der Verfahren enthielt. Zusätzlich wurden Aufgaben- und Funktionskataloge mit Einschätzungen der jeweiligen Zeitanteile und – soweit vorhanden – Störungsprotokolle und weitere betriebliche Unterlagen ausgewertet. Für die unterschiedlichen Untersuchungsbereiche und Tätigkeiten wurden zunächst Auswertungen entsprechend der Vorschriften für die eingesetzten arbeitsanalytischen Verfahren vorgenommen. Auf deren differenzierte Darstellung kann hier verzichtet werden (vgl. hierzu Sonntag, Bergmann, Timpe & Rothe, 1993).

Bezogen auf unser Anliegen ergab sich, daß auf Grund der durchgeführten Analysen der Lernbedarf zur Bewältigung von Störungsdiagnose und -behebung hinreichend begründet werden kann: Bei Instandhaltungstätigkeiten dominieren unter den nach dem LPI aufgeschlüsselten Teiltätigkeiten – gemessen am prozentualen zeitlichen Anteil der Gesamttätigkeit – Störungsdiagnose und Störungsbehebung. Die Anlagenführer verbrauchen die meiste Arbeitszeit zwar für Bedien- und Kontrolltätigkeiten, Störungsdiagnosen und -behebung werden aber leistungsbestimmend, wenn Instandhalter nicht mehr bei Routinestörungen, sondern nur noch bei seltenen, komplizierten Störungen gerufen werden können. Variabilität und Komplexität der geforderten Informationsaufnahme und -verarbeitung liegt entsprechend der TAI- und TBS-Befunde bei den hier analysierten Teiltätigkeiten Störungsdiagnose und -behebung im Vergleich zu den Normwerten der Verfahren im mittleren und teilweise im überdurchschnittlichen Bereich. Erkenntnisse über zu vermittelnde Lerninhalte konnten dagegen kaum gewonnen werden. Die in den arbeitsanalytischen Verfahren vorgenommene Zerlegung von Arbeitstätigkeiten in elementare Einheiten und darüber gebildete Klassifikationen und Bewertungen ermöglichen kaum, die trainingsrelevanten Handlungsstrukturen von Arbeitstätigkeiten abzubilden. Insbesondere bleibt ungeklärt, wie Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten bei der Lösung der Arbeitsaufgaben vom einzelnen Arbeitnehmer eingesetzt werden. Aus unserer Sicht ist daher der von vielen arbeitsanalytischen Verfahren erhobene Anspruch, Ausbildungsinhalte erfassen zu können, so nicht gerechtfertigt. Gleichwohl – und das zeigen auch die vorliegenden Erhebungen – kann auf Arbeitsanalysen im Vorfeld der Bestimmung von Lerninhalten nicht verzichtet werden. Denn neben der Ermittlung des Lernbedarfs erwerben die Untersucher durch die systematische Erhebung von Merkmalen der jeweiligen Arbeitssituation auch nicht quantifizierbares Hintergrundwissen, was sie erst befähigt, differenziertere Analysen im Feld durchzuführen.

Störungsanalyse

Im Blick auf die Entwicklung von Lernaufgaben für die geplanten Trainings sollte das Merkmal 'Komplexität' Kriterium für die Störungsklassifikation sein. In Anlehnung an die Definition komplexer Probleme (s. Dörner, Kreu-

zig, Reither & Stäudel, 1983) und entsprechend der vorangegangenen Analysen resultiert u.E. die Komplexität von Störungen aus folgenden Merkmalsdimensionen:

- Transparenz (T):
Grad der Erkennbarkeit der Störungsursachen
- Informationsvielfalt (I):
Anzahl und Kompliziertheit der erforderlichen Diagnosehilfsmittel
- Vernetztheit (V):
Grad der Eindeutigkeit der Symptom-Ursache-Beziehungen
- Fachwissen (F):
Umfang und Tiefe des zur Fehlersuche erforderlichen Fach- und Anlagenwissens

In einer ersten Interviewsitzung wurden nun die betrieblichen Experten gebeten, Störungsbeispiele anzugeben und zu beschreiben, die jeweils hinsichtlich einer der genannten Dimensionen ihres Erachtens als „leicht“, „mittelschwer“ oder „schwer“ (L, M, S) einzustufen sind. Aus der Menge der erhobenen Störungen wurden dann 48 so ausgewählt, daß sie über die 12 Störungsklassen gleichmäßig verteilt waren. Für jede ausgewählte Störung wurden Störungsursache und -symptome auf einer Karte notiert und in einer zweiten Interviewsitzung hatten sie diese hinsichtlich folgender weiterer Kriterien zu bewerten:

- Schwierigkeit der Störungsursachenidentifikation
- Auftretshäufigkeit der Störung
- Notwendigkeit zur Kooperation mit anderen Experten bei der Störungsdiagnose
- Kompliziertheit der Handhabung von Diagnosehilfsmitteln

Die wesentlichsten Ergebnisse seien hier angeführt:

- Die Instandhalter waren in der Lage, aus ihrem Gedächtnis heraus Beispiele für jede der definierten Störungsklassen zu benennen, die Störungsursache(n) und Störungssymptome zu charakterisieren sowie die Art der Kooperation bei der Störungsdiagnose zu beschreiben.
- Die für Schlosser und Elektriker getrennt erhobene Rangreihe der jeweils gewählten 48 Störungen nach der komplexen Schwierigkeit erbrachte eine Urteilerübereinstimmung nach Guilford (Sixtl, 1967, S. 166) für die Schlosserstichprobe $Rho = 0.70$ und für die Elektrikerstichprobe $Rho = 0.80$.
- Die Ergebnisse der Häufigkeitsschätzung des Auftretens der Störungen auf einer fünfstufigen Ratingskala ergab eine Urteilerübereinstimmung nach Horst (Sixtl, 1967) für Mechaniker $Rho = 0.62$ und für die Elektriker $Rho = 0.79$. Tendenziell wird die Schwierigkeit einer Störung umso größer eingeschätzt, je seltener das Auftreten dieser Störung beurteilt wird.
- Die Angaben darüber, ob eine Störung von einem Schlosser (S) oder einem Elektriker (E) allein oder in Kooperation (E oder S) diagnostiziert wird, zeigen, daß sich offensichtlich mit zunehmender Schwierigkeit auch Kooperationsnotwendigkeiten ergeben.

Somit lagen nunmehr Störungen vor, die definierten Kriterien der Aufgabenkomplexität entsprechen und unterschiedliche Schwierigkeitsgrade repräsentieren. Die ermittelten individuellen Daten belegen, daß die untersuchten Instandhalter offensichtlich über relativ stabile und differenzierte Gedächtnisstrukturen von den in ihrem jeweiligen Bereich auftretenden Störungen und deren Diagnostizierbarkeit besitzen, so daß diese Experten zu weiteren Wissensanalysen herangezogen werden konnten.

Wissensanalyse

Für eine differenzierte Wissensanalyse mußte das Untersuchungsfeld nochmals verkleinert werden. Daher wurde zunächst unter Berücksichtigung der bisher erhobenen Merkmalscharakteristika der Störungen ein Auswahlalgorithmus entwickelt und auf die Störungsmengen angewandt. Im Ergebnis lagen jeweils 12 Störungen als repräsentativ für die Ausgangsmengen vor, d.h., pro Komplexitätsdimension und Schwierigkeitsklasse je eine Störung. Für diese Störungen sollten nun die prozeduralen und deklarativen Wissensgrundlagen ermittelt werden. Die dazu durchgeführten Tiefeninterviews orientierten sich an den aus den bisherigen Erhebungen ableitbaren allgemeinen Phasen bei der Störungsdiagnose und -behebung. Dementsprechend gliederte sich der Interviewleitfaden in die Abschnitte

- Aufgabenübernahme
- Erkennen von Störungsmerkmalen
- Eingrenzen bzw. Erkennen der Störungsursachen
- Maßnahmen der Störungsbehebung.

Die Interviews sollten insbesondere Erkenntnisse darüber erbringen, welche Informationen Instandhalter bei Auftreten der ausgewählten Störungssymptome einholen, welche Hypothesen sie wann im Verlaufe des Störungsdiagnoseprozesses entwickeln, welche Prüfschritte bzw. Suchpfade sie gehen, welche strategischen und taktischen Regeln sie dabei anwenden und welche Hilfsmittel und Unterlagen herangezogen werden. Außerdem sollten Fehlermöglichkeiten bei Suchoperationen benannt werden.

Im Ergebnis dieser Interviews zeigte es sich, daß die Instandhalter durchgehend in der Lage waren, konkrete Angaben zu den Störungsmerkmalen und ihrem Vorgehen bei der Störungsdiagnose zu machen, so daß für die ausgewählten Störungen jeweils Ablaufdiagramme entwickelt werden konnten. Abbildung 2 zeigt ein willkürlich ausgewähltes Beispiel aus der Menge der mechanischen Störungen. Als weniger wirksam erwiesen sich Fragen zu handlungsorganisierenden Vorgehensregeln oder Prinzipien und zu Fehlermöglichkeiten bei der Störungsdiagnose und -behebung. Handlungsorganisierende Vorgehensregeln sind wahrscheinlich nicht störungsbezogen abgespeichert oder aber so weit automatisiert, daß sie nicht mehr verbalisiert werden können. Fehlhandlungen bei der Störungsdiagnose und -behebung treten offensichtlich kaum auf bzw. werden nicht als problematisch erlebt.

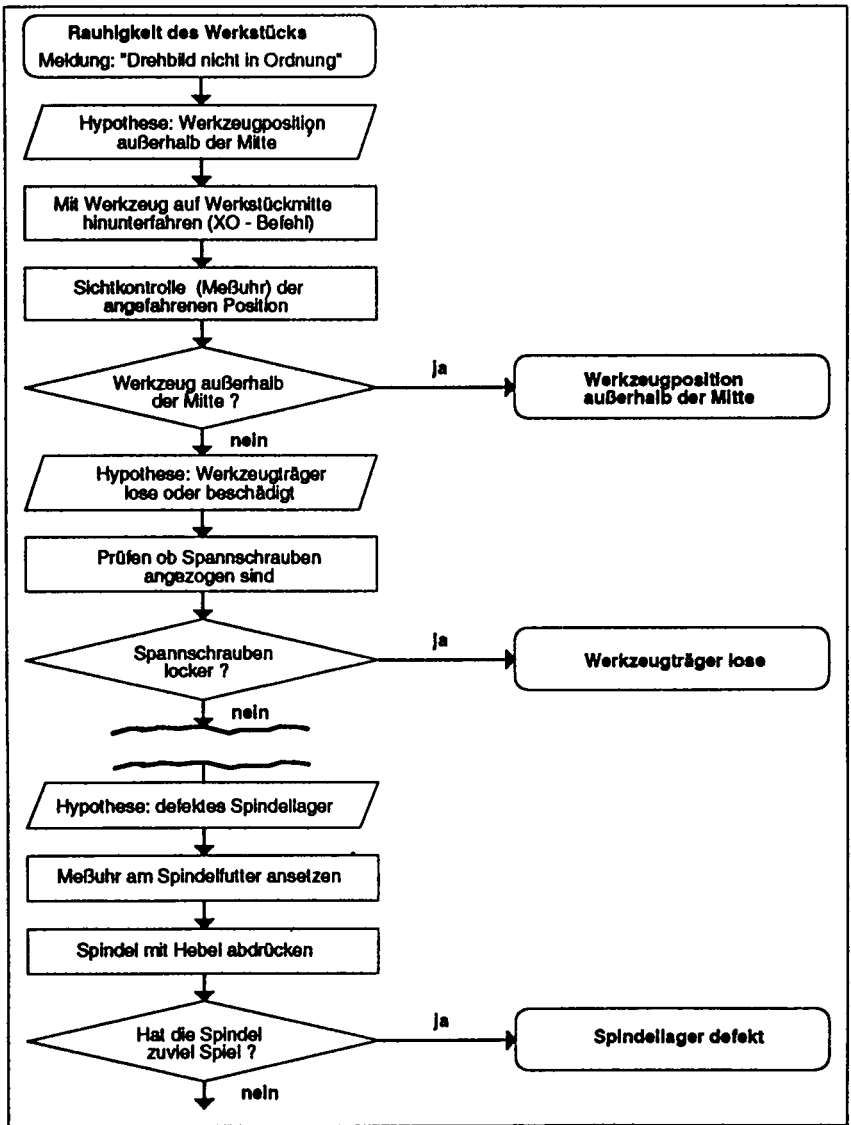


Abbildung 2:
Ausschnitt eines Ablaufdiagramms zur Diagnose mechanischer Störungen

In einer zweiten Phase der Wissensanalyse wurden diese erhobenen Daten validiert:

Die gleichen Instandhalter bekamen zunächst die Instruktion, die auf Kärtchen notierten Ursachen und Symptome einer Störung danach zu ordnen, welcher Sachverhalt Ursache oder Folge von welchem anderen Sachverhalt ist.

Um Ursache- bzw. Folgerelationen zwischen Sachverhalten darzustellen, sollten Relationskärtchen in Form von Pfeilen mit der Beschriftung „Ist Ursache von“ und „Ist Folge von“ benutzt werden. Für fehlende Sachverhalte lagen leere Kärtchen bereit, und nicht dazugehörige bzw. redundante Sachverhalte sollten aussortiert werden.

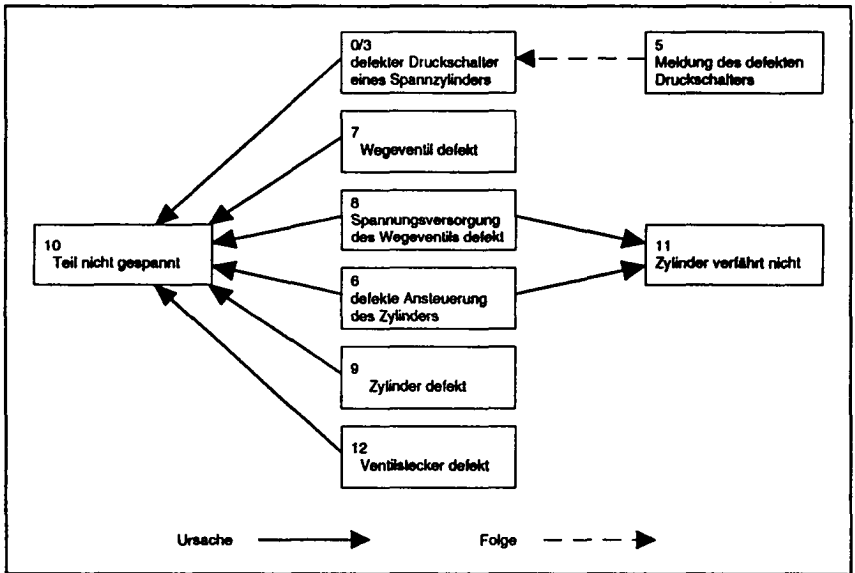


Abbildung 3:
Symptom – Ursache – Struktur der Störungen des defekten Druckschalters

Wiederum waren alle untersuchten Instandhalter in der Lage, Karten entsprechend ihrer internen Repräsentationen zu ordnen und so Wissensstrukturen aufzubauen sowie eindeutige Aussagen zu relevanten bzw. irrelevanten Sachverhalten und Relationen zu machen (Beispiel s. Abbildung 3). Probleme traten bei der korrekten Anwendung vorgegebener Relationen auf. So wurden z.B. „Ursache“ und „Folge“ häufig verwechselt, was erst durch Nachfragen in der Regel geklärt werden konnte. Außerdem wurden nur selten komplexere Wirkungszusammenhänge gelegt. Die Frage bleibt offen, ob komplexere Wirkungsketten auch intern vereinfacht abgebildet werden, oder ob es mangelnde Übung mit der Strukturlegetechnik war, die zu einer Vereinfachung der Wissensstruktur geführt hat.

Zur Validierung der Vorgehensweisen bei der Fehlersuche wurden den Instandhaltern die von den Untersuchern erarbeiteten Ablaufdiagramme vorgelegt. Die Diagramme waren auf sachliche Richtigkeit zu prüfen und falls erforderlich, sollten Ergänzungen bzw. Streichungen vorgenommen werden. Dies erwies sich als problematisch. Die Probanden hatten Schwierigkeiten, den Aufbau der Diagramme zu verstehen, insbesondere bei den Hypothesen-Prüfschritt-Abfolgen zur Diagnostizierung von schweren Störungen.

gen. Hinzu kamen Motivationsprobleme, d.h. die Probanden waren geneigt, einem Ablaufdiagramm zuzustimmen, um sich die kognitiv aufwendige Vergegenwärtigung ihres eigenen Vorgehens zu ersparen. Gleichwohl ließen sich die vorgelegten Diagramme insoweit bestätigen, daß Graphen im Sinne von Arbeitsschrittfolgen entsprechend der sog. hierarchischen Aufgaben-Analyse abgeleitet werden konnten. Dabei wird vorgegeben, mit welchen Operationen ein Ziel erreicht werden kann und unter welchen Bedingungen und in welcher Abfolge diese Operationen auszuführen sind. Für die möglichen Störungen lassen sich dann Wege oder Pfade zur Ursachenfindung und die dazu benötigte Schrittzahl bestimmen.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß es zwar nicht gelungen ist, mit den eingesetzten wissensanalytischen Methoden die Wissensgrundlagen für die Störungsdiagnose und -behebung bei den ausgewählten Störungen vollständig zu erfassen. Ursache dafür ist u.E. vor allem die Komplexität und Dynamik in den technischen Systemen. Gleichwohl ließen sich auf der Grundlage der beschriebenen Analysen Trainingsinhalte zur Störungsdiagnose und -beseitigung bestimmen. Diese werden aber nicht als geschlossenes System betrachtet, dessen wesentliche Wissensbestände zu vermitteln sind und dessen Struktur anzueignen ist. Vielmehr werden sie als offenes und zu entwickelndes System aufgefaßt. Die Trainingsmaßnahmen wurden daher so konzipiert, daß sie die selbständige Problemanalyse und die Befähigung zur Generierung von Problemlösungen entwickeln und bei den Lernenden die Motivation zur selbstverantwortlichen Weiterentwicklung ihrer Problemlösestrategien ausbilden.

Trainings zur Störungsdiagnose

Trainingsgestaltung

Zielsetzung war die Vermittlung und Einübung eines effektiven, strategiegeleiteten Vorgehens bei der Diagnose von Störungen an rechnergestützten Fertigungssystemen.

Hierzu waren zum einen Störungen und Übungskontexte auszuwählen, die die in der betrieblichen Realität auftretenden Diagnoseanforderungen in prototypischer und lernaufgabengerechter Form mit variierendem Schwierigkeitsgrad repräsentieren. Außerdem war jeweils eine regelgeführte und eine reflexionsorientierte Trainingsmethodik zu entwickeln, die die Lerner bei der intellektuellen Durchdringung und strategischen Bewältigung der Diagnoseaufgaben systematisch anleiten sollte (zur Entwicklung und Erprobung der Trainings vgl. Sonntag & Schaper, 1993).

a) Gestaltung des Trainings mit Vorgehensregeln

Das Training eines strategiegeleiteten Vorgehens bei der Störungsdiagnose erfolgte mit Hilfe eines Systems von Vorgehensregeln. Durch die Vorgabe und Verinnerlichung solcher Regeln soll der Auszubildende befähigt werden, den Prozeß der Planung und Ausführung komplexer Prozeduren selbst-

ständig und aufgabenadäquat gestalten zu können. Die Regeln haben dabei die Funktion, auf Lösungsprinzipien und Strategien hinzuweisen, zur Aktivierung von Gedächtnisbesitz aufzufordern oder allgemein aktivierende Impulse zum Problemlösen zu geben.

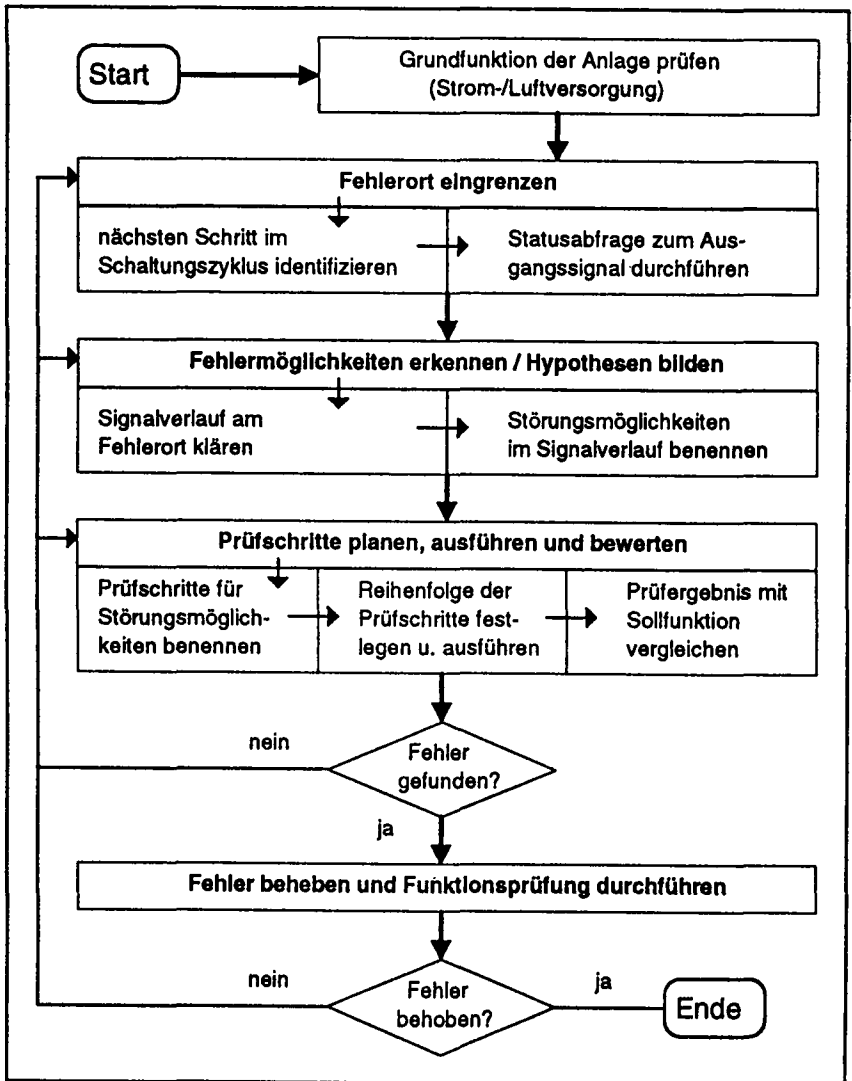


Abbildung 4:
Informationsverarbeitungsprozeß bei der Störungsdiagnose

Die Formulierung der Regeln leitet sich aus den strategischen Denk- und Handlungsanforderungen bei der Fehlersuche ab (s. Abb. 4). Zur Vermittlung eines an den Regeln orientierten strategischen Vorgehens reicht es er-

fahrungsgemäß nicht aus, die Regeln den Auszubildenden nur in einer schriftlichen Version vorzugeben. Zum Erlernen einer komplexen Vorgehensstrategie ist vielmehr ein gesonderter Instruktions- und Übungsprozeß erforderlich, der in Anlehnung an Friedrich & Mandl (1992) folgende Schritte beinhaltet:

- Sensibilisierung für den Umgang mit Strategien
- Erwerb von Wissen über die Strategie durch Beobachtungslernen und Strukturlegetechniken
- Überführung des Strategiewissens in eine kognitive Prozedur durch Übungen an prototypischen Diagnoseaufgaben
- Feinabstimmung (tuning) und Routinisierung der Strategieranwendung durch Übungen an variierenden und komplexeren Störungsfällen.

Dieses Vorgehen wurde für das regelgeführte Training entsprechend konkretisiert und umgesetzt. Zur Verdeutlichung wird hier ein Ausschnitt der für das Training entwickelten Vorgehensregeln wiedergegeben:

Fehlerort eingrenzen

- **Mache Dir den Schaltungsablauf klar und ermittle den nächstfolgenden Schritt!**
Beachte dabei, daß bestimmte Schaltstellungen der Zylinder mehrfach im Zyklus auftreten!
Prüfe im Status, ob das Ausgangssignal für den nächsten Schritt gebildet wird!

Fehlermöglichkeiten erkennen

- **Mache Dir den Signalverlauf am Fehlerort klar!**
Notiere, wo die Störung liegen könnte!
Gibt es noch weitere Möglichkeiten?

b) Gestaltung des Selbstreflexionstrainings

Das Selbstreflexionstraining erfolgte in enger Verzahnung mit der selbständigen Bearbeitung der Lernaufgabe. Selbsterfahrungen in der Störungsdiagnose, d.h. das eigene Erleben von Problemen sind Voraussetzung für Selbstreflexion. Sie wurden in mehrstufiger Form vorgesehen, nämlich als individuelle Selbstreflexion, bei der das Überdenken, Bewußtmachen und Bewerten der praktizierten Strategie im Vordergrund steht und als gruppenbezogene Reflexion, in welcher Vorgehensweisen und Erfahrungen mehrerer Personen verglichen und bewertet werden.

Die individuelle Selbstreflexion nach dem aktiven und observativen Training erfolgte schriftlich anhand eines Frageleitfadens. Die Aufforderung zum schriftlichen Notieren sollte zu bewußtem, denkendem Reflektieren anregen. Aufgeschriebene Begriffe unterliegen stärker einer bewußten Kontrolle.

Die Selbstreflexion in den Zweiergruppen erfolgte nach der Bearbeitung der zweiten Aufgabe und deren individueller Selbstreflexion. Sie diente dem Vergleich des Vorgehens in beiden Lernaufgaben und dem Vergleich der Vorgehensweisen beider Auszubildender.

Bei der gruppenbezogenen Reflexion wurden mit Hilfe der Meta-Plan-Methode von den Auszubildenden ein allgemeines Vorgehen bei Störungen erarbeitet. Die dazu erforderlichen einzelnen Vorgehensschritte wurden zunächst in Zweiergruppen erarbeitet. Anschließend erfolgte die Bewertung und Weiterentwicklung dieser Vorgehensweisen durch die Gesamtgruppe. Das von der Gruppe erarbeitete Vorgehen bei der Störungsdiagnose wurde während des Trainings als Orientierungshilfe genutzt und weiterentwickelt. Dazu wurden über ein Punktebewertungssystem Problemstellen des allgemeinen Vorgehens durch die Auszubildenden identifiziert. Zur Verbesserung der Transparenz erfolgte außerdem mit Hilfe einer Gruppendiskussion eine weitere Differenzierung dieser Problemstellen.

Untersuchungsdesign

Die Wirksamkeit der Trainings wurde in einem quasiexperimentellen Kontrollgruppenversuch überprüft. Neben der Kontrollgruppe umfaßte die Untersuchung eine Experimentalgruppe mit regelgeleitetem Training (EG1) und eine Experimentalgruppe mit Selbstreflexionstraining (EG2).

Die Trainingseffekte wurden anhand einer praktischen Diagnoseaufgabe im Anschluß an das Training überprüft. Zusätzlich wurde nach einem Monat ein Transfertest an einer anderen Anlage durchgeführt. Für den Posttest wurde die übergeordnete Hypothese überprüft, daß Auszubildende mit Strategietraining Diagnoseaufgaben effizienter und systematischer bearbeiten als herkömmlich trainierte Auszubildende. Diese Hypothese wurde anhand von drei Leistungskriterien operationalisiert. Die Systematik der Fehlerdiagnose spiegelt sich in der Anzahl der Prüfhandlungen und der Anzahl irrelevanter, also nicht erforderlicher Prüfhandlungen wieder. Die Effizienz der Fehlerdiagnose läßt sich durch die benötigte Bearbeitungszeit der Aufgabe erfassen.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der drei Versuchsgruppen in bezug auf die genannten Leistungskriterien ist der Tabelle 1 zu entnehmen. Die Gruppenunterschiede in den abhängigen Variablen wurden anhand einer multivariaten Varianzanalyse inferenzstatistisch ausgewertet.

Die multivariate Auswertung ergibt, daß sich die Leistungen im Posttest über alle Prüfkriterien und Gruppen signifikant unterscheiden. Dieses Ergebnis spricht für einen generellen Trainingseffekt, der durch univariate Auswertungen und hypothesenbezogene Einzelvergleiche weiter untersucht werden kann.

Anhand der Mittelwerte des Posttests ist festzustellen, daß die beiden Experimentalgruppen mit Strategietraining in allen drei Kriterien die besseren Leistungen erzielten. Es sind allerdings auch relativ große Leistungsstreuungen innerhalb der Gruppen vorzufinden. Sowohl über alle drei Gruppen als auch in den Einzelvergleichen der beiden Experimental- mit der Kontrollgruppe

Tabelle 1:

Ergebnisse im Posttest für die Kontrollgruppe, die Experimentalgruppe mit regelgeleitetem Training (EG1) und die Experimentalgruppe mit Selbstreflexionstraining (EG2)

	KG		EG 1		EG 2		univariater F-Test	KG - EG 1 Einzel- vergleich	KG - EG 2 Einzel- vergleich
	- X	S	- X	S	- X	S			
Bearbeitungszeit (Min.)	17.9	10.9	12.5	11.2	14.2	9.7	F = 1.56 n.s.	t = 1.31 n.s.	t = 1.0 n.s.
Anzahl der Prüfhandlungen	23.1	12.7	12.8	10.1	14.6	6.0	F = 6.0 *	t = 2.51 *	t = 2.58 *
Anzahl irrelevanter Prüfschritte	16.8	11.0	6.0	6.1	6.9	4.4	F = 11.59 *	t = 3.64 *	t = 3.66 *
Stichprobenumfang	N = 22		N = 11		N = 11		N = 44	N = 33	N = 33

* = signifikant ($p = .05$)

unterscheiden sich die Anzahl der Prüfhandlungen und die Anzahl irrelevanter Prüfschritte. Bei der Bearbeitungszeit sind keine bedeutsamen Unterschiede über alle drei Gruppen und ebenso nicht in den Einzelvergleichen festzustellen.

Bezüglich der Systematik des Vorgehens bei der Fehlereingrenzung konnte die formulierte Posttest-Hypothese bestätigt werden. Sowohl die Anzahl der durchgeführten Prüfschritte als auch die Anzahl irrelevanter Schritte sind in beiden Experimentalgruppen signifikant geringer als in der Kontrollgruppe. Durch die Vorgehensregeln werden die Auszubildenden erfolgreich angeleitet, eine Störung in der Anfangsphase der Fehlersuche auf einen definierten Suchraum einzugrenzen. Dies ist eine wesentliche strategische Handlungsanforderung bei der Fehlersuche an automatisierten Fertigungsanlagen.

In beiden Experimentalgruppen können keine überzufälligen Verbesserungen der Bearbeitungszeit nachgewiesen werden. Trotz deutlicher Mittelwertsunterschiede lassen die Leistungsstreuungen innerhalb der Gruppen das Ergebnis bei den Einzelvergleichen nicht signifikant werden. Ob Auszubildende bei der Fehlersuche effizient vorgehen, hängt vermutlich in hohem Maße von den individuellen Voraussetzungen der Lerner ab. Erklären läßt sich dieses Ergebnis durch den relativ kurzen Trainingszeitraum. In einem Review verschiedener Trainings von Lern- und Denkstrategien resümieren Friedrich & Mandl (1992), daß wirkungsvolles Strategielernen langfristige und intensive Lern- und Übungsprozesse erfordert. Ein entsprechend längerfristig angelegtes Training der Fehlersuche konnte aufgrund bestimmter Rahmenbedingungen des Lehrgangs in diesem Fall nicht realisiert werden, ist aber bei weiteren Untersuchungen zu berücksichtigen.

Insgesamt erweisen sich die entwickelten kognitiven Trainings zur Förderung von Strategieleistungen bei der Fehlersuche als relativ erfolgreich; dies gilt insbesondere für die Trainingsvariante mit heuristischen Regeln.

Methodenkritische Bewertung und Ausblick

Zielsetzung der im ersten Teil vorgestellten Anforderungs- und Wissensanalysen war die Bestimmung von Trainingselementen für ein tätigkeitsorientiertes Diagnosetraining, um auf dieser Grundlage eine didaktisch-methodische Gestaltung vornehmen zu können. Auch wenn keine vollständige Wissensbestimmung möglich war, konnte doch gezeigt werden, daß die Analyseergebnisse wirkungsvoll zur Gestaltung zweier Strategietrainings zur Fehlerdiagnose umgesetzt werden konnten. Dies stellt zweifellos ein effizientes Vorgehen gegenüber der Mehrzahl der im deutschsprachigen Raum veröffentlichten Qualifikationsbedarfsanalysen dar. Dort wird der Lernbedarf in der Regel auf deutlich globalerem Niveau erfaßt.

Auch wenn die eingesetzten Methoden spezifisch auf die Analyse diagnostischer Aufgaben zugeschnitten wurden, halten wir das grundsätzliche Vorgehen in Form der 4 Untersuchungsschritte auf die Analyse des Lernbedarfs auch bei anderen komplexen Arbeitsaufgaben bspw. kaufmännische Aufgabenstellungen für übertragbar. Dies begründet sich wie folgt:

Die Analyse der psychischen Leistungsvoraussetzungen zur Bewältigung komplexer Anforderungen sollte grundsätzlich immer auch die Untersuchung der vorgegebenen Anforderungen durch Aufträge, Arbeitsstrukturen und technische Ausstattung mit einschließen. Um die trainingsrelevanten Tätigkeitselemente bzw. Aufgaben zu bestimmen, ist außerdem eine differenzierte Kenntnis der gesamten Anforderungsstruktur der Tätigkeit erforderlich. Beides läßt sich nur durch entsprechende Arbeitsanalysen (im konkreten Fall durch die Technik- und Organisationsanalyse und die Aufgaben- und Anforderungsanalysen) ermitteln.

Weiterhin halten wir die Auswahl von Aufgaben für die Wissensanalyse und Trainingsgestaltung auf der Grundlage wissenschaftlich begründeter Anforderungskriterien für unverzichtbar. Die Anforderungsvielfalt bei komplexen Aufgabenstellungen erfordert eine gezielte und begründete Selektion von Beispielen, die verallgemeinerbare Elemente enthalten und repräsentative bzw. prototypische Anforderungen stellen. Erst auf dieser Grundlage sollten Strategie- und Wissensanalysen in Teilbereichen erfolgen, die für eine effektive Aufgabenbewältigung besonders kritisch sind und eine selektive und begründete Trainingsgestaltung ermöglichen.

Anmerkung

¹ DFG-Projekt: „Analyse und Entwicklung von Fähigkeiten zur Fehlerdiagnose und -korrektur bei komplexen Aufgabenstellungen“ So 224/2-1). An dem Projekt waren neben dem Institut für Arbeitswissenschaft der Universität Gesamthochschule Kassel (Herr Prof. Sonntag) weiterhin das Institut für Allgemeine Psychologie und Methoden der Psychologie der TU Dresden (Frau Prof. Bergmann) und Institut für Psychologie der Humboldt-Universität zu Berlin (Herr Prof. Rothe und Herr Prof. Timpe) beteiligt.

Literatur

- CHRISTENSEN, J.M.; HOWARD, J.M. (1981): Field experience in maintenance. In J. Rasmussen & W.B. Rouse (eds.), *Human detection and diagnosis of system failures*. New York, London: Plenum Press.
- DÖRNER, D.; KREUZIG, H.W.; REITHER, F. & STÄUDEL, T. (Hrsg.) (1983): *Lohausen. Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität*. Bern: Huber.
- DUBS, R. (1989): Vernetztes Denken im Wirtschaftsunterricht. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 85, 50-61.
- FRIEDRICH, H.F. & MANDL, H. (1982): Lern- und Denkstrategien – ein Problemaufriß. In H. Mandl & H.F. Friedrich (Hrsg.), *Lern- und Denkstrategien. Analyse und Intervention*. Göttingen: Hogrefe. S. 3-53.
- FRIELING, E.; FACAOARU, C.; BENEDIX, J.; PFAUS, H. & SONNTAG, Kh. (1993): *Tätigkeits-Analyse-Inventar (TAI)*. Landsberg: ecomed.
- HACKER, W. (1992): *Expertenkönnen. Erkennen und Vermitteln*. Göttingen: Verlag für angewandte Psychologie.
- HACKER, W. (1993): Methodische Impulse aus dem Spannungsfeld zwischen grundlagenwissenschaftlicher Orientierung und angewandter Forschung. Das Beispiel Anforderungsanalyse. In W. Bungard & T. Herrmann (Hrsg.), *Arbeits- und Organisationspsychologie im Spannungsfeld zwischen Grundlagenorientierung und Anwendung*. Göttingen: Hogrefe. S. 267-283.
- JOSIF, G. (1979): Analyse der Diagnosefunktion von Wärmekraftwerksoperatoren und die mentale Informationsrepräsentation. In F. Klix & K.-P. Timpe (Hrsg.), *Arbeits- und Ingenieurspsychologie und Intensivierung*. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- KLUWE, R. (1979): *Wissen und Denken*. Stuttgart: Kohlhammer.
- KONRADT, U. (1992): *Analyse von Strategien bei der Störungsdiagnose in der flexibel automatisierten Fertigung*. Bochum: Brockmeyer Verlag.
- KROGOLL, T.; POHL, W. & WANNER, C. (1986): *CLAUS – CNC Lernen, Arbeiten und Sprache – Untersuchungen über sprachlich gestützte Lehr-/Lernmethoden für lernungewohnte Maschinenarbeiter am Beispiel der CNC-Fertigungstechnik*. Forschungsbericht Humanisierung des Arbeitslebens des Bundesministeriums für Forschung und Technologie – Förderkennzeichen 01 HA 082 4).
- LEPLAT, J. & CUNY, X. (1977): *Introduction à la psychologie du travail*. Paris: PUF, Coll. SUP.
- MANDL, H. & SPADA, H. (1988) (Hrsg.): *Wissenspsychologie*. München, Weinheim: Beltz.
- MERRILL, P.E. (1987): Job and task analysis. In R.M. Gagné (eds.), *Instructional technology: foundations*. Hillsdale: Erlbaum, pp. 141-174.
- REDDING, R.E. (1990): Taking cognitive task analysis into the field: bridging the gap from research to application. *Proceedings of the Human Factors Society, 34th Annual meeting*, pp. 1304-1308.
- RUDOLPH, E.; SCHÖNFELDER, E. & HACKER, W. (1987): *Tätigkeitsbewertungssystem – Geistige Arbeit (TBS-GA)*. Berlin: Psychodiagnostisches Zentrum der Humboldt-Universität.
- SIXTL, F. (1967): *Meßmethoden der Psychologie*. Weinheim: Beltz.
- SONNTAG, Kh. (1989): *Trainingsforschung in der Arbeitspsychologie*. Bern: Huber.
- SONNTAG, Kh. (1992): Ermittlung tätigkeitsbezogener Merkmale: Qualifikationsanforderungen und Voraussetzungen menschlicher Aufgabenbewältigung. In Kh. Sonntag (Hrsg.), *Personalentwicklung in Organisationen*. Göttingen: Hogrefe. S. 136-155.
- SONNTAG, Kh.; HEUN, D. & SCHAPER, N. (1992): Der Leitfaden zur qualitativen Personalplanung bei technisch-organisatorischen Innovationen (LPI). *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 46, S. 51-54.

SONNTAG, Kh. & SCHAPER, N. (1993): Strategies and Training for Maintenance personnel: Optimizing Fault Diagnosis Activities. In M.J. Smith & G. Salvendy (eds.), Human Computer Interaction: Applications and Case Studies, Vol. 1. New York: Elsevier, pp. 90-95.

SONNTAG, Kh; BERGMANN, B.; TIMPE, K.-P. & ROTHE, H.J. (1993): Analyse und Entwicklung von Fähigkeiten zur Fehlerdiagnose und -korrektur bei komplexen Aufgabenstellungen. Arbeitsbericht und Fortsetzungsantrag an die DFG.

Anschriften der Autoren:

Prof. Dr. Karlheinz Sonntag, Dr. Niclas Schaper, Psychologisches Institut der Universität Heidelberg, Hauptstraße 47-51, 69117 Heidelberg

Prof. Dr. Heinz-Jürgen Rothe, Institut für Arbeitswissenschaft, Universität – Gesamthochschule Kassel, Heinrich-Plett-Straße 40, 34109 Kassel.