

## **Entwicklung und Evaluation eines CBTs zur Störungsdiagnose mit Videos zur Strategievermittlung**

Niclas Schaper und Sabine Hochholdinger

AE Arbeits- und Organisationspsychologie der Universität Heidelberg

### **Zusammenfassung**

Störungsdiagnose in komplexen Produktionssystemen stellt hohe Anforderungen an Mitarbeiter. Zur Vermittlung adäquater Strategien wurde ein computergestütztes Training entwickelt und bei 45 Teilnehmern evaluiert, das insbesondere den Transfer fördern soll. Den Kern des CBTs bildet die Simulation einer teilautomatisierten Fertigungsanlage mit 20 Störungsdiagnoseaufgaben. Sechs Videos zur kognitiven Modellierung sollen als weiteres didaktisches Element Strategien der systematischen Fehlersuche vermitteln. Die Experimentalgruppe bearbeitete das Training mit, die Kontrollgruppe ohne kognitive Modellierung. Effekte der kognitiven Modelle auf den Erfolg der Fehlersuche wurden mit Aufgaben auf drei Transferstufen erfasst. Außerdem wurde die Problemlösestrategie anhand von Logfileanalysen erhoben. In den ersten beiden Transferstufen war die Experimentalgruppe signifikant überlegen bezüglich Erfolgs- und Strategiemmaßen. Beide Untersuchungsgruppen schätzten ihr Strategieverhalten im Verlauf des Trainings zunehmend besser ein.

### **1 Einleitung**

Diagnoseaufgaben in komplexen Produktionssystemen stellen hohe Anforderungen an Mitarbeiter. Um diese zu trainieren, sind computergestützte Lernprogramme (CBT) von besonderem Interesse. Dabei liegt die Verwendung von computergestützten Lehr-/Lernformen auf der Grundlage von Simulationen diagnostischer Aufgaben nahe: Sie erlauben risikoloses und potenziell unbegrenztes Erproben von Handlungsmöglichkeiten, selbst bei seltenen Störungen. Außerdem unterstützen sie selbstorganisierte Lernprozesse. Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass CBTs in der Vermittlung praktischer Diagnosefähigkeiten durchaus vergleichbar sind oder sogar bessere Ergebnisse erzielen als Trainings an realen Anlagen (Gott 1988, Johnson & Norton 1992, Schaper & Sonntag 1996, Schaper 2000). Bisherige CBTs vermitteln allerdings Diagnosestrategien vor allem indirekt, durch Rückmeldungen zu den gewählten Aktionen bei Diagnoseaufgaben. Konstruktivistische Ansätze (Mandl & Reinmann-Rothmeier 2001) legen neben der Gestaltung der Lernumgebung auch eine direkte Strategievermittlung durch instruktionale Elemente wie z.B. die kognitive Modellierung nahe.

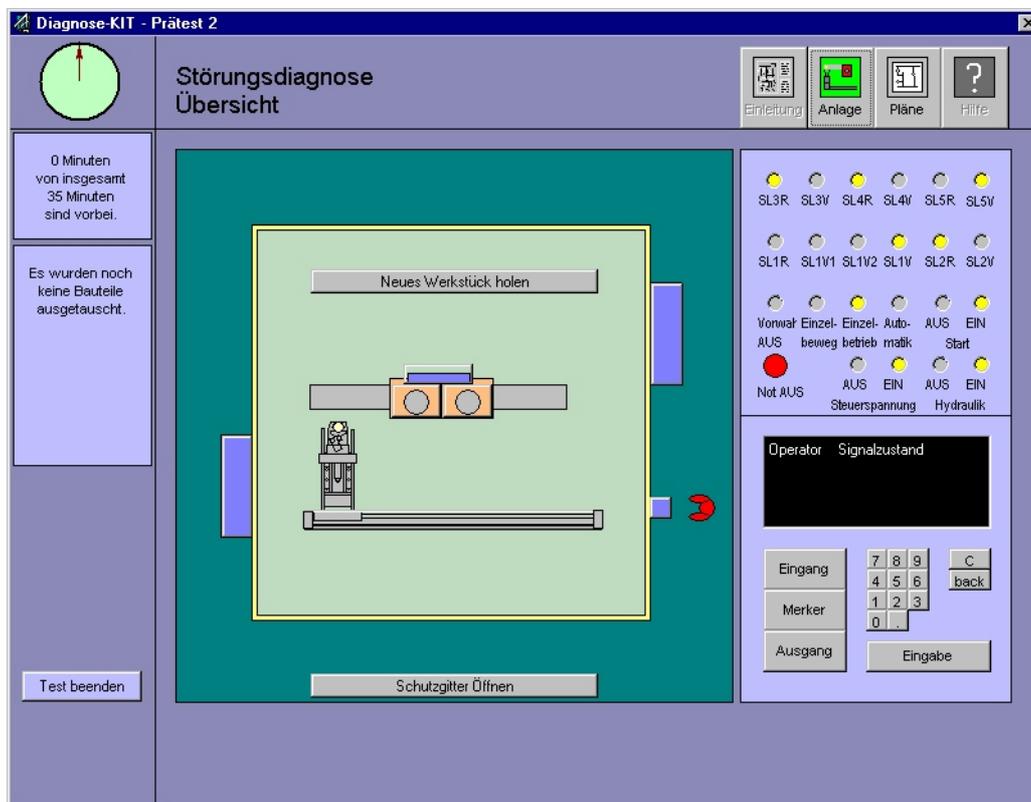
### **2 Lernumgebung „Diagnose-KIT“**

Auf der Grundlage von konstruktivistischen Instruktionsansätzen wurde hier eine Simulation für diagnostische Problemlöseaufgaben entwickelt, bei der die Lernenden diagnostische Handlungsweisen möglichst realitätsnah einüben können, und bei denen ihr strategisches Vorgehen angeleitet wird. Zu diesem Zweck wurden Prinzipien des Cognitive Apprenticeship-Ansatzes (Collins et al. 1989; Lajoie & Lesgold 1992) herangezogen. Dieser Ansatz beschäftigt sich v.a. damit, welche

Methoden zur Anleitung und individuellen Unterstützung beim situierten Lernen geeignet sind und bezieht sich dabei auf ein Modell des Wissens- und Erfahrungsaustauschs zwischen Experten und Novizen in einer Domäne. Die Einübung und situationsabhängige Anwendung der Diagnosestrategien erfolgt darüber hinaus durch die problemorientierte Auseinandersetzung mit der Simulation von diagnostischen Aufgaben und die Bereitstellung von unmittelbarem Feedback zu den gewählten Diagnosehandlungen und dem Diagnoseerfolg.

Abbildung 1: Oberfläche der Anlagensimulation (Hauptansicht).

Das hier untersuchte CBT wurde somit nach konstruktivistischen Gestaltungsprinzipien entwickelt, die auf einen anwendungs- und transferbezogenen Wissens- und Fertigkeitserwerb gerichtet sind durch die Gestaltung eines situierten und problemorientierten Lernens. Diese Instruktionsme-



thoden eignen sich besonders für die Gestaltung multimedialer Lernumgebungen (Casey 1996).

## 2.1 Simulation

Den Kern des Lernprogramms bildet die Simulation einer existierenden teilautomatisierten Fertigungsanlage mit 20 Störungsdiagnoseaufgaben, wobei in jeder Aufgabe genau eine Störung zu finden ist, wie sie im laufenden Betrieb auftreten könnte. Die Simulation sollte von ihrem Verhalten, von ihrer Struktur und ihrer Bedienung her möglichst authentisch gestaltet sein (Schaper et al. 2000), um eine eigenständige Exploration und aktive Wissenskonstruktion in Bezug auf den Anwendungskontext zu unterstützen. In Diagnose-KIT haben die Lernenden in der Rolle von In-

standhalten den Auftrag, den Fehler durch entsprechende Prüfoperationen einzugrenzen, zu diagnostizieren und zu beheben, indem sie ein defektes Bauteil austauschen oder ein verstelltes Bauteil justieren.

Deshalb navigiert der Benutzer mit Hilfe einer virtuellen Instandhalterfigur durch einen zweidimensionalen Aufriss des realen Aufbaus und kann die Anlagenkomponenten durch Anklicken näher betrachten. Bei der Interaktion mit dem Lernprogramm gibt es verschiedene Möglichkeiten, sich wie in der Realität anhand von Anlagenplänen über die technischen Gegebenheiten zu orientieren, Strom- und Druckmessungen durchzuführen, den Operandenstatus der SPS-Steuerung abzufragen und manuell in die Anlagensteuerung einzugreifen, indem zum Beispiel die Einzel-funktionen von Anlagenkomponenten geprüft werden. Mit diesen Eingriffsmöglichkeiten und Hilfsmitteln lässt sich eine Fehlersuche weitgehend selbstgesteuert durchführen, da die Lernenden frei im Lernprogramm navigieren und explorieren können. Die Störungen entsprechen häufigen Störungen der realen Anlage, die durch Aufgabenanalysen bei Instandhaltern ermittelt wurden (Schaper & Sonntag 1996). Sie decken vier nach Funktionen klassifizierte Störungsbereiche ab, elektrische Eingangsfehler, elektrische Ausgangsfehler, pneumatische und hydraulische Eingangsfehler.

Aufgrund der Erfahrungen in einem Pilottraining (Schaper, Sonntag, Zink & Spenke 2000) wurde die Lernumgebung außerdem um zwei computergestützte Einführungstutorials ergänzt. Das erste beschreibt Aufbau und Funktion der Anlage und enthält neben der schematischen Darstellung und Beschreibung der Anlagenelemente Fotos der realen Anlage. Das zweite Tutorial führt durch die Bedienung der Simulation und veranschaulicht die wichtigsten Eingriffsmöglichkeiten, wie Messungen und Austausch von Bauteilen.

## **2.2 Videos zur kognitiven Modellierung**

Die kognitive Modellierung als instruktionale Methode stammt aus dem Ansatz des Cognitive Apprenticeship (Collins, Brown & Newman 1989), der Methoden zur Anleitung und Unterstützung konstruktivistischer Lernprozesse formuliert. Diese stellen abstrahierte Ausbildungsprinzipien in der traditionellen Handwerkslehre dar. Deshalb bietet sich die kognitive Modellierung für eine anwendungs- und transferorientierte Strategievermittlung an. Dabei vermitteln Experten den Lernenden in authentischen Situationen die wesentlichen Fertigkeiten und unterstützen ihn mit verschiedenen Methoden beim Ausführen. Instruktionsmethoden des Cognitive Apprenticeship-Ansatzes bestehen in kognitiver Modellierung (Modeling), Coaching, Scaffolding, Ausblenden, Artikulation, Reflektion und Exploration. Bei der sogenannten kognitiven Modellierung, die hier als einzelnes Element evaluiert werden soll, demonstriert ein Experte in einer realen Situation, wie er ein typisches Problem löst und beschreibt gleichzeitig sein Vorgehen. Prinzipien der kognitiven Modellierung sind damit Demonstration, Externalisieren und Verbalisieren des Vorgehens sowie die soziale Vermittlung des Vorgehens.

Gräsel (1997) gibt einen Überblick über wesentliche Wirkprinzipien der kognitiven Modellierung und über Befunde dazu. Dabei beschreibt ein Experte Teilschritte der Problemlösung und reduziert dadurch für den Lerner Komplexität, außerdem vermittelt dies Anwendungsbedingungen von Strategien, und das Expertenverhalten stellt das Lernziel dar. Diese Methode ist vor allem für Lernende mit wenig Vorwissen geeignet, und es ist günstiger, erst nach der Problembearbeitung das Modell zu präsentieren (Elting 1996). Gräsel zufolge ist es nicht nur zulässig, sondern sinnvoll, kognitive Modellierung als ausschließliche Unterstützung beim Lernen anzubieten, wie das noch andere Studien umsetzen (z.B. Simon & Werner 1996; Hendricks 2001). Gräsel (1997) verdeutlicht mit ihrer Untersuchung weiterhin, dass die kognitive Modellierung im Vergleich zu einer Kontrollgruppe vor allem bei der Vermittlung bereichsspezifischer Strategien effektiv ist, weniger für metakognitive Aspekte der Strategieanwendung.



Abbildung 2: Ausschnitt aus einem Video zur kognitiven Modellierung.

In der vorliegenden Studie bilden sechs digitalisierte Videos ein eigenständiges didaktisches Element, welches die Strategien zur systematischen Störungsdiagnose auf direkte Weise vermitteln soll und verschiedene Prinzipien der kognitiven Modellierung umsetzt. Sie wurden auf der Basis kognitiver Aufgabenanalysen bei Instandhaltern in einem interdisziplinären Team entwickelt und formativ evaluiert (Schaper, 2000). In den digitalisierten Videos erklären die Experten, erfahrene Instandhalter, welche Ziele sie verfolgen, welches Vorgehen sie gewählt haben, und erläutern ihre Handlungen sowie Schlussfolgerungen aus Messergebnissen. Auf diese Weise verbalisieren die Experten ihr strategisches Vorgehen und externalisieren die relevanten kognitiven Prozesse, um die Entwicklung eines mentalen Modells der Störungsdiagnose zu fördern (Kluwe 1997). Die Experten sollen kein fehlerfreies Vorgehen zeigen, sondern auch von einem idealen kurzen Weg abweichen, um zu zeigen, dass mehrere Wege möglich sind. Die vermittelten Strategien bilden ein effektives Verhalten erfahrener Experten (Schaper & Sonntag 1998) vor dem Hintergrund der Strategietaxonomie von Konradt (1992) ab.

Die Videos entsprechen genau sechs Störungen in der Simulation, und wurden im Training zum ersten Mal nach der ungeleiteten Bearbeitung einer Störung präsentiert. Um die Dekontextualisierung des Handlungswissens zu unterstützen, wurden mehrere situative Parameter der Fehlersuche variiert: die Situation, die Handelnden und das Vorgehen. Deshalb wurden die Modellierungsvideos für verschiedene Störungsbereiche und mit unterschiedlichen Darstellern gedreht, die verschiedene Strategien bei ähnlichen Störungen nutzen. Nach Ablauf des Videos sollten die Lerner die Situation, das Vorgehen und die wesentlichen Informationen anhand strukturierender Fragen zusammenfassen, und mit ihrem eigenen Vorgehen vergleichen. Die Fragen wurden ohne Antwortmöglichkeit vor dem Einspielen des Videos gezeigt, und zur Beantwortung nach dem Ablauf des Videos. Dazu konnte das Video nochmals aufgerufen werden. Die Kontrollgruppe ohne kognitive Modellierung erhielt statt der Videos eine mündliche Auflösung der Störungsursache.

### **3 Untersuchung**

Um die Effekte der kognitiven Modellierung auf den Erwerb diagnostischer Problemlösefähigkeiten im CBT und an einer realen Fertigungsanlage zu prüfen, wurden 45 auszubildende Mechatroniker in zwei Untersuchungsgruppen mit bzw. ohne kognitive Modellierung aufgeteilt. Die Gruppen wurden anhand ihrer Vorkenntnisse und ihrer Leistung in den drei ersten Störungsaufgaben (Prätest) parallelisiert. Im Posttest wurden Erfolgsmaße der Fehlersuche in drei Transferstufen, geordnet nach zunehmendem Transferabstand (Laker 1990), mit Störungen am CBT und einer realen Anlage erfasst: Beim Binnentransfer wurden im CBT ähnliche Störungen als Diagnoseaufgaben gestellt wie vorher geübt, beim Inhaltstransfer waren es neuartige Störungen im CBT. Um Kontexttransfer zu untersuchen, waren zwei Aufgaben zur Störungssuche an einer realen Anlage zu bearbeiten. Außerdem wurde das Problemlöseverhalten anhand von Logfileanalysen erhoben.

#### **3.1 Trainingsablauf**

Am Störungsdiagnosetraining nahmen insgesamt 45 auszubildende Mechatroniker teil. 21 Auszubildende waren im vierten Lehrjahr und 24 Auszubildende im dritten Lehrjahr. Das Durchschnittsalter betrug 20,1 Jahre, und die Stichprobe teilte sich in 3 Teilnehmerinnen und 42 Teilnehmer auf. Pro Training betrug die Gruppengröße zwischen acht und zehn Teilnehmer, es wurden nacheinander fünf Trainings durchgeführt, die jeweils fünf Tage dauerten. Vollständige Daten lagen für 20 Teilnehmer der Experimentalgruppe und 19 Teilnehmer der Kontrollgruppe vor.

Im Prätest bearbeiteten die Teilnehmer drei Störungen, in der eigentlichen Trainingsphase zwölf Störungen und anschließend fünf Störungen. In der Trainingsphase wurden pro Störungsbereich zwei Störungen mit kognitiver Modellierung und zwei Störungen ohne kognitive Modellierung bearbeitet. Es handelte sich um elektrische Eingangsfehler, elektrische Ausgangsfehler und pneumatische Fehler. Zur Messung des Binnentransfers dienten in der Posttestphase anschließend drei Störungen, je eine pro Störungsbereich. Zur Messung des Inhaltstransfers wurden zwei hydraulische Störungen, also ein neuer Störungsbereich bearbeitet.

Nicht eigentlich zur Lernumgebung, aber zum Training gehörten schließlich zwei Störungen an einer realen Anlage, die nach den gleichen Prinzipien wie die Simulation funktionierte. Es handelte sich um einen SPS-gesteuerten teilautomatisierten Systemaufbau mit pneumatisch gesteuerten beweglichen Teilen. Dabei wurde nacheinander ein elektrischer Eingangs- und ein elektrischer Ausgangsfehler gesucht, um zwei Aufgaben für den Kontexttransfer zu operationalisieren.

#### **3.2 Erhobene Maße**

Ebenso wie beim Prätest wurde im Posttest der Diagnoseerfolg und die Bearbeitungsdauer als ergebnisbezogene Maße des Problemlöseerfolgs erhoben, wobei die Bearbeitungsdauer maximal 20 Minuten betrug. Nach dem Prätest, nach dem Training sowie nach den Aufgaben zum Kontexttransfer sollten die Teilnehmer eine Selbsteinschätzung ihres strategischen Verhaltens (Schaper 2000) abgeben. Der Fragebogen erfasste mit insgesamt 18 Items verschiedene Vorgehensweisen bei der Fehlersuche: vorwissensorientierte (anhand von Fachkenntnissen über Funktionszusammenhänge), systematische (sukzessive Prüfung fraglicher Ursachen), hypothesentestende (Prüfen einzelner Vermutungen), holistische (Rückschluss aus Symptombildern) und zufallsbasierte (Trial-and-Error-Vorgehen beim Austausch von Komponenten) Fehlersuche.

Während der CBT-Bearbeitung wurden von allen Benutzeraktionen Logfile-Einträge angelegt. Diese wurden zur prozessbezogenen Auswertung herangezogen, um festzustellen, ob sich die

Gruppen in bestimmten Verhaltensweisen im Sinne von Strategien unterscheiden. Dazu wurden zunächst die Häufigkeiten bestimmter Benutzeraktionen automatisch ausgezählt, und theoriegeleitet aggregiert. Als Rahmen dienten dazu Elemente der Strategietaxonomie von Konradt (1992) unter Rückgriff auf eigene Befunde (Schaper & Sonntag 1998) zu idealen Expertenstrategien, auf denen auch die Videos basieren. Bei der Auswertung wurden für alle Posttest-Sitzungen die Ergebnisse der Kontroll- und Experimentalgruppe inferenzstatistisch verglichen.

Dazu wurde das Diagnoseverhalten in Bezug auf folgende Strategiekategorien ausgewertet: Zur *Aufspaltung* gehören alle beobachtbaren oder kommentierten Handlungen, um festzustellen, ob die Fehlerursache auf der elektrischen Eingangsseite oder der elektrischen oder pneumatischen Ausgangsseite liegen. Die *Exploration* beinhaltet beobachtete oder kommentierte Orientierungsschritte über den Aufbau und Zustand von Bauteilen, die als möglicher Fehlerort in Frage kommen. Dies umfasst hauptsächlich verschiedene Anlagenpläne. Bei der *Signalverfolgung* wird die defekte Komponente innerhalb des eingegrenzten Fehlerorts anhand von Strommessungen und Funktionsprüfungen schrittweise eingegrenzt und identifiziert. Darüber hinaus wurden *defizitäre Diagnosehandlungen* analysiert, welche ungünstig für die Störungssuche sind (z.B. irrelevante Prüfhandlungen). Im CBT-Logfile wurde außerdem der Austausch von Bauteilen erfasst. Häufiges Austauschen weist auf ein unsystematisches Trial-and-Error-Vorgehen hin und wäre bei realen Anlagen sehr teuer und aufwändig.

### 3.3 Hypothesen

Bei der Evaluation des computergestützten Diagnosetrainings standen folgende Fragen im Vordergrund: Wie wirkt sich die Auseinandersetzung mit einer Simulation von authentischen diagnostischen Aufgabenstellungen, die um didaktische Elemente zur kognitiven Modellierung ergänzt wurden, auf die Leistung im Lernfeld und auf den Transfer aus? Auf welchen Transferstufen lassen sich die Lerneffekte der kognitiven Modellierung erfassen?

Entsprechend dieser Forschungsfragen wurden mehrere Hypothesen formuliert:

1. Kognitive Modellierung sollte die diagnostische Kompetenz verbessern.
2. Diese Verbesserung soll sich in mehreren Bereichen zeigen: an den ergebnisbezogenen Leistungsindikatoren des Problemlöseerfolgs sowie auf der Prozessebene des strategischen Verhaltens.
3. Transfererfolg sollte sich auf allen erfassten Transferstufen nachweisen lassen.

## 4 Ergebnisse

Hier werden zunächst die ergebnisbezogenen und anschließend die prozessbezogenen Erfolgsmaße bei der Störungsdiagnose innerhalb und außerhalb des CBTs berichtet. Es wird angenommen, dass das Training zunächst das strategische Verhalten beeinflusst, was sich wiederum auf den Erfolg der Störungsdiagnose auswirkt.

### 4.1 Ergebnisbezogene Maße

Zunächst wurden die Gruppenunterschiede bezüglich der Erfolgshäufigkeiten und Bearbeitungsdauer für die drei Arten von Transferaufgaben per t-Test inferenzstatistisch geprüft. Da bei der kleinen Stichprobengröße die Teststärke eingeschränkt war, wurden die Ergebnisse für die drei

Aufgaben zum Binnentransfer, für die beiden Aufgaben zum Inhaltstransfer und die beiden Aufgaben zum Kontexttransfer jeweils aggregiert und anschließend ausgewertet. Da gerichtete Hypothesen bestanden, erfolgte eine einseitige Signifikanztestung.

Erfolgsindikatoren	Kognitive Modellierung	Kontrollgruppe	p
Erfolgsrate Binnentransfer-Aufgaben	63 %	49 %	p<0,05
Erfolgsrate Inhaltstransfer-Aufgaben	76 %	53 %	p<0,05
Erfolgsrate Kontexttransfer-Aufgaben	52 %	50 %	n.s.
Bearbeitungsdauer Binnentransfer-Aufgaben	12,4 min	13,9 min	n.s.
Bearbeitungsdauer Inhaltstransfer-Aufgaben	13,1 min	15,6 min	p<0,05
Bearbeitungsdauer Kontexttransfer-Aufgaben	14,6 min	13,2 min	n.s.

Tabelle 1: Erfolg der Fehlersuche am CBT und der Transferanlage (N=39); prozentuale Lösungshäufigkeit je Sitzung bzw. durchschnittlicher Bearbeitungsdauer in Minuten mit einseitiger Signifikanztestung.

Betrachtet man die reine Erfolgsrate, war in den CBT-Aufgaben mit vertrautem Inhalt die Experimentalgruppe mit Instruktionsmodul zur kognitiven Modellierung der Kontrollgruppe ohne kognitive Modellierung überlegen (vgl. Tabelle 1). Noch deutlicher ist diese Überlegenheit der Experimentalgruppe bei der Fehlersuche bei neuartigen CBT-Aufgaben festzustellen. Die kognitive Modellierung unterstützt somit den Binnen- und Inhaltstransfer von erlernten Diagnosestrategien. Allerdings zeigte sich dieser Vorteil nicht bei Fehlersuchaufgaben an realen Anlagenmodulen, also beim Kontexttransfer. Hinsichtlich der Bearbeitungsdauer war die Experimentalgruppe der Kontrollgruppe nur beim Inhaltstransfer deutlich überlegen.

## 4.2 Prozessbezogene Maße

Beim Vergleich des Strategieverhaltens in Bezug auf die Logfile-Auswertung (vgl. Tabelle 2) konnten differenziertere Unterschiede ermittelt werden. Während beim Aufrufen des Weg-Schritt-Diagramms, der Zuordnungsliste und von Anlagenplänen keine Unterschiede zwischen den Gruppen ermittelt werden konnten, sind deutliche Unterschiede in Bezug auf den Aufruf von SPS-Plänen (speicherprogrammierte Steuerung) und SPS-Karten sowie bei Funktionsprüfungen und Bauteilaustausch festzustellen.

Strategieelement	Indikatoren	Kognitive Modellierung	Kontrollgruppe	p
Aufspaltung	Weg-Schritt-Diagramm	0,9	1,1	n.s.
	Zuordnungsliste aufrufen	4,2	3,4	n.s.
	SPS-Karten aufrufen	17,5	32,6	p<0,05
	SPS-Pläne aufrufen	0,7	2,0	p<0,05
Exploration	Anlagenpläne aufrufen	13,5	16,7	n.s.
Signalverfolgung	Spannungsprüfung	22,7	30,0	p<0,05
	Funktionsprüfung	18,0	11,6	p<0,05

Defizitäre Strategie	Bauteilaustausch	3,1	5,4	p<0,01
----------------------	------------------	-----	-----	--------

Tabelle 2: Unterschiede in Bezug auf strategische Verhaltensmaße bei CBT-Aufgaben (N=39); durchschnittliche Häufigkeit pro Sitzung, aggregiert für fünf Sitzungen.

Die Gruppe mit kognitiver Modellierung benötigte seltener Pläne, prüfte seltener SPS-Karten, musste an weniger Stellen Spannung prüfen und tauschte weniger Bauteile aus als die Kontrollgruppe. Diese Unterschiede lassen sich dahingehend interpretieren, dass die Gruppe mit kognitiver Modellierung ein effektiveres und günstigeres strategisches Verhalten aufweist. Jedoch prüfte die Experimentalgruppe häufiger Einzelfunktionen der simulierten Anlage.

Beim selbsteingeschätzten Strategieverhalten ließen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen bei den verschiedenen Vorgehensweisen feststellen, jedoch signifikante Unterschiede zwischen den drei Messzeitpunkten (Abbildung 3). Bei einer Varianzanalyse mit Messwiederholung war der Messwiederholungsfaktor jeweils mit  $p < 0,05$  signifikant. Die Teilnehmer schätzten sich im Laufe des Trainings zunehmend günstiger ein bezüglich ihrer Strategien bei der Fehlersuche. Dies spricht dafür, dass die aktive Auseinandersetzung mit einer problemorientierten Lernumgebung und damit verbundenen Erfahrungen durch Rückmeldungen aus dem System ebenfalls einen Trainingseffekt im Sinne einer Strategieverbesserung haben, soweit sich dies in den Einschätzungen der Teilnehmer widerspiegelt.

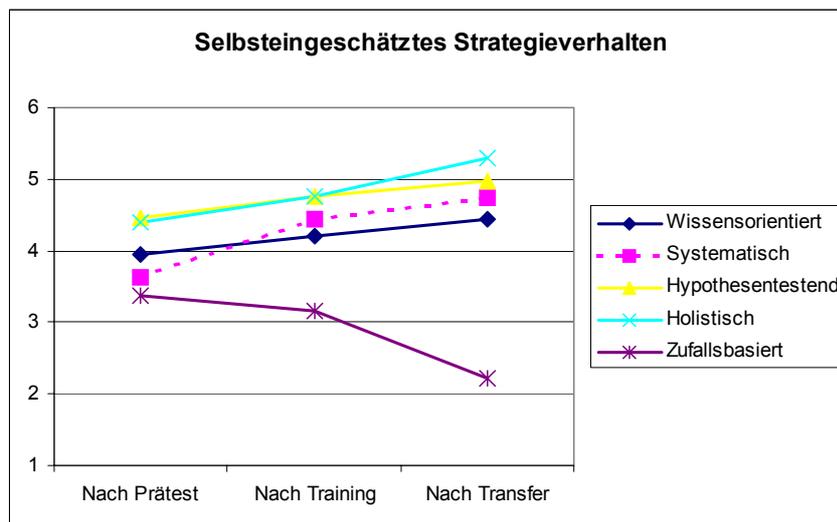


Abbildung 3: Mittelwerte für die Entwicklung des Strategieverhaltens auf einer sechsstufigen Skala (6= maximale Ausprägung, N=39).

## 5 Diskussion

Die vorgestellten Evaluationsergebnisse lassen u.E. folgende Schlussfolgerungen zu: Die Gestaltung einer aufgabenangemessenen, realitätsnahen und motivierenden Aufgabenumgebung zum Training der Störungsdiagnose mit Diagnose-Kit kann insgesamt als gelungen betrachtet werden.

Der Einsatz von Videos zur kognitiven Modellierung wirkt sich dabei positiv auf das strategische Verhalten und den Diagnoseerfolg zumindest beim Binnen- und Inhaltstransfer aus. Beim Kontexttransfer gelingt der Strategietransfer hier nur ansatzweise. Vermutlich bedarf es hier noch

weiterer instruktionaler Unterstützung. Deshalb beinhalten derzeit weitere Projektschritte die Entwicklung und vergleichende Evaluation zusätzlicher tutorieller Module, wie z.B. der Einsatz von kontextsensitiven Hilfen während der Fehlersuche.

## Literaturverzeichnis

- Casey, C. (1996). Incorporating cognitive apprenticeship in multi-media. In: *Educational Technology Research & Development*, 44(1), 71-84.
- Collins, A., Brown, J.S. & Newmann, S.E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing and mathematics. L.B. Resnick (Hrsg.), In: *Knowing, learning and instruction* (453-494). Hillsdale, N. Y.: Erlbaum.
- Elting, A. (1996). *Das Lernprogramm AVL. Konzeption, Entwicklung und empirische Untersuchung eines auf der Grundlage des Cognitive Apprenticeship – Ansatzes erstellten Lernprogramms*. Berlin: Lang.
- Gott, S.P. (1988). Apprenticeship Instruction for Real-World Tasks: The Coordination of Procedures, Mental Models and Strategies. In: *Review of Research in Education*, 15, 97-135.
- Gräsel, C. (1997). *Problemorientiertes Lernen. Strategieranwendungen und Gestaltungsmöglichkeiten*.
- Hendricks, C.C. (2001). Teaching causal reasoning through cognitive apprenticeship: What are results from situated learning? In: *Journal of Educational Research*, Vol 94(5), S. 302-311.
- Johnson, W.B. & Norton, J.E. (1992). Modeling student performance in diagnostic tasks: A decade of evolution. In: J.W. Regian & V.J. Shute (Hrsg.), *Cognitive approaches to automated instruction* (S. 195-213). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kluwe, R.H. (1997). Informationsverarbeitung, Wissen und mentale Modelle beim Umgang mit komplexen Systemen. In: Kh. Sonntag & N. Schaper (Hrsg.). *Störungsmanagement und Diagnosekompetenz*. Zürich ETH: vdf Hochschulverlag.
- Konradt, U. (1992). *Analyse von Strategien bei der Störungsdiagnose in der flexibel automatisierten Fertigung*. Bochum: Brockmeyer.
- Lajoie, S.P. & Lesgold, A. (1992). Apprenticeship training in the workplace: Computer-coached practice environment as a new form of apprenticeship. In: M.J. Farr & J. Psotka (Eds.), *Intelligent instruction by computer: Theory and practice* (S. 15-36). Philadelphia, PA: Taylor & Francis.
- Laker, D. (1990). Dual dimensionality of training transfer. In: *Human Resource Development Quarterly*, 1, S. 209-229.
- Mandl, H. & Reinmann-Rothmeier, G. (2001): Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In: B. Weidenmann, A. Krapp, M. Hofer, G.L. Huber & H. Mandl (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 234-289). Weinheim: Beltz.
- Schaper, N. (2000). *Gestaltung und Evaluation arbeitsbezogener Lernumgebungen*. Unveröffentl. Habilitationsschrift, Fakultät für Sozial- und Verhaltenswissenschaften der Ruprecht-Karls Universität Heidelberg.

- Schaper, N. & Sonntag, Kh. (1996). Elaborierte Lernumgebungen zur Förderung von Diagnosefähigkeiten. In: J.-P. Pahl (Hrsg.), *Lern- und Arbeitsumgebungen zur Instandhaltungsausbildung* (S. 187-210). Dresden: Kallmeyer'sche Verlagsbuchhandlung.
- Schaper, N. & Sonntag, Kh. (1998). Analysis and training of diagnostic expertise in complex technical domains. In: *European Journal of Work and Organizational psychology*, 7(4), S. 479-498.
- Schaper, N., Sonntag, Kh., Zink, T. & Spence, H. (2000). Authentizität und kognitive Modellierung als Gestaltungsprinzipien eines Diagnose-CBT. In: *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 44 (4), S. 209-228.
- Simon, S.J. & Werner, J.M. (1996). Computer training through behavior modeling, self-paced, and instructional approaches: A field experiment. In: *Journal of Applied Psychology*, 81(6), S. 648-659.

## Danksagung

Die hier beschriebene Untersuchung wurde von der DFG im Rahmen des Projektes „Verbesserung des Transfers bei computergestütztem Diagnosetraining durch konstruktivistische Instruktionsgestaltung“ (So 224/5-3) gefördert.

## Kontaktinformationen

PD Dr. Niclas Schaper  
Psychologisches Institut  
AE Arbeits- und Organisationspsychologie  
Hauptstraße 47-51  
69117 Heidelberg  
Email: [niclas.schaper@psychologie.uni-heidelberg.de](mailto:niclas.schaper@psychologie.uni-heidelberg.de)  
Tel.: 06221-547 358

Dr. Sabine Hochholdinger  
Psychologisches Institut  
AE Arbeits- und Organisationspsychologie  
Hauptstraße 47-51  
69117 Heidelberg  
Email: [sabine.hochholdinger@psychologie.uni-heidelberg.de](mailto:sabine.hochholdinger@psychologie.uni-heidelberg.de)  
Tel.: 06221-547 306