

Formative Evaluation eines computergestützten Störungsdiagnosetrainings für die technische Bildung.

Sabine Hochholdinger, Niclas Schaper

Lehrstuhl für Arbeits- und Organisationspsychologie
Universität Paderborn
H 4.135, Warburger Straße 100
D-33098 Paderborn
sabine.hochholdinger@upb.de
schaper@hrz.upb.de

Abstract: Störungsdiagnose in komplexen Produktionssystemen stellt hohe Anforderungen an Mitarbeiter in technischen Berufen. Die konstruktivistische Lernumgebung Diagnose-KIT soll die Vermittlung adäquater Diagnosestrategien und insbesondere deren Transfer im Rahmen der technischen betrieblichen Bildung fördern. Sie basiert auf der Simulation einer teilautomatisierten Fertigungsanlage mit verschiedenen technischen Störungen als Übungsaufgaben, ergänzt um weitere didaktische Module. Diagnose-KIT wurde mit quantitativen und qualitativen Methoden hinsichtlich konstruktivistischer und ergonomiebezogener Kriterien durch die Zielgruppe (41 auszubildende Mechatroniker) formativ evaluiert, wobei diese Bewertungen den Ergebnissen für einen Prototypen der Lernumgebung in einer Pilotstudie (57 Auszubildende in technischen Berufen) gegenübergestellt wurden. Die quantitativen Resultate lassen darauf schließen, dass die Lernumgebung konstruktivistische Kriterien erfüllt, ergonomisch und zielgruppengerecht gestaltet ist. Erweiterungen, die am Prototypen vorgenommen wurden, spiegeln sich in günstigeren Bewertungen nach der Überarbeitung wider. Die Ergebnisse der qualitativen Auswertung flossen in die nächsten Schritte der Softwareentwicklung ein. Strategie und Konsequenzen der Programmüberarbeitung werden ebenfalls berichtet.¹

1 Einleitung

1.1 Anforderungen in der technischen Störungsdiagnose

Selbst bei hoch automatisiert Produktionsanlagen müssen noch immer Menschen eingreifen, wenn Systemausfälle auftreten. Technische Systeme bewältigen bisher kaum die Störungsdiagnose in komplexen Fertigungsanlagen, da sie für die vielfältigen Störungen nicht flexibel genug sind [BZ99]. Solche Störungen erfordern vor allem nichtalgorithmische

¹ Diese Untersuchung wurde von der DFG gefördert im Rahmen des Projektes „Verbesserung des Transfers bei computergestütztem Diagnosetraining durch konstruktivistische Instruktionsgestaltung“ (So 224/5-3).

sches und schöpferisches Denken in geschlossenen Problemräumen, weniger deklaratives Wissen [BW97]. Wie gut das zuständige Personal diagnostisches Problemlösen beherrscht, hat erhebliche wirtschaftliche Konsequenzen, weil dies Ausfallzeiten und Ausschussraten in der Produktion direkt beeinflusst.

Vergleiche zwischen erfahrenem Personal und Novizen zeigen deutliche Leistungsunterschiede und geben Anhaltspunkte, in welchen Phasen der Störungsdiagnose Lernbedarf besteht [SS97a]. Demzufolge sind Novizen insbesondere in der unterlagenorientierten Suche (Explorationsphase) und der Eingrenzung des Fehlerortes weniger effektiv als erfahrene Kräfte, die ebenfalls noch Lernbedarf haben. Die Befunde zum Diagnoseprozess weisen darauf hin, dass Novizen weniger systematisch vorgehen und kein ausreichendes mentales Modell vom Störungsbild und ihrem Vorgehen bei der Störungssuche hatten. Ein Störungsdiagnosetraining müsste die Ergebnisse zum Lernbedarf unter zwei Aspekten berücksichtigen: Zum einen bei der Gestaltung von Lernaufgaben und zum anderen beim Einsatz spezifischer Trainingsmethoden zur Vermittlung von Strategien und mentalen Modellen [SS97b]. Wie bei allen Trainings sollen die erlernten Fertigkeiten auch erfolgreich angewendet werden. Deshalb wird hier eine transferfördernde Lernumgebung [Sc00] mit erweiterten Lernaufgaben sowie konstruktivistischen Instruktionmethoden vorgestellt und formativ evaluiert.

1.2 Computergestütztes Lernen mit konstruktivistischen Instruktionsansätzen

Computergestützte Trainingsprogramme (CBTs) zur Störungssuche sind komplexe modulare Lernumgebungen. Sie kommen insbesondere dann zum Einsatz, wenn die Risiken eines On-The-Job-Trainings an realen Anlagen zu groß sind oder kritische Ereignisse am Arbeitsplatz selten vorkommen. Dies gilt für Technologien mit hohem Gefahrenpotenzial, aber auch für komplexe und teure Produktionstechnologien wie flexibel automatisierte Fertigungssysteme [SS97]. Diagnose-CBTs erlauben hier ein risikoloses und potenziell unbegrenztes Erproben von Handlungsmöglichkeiten sowie eine effiziente Auseinandersetzung mit seltenen Störungen [BM89], [RH84]. Darüber hinaus eignen sich CBTs durch die Simulations- und multimedialen Darstellungstechniken besonders zu Vermittlung von komplexem Systemwissen [Ki88].

CBTs lassen sich damit auch für Störungsdiagnosetrainings einsetzen. Um insbesondere Transfer zu unterstützen, können sie nach Prinzipien konstruktivistischer Instruktionstheorien gestaltet werden [MR01], [Ca96]. Dem Prinzip der aktiven Wissenskonstruktion zufolge verstehen konstruktivistische Instruktionstheorien Lernende nicht als passive Informationsrezipienten, sondern als aktive Personen, die sich mit dem Lerngegenstand auseinandersetzen [RM98]. Um dies zu unterstützen, soll zum einen die Lernmotivation als notwendige Voraussetzung für Wissenserwerb optimiert werden, indem der Herausforderungscharakter und Ich-Bezug betont wird. Zum anderen sind Lernumgebungen so zu arrangieren, dass Lernende erfahren können, dass es stets mehrere Vorgehensweisen und Standpunkte gibt [KC93].

Den Prinzipien der Situiertheit und der Authentizität zufolge ist Wissenserwerb immer an Kontexte gebunden, in denen Wissen angewendet wird. Lernenden sollten solche Aufgaben gestellt werden, mit denen sie in Anwendungssituationen konfrontiert sind.

Diese Situationen sind möglichst authentisch und komplex im Lernprogramm abzubilden. Damit das Lernen nicht an der konkreten Situation „haften“ bleibt, fordern konstruktivistische Instruktionstheorien mit dem Prinzip der multiplen Perspektiven und multiplen Kontexte, dass sich Lernende von der konkreten Situation loslösen können. Dabei sollen Lernende durch entsprechend unterschiedliche Problemaufgaben selbst diese Abstrahierungen leisten.

Computerbasierte Trainings können diese Prinzipien mit komplexen und realitätsnahen Aufgabenumgebungen unterstützen, insbesondere durch Simulationen. Außerdem sollten CBTs weitere Module enthalten, die instruktionale Methoden konstruktivistischer Ansätze umsetzen [Go88]. Aus diesen Gründen besteht die im Folgenden beschriebene Lernumgebung nicht nur aus einer Aufgabenumgebung zur selbstgesteuerten Exploration, sondern enthält weitere Module mit direkter Anleitung [Re99].

2. Gestaltung der Lernumgebung

2.1 Prototyp und erweiterte Aufgabenumgebung

Den Kern des Lernprogramms Diagnose-KIT ² bildet die möglichst authentisch gestaltete Simulation einer automatisierten Produktionsanlage, einer hydraulischen Einpressvorrichtung mit zwei elektrischen Transportschlitten und einem pneumatischen Greifer. Als Vorbild der Simulation diente eine reale Fertigungsvorrichtung für Lehrzwecke aus dem Qualifizierungszentrum eines großen Automobilunternehmens. Die Umsetzung orientiert sich an den konstruktivistischen Gestaltungsprinzipien Authentizität, Situiertheit und aktiven Wissenskonstruktion sowie der multiplen Perspektiven und Kontexte. In einer Pilotstudie [Sc00] wurde ein Prototyp der hier vorgestellten Lernumgebung entwickelt, mit der Lernende in einer Simulation möglichst realitätsnah und authentisch zwei elektrische Störungen diagnostizieren können, wobei noch nicht alle Anlagenfunktionen und -Zusammenhänge realisiert waren. Der Prototyp wurde mit 57 Auszubildenden technischer Berufe formativ evaluiert.

Aufgrund der dort gewonnenen Erfahrungen wurde die Lernumgebung 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 Originalanlage. Das zweite Tutorial führt durch die Bedienung der Simulation und veranschaulicht die wichtigsten Eingriffsmöglichkeiten sowie die Nutzung weiterer Informationen, wie Anlagenpläne und Erläuterungen. Außerdem wurde die Simulation erheblich erweitert, so dass Anlagenfunktionen, -zusammenhänge und Eingriffe umfassend und realitätsnah abgebildet sind.

Konstruktivistischen Instruktionstheorien zufolge sollten verschiedene Problemaufgaben aus dem gleichen Problembereich angeboten werden, um eine Dekontextualisierung des Diagnosewissens zu fördern [Re96]. Deshalb enthält das aktualisierte Training 20 Stö-

² Konstruktivistische Instruktionstheorien

rungsdiagnoseaufgaben, wobei in jeder Aufgabe genau eine Störung in Form eines defekten oder verstellten Bauteils zu finden ist. Die Störungen entsprechen häufigen Störungen realer Anlagen und decken vier nach Funktionen klassifizierte Störungsbereiche ab. Es handelt sich um elektrische Eingangsfehler, elektrische Ausgangsfehler, pneumatische und hydraulische Eingangsfehler [Lo96]. Über eine gemeinsame Oberfläche lassen sich 20 Störungen jeweils mit einem Button aufrufen.

Als strategische Elemente der Softwareentwicklung dienten vorbereitende Arbeits- und Aufgabenanalysen bei Instandhalter-Tätigkeiten, um Aufgaben und Anforderungen in der Simulation möglichst authentisch zu gestalten [Sc00]. Zu diesem Zweck wurde eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Psychologen für die didaktisch-methodische Gestaltung, Ausbildern und Instandhalter-Experten für die fachliche Unterstützung und Programmierern für die technische Umsetzung realisiert.

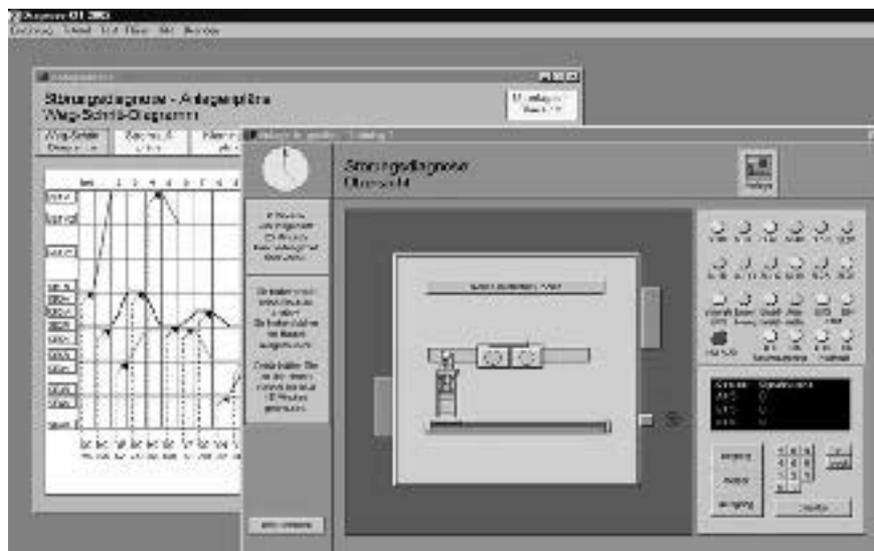


Abbildung 1: Oberfläche der Lernumgebung Diagnose-KIT.

In Diagnose-KIT haben die Lernenden in der Rolle von Instandhaltern den Auftrag, den Fehler durch entsprechende Prüfoperationen einzugrenzen, zu diagnostizieren und zu beheben, indem sie ein defektes Bauteil austauschen oder ein verstelltes Bauteil justieren. Zu diesem Zweck navigieren die Benutzer mit Hilfe einer virtuellen Instandhalterfigur durch einen zweidimensionalen Aufriss des realen Anlagenaufbaus (vgl. Abb. 1). Nachdem die Instandhalterfigur die angewählte Anlagenkomponente erreicht hat, lassen sich durch Anklicken detaillierte Ansichten von Anlagenkomponenten und Bauteilen aufrufen.

Für jede Störungsdia... lassen sich unterschiedliche gleichwertige Hilfsmittel und Handlungsmöglichkeiten des Instandhalters heranziehen und damit situative Parameter

variieren. Im Lernprogramm kann man sich wie in der Realität anhand von Anlagenplänen über die technischen Gegebenheiten orientieren, Strom- und Druckmessungen durchführen, den Operandenstatus der SPS-Steuerung abfragen und manuell in die Anlagensteuerung eingreifen, indem zum Beispiel die Einzelfunktionen von Anlagenkomponenten geprüft werden. Die Anlagenpläne sind eine digitalisierte Abbildung der originalen Pläne und befinden sich ähnlich wie in der Realität in einem gemeinsamen "Ordner", der den Zugriff auf verschiedene Pläne über entsprechende Register ermöglicht. Mit diesen Eingriffsmöglichkeiten und Hilfsmitteln lässt sich eine Fehlersuche weitgehend selbstgesteuert und explorativ durchführen.

2.2 Kognitive Modellierung

Die kognitive Modellierung als instruktionale Methode stammt aus dem Ansatz des Cognitive Apprenticeship [CBN89], der Methoden zur Anleitung und Unterstützung konstruktivistischer Lernprozesse formuliert. Deshalb bietet sich die kognitive Modellierung für eine anwendungs- und transferorientierte Strategievermittlung an. Dabei vermitteln Experten den Lernenden in authentischen Situationen wesentliche Fertigkeiten und unterstützen ihn mit verschiedenen Methoden beim Ausführen. Instruktionmethoden des Cognitive Apprenticeship-Ansatzes bestehen in kognitiver Modellierung (Modeling), Coaching, Scaffolding, Ausblenden, Artikulation, Reflexion und Exploration. Bei der sogenannten kognitiven Modellierung demonstriert ein Experte, wie er ein typisches Problem löst und beschreibt gleichzeitig sein Vorgehen (Abb. 2).

In der Lernumgebung Diagnose-KIT 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 entwickelt und in früheren Studien formativ [Sc00] und summativ hinsichtlich Lern- und Transferförderlichkeit [SHS04] evaluiert. In den digitalisierten Videos erklären erfahrene Instandhalter, welche Ziele sie verfolgen, welches Vorgehen sie gewählt haben, und erläutern ihre Handlungen sowie Schlussfolgerungen aus Messergebnissen. Die Experten sollen auch veranschaulichen, dass mehrere Wege möglich sind. Die vermittelten Strategien bilden ein effektives Verhalten auf der Basis früherer Studien [SS98] ab. Prinzipien der kognitiven Modellierung sind damit Demonstration, Externalisieren und Verbalisieren sowie soziale Vermittlung [Gr97].

Die Videos entsprechen sechs Störungen in der Simulation und werden im Training zum ersten Mal nach der ungeleiteten Bearbeitung einer Störung präsentiert. Um die Dekontextualisierung des Handlungswissens zu unterstützen, sind mehrere Parameter der Fehlersuche variiert: die Situation, die Handelnden und das Vorgehen. Nach Ablauf des Videos sollen die Lernenden die Situation, das Vorgehen und die entscheidenden diagnostischen Informationen anhand strukturierender Fragen zusammenfassen und mit ihrem eigenen Vorgehen in der Simulation vergleichen. Bei der Evaluation des Prototypen [Sc00] mit zwei Diagnoseaufgaben wurde ein Video nach der ersten ungeleiteten Störungssuche eingesetzt.



Abbildung 2: Ausschnitt aus einem Video zur kognitiven Modellierung.

3. Fragestellung und Evaluationsmethode

3.1 Bewertung der Lernumgebung

Konstruktivistischen Instruktionsansätzen zufolge unterstützen multimediale Lernumgebungen anwendungsorientiertes Lernen und Transfer durch die Auseinandersetzung mit möglichst realitätsnahen und authentischen Lernaufgaben [Ca96]. Deshalb wurde erhoben, inwieweit die Lernumgebung diese Gestaltungsaspekte abdeckt. Bei der Entwicklung von Lernsoftware ist die Evaluation der verschiedenen Entwicklungsschritte mittlerweile etabliert [Fr95]. Von Bedeutung sind dabei insbesondere formative Evaluationsverfahren, die auf eine schrittweise Optimierung des entstehenden Softwareprodukts zielen [Ti01]. Hier war sowohl eine summative Bewertung als auch eine formative Rückkopplung der Gestaltung der Lernumgebung vorgesehen. Zu diesem Zweck wurden die Teilnehmenden standardisiert und offen zu ihren Erfahrungen befragt.

Der standardisierten Bewertung der Lernumgebung lagen mehrere Fragen zugrunde. Es sollte untersucht werden, ob die Handhabung des Lernprogramms wichtigen Standards der Softwareergonomie zur Dialoggestaltung entspricht. Außerdem sind möglichst authentische Aufgabenstellungen und Lösungsbedingungen wesentliche Kriterien zur Gestaltung konstruktivistisch orientierter Lernumgebungen. Die Elemente des Aufgabenmoduls sollten daher bezüglich ihres Praxis- bzw. Anwendungsbezugs beurteilt werden. Es wird erwartet, dass die Teilnehmer im vorliegenden Training das CBT hinsichtlich der beschriebenen Aspekte generell günstig bewerten, und aufgrund der Modifikationen in Einzelaspekten günstiger als das Pilottraining [Sc00] einschätzen.

Als Instrument zur formativen Evaluation diente der Fragebogen zur Bewertung der Lernumgebung [Sc00a]. Tabelle 1 gibt Beispielitems und Reliabilitätskoeffizienten (Chronbach's Alpha) der Skalen wieder. Dabei konnten die Teilnehmenden mit insgesamt 35 Items die Lernumgebung hinsichtlich technischer, anwendungsbezogener und motivationaler Aspekte auf einer sechsstufigen Ratingskala beurteilen. Die Skalen beziehen sich auf die Einführung in die Anlage und die Verständlichkeit der erklärenden Hinweise, die Darstellung der Fertigungsanlage und die Layoutgestaltung, den Anwendungs- und Praxisbezug sowie den motivationalen Gehalt des Lernprogramms und die Beurteilung softwareergonomischer Kriterien (Bedienungsfreundlichkeit, Selbsterklärungsfähigkeit der Aktionen etc.). Weiterhin enthielt der Bogen je eine offene Frage nach besonders positiven Eigenschaften der Lernumgebung und nach Verbesserungsvorschlägen. Die Antworten wurden mit einer zusammenfassenden Inhaltsanalyse [Ma97] ausgewertet und die Häufigkeiten der Antwortkategorien bestimmt.

Tabelle 1: Skalen, Items, Reliabilität des Fragebogens zur Bewertung der Lernumgebung

Skalen	Beispielitems	Cronbachs alpha
Einführung	Die Einführung zum Lernprogramm war zu knapp.	0,78
Verständlichkeit	Die Anweisungen innerhalb des Lernprogramms sind verständlich formuliert.	0,78
Anlagendarstellung	Die Abbildungen der Bauteile im Lernprogramm sind anschaulich.	0,77
Layout-Gestaltung	Die Farbgestaltung ist ansprechend.	0,83
Anwendungsbezug	Die Anlagenbauteile sind im Lernprogramm so bezeichnet, wie ich es aus meinem Alltag kenne.	0,60
Praxisbezug	Die Bearbeitung der Störungsfälle fand ich praxisbezogen vs. theoretisch	0,77
Motivationaler Gehalt	Die Bearbeitung der Störungsfälle fand ich motivierend vs. frustrierend.	0,85
Softwareergonomische Bewertung	Auch ohne Betreuung von außen konnte ich mich gut im Programm zurechtfinden.	0,76

3.2 Durchführung und Stichprobe

Das CBT Diagnose-KIT ist für Personen in produktionsbezogenen Berufen konzipiert, die mit Störungsdiagnose an komplexen Fertigungsaufgaben befasst sind. Deshalb wurde das Training in der Mechatroniker-Ausbildung der technischen Bildung eines Technologiekonzerns eingesetzt. Es dauert mit Einführungsphase und den beiden zusätzlichen didaktischen Modulen vier Tage und wird als betreute Präsenzveranstaltung in Gruppen von acht bis zehn Teilnehmenden durchgeführt. An der vorliegenden Studie nahmen insgesamt 45 auszubildende Mechatroniker teil. 21 Auszubildende waren im vierten Lehrjahr und 24 Auszubildende im dritten Lehrjahr. Das Durchschnittsalter betrug 20,1 Jahre. Die Stichprobe teilte sich in 3 Teilnehmerinnen und 42 Teilnehmer auf. Für 41 Teilnehmende liegen die Evaluationsergebnisse vor. An der eintägigen Pilotstudie [Sc00] nahmen 57 Auszubildende verschiedener technischer Berufe im zweiten (25) und dritten Lehrjahr (32) teil mit einem Durchschnittsalter von 19,0 Jahren, davon eine Frau. Diese fand an einer Berufsschule für technische Ausbildungsberufe statt.

4. Ergebnisse

Mit der formativen Evaluation sollte untersucht werden, inwieweit eine Maßnahme, hier das CBT, den Anforderungen im Einsatzfeld entspricht, und ob Überarbeitungen sich in geänderten Beurteilungen widerspiegeln. In Tabelle 2 sind die Ergebnisse des Fragebogens zur Bewertung der Lernumgebung deskriptiv denen aus der Pilotstudie [Sc00] gegenübergestellt, wobei aufgrund der kleinen Stichproben die Unterschiede in standardisierten Effektgrößen (Cohens *d*: Mittelwertsunterschiede in Standardabweichungen) abgebildet sind.

Tabelle 2: Bewertung des CBTs in Bezug auf Gestaltungsaspekte der Lernumgebung: Deskriptive Kennwerte der aktuellen Studie (N=41) im Vergleich mit der Pilotstudie (N=57).

Bewertungskriterien	Pilotstudie M (SD) ³	Aktuelle Studie M (SD)	d
Einführung	2,65 (1,11)	4,79 (0,72)	2,29
Verständlichkeit	5,24 (0,76)	5,21 (0,91)	-0,03
Technische Bewertung	4,60 (0,75)	4,70 (0,71)	0,10
Anlagendarstellung	4,70 (1,14)	4,81 (0,97)	-0,04
Anwendungsbezug	4,20 (0,78)	4,34 (0,67)	0,19
Praxisbezug	4,30 (1,67)	3,78 (0,78)	-0,39
CBT-Gestaltung	4,71 (0,76)	4,68 (0,65)	0,26
Motivationaler Gehalt	4,80 (1,10)	5,05 (0,73)	0,13

Die Mittelwerte zeigen für die Gesamtstichprobe insgesamt ein günstiges Bild, da die Lernumgebung hinsichtlich aller erfragten Aspekte eher positiv als negativ beurteilt

³ Mittelwerte und Standardabweichungen der Evaluationsskalen, die auf einer sechsstufigen Skala beruhen (1 = stimmt nicht, 6 = stimmt völlig)

wurde. Im Vergleich zum Pilottraining fällt als besondere Abweichung auf, dass die Einführung in das Lernprogramm in der aktuellen Studie wesentlich günstiger beurteilt wurde. Etwas positiver als im Pilottraining wurde auch der motivationale Gehalt bewertet. Dagegen schätzten die Teilnehmenden der zweiten Trainingsstudie den Praxisbezug weniger positiv als die Teilnehmenden des Pilottrainings ein.

Bei der strukturierenden Inhaltsanalyse der positiven Kommentare und Verbesserungsvorschläge wurden die Paraphrasierungen in zwei Reduktionsschritten zu Kategorien zusammengefasst, bis mindestens zwei Nennungen pro Kategorie vorhanden waren, sofern diese inhaltlich ähnlich waren. Tabelle 3 zeigt die Häufigkeiten der offenen Antworten.

Tabelle 3: Antwortkategorien und Häufigkeiten für die positiven Anmerkungen und Verbesserungsvorschläge zur Lernumgebung Diagnose-KIT (N=41, mehrere Nennungen möglich).

Positive Anmerkungen	N	Verbesserungsvorschläge	N
Programm allgemein positiv	9	Pläne parallel verfügbar machen	13
Realistische Anlagendarstellung	8	Bauteile realistischer darstellen	8
Übersichtlichkeit des Programms	8	Programm übersichtlicher gestalten	9
Einfache Bedienung, Eingriffe	7	Mehr Eingriffsmöglichkeiten anbieten	3
Lernmöglichkeit, Systematik	7	Anlagenposition deutlicher machen	8
Vielfältige, realistische Fehler	6	Vielfältigere, schwierigere Fehler	6
Erläuterungen im Programm	4	Männchen soll schneller laufen	5
Animationen gut	3	Stabilität der Software optimieren	6
Anschaulichkeit der Videos	2	Videos kürzer, interessanter gestalten	2

Dabei ergibt sich insgesamt ein ausgewogenes Verhältnis zwischen positiven Kommentaren und Verbesserungswünschen. Von einigen Teilnehmenden als positiv, von anderen als verbesserungswürdig wurden die Anlagendarstellung, die Störungsdiagnoseaufgaben, die Bedienung, die Übersichtlichkeit der Lernumgebung und die Videos empfunden. Die Verbesserungsvorschläge wurden anschließend diskutiert, um konkrete Überarbeitungsvorschläge zu erhalten.

5. Fazit und Konsequenzen

5.1 Bewertung der Lernumgebung

In der vorliegenden Studie wurde untersucht, wie die Zielgruppe die Lernumgebung bezüglich der Gestaltungsprinzipien bewertet, und welche Anregungen sie für die Überarbeitung gibt. Dabei resultierte aus den Fragebogenergebnissen eine insgesamt positive Bewertung des CBTs durch die Zielgruppe, und eine etwas günstigere Bewertung als in der Pilotstudie. Insbesondere die Erweiterung um ein Einführungstutorial war demnach nötig und sinnvoll. Ähnlich wie anhand der Fragebogenitems beurteilen die Teilnehmenden das CBT in den offenen Fragen als realistisch und bedienungsfreundlich, wobei sie Lernmöglichkeiten zur systematischen Fehlersuche sehen. Diese standardisierten und

offenen Rückmeldungen entsprechen damit der Gestaltungsabsicht einer möglichst authentischen, ergonomischen und anwendungsbezogenen Lernumgebung vor dem Hintergrund konstruktivistischer Instruktionsansätze.

5.2 Überarbeitung der Lernumgebung

Aus den Verbesserungsvorschlägen konnten in abschließenden Diskussionsrunden mit der Metaplantechnik konkrete Anregungen für die Weiterentwicklung ermittelt und umgesetzt werden. Dabei wurden Auszubildende, Ausbilder und Programmierer einbezogen. So wurde die Stabilität der Software durch eine andere Programmierstrategie verbessert. Nach Rücksprache mit betrieblichen Experten wurde die grafische Darstellung einiger Bauteile überarbeitet, so dass diese nun realitätsgetreuer dargestellt sind. Der Vorschlag, die Anlagenpläne parallel verfügbar zu machen, bezog sich darauf, dass man in der Simulation entweder die Anlage oder die Pläne, aber nicht beide gleichzeitig sehen konnte. Dadurch war es schwieriger, Prüfhandlungen mit den Informationen aus den Plänen zu synchronisieren, als in der Realität. Bei der Überarbeitung wurden deshalb die Pläne und die Anlage in zwei Fenstern sichtbar gemacht, statt wie bisher in einem.

Ebenfalls zu einer Überarbeitung führte der Wunsch, dass die Anlagenposition deutlicher wird. Die Simulation startete an der Stelle im Ablauf, an der die Anlage steht. Dabei ist nicht eindeutig, ob das Werkstück bereits bearbeitet wurde, und damit, in welchem Takt die Anlage steht. Deshalb startet der Lernende zukünftig die Anlage selbst, und eine Markierung am Werkstück zeigt den Bearbeitungszustand an. Mehr Eingriffsmöglichkeiten wurden für die Funktionsprüfung gewünscht, um die Eingrenzung der Störungen für die Diagnose wie in der Realität zu erleichtern. Deshalb wurde diese Eingriffsmöglichkeit erweitert, so dass die Lernumgebung inzwischen nahezu alle Funktionen und Eingriffe simulieren kann.

Dagegen werden trotz des Feedbacks keine vielfältigeren, schwierigeren Fehler eingerichtet, da die Schwierigkeit der Störungen für die Zielgruppe insgesamt günstig ist. Auch die Geschwindigkeit des "Männchens", also der Standortanzeiger, wurde nicht erhöht, da es möglichst realitätsnah und damit gelegentlich umständlich ist, an unterschiedlichen Anlagenkomponenten an verschiedenen Stellen nacheinander Prüfungen durchzuführen.

5.3 Lern- und Transferförderlichkeit

Neben der Evaluation durch die Zielgruppe ist die Untersuchung der Lern- und Transferförderlichkeit der Lernumgebung ein wesentliches Kriterium für deren Tauglichkeit. Zu diesem Zweck wurde für die aktuelle Stichprobe in einem quasiexperimentellen Kontrollgruppendesign untersucht, wie weit der Einsatz der kognitiven Modellierung den Lernerfolg anhand verschiedener Aufgaben in der Lernumgebung und die Transferleistung anhand Störungsaufgaben an einer realen SPS-gesteuerten Anlage zusätzlich unterstützt [SHS04]. Es zeigte sich, dass durch die kognitive Modellierung leistungsbezogene Lernerfolgsmaße und verhaltensbezogene Problemlösemaße am deutlichsten bei Störungsaufgaben in der Lernumgebung verbesserte, während ein kleiner Effekt bei der

Störungssuche an der realen Anlage zu beobachten war. Für weitere Module der Lernumgebung, wie beispielsweise Transferanker, die auf dem Ansatz der Anchored Instruction beruhen [MR01], wurden und werden weitere Studien durchgeführt, die sowohl eine Evaluation durch die Zielgruppe als auch eine Überprüfung des Lernerfolgs und der Transferleistung enthalten [HS03].

Literaturverzeichnis

- [BM89] Baker, S.; Marshall, E.: Simulators for training and the evaluation of operator performance. In (Bainbridge, L.; Quintanilla, S.A.R. Hrsg.): Developing skills with information technology. John Wiley, Chichester, 1989; S. 293-314.
- [BW97] Bergmann, B.; Wiedemann, J.: Beschreibung der Störungsdiagnosekompetenz bei Instandhaltungstätigkeiten in der flexibel automatisierten Fertigung. In (Sonntag Kh.; Schaper; N. Hrsg.): Störungsmanagement und Diagnosekompetenz. vdf Hochschulverlag, Zürich, 1997; S. 119-136.
- [BZ99] Bergmann, B.; Zehrt, P.: Transferbefähigung als Ziel eines Störungsdiagnosetrainings. Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 43, 1999; S. 180-192.
- [Ca96] Casey, C.: Incorporating cognitive apprenticeship in multi-media. Educational Technology Research and Development, 44, 1996; S. 71-84.
- [CBN89] Collins, A.; Brown, J.S.; Newmann, S.E.: Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing and mathematics. In (Resnick, L.B. Hrsg.): Knowing, learning and instruction. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, 1989; S. 453-494.
- [Fr95] Fricke, R.: Evaluation von Multimedia. In (Issing, L.J.; Klimsa, P. Hrsg.): Information und Lernen mit Multimedia. Psychologie Verlags Union, Weinheim, 1995, S. 195-220.
- [Go88] Gott, S.P.: Apprenticeship Instruction for Real-World Tasks: The Coordination of Procedures, Mental Models and Strategies. Review of Research in Education, 15, 1988; S. 97-169.
- [Gr97] Gräsel, C.: Problemorientiertes Lernen. Strategieanwendungen und Gestaltungsmöglichkeiten. Hogrefe, Göttingen, 1997.
- [HS03] Hochholdinger, S.; Schaper, N.: Training von Diagnosestrategien anhand eines computergestützten Lernprogramms mit kognitiver Modellierung und Transferankern. In (Bungard, W.; Koop, B.; Liebig, C. Hrsg.): Psychologie und Wirtschaft leben. Aktuelle Themen der Wirtschaftspsychologie in Forschung und Praxis. Hampp, München, 2003; S. 158-165.
- [KC93] Knuth, R.A.; Cunningham, D.J.: Tools for constructivism. In (Duffy, T.M.; Lowyck, J.; Jonassen, D.H. Hrsg.): Designing environments for constructive learning. NATO ASI Series, Springer, Berlin, 1993; S. 163-188.
- [Ki88] Kieras, D.E.: What mental model should be taught: Choosing instructional content for complex engineered systems. In (Psocka, J; Mutter S.; Massey, D.L. Hrsg): Intelligent tutoring systems: Lessons learned. 1988; S. 85-111.
- [Lo96] Lohbeck, B.: Computerunterstütztes Training zur Diagnose komplexer Störungen. Peter Lang, Frankfurt a.M., 1996.
- [Ma97] Mayring, P.: Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. Deutscher Studien-Verlag, Weinheim, 1997.
- [MR01] Mandl, H.; Reinmann-Rothmeier, G.: Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In (Weidenmann, B.; Krapp, A.; Hofer, M.; Huber, G.L.; Mandl, H. Hrsg.): Pädagogische Psychologie. Beltz, Weinheim, 2001; S. 234-289.
- [Re96] Renkl, A.: Träges Wissen. Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. Psychologische Rundschau, 47, 1996; S. 62-78.

- [Re99] Resnick, L.B.: From aptitude to effort: Learnable intelligence and the design of schooling. Special Insert, 1999; S. 3-4.
- [RH84] Rouse, W.B.; Hunt, R.M.: Human problem solving in fault diagnosis tasks. In (Rouse, W.B. Hrsg.): Advances in man-machine systems research. JAI Press, Greenwich, CT, 1984; S. 195-222.
- [RM98] Reinmann-Rothmeier, G.; Mandl, H.: Wissensvermittlung: Ansätze zur Förderung des Wissenserwerbs. In (Klix, F.; Spada, H. Hrsg.): Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C, Praxisgebiete, Serie II, Band 6. Hogrefe: Göttingen, 1998; S. 457-500.
- [Sc00] Schaper, N.; Sonntag, Kh.; Zink, T.; Spenke, H.: Authentizität und kognitive Modellierung als Gestaltungsprinzipien eines Diagnose-CBT. Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 44, 2000; S. 209-228.
- [Sc00a] Schaper, N.: Gestaltung und Evaluation arbeitsbezogener Lernumgebungen. Unveröffentlichte Habilitationsschrift, Universität Heidelberg, 2000.
- [SHS04] Schaper, N.; Hochholding, S.; Sonntag, Kh.: Förderung des Transfers von Diagnosestrategien durch computergestütztes Training mit kognitiver Modellierung. Zeitschrift für Personalpsychologie, 3, 51-62.
- [SS97] Sonntag, Kh.; Schaper, N.: Aufgaben- und Wissensanalysen bei komplexen Diagnoseaufgaben zur Ermittlung des Lernbedarfs bei komplexen Diagnoseaufgaben. In (Sonntag Kh.; Schaper N. Hrsg.): Störungsmanagement und Diagnosekompetenz. vdf Hochschulverlag, Zürich, 1997; S. 95-118.
- [SS97a] Schaper, N.; Sonntag, Kh.: Diagnostisches Handeln von Instandhaltern unterschiedlicher Expertise. In (Sonntag Kh.; Schaper N. Hrsg.): Störungsmanagement und Diagnosekompetenz. vdf Hochschulverlag, Zürich, 1997; S. 155-172.
- [SS97b] Schaper, N.; Sonntag, Kh.: Kognitive Trainingsmethoden zur Förderung diagnostischer Problemlösefähigkeiten. In (Sonntag Kh.; Schaper N. Hrsg.): Störungsmanagement und Diagnosekompetenz. vdf Hochschulverlag, Zürich, 1997; S. 193 – 210.
- [SS98] Schaper, N.; Sonntag, Kh.: Analysis and training of diagnostic expertise in complex technical domains. European Journal of Work and Organizational Psychology, 7, 1998; S. 479-498.
- [Ti01] Tiemeyer, E.: E-Learning-Projekte erfolgreich managen. In (Hohenstein, A.; Wilbers, K. Hrsg.): Handbuch E-Learning. Expertenwissen aus Wissenschaft und Praxis. Dt. Wirtschaftsdienst, Köln, 2001; S. 1-20.