

ILL Document Delivery



REG-13302335

NLM -- 2000 M-663

PAUBPO

96811

CARNEGIE MELLON UNIVERSITY
HUNT LIBRARY ILL
4909 FREW STREET
PITTSBURGH, PA 15213

ATTN:	SUBMITTED:	2004-12-08 10:25:55
PHONE: 412-268-3030	PRINTED:	2004-12-08 13:35:38
FAX: 412-268-6944	REQUEST NO.:	REG-13302335
E-MAIL: bschles@andrew.cmu.edu	SENT VIA:	DOCLINE
	DOCLINE NO:	KYB-15768344

REG	Copy	Monograph
-----	------	-----------

AUTHOR:	Gesellschaft f?ur Kognitionswissenschaft (Germany)
TITLE:	KogWis97 / Proceedings der 3. Fachtagung der Gesellschaft f?ur Kognitionswissenschaft.
PUBLISHER/PLACE:	Friedrich-Schiller-Universit?at Jena Jena :
VOLUME/ISSUE:	1997
DATE:	1997
AUTHOR OF ARTICLE:	Wallach D
TITLE OF ARTICLE:	Rekonstruktion komplexer...
ISBN:	3000017615
OTHER NUMBERS/LETTERS:	NLM Unique ID: 100971488
SOURCE:	Unique Key
MAX COST:	\$35.00
COPYRIGHT COMP.:	Guidelines
CALL NUMBER:	2000 M-663
NOTES:	jkn TN: 96811.0
REQUESTER INFO:	Ferris, J
DELIVERY:	Ariel: 128.2.20.246
REPLY:	Mail:

KEEP THIS RECEIPT TO RECONCILE WITH BILLING STATEMENT

For problems or questions, contact NLM at http://wwwcf.nlm.nih.gov/ill/ill_web_form.cfm or phone 301-496-5511.

Include LIBID and request number.

NOTE: THIS MATERIAL MAY BE PROTECTED BY COPYRIGHT LAW (TITLE 17, U.S. CODE)

Empirie, Modellbildung und Implementierung: Rekonstruktion komplexer Problemlöseprozesse auf der Grundlage von ACT-R

Dieter Wallach*

Fachrichtung Psychologie der Universität des Saarlandes, Saarbrücken, dieter@cops.uni-sb.de

Einleitung

Seit nunmehr zwei Dekaden werden in der kognitionspsychologischen Problemlöseforschung Untersuchungen zum sogenannten komplexen Problemlösen durchgeführt. Gegenstand dieses Forschungsgebietes ist die Beschreibung und Erklärung von Phänomenen, wie sie bei der Interaktion von Individuen mit dynamischen Systemen auftreten. Solche dynamischen Systeme sind typischerweise als computersimulierte Miniwelten („Szenarien“) konzipiert, in die Probanden zielgerichtet eingreifen können. Diese Regelungstätigkeiten und ihre Wirkungen auf das zu regelnde System werden registriert und als Indikatoren für die Problemlösekompetenz von Probanden herangezogen (vgl. Funke, 1992). Obwohl diese Forschungsrichtung ohne Zweifel eine Vielzahl empirischer Arbeiten stimuliert, fehlen bislang übergreifende Theorieansätze zur Erklärung komplexer Problemlösevorgänge. Nachdem Funke bereits 1984 auf diese Theoriearmut hinwies, konstatiert derselbe Autor auch mehr als zehn Jahre später dem Forschungsgebiet einen „desolaten Zustand der Theoriebildung“ (1995, S. 239). Der vorliegende Beitrag stellt einen kognitionswissenschaftlichen Ansatz zur Analyse und Rekonstruktion komplexer Problemlöseprozesse auf der Grundlage einer Kognitiven Modellierung vor. Im Unterschied zu einer konträren Auffassung von Experiment und Kognitiver Modellierung wird hierbei von ihrer Komplementarität ausgegangen: Während Experimente zum Nachweis von Effekten genutzt werden, wird die Modellierung experimenteller Befunde als ein möglicher Weg zu ihrer Erklärung gesehen. Als Rahmenvorstellung zur Kognitiven Modellierung wird auf die Kognitive Architektur Act-R (Anderson, 1993), die als Implementierung vorliegt (Lebiere, 1996), zurückgegriffen.

Das PowerPlant Szenario

Zur Durchführung von Untersuchungen komplexer Problemlöseleistung wurde das Szenario PowerPlant, eine Simulation eines kohlebefeuerten Kraftwerks, entwickelt und implementiert (vgl. Wallach, 1997). PowerPlant basiert auf einem systemtheoretisch fundierten Strukturmodell eines realen Dampfkraftwerkes, dessen mathematische Basis eine präzise Analyse von Systemeigenschaften sowie die Ableitung einer Metrik zur Quantifizierung von Regelungseingriffen gestattet. Im Rahmen einer Aufgabenanalyse wurden zentrale systemtheoretische Eigenschaften des Modells wie dessen Stabilität, Beobachtbarkeit und Steuerbarkeit analysiert und formal nachgewiesen (Wallach, im Druck). Bei der Regelung von PowerPlant fungieren Probanden als Kraftwerksoperateure, deren Regelungsziel in der Bereitstellung elektrischer Leistung nach Maßgabe vorgegebener zeitabhängiger Leistungskurven besteht. Ein zweites Regelungsziel besteht darin, bei der Leistungsregelung den Dampfdruck im Dampferzeuger des Kraftwerkes konstantzuhalten. Das Regelungsproblem ist damit als polytel zu klassifizieren, da von den Probanden das Nachführen bzw. Konstanthalten zweier Prozeßgrößen gefordert wird. Zur Regelung der beiden Ausgangsgrößen Elektrische Leistung und Dampfdruck können Probanden die Eingangsgrößen Brennstoffmassenstrom (Zufuhr an Kohle) und Ventilöffnung (Position des Turbineneinlaßventils) manipulieren.

* z. Zt. Gastwissenschaftler am Department of Psychology, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213, email: dwallach+@andrew.cmu.edu.

löst
en R
gige
den.
erte,

tens
nem
bare

oder
hne
and
iren
wie
xen
nen-
im

von
en-
tive
Nur
fen
ielt
fall
ise

Fragestellung und Methode

Während Probanden in Untersuchungen zum komplexen Problemlösen zur aktiven Regelung eines komplexen Systems aufgefordert werden, hat die weitreichende Automatisierung realer technischer Systeme die Tätigkeiten eines Prozeßführers weg von aktiven Systemregelungen hin zu lediglich passiven Systemüberwachungsaufgaben („Monitoring“) verschoben. Obwohl bislang in experimentellen Arbeiten kaum untersucht (vgl. Kluwe, 1997), wird die Möglichkeit eines aktiven learning-by-doing als wesentliche Voraussetzung für den Erwerb profunden Systemwissens bzw. der Realisierung erfolgreicher Systemregelung gesehen. Auch motiviert durch die Bedeutung dieser Fragestellung für die Ingenieurwissenschaften wurden in einer Serie von Experimenten mit dem PowerPlant-Szenario die Effekte eines learning-by-doing (LbD) im Unterschied zu einem learning-by-monitoring (LbM) untersucht.

In diesen Experimenten konnten Probanden der LbD-Experimentalgruppe in einer Wissenserwerbsphase PowerPlant durch das Vornehmen eigener Systemeingriffe explorieren, während Probanden der LbM-Gruppe hier lediglich eine passive Systembeobachtung ermöglicht wurde. Um sicherzustellen, daß die Probanden jeweils über identische Informationen zu Systemverläufen verfügen, wurde ein matched-pair-design eingesetzt, bei dem jedem LbD-Probanden ein LbO-Proband als experimenteller Zwilling zugewiesen wurde. D.h. ein LbM-Proband beobachtete genau jenes Systemverhalten, welches der ihm als Zwilling zugewiesene LbD-Proband durch seine Systemeingriffe generierte (vgl. Funke, 1992). In einer Wissensanwendungsphase wurde PowerPlant dann auch von Probanden der LbM-Gruppe geregelt. Zur Erhebung des Systemwissens wurde neben Protokollen Lauten Denkens und Fragebögen insbesondere auch eine computergestützte Strukturlegetechnik eingesetzt (vgl. Wallach, im Druck).

Ergebnisse

Entgegen der in der Forschung zum komplexen Problemlösen dominierenden Vorannahme einer Überlegenheit des learning-by-doing konnte ein signifikant besseres Systemwissen der LbM-Probanden nachgewiesen werden. Ein statistisch bedeutsamer Unterschied bezüglich der Regelungsperformanz in der Wissensanwendungsphase bestand zwischen den Experimentalgruppen hingegen nicht. Während sich jedoch bei Probanden der learning-by-doing-Bedingung hohe Korrelationen zwischen Systemwissen und Regelungsperformanz in der Wissensanwendungsphase fanden ($r=.79$), konnten bei LbM-Probanden lediglich statistisch nicht von Null verschiedene Korrelationen zwischen diesen Variablen festgestellt werden. Systemwissen und Regelungsperformanz sind demnach bei LbM-Probanden dissoziiert. Eine Analyse der erhobenen Denkprotolle ergab signifikante Unterschiede in den Verbalisierungsinhalten der Probanden. So äußerten etwa Probanden der LbM-Gruppe signifikant häufiger Selbsterklärungen (vgl. Chi, Bassok, Lewis, Reimann & Glaser, 1989), in denen das Verhalten von PowerPlant unter Rekurs auf angenommene Kausalbeziehungen zwischen Systemvariablen erklärt wurde. Die Auswertung der Ergebnisse der Strukturlegetechnik belegten, daß der Wissenserwerb der Probanden generell eher auf ein heuristisches „how-to-work-it-knowledge“ im Unterschied zu einem strukturell-topologischen „how-it-works-knowledge“ im Sinne der Differenzierung von Kieras und Bovair (1984) ausgerichtet war.

Kognitive Modellierung

Zur Rekonstruktion der untersuchten Regelungstätigkeiten wurde eine Kognitive Modellierung auf der Basis von Act-R (Anderson, 1993) implementiert und einer empirischen Gültigkeitsprüfung unterzogen. Act-R läßt sich kurzgefaßt als allgemeine Kognitionstheorie auf der Grundlage eines Produktionensystems beschreiben, das auf einem Netzwerk deklarativer Wissenseinheiten („chunks“) operiert. Neben präzisen Annahmen zur Repräsentation und Anwendung von Wissen zeichnet sich Act-R insbesondere durch die Integration symbolischer und subsymbolischer Lernmechanismen zum Erwerb von Wissen und dessen Anwendungsoptimierung aus. Bisher wurde Act-R erfolgreich zur Modellierung

verschiedener Befunde aus der kognitionswissenschaftlichen Problemlöse-, Lern- und Gedächtnisforschung eingesetzt (vgl. Anderson, 1993), so daß diese Architektur gerade wegen ihres integrativen Charakters als vielversprechende Rahmenvorstellung zur Modellierung komplexer Problemlöseprozesse erscheint.

Als empirische Grundlage zur Konstruktion des Modells wurde auf Interaktionsprotokolle der Probanden mit PowerPlant sowie auf die erhobenen Denkprotokolle zurückgegriffen. Um eine Konfundierung von Modellkonstruktion und dessen empirischer Gültigkeitsprüfung zu vermeiden, wurden zur Modellkonstruktion ausschließlich Daten der Wissenserwerbsphase verwendet, so daß Probandendaten der Wissensanwendungsphase im Sinne einer Kreuzvalidierung für die Modellprüfung zur Verfügung standen. Für eine eingehende Darstellung der Modellkomponenten und die Durchführung der empirischen Gültigkeitsprüfung vgl. Wallach (im Druck). Zusammengefaßt können die Kriterien der Modellevaluation wie folgt festgehalten werden:

- *Regelungsperformanz*: Wird die in den experimentellen Untersuchungen beobachtete Problemlöseperformanz bei der Regelung von POWERPLANT durch das ACT-R Modell rekonstruiert?
- *Lernen*: Gelingt die Rekonstruktion beobachteter Lernverläufe bei der Regelung von POWERPLANT? Sind die in ACT-R spezifizierten Lernmechanismen hinreichend zur Modellierung des Erwerbs erforderlichen Regelungswissens?
- *Entscheidungszeit*: Liegen die aus dem ACT-R Modell abgeleiteten Entscheidungszeiten im Bereich der empirisch beobachteten Entscheidungszeiten?
- *Reichweite*: Kann sowohl die individuelle Problemlöseperformanz einzelner Probanden als auch die prototypische Problemlöseleistung durch das Modell rekonstruiert werden?
- *Experimentelle Manipulation*: Können empirisch beobachtete Effekte der experimentellen Manipulation auf der Basis von ACT-R rekonstruiert werden?

Die Ergebnisse der Modellprüfung weisen auf die Fruchtbarkeit von Act-R als theoretische Rahmenvorstellung zur Analyse und Rekonstruktion komplexer Problemlöseprozesse hin. Insbesondere erhoffen wir uns durch die Verbindung von Experiment und darauf fußender Modellierung einen Weg aus der eingangs angesprochenen Theoriearmut im Bereich des komplexen Problemlösens zu finden.

Literatur

- Anderson, J.R. (1993). *Rules of the mind*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Chi, M.T.H., Bassok, M., Lewis, M., Reiman, P. & Glaser, R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, Vol. 13, pp. 145-182.
- Funke, J. (1992). *Wissen über dynamische Systeme: Erwerb, Repräsentation und Anwendung*. Berlin: Springer Verlag.
- Funke, J. (1995). Experimental research on complex problem solving. In P.A. Frensch & J. Funke (Eds.). *Complex problem solving: The European perspective*, pp. 221-244. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kieras, D.E. & Bovair, S. (1984). The role of a mental model in learning to operate a device. *Cognitive Science*, Vol. 8, pp. 255-273.
- Kluwe, R. (1997). Effects of different training methods on control performance when learning to operate a dynamic system. In D. Harris (Ed.). *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics, Vol. 1*. Hampshire: Ashgate Publishers.
- Lebiere, C. (1996). *Act-R User's Manual*. Department of Psychology, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA.
- Wallach, D. (1997). Learning to control a coal-fired power plant: Empirical results and a model. In D. Harris (Ed.). *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics, Vol. 1*. Hampshire: Ashgate Publishers.
- Wallach, D. (im Druck). *Kognitionswissenschaftliche Analyse komplexer Problemlöseprozesse*. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.