

Kognitive Modellierung in dynamischen Mensch-Maschine-Systemen

JERONIMO DZAACK, MARCUS HEINATH & JÜRGEN KIEFER

TU Berlin, Zentrum Mensch-Maschine-Systeme, Graduiertenkolleg prometei

Schlüsselwörter: Kognitive Modellierung, Kognitive Architekturen, Dynamische Systeme

Zusammenfassung

Im Workshop „Kognitive Modellierung in dynamischen Mensch-Maschine-Systemen“ wurde ein Einblick in die kognitive Modellbildung in dynamischen Aufgabenumgebungen gegeben. Der Workshop fand im Rahmen der jährlichen Frühjahrsschule des Zentrums-Mensch-Maschine-Systeme (ZMMS) der Technischen Universität Berlin statt. Im ersten, theoretischen Teil lag der Fokus auf der Vermittlung eines Grundverständnisses zur Erstellung kognitiver Modelle, am Beispiel der kognitiven Architektur ACT-R. Vor- und Nachteile dieser analytisch-objektiven Methode wurden aufgezeigt und an einem Beispiel aus der Prozesstechnik illustriert. Im zweiten, praktischen Teil des Workshops erfolgte die Arbeit in Kleingruppen. Hierbei wurden Fragestellungen bezüglich der Beschreibung kognitiver Prozesse auf höherer Abstraktionsebene im Rahmen der Modellbildung, der Berücksichtigung von individuellem Benutzerverhalten bei der Erstellung von Modellen und Möglichkeiten der Modellauswertung und -analyse diskutiert und erste Lösungsansätze erarbeitet.

1. Einführung

Die kontinuierliche Weiterentwicklung der Informationstechnologie geht mit einem grundlegenden Wandel der Arbeitswelt einher: Im Bereich komplexer dynamischer Mensch-Maschine-Systeme (MMS) werden Steuerungsaufgaben zunehmend von automatisiert arbeitenden Computersystemen realisiert. Eine Veränderung der Interaktionscharakteristika zwischen Mensch und Maschine ist die Folge. Im Tätigkeitsspektrum des Menschen zeigt sich dies in einem Zuwachs der Überwachungs- und Kontrolltätigkeiten, die vornehmlich durch visuelle Informationsaufnahme und -verarbeitung, sowie der Koordination von Aufgaben charakterisiert sind. Daraus er-

geben sich erhöhte Anforderungen an die kognitiven Fähigkeiten des Menschen, denen bereits in frühen Phasen der Systementwicklung Rechnung getragen werden sollte. Die kognitive Modellierung stellt einen viel versprechenden Ansatz dar diese Anforderungen umsetzen zu können.

2. Kognitive Modellierung

Kognitive Architekturen bilden ein integratives Rahmenwerk kognitionspsychologischen Theorien, in Form eines Softwaresystems, zur Modellierung und anschließenden Simulation des menschlichen Verhaltens. Die bereitgestellten Strukturen und Mechanismen kognitiver Architekturen setzen eine Unabhängigkeit von speziellen Aufgaben und Domänen voraus (Howes & Young 1997) und simulieren das menschliche Verhalten auf menschliche Art und Weise (Newell 1990). Kognitive Modellierung bedeutet für „ausgewählte kognitive Leistungen Symbolstrukturen (für Daten und Regeln) anzugeben und zu zeigen, dass mit eben diesen Daten und Regeln die zu erklärende kognitive Leistung erbracht werden kann“ (Tack 1995, S. 117). In einem kognitiven Modell wird die abstrakte kognitive Architektur in einer Instanz spezialisiert und angewandt.

2.1 Beschreibungsebenen

In der Literatur wird zwischen High-Level und Low-Level Architekturen für die kognitive Modellierung unterschieden (Salvucci & Lee 2003).

High-Level Architekturen, wie bspw. *GOMS* (Card, Moran & Newell 1983) und seine Derivate - für einen Vergleich siehe John & Kieras (1996), beschreiben das Verhalten in einer „groben“ zeitlichen Auflösung und definieren Bedienhandlungen (z.B. Mausbewegung, Drücken eines Kopfes) als vorher festgelegte Sequenzen menschlichen Verhaltens. Für die Untersuchung von Handlungsabfolgen und den damit verbunden Fehlbedienungen und Schwierigkeiten in der Ressourcenallokation sind High-Level Architekturen besonders geeignet. Komplexere Aspekte der Systembedienung, wie Entscheiden, Signal-Entdeckung und Widererkennung können mit diesen Architekturen nicht abgebildet werden.

Low-Level Architekturen, wie bspw. *EPIC* (Meyer & Kieras 1997), *ACT-R* (Anderson, Bothell, Byrne, Douglass, Lebiere, & Qin 2004) und *SOAR* (Ritter, Shadbolt, Elliman, Young, Gobet & Baxter 2003) beschreiben menschliches Verhalten auf einer „atomaren Ebene“ mit kognitiven Schritten im Zeitbereich von 50 ms. Sie erlauben eine größere Präzision als High-Level Architekturen und bieten einen tieferen Blick in die kognitiven Prozesse, bezüglich motorischer Bewegungen, Informationsaufnahme und Gedächtnisabrufe. Eine Vielzahl von Low-Level Architekturen nutzt Produktionssysteme zur Abbildung der Funktionsweise des kognitiven Apparates. Die Formalisierung von Wissen in Form potentiell unabhängiger Produktionsregeln ermöglicht ein flexibleres Reagieren auf Änderungen der Systemumgebung und eine Unterbrechbarkeit von Interaktionsschritten, als die sequenzorientierten Modelle auf High-Level Ebene.

2.2 Potentiale und Grenzen

In der Systementwicklung kann die Kognitive Modellierung als eine Erweiterung der klassischen Methoden zur Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit angesehen werden. Sie ermöglicht den automatischen Einsatz von wissenschaftlich begründeten Theorien für die Hypothesenprüfung und –generierung (Bortz 1984). Detaillierte Vorhersagen bzgl. quantitativer Parameter wie Bearbeitungszeiten, Fehlern, Gedächtnisabrufe und Handlungssequenzen sind, auch ohne real existierende Prototypen, möglich. Aufgrund der formalen Beschreibungsebene der Modelle sind Simulationen einfach wiederhol- und überprüfbar. Hochkomplexe Paradigmen der Psychologie (z.B. Zeitschätzung, Ressourcenallokation bei Mehrfachaufgaben, Handeln in dynamischen-komplexen Systemen), die sich heute oft nur unter großem Aufwand mit den klassischen experimentellen Methoden überprüfen lassen, sind mit kognitiven Modellen einfach experimentell überprüfbar. Die Modellierung des Benutzerverhaltens und die Analyse der vom Modell zurückgegebenen Simulationsergebnisse stellen damit eine Alternative dar, um Aussagen bezüglich Gestaltungsfragen treffen zu können.

Heutige Benutzermodelle sind meist idealtypisch und berücksichtigen kaum Fehlleistungen und interindividuelle Unterschiede im Benutzerverhalten. Menschliche Eigenschaften wie Emotionen, Motivation, Müdigkeit werden in der Modellbildung „noch“ vernachlässigt. Eine von Urbas, Dubrowsky, Dzaack & Heinath (2005) durchgeführte Interviewstudie untermauert das in der Literatur vorherrschende Bild: Das Potential der kognitiven Modellierung zur Bewertung von MMS ist in Industrie und Forschung zwar bekannt, jedoch wird diese nur vereinzelt eingesetzt. Die mangelnde Werkzeugunterstützung in der Modellbildung und in der Analyse der Simulationsergebnisse bildet dabei zwei zentralen Ursachen für die fehlende Akzeptanz der Methode.

2.3 Beispiel zur kognitiven Modellierung in dynamischen Mensch-Maschine Systemen

Als Beispiel für den Workshop wurde eine komplexe dynamische Aufgabenumgebung gewählt. Diese illustriert zum einen die gewählten Fragestellungen und den zum anderen den aktuellen Stand der Entwicklung von kognitiven Modellen in der Forschung mit komplexen Systemen. Die Bedienungsaufgabe des Modells und des Menschen besteht darin, den Flüssigkeitspegel der Destillationskolonne (siehe Abbildung 1) zwischen den zwei Pegelgrenzen (weiße Dreiecke) zu halten, wobei die Heizung angeschaltet sein soll.

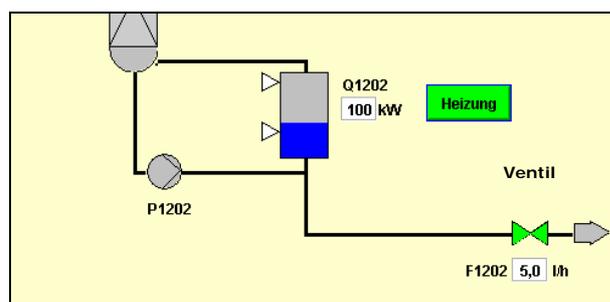


Abbildung 1: Destillationskolonne

Der Zufluss zum Behälter erfolgt über die Pumpe (P1202) und kann extern nicht beeinflusst werden. Zur Pegelregulation kann Flüssigkeit aus dem Behälter abgelassen bzw. durch die Heizung verdampft werden. Dies erfolgt durch Öffnen des Ventils (F1202) oder durch Anschalten der Heizung (Q1202). Ein geöffnetes Ventil wird in der Simulation grün, ein geschlossenes Ventil rot dargestellt. Ist Heizung aktiviert, erscheint diese grün. Eine nicht aktivierte Heizung wird grau abgebildet.

Aufgrund der höheren Präzision und der Möglichkeit komplexe Aspekte der menschlichen Kognition abbilden zu können, wurde die Low-Level Architektur ACT-R zur Modellierung des Benutzerverhalten auf Basis einer analytischen Analyse der Systembedienung angewandt. Dazu stehen verschiedene Modelle zur Verfügung, die in dem Workshop vorgestellt wurden.

3. Workshop

Der praktische Teil des Workshops erfolgte in Kleingruppenarbeit. Hierbei wurden die nachfolgenden Fragestellungen zur Erstellung, Variation und Analyse von kognitiven Modellen bearbeitet. Abschließend erfolgte eine Präsentation und kritische Diskussion der Ergebnisse.

3.1 Modellbildung: Beschreibung von kognitiven Prozessen auf höherer Abstraktionsebene

Der erste Teil des Workshops legt den Fokus auf die Beschreibung kognitiver Modelle auf höherem Abstraktionsniveau. Eine große Herausforderung der kognitiven Modellbildung besteht in der Transformation der Modellen aus der Aufgabenanalyse (High-Level Notation) in eine ausführbare Low-Level Notationsform der jeweiligen kognitiven Architektur. Dieser Transformationsprozess erfordert vom Modellierer umfangreiches Programmierwissen über die Strukturen und Mechanismen der kognitiven Architektur und psychologische Kenntnisse über die Informationsverarbeitungsprozesse des Menschen. Die kognitive Modellbildung soll dahingehend vereinfacht werden, dass dem Modellierer Bausteine, in Form parametrisierbarer Aktivitätsmustern, zur Verfügung gestellt werden, die eine Modellbildung auf höherem Abstraktionsniveau ermöglichen. Eine Aktivität beschreibt dabei die Ausführung einer (Teil-) Aufgaben durch einen Nutzer in einem bestimmten Kontext unter Anwendung perzeptiver, kognitiver und motorischer Ressourcen (Boy 1998). Ein Aktivitätsmuster (AM) stellt hierbei ein bereits auf Low-Level Ebene „vordefinierte“ Schemata zur Bewältigung einer konkreten Aufgaben dar. In der Modellbildung muss dieses dann „nur“ noch an den jeweiligen Aufgabenkontext angepasst werden. Das Prinzip der AM kann als Übertragung des Design-Pattern Ansatzes aus der Softwareentwicklung (Gamma, Helm, Johnson & Vlissides 1995) auf den Bereich der kognitiven Modellierung angesehen werden. Durch setzen von Relationen zwischen AM können Interaktionsabläufe auf höherem Abstraktionsniveau modelliert werden.

3.1.1 Aufgabe

Aufbauend auf den Beschreibungen zur Destillationskolonne sollte zunächst die Bedienungsaufgabe zur Pegelsteuerung in mögliche (Teil-)Aktivitäten zerlegt werden. Die Beschreibung identifizierbarer Aktivitäten beinhaltet dabei Angaben zum Zeitrah-

men und zur Intention der Aktivität. Anhand dieser erarbeiteten Spezifikationen, sollte dann die Trennschärfe und der Auflösungsgrad, d.h. befinden sich alle Aktivitäten auf dem gleichen Beschreibungslevel, der identifizierten Aktivitäten diskutiert werden.

3.1.2 Ergebnisse

Als Ergebnis des Workshops konnten drei „elementare“ Aktivitäten (*Ausführen, Ablesen, Vergleichen*) und drei „zusammengesetzte“ Aktivitäten (*Scannen, Beobachten, Regulieren*) bei der Bedienung der Destillationskolonne identifiziert und spezifiziert werden. Tabelle 1 zeigt die Aktivitäten und deren Spezifikation. Anzumerken ist hierbei, dass die Aktivität Regulieren, bedingt durch die Einfachheit der Aufgabenstellung im vorliegenden Beispiel, die gesamte Pegelregulationsaufgabe beschreibt. In der Nachbetrachtung weisen die im Workshop identifizierten Aktivitäten, bezüglich der Intention und des Zeitrahmens, weitgehende Übereinstimmung mit den von Hollnagel (1998, S. 246) und Köhler (2001) spezifizierten kognitiven Aktivitäten auf. Zur Erhöhung der Trennschärfe und Verbesserung der Anwendbarkeit der Aktivitätsmuster wurden in der Gruppen verschiedene Kriterien für eine „gute“ Musterbeschreibung erarbeitet: (1) aussagekräftiger Namen zur Wiedererkennung und Kommunikation, (2) illustratives Anwendungsbeispiel, (3) Auflistung möglicher Vor- und Nachteile der Anwendung, (4) Relationen zu anderen Mustern, (5) Möglichkeiten der Generalisierung bzw. Verfeinerung sowie (6) Kontextabhängigkeit des Musters.

Tabelle 1: Im Workshop identifizierte Aktivitäten zur Bedienung der Destillationskolonne

Aktivität	Intention / Zeitrahmen
<i>Ausführen</i> [Element]	Ausführen einer motorischen Handlung bezogen auf ein Element, z.B. Drücken des Heizungsbuttons
<i>Ablesen</i> [Element (Wert)]	Einmaliges Ablesen des Wertes eines Elementes, z.B. Lesen des Zustands der Heizung (an oder aus)
<i>Vergleichen</i> {Wert_1; ...; Wert_n}	Relationsvergleich von Werten (1..n) auf quantitativer oder qualitativer Ebene
<i>Scannen</i> {Ablesen_1; ... ; Ablesen_n}	Verschaffen eines Gesamtüberblicks über ein System durch schnelles Ablesen der Werte der Elemente (1..n)
<i>Beobachten</i> {Ablesen_1(t); ... ; Ablesen_n(t)}	Beobachtung des Werteverlauf von Parametern ein oder mehrerer Elemente (1..n) über einen Zeitraum (t)
<i>Regulieren</i> {(Ablesen Beobachten) → Vergleichen → Ausführen}	Ist-Soll-Wert Regelung, z.B. Pegelregulation beinhaltet den Zyklus: Pegelstand ablesen oder beobachten, Ist-Wert mit Soll-Wert vergleichen und notwendige Handlung (Drücken der Heizung und/oder des Ventils bzw. Warten) einleiten

3.2 Modellvariation: Berücksichtigung von individuellem Benutzerverhalten

Im zweiten Teil des Workshops wird die Frage aufgeworfen, welche Rolle der Betrachtung von individuellem Benutzerverhalten zukommt. Im vergangenen Jahrhundert waren personenspezifische Charakteristika hauptsächlich Gegenstand der Differentiellen Psychologie (vgl. Amelang & Bartussek 2001). Im Rahmen der Forschung im Bereich Mensch-Maschine-Interaktion hat sich allerdings gezeigt, dass auch bei der Bearbeitung von Aufgaben in dynamischen Systemen das Leistungsverhalten zwischen einzelnen Benutzern oftmals stark variiert. Diese Unterschiede sind einerseits zurückzuführen auf unterschiedlich ausgeprägte Fähigkeiten wie z.B. Intelligenz oder Arbeitsgedächtniskapazität (Ackerman 2005), zum anderen wird auch die Rolle von individuellen kognitiven Strategien zur optimalen Anpassung an Aufgabenumgebungen betont (Schunn & Reder 2001). In bisherigen kognitiven Modellen wurden individuelle Unterschiede zwischen Benutzern beispielsweise als Parameter, etwa bezogen auf die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses, integriert (Daily, Lovett & Reder 2001). Jongman & Taatgen (1999) sehen etwa mentale Ermüdung als einen möglichen Einflussfaktor für individuelles Benutzerverhalten. Bisher nicht betrachtet wurde konkretes unterschiedliches strategisches Verhalten auf kognitiver Basis, allerdings besteht in dieser Hinsicht ein ansteigendes Interesse (Brumby & Salvucci 2006).

3.2.1 Aufgabe

Am Beispiel der eingeführten Destillationskolonne wurde den Teilnehmern ihre Aufgaben erklärt. Sie wurden gebeten, kognitive Strategien zu spezifizieren und deren Anwendbarkeit innerhalb der kognitiven Modellierung kritisch zu hinterfragen. Diese Aufgabe bezog sich dabei sowohl auf *Mikrostrategien* (z.B. Ablesen des Pegelstandes) als auch auf *Makrostrategien* (z.B. Steuerung des Pegelstandes mittels der Elemente *Heizung* und *Ventil*). Eine *Mikrostrategie* bezieht sich auf eine feingranulare Beschreibung von atomaren, elementaren Prozessen der menschlicher Kognition (*low-level description*). Sie ist nicht zwangsläufig bewusst, sondern kann vielmehr auch automatisch, unbewusst ablaufen und sich somit potentiell der willentlichen Kontrolle entziehen. *Mikrostrategien* bezeichnen Prozesse, die in der Regel nicht weiter unterteilt werden können. *Makrostrategien* hingegen beziehen sich auf Handlungspläne (*high-level description*), gemeint sind also konkrete algorithmisch beschreibbare Abläufe des Problemlöseverhaltens. *Makrostrategien* sind folglich Planungsstrategien zur Optimierung von Verhalten. Sie sind direkt beobachtbar und nachvollziehbar, ein Beispiel dafür wird in Kiefer & Urbas (2006) beschrieben. Als Hilfe und Orientierung wurde eine Übersicht hinsichtlich möglicher Aktivitäten (z.B. *scan, observe, execute, regulate* etc.) zur Verfügung gestellt (Köhler 2001). Allerdings war die Anwendung derartiger Basisoperationen nicht obligatorisch, sondern vielmehr freiwillig. Es zeigten sich dementsprechend deutliche Unterschiede zwischen den Teilnehmern hinsichtlich einer diesbezüglichen Anwendung.

3.2.2 Ergebnisse

Die Gruppenarbeit lieferte folgende Ergebnisse:

- (1) *Dominante Strategie* der Pegelregulation: Kontrolliere Pegel und weiche nur dann visuell ab, wenn die Steuerung eines anderen Elementes (z.B. Heizung) dies erfordert. Die Diskussion legte zudem nahe, dass die eingesetzte Strategie

gie von weiteren Faktoren (z.B. durch die Geschwindigkeit des Pegelanstiegs) moderiert wird.

- (2) Die Bearbeitungsweise und die angewandten Strategien hängen stark von *Vorwissen* und *Erfahrung* ab: beide Aspekte wirken sich aus auf Art und Weise von *Informationsaufnahme*, *Informationsorganisation* und *Informationsanwendung*. Personen, die bereits mit ähnlichen Systemen zu tun hatten bzw. einen verwandten Hintergrund besitzen, konnten eher das Problem analytisch erfassen und bildeten eine Art Regelinventar (z.B. „Erste Maßnahme muss das Einschalten der Heizung sein“), sie nutzen folglich ihr Vorwissen zur Problemlösung. Novizen hingegen begeben sich naiv im Sinne des Experimentes an die Aufgabe und werden durch Systemrückmeldung (Pegelstand) als auch durch eine Art Daumenregeln (*rules-of-thumb*) geleitet. Auf Basis des Workshops kann man das Vorgehen von Experten eher als *top-down* - orientiert beschreiben, Novizen würde man eher als *bottom-up* – geleitet beschreiben.
- (3) Weitere Faktoren, die sich auf das Herausbilden von Strategien auswirken, sind *Priorisierung* (Welche Aufgabe ist Hauptaufgabe?), *Zeitdruck* (Sind temporale Grenzen einzuhalten?) und die mit den ergebenden Fehler auftretende *Konsequenzen* (Welche Auswirkungen hat eine Pegelüberschreitung für den Versuchsteilnehmer?).

Die Gruppenarbeit dieses Workshops zeigt auf, welche Faktoren bei der Herausbilden von kognitiven Strategien eine entscheidende Rolle spielen. Die gewonnenen Erkenntnisse fließen direkt ein in die Untersuchung von strategischem Verhalten in dynamischen Aufgabenumgebungen.

3.3 Modellauswertung und -analyse zur Unterstützung benutzerorientierter Gestaltung

Der dritte Teil des Workshops befasste sich mit dem Problembereich der Auswertung und der Analyse von Simulationsdaten kognitiver Modelle. Heute werden Simulationsdaten in zumeist großen Logdateien ausgegeben und es existieren kaum standardisierte Analysealgorithmen zur Verdichtung und Interpretation der Simulationsdaten. Die Analyse und die Rückführung der Simulationsergebnisse auf einfache Art und Weise stellen somit wichtige Aspekte für die Etablierung der Methode der kognitiven Modellierung für die Bewertung von MMI dar. Für die Analyse kognitiver Modelle sind zeitliche Abhängigkeiten (z.B. Ausführungszeiten) die gängige Praxis. Die in kognitiven Low-Level Architekturen implementierten kognitionspsychologischen Theorien ermöglichen aber weitere Auflösungsgrade und Betrachtungsparameter. Die Suche nach fein aufgelösten kognitiven Mustern in den Simulationsdaten (bspw. zur visuellen Informationsaufnahme: Auge bewegen, Eindruck aufnehmen, Eindruck verarbeiten, Information enkodieren) ist eine weitere Möglichkeit, die Aussagekraft von kognitiven Modellen zu erhöhen. Die Interpretation der identifizierten Interaktionsmuster erlaubt eine feinere und genauere Klassifizierung der Interaktionsprozesse und eine Beurteilung der Schnittstellengestaltung hinsichtlich der Unterstützung kognitiver Prozesse als die zeitliche Abhängigkeit. Beispielsweise kann die Anordnung von Bedienelementen und die diesbezüglichen Interaktionsprozesse hinsichtlich der Blickbewegung und der Entscheidungsprozesse eines kognitiven Mo-

dells überprüft und bewertet werden. Die Gestaltung kann anschließend an die vorhergesagten Interaktionsmuster und Fehlhandlungen des Modells angepasst werden.

Ziel des Dissertations-Projektes in dessen Zusammenhang dieser Teilworkshop durchgeführt wurde, ist die Entwicklung von Analysealgorithmen und anschließende Validierung mit empirisch erhobenen Daten.

3.3.1 Aufgabe

Die Aufgabe der Kleingruppe im Rahmen des Workshops bestand darin, die Möglichkeiten der kognitiven Modellierung für die Bewertung von MMI zu diskutieren und kritisch aus Sicht der in der Kleingruppe beteiligten Disziplinen zu betrachten. Im Weiteren sollten Hypothesen für die Analyse von Simulationsdaten zum Vergleich von Interfaces auf der Basis von visuellen Informationsaufnahme und -verarbeitungsprozessen am Beispiel der Destillationskolonne aufgestellt und ein mögliches Versuchsdesign zur Bestimmung der benötigten Parameter andiskutiert werden.

3.3.2 Ergebnisse

Es zeigte sich, dass die beteiligten Disziplinen (Psychologie, Ingenieurwissenschaften, Informatik) ein sehr unterschiedliches Verständnis von kognitiver Modellierung und anschließender Simulation haben. In der allgemeinen Psychologie scheint das Bild vorzuherrschen, dass Modellierung eingesetzt wird um Ergebnisse zu validieren, nicht aber, so wie es in der Kognitionspsychologie schon länger der Fall ist, um Hypothesen aufzustellen. Die Übertragbarkeit von psychologischen Experimenten auf kognitive Simulationsexperimente wird noch nicht akzeptiert und bedarf für den Einsatz in der Praxis einer weiteren Betrachtung. In den Ingenieurwissenschaften und der Informatik wird diese Übertragbarkeit pragmatischer betrachtet. Die Überführung von menschlichen Informationsverarbeitungsprozessen in mathematischen und damit berechenbare Ausdrücke stellt keine Hürde für den Einsatz dar. In allen drei Disziplinen stellte sich aber die Frage zur Art und Weise der Unterstützung in der Erstellung, Erweiterung und Auswertung von kognitiven Modellen. Eine weiterer Ansatzpunkt für die Etablierung der interdisziplinären Methode der kognitiven Modellierung kann in der Anpassung der Sprachmittel gefunden werden, d.h. die zum einen im Studium gelehrt und zum andern in der Praxis gebräuchlichen Sprachmittel sollten über die Grenzen der einzelnen Disziplinen angepasst werden, um ein gemeinsames Verständnis und somit die Anwendung der Methode zu begünstigen.

Für die Analyse von visuellen Informationsverarbeitungsprozessen und die darauf basierende Bewertung von Benutzungsschnittstellen wurde von Seiten der Psychologie darauf hingewiesen, dass die experimentellen Erkenntnisse zum Lesen als Grundlage für die Analyse der visuellen Suchprozesse (Interaktion) in der komplexen dynamischen Systemumgebung der Destillationskolonne geeignet wären (z.B. Pollatsek, Reichle & Rayner 2006). Als Versuchsdesign wurde vorgeschlagen eine mögliche Benutzungsschnittstelle für die Destillationskolonne zu implementieren und diese im Bezug auf die Erkenntnisse der Leseforschung leicht zu variieren. Dies ermöglicht die Beschränkung auf beobachtbare und ableitbare Phänomene. Somit wäre es möglich die Simulationsdaten gezielt auszuwerten und darauf resultierende Algorithmen zu entwickeln.

4. Zusammenfassung und Fazit

Der Workshop lieferte einen Einblick in den Bereich der kognitiven Modellierung. Exemplarisch wurde diese an der kognitiven Architektur ACT-R (Anderson et al. 2004) erklärt, die theoriebasiert kognitive Prozesse simuliert und es dadurch ermöglicht menschliches Handeln zu untersuchen und zu erklären. Ziel des Workshops war es die Möglichkeiten und Grenzen heutiger Forschung im Bereich kognitiver Benutzermodellierung aufzuzeigen und kritisch diskutieren zu lassen. Die Simulation einer Destillationskolonne diente als Beispiel eines dynamischen Systems. An dieser praktischen und realitätsnahen Anwendung wurde modellbasiertes Vorgehen verdeutlicht. Darauf aufbauend beschäftigten sich drei Kleingruppen mit den Bereichen Modellbildung, Modellvariation sowie Modellauswertung. Diskutiert wurden dabei in den jeweiligen Gruppen das Problem der mangelnden Werkzeugunterstützung, die bisher unzulängliche Integration von interindividuellem Benutzerverhalten sowie das noch nicht ausgeschöpfte Potential der Modellanalyse und Modellauswertung. Die Ergebnisse des Workshops zeigen das außerordentliche Potential kognitiver Modellierung und geben auf Basis des interdisziplinären und interaktiven Bearbeitens von Problemaspekten Hilfestellung zur Modifikation und Verbesserung der vorgestellten Methoden und Werkzeugen. Es ist zu erwarten, dass die Ergebnisse des Workshops in geeigneter Form in die drei Dissertationsprojekte einfließen.

5. Danksagung

An dieser Stelle danken wir allen Teilnehmern des Workshops „Kognitive Modellierung in dynamischen Mensch-Maschine-Systemen“ für das rege Interesse an den vorgestellten Themen, die aktive Teilnahmen am Workshop und den daraus resultierenden konstruktiven Anregungen und Ideen.

6. Literatur

- Ackerman, P. L. (2005). Ability determinants of individual differences in skilled performance. In R. J., Sternberg, & J., Pretz (Hrsg.), *Cognition and Intelligence: Identifying the Mechanisms of the Mind*, 142-159. NY: Cambridge University Press.
- Amelang, M. & Bartussek, D. (2001). *Differentielle Psychologie und Persönlichkeitsforschung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Anderson, J. R., Bothell, D., Byrne, M. D., Douglass, S., Lebiere, C., & Qin, Y. (2004). An integrated theory of the mind. *Psychological Review*, 111, 1036-1060.
- Bortz, J. (1984). *Lehrbuch der empirischen Sozialforschung*. Berlin: Springer.
- Boy, G.A. (1998). *Cognitive function analysis*. Ablex, Stamford, CT.
- Brumby, D.P. & Salvucci, D.D. (2006). Exploring human multitasking strategies from a cognitive constraint approach. Poster presented at *The 28th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, Vancouver, BC, Canada.

- Card, S. K., Moran, T. P. & Newell, A. (1983). *The Psychology of Human-Computer Interaction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Daily, L. Z., Lovett, M. C. & Reder, L. M. (2001). Modeling individual differences in working memory performance: A source activation account in ACT-R. *Cognitive Science*, 25, 315-353.
- Gamma, E., Helm, R., Johnson, R. & Vlissides, J. (1995) *Design patterns: Elements of reusable object oriented software*. Boston, MA: Addison Wesley.
- Hollnagel, E. (1998). *Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM)*. Oxford: Elsevier Science Ltd.
- Howes, A. & Young, R. M. (1997). The role of cognitive architecture in modeling the user: Soar's learning mechanism. *Human-Computer Interaction*, 12 (4), 311-343.
- John, B. E. & Kieras, D. E. (1996). The GOMS Family of User Interface Analysis Techniques: Comparison and Contrast. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 3 (4), 320-351.
- Jongman, L. & Taatgen, N. A. (1999). An ACT-R model of individual differences in changes in adaptivity due to mental fatigue. In *Proceedings of the twenty-first annual conference of the cognitive science society*, 246-251. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Kiefer, J. & Urbas, L. (2006) How to model different strategies in dynamic task environments. In *Proceedings of the Seventh International Conference on Cognitive Modeling*, 172-176.
- Köhler, T. (2001). *Anwendung und Weiterentwicklung von CREAM am Beispiel der Bedienung und Überwachung einer verfahrenstechnischen Anlage*. Diplomarbeit am Institut für Psychologie und Arbeitswissenschaft der TU-Berlin.
- Meyer, D. E. & Kieras, D. E. (1997). A computational theory of executive cognitive processes and multiple-task performance: Part 2. Accounts of psychological refractory-period phenomena. *Psychological Review*, 104, 749-791.
- Newell, A. (1990). *Unified Theories of Cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Pollatsek, A., Reichle, E. D. & Rayner K. (2006). Tests of the E-Z Reader model: exploring the interface between cognition and eye-movement control. *Cognitive Psychology*, 52(1), 1-56.
- Ritter, F. E., Shadbolt, N. R., Elliman, D., Young, R. M., Gobet, F. & Baxter, G. D. (2003). *Techniques for modeling human and organizational behavior in synthetic environments: A supplementary review*. Wright-Patterson Air Force Base, OH: Human Systems Information Analysis Center (HSIAC).
- Salvucci, D. D. & Lee, F. J. (2003). Simple Cognitive Modeling in a Complex Cognitive Architecture. In *Human Factors in Computing Systems: CHI 2003 Conference Proceedings*. New York: ACM.

- Schunn, C. D. & Reder, L. M. (2001). Another source of individual differences: Strategy adaptivity to changing rates of success. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(1), 59-76.
- Tack, W. H. (1995). Wege zu einer differentiellen kognitiven Psychologie. In K., Pawlik (Hrsg.), *Bericht über den 39. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in Hamburg 1994*, 172-185. Göttingen: Hogrefe.
- Urbas, L., Dubrowsky, A., Dzaack, J. & Heinath, M. (2005). Entwicklungsmodelle in der Praxis: Ergebnisse einer Interviewstudie. *Bericht am ZMMS*, Technische Universität Berlin.