

Multitasking-Heuristiken in dynamischer Mensch-Technik-Interaktion

Juergen Kiefer & Leon Urbas

Zusammenfassung

Zentrales Interesse des vorliegenden Artikels ist menschliches „*Multitasking*“ sowie die Art und Weise, wie Menschen damit im täglichen Leben umgehen. Der in diesem Beitrag ausgewählte Anwendungsbereich zur näheren Untersuchung dieser Fragestellung ist die Fahrzeugführung, die heutzutage eine besonders wichtige Domäne in der Forschung zu *dynamischer Mensch-Maschine-Interaktion* darstellt. Nach einer Klärung des Begriffes *Multitasking* wird unter Verwendung des *Doppelaufgabenparadigma* und auf Basis theoretischer Annahmen zur Bearbeitungsweise und Leistung eine empirische Studie präsentiert, die gezielt das strategische (bewusste) wie auch unbewusste (heuristische) Vorgehen bei *Multitasking* untersucht. Auf Grundlage der empirischen Arbeit ergibt sich ein Modell des Benutzerverhaltens, welches sich mit Hilfe der Methode der kognitiven Modellierung formal überprüfen lässt. Es wird gezeigt, inwiefern die Erfassung kognitiver Prozesse sowie die Abbildung von *Multitasking-Heuristiken* in einem kognitiven Modell eine sinnvolle Methode zur *prospektiven System-Gestaltung* darstellt. Abschließend wird eine Zusammenfassung sowie ein Ausblick auf geplante Untersuchungen gegeben.

Einleitung

In Zeiten fortschreitender technologischer Entwicklung entstehen zunehmende Anforderungen an den Menschen als Benutzer in verschiedenen Situationen, die in den Bereich *Mensch-Technik-Interaktion* eingeordnet werden können. Eine kürzlich veröffentlichte Studie der *American Automobile Association (AAA)* belegt, dass bis zu 50% aller Unfälle im Straßenverkehr das Resultat von Ablenkung beim Fahren sind. Selbst ein bereits vor Jahren in den USA eingeführtes Gesetz, welches deutlich die Benutzung von Mobiltelefonen ohne Freisprechanlage verbietet, scheint keine spürbare Verbesserung dazustellen. Fahren an sich erfordert visuelle Aufmerksamkeit, ebenso das Bedienen eines sog. *IVIS (In-Vehicle-Infotainment-System)*. Da die notwendige visuelle Aufmerksamkeit nicht geteilt werden kann, muss der Fahrer ständig zwischen Aufgaben hin- und her wechseln – er bearbeitet also mehrere Aufgaben parallel. Zentrales Interesse richtet sich daher auf das Management paralleler Ziele.

1 Der Begriff ‘Multitasking’

Der Begriff „*Multitasking*“ stammt ursprünglich aus dem Bereich der Informatik und wird vor allem in den letzten Jahren immer häufiger verwendet, um das durch den Menschen gleichzeitige Bearbeiten mehrerer paralleler Aufgaben zu beschreiben (Lee & Taatgen, 2002; Pew & Mavor, 1998). Eine präzisere Definition liefert Salvucci (2005), der damit die Fähigkeit beschreibt, „mehrere Aufgaben oder Unteraufgaben-Komponenten einer größeren, komplexeren Aufgabe zu vereinen, zu integrieren, und auszuführen“. Es stellt sich jedoch prinzipiell die Frage: *Sind Menschen an sich multitaskingfähig?* Und falls ja, was sind die Kosten? Oft findet sich auch gerade im Bereich Mensch-Technik-Interaktion die gängige Behauptung, *Multitasking* würde zu Leistungseinbußen und zu einer Verringerung an Gründlichkeit und Genauigkeit führen. Um dies in einer alltagsnahen Situation systematisch zu untersuchen, wurde eine Doppelaufgaben-Experiment durchgeführt, mit Hilfe dessen Rückschlüsse auf das menschliche Verhalten unter *Multitasking* gezogen werden können.

2 Klassifikation von Doppelaufgaben

Im Kontext angewandter kognitiver Psychologie werden aus Gründen ökologischer Validität immer häufiger Doppelaufgaben-Szenarien verwendet, da diese oftmals eine realistische Widerspiegelung einer alltagsnahen Situation darstellen. Salvucci (2005) unterscheidet bei der Betrachtung von Doppelaufgaben zwischen einerseits *diskreten Aufgaben* (Dauer < 10s) und andererseits *kontinuierlichen Aufgaben* (Dauer > 10s) und beschreibt vier mögliche Modellklassen unter Doppelaufgabenbedingung:

- Modelle aufeinander folgender, diskreter Aufgaben (*models of successive discrete tasks*) beschreiben ein Szenario, bei dem zwischen zwei Aufgaben *A* und *B* hin- und hergewechselt wird, wobei *Wechselkosten* (*switching costs*) entstehen (Meyer & Kieras, 1997b; Pashler, 2000). Diese berechnen sich als Differenz des Wechsels von *A* nach *B* und von *A* nach *A*, also: $(A \rightarrow B) - (A \rightarrow A)$.
- Modelle gleichzeitiger, diskreter Aufgaben (*models of concurrent discrete tasks*) sind gekennzeichnet durch eine kurze Zeitverzögerung („*offset by a short delay*“), wobei die beiden Aufgaben kurzzeitig überlappen. Solche Studien finden sich in experimentalpsychologischen Untersuchungen auch unter der Bezeichnung *PRP-Experimente*, wobei sich *PRP* auf die *Psychological Refractory Period* bezieht (siehe hierzu auch: Byrne & Anderson, 2001; Meyer & Kieras, 1997a; Rogers & Monsell, 1995).
- Modelle elementarer, kontinuierlicher Aufgaben (*models of elementary continuous tasks*) beinhalten sowohl eine fortlaufende, kontinuierliche Aufgabe sowie gelegentlich dargebotene diskrete Aufgaben. Manuelles Tracking mit einer zusätzlichen Auswahl-Reaktionsaufgabe sind typisch für diese Kategorie.

- Modelle zusammengesetzter, kontinuierlicher Aufgaben (*models of compound continuous tasks*) besitzen keine diskrete Aufgaben. In einem solchen Szenario kommen zwei durchgängig ablaufende Aufgaben vor, die in der Regel von Anfang bis Ende bearbeitet werden müssen. Als beliebtes Beispiel für diese Kategorie gilt Telefonieren beim Autofahren (Salvucci, 2005).

Im der nachfolgend beschriebenen empirischen Studie handelt es sich um die zuletzt genannte Art. Werden zwei Aufgaben parallel aufrechterhalten, kann es potentiell zu einem Konflikt vorhandener, verfügbarer Ressourcen kommen. Es erscheint daher sinnvoll, Modelle menschlichen Ressourcenmanagements zu betrachten und deren Relevanz für den Bereich *Multitasking* zu eruieren.

3 Ressourcenspezifität im Kontext von Multitasking

In den vergangenen Jahrzehnten bestand der Kernpunkt der Debatte hinsichtlich plausibler Modelle menschlichen Ressourcenmanagements in erster Linie aus der Frage, auf welche Art und Weise kognitive Ressourcen vorliegen. Zwei generelle Richtungen können dabei unterschieden werden.

3.1 Single-Ressource-Theorien

Single-Resource-Theorien gehen von einer einzigen, zentralen Ressource aus (*General-Purpose-Limited-Capacity Central Processor*). Nach Kahneman (1992) besitzen Menschen folglich einen zentralen Vorrat an Ressourcen. Wird diese verfügbare Kapazität, die auch als *Einheitsressource* bezeichnet wird, überschritten (z.B. aufgrund von Anforderungen mehrerer gleichzeitig zu bearbeitenden Aufgaben), kommt es zu einer empfundenen kognitiven Belastung. Laut *Single-Resource-Theorien* besteht ein direkter Zusammenhang zwischen Anzahl sowie Schwierigkeit gleichzeitig zu bearbeitender Aufgaben und resultierender (kognitiver) Leistung: es verschlechtert sich die Leistung P mit zunehmenden Aufgaben und beeinflusst somit die begrenzte, kognitive Ressource R. Je schwieriger eine Aufgabe, desto geringer R und folglich auch P. Diese Theorie wird häufig in Zusammenhang mit Doppelaufgabenexperimenten betrachtet. Zwei Aufgaben können parallel solange durchgeführt werden, bis das Maß der verfügbaren Einheitsressource überschritten wird (und somit nicht mehr ausreicht für beide Aufgaben). Tritt dieser Fall ein, kommt es zu Verschlechterungen der gemessenen Leistungen, was sich meist in Reaktionsverzögerungen (z.B. zu spätes Drücken einer Taste, Vergrößerung der Einsatzlatenz bei sprachlichen Antworten) oder Handlungsfehlern äußert.

3.2 Theorien multipler Ressourcen

Im Unterschied zu Theorien hinsichtlich einer einzelnen zentrale Ressource postulieren Theorien multipler Ressourcen verschiedene, jeweils spezifische Module zur Verarbeitung von Information.

Zwar wird auch hier von einer Limitation des kognitiven Systems ausgegangen, diese Gesamtkapazität setzt sich allerdings aus verschiedenen, voneinander unabhängigen Einzelkapazitäten zusammen.

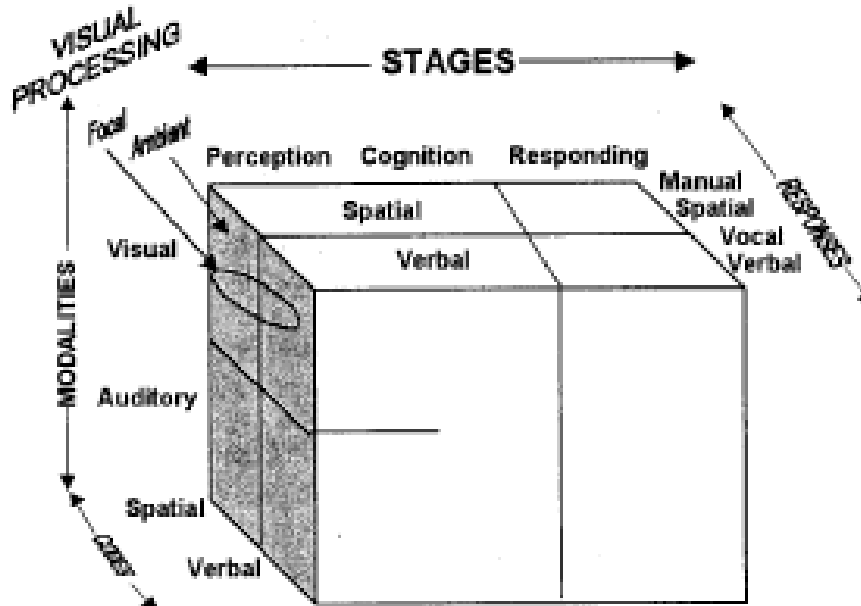


Bild 1: Modell multipler Ressourcen (aus: Wickens, 2002)

Das von Wickens (1989; 2002; 2004; 1992) postulierte *Modell multipler Ressourcen* schlägt vier kategoriale, dichotome Dimensionen vor (Bild 1):

- Verarbeitungsphasen (**Stages:** *perception, cognition, responding*)
- Wahrnehmungsmodalitäten (**Modalities:** *visual vs. auditory*)
- Visuelle Kanäle (**Visual processing:** *focal vs. ambient*)
- Verarbeitungsweisen (**Codes:** *spatial vs. verbal*)

Nach diesem Modell ist es möglich, bei gleich bleibenden Bedingungen mehrere Aufgaben parallel auszuführen, ohne dass es zu Störungen kommt. Beispielsweise ist Aufmerksamkeitsteilung in Bezug auf unterschiedliche Wahrnehmungsmodalitäten (Auge - Ohr) bei sog. „*cross-modal time-sharing*“ robuster und einfacher als bei sog. „*intra-modal time-sharing*“. Das von Wickens' postulierte Modell ermöglicht unterschiedliche, getrennte Ressourcen für einzelne Phasen der Informationsverarbeitung: Ressourcen für die *Wahrnehmung (perception)* und Ressourcen für das *Antwortverhalten (response)* stören sich nicht, somit können beide Prozesse theoretisch parallel *ohne Interferenzeffekte* ausgeführt werden (siehe hierzu auch Wickens & Liu, 1988). Diese Möglichkeit spielt eine zentrale Rolle in einer Multitasking-Situation, da während der Antwort für eine Aufgabe A bereits der Wahrnehmungsprozess für eine andere Aufgabe B ablaufen kann.

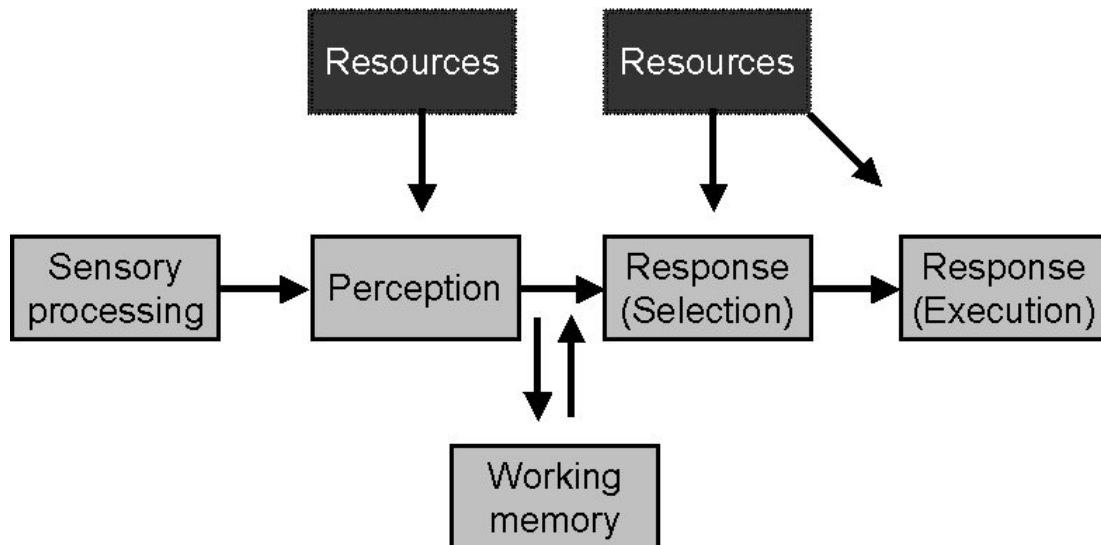


Bild 2: Getrennte Ressourcen für einzelne Stadien (nach: Wickens, 2002)

4 Empirische Studie

4.1 Primär- und Sekundäraufgabe

Hauptaufgabe im Rahmen der Untersuchung zu *Multitasking* war das Fahren auf einer virtuellen Strecke im Fahrsimulator. Die beteiligten Versuchspersonen (32 Versuchspersonen der TU Berlin im Alter von 20-40 Jahren) wurden instruiert, die Fahraufgabe mit höchster Priorität zu behandeln, d.h. sicher und verkehrsgerecht zu fahren. Aufgrund der einfachen Gestaltung dieser Primäraufgabe kann diese mit einer sog. *Tracking-Aufgabe* verglichen werden: nicht vorhandener Gegenverkehr sowie fehlende kognitive Anforderungen reduzierten die Fahraufgabe somit zu einer *Spurhalte-Aufgabe*. Als Nebenaufgabe wurde ein Test zur optimalen Beurteilung individueller Aufmerksamkeitsleistung gesucht, der zudem kontrollierbar, sinnfrei, unterbrechbar und beobachtbar sein sollte. Aufgrund seines bewährten und häufigen Einsatzes im Bereich der Verkehrs- und Arbeitspsychologie eignet sich zu diesem Zwecke der *D2-Aufmerksamkeitstest* (Brickenkamp, 2001) besonders gut. Er ist *schnell* zu erlernen und anzuwenden, Teilhandlungen darin können in *Analogie zur Bedienung eines IVIS* gesehen werden. Da der D2-Test lediglich als Papier- und Bleistift-Version vorlag, wurde für die Untersuchung eigens eine *In-Car-Version* angefertigt (Bild 3), die im folgenden mit *D2-Drive* bezeichnet wird.

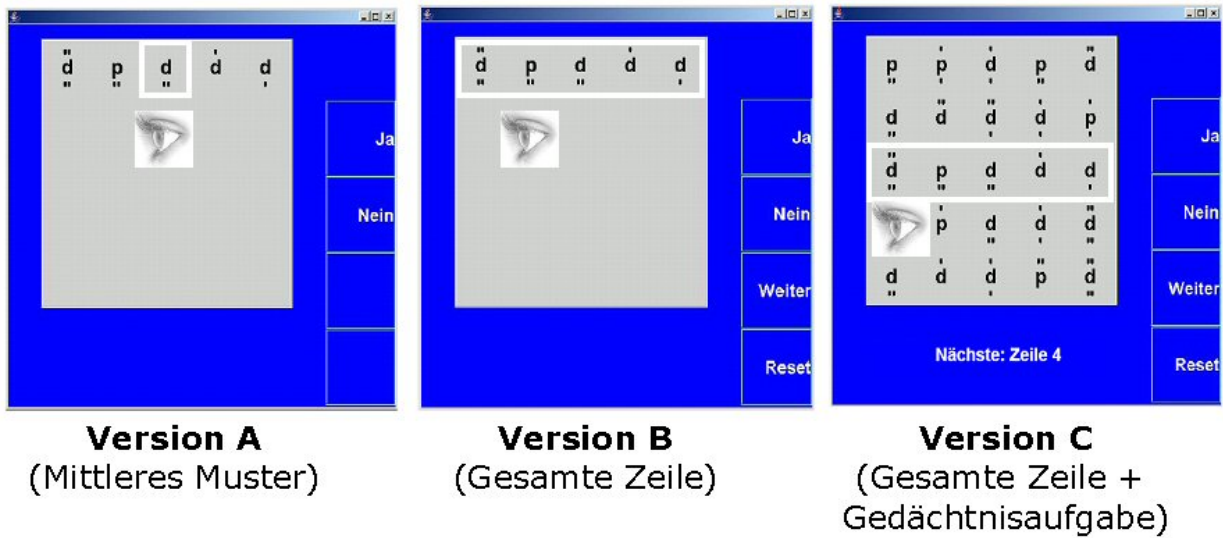


Bild 3: D2-Drive (Kiefer & Urbas, 2006) in drei Versionen

Sowohl beim ursprünglichen D2-Test als auch beim D2-Drive-Test besteht die Aufgabe darin, bei einzelnen Mustern zu bewerten, ob sie den Buchstaben „d“ sowie zwei Striche enthalten (Bild 3). Drei Versionen des D2-Drive wurden verwendet:

1. **Version A** Bearbeitung des mittleren Musters, wobei nach Antworteingabe eine neue Zeile mit Mustern erscheint (bei der dann wieder das Muster in der Mitte bearbeitet werden muss).
2. **Version B** Bearbeiten der gesamten Zeile (von Position 1 bis 5), nach fünf Eingaben erscheint eine neue Zeile.
3. **Version C** Wie in Version B muss eine gesamte Zeile bearbeitet werden, wobei zusätzlich angezeigt wird, welche Zeile auf dem nächsten Bildschirm zu bearbeiten ist. Es handelt sich also um Version B mit einer zusätzlichen Gedächtnisaufgabe.

4.2 Versuchsablauf

Um einen hohen Grad an ökologischer Validität zu gewährleisten, wurde unter Verwendung des Doppelaufgabenparadigma (Gopher et al., 2000) eine Fahrsimulator-Studie durchgeführt.



Bild 4: Experimental-Szenario im Fahr Simulator

Per Instruktion wurde die Fahraufgabe als Hauptaufgabe eingeführt mit dem Hinweis, diese mit oberster Priorität zu behandeln. Hauptaufgabe (Fahren) als auch Nebenaufgabe (D2-Drive) wurden erläutert, trainiert und als Einzelaufgaben (*Single test*) erhoben zur Erfassung der *Basisratenleistung* ohne zusätzliche Ablenkung. Während des gesamten Experimentes wurden zwei Runden gefahren, wobei pro Runden an vier Stellen ein D2-Drive-Test nach akustischer Ankündigung eine Minute lang dargeboten wurde. Aufgabe war es, diesen Test jeweils so gut wie möglich (d.h. sorgfältig, aber dennoch schnell) zu bearbeiten, ohne dabei die Hauptaufgabe zu vernachlässigen. Erhoben wurden neben Leistungsdaten zusätzlich noch die *Blickbewegung*, *Videomitschnitte* und ein Fragebogen zur Messung des subjektiv empfundenen Maßes an *workload*.

4.3 Hypothesen

Unter Einzelaufgabenbedingung wurde kein Unterschied zwischen den beiden Versionen A und B, wohl aber hinsichtlich C erwartet (zusätzliche Zeit zum Aufrechterhalten der zu merkenden Zeilenposition). Laut Wickens' (2002) Modell multipler Ressourcen kann für Version B der ausgeprägteste Leistungsanstieg erwartet werden, da dort eine visuell-motorische Koordination möglich ist. Der D2-Test gilt als *schnell erlernbar*. Daher wurden *Lerneffekte* für die Nachtest-Bedingung erwartet. Rasmussen (1983) zufolge konnte erwartet werden, dass es mit Bezug auf sein Phasenmodell zu einem Übergang kommt von Fähigkeiten (*skills*) hin zu (zugänglichen oder impliziten) Regeln (*rules*) hin zu

Wissen (*knowledge*). Dies führt auf Leistungsebene von *fehleranfälligem* zu *fehlerfreien* sowie von *langsamen* zu *schnellem* Bearbeiten des D2-Drive.

4.4 Ergebnisse

Fokus dieses Beitrages liegt auf dem Leistungsverhalten in der Zweitaufgabe. Zentrale Befunde der Studie waren:

- Anstieg der (relativen) Leistung unter Doppelaufgabenbedingung
- Carry-over - Effekte im anschließenden Nachtest
- Wenig Verbesserung bei Version A, jedoch großer Einfluss auf Version B

Auffallend ist der Unterschied in der Leistung zwischen den drei Versionen des D2-Drive. Version C kann als zu schwierig angenommen werden und der (nicht-signifikante) Anstieg im Nachtest als Übungseffekt. Version A scheint zwar deutlich leichter als Version C, die Leistung ändert sich aber auch hier nicht signifikant über die einzelnen Testphasen hinweg. Das Hauptaugenmerk gilt Version B, die im Folgenden näher beleuchtet wird.

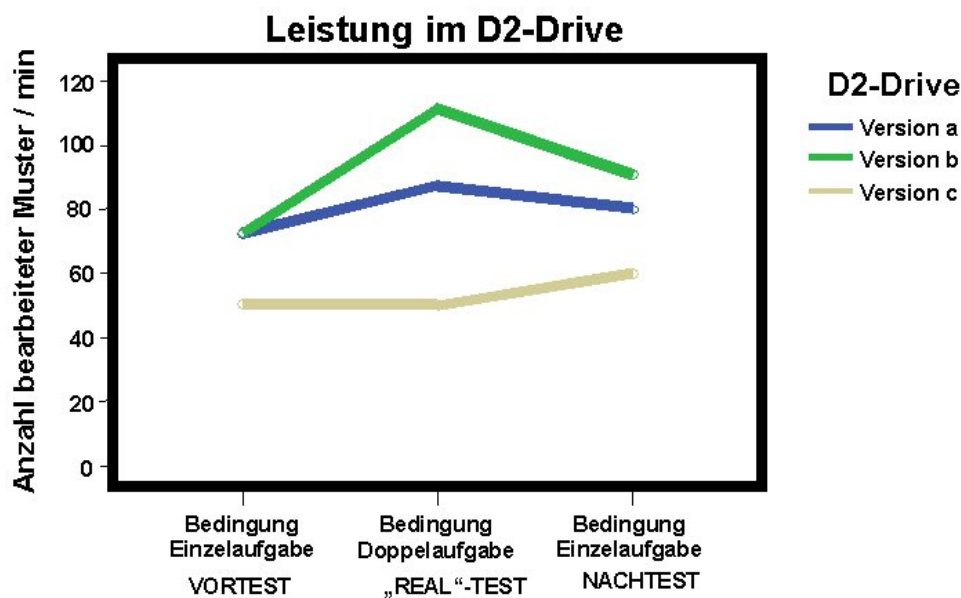


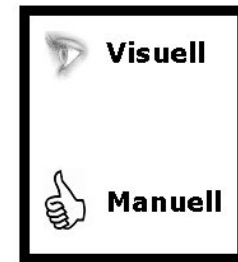
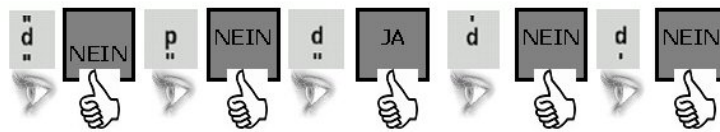
Bild 5: Verwendung des D2-Drive (Urbas et al., 2005) als Zweitaufgabe

In Version B ist ein deutlicher Leistungsanstieg unter Doppelaufgabenbedingung zu erkennen. Interessanterweise bleibt ein Teil dieses Effektes im anschließenden Nachtest noch erhalten. Ein Hauptgrund für dieses Phänomen liegt in der Konfiguration der Aufgabe: Version B ist besonders gut geeignet, um darin Multitasking-Heuristiken anzuwenden.

5 Multitasking-Heuristiken

Die Ergebnisse der Studie werfen die Frage auf, wie die Versuchsteilnehmer beim Bearbeiten beider Aufgaben vorgehen. Bereits zu Beginn der „Real“-Testphase kam in *D2-Drive, Version B* zum Ausbilden eines fortgeschrittenen Vorgehens.

Basis-Strategie bei Beginn der Multitasking-Aufgabe



Lernen von Zusammenfassen mehrerer Elemente

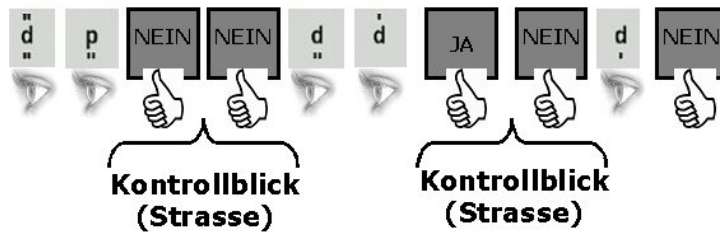


Bild 6: D2-Drive (Urbas et al., 2005) als Zweitaufgabe

Mittels der postexperimentell durchgeführten strukturierten Interviews mit den Versuchsteilnehmern und gestützt durch Blickdatenanalysen lässt sich ein optimal an die Umgebung angepasstes Vorgehen identifizieren, welches in Einklang mit Wickens' *Model multiplier Ressourcen* (Wickens, 2002) steht: die (manuelle) Eingabe kann ab einem gewissen Zeitpunkt sozusagen „abgekapselt“ werden und bedarf weder visueller Aufmerksamkeit noch kognitiver Ressourcen, vielmehr entwickelt sich eine Art Eingaberoutine. Freie kognitive Ressourcen erlauben es, mehrere D2-Drive-Muster nacheinander ohne Unterbrechung zu betrachten und dann in einem zu beantworten. Während dieser mehrfachen, hintereinander folgenden Eingaben (*manuel action*) wird keine visuelle Aufmerksamkeit für die Zweitaufgabe benötigt und es kann ein Kontrollblick auf die Strasse erfolgen. Dieses Vorgehen ist nicht allen Versuchsteilnehmern bewusst gewesen, wie die Interviews ergeben. Datenanalysen belegen jedoch ein solches Vorgehen, welches sich dann unbewusst ausgebildet hat und somit nicht als Strategie, sondern als *Multitasking-Heuristik* bezeichnet wird.

6 Kognitive Modellierung

6.1 Formale Beschreibung und Überprüfbarkeit

Nach Tack (*in*: Wallach, 1998) stellt Kognitive Modellierung den Versuch dar, 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“. Menschliches Problemlösen wird simuliert mit dem Ziel, Verhalten vorherzusagen. Die formale Sprache, in der ein kognitives Modell umgesetzt wird, wird als *Kognitive Architektur* bezeichnet, quasi ein „Algorithmus, der eine nicht-lineare Theorie menschlicher Kognition“ simuliert (Taatgen, 2005). Prinzipiell geht es darum, menschliche Kognition in einer *formalen Sprache* abzubilden und somit

überprüfbar zu machen. Nach Wallach (1998) besteht das Vorgehen dabei aus mehreren aufeinander aufbauenden Phasen, die am Beispiel *Multitasking* verdeutlicht werden: basierend auf theoretischen Annahmen bzgl. Multitasking (*Theorie*) werden konkrete Hypothesen (*Annahmen*) getroffen, die experimentell überprüft werden (*Untersuchung*). Parallel zu den getroffenen Annahmen und daraus resultierend wird mittels Unterstützung durch andere Techniken (wie z.B. einer Aufgabenanalyse oder durch den Einsatz von Vorwissen) ein kognitives Modell (*Modell*) unter Verwendung einer kognitiven Architektur erstellt. Dieses Modell liefert durch Anwendung Simulationsdaten (*Vorhersagen*), die mit dem Verhalten der „realen“ Versuchspersonen verglichen werden (*Vergleich*). Der Grad an Übereinstimmung liefert eine Aussage über die *Güte des Modells*. Das vorliegende und beschriebene Modell der Bearbeitung des D2-Drive wurde in der kognitiven Architektur *ACT-R* (Anderson et al., 2004) erstellt. Zu weiteren populären kognitiven Architekturen zählen EPIC und Soar (*siehe hierzu auch: Wallach, 1998*).

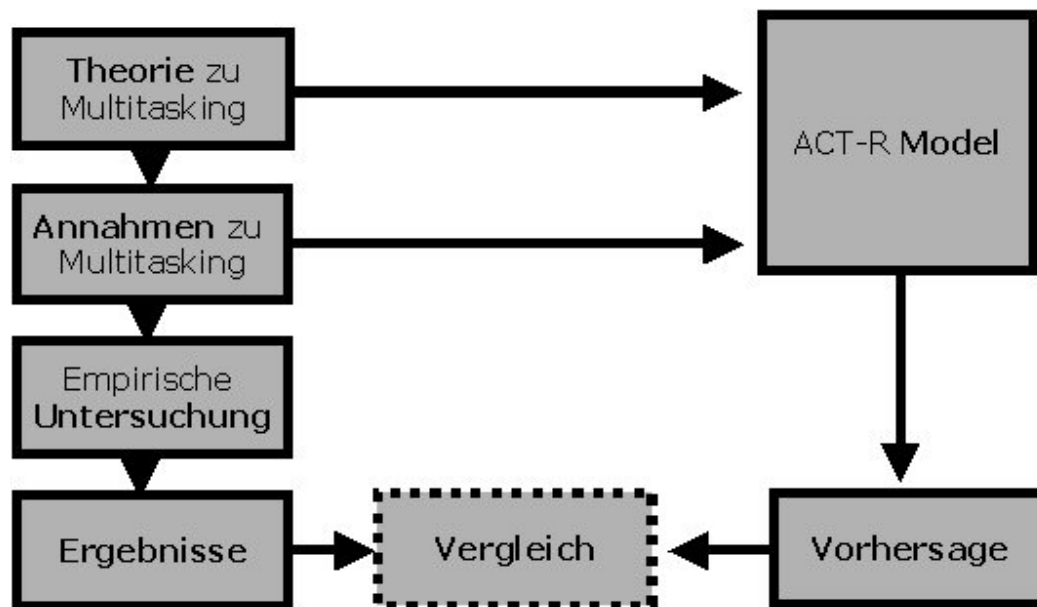


Bild 7: Ablauf bei Anwendung der Methode *Kognitiven Modellierung*

6.2 Empirie vs. Modell

Kognitive Modellierung gewährleistet eine formale Beschreib- und Überprüfbarkeit getroffener Annahmen. Sie ermöglicht somit eine Falsifizierbarkeit und bietet damit das Potential zur Verbesserung der Systemgestaltung auf Basis des angenommenen Wissens.

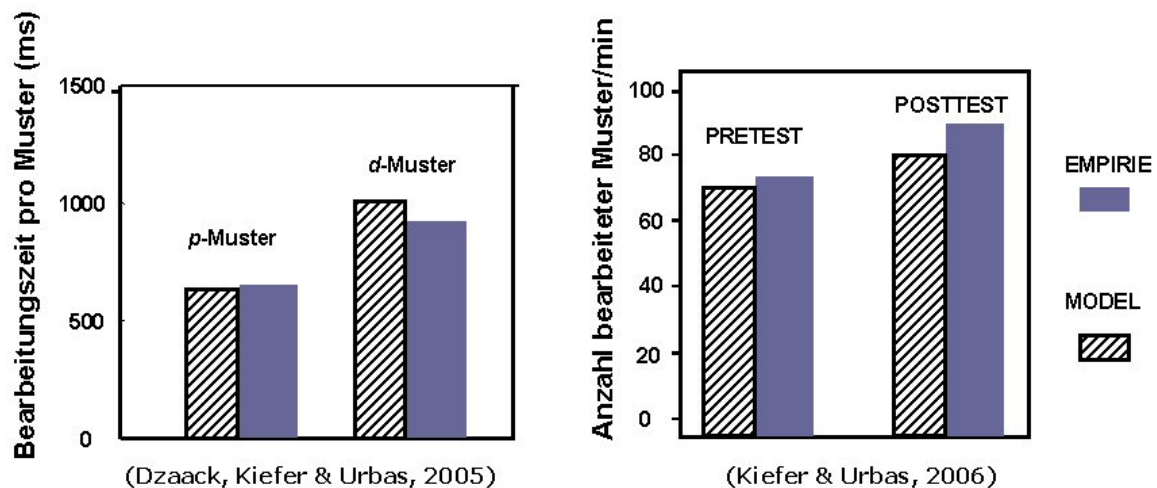


Bild 8: Verifikation mittels *Kognitive Modellierung*

Für die Bearbeitung eines *p-* als auch *d-Mustern* wurde ein *ACT-R-Model* erstellt, welches jeweils *Bearbeitungszeiten* liefert Für beide Fälle ergeben sich Werte, die nahe an dem Verhalten der Versuchspersonen liegen (Bild 8, links). Ebenso wurde jeweils ein Modell für Vor- als auch für den Nachtest in Bezug auf die Bearbeitung des D2-Drive (Musteranzahl) erstellt. In beiden Fällen stützen die kognitiven Modelle die getroffenen Annahmen, die in Kiefer & Urbas (2006) näher erläutert werden. Die *Methode der Kognitiven Modellierung* unterstützt und belegt somit sowohl die auf Wickens' Modell multipler Ressourcen basierenden theoretischen Annahmen sowie die Befunde der empirischen Untersuchung.

7 Diskussion und Ausblick

7.1 Zusammenfassung

In dynamischer Mensch-Technik-Interaktion ist es ohne Leistungseinbußen möglich, mehrere Aufgaben gleichzeitig durchzuführen. Sowohl die empirische Studie als auch die Umsetzung in einem kognitiven Modell belegen, dass die angewandten Multitasking-Heuristiken (1) schnell erlernt werden können (bereits nach wenigen Trainingsdurchgängen), (2) visuelle Ablenkung zu Reduzieren erlauben und somit auch (3) die Unfallwahrscheinlichkeit minimieren.

7.2 Weiterführende Studien

Aus den nach der Untersuchung durchgeführten Interviews ergab sich, dass die eingesetzte Fahraufgabe ein *geringes Anspruchsniveau* besitzt. Gängige Anforderungen wie Überholen, Abbiegen, Spurwechsel oder Gegenverkehr kamen nicht vor, was im Einklang mit den Zielen der Studie steht. Es stellt sich allerdings die Frage, inwiefern die Ergebnisse ihre Gültigkeit behalten bei einer „kognitiv anspruchsvolleren“ Fahraufgabe. Mit dieser Frage beschäftigt sich eine derzeit durchgeführte Studie unter Einsatz der *lane change task* (Mattes, 2003).

8 Danksagung

Dieses Dissertationsvorhaben wird durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (Graduiertenkolleg 1013 prometei) gefördert. Besonderer Dank gilt Jeronimo Dzaack (für seine essentielle Unterstützung bei der kognitiven Modellierung) und Marcus Heinath (für hilfreiche Anregungen).

Literatur

- 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.
- Brickenkamp, R. (2001). *Test D2, Aufmerksamkeits-Belastungs-Test*. 9., überarbeitete und neu normierte Auflage. Hogrefe Verlage. Bern, Schweiz.
- Byrne, M. D., & Anderson, J. R. (2001). Serial modules in parallel: The psychological refractory period and perfect time-sharing. *Psychological Review*, 108, 847-869.
- Dzaack, J., Kiefer, J. & Urbas, L. (2005). An approach towards multitasking in ACT-R/PM. In: *In Proceedings of the 12th Annual ACT-R Workshop, 2005, Trieste*.
- Gopher, D., Armony, L., & Greenshpan, Y. (2000). Switching tasks and attention policies. *Journal of Experimental Psychology: General*, 129, 308-339.
- Kahneman, D. (1992). *Attention and effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Lee, F.J. & Taatgen, N.A. (2002). Multi-tasking as Skill Acquisition. *Proceedings of the twenty-fourth annual conference of the cognitive science society* (pp. 572-577). Mahwah, NJ: Erlbaum. Fairfax, VA: August, 2002.
- Kiefer, J. & Urbas, L. (2006). How to model different strategies in dynamic task environments. In: *Proceedings of the Seventh International Conference on Cognitive Modeling* (pp. 172-176). Trieste, Italy.
- Mattes, S. (2003). The lane-change-task as a tool for driver distraction evaluation. In *Proceedings of IGfA, 2003*.
- Meyer, D. E. & Kieras, D. E. (1997a). A computational theory of executive cognitive processes and multiple-task performance: Part 1. Basic mechanisms. *Psychological Review*, 104, 3-65.
- Meyer, D. E. & Kieras, D. E. (1997b). A computational theory of executive cognitive processes and multiple-task performance: Part 2. Accounts of psychological refractory-period phenomena. *Psychological Review*, 104, 749-791.
- Pashler, H. (2000). Task switching and multitask performance. In Monsell, S., and Driver, J. (editors). *Attention and Performance XVIII: Control of mental processes*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Pew, R.W., and Mavor, A.S., eds. (1998). *Modeling Human and Organizational Behavior: Application to Military Simulations*. Washington, DC: National Academy Press. 7
- Rasmussen, J. (1983). Skills, Rules, and Knowledge; *Signals, Signs and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models*. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 13 (3), 257-266.
- Rogers, R., & Monsell, S. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124, 207-231.
- Salvucci, D. D. (2005) A multitasking general executive for compound continuous tasks. *Cognitive Science*, 29, 457-492.

- Taatgen, N.A. (2005). Modeling parallelization and speed improvement in skill acquisition: from dual tasks to complex dynamic skills. *Cognitive Science*, 29, 421-455.
- Urbas, L., Schulze-Kissing, D., Leuchter, S., Dzaack, J., Kiefer, J., Heinath, M. (2005). *Programmbeschreibung D2-Drive-Aufmerksamkeitstest* [Manual for D2-Drive Test of Attention]. Berlin: ZMMS.
- Wallach (1998). *Komplexe Regelungsprozesse: Eine kognitionswissen-schaftliche Analyse*. Wiesbaden: DUV
- Wickens, C.D. and Liu, Y. 1988, Codes and modalities in multiple resources: a success and a qualification, *Human Factors*, 30, 599-616.
- Wickens, C.D. (1989). Processing resources in attention. In D. Holding (Ed.), *Human skills* (p. 77-105). New York: Wiley.
- Wickens, C.D. (1992). *Engineering psychology and human performance*. New York: HarperCollins Publishers Inc.
- Wickens, C.D. (2002). Multiple resources and performance prediction. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 3(2), 159-177.
- Wickens, C.D. 2004. Multiple Resource Time Sharing Mode. In *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*, ed. Stanton, N., A. Hedge, K. Brookhuis, E. Salas and H.W. Hendrick. London, United Kingdom: CRC Press.

Autoren

- | | |
|-----------------------------|--|
| Dipl.-Psych. J. Kiefer | Technische Universität Berlin
Zentrum Mensch-Maschine-Systeme
GRK prometei |
| PD Dr.-Ing. habil. L. Urbas | Technische Universität Berlin
Zentrum Mensch-Maschine-Systeme
Technische Universität Dresden
Institut für Automatisierungstechnik |