

Virtuelle Prototypen als Werkzeuge zur benutzer- zentrierten Produktentwicklung*

*Anwendung einer handlungstheoretischen Fehlertaxonomie
auf reale und virtuelle Oberflächen von Waschmaschinen*

Von Jochen Prümper, Torsten Heinbokel und Hans J. Küting

Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie werden anhand einer handlungstheoretischen Fehlertaxonomie zwei Fragen beantwortet. Die erste Frage lautet, ob virtuelle Prototypen von Hausgeräten dem Anspruch gerecht werden, die Bedingungen von realen Hausgeräten wirklichkeitsgetreu nachzuahmen, und ob sie sich damit als ökonomisch einsetzbares Werkzeug zur Produktentwicklung eignen. Die zweite Frage lautet, welche Fehler im Umgang mit Hausgeräten mit unterschiedlichen Bedienkonzepten auftreten. Zur Beantwortung dieser Fragen wurde auf zwei verschiedene Waschmaschinen zurückgegriffen und es wurden ihre jeweiligen Bedienungsfelder auf einen Computer übertragen. Im Anschluß bearbeiteten 41 Versuchspartnerinnen eine Reihe von Waschprogrammen. Dabei zeigte sich, daß die virtuellen Waschmaschinen zwar im großen und ganzen eine valide Möglichkeit zur Nachahmung von realen Waschmaschinen darstellen, daß jedoch Denk- und Bewegungsfehler signifikant häufiger bei den virtuellen Waschmaschinen zu beobachten waren. Bezüglich des Vergleichs unterschiedlicher realer Waschmaschinen zeigte sich, daß bei der einen Maschine mehr als zweieinhalb mal so viele Fehler auftraten als bei der anderen Maschine.

Summary

Virtual prototypes as tools for user-oriented product development

Virtual prototypes / User-oriented product development / Action theory / Errors / Household appliances

In this study two questions will be answered using an error taxonomy based on action theory. The first question raised is: Are virtual prototypes of household appliances able to reproduce household conditions in a realistic manner, and are they therefore suitable as an efficient and handy tool for product development? The second question is: What kinds of errors occur when dealing with household appliances with different operation concepts? Two different washing-machines and their user-interfaces transferred to a computer were used to answer these questions. 41 female subjects performed a number of washing programs using all four options. The overall result showed that the virtual washing machines represent a valid possibility to simulate real washing machines, but that especially thought- and sensorimotor errors could be observed to a significantly higher extent. Regarding the comparison between the two real washing machines it could be demonstrated that one washing machine caused two and one half times more errors than the other.

1 Einleitung

In den meisten Unternehmen werden ergonomische Aktivitäten grob vernachlässigt. Es mangelt allenthalben an der „direkten, detaillierten Auseinandersetzung mit dem Design einzelner Produkte“ (Rams, 1989, 3), das Bindeglied zwischen Forschung und Praxis ist nur unzureichend geknüpft (Luczak und Rohmert, 1979). Themen des Haushalts wird dabei besonders wenig Aufmerksamkeit geschenkt, obwohl „der Haushalt der ursprünglichste, älteste und weltverbreiteste Arbeitsplatz des Menschen ist“ (Bubb, 1989, 152) und die dort zu leistende Arbeitszeit schon bei einem 3-Personen-Haushalt weit über der Arbeitszeit des Erwerbsbereiches liegt (Schulz-Borck, 1980). Arbeiten, wie die von Bullinger u. Mitarb. (1984), die die Ergonomie einer arbeitsgerechten Küche zum Thema haben, stellen eher Ausnahmen dar.

Für den Bereich der Waschmaschinen ist die Vernachlässigung arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse besonders erstaunlich, da bereits Gebhard (1979) zeigen konnte, daß die Handhabung von Waschvollautomaten von 67 % der befragten Haushalte als „sehr wichtig“ für ihre Kaufentscheidung bewertet wurde.

Darüber hinaus bestimmen die Waschgewohnheiten in einem beträchtlichen Maß die Belastung der Umwelt. Deshalb wurde von Seiten des Gesetzgebers vorgeschrieben, Waschmaschinen so zu gestalten, daß „bei ihrem ordnungsgemäßen Gebrauch so wenig Wasch- und Reinigungsmittel und so wenig Wasser und Energie wie möglich benötigt werden“ (Bundesgesetzblatt, 1986, 2615). Damit sind Waschmaschinenhersteller zwar verpflichtet, das ihrerseits technisch Mögliche zum Schutz der Umwelt zu realisieren; inwieweit dies gelingt, hängt bei etwa 2,5 Milliarden Maschinenwäschen pro Jahr in der (alten) BRD (Stamminger, 1991) jedoch nicht zuletzt von dem „ordnungsgemäßen Gebrauch“ der Waschmaschinen ab. Um zu gewährleisten, daß Durchführungsprobleme nicht erst bei

in Serie gegangenen Produkten auffällig werden, muß schon während des Entwicklungsprozesses sichergestellt werden, daß sie später auch ordnungsgemäß gebraucht werden.

2 Prototyping als Produktentwicklungsstrategie

Eine Methode der schrittweisen Annäherung an das Endprodukt, die in letzter Zeit insbesondere in der Software-Entwicklung immer mehr in den Blickpunkt des Interesses rückt, ist das benutzerzentrierte Prototyping. Dabei handelt es sich um eine Produktentwicklungsstrategie, bei der sich um eine frühzeitige, interaktive Zusammenarbeit mit den potentiellen Benutzern und ihren Arbeitsaufgaben bemüht wird (Prümper und Anft, 1993), und bei der im Rahmen eines iterativen Designs anhand typischer Arbeitsaufgaben systematische empirische Bewertungen des Produktes vorgenommen werden, die dann wieder in einem zyklischen Entwicklungsprozeß in den Überarbeitungen des Prototypen Verwertung finden (Prümper, 1993). Aufgrund der Flexibilität, die mittlerweile moderne Software bietet, auf ökonomische Art und Weise Mensch-Maschine-Schnittstellen zu gestalten, und aufgrund der Restriktionen, auf die man hierbei bei herkömmlichen Geräten stößt, bietet es sich an, auch für die Entwicklung von Geräten eine Methode zu verwenden, die bereits erfolgreich von Garberg u. Mitarb. (1989) und von Anderson u. Mitarb. (1991) zur Entwicklung von Telefonen verwendet wurde: der Einsatz von virtuellen Prototypen (Schupbach, 1992), mit denen interaktiv bedienbare Benutzeroberflächen von Geräten am Computer simuliert und getestet werden können.

*) Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Projektes „Simulation von Bedienblenden“ der AEG Hausgeräte AG, Projektleitung: Dr. Hans J. Küting. Dank gilt an dieser Stelle Michael Frese, Arn Hosemann, Peter Offerhaus, Annegret Rohs, Dimitrios Saroudis, Petra Schwarz, Patrizia Di Stefano und Dieter Zapf.

Zur Bewertung von Prototypen hat sich die Analyse von Handlungsfehlern als eine probate Methode herauskristallisiert. Zum einen deckt sie Schwachstellen auf, die während der Produktentwicklung behoben werden können; zum anderen ermöglicht sie einen objektiven Vergleich zwischen den Iterationen eines Prototypen (Holz auf der Heide u. Mitarb., 1991).

Im folgenden soll deshalb mit der handlungstheoretischen Fehlertaxonomie von Zapf u. Mitarb. (1989) eine Methode zur Analyse von Fehlern vorgestellt werden.

3 Eine handlungstheoretische Fehlertaxonomie

Diese Fehlertaxonomie wurde ursprünglich von Zapf u. Mitarb. (1989) für den Bereich der Mensch-Computer-Interaktion entwickelt und auf ihre Validität (Zapf, 1991; Zapf u. Mitarb., 1992) und Reliabilität (Prümper, 1991a) überprüft (siehe auch: Frese und Zapf, 1991). Da es sich um ein psychologisches Klassifikationssystem handelt, das den handelnden Menschen in Interaktion mit seiner Umwelt beschreibt, ist sie jedoch auch auf andere Bereiche der Mensch-Maschine-Interaktion übertragbar. In dieser Fehlertaxonomie werden *Nutzungsprobleme* als Mismatch zwischen Benutzer und Maschine definiert und nach Schritten im *Handlungsprozeß* sowie nach *Handlungsregulationsebenen* aufgeschlüsselt und von *Ineffizienzen* abgegrenzt.¹

Bei den *Handlungsregulationsebenen* lassen sich entsprechend des hierarchisch-sequentiellen Modells menschlichen Handelns (Hacker, 1986; Volpert, 1987) die sensumotorische Regulationsebene, die Ebene der flexiblen Handlungsmuster und die intellektuelle Regulationsebene unterscheiden. Handlungen auf unterschiedlichen Regulations-ebenen unterscheiden sich hinsichtlich ihres Geübtheits- und Automatisierungsgrades (Frese und Stewart 1984). So wie Handlungen auf unterschiedlichen Regulationsebenen auftreten, so tauchen auch Fehler auf unterschiedlichen Regulationsebenen auf (Prümper, 1991b; Prümper u. Mitarb., 1992).

1) Zapf u. Mitarb. (1989) unterscheiden weiterhin noch Interaktionsprobleme als Fehler, die in der Kooperation mehrerer Personen begründet liegen, sowie Funktionsprobleme als Mismatch zwischen Maschine und Arbeitsaufgabe. Für die vorliegenden Ausführungen soll jedoch die Analyse der Nutzungsprobleme und der Ineffizienzen genügen.

Zusätzlich zu den Ebenen der Handlungsregulation existiert die *Regulationsgrundlage*. Auf der Regulationsgrundlage treten Fehler aufgrund unvollständigen oder fehlenden Wissens auf oder wenn das operative Abbildsystem (Hacker, 1986) in bestimmten Teilen nicht der Realität entspricht.

Der *Handlungsprozeß* läßt sich so zusammenfassen, daß am Anfang der Handlung ein Ziel aufgestellt und ein entsprechender Plan entworfen wird, um dieses Ziel zu realisieren. Anschließend wird dieser Plan ausgeführt. Dazu ist es notwendig, die zuvor erstellten Pläne eine Zeitlang im Gedächtnis präsent zu halten, bis die jeweiligen Pläne und Teilpläne abgerufen werden. Am Schluß von Handlungen oder Teilhandlungen stehen dann jeweils Rückmeldungen, ob das angestrebte Ziel erreicht wurde.

Entsprechend dieser Überlegungen können Fehler im Handlungsprozeß danach unterschieden werden, ob sie während der *Zielsetzungs- und Planungsphase*, der *Gedächtnis- und Monitoringphase* oder während der *Rückmeldungphase* auftreten.

Aufgrund der Aufgliederung zwischen Regulationsebenen und Phasen des Handlungsprozesses ergibt sich die in Bild 1 dargestellte Taxonomie von Nutzungsproblemen, die im folgenden sowohl eine theoretische Auseinandersetzung erfährt, als auch mit Beispielen aus der Mensch-Waschmaschinen-Interaktion verdeutlicht wird.

3.1 Fehler auf der Regulationsgrundlage

Auf der Regulationsgrundlage handelt es sich um Wissensfehler, die dann auftreten,

wenn aufgrund fehlender Informationen bestimmte Handlungsschemata nicht produziert werden können.

Beispiel eines Wissensfehlers

Eine Person möchte einen Wollpullover, den sie mit der Hand gewaschen hat, mit der Waschmaschine trockenschleudern. Da sie jedoch keine Idee hat, wie sie dies bewerkstelligen kann, stellt sie ein komplettes Waschprogramm ein, das heißt sie wäscht den Pullover mit der Waschmaschine ein zweites Mal und hofft, daß das Wäschestück am Ende auch geschleudert wird.

3.2 Fehler auf der intellektuellen Regulationsebene

Fehler auf der intellektuellen Regulationsebene entstehen während der bewußten Regulation von Handlungsplänen, die für den Anwender einen gewissen Neuigkeitscharakter haben. Im Handlungsprozeß werden auf dieser Ebene Denkfehler, Merk- und Vergessensfehler sowie Urteilsfehler unterschieden.

Denkfehler treten auf, wenn falsche oder unrealistische Ziele aufgestellt oder falsche Entscheidungen zwischen Subzielen getroffen werden.

Beispiel eines Denkfehlers

Eine Person möchte eine Gardine pflegeleicht reinigen und gleichzeitig stärken. Bei der Programmwahl stellt sie zunächst das Programm „Pflegeleicht“ ein und wählt dann das Programm „Stärken“. Pflegeleicht waschen und stärken schließt sich jedoch gegenseitig aus. Das heißt, bei den beiden Programmen „Pflegeleicht“ und „Stärken“ handelt es sich um Alternativprogramme, so daß durch die Wahl des einen Programms die Wahl des anderen Programms aufgehoben wird.

Merk- und Vergessensfehler treten auf, wenn aufgestellte Pläne oder Teilpläne für ihre Ausführung eine Zeitlang im Gedächtnis abgespeichert werden müssen.

Regulationsgrundlage	Wissensfehler		
	Schritte im Handlungsprozess		
Regulationsebenen	Ziele/Planung	Gedächtnis	Rückmeldung
Intellektuelle Regulationsebene	Denkfehler	Merk-/Vergessensfehler	Urteilsfehler
Ebene der flexiblen Handlungsmuster	Gewohnheitsfehler	Unterlassensfehler	Erkennensfehler
Sensumotorische Regulationsebene	Bewegungsfehler		

Bild 1: Taxonomie von Nutzungsproblemen nach Zapf, Brodbeck und Prümper (1989)

Beispiel eines Merk- und Vergessensfehlers

Eine Person informiert sich in der Programmübersicht auf der Bedienblende über ein spezielles Weichspülprogramm. Während sie den Programmablauf einstellt, entfällt ihr die genaue Abfolge der einzelnen Eingabeschritte und sie muß erneut nachschauen.

Urteilsfehler treten bei der Interpretation von Systemreaktionen als Folgen eigener Handlungen auf.

Beispiel eines Urteilsfehlers

Eine Person möchte ein Energiesparprogramm durchführen und wählt zu diesem Zweck die „E-Taste“. Dadurch ändert sich die Helligkeit der Leuchtdiode, die vorher die Wahlmöglichkeit für die Option zum Energieparen signalisierte, nun jedoch vermitteln soll, daß diese Option eingeschaltet wurde. Da die Veränderung der Helligkeit der Leuchtdiode jedoch sehr schwach ist, ist die Person verunsichert, ob die Leuchte einen veränderten Status anzeigt, oder ob es sich um eine technisch bedingte „Stromstörung“ handelt. Mit dem Kommentar „Müßte diese Anzeige jetzt nicht eigentlich rot leuchten?“ wählt die Person erneut die „E-Taste“.

3.3 Fehler auf der Ebene der flexiblen Handlungsmuster

Fehler auf der Ebene der flexiblen Handlungsmuster treten bei Handlungen auf, die gut beherrscht werden. Auf der Ebene der flexiblen Handlungsmuster wird eine Unterscheidung zwischen Gewohnheits-, Unterlassens-, und Erkenntnisfehlern getroffen.

Gewohnheitsfehler treten auf, wenn während der Planungsphase ein falsches Handlungsmuster aufgerufen wird, das in einem anderen Zusammenhang ohne weiteres Berechtigung hat.

Beispiel eines Gewohnheitsfehlers

Eine Person möchte Buntwäsche waschen und beginnt ihre Eingabesequenz mit der Temperaturwahl. Diese Wahl wird jedoch von der Waschmaschine nicht akzeptiert, weil erst ein Programm gewählt werden muß. Die Person war bis vor kurzem im Besitz einer anderen Waschmaschine, bei der die Reihenfolge der Eingabeschritte beliebig war.

Unterlassensfehler treten auf, wenn ein gut beherrschtes Handlungsschema nicht zur Ausführung gelangt.

Beispiel eines Unterlassensfehlers

Eine Person beschickt eine Waschmaschine mit Oberhemden, die sie nur leicht schleudern möchte. Als die Person das entsprechende Waschprogramm einstellt, wird sie durch einen Telefonanruf unterbrochen. Die Person aktiviert den Waschvorgang, bevor sie die Schleuderdrehzahl reduziert hat.

Erkennensfehler liegen vor, wenn ein informationsträchtiges Umweltsignal als Rückmeldung auf eine eigene Handlung übersehen oder verwechselt wird.

Beispiel eines Erkennensfehlers

Eine Person möchte die Wäsche aus der Trommel nehmen. Als sie den Türöffner betätigt, springt die Tür jedoch nicht auf. Die Person hat in der Programmablaufanzeige übersehen, daß der Waschvorgang noch nicht beendet ist.

3.4 Fehler auf der sensumotorischen Regulationsebene

Auf der sensumotorischen Regulations-ebene handelt es sich um *Bewegungsfehler*, die während weitgehend automatisierten Handlungen auftreten.

Beispiel eines Bewegungsfehlers

Eine Person möchte die Option „Ohne Vorwäsche“ wählen. Dabei verharrt sie so lange auf der entsprechenden Taste, daß diese wieder in den Ausgangszustand zurückspringt.

3.5 Abgrenzung von Fehlern und Ineffizienzen

Ein Fehler liegt vor, wenn das Handlungsziel gar nicht erreicht wird oder eine fehlerhafte Handlung rückgängig gemacht beziehungsweise kompensiert werden muß. Von Ineffizienz sprechen wir, wenn es einen einfacheren und schnelleren Weg gibt, als den, den die Person beschreitet. Allerdings müssen an keiner Stelle einzelne Handlungsschritte rückgängig gemacht werden.

Ineffizienzen können aus zwei Gründen auftreten: Erstens: der Person ist die effizientere Arbeitsweise nicht bekannt. In diesem Fall sprechen wir von *Ineffizienz/Wissen*.

Beispiel einer Ineffizienz/Wissen

Eine Person möchte eine Programmkorrektur vornehmen. Bei der Waschmaschine gibt es eine „Korrekturtaste“, mit der sie in den Initialzustand versetzt werden kann. Statt diese „Korrekturtaste“ zu betätigen, schaltet die Person die Maschine zunächst aus, und anschließend wieder ein.

Die zweite Möglichkeit besteht darin, daß die Person aus Gewohnheit eine umständliche Strategie anwendet. Dies wird als *Ineffizienz/Gewohnheit* bezeichnet.

Beispiel einer Ineffizienz/Gewohnheit

Eine Person dreht, wie bei ihrer alten Waschmaschine, nach dem Waschen den Wasserzulauf ab, obwohl die neue Waschmaschine mit einem Sicherheitssystem ausgestattet ist (sog. „Aqua-Stop“), das diese Handlung überflüssig macht, und sie auch von dieser Neuerung weiß.

4 Empirische Untersuchung

4.1 Untersuchungsziel

In dieser Untersuchung werden anhand der beschriebenen Fehlertaxonomie rea-

le und virtuelle Oberflächen von Waschmaschinen untersucht. Zwei Fragen stehen dabei im Vordergrund. Die erste Frage lautet, ob virtuelle Prototypen von Hausgeräten dem Anspruch gerecht werden, Bedingungen von realen Hausgeräten wirklichkeitsgetreu nachzuahmen, das heißt ob im Umgang mit ihnen äquivalente Fehlerprofile entstehen, und ob sie sich damit als ökonomisch einsetzbares Werkzeug zur Produktentwicklung eignen. Die zweite Frage lautet, welche Fehler im Umgang mit Hausgeräten mit unterschiedlichem Bedienkonzept auftreten und ob diese Fehler bereits schon durch virtuelle Prototypen von Hausgeräten prognostiziert werden können.

4.2 Untersuchungsobjekte

4.2.1 Die realen Waschmaschinen

Bei den Waschmaschinen handelt es sich um zwei frontalbeschickte, elektronisch gesteuerte Waschvollautomaten, die mit Hilfe von Drucktasten bedient werden. Damit unterscheiden sie sich von vielen anderen Waschmaschinen, bei denen ein oder mehrere Drehregler zur Einstellung üblich sind. Die untersuchten Waschmaschinen sind damit im Bereich der Haushaltsgeräte den „neuen Technologien“ zuzurechnen (Pichert, 1986).

Diese Waschvollautomaten weisen einige Gemeinsamkeiten auf. Die Einstellung eines Waschprogrammes wird über Leuchtdioden geleitet. Diese zeigen die Wahlmöglichkeiten während des Dialogs an und geben gleichzeitig eine Rückmeldung über die ausgewählten Funktionen.

Bei beiden Maschinen wird zusätzlich in einer Ablaufanzeige dargestellt, welche Teilabläufe (Vorwäsche, Hauptwäsche, Schleudern, etc.) der Waschablauf aufgrund der getätigten Einstellungen enthalten wird.

Trotz dieser Gemeinsamkeiten und einer vergleichbaren Funktionalität weisen beide Maschinen jedoch im Erscheinungsbild und bei der Bedienung zahlreiche Unterschiede auf.

Bei der Maschine A finden sich zur Tastenbezeichnung Symbole, die auf einem Handkärtchen erläutert werden. Zur Einstellung eines Waschprogramms müssen in der Regel mindestens drei Angaben spezifiziert werden: die Wäscheart (z. B. Kochwäsche oder Pflegeleicht), der Verschmutzungsgrad und der Füllgrad. Abschließend wird die Interaktionssequenz mit Betätigung der Start-Taste beendet, nachträgliche Korrekturen sind dann nicht mehr möglich. Neben den notwendigen Eingaben gibt es die Möglichkeit, optional verschiedene Zusatzspezifika-

tionen wie Schleuderreduzierung oder Temperaturabsenkung einzustellen.

Bei der Maschine B sind die einzelnen Tasten mit Begriffen wie Kochwäsche, Pflegeleicht oder Schleudern bezeichnet. Bei der Einstellung muß lediglich das Hauptprogramm angegeben und der Waschvorgang mit der Temperaturwahl gestartet werden. Die Auswahl zusätzlicher Spezifikationen ist optional, wobei auch hier die Verfügbarkeit der Wahlmöglichkeiten von dem gewählten Hauptprogramm abhängt. Die bei der Maschine A notwendigen Angaben von Verschmutzungs- und Füllgrad sind bei der Maschine B nicht unbedingt anzugeben.

4.2.2 Die virtuellen Waschmaschinen

Die Bedienoberflächen der beiden realen Waschmaschinen wurden auf einem Computer simuliert. Bei dem Computer handelte es sich um einen Apple Macintosh IIci mit 4 MB Hauptspeicher. Als Ein- und Ausgabegerät fand ein 19 Zoll großer berührungssensitiver Farbbildschirm („touchscreen“) Verwendung. Dieser Bildschirm ist als Kontaktsystem zu bezeichnen, das heißt zur Eingabe ist die Berührung einer über dem Bildschirm gelagerten Glasscheibe erforderlich (Pickering, 1986; Sears und Shneiderman, 1991).

Als Software diente das Multimedia-Programm MacroMind Director 2.0. Dieses Programm ermöglicht die Kombination von Texten, Bildern und Geräuschen zu einer interaktiven Nachbildung einer Bedienoberfläche. Die Programmierung mit diesem Tool ist objektorientiert, was die für einen Einsatz beim Prototyping notwendige Flexibilität gewährleistet.

Die virtuellen Waschmaschinen wurden so erstellt, daß sie in Erscheinungsbild und Funktionalität den entsprechenden Bedienoberflächen der realen Geräte möglichst genau entsprachen.

4.3 Untersuchungsbedingungen

4.3.1 Untersuchungsteilnehmerinnen

Bei der Auswahl der Untersuchungspartner beschränkten wir uns auf Frauen, da Wäschepflege nur von 5 % der Männer wahrgenommen wird (Kettschau 1982, zit. n. Braun 1988, 20). 41 Frauen wurden als Probandinnen gewonnen und für die Teilnahme an der Untersuchung bezahlt. Das Durchschnittsalter betrug 33

Jahre, die jüngste Teilnehmerin war 20 Jahre alt, die älteste 65 Jahre. 21 Teilnehmerinnen gingen einer Erwerbstätigkeit nach, 13 Teilnehmerinnen befanden sich in einer Ausbildung oder studierten und 7 Teilnehmerinnen gaben als Berufsbezeichnung Hausfrau an. Die Haushaltsgröße variierte zwischen Ein- und Sechspersonenhaushalten, im Durchschnitt wurde die Wäsche von 2,3 Personen gewaschen. Die dabei wöchentlich anfallende Wäsche von im Mittel 1,5 Trommelfüllungen pro Person entspricht in etwa anderorts berichteten Angaben (VDEW, 1981, zit. n. Braun, 1988, 87).

Vor der Untersuchung kannte keine Teilnehmerin eine oder gar beide Maschinen. 23 Teilnehmerinnen verwendeten Waschmaschinen mit Drehreglern und 15 Teilnehmerinnen waren im Besitz von Waschmaschinen mit Drehreglern und Druckknöpfen. Lediglich eine Teilnehmerin war im Besitz einer elektronischen Waschmaschine, zwei Teilnehmerinnen verfügten über keine eigene Waschmaschine.

4.3.2 Beobachter

Für die Fehlerbeobachtungen kamen vier Beobachter zum Einsatz. Um reliable Fehlerbeobachtungen und -klassifizierungen zu gewährleisten, wurde ein zweitägiges, standardisiertes Fehlerbeurteilungstraining durchgeführt. Alle Teilnehmer erfüllten das Kriterium ($\kappa > .75$), das in dem Training für die Beurteilerleistung der Fehlerlexonomie verlangt wird (Prümper, 1992). Insgesamt gingen 2728 Nutzungsprobleme in die Auswertung ein.

4.3.3 Die zu bearbeitenden Aufgaben

Moderne Waschmaschinen bieten mittlerweile praktisch für alle denkbaren Wäschearten und Anwenderwünsche individuelle Waschprogramme an. Von den vielen hundert Möglichkeiten, die eine Waschmaschine bietet, werden jedoch schätzungsweise lediglich 10 bis 20 pro Haushalt genutzt; allerdings – da sich die Waschgewohnheiten stark unterscheiden – in jedem Haushalt verschiedene (Stamminger, 1988). Deshalb sollten nicht alle Probandinnen mit den gleichen Aufgaben konfrontiert werden. Statt dessen erhielten die Teilnehmerinnen die Möglichkeit, ihre eigenen, individuellen Waschprogramme zusammenzustellen. Dazu mußten 15 Karten, auf denen Wäschestücke (Handtücher, Jeans, Oberhemd, etc.) unterschiedlicher Materialien (Dralon, Seide, Wolle, etc.) mit verschiedenen Verschmutzungen

(Erdverkrustungen, Weinflecken, etc.) beschrieben wurden, in Wäschesortierungen aufgeteilt werden. Diese Sortierungen und die Beschreibung eines geeigneten Waschprogramms bildeten die selbstgesetzten Aufgaben. Um eine möglichst hohe Ausnutzung des Funktionspektrums zu gewährleisten, wurden darüber hinaus einige Aufgaben vorgegeben, die die selbstgesetzten Aufgaben ergänzten. Die Aufgaben, selbstgesetzte und vorgegebene, wurden von jeder Teilnehmerin an allen vier Untersuchungsobjekten nacheinander ausgeführt; die Bearbeitungsreihenfolge an den vier Untersuchungsobjekten wurde randomisiert.

Im Durchschnitt bearbeiteten die Teilnehmerinnen sieben Aufgaben pro Maschine, an jedem Untersuchungsobjekt die gleichen. Um die reine Selbstbeschreibungsfähigkeit der Waschmaschinen in den Vordergrund der Untersuchung zu stellen, erhielten die Teilnehmerinnen weder eine mündliche Einweisung in die Versuchsobjekte, noch die Bedienungsanleitungen. Jeder Versuch dauerte durchschnittlich etwa eine Stunde.

5 Ergebnisse

Zunächst widmen wir uns der Frage, ob virtuelle Hausgeräte dem Anspruch gerecht werden, die Bedingungen von realen Hausgeräten wirklichkeitstreu nachzuahmen, das heißt ob im Umgang mit ihnen äquivalente Fehlerprofile entstehen. Dann untersuchen wir, welche Fehler im Umgang mit Waschmaschinen mit unterschiedlichem Bedienkonzept auftreten. Ergänzend soll überprüft werden, wie wirklichkeitstreu die einzelnen virtuellen Waschmaschinen die entsprechenden realen Waschmaschinen simulieren.

5.1 Fehler bei realen und virtuellen Waschmaschinen

In Tabelle 1 werden die durchschnittlichen Fehlerhäufigkeiten pro Fehlerkategorie bei realen und virtuellen Waschmaschinen, unabhängig von dem jeweiligen Maschinentyp verglichen.

Werfen wir zunächst einen Blick auf den groben zusammenhängenden Verlauf der beiden Fehlerprofile, so deutet eine Korrelation von $r = .96$ ($p < .001$, $N = 10$ Fehlerkategorien) an, daß virtuelle Prototypen eine recht gute Methode zur Prognose von Fehlern in der Mensch-Maschine-Interaktion darstellen. Eine detaillierte Inspektion der Fehlerprofile zeigt jedoch, daß bei den virtuellen Wasch-

maschinen insgesamt mehr als anderthalb mal so viele Fehler auftreten als bei den realen Waschmaschinen, und daß sich dieses Ergebnis in erster Linie auf die signifikant höhere Anzahl von Denk- und Bewegungsfehler zurückführen läßt.

5.2 Fehler bei realen Waschmaschinen

Bei Waschmaschine A treten mehr als zweieinhalb mal so viele Fehler auf als bei Waschmaschine B (Tabelle 2).

Tabelle 1: Durchschnittliche Fehlerhäufigkeiten pro Fehlerkategorie bei realen und virtuellen Waschmaschinen

	<i>reale Waschmaschinen</i>		<i>virtuelle Waschmaschinen</i>
<i>Fehlergesamtheit</i>	26.10	***	40.44
<i>Regulationsgrundlage</i>			
Wissensfehler	0.66		0.61
<i>Intellektuelle Regulationsebene</i>			
Denkfehler	16.78	*	22.05
Merk-/Vergessensfehler	0.66		0.63
Urteilsfehler	5.98		8.51
<i>Ebene der flexiblen Handlungsmuster</i>			
Gewohnheitsfehler	0.12		0.00
Unterlassensfehler	0.05		0.05
Erkennensfehler	0.02		0.10
<i>Sensumotorische Regulationsebene</i>			
Bewegungsfehler	1.34	***	8.12
<i>Ineffizienzen</i>			
Ineffizienz-Wissen	0.44		0.37
Ineffizienz-Gewohnheit	0.05		0.00
<i>Anmerkung:</i> Signifikanzniveaus der zweiseitigen t-tests für abhängige Stichproben *** $p < .001$; ** $p < .01$; * $p < .05$; $N=41$			

Tabelle 2: Durchschnittliche Fehlerhäufigkeiten pro Fehlerkategorie bei realen Waschmaschinen

	<i>reale Waschmaschine A</i>		<i>reale Waschmaschine B</i>
<i>Fehlergesamtheit</i>	18.78	***	7.32
<i>Regulationsgrundlage</i>			
Wissensfehler	0.54	**	0.12
<i>Intellektuelle Regulationsebene</i>			
Denkfehler	12.15	***	4.63
Merk-/Vergessensfehler	0.27		0.39
Urteilsfehler	4.78	***	1.20
<i>Ebene der flexiblen Handlungsmuster</i>			
Gewohnheitsfehler	0.05		0.07
Unterlassensfehler	0.02		0.02
Erkennensfehler	0.00		0.02
<i>Sensumotorische Regulationsebene</i>			
Bewegungsfehler	0.54		0.81
<i>Ineffizienzen</i>			
Ineffizienz-Wissen	0.39	**	0.05
Ineffizienz-Gewohnheit	0.05		0.00
<i>Anmerkung:</i> Signifikanzniveaus der zweiseitigen t-tests für abhängige Stichproben *** $p < .001$; ** $p < .01$; * $p < .05$; $N=41$			

Dieses Ergebnis ist in erster Linie darauf zurückzuführen, daß bei der Waschmaschine A zweieinhalb mal so viele Denkfehler und annähernd vier mal so viele Urteilsfehler auftreten als bei der Waschmaschine B. Zudem tauchen bei der Maschine A signifikant mehr Wissensfehler und Ineffizienzen aufgrund fehlenden Wissens auf als bei der Maschine B.

5.3 Fehler bei virtuellen Waschmaschinen

Wie bei den realen Waschmaschinen (Tabelle 2) liegt die absolute Fehlerhäufigkeit bei der virtuellen Waschmaschine A signifikant höher als bei der virtuellen Waschmaschine B (Tabelle 3). Dieses Ergebnis ist wieder in erster Linie auf die hohe Anzahl von Denkfehlern zurückzuführen. Bei der virtuellen Waschmaschine A entstehen nahezu doppelt so viele Denkfehler als bei der virtuellen Waschmaschine B. Darüber hinaus entfallen, ebenfalls wie bei den realen Waschmaschinen, auf die virtuelle Waschmaschine A signifikant mehr Wissensfehler und Ineffizienzen aufgrund fehlenden Wissens. Dafür ist bei der virtuellen Waschmaschine B eine signifikant höhere Anzahl von Bewegungsfehlern als bei der virtuellen Waschmaschine A zu verzeichnen.² Im Unterschied zu den realen Waschmaschinen lassen sich jedoch keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Urteilsfehler beobachten.

Betrachtet man den zusammenhängenden Verlauf der Fehlerprofile von realen und virtuellen Waschmaschinen (also die Verbindung von Tabelle 2 und 3), um die Frage zu beantworten, wie gut die jeweiligen virtuellen Waschmaschinen ihren entsprechenden Gerätetyp simulieren, so resultiert zwischen dem Verlauf der beiden Fehlerprofile von virtueller und realer Waschmaschine für den Gerätetyp A eine Korrelation von $r = .98$ ($p < .001$, $N = 10$ Fehlerkategorien) und für den Gerätetyp B von $r = .89$ ($p < .001$, $N = 10$ Fehlerkategorien). Überprüft man die Differenz dieser beiden Korrelationen auf Signifikanz (Hays, 1973, 661 ff.), so unterscheiden sie sich auf dem 5 % Niveau ($z = 2.31$).

2) Entsprechend dieser spezifischen Mängel der virtuellen Waschmaschine B resultiert für die Urteilsfehler ein Interaktionseffekt von $F(1,40) = 6,56$, $p < .05$ (Haupteffekt reale Waschmaschinen $F(1,40) = 10,89$, $p < .01$; Haupteffekt virtuelle Waschmaschinen $F(1,40) = 3,34$, n. s.) und für die Bewegungsfehler ein Interaktionseffekt von $F(1,40) = 4,93$, $p < .05$ (Haupteffekt reale Waschmaschinen $F(1,40) = 9,21$, $p < .01$; Haupteffekt virtuelle Waschmaschinen $F(1,40) = 58,95$, $p < .001$).

Tabelle 3: Durchschnittliche Fehlerhäufigkeiten pro Fehlerkategorie bei virtuellen Waschmaschinen

	<i>virtuelle Waschmaschine A</i>		<i>virtuelle Waschmaschine B</i>
<i>Fehlergesamtheit</i>	23.15	*	17.29
<i>Regulationsgrundlage</i>			
Wissensfehler	0.46	*	0.15
<i>Intellektuelle Regulationsebene</i>			
Denkfehler	14.37	***	7.68
Merk-/Vergessensfehler	0.22		0.42
Urteilsfehler	4.51		4.00
<i>Ebene der flexiblen Handlungsmuster</i>			
Gewohnheitsfehler	0.00		0.00
Unterlassensfehler	0.02		0.02
Erkennensfehler	0.05		0.05
<i>Sensumotorische Regulationsebene</i>			
Bewegungsfehler	3.20	**	4.93
<i>Ineffizienzen</i>			
Ineffizienz-Wissen	0.32	*	0.05
Ineffizienz-Gewohnheit	0.00		0.00
<i>Anmerkung: Signifikanzniveaus der zweiseitigen t-tests für abhängige Stichproben</i> *** $p < .001$; ** $p < .01$; * $p < .05$; $N=41$			

6 Zusammenfassende Diskussion

Anhand einer handlungstheoretischen Fehlertaxonomie wurden zwei Fragen beantwortet. Die erste Frage lautete, ob virtuelle Prototypen von Hausgeräten dem Anspruch gerecht werden, Bedingungen von realen Hausgeräten wirklichkeitsgetreu zu simulieren. Die zweite Frage lautete, welche Fehler im Umgang mit Hausgeräten mit unterschiedlichem Bedienkonzept auftreten. Ergänzend wurde überprüft, wie wirklichkeitsgetreu die einzelnen virtuellen Waschmaschinen die entsprechenden realen Waschmaschinen simulierten.

6.1 Fehler bei realen und virtuellen Waschmaschinen

Die Ergebnisse zeigen, daß virtuelle Prototypen eine recht gute Methode zur Prognose von Fehlern in der Mensch-Maschine-Interaktion darstellen. Allerdings traten bei den virtuellen Waschmaschinen insgesamt mehr als anderthalb mal so viele Fehler auf als bei den realen Waschmaschinen. Dies bedeutet, daß bei virtuellen Bedienoberflächen von Waschmaschinen zusätzliche Fehler entstehen können, die eher auf die Mensch-Computer-, als auf die Mensch-Waschmaschinen-Interaktion zurückzuführen sind. Dieses Ergebnis läßt sich konkretisieren, da dieser Unterschied hauptsächlich auf die signifikant höhere Anzahl

von Denk- und Bewegungsfehler zurückzuführen war.

Die höhere Anzahl von Denkfehlern bei den virtuellen Waschmaschinen veranschaulicht, daß die Mensch-Computer-Interaktion für die von uns untersuchte Stichprobe einen höheren Neuigkeitscharakter aufwies als die Mensch-Waschmaschinen-Interaktion. Besonders auffällig ist jedoch die hohe Anzahl von Bewegungsfehlern bei den virtuellen Waschmaschinen. Dieses Ergebnis ist wohl auf die fehlende haptische, also den Tastsinn betreffende Rückmeldung der virtuellen Waschmaschinen zurückzuführen. Dies führte dazu, daß häufiger einzelne Tasten nicht getroffen oder aus Unsicherheit mehrmals betätigt wurden.

6.2 Fehler bei realen Waschmaschinen

Bei Waschmaschine A traten aufgrund einer höheren Anzahl von Wissens-, Denk- und Urteilsfehlern sowie Ineffizienzen aufgrund fehlenden Wissens insgesamt mehr als zweieinhalb mal so viele Fehler auf als bei Waschmaschine B. Die höhere Anzahl von Wissensfehlern bei Maschine A ist ein deutlicher Hinweis darauf, daß bei der Gestaltung dieser Maschine so wenig auf Selbstbeschreibungsfähigkeit geachtet wurde, daß hier häufiger Situationen auftraten, in denen die Benutzerinnen aufgrund fehlender Informationen nicht in der Lage waren, überhaupt

einen adäquaten Handlungsplan zu generieren. Die hohe Anzahl von Denkfehlern bei Maschine A ist ein Indiz dafür, daß hier falsche oder unrealistische Ziele aufgestellt oder falsche Entscheidungen zwischen Subzielen getroffen wurden. Die hohe Anzahl von Urteilsfehlern zeigt an, daß bei der Gestaltung der Rückmeldungen keine angemessenen Wahrnehmungs- und Interpretationsmöglichkeiten sichergestellt wurden. Der Unterschied bei den Ineffizienzen aufgrund fehlenden Wissens war allein auf einen einzigen Fehler zurückzuführen, nämlich daß bei Maschine A zwar eine Fehlerkorrekturtaste vorhanden war, diese jedoch nicht benutzt wurde, und die Benutzerinnen stattdessen die Maschine aus- und wieder einschalteten.

6.3 Fehler bei virtuellen Waschmaschinen

Die virtuelle Waschmaschine A war eine signifikant bessere, das heißt wirklichkeitsgetreuere Simulation der realen Waschmaschine A, als die virtuelle Waschmaschine B für die reale Waschmaschine B. Wie bei den realen Waschmaschinen lag die absolute Fehlerhäufigkeit bei der virtuellen Waschmaschine A ebenfalls signifikant höher als bei der virtuellen Waschmaschine B. Auch dieses Ergebnis war in erster Linie wieder auf die hohe Anzahl von Denkfehlern und daneben auf die höhere Anzahl von Wissensfehlern und auf Ineffizienzen aufgrund fehlenden Wissens zurückzuführen. Allerdings ließen sich im Unterschied zu den realen Waschmaschinen keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Urteilsfehler beobachten; dafür war bei der virtuellen Waschmaschine B eine signifikant höhere Anzahl von Bewegungsfehlern zu verzeichnen. Anhand der Urteilsfehler wird eine spezifische Schwäche der virtuellen Waschmaschine B deutlich.

Die Schriftgröße der Meldung, die den Start des Waschvorgangs anzeigte, war bei der virtuellen Waschmaschine B deutlich kleiner als bei der virtuellen Waschmaschine A. Dies hatte zur Folge, daß die Versuchspartnerinnen zwar die Rückmeldung als solche wahrnahmen, diese jedoch nicht mit dem Start des Waschprogramms in Verbindung brachten und sie daraufhin weitere Einstellungen vornahmen. Neben einer Angleichung der entsprechenden optischen Rückmeldung wäre es deshalb empfehlenswert, den Start der Waschprogramme durch realitätsnähere akustische Rückmeldungen zu simulieren. Die höhere Anzahl von Bewegungsfehlern bei der virtuellen Waschmaschine B läßt sich dadurch erklären, daß die Tasten bei der

realen Waschmaschine B ein kleineres Format aufwies als bei der Waschmaschine A und bereits gezeigt werden konnte, daß virtuelle Prototypen offensichtlich gerade für Fehler auf der sensorischen Regulationsebene sehr anfällig sind. Bei kleineren Berührungsflächen scheint sich dieser Effekt noch zu verstärken.

6.4 Gestaltungsvorschläge

In dieser Studie konnten für die untersuchten Waschmaschinen in erster Linie deutliche Unterschiede bei Wissens-, Denk-, und Urteilsfehlern sowie bei Ineffizienzen aufgrund fehlenden Wissens festgestellt werden. Für diese Fehler sollen deshalb im folgenden einige grundlegende Verbesserungsmöglichkeiten formuliert werden.

Wissensfehler und Ineffizienzen aufgrund fehlenden Wissens können vermieden werden, wenn ein System eine so hohe Selbstbeschreibungsfähigkeit hat, daß es für den Benutzer leicht zu erschließen ist. Dies kann zum Beispiel dadurch erreicht werden, daß alle wichtigen Informationen auf der Bedienblende gut sichtbar und verständlich sind. Häufig war es beispielsweise der Fall, daß die Benutzerinnen keine Möglichkeit sahen, ihr Waschprogramm zu aktivieren, und sie daraufhin mehr oder weniger willkürlich ein falsches Waschprogramm wählten, weil sie bestimmten Piktogrammen eine falsche Funktionalität zuwiesen.

Denkfehlern kann man begegnen, wenn Hausgeräte so konzeptualisiert werden, daß sie den mentalen Modellen der Benutzer entsprechen. So erforderte es beispielsweise eine Maschine nicht – wie es den Erwartungen aller Versuchsteilnehmerinnen entsprach –, daß für das Schleudern eines Wäschestückes zuerst die Schleudertaste betätigt und anschließend die Umdrehungszahl gewählt wurde; sondern zunächst mußte die Wäscheart bestimmt werden, also ob es sich etwa um Wolle oder Buntwäsche handelte, und erst anschließend konnte die Schleudertaste gewählt werden. Hier treffen wir auf ein typisches Beispiel dafür, daß die Entwickler der betreffenden Waschmaschine sowohl eine andere Art der Zielhierarchie als die Benutzerinnen vor Augen hatten, als auch einen Arbeitsschritt verlangten, der nicht dem alltäglichen Arbeitshandeln der Benutzerinnen entsprach.

Urteilsfehler können vermieden werden, wenn das Systemfeedback gut gestaltet ist. So passierte es beispielsweise einer Benutzerin, die einen Wollpullover zwar

waschen, jedoch nicht schleudern wollte, daß sie, nachdem sie das entsprechende Waschprogramm eingestellt hatte, vergeblich nach einer Möglichkeit suchte, die Schleuderfunktion auszuschalten. Diese Suche hätte die Benutzerin sich ersparen können, da bei der Maschine automatisch bei einem Wollwaschgang nicht geschleudert wird. Die Rückmeldung darüber, welche Funktionen die Waschmaschine ausführt, waren allerdings so ungenügend, daß die Benutzerin über diese Funktion im Unklaren blieb.

Sehr hilfreich ist es, wenn die Maschine Rückmeldungen über etwaige Fehler gibt. Beispielsweise wollte eine Benutzerin ihre Wäsche „Pflegeleicht-Fein 95 Grad“ waschen. Die Benutzerin wählte zunächst die Taste „Pflegeleicht-Fein“ und anschließend die Taste „95 Grad“. Da die Waschmaschine allerdings diese Kombination nicht erlaubte, begann auch nicht der Waschvorgang. Die Benutzerin war jedoch der Meinung, alle notwendigen Eingaben vollzogen zu haben. Hier hätte die Benutzerin durch ein deutliches Signal auf ihren Fehler hingewiesen werden müssen.

Wenn eine Person entdeckt, daß sie einen Fehler bei der Planung gemacht hat, dann ist es sinnvoll, daß sie sogleich die Arbeit unterbrechen und den Fehler korrigieren kann. Eine Benutzerin, die irrtümlich die Schleuderdrehzahl auf 650 Umdrehungen reduzierte, hatte dazu bei der einen Maschine keine Gelegenheit. Als sie ihren Fehler bemerkte, konnte sie ihre Wahl nicht unmittelbar rückgängig machen, sondern mußte erst die Korrekturtaste betätigen und dann ihre gesamten Eingaben noch einmal einstellen. Eine gute Lösung zeigte sich bei der anderen Maschine. Eine Benutzerin hatte irrtümlich die Taste für Buntwäsche gewählt, erinnerte sich dann aber daran, daß sie ihre Wäschestücke mit einem Pflegeleicht-Programm waschen wollte. Nach dem sie die Pflegeleicht-Taste gewählt hatte, konnte sie mit ihrer Eingabe fortfahren.

In dem Design der zweiten Waschmaschine wird ein positives Gestaltungskonzept deutlich, das von Frese (1991) und Frese u. Mitarb. (1991) unter dem Begriff „Fehlermanagement“ diskutiert wird: gutes Design sollte nicht lediglich darauf bedacht sein, daß Fehler vermieden werden, sondern in besonderem Maße darum bemüht sein, die negativen Auswirkungen von Fehlern zu reduzieren. Wenn einer Person ein Fehler unterläuft, sollte sie die Möglichkeit haben, diesen unter Umgehung negativer Konsequenzen zu beheben (siehe auch: Brodbeck u. Mitarb., 1993).

Gegen die insgesamt hohe Anzahl von Fehlern könnte man vorbringen, daß den Benutzerinnen deswegen so viele Fehler unterliefen, weil sie erstmals mit den untersuchten Produkten konfrontiert wurden. Dagegen sprechen allerdings die Untersuchungen von Prümper (1991b) und Prümper u. Mitarb. (1992), die zeigen konnten, daß Experten in der Mensch-Computer-Interaktion nicht etwa weniger, sondern lediglich andere Fehler (mehr Fehler auf unteren Handlungsregulationsebenen) als Novizen unterlaufen. Mit anderen Worten bedeutet dies, daß sich bei einer Studie von Personen, die mit den untersuchten Waschmaschinen bereits vertraut sind, sehr wahrscheinlich nicht etwa weniger Fehler ergeben hätten, sondern daß sich lediglich das Fehlerspektrum von der intellektuellen Regulationsebene auf die Ebene der flexiblen Handlungsmuster verschoben hätte. Diese Überlegungen sprechen auch dafür, daß es bei ähnlich gelagerten Untersuchungen, oder bei der Durchführung von Prototypings unabdingbar erscheint, bezüglich der Expertise eine möglichst heterogene Klientel zusammenzustellen, damit das gesamte Fehlerspektrum besser ausgenutzt wird, so daß weitere Schwachstellen entdeckt und entsprechende Verbesserungsvorschläge gemacht werden können.

Zusammenfassend legen die Ergebnisse dieser Studie es nahe, Fehleranalysen zur Überprüfung der Bedienbarkeit von Hausgeräten einzusetzen, um frühzeitig die Problembereiche zu erkennen, die in der Mensch-Maschine-Interaktion auftreten. Virtuelle Prototypen haben sich dabei als eine Methode erwiesen, mit der dies insbesondere im Rahmen einer benutzerorientierten Entwicklungsstrategie auf ökonomische Art und Weise geschehen kann.

Literatur

- Anderson, C.; Fairless, J.; Ryan, D.; Tsuji, B.: User value: a driving force behind the Maestro telephone. *Telesis* issue 91 (1991), 41
- Braun, I.: Stoff Wechsel Technik. Zur Soziologie und Ökologie der Waschmaschinen. Edition Sigma, Berlin, 1988
- Brodbeck, F.; Zapf, D.; Prümper, J.; Frese, M.: Error handling in office work with computers: A field study. *J. Occupational and Organizational Psychology* 60 (1993), im Druck
- Bubb, H.: Ein Beitrag zur ergonomischen Gestaltung der Kücheneinrichtung. *Z. Arb.wiss.* 43 (1989), 152
- Bullinger, H. J.; Solf, J. J.; Stübler, E.: Die arbeitsgerechte Küche. Ulmer, Stuttgart, 1984
- Bundesgesetzblatt: Erstes Gesetz zur Änderung des Waschmittelgesetzes vom 19. Dezember 1986. Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft, Köln, 1986
- Frese, M.: Fehlermanagement: Konzeptionelle Überlegungen. In: M. Frese, D. Zapf (Hrsg.) *Feh-*

- ler bei der Arbeit mit dem Computer. Huber, Bern, 1991
- Frese, M.; Irmer, C.; Prümper, J.: Das Konzept Fehlermanagement: Eine Strategie des Umgangs mit Handlungsfehlern in der Mensch-Computer-Interaktion. In: M. Frese; C. Kasten; C. Skarpelis; B. Zang-Scheucher (Hrsg.) Software für die Arbeit von morgen. Springer, Berlin, 1991
- Frese, M.; Stewart, J.: Skill learning as a concept in life-span developmental psychology: An action theoretic analysis. *Human development*, 27 (1984), 147
- Frese, M.; Zapf, D. (Hrsg.): Fehler bei der Arbeit mit dem Computer. Huber, Bern, 1991
- Garberg, R.; Lincoln, C.; Millen, D.: Human factors in the design of telephone features. *AT&T Tech. Journal*, Sep./Oct. (1989), 56
- Gebhard, S.: Verbraucherpräferenzen bei Waschmaschinen. *Hauswirtsch.Wiss.*, 27 (1979), 62
- Hacker, W.: Arbeitspsychologie. Huber, Bern, 1986
- Hays, W. L.: Statistics for the social sciences. Holt, London, 1973
- Holz auf der Heide, B.; Aschersleben, G.; Hacker, S.; Bartsch, T.: Methoden zur empirischen Bewertung der Benutzerfreundlichkeit von Bürosoftware im Rahmen von Prototyping. In: M. Frese; C. Kasten; C. Skarpelis; B. Zang-Scheucher (Hrsg.) Software für die Arbeit von morgen. Springer, Berlin, 1991
- Luczak, H.; Rohmert, W.: Ergonomie in der Beurteilung von Praktikern. *Z. Arb.wiss.* 33 (1979), 157
- Pichert, H.: Neue Technologien bei Hausgeräten und ihre Auswirkungen auf die Hausarbeit. *Hautwirtsch.Bildung*, 3 (1986), 139
- Pickering, J.: Touch-sensitive screens: the technologies and their application. *Int. J. Man-Machine-Studies*. 25 (1986), 249
- Prümper, J.: Die Inter-Rater-Reliabilität von Fehlerbeobachtungen im Feld. In: M. Frese; D. Zapf (Hrsg.) Fehler bei der Arbeit mit dem Computer. Huber, Bern, 1991a
- Prümper, J.: Handlungsfehler und Expertise. In: M. Frese; D. Zapf (Hrsg.) Fehler bei der Arbeit mit dem Computer. Huber, Bern, 1991b
- Prümper, J.: Fehlertrainingsbogen für die Mensch-Computer-Interaktion - FTB-MCI, Manuskript, 1992
- Prümper, J.: Benutzerorientierte iterative Software-Entwicklung in der Praxis. In: W. Coy; P. Gorney; I. Kopp; C. Skarpelis (Hrsg.), Menschengerechte Software als Wettbewerbsfaktor. Teubner, Stuttgart, 1993
- Prümper, J.; Anft, M.: Die Evaluation von Software auf Grundlage des Entwurfs zur internationalen Ergonomie-Norm ISO 9241 Teil 10 als Beitrag zur partizipierten Systemgestaltung - ein Fallbeispiel. In: K. H. Rödiger (Hrsg.) Software-Ergonomie '93 - Von der Benutzungsoberfläche zur Arbeitsgestaltung. Teubner, Stuttgart, 1993
- Prümper, J.; Zapf, D.; Brodbeck, F.; Frese, M.: Some surprising differences between novice and expert errors in computerized office work. *Behaviour & Information Technology*, 11 (1992), 319
- Rams, D.: Geleitwort. In: D. Norman, Dinge des Alltags. Gutes Design und Psychologie für Gebrauchsgegenstände. Campus, Frankfurt/Main, 1989
- Schulz-Borck, H.: Zum Arbeitsaufwand in privaten Haushalten. *Hauswirtsch.Wiss.*, 28 (1980), 117
- Schupach, S.: Ziel: Verständliche Produkte. *Abatzwirtschaft*, 6 (1992), 9
- Sears, A.; Shneiderman, B.: High precision touchscreens: design strategies and comparisons with a mouse. *Int. J. Man-Machine Studies*. 34 (1991), 593
- Stamminger, R.: Zukünftige Entwicklung der Waschgeräte. *Hauswirtsch.Wiss.*, 36 (1988), 306
- Stamminger, R.: Die 2-Stufen-Einspülung - ein weiterer Schritt zur Umweltentlastung beim Wäschewaschen. *Hauswirtsch.Wiss.*, 39 (1991), 88
- Volpert, W.: Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten. In: U. Kleinbeck; J. Rutenfranz (Hrsg.), Arbeitspsychologie. Enzyklopädie der Psychologie. Themenbereich D, Serie III, Band 1. Hogrefe, Göttingen, 1987
- Zapf, D.: Zur Validierung einer Taxonomie von Handlungsfehlern. In: M. Frese; D. Zapf (Hrsg.): Fehler bei der Arbeit mit dem Computer. Huber, Bern, 1991
- Zapf, D.; Brodbeck, F.; Frese, M.; Peters, M.; Prümper, J.: Errors in working with office computers. A first validation of a taxonomy for observed errors in a field setting. *Int. J. Human-Computer Interaction*, 4 (1992), 311
- Zapf, D.; Brodbeck, F.; Prümper, J.: Handlungsorientierte Fehlertaxonomie in der Mensch-Computer-Interaktion. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 33 (1989), 178

Quelle:

Prümper, J., Heinbokel, T. & Küting, H.J. (1993). Virtuelle Prototypen als Werkzeuge zur benutzerzentrierten Produktentwicklung. Anwendung einer handlungstheoretischen Fehlertaxonomie auf reale und simulierte Oberflächen von Waschmaschinen. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 4, 160-167