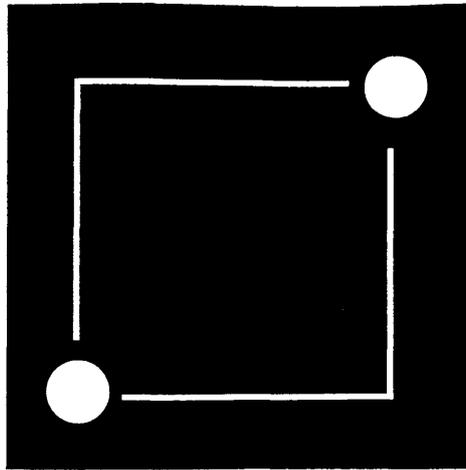


Betrieblicher Umweltschutz: Psychologische Aspekte der Entwicklung umweltgerechter Produkte

Martina Lasser, Simone Schramme,
Bruno Rüttinger



Zusammenfassung

Eines der wichtigsten Probleme unserer Gesellschaft ist die Reduzierung von Umweltbelastungen, die durch die Produktion und den Konsum relativ kurzlebiger Massengüter entstehen. Der betriebliche Umweltschutz bezieht sich im allgemeinen nicht auf die umweltgerechte Gestaltung der Massenprodukte. Im Konzept des präventiven, ganzheitlichen und produktorientierten Umweltschutzes kommt gerade dieser Produktgestaltung die zentrale Rolle zu.

Im vorliegenden Artikel werden die wesentlichen Elemente des präventiven, integrativen und auf die Produktgestaltung ausgerichteten Umweltschutzkonzepts erörtert sowie die Voraussetzungen für einen solchen Umweltschutz beschrieben. Eine Untersuchung zum Status quo des betrieblichen Umweltschutzes belegt, daß dieser Umweltschutzansatz nur in geringem Maße realisiert ist. Dies hängt unter anderem mit der geringen psychologischen Forschung und damit auch Beratung und Unterstützung zusammen. Die psychologischen Fragestellungen sind:

- ◆ Wie läßt sich unter arbeitspsychologischem Aspekt eine rechnergestützte umweltorientierte Konstruktionsumgebung entwickeln?
- ◆ Wie läßt sich die für eine umweltgerechte Produktentwicklung notwendige ressortübergreifende Kooperation organisieren?
- ◆ Wie läßt sich das Nutzerverhalten unter ökologischem Aspekt so analysieren, daß sich daraus Empfehlungen für die Produktgestaltung ableiten lassen?

Zur Analyse des umweltschädlichen Nutzerverhaltens wird ein Vergleich mit der Forschung zum sicherheitswidrigen Arbeitsverhalten durchgeführt und ein systemischer Ansatz entwickelt, in dem vor allem Maßnahmen der Produkt- und Produktinformationsgestaltung zur Minderung umweltschädlichen Nutzerverhaltens diskutiert werden.

1 Problemstellung

Die Verringerung von Umweltbelastungen ist eines der drängendsten Probleme unserer Gesellschaft. Eine wichtige Ursache für das Auftreten dieser Belastungen ist die Massenproduktion von Gütern mit relativ kurzer Lebensdauer. Eine Folge dieser Massenproduktion ist zunächst das Entsorgungsproblem und damit einhergehend die Schädigung der einfachen Umweltmedien Luft, Boden und Wasser. Eine andere Folge ist die Ressourcenverknappung, da die Umweltvorräte wie Metalle, Öl, Erdgas etc. immer mehr aufgebraucht werden.

Durch veränderte Wertvorstellungen, vor allem aber durch gesetzliche Auflagen, sehen sich auch die Betriebe immer stärker mit der Umweltproblematik konfrontiert und ergreifen Maßnahmen zum sog. nachhaltigen Wirtschaften. Neben vielfältigen Anstrengungen zur Verbesserung des allgemeinen umweltgerechten Verhaltens am Arbeitsplatz richten sich diese Interventionen in immer stärkeren Maße darauf, die Umweltbelastungen aufgrund der Produkte und deren Produktion zu verringern. Dabei lassen sich mehrere Strategien unterscheiden: Teilweise wird angestrebt, die Belastungen von vornherein möglichst zu vermeiden (präventiver Ansatz), sehr häufig wird jedoch versucht, sie erst durch nachträgliche Maßnahmen möglichst gering zu halten, z.B. durch geeignete Verfahren der Entsorgung (reaktiver Ansatz). Der präventive Ansatz, dem bisher bedeutend weniger Aufmerksamkeit geschenkt wurde als dem reaktiven Ansatz, kann Verfahren umfassen, die nicht aufeinander abgestimmt sind (additiver Ansatz). Er kann aber auch in eine ganzheitliche und integrierte Umweltschutzkonzeption eingebettet sein, in der von vornherein eine umfassende Verringerung möglicher Umweltbelastungen durch die Produkte, die Produktionsanlagen und -verfahren angestrebt und geplant wird (ganzheitlich-integrierter Ansatz).

Auch wenn in einem solchen integrierten Ansatz der Umweltschutz eine Aufgabe aller betrieblichen Funktionsbereiche ist, kommt wegen des präventiven, ganzheitlichen und produktorientierten Vorgehens der Produktplanung und insbesondere der Konstruktion eine zentrale Rolle zu. Durch die Gestaltung der Produkte werden in der Konstruktion die Eigenschaften eines Produkts für alle Phasen seines Lebenszyklus festgelegt, wie z.B. die Fertigungsanforderungen, der Ressourcenverbrauch, die Gebrauchs- und die Recyclingeigenschaften.

2 Umweltgerechte Konstruktion und Produktentwicklung

Die Einflußmöglichkeiten des Produktplaners und Konstrukteurs auf die umweltfreundliche Gestaltung von Produkten sowie auf die Produktionsverfahren lassen sich an der Lebensphasenabfolge technischer Produkte verdeutlichen (vgl. Beitz, 1992). Als Produktlebenslaufphasen werden im allgemeinen die Produktplanung, die Konstruktion, die Produktion (Arbeitsvorbereitung, Fertigung, Montage, Prüfung), der Vertrieb, die Nutzung und die Entsorgung unterschieden.

- ◆ Ausgangspunkt für die Produktplanung ist neben unternehmenspolitischen Zielvorstellungen der Markt. Umweltgerechte Produkte können sich am Markt nur durchsetzen, wenn sie vom Käufer gefordert oder akzeptiert werden. Es

sind deswegen zunächst die umweltorientierten Kundenwünsche und die ökologischen Markterfordernisse, welche die Anforderungen an ein umweltgerechtes Produkt festlegen und die somit bei der Produktplanung und Konstruktion zu berücksichtigen sind.

- ◆ In der Phase der Konstruktion des Produkts hat der Ingenieur durch Werkstoffwahl und gestalterische Maßnahmen Lösungen der Produktgestaltung zu suchen, welche neben den Erfordernissen des Marktes auch die umweltorientierten Anforderungen der übrigen Produktlebensphasen berücksichtigen.
- ◆ Da die Fertigungseigenschaften wesentlich von der Produktgestaltung abhängen, können umweltschonende, d.h. vor allem material- und energiesparende Technologien in der Produktionsphase nur dann eingesetzt werden, wenn der Konstrukteur dies durch eine entsprechende Produktgestaltung ermöglicht hat.
- ◆ Der nächsten Phase, der Vertriebsphase, für welche z.B. umweltgünstige Transporteigenschaften des Produkts vorgesehen sein können, folgt die Gebrauchs- und Verbrauchsphase. Auch hier unterstützt der Konstruktionsingenieur durch entsprechende Produkteigenschaften die umweltgerechte Inbetriebnahme, Nutzung, Wartung und Reparatur eines Produkts. Zum Umweltschutz im weiteren Sinn ist für diese Phase auch die sicherheitsgerechte und ergonomische Produktgestaltung zu zählen.
- ◆ In der Entsorgungsphase leistet der Konstrukteur einen wesentlichen Beitrag zur Verminderung der Umweltbelastungen durch eine recyclingfreundliche Produktgestaltung, welche produkt- und materialbezogene Wieder- und Weiterverwendungen ermöglicht.

Wie die Ausführungen zum Produktlebenszyklus belegen, kommt dem Konstruktionsingenieur eine entscheidende Rolle beim präventiven Umweltschutz zu. Soll die Umweltgerechtigkeit der Produkte und Produktionsverfahren nicht nachträglich und damit nur in geringem Maße nachgebessert werden, muß sie zu Beginn des Produktlebenslaufes bei der Konstruktion systematisch und umfassend geplant werden.

3 Status quo der umweltgerechten Produktentwicklung und Konstruktion

Der ganzheitlich-integrierte Umweltschutz wird zwar seit einigen Jahren zunehmend diskutiert (vgl. Strebel, 1992), jedoch in der Praxis nur in Ansätzen realisiert. Dies belegt z.B. eine Untersuchung der Autoren in Unternehmen der Metallindustrie, bei der 33 mittelständische Unternehmen des produzierenden Gewerbes aus den Branchen Metallverarbeitung (42,4%), Elektrogeräte (27,3%), Haushalts- und Kleingeräte (18,2%), sowie aus anderen Bereichen (12,1%) zum Thema Umweltschutz interviewt wurden (Rüttinger & Schramme, 1995). Dabei wurden u.a. auch folgende Themenbereiche befragt:

- ◆ Wichtigkeit von Umweltschutzzielen;
- ◆ Betrieblicher Einsatz von ökologischen Instrumenten bei der Produktplanung und Konstruktion;
- ◆ Betrieblicher Einsatz von computerunterstützten Techniken in der Produktplanung und Konstruktion.

Die Untersuchungsergebnisse belegen zunächst, daß der Umweltschutz im allgemeinen als wichtiges Unternehmensziel anerkannt ist. Dies zeigt sich z.B. darin,

- ◆ daß die Betriebe den Umweltschutz überwiegend in die Unternehmensleitlinien aufgenommen haben (62,5%)

- ◆ und den Umweltschutz zu den vorrangigen Unternehmenszielen zählen (75 %)
- ◆ daß sie weiterhin bereit sind, von sich aus mehr Umweltschutzmaßnahmen zu planen als gesetzlich vorgesehen ist (81,8%)
- ◆ und daß sie schließlich Maßnahmen der Personalentwicklung und Weiterbildung im Umweltschutzbereich als besonders wichtig einstufen: 67 % der befragten Unternehmen sind der Meinung, daß nicht nur die direkt im Umweltschutzbereich tätigen Mitarbeiter, sondern vielmehr alle Betriebsangehörigen in Umweltschutzmaßnahmen geschult werden sollten.

Bei der Realisierung der Umweltschutzziele findet sich allerdings eine schon viel abgeschwächtere Situation. Ein erster Schritt zur Realisierung dieser Ziele ist die Einrichtung der Stelle eines Umweltschutzbeauftragten. Nur 51,5 % der befragten Betriebe haben eine solche Position eingeführt. Diese Unternehmen beschäftigen mit Ausnahme eines Betriebes mehr als 200 Mitarbeiter. Der Umweltschutzbeauftragte nimmt seine Aufgaben zumeist hauptamtlich (61 %) und seltener in Personalunion (35 %) wahr. In 4 % der Betriebe ist der Umweltschutzbeauftragte nebenamtlich tätig.

Zusätzlich zum Umweltschutzbeauftragten setzen sich in 67% der Unternehmen auch noch andere Mitarbeiter mit Fragen des Umweltschutzes auseinander. Die Mehrheit der Unternehmen (87,5%) ist der Meinung, daß die gesamte Belegschaft aktiv in die umweltorientierte Unternehmensführung einbezogen werden sollte. In 47 % der Unternehmen wurden deshalb Anreize zur Förderung des Umweltbewußtseins der Mitarbeiter geschaffen und in 65,5 % der Betriebe werden Mitarbeiter durch besondere Maßnahmen in den betrieblichen Umweltschutz einbezogen, z.B. im Rahmen des Qualitätsmanagements.

Mehrere Befragungsergebnisse weisen auf Schwierigkeiten bei der Umsetzung der umweltbezogenen Unternehmensziele hin. So setzen lediglich 47 % der Unternehmen umweltbezogene Steuerungsinstrumente (Umweltbilanzen, Umweltcontrolling etc.) ein, wobei nur 28 % dieser Unternehmen systematisch Kriterien, welche bei der Anwendung der Instrumente berücksichtigt werden, erarbeitet haben. Die Mehrheit der Unternehmen geht nach dem "trial and error" - Prinzip vor, was natürlich Kosten verursacht und neben anderen Faktoren zu den Klagen über höhere Produktionskosten durch Umweltschutzmaßnahmen führt (54%). Diese Annahme wird dadurch unterstützt, daß diejenigen Betriebe, welche die Umweltsteuerungsinstrumente gezielt einsetzen, zu 93 % der Meinung sind, daß Umweltschutzmaßnahmen zur Kostensenkung und Erlössteigerung beitragen.

Schwierigkeiten bei der Umsetzung von Umweltschutzmaßnahmen zeigen sich auch darin, daß 53 % der Betriebe noch nicht mit einer Umweltzertifizierung begonnen haben. Hierfür wird zumeist mangelndes Wissen über die Durchführung der Zertifizierung und vor allem über die nach Meinung vieler Unternehmen (53 %) dazu erforderlichen organisatorischen Umstrukturierungen angegeben. Dieses Ergebnis weist daraufhin, daß ein erheblicher Bedarf an arbeits- und organisationspsychologischer Forschung und Beratung darüber besteht, wie umweltschutzbezogene Steuerungsinstrumente eingesetzt und welche organisatorischen Umstrukturierungen dazu nötig sind.

Die meisten Unternehmen (90 %) sind der Ansicht, daß die Konstruktion bei der umweltgerechten Produktion eine besondere Bedeutung zukommt, weil in der Konstruktion im wesentlichen die Umweltgerechtigkeit der Produkte und der Produktion festgelegt wird. Allerdings können neben dieser allgemeine:

positiven Bewertung der umweltgerechten Konstruktion nur von sehr wenigen Betrieben konkrete Maßnahmen und Aktivitäten zur Unterstützung der umweltgerechten Konstruktion angegeben werden.

Wegen der Komplexität der Daten erfordert die umweltorientierte Konstruktion den Einsatz von computergestützten Arbeitsmitteln. Zum betrieblichen Einsatz von computerunterstützten Techniken in der Produktplanung und Konstruktion läßt sich feststellen, daß lediglich 22 % der Unternehmen, und zwar vor allem die größeren Betriebe, computerunterstützte Techniken (zumeist CAD) in den beiden letzten Konstruktionsphasen (Entwerfen und Ausarbeiten), nicht aber in der für die umweltgerechte Konstruktion sehr wichtigen ersten Konstruktionsphase, der Anforderungsanalyse, einsetzen.

Als Konsequenz einer umweltgerechten Konstruktion und Produktentwicklung wird von den Betrieben eine viel stärkere Zusammenarbeit der Konstruktion mit den vor- und nachgelagerten Abteilungen angenommen, vor allem mit den Bereichen Marketing, Qualitätssicherung, Einkauf, Fertigung und Montage, was neue Formen der Arbeitsorganisation und des Projektmanagements erfordert.

Die angeführten Ergebnisse belegen, daß der präventive und ganzheitliche Umweltschutzansatz zwar im allgemeinen positiv beurteilt wird, jedoch nur in geringem Maße realisiert ist. Sie machen auch deutlich, daß in diesem Bereich erheblicher Unterstützungs- und Forschungsbedarf besteht.

4 Arbeits- und marktpsychologische Aspekte der umweltgerechten Produktentwicklung

Die geringe praktische Umsetzung des präventiven, ganzheitlichen und produktorientierten Umweltschutzes beruht zunächst auf der Datenkomplexität, die bei der Konstruktion anfällt. Die Forderung nach Umweltgerechtigkeit ist nur eine Zielsetzung neben vielen anderen Produkthanforderungsbereichen, z.B. ökonomischen, technischen, funktionalen oder ergonomischen Erfordernissen. Weiterhin umfaßt die Umweltgerechtigkeit mehrere unterschiedliche Dimensionen, wie z.B. die Ressourcenschonung, die Recyclinggerechtigkeit, die Langlebigkeit der Produkte, die Wartungs- und Reparaturfreundlichkeit, die Demontagefreundlichkeit. Die verschiedenen Anforderungsbereiche wie auch die unterschiedlichen Dimensionen der Umweltgerechtigkeit stehen in einem teils sich ergänzenden, teils konkurrierenden Beziehungsgeflecht.

Durch die Berücksichtigung ökologischer Kriterien bei der Konstruktion wird also die Vielfalt und Komplexität der Anforderungen und Einflußgrößen und somit die Informations- und Datenmenge für den Konstrukteur so groß und unübersichtlich, daß die Beschaffung, Verarbeitung und Darstellung der Informationen und Daten weitgehend rechnergestützt vorgenommen werden muß. Konstruieren bleibt allerdings auch bei Rechnerunterstützung ein kreativer Problemlösungsprozeß. Die Qualität dieses Prozesses hängt wesentlich von der Gestaltung der Tätigkeitsinhalte, der Hilfsmittel und der Arbeitsorganisation ab. Hinsichtlich einer rechnerunterstützten umweltorientierten Konstruktionsumgebung ergeben sich daher eine Reihe von arbeitspsychologischen Fragen, z.B. wie das Umweltwissen am besten auf der Rechneroberfläche dargestellt, wie am besten mit diesem Wissen kommuniziert und wie die jeweilige Wissensbasis am besten weiterentwickelt und aktualisiert werden kann.

Die ganzheitliche Konstruktion und Produktentwicklung bedeutet, daß in einer sog. "lifespan"-Konstruktion möglichst alle Produktlebensphasen unter dem Aspekt der Umweltgerechtigkeit berücksichtigt werden. Die Psychologie kann dabei vor allem für die Kauf- und Nutzungsphase Forschungsergebnisse beisteuern. Es stellt sich hier die markt- und kognitionspsychologische Frage, welches nutzungs- und konsumbezogene Umweltwissen für welche Entwicklungs- und Konstruktionsphasen besonders relevant ist und wie dieses Wissen am besten für eine rechnergestützte Konstruktionsumgebung nutzbar gemacht werden kann.

Die ganzheitlich-integrierte Produktentwicklung schließlich stellt an den Konstrukteur neue Anforderungen der Kommunikation und Kooperation mit vor- und nachgelagerten Abteilungen. Damit stellt sich die organisationspsychologische Frage, wie die interdisziplinäre Zusammenarbeit durch entsprechende Formen der Arbeitsorganisation, vor allem des sekundären Managements, wie z.B. des Projektmanagements, gestaltet werden soll.

Wie diese Ausführungen zeigen, ergeben sich bei der Einführung des präventiven, ganzheitlichen und produktorientierten Umweltschutzes zahlreiche arbeits-, organisations- und marktpsychologische Forschungsthemen, welche allerdings nur in interdisziplinärer Zusammenarbeit, vor allem mit ingenieurs- und informationstechnischen Disziplinen, untersucht werden können. Da zu dieser Forschungsproblematik bisher wenige Vorkenntnisse vorliegen, wurde 1996 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) an der TU Darmstadt der interdisziplinäre Sonderforschungsbereich 392 "Entwicklung umweltgerechter Produkte" (vgl. Rüttinger & Schramme, 1995) eingerichtet. Dieser Sonderforschungsbereich belegt am ausgewählten Beispiel des betrieblichen Umweltschutzes die Wichtigkeit der fachübergreifenden ökologischen Forschungsk Kooperation, deren Realisierung in der umweltpsychologischen Literatur als immer notwendiger angesehen und dringlicher eingefordert wird (vgl. Kruse, 1995).

5 Nutzungsphase

Der Zusammenhang zwischen Konstruktion und Nutzungsphase wurde bisher nicht systematisch untersucht. Die Bedeutung der Nutzungsphase für die umweltgerechte Konstruktion wurde lange Zeit unterschätzt. Wie allerdings zahlreiche Untersuchungen belegen, hängen Ökobilanzen stark davon ab, wie die Nutzer mit einem Produkt umgehen. Es ergibt sich von daher die interdisziplinäre Fragestellung, wie das Nutzerverhalten so analysiert werden kann, daß daraus Empfehlungen für eine Produktgestaltung unter dem Aspekt der umweltgerechten Nutzung abgeleitet werden können.

Da sich weiterhin die Produkte nur dann am Markt behaupten können, wenn sie den Wünschen und Anforderungen der Nutzer entsprechen, ist es zur Entwicklung von umweltgerechten Produkten auch wichtig zu untersuchen, inwieweit umweltgerechte Produkterwartungen der Nutzer an den Konstrukteur übermittelt werden können und wie durch den Konstrukteur, der über die beste Produktkenntnis verfügt, der Nutzer besser über die umweltrelevanten Aspekte eines Produkts und seiner Nutzung informiert werden kann.

Die Interaktion zwischen Konstrukteur und Nutzer kann unter ökologischem Aspekt also verschieden konzipiert werden:

1. Wie kann ein Produkt so gestaltet werden, daß der Nutzer möglichst umweltgerecht damit umgeht?
2. Wie können durch den Konstrukteur die Produktinformationen so gestaltet werden, daß die umweltgerechte Produktnutzung gefördert wird?
3. Wie können Produkte so gestaltet werden, daß sie den ökologischen Erwartungen des Nutzers/Konsumenten entsprechen?

6 Umweltgerechtes und sicherheitsgerechtes Verhalten

Um ein Produkt so gestalten zu können, daß der Nutzer möglichst umweltgerecht mit ihm umgeht, braucht der Konstrukteur Informationen über die Zusammenhänge zwischen Produktmerkmalen und dem ökologischen Nutzerverhalten. Solche Zusammenhänge sind natürlich weitgehend nutzer-, produkt- und situationsspezifisch. Für die ersten Analysen sollen deswegen verbreitete elektrische Haus-, Garten- und Hobby-Geräte für den privaten Nutzer (Staubsauger, Bohrmaschinen, Flüssigkeitsstrahler, Rasenmäher etc.) ausgewählt und untersucht werden.

Ein wichtiger Ansatz für die Beschreibung des Nutzerverhaltens, aus dem Empfehlungen für eine umweltgerechte Produktgestaltung abgeleitet werden kann, ist die Analyse des umweltwidrigen Verhaltens. Diese sog. pathologische Vorgehensweise, d.h. Mängel- und Fehleranalyse, hat sich in der Arbeitspsychologie, insbesondere in der Arbeitssicherheitspsychologie, als besonders fruchtbar erwiesen (vgl. Hacker, 1986). Es sollen deswegen im folgenden einige Überlegungen angestellt werden, wie das ökologiewidrige Verhalten in Analogie zum sicherheitswidrigen Verhalten analysiert werden kann.

In Abkehr von der traditionellen personorientierten und differentialpsychologischen Sichtweise, welche vor allem das Umweltbewußtsein und die motivationalen Voraussetzungen umweltgerechten Handelns untersucht, soll in einem systemischen Ansatz, der für die Arbeitssicherheitspsychologie typisch ist, das Zusammenwirken aller das Nutzerverhalten beeinflussenden Größen analysiert werden. Dies beinhaltet auch die Untersuchung äußerer Ursachen, welche ökologische Schäden fördern, insbesondere die Analyse technischer und ergonomischer Bedingungen, die zu ökologischen Fehlleistungen beitragen können.

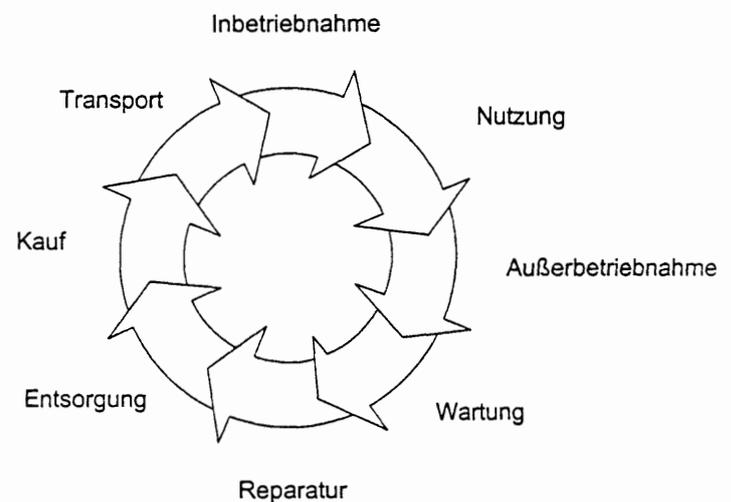
Zur Analyse der unfallbegünstigenden Situationen und Elemente geht man in der Arbeitssicherheitspsychologie häufig von einer dreiteiligen Klassifikationsstruktur externer Einflußfaktoren aus: Leistungsvoraussetzungen, Aufgabe und Arbeitsbedingungen (vgl. Hoyos & Zimolong, 1988). Zur Beschreibung des Nutzerverhaltens im Nutzer-Produkt-System lassen sich, in Anlehnung an die Konzeption der Arbeitstätigkeit im Mensch-Maschine-System, die Systemelemente Nutzer(voraussetzungen), Aufgabe, Produkt, Produktinformation und soziale Umwelt unterscheiden.

Durch die Erweiterung der Systemelemente soll ausgedrückt werden, daß es Übereinstimmungen zwischen dem Arbeitssystem und dem Nutzer-Produkt-System gibt, allerdings auch gewichtige Unterschiede, von denen einige angeführt werden sollen:

- ◆ Es soll eher allgemein von Nutzer(voraussetzungen) gesprochen werden und nicht von Leistungsvoraussetzungen, weil

im ausgewählten Beispiel der privaten Nutzung keine Leistung gefordert wird.

- ◆ Die Produktinformationen und die soziale Umwelt werden betont, weil im privaten Bereich im Gegensatz zum eher professionellen betrieblichen Arbeitsumfeld Informationen und Beratungen besonders wichtig sind.
- ◆ Bei der privaten Nutzung kann nur bedingt von Aufgabe gesprochen werden, weil keine Arbeitsaufträge erteilt werden. Der Ausdruck Aufgabe steht hier eher für eine "beste" oder ökologiegerechte Tätigkeitsausführung sowie für Tätigkeiten, die im Rahmen verschiedener Nutzungsphasen ganz allgemein ausgeführt werden müssen. Diese Phasen der Produktnutzung sind im weitesten Sinn der Kauf, der Transport, die Inbetriebnahme, die Nutzung im engeren Sinne oder der Gebrauch (in der Regel verschiedene Arten der Nutzung), die Wartung, die Reparatur und die Außerbetriebnahme (siehe Abbildung).



Der Nutzer kann in allen Phasen durch einen unangemessenen und umweltschädigenden Umgang mit dem Produkt, wie beispielsweise

- ◆ Fehler bei der Montage und Inbetriebnahme,
- ◆ unangemessene Gebrauchsgewohnheiten,
- ◆ fehlerhafte Wartung und Reparatur,
- ◆ sowie ökologiewidrige Entsorgung

die ökologische Zuverlässigkeit des Nutzer-Produkt-Systems mindern.

Erreicht dabei der Nutzer innerhalb bestimmter Toleranzgrenzen nicht das angestrebte Handlungsziel, so spricht man von einem menschlichen Fehler (Bubb, 1992). Dies beinhaltet zum einen eine unbeabsichtigte Abweichung des Handelns von der eigentlichen Intention (slips, lapses) und zum anderen eine Abweichung der geplanten Handlung von einem angemessenen Weg zu dem gewünschten Ziel (mistakes). Die sichtbaren Folgen von Fehlern zeigen sich als Fehlausführungen der menschlichen Handlung.

In der Vergangenheit haben Zuverlässigkeitsanalysen und Unfallforschungen sich vorwiegend auf aktive Bedienungsfehler und Ausfälle in der technischen Einrichtung konzentriert, deren Konsequenzen unmittelbar auftreten. Solche aktiven Fehler (vgl. Reason, 1994) geben die mögliche Vielfalt abweichender Verhaltens jedoch nur teilweise wieder. Es müssen darüberhin

aus auch solche Fehler berücksichtigt werden, deren Auswirkungen erst unter Zusammentreffen mit anderen Faktoren und mit einer zeitlichen Verzögerung sichtbar werden (latente Fehler).

Latente Fehler haben sich in letzter Zeit für die Sicherheit komplexer Systeme als eine große Bedrohung herausgestellt. Für den Umweltschutz sind latente Fehler von besonderer Bedeutung, denn der einzelne Produktnutzer ist nur selten der Verursacher eines ökologischen Schadens und erhält in der Regel keine Rückmeldungen (vgl. Spada & Opwis, 1985) über die durch sein Verhalten bewirkten Spätfolgen. Je weiter der Nutzer sich von den Handlungsfolgen bzw. dem direkten Risiko zeitlich entfernt, desto wahrscheinlicher ist die ökologische Produktfehlnutzung aufgrund mangelnder Rückmeldungen. Die Definition des ökologischen Fehlers ist deshalb zu ergänzen. Von einem ökologischen Fehler soll dann gesprochen werden, wenn die Handlung zu negativen Konsequenzen für den Handelnden und/oder für die soziale und ökologische Umwelt führt.

Im Ansatz des präventiven integrierten betrieblichen Umweltschutzes beziehen sich die Maßnahmen gegen systematische Fehler in den Phasen der Produktnutzung vor allem auf die Produkt- und Produktinformationsgestaltung:

- ◆ Durch eine verbesserte ergonomische Produktgestaltung lassen sich beispielsweise fehlerauslösende Bedingungen verhindern oder korrigieren.
- ◆ Durch eine geeignete informationstechnologische Gestaltung des Nutzer-Produkt-Systems (z.B. Bedienungsanleitungen) kann eine bessere Informationsverarbeitung bei Denk- und Entscheidungsprozessen gefördert werden. Der Produktinformation kommt eine besondere Bedeutung zu, da bei der privaten Produktnutzung - im Unterschied zur Mensch-Maschine-Interaktion im betrieblichen Arbeitsumfeld - keine Unterweisung stattfindet.
- ◆ Schließlich ist zu überlegen, wie die handlungsrelevanten Informationen durch Einfachheit, Reduktion und Verfügbarkeit bei Nutzungsproblemen Problemlöse- und Entscheidungshilfen geben können.

Bei dem Verhalten, das im Nutzer-Produkt-System als ökologisches Fehlverhalten erscheint, ist allerdings zu berücksichtigen, daß es sich - wie beim sicherheitswidrigen Verhalten in Arbeitssystemen - häufig um ein Verhalten handelt, das in einer normalen Lebensumgebung sinnvoll und effektiv ist. Gerade jene Mechanismen, die das Denken flexibel und effizient machen, führen zwangsläufig auch zu Fehlern. Fehler haben ihren Ursprung in nützlichen, funktionalen und adaptiven Prozessen und deren Fähigkeit, komplexe Informationen durch Rückgriff auf etablierte Routinen und Heuristiken zu verarbeiten. Fehler sind untrennbar mit der menschlichen Informationsverarbeitung verbunden (Reason, 1994).

Produkte müssen deshalb so gestaltet sein, daß sie den Eigenarten und Unzulänglichkeiten des menschlichen Denkvermögens Rechnung tragen und somit dem Nutzer angepaßt sind. Ein umweltfreundliches Produkt, d.h. ein Produkt mit einer umweltfreundlichen Schnittstellengestaltung, ist gekennzeichnet durch

- ◆ seine Fehlerrobustheit und Fehlertoleranz,
- ◆ sichtbare Rückmeldungen über Auswirkungen von Handlungen,
- ◆ Zugänglichkeit zu Vorwarnzeichen oder Schädigungen,
- ◆ die Möglichkeit des Entdeckens, Klärens und Behebens von Fehlern,
- ◆ Berücksichtigung der Funktionalität von Handlungsabläufen.

Bevor allerdings Maßnahmen zur Fehlerbehandlung ergriffen werden können, müssen Fehler und Nutzungsprobleme genau analysiert und klassifiziert werden, da nicht davon ausgegangen werden kann, daß alle ökologischen Fehler die gleichen Interventionen erfordern.

Wie beim Arbeitsschutz ist auch beim Umweltschutz die Auftretenswahrscheinlichkeit von ökologischen Fehlern und Fehlhandlungen ein sehr wichtiger Untersuchungsgegenstand. Aus der Kenntnis über die Zahl der Fehler und die Zahl aller Gelegenheiten, in denen ein Fehler auftreten kann, läßt sich die Fehlerwahrscheinlichkeit (human error probability, HEP) abschätzen. Um die Auftretenshäufigkeit von Fehlern bei der Produktnutzung empirisch zu ermitteln, müssen die Handlungen der verschiedenen Nutzungsphasen und Produktanwendungen in Teilhandlungen und Handlungselemente zerlegt werden. Die den Teilhandlungen zugeordneten Handlungsergebnisse werden nach eindeutigen Abweichungskriterien als richtig oder falsch klassifiziert. Nach dieser Aufstellung von Fehlern und deren Auftretenshäufigkeiten müssen allerdings auch die jeweiligen negativen Konsequenzen für die soziale und ökologische Umwelt berücksichtigt werden, damit nur die wichtigen und typischen Fehler in die nachfolgenden Überlegungen miteingehen.

Die Fehlerwahrscheinlichkeiten für die verschiedenen Handlungen und Teilhandlungen können wie beim Arbeitsschutz aus Feld-, Simulations-, Experimentalstudien oder Expertenschätzungen (vgl. Zimolong & Stolte-Fürst, 1991), darüberhinaus aber auch aus Kundenbefragungen und Reklamationen gewonnen werden

Soll die Systemzuverlässigkeit nicht nur beschrieben, sondern auch verbessert werden, dann ist neben der Fehleranalyse auch eine Fehlerursachenanalyse notwendig. Denn nur durch die Kenntnis der Ursachen lassen sich für jede Fehlervariante spezifische Maßnahmen angeben, durch welche Fehler verhütet werden können.

Fehlerursachen können nicht direkt beobachtet, sondern nur erschlossen werden. Um zu einer ursachenorientierten Klassifikation ökologischer Fehler zu kommen, kann beispielsweise in Anlehnung an das Dreiebenenmodell der Informationsverarbeitung von Rasmussen (Rasmussen, 1986) und an die Teilschritte im Handlungsprozeß, ökologisches Fehlverhalten geordnet und Ursachenkomplexen zugeordnet werden (vgl. Zapf, Brodbeck & Prümper, 1989; Prümper, Heinbokel & Küting, 1993). Unter Berücksichtigung der über die Auftretenshäufigkeiten erhobenen dominanten Fehlerbereiche können dann Verhütungsschwerpunkte formuliert werden.

Für die verschiedenen Fehlerschwerpunkte müssen anschließend Interventionsmaßnahmen zur Minderung des umweltschädlichen Verhaltens entwickelt werden. Interventionsmaßnahmen auf der Ebene der präventiven, ganzheitlichen und benutzerzentrierten Konstruktion sollen vor allem Richtlinien sein, die den Konstrukteuren Hinweise zur Gestaltung von Produkten und Produktinformationen liefern. Diese Anforderungen und Richtlinien sollen schließlich in ein computerunterstütztes Entscheidungshilfesystem für die Konstruktion umweltgerechter Produkte integriert werden.

Wegen der produktspezifischen Bedingungen muß eine induktive Untersuchungsstrategie gewählt werden. Die Forschungsergebnisse müssen zunächst an einem Beispielprodukt erarbeitet werden und dann in einem nächsten Schritt auf andere Konsumgüter und Produktklassen übertragen und generalisiert werden.

Literatur

- Beitz, W. (1992). Technik zum Schutz der Umwelt aus der Sicht der Ingenieure. VDI Berichte, Nr. 945. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Bubb, H. (1992). Menschliche Zuverlässigkeit. Landsberg: Ecomed.
- Hacker, W. (1986). Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten. Bern: Huber.
- Hoyos, C. Graf & Zimolong, B. (1988). Occupational safety and accident prevention. Amsterdam: Elsevier.
- Kruse, L. (1995). Globale Umweltveränderungen: Eine Herausforderung an die Psychologie. Psychologische Rundschau, 46, 81-92.
- Prümper, H. & Heinbokel, T. & Küting, H. J. (1993). Virtuelle Prototypen als Werkzeuge zur benutzerzentrierten Produktentwicklung. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 47, 160-167.
- Rasmussen, J. (1986). Information Processing and Human-Machine-Interaction: An Approach to cognitive Engineering. New York: Elsevier.
- Reason, H. (1994). Menschliches Versagen. Heidelberg: Spektrum.
- Rüttinger, B. & Schramme, S. (1995). Die Entwicklung umweltgerechter Produkte. In: Sozialwissenschaftliche Technikforschung in Hessen (S. 55-66). Kassel: Hessische Technikforschung.
- Spada, H. & Opwis, K. (1985). Ökologisches Handeln im Konflikt: Die Allmende Klemme. In Day, P. & Fuhrer, U. & Laucken, U. (Hrsg.), Umwelt und Handeln. Tübingen: Attempo.
- Strebel, H. (1992). Integrierter Umweltschutz. Merkmale, Voraussetzungen, Chancen. In Kreikebaum, H. (Hrsg.), Integrierter Umweltschutz. Eine Herausforderung an das Innovationsmanagement. Wiesbaden: Gabler.
- Zapf, D. & Brodbeck, R. C. & Prümper, J. (1989). Handlungsorientierte Fehlertaxonomie in der Mensch-Computer Interaktion. Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 33, 178-187.
- Zimolong, B. & Stolte-Fürst, B. (1991). Können Fachleute die Wahrscheinlichkeit von Arbeitsfehlern einschätzen? Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 35, 151-158.

Anschrift der Autoren



Dipl.-Psych.
Simone Schramme



Dipl.- Psych.
Martina Lasser



Prof. Dr.
Bruno Rüttinger

Technische Universität Darmstadt
Institut für Psychologie
Arbeits-, Betriebs- und Organisationspsychologie
Hochschulstraße 1, 64289 Darmstadt

Die Autoren sind weiterhin Mitglieder des SFB 392 "Entwicklung umweltgerechter Produkte" bzw. des Zentrums für interdisziplinäre Technikforschung (ZIT) an der TH Darmstadt.