

E. Abele · R. Anderl · H. Birkhofer
B. Rüttinger (Hrsg.)

A photograph of a large, red, industrial-style sculpture made of interlocking gears and mechanical parts, set against a background of green trees. The sculpture is the central focus of the middle section of the cover.

EcoDesign

Von der Theorie in die Praxis

 Springer

The Springer logo features a stylized chess knight (horse) facing left, positioned above a horizontal line.

Eberhard Abele
Reiner Anderl
Herbert Birkhofer
Bruno Rüttinger
EcoDesign

Eberhard Abele
Reiner Anderl
Herbert Birkhofer
Bruno Rüttinger
(Hrsg.)

EcoDesign

Von der Theorie in die Praxis

Mit 101 Abbildungen

 Springer

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele
Technische Universität Darmstadt
Petersenstraße 30
64287 Darmstadt

Leiter des Instituts
*Produktionsmanagement, Technologie
und Werkzeugmaschinen (PTW)*

Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl
Technische Universität Darmstadt
Petersenstraße 30
64287 Darmstadt

Leiter des Fachgebiets
Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK)

Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Herbert Birkhofer
Technische Universität Darmstadt
Magdalenenstraße 4
64289 Darmstadt

Leiter des Fachgebiets
*Produktentwicklung und Maschinenelemente
Darmstadt (pmd)*

Prof. Dr. Bruno Rüttinger
Technische Universität Darmstadt
Alexanderstraße 10
64283 Darmstadt

Leiter der Arbeitsgruppe *Arbeits-, Betriebs-
und Organisationspsychologie (ABO)*
des Instituts für Psychologie der
Technischen Universität Darmstadt

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-540-75437-4 Springer Berlin Heidelberg New York

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media
springer.de

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2008

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: deblik, Berlin
Satz: Druckreife Vorlage der Herausgeber
Herstellung: Christine Adolph

Gedruckt auf säurefreiem Papier 30/2133/CA 5 4 3 2 1

Vorwort der Herausgeber

Der Schutz der Umwelt als Zielstellung für unser Handeln und als Lebensgrundlage für zukünftige Generationen nimmt einen breiten Raum in der öffentlichen Diskussion und in den Medien ein. Viele Vorschläge werden genannt, wie wir unsere Ressourcen schonen und die Abfälle und Emissionen begrenzen können. All das ist gut gemeint, aber manches ist in einem Hochlohnland wie Deutschland mit seinem komplexen wirtschaftlichen Gefüge nicht oder nur auf lange Sicht hinaus umzusetzen. Anderes betrifft bei genauer Betrachtung weit mehr die Verbraucher mit ihrer Konsumorientierung als die industriellen Produzenten, die im harten globalen Wettbewerb stehen und versuchen, die Kundenwünsche optimal zu befriedigen.

Das vorliegende Buch ist ein Bericht über ein von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördertes Vorhaben, in dem Wissenschaft und Unternehmen gemeinsam versuchen, Lösungen aufzuzeigen und umzusetzen, um konsequent der Verantwortung der Unternehmen für die Umwelt gerecht zu werden. Der Transferbereich 55 „Umweltgerechte Produkte durch optimierte Prozesse, Methoden und Instrumente in der Produktentwicklung“ umfasst sechs Kooperationsprojekte zwischen Instituten und Fachgebieten der TU Darmstadt und Industrieunternehmen. Er basiert auf den wissenschaftlichen Ergebnissen und Erkenntnissen des Sonderforschungsbereichs 392 „Entwicklung umweltgerechter Produkte“ und zielt auf die Umsetzung der dort gewonnenen Erfahrungen im industriellen Alltag. Die Forscher stellen sich damit explizit den Herausforderungen des betrieblichen Alltags und wollen ihren Teil dazu beitragen, dass umweltgerechtes Denken und Handeln in die Prozesse der Produktentstehung umfassend integriert wird.

Die Schwierigkeiten dabei sind groß. Unternehmen stehen in einem scharfen, oft globalen Wettbewerb. Lohnniveau und Arbeitsplatzsicherung sind dabei zentrale Themen. Kosten und Qualität, Time to Market und Renditen für Anteilseigner bestimmen maßgeblich die Entscheidungen im gesamten Prozess der Produktentstehung. Die Umweltrelevanz von Produktentscheidungen und Prozessgestaltungen gerät demgegenüber leicht in Gefahr, nachrangig behandelt und auf das Erfüllen von gesetzlichen Mindestanforderungen reduziert zu werden.

Hinzu kommen die vielfältigen Verordnungen und Gesetze im Umweltrecht aus nationalen und EU-Legislativen. So notwendig und wichtig derartige Vorgaben zum Schutze unserer Umwelt sind, so

unsicher, ja teilweise unbefriedigend sind die Umsetzungsbestimmungen, denen es oft an konkreten, für die Unternehmenspraxis geeigneten Vorgaben mangelt. Unsicherheit über Ziele und Maßnahmen aber fördert die Skepsis hinsichtlich der Bedeutung von Umwelanforderungen und lässt leicht andere Anforderungen wichtiger erscheinen.

In diesem Spannungsfeld aus Marktanforderungen, Wettbewerbsdruck und Gesetzesvorgaben hat der Transferbereich 55 in drei Jahren Laufzeit die hier beschriebenen Projekte bearbeitet und dabei auf unterschiedlichsten Betätigungsfeldern nachweisbare Erfolge erzielt. Schnell zeigte sich dabei, dass den einzelnen Unternehmen nicht eine Einheitslösung für umweltgerechtes Denken und Handeln nützt. Vielmehr bedarf es der individuellen Umsetzung von EcoDesign-Ansätzen, welche den spezifischen Situationen und Bedürfnissen der Unternehmen Rechnung tragen. So werden hier Projekte beschrieben, die konkrete Produktentwicklungen betreffen, ebenso wie Projekte, in denen der Schwerpunkt auf einer Optimierung der Produktentstehungsprozesse im Hinblick auf Umweltbezüge im Vordergrund steht. Bereichsübergreifend verwendbare Arbeitsmittel und Softwareentwicklungen für Umweltanalysen und -optimierungen finden sich ebenso wie marktpsychologische und ergonomische Arbeiten zur Verbesserung der Umweltperformance von Produkten. Einmal mehr leitet sich hieraus die Erkenntnis ab, dass Umwelt nicht allein ein Thema für einen Umweltbeauftragten sein darf, sondern durchgängig alle Phasen des betrieblichen Leistungserstellungsprozesses betrifft. Dennoch können wertvolle, weitgehend allgemeingültige Ratschläge für die Implementierung des EcoDesigns in Unternehmen gegeben werden, die in diesem Buch in einem praktischen Leitfaden zusammengefasst wurden.

Was hier vorliegt, sind konkrete Umsetzungsbeispiele von umweltgerechten Produkten, Prozessen, Methoden und Instrumenten mit einer Fülle von Hinweisen und Empfehlungen für Nachahmer in anderen Unternehmen und Branchen. Für die Wissenschaft mag dieses Buch als Empfehlung, aber auch als Ansporn dienen, sich den Herausforderungen der betrieblichen Praxis zu stellen. Wissenschaft und Praxis müssen keine Gegensätze sein und es gehört zu den wertvollsten Erfahrungen dieses Transferbereichs, das gemeinsame Agieren von Forschern und Praktikern zum Wohle unserer Umwelt zu beobachten.

Den wissenschaftlichen Mitarbeitern und den mit uns als Hilfsassistenten, Bachelor- oder Masterstudenten mitarbeitenden Studierenden sei an dieser Stelle auf das Herzlichste gedankt. Sie sind es, die sich auf dieses komplexe und schwierige Vorhaben eingelassen und es mit außerordentlichem Engagement und mit Freude zum Erfolg geführt haben. Herzlicher Dank gebührt auch den kooperierenden Forschern im In-

und Ausland, deren Sichten und Arbeiten in vielen Diskussionen uns immer wieder Anstoß und Anregung zu noch besserem Vorgehen waren.

Außerordentlicher Dank aber gebührt den kooperierenden Unternehmen, die bereit waren, sich mit uns der Verantwortung „Umwelt“ zu stellen. Eine der erstaunlichsten Erfahrungen bei der Akquise der Unternehmen in der Zeit der Vorbereitung des Transferbereichs war die vielfache Bereitschaft der Unternehmen, sich trotz hohem Markt- und Wettbewerbsdruck mit erheblichem eigenen Aufwand und Engagement in die Projekte einzubringen. Insbesondere die Mitarbeiter aus der Industrie, die als direkte Kooperationspartner mit und zusammen diesen Transferbereich ausgestalteten, haben hervorragende Arbeit geleistet. Ihnen und den Unternehmen Alfred Kärcher GmbH & Co. KG, Heidelberger Druckmaschinen AG, Hilti Entwicklungsgesellschaft mbH Motorola AG sowie der TechniData AG sei ganz besonders gedankt.

Schließlich gebührt der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für ihre Forschungsförderung ein großer Dank. Sie hat mit dem großartigen Instrument der Transferbereiche seit Jahren einen erfolgreichen Weg aufgezeigt, die viel zitierte Kluft zwischen Wissenschaft und Praxis zu schließen und der wissenschaftlichen Exzellenz auch eine Umsetzungsexzellenz an die Seite zu stellen. Herzlichen Dank auch an die Gutachter der DFG, die unsere Anträge so positiv begutachtet und unsere Arbeit immer wohlwollend unterstützt haben.

Darmstadt, im November 2007

Eberhard Abele, Reiner Anderl, Herbert Birkhofer, Bruno Rüttinger

Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	1
EcoDesign	3
Der Sonderforschungsbereich 392	4
Der Transferbereich 55.....	6
Ziele.....	7
Beteiligte Fachgebiete und Unternehmen.....	8
Transferschwerpunkte und -projekte	9
Literatur.....	12
1 EuP-Implementierung	13
1.1 Projektpartner und Ausrichtung des Transferprojekts.....	13
1.2 Projektziele.....	15
1.3 Vorgehensweise	16
1.4 Ergebnisse des Transferprojekts.....	17
1.4.1 Analyse der gesetzlichen Vorgaben der EuP-Richtlinie.....	18
1.4.2 Rückspielen der Erfahrungen in die Gremienarbeit	25
1.4.3 Methodische Unterstützung im Entwicklungsprozess.....	25
1.4.3.1 Umwelt-FMEA.....	32
1.4.3.2 Umwelt-QFD.....	35
1.4.3.3 Befragung zur Methodenanwendung	39
1.4.3.4 Methodenanwendung im Entwicklungsprojekt.....	40
1.4.4 Einführung von Methoden zur umweltgerechten Produktentwicklung	41
1.5 Literatur.....	46
2 Life Cycle Design in der industriellen Entwicklungspraxis.....	47
2.1 Einleitung	47
2.1.1 Projektziele	48
2.1.2 Vorgehensweise.....	49
2.1.3 Ausgangslage.....	50
2.1.3.1 Stand des produktbezogenen Umweltschutzes im Unternehmen.....	50
2.1.3.2 Der Kärcher-Produktentstehungsprozess	51
2.1.3.3 Produktentwicklungsprozess-Analyse.....	53
2.1.3.4 Fazit aus der Prozessanalyse	56
2.2 Ansatz und Umsetzung im Unternehmen.....	57
2.2.1 Ansatz	57
2.2.2 Umsetzung.....	61

2.2.2.1	Definition produktbezogener Ziele	61
2.2.2.2	Gestaltung des Informationsflusses	62
2.2.2.3	Ermittlung der ökologischen Potenziale.....	63
2.2.2.4	Gestaltung der Prozessabläufe.....	65
2.2.2.5	Gezielte Unterstützung bei der Produktentwicklung... 66	
2.2.3	Unterstützende Arbeitsmittel	67
2.2.3.1	UTeMa-Matrix	67
2.2.3.2	Ökobilanztool	73
2.2.3.3	Motorenauswahltool.....	76
2.2.3.4	Elektronikauswahltool.....	78
2.3	Erkenntnisse	79
2.4	Literatur	81

3 Umweltgerechte Energieversorgung für mobile

Kommunikationsgeräte	83
3.1 Projektrahmen	83
3.1.1 Industriepartner.....	83
3.1.2 Problemstellung	84
3.1.3 Ziel.....	85
3.1.4 Vorgehensweise.....	87
3.2 Durchführung	89
3.2.1 Analyse bestehender Systeme und Forschungsaktivitäten	89
3.2.1.1 Aktive Systeme	89
3.2.1.2 Passive Systeme	92
3.2.2 Ermitteln von Energieverbrauch und Nutzerprofilen	93
3.2.2.1 Energieverbrauch von Mobiltelefonen	94
3.2.2.2 Nutzerprofile	95
3.2.3 Die wichtigsten Anforderungen an die mobile, netzunabhängige Stromversorgung	97
3.2.4 Lösungsfindung und -auswahl.....	99
3.2.4.1 Physikalische Effekte zum Wandeln elektrischer Energie	99
3.2.4.2 Sammeln von Lösungsvarianten	99
3.2.4.3 Systematische Auswahl und Bewertung der Lösungsvarianten	101
3.3 Ergebnisse	102
3.3.1 Auswahl geeigneter Thermogeneratoren.....	103
3.3.2 Beschreibung der ausgewählten Lösungsvariante	104
3.3.3 Aufbau und Test des Funktionsmusters.....	105
3.3.4 Umweltverträglichkeit der Lösung.....	107
3.3.5 Designmuster des FreePhone.....	108
3.3.6 Ergebnisse der Nutzerakzeptanzuntersuchung	110

3.3.7 Übertragbarkeit der Ergebnisse	111
3.4 Empfehlungen.....	112
3.5 Literatur	112

4 Integrierte Arbeitsmittel für die Entwickler umweltgerechter

Investitionsgüter	115
4.1 Projektrahmenbedingungen.....	115
4.1.1 Das Unternehmen	115
4.1.2 Projektziele	117
4.1.3 Vorgehensweise.....	118
4.1.4 Analyse der Ausgangslage.....	119
4.1.4.1 Unternehmensumfeld	119
4.1.4.2 Produktentwicklungsprozess	120
4.1.4.3 Methodische Unterstützung.....	122
4.1.4.4 Anforderungen an Arbeitsmittel.....	125
4.1.4.5 Produkt	127
4.2 Erstellung und Umsetzung des Unterstützungskonzeptes	131
4.2.1 Modularisierungsansatz	131
4.2.2 Optimierung und Neuentwicklung von Arbeitsmitteln	135
4.2.2.1 House of Environment.....	136
4.2.2.2 EcoSpec	140
4.2.2.3 Sensibilisierungstool	140
4.2.2.4 RiskMan Umwelt	141
4.2.3 Zuordnung der Arbeitsmittel zu Prozessschritten.....	142
4.3 Bereitstellung und Implementierung	143
4.3.1 Umsetzung in einem Intranetportal	143
4.3.2 Evaluation des Portals	144
4.3.3 Bereitstellung beim Unternehmen	145
4.3.4 Anpassung der Geschäftsprozesse.....	145
4.3.5 Zukünftige Entwicklung	146
4.4 Erkenntnisse	146
4.5 Literatur	147

5 Life Cycle Design auf Basis von Standardsoftwaresystemen..... 149

5.1 Einleitung	149
5.1.1 Ausgangslage und Motivation	150
5.1.2 Projektziele und Vorgehensweise.....	153
5.1.3 Die Software „Compliance for Products“ (CfP) von TechniData	154
5.1.3.1 Spezifikationsdatenbank.....	155
5.1.3.2 Stücklistenübertrag – BOMBOS	156
5.1.4 Produktbezogene Umweltgesetzgebung	156

5.1.4.1 Umweltgesetzgebung in Europa.....	157
5.1.4.2 Umweltgesetzgebung in USA, Japan und China.....	158
5.2 Konzept und Umsetzung	159
5.2.1 Informationsbereitstellung zur produktbezogenen Umweltgesetzgebung	160
5.2.1.1 Anforderungsmatrix	160
5.2.1.2 Umweltgesetz-Datenbankprototyp.....	161
5.2.2 Die Ökologische Beurteilung im Rahmen des Life Cycle Designs.....	163
5.2.2.1 Definition des Ziels und des Untersuchungsrahmens	164
5.2.2.2 Sachbilanzierung und Wirkungsabschätzung	164
5.2.3 Einführung und Nutzung des Systems.....	174
5.2.4 Anwendungsbeispiel Environmental Product Declaration	176
5.3 Fazit.....	180
5.4 Empfehlungen	181
5.5 Literatur.....	181

6 Ergonomische und marktpsychologische Aspekte der Entwicklung umweltgerechter Produkte	185
6.1 Einleitung	185
6.2 Projektziele und Arbeitsprogramm	187
6.3 Eingesetzte Methoden und Instrumente	188
6.3.1 Ergonomische Methoden und Instrumente.....	188
6.3.1.1 Contextual Inquiry.....	189
6.3.1.2 Usability-Test	189
6.3.1.3 Heuristische Analyse.....	190
6.3.1.4 Klassifikation der Nutzungsprobleme	191
6.3.1.5 Funktions- und Gestaltungsmatrix	193
6.3.2 Ermittlung der Kundenerwartungen	195
6.4 Ergebnisse	196
6.4.1 Evaluation des Ausgangsprodukts.....	196
6.4.1.1 Ergonomische Evaluation des Ausgangsprodukts.....	196
6.4.1.2 Prüfung der Kundenakzeptanz	198
6.4.2 Entwicklung und Evaluation papierbasierter Prototypen	199
6.4.2.1 Entwicklung papierbasierter Prototypen	199
6.4.2.2 Evaluation der papierbasierten Prototypen.....	203
6.4.2.3 Marktpsychologische Bewertung	205
6.4.3 Umsetzung des strukturellen/operationalen Prototyps	206
6.4.4 Konsistenzuntersuchungen	207
6.4.5 Unterstützung ergonomischer Produktoptimierung durch neue Instrumente der Marktforschung	212
6.4.5.1 Methode der Dyadischen Kaufentscheidung.....	212

6.4.5.2 Methode zur Ermittlung geltungstiftender Produktmerkmale	214
6.5 Fazit und Handlungsempfehlungen	216
6.6 Literatur	217
7 Leitfaden zur Einführung von EcoDesign in Unternehmen	219
7.1 Einführung.....	219
7.2 Formulierung der EcoDesign-Unternehmensziele und Aufstellen einer EcoDesign-Strategie.....	221
7.3 Situationsanalyse und Feststellen des Handlungsbedarfs an den Geschäftsprozessen	227
7.4 Gestalten der methodische Unterstützung und Schaffen von Basiswissen zur umweltgerechten Produktentwicklung	233
7.5 Umsetzung der Maßnahmen in den Entwicklungsprozess und in die Geschäftsprozesse	239
Index.....	245

Autorenverzeichnis

Dipl.-Ing. (FH) Ingrid Amon-Tran
Heidelberger Druckmaschinen AG
Abteilungsleiterin Umwelt & Chemie
Teilprojekt C4

Kurfürsten-Anlage 52-60
69115 Heidelberg

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Erik Bachmann
TechniData AG
Senior Project Manager
EH&S Solutions for Products & Production
Teilprojekt C5

Dornierstraße 3
88677 Markdorf

Dipl.-Wirtsch.-Ing (FH) Wolfram Callenius
Alfred Kärcher GmbH & Co. KG
Produkt- und Zielgruppenmanagement
Scheuersaugmaschinen
Teilprojekt C6

Alfred-Kärcher Straße 28-40
71364 Winnenden

Dipl.-Ing. Frank Dieter Clesle
TechniData AG
Corporate Vice President
Leiter Profolio Management
Teilprojekt C5

Dornierstraße 3
88677 Markdorf

Dr.-Ing. Stefan Feickert
Produktionsmanagement, Technologie
und Werkzeugmaschinen (PTW)
Teilprojekt C5 (bis 12/2006)

Dr. Tobias Felsing
Arbeits-, Betriebs- und Organisations-
psychologie (ABO)
Teilprojekt C6

Dipl.-Psych. Holger Franke
Arbeits-, Betriebs- und Organisations-
psychologie (ABO)
Teilprojekt C6

Dipl.-Ing. Christof Fritz
Produktentwicklung und Maschinenelemente
Darmstadt (pmd)
Teilprojekt C3

Dr.-Ing. Hagen Gehringer
Alfred Kärcher GmbH & Co. KG
Bereichsleiter Corporate Development
Teilprojekte C2 und C6

Alfred-Kärcher Straße 28-40
71364 Winnenden

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jan Grossmann
Produktentwicklung und Maschinenelemente
Darmstadt (pmd)
Teilprojekt C1

Dr.-Ing. Joachim Günther
Hilti Entwicklungsgesellschaft mbH
Gruppenleiter Konstruktion Diamanttechnik
Teilprojekt C1

Hiltistrasse 6
D-86916 Kaufering

M.Sc. Sonja Hansen
Produktionsmanagement, Technologie
und Werkzeugmaschinen (PTW)
Teilprojekt C1

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dirk Hanusch
Produktentwicklung und Maschinenelemente
Darmstadt (pmd)
Teilprojekt C4

Dr. Kerstin Haury
Arbeits-, Betriebs- und Organisations-
psychologie (ABO)
Teilprojekt C6

Dipl.-Ing. Udo Hermenau
Produktionsmanagement, Technologie
und Werkzeugmaschinen (PTW)
Teilprojekt C2

Dipl.-Psych. Sonja Kleinheinz
Arbeits-, Betriebs- und Organisations-
psychologie (ABO)
Teilprojekt C6

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Benjamin Kuhrke
Produktionsmanagement, Technologie
und Werkzeugmaschinen (PTW)
Teilprojekt C5

Axel Leschtar

Alfred Kärcher GmbH & Co. KG
Umweltberauftragter
Teilprojekt C2

Alfred-Kärcher Straße 28-40
71364 Winnenden

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Katharina Melk

Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK)
Teilprojekt C5

Dipl.-Ing. Lars Melzer

Hilti Entwicklungsgesellschaft mbH
Leiter Entwicklung Diamanttechnik
Teilprojekt C1

Hiltistrasse 6
D-86916 Kaufering

Dr. Katrin Müller

Motorola GmbH
Physical and Digital Realization
Research Center
Senior Engineer
Teilprojekt C3

Heinrich-Hertz-Strasse 1
65232 Taunusstein

Dipl.-Ing. Christof Schendel

Produktentwicklung und Maschinenelemente
Darmstadt (pmd)
Teilprojekt C2

Dipl.-Psych. Katrin Seibel

Arbeits-, Betriebs- und Organisations-
psychologie (ABO)
Teilprojekt C6

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Pamela Stöcker

Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK)
Teilprojekt C5

Dipl.-Ing. Markus Voss, ing. EC Lyon

Produktentwicklung und Maschinenelemente
Darmstadt (pmd)
Teilprojekt C4 (bis 03/2006)

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.	Vision des Sonderforschungsbereichs 392	5
Abb. 2.	Ganzheitliche Produkt- und Prozessentwicklung	6
Abb. 3.	Transferschwerpunkte des SFB 392	10
Abb. 4.	Ausrichtung der TFB 55-Teilprojekte	10
Abb. 5.	Produktprogramm der Hilti AG	13
Abb. 6.	Arbeitsschwerpunkte und Arbeitspakete des Transferprojekts	16
Abb. 7.	Diamantkernbohrsystem DD 200	18
Abb. 8.	Zeitplan der ersten Vorstudien	22
Abb. 9.	Der TTM-Prozess	26
Abb. 10.	Einordnung der methodischen Unterstützung	28
Abb. 11.	Verbesserungspotenziale	29
Abb. 12.	Abgeleitete Umweltziele	30
Abb. 13.	Implementierungsebenen und Unterstützung	30
Abb. 14.	Umwelt-FMEA	32
Abb. 15.	Checkliste zur Umwelt-FMEA	34
Abb. 16.	Ergebnisse der Befragung zur Umwelt-FMEA	34
Abb. 17.	Aufbau der Umwelt-QFD	35
Abb. 18.	Ergebnisse der Befragung zur Umwelt-QFD	38
Abb. 19.	Vorgehensweise, Ansätze und Erkenntnisse zur Methodeneinführung	41
Abb. 20.	Ansätze zur Methodenimplementierung	42
Abb. 21.	Qualitatives Modell der unterschiedlichen Entwicklertypen ...	43
Abb. 22.	Qualitativer Verlauf der Methodenergebnisse über die Zeit ...	44
Abb. 23.	Auszug aus dem HTML-Wissenstool	45
Abb. 24.	Ausschnitt aus dem Kärcher-Produktprogramm	47
Abb. 25.	Ausschnitt der Kärcher-Umweltcheckliste	51
Abb. 26.	Ablauf des Kärcher-Produktentstehungsprozesses	52
Abb. 27.	Beispiel für die Analyse eines realen Prozesses dargestellt im Prozess-Ablaufdiagramm	54
Abb. 28.	Zentraler Ansatzpunkt des Projekts	58
Abb. 29.	Schließen des Informationskreislaufs im Produktentstehungsprozess	59
Abb. 30.	Aufbau der UTeMa-Matrix	69
Abb. 31.	Arbeitsablauf der UTeMa-Matrix	72
Abb. 32.	Eingabemaske des Ökobilanztools	75
Abb. 33.	Ergebnisdarstellung beim Produktvergleich	76
Abb. 34.	Graphische Darstellung der Ergebnisse des Motorenauswahltools	78

Abb. 35.	Energieverbrauch eines Mobiltelefons	84
Abb. 36.	Mobile Konsumprodukte	86
Abb. 37.	Ablauf der Produktentwicklung bei Produktoptimierung und -innovation	87
Abb. 38.	Ablauf des Transferprojektes mit Ergebnissen	88
Abb. 39.	Die “Everlight“-Schütteltaschenlampe	90
Abb. 40.	Das Kurbelradio “Devo“ von Freeplay und der Kurbellader “FreeCharge“ von Motorola	91
Abb. 41.	Die “Seiko Thermic Watch“ und eine „Seiko Kinetic Watch“	92
Abb. 42.	Versuchsaufbau zum Messen des Energieverbrauchs und dessen Schaltbild	94
Abb. 43.	Konzeptsammlung eines Kreativworkshops.....	100
Abb. 44.	Auswahlliste der Thermogeneratorlösungen	102
Abb. 45.	Funktionsstruktur des “Thermogürtels“	105
Abb. 46.	Funktionsprototyp	106
Abb. 47.	Spannungsverlauf des Versuchs 101	107
Abb. 48.	Gürtel mit den eingelassenen Seebeck-Elementen	108
Abb. 49.	Mobiltelefon und Gürtel	109
Abb. 50.	Mobiltelefon „FreePhone“	109
Abb. 51.	Riemenklipp.....	110
Abb. 52.	Mobiltelefon und Gurtklipp zusammengebaut und als Explosionsdarstellung	110
Abb. 53.	Relevante Rechtsquellen.....	120
Abb. 54.	Produktlebenszyklus bei Heidelberg	121
Abb. 55.	Das Prozessorientierte Methodenmodell	123
Abb. 56.	Basisstruktur zur Beschreibung und Analyse von Arbeitsmitteln	124
Abb. 57.	Anforderungen der Produktentwickler an die Arbeitsmittel..	126
Abb. 58.	Offsetdruck, konventionelles Verfahren.....	128
Abb. 59.	Über- und Nebeneinanderdruck der Druckfarben.....	129
Abb. 60.	Beispielhafter Aufbau einer Druckmaschine	129
Abb. 61.	Nutzungsphase als Schwerpunkt bei langlebigen Investitionsgütern	130
Abb. 62.	Funktionale Zerlegung der Druckmaschine.....	133
Abb. 63.	Umweltaspekte von Druckmaschinen	134
Abb. 64.	MindMap zum Modularisierungsansatz	135
Abb. 65.	Matrix des House of Environment.....	136
Abb. 66.	Portfolio-Darstellung des House of Environment.....	138
Abb. 67.	Screenshot des Sensibilisierungstools	141
Abb. 68.	Vorlage RiskMan Umwelt	142
Abb. 69.	Screenshot der Startseite des Umweltportals	144

Abb. 70.	Aktuelle Ökobilanzinstrumente sind nicht in Unternehmenssoftware integriert.....	152
Abb. 71.	Aufbau und Funktionalitäten der Softwarelösung „Compliance for Products“.....	155
Abb. 72.	Konzept der Anforderungsmatrix	160
Abb. 73.	Beispielbericht über Aufgaben eines Herstellers	162
Abb. 74.	Die Ökobilanz nach DIN ISO 14040 als Grundlage für die ökologische Produktbilanzierung in ERP-Systemen	163
Abb. 75.	Sachbilanzierung und problemorientierte Wirkungsabschätzung bei der Ökobilanzierung.....	165
Abb. 76.	Ergebnisdarstellung Werkstoffherstellung.....	168
Abb. 77.	Abbildung unternehmensinterner Produktionsprozesse in CfP.....	169
Abb. 78.	Ergebnisdarstellung der Nutzungsphase nach Teilphasen	171
Abb. 79.	Berechnung der Elementarströme zur End-of-Life-Phase	173
Abb. 80.	Ergebnisansicht über alle Lebensphasen	174
Abb. 81.	Struktur zur Ökobilanzierung in SAP.....	175
Abb. 82.	Anwendung des ökologischen Life Cycle Designs	176
Abb. 83.	Verknüpfung der Spezifikationen zur Berechnung der Ergebnisse für die Werkstoffherstellung	178
Abb. 84.	Ergebnisdarstellung in der EPD für rotierende elektrische Maschine.....	179
Abb. 85.	Arbeitsprogramm	187
Abb. 86.	Auszug aus der Problemklassifikation.....	192
Abb. 87.	Funktions- und Gestaltungsmatrix	194
Abb. 88.	Benutzeroberfläche BR 55/60 W	196
Abb. 89.	Prototyp 1 „Konventionelle Direktwahl“	199
Abb. 90.	Prototyp 2 „Expertiseorientierte Bedienmodi“	201
Abb. 91.	Prototyp 3 „Mengenanaloge Rückmeldung“	202
Abb. 92.	Modifizierter Prototyp „Mengenanaloge Rückmeldung“.....	207
Abb. 93.	Instrument zur Beurteilung der Konsistenz von Bedienoberflächen	209
Abb. 94.	Bedienfehler beim Wechseln zwischen zwei Produkten	210
Abb. 95.	Prototypen mit unterschiedlicher Konsistenz zueinander.....	211
Abb. 96.	Alleinstellungsmerkmale des am häufigsten gewählten Produkts	214
Abb. 97.	Aufbau und Ablauf des Leitfadens	220
Abb. 98.	Aktivitäten und Ergebnisse der Ebene A	222
Abb. 99.	Aktivitäten und Ergebnisse der Ebene B	228
Abb. 100.	Aktivitäten und Ergebnisse der Ebene C	234
Abb. 101.	Aktivitäten und Ergebnisse der Ebene D	239

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.	Übersicht über die Produktgruppen der Vorstudien.....	19
Tabelle 2.	Zeitplan/Entstehungsplan der EuP-Richtlinie	21
Tabelle 3.	Zeitplan für die nationale Umsetzung	21
Tabelle 4.	Analyse der Vorstudien zu den Durchführungsmaßnahmen.	24
Tabelle 5.	Erläuterung der abgefragten Prozessmerkmale	54
Tabelle 6.	Eingabe und Ergebnisdarstellung zur Beurteilung verschiedener Motoralternativen nach dem Treibhauspotenzial	77
Tabelle 7.	Energieverbrauch in Abhängigkeit von der Nutzungsart	95
Tabelle 8.	Nutzerprofil Wenigtelefonierer	96
Tabelle 9.	Nutzerprofil Mäßigtelefonierer	96
Tabelle 10.	Nutzerprofil Vieltelefonierer.....	97
Tabelle 11.	Anforderungen an die Stromversorgung	98
Tabelle 12.	Anforderungen an das Gesamtsystem	98
Tabelle 13.	Integrationsmöglichkeiten für Thermogeneratoren	100
Tabelle 14.	Projektphasen und Meilensteine im Produktentstehungsprozess	122
Tabelle 15.	Analyse der vorhandenen Arbeitsmittel.....	125
Tabelle 16.	Standardisierte Strategien des House of Environment	139
Tabelle 17.	Die Themenfelder der Compliance-Lösungen der TechniData AG	150
Tabelle 18.	Von der WEEE und RoHS betroffene Personengruppen ..	157
Tabelle 19.	Wirkungskategorien und Wirkungsindikatoren	166
Tabelle 20.	Entsorgungswege für Elektrogeräte	172
Tabelle 21.	Verwendete Usability Heuristiken	191
Tabelle 22.	Einflussreiche Funktionen bzw. Teilbereiche	197
Tabelle 23.	Zusammenfassung der Ergebnisse	205
Tabelle 24.	Bezugspunkte der konsistenten Gestaltung von Bedienoberflächen.....	208

Einleitung

Udo Hermenau

Der 70er-Jahre-Slogan „Jute statt Plastik“ war ein Leitmotiv für die Forderung nach umweltgerechten Produkten. Heute wird von den Verbrauchern selbstverständlich erwartet, dass Produkte umweltgerecht sind. Inzwischen sind manche umweltgerechten Produkte sogar als High-end-Produkte zum Statussymbol geworden, indem sie die Verantwortung des Besitzers für die Umwelt dokumentieren. Allerdings nur, wenn sie das „Batik-Image“ der 70er und 80er Jahre abgelegt und damit die Alternativnische, in der sie lange Zeit standen, verlassen haben. „Eco“ ist in, „Öko“ ist out. Moderne umweltgerechte Produkte sind zeitgemäß, funktional und chic, das gebatikte T-Shirt aus den 70ern ist Welten von den heutigen „Eco“-Produkten entfernt, wie beispielsweise Energiesparlampen oder „3-Liter-Autos“.

Nachdem mit zunehmender Sensibilisierung für den Umweltschutz, auf breiter Front ausgelöst durch die Umweltbewegung der 70er-Jahre, zuerst der Produktionsbereich im Fokus der Betrachtungen stand und rauchende Schloten nicht mehr als Zeichen des Fortschritts angesehen wurden, erkannte man zunehmend die Belastung der Umwelt durch die hergestellten und in Umlauf gebrachten Produkte. Im Bereich des produktbezogenen Umweltschutzes erfolgten zunächst abgegrenzte technische Maßnahmen zur Verringerung der Umweltwirkungen von Produkten. Beispiele hierfür sind die Einführung des Katalysators in Kraftfahrzeugen oder die demontage- und recyclinggerechte Gestaltung von Konsumgütern.

Forschung und Wissenschaft gehen jedoch schon seit längerem einen Schritt weiter. Um Umweltwirkungen nicht von einer Lebensphase des Produkts in eine andere zu verschieben, wird bereits seit geraumer Zeit an ganzheitlichen Ansätzen gearbeitet, die eine ökologische Optimierung von Produkten über den gesamten Produktlebensweg, also „von der Wiege bis zur Bahre“, ermöglichen.

Dieser Trend findet sich auch in den politischen Aktivitäten der EU wieder. Von der breiten Öffentlichkeit eher wenig beachtet, wurden die Aktivitäten für eine umweltgerechte Gestaltung von Produkten auf politischer und gesetzgeberischer Ebene kontinuierlich vorangetrieben. Herausragende Beispiele hierfür sind die Integrierte Produktpolitik (IPP), die als Grünbuch seit 2001 vorliegt und das politische Bekenntnis der EU zur Entwicklung umweltgerechter Produkte darstellt. Ebenso wurden die gesetzlichen Rahmenbedingungen mit der EU-Richtlinie zur Gestaltung