

EFFIZIENTE ANALYSE- UND SYNTHESEUNTERSTÜTZUNG FÜR DIE ENTWICKLUNG UMWELTGERECHTER PRODUKTE

Chris Grüner, Herbert Birkhofer

Kurzfassung

Für die umweltgerechte Produktentwicklung fehlt eine effiziente Unterstützung besonders in den frühen Phasen des Produktentwicklungsprozesses. Hier können jedoch sog. Strategien helfen, eine bestimmte Richtung bei der Entwicklung festzulegen. Die Aufgabe einer methodischen Unterstützung ist es dabei, Methoden für die Selektion und die Realisierung von Strategien zur Verfügung zu stellen. Der Beitrag präsentiert diese Unterstützung und verdeutlicht diese anhand von Fallbeispielen aus dem Bereich der Haushaltsgeräte.

1 Einleitung

Umweltbeeinträchtigungen entstehen grundsätzlich in allen Herstellungs- Nutzungs- Recycling- und Entsorgungsprozessen im Leben eines Produkts. Diese Prozesse werden zu einem wesentlichen Teil bereits bei der Entwicklung eines Produktes festgelegt oder zumindest erheblich beeinflusst [1]. Bei der umweltgerechten Produktentwicklung muß deshalb zwischen zwei verschiedenen Prozeßketten unterschieden werden: Zum einen existiert die planerische Prozeßkette der Produktentwicklung, in der ein Produkt definiert und mit Hilfe von Informationsträgern wie Zeichnungen und CAD-Modellen beschrieben wird. Zum anderen ist für die umweltgerechte Produktentwicklung die Prozeßkette des Produktlebenslaufs wichtig, in der das Produkt von der Rohstoffgewinnung bis hin zur Deponierung bzw. Recycling betrachtet wird („von der Wiege bis zur Bahre“). Diese Prozeßkette basiert vorrangig auf Stoff- und Energieströmen. Obwohl diese Prozeßketten voneinander verschieden sind, beeinflussen sie sich gegenseitig stark und besitzen Schnittstellen zueinander (siehe Bild 1).

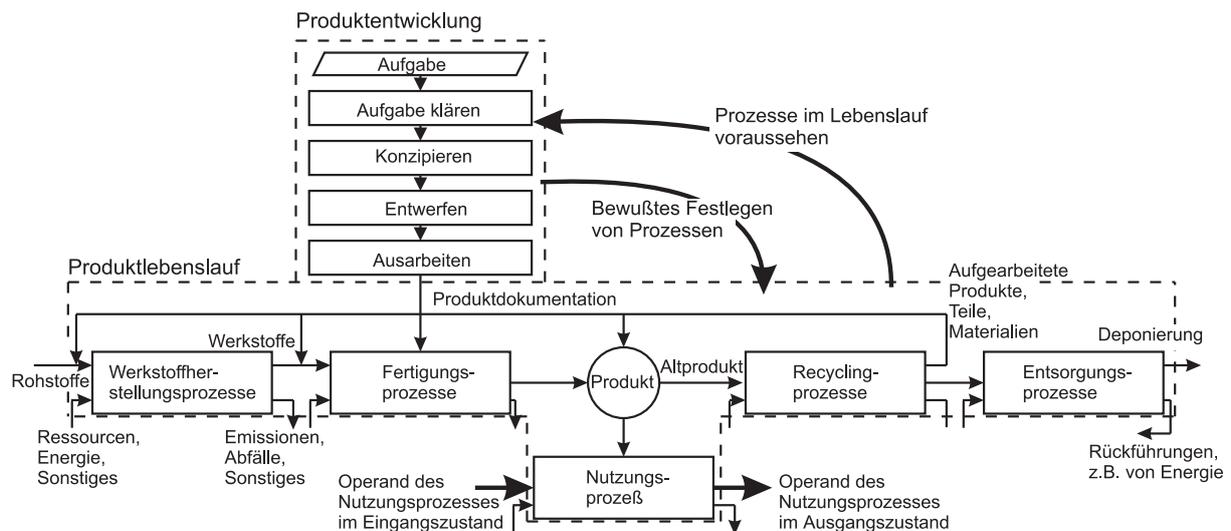


Bild 1: Produktentwicklungsprozeß und Produktlebenslauf

Ziel einer umweltgerechten Produktentwicklung ist es, die vielfältigen Prozesse im Produktlebenslauf bereits bei der Entwicklung vorauszusehen und diese Prozesse gezielt zu beeinflussen. Problematisch ist dabei, daß der Produktentwickler diese Prozesse nicht direkt, sondern lediglich durch eine Änderung des Produktentwurfs beeinflussen kann. Die Beeinflussung muß mit dem Ziel geschehen, die Umweltauswirkungen der Prozesse zu reduzieren. Um dieses Ziel überhaupt erkennen zu können, sind i. Allg. aufwendige Analysen des Lebenslaufs eines Produkts nötig (z.B. Ökobilanzen). Für eine solche Analyse müssen zudem sämtliche Prozesse im Leben eines Produktes bekannt sein; gerade in den frühen Phasen des Produktentwicklungsprozesses sind diese jedoch noch nicht definiert. Zu spät festgestellte übermäßige Schädigungen der Umwelt durch Prozesse im Produktleben machen eine Überarbeitung eines Produktentwurfs nötig und führen so bei umweltgerechten Produktentwicklungen häufig zu Iterationsschleifen im Entwicklungsprozeß. Um diese zu vermeiden, beschränken sich gegenwärtige umweltgerechte Produktentwicklungsprojekte meist auf die Überarbeitung eines bereits existierenden Produkts. Zu Beginn der Produktentwicklung wird zunächst ein Vorgängerprodukt analysiert und dessen ökologischen Schwachstellen werden festgestellt. Während der Produktentwicklung wird dann lediglich darauf geachtet, diese Schwachstellen zu vermeiden. Falls überhaupt, dann erfolgt eine Überprüfung des Erfolgs dieser Maßnahmen meist erst nach Abschluß der Produktentwicklung.

2 Strategien zur Entwicklung umweltgerechter Produkte

Um während einer Produktentwicklung wesentliche Zielrichtungen zu verfolgen, können sog. Strategien verwendet werden. Strategien repräsentieren jeweils eine mögliche Zielrichtung einer umweltgerechten Produktentwicklung und helfen, ein einmal gestecktes Ziel in der Produktentwicklung zu verfolgen [5]. Tabelle 1 präsentiert eine Auswahl von Strategien.

Strategie	Voraus. Minimierung der Umweltauswirkungen in...			
	Werkstoffherstellung	Produktion	Nutzung	Entsorgung
Strategien mit unverändertem Produktnutzen:				
Umweltfreundlicher Werkstoffeinsatz	*			*
Umweltfreundliche Produktion des Produkts		*		
Effiziente Nutzung energetischer Ressourcen			*	
Umweltfreundliche Hilfs- und Betriebsstoffe			*	
Umweltfreundliche Verpackung		*	*	*
Minimieren von ökologischem Fehlverhalten			*	
Erhöhung der Produktlebensdauer	*	*		*
Verbesserung des Produktrecyclings	*	*		*
Verbesserung des Materialrecyclings	*			*

Tabelle 1: Strategien zur Entwicklung umweltgerechter Produkte

Die Vielfalt an möglichen Strategien wird oft als verwirrend empfunden. Aus diesem Grund sollten die verschiedenen Strategien anhand des konkreten zu entwickelnde Produkt in eine Rangfolge gebracht werden. Wesentlich für die Auswahl einer geeigneten Strategie ist die Kenntnis der voraussichtlichen wesentlichen Einflußmöglichkeiten auf die von einem Produkt hervorgerufenen Umweltbeeinflussungen (ökologischen Stellhebel).

3 Finden der ökologischen Stellhebel eines Produkts

Die voraussichtlichen ökologischen Stellhebel eines zu entwickelnden Produkts werden gegenwärtig meist aus den ökologischen Schwachstellen eines Referenzprodukts (z.B. Vorgängerprodukt) geschlossen (siehe Abschnitt 1). Voraussetzung hierfür ist jedoch, daß das Referenz- und das zu entwickelnde Produkt eine ausreichende Ähnlichkeit besitzen. Existierenden Unterschiede in der zu erfüllenden Aufgabe der beiden Produkte, so müssen auch diese Unterschiede mit in die Ermittlung der wichtigsten Strategie einfließen. Besonders heftig verschieben sich die Schwachstellen, wenn sich die Kundenfunktion eines Produktes ändert. Eine solche Änderung muß deshalb möglichst genau identifiziert und quantifiziert werden. Dies kann mit Hilfe der Anforderungsliste des zu entwickelnden Produkt geschehen, da hier im Idealfall alle nötigen Angaben über die Nutzung zusammengefaßt sind.

Ist zu Beginn der Produktentwicklung kein geeignetes Referenzprodukt vorhanden, so muß die Anforderungsliste als wesentliche Informationsquelle ausreichen. Hierbei kann ausgenutzt werden, daß ein Produktentwickler meist nur einen begrenzten Entscheidungsspielraum besitzt. Bestimmte Anforderungen können so für eine Abschätzung der voraussichtlichen ökologischen Schwachstellen eines zu entwickelnden Produkts genutzt werden. Dabei ist grundsätzlich zwischen Angaben, die die Umweltauswirkungen der Nutzungsphase und solchen, die übrigen Lebensphasen eines Produkts betreffen, zu unterscheiden. Um eine möglichst einfache und zugleich ausreichend genaue Abschätzung der Umweltbeeinträchtigungen zu erhalten, wurde als Kurzbilanzierungsverfahren der „EcoIndicator 95“ gewählt, das als Endergebnis sog. „EcoIndicator-Punkte“ (EI-Punkte) in der Einheit „Millipunkte“ (mPt) ausgibt [3].

3.1 Voraussichtliche Umweltbeeinträchtigungen aus der Nutzung

Im Allgemeinen sind die Kundenfunktionen eines Produktes in der Anforderungsliste recht genau festgelegt. Angaben, die Rückschlüsse auf Umweltbeeinträchtigungen der Nutzungsphase zulassen sind z.B. die Leistungsaufnahme oder der Brennstoffverbrauch eines Produkts, sowie Dauer und Häufigkeit der Nutzung. Aus diesen Daten können die voraussichtlichen Umweltbeeinträchtigungen in der Nutzung verwendet werden und dienen so als erste Näherung für den realen Nutzungsprozeß. Zum Beispiel geht der Hersteller eines Staubsaugers von einer jährlichen Nutzungsdauer von 60 Stunden aus. Zudem wird eine Lebensdauer von mindestens fünf Jahren gefordert. So ergibt sich in Verbindung mit der Leistungsaufnahme des Gebläses von 1100 W eine EI-Punktzahl von 265,32 mPt. Da die Aufgabe und damit die Nutzungsprozesse je nach Produkt stark variieren, läßt sich kein allgemeingültiges Verfahren zum Abschätzen der Umweltschädigungen in der Nutzung angeben.

3.2 Voraussichtliche Umweltbeeinträchtigungen aus Entstehung und Entsorgung

Zur Abschätzung der voraussichtlichen Umweltbeeinträchtigungen aus allen übrigen Lebensphasen (außer der Nutzung) wird ein Referenzprodukt mit Hilfe des EcoIndicators bewertet. Steht ein solches Produkt nicht zur Verfügung muß versucht werden, die voraussichtlichen Umweltbeeinträchtigungen mit Hilfe der Anforderungsliste zu analysieren. Hierfür werden zunächst alle bereits feststehenden Baugruppen und Bauteile erfaßt. Da das maximale Gesamtgewicht des neuen Produkts ebenfalls meist feststeht, bleibt lediglich eine gewisse Menge an unbekanntem Material übrig. Dieses Material läßt sich mit Hilfe einer Materialeinteilung grob abschätzen (siehe Tabelle 2). Die Materialeinteilung teilt Werkstoffe drei verschiedenen Gruppen zu (A,B,C-Gruppe). Die verschiedenen Gruppen besitzen unterschiedliche Umweltauswirkungen, wobei alle Werkstoffe einer Gruppe mit dem EI-Wert der Ge-

samtgruppe abgeschätzt werden können. Einige Werkstoffe besitzen jedoch einen so hohen EI-Wert, daß eine Einteilung dieser Gruppen zu einem extremen Anstieg der Fehlerrate führen würde. Aus diesem Grund wird für diese Materialien jeweils ein Einzelwert verwendet.

Phase	Gruppe	Materialien	EI-Wert [mPt]
Herstellung	A	PP, Stahl, PVC, HDPE, LDPE, Glas, Papier	5
	B	ABS, PET	10
	C	Rostfreier Stahl, Aluminium, Gummi, PA, PC, PUR	20
	keine	Kupfer, Messing	Exakter Wert
Entsorgung	A	Keramik	0,1
	B	Glas, Kunststoffe (ohne PVC), Papier	0,8
	C	Stahl, Eisen	1,5
	keine	PVC	Exakter Wert

Tabelle 2: ABC-Gruppen für Herstellung und Entsorgung

Mit Hilfe dieser „ABC-Analyse“ läßt sich der EcoIndicator-Wert für die Entstehung und die Entsorgung zumindest grob abschätzen. Tabelle 3 stellt diese Abschätzung für das Beispiel des Staubsaugers dar. Bei diesem Produkt steht bereits die Gebläsebaugruppe, das Netzkabel und das zu verwendende Zubehör (Schlauch, Rohr, Düsen) zu Beginn der Produktentwicklung fest. Der restliche Materialmix wird voraussichtlich zum großen Teil aus ABS und PP- Kunststoff bestehen. Dieser Materialmix wird mit dem ungünstigsten Material abgeschätzt (Hier: Herstellung und Entsorgung B- Gruppe).

Baugruppe	Herstellung EI-Wert (mPt)	Entsorgung EI-Wert (mPt)
Gebläsebaugruppe	32,966	1,853
Kabel: 1x fixer Anteil für Stecker (D) 1x variabler Anteil für Kabel	7,930	0,653
Zubehör	16,672	1,011
Restlicher Sauger: Abgeschätzt: B- Material Herstellung: EI= 10 Entsorgung: EI= 0,8	32,290	3,229
Gesamtpunktzahl:	89,857	6,745

Tabelle 3: Analyse mit Hilfe der ABC-Einteilung am Beispiel eines Staubsaugers

Für die Herstellung und die Entsorgung ergeben sich so die in Tabelle 3 dargestellten Gesamtpunktzahlen. Diese Gesamtpunktzahlen werden für eine erste Entscheidung zugunsten einer Strategien mit der Punktzahl für die Nutzungsphase verglichen.

4 Wahl der geeigneten Strategien

Um ausgehend von den Analyseergebnissen die zu priorisierende Strategien zu ermitteln, werden diese in ein Portfolio eingetragen (siehe Bild 2). In diesem Portfolio sind horizontal die EI-Punktzahl für die Herstellung und Entsorgung, vertikal die Punktzahl der Nutzung aufgetragen. Je nachdem, welche dieser Punktzahlen bei einem Produkt größer ist, sollten bei diesem Produkt eher Strategien, die die Nutzungsphase betreffen (Bereich 1) oder auf andere, den restlichen Lebenslauf betreffende Strategien, bevorzugt werden (Bereich 2). Innerhalb einer Grenze entlang der Diagonalen im Diagramm kann keine Aussage getroffen werden, da die Punktzahlen im Rahmen der Bewertungsungenauigkeiten liegen (Bereich 3). In das Diagramm wurden die Punktzahlen verschiedener Haushaltsgeräte beispielhaft eingetragen. Hierbei repräsentiert der jeweils untere Punkt die EI-Punktzahl aufgrund der exakten Materialzusammensetzung, der obere Punkt die Abschätzung aufgrund von Angaben aus

der Anforderungsliste. Hieraus ist zu ersehen, daß es bei dieser Abschätzung nicht zu unverhältnismäßig großen Fehlern kommt. Es ist zudem klar ersichtlich, daß für viele aktive Haushaltsgeräte nutzungsbezogene Strategien die Wichtigsten sind. Diese Strategien sollten bei der folgenden Produktentwicklung höchste Priorität besitzen. Andere Strategien können ebenfalls beachtet werden, aber im Falle eines Konflikts zwischen verschiedenen Strategien sollten die bevorzugten Strategien immer den Vorzug erhalten.

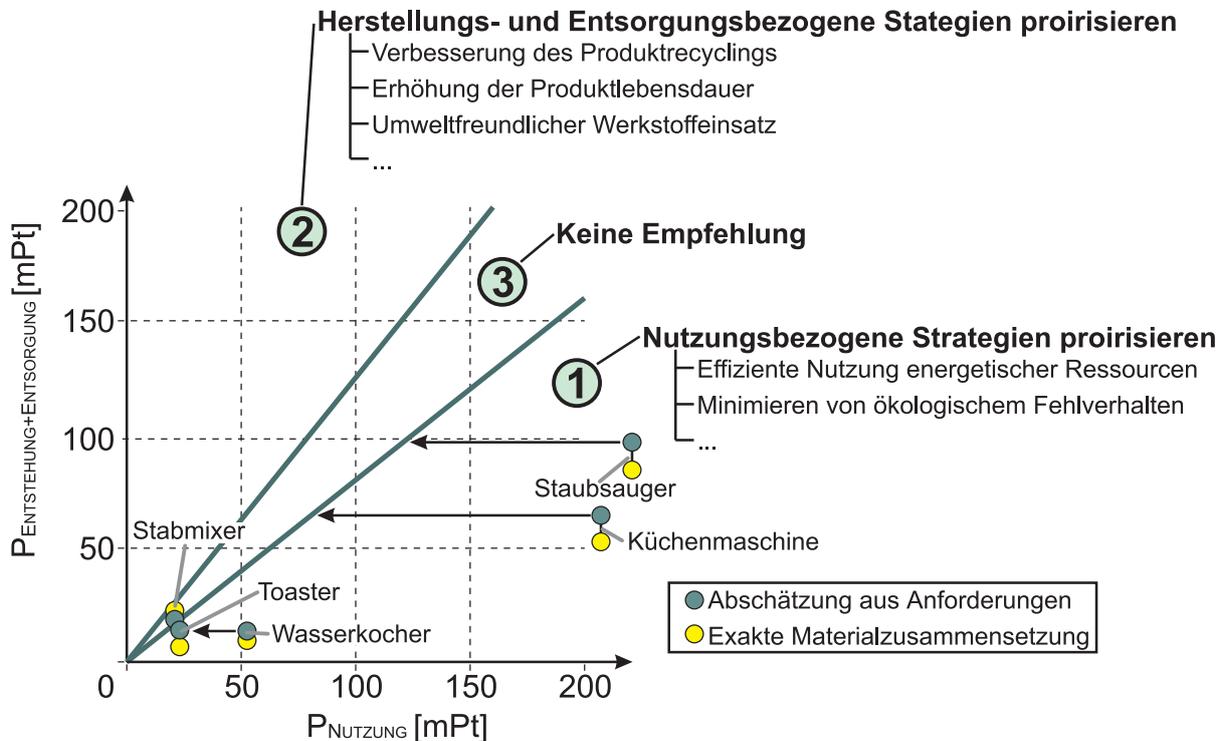


Bild 2: Portfolio zur Wahl einer bestimmten Strategiekategorie

Aus dem Diagramm kann eine weitere Abschätzung abgeleitet werden: Die Punktezahlen der EI-Punktzahl für Herstellung und Entsorgung wird auf die Grenze des Mittelkorridors projiziert, d.h. es wird ausgerechnet, welche Nutzungspunktzahl 120% dieser Punktzahl entspricht. Die resultierende Punktzahl ist die Untergrenze des Nutzungsszenarios, ab der die gegebene Empfehlung nicht mehr haltbar ist. Am Beispiel des Staubsaugers bedeutet dies, daß eine Verringerung der Saugdauer von 60 Stunden pro Jahr (1 h, 9 min. pro Woche) auf 25 Stunden pro Jahr (30 min. pro Woche) bei gleicher Leistung zu einer solchen Verringerung der EI-Punktezahlen führen könnte. Da dieses Szenario weitestgehend ausgeschlossen werden kann, ist die Entscheidung für eine Nutzungsorientierte Strategie voraussichtlich richtig. Weitere Methoden und Instrumente für die Selektion von Strategien sind in [4] dargestellt.

5 Realisieren der Strategien in der Produktentwicklung

Die Selektion einer Strategie führt nicht zu einem umweltgerechten Produkt, da die entsprechenden Handlungsanweisungen in der Produktentwicklung fehlen. Aus diesem Grund wurde ein Unterstützungssystem entwickelt, das je nach gewählter Strategie passende Konstruktionsregeln präsentiert. Zudem muß der Einfluß von Strategien auch bei der gesamten Unterstützung der Produktentwicklungsarbeit herangezogen werden. So ist beispielsweise der Einfluß einer Strategie auf die Werkstoffwahl zu quantifizieren und dies in einem Werkstoff-Auswahlsystem zu integrieren. Ein Prototyp eines solchen Auswahlsystems wird ge-

genwärtig an der TU Darmstadt entwickelt. Als dritte Unterstützung zur Realisierung wurde eine qualitative Bewertung der Umweltgerechtigkeit von Produkten analog zur VDI 2225 entwickelt [6].

6 Zusammenfassung und Ausblick

Der vorliegende Artikel zeigt eine Vorgehensweise, wie die ökologischen Stellhebel eines Produktes bereits während der Produktentwicklung berücksichtigt werden können. Zunächst wurde dies nur anhand der Entscheidung zwischen die Nutzungsphase betreffende Strategien und die übrigen Lebensphasen betreffende Strategien gezeigt. Obwohl diese Entscheidung (zumindest bei aktiven Produkten) eine der wichtigsten Entscheidungen bei der Entwicklung umweltgerechter Produkte darstellt, sollten noch weitere Entscheidungshilfen vorhanden sein. So könnte z.B. ein weiteres Diagramm die Entscheidung zwischen auf die Entstehung oder die Entsorgung eines Produktes abzielenden Strategien unterstützen. Ein weiteres Problem ist, daß die Nutzungsphase bei vielen Produkten gegenwärtig relativ schlecht vorhergesagt werden kann. Erste Untersuchungen zeigen, daß die meist verwendeten Herstellerangaben die Realität nur unzureichend widerspiegeln [2]. Trotz dieser Probleme lassen erste Erkenntnisse den präsentierten Ansatz als aussichtsreich erscheinen um die Entwicklung umweltgerechter Produkte effizient und effektiv zu unterstützen.

7 Literaturverzeichnis

- [1] Birkhofer, H., Schott, H.: Die Entwicklung umweltgerechter Produkte - eine Herausforderung für die Konstruktionswissenschaft. Springer 48 (1996) 12.
- [2] Dannheim, F.: Human Factors in Design for Environment. Proceedings of the 5th International Seminar on Life Cycle Engineering, Stockholm, September 1998.
- [3] Goedekoop, H.: The Eco-Indicator Final Report. NOH Report 9523. PRé consultants, Amerfoort, Niederlande, 1995
- [4] Grüner, C.; Dannheim, F.; Birkhofer, H.: Use of Environmental Knowledge in DFE. In: Luttrup, C., Persson, J.: Proceedings of the 5th International Seminar on Life Cycle Engineering, Stockholm, 1998.
- [5] Van Hemel, C.: EcoDesign Empirically Explored. Design for Sustainability Research Programme Publication No. 1, TU Delft, 1998
- [6] VDI Richtlinien 2225 Technisch-wirtschaftliches Konstruieren – Technisch-wirtschaftliche Bewertung. Beuth, Berlin 1990

Dipl.-Ing. Chris Grüner
Fachgebiet Maschinenelemente und Konstruktionslehre
TU Darmstadt
Magdalenenstr.4, 64289 Darmstadt
Tel: 06151/16-6614
Fax: 06151/16-3355
Internet: gruener@muk.tu-darmstadt.de