

MANAGEMENT VON UMWELTWISSEN IN DER PRODUKTENTWICKLUNG AM BEISPIEL DER ALTFahrZEUG-VERORDNUNG

*Olaf Weger,
Herbert Birkhofer*

Zusammenfassung

Ausgehend von der grundsätzlichen Motivation für umweltorientiertes Handeln wird zunächst der Handlungsbedarf für eine verstärkte Umweltorientierung der Produktentwicklung aufgezeigt. Dabei werden konkret die gegenwärtigen Defizite bzw. Potenziale in den Unternehmen dargestellt. Dies wird als Grundlage genommen, um daraus den Unterstützungsbedarf für das Management von umweltorientiertem Wissen im Kontext der Produktentwicklung abzuleiten. Damit in den Unternehmen das Definieren von umweltorientierten Wissenszielen gelingen kann, wird abschließend ein Ansatz für die Strukturierung dieses Wissensraums vorgestellt.

1 Grundsätzliche Motivation für umweltorientiertes Handeln

Gerade in jüngster Zeit werden die dramatischen Konsequenzen des sorglosen Umgangs mit der Umwelt offensichtlich. Sie reichen von den für jedermann bereits spürbaren Klimaveränderungen über die eindeutige Warnung vieler Wissenschaftler vor bevorstehenden ökologischen Katastrophen [1] bis hin zur massiven Gefährdung der menschlichen Gesundheit durch BSE und Missbrauch von Antibiotika in der Tierhaltung. Aus Sicht der Gesetzgebung und der Industrie wurden die Potenziale für politisch und wirtschaftlich vertretbare Umweltschutzmaßnahmen weitgehend ausgeschöpft (Altfahrzeug-Verordnung [2], „Elektronik-Schrott-Verordnung“ [3], Umweltmanagement [4], ÖkoAudit [5], etc.). Derzeit muss jedoch davon ausgegangen werden, dass diese umweltorientierten Maßnahmen nicht ausreichend sind, um die begrenzten Ressourcen unserer natürlichen Umwelt nachhaltig zu schützen (vgl. [6]).

Diese Perspektive ist alarmierend und es liegt deshalb auf der Hand, dass zukünftig verstärkt umweltorientierte Aktivitäten in Angriff genommen werden müssen. Umweltorientierte Aktivitäten befinden sich jedoch in einem Zielkonflikt mit der sozialen und wirtschaftlichen Entwicklung von Kontinenten, Ländern, Regionen, usw. (vgl. [7]) Umweltorientierung muss in diesem Kontext gesehen werden und kann nur "funktionieren", wenn sie in einem ausgewogenen Verhältnis mit den zuvor genannten Zieldimensionen steht.

2 Einfluss der Produktentwicklung auf die Beeinträchtigung der Umwelt

Zweifelsohne kommt der Produktentwicklung eine richtungweisende Rolle bei der „Definition“ der Umweltbeeinträchtigungen von Produkten zu (vgl. [8]). Aus diesem Grund muss auch hier das umweltorientierte Engagement intensiviert werden. Diese Forderung greift auch die Europäische Kommission mit ihrem Grünbuch über integrierte Umweltpolitik [9] auf. Darin fordert sie „eine Strategie zur Konsolidierung und Neuausrichtung der produktbezogenen Umweltpolitik“. Mit ihr sollen „ein Markt für umweltgerechte Produkte geschaffen und dem Ressourcenverbrauch, den Umweltbelastungen und dem Entstehen von Abfall bereits in der Konzipierungsphase vorgebeugt werden“.

Um dieser Maßgabe gerecht zu werden, muss der Gegenstandsbereich der Produktentwicklung in zweifacher Hinsicht erweitert werden. Sollen die potenziellen Umweltbeeinträchtigungen eines Produktes gezielt beeinflusst werden, ist es zunächst notwendig, alle Prozesse in den Lebensphasen eines Produktes zu berücksichtigen. Zusätzlich zu den Prozessen der Werkstoff- und Halbzeugherstellung sowie der Produktion müssen explizit die Umweltbeeinträchtigungen bei der Nutzung und die Prozesse beim Recycling und der Entsorgung mit einbezogen werden (vgl. Prozesskette Produktlebenslauf in Bild 1). Die hier beschriebene Modellvorstellung der ganzheitlichen Produkt- und Prozessentwicklung¹ (GPPE) geht zudem davon aus, dass die Gestaltung von Produkteigenschaften in einer untrennbaren Wechselbeziehung zur Festlegung der Prozesse im Lebenslauf eines Produktes steht (vgl. Prozesskette Entwicklung in Bild 1). Oft werden durch die Variation einer Produkteigenschaft gleich mehrere Prozesse oder ganze Prozessketten beeinflusst bzw. ausgetauscht.

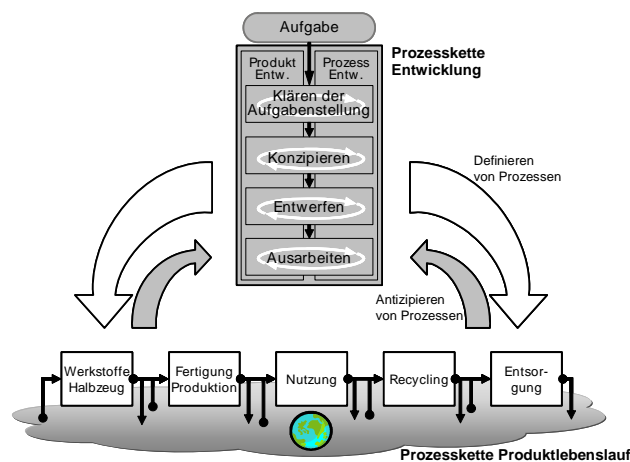


Bild 1: Modellvorstellung der ganzheitlichen Produkt- und Prozessentwicklung (GPPE) [8]

Die ganzheitliche² Optimierung der Umweltpersistenz eines Produktes ist nur möglich, wenn den Ansätzen der GPPE grundsätzlich Rechnung getragen wird. Es reicht nicht mehr aus, dass sich eine kleine Gruppe von Öko-Bilanzierungsexperten diese ganzheitliche Sichtweise aneignet. Vielmehr sind hier alle am Prozess der Produktentwicklung beteiligten Akteure vom Produktentwickler über die Projektleiter bis hin zur Unternehmensführung angesprochen (vgl. [13], [14], [15]). Nur so wird die Industrie nach Ansicht von Brentel [16], Brezet [17] oder McAlone [18] in die Lage versetzt, nachhaltige Produktinnovationen hervorzubringen, anstatt nur bestehende Produkte nach ökologischen Gesichtspunkten zu optimieren.

3 Potenziale und Defizite in der Entwicklung umweltgerechter Produkte

3.1 Motivation der Unternehmen

Unternehmen sind darauf angewiesen ihre Anspruchsgruppen (Stakeholder) wahrzunehmen und nach Potenzialen und Defiziten zu analysieren. Auf dieser Grundlage ist es ihnen möglich, ihre kurz-, mittel- oder langfristigen Aktivitäten ausrichten. Bei umweltorientierten

¹ Die Modellvorstellung der ganzheitlichen Produkt- und Prozessentwicklung [8] stellt die konzeptionelle Grundlage für die Forschungsarbeit des Sonderforschungsbereichs (SFB) 392 dar. Der Ansatz weist Parallelen zu Ansätzen des *Simultaneous Engineering* bzw. *Concurrent Engineering* oder auch der *Integrierten Produkt- und Prozessentwicklung* auf (vgl. [10], [11], [12]).

² „ganzheitlich“ steht in diesem Zusammenhang für das Betrachten aller Prozesse in den Lebensphasen eines Produktes unter Berücksichtigung technischer, wirtschaftlicher und umweltorientierter Kriterien

Themenstellungen zeigen die Unternehmen überwiegend eine reaktive Verhaltensweise. Das heißt, sie reagieren auf Ereignisse oder Entwicklungen seitens der Anspruchsgruppen, die für sie negative Auswirkungen (Defizite) haben. Seltener, wenn auch in zunehmendem Maße, handeln Unternehmen proaktiv. Sie versuchen, zukünftige Ereignisse oder Entwicklungen frühzeitig wahrzunehmen oder gar vorauszuahnen. So können sie rechtzeitig aktiv werden, wodurch sie einen Wettbewerbsvorteil gegenüber ihren Mitbewerbern (Potenzial) erhalten.

Derzeit gibt es eine Reihe von Entwicklungen, die Unternehmen veranlassen sollten, produktbezogene umweltorientierte Maßnahmen zu initiieren. Exemplarisch sei hier seitens der Gesetzgebung die Altfahrzeug-Verordnung [2] und die „Elektronik-Schrott-Verordnung“ [3] genannt. Darüber hinaus etablieren sich zunehmend Wertpapierindizes wie z. B. der Dow Jones Sustainability World Index (DJSI World), die das Verhalten von Unternehmen im Sinne des „sustainable development“ (vgl. [7]) bewerten und sie in Abhängigkeit davon in ihr Portfolio aufnehmen. Ferner gibt es mittlerweile eine Reihe von Unternehmen, die als „Umwelt-Champions“ bezeichnet werden können, weil sie bzgl. umweltorientierter Aufgabenstellungen bereits eine Technologie- oder Kostenführerschaft innehaben.

3.2 Umsetzung in den Unternehmen

In den Unternehmen lassen sich aber auch Defizite und daraus abgeleitet folglich Potenziale hinsichtlich der Umsetzung produktbezogener umweltorientierter Ziele identifizieren. In diesbezüglichen Untersuchungen von Grüner [19] traten dabei zwei Schwerpunkte zu Tage.

Zum einen kann gegenwärtig noch keineswegs bei allen an der Produktentwicklung beteiligten Akteuren davon ausgegangen werden, dass sie die Notwendigkeit der ganzheitlichen Betrachtung aller Lebensphasen eines Produktes verinnerlicht haben.

Zum andern wurden Defizite beim Management von Umweltwissen erkennbar. Davon betroffen war in erster Linie die vertikale Kommunikation. So war beispielsweise signifikant erkennbar, dass der Geschäftsführung die Zielkonflikte bei der Entwicklung umweltgerechter Produkte mit Kosten, Qualität und Zeit nicht bewusst sind. Umgekehrt war nicht allen an der Produktentwicklung beteiligten Akteuren bekannt, dass es unternehmensinterne Experten gibt, die bei umweltorientierten Problemen Unterstützung anbieten.

Über den horizontalen Wissenstransfer liegen keine Erkenntnisse aus Untersuchungen vor. Mit Sicherheit kann man hier jedoch von einem Defizit ausgehen, wie es üblicherweise bei allen Entwicklungsarbeiten vorgefunden werden kann. Das folgende Beispiel soll das kurz verdeutlichen. In einem Entwicklungsbereich A liegen Lösungen für ein bestimmtes Problem vor. In einem anderen Entwicklungsbereich B wird eine Lösung zu einer ähnlichen Problemstellung gesucht. Gegenseitig ist den Bereichen A und B aber nicht bekannt welche Problemstellung bzw. Lösungen jeweils vorliegen. Üblicherweise wird mit Dokumentenmanagementsystemen, dem gezielten Aufbau von informellen Netzwerken oder Arbeitskreisen versucht, diesem Defizit entgegenzuwirken. Es ist jedoch davon auszugehen, dass derartige Instrumente nur sporadisch oder nicht gezielt für das Management von Umweltwissen eingesetzt werden.

4 Unterstützungsbedarf für die Entwicklung umweltgerechter Produkte

Es gibt derzeit keine Kenngrößen, mit denen die umweltorientierte Performanz der Prozesse in der Produktentwicklung quantitativ gemessen werden könnte. Oft bezieht man sich

deshalb auf vier Typen von Eco-Design³, die nach der mit ihnen erreichbaren Öko-Effizienz⁴ unterschieden werden können (Bild 2). Die Intention für das Formulieren der vier Typen besteht nicht darin, diskrete Einteilungen vornehmen zu können, was auch nicht gelingen würde, da Öko-Effizienz als Größe ebenfalls nicht praktikabel messbar ist. Vielmehr soll dargelegt werden, welche qualitativen Ausprägungen die Entwicklung umweltgerechter Produkte zukünftig erreichen muss, damit die als notwendig erachtete Steigerung der Öko-Effizienz (vgl. [7]) erreicht werden kann.

Gegenwärtig lassen sich in der Praxis alle vier Ausprägungen von Eco-Design finden. Der überwiegende Schwerpunkt liegt jedoch auf Produktverbesserungen und Redesign-Innovationen. Ziel muss es also sein, die Entwicklung umweltgerechter Produkte dahingehend zu unterstützen, dass zunehmend Konzept- oder System-Innovationen durchgeführt werden.

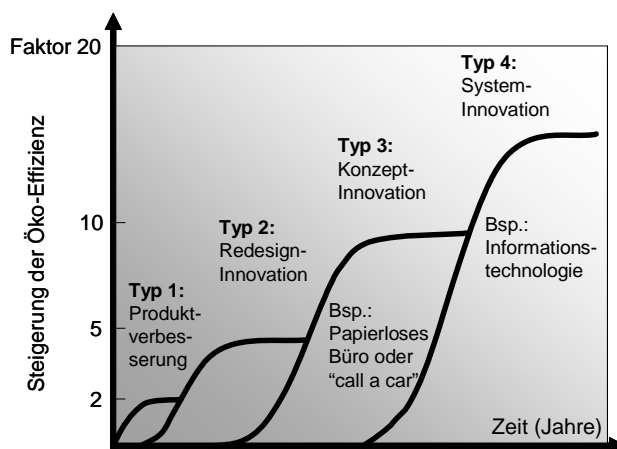


Bild 2: Vier Typen von Eco-Design (vgl. [17])

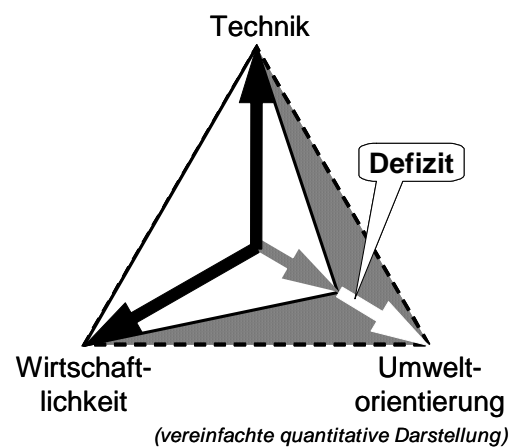


Bild 3: Defizit an umweltorientiertem Erfahrungswissen i. d. Produktentwicklung

Die Unterscheidung verschiedener Typen von Entwicklungsaufgaben in Abhängigkeit von ihrem Grad der Innovation ist nicht neu (vgl. [20]). Denn schon immer mussten sich Unternehmen den Herausforderungen stellen, die durch Ereignisse oder Entwicklungen in ihrem Umfeld entstanden sind. So mussten sie zwangsläufig Innovationen hervorbringen oder Alleinstellungsmerkmale herausarbeiten, um dauerhaft wettbewerbsfähig zu bleiben. Aus Sicht der Produktentwicklung handelte es sich dabei an erster Stelle um technisch-wirtschaftliche Herausforderungen. Durch Zeit-, Kosten- oder Qualitätsdruck wurde es aber auch notwendig, neue Organisationsformen (z. B. Simultaneous Engineering) oder Managementsysteme (z. B. Target Costing) in den Unternehmen bzw. in der Produktentwicklung einzuführen.

Die Barriere für umweltorientierte Konzept- oder System-Innovationen kann demnach nicht in dem Unvermögen begründet sein, generell mit Zielkonflikten umzugehen oder den Bedarf für organisatorische Veränderungen zu erkennen und die Veränderungen umzusetzen. Vielmehr muss der Zwang, mit der zusätzlichen Zieldimension *Umweltorientierung* umzugehen, als Hauptursache dafür ausgemacht werden. Diese Aussage ist an und für sich trivial. Aber sie

³ Eco-Design: engl. für: Entwicklung umweltgerechter Produkte

⁴ Der World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) definiert 1992 Eco-Efficiency als die Unternehmensstrategie, um nachhaltige Entwicklung umzusetzen: "Eco-efficiency is reached by the delivery of competitively priced goods and services that satisfy human needs and bring quality of life, while progressively reducing ecological impacts and resource intensity throughout the life cycle, to a level at least in line with the earth's estimated carrying capacity."

ist aus dem Blickwinkel des Wissensmanagements eine grundlegende Voraussetzung für die Ableitung des Unterstützungsbedarfs für die Entwicklung umweltgerechter Produkte.

Die Auseinandersetzung mit technisch-wirtschaftlichen Zielkonflikten gehört zur alltäglichen Routine in der Produktentwicklung. Somit konnte ein umfangreiches Erfahrungswissen bei der Arbeit mit diesen Zieldimensionen aufgebaut werden. Auf ein vergleichbares Erfahrungswissen im Umgang mit der Zieldimension *Umweltorientierung* in Verbindung mit *Technik* und *Wirtschaftlichkeit* kann jedoch nicht zurückgegriffen werden (Bild 3). Hier hat ein gezieltes Management von Umweltwissen dafür Sorge zu tragen, dass dieses Erfahrungswissen schnellstmöglich aufgebaut werden kann.

5 Ansätze für das Management von Umweltwissen

Die Grundlage für Wissensmanagementaktivitäten ist die Definition von Wissenszielen. Zu diesem Zweck wird ein Ansatz⁵ für die Strukturierung von umweltorientiertem Wissen im Kontext der Produktentwicklung vorgestellt. Die Strukturierung erfolge mit dem Ziel, sich die verschiedenen Komponenten des Wissens sowie den Kontext in dem diese stehen zu veranschaulichen. Aufbauend darauf können angepasst für die verschiedenen Akteure in der Produktentwicklung Wissensziele formuliert werden.

5.1 Drei Ebenen des Umweltwissens

Ausgangspunkt für die Strukturierung ist die Modellvorstellung der ganzheitlichen Produkt- und Prozessentwicklung (GPPE), in der gedanklich zwischen der *Ebene der Prozesskette Produktlebenslauf* und der *Ebene der Prozesskette Entwicklung* unterschieden wird. Hinzu kommt hier noch eine dritte Ebene: Die *Ebene der Anspruchsgruppen* (Bild 4). Nachfolgend werden die drei Ebenen an Hand von Beispielen erläutert.

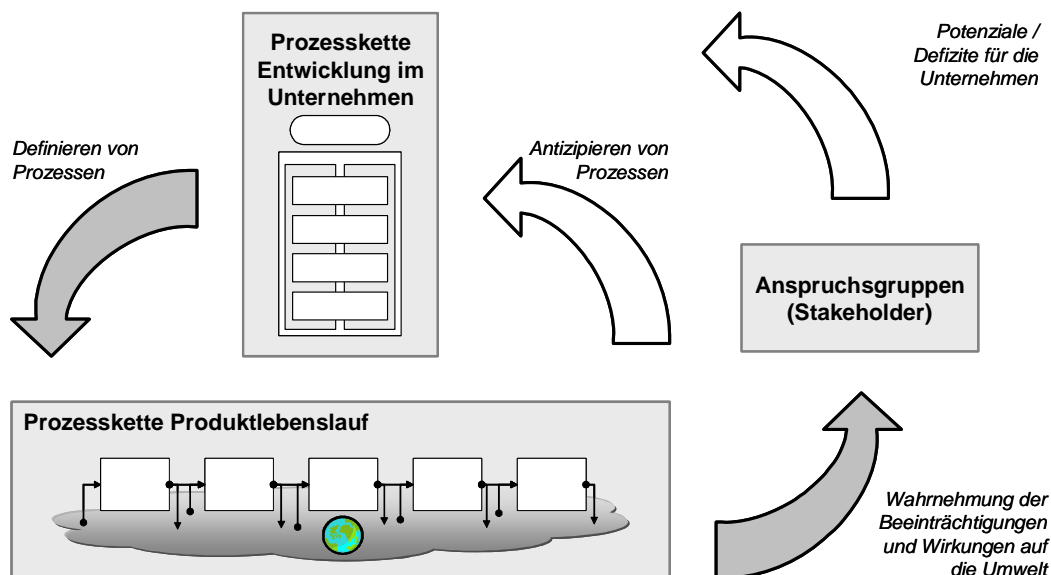


Bild 4: Die drei Ebenen des Umweltwissens für die Produktentwicklung

⁵ Die hier vorgestellten Anforderungen und Ansätze für das Management von Umweltwissen basieren zum einen auf qualitativen halbstandardisierten Interviews und Workshops mit Umweltextperten sowie Erfahrungen aus umweltorientierten Entwicklungsprojekten.

In den von der AltfahrzeugV betroffenen Unternehmen wird derzeit daran gearbeitet, den technischen Anforderungen der Verordnung gerecht zu werden. So sind beispielsweise alle gefährlichen Stoffe wie Blei, Quecksilber, Kadmium, sechswertiges Chrom zu eliminieren oder bei ausgesuchten Fahrzeugbaugruppen die prozentuale Wiederverwendbarkeit bzw. Verwertbarkeit anzuheben. Dabei werden Studien erstellt sowie Detaillösungen oder fertige Produkte entwickelt. Auf der *Ebene der Prozesskette Produktlebenslauf* entsteht hierbei Fachwissen über Problemlösungen.

Bei dieser Arbeit wird technisches, wirtschaftliches, umweltorientiertes Fachwissen über bestimmte Prozesse (z. B. Demontage- oder Shredderprozesse) im Lebenslauf eines Produktes benötigt. So müssen die Akteure in der Produktentwicklung auf Informationsressourcen zugreifen und sich das notwendige Fachwissen aneignen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, mit internen oder externen Experten zu kooperieren und sie in geeigneter Form in die Entwicklung zu integrieren. So entstehen Netzwerke zu neuen fachlichen Themenstellungen. Außerdem kommen vorhandene oder zusätzliche Methoden und Instrumente zum Einsatz. Auf der *Ebene der Prozesskette Entwicklung* wird dabei Erfahrungswissen bzgl. der Vorgehensweise bei ganzheitlichen Problemstellungen gesammelt. Sind wie bei der AltfahrzeugV zeitliche Vorgaben einzuhalten, so muss die Vorgehensweise in der *Prozesskette Entwicklung* geplant und kontrolliert werden. Auch hierbei lässt sich auf dieser Ebene Erfahrungswissen sammeln.

Bevor jedoch begonnen wird, ganzheitliche Problemstellungen in der Prozesskette Produktlebenslauf zu bearbeiten, müssen diese zunächst identifiziert werden. Dazu ist es notwendig, die Verhaltensweisen und Anliegen der eigenen Anspruchsgruppen zu analysieren und zu prognostizieren. Durch den Vergleich mit den eigenen produktbezogenen Umweltbeeinträchtigungen können daraus Potenziale und Defizite für das Unternehmen abgeleitet werden. Dies ist Wissen ist der *Ebene der Anspruchsgruppen* zuzuordnen.

Die eigentliche Analyse bzw. Prognose findet auf der *Ebene der Prozesskette Entwicklung* statt. Auf dieser Ebene wird diesbezüglich auch Erfahrungswissen gesammelt.

Tabelle 1: Komponenten des Umweltwissens auf den drei Ebenen

| <i>Ebene der Prozesskette Produktlebenslauf</i> | |
|--|---|
| Themen: | technisch, wirtschaftlich, umweltorientiertes Fachwissen über (einzelne) Prozesse im Lebenslauf eines Produktes |
| Problemlösungen: | (Zwischen-) Ergebnisse aus der Bearbeitung von ganzheitlichen Problemstellungen (positive, negative) |
| <i>Ebene der Prozesskette Entwicklung</i> | |
| Vorgehen: | Erfahrungswissen bzgl. der Vorgehensweise bei ganzheitlichen Problemstellungen. |
| Planung und Kontrolle: | Erfahrungswissen über die Planung und Kontrolle von Projekten mit ganzheitlichen Problemstellungen |
| Analyse und Prognose: | Erfahrungswissen über die Analyse und Prognose der Anspruchsgruppen bzgl. der Potenziale und Defizite für das Unternehmen |
| <i>Ebene der Anspruchsgruppen</i> | |
| Potenziale und Defizite: | Analysen und Prognosen der Anspruchsgruppen bzgl. der Potenziale und Defizite für das Unternehmen |

5.2 Anforderungen an die Aufbereitung des Umweltwissens

Eine systematische Analyse der verschiedenen Komponenten des Umweltwissens (siehe Zusammenstellung in Tabelle 1) macht deutlich, dass es unterschiedlich Akteure in der Produktentwicklung sein werden, die die Wissenskomponenten nutzbringend Verwerten können. Es wird dabei sowohl ein Wissenstransfer in vertikaler Richtung (Entwickler, F&E-Leitung, Unternehmensleitung) als auch in horizontaler Richtung (Entwickler zu Entwickler

und F&E-Leitung zu F&E-Leitung) stattfinden. Es ist deshalb notwendig, das Umweltwissen gezielt für den Kontext der jeweiligen Akteure aufzubereiten.

Für das Verständnis beispielsweise einer Problemlösung ist u. U. die Kenntnis der dabei gewählten Vorgehensweise notwendig. Gleiches kann für den umgekehrten Fall zutreffen. Das bedeutet, dass aus Verständnisgründen gegebenenfalls zwei oder mehrere Komponenten zu größeren Wissenskonstrukten zusammengesetzt werden müssen.

6 Ausblick

Um eine weitergehende Strukturierung von umweltorientiertem Wissen im Kontext der Produktentwicklung vornehmen zu können, sind für Ende 2002 weitere Untersuchungen in der Industrie vorgesehen. Dabei sollen die folgenden Fragestellungen untersucht werden:

- Wo verfügen die Akteure in der Produktentwicklung über produktbezogenes umweltorientiertes Wissen und wo wird es benötigt?
- Welcher horizontale und vertikale Wissensaustausch ist wünschenswert und wie kann er realisiert werden?
- Wie sollen Wissenskonstrukte aufgebaut sein, damit sie nicht trivial und auch nicht zu komplex werden?
- Wie soll das Wissen in Abhängigkeit der Akteure aufbereitet werden (von Kenngrößen (Faustregeln) bis zu „Best Practice“-Fallstudien)?
- Welche Analogien lassen sich zu Aktivitäten erkennen, die nicht explizit umweltorientiert sind?

7 Literatur

- [1] N.N.: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), in Greenpeace-Magazin 5/00, S. 7
- [2] Verordnung über die Überlassung, Rücknahme und umweltverträgliche Entsorgung von Altfahrzeugen (Altfahrzeug-Verordnung – AltfahrzeugV), Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft GmbH
- [3] Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über Elektro- und Elektronikaltgeräte („Elektronik-Schrott-Verordnung“), Kommission der Europäischen Gemeinschaft, Brüssel, 2000
- [4] EN ISO 14 001. Umweltmanagementsysteme. Spezifikation mit Anleitung zur Anwendung. Brüssel: Europäisches Komitee für Normung, 1996
- [5] EN ISO 14 010. Leitfäden für Umweltaudits. Allgemeine Grundsätze. Brüssel: Europäisches Komitee für Normung, 1996
- [6] McNeil, J.: Something new under the sun. An environmental history of the twentieth century, Penguin Books, 2001
- [7] Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro, Fachinformationen des BMU (1002)
- [8] Schott, H., Birkhofer, H., Grüner, C.: Sustainable Product Development - A Challenge for Design Science, Proceedings of the International Conference on Engineering

- Design ICED, Tampere 1997,. Schriftenreihe WDK 23, Heurista, Zürich 1997, Vol. 3, 665-668
- [9] Grünbuch zur integrierten Produktpolitik, Kommission der Europäischen Gemeinschaft, Brüssel, 2001
- [10] Carter, D., Baker, B.: CE Concurrent Engineering, New York u.a.: Addison- Wesley 1992.
- [11] Gausemeier, J., Lindemann, U., Reinhart, G., Wiendahl, H.-P.:Kooperatives Produktengineering. Ein neues Selbstverständnis des ingenieurmäßigen Wirkens, Paderborn: HNI 2000, Bd. 79.
- [12] Ehrlenspiel, K.: Integrierte Produktentwicklung - Methoden für Prozessorganisation, Produktherstellung und Konstruktion, Hanser München 1995.
- [13] Birke, M., Kämper, E., Schwarz, M.: Nachhaltiges Wirtschaften in KMU als organisationaler Such- und Lernprozess. In: UWF, Berlin, Heidelberg, 9.Jg, 2001, Nr.1, S. 9-13.
- [14] Charter, M., Tischner, U.:Sustainable Solutions. Developing Products and Services for the Future, Sheffield: Greenleaf Publishing, 2001.
- [15] Hemel, C.: EcoDesign empirically explored - Design for Environment in Dutch small and medium sized enterprises. Design for Sustainability Research Programme publication no. 1, TU Delft, Niederlande, 1998.
- [16] Brentel, B.: Umweltschutz in lernenden Organisationen. In: Wuppertal Papers, 2000, Nr. 109, ISSN 0949-5266.
- [17] Brezet, H., Stevels, A., Rombouts, J.:LCA for EcoDesign: The Dutch Experience. In: Yoshi-kawa, H.; Yamamoto, R.; Kimura, F.; Suga, T.; Umeda, Y.: Proceeding of the 1st International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing. 1.-3. Februar 1999, Tokyo, S. 36-40.
- [18] McAloone, T.: Where's Eco-Design Going?. In: Reichl, H.; Griese, H. (Hrsg.): Proceedings of the IEEE Joint International Congress and Exhibition Electronics goes Green 2000+. Berlin, VDE Verlag, 2000, S. 233-228.
- [19] Grüner, C.: Strategiebasierte Entwicklung umweltgerechter Produkte. Methoden und Umsetzung, Dissertation, TU Darmstadt, VDI Verlag Düsseldorf, 2001. (Veröffentlichung steht aus)
- [20] Pahl G. Beitz W.: Konstruktionslehre, Methoden und Anwendungen. Springer-Verlag, Berlin 1997.

Dipl.-Ing. Olaf Weger
Prof. Dr.-Ing. Herbert Birkhofer
pmd – Produktentwicklung und Maschinenelemente Darmstadt
Technische Universität Darmstadt
Magdalenenstraße 4, D-64285 Darmstadt
Tel: 0049-(0)6151-16 5155
Fax: 0049-(0)6151-16 3355
Email: weger@pmd.tu-darmstadt.de
birkhofer@pmd.tu-darmstadt.de
URL: <http://www.pmd.tu-darmstadt.de>

Die Forschungsarbeit ist im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Sonderforschungsbereichs (SFB) 392 „Entwicklung umweltgerechter Produkte – Methoden, Arbeitsmittel, Instrumente“ an der TU Darmstadt entstanden.