

ENTWICKLUNG DEMONTAGEORIENTIERTER PRODUKTE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG KONKURRIERENDER ANFORDERUNGEN

Dipl.-Ing. Rainer Brandt

Kurzfassung

Konstruktionsprozesse werden durch die steigende Anzahl gleichzeitig zu berücksichtigender Anforderungen zunehmend komplexer und damit schlechter beherrschbar. Dies behindert insbesondere die Einbindung von Anforderungen an das Recycling und die Demontage in den Produktentwicklungsprozeß. In dem Beitrag wird diskutiert, wie mit Hilfe der Integration des Gestaltungsziels "Demontagegerecht" in den methodischen Entwicklungsprozeß und der Berücksichtigung von Wechselwirkungen zwischen miteinander konkurrierenden Gestaltungszielen die Qualität, Handhabbarkeit und damit Akzeptanz ganzheitlicher Entwicklungsprozesse gesteigert werden kann.

1 Motivation

Zukünftige Entwicklungsprozesse werden von Forderungen nach qualitativ hochwertigen Produkten zu geringeren Kosten bei kürzeren Entwicklungszeiten gekennzeichnet sein. Gleichzeitig steigt die Anzahl der zu berücksichtigenden Anforderungsbereiche durch die zunehmende Einbindung der Gebrauchs- und Entsorgungsphase in die Produktentwicklung. Dem Konstrukteur kommt daher eine hohe Verantwortung bei der Entwicklung der Produkte zu, deren Tragweite durch die vielfältigen Wechselwirkungen zwischen den unterschiedlichen Gestaltungszielen und der daraus resultierenden Komplexität der Entwicklungsprozesse oft nicht abschätzbar erscheinen.

Gestaltungsziele wie Demontage- und Recyclinggerechtigkeit, aber auch Umweltgerechtigkeit beim Gebrauch bringen Unternehmen meist keinen unmittelbaren erkennbaren und absolut meßbaren Vorteil. Während der Produktentwicklung werden sie daher häufig als zusätzliche, belastende Anforderungen empfunden, die unbekannte Auswirkungen auf die sonstigen Produkteigenschaften haben und daher von der Erfüllung der wesentlichen Anforderungen, wie z.B. Funktionserfüllung, Kosten oder Montage ablenken.

Um eine höhere Akzeptanz umwelt- und damit demontagegerechter Produktentwicklung zu erreichen, ist es notwendig, diese Ziele möglichst optimal in den Konstruktionsprozeß zu integrieren. Durch die Analyse von Wechselwirkungen zwischen demontagegerechter Gestaltung und anderen Entwicklungszielen können Auswirkungen demontagegerechter Gestaltung auf alle Produkteigenschaften erfaßt und bewertet werden.

2 Integration demontageorientierter Produktgestaltung in den methodischen Entwicklungsprozeß

Eine allgemeine Methodik zur Entwicklung von Produkten ist in der VDI2221 [1] beschrieben, die auch in der VDI2243 [2] als grundsätzliche Vorgehensweise beim Entwickeln recycling- und damit demontageorientierter Produkte vorgeschlagen wird. Die in den Richtlinien

genannten Methoden sind jedoch zu allgemeingültig und damit zu abstrakt, um in realen Entwicklungsprozessen angewendet zu werden. Sie müssen daher an spezifische Situationen und Gestaltungsziele angepaßt werden.

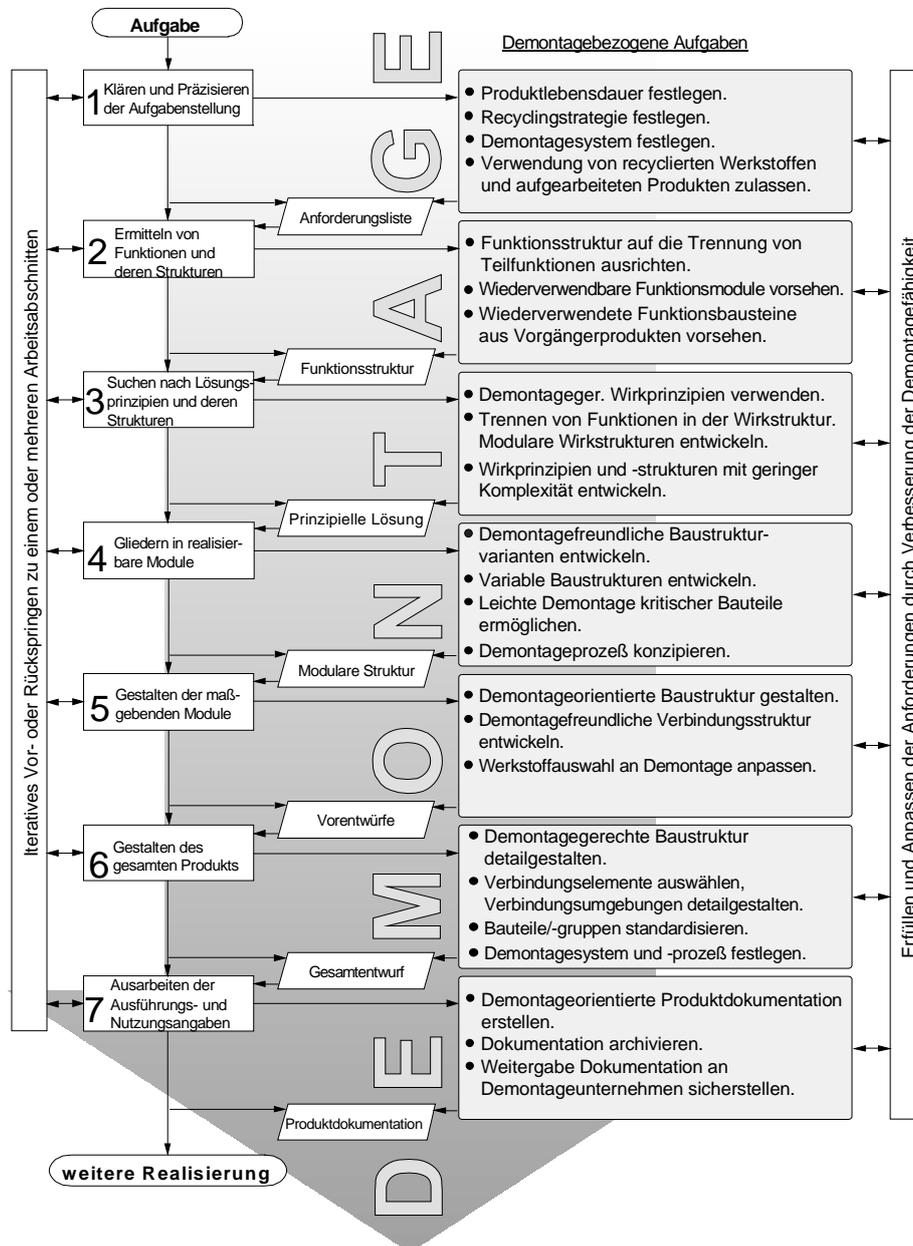


Bild 1: Zuordnung demontagebezogener Arbeitsschritte zum methodischen Entwicklungsprozeß (in Anlehnung an [3], [1])

In Anlehnung an Wende [4] ergibt sich durch Zuordnung demontageorientierter Arbeitsschritte und Arbeitsergebnisse zum methodischen Entwicklungsablauf eine spezielle Methodik zur Entwicklung demontagerechter Produkte (vgl. Bild 1).

Die Festlegung demontageorientierter Anforderungen legt durch die Formulierung klarer Forderungen an z.B. Recyclingkonzept, Demontagesystem oder zulässigen Demontageaufwand das Zielsystem für die folgende Entwicklung fest. Die Konzeptphase wird

durch die demontageorientierte Schwachstellenanalyse vorhandener Produkte wirkungsvoll unterstützt. Neben der konzeptionellen Beseitigung der erkannten Schwachstellen stehen in dieser Phase insbesondere die Entwicklung und Variation demontageorientierter Baustrukturen im Vordergrund. Dabei stehen grundsätzliche Überlegungen, z.B. zur Anzahl, Anordnung und Standardisierung von Bauelementen oder zur Zugänglichkeit der zu demontierenden Komponenten im Vordergrund. Steht zur Konzeptphase bereits ein grob ausgearbeitetes 3D-Modell des Produkts zur Verfügung, können auch Aussagen zum Demontageprozeß abgeleitet und bei der Bewertung und Auswahl geeigneter Varianten verwendet werden. Während der Entwurfs- und Ausarbeitungsphase muß die konzipierte Baustruktur ausgestaltet und durch eine demontagegerechte Verbindungsstruktur ergänzt werden. Durch die Einbindung demontagerelevanter Kriterien in die Bewertung der Entwürfe kann der Erfolg der durchgeführten Gestaltungsmaßnahmen nachvollzogen werden [9].

3 Wechselwirkungen demontageorientierter Produktgestaltung mit anderen Gestaltungszielen

In der Entwurfs- und Ausarbeitungsphase werden die Eigenschaften des Produktes endgültig festgelegt. Die in den Anforderungen festgelegten Gestaltungsziele muß der Konstrukteur durch geeignete Gestaltungsmaßnahmen am konkreten Produkt umsetzen. Die konkreten Gestaltungsmaßnahmen werden häufig aus allgemein gehaltenen Regelkatalogen abgeleitet, die in strukturierter Form Gestaltungsregeln zur Verbesserung einzelner Produkteigenschaften enthalten. Auch für die Recycling- und demontagegerechte Produktgestaltung existieren Regelkataloge; wie z.B. in [2], [4 bis 8], die jedoch die zwischen den Gestaltungszielen wirkenden Wechselwirkungen nicht oder nur ungenügend berücksichtigen

Demontagegerechte Gestaltung beeinflusst weite Bereiche der Bau-, Verbindungs- und Materialstrukturen und damit wesentliche Eigenschaften der zu entwickelnden Produkte. Konstruktive Maßnahmen zur Verbesserung der Demontage stehen daher in starken, teilweise konträren Wechselwirkungen zu anderen Gestaltungszielen und Gestaltungsmaßnahmen, wie z.B. Fertigung oder Montage. Für die ganzheitliche Optimierung von Produkten unter Einbeziehung der demontagegerechten Gestaltung müssen diese Wechselwirkungen hinreichend bekannt und dokumentiert sein.

Im Rahmen des Quality Function Deployments (QFD) existiert mit dem House of Quality (HOQ) ein Werkzeug, das die Darstellung und Analyse komplexer Wechselwirkungen zwischen Anforderungen und Produkteigenschaften erlaubt [10]. Die Zielsetzung des QFD, die Erreichung einer bereichsübergreifenden, den Anforderungen entsprechenden Produktqualität deckt sich dabei mit den Zielen des skizzierten ganzheitlichen Entwicklungsansatzes.

Durch die Darstellung der analysierten Wechselwirkungen zwischen Gestaltungszielen und Gestaltungsmaßnahmen in einem abgewandelten House of Quality lassen sich die umfangreichen Ergebnisse übersichtlich darstellen und zugleich als Arbeitsunterlage für den Konstrukteur verwenden (vgl. Bild 2). Dabei werden die geforderten Gestaltungsziele in den Bereich der Kundenanforderungen (Was) des HOQ eingetragen. Um die Wechselwirkungen besser beurteilen zu können, müssen die globalen Gestaltungsziele in konkretere Unterziele unterteilt werden. Die den Gestaltungszielen zugeordneten Gestaltungsmaßnahmen werden dann bei den Konstruktionsanforderungen (Wie) des HOQ eingetragen. Die Beziehungsmatrix zwischen beiden Bereichen gibt die Stärke der Wechselwirkungen zwischen Gestaltungszielen und Gestaltungsmaßnahmen wieder. Das Dach des HOQ wird

durch eine Verträglichkeitsmatrix gebildet. Hier werden die Art der Wechselwirkungen zwischen einzelnen Gestaltungsregeln eingetragen.

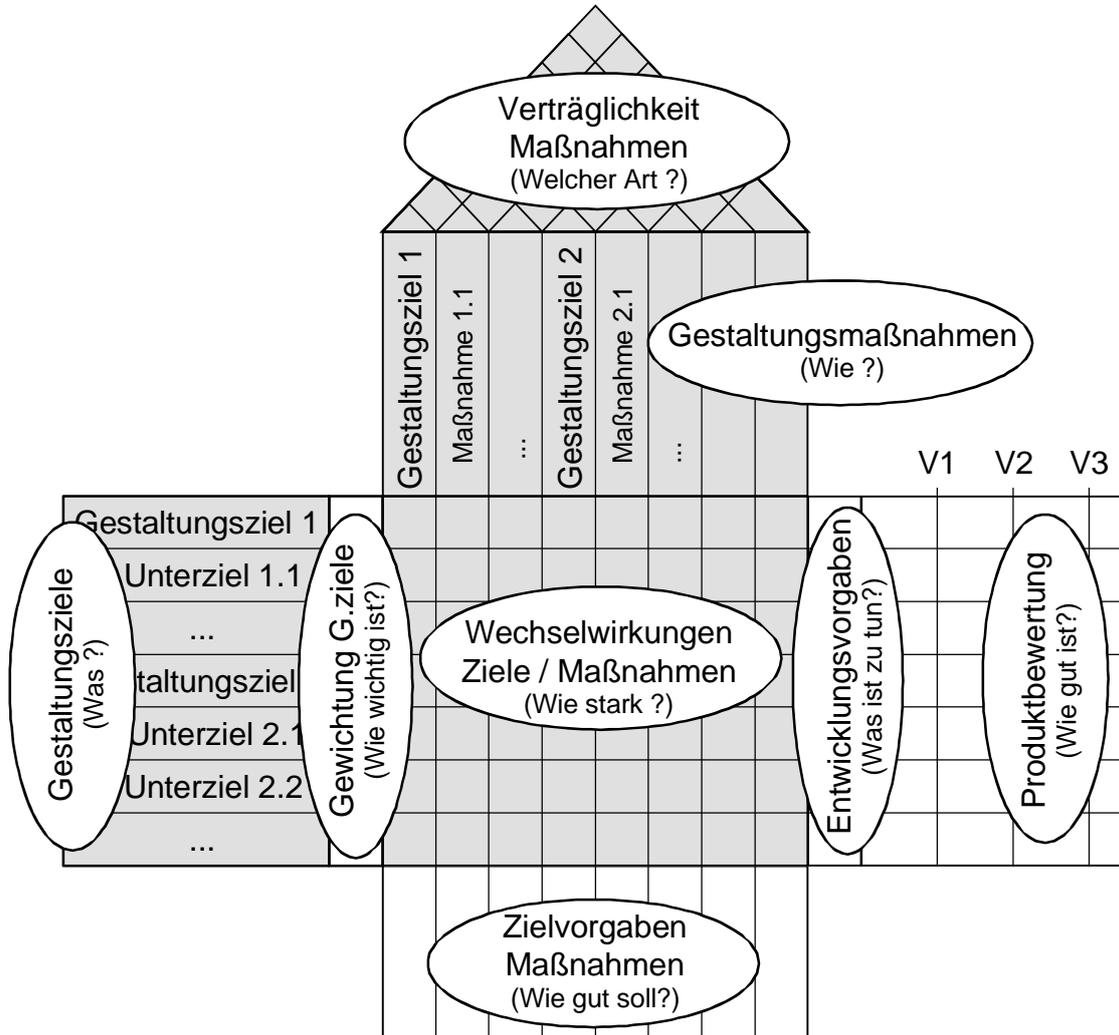


Bild 2: Abgewandeltes House of Quality zur Dokumentation von Wechselwirkungen

Das so modifizierte HOQ dient dem Konstrukteur als Informationssystem zur Realisierung der angestrebten Gestaltungsziele. Die mit Hilfe der Beziehungsmatrix ermittelten Gestaltungsmaßnahmen zur Verbesserung der Produkteigenschaften werden mit Hilfe der Verträglichkeitsmatrix geprüft und so die geeigneten ausgewählt. Weiterhin können über die Verträglichkeitsmatrix und Wechselwirkungsmatrix die Auswirkungen der Gestaltungsmaßnahmen auf andere Anforderungsbereiche abgeschätzt werden.

Durch Einbindung weiterer Funktionen kann das beschriebene HOQ noch wesentlich erweitert werden: Durch die Gewichtung der Gestaltungsziele werden die Entwicklungsprioritäten dokumentiert. Gleichzeitig wird die Auswahl geeigneter Gestaltungsmaßnahmen erleichtert. Unter Verwendung der gewichteten Gestaltungsziele ist die Bewertung von Varianten und die Ableitung von Entwicklungszielen aus den erkannten Schwachstellen möglich. Durch die Einbindung von Zielvorgaben werden die Gestaltungsanforderungen an das Produkt dokumentiert. Unter Verwendung der Verträglichkeitsmatrix können die Anforderungen auf Zielkonflikte untersucht werden.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Durch die Einbindung von Methoden und Arbeitsschritten zur demontageorientierten Konstruktion in den methodischen Entwicklungsprozeß wird dem Konstrukteur die Möglichkeit gegeben dieses "neue" Gestaltungsziel in Analogie zu bekannten Vorgehensweisen zu berücksichtigen. Diese Strategie wird durch die Darstellung der komplexen Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Gestaltungszielen im House of Quality sinnvoll ergänzt und die Akzeptanz des Gestaltungsziels "Demontagegerecht" durch Verwendung bekannter Methoden erhöht.

In nächsten Arbeitsschritten muß das House of Quality durch weitere Gestaltungsziele und Funktionalitäten ergänzt werden. Durch die Umsetzung der Systematik in ein rechnerunterstütztes Tool wird die Möglichkeit eröffnet, das House of Quality in das am IMK/KT entwickelte Informationssystem zur demontageorientierten Produktentwicklung zu integrieren.

5 Literaturverzeichnis

- [1] **VDI 2221:** Konstruktionsmethodik; Düsseldorf: VDI Verlag; 1993.
- [2] **VDI 2243:** Konstruieren recyclinggerechter technischer Produkte; Düsseldorf: VDI Verlag; 1993.
- [3] **Brandt, R.:** Methodischer Konstruktionsprozeß, Produktmodellierung, Expertensysteme. Kolloquium zur Kreislaufwirtschaft und Demontage; Sonderforschungsbereich 281; 30./31.; Berlin; 1997; S. 94-100.
- [4] **Wende, Andreas:** Integration der recyclingorientierten Produktgestaltung in den methodischen Konstruktionsprozeß Fortschrittberichte VDI, Reihe1: Nr. 239; zugleich: Diss. TU Berlin; Düsseldorf: VDI Verlag; 1994.
- [5] **Kahmeyer, M.; Rupprecht, R.:** Recyclinggerechte Produktgestaltung. Würzburg: Vogel Verlag; 1996.
- [6] **Nickel, Werner (Hrsg.):** Recycling-Handbuch Strategien-Technologien-Produkte; Düsseldorf: VDI Verlag; 1996.
- [7] **Schmitz, Ulrich:** Wissensbasierte Unterstützung des montage- und demontagegerechten Konstruierens Fortschrittberichte VDI, Reihe 20: Nr. 181, zugleich Diss. TH Darmstadt, Düsseldorf: VDI Verlag; 1995.
- [8] **Pahl, G., Beitz, W.:** Konstruktionslehre – Methoden und Anwendung; 4. Auflage; Berlin: Springer-Verlag; 1997
- [9] **Grieger, S.; Brandt, R.; Jentschura, L.:** Ausgewählte Methoden und Hilfsmittel für die recyclinggerechte Produktgestaltung. Konstruktion 48; Berlin: Springer Verlag; 1996.
- [10] **Hering, Ekbert; et.al. (Hrsg.):** Qualitätssicherung für Ingenieure; Düsseldorf: VDI Verlag; 1993.

Anmerkung:

Die vorgestellten Arbeiten wurden am Institut für Maschinenkonstruktion –Konstruktionstechnik- der TU Berlin im Rahmen des Sfb281 "Demontagefabriken zur Rückgewinnung

von Ressourcen in Material- und Produktkreisläufen" von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert.

Dipl.-Ing. Rainer Brandt
Technische Universität Berlin
Institut für Maschinenkonstruktion
-Konstruktionstechnik-
Sekretariat H10
Straße des 17. Juni 135
D-10623 Berlin
Tel.: 030 314 26686
Fax: 030 314 26481
e-mail: brandt@kt10.kf.tu-berlin.de
Internet: <http://www.prz.tu-berlin.de/~www-kt/Mitarbeiter/fmitarbeiter.html>
http://www.tu-berlin.de/sfbs/demontage/pb_d/tp_d2g.htm