

Prof. Dr.-Ing. Ekkehard Schiefer

## **EcoDesign**

### **Entwicklung umweltgerechter Produkte**

**Lösungen erarbeiten –**

**Umweltbeeinträchtigungen gezielt reduzieren**

1

### **Hinweis**

#### **Haftungsausschluß**

- Die Vorlesungs- und Übungsunterlagen sind ausschließlich für den Gebrauch in meinen Lehrveranstaltungen bestimmt!
- Die Weitergabe der Unterlagen an Dritte, ihre Vervielfältigung oder Verwendung auch von Auszügen davon in anderen elektronischen oder gedruckten Publikationen ist nicht gestattet.
- Für eventuell enthaltene Fehler wird keine Haftung übernommen!

#### **Wichtig**

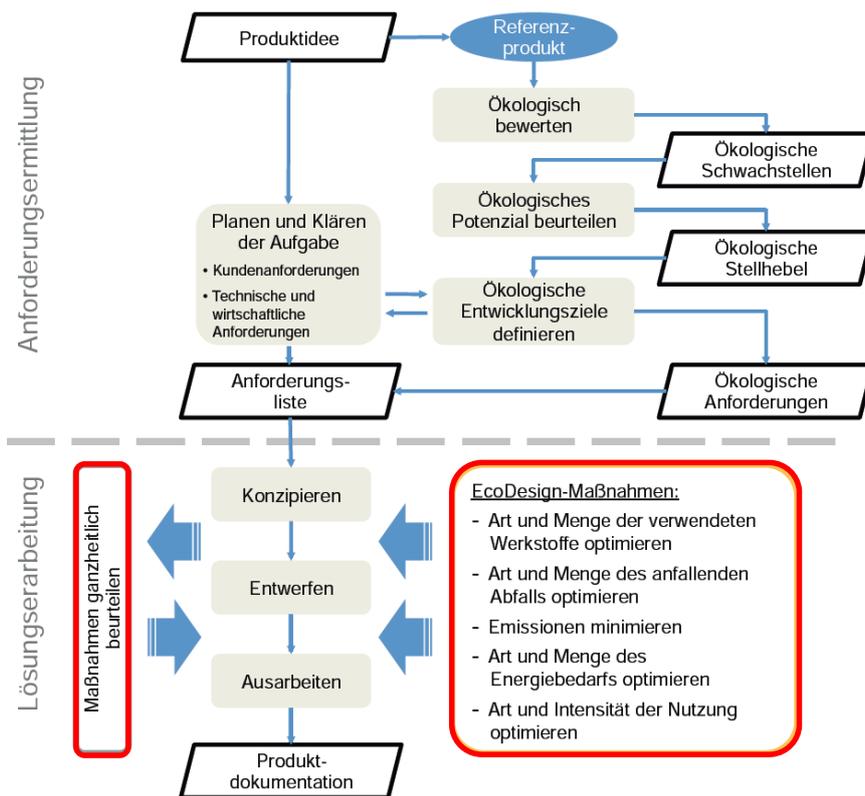
Die jeweils neuesten Vorschriften sind den geltenden Normen, Regelwerken und Richtlinien zu entnehmen!

## Inhalt

- Lösungen erarbeiten – Umweltbeeinträchtigungen gezielt reduzieren
- EcoDesign-Maßnahmen zur Entwicklung umweltgerechter Produkte
  1. Art und Menge der verwendeten Werkstoffe optimieren
  2. Art und Menge des anfallenden Abfalls optimieren
  3. Emissionen minimieren
  4. Art und Menge des Energiebedarfs optimieren
  5. Art und Intensität der Produktnutzung optimieren
- Maßnahmen ganzheitlich beurteilen
  - Wechselwirkungen mit anderen Umweltwirkungen
  - Wechselwirkungen mit Marktanforderungen

# Lösungen erarbeiten – Umweltbeeinträchtigungen gezielt reduzieren

## Methodik des EcoDesign (nach Birkhofer)



Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

5

### Phase 1 Anforderungsermittlung

Ergebnisse: Entwicklungsziele und ökologische Anforderungen

In **Phase 1** wurden aus den identifizierten ökologischen Stellhebeln Entwicklungsziele und ökologische Anforderungen abgeleitet:

- **Entwicklungsziel:**  
erwünschter Zustand hinsichtlich einer Eigenschaft des Produktes, z. B. „*Reduzierung des Gewichts*“.
- **Anforderung:**  
konkretisierte und quantifizierte Beschreibung einer Soll-Eigenschaft des neuen Produktes, z. B. „*10 % weniger Gewicht als Vorgängerprodukt*“.

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

6

## Phase 2 Lösungserarbeitung

Zielsetzung: Umweltbeeinträchtigungen gezielt reduzieren

- In **Phase 2** erfolgt auf Basis der Anforderungsliste das Erarbeiten der Lösung mit Durchlaufen von Konzept-, Entwurfs- und Ausarbeitungsphase.
- Um ökologische Anforderungen umzusetzen, können
  - *Kataloge mit geeigneten EcoDesign-Maßnahmen zur Entwicklung umweltgerechter Produkte* zurate gezogen werden und
  - *Checklisten, wie die in der EcoDesign Checklist (nach Brezet / van Hemel) angebotenen Strategien zur Entwicklung umweltgerechter Produkte* eingesetzt werden.

# EcoDesign-Maßnahmen zur Entwicklung umweltgerechter Produkte

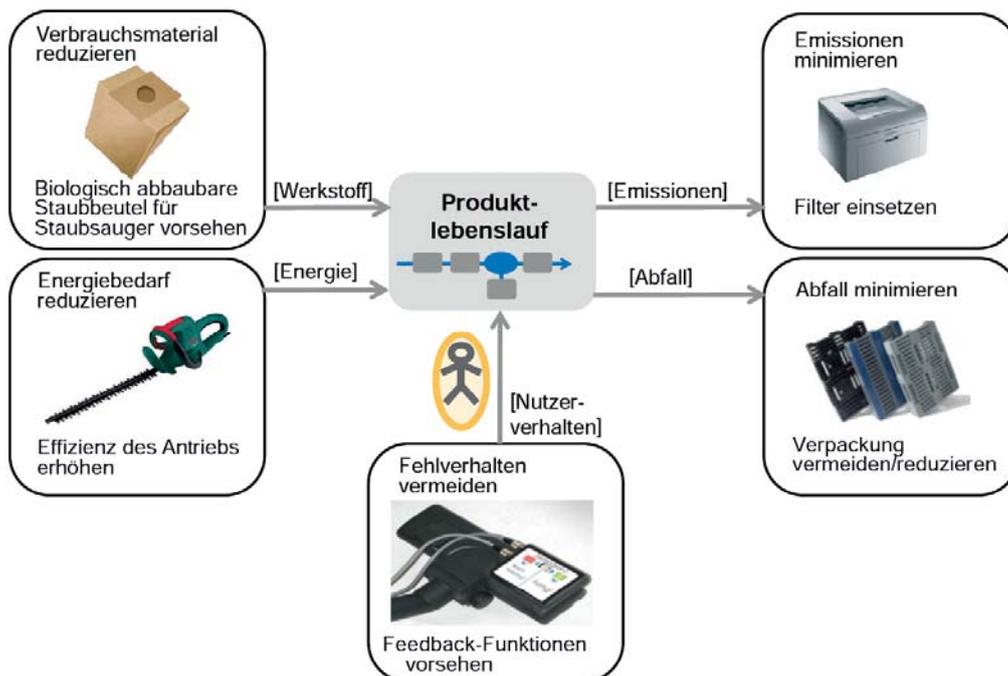
## EcoDesign-Maßnahmen zur Entwicklung umweltgerechter Produkte

- *betrachten alle Lebenslaufphasen des Produktes*
- *unterstützen* den Entwickler dabei, das *Life-Cycle-Thinking-Prinzip bei der Lösungsfindung in den Produktentwicklungsprozess zu integrieren.*
- werden danach unterschieden, auf welchen Input bzw. Output in Lebenslaufprozessen sie einwirken:
  - *Verbrauch an Werkstoff oder sonstigem stofflichen Input*
  - *Verbrauch an Energie*
  - *Verursachung von Abfällen*
  - *Verursachung von Emissionen*
  - *Einfluss des Nutzerverhaltens*

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

9

## Einteilung der EcoDesign-Maßnahmen



Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

10

# EcoDesign-Maßnahmen zur Entwicklung umweltgerechter Produkte

1. Art und Menge der verwendeten Werkstoffe optimieren
2. Art und Menge des anfallenden Abfalls optimieren
3. Emissionen minimieren
4. Art und Menge des Energiebedarfs optimieren
5. Art und Intensität der Produktnutzung optimieren

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

11

## 1. Art und Menge der verwendeten Werkstoffe optimieren

- Dieser Kategorie sind Maßnahmen zugeordnet, die **alle im Leben des Produktes verwendeten Werkstoffe** betreffen.
- Darunter sind nicht nur der Werkstoffeinsatz zu verstehen, sondern **auch jegliche Betriebs- und Hilfsstoffe sowie Verpackungen**.

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

12

## 1. Art und Menge der verwendeten Werkstoffe optimieren

### Art der verwendeten Werkstoffe optimieren

- *Vermeiden Sie Werkstoffe oder Additive*, die während ihrer Herstellung, Verarbeitung oder Verwertung einen *gefährdenden Einfluß auf die Umwelt* haben. Hierzu Materialverbotslisten und entsprechende Gesetze (z. B. EU-Verordnung 1907/2009 REACH) beachten.
- Verwenden Sie *erneuerbare Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen* für das Produkt.
- Wählen Sie für die Nutzung des Produkts *umweltfreundliche Hilfs- und Betriebsstoffe*.
- Wählen Sie für das Produkt *recyclingfähige Werkstoffe* aus.
- Teilen Sie das Produkt, besonders bei nicht vermeidbarem Einsatz von Stoffen mit hoher Umweltauswirkung oder giftigen Stoffen, in *Module auf, die leicht zu demontieren sind*.
- Verwenden Sie *umweltfreundliche Verpackungsmaterialien*

13

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

## 1. Art und Menge der verwendeten Werkstoffe optimieren

### Menge der verwendeten Werkstoffe minimieren

- Reduzieren Sie die verwendete Werkstoffmenge im Produkt, indem Sie *Überdimensionierung vermeiden*.
- *Vermeiden Sie Verpackung\** für das Produkt, indem Sie beispielsweise auf *Doppelverpackung* (z. B. Verkaufs- und Transportverpackung) verzichten.
- Gestalten Sie die *Verpackung möglichst klein\**, indem Sie z. B. das Volumen des Produktes verringern oder das Produkt in Module aufteilen, die eine kompaktere Verpackung erlauben.
- Entwickeln Sie *mehrfach verwendbare Verpackung\**.
- Entwickeln Sie *wartungsarme Produkte*, welche einen geringeren Einsatz von Schmierstoffen und Ersatzteilen erlauben.
- Gestalten Sie Produkte *reinigungsgerecht*, indem Sie zu reinigende Teile leicht zugänglich und demontierbar gestalten.
- Vermeiden bzw. reduzieren Sie den *Bedarf an Hilfs- und Betriebsstoffen* während der Nutzung.

14

\* Beachten Sie die VDI 4409 - Vorgehensweise zur umweltorientierten Gestaltung und Auswahl von Verpackungen

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

## 2. Art und Menge des anfallenden Abfalls optimieren

Abfälle fallen in den meisten Prozessen mit Stoffumsatz an

- **Art des anfallenden Abfalls optimieren**
- **Menge des anfallenden Abfalls minimieren**
- **Menge des anfallenden Abfalls durch Recycling minimieren**

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

15

## 2. Art und Menge des anfallenden Abfalls optimieren **Art des anfallenden Abfalls optimieren**

- *Vermeiden Sie Fertigungsverfahren mit gefährlichen Substanzen, beispielsweise Galvanisieren.*
- *Minimieren Sie den Kontakt mit gesundheitsgefährdenden Stoffen bei der Produktion, beispielsweise mit Kühlschmierstoffen.*

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

16

## 2. Art und Menge des anfallenden Abfalls optimieren

### **Menge des anfallenden Abfalls minimieren**

- *Vermeiden Sie große Mengen an Abfall während der Fertigung*, indem Sie beispielsweise das Produkt so gestalten, daß der Verschnitt beim Stanzen minimiert wird.
- *Wählen Sie Sekundärrohstoffe (recycelte Materialien)* für Ihr Produkt aus.
- *Reduzieren oder eliminieren Sie Verschleiß und Korrosion.*
- Sehen Sie Möglichkeiten zur *Minimierung des anfallenden Abfallvolumens* vor, indem Sie beispielsweise faltbare Kartons zum Transport verwenden.

Quelle: Reg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

17

## 2. Art und Menge des anfallenden Abfalls optimieren

### **Menge des anfallenden Abfalls durch Recycling minimieren**

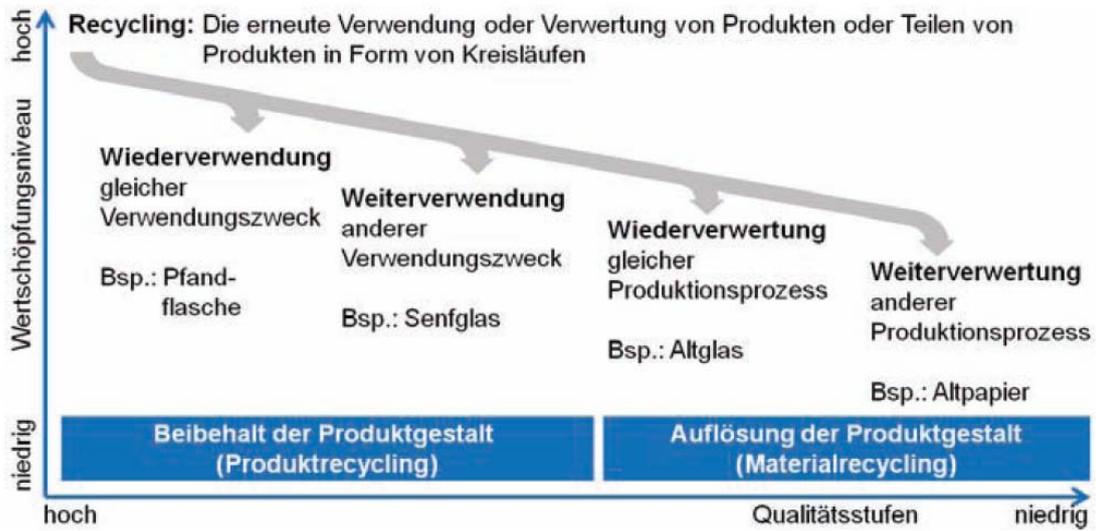
Beim Recycling werden Maßnahmen unterschieden, welche

- das *Produktrecycling optimieren (Erhalt des stofflichen Zusammenhangs)*
- das *Materialrecycling optimieren (Nutzen des Werkstoffs unter Auflösung des stofflichen Zusammenhangs).*

Quelle: Reg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

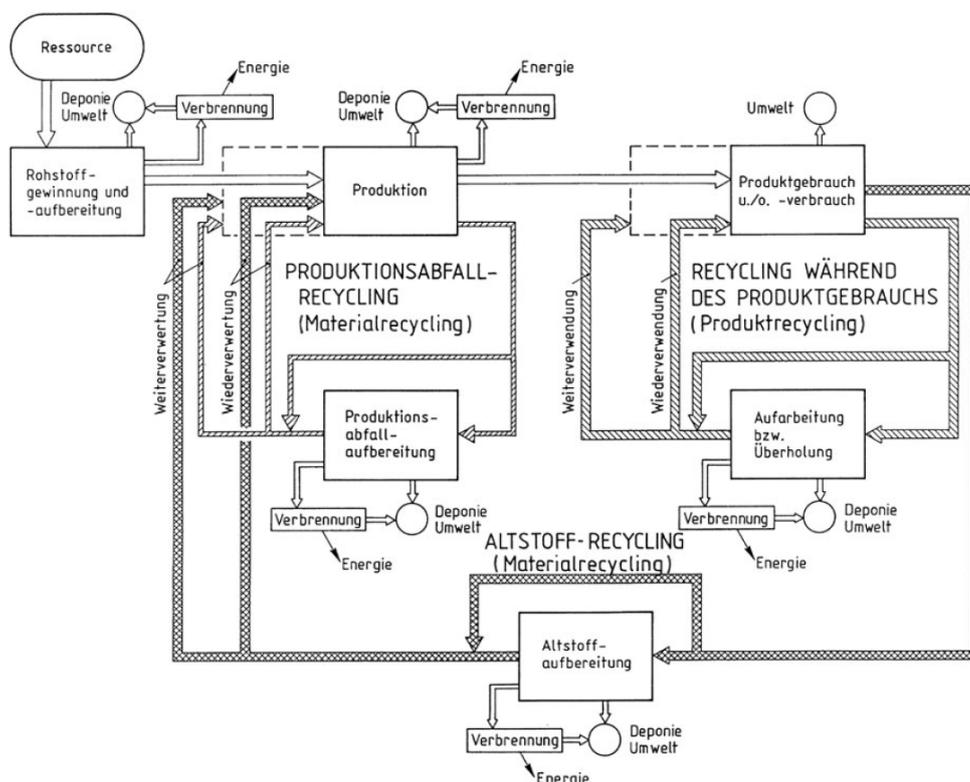
18

# Qualitätsstufen unterschiedlicher Recyclingformen und deren Unterteilung anhand der Recyclingkaskade



Quelle: Reg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

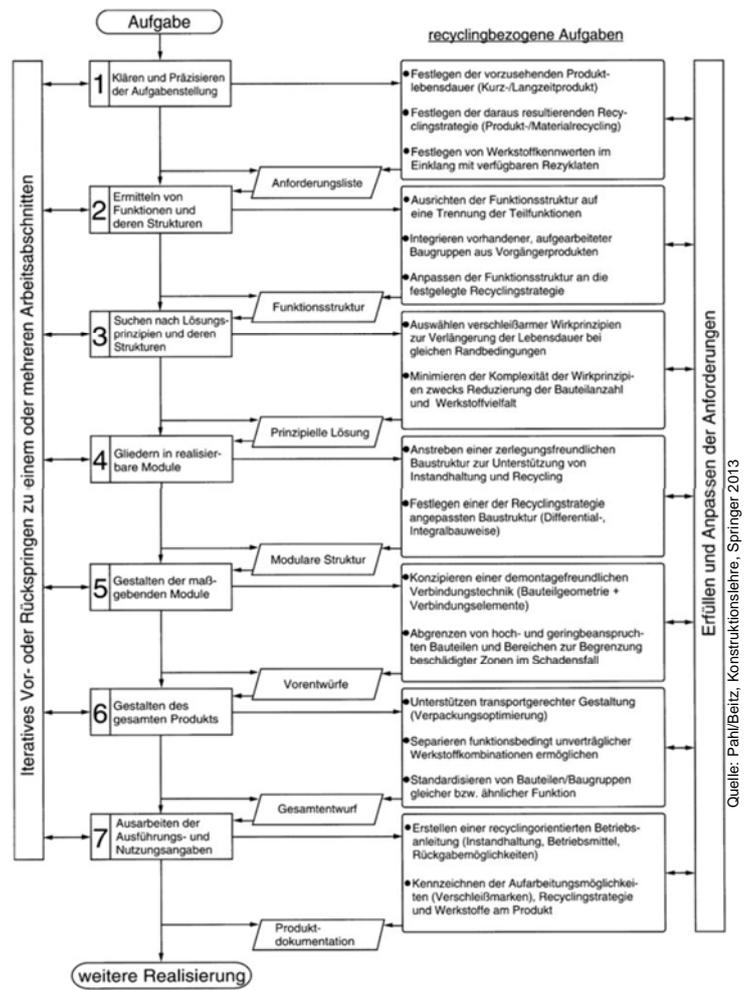
# Recyclingmöglichkeiten zur Reduzierung der Abfallmenge



Quelle: Reg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

# Recyclingbezogene Aufgaben im Produktentwicklungsprozeß

Beachten Sie die VDI 2243  
"Recyclingorientierte Produktentwicklung"



## 2. Art und Menge des anfallenden Abfalls optimieren Produktrecycling optimieren

- Realisieren Sie eine *modulare Bauweise*, indem Sie das *Produkt in einfach zu demontierende Module aufteilen*.
- Sehen Sie *Korrosionsschutz* vor, um Produktteile leicht voneinander lösen zu können.
- *Standardisieren Sie Bauteile und Verbindungselemente*, um eine *einfache Demontage* zu realisieren. Sehen Sie für die Demontage von Bauteilen Universalwerkzeuge vor.
- Setzen Sie Verbindungselemente *demontagegerecht* ein, indem Sie auf gute Auffindbarkeit und Zugänglichkeit von Verbindungselementen achten. Denken Sie darüber hinaus daran, die Anzahl der Verbindungselemente zu minimieren.
- *Reduzieren Sie die Anzahl der Bauteile*, um eine schnelle Demontage zu unterstützen.

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

## 2. Art und Menge des anfallenden Abfalls optimieren

### Materialrecycling optimieren

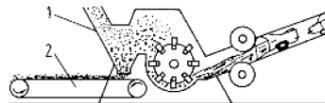
- Streben Sie eine **geringe Materialvielfalt** an, indem Sie für das Produkt bzw. einzelne Bauteile möglichst den gleichen Werkstoff auswählen.
- Setzen Sie **recyclingfähige Werkstoffe** ein, **welche keine Schwierigkeiten beim Recycling bzw. Qualitätsminderungen nach sich ziehen** (z. B. Faser- und Partikel-Verbundwerkstoffe vermeiden).
- Wählen Sie **verträgliche Werkstoffkombinationen** aus, ziehen Sie hierfür **Materialverträglichkeitslisten** zurate (z.B. für Kunststoffe VDI 2243)

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

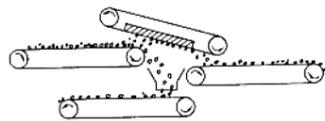
23

## Arbeitsweise und Materialfluß einer Schredderanlage

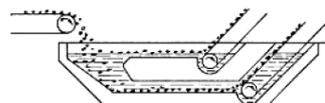
**Schredder:**  
Windsichter (1)  
Sortierbänder (2)



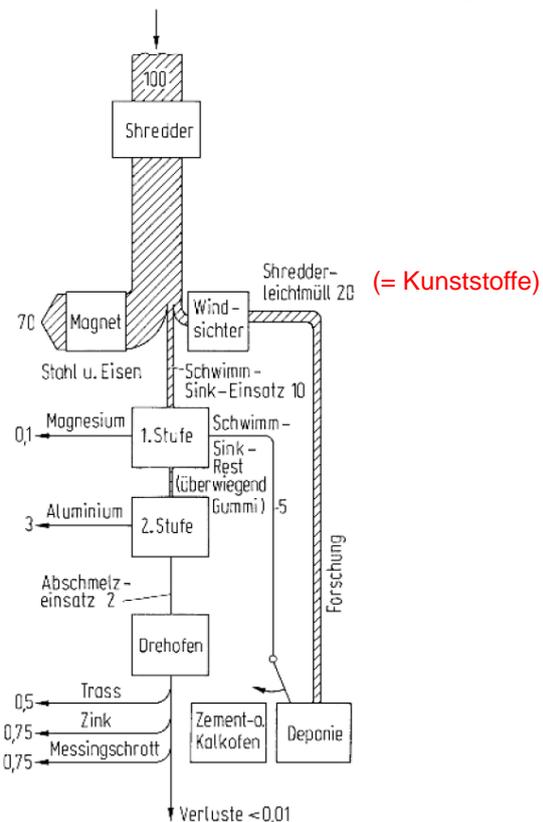
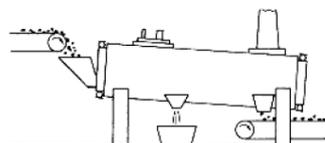
**Magnetabscheider**



**Schwimm-Sink-Anlage**



**Drehrohrofen**



24

Quelle: Pahl/Beitz, Konstruktionslehre, Springer 2007

## Materialrecycling optimieren

### Verträglichkeit von Kunststoffen

		Zusatzwerkstoff													
Matrixwerkstoff	Wichtige Konstruktions-Kunststoffe	PE	PVC	PS	PC	PP	PA	POM	SAN	ABS	PBTP	PETP	PMMA		
	PE	●	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>● verträglich</li> <li>◐ beschränkt verträglich</li> <li>◑ in kleinen Mengen verträglich</li> <li>○ nicht verträglich</li> </ul>
	PVC	○	●	○	○	○	○	○	●	◐	○	○	○	●	
	PS	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	PC	○	◐	○	●	○	○	○	●	●	●	●	●	●	
	PP	◐	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	
	PA	○	○	◐	○	○	●	○	○	○	◐	◐	○	○	
	POM	○	○	○	○	○	○	●	○	○	◐	○	○	○	
	SAN	○	●	○	●	○	○	○	●	●	○	○	○	●	
	ABS	○	◐	○	●	○	○	○	○	●	◐	◐	●	●	
	PBTP	○	○	○	●	○	◐	○	○	○	●	○	○	○	
	PETP	○	○	◐	●	○	◐	○	○	◐	○	●	○	○	
	PMMA	○	●	◐	●	○	○	◐	●	●	○	○	●	○	

Quelle: Pahl/Beitz, Konstruktionslehre, Springer 2007

## Materialrecycling optimieren

### Kennzeichnung von Kunststoffbauteilen

Beispiele



>PA 66 - GF 30<

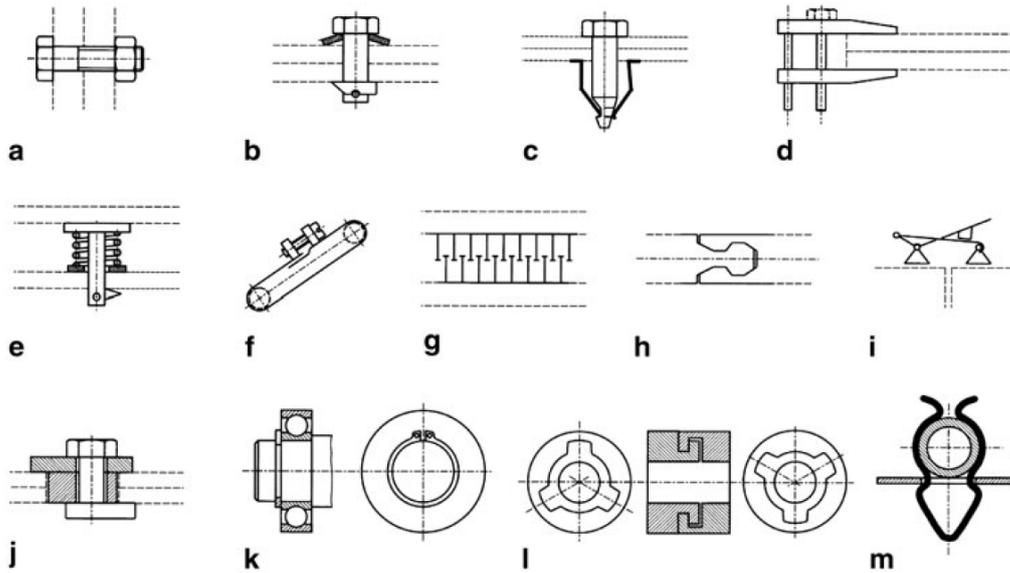


>PF - WD 50<

Quelle: Pahl/Beitz, Konstruktionslehre, Springer 2007

## Materialrecycling optimieren

### Demontagefreundliche, lösbare Verbindungen



a Schraube, b 1/4 Drehverschluss, c Druck-Dreh-Verschluss, d Klemme, e Druck-Druck-Verschluss, f Band mit Schloss, g Klettverschluss, h formschlüssige Schnappverbindung, i Spannverschluss, j Exzenterverschluss, k Sicherungsring, l Bajonettverschluss, m Schnappverbindungen

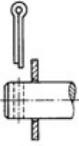
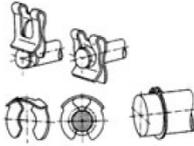
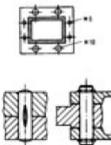
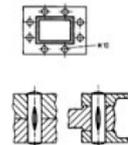
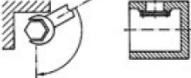
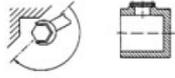
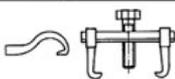
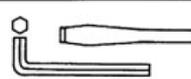
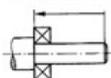
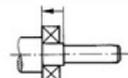
## Materialrecycling optimieren

### Gestaltungsrichtlinien für demontagegerechte Produkte

Gestaltungsrichtlinien	nicht demontagerecht	demontagegerecht
<b>Demontagegerechte Baustruktur</b>		
- Gliedern in Demontagebaugruppen, deren Teile bzw. Werkstoffe verwertungsverträglich sind		
- Zuordnen des Basisteils einer Demontagebaugruppe zu einer verwertungsgünstigen Altstoffgruppe		
- Vermeiden von unlösbaren Verbundkonstruktionen mit verwertungsunverträglichen Werkstoffen		
- Verringern von Fügestellen		

# Materialrecycling optimieren

## Gestaltungsrichtlinien für demontagegerechte Produkte

Gestaltungsrichtlinien	nicht demontagerecht	demontagerecht
<b>Demontagegerechte Fügstellen</b>		
- Verwenden leicht demon- tierbarer oder zerstörbarer Verbindungs- und Sicherungs- elemente, auch nach längerer Nutzungsdauer		
- Verringern der Verbindungselemente		
- Verwenden gleicher Verbindungselemente		
- Gewährleisten guter Zugänglichkeit für Demontagewerkzeuge		
- Bevorzugen einfacher Standardwerkzeuge		
- Vermeiden langer Demontagewege		

Quelle: Pahl/Beitz, Konstruktionslehre, Springer 2007

29

## Produkt- und Materialrecycling von Haushaltsmaschinen

*Haushaltsgroßmaschinen* wie Waschmaschinen, Geschirrspüler und Herde sind für ein Recycling sehr lohnend, weil sie

- in hohen Stückzahlen gefertigt werden
- aus hochwertigen Werkstoffen bestehen



Quelle: [www.miele.de](http://www.miele.de)

Quelle: Pahl/Beitz, Konstruktionslehre, Springer 2007

30

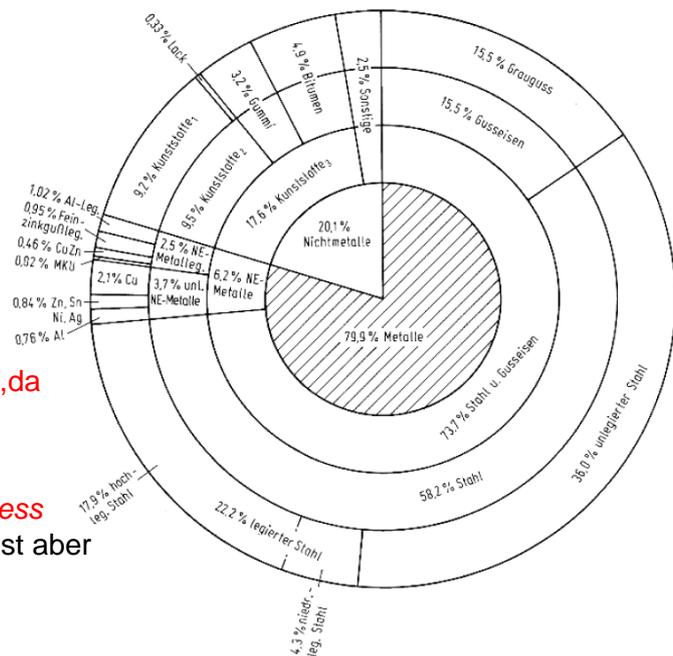
## Gewichtsanteile der wesentlichen Werkstoffgruppen für einen älteren Geschirrspüler

Vorhandensein einer Vielfalt von

- *NE-Metallen*
- *nichtmetallischen Werkstoffen*
- *hohen Gewichtsanteil der hochlegierten Stähle*

Aufbereitung des Gesamtprodukts, z. B. durch Schreddern, ist nicht günstig, da

- ⇒ *hochlegierte Stähle nicht getrennt* verwertet werden können und
- ⇒ *NE-Metalle für den Verwertungsprozess größtenteils störend* wirken, zumindest aber den Verwertungsaufwand erhöhen.



Quelle: Pahl/Beitz, Konstruktionslehre, Springer 2007

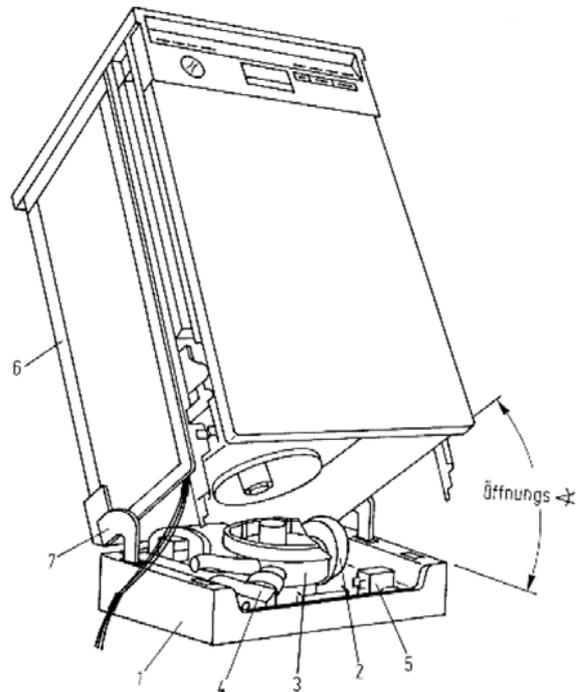
## Verwertungsgünstige Baustruktur anstreben

- *Hauptbaugruppen leicht trenn- bzw. demontierbar anordnen*, um diese
  - getrennt einer Aufbereitung zuzuführen.
  - vor dem Schreddern oder anderen Zerkleinerungs- und Kompaktierverfahren auf dem Schrottplatz oder speziellen Ausschlachtbetrieben zu demontieren
- *Wiederverwendung einzelner Komponenten oder des Gesamtprodukts ermöglichen* (Produktrecycling).

Quelle: Pahl/Beitz, Konstruktionslehre, Springer 2007

## Aufbau eines recyclingfreundlichen Geschirrspülers

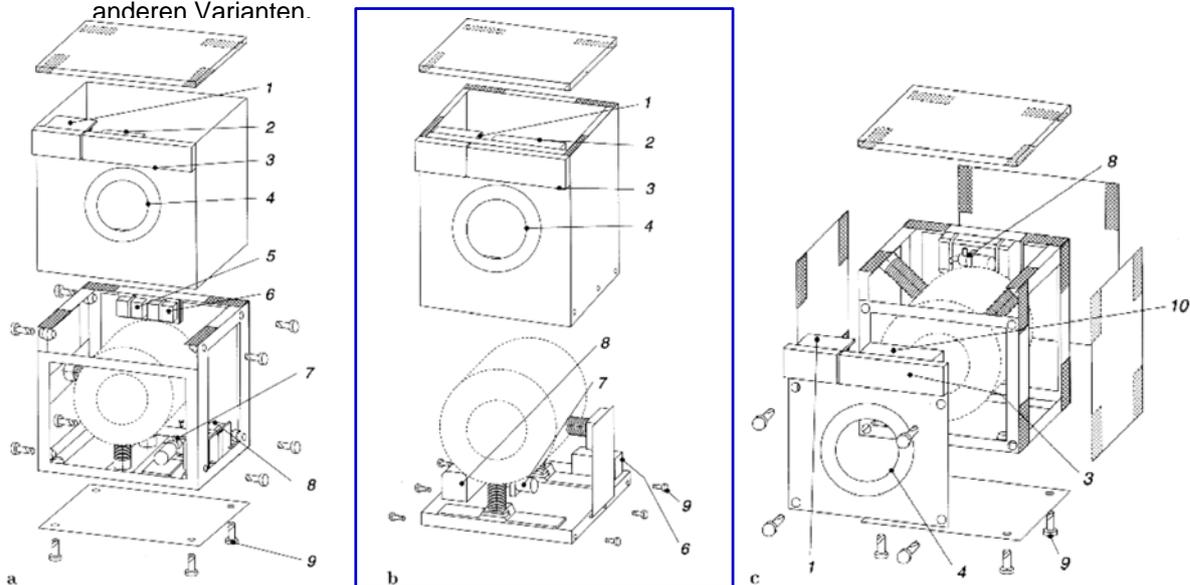
- Bodenteil 1 sind alle Zusatzaggregate wie Umlaufpumpe 2, Pumpentopf 3, Laugenpumpe 4 und Anschlussstechnik 5 untergebracht.
- Der Montageboden wurde so gestaltet, daß **keine Befestigungselemente** für die Aggregate notwendig sind, sondern diese nur durch den Boden des Gehäuses 6 gehalten werden.
- **Gehäuse und Bodenteil** sind durch ein Kippcharnier 7 **auf- und zuklappbar**.
- Bei dem möglichen Öffnungswinkel nach **Ankippen des Gehäuses** können alle **Aggregate ohne Verbindungselemente leicht montiert oder zum Recycling** (Aufarbeitung oder Aufbereitung) wieder **einfach entnommen** werden.



Quelle: Pahl/Beitz, Konstruktionslehre, Springer 2007

## Drei Gestaltungsvarianten einer Waschmaschine

- **Variation der Baustruktur des Gehäuses** und
  - **Variation der Anordnung der Funktionskomponenten**
- ⇒ **Variante b** ergab sich nach einer Nutzwertanalyse als **die recyclingfreundlichste**, weil bei ihr insbesondere **die Anzahl der Bauteile und der für das Produktrecycling bzw. eine Instandhaltung relevanten Remontagefügestellen (Wiedermontage) geringer** sind als bei den anderen Varianten.



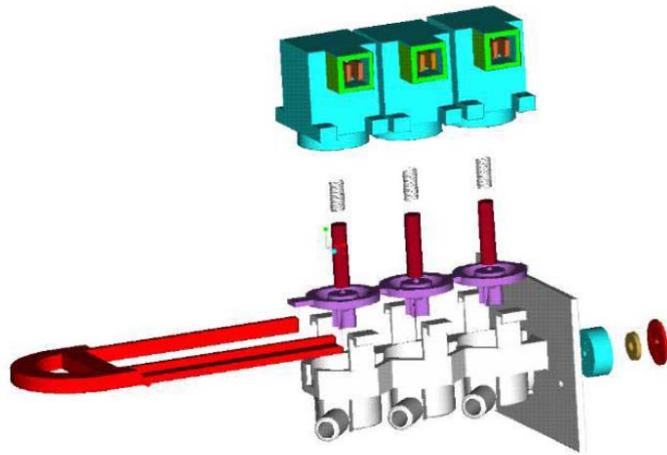
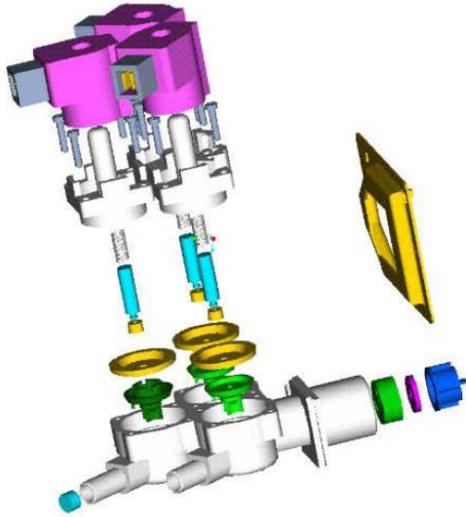
- |                              |                            |
|------------------------------|----------------------------|
| 1 Einspülbehälter            | 6 Leistungselektronik      |
| 2 Programm-Steuerung         | 7 Laugenpumpe              |
| 3 Bedienfeld                 | 8 Durchlauferhitzer,       |
| 4 Waschtür,                  | 9 1/4 Drehverschluss       |
| 5 Anschluss/Sicherungskasten | 10 zentrale Elektroeinheit |

34

Quelle: Pahl/Beitz, Konstruktionslehre, Springer 2007

## Demontagegerechte Gestaltung der Ventilbaugruppe einer Waschmaschine

Ausgangskonstruktion



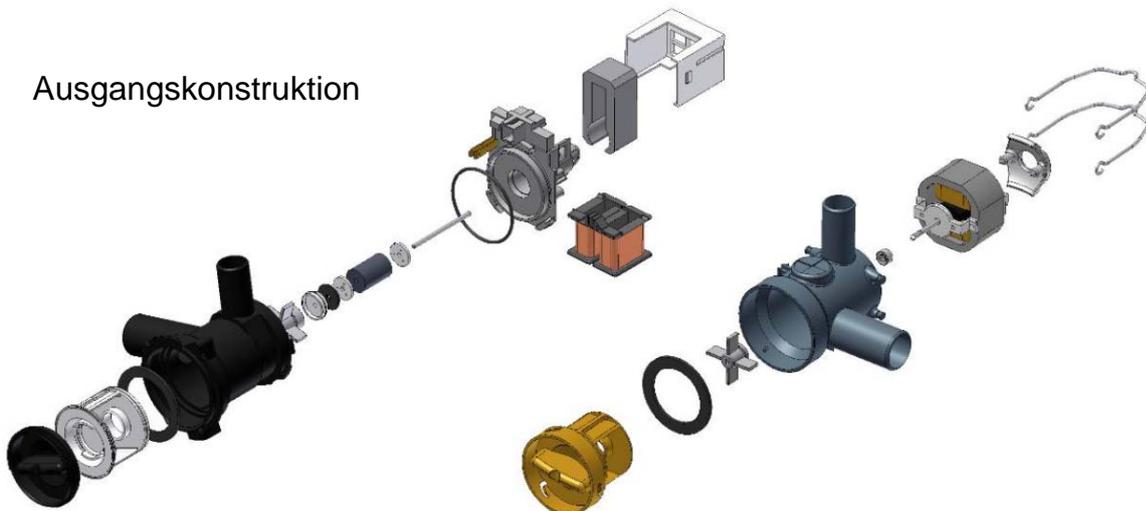
Demontagegerechte Optimierung

35

Quelle: Quelle: Dose, J et al.: Entwicklung nachhaltiger Produkte unter ökobilanziellen Gesichtspunkten, 14. Symposium "Design for X", Neukirchen 2003

## Demontagegerechte Gestaltung der Laugenpumpe einer Waschmaschine

Ausgangskonstruktion



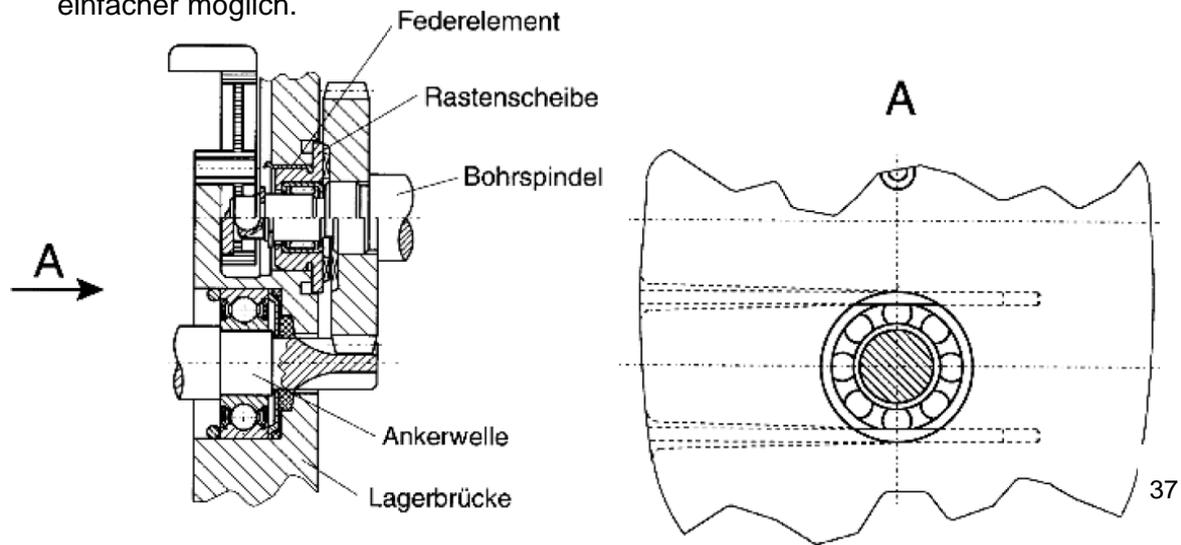
Demontagegerechte Optimierung

36

Quelle: Dose, J.: Austauschbare Sachbilanzmodule auf Basis von Produktkomponenten, Dissertation, TU Berlin 2005  
[http://opus4.kobv.de/opus4-tuberlin/files/1149/dose\\_julia.pdf](http://opus4.kobv.de/opus4-tuberlin/files/1149/dose_julia.pdf)

## Demontagegünstige Getriebebaugruppe für eine Schlagbohrmaschine

- Das Festlager der Motorwelle wurde nicht durch den bisher üblichen (und an sich demontagefreundlichen) Sicherungsring, sondern durch einen **herausziehbaren Bügel** axial festgelegt, weil der Sicherungsring bei Demontage in diesem Falle nicht zugänglich ist.
- Das Trennen von Antriebsmotor (Kupferanteil) und Getriebegruppe ist dadurch einfacher möglich.



Quelle: Pahl/Beitz, Konstruktionslehre, Springer 2007

## Bewertungskriterien für Produkt- und Materialrecycling

### Produktrecycling

funktionsorientierte Produktstruktur  
 Baukastenstruktur  
 Komplexität  
 Vordemontierbarkeit  
 Demontierbarkeit (vgl. Materialrecycling)  
 zerstörungsfreie Demontierbarkeit  
 Reinigungsmöglichkeit  
 Prüfbarkeit  
 Identifizierbarkeit  
 Sortierbarkeit  
 Nachbearbeitbarkeit  
 Wiedermontierbarkeit  
 Austauschbarkeit  
 hochrüstrelevanter Bauteile  
 Verschleißerkennung  
 Verwendung von Normkomponenten  
 Automatisierbarkeit der Arbeitsschritte

### Materialrecycling

#### Demontierbarkeit:

Zahl der Demontageoperationen  
 Zahl der Demontagerichtungen  
 Zahl unterschiedlicher Demontageoperationen  
 Zahl der Verbindungselemente  
 Zahl unterschiedlicher Verbindungselemente  
 Zugänglichkeit  
 Automatisierbarkeit der Demontage  
 Löse-/Trennenergie  
 Aufwand an Vorrichtungen  
 Zahl notwendiger Demontagewerkzeuge

#### Trennbarkeit:

Zahl und Aufwand notwendiger  
 Trennverfahrensschritte  
 Zahl und Aufwand notwendiger  
 Sonderbehandlungsschritte  
 Werkstofferkennungsmöglichkeit  
 Zahl zu trennender Werkstoffe  
 Zahl nichtverwertbarer Werkstoffe

#### Verwertbarkeit:

Wiederverwertung  
 Weiterverwertung  
 notwendige Verwertungsprozesse  
 gezielte Aufwertungsmöglichkeit  
 Rückgewinnungsgrad  
 Qualitätsminderung  
 Verschmutzungsgrad

Quelle: Pahl/Beitz, Konstruktionslehre, Springer 2007

# Maßnahmen zur Entwicklung umweltgerechter Produkte

1. Art und Menge der verwendeten Werkstoffe optimieren
2. Art und Menge des anfallenden Abfalls optimieren
3. Emissionen minimieren
4. Art und Menge des Energiebedarfs optimieren
5. Art und Intensität der Produktnutzung optimieren

39

## 3. Emissionen minimieren

Emissionen insbesondere im Hinblick auf ihre *Gesundheitswirkung* und ihre Berücksichtigung im *Emissionshandel* betrachten

- Nutzen Sie *Brennstoffe mit niedrigen Emissionen*.
- Setzen Sie *Filter* ein, *um Emissionen sowohl während der Produktion als auch während der Nutzung des Produktes zu reduzieren*.
- Reduzieren Sie die *Geräusentwicklung beim Gebrauch*.

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

40

## 4. Art und Menge des Energiebedarfs optimieren

- Im Laufe seines Lebens verbraucht ein Produkt Energie
- Die Art und Menge des Energieverbrauchs lässt sich durch Realisierung folgender Maßnahmen optimieren:
  - *Energieart optimieren*
  - *Menge des Energiebedarfs während der Nutzung minimieren*
  - *Menge des Energiebedarfs bei der Produktion minimieren*

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

41

## 4. Art und Menge des Energiebedarfs optimieren **Energieart optimieren**

- Wählen Sie *optimale Energiequellen für die Herstellprozesse* des Produktes aus:  
*Bevorzugen Sie Energieträger mit einer günstigen Primärenergiebilanz (z. B. Ersatz von Elektroenergie für die Prozesswärmeerzeugung durch Erdgas).*
- Wählen Sie die für das Produkt *optimale Antriebsenergie für die Nutzungsphase* aus:  
*Vermeiden Sie z. B. nicht aufladbare Batterien und verwenden Sie stattdessen regenerative Energien (z. B. solare Energie).*

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

42

## 4. Art und Menge des Energiebedarfs optimieren

### Menge des Energiebedarfs während der Nutzung minimieren

- Vermeiden Sie das *Wandeln und Leiten von Energie im Produkt*.
- *Minimieren Sie Reibungsverluste*, indem Sie beispielsweise reibungsarme Materialkombinationen verwenden oder Selbstschmierungeffekte nutzen.
- *Minimieren Sie thermische Verluste*, indem Sie beispielsweise die Isolierung von bestimmten Baugruppen erhöhen.
- *Minimieren Sie Strömungsverluste*, indem Sie beispielsweise glatte Oberflächen in durchströmten Kanälen realisieren.
- Realisieren Sie *häufig bewegte bzw. beschleunigte Teile in Leichtbauweise* und minimieren Sie so den Bedarf an Antriebsenergie.
- Sehen Sie eine *automatische Abschaltung bei kritischen Betriebszuständen* des Produktes vor.
- Beachten Sie *Möglichkeiten zur Energierückgewinnung* (z. B. Rückgewinnung von Bremsenergie).

Beachten Sie die Maßnahmen, die in den Vorlesungen zum Thema „Die Bedeutung der Nutzungsphase für die Entwicklung umweltgerechter Produkte“ Teil 1 bis 3 behandelt wurden!

Quelle: Reg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

## 4. Art und Menge des Energiebedarfs optimieren

### Menge des Energiebedarfs während der Nutzung minimieren

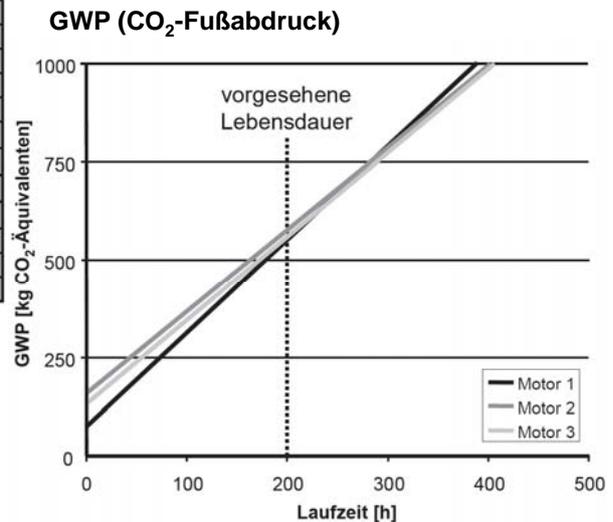
#### **Beispiel: Umweltgerechte Auswahl energieeffizienter Antriebe**

- Der Einsatz eines energieeffizienten Elektromotors lohnt sich erst, wenn der Mehraufwand durch den höheren Anteil an Kupfer, Stahl und Aluminium gegenüber einem konventionellen Motor durch eine Umweltentlastung in der Nutzungsphase amortisiert wird.
- Um den „ökologische Break-Even-Point“ zu bestimmen, muß der Herstell- und Entsorgungsaufwand sowie der Energieverbrauch der Motoren aus verschiedenen Energieeffizienzklassen in Abhängigkeit von der Betriebsdauer ermittelt werden.

Quellen: Abele, A., Birkhofer, R., Rüttinger, S.: EcoDesign – Von der Theorie in die Praxis, Springer 2008; Hermenau, U.: EcoDesign Implementierung in die Produktentstehungspraxis, Dissertation TU Darmstadt, Shaker 2009

# Umweltgerechte Auswahl energieeffizienter Antriebe

	Motor 1	Motor 2	Motor 3	
<b>Materialien</b>				
Kupfer	1,40	3,80	3,40	[kg]
Elektroblech	9,40	19,80	16,10	[kg]
Wellenstahl	1,60	2,70	2,50	[kg]
Aluminiumguss	2,39	5,00	4,00	[kg]
Grauguss	0,00	0,00	0,00	[kg]
<b>Nutzung</b>				
Abgabeleistung	3,9	4,0	4,0	[kW]
Wirkungsgrad	75,0	88,0	86,0	[%]
Auslastungsgrad	100,0	100,0	100,0	[%]
Lebensdauer	3,0	3,0	3,0	[Jahre]
Laufzeit pro Jahr	3680,0	3680,0	3680,0	[h]
<b>GWP</b>				
Materialien	72,49	157,80	130,86	[kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]
Transport	2,86	6,24	5,07	[kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]
Nutzung	26292,86	22983,27	23517,77	[kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]
Gesamt	26368,21	23147,31	23653,70	[kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]
<b>Schnittpunkte</b>	<b>1-2</b>	<b>1-3</b>	<b>2-3</b>	
	296	241	581	[h]
	777	660	1368	[kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]



Quellen: Abele, Anderl, Birkhofer, Rüttinger, EcoDesign – Von der Theorie in die Praxis, Springer 2008; Hermenau, U.: EcoDesign Implementierung in die Produktentstehungspraxis, Dissertation TU Darmstadt, Shaker 2009

## 4. Art und Menge des Energiebedarfs optimieren

### Menge des Energiebedarfs bei der Produktion minimieren

- Optimieren Sie durch *Prozeßintegration* den Energiebedarf, sehen Sie so wenige Produktionsschritte wie möglich vor.
- Vermeiden Sie *Fertigungsprozeßketten* mit hohem Energieverbrauch
- Streben Sie *Near-Net-Shape-Prozeßketten* an.
- Beachten Sie *Möglichkeiten zur Energierückgewinnung* (z. B. Nutzung von Prozessabwärme).

Quelle: Rieg et al. (Hrsg): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

## 5. Art und Intensität der Produktnutzung optimieren

- Die Nutzungsphase eines Produktes kann, je nach Produktart, einen erheblichen Anteil der Umweltauswirkungen ausmachen.
- Dazu kann auch das Verhalten der Nutzer maßgeblich beitragen
- Geeignete Maßnahmen sind
  - *Art der Produktnutzung optimieren*
  - *Intensität der Produktnutzung optimieren*

## 5. Art und Intensität der Produktnutzung optimieren **Art der Produktnutzung optimieren**

- Geben Sie *Einstellhilfen für kritische Betriebsparameter*, z. B. einen „Eco-Modus“ oder eine „RoteZone“ beim Drehregler für die Einstellung der Betriebsleistung bei Staubsaugern.
- *Übertragen Sie die Regelung von aus Umweltsicht kritischen Funktionen auf das Produkt*. Dies kann beispielsweise bei einem Staubsauger durch eine automatische Leistungswahl erfolgen.
- *Weisen Sie auf ökologisch unsinniges Verhalten (Nutzungsfehler, Nutzungseffizienzen) interaktiv hin*, indem Sie z. B. Warnlampen in das Produkt integrieren.
- Nehmen Sie *Hinweise zur ökologischen Nutzung in das Produkthandbuch* auf.
- Integrieren Sie ein für den Nutzer *erkennbares Feedback von kritischen Betriebsparametern*, z. B. Benzinverbrauchsanzeigen.
- Sehen Sie eine *intuitive Bedienlogik* vor, *um Fehlnutzung zu vermeiden*, indem Sie z. B. komplexe Bedienvorgänge mithilfe von aufgedruckten Piktogrammen verdeutlichen.

Beachten Sie die Maßnahmen, die in den Vorlesungen zum Thema „Die Bedeutung der Nutzungsphase für die Entwicklung umweltgerechter Produkte“ Teil 1 bis 3 behandelt wurden!

## 5. Art und Intensität der Produktnutzung optimieren

### Intensität der Produktnutzung optimieren

- Erhöhen Sie die *Lebensdauer des Produktes*, indem Sie z. B. ein *zeitloses Design* realisieren und *Wartungs- und Reparaturmöglichkeiten* vorsehen.
- Bieten Sie *Upgrading-Möglichkeiten* für das Produkt an, wie Steckplätze für die Aufrüstung von PCs.
- Entwickeln Sie *alternative Nutzungskonzepte*, indem Sie z. B. mehrere Funktionen in ein Gerät integrieren. So können beispielsweise zusätzliche Aufsätze für die Verwendung von Bohrmaschinen als Rühr-/Schleifwerkzeug integriert werden.

(Siehe auch Maßnahmen, die in den Vorlesungen zum Thema „Die Bedeutung der Nutzungsphase für die Entwicklung umweltgerechter Produkte“ Teil 1 bis 3 behandelt wurden.)

Erhöhen der Lebensdauer eines Produktes durch  
Wartungs- und Reparaturgerechtes Gestalten  
(= Instandhaltungsgerechtes Gestalten)

# Instandhaltung

## Instandhaltung = Vorausschauende und vorbeugende Maßnahmen

- zur *Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustandes*
- zur *Feststellung und Beurteilung des Istzustandes* von technischen Mitteln eines Systems

## Maßnahmen zur Instandhaltung

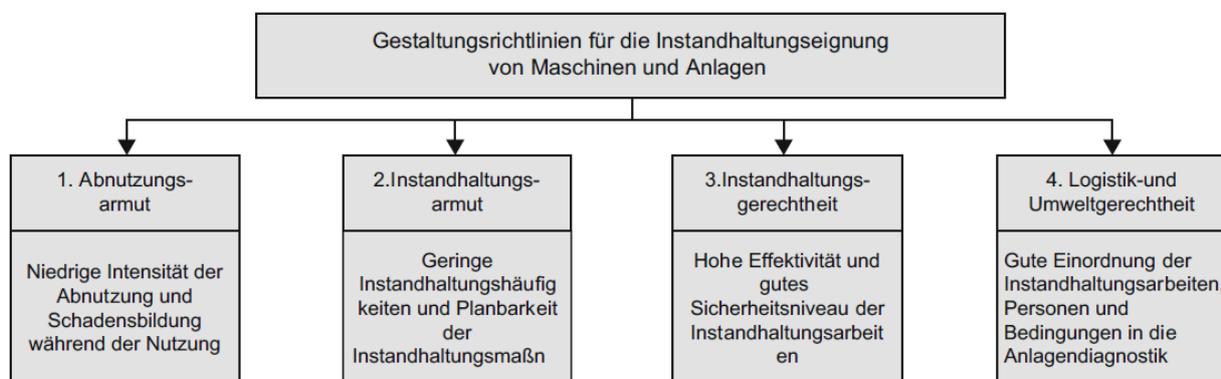
- *Wartung* als Maßnahmen zur Bewahrung des Sollzustandes
- *Inspektion* als Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Istzustandes
- *Instandsetzung* als Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes
  - *Ausfallbedingte Instandsetzung*
  - *Präventive, intervallbedingte Instandsetzung* (feste Zeitintervalle, Anzahl der Operationen, abgelegte Strecke)
  - *Präventive, zustandsbedingte Instandsetzung* (Erfassen / Messen des Zustandes)

=> Umweltbeeinträchtigungen entstehen immer, wenn Produkte nach Funktionsausfall nur mit hohem Aufwand (unwirtschaftlich) reparierbar oder gar irreparabel sind

51

Quelle: Pahl, Beitz, Konstruktionslehre, Springer 2007

## Gestaltungsrichtlinien für die Instandhaltungseignung



Quelle: Strunz, Instandhaltung, Springer 2012

52

# Forderungen an eine instandhaltungsgerechte Konstruktion

## 1. Abnutzungsarmut

- *Begründung aller nutzungsbedingten Abnutzungsprozesse*
- Kundenorientierte Auslegung der Lebensdauern von Bauteilen und Baugruppen
- Sicherung eines wirtschaftlich vertretbaren Niveaus des Ausfallverhaltens kritischer Bauteile und Baugruppen
- Verhinderung von Schäden und Folgeschäden durch die Möglichkeit frühzeitigen Detektierens (Frühdiagnose)

Quelle: Strunz, Instandhaltung, Springer 2012

53

## Abnutzungseffekte

### Abnutzungserscheinungen

- entstehen durch *Verschleiß, Korrosion, Ermüdung* sowie *Alterung*
- sind *auch bei normaler Nutzung* (Normalbetrieb) *nicht vermeidbar*

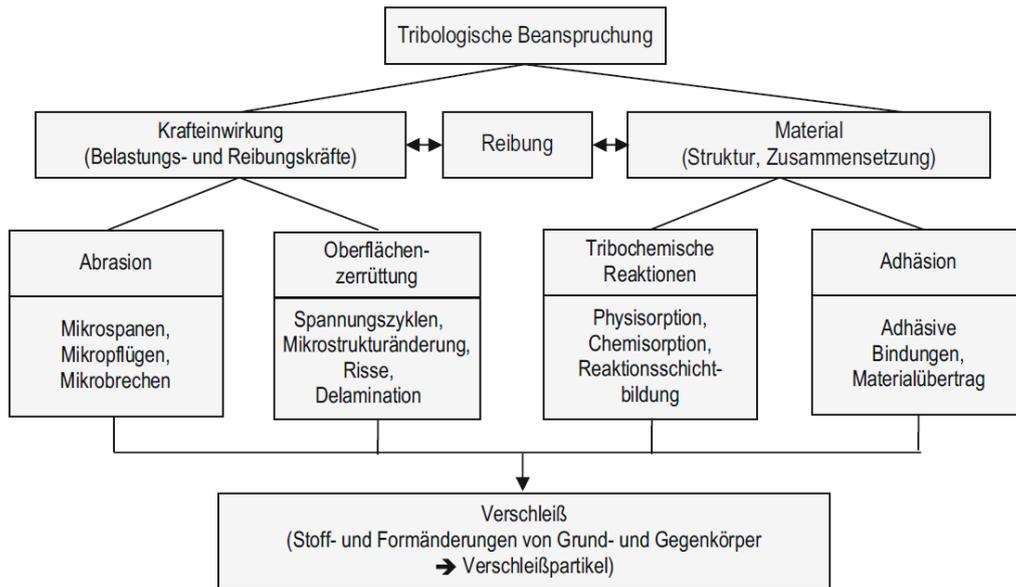
### Ursachen erhöhter Abnutzung sind:

- *Überlastung* durch Gewaltnutzung = Beschleunigung der Abnutzungsgeschwindigkeit,
- *fehlerhafter Einsatz* und/oder
- *fortgeschrittene Abnutzung*

Quelle: Strunz, Instandhaltung, Springer 2012

54

# Verschleißmechanismen



Quelle: Strunz, Instandhaltung, Springer 2012

55

## Forderungen an eine instandhaltungsgerechte Konstruktion

### 2. Instandhaltungsarmut

- Einordnung der Wartungs-, Inspektions- und Instandhaltungszyklen von Bauteilen und Baugruppen sowie die Wartungs- und Inspektionszeiten in bewährte *Instandhaltungskomplexe*
- Verwendung von *Austauschbaugruppen mit weitgehend gleicher Abnutzungsintensität* der wichtigen Bauteile
- Schaffung von Voraussetzungen für eine *Überwachung des technischen Zustandes der entscheidenden Bauteile*

### 3. Instandhaltungsgerechtigkeit

- *Leichte Demontierbarkeit* instandhaltungsintensiver Bauteile und Austauschbaugruppen sowie abnutzungsintensiver Elemente an langlebigen Bauteilen
- *Gute Zugänglichkeit und Übersichtlichkeit* der Instandhaltungsobjekte durch entsprechende konstruktive Gestaltung der Maschinen und Anlagen
- Zweckmäßige *Aufgabenteilung* zwischen installierten und externen Diagnose- und Wartungselementen
- Sichere *Anschlagpunkte* für Demontage-, Hebe- und Fördermittel im Instandhaltungsprozess

Quelle: Strunz, Instandhaltung, Springer 2012

56

# Forderungen an eine instandhaltungsgerechte Konstruktion

## 4. Logistik- und Umweltgerechtheit

- Durchführung von *Instandhaltungsmaßnahmen ohne größere Produktionsbehinderung*
- Zweckmäßige Einordnung der Instandhaltungsmaßnahmen in die Versorgung mit Ersatzteilen, Betriebs- und Schmierstoffen im Unternehmen
- Weitgehende Nutzung vorhandener Ausrüstungen, Spezialisten und Erfahrungen für die Instandhaltung
- Zweckmäßige Einordnung der Instandhaltungsmaßnahmen in die Abfall- und Recyclingwirtschaft des Unternehmens
- Vermeidung unzulässiger oder für die Anlage neuartiger Beanspruchungen und Gefährdungen von Mensch und Umwelt durch die Instandhaltung

Quelle: Strunz, Instandhaltung, Springer 2012

57

## Instandhaltungsgerechtes Gestalten

### Instandhaltungsgerechtes Gestalten (VDI 2246)

#### *Ideale Lösungsauswahl*

⇒ *Varianten bevorzugen, die*

- *völlig oder nahezu wartungsfrei sind* (z.B. durch Komponenten gleicher, für die gesamte Gebrauchsdauer garantierter Zuverlässigkeit und Sicherheit)
- *Instandhaltungsfragen überflüssig machen*

#### *Reale Lösungsauswahl*

⇒ *Varianten wählen, die*

- *wenig Wartung* brauchen
- *selbstaussgleichend* und *selbstnachstellend* sind
- Komponenten benutzen, die *ähnliche Lebensdauer* haben
- *einfach gestaltet* sind und *wenig Teile* haben
- viele *genormte Komponenten* verwenden
- *zugänglich* sind
- *zerlegbar* sind
- *modulare Bauweise* anwenden
- *wenig und gleiche Hilfsstoffe und Werkzeuge* anwenden

Quelle: Pahl, Beitz, Konstruktionslehre, Springer 2007

58

## Instandhaltungsgerechtes Gestalten

### Produktentwickler muß

- Wartungs-, Inspektions- und Instandsetzungsanweisungen *ausarbeiten und mitliefern*
- Wartungs- und Inspektionsstellen *deutlich markieren*

### Wartungs- und Inspektionsmaßnahmen sollen

- *Schadensfreiheit* bzw. Zuverlässigkeit *fördern*
- *Fehlermöglichkeiten* bei Demontage, Remontage und Wiederinbetriebsetzung *verhindern*
- *Wartungsmöglichkeit erleichtern*
- *Wartungsergebnisse kontrollierbar machen*
- *Inspektionsmöglichkeiten erleichtern*

Quelle: Pahl, Beitz, Konstruktionslehre, Springer 2007

59

## Instandhaltungsgerechtes Gestalten

### Unterstützung der Durchführung von Wartungs- und Inspektionsmaßnahmen durch

- Erreichbarkeit und Zugänglichkeit von Wartungs-, Inspektions- und Instandhaltungsstellen
- Sichere und ergonomische Arbeitsumstände
- Wahrnehmbarkeit ist sicherzustellen
- Durchschaubare Vorgänge der funktionalen Vorgänge und die der Hilfs- und Unterstützungsmaßnahmen ist zu gewährleisten
- Lokalisierbarkeit von eventuellen Schadensstellen ist zu ermöglichen
- Einfache Auswechselbarkeit (De- und Remontage) bei Instandsetzungsmaßnahmen ist in einfacher Weise zu schaffen

Quelle: Pahl, Beitz, Konstruktionslehre, Springer 2007

60

# Instandhaltungsgerechtes Gestalten

## Einschränkungen bei Konsumgütern

- Allgemein als *niedrig anzusehenden Instandhaltungsbereitschaft der Nutzer von Konsumgütern*
  - *Übertragung des Vorgehens und der Forderungen der insbesondere auf die Investitionsgüterbranche weit verbreiteten Instandhaltungsgerechten Konstruktion nicht grundsätzlich möglich:*
    - ⇒ *präventive Bemühungen* von den Nutzern *kaum zu erwarten*
    - ⇒ im Falle eines Defekts sind aufgrund der in Relation zum Neuproduktpreis von Konsumgütern *hohen Reparaturkosten häufig kaum ernsthafte Reparaturanstrengungen zu erwarten*
  - Beispiel Staubsauger
    - ⇒ Bei einer Nutzerbefragung über das Einsatzverhalten beim Staubsaugen wurde zwar eine *durchschnittliche Zahlungsbereitschaft für Reparaturen von etwa 12% des Neupreises eines Staubsaugers* angegeben
    - ⇒ Jedoch hat *keine der befragten Personen hat für den Fall einer Ersatzinvestition bei defektem Gerät auch nur ein Kostenvoranschlag eingeholt oder gar eine Reparatur durchgeführt!*
- ⇒ *Es sollte bei Konsumgütern daher primär das Ziel sein, mit Hilfe der Erkenntnisse über das Nutzungsverhalten besonders beanspruchte Bauteile und Baugruppen grundsätzlich verschleiß- und wartungsarm zu gestalten*

61

Quelle: Dannheim, F.: Die Entwicklung umweltgerechter Produkte im Spannungsfeld von Ökologie und Ökonomie – Eine Analyse unter besonderer Berücksichtigung der Nutzungsphase, Diss. TU Darmstadt, VDI Verlag, Düsseldorf 1999

62

# Maßnahmen ganzheitlich beurteilen

## Maßnahmen und ihre Wechselwirkungen

### **Jede Maßnahme kann auch Wechselwirkungen hervorrufen:**

- *Wechselwirkungen zu anderen Umweltaforderungen* in gleichen oder anderen Lebenslaufphasen
- *Wechselwirkungen zu technischen oder wirtschaftlichen Anforderungen*

⇒ Daher **positive und negative Wechselwirkungen antizipieren**

⇒ **Sämtliche Maßnahmen immer ganzheitlich** insb. ökologisch **beurteilen**

# Wechselwirkungen mit anderen Umweltwirkungen

## Wechselwirkungen mit anderen Umweltwirkungen

- Jede konstruktive Entscheidung hat Einfluss auf die Umweltwirkungen eines Produktes.
- Daher sollte eine Entscheidung über die Anwendung einer bestimmten Maßnahme zur Senkung der Umweltbeeinträchtigungen immer auch auf Auswirkungen auf andere Umweltwirkungen in der gleichen oder in anderen Lebensphasen hin untersucht werden.

### Wechselwirkungen können positiv oder negativ sein:

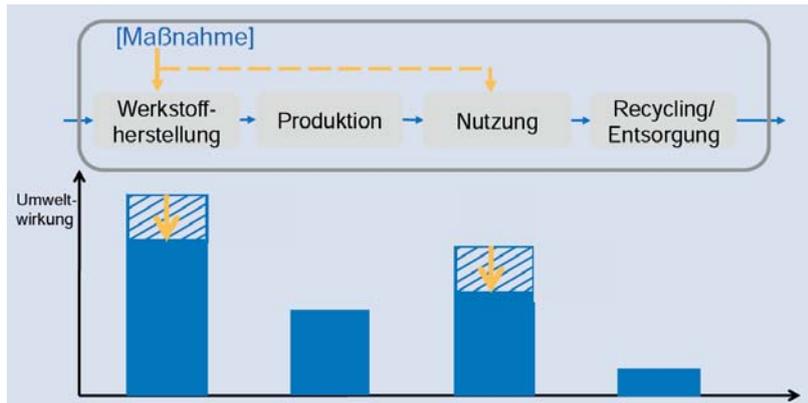
- *Positive Wechselwirkungen* liegen vor, wenn die Anwendung einer Maßnahme *zusätzliche positive Effekte* bzgl. der Umweltwirkungen in einer anderen als der ursprünglich beabsichtigten Form verursacht.
- *Negative Wechselwirkungen* dagegen beschreiben Effekte, in denen eine an sich ökologisch positiv zu bewertende Maßnahme *unerwünschte Auswirkungen in der gleichen oder in anderen Lebenslaufphasen* zur Folge hat.

## Wechselwirkungen mit anderen Umweltwirkungen

### Positive Wechselwirkung von Maßnahmen

#### Beispiel

- Ein Produkt in Leichtbauweise, die ursprünglich zur Gewichtsreduzierung und Verminderung des Energiebedarfs in der Nutzungsphase gewählt wurde, kann einen verminderten Ressourcenverbrauch während der Werkstoffherstellung bewirken.
- ⇒ Die ökologische Performance eines Produktes wird zusätzlich unterstützt.



67

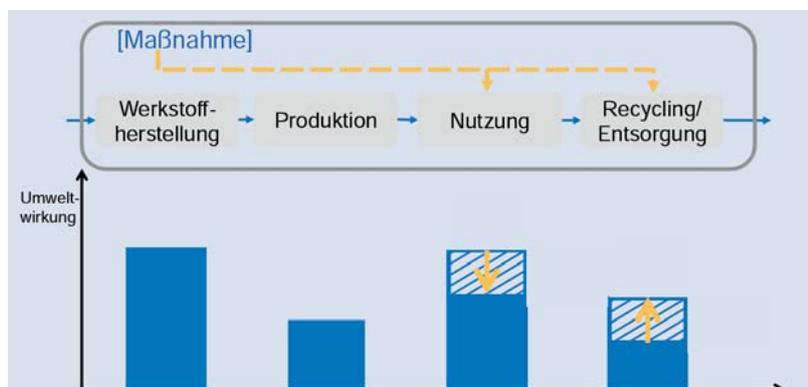
Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

## Wechselwirkungen mit anderen Umweltwirkungen

### Negative Wechselwirkung von Maßnahmen

#### Beispiel

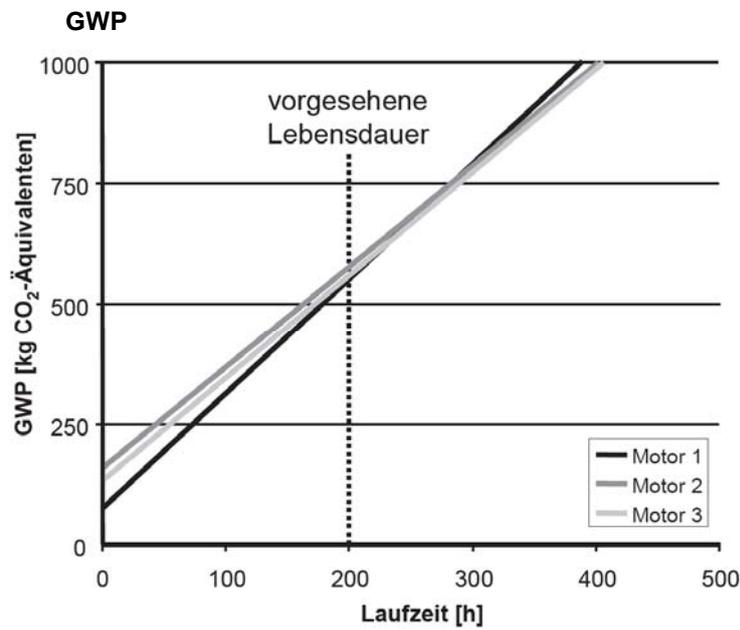
- Faserverbundwerkstoffe** mit duroplastischer Matrix (z. B. GFK, CFK) sind bei gleicher Festigkeit und Steifigkeit wesentlich leichter als viele metallische Werkstoffe und daher *besonders für mobile Anwendungsfälle geeignet*.
  - Der **Treibstoffersparnis** z. B. in PKWs oder Flugzeugen *steht* allerdings die *schlechte Recyclingfähigkeit der Faserverbundwerkstoffe* gegenüber.
- ⇒ Das Potential der positiven Auswirkungen der Treibstoffreduktion in der Nutzungsphase wird also zum Teil in der Recycling-/Entsorgungsphase kompensiert
- ⇒ Überwiegen die Verminderungen der Umweltbeeinträchtigungen die negativen Effekte an anderer Stelle, so kann die Maßnahme trotzdem zu einer besseren ökologischen Performance des Produktes führen.



68

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

## Beispiel: Negative Wechselwirkung vermeiden durch umweltgerechte Auswahl energieeffizienter Antriebe



69

Quellen: Abele, Anderl, Birkhofer, Rüttinger, EcoDesign – Von der Theorie in die Praxis, Springer 2008; Hermenau, U.: EcoDesign Implementierung in die Produktentstehungspraxis, Dissertation TU Darmstadt, Shaker 2009

## Wechselwirkungen mit Marktanforderungen

## Wechselwirkungen mit Marktanforderungen

- Die Entwicklung eines Produktes erfolgt gemäß den festgelegten Kundenanforderungen.
- Kollidieren Kundenanforderungen mit der Verwirklichung einer umweltgerechten Produktentwicklung, kommt es zu **Zielkonflikten**.

Zielkonflikte entstehen vor allem bei

- **Funktionellen Nachteilen**
- **Ästhetischen Defiziten**
- **Erhöhung der Herstellkosten**

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

71

## Wechselwirkungen mit Marktanforderungen **Funktionelle Nachteile**

Die **Verfolgung einer Maßnahme zur ökologischen Optimierung** kann z. B. dazu führen, daß die **Funktionserfüllung** und somit die **Qualität des Produktes eingeschränkt** wird und sich dies in **Effizienznachteilen** bemerkbar macht:

- Es ist z. B. denkbar, dass ein umweltschonendes Reinigungsmittel zwar weniger umweltschädigend ist, jedoch auch ein schlechteres Reinigungsergebnis erzielt.

Umgekehrt kann es vorkommen, daß gewisse **Standards einzuhalten** sind, die mit dem Bestreben nach weniger Umweltbeeinträchtigungen in **Konflikt** stehen:

- So führt z.B. bei der **Entwicklung eines PKWs** die **Einhaltung von hohen Sicherheitsstandards** meist zu einem **höheren Gewicht**, das wiederum einen **erhöhten Verbrauch von Kraftstoff** nach sich zieht.

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

72

## Wechselwirkungen mit Marktanforderungen

### Ästhetische Defizite

- Neben den potenziellen funktionalen Nachteilen können umweltgerecht entwickelte Produkte auch zu Defiziten im Bereich Ästhetik führen
- *Beispiel Recyclingpapier:*  
Die graue Färbung wird in der Regel als weniger ästhetisch empfunden als neu produziertes, weißes Papier.

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

73

## Wechselwirkungen mit Marktanforderungen

### Erhöhung der Herstellkosten

Weitere Wechselwirkungen bestehen oft zu wirtschaftlichen Anforderungen.

- So können Maßnahmen zur Steigerung der Umweltgerechtigkeit von Produkten zu einer *Erhöhung der Herstellkosten* führen und somit die *Marktgerechtigkeit infrage* stellen.
- Insbesondere, wenn *ökologische Produkte* auf dem Markt *zu höheren Preisen angeboten* werden als ihre Substitute und der realisierte Zusatznutzen für den Kunden *nicht in Form eines individuellen Nutzens zugänglich* ist, entstehen erhebliche *Spannungen zwischen Markt- und Umweltgerechtigkeit*.
- Bedeutet die *Implementierung einer bestimmten EcoDesign-Maßnahme* also eine Erhöhung der Entwicklungs- bzw. Herstellkosten, kann es für den Produktentwickler *schwierig oder gar unmöglich* sein, solche Maßnahmen durchzusetzen.

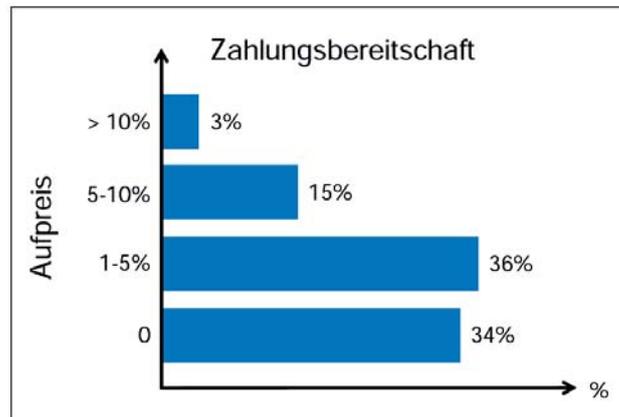
Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

74

## Wechselwirkungen mit Marktanforderungen

### Zahlungsbereitschaft für umweltgerechte Produkte

- Im Vergleich zu früheren Untersuchungen geben immer mehr Befragte ihre Bereitschaft an, einen Aufpreis für ein umweltgerechtes Produkt zu zahlen
- Jedoch ist die generelle Zahlungsbereitschaft von Kunden nach wie vor gering



75

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

## Wechselwirkungen mit Marktanforderungen

- Eine *pauschale Aussage* darüber, welche Maßnahme zur umweltgerechten Produktentwicklung einen Zielkonflikt zu anderen Anforderungen, wie Kosten oder Ästhetik, hervorruft, *kann nicht getroffen werden*.
- Für den Entwickler gilt immer, *im Einzelfall sorgfältig* zu prüfen, ob die infrage kommenden Maßnahmen einen Zielkonflikt zur Folge haben.
- Eine *enge Zusammenarbeit mit Marketing und Vertrieb ist unerlässlich*.

76

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012