

Prof. Dr.-Ing. Ekkehard Schiefer

## **EcoDesign**

### **Entwicklung umweltgerechter Produkte**

#### **Die Bedeutung der Nutzungsphase für die Entwicklung umweltgerechter Produkte (2)**

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

- Umweltbeeinträchtigungen aus Nutzungsprozessen
- Einfluß des Nutzungsverhaltens
- **Systematisierung der Nutzungsphase**
- Teilphasen der Nutzungsphase
- Analysieren von nutzungsbedingten Umweltbeeinträchtigungen
- Analysieren von Nutzereinflüssen auf Umweltbeeinträchtigungen

# Systematisierung der Nutzungsphase

## Die Nutzungsphase von Produkten

- Die *Nutzungsphase von Produkten* ist im *Fokus eines jeden Produktentwicklungsprojekts*
- Das *Produkt selbst* steht hierbei *im Mittelpunkt aller Aktivitäten*

Ursachen und Ausprägungen von *nutzungsbedingten Umweltbeeinträchtigungen* sind vielfältig:

⇒ *Art und Ausmaß von nutzungsbedingten Umweltbeeinträchtigungen werden wesentlich von Produkteigenschaften und Nutzerverhalten beeinflusst!*

⇒ Im Zuge des Produktentwicklungsprozesses wird der *Einfluß des Nutzerverhaltens maßgeblich bestimmt!*

5

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

## Einflußnahme der Produktentwicklung auf Umweltbeeinträchtigungen der Nutzungsphase

*Der relative Einfluß der Produktentwicklung auf Umweltbeeinträchtigungen* in der Nutzungsphase ist *deutlich geringer* als in den Lebensphasen Werkstoffherstellung und Produktion; Gründe sind:

- Zunehmende, zeitliche *Distanz der Nutzungsphase zum Produktentwicklungsprozeß*
- Umweltbeeinträchtigungen in der Nutzungsphase sind maßgeblich durch das *Verhalten des Nutzers* und besonders durch sein *Fehlverhalten* geprägt, worauf z.T. nur bedingt mit Maßnahmen der Produktentwicklung reagiert werden kann.

*Der absolute Einfluß der Produktentwicklung auf Umweltbeeinträchtigungen* in der Nutzungsphase ist aufgrund der ökologischen Dominanz der Nutzungsphase bei aktiven Produkten trotzdem *groß*:

⇒ *schon kleine Verbesserungen haben oft große Wirkungen!*

6

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

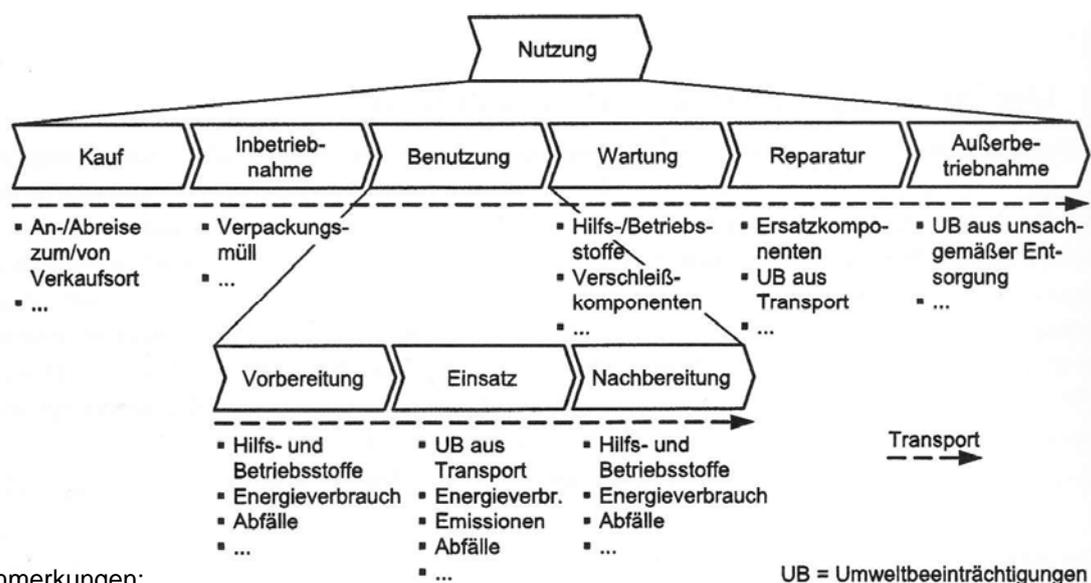
## Wesentliche Merkmale der Nutzungsphase

- *Ökologischen Relevanz* bezogen auf den gesamten Produktlebensweg
  - *Vielfalt möglicher Nutzungsprozesse*
  - *Große Fülle an Produkten zum Realisieren dieser Prozesse*
- ⇒ Eine ökologische Analyse von Produkten und Prozessen zum Zweck ihrer Optimierung erfordert
- ⇒ eine *Systematisierung der Nutzungsphase* und
  - ⇒ das *Bilden allgemeingültiger Teilphasen und Prozesse*.

7

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

## Gliederung der Nutzungsphase in Teilphasen



Anmerkungen:

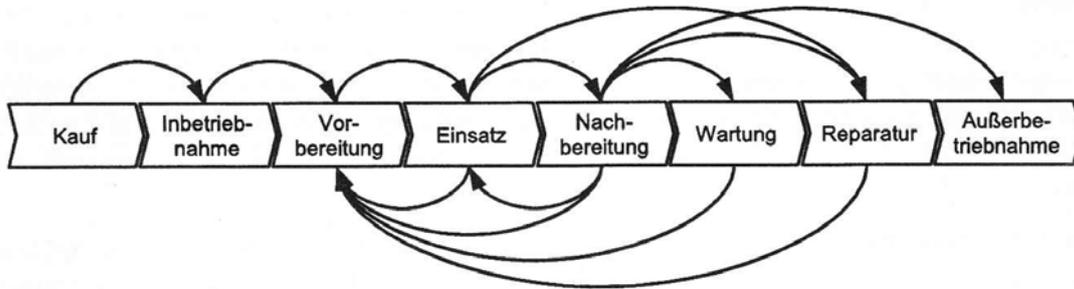
- Die Systematisierung stellt nur bedingt den zeitlichen Ablauf der Teilphasen dar
- Die ökologische Relevanz der einzelnen Teilphasen kann sich in Abhängigkeit des Untersuchungsobjekts stark unterscheiden
- Darüber hinaus laufen Transportprozesse innerhalb und zwischen den Teilphasen ab

8

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

## Kreisläufe innerhalb der Nutzungsphase

Die Teilphasen der Nutzungsphase werden ungleich häufig in Kreisläufen unterschiedlicher Größe durchlaufen



## Teilphase Kauf

## Teilphase Kauf

- In der Teilphase Kauf geht das Produkt in den Verantwortungsbereich des Nutzers über
- Die Teilphase Kauf bildet somit den Beginn der Nutzungsphase

## Teilphase Kauf

### Prozesse und relevante Umweltbeeinträchtigungen

#### Standardprozeßkette der Teilphase Kauf

- umfaßt alle Prozesse, die im Zusammenhang mit der Beschaffung von Produkten durch den Endnutzer und deren Bereitstellung am Einsatzort ablaufen
- Beginn: Kaufbedürfnis
- Ende: Produkt befindet sich im Verkaufs- bzw. Transportzustand am Einsatzort befindet.
- Erfolgt der Kauf durch Versand, schließt die Kaufphase den Transport vom Versandhaus zum Nutzer mit ein
- Transporte des Produkts vom Hersteller zum Verkaufs- oder Versandort sind nicht Bestandteil der Nutzungsphase sondern der Produktionsphase
- Prozesse, die der Lagerung oder der Bereitstellung von Produkten am Verkaufsort dienen, sind der Nutzungsphase zuzurechnen

Informationen beschaffen	Zum Verkaufsort anreisen	Vom Verkaufsort abreisen *	Produkt liefern/transportieren
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Druckerzeugnisse (Kataloge, Testberichte)</li> <li>▪ Internetrecherche</li> <li>▪ Messebesuche</li> <li>▪ Radio/TV</li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pkw/Lkw</li> <li>▪ ÖPNV/ÖPFV</li> <li>▪ zu Fuß, Fahrrad</li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pkw/Lkw</li> <li>▪ ÖPNV/ÖPFV</li> <li>▪ zu Fuß, Fahrrad</li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Versand</li> <li>▪ Lkw</li> <li>▪ ...</li> </ul>
* mit/ohne Produkt			<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Prozess</div> <span style="margin-left: 10px;">Ausprägung</span>

## Teilphase Kauf

### Prozesse und relevante Umweltbeeinträchtigungen

#### Relevante Umweltbeeinträchtigungen der Teilphase Kauf

- hängen ab von
  - *gewählter Informationsquelle und dem damit verbundenen Medium* (Internet, Zeitschriften, Beratung) sowie
  - der *Intensität der Informationsbeschaffung*
- resultieren aus der *An- und Abreise des Käufers zum Verkaufsort*
- entstehen durch *zusätzliche Transportprozesse*, z.B. bedingt durch eine separate Lieferung des Produkts
- Konsumgüter sind zudem häufig komplexe, technische Güter, deren Eigenschaften von vielen Nutzern von dem Kauf nur unzureichend beurteilt werden können
- Zum Beispiel kann die Lebensdauer oder auch die tatsächliche Saugleistung von Staubsaugern erst nach dem Kauf beurteilt werden.

13

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

## Teilphase Kauf

### Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen

#### Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen in der Teilphase Kauf (1)

##### **Einflußnahme der Produktentwicklung**

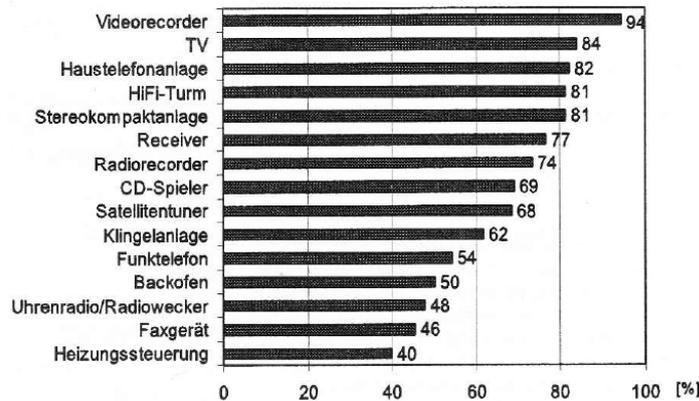
- ⇒ *In der Kaufphase besteht der größtmögliche Grad der Einflußnahme der Produktentwicklung auf Umweltbeeinträchtigungen, da hier die Kaufentscheidung für oder gegen ein umweltgerechtes Produkt stattfindet.*
- Vor diesem Hintergrund spielt das *ökologieorientierte Kaufverhalten* eine maßgebliche Rolle
  - ⇒ Produkte dürfen nicht nur *umweltgerecht* sein, sie müssen auch *marktgerecht* sein
  - ⇒ Die *Entwicklung des sogenannten „ökologischen Ladenhüters“* ist in jedem Fall zu *vermeiden* (Produkt, das produziert und entsorgt werden muß, ohne daß es seinem eigentliche Zweck, der Nutzung, zugeführt wird)

14

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

## Beispiel Benchmarking Energieeinsparpotentiale

Einsparpotentiale an Energie des jeweils marktbesten Produkts in Relation zu dem Produkt mit dem höchsten Energieverbrauch:



**Problem:** Wenn man nur nach dem besten schießt, wird man nie besser

Sinnvoller wäre es, anstelle eines marktbesten Produkts, welches den aktuellen Stand der Technik widerspiegelt, ein „umweltbestes“ Produkt zum Vergleich heranzuziehen

- ⇒ Dieses könnte das *physikalische Ideal aus theoretischer Sicht (Physikalische Grenze)* darstellen.
- ⇒ Beispielsweise könnte mit dem *Angeben von Wirkungsgraden einen Vergleich zum physikalischen Ideal herstellen*

15

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

## Teilphase Kauf Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen

### Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen in der Teilphase Kauf (2)

#### Nutzerbezogene Einflüsse

- Grad der Informationsbeschaffung und Informationsintensität steigen mit zunehmender Wichtigkeit des Produkts
- Stellenwert ökologischer Kaufentscheidungskriterien wird durch Grad des Umweltbewußtseins beim Nutzer beeinflusst

#### Produktbezogene Einflüsse

- Masse und Volumen des Produktes beeinflussen Umweltbeeinträchtigungen kaufrelevanter Transportprozesse
- Gestaltung der Verpackung

16

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

# Teilphase Inbetriebnahme



## Teilphase Inbetriebnahme

- Im Anschluß an den Kauf folgt in der Regel die Inbetriebnahme
- Inbetriebnahme
  - ist *das erstmalige Vorbereiten eines Produktes auf seine Benutzung*
  - *umfaßt alle einmalig durchzuführenden Prozesse*
    - *ab Bereitstellung des Produkts im Verkaufszustand am Nutzungsort*
    - *bis zu seiner erstmaligen Benutzung*
  - Nur beim einem Wechsel des Nutzungsortes werden Prozesse der Inbetriebnahme ggf. wiederholt
- Beispiele:
  - Erstreinigung der Backröhre eines Backofens durch einmaliges Aufheizen auf Maximaltemperatur mit dem Ziel der Entfernung von Schutzmitteln
  - Gasgrill ohne Grillgut 20 min aufheizen, damit die Lackierung aushärtet

## Teilphase Inbetriebnahme

### Prozesse und relevante Umweltbeeinträchtigungen

#### Standardprozeßkette der Teilphase Inbetriebnahme

- Prozesse in der Teilphase Inbetriebnahme versetzen das Produkt vom Verkaufs- bzw. Transportzustand in den betriebsbereiten Zustand

Produkt auspacken	Sich der Verpackung entledigen	Endmontage/Installation durchführen	Erstreinigung vornehmen	Produkt kennen lernen
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Aufschneiden</i></li> <li>▪ <i>Aufreißen</i></li> <li>▪ <i>Herausziehen</i></li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Entsorgung</i></li> <li>▪ <i>Recycling</i></li> <li>▪ <i>Einlagerung</i></li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Transportsicherung entfernen</i></li> <li>▪ <i>Zusammenbau</i></li> <li>▪ <i>Anschließen</i></li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Ausbrennen</i></li> <li>▪ <i>Abwaschen</i></li> <li>▪ <i>Abspülen</i></li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Bedienungsanleitung lesen</i></li> <li>▪ <i>Versuch und Irrtum</i></li> <li>▪ <i>Verbale Einweisung</i></li> <li>▪ ...</li> </ul>
<p>Prozess Ausprägung</p>				

19

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

## Teilphase Inbetriebnahme

### Prozesse und relevante Umweltbeeinträchtigungen

Beim Auspacken entstehen Umweltbeeinträchtigungen

- wenn durch eine unsachgemäße Prozeßführung **Beschädigungen** am Produkt auftreten
- bei der Behandlung der Verpackung in Abhängigkeit des vom Nutzer gewählten **Entsorgungswegs** entstehen.

Zu unterscheiden ist dabei zwischen

- der eigentlichen **Produktverpackung** und
- zusätzlichen **Transportverpackungen** wie Paletten, Folien und Bandeisen bei Investitionsgütern oder Tragetaschen bei Konsumgütern

20

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

## Teilphase Inbetriebnahme

### Prozesse und relevante Umweltbeeinträchtigungen

- *Bei Endmontage / Installation* innerhalb der Inbetriebnahmephase werden *Umweltbeeinträchtigungen im späteren Einsatz festgelegt*
- Beispiel: Der *Aufstellungsort von Kühlgeräten* hat in Bezug auf die *Umgebungstemperatur* und den *Abstand zur Anstellwand* einen bedeutenden *Einfluß auf den Energieverbrauch* im Einsatz:

Umgebungstemperatur [°C]	Energieverbrauch [kWh/Tag]	Abstand zur Anstellwand [mm]	Energieverbrauch [kWh/Tag]
16	0,30	30	0,544
25	0,50	45	0,542
32	0,75	200	0,509

- Weitere Umweltbeeinträchtigungen bei *Endmontage / Installation* entstehen durch An- und Abreise, wenn die Installation nur durch fachkundiges Personal durchgeführt werden kann.

## Kennenlernen des Produkts bei Inbetriebnahme von Konsumgütern

*Prägende Wirkungen der Erstnutzung und die Intensität des Umgangs mit der Bedienungsanleitung ziehen Folgewirkungen im regelmäßigen Einsatz nach sich*

- ⇒ *Dem Kennenlernen des Produkts kommt somit eine umweltrelevante Bedeutung zu*
- ⇒ *Nutzergerechte Gestaltung der Bedienungsanleitung* und weiterer an Produkt oder Verpackung angebrachte Informationen spielen hierbei eine wesentliche Rolle
- ⇒ Vor dem Hintergrund, daß Bedienungsanleitungen nicht immer gelesen werden, konnte nachgewiesen werden, daß das *Anbringen von umweltrelevanten Produktinformationen am Gerät selbst* zu einer Verbesserung des Umweltverhaltens des Nutzers führen kann.

## Teilphase Inbetriebnahme

### Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen

#### **Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen in der Teilphase Inbetriebnahme (1)**

- Das *Reduzieren von Fehlverhalten* ist bei der Verringerung von Umweltbeeinträchtigungen in der Nutzungsphase von besonderer Bedeutung
- Dem *Kennenlernen des Produkts bei Inbetriebnahme* von Konsumgütern kommt daher eine *besondere Bedeutung* zu

#### **Einflußnahme der Produktentwicklung**

- *Gestaltung von Produktinformationen* (Bedienungsanleitung, Hinweise auf der Verpackung, Aufkleber auf dem Produkt)
- *Konstruktive Maßnahmen zum Reduzieren von Fehlbedienungen*
- *Gestaltung der Verpackung*: durch geeignete Werkstoffe und Baustrukturen können *Beschädigungen* des Produkts beim Transport oder beim Auspacken *vermieden* und Umweltbeeinträchtigungen aus der Entledigung reduziert werden
- Siehe auch: *VDI 4409 - Vorgehensweise zur umweltorientierten Gestaltung und Auswahl von Verpackungen*

23

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006  
VDI 4409 - Vorgehensweise zur umweltorientierten Gestaltung und Auswahl von Verpackungen

## Teilphase Inbetriebnahme

### Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen

#### **Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen in der Teilphase Inbetriebnahme (2)**

#### **Nutzerbezogene Einflüsse**

- Aufmerksames Lesen der Produktinformationen
- Intensive Auseinandersetzung mit dem Produkt
- Wahl des Aufstellungsorts
- Art der (Erst-)Reinigung (Wasserkocher auskochen; Gasgrill: Lack aushärten)
- Art der Entsorgung der Verpackung

#### **Produktbezogene Einflüsse**

- Volumen, Masse und Robustheit des Produktes haben direkte Auswirkungen auf die Gestaltung der Verpackung
- Komplexität der Bedienung
- Komplexität der Installation

24

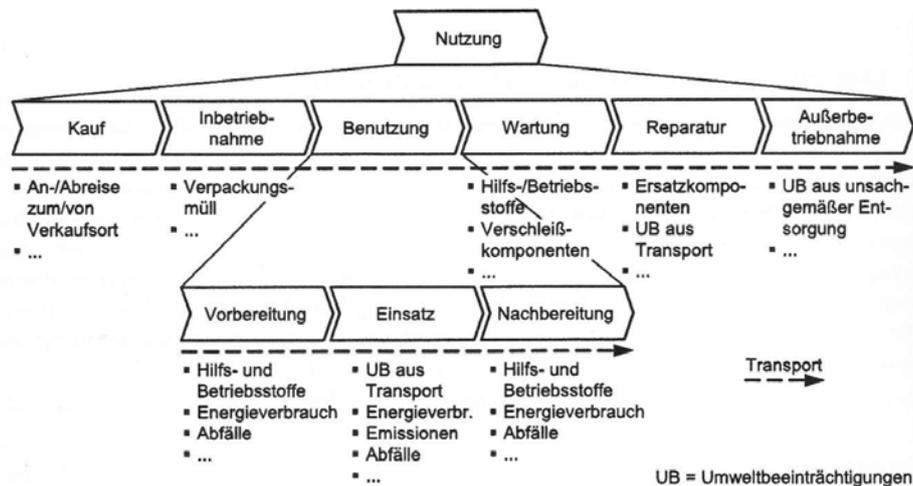
Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

# Teilphase Benutzung



## Teilphase Benutzung

- Die *Benutzungsphase beinhaltet den Nutzungsprozesse des Produktes im Einsatz* und schließt *Vorbereitung* und *Nachbereitung* mit ein
- Im Unterschied zur Inbetriebnahme wird die *Benutzungsphase mehrfach* innerhalb der Nutzungsphase *durchlaufen*





# Teilphase Vorbereitung



## Teilphase Vorbereitung

Die *Vorbereitung*

- stellt den *Beginn der Benutzung* dar
- bereitet das Produkt auf seinen Einsatz vor
- wird regelmäßig in jedem Bearbeitungszyklus, aber nicht zwingend vor jedem Einsatz durchgeführt

### Vorbereiten

- ist *das wiederholte Präparieren eines Produktes auf seinen Einsatz im Zuge der Benutzung*
- umfaßt *alle Prozesse, die ein Produkt in den einsatzbereiten Zustand überführen* - im Anschluß an die (erstmalige) Inbetriebnahme, z.B. Laden von Energiespeichern, Dosieren von Hilfs- und Betriebsstoffen...



## Teilphase Vorbereitung

### Prozesse und relevante Umweltbeeinträchtigungen

#### Standardprozeßkette der Teilphase Vorbereitung

- Das Vorbereiten des Einsatzes beginnt bei mobil genutzten Produkten mit dem Transport des Produkts vom Aufbewahrungs- zum Einsatzort und endet mit dem Start des Nutzungsprozesses im Einsatz
- Es betrifft nicht nur Vorbereitungen mit direktem Produktbezug, sondern bezieht sich zusätzlich auf die Produktumgebung und die Operanden
- Beispiel: Freiräumen der durch Staubsaugen zu reinigenden Fläche  
*Das Vorbereiten der zu reinigenden Fläche (des Operanden) vermindert die Umweltbeeinträchtigungen nicht beim Vorbereiten sondern erst im eigentlichen Einsatz => zügiges (unterbrechungsfreies) Staubsaugen*

Produkt zum Einsatzort transportieren	Operand, Hilfs- und Betriebsst. beschaffen	Betriebsbereitschaft prüfen	Hilfs-, Betriebsst., Operand dosieren und zuführen	Energie bereitstellen	Betriebsparameter festlegen, Programm vorwählen	Prozessumgebung vorbereiten
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pkw/Lkw</li> <li>▪ ÖPNV/ÖPFV</li> <li>▪ zu Fuß/Fahrrad</li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pkw/Lkw</li> <li>▪ ÖPNV/ÖPFV</li> <li>▪ zu Fuß/Fahrrad</li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Staubbeutfüllstand</li> <li>▪ Ölstand</li> <li>▪ Salzvorrat</li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Messen</li> <li>▪ Schätzen</li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fossile Energieträger</li> <li>▪ Elektrische Netzenergie</li> <li>▪ Chem., Energiespeicher</li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bunt-/Kochwäsche</li> <li>▪ Fugen-/Bodendüse</li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Teppichboden freiräumen</li> <li>▪ Fremdkörper vom Rasen entf.</li> <li>▪ ...</li> </ul>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Prozess</div> Ausprägung						

Operand (lat. operandum, das zu Bearbeitende')

29

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006



## Teilphase Vorbereitung

### Prozesse und relevante Umweltbeeinträchtigungen

- Umweltbeeinträchtigungen entstehen aus *Transportprozessen* bezogen auf das Produkt sowie die Hilfs- und Betriebsstoffe
- *Verpackungen* der Hilfs- und Betriebsstoffe sind zu *entsorgen*
- Das *Prüfen der Betriebsbereitschaft* umfaßt das *Kontrollieren der Füllstrände von Betriebs- und Hilfsstoffen sowie der Ladezustände von Energiespeichern*
- Die *Dosierung* betrifft nicht nur *Hilfs- und Betriebsstoffe*, sondern auch den *Operanden* selbst, bspw. die *Beladung von Wasch- und Geschirrspülmaschinen*
  - *Überdosierungen* von Hilfs- und Betriebsstoffen führen zu direkten Umweltbeeinträchtigungen durch unnötige Produktion und Entsorgung
  - *Unterdosierungen* belasten die Umwelt indirekt, wenn bspw. Heizstäbe von Geschirrspülmaschinen aufgrund mangelnden Salzvorrats vorzeitig verkalken oder die Geschirrspülmaschine nur halbvoll beladen wird
- Beim *Laden von Energiespeichern* kann es zu unnötigen Verlusten durch
  - *Überladen* des Energiespeichers
  - *Belassen des Ladegeräts am Energieversorgungsnetz* bei Nichtbenutzung
  - durch *vermeidbare Selbstentladung* kommen.

30

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006



## Teilphase Vorbereitung

### Prozesse und relevante Umweltbeeinträchtigungen

- Eine dem Zustand und den Eigenschaften des Operanden *angepaßte Programmvorwahl und Einstellung von Betriebsparametern* kann zu erheblichen *Umweltentlastungen* führen:
    - *Beispiel Wäschewaschen: Zustand (Verschmutzungsgrad) und Eigenschaften des Operanden (textiles Material)*
  - Durch *große Programmvierfalt* moderner Geräte steigt die *Komplexität der Bedienung* andererseits deutlich an: *Gefahr der Fehlbedingung nimmt zu!*
  - Das *Vorbereiten der Prozeßumgebung* unterstützt ein *effizientes Ausführen des eigentlichen Nutzungsprozesses in der Teilphase Einsatz* oder *vermindert das Risiko von Schäden*  
*Beispiele: Freiräumen des Bodens vor dem Staubsaugen; Entfernen von Steinen und Ästen vor dem Rasenmähen*
- ⇒ *Vorbereitungsprozesse führen* (bis auf Umweltbeeinträchtigungen aus Transport- und Entsorgungsprozessen ) *zu indirekten Umweltent- und -belastungen, die erst in der nachfolgenden Teilphase Einsatz oder gar erst bei Wartung und Reparatur zum Tragen kommen.*

31

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006



## Teilphase Vorbereitung

### Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen

#### **Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen in der Teilphase Vorbereitung (1)**

##### **Einflußnahme der Produktentwicklung**

- Einflußmöglichkeiten bestehen bei allen die *Nutzer-Maschine-Schnittstelle* betreffenden konstruktiven Maßnahmen, welche
  - das *Prüfen von Hilfs- und Betriebsstoffen* vereinfachen (Beispiele sind einfache Schaugläser bis hin zu digitalen Anzeigen)
  - den *Nutzer bei der Dosierung unterstützen*  
 Beispiele: einfache Dosierhilfen wie Markierungen, aber auch Automatisierungen des gesamten Dosierungsprozesses
- Direkter Einfluß auf die Umweltbeeinträchtigungen aus Transportprozessen durch die *Festlegung von Masse und Volumen des Produkts*
- Das Vorbereiten der Prozeßumgebung ist dagegen durch die Produktentwicklung praktisch nicht einflußbar

32

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006



## Teilphase Vorbereitung Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen

### Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen in der Teilphase Vorbereitung (2)

#### Nutzerbezogene Einflüsse

- Dosierung und Programmwahl
- Auslastung von Geräten
- Gestaltung von Transportprozessen
- Art der Entledigung von Verpackungen
- Das Vorbereiten der Prozeßumgebung ist ausschließlich dem Nutzer vorbehalten und kann kaum beeinflusst oder unterstützt werden
  - ⇒ Teilweise werden vorbereitenden Tätigkeiten aus Bequemlichkeit unterlassen und diese erst während des Einsatzes bei laufendem Gerät durchgeführt

#### Produktbezogene Einflüsse

- Die Vorbereitungsphase ist in hohem Maße *produktspezifisch*
- Produktbezogene Verallgemeinerungen sind kaum möglich
- Allgemeine Einflußfaktoren bestehen in der *Gestaltung der Energieversorgung mobiler Produkte* und in den Maßnahmen zur *Unterstützung von Prüf- und Dosierprozessen bezogen auf Hilfs- und Betriebsstoffe sowie auf den Operanden*

33

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006



## Teilphase Einsatz



## Teilphase Einsatz

### In der Teilphase Einsatz

- findet der eigentliche *Gebrauch des Produktes* statt
  - wird im *bestimmungsgemäßen Einsatz* der *Gebrauchsprozeß des Produkts mittels Produktprozessen* ausgeführt
  - sind *alle zum Erfüllen der Gesamtfunktion durchgeführten Prozesse eingeschlossen*
  - entstehen bei aktiven Produkten häufig die größten Umweltbeeinträchtigungen
- ⇒ Bedingt durch die enorme Vielfalt an Produkten und Nutzungsprozessen in der Teilphase Einsatz ist es nicht möglich eine verallgemeinerte (auf alle Produkte übertragbare) Standardprozeßkette anzugeben

35

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006



## Teilphase Einsatz

### Relevante Umweltbeeinträchtigungen

- Nennenswerte Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen bestehen im Nutzerverhalten
- Beispielsweise können Energieverbräuche bei Konsumgütern je nach Nutzer bis um den Faktor drei differieren
- Auch sind bestimmungsgemäßer und zweckentfremdeter Gebrauch zu unterscheiden

36

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006



## Teilphase Einsatz

### Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen

#### Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen in der Teilphase Einsatz

##### Einflußnahme der Produktentwicklung

- Bedingt durch die *ökologische Relevanz der Einsatzphase* und den großen *Einfluß des Nutzerverhaltens* bildet diese Teilphase der *Schwerpunkt der Einflußnahme durch die Produktentwicklung*
- Den Einsatz betreffende konstruktive Maßnahmen bestehen u.a.
  - im *Vermeiden von Energiewandlungen*
  - im *Optimieren der energetischen und stofflichen Wirkungsgrade*
  - in der *Wahl effizienter Wirkprinzipien*
- Besonders hervorzuheben sind *Leerlaufverluste im passiven Einsatz*, die bei rund 80% der elektrischen Konsum- und Investitionsgüter (Haushaltsgeräte, Werkzeugmaschinen) auftreten

37

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte. Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006



## Leerlaufverluste

### in Privathaushalten und Büros

- Viele Elektrogeräte verbrauchen auch dann Energie, wenn sie ihre eigentliche Funktion nicht erfüllen: im *Leerlauf*.
- *Standby* ist die bekannteste, aber nicht die einzige Form dieser Energievergeudung.
  - Immer mehr Elektrogeräte haben keinen Schalter mehr, der das Gerät vom Netz trennt.
  - Allein in Deutschland kostet der Stromverbrauch durch Leerlaufverluste pro Jahr so mindestens vier Milliarden Euro (Stand 2012)
  - Leerlaufverluste sind nicht direkt abhängig von der Produktart, es kommt vielmehr zu großen Unterschieden zwischen den Herstellern

38



## Leerlaufverluste in Privathaushalten und Büros

- Leerlaufverluste treten bei einer großen Zahl an Geräten auf.
  - Die Ursachen sind ebenso vielfältig wie die Leerlaufarten.
- ⇒ *Manche Leerlaufarten* treten *bei vielen Geräten* auf, z.B. das *Schein-Aus*
- ⇒ *Andere Leerlaufarten* treten *nur bei einzelnen Gerätegruppen* auf, z.B. die *Druckbereitschaft bei Druckern und Kopierern*.
- Als Grundlage für eine Regelung ließ die EU-Kommission in einer Studie Leerlaufarten untersuchen, die bei sehr vielen Geräten auftreten.
    - Die Studie ermittelte für die EU Leerlaufverluste in Höhe von insgesamt 51 Mrd. Kilowattstunden.
    - Mit der Verordnung 1275/2008/EG ist EU-weit eine Minderung unnützer Stromverluste um 35 Milliarden Kilowattstunden (kWh) pro Jahr bis zum Jahr 2020 zu erwarten.
    - Dies entspricht einer Einsparung von 14 Millionen Tonnen des Klimagases Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) und etwa 9 Großkraftwerken mit 800 Megawatt.

Quellen: Umweltbundesamt, <http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energiesparen/leerlaufverluste>  
 VERORDNUNG (EG) Nr. 1275/2008 DER KOMMISSION vom 17. Dezember 2008 zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an den Stromverbrauch elektrischer und elektronischer Haushalts- und Bürogeräte im Bereitschafts- und im Aus-Zustand <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ%3AL%3A2008%3A339%3A0045%3A0052%3ADE%3APDF>

39



## Leerlaufverluste in Privathaushalten und Büros

Gerät	Leistungsaufnahme in Watt		
	Normalbetrieb	Stand-by	(Schein-) Aus
HIFI-Kompaktanlage	22	8	1,5
Stereoanlage (Verstärker, Receiver und 2 Einzelgeräte)	40	10	4
Radiowecker	3	1,7	–
Fernseher (Röhrenfernseher)	90	6	1,5
Videorekorder	17	6	1,5
DVD-Spieler	12	5	1,5
Schnurlostelefon (Basisstation und Handgerät)	3,5	2	–
PC	75	15	3,5
Notebook	30	5	2,5
Monitor (Röhrenbildschirm / Flachbildschirm)	73 / 25	15 / 2	2 / 2,5
Tintenstrahl-Drucker	20	6	3
Scanner	16	4	2
Satellitenempfänger	17	8	–
DSL-Modem	7	–	–
Videospielkonsole (ältere Bauart)	22	–	1,2
Videospielkonsole (neuste Bauart)	160	–	1,3

40

Quelle: Fraunhofer ISI, FIE TU Dresden, 2005 und Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) [http://www.dena.de/fileadmin/user\\_upload/Publicationen/Stromnutzung/Dokumente/Weiterführende\\_Informationen\\_Standby.pdf](http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Publicationen/Stromnutzung/Dokumente/Weiterführende_Informationen_Standby.pdf)



## Leerlaufverluste in Privathaushalten und Büros

### Beispielrechnung: Geräte in dauerhaftem Stand-by-Betrieb

	Leistung im Leerlauf: Stand-by etc. (Watt)	Durchschnittliche Leerlaufzeit am Tag (Stunden)	Kosten (Euro pro Jahr)
TV neu	1	20	1,21
TV alt	6	20	7,24
Set-Top-Box	6	19	6,87
Video- oder DVD-Rekorder	6	23	8,32
HiFi-Anlage	10	20	12,06
3 Radios	5	21	6,33
PC mit Monitor und Drucker	20	20	24,12
DSL-Router (mit WLAN)*	12	20	14,47
2 Mobiltelefone (Ladegeräte)	4	23	5,55
Telefon schnurlos (Ladeschale)	2	23	2,77
Anrufbeantworter	3	24	4,34
<b>Gesamtkosten pro Jahr</b>			<b>93,28</b>

Strompreis 18 Cent/KWh. \*Für dieses Gerät ist der Normalverbrauch angegeben, da dieses Gerät normalerweise in Betrieb ist, solange es nicht abgeschaltet wird.

41

Quelle: Fraunhofer ISI, FIE TU Dresden, 2005 und Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) [http://www.dena.de/fileadmin/user\\_upload/Publicationen/Stromnutzung/Dokumente/Weiterführende\\_Informationen\\_Standby.pdf](http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Publicationen/Stromnutzung/Dokumente/Weiterführende_Informationen_Standby.pdf)



## Leerlaufverluste an Werkzeugmaschinen

### Werkzeugmaschinen

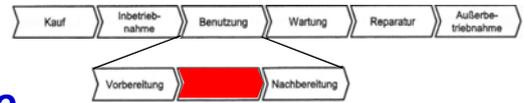
- Untersuchungen haben ergeben, daß die **Grundlasten bis zu drei Viertel der Gesamtenergieaufnahme einer Werkzeugmaschine** betragen und **nur ein Viertel der Energie vom Fertigungsprozeß selbst verbraucht** wird
  - 30 Prozent des Energieverbrauchs bei Werkzeugmaschinen entstehen im **Stand-by-Betrieb durch Grundleistung allein zum Erhalt der Prozeßstabilität:**
- ⇒ Untersuchungen an CNC-Drehmaschinen ergaben, daß der **Grundleistungsbedarf von Drehmaschinen zwischen 3 und 6 kW** liegen kann.

**Grundleistung** ist der Bedarf einer betriebswarmen Werkzeugmaschine,

- bei dem Werkzeug und Werkstück in ihrer Lage zueinander verharren und die Aggregate zur Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft (Steuerung, Lüfter, Pumpen) ihre Funktion erfüllen.
- Der Zustand der Grundleistung tritt während Spann-, Einricht-, Meß- und Prüfoperationen sowie Arbeitspausen auf
- Vor allem hochpräzise CNC-Maschinen werden auch während der Arbeitspausen und **in arbeitsfreien Schichten nicht abgeschaltet** und haben dabei einen konstanten Grundleistungsbedarf.

42

Quellen: Schiefer, E.: Ökologische Bilanzierung von Bauteilen für die Entwicklung umweltgerechter Produkte am Beispiel spanender Fertigungsverfahren. Aachen: Shaker, 2001  
Studie Energieeffizienz in der Produktion - Untersuchung zum Handlungs- und Forschungsbedarf. Fraunhofer Gesellschaft 2008  
[http://www.fraunhofer.de/content/dam/izp/de/migration3/documents/Studie\\_Energieeffizienz\\_tent7-85547.pdf](http://www.fraunhofer.de/content/dam/izp/de/migration3/documents/Studie_Energieeffizienz_tent7-85547.pdf)

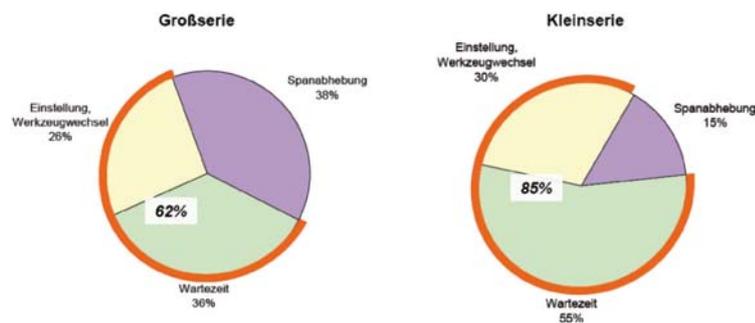


## Leerlaufverluste an Werkzeugmaschinen

### Auslastung von Werkzeugmaschinen

- man kann davon ausgehen, daß Werkzeugmaschinen in Kleinserie nur zu 15 Prozent und in der Großserie u.U. nur bis zu 40 Prozent der Betriebszeit tatsächlich arbeiten
- Die restliche Zeit verbringen die Maschinen in Warte- und Rüstzuständen, in denen sie die volle Grundlast verbraucht.

### Verteilung der zeitlichen Auslastung von Werkzeugmaschinen in der Klein- und Großserie

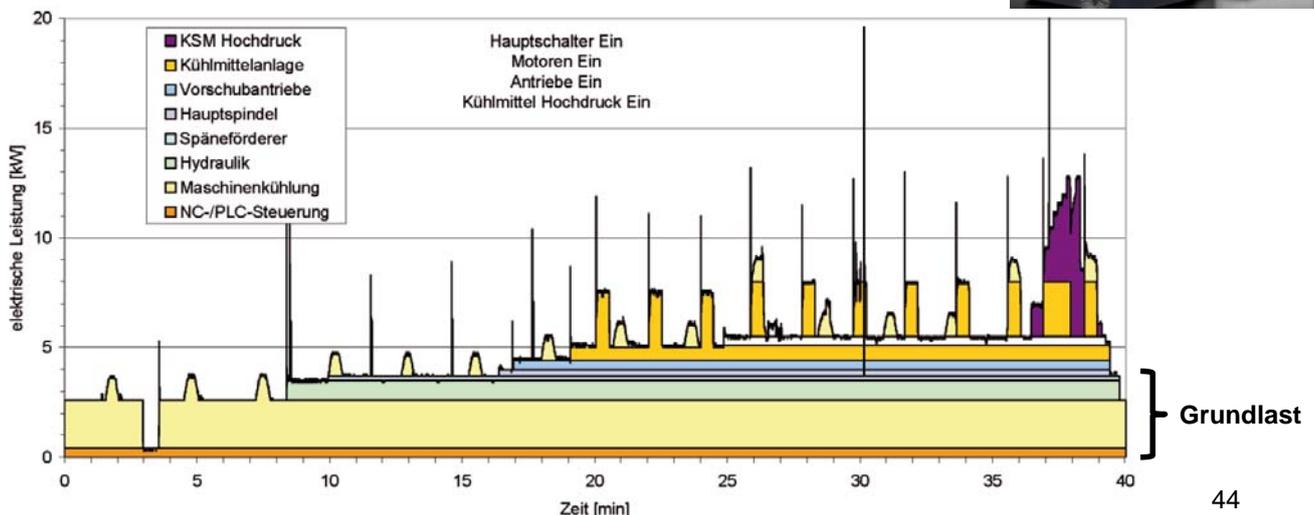


Quellen: Brecher, C. et al: Ressourceneffizienz von Werkzeugmaschinen im Fokus der Forschung- Effizienzsteigerung durch Optimierung der Technologien zum Komponentenbetrieb, in wt Werkstattstechnik online Jahrgang 100 (2010) H. 7/8; [http://www.konstruktion-online.de/library/news/2010/07/559\\_55662.pdf](http://www.konstruktion-online.de/library/news/2010/07/559_55662.pdf) ; Studie Energieeffizienz in der Produktion - Untersuchung zum Handlungs- und Forschungsbedarf, Fraunhofer Gesellschaft 2008 [http://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/migration3/documents/Studie\\_Energieeffizienz\\_tcm7-85547.pdf](http://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/migration3/documents/Studie_Energieeffizienz_tcm7-85547.pdf)



## Leerlaufverluste an Werkzeugmaschinen

### Elektrische Leistungsaufnahme einer Werkzeugmaschine (Heller 2000)



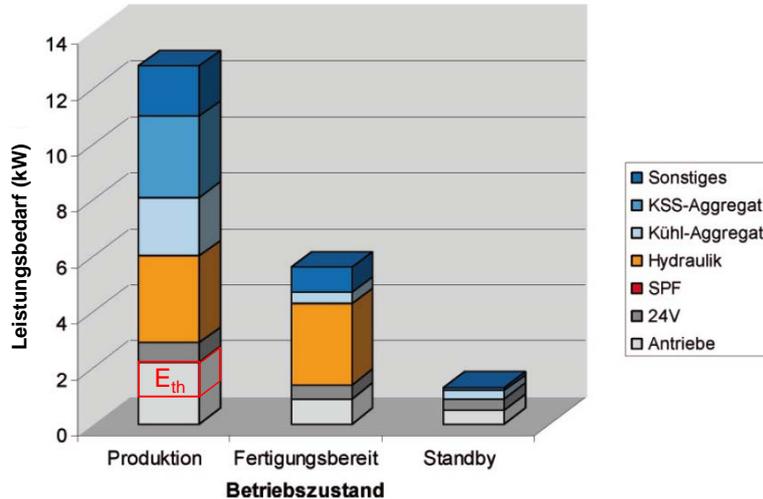
Quelle: Brecher, C. et al: Ressourceneffizienz von Werkzeugmaschinen im Fokus der Forschung- Effizienzsteigerung durch Optimierung der Technologien zum Komponentenbetrieb, in wt Werkstattstechnik online Jahrgang 100 (2010) H. 7/8; [http://www.konstruktion-online.de/library/news/2010/07/559\\_55662.pdf](http://www.konstruktion-online.de/library/news/2010/07/559_55662.pdf)

Prof. Dr.-Ing Ekkehard Schiefer Dieser Umdruck ist ausschließlich für den Gebrauch in meinen Lehrveranstaltungen bestimmt. Für eventuell enthaltene Fehler wird keine Haftung übernommen.



## Energiebedarf an Werkzeugmaschinen

### Leistungsbedarf einer Index-Drehmaschine



#### Physikalische Grenze

Der physikalisch erforderliche Energiebedarf an der Spanentstehungsstelle  $E_{th}$  berechnet sich aus Zerspanvolumen  $V$  und spezifischer Zerspanungsenergie pro Zerspanvolumen  $E_{spez}$ :

$$E_{th} = E_{spez} \cdot V \quad [J]$$

$E_{spez}$  ist betragslich gleich der spezifischen Schnittkraft  $k_c$

$$E_{spez} = |k_c| \cdot 10^{-3} \quad [J/mm^3]$$

⇒ Die Nebenaggregate für Hydraulik, Kühlung und Kühlschmierstoff machen in etwa drei Viertel des Energiebedarfs aus!

45

Quellen: In Anlehnung an Brecher, C. et al: Ressourceneffizienz von Werkzeugmaschinen im Fokus der Forschung- Effizienzsteigerung durch Optimierung der Technologien zum Komponentenbetrieb, in wt Werkstatttechnik online Jahrgang 100 (2010) H. 7/8; [http://www.konstruktion-online.de/library/news/2010/07/559\\_55662.pdf](http://www.konstruktion-online.de/library/news/2010/07/559_55662.pdf) und Schiefer, E.: Ökologische Bilanzierung von Bauteilen für die Entwicklung umweltgerechter Produkte am Beispiel spanender Fertigungsverfahren, Aachen: Shaker, 2001



## Energetische Optimierung von Werkzeugmaschinen

### Schwerpunkte der energetischen Optimierung von Werkzeugmaschinen

#### Komponentenspezifischen Maßnahmen

- bedarfsorientierte Kühlkonzepte,
- Energiesparende Hydraulikkonzepte
- verbrauchsgerechter Einsatz von Kühlschmierstoffen,
- bedarfsgerechte Schmierung von Maschinenspindeln
- verbesserte Regelung von Asynchronantrieben für Hauptspindelantriebe

Komponentenspezifischen Maßnahmen werden ergänzt durch eine *Erweiterung der Werkzeugmaschinensteuerung*

- um Systeme zur vorausschauenden Lastermittlung und Lastvisualisierung
- sowie durch geeignete Standby-Strategien

46

Quelle: Brecher, C. et al: Ressourceneffizienz von Werkzeugmaschinen im Fokus der Forschung- Effizienzsteigerung durch Optimierung der Technologien zum Komponentenbetrieb, in wt Werkstatttechnik online Jahrgang 100 (2010) H. 7/8; [http://www.konstruktion-online.de/library/news/2010/07/559\\_55662.pdf](http://www.konstruktion-online.de/library/news/2010/07/559_55662.pdf)

Prof. Dr.-Ing Ekkehard Schiefer Dieser Umdruck ist ausschließlich für den Gebrauch in meinen Lehrveranstaltungen bestimmt. Für eventuell enthaltene Fehler wird keine Haftung übernommen.



## Standby-Strategien an Werkzeugmaschinen

*Nebenaggregate* einer Werkzeugmaschine *dominieren den Gesamtenergieverbrauch*

Daher liegt ein energieeffizienter Betrieb vor allem dann vor, wenn

- die *Bearbeitung möglichst schnell durchgeführt* wird und
- die *Werkzeugmaschine im Anschluss an die Bearbeitung zeitnah in einen Zustand mit niedrigem Energieverbrauch*, in welchem die Nebenaggregate soweit wie möglich abgeschaltet werden, versetzt wird.

Für die *Umsetzung von Standby-Konzepten während Nebenzeiten* sind wesentliche Punkte zu beachten:

- Nebenzeiten müssen in der Praxis so verteilt sein, daß ein Herunterfahren und erneutes Anfahren der Werkzeugmaschine und ihrer Komponenten sinnvoll realisiert werden können.
- Vorteilhaft sind *lange Nebenzeitintervalle*, weil hier
  - die thermische Stabilität der Maschine durch ausreichend große Vorlaufzeiten gewährleistet ist
  - ein größeres Potential zur Energieeinsparung mit sich bringen.

47

Quelle: Brecher, C. et al: Ressourceneffizienz von Werkzeugmaschinen im Fokus der Forschung- Effizienzsteigerung durch Optimierung der Technologien zum Komponentenbetrieb, in wt Werkstattstechnik online Jahrgang 100 (2010) H. 7/8; [http://www.konstruktion-online.de/library/news/2010/07/559\\_55662.pdf](http://www.konstruktion-online.de/library/news/2010/07/559_55662.pdf)



## Standby-Strategien an Werkzeugmaschinen

Zusätzlich müssen Standby-Konzepte an Werkzeugmaschinen eine hohe Anwenderfreundlichkeit bei gleichzeitig sicherem Anlagenbetrieb aufweisen.

⇒ *Die Nutzung durch den Anwender setzt voraus, daß weder die Prozessstabilität noch die Bauteilqualität oder Maschinenverfügbarkeit beeinträchtigt werden!!!*

48

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006



# Teilphase Nachbereitung



## Teilphase Nachbereitung

- Den Abschluß eines Benutzungszyklus bildet die Nachbereitung
- In Abgrenzung zur Wartung, die in bestimmten Perioden unabhängig vom einzelnen Einsatz erfolgt, wird die Nachbereitung regelmäßig im Anschluß an einen oder mehrere Einsätze durchgeführt

### Nachbereiten

- schließt *direkt an den Einsatz an*
- umfaßt *alle Maßnahmen, die das wiederholte Wiederherstellen des Ausgangszustands vor Beginn der Benutzung erfordert*



## Teilphase Nachbereitung

### Prozesse und relevante Umweltbeeinträchtigungen

#### Standardprozeßkette Teilphase Nachbereitung

- Das Nachbereiten beginnt mit dem Entfernen des Operanden sowie erforderlichenfalls der Hilfs- und Betriebsstoffe oder ihrer Reste
- Wesentliche Prozesse sind
  - das Reinigen
  - der Transport des Produkts,
  - Prüfprozesse
  - das Regenerieren von Energiespeichern
- Erfolgt eine planmäßige längerfristige Nichtnutzung, kann das Treffen von Schutzmaßnahmen hinzukommen.

Operand, Hilfs- und Betriebsstoffe entfernen/wegschaffen	Produkt reinigen	Produkt vom Nutzungsort zur Lagerstätte transportieren	Zustand/Menge Produkt/Hilfs-, Betriebsst. prüfen	Energiespeicher regenerieren	Produkt vor Verschmutzung, Korrosion, etc. schützen
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grasschnitt entfernen</li> <li>▪ Kaffeefilter entsorgen</li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Abwaschen</li> <li>▪ Abwischen</li> <li>▪ Abspülen</li> <li>▪ Abfegen</li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pkw/Lkw</li> <li>▪ ÖPNV/ÖPFV</li> <li>▪ zu Fuß/Fahrrad</li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ölstand prüfen</li> <li>▪ Zustand Werkzeug prüfen</li> <li>▪ Füllstand Klarspüler prüfen</li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Akku aufladen</li> <li>▪ Tank befüllen</li> <li>▪ Energiespeicher erneuern</li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verpacken</li> <li>▪ Abdecken</li> <li>▪ Einölen</li> <li>▪ ...</li> </ul>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Prozess</div>					Ausprägung

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006



## Teilphase Nachbereitung

### Prozesse und relevante Umweltbeeinträchtigungen

- Beim *Entfernen von Operanden, Hilfs- und Betriebsstoffen* können *Umweltbeeinträchtigungen aus der Entsorgung* entstehen, die besonders dann relevant werden, wenn es sich dabei um Schadstoffe handelt
- *Reinigungsprozesse* weisen eine deutliche Umweltrelevanz auf,
  - bedingt durch den *Verbrauch an Reinigungs- und Lösungsmitteln oder warmem Wasser sowie der Abwasserbelastung*
  - Zudem werden häufig *zu starke Reinigungsmittel* eingesetzt
- Neben diesen direkten Umweltbeeinträchtigungen können aber auch *indirekte Umweltbeeinträchtigungen aus unterlassener Reinigung* entstehen
- Weitere Umweltbeeinträchtigungen können durch Transportprozesse entstehen

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

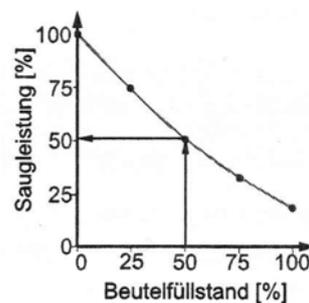


## Teilphase Nachbereitung

### Prozesse und relevante Umweltbeeinträchtigungen

- Hilfs-, und Betriebsstoffe müssen nicht grundsätzlich nach jedem Einsatz gewechselt werden
- Eine Prüfung hilft jedoch Umweltbeeinträchtigungen zu reduzieren, da Ineffizienzen im Nutzungsprozeß oder Schäden am Produkt vermieden werden
- Beispiel: ein *seltenes Wechseln des Staubsaugerbeutels* führt, bedingt durch das Nachlassen der Saugleistung, zu einem bedeutend höheren Energieverbrauch im Einsatz

Saugleistung von Staubsaugern in Abhängigkeit des Beutelfüllstands



53

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006



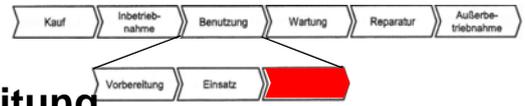
## Teilphase Nachbereitung

### Prozesse und relevante Umweltbeeinträchtigungen

- Umweltbeeinträchtigungen beim Regenerieren entstehen bei *elektrischen Energiespeichern*
- Ursachen bestehen oft im
  - *Belassen des Ladegeräts am Stromnetz*
  - *Überladen des Energiespeichers*
- Die *durch Selbstentladung bedingte Erhaltungsladung* führt zu Umweltbeeinträchtigungen

54

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006



## Teilphase Nachbereitung

### Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen

#### **Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen in der Teilphase Nachbereitung**

##### **Einflußnahme der Produktentwicklung**

- Vermeiden von Reinigung
- Ermöglichen effizienter Reinigungsprozesse
- Abschaltung von Ladegeräten

##### **Nutzerbezogene Einflüsse**

- Nutzerverhalten hat bedeutenden Einfluß
- Z.B. durch Art, Häufigkeit und Intensität der Reinigung

##### **Produktbezogene Einflüsse**

- Umweltbeeinträchtigungen können z.B. durch das geeignete Gestalten von Oberflächengröße, Oberflächenbeschaffenheit und Geometrie reduziert werden
- Neue Technologien führen zudem dazu, daß Reinigungsprozesse ganz entfallen, z.B. nach dem Einsatz der Nanotechnologie, den Einsatz chemischer Reiniger zur Reinigung von Backöfen überflüssig

55

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte. Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

## Teilphase Wartung

# Wartung als Teil der Instandhaltung

Unter **Instandhaltung** nach DIN 31051 versteht man:

„Maßnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustands sowie zur Feststellung und Beurteilung des Istzustandes von technischen Mitteln eines Systems“

Die Maßnahmen, die hierzu getroffen werden können, sind

- *Wartung* als Maßnahmen der Bewahrung des Sollzustandes,
- *Inspektion* als Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Istzustandes und
- *Instandsetzung* als Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes (= *Reparatur*)

Quelle: Pahl, Beitz: Konstruktionslehre, Springer 2007

57



## Teilphase Wartung

### Wartung

- *erfordert immer eine Inspektion*
- umfaßt im Sinne der Nutzungsphase alle Prozesse,
  - die dem (regelmäßigen) *Bewahren des Soll-Zustands* eines Produktes dienen
  - einschließlich dem *Feststellen und Beurteilen von Ist-Zuständen*
  - *ohne* daß es eines *Schadeneignisses* bedarf

### Abgrenzung

- Wartung kann auch Prozesse der Nachbereitung umfassen
- Nachbereitung ist jedoch immer direkt an einen vorausgegangenen Einsatz gekoppelt

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

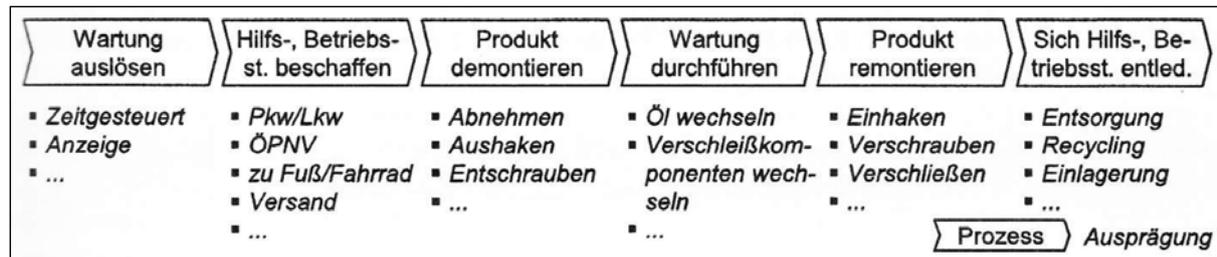
58

## Teilphase Wartung

### Prozesse und relevante Umweltbeeinträchtigungen

#### Standardprozeßkette der Teilphase Wartung

- Die Teilphase Wartung beginnt mit dem Auslösen der Wartung und endet mit dem sich Entledigen von Hilfs- und Betriebsstoffen



## Teilphase Wartung

### Prozesse und relevante Umweltbeeinträchtigungen

#### Beispiele für *Wartungsmaßnahmen im Konsumgüterbereich*

- *Entkalken von Kaffeemaschinen*
- *Reinigen des Flusensiebs von Waschmaschinen*
- *Ölwechsel von Kraftfahrzeugen*
- *Schmierem bewegter Bauteile*
- *Wechsel der Kohlebürsten von Elektromotoren*

⇒ Die *Wartung bei Investitionsgütern* spielt aufgrund ihrer zumeist größeren Lebensdauer und der höheren Anschaffungskosten eine deutlich größere Rolle als im Konsumgüterbereich

## Teilphase Wartung

### Prozesse und relevante Umweltbeeinträchtigungen

Wartungsprozesse induzieren direkte und indirekte Umweltbeeinträchtigungen

#### Direkte Umweltbeeinträchtigungen

- entstehen aus der Prozeßkette der Wartung selbst, z.B.
  - Verbrauch und Transport von *Hilfs- und Betriebsstoffen sowie von Verschleißkomponenten*
  - Demontage und Remontage
  - Wartungsdurchführung
  - Recycling / Entsorgung von Hilfs- und Betriebsstoffen, Verschleißkomponenten
  - Transportprozesse in Abhängigkeit des Wartungsorts

#### Indirekte Umweltbeeinträchtigungen

- resultieren aus *unterlassener Wartung*, z.B.
  - Höhere Ressourcenverbräuche im Einsatz
  - Verminderte Produktlebensdauer
- resultieren aus *fehlerhafter Wartung*, z.B.
  - Fehler bei Demontage und Remontage von Komponenten

61

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

## Teilphase Wartung

### Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen

#### Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen in der Teilphase Wartung (1)

##### Einflußnahme der Produktentwicklung

Durch *Optimieren von Wartungsprozessen* kann die Produktentwicklung *direkt* in der Teilphase Wartung und *indirekt* im Produktlebensweg *Umweltbeeinträchtigungen vermindern*

- ⇒ **Direkte Maßnahmen** betreffen die *Wartungsprozesse selbst*, hierzu *erforderliche Ressourcen* sowie das *Nutzerverhalten*:
  - Konstruktive Maßnahmen zur Verringerung des Wartungsaufwand
  - Hinweise in der Bedienungsanleitung und am Produkt zum Optimieren von Wartungsprozessen
  - Das Nutzerverhalten kann nur durch das Erleichtern von Maßnahmen zur Wartung beeinflusst werden
- ⇒ **Indirekte Maßnahmen** zielen auf das *Erreichen der vorgesehenen Produktlebensdauer* ab oder betreffen *Umweltbeeinträchtigungen in anderen Nutzungsteil- oder Produktlebensphasen*
- ⇒ **Entwicklung wartungsfreier Produkte**
  - *umfassendste konstruktive Maßnahme*
  - *eliminiert den Nutzereinfluß*
  - einfaches Beispiel: Kühlschränke mit Abtauautomatik

62

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

## Teilphase Wartung

### Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen

#### Wartungsintervalle von Produkten

- sind sehr unterschiedlich
  - sind abhängig vom Produkt, dem Nutzer sowie den Einsatz- und Umgebungsbedingungen
- ⇒ *Wartungsvorgänge unterbleiben jedoch, wenn sie umständlich, unbequem und zeitraubend vorgenommen werden müssen*

#### Unterbliebene Wartungsmaßnahmen

- führen möglicherweise zu einer *Verringerung der Produktlebensdauer*
- führen häufig zu indirekten Umweltbeeinträchtigungen durch einen *größeren Energieverbrauch im Einsatz*, z.B. aufgrund
  - verkalkten Heizelementen von Waschmaschinen und Kaffeemaschinen
  - zugesetzten Filtern von Staubsaugern und Abzugshauben
  - Vernachlässigen des Reifendrucks oder des Wechsels von Luftfiltern mit der Folge eines steigenden Kraftstoffverbrauchs eines Kraftfahrzeugs

63

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

## Teilphase Wartung

### Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen

#### Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen in der Teilphase Wartung (2)

##### Nutzerbezogene Einflüsse

- Der Nutzer hat vor allem durch *Wartungshäufigkeit und –intensität* Einfluß auf direkte und indirekte Umweltbeeinträchtigungen

##### Produktbezogene Einflüsse

- Direkte Umweltbeeinträchtigungen werden von der *konstruktionsbedingten Wartungsintensität und Häufigkeit* bestimmt
- Indirekte Umweltbeeinträchtigungen werden von den *produktspezifischen Folgen unterlassener Wartung* bestimmt

64

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

# Teilphase Reparatur



## Teilphase Reparatur

### Reparatur (= Instandsetzung)

- setzt als Auslöser ein Schadenereignis voraus
- umfaßt alle Prozesse, die dem Wiederherstellen des Soll-Zustands eines Produktes dienen.

### Unterschiede zwischen Wartung und Reparatur

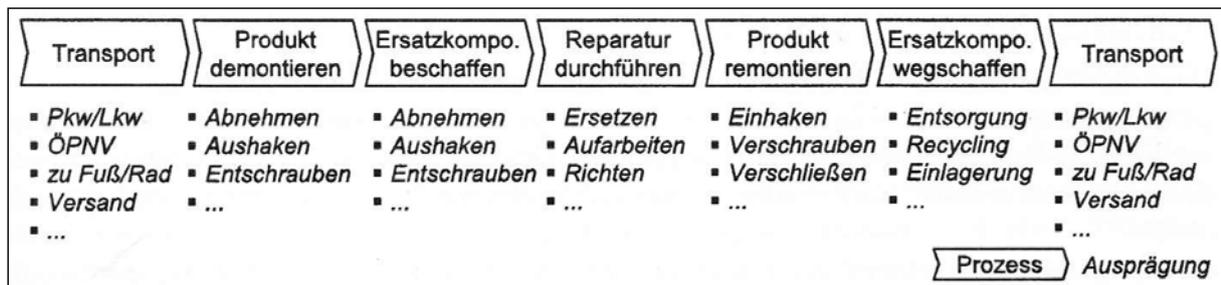
- Die Abgrenzung besteht im zeitlichen Ausbleiben (Wartung) bzw. Vorliegen (Reparatur) eines Schadensereignisses .
- Aus Sicht der Produktentwicklung besteht ein Unterschied in Bezug auf die Planbarkeit der Ereignisse:
  - Wartungsereignisse sind vorab gut planbar,
  - Reparaturen können nur schwer vorhergesehen werden

## Teilphase Reparatur

### Prozesse und relevante Umweltbeeinträchtigungen

#### Standardprozeßkette der Teilphase Reparatur

- Solange keine Selbstreparatur durch den Nutzer stattfindet, sind Beginn und Ende der Teilphase Reparatur durch Transportprozesse gekennzeichnet:
  - Produkttransport zum Reparaturbetrieb oder
  - Transportprozesse durch Kundendienst
- Reparaturen erfordern zudem oftmals spezielles Werkzeug, Hilfs- und Betriebsstoffe sowie Ersatzkomponenten



67

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

## Teilphase Reparatur

### Prozesse und relevante Umweltbeeinträchtigungen

#### Neukauf oder Reparatur?

- Die *Entscheidung über Neukauf oder Reparatur liegt beim Nutzer* und wird zumeist von einfach zu beurteilenden ökonomischen Größen abhängig gemacht.
- *Bei Konsumgütern ist die Zahlungsbereitschaft oft gering:*
  - Einer Nutzerbefragung zufolge beträgt die durchschnittliche Zahlungsbereitschaft für Reparaturen an Staubsaugern 12% des Neupreises
  - Herstellerbefragungen zu Staubsaugern ergaben, daß der Reparaturrücklauf gerade einmal 0,3% der Produktmenge ausmacht
- *Unterbleiben Reparaturmaßnahmen bei noch nicht erschöpftem Abnutzungsvorrat, entstehen Umweltbeeinträchtigungen* durch
  - Entsorgung des Altprodukts
  - Werkstoffherstellung und Produktion des Neuprodukts
- Ob der Kauf eines neuen umweltgerechten Produkts einer Reparatur vorzuziehen ist, kann nur durch eine sorgfältige Prüfung aller Einflußfaktoren festgestellt werden, mit der der Nutzer alleine zumeist überfordert ist!

68

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

## Teilphase Reparatur

### Prozesse und relevante Umweltbeeinträchtigungen

#### Kumulierte Energieaufwendungen bei Reparaturprozessen

- **Beispiel Waschmaschinen:** Übersicht über kumulierte Energieaufwendungen einzelner Komponenten bei Waschmaschinen (Anteile von 33 Waschmaschinen bei elfjährigem Betrieb)
- Besonders bei Komponenten mit geringer Masse werden Energieaufwendungen maßgeblich durch Fahrten des Kundendienstes verursacht (davon ausgehend, daß keine Vollauslastung hinsichtlich Masse und Volumen der transportierten Ersatzkomponenten vorliegt)

Austausch/ Instandsetzung	Einzelreparatur					Durchschnittsreparatur	
	Masse der EK [kg]	KEA <sub>H</sub> EK [MJ]	Trans- port H→K [MJ]	Trans- port K→N [MJ]	KEA <sub>R<sub>e</sub></sub> [MJ]	Anteil Einzelre- paratur [%]	KEA <sub>R<sub>d</sub></sub> [MJ]
Türverschluss	0,265	15,7	0,212	83,5	99,4	25,00	24,9
Programmschalter	0,602	61,0	0,482	83,5	145,0	3,57	5,2
Temperaturwahlschalter	0,157	17,3	0,126	83,5	100,9	7,14	7,2
Laugenpumpe	1,166	96,0	0,933	83,5	180,4	3,57	6,4
Antriebsmotor	5,898	417,2	4,718	83,5	505,4	3,57	18,0
Temperaturregelung	0,198	17,1	0,158	83,5	101,8	14,29	14,5
Schublade	0,240	14,1	0,192	83,5	97,8	14,29	14,0
Blende	0,095	13,0	0,076	83,5	96,6	14,29	13,8
Folgeschaden Schleudervibration	4,862	148,1	3,890	83,5	235,5	7,14	16,8
Trommelachslager/-antrieb	9,089	257,6	7,271	83,5	348,4	3,57	12,4
Summe						100,00	145,6

EK = Ersatzkomponente H = Hersteller K = Kundendienst N = Nutzer KEA<sub>H</sub> = Kumulierter Energieaufwand Herstellung KEA<sub>R<sub>e</sub></sub> = Kumulierter Energieaufwand Reparatur Einzelkomponente KEA<sub>R<sub>d</sub></sub> = Kumulierter Energieaufwand Reparatur Durchschnittsreparatur

69

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

## Teilphase Reparatur

### Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen

#### Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen in der Teilphase Reparatur (1)

##### Einflußnahme der Produktentwicklung

- Prinzipiell auf alle direkten Umweltbeeinträchtigungen in der Teilphase Reparatur
- Maßgebliche Einflüsse bestehen im *Vermeiden und Erleichtern von Reparaturprozessen durch konstruktive Maßnahmen*, insbesondere durch *einfachen, eindeutiges, sicheres und beanspruchungsgereches Konstruieren*
- Erleichtern bzw. zunächst einmal Ermöglichen von Reparaturen wird durch *Vorsehen von Reparierbarkeit* erreicht: Beispiel Bügeleisen EU versus Indien
- Eine Reparatur ist jedoch grundsätzlich in Bezug auf das Alter und die Innovationsgeschwindigkeit des Produkts zu hinterfragen:
  - ⇒ Umweltbeeinträchtigungen aus Reparatur und anschließenden (Weiter-) Nutzung eines Produktes versus
  - ⇒ Entsorgung des Altprodukts und Neuproduktion und Nutzung des Neuprodukts unter Berücksichtigung verminderter Umweltbeeinträchtigungen der Nutzung des Neuprodukts gegenüber

70

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

## Teilphase Reparatur Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen

### ***Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen in der Teilphase Reparatur (2)***

#### ***Nutzerbezogene Einflüsse***

- bestehen vordergründig in der Entscheidung über Neukauf oder Reparatur
- Der Nutzer hat somit Einfluß auf direkte und indirekte Umweltbeeinträchtigungen
- Wesentliche Entscheidungsfaktoren sind hier i.d.R. weniger die Umweltbeeinträchtigungen sondern vielmehr
  - das Verhältnis aus Reparaturkosten zu Kosten für Ersatzteilbeschaffung
  - der Aufwand einer Reparatur
  - der Aufwand der Ersatzteilbeschaffung
- Im Fall einer Selbstreparatur können aus dem Fehlverhalten der Nutzer hohe indirekte Umweltbeeinträchtigungen resultieren

71

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

## Teilphase Reparatur Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen

### ***Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen in der Teilphase Reparatur (3)***

#### ***Produktbezogene Einflüsse***

- Reparaturanfälligkeit des Produkts, in der sich bei Konsumgütern die *Produktlebensdauer* widerspiegelt
- *Reparierbarkeit des Produkts*
- Alle Produkteigenschaften, welche die Entscheidung des Nutzers über eine Reparatur beeinflussen

72

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

# Teilphase Außerbetriebnahme



## Teilphase Außerbetriebnahme

### Teilphase der Außerbetriebnahme

- bedeutet das Ende der Nutzungsphase
- beginnt mit der bewußten längerfristigen Nicht-Nutzung des Produkts
- endet mit der dauerhaften Zuführung des Produktes zum Recycling bzw. zur Entsorgung
- umfaßt alle Prozesse,
  - die im Zusammenhang einer bewußten längerfristigen Nichtnutzung entstehen,
  - bis hin zur dauerhaften Entledigung im End of Life

## Teilphase Außerbetriebnahme

### Prozesse und relevante Umweltbeeinträchtigungen

#### Standardprozeßkette der Teilphase Außerbetriebnahme

- beginnt mit ihrer Auslösung
- endet mit der Übergabe des Produkts an das Recycling oder die Entsorgung oder die Zwischenlagerung

Außerbetriebnahme auslösen	Abbau/Deinstallation durchführen	Nutzervollzogene Vordemontage	Produkt transportieren	Sich des Produkts entledigen
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zeitgesteuert</li> <li>▪ Ausfallgesteuert</li> <li>▪ Nutzermotiviert</li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entschrauben</li> <li>▪ Anschlüsse lösen</li> <li>▪ Umfeld wiederherstellen</li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Schadstoffe entnehmen</li> <li>▪ Wertstoffe entnehmen</li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pkw/Lkw</li> <li>▪ ÖPNV</li> <li>▪ zu Fuß/Fahrrad</li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entsorgung</li> <li>▪ Recycling</li> <li>▪ Einlagerung</li> <li>▪ ...</li> </ul>
				<p>Prozess Ausprägung</p>

75

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

## Teilphase Außerbetriebnahme

### Prozesse und relevante Umweltbeeinträchtigungen

#### Indirekte Umweltbeeinträchtigungen

- entstehen, wenn Produkte durch Einlagern *verspätet dem Recycling zugeführt* werden

#### Direkte Umweltbeeinträchtigungen

- resultieren aus Deinstallations- und Transportprozessen
- Nutzervollzogene Vordemontagen
  - führen möglicherweise zunächst zu Umweltbeeinträchtigungen in der Außerbetriebnahme,
  - ermöglichen jedoch Umweltentlastungen im End of Life

76

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

## Umweltbeeinträchtigungen durch verspätete Zuführung zum Recycling

### Beispiel Mobiltelefone

- Die Zahl der Elektrogeräte in deutschen Haushalten wächst ständig
- Eines der beliebtesten Geräte ist das Mobiltelefon.
- Früher oder später ist jedoch auch das modernste Gerät veraltet oder wird nicht mehr gebraucht – und ist gleichzeitig noch immer sehr wertvoll:
  - Aus 14 Tonnen Elektro-Altgeräten kann man neben vielen anderen Wertstoffen durchschnittlich etwa eine Tonne Kupfer zurückgewinnen.
  - Um diese eine Tonne Kupfer aus Bergwerken zu schürfen, muss die tausendfache Menge an Gestein bearbeitet werden.
  - Die Verwertung von Altgeräten schont also wertvolle Rohstoffe.

- ⇒ Auch wenn der Trend heute zum Zweit-Gerät geht, wird *in den meisten Fällen ein altes durch ein neues Mobiltelefon ersetzt*
- ⇒ Und: *die Einsatzzeit eines Mobiltelefons ist kurz: Im Schnitt wird jedes Gerät gerade einmal 18 Monate benutzt und dann wieder durch ein neues ersetzt.*

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

77

## Verspätete Zuführung von Mobiltelefonen zum Recycling

- Allein durch Mobiltelefone kommen jährlich etwa 5.000 Tonnen Elektronikschrott zusammen

### Aber:

- *Ein Großteil der Altgeräte findet nicht in den Rohstoffkreislauf zurück!*

### Denn:

- *Millionen alte Mobiltelefone verstauben in den Schubladen*



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

78

## Verspätete Zuführung von Mobiltelefonen zum Recycling

- Bis zu 120 Millionen Mobiltelefone könnten es nach neuesten Schätzungen sein, die in Deutschland ungenutzt herumliegen.
- Allein in diesen Schubladenhandys liegen über 1000 Tonnen Kupfer ungenutzt herum – genug um ein Telefonkabel 2 ½ mal um die Erde zu legen.
- Dazu enthalten sie viele andere wertvolle Rohstoffe wie Gold, Silber und Palladium.

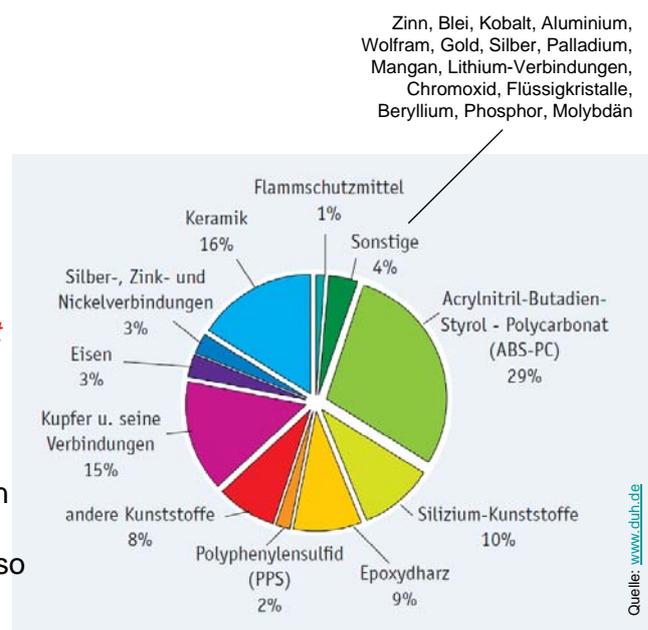
⇒ **Alte Mobiltelefone gehören nicht in die Schublade**

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

79

## Mobiltelefone: Ein bunter Materialmix

- Ein Mobiltelefon besteht aus einer Fülle verschiedener Materialien.
- Die meisten Stoffe
  - sind nur *aufwendig zu gewinnen*
  - sind nur *schwer bzw. überhaupt nicht natürlich abbaubar*
  - *können sich im Körper anreichern.*
- Durch unsachgemäße Entsorgung können sie über Boden, Grundwasser und Atmosphäre in die Umwelt gelangen und so zu einer Gefahr für Mensch und Umwelt werden.



80

## Recycling von Mobiltelefonen

### Wiederverwendung von Mobiltelefonen

- Die meisten Mobiltelefone werden ausrangiert, obwohl sie noch funktionieren.
- Werden Mobiltelefone getrennt von allen anderen Altgeräten gesammelt, können hochwertige Geräte nochmals verwendet werden.

### Materialrecycling von Mobiltelefonen

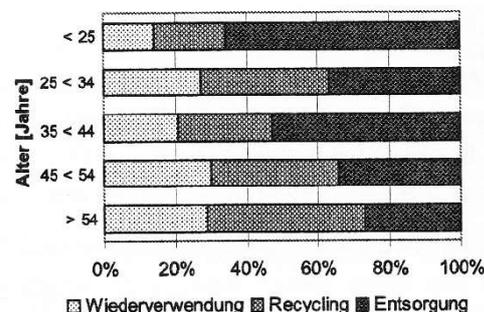
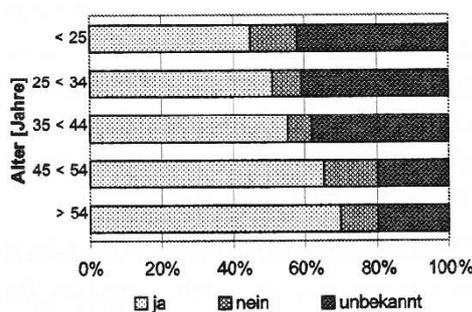
- Nicht funktionsfähige Geräte werden zerlegt, und Bauteile wie Akkus und Displays, die gefährliche Stoffe enthalten, entfernt.
- Der Rest wird mechanisch zerkleinert (Schreddern),
- Insbesondere die Leiterplatte enthält wertvolle Edelmetalle
- In einer modernen, entsprechend ausgestatteten Metallhütte können diese wertvollen Bestandteile abgetrennt und zu einem sehr großen Teil zurückgewonnen werden.

Quellen: [www.dub.de](http://www.dub.de); [www.handysfuerdieumwelt.de](http://www.handysfuerdieumwelt.de)

## Teilphase Außerbetriebnahme Prozesse und relevante Umweltbeeinträchtigungen

### Festlegen des Entsorgungspfades

- Der Nutzer hat einen wesentlichen Einfluß auf das Ausmaß von Umweltbeeinträchtigungen in nachfolgenden Lebensphasen
- **Entscheidung über Entsorgungspfade** ist vom Wissen über Möglichkeiten der Entledigung geprägt
  - Bei elektrischen Haushalts-, Garten- und Heimwerkergeräten ist von einem **erheblichen Maß an Unwissenheit** über umweltgerechte Möglichkeiten der Außerbetriebnahme auszugehen
  - **Ältere Personen sind besser** über Recyclingmöglichkeiten in ihrer Umgebung **informiert als jüngere**
  - Das Entledigungsverhalten zeigt mit zunehmendem Alter einen Trend weg von der Entsorgung hin zu Recycling und Wiederverwendung



## Teilphase Außerbetriebnahme Prozesse und relevante Umweltbeeinträchtigungen

### Festlegen des Entsorgungspfades in Abhängigkeit der Produktgröße

- Es besteht ein **Zusammenhang zwischen der Größe von Produkten und der Wahl des Entsorgungswegs durch den Nutzer**
- Die **Mülltonnengängigkeit** spielt eine entscheidende Rolle: Große Produkte werden eher dem Recycling zugeführt als kleine Produkte

Gerätekategorie	Volumen Hüllquader [ltr.]	Geräte-masse [kg]	Beispiele	Verwertung	Beseitigung
Kleinstgeräte	<1	<0,5	Mobiltelefon, Rasierapparat	20 %	80 %
Kleingeräte	1...15	0,5...3	Telefon, Kaffeemaschine	50 %	50 %
mittelgroße Geräte	>15...75	>3...15	Staubsauger, PC	75 %	25 %
Großgeräte	>75	>15	Fernseher, Waschmaschine	98 %	2 %

83

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

## Teilphase Außerbetriebnahme Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen

### Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen in der Teilphase Außerbetriebnahme (1)

#### Einflußnahme der Produktentwicklung

- Die **Wahl des Entsorgungsweges** ist von Produktentwicklung nur schwer zu beeinflussen:
  - **Hinweise in der Bedienungsanleitung** zur optimalen Entsorgung **sind nur begrenzt wirksam**
  - Grund: die **Bedienungsanleitung ist zum Zeitpunkt der Entsorgung oft nicht mehr verfügbar**
  - **Kennzeichen des Produkts oder umweltrelevanter Komponenten** kommt dem großen Informationsdefizit des Nutzers entgegen
- Die **Nutzervollzogene Vordemontage** ist von Produktentwicklung gut zu beeinflussen
  - **vielversprechende Maßnahme** zum Reduzieren der Umweltbeeinträchtigungen im End of Life
  - Beispiel: Entnahme des Akkus bei elektrischen Zahnbürsten

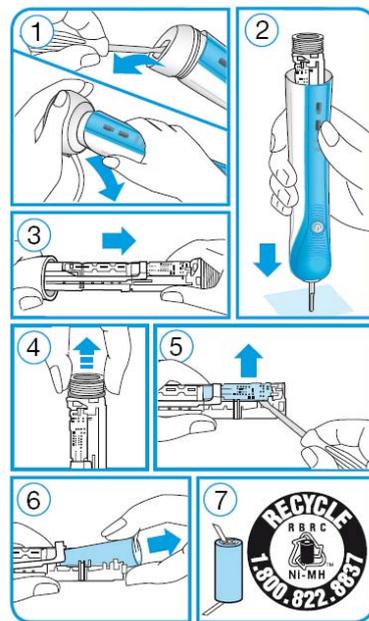
84

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

## Nutzervollzogene Vordemontage Akkuentnahme bei elektrischen Zahnbürsten

### Battery removal at the end of the product's useful life

Open the handle as shown, remove the battery and dispose of it according to local environmental regulations.



Quellen: [www.oral-b.de](http://www.oral-b.de); [www.serv/ce.braun.com](http://www.serv/ce.braun.com)

85

Caution! Opening the handle will destroy the appliance and invalidate the warranty.

## Teilphase Außerbetriebnahme Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen

### Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen in der Teilphase Außerbetriebnahme (2)

#### Nutzerbezogene Einflüsse

- Zeitpunkt der Außerbetriebnahme
  - beeinflusst die Umweltbeeinträchtigungen im Gesamtleben des Produkts
  - *vorzeitige Außerbetriebnahme bewirkt erhöhte Umweltbeeinträchtigungen* durch Ersatzbeschaffung (Produktion) und End of Life
  - *Umwentlastungen können entstehen, wenn der vorzeitige Ersatz durch Produkte erfolgt, die geringere Umweltbeeinträchtigungen in der Nutzungsphase verursachen*
  - *Der ökologisch optimale Zeitpunkt wird vom technischen Fortschritt hinsichtlich der Vermeidung von Umweltbeeinträchtigungen in der Nutzungsphase beeinflusst*
- Zeitpunkt der Übergabe an Recycling oder Entsorgung
- Entscheidung über den Entsorgungsweg
- Nutzungsgrad von Optionen der Vordemontage und Separierung
- Wahl des Transportmittels

#### Produktbezogene Einflüsse

- Schadstoffgehalt im Produkt minimieren

86

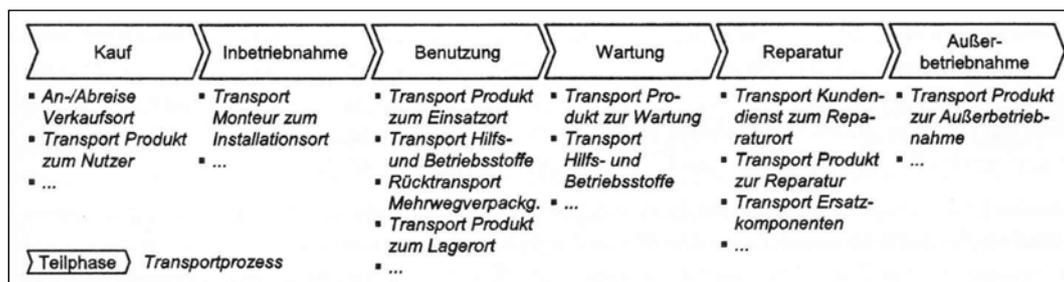
Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

# Transportprozesse in der Nutzungsphase

## Transportprozesse in der Nutzungsphase

### Transportprozesse und ihre Relevanz

- können innerhalb und am Übergang von Teilphasen auftreten
- wurden in den einzelnen Teilphasen bereits angeführt
- aufgrund ihres übergeordneten Charakters zusammenfassende Betrachtung



# Transportprozesse in der Nutzungsphase

## Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen

### ***Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen durch Transportprozesse in der Nutzungsphase (1)***

#### ***Einflußnahme der Produktentwicklung***

- Der Einfluß der Produktentwicklung auf Transportprozesse innerhalb der Nutzungsphase ist stark eingeschränkt
- *Direkte Einflußnahme* ist nur über Masse und Volumen möglich
- *Indirekt* können Transportprozesse in Wartung und Reparatur durch wartungsfreie, qualitativ hochwertige und damit reparaturarme Produkte vermindert werden

89

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

# Transportprozesse in der Nutzungsphase

## Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen

### ***Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen durch Transportprozesse in der Nutzungsphase (2)***

#### ***Nutzerbezogene Einflüsse***

- Wahl der Transportmittel und der Transportstrecke
- Entscheidung über die Notwendigkeit des Transports von Produkten in der Nutzungsphase

#### ***Produktbezogene Einflüsse***

- Produktbezogen haben *Masse und Volumen des Produkts* den größten Einfluß auf transportbedingte Umweltbeeinträchtigungen
- Zusätzlich beeinflussen Masse und Volumen der Produkt- und Transportverpackungen die Umweltbeeinträchtigungen
- Hierbei spielt die *Empfindlichkeit des Produkts* eine wesentliche Rolle, da *Transportschäden* wiederum zu Umweltbeeinträchtigungen führen

90

Quelle: Oberender, C.: Die Nutzungsphase und ihre Bedeutung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2006

# Schlußbemerkung zur Nutzungsphase

## Teilphasen der Nutzungsphase

- sind geprägt von einer enormen Prozeßvielfalt mit vielfältigen Einflußmöglichkeiten der Produktentwicklung auf ihre Umweltbeeinträchtigungen
- bedingt durch vielfältige Ausprägungen der Prozesse und variable Nutzungsszenarien resultiert ein breites Spektrum an Umweltbeeinträchtigungen
- lassen sich, mit Ausnahme der Teilphase Einsatz, in der das Produkt als Operator agiert, gut mittels verallgemeinerter Standardprozeßketten beschreiben
- Besonders in den Teilphasen Kauf, Inbetriebnahme und Außerbetriebnahme bestehen unabhängig von der ökologischen Relevanz der Prozesse *Unterschiede in den Ausprägungen zwischen Investitionsgütern und Konsumgütern im Endnutzerebereich;*  
=> eine *Übertragbarkeit ist dennoch möglich*

# Einfluß auf Umweltbeeinträchtigungen

## Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen in der Nutzungsphase

- gehen von der *Produktentwicklung*, dem *Nutzer* und den *Produkteigenschaften* aus
- Das *Nutzungsverhalten ist maßgeblicher Einflußfaktor*
- Das Minimieren von nutzerverhaltensbedingten Umweltbeeinträchtigungen setzt aufgrund vielfältiger Einflußmöglichkeiten durch den Nutzer in Abhängigkeit der Produktgestaltung immer eine *umfassende Analyse von Einflußmöglichkeiten des Nutzerverhaltens* voraus

## Wesentliche Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen in der Nutzungsphase

Nutzungsteilphase	Produktentwicklung	Einfluss durch...	
		Nutzerverhalten	Produkteigenschaften
Kauf	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entwicklung umwelt- und zugleich marktgerechter Produkte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Art und Intensität der Informationsbeschaffung</li> <li>▪ Kaufentscheidung für ein umweltgerechtes Produkt</li> <li>▪ Transportmittelwahl</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ausprägung kaufentscheidender Merkmale</li> <li>▪ Masse</li> <li>▪ Volumen</li> </ul>
Inbetriebnahme	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gestaltung von Produktinformationen</li> <li>▪ Gestaltung der Verpackung (Schutz des Produkts, min. Werkstoffeinsatz, Masse und Volumen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Auseinandersetzung mit dem Produkt und Produktinformationen</li> <li>▪ Entledigung der Produktverpackung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Komplexität der Installation</li> <li>▪ Robustheit</li> <li>▪ Masse</li> <li>▪ Volumen</li> </ul>
Vorbereitung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Optimieren der Prüfung und Dosierung von Hilfs-/Betriebsstoffen</li> <li>▪ Reduzieren von Masse und Volumen zum Optimieren von Transportprozessen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entledigung der Verpackungen von Hilfs- und Betriebsstoffen</li> <li>▪ Dosierung von Hilfs- und Betriebsstoffen</li> <li>▪ Transportmittelwahl</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Art der Energieversorgung (mobile Produkte)</li> <li>▪ Masse</li> <li>▪ Volumen</li> </ul>
Einsatz	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vermeiden und Optimieren von Energieumwandlungen</li> <li>▪ Auswählen effizienter Wirkprinzipien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Programmwahl</li> <li>▪ Werkzeugwahl</li> <li>▪ Prozessführung</li> <li>▪ Prozessauslastung</li> <li>▪ Vorbereitung der Prozessumgebung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Leerlaufverluste im passiven Einsatz</li> <li>▪ Art der Wirkprinzipien</li> </ul>

## Wesentliche Einflüsse auf Umweltbeeinträchtigungen in der Nutzungsphase

Nutzungsteilphase	Produktentwicklung	Einfluss durch...	
		Nutzerverhalten	Produkteigenschaften
Nachbereitung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vermeiden von Reinigung</li> <li>▪ Ermöglichen effizienter Reinigungsprozesse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Art, Häufigkeit und Intensität der Reinigung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Oberflächengröße</li> <li>▪ Oberflächenbeschaffenheit</li> <li>▪ Geometrie</li> </ul>
Wartung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anstreben von Wartungsfreiheit und Wartungsfreundlichkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wartungshäufigkeit und -intensität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wartungsintervall</li> <li>▪ Wartungsintensität</li> </ul>
Reparatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Beanspruchungsge-rechtes Konstruieren</li> <li>▪ Vorsehen von Reparaturfähigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reparaturverhalten (Reparatur vs. Neukauf)</li> <li>▪ Transportmittelwahl</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reparaturanfälligkeit</li> <li>▪ Reparierbarkeit</li> <li>▪ Reparaturaufwand</li> </ul>
Außerbetriebnahme	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Angeben von Hinweisen zur Entledigung</li> <li>▪ Vereinfachen der Entledigung durch nutzer-vollzogene Vordemontage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zeitpunkt der Außerbetriebnahme</li> <li>▪ Art der Entledigung</li> <li>▪ Transportmittelwahl</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Schadstoffgehalt im Produkt</li> <li>▪ Masse</li> <li>▪ Volumen</li> </ul>