

Prof. Dr.-Ing. Ekkehard Schiefer

EcoDesign

Entwicklung umweltgerechter Produkte

Die Bedeutung der Nutzungsphase für die Entwicklung umweltgerechter Produkte (3)

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
 - Use-Phase-Analysis Matrix (UPA-Matrix)
 - Use-Phase-Analysis Checkliste (UPA-Checkliste)
- Analysieren von Nutzereinflüssen auf Umweltbeeinträchtigungen

Analysieren von nutzungsbedingten Umweltbeeinträchtigungen

Analyse von nutzungsbedingte Umweltbeeinträchtigungen

Ursachen nutzungsbedingter Umweltbeeinträchtigungen sind äußerst vielfältig; Ursachenermittlung erfordert gute Kenntnisse

- über die *Prozesse*, das *Produkt* und seine *Umgebung*
- *bei aktiven Produkten* insbesondere auch über den *Nutzer* und sein *Nutzerverhalten*

Analyse von Umweltbeeinträchtigungen in der Nutzungsphase

- erfordert ein detailliertes Erfassen aller wesentlichen Prozesse
- In- und Outputdaten müssen hierzu ermittelt werden

5

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

Analyse von nutzungsbedingte Umweltbeeinträchtigungen

⇒ Ziel ist, die wesentlichen nutzungsbedingten Umweltbeeinträchtigungen und die hierfür verantwortlichen Prozesse möglichst umfassend und in hinreichender Genauigkeit bei gleichzeitig vertretbarem Aufwand zu ermitteln

Systematisches Vorgehen bei der Analyse

- steigert Vollständigkeit der Daten
- verbessert Qualität des Ergebnisses
- erleichtert das Erfassen und Quantifizieren von Umweltbeeinträchtigungen

⇒ Matrixorientierte Methoden unter Zuhilfenahme von Checklisten sind gut geeignet, ein strukturiertes Vorgehen zu unterstützen

6

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

Strukturiertes Analysieren von nutzungsbedingten Umweltbeeinträchtigungen

- Use-Phase-Analysis-Matrix (UPA-Matrix)
- Use-Phase-Analysis-Checkliste (UPA-Checkliste)

7

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

Use-Phase-Analysis-Matrix (UPA-Matrix)

- eigenständige Methode zum Analysieren von Umweltbeeinträchtigungen in der Nutzungsphase
- wurde entwickelt, um ökologische Defizite und Schwachstellen im Nutzungsprozess zu identifizieren
- liefert Basis für Sachbilanzierung bei Ökobilanzierung und für Anwendung von Kurzbilanzierungsmethoden wie z.B. Eco-Indicator 99
- ermöglicht ein strukturiertes Ermitteln qualitativer und quantitativer Sachbilanzdaten mit dem Ziel einer möglichst vollständigen Erfassung von Nutzungsprozessen und ihrer In- und Outputflüsse

Anwendungsbereich UPA-Matrix:

- Nutzungsphase von Produkten und Produkt-Service-Systemen

Haupteinsatzfelder UPA-Matrix:

- Ermitteln ökologischer Schwachstellen von Referenzprodukten
- Vergleichen von Lösungen beim Konzipieren und Entwerfen
- Dient auch als Grundlage zur Bestimmung von Nutzungskosten

8

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

Struktur der UPA-Matrix

- UPA-Matrix besteht aus zwei Matrizen
 - *Nutzungsprozeßmatrix (UPA-Matrix N)*
 - Transportprozesse werden separat in einer eigenen Matrix erfaßt:
Transportmatrix (UPA-Matrix T)
- In- und Outputströme an Energie und Material werden Teilphasen der Nutzungsphase gegenübergestellt

9

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

UPA-Matrix zum Analysieren von Nutzungsprozessen *UPA-Matrix N*

UPA-Matrix N		Prozesse	Material		Energie		Einfluss des Nutzers
			Art	Menge	Art	Menge	
Nutzungsprozesse	Kauf						
	Inbetriebnahme						
	Einsatz vorbereiten						
	Einsatz aktiv						
	Einsatz passiv						
	Einsatz nachbereiten						
	Wartung						
	Reparatur						
	Außerbetriebnahme						

- In der zweiten Spalte werden *Prozesse der Teilphasen* vollständig erfaßt
- Die folgenden Spalten dienen dem *strukturierten Zusammentragen der In- und Outputs* von Material und Energie hinsichtlich Art und Menge
- Um dem zum Teil erheblichen Einfluß des Nutzerverhaltens auf nutzungsbedingte Umweltbeeinträchtigungen Rechnung zu tragen, ist die letzte Spalte zum *Notieren möglicher Einflüsse des Nutzungsverhaltens* vorgesehen

10

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

UPA-Matrix zum Analysieren von **Transportprozessen**

UPA-Matrix T

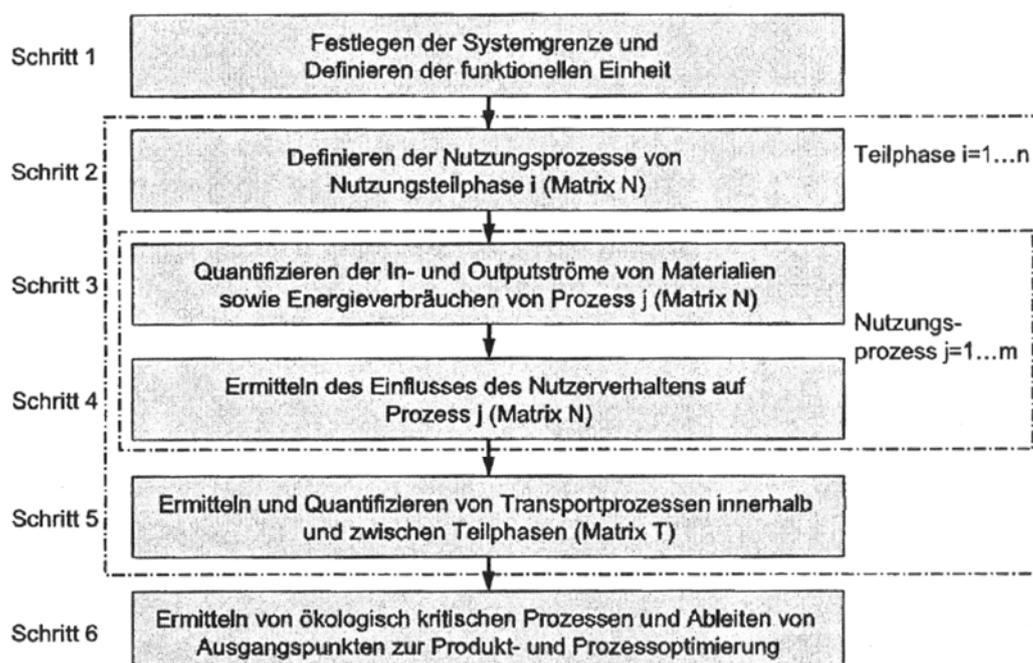
UPA-Matrix T		Prozesse	Verkehrsmittel		Masse/ Volumen	Strecke	Einfluss des Nutzers
			Art	Anteil			
Transport- prozesse	Kauf						
	Inbetriebnahme						
	Einsatz bereiten						

- Daten von Transportprozessen lassen sich sinnvoll strukturieren in Art des Verkehrsmittel, anteilige Nutzung, zurückgelegte (Gesamt-)Strecke und Masse bzw. Volumen des Transportguts sowie ggf. ergänzend Fahrverhalten.
- Das Angeben des Nutzungsanteils ermöglicht das Berücksichtigen unterschiedlicher Nutzer.
- In den Spalten werden zunächst alle Transportmittel prozeßweise erfaßt hinsichtlich Art und anteiligem Aufkommen
- Anschließend werden Transportmasse bzw. -volumen, Transportstrecke und mögliche Einflüsse des Nutzers quantifiziert

11

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

Der Ablauf der UPA-Matrix ist in sechs Schritte unterteilt



⇒ Die Nutzung der **UPA-Checkliste** unterstützt Anwendung der UPA-Matrix bei **Sachbilanzierung**

12

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

Use-Phase-Analysis-Checkliste (UPA-Checkliste)

- Hat zum Ziel, die Produktentwicklung bei umfassender Analyse der Nutzungsphase zu unterstützen
- Ermöglicht in Kombination mit der UPA-Matrix eine
 - detaillierte qualitative Sachbilanzierung von Nutzungsprozessen und
 - unterstützt die ökologische (aber auch die wirtschaftliche Analyse der Nutzungsphase
- Ist gegliedert nach den Teilphasen der Nutzungsphase
- Im Anschluß an die Definition der funktionalen Einheit werden relevante Prozesse der Nutzungsteilphasen hinterfragt
- Es werden Fragen zu Arten und Mengen relevanter Sachbilanzdaten sowie deren Einflußfaktoren gestellt

13

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

UPA-Checkliste (Auszug)

Vorbereiten Einsatz

Beim Vorbereiten des Einsatzes wird das Produkt für die eigentliche Benutzung vorbereitet. Im Gegensatz zur Inbetriebnahme werden Vorbereitungsprozesse nicht nur einmalig, sondern vor jedem Einsatz ausgeführt. Bei der Bestimmung der In- und Outputmengen ist also immer der Bezug zur funktionellen Einheit herzustellen.

Welche Prozesse werden beim Vorbereiten des Einsatzes durchgeführt?

- Welche Arten und Mengen an Materialien werden zum Vorbereiten des Einsatzes benötigt?
- Welche Arten und Mengen an Materialoutput entstehen beim Vorbereiten des Einsatzes?
- Welche Arten und Mengen an Hilfs- und Betriebsstoffen werden benötigt?
- Welche Arten und Mengen an Energie werden zum Vorbereiten des Einsatzes benötigt?
- Welche Folgen haben eventuelle unsachgemäße Füllmengen?
- Welche Einflüsse haben das Ignorieren der Betriebsanleitung oder ein Ausprobieren bei der Einsatzvorbereitung auf Energieverbräuche oder Arten und Mengen von Hilfs- und Betriebsstoffen?

Welche Prozesse resultieren aus der Energieversorgung mobiler Produkte?

- Wie häufig fallen Ladeprozesse zur Energieversorgung mobiler Produkte an?
- ...

=> Vollständige Liste als PDF unter Moodle (zur Klausur mitbringen!)

14

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

UPA-Checkliste als eigenständiges Arbeitsmittel

UPA-Checkliste

- kann auch als *eigenständiges Arbeitsmittel* eingesetzt werden
- *Zielsetzung: relevante Einflußfaktoren auf Nutzungsprozesse identifizieren und hinterfragen.*
- *Identifizierte Einflußfaktoren auf Nutzungsprozesse* können dann den Ausgangspunkt für konstruktive Produkt- und Nutzungsoptimierungen bilden.

Analysieren von Nutzereinflüssen auf Umweltbeeinträchtigungen

Analysieren von Nutzereinflüssen auf Umweltbeeinträchtigungen

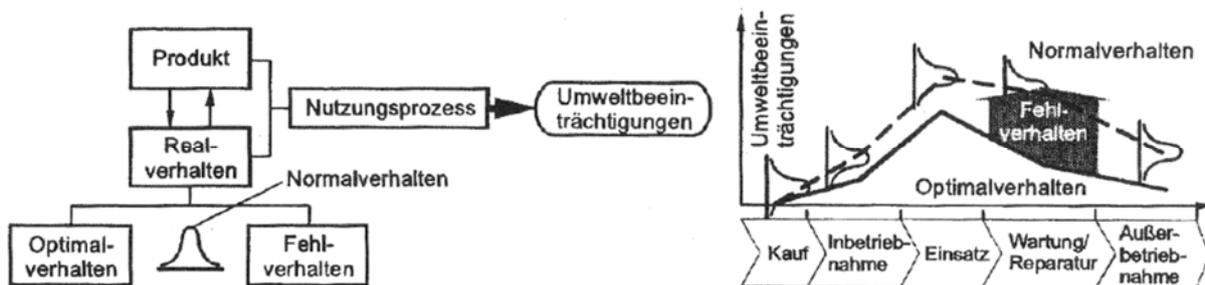
- Einfluß des Nutzers auf Umweltbeeinträchtigungen
- Ermitteln und Quantifizieren des Einflusses des Nutzerverhaltens
- Quantifizieren von Nutzereinflüssen in der praktischen Anwendung

17

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

a) Einfluß des Nutzers auf Umweltbeeinträchtigungen

- Umweltbeeinträchtigungen als Folge von Nutzungsprozessen entstehen zumeist aus der Interaktion des Nutzers mit dem Produkt
- Bedeutung und *Einfluß des Nutzerverhaltens auf Umweltbeeinträchtigungen* sind wichtige Aspekte bei der Entwicklung umweltgerechter Produkte
 - unterschieden wird zwischen *Optimal- und Fehlverhalten*
 - die Überlagerung bildet das *Realverhalten (Normalverhalten)*
 - Streuung des Nutzerverhaltens* (Gaußsche Normalverteilung)



Nutzerverhalten im Zusammenhang mit Umweltbeeinträchtigungen

18

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

Nutzerverhalten

Das Nutzerverhalten wird weiterhin differenziert in

- *Nutzungsfehler*
 - sind gekennzeichnet durch Abbruch, Unterlassen sowie verspätetes oder fehlerhaftes Ausführen von Handlungen
- *Nutzungseffizienzen*
 - liegen vor, wenn „das Ziel mit unverhältnismäßig großem und zeitlichem oder materiellem Aufwand erreicht wird
- *Zweckentfremdung*
 - entsteht bei Nichtanpassung der Systemelemente Nutzer, Produkt und Aufgabe

19

Quelle: Lasser, M., Problemmöglichkeiten- und Einflußanalyse, Dissertation TU Darmstadt, Shaker 2002

Streuung des Nutzerverhaltens

Beispiel: Nutzereinfluß beim Geschirrspülen von Hand (1)

Ergebnisse einer umfangreichen Untersuchung zum Nutzereinfluß beim Geschirrspülen von Hand zeigen eine *große Streuung des Nutzerverhaltens*:

- In Abhängigkeit von der Vorgehensweise variierte der *Wasserverbrauch* zwischen 14 und 447 ltr (Mittelwert 103 ltr)
- Der *Spülmittelverbrauch* betrug 2 bis 230 ml (Mittelwert 35 ml)
- Beim *Energieverbrauch* wurden Werte zwischen 0,2 und 16,6 kWh gemessen (Mittelwert 2,5 kWh)
- Die *Spüldauer* lag zwischen 40 und 145 min

(Die Daten beziehen sich auf 140 Geschirrteile in einem internationalen Vergleich)

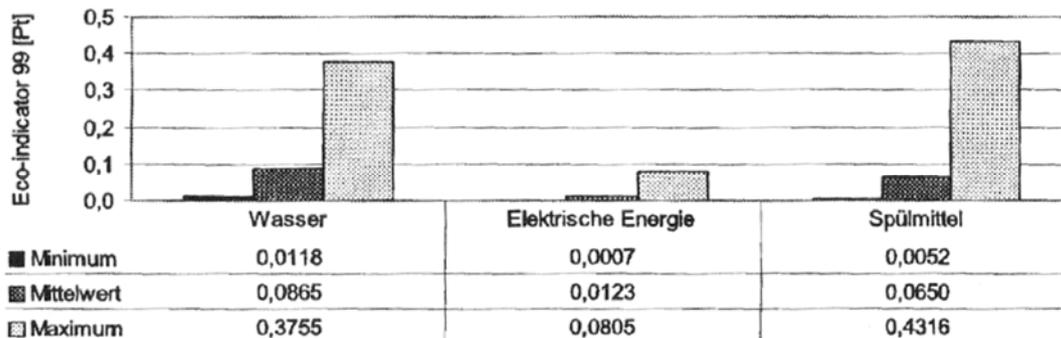
20

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

Streuung des Nutzungsverhaltens

Beispiel: Nutzereinfluß beim Geschirrspülen von Hand (2)

- Eine ökologische Bewertung der Verbrauchswerte mit der Eco-Indicator 99 Methode zeigt die *Spannweite der Umweltbeeinträchtigungen* auf



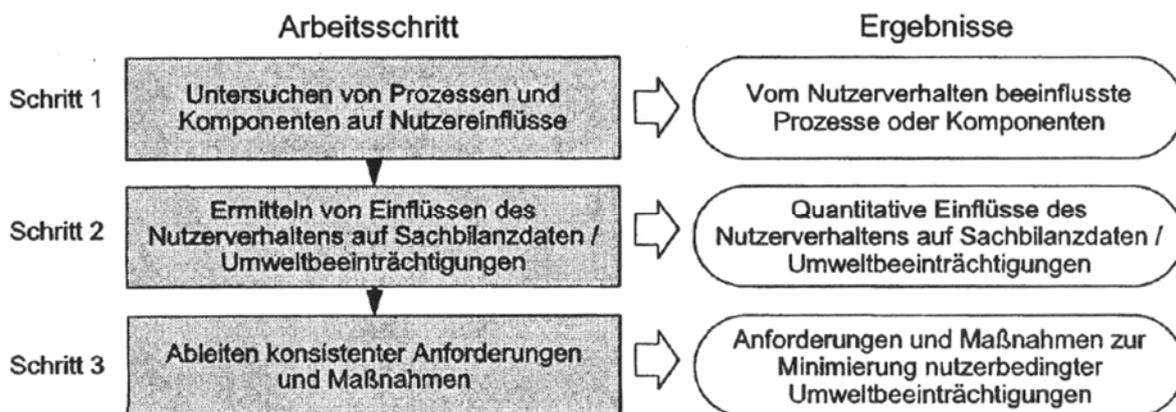
Einfluß des Nutzers auf Umweltbeeinträchtigungen beim Geschirrspülen

21

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

b) Ermitteln und Quantifizieren des Einflusses des Nutzerverhaltens

Ablauf der Analyse von Nutzereinflüssen auf Umweltbeeinträchtigungen



22

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

Schritt 1: Untersuchen von Prozessen und Komponenten auf Nutzereinflüsse

- Der Nutzer wirkt über Nutzer-Produkt-Schnittstellen direkt auf Komponenten ein
- Das Ermitteln von Nutzereinflüssen kann daher auf Basis von *Produkt-bzw. Funktionsmodellen* untersucht werden
- Alternative: Analyse von *Wirkketten*

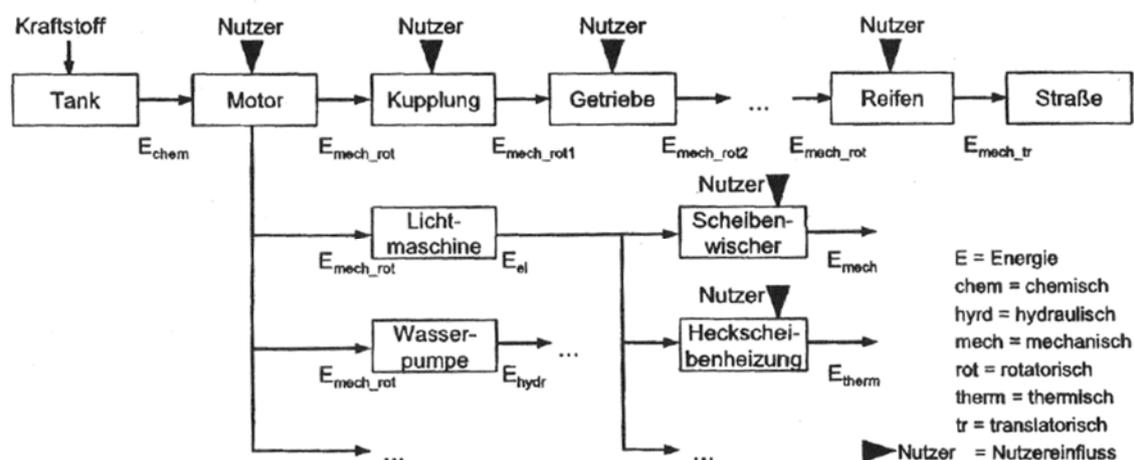
23

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

Schritt 1: Untersuchen von Prozessen und Komponenten auf Nutzereinflüsse

Beispiel: Energiebedarf Kraftfahrzeug

- Der *Nutzer wirkt über Nutzer-Produkt-Schnittstellen direkt auf Komponenten im Antriebsstrang* ein
- Es bestehen *funktionale Verkettungen* z.B. ausgehend von der eingangsseitigen *Sachkennzahl* (hier Kraftstoffverbrauch) *bis hin zum angestrebten Nutzen* (hier translatorische Bewegung auf der Straße)



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

Ermitteln von Nutzereinflüssen auf Basis von Produkt-/Funktionsmodellen

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

Schritt 2: Quantifizieren von Nutzereinflüssen auf Sachbilanzdaten

Zweistufiges Vorgehen

1. Untersuchen der *Einflüsse von Prozeßparametern auf Sachbilanzdaten*
2. Ermitteln des *Einflusses des Nutzerverhaltens auf Prozeßparameter*

Hinweis: In Abhängigkeit des erforderlichen Genauigkeitsgrads, der Komplexität der Zusammenhänge und verfügbaren Wissens kann *rechnerisch oder grafisch* vorgegangen werden

⇒ Ergebnisse sind quantitative *Einflüsse des Nutzerverhaltens auf Sachbilanzdaten bzw. Umweltbeeinträchtigungen*

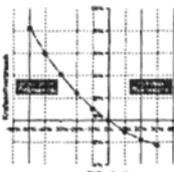
25

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

Schritt 2: Quantifizieren von Nutzereinflüssen auf Sachbilanzdaten

Einfluss von Prozessparametern auf Sachbilanzdaten

$$m_{\text{Kraftstoff}} = f(v, n, c_w, A, p_{\text{Reifen}}, \dots)$$



Einfluss des Nutzerverhaltens auf Prozessparameter

$$p_{\text{Reifen}} = g(p_0, \Delta T, t_{\text{Prüfintervall}}(u), V_{\text{Verlust}}(t), \dots)$$



Einfluss des Nutzerverhaltens auf Sachbilanzdaten



$$\left. \begin{matrix} m_{\text{Kraftstoff}} \\ m_{\text{CO}_2} \\ m_{\text{NOX}} \\ \dots \end{matrix} \right\} = f(v, n, c_w, p_{\text{Reifen}}(u), \dots)$$

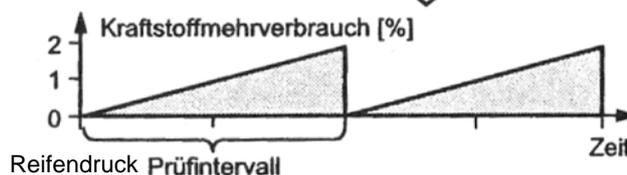
Sachbilanzdaten

Prozessparameter



Nutzer

m = Masse
t = Zeit
v = Fahrgeschwindigkeit
c_w = Luftwiderstandsbeiwert
A = Querschnittsfläche
u = Nutzereinfluss
n = Motordrehzahl
p = Reifenluftdruck
T = Temperatur
V = Volumen



26

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

Schritt 3: Ableiten von Anforderungen und Maßnahmen

Die **quantitative Einflüsse des Nutzerverhaltens auf Sachbilanzdaten bzw. Umweltbeeinträchtigungen** (Schritt 2) bilden die Ausgangsbasis für das

- Ableiten von Anforderungen und
- Maßnahmen zur Minderung nutzungsbedingter Umweltbeeinträchtigungen
- Darüber hinaus können ermittelte Zusammenhänge als Grundlage einer Simulation der Auswirkungen unterschiedlicher Nutzer auf Sachbilanzdaten dienen

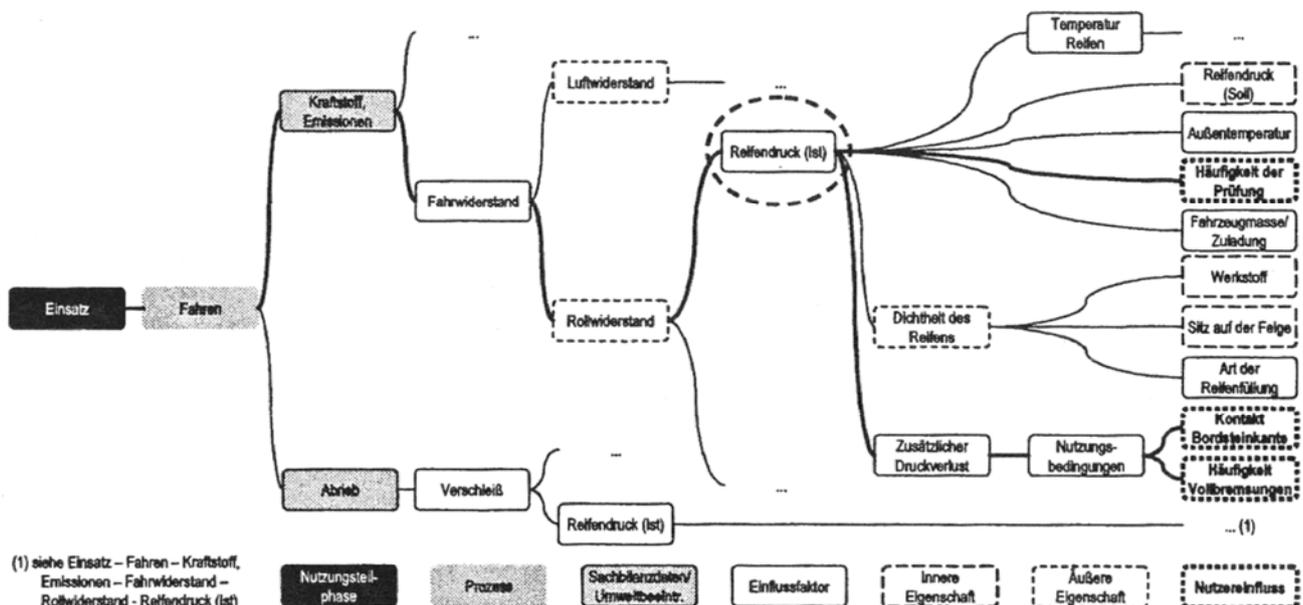
27

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

c) Quantifizieren von Nutzereinflüssen in der praktischen Anwendung: Beispiel KFZ-Reifen

Schritt 1: Untersuchen von Prozessen und Komponenten auf Nutzereinflüsse

Analyse mit Wirkketten



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

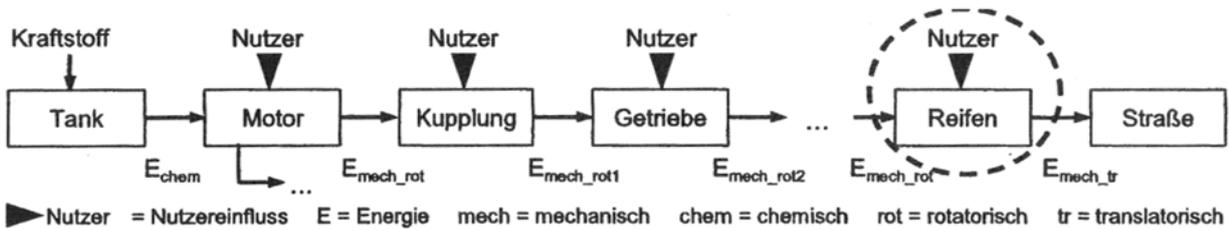
Prof. Dr.-Ing Ekkehard Schiefer Dieser Umdruck ist ausschließlich für den Gebrauch in meinen Lehrveranstaltungen bestimmt. Für eventuell enthaltene Fehler wird keine Haftung übernommen.

Quantifizieren von Nutzereinflüssen in der praktischen Anwendung: Beispiel KFZ-Reifen

Schritt 1: Untersuchen von Prozessen und Komponenten auf Nutzereinflüsse

Reifendruck wesentlicher Einflußfaktor

- beeinflusst über Rollwiderstand als Anteil des Fahrwiderstands Kraftstoffverbrauch und Emissionen
- über den Verschleiß besteht Einfluß auf den Abrieb
- Als Nutzereinfluß auf den Reifendruck können die Häufigkeit der Prüfung und Nutzungsbedingungen, wie Kontakt mit Bordsteinkanten oder Häufigkeit von Vollbremsungen ermittelt werden



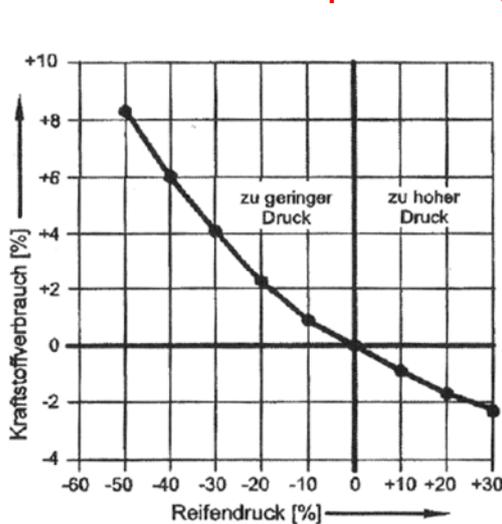
29

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

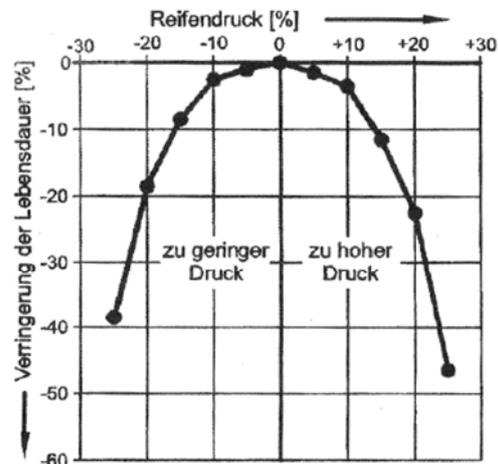
Quantifizieren von Nutzereinflüssen in der praktischen Anwendung: Beispiel KFZ-Reifen

Schritt 2: Quantifizieren von Nutzereinflüssen auf Sachbilanzdaten

1. Einfluß von Prozeßparametern (1)



Zusammenhang zwischen Reifendruck und Kraftstoffverbrauch



Zusammenhang zwischen Reifendruck und Lebensdauer

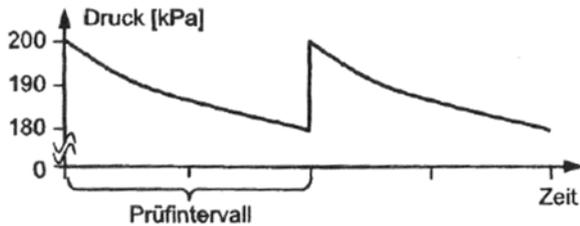
30

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

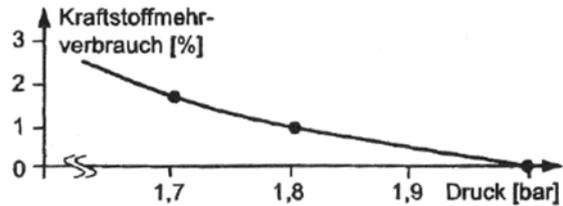
Quantifizieren von Nutzereinflüssen in der praktischen Anwendung: Beispiel KFZ-Reifen

Schritt 2: Quantifizieren von Nutzereinflüssen auf Sachbilanzdaten

1. Einfluß von Prozeßparametern (2)



Reifendruck in Abhängigkeit vom Prüfintervall



Kraftstoffmehrverbrauch in Abhängigkeit vom Reifendruck

Quantifizieren von Nutzereinflüssen in der praktischen Anwendung: Beispiel KFZ-Reifen

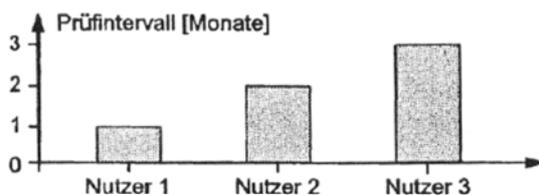
Schritt 2: Quantifizieren von Nutzereinflüssen auf Sachbilanzdaten

2. Einfluß des Nutzers über das Prüfintervall auf den Kraftstoffverbrauch

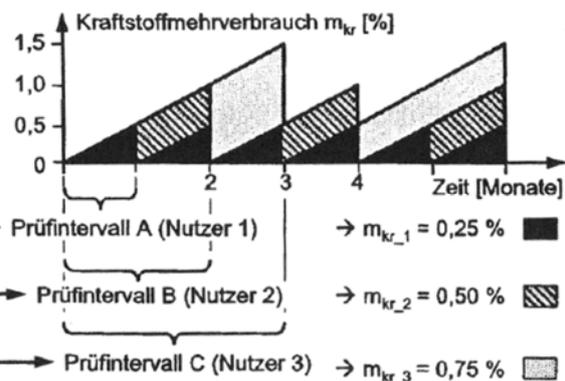
Momentaner Kraftstoffmehrverbrauch in Abhängigkeit der Länge des Prüfintervalls (Vereinfachte Darstellung)

⇒ Der Flächeninhalt unter den Kurven bildet ein Maß für den absoluten (kumulierten) Kraftstoffmehrverbrauch

Einfluß Nutzer auf Prozeßparameter (Prüfintervall)



⇒ Einfluß Nutzer über Prüfintervall auf Sachbilanzkennzahl (Kraftstoffverbrauch)



Kraftstoffeinsparpotential durch richtigen Reifendruck

- Nach einer Marktuntersuchung des Bundesverbandes Reifenhandel und Vulkaniseur-Handwerk lag der Reifendruck bei 74% der untersuchten Fahrzeuge um mindestens 20 kPa unter dem Soll-Wert von 200 kPa (1 bar = 100 kPa)
- Ausgehend von einem Soll-Reifendruck von 200 kPa beträgt der Kraftstoffmehrverbrauch durch einen um 20kPa verminderten Druck etwa 9%
- 31,2% der Nutzer gaben an den Reifendruck nie zu kontrollieren
- Bei 600 Mrd. Fahrzeugkilometern (2010) entspricht das einem nutzerverhaltenbedingten *Einsparpotential von etwa 2,78 Mrd Litern Kraftstoff* oder rund 0,5%
(Annahme: Flottenverbrauch von 6,98 Liter/100 km (Daimler 2008) und einem Anteil von 74% zu geringem Reifendruck)