

# Potenziale für ressourceneffiziente Produktion und Produktanwendung

Effizienz Forum Wirtschaft

Ahlen / Westf., 28. Januar 2014



Günter Subklew

Forschungszentrum Jülich GmbH, 52425 Jülich

Der Vortrag basiert in wesentlichen Teilen  
auf Arbeiten im

**Fachbereich *Ressourcenmanagement***

innerhalb der

**Fachgesellschaft *Energie und Umwelt***

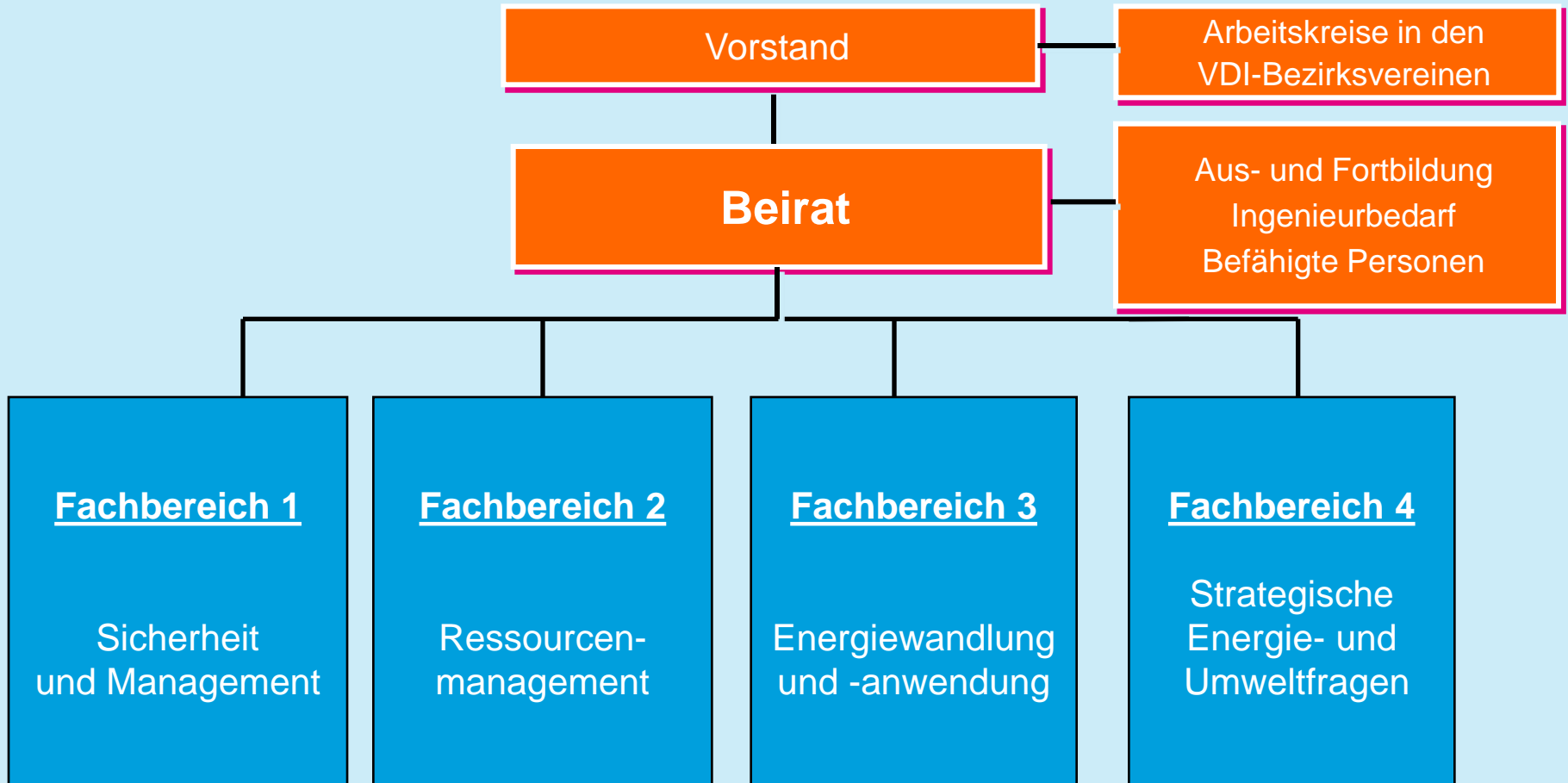
des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI).

Für Unterstützung danke ich dem Kollegenkreis im

**Fachausschuss**

***Produktionsintegrierter Umweltschutz***

# VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (VDI-GEU)



# **Gliederung**

## Ressourceneffizienz

- Beispiel
- Substitution
- Recycling
- Kaskadennutzung
- Koppelnutzung
- Effiziente Produktnutzung
- Nutzen statt Besitzen

## ProduktionsIntegrierter UmweltSchutz (PIUS)

- Richtlinie und Branchenblätter
- Vorgehensweise zur Ermittlung des PIUS-Potenzials
- Ergebnisse



Ulrich Budde © www.bundesbahnzeit.de

... Ressourceneffizienz?



Ulrich Budde © www.bundesbahnzeit.de



Ulrich Budde © www.bundesbahnzeit.de

©Ulrich Budde

Eine **Steigerung der Ressourceneffizienz** bedeutet:

***„Mehr mit weniger erreichen“.***

Rohstoffe, Materialien und Energie werden effizienter eingesetzt, um die Umwelt zu entlasten und um Kosten zu reduzieren.

Daraus folgt:

***„Mehr Ressourceneffizienz steigert die Wettbewerbsfähigkeit und entlastet die Umwelt“.***

Die (ökonomischen) Anreize für eine Steigerung der Ressourceneffizienz sind um so stärker, je höher die Rohstoff- und / oder die Energiepreise sind.

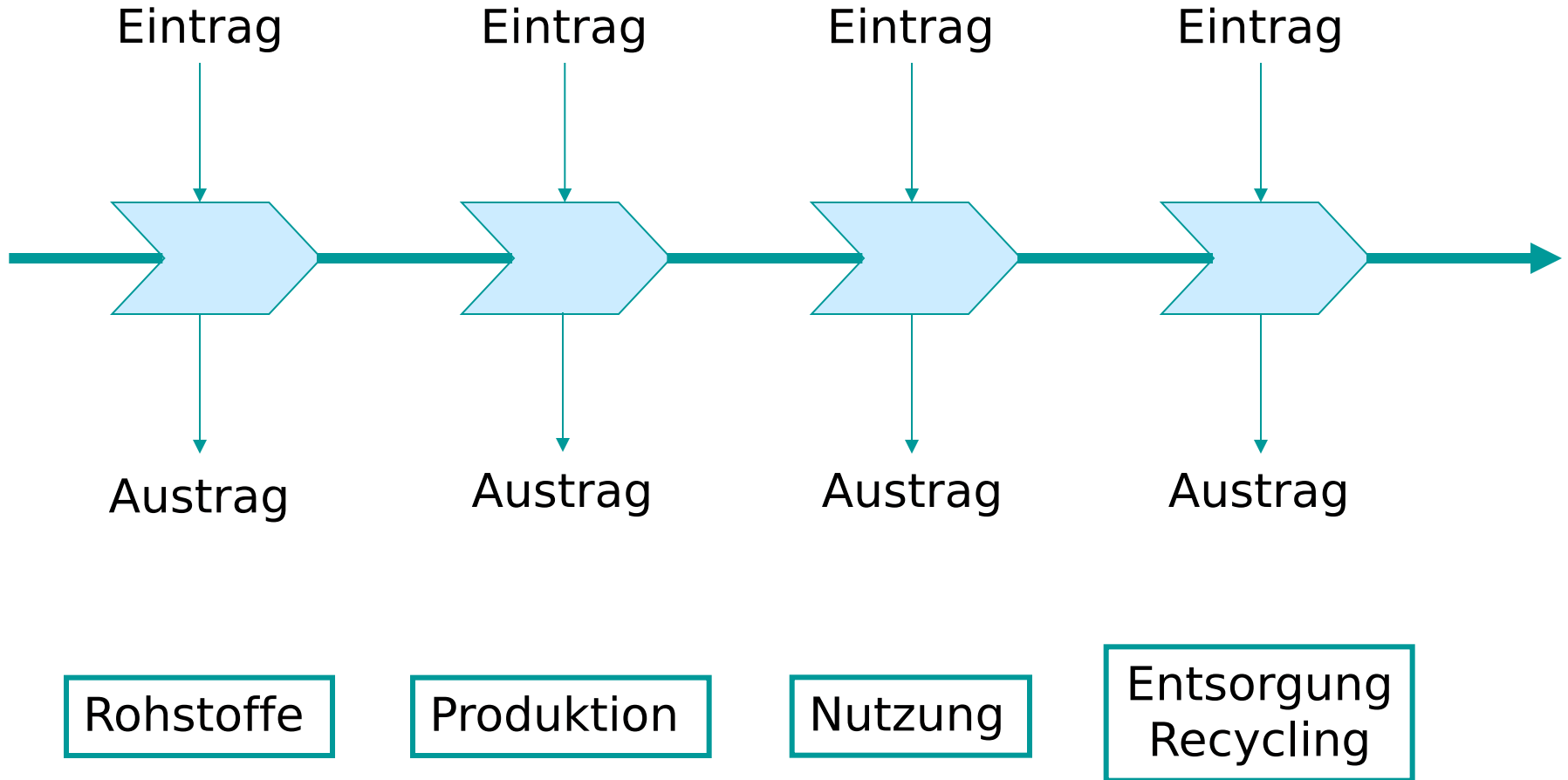
Neben dem Eintrag von Ressourcen muss auch der Austrag von Stoffen (Reststoffe, Emissionen) betrachtet werden.

Die Steigerung der Ressourceneffizienz verfolgt somit **zwei Ziele**:

- ◆ Verringerung des Ressourceneinsatzes
- ◆ Verminderung stofflicher Emissionen

➔ **Lebenszyklus-Analysen**

# Ressourceneffizienz





# Ressourceneffizienzpotential am Beispiel der Wertschöpfungskette von Papier - 1

## 1 Rohstoffgewinnung

Holz aus Weichholzplantagen

---

5,0

Holz aus natürlich gewachsenem Wald

Nichtholzfasern aus Nebenprodukten anderer Wertschöpfungsketten + Recyclingpapier

---

1,67

Zellstoff

# Ressourceneffizienzpotential am Beispiel der Wertschöpfungskette von Papier - 2

## 2 Produktion

Reduzierung der Faseranzahl je Blatt  
(neue Produktgestaltung)

1,33

Effizienzsteigerung  
bei Prozessen und Geräten

1,05

# Ressourceneffizienzpotential am Beispiel der Wertschöpfungskette von Papier - 3

## 3 Nutzung

Beidseitiges Bedrucken / Beschreiben etc.

2,0

Substitutionspotential durch elektronische Medien und Speichereinheiten

1,11

## Ressourceneffizienzpotential am Beispiel der Wertschöpfungskette von Papier - 4

### 4 Ergebnis

$$5,0 \times 1,67 \times 1,33 \times 1,05 \times 2,0 \times 1,11 \rightarrow 25,9$$

**Effizienzsteigerung**

**Faktor 26**



**Verminderung der Anbaufläche für Zellstoff um**

**96 %**

## **Substitution**

Ersatz eines Rohstoffs durch einen anderen Rohstoff, durch einen neuen Werkstoff oder durch eine komplett neue Anwendung, die den Rohstoff überflüssig macht.

## **Beispiel**

Erneuerbare Rohstoffe ersetzen fossile Rohstoffe.

## **Aber**

- Weltweit nutzbares Biomassepotenzial nur ca. 25 % des heutigen globalen Primärenergieverbrauchs
- konkurrierende Nutzungsformen für Flächenangebot
- international Gefahr durch Raubbau an Naturgütern.

# Optionen in einer bio-basierten Wirtschaft

## Bio-basierte Wirtschaftszweige



### Ernährung



### Bio-Energie



### Bio-basierte Rohstoffe



### Bio-Pharmazeutika



## **Recycling**

Gewinnung wieder verwertbarer Rohstoffe aus Neben- und Abfallprodukten und Rückführung in den Stoffkreislauf als “Sekundärrohstoffe”.

Europa: 300 Mrd. EUR/a für Abfallbeseitigung und Recycling (Sustainability Yearbook 2007, SAM Group).

## **Beginn des Recyclings**

Meist am Ende von Produktlebenszyklen.

Entscheidend für die Recycling-Effizienz ist häufig die Produktgestaltung (Materialauswahl und -verarbeitung).

## **Aber**

Ab einer spezifischen Recyclingquote steigt der Energieaufwand für Sammlung und Reinigung überproportional an  $\Rightarrow$  höhere Quoten nur bei effizienteren Prozessen oder höheren Rohstoffpreisen zu erreichen.



## **Kaskadennutzung**

Verwendung von Produkten, Produktkomponenten sowie Koppel- und Nebenprodukten in möglichst vielen Nutzungsphasen.

### **Beispiel**

Stoffliche Nutzung von Biomasse mit anschließender energetischer Reststoffverwertung.

### **Beispiel**

Wassernutzung je nach Qualitätanspruch in verschiedenen Stufen eines Prozesses.

## **Koppelnutzung**

Effiziente Nutzung von Ressourcen auch durch Kaskaden- oder Koppelnutzung möglich.

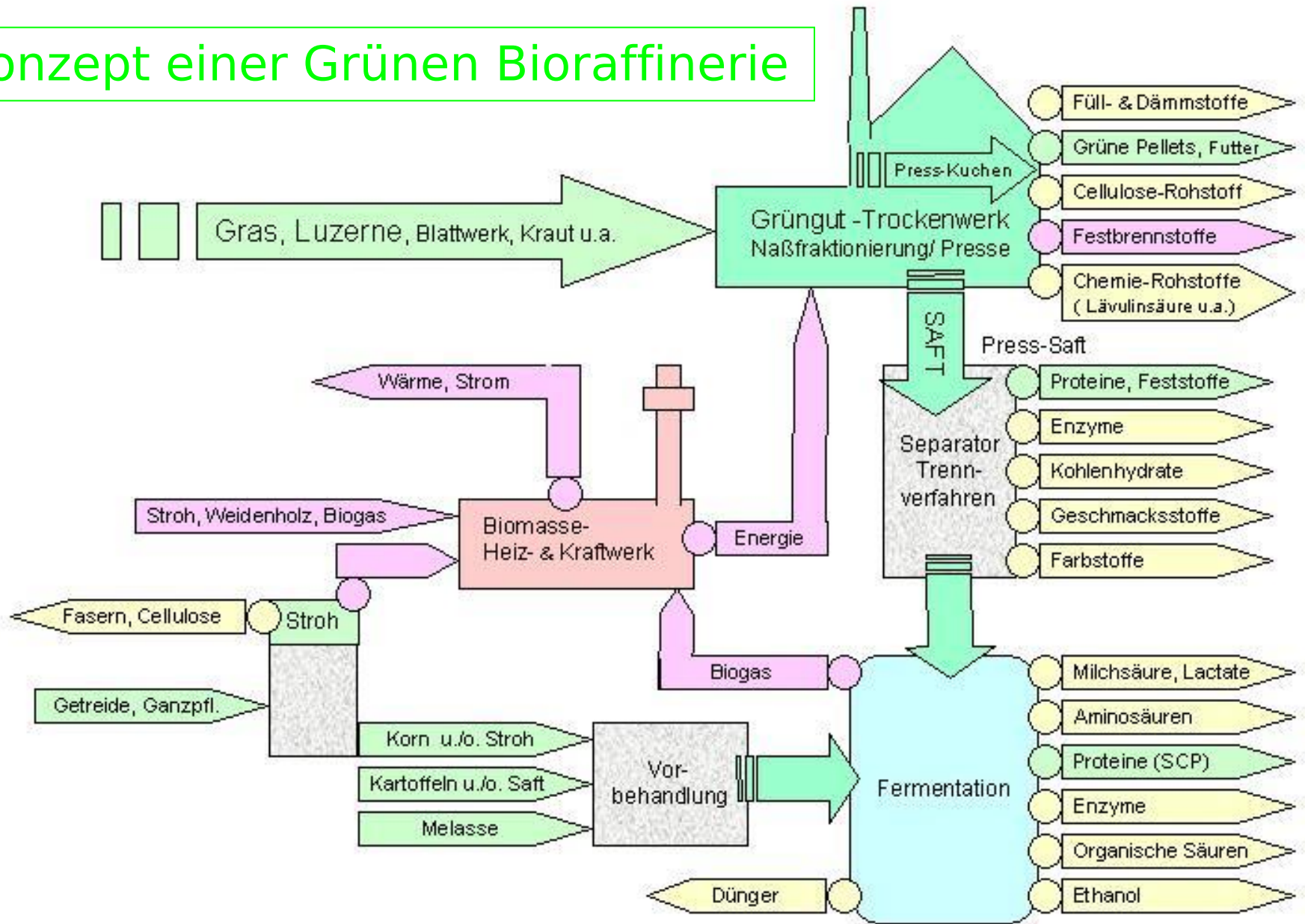
Betrachtung von Prozessen entlang der gesamten Wertschöpfungskette; auch Überschreiten von Branchengrenzen.

## **Beispiel**

Parallele Nutzung unterschiedliche Bestandteile von Biomasse für verschiedene Anwendungen.

⇒ **Bioraffinerie**

# Konzept einer Grünen Bioraffinerie



## **Nutzungsphase**

Erheblicher Teil des Ressourcenverbrauchs bei einem Produkt entfällt auf Nutzungsphase.

Beispiel PKW: 85 % des gesamten Energieverbrauchs von Herstellung bis Entsorgung während der Nutzung.

**Effiziente(re) Nutzung ⇒ höhere Ressourceneffizienz**

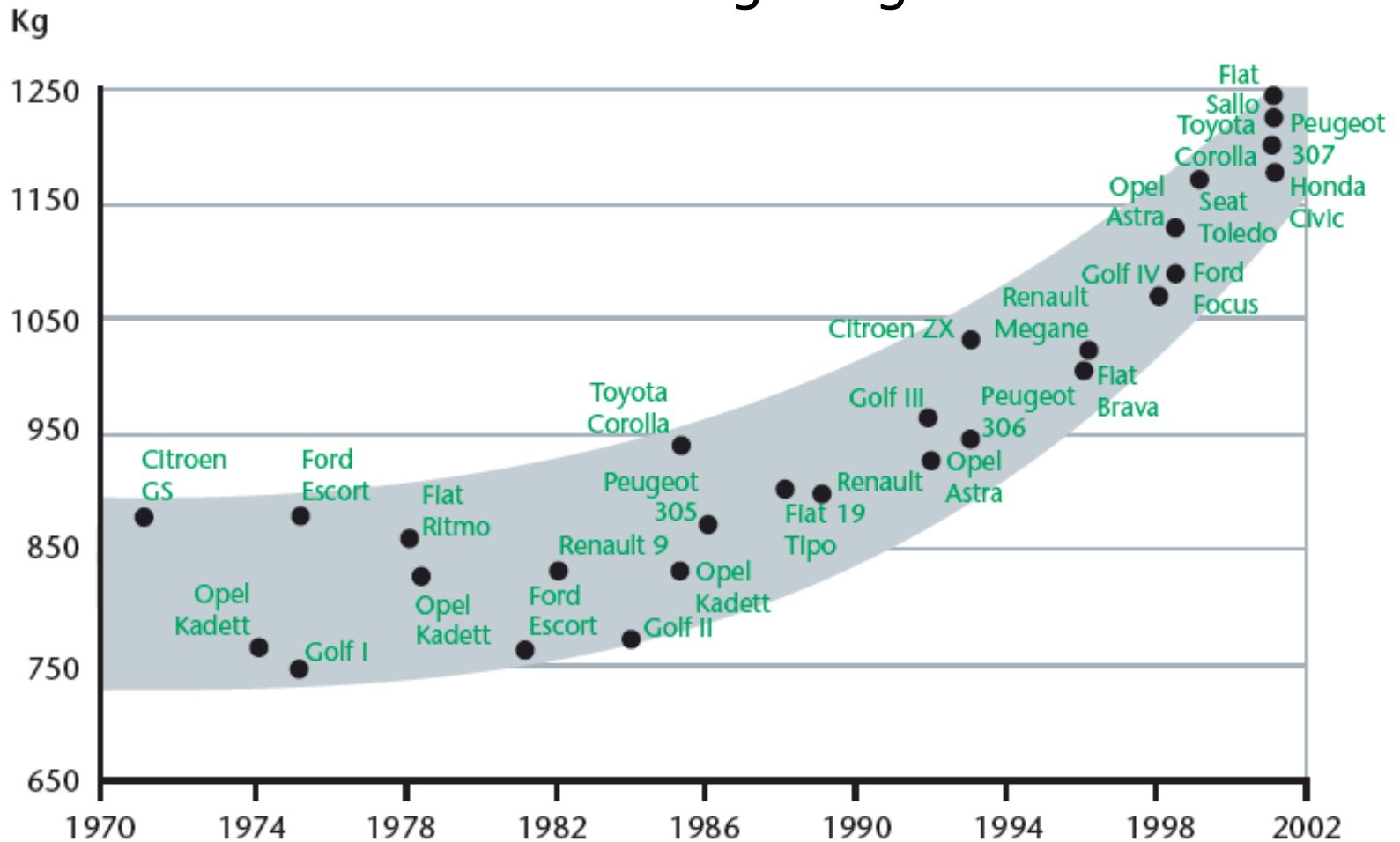
## **Nutzen statt Besitzen**

Geschäftsmodell macht aus Rohstofflieferanten und Herstellern Anbieter von Dienstleistungen.

Beispiel: Automobilhersteller wird zu Anbieter von Mobilitätsdienstleistung.

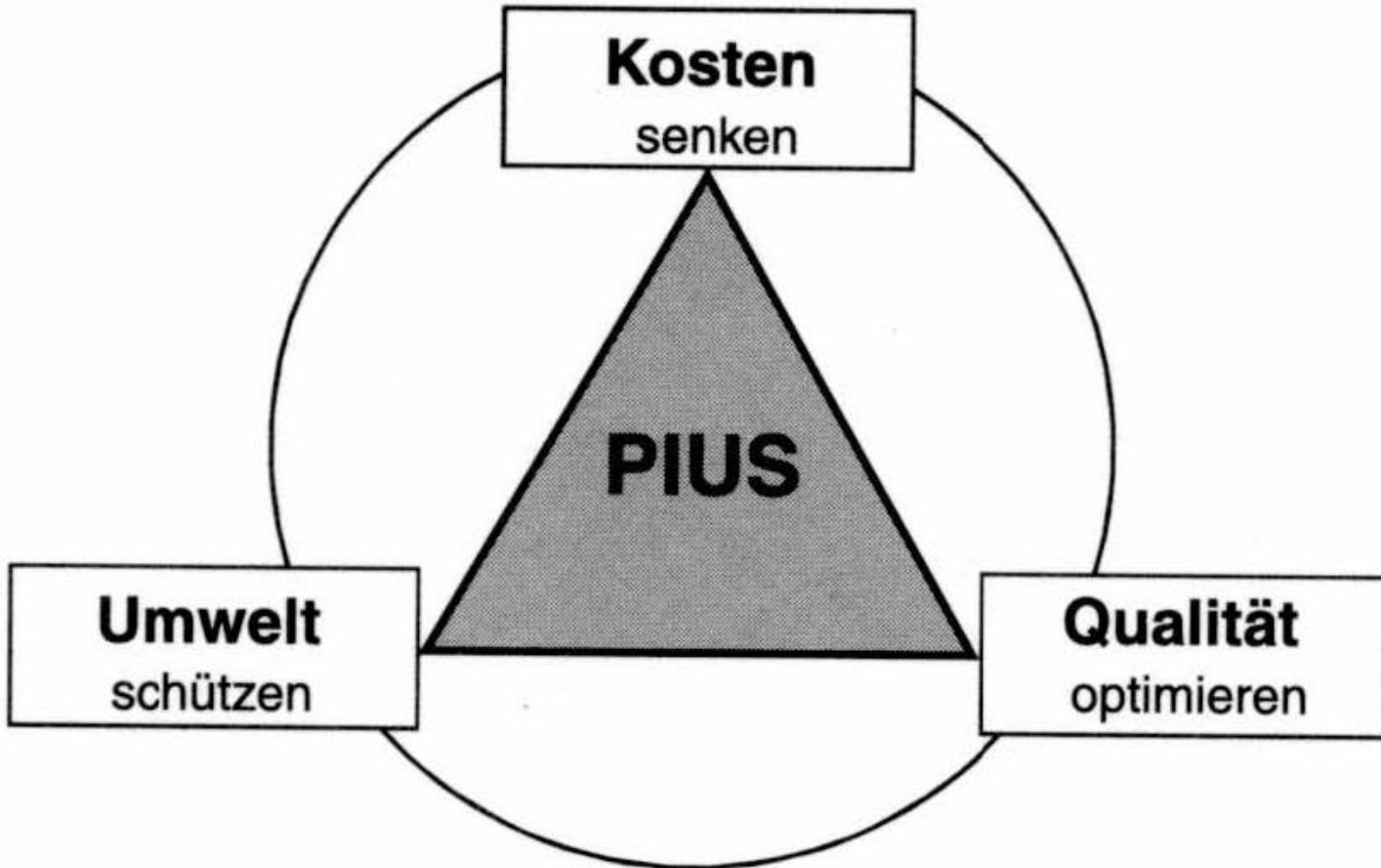
# Rebound-Effekt beachten!

Beispiel PKW: Technischer Effizienzgewinn muß nicht gleichbedeutend sein mit einem geringeren Verbrauch!



Quelle:  
[WBCSD 2004]

Zielsetzungen



## Definition

Unter dem Begriff PIUS werden sowohl **technische** als auch **organisatorische Veränderungen** von Produktionsabläufen und/oder Produktionsanlagen verstanden, durch die sich eine deutliche **Vermin-  
derung von Umweltbelastungen** erzielen lässt. Dabei wird durch PIUS das Entstehen von Umweltbelastungen bereits **innerhalb** der einzelnen **Produktionsschritte und Teilprozesse** vermindert und nicht erst im Anschluss an den eigentlichen Produktionsprozess in Form von nachgeschalteten Schutzmaßnahmen.

## Abgrenzung

Der Erfolg von PIUS wird an den Kriterien für **nachhaltiges** Wirtschaften gemessen. PIUS grenzt sich so vom nachgeschalteten (end of pipe-) Umweltschutz ab. Als Folgeeffekte des integrierten Ansatzes von PIUS werden prozesstechnische Innovationen angestoßen und Risikoverschiebungen zwischen den Umweltmedien (Boden, Wasser, Atmosphäre) vermieden.



# ProduktionsIntegrierter Umweltschutz - PIUS -

ICS 13.020.01

VDI-RICHTLINIEN

März 2005  
March 2005

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Produktionsintegrierter  
Umweltschutz (PIUS)  
Grundlagen und Anwendungsbereich  
  
Cleaner production (PIUS)  
Basic principles and area of application

VDI 4075

Blatt 1 / Part 1

Ausg. deutsch/englisch  
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite	Contents	Page
<b>1 Zielsetzung</b> . . . . .	2	<b>1 Objectives</b> . . . . .	2
<b>2 Definition und Abgrenzung</b> . . . . .	3	<b>2 Definition and scope</b> . . . . .	3
<b>3 Vorgehensweise</b> . . . . .	6	<b>3 Procedure</b> . . . . .	6
1. Schritt: Festlegung der Wirkungsgrenzen . . . . .	6	Step 1: Definition of the system boundaries . . . . .	6
2. Schritt: Identifikation der Ein- und Ausgangsströme . . . . .	7	Step 2: Identification of input and output flows . . . . .	7
3. Schritt: Feststellung der Rahmenbedingungen . . . . .	8	Step 3: Definition of the general framework . . . . .	8
4. Schritt: Auswahl und Darstellung der Ein- und Ausgangsströme . . . . .	9	Step 4: Selection and illustration of input and output flows . . . . .	9
5. Schritt: Analyse des PIUS-Potenzials . . . . .	9	Step 5: Analysis of the PIUS potential . . . . .	9
6. Schritt: Darstellung des Verbesserungspotenzials durch PIUS im Vergleich zur Ist-Situation . . . . .	11	Step 6: Illustration of the improvement potential through PIUS compared with the current situation . . . . .	11
<b>4 Erfassung und Dokumentation der Daten</b> . . . . .	12	<b>4 Acquisition and documentation of data</b> . . . . .	12
<b>5 Weiterführende Hinweise</b> . . . . .	19	<b>5 Further information</b> . . . . .	19
Schrifttum . . . . .	21	Bibliography . . . . .	21
Glossar . . . . .	22	Glossary . . . . .	22
Ausgewählte Internetdatenbanken . . . . .	22	Selected internet databases . . . . .	22

VDI-Koordinierungsstelle Umwelttechnik – KUT

Fachbereich Integrierte Umwelttechnik  
Richtlinienausschuss VDI 4075

VDI-Handbuch Umwelttechnik  
VDI-Handbuch Betriebstechnik, Teil 1

ICS 13.020.01

VDI-RICHTLINIEN

September 2008

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Produktionsintegrierter  
Umweltschutz (PIUS)  
Gießereitechnik  
  
Cleaner Production (PIUS)  
Foundries industries

VDI 4075

Blatt 3 / Part 3

Ausg. deutsch/englisch  
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung . . . . .	2	Preliminary note . . . . .	2
Einleitung . . . . .	2	Introduction . . . . .	2
<b>1 Anwendungsbereich</b> . . . . .	3	<b>1 Scope</b> . . . . .	3
<b>2 Begriffe</b> . . . . .	3	<b>2 Terms and definitions</b> . . . . .	3
<b>3 Anwendungsbereiche für PIUS in Gießereien</b> . . . . .	4	<b>3 Scope of Cleaner Production measures in foundries</b> . . . . .	4
<b>4 Vorgehensweise</b> . . . . .	7	<b>4 Procedure</b> . . . . .	7
Schritt 1: Festlegung der Wirkungsbereiche der PIUS-Maßnahme . . . . .	8	Step 1: Determine the ranges of action of the Cleaner Production measure . . . . .	8
Schritt 2: Identifikation der Ein- und Ausgangsströme . . . . .	9	Step 2: Identify the input and output flows . . . . .	9
Schritt 3: Feststellung der Rahmenbedingungen . . . . .	12	Step 3: Determine the relevant framework . . . . .	12
Schritt 4: Auswahl und Darstellung der Ein- und Ausgangsströme . . . . .	13	Step 4: Select and represent the input and output flows . . . . .	13
Schritt 5: Analyse des PIUS-Potenzials in Gießereien . . . . .	13	Step 5: Analyse the Cleaner Production potential in foundries . . . . .	13
Schritt 6: Darstellung des Verbesserungspotenzials durch PIUS im Vergleich zur Ist-Situation . . . . .	14	Step 6: Represent the improvement potential afforded by Cleaner Production, compared with the actual situation . . . . .	14
<b>5 Praxisbeispiele von PIUS-Maßnahmen in Gießereien</b> . . . . .	17	<b>5 Application examples of Cleaner Production measures taken in foundries</b> . . . . .	17
Schrifttum . . . . .	21	Bibliography . . . . .	21
Ausgewählte Internetdatenbanken . . . . .	21	Selected internet databases . . . . .	21

VDI-Koordinierungsstelle Umwelttechnik – KUT

Fachbereich Integrierte Umwelttechnik  
Richtlinienausschuss VDI 4075

VDI-Handbuch Umwelttechnik  
VDI-Handbuch Betriebstechnik, Teil 1: Grundlagen und Planung

Frühere Ausgabe: 12/03 Entwurf, deutsch  
Former edition: 12/03 draft, in German only

Zu beziehen durch / Available from Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2005

Dieses Dokument ist ein Entwurf und ist nicht verbindlich. Es ist nicht für den Druck vorgesehen. / This document is a draft and is not authoritative. It is not intended for printing.

Zu beziehen durch / Available at Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2008

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet / Reproduction – even for internal use – not permitted

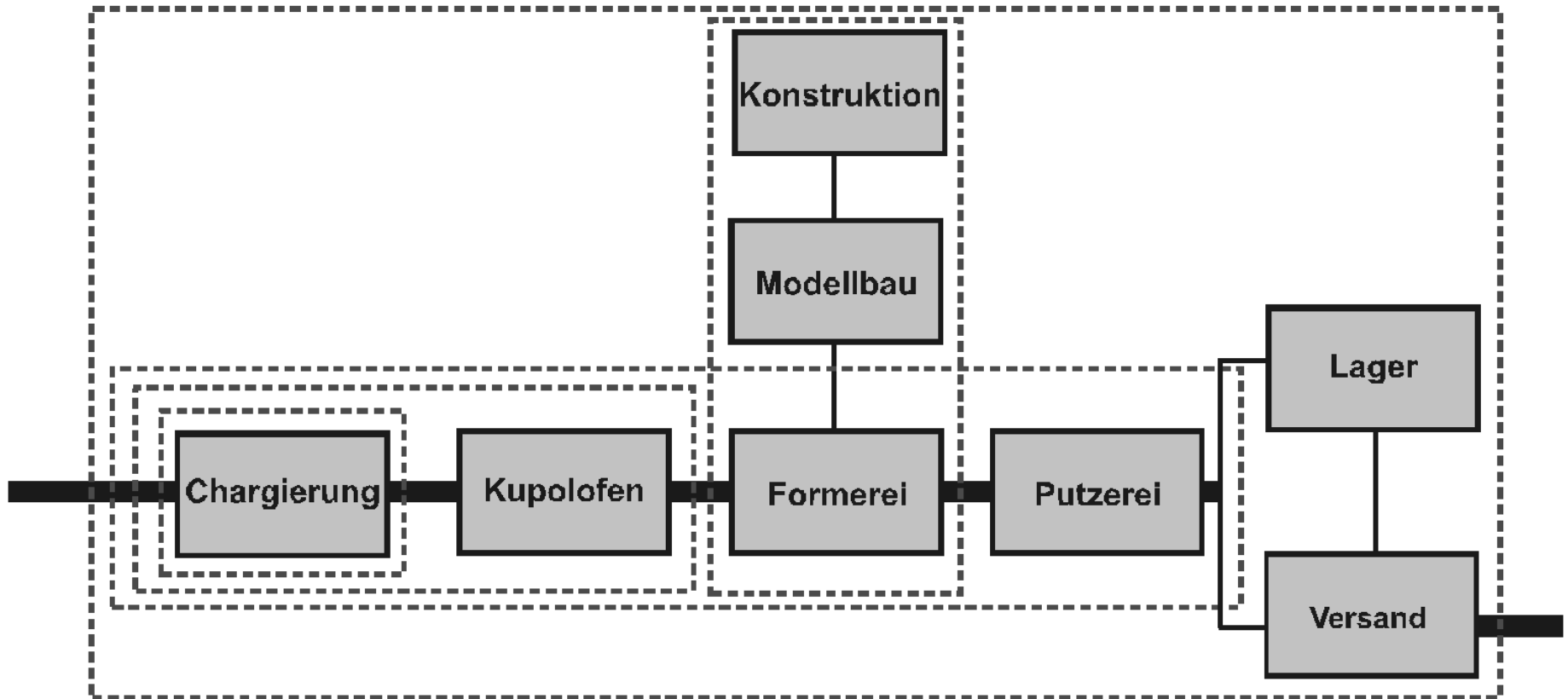
## **Weitere Folgeblätter (Branchen) zu VDI 4075**

- Druckereien
- Gesundheitswesen
- Molkereien
- Kunststoffverarbeitung
- Brauereien
- Metallbearbeitung
- Kompostierung
- ...

## **Systematische Vorgehensweise**

1. Festlegung der Wirkungsgrenzen
2. Identifikation der Ein- und Ausgangsströme
3. Festlegung der Rahmenbedingungen
4. Auswahl und Darstellung der Ein- und Ausgangsströme
5. Analyse des PIUS-Potenzials
6. Darstellung des Verbesserungspotenzials durch PIUS im Vergleich zur Ausgangssituation

# 1. Festlegung der Wirkungsgrenzen



Beispiel Eisengießerei

## 2. Identifikation der Ein- und Ausgangsströme

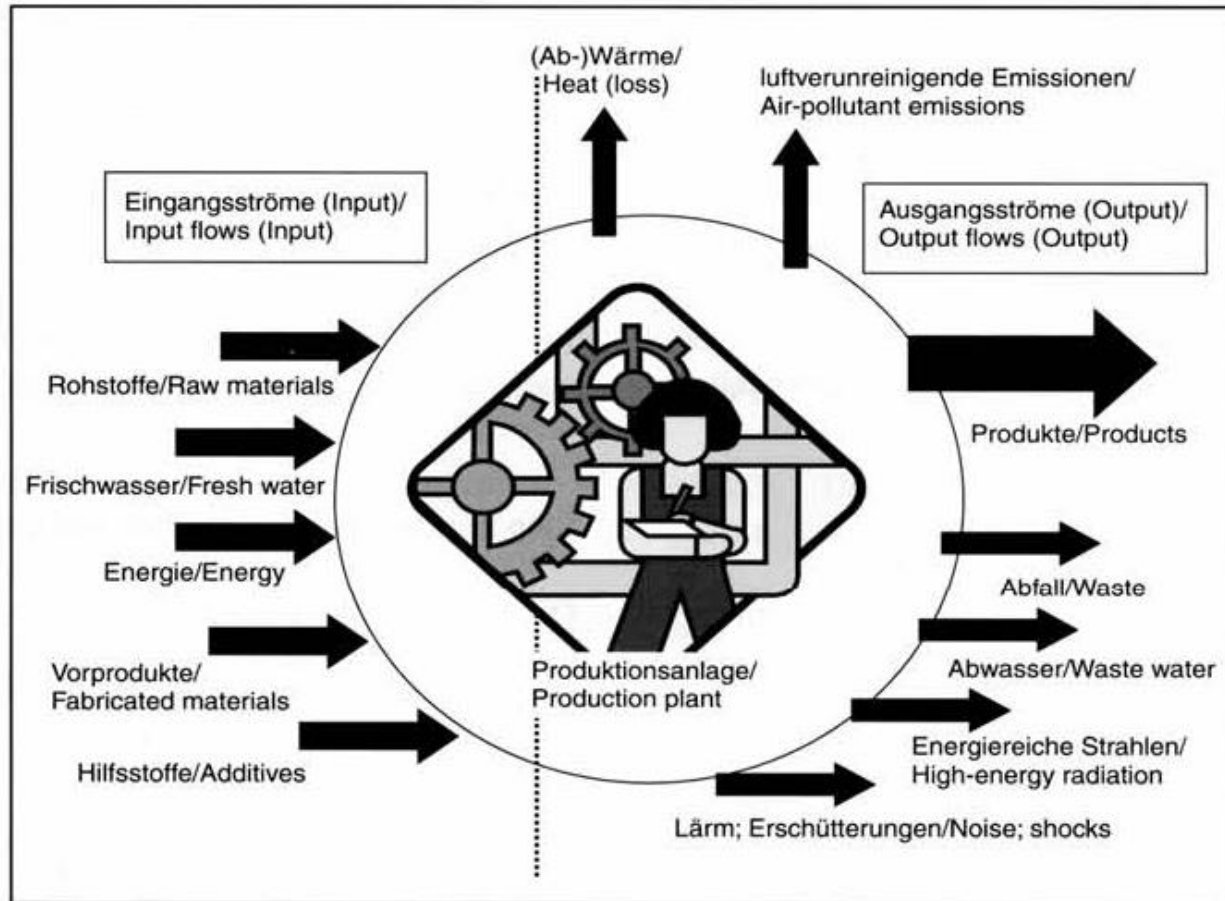


Bild 3. Vereinfachtes Schema der Einflüsse auf Produktion und Produktionsprozess

Fig. 3. Simplified general input-output diagram of a production process

## 3. Festlegung der Rahmenbedingungen

### Rechtliche Vorgaben (ggf. auch mit Blick auf künftige Rechtsvorgaben)

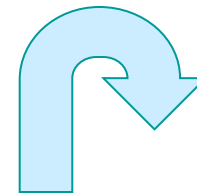
- Emissionsgrenzwerte
- Vorgaben für Energieeffizienz
- Anwendungsverbot für einzelne Stoffe
- Höchstmengenbeschränkungen, Applikationsvorgaben
- Produktverantwortung
- Arbeitssicherheits- und Gesundheitsschutzbelange

### Standortbezogene Vorgaben

- Rechtliche Grenzwerte für Abwassereinleitungen
- Grenzen für Wasserentnahmerechte
- Leistungsbegrenzungen beim Energiebezug
- Grenzen für den Anlieferverkehr (z.B. für Roh- und Hilfsstoffe) durch Lagerhaltung, Verkehrsanbindung, etc.

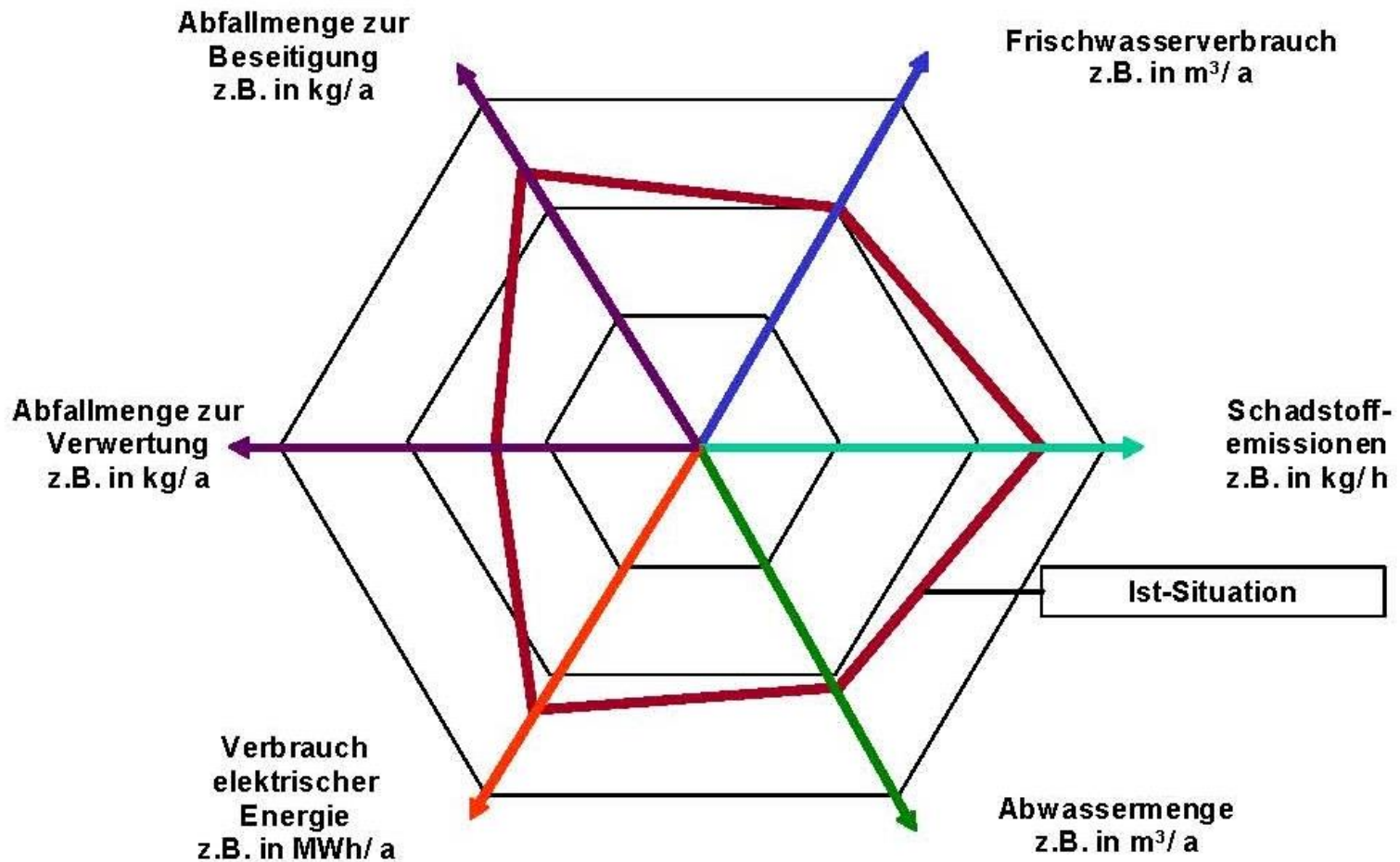
### Unternehmensvorgaben

- Produktqualität
- Wirtschaftlichkeit
- Versorgungssicherheit
- Managementziele
- Image



## Handlungsrahmen

## 4. Auswahl und Darstellung der Ein- und Ausgangsströme



## 5. Analyse des PIUS-Potenzials

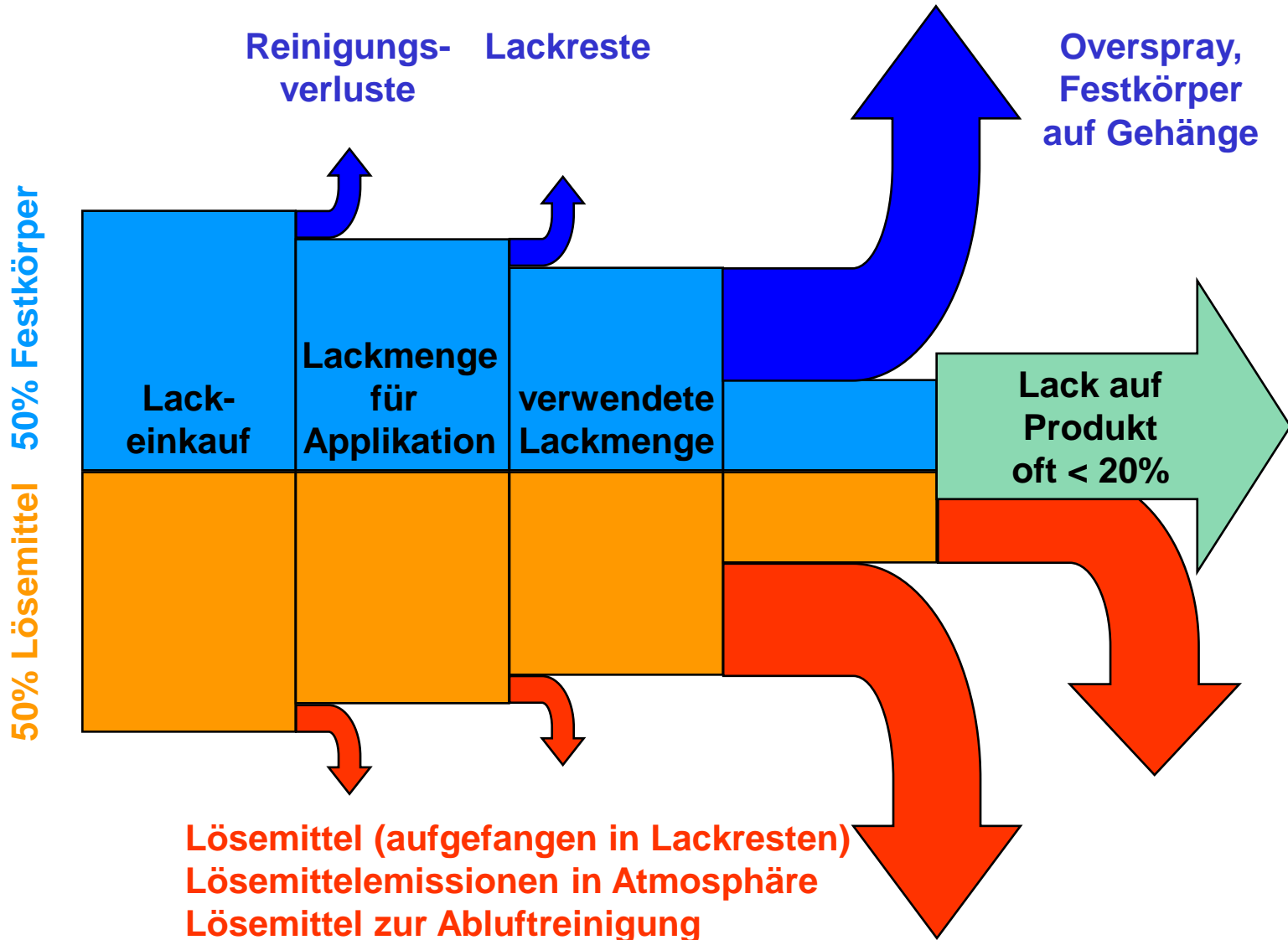
### PIUS-Ansätze

- Minimierung des Bedarfs an nachgeschalteten Umweltschutzmaßnahmen
- Minimierung des Einsatzes von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen bei optimaler Produktqualität durch Steigerung des Prozesswirkungsgrades
- Intensivierung der Nutzung von Betriebs- und Hilfsstoffen, z.B. durch Schließung von Stoffkreisläufen in der Produktion oder durch Mehrfachnutzungen
- Substitution umweltbedenklicher Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe;
- Einsatz nachwachsender Rohstoffe
- Einsatz regenerativer Energien
- Verbesserung der Energieeffizienz
- Verringerung des Aufwands für Logistik (Transport, Lagerung)
- ...



# Praxiserfahrungen für effiziente Lackierprozesse

*Lackpfad bei der Spritzapplikation (beispielhafte Darstellung)*



# **Praxiserfahrungen für effiziente Lackierprozesse**

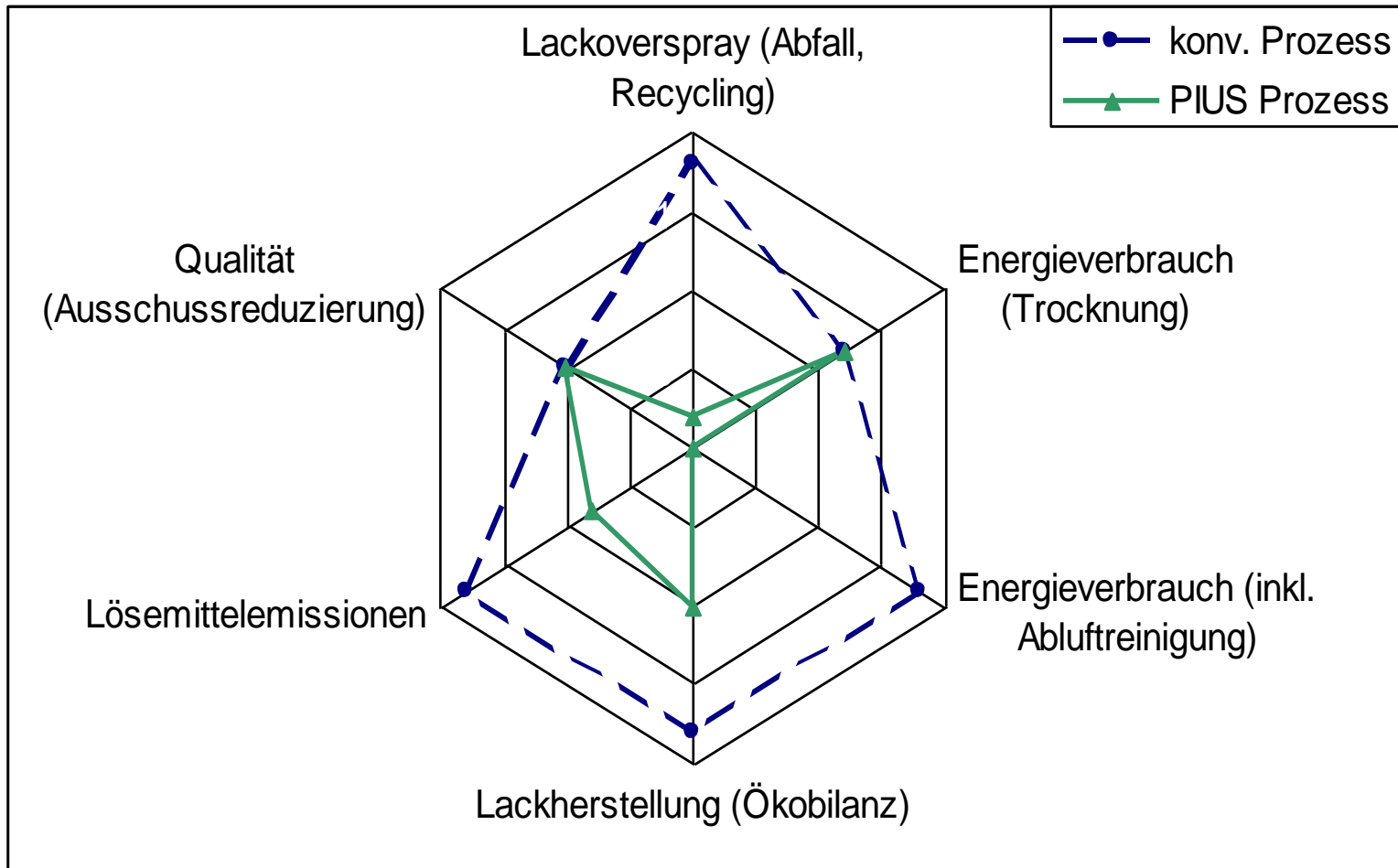
## *Einflussfaktoren zur Optimierung der Materialeffizienz (Auswahl)*

- Teilegeometrie
- Automatisierungsgrad (voll, teilweise, manuell)
- Applikationstechnik, -parameter
- Bandbelegung, Teileaufhängung
- Schichtdicke
- Mehrmalige Lackierung
- Nachlackierung

# VDI 4075: Folgeblatt Lackierverfahren

## Holzlackierprozess: Bewertung des PIUS-Potenzials

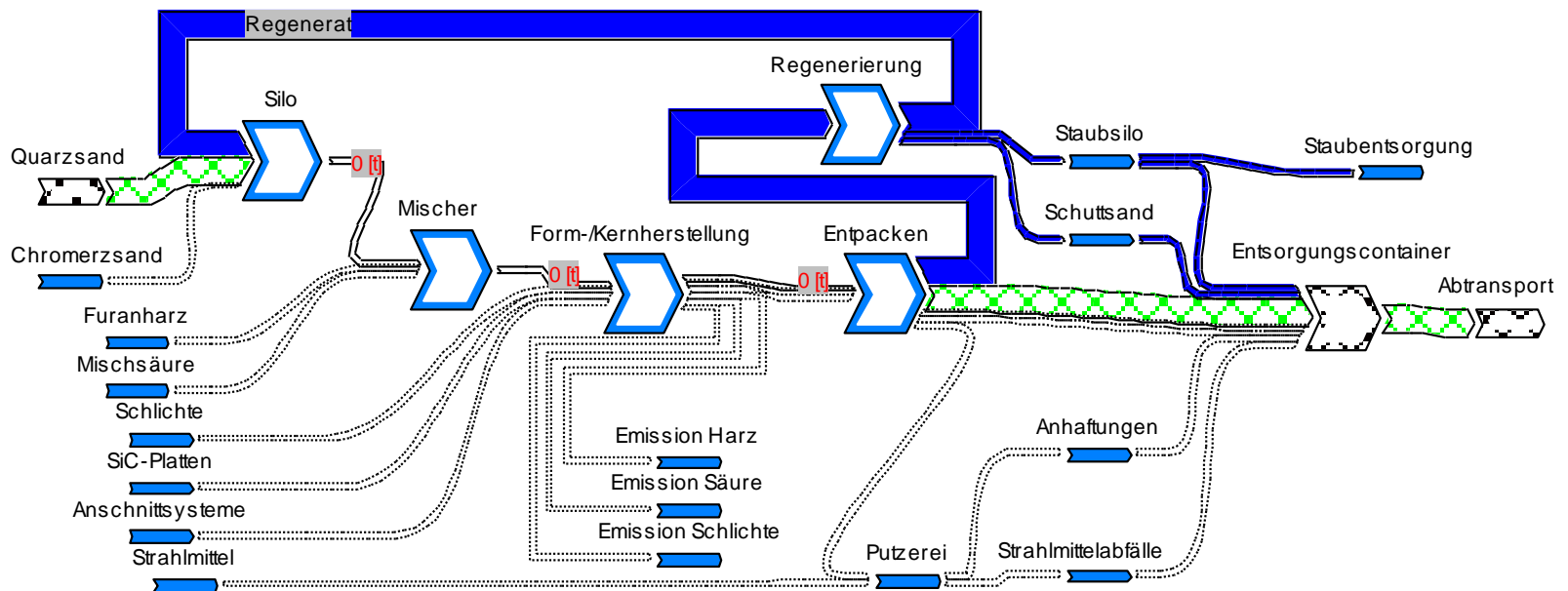
### 6. Darstellung des Verbesserungspotenzials durch PIUS im Vergleich zur Ausgangssituation



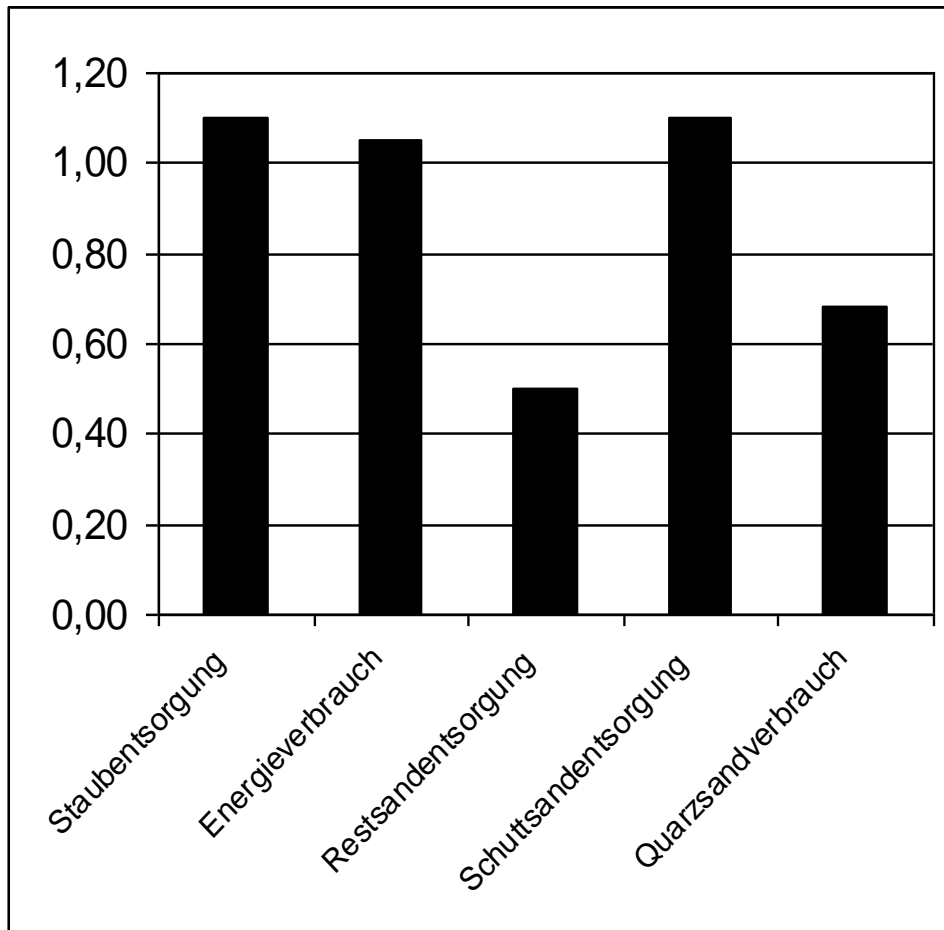
# Praxiserfahrungen für effiziente Lackierprozesse

*Beispiel: Einfluss Applikationstechnik → Lackauftragswirkungsgrad*

Lackverbrauch	t/a	133	100	80	67
Lackfestkörper	%	50	50	50	50
Lackauftragswirkungsgrad	%	30	40	50	60
<b>Lackfestkörper auf Produkt</b>	<b>t/a</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>
Lackkoagulat (50% Festkörper)	t/a	93	60	40	27
Lackpreis	€/kg	6,00	6,00	6,00	6,00
Verwertungskosten	€/kg	0,60	0,60	0,60	0,60
<b>Wertverlust</b>					
Lackeinkauf	€/a	560.000	360.000	240.000	160.000
Koagulatverwertung	€/a	56.000	36.000	24.000	16.000
<b>gesamter Wertverlust</b>	<b>€/a</b>	<b>616.000</b>	<b>396.000</b>	<b>264.000</b>	<b>176.000</b>
<b>Kostendifferenz €/a pro 10% AWG</b>		<b>220.000</b>	<b>132.000</b>	<b>88.000</b>	



PIUS-Beispiel: Minimierung des Neusandbedarfs und der Entsorgungsmenge durch **Regenerierung**



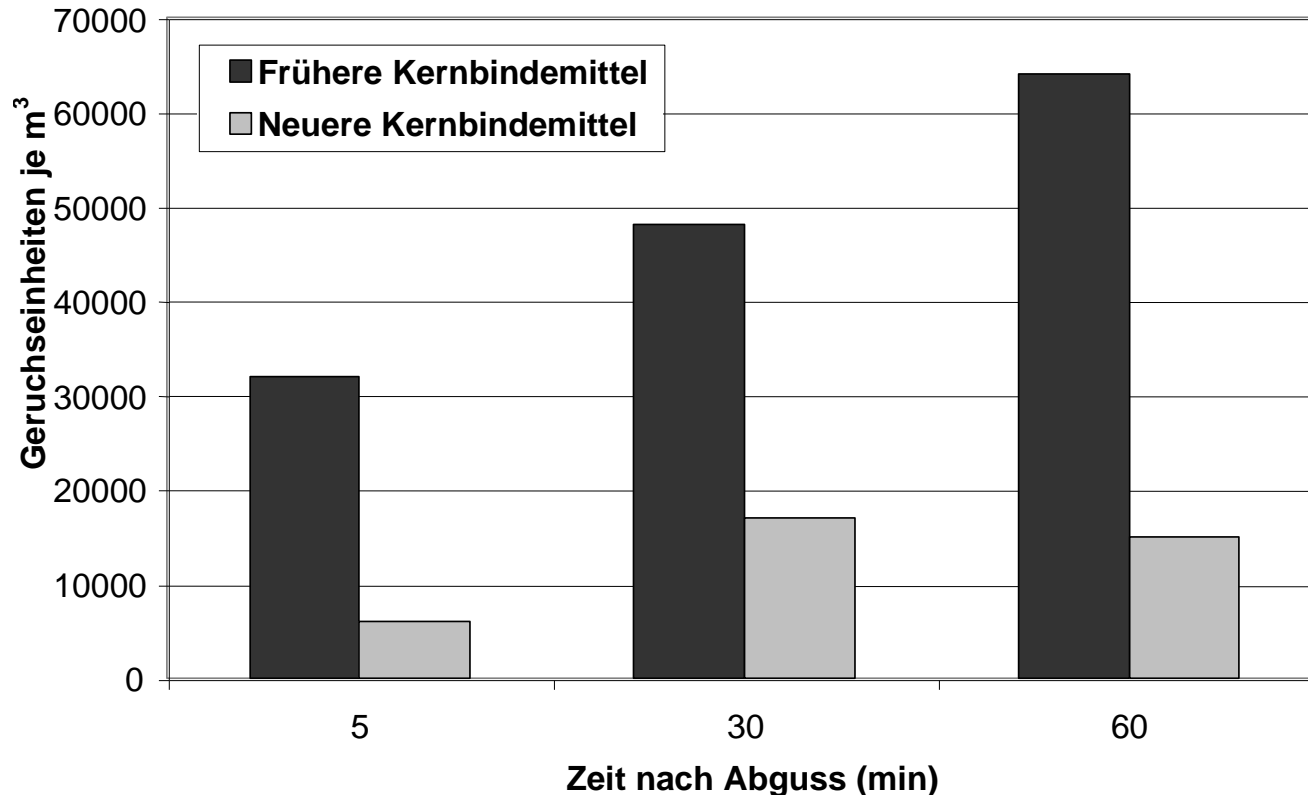
PIUS-Beispiel:

Auswirkungen der

**Sandregenerierung** auf die  
Material- und Energieflüsse

# ProduktionsIntegrierter UmweltSchutz (PIUS)

## Gießereitechnik — VDI 4075 / Blatt 3



PIUS-Beispiel: Minderung von **Geruchsemissionen** einer Eisengießerei durch neue Kernbindemittel

# Zusammenfassung

## Ressourceneffizienz

- ✓ Substitution
- ✓ Recycling
- ✓ Kaskadennutzung
- ✓ Koppelnutzung
- ✓ Effiziente Produktnutzung
- ✓ Nutzen statt Besitzen

## ProduktionsIntegrierter UmweltSchutz (PIUS)

- ✓ Richtlinie und Branchenblätter
- ✓ Vorgehensweise zur Ermittlung des PIUS-Potenzials
- ✓ Ergebnisse



A photograph of a molten metal ladle in an industrial setting. The ladle is filled with bright orange molten metal, and a stream of the metal is being poured from it. The background is a bright, glowing orange light source, possibly a furnace. The ladle is suspended by a chain. The text "Danke für Ihr Interesse!" is overlaid on the image.

**Danke für Ihr Interesse!**