

---

# Ökobilanzwerkstatt 2009

---



---

Universität Stuttgart

Lehrstuhl für Bauphysik

---



Ganzheitliche Bilanzierung

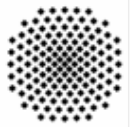
---

# Ökobilanzwerkstatt 2009

---

05.-.07. Oktober 2009, München-Freising

Dipl.-Ing. Stefan Albrecht



Universität Stuttgart

Lehrstuhl für Bauphysik

Ganzheitliche Bilanzierung



# Spiegel am 6. November 2007

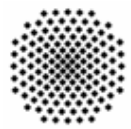
The screenshot shows a web browser window with the URL <http://www.spiegel.de/wirtschaft/0,1518,druck-515517,00.html>. The browser's address bar contains the URL, and the search bar contains the word "Google". The browser's toolbar includes various icons for search, navigation, and printing. The browser's tabs show several open pages, including "ScientificJournal...", "LEO D-E Ergebni...", "8835 (applicatio...", "- ScientificJourn...", "9116 (applicatio...", "7382 (applicatio...", "Erneuerbare En...", and "Druckvers...".

The article is titled "ERNEUERBARE ENERGIEN" and "Ökobranche jubelt über hohen Ölpreis". The author is "Von Anselm Waldermann". The main headline is "Autofahrer ächzen unter den steigenden Benzinkosten - doch eine Branche freut sich: Noch nie waren Solar- und Bioenergie so wirtschaftlich wie heute. Bei einem Ölpreis von fast 100 Dollar erwarten die Ökofirmen einen Nachfrageboom wie noch nie." The article is dated "Hamburg - Hermann Scheer kann seine Genugtuung kaum verbergen: Rohöl kostet in diesen Tagen weit mehr als 90 Dollar pro Barrel, wahrscheinlich wird die 100-Dollar-Marke noch in diesem Jahr geknackt. "Es ist der normale Lauf der Dinge", sagt Scheer, "ich habe es schon immer gewusst."

The article features a photograph of a wheat field in Saxony-Anhalt, with a caption: "Weizenfeld (in Sachsen-Anhalt): Biokraftstoffe können bei einem Ölpreis von 120 Dollar rentabel sein". The photograph is credited to "DPA".

The article also includes a line graph showing the oil price since the beginning of 2006. The graph is titled "Ölpreis seit Anfang 2006: Fast" and is credited to "SPIEGEL ONLINE". The graph shows a significant increase in oil prices over the period, with a peak in late 2007.

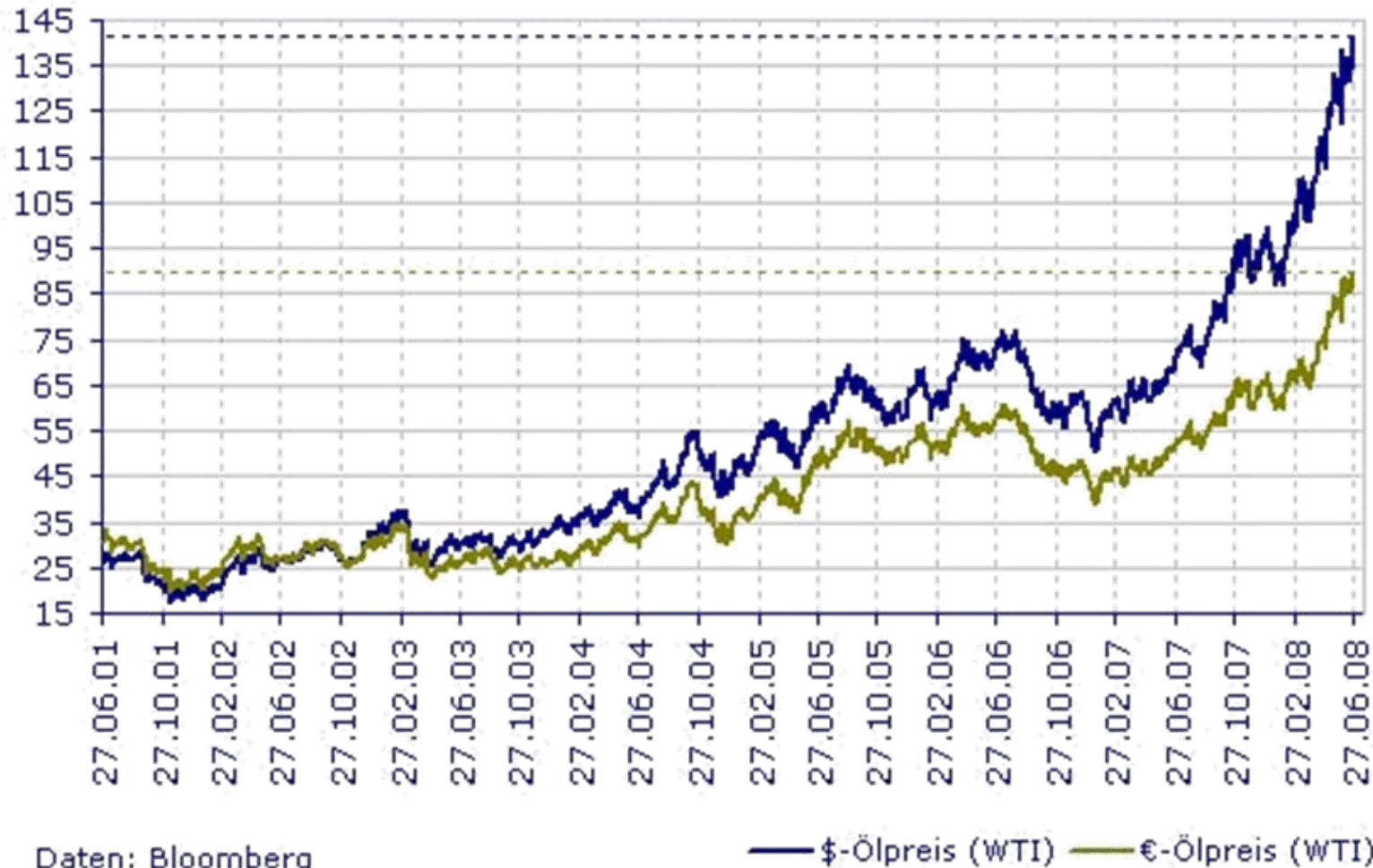
The article text continues: "Scheer sitzt für die SPD im Bundestag, er zählt zum linken Flügel der Partei und ist Fachmann für erneuerbare Energien. Einen Ölpreis von rund 100 Dollar hat er lange vorhergesagt, stets hat er eine Abkehr von den traditionellen Energiequellen gepredigt und die Vorzüge von Sonne, Wind und Biomasse gepriesen. Jetzt, so scheint es, bekommt Scheer endlich Recht. "Der Druck für eine Energiewende ist so groß, dass es auch der letzte begreift." Was bisher nur die Hoffnung einzelner Linker war, rückt nun in greifbare Nähe. Bisher waren die Ökoenergien weit von der Rentabilität entfernt - solange es billiges Öl gab, rechneten sie sich kaum. Mit dem aktuellen Ölpreis ändert sich das: Solaranlagen und Biokraftstoffe werden im Vergleich immer wirtschaftlicher. "Je höher der Ölpreis, desto besser für die Branche der erneuerbaren Energien", sagt Wolfgang Albrecht von der Landesbank Baden-Württemberg (LBBW). "Man muss jetzt verstärkt nach Alternativen suchen. Sonne, Wind und Biosprit bieten eine Möglichkeit, die Lücke zu schließen." Selbst die "Welt am Sonntag", nicht gerade für Öko-Fundamentalismus bekannt, kann der aktuellen Entwicklung ihre positiven Seiten abgewinnen. "Hurra, der Ölpreis steigt" - so ist ein Kommentar aus der vergangenen Woche überschrieben. Der Trend zum teuren Öl habe "eindeutig positive Seiten". Schließlich, schreibt die Zeitung, seien "hohe Preise für fossile Energieträger der beste und effizienteste Weg, das Ausmaß des Klimawandels zu begrenzen". Vor allem Solarunternehmen sind in diesen Zeiten gut positioniert: An der Börse stehen ihre Aktien hoch im Kurs, auch wegen der üppigen staatlichen Förderung. Unternehmen wie Solarworld, Q Cells und Genergy dominieren mittlerweile den



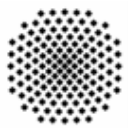
FAZ am 30. Juni 2008

## Entwicklung des Ölpreises

in den verg. Jahren, in Dollar und Euro je Barrel WTI, Endloskontrakt



Seite 4



Universität Stuttgart

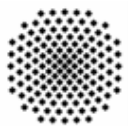
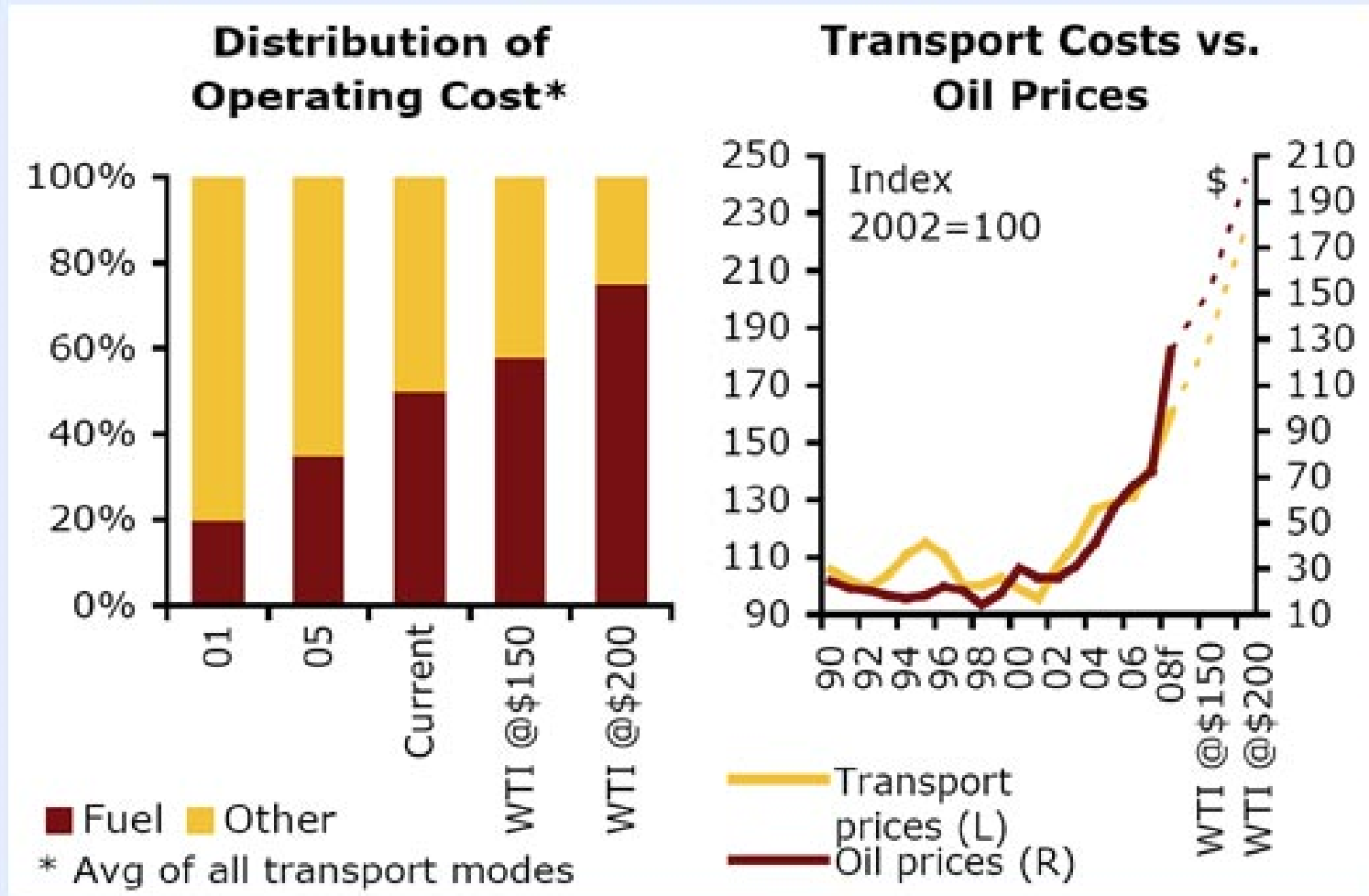
Lehrstuhl für Bauphysik

Ganzheitliche Bilanzierung

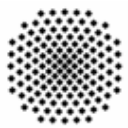


# Einfluss auf die Wertschöpfungskette

## Transportkosten steigen mit dem Ölpreis



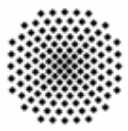
# Ideenskizze „Kostenanalyse von Wertschöpfungsketten“



---

## Hintergrund

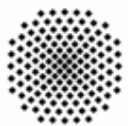
- ▶ wirtschaftliche Verfügbarkeit von Rohstoffen und Zwischenprodukten von entscheidender Bedeutung für die gesamte deutsche Industrie.
- ▶ Ziel aller produzierenden Unternehmen, strukturelle Abhängigkeiten in der Verfügbarkeit von eingekauften Materialien in der gesamten Wertschöpfungskette zu kennen und bei Konstruktion und Produktion zu berücksichtigen.



---

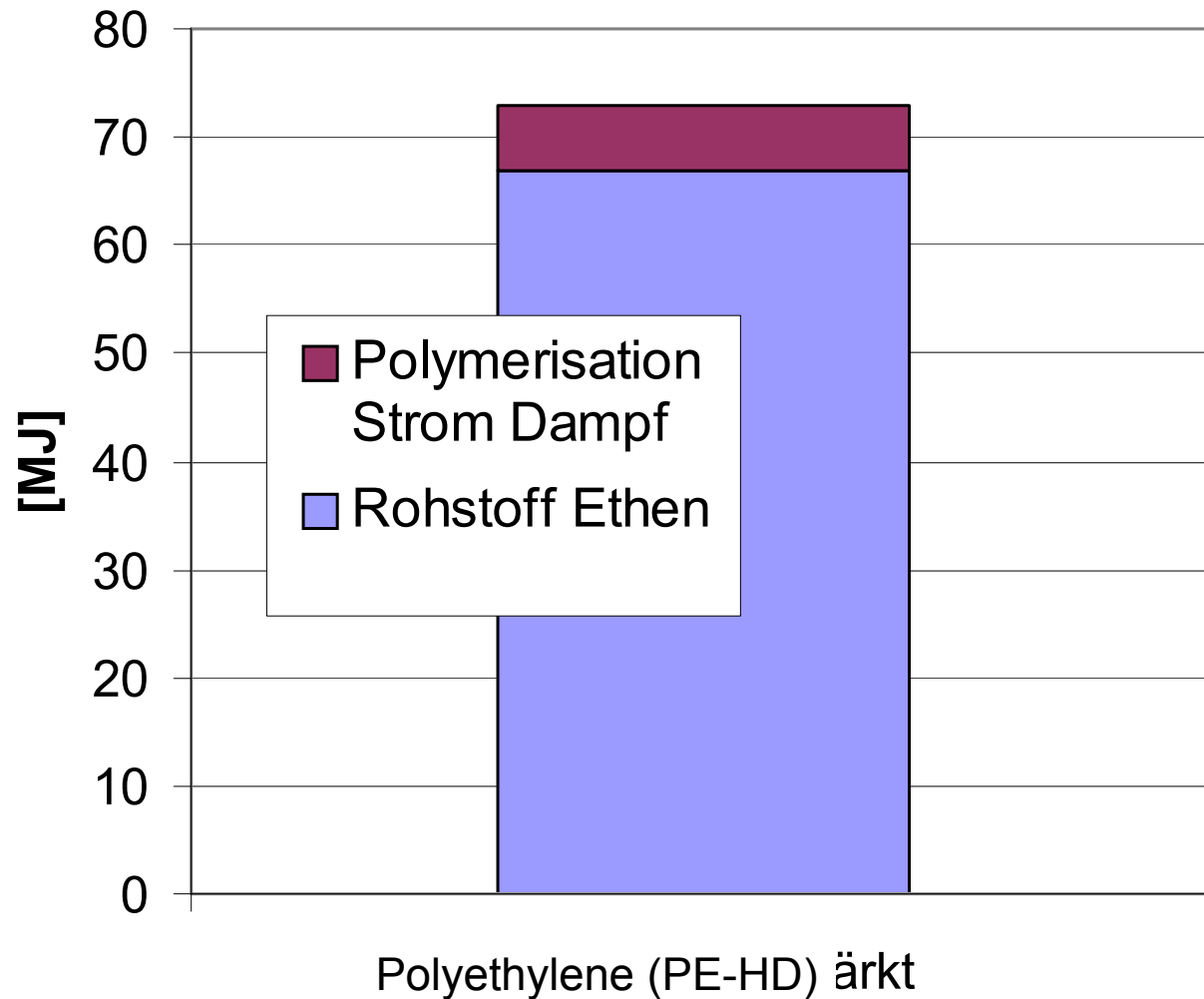
## Hintergrund

- Spiegel 6. November 2007: „Schließlich, ..., seien "hohe Preise für fossile Energieträger der beste und effizienteste Weg, das Ausmaß des Klimawandels zu begrenzen"
- Aber:
  1. Wie sensitiv reagieren die konventionellen Rohstoffe auf Ölpreiserhöhungen entlang ihrer Wertschöpfungskette?
  2. Ab welchem Preis für fossile Energieträger lohnt sich der Einsatz alternativer Rohstoffe bzw. Energieträger, wie z.B. nachwachsende Rohstoffe)?

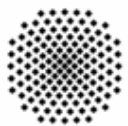




## Hintergrund: bisher werden im Supply Chain Management meist nur einzelne Prozessschritte betrachtet



Vorkette nur als Material- und v.a. als Energiekostenrucksack in das System ein

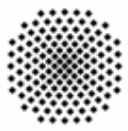


---

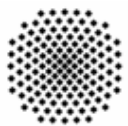
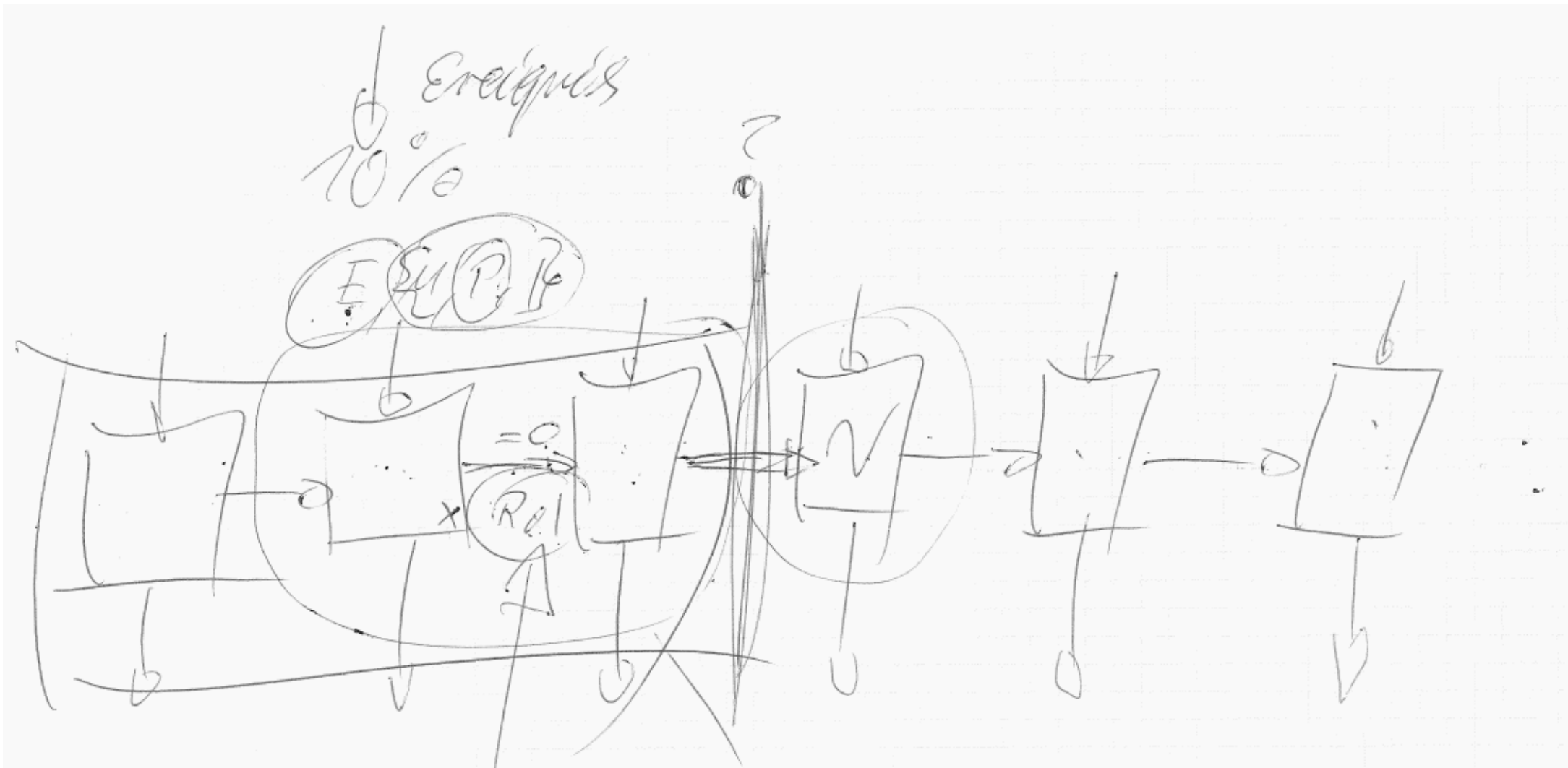
## „Kostenanalyse von Wertschöpfungsketten“ - Life Cycle Costing? TCO? LCA

- ▶ Bislang kein Ansatz zur Energiepreisanalyse/-sensitivität entlang der gesamten Wertschöpfungskette, sondern meist nur innerhalb von Prozess- und/oder Firmengrenzen
- ▶ Kosten werden entlang der Wertschöpfungskette als „Kostenrucksack“ weitergegeben ohne nur ansatzweise aufgelöst werden zu können
- ▶ Idee einer Kombination von
  - (Dynamischer) Kostenrechnung
  - Life Cycle Costing / Total Cost of Ownership (v.a. SCM)
  - LCA Ansatz

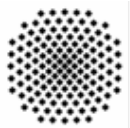
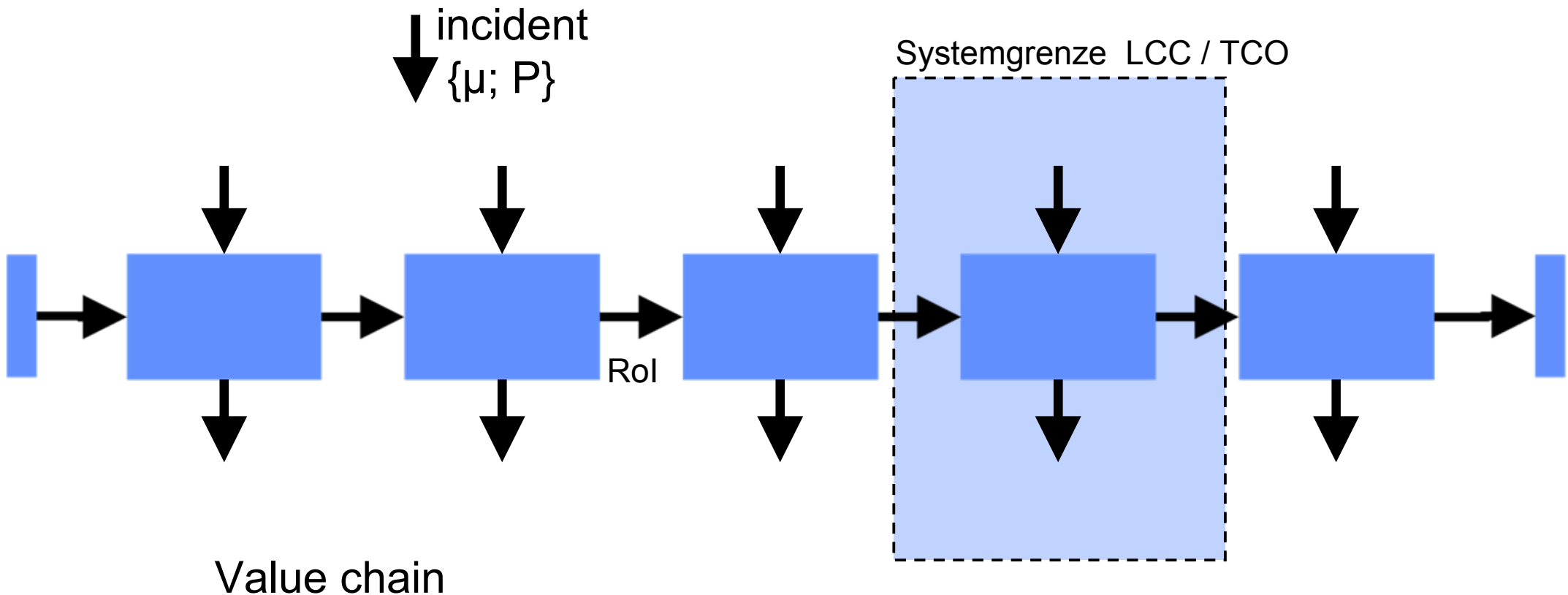
Seite 10



# „Kostenanalyse von Wertschöpfungsketten“



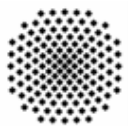
# „Kostenanalyse von Wertschöpfungsketten“



---

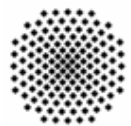
## „Kostenanalyse von Wertschöpfungsketten“

- ▶ Die Ökobilanz bietet die Grundlage nicht nur ökologische Treiber entlang der Wertschöpfungsketten zu analysieren, sondern auch die ökonomischen Treiber über Barrieren wie Firmengrenzen hinweg zu analysieren und die wichtigsten Einflussgrößen hinsichtlich der Lage in der Wertschöpfungskette und ihrer Größe zu analysieren.



# Energiekosten über den gesamten Lebenszyklus

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		5%	10%	4%	9%			PA 6 GF 30			
2		<b>Strom</b>	<b>Dampf (Heizöl el)</b>	<b>Therm. Energie</b>	<b>Erdgas</b>	<b>Hydrogen</b>		2,02 €			
3		0,10 €	0,20 €		0,08 €	0,18 €					
4											
5											
6											
7		9%	0%	14%	0%		GF				
8		<b>Strom</b>	<b>Dampf (Heizöl el)</b>	<b>Therm. Energie</b>	<b>Erdgas</b>	<b>Hydrogen</b>	1kg				
9		0,12 €	- €		0,19 €	- €	1,35 €				
10											
11											
12		4%	12%	2%	11%		PA6				
13		<b>Strom</b>	<b>Dampf (Heizöl el)</b>	<b>Therm. Energie</b>	<b>Erdgas</b>	<b>Hydrogen</b>	1kg				
14		0,09 €	0,28 €		0,04 €	0,26 €	2,30 €				
15											
16											
17	<b>PA6</b>	<b>Strom</b>	<b>Dampf (Heizöl el)</b>	<b>Therm. Energie</b>	<b>Erdgas</b>	<b>Hydrogen</b>	<b>Caprolactam</b>				
18	1,73 €	0,02 €	0,02 €	- €	- €	- €	1,70 €				
19											
20											
21	<b>Caprolactam</b>	<b>Strom</b>	<b>Dampf (Heizöl el)</b>	<b>Therm. Energie</b>	<b>Erdgas</b>	<b>Hydrogen</b>	<b>Cyclohexan</b>	<b>H2SO4</b>	<b>NH3</b>	<b>O2</b>	
22	1,31 €	0,07 €	0,24 €		0,04 €	0,08 €	0,72 €	0,03 €	0,12 €	0,01 €	
23											
24											
25	<b>Cyclohexan</b>	<b>Strom</b>	<b>Dampf (Heizöl el)</b>	<b>Therm. Energie</b>	<b>Erdgas</b>	<b>Hydrogen</b>	<b>Benzol-Mix</b>				
26	0,71 €	0,00 €	0,00 €	- €	- €	0,17 €	0,54 €				
27	0,52 €										
28											
29	<b>Benzol</b>	<b>Strom</b>	<b>Dampf (Heizöl el)</b>	<b>Therm. Energie</b>	<b>Erdgas</b>	<b>Hydrogen</b>	<b>Benzol aus Pyrolysegas</b>				<b>Pyrolysebenzin</b>
30	0,37 €	0,00 €	0,02 €	- €	- €	- €	0,39 €				0,35 €
31	<b>Benzol</b>	<b>Strom</b>	<b>Dampf (Heizöl el)</b>	<b>Therm. Energie</b>	<b>Erdgas</b>	<b>Hydrogen</b>	<b>Benzol aus Toluol-Dealkylierung</b>				
32	0,03 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,03 €				
33	<b>Benzol</b>	<b>Strom</b>	<b>Dampf (Heizöl el)</b>	<b>Therm. Energie</b>	<b>Erdgas</b>	<b>Hydrogen</b>	<b>Benzol aus BTX</b>				
34	0,12 €	0,00 €	0,00 €	- €	- €	- €	0,14 €				
35											



---

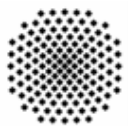
# „Kostenanalyse von Wertschöpfungsketten“

Alle Stoff- und Energiepreise entsprechend LCA-Modell vorhanden, aber Summe dieser Kosten ist ungleich dem Preis.

Notwendige Anpassungen um vom LCA zum integrierten LCA/LCC Modell zu kommen:

- ▶ Nicht-aggregierte Modelle der gesamten Wertschöpfungskette
- ▶ Kosten für fast alle Nicht-Elementarflüsse notwendig.
- ▶ Integration von Arbeits-/Maschinen-/Abschreibungskosten
- ▶ Diskontierung
- ▶ Integration von Margen / RoI
- ▶ Die Modelle müssen vollständig parametrisiert sein, da sowohl Änderungen in den benötigten Stoff- und Energiemengen Änderungen hervorrufen als auch Änderungen des Preises die gesamte Wertschöpfungskette kostenmäßig beeinflussen.
- ▶ Preisschwankungen durch „Angebot und Nachfrage“ grundsätzlich integriert, aber nicht ausgewertet.

Seite 15



# „Kostenanalyse von Wertschöpfungsketten“

Transportkisten-Produktion (Kunststoff) [b] [Transportkisten] -- DB-Prozess

Objekt Bearbeiten Ansicht Hilfe

Bezeichnung: *Nation* Transportkisten-Produktion (Kunststoff) *Quelle* b

**Parameter**

Parameter	Formel	Wert	Stand	Kommentar
antiox		0,0005	0 %	% Antioxidantien in Granulat [0,05%]
uv		0,00133	0 %	% UV Stabilisator in Granulat [0,10% - 0,15%]
Kunststoff_EUR	$abs\_in\_gran * 0,3343$	0,68699		[#] für 1kg Kunststoff Granulat
Antiox_EUR	$abs\_antiox * 3$	0,0030825		[#] für Antioxidantien
Schmieröl_EUR	$abs\_in\_gran * 2,7156$	5,5806		[#] Kosten für Schmieröl
Strom_EUR	$abs\_elec * [x] ele\_Strom\_EUR / 3,6$	0,10703		[#] Kosten für Strom - 0,1# für 1 kWh
Bauteil_EUR	$pp\_ba * 2,6286$	0,00011214		[#] Preis für Bauteil aus PP
Folie_EUR	$pe\_fol * 2,1964$	0,0038686		[#] Preis für Folie
Produkt_EUR	$(Strom\_EUR + Schmieröl\_EUR + Bauteil\_EUR + Folie\_EUR + Kunststoff\_EUR)$	7,977		[#] pro kg Kunststoff, bzw. für eine Klappkiste
ROI	25	25		[%] Kosten für Abschreibung, Löhne, Betrieb
lncs_gran_grate		0,0275	0 %	[1 5% - 6%] Verlust

LCA VF LCC: 0,0074305 € LCWT Dokumentation

Jahr: 2005 Region: Längengrad: Breitengrad: Alloziert:  Kein Bild

Vollständigkeit: alle wichtigen Flüsse erfaßt Kommentar:

Synonyme:

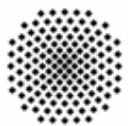
**Inputs**

Alias	Fluss	Größe	Menge	Faktor	Einheit	Wertstoff	Standard	Herkunft	Kommentar
abs_antiox	Antioxidantien [Sonstiges]	Masse	0,0010275	1	kg	X	0 %	gemessen	
abs_in_gran	Kunststoff Granulat (unspezifisch) [Kunststoffe]	Masse	2,055	1	kg	X	0 %	gemessen	
pe_fol	Polyethylen-Folie (PE) [Kunststoffbauteile]	Masse	0,0017614	1	kg	X	0 %	gemessen	
pp_ba	Polypromylen Bauteil (PP) [Kunststoffbauteile]	Masse	4,266E-005	1	kg	V	0 %	gemessen	

**Outputs**

Alias	Fluss	Größe	Menge	Faktor	Einheit	Wertstoff	Standard	Herkunft	Kommentar
abf_verp	Kunststoff (unspezifisch) [Abfälle zur Verwertung]	Masse	0,001804	1	kg	*	0 %	gemessen	
abs_in_gran	NMVOG (unspezifisch) [Gruppe NMVOG in Luft]	Masse	0,0006987	0,00034	kg		0 %	gemessen	
abs_loss	Polyethylen (PE) [Abfälle zur Verwertung]	Masse	0,058761	1	kg	*	0 %	gemessen	
Produkt_EUR	Preis Kunststoffkiste [Sonstiges]	Preis	7,977	1	€	X	0 %	(keine Angabe)	
abs_gew_box	Transportkiste (Kunststoff) [Transportkisten]	Masse	2	1	kg	X	0 %	gemessen	
	<i>Fluss</i>								

System: Geändert. Letzte Änderung: System, 02.07.2009 09:53:22

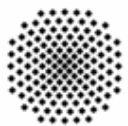




---

## „Kostenanalyse von Wertschöpfungsketten“

- ▶ Mit Lebenszyklusansatz Energiekosten über vielzählige Lebenszyklusphasen/Prozessschritte und deren Einfluss auf (Gesamt-)Preis berechnen  
→ „Energiepreissensitivität“
- ▶ Beim Vergleich verschiedener Materialien (z.B. Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen vs. fossile Kunststoffe) Berechnung einer Art „break even“ möglich:  
→ Ab welchem Ölpreis/Energiepreis wird die Herstellung, der Einsatz,..., eines Kunststoffs auf NaWaRo-Basis rentabel.
- ▶ Innovative Weiterentwicklung der Lebenszykluskostenrechnung (Life Cycle Costing)



---

## Beispiel

Ökobilanzieller und ökonomischer Vergleich verschiedener Herstellungsmöglichkeiten von Transportkisten aus Polyethylen:

1) konventionelles Herstellungsverfahren

aus **fossilen Rohstoffen**:

- Erdöl (EU)

2) alternative Herstellungsverfahren

aus **nachwachsenden Rohstoffen**:

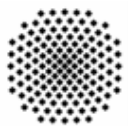
- Zuckerrüben (EU)

- Zuckerrohr (BR)

- Rutenhirse (USA)



Seite 18



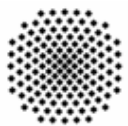
---

# Transportkisten aus Polyethylen

- ▶ Funktionelle Einheit: Herstellung einer Transportkiste
  - Gewicht einer PE-Kiste: 1,95 kg
  - Äußere Maße: 600mm x 400mm x 241mm
  - Innere Maße: 566mm x 366mm x 212mm
  - Ladegewicht pro Kiste: 20 kg
- ▶ Mehrwegsystem
- ▶ Material: Polyethylen (PE-HD)
- ▶ Verarbeitungsverfahren: Spritzgießen



Seite 19



Universität Stuttgart

Lehrstuhl für Bauphysik

Ganzheitliche Bilanzierung



---

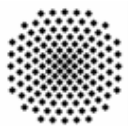
# Systemgrenzen

▶ Betrachtete Prozesse:

- **Herstellung** des Polyethylens mit verschiedenen Verfahren
- **Produktion** der Kisten

→ keine Nutzungsphase, kein End-of-Life (EoL)

▶ Erfassung der Material- und Energiekosten entlang der Wertschöpfungskette



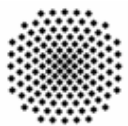
---

## Wirkkategorien

- ▶ Primärenergiebedarf – regenerativ / nicht regenerativ [MJ] → „Verbrauch von fossilen und nachwachsenden Energieträgern“
- ▶ Treibhauspotenzial – GWP 100 Jahre [kg CO<sub>2</sub>-Äqv.] → „Treibhauseffekt“
- ▶ Versauerungspotenzial – AP [kg SO<sub>2</sub>-Äqv.] → „Saurer Regen“
- ▶ Eutrophierungspotenzial – EP [kg Phosphat-Äqv.] → „Überdüngung“
- ▶ Photochemisches Oxidantienbildungspotenzial – POCP [kg Ethen-Äqv.] → „Sommersmog“

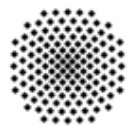
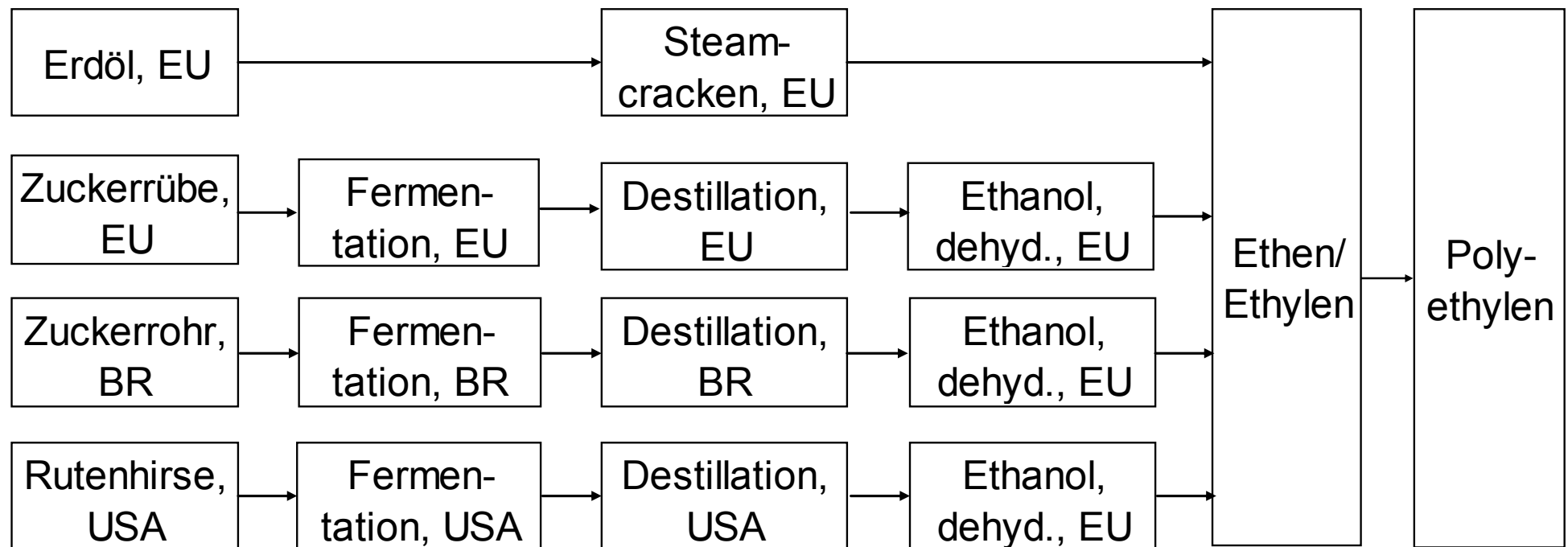
## Vergleiche

- der vier verschiedenen Herstellungsverfahren
- der Herstellungsverfahren aus nachwachsenden Rohstoffen



# Betrachtete Verfahren

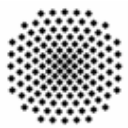
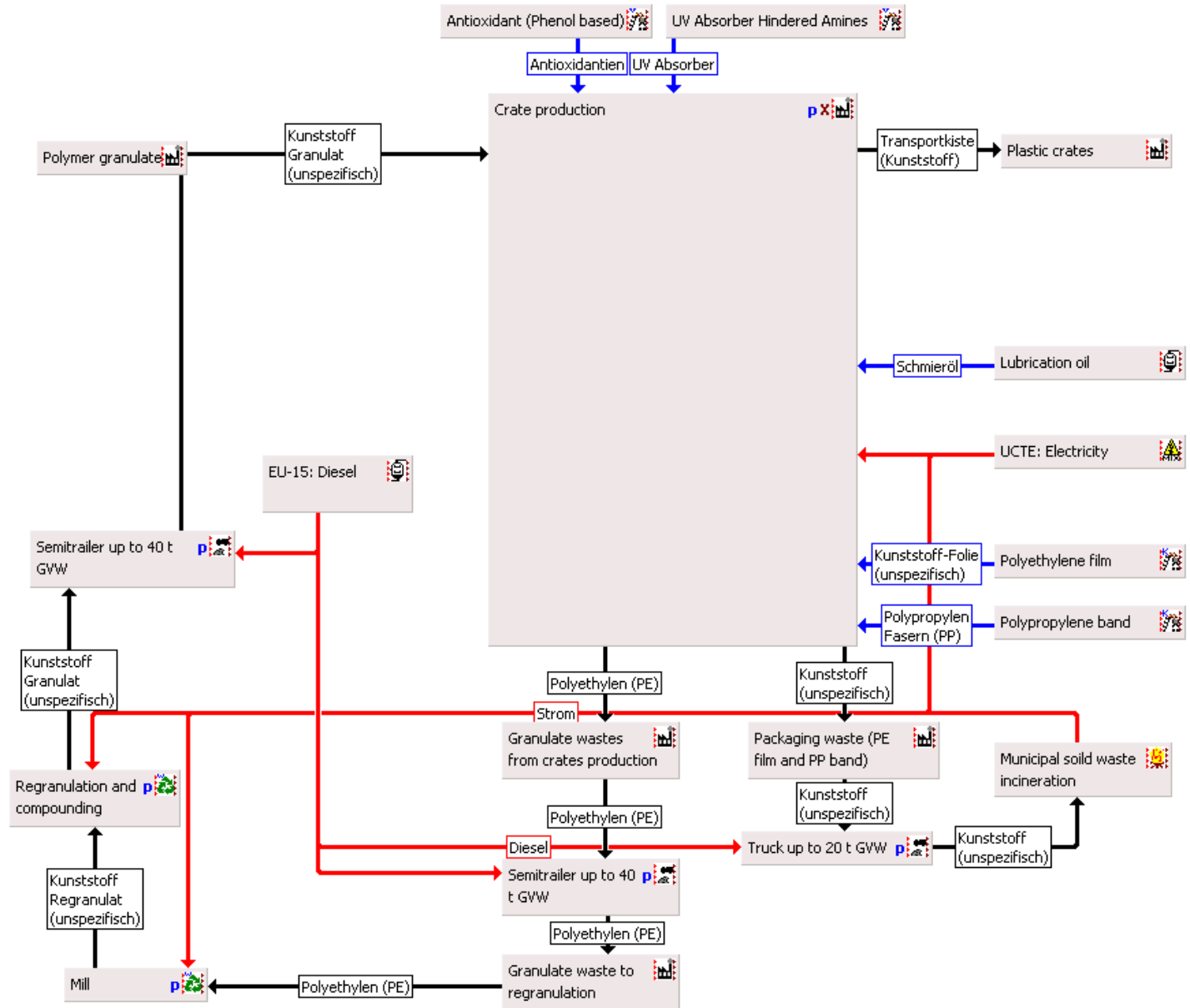
Herstellungsverfahren vom Basisrohstoff bis zum Kunststoffgranulat



# Modellierung LCA

## Modellierung aller Prozesse in der GaBi4

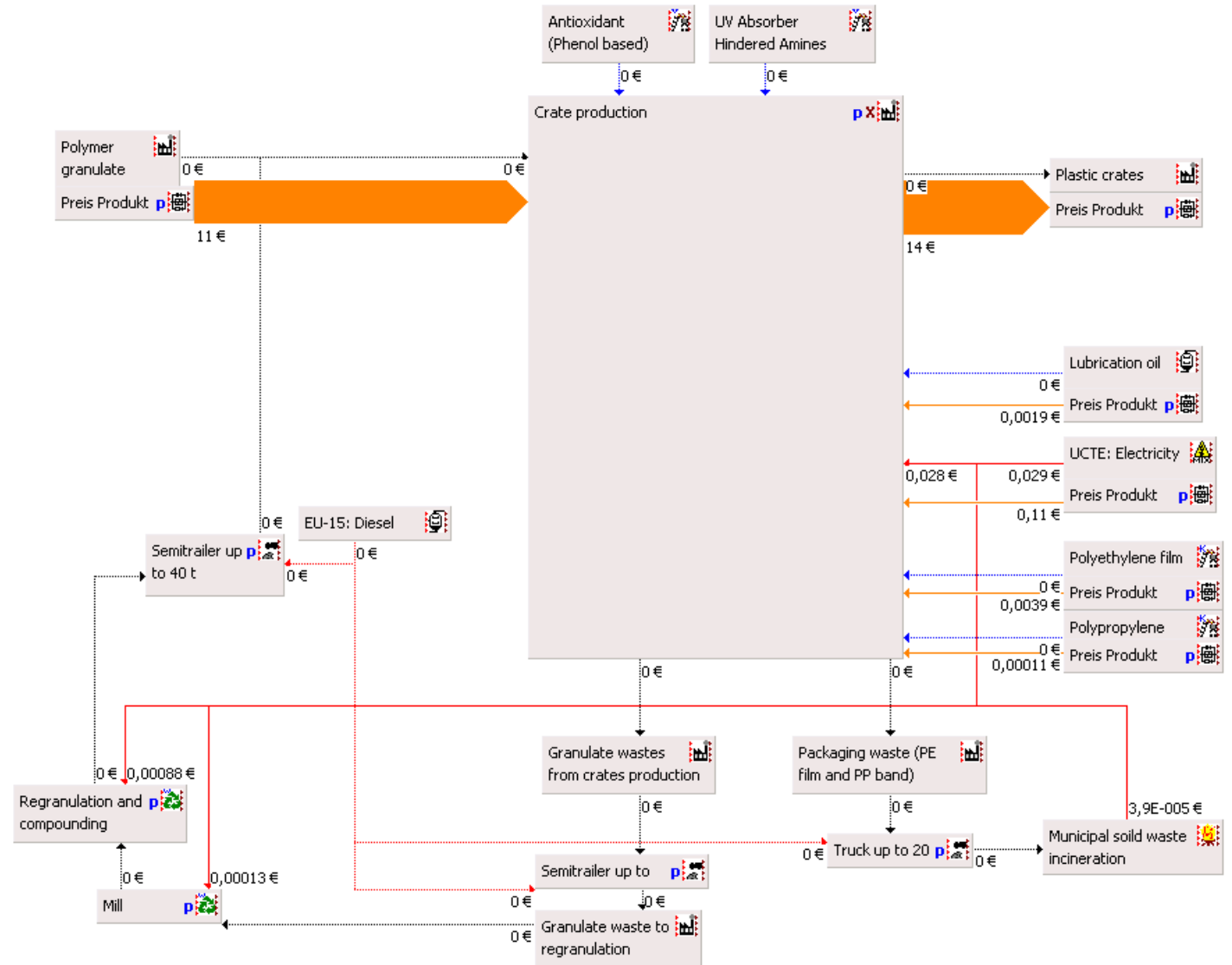
### Beispiel: Kistenproduktion



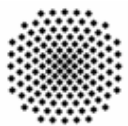
# Modellierung LCA + LCC

Integration der Kosten entlang der Wertschöpfungskette

→ Ermittlung der „Break-Even-Points“ in Abhängigkeit von den Kostentreibern



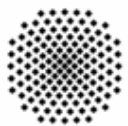
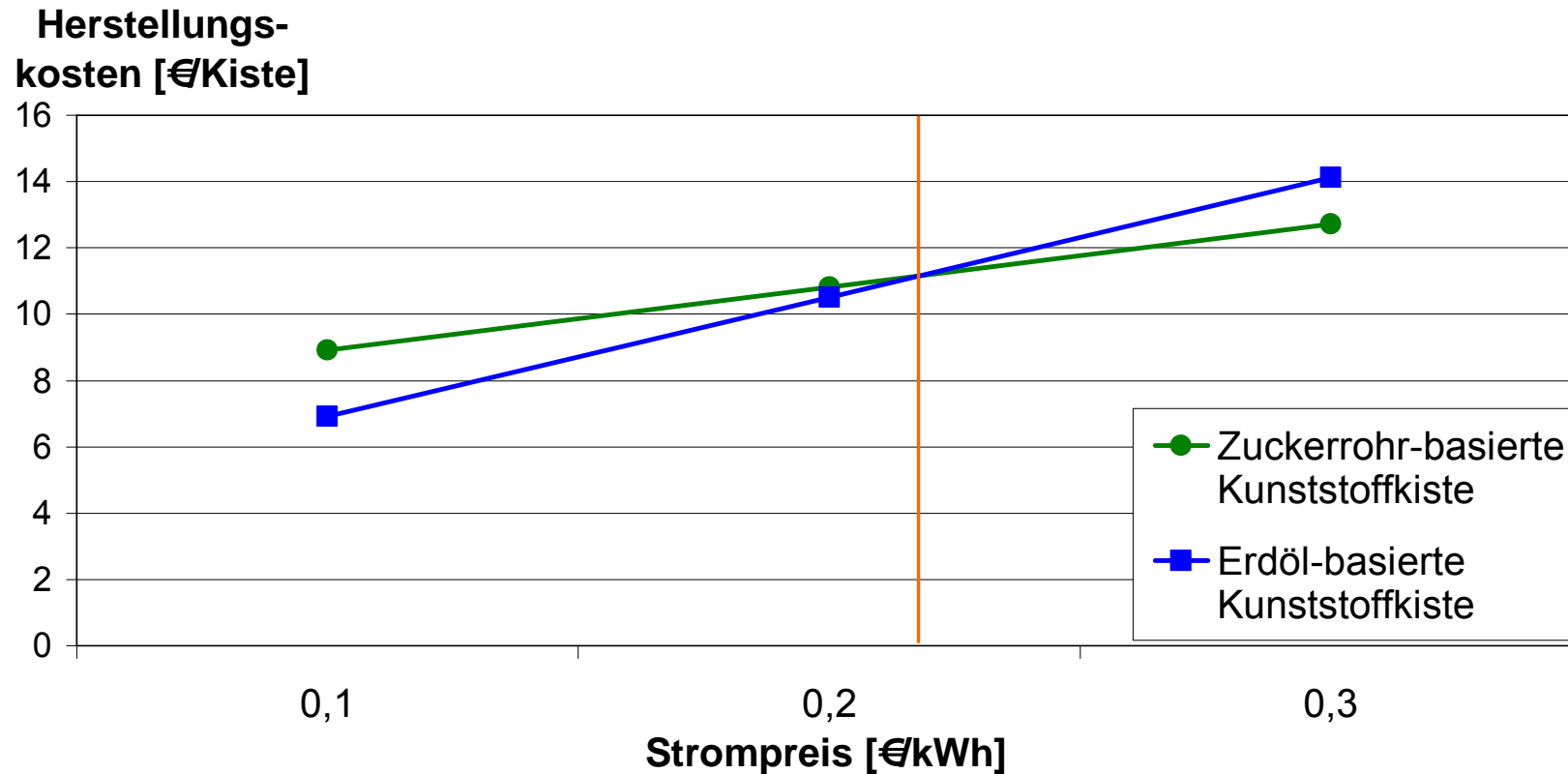
Beispiel: Kistenproduktion





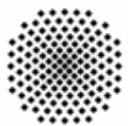
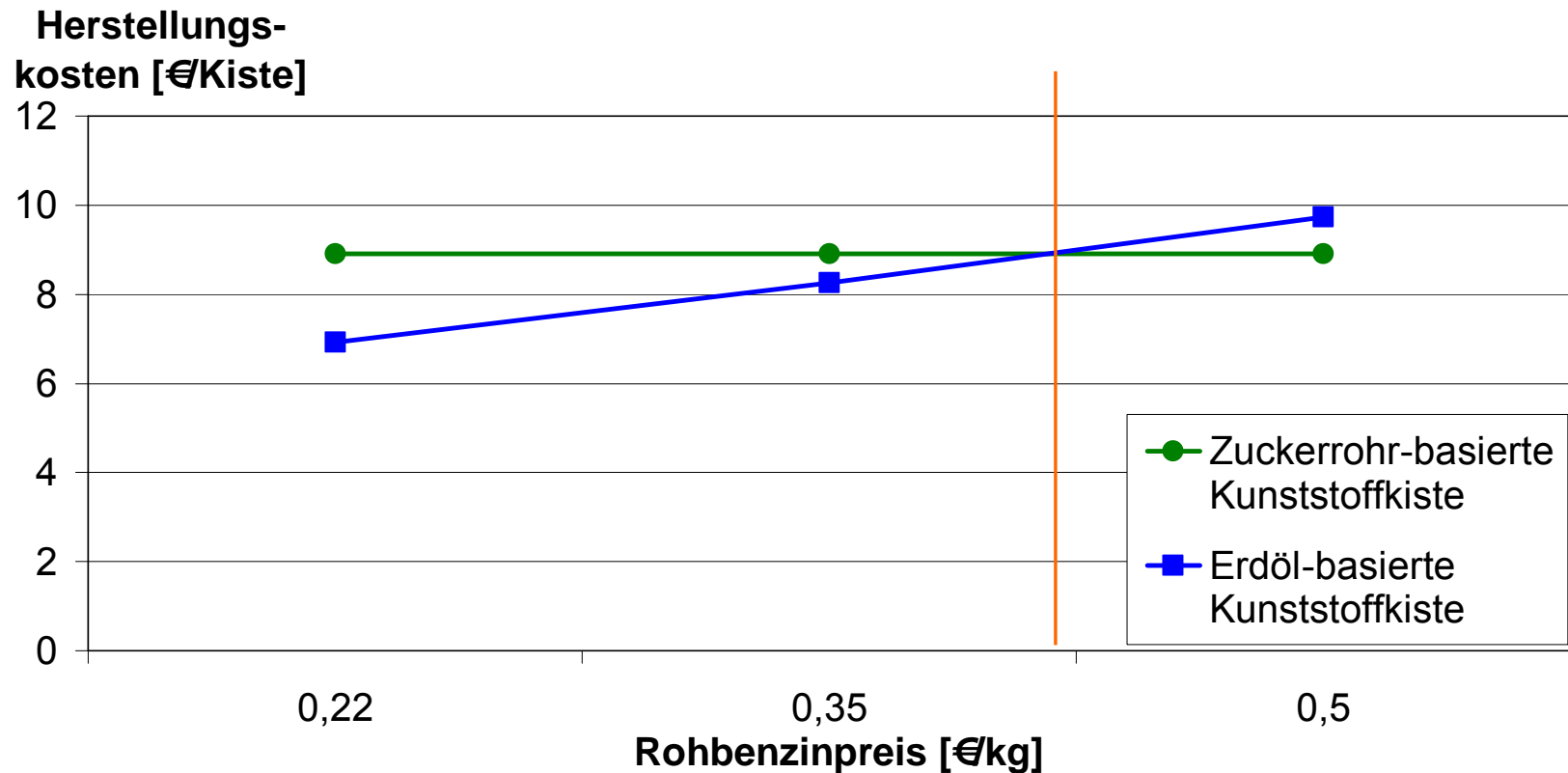
# Ergebnisse der Kostenanalyse

## Verlauf der Herstellungskosten für eine Kunststoffkiste in Abhängigkeit vom Strompreis



# Ergebnisse der Kostenanalyse

## Verlauf der Herstellungskosten für eine Kunststoffkiste in Abhängigkeit vom Rohbenzinpreis



---

# Kontakt

**Dipl.-Ing. Stefan Albrecht**

Fraunhofer IBP / Universität Stuttgart LBP  
Abteilung Ganzheitliche Bilanzierung

Hauptstraße 113  
70771 Echterdingen  
Germany

Tel.: +49(0)711-489999-26  
Fax.: +49(0)711-489999-11

E-Mail: [stefan.albrecht@lbp.uni-stuttgart.de](mailto:stefan.albrecht@lbp.uni-stuttgart.de)  
[www.lbpgabi.uni-stuttgart.de](http://www.lbpgabi.uni-stuttgart.de)

