


Das Lehrgebiet Industrial Ecology am Umwelt-Campus Birkenfeld

Inhalte und Lehrziele für eine nachhaltige Ausbildung zukünftiger
Entscheidungsträger

Vortrag auf dem 9. Treffen der Netzwerkpartner in der Ingenieurkammer Rheinland-Pfalz
Mainz 10.06.10
Prof. Dr.-Ing. Susanne Hartard



Umwelt-Campus Birkenfeld
FACHHOCHSCHULE TRIER



IfaS Institut
für
angewandtes
Stoffstrommanagement




IfaS Institut
für
angewandtes
Stoffstrommanagement

Umwelt-Campus Birkenfeld – Zero-Emission-Campus

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Was ist die Industrielle Ökologie?

Cleaner production

MICRO

Life Cycle management

MESO

Industrial Ecology

MACRO

Abbildung: Helge Brattebo - NTNU - Industrial Ecology Programme 2002 Internet: www.bygg.ntnu.no/IndEcol

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

In der Industriellen Ökologie spielt der kooperative Umweltschutz eine große Rolle

- Filtern
- Kreislaufwirtschaft
- Produktionsintegriert
- Produktverantwortung
- Lebenszyklus-orientiert
- Zero Emission
- Industrial Ecology



additiv



integriert



kooperativ

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Industrial Ecology – in Deutschland der erste namentliche Lehrstuhl

- richtet sich an **Wirtschafts- und Ingenieurwissenschaftler**
- am Umwelt-Campus Birkenfeld **in die Umwelt- und Betriebswirtschaft verankert**
- **innovative Ergänzung traditioneller Lehrgebiete**
 - Umwelt- und Betriebswirtschaft
 - Wirtschaftsingenieurwesen
 - Energie- und Umwelttechnik
 - Wirtschafts- und Umweltrecht
- **für interdisziplinär orientierte Studiengänge**



IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Industrielle Ökologie in der Lehre am Umwelt-Campus Birkenfeld FH Trier

- Bachelor Umwelt- und Betriebswirtschaft
- Master Umwelt- und Betriebswirtschaft
- Study-Semester „Sustainable Business“
- IMAT Master „International Material Flow Management“ (MasterSc./MasterEng.)
- Duales Studium „Nachhaltige Ressourcenwirtschaft“






Warum ist das Leitbild der Industrial Ecology in Deutschland nicht sehr bekannt?

- Impuls durch zwei amerikanische Forscher aus der Wirtschaft:
General Motors Research Institute 1989
Publikation „The Industrial Ecosystem View“
- unter anderen Begriffen populär
- Hochschul-getragen und Theorie-verankert
- englischsprachige Publikationen
- erste Fachbücher in deutscher Sprache
(Isenmann, von Hauff 2007; von Gleich, Gößling-Reisemann 2008)




Prinzipien der Industrial Ecology

- **Analogie**
Funktionsgleichheit ökologischer und industrieller Prozesse,
Resilienz durch Diversität
- **Integration in natürliche Systeme**
Mensch als Teil des Ökosystem Erde, Systemtheorie, GAIA-Theorie
- **Co-Evolution**
von Biosphäre und Anthroposphäre
- **Industrieller Metabolismus**
mit den umgebenden Ressourcen, Thermodynamik,
Kreislaufführung, Solarenergie basiert
- **Industrielle Synergismen**
in Analogie zu Symbiosen in der Natur
neue Kommunikationsformen

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Ist das „Vorbild der Natur“ für die Praxis geeignet

- Natur-basierte Rohstoff- und Energiewirtschaft: Solarenergie, 0-Emissions-Technologien und Strategien
- Stoffkreisläufe und Biologische Abbauprozesse: Fermentation, biologische Land- und Energiewirtschaft
- Symbiose: Nachbarschafts-/Netzwerkkooperation Stoff- und Informationsaustausch
- regenerative Systeme: biologisch abbaubare Kunststoffe, Bioraffinerien, Energiepflanzen

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

„Wenn das industrielle System ökologisch umstrukturiert werden soll, dann müssen die Prinzipien der Ökologie bekannt und verstanden sein.“

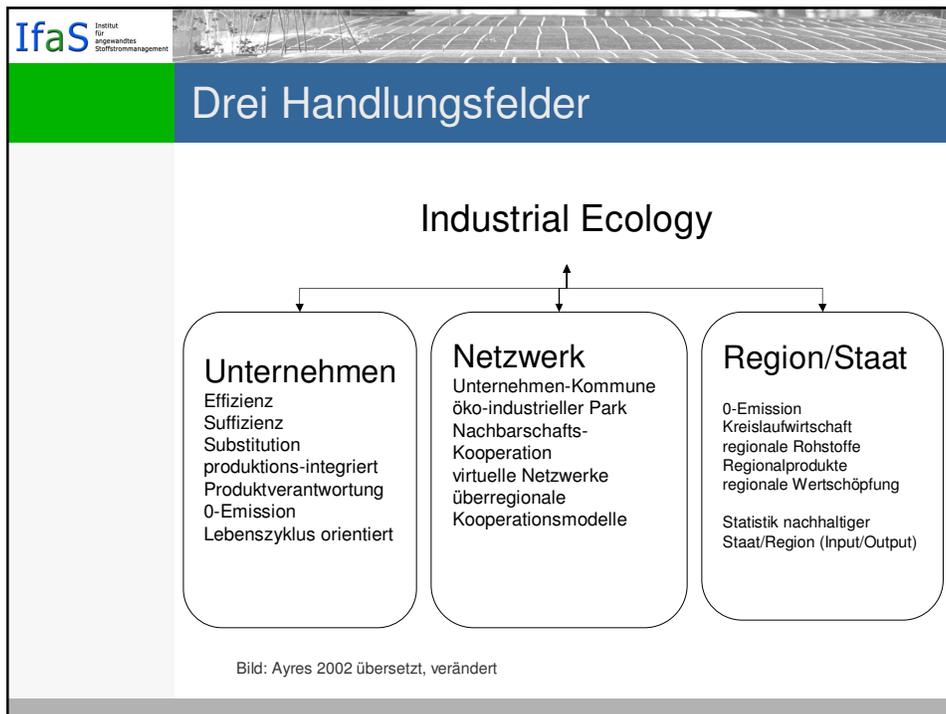


Naturwissenschaftliches Wissen

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Drei Kerngebiete der Industrial Ecology: Analyse-, Management- und Technologiewissen

- 1. Methodenkenntnisse**
-> Unternehmen bedienen sich gerne im Handeln öffentlich anerkannter oder genormter Methoden, auf quantitativer Basis arbeitende Methoden haben dabei Vorrang (ISO 14001, LCA, Energiemanagement nach ISO ...)
- 2. Strategien und Management:**
-> Orientierung an Leitlinien mit überschaubaren Zielen: 0-Emission, Carbon Management, Energiemanagement-Zertifikat, Green Transformation-Prozesse, Netzkeren
- 3. Technologiewissen**
-> Technologie- und Preisentwicklungen auf dem Rohstoffmarkt, Risikomanagement
Optimierung der Effizienz der Prozesstechnik, Erkennen von Produktnischen und Flexibilität, Autarkie in Ver- und Entsorgung



IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Industrial Ecology relevant für

- Entscheidungsträger im betrieblichen Management
- Umwelt-, Qualitäts-/Energiebeauftragte
- Produktentwickler
- Beschaffungs-Manager und Entsorger
- Anlagen-Betreiber



- Investoren und Finanzierungsberater
- kommunale Entscheidungsträger

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

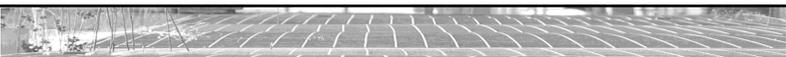
Die Nähe der Konzepte

Industrial Ecology	Stoffstrommanagement
1970er, 1989 Japan, USA, Belgien	1990-1994-1998 (Enquete-Kommission Schutz des Menschen und der Umwelt)
wissenschaftlich gestärkt	politisch gestärkt
Interdisziplinär	Kreislauf- und Abfallwirtschaft
Material-/Energieverbrauch - des Menschen - der Volkswirtschaft	regionale Stoff-/Materialflüsse
Vorbild Symbiose	Vorbild Kreisläufe



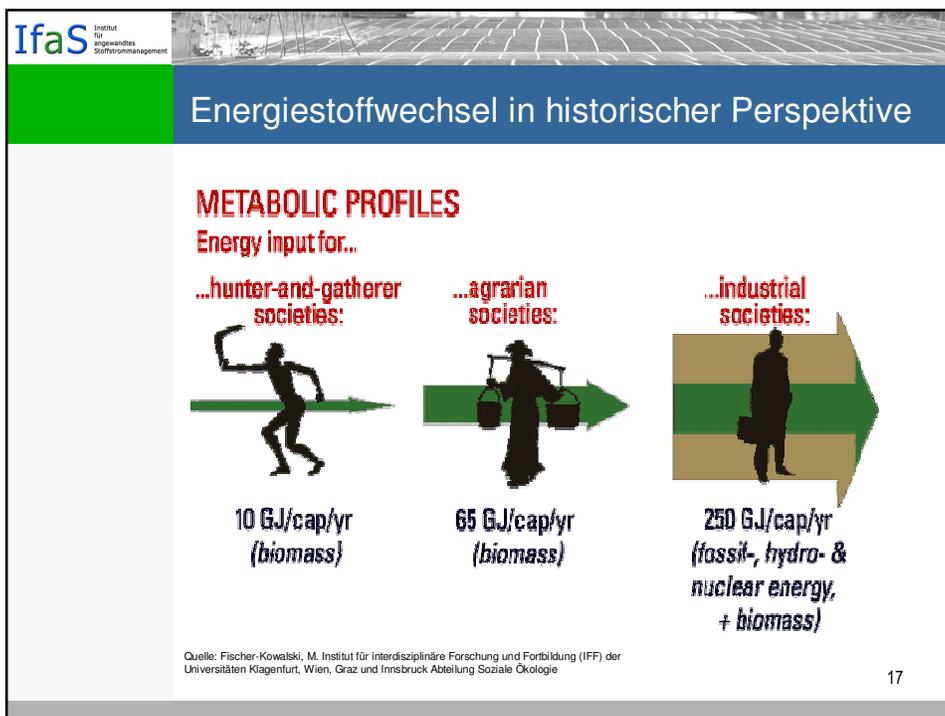
Lehrgebiet Industrial Ecology: Die Kernthemen

1. Ökologische Systeme und Betriebliche Metabolismen
2. Analysemethoden
3. Kreislaufwirtschaftsmodelle und Nutzungskaskaden
4. Unternehmenskooperation in Netzwerken und Öko-Industriellen Parks
5. Natur-integrierte Techniken
6. Strategien und Managementmethoden



Inhalte der Lehre im Detail

- 1. Ökologische Systeme und Betriebliche Metabolismen**
 - Ökosystemtheorie
 - Öko-Industrielle Metabolismen (in historischer Perspektive)
 - Nationale und regionale Stoffwechselprozesse in der Nachhaltigkeitsstatistik
 - Betriebliche Metabolismen
Energie- Abfall- und Wasserintensive Produktion
Null-Emission:
 - CO₂-Neutralität
 - Abwasserlose Produktion
 - Abfalllose Produktion



IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Energiekosten in Energieintensiven Branchen

Industrie/Branche	Energiekosten vom Bruttoproduktionswert (in %)
Kalk	22 %
Zement	15,6 %
Ziegel	13,6 %
Chemische Industrie (Chlor, Ammoniak, Industriegase)	bis 50 %
Stahl (Integrierte Hüttenwerke)	30 %

Datenquellen: Hartard 2008, BMWi 2008, VCI 2008 Oberschmidt et al. 2007

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement



Erreichte Effizienzsteigerungen in Energieintensiven Branchen (Hartard 2008)

Branche	Gesamtreduktion des spezifischen Energieverbrauches	Zeitspanne	Effizienzsteigerung pro Jahr
Glas	- 85 %	1955-2008	1,6
Stahl	- 60 %	1960-2004	1,4
Zement	- 46 %	1950-2005	0,8
Chemie	- 35 %	1990-2007	2,1
Papier	- 29 %	1955-2005	0,6
Aluminium	- 12 %	1980-2008	0,4

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement



Inhalte der Lehre im Detail

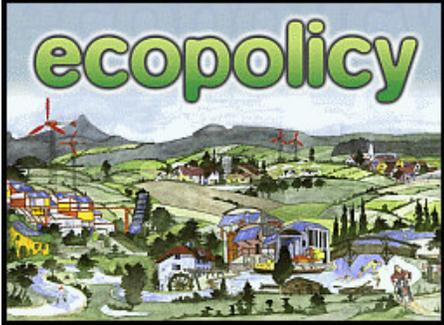
2. Analysemethoden

Stoff- und Energieströme modellieren und bewerten

- Systemanalyse und Biokybernetik
- Materialfluss- und Stoffstromanalyse
- Energiebilanzen und Kumulierter Energieaufwand
- Life Cycle Assessment und Life Cycle Costing
- Carbon Footprint und Carbon Labeling
- Input-/Outputbilanzen
- Hybridmethoden

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Systemisches Denken spielerisch trainieren



Industrieland
Kybernetien,
Schwellenland Kybinnien
Entwicklungsland
Kyborien.

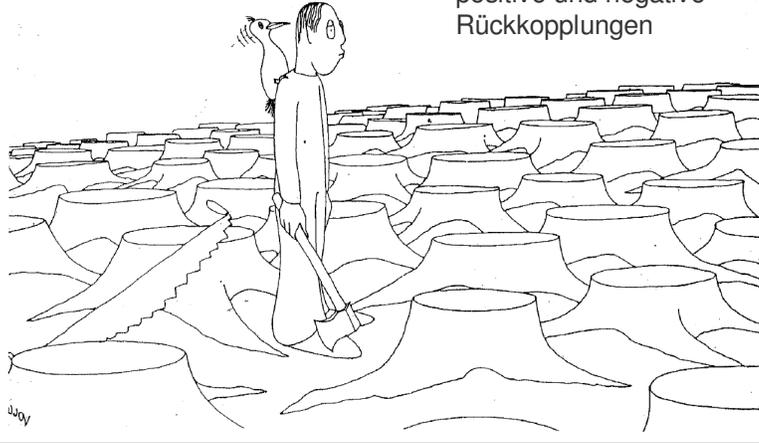
Methodisches Vorgehen in der Lehre

1. Simulation ecopolicy (nach Frederic Vester)
2. Systems Tinking Playbook (nach Dennis Meadows)

21

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Methode: Systemanalyse (Betrieb, Region)



positive und negative Rückkopplungen

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Lebenszykluskostenanalyse: Investitionssicherheit erhöhen

Technologie	Energiekosten	Investitions-kosten	Instandhaltungskosten
Druckluft	78 %	19 %	3 %
Pumpen	82 %	10 %	8 %
Ventilatoren	90 %	5 %	5 %
Elektromotoren	97 %	2 %	1 %

Datenquellen: Hartard 2008, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Deutsche Energieagentur 2008, Krämer 2008

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Methodische Ansätze der Untersuchung von Material-/Stoff- und Energieflüssen in Unternehmen

Materialflussanalyse

Stoffflussanalyse

Life Cycle Analysis

Prozess Analyse

Produkt-Analyse

Produktions-Analyse

24

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Inhalte der Lehre im Detail

3. Kreislaufwirtschaftsmodelle und Nutzungskaskaden

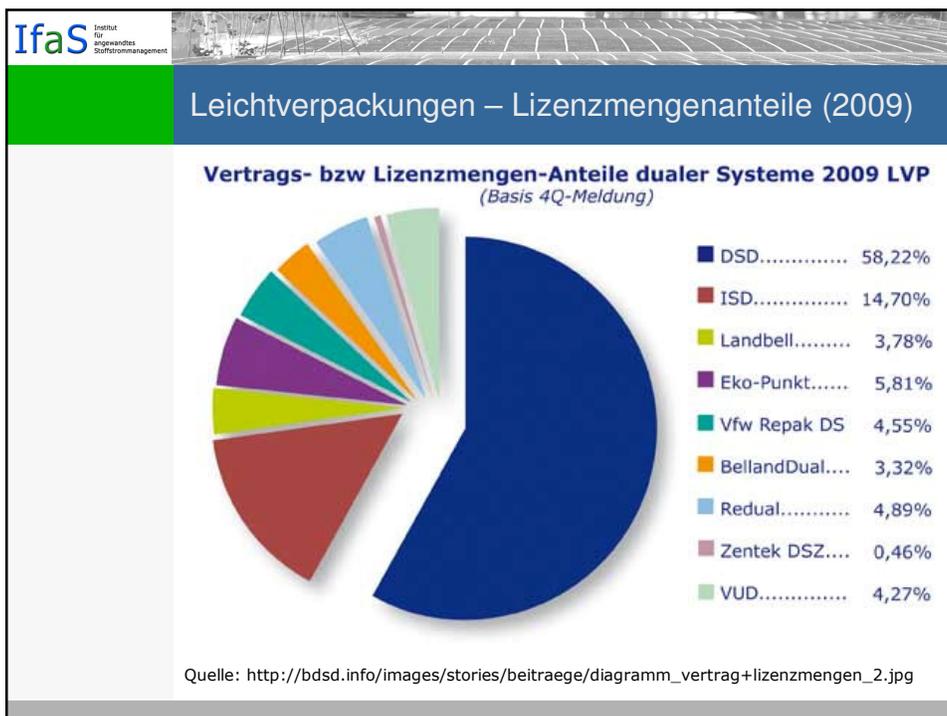
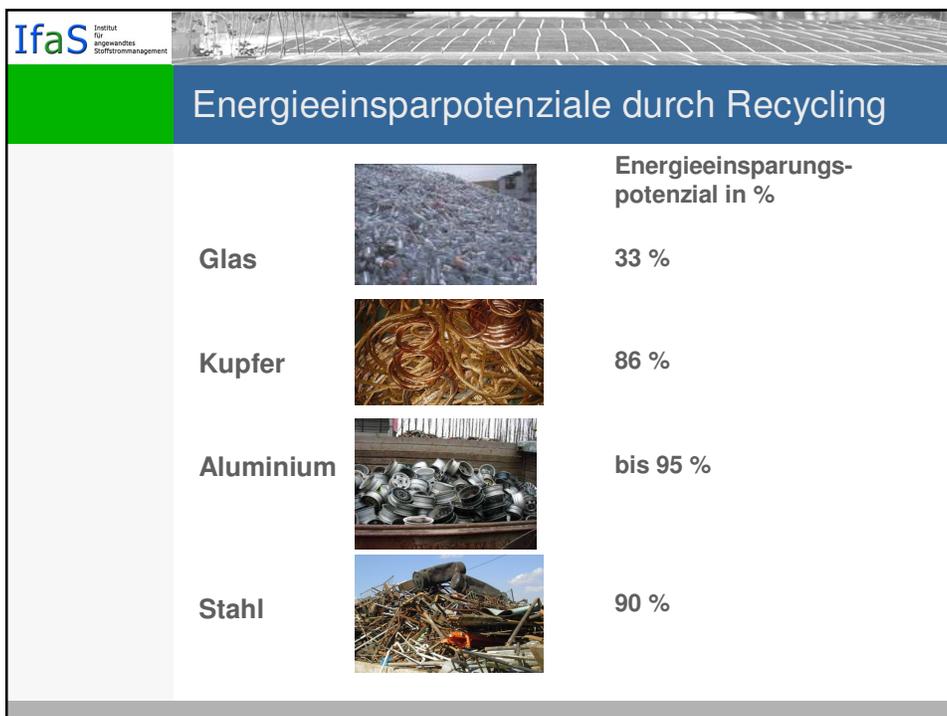
- Strategien und Organisationsprinzipien der Kreislaufwirtschaft
(Pfand, Mehrweg, Rücknahmepflichten)
- Bedeutung der Recyclingwirtschaft (VWL, BWL)
- Finanzierungsmodelle der Kreislaufwirtschaft
(Lizenzen, Internalisierung von Kosten)
- Modelle der Kaskadenwirtschaft
(Energiekaskaden, Biocascading)
- Grenzen und Hemmnisse der Kreislauf- und Kaskadenwirtschaft

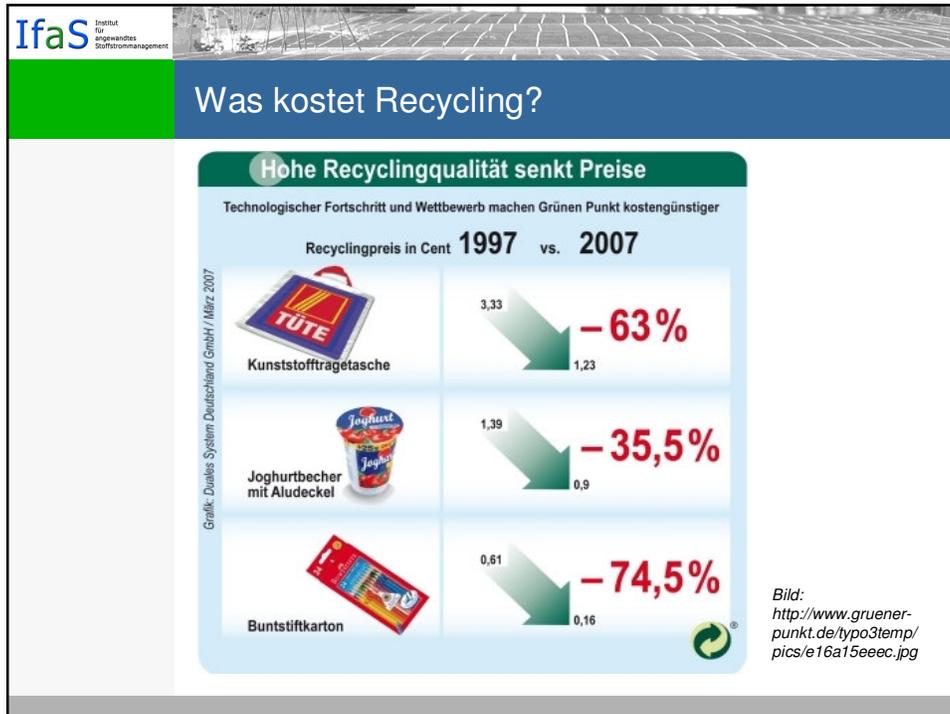
IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Knappe Rohstoffe und betroffene Technologien

- Brennstoffzellen (Platin, Scandium),
- Hybrid- und Elektrofahrzeuge (Neodym),
- Elektrooptik (Gallium, Germanium, Indium),
- Dünnschicht-Photovoltaik (Gallium, Indium, Tellur) und
- Mikroelektronik (Gallium, Tantal).



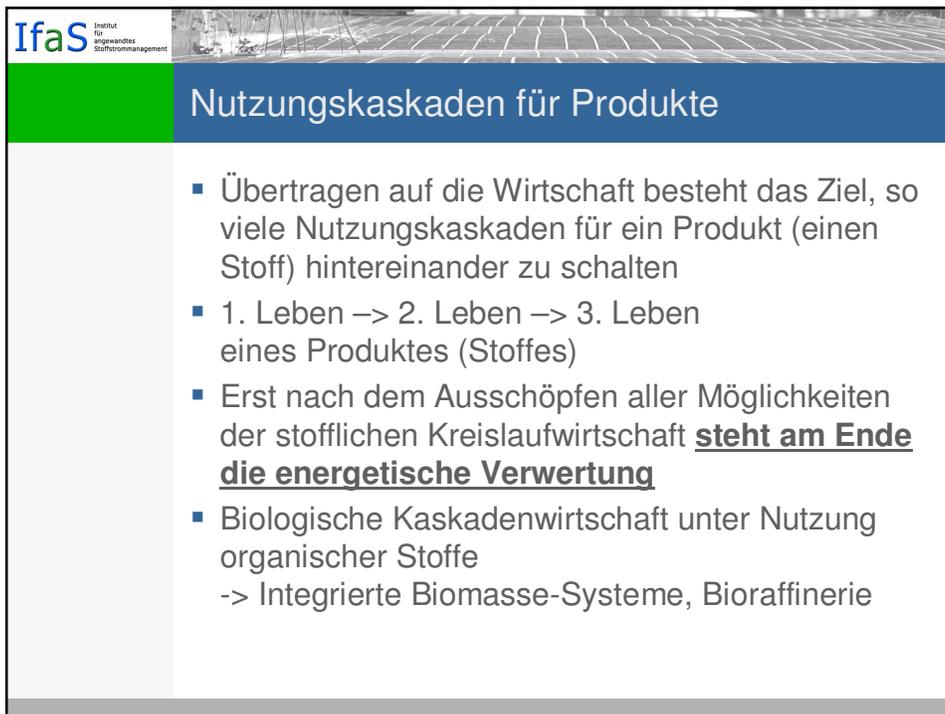
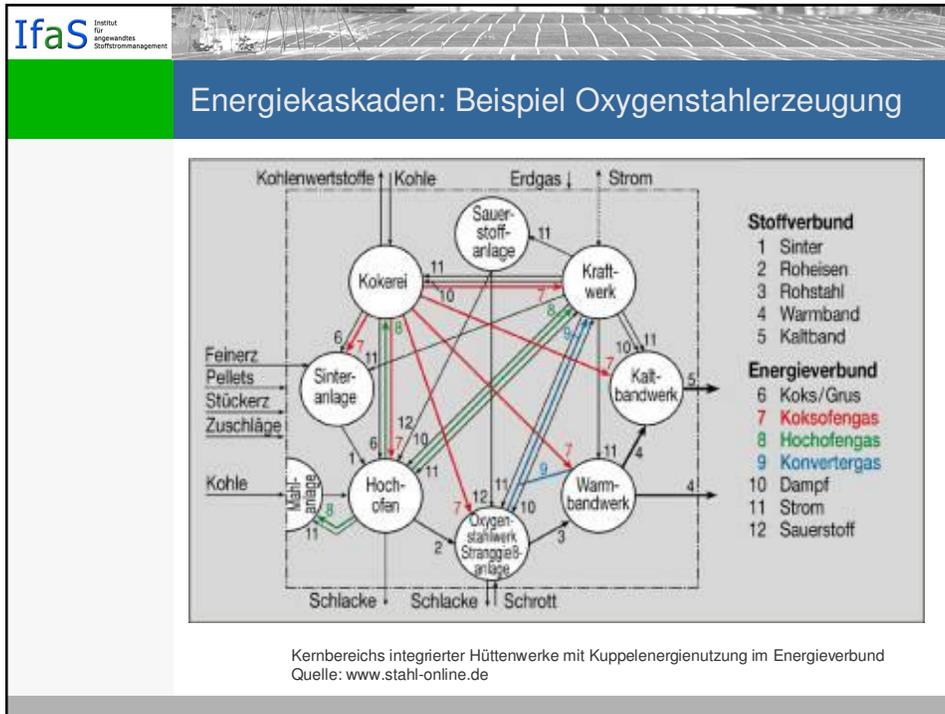




IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Kaskadenprinzip und Kaskadenwirtschaft

- Das Kaskadenprinzip beim Energiestoffwechsel in der Natur bewirkt, dass die chemische gespeicherte chemische Energie (Photosyntheseprodukte) in Stufen abgebaut wird (Kaskadeneffekte) und dadurch länger zur Verfügung steht.



IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Nutzungskaskaden: aus PET wird Fleece....



16 PET-Flaschen werden zu 1 Fleecepullover
 Aufbereitungskosten
 in Deutschland: 250-450 Euro/t PET, in China: 60 Euro/t PET

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Inhalte der Lehre im Detail

4. Unternehmenskooperation in Netzwerken und Öko-Industriellen Parks

- Kooperation durch Information in Unternehmensnetzwerken
- Stoff- und Energieaustausch in öko-industrieller Symbiose
- Varianten öko-industrieller Parks
- Virtuelle Netzwerke und Kooperationen

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Öko-Industrielle Netzwerke in Deutschland

- **Lieferantenparks**
(Automobilindustrie) und
Chemieparks (Prinzip der
Verbundproduktion)
- **Effizienznetzwerke**
(EffCheck, PIUS, Material-
und Energieeffizientische)
- **Nachhaltigkeitsnetzwerke**
(Öko-Profit, Ulmer
Initiativkreis für nachhaltige
Wirtschaftsentwicklung)
- **Verwertungsnetzwerke** im
Industriegebiet und in der
Region (F & E-Projekte)



energienetzwerk
NEU-ISENBURG

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Ressourcenrelevanz durch Energieeffizientische in Deutschland

- **Energiekosten doppelt so schnell reduziert wie ohne Maßnahme** (Modell Hohenlohe 2009)
- **Effizienzsteigerungen um 2,5 % pro Jahr**
(durchschnittliche Effizienzsteigerung in Deutschland: 1 %)
- **Reduktion der spez. CO₂-Emissionen um 10 % in 5 Jahren**
(Bezug: reales Umsatzwachstum, 2001-2005)
(Jochem et al. 2006)

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Inhalte der Lehre im Detail

5. Natur-integrierte Techniken

- Effizienz-Technik
- Recyclingtechnik und Energierückgewinnung
- Technische Lösungen der Bionik
- Null-Emissionstechnik
- Bioraffinerie und regenerative Rohstoffwirtschaft
- Kaskadenwirtschaft

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Null-Emission – technisch betrachtet




FCS Alsterwasser mit Brennstoffzellenantrieb
Hamburg

- **Null-Emissions-Produkt** (Holzpellet)
- **Null-Emissions-Schiff** (Brennstoffzellenantrieb)
- **Null-Emissions-Bus und Auto** (Electroauto, Brennstoffzellenauto)
- **Zero Emission Park**
Bottrop/Kaiserslautern
CO₂ – Reduktionsziele
- **Zero Emission Campus**
Umwelt-Campus Birkenfeld
- **Zero Emission Village**
(Kaiserslautern, Weilerbach, Eberswalde
Regenerative Energieversorgung aus
Biomasse und Solartechnik gekoppelt)

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Strategie Null-Emission

- **Zero Waste** (UN 1994), Zero Emissions (UN ff.), Integrated Biomass Systems – z.B. Zero Emission Industrial Clusters (UN)
- **CO₂-Neutralität** – Nutzung nachwachsender Rohstoffe zur Energieversorgung (rechnerische Größe)
- **Emissions-Freiheit: Elektroautos**
die Emissionen der Herstellung des Elektroautos werden bei dieser Betrachtung ausgenommen

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

PV Cycle




- gegründet in 2007
- repräsentiert 85 % des europäischen Marktes
- freiwillige Rücknahme der Solarindustrie
- „Double Green“: REG + Recycling
- bis 2009: PVCycle Recycling Modell
- Ziele: 65 % einsammeln und davon mind. 85 % recyceln (ohne Zielerreichungs-datum)
- ab 2010: Beginn der Rücknahme, jährliche Audits zur Zielerreichung von PVCycle

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Inhalte der Lehre im Detail

6. Strategien und Management

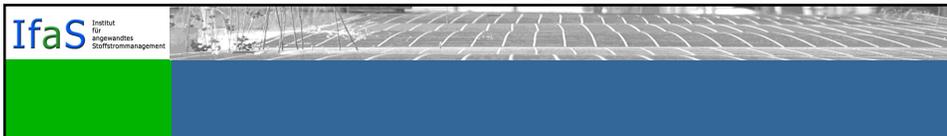
- Carbon Management
- Energiemanagement
- Integriertes Management
- Kaizen
- Verantwortliche Produktion (CSR)




IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Fazit

- übertragbare Modelle und Methoden schaffen
- Schwerpunktbildung
- Öko-Industrielle Netzwerke
- Kaskadenwirtschaft
- Energiemanagement (Verhaltenspotenziale)
- Lehrbuch
- Forschungs- und Fördermittellinien
- Weiterbildung



IfaS Institut für integriertes Stoffstrommanagement

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Prof. Dr.-Ing. Susanne Hartard
s.hartard@umwelt-campus.de
Tel. 06782 - 17 1322
Fax 06782 - 17 1284
Umwelt-Campus Birkenfeld – FH Trier
Fachbereich Umwelt- und Betriebswirtschaft
Lehrgebiet Industrial Ecology
Postfach 1380
55761 Birkenfeld