

Agenda

Grundlagen Lebenszyklusanalysen – Fokus LCA

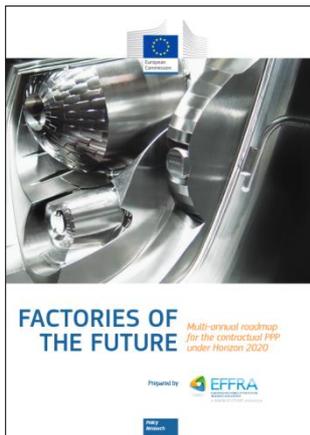
- Abgrenzung LCC/LCA
- Ablauf eines Life Cycle Assessments (Phasen)
- Softwareunterstütztes LCA
- LCA in der Praxis
- Identifizierung von Trade-Offs

Life Cycle Assessment für Thermoplast-FVK

- Ableitung von Materialkatalogen
- Ökologie von Thermoplast-FVK Halbzeugen
- Messungen zur Prozesscharakterisierung
- Untersuchungen in Nutzung und End-of-Life

EU-Klimaziele 2020

- Treibhausgasemissionen werden um 20 % gemindert, bzw. um 30 %, falls andere Industrieländer vergleichbare Ziele vereinbaren.
- Die Nutzung erneuerbarer Energien wird auf 20 % des gesamten Endenergieverbrauches gesteigert.
- Die Energieeffizienz wird um 20 % gesteigert im Vergleich zu einer Entwicklung ohne weitere Effizienzanstrengungen.



EU Megatrends

- Ressourcenknappheit
- Klimawandel
- Ökonomische Nachhaltigkeit
- Ökologische Nachhaltigkeit
- Soziale Nachhaltigkeit

Investoren achten aufs Klima

Für institutionelle Anleger wird die CO₂-Bilanz eines Unternehmens zum Entscheidungskriterium.

► Klimawandel hat ökonomische Bedeutung.
► Die Risiken betreffen alle Branchen.

Silke Kersting
Berlin

Manchmal ist es schwierig, vom Wissen zum Handeln zu kommen. Notwendig sei es dennoch, mahnt Michael Otto, Aufsichtsratsvorsitzender des Handelskonzerns Otto: „Die Welt heute lebt über ihre Verhältnisse. Wir müssen unsere Art des Wirtschaftens ändern - und das müssen wir schnell tun.“

Wie Industrie- und Entwicklungsländer ihre klimaschädlichen Emissionen, die sie Tag für Tag in die Luft pusteln, reduzieren können und wie stark sie das künftig tun müssen, um den Klimawandel noch wirksam zu begrenzen, darum wird auf der Weltklimakonferenz in der peruanischen Hauptstadt Lima derzeit heftig gerungen.

Immer mehr Unternehmen wie die Otto Group haben erkannt, dass sie ihre Betriebe teilweise umkrempeln müssen, um weniger klimaschädlich zu wirtschaften. Zunehmend machen aber auch Finanzinvestoren Druck. Der Grund: Unternehmen sind nicht nur Verursacher des Klimawandels, sondern zugleich Betroffene, etwa durch Überflutungen, die für Produktionsausfälle sorgen. „Die Zahl der Investoren, die von den Unternehmen wissen

Glacierschmelze am Großglockner: Dramatische Umwälzungen.

Weniger Emissionen in Deutschland

Luftverunreinigung nach Sektoren in Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent

Sektor	1990	2013 (Prognose)
Insgesamt, davon:	1042	834
Energie-wirtschaft	423	353
Verarbeitendes Gewerbe	176	116
Verkehr	162	155
Gewerbe, Handel, Dienstleist.*	87	48
Haushalte	130	98

Handelsblatt | * incl. MRGZ
Quelle: Umweltbundesamt

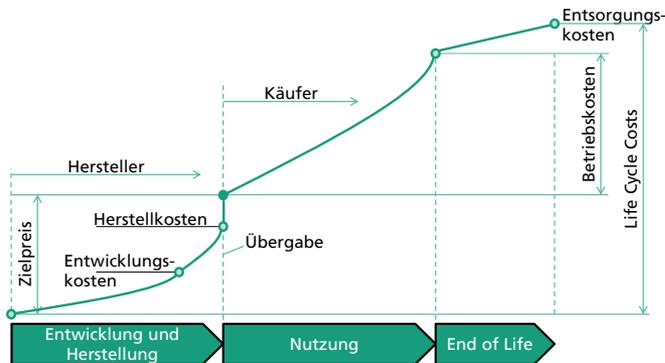
Handelsblatt, Dezember 2014

Analysen entlang des Produktlebensweg

Life Cycle Costing

Lebenszykluskostenrechnung

- Kundenperspektive vs. Produzentenperspektive (TCO)

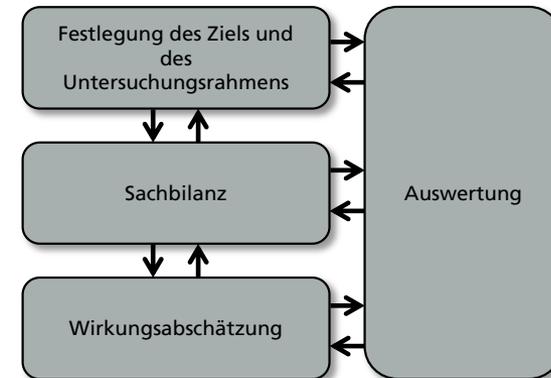


Ziel:
Analyse der Kosten eines Produktes bzw. Systems entlang des gesamten Lebenszyklus

Life Cycle Assessment

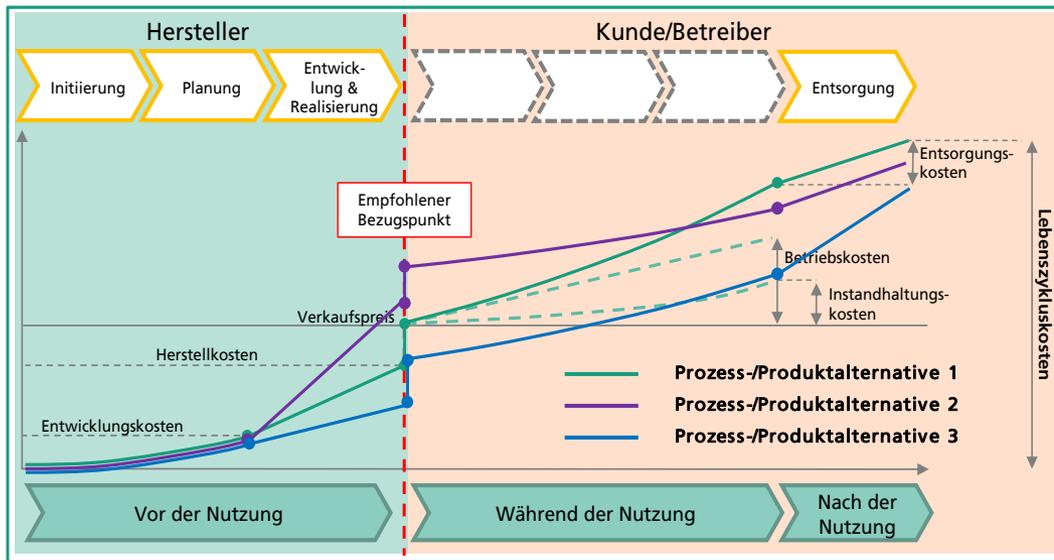
Genormtes Vorgehen für Ökobilanz

- DIN EN ISO 14040/44



Ziel:
Analyse der Umweltwirkungen eines Produktes bzw. Systems entlang des gesamten Lebenszyklus

Grundlagen Life Cycle Costing



Materialkosten (Material costs) - **Lohnkosten** (Labor costs) - **Maschinenkosten** (Machine costs)

Verbrauchs-kosten (Consumption costs) - **Servicekosten** (Service costs)

Demontage-kosten (Disassembly costs) - **Recyclingkosten** (Recycling costs)

Kostenfaktoren

■ Herstellungsphase

- Welche Herstellkosten fallen an?
- Wie ist die Verteilung variabler und fixer Kostenanteile?

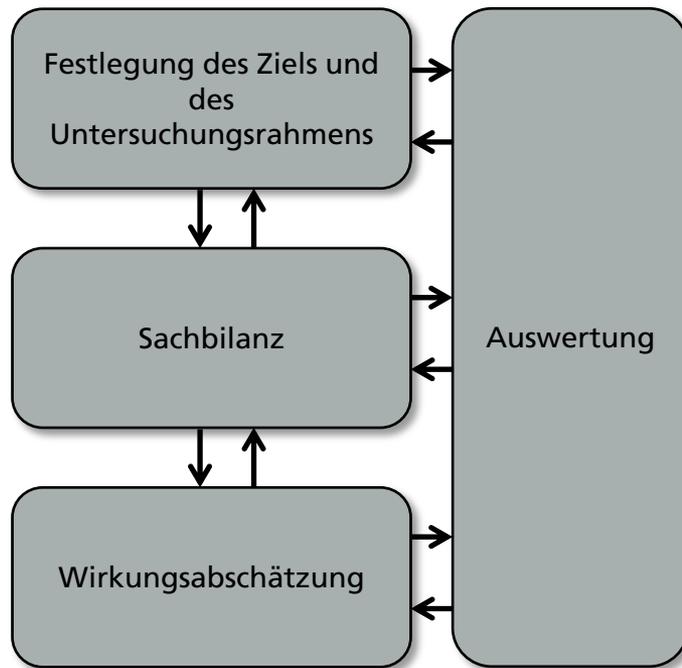
■ Nutzungsphase

- Wie hoch ist die potentielle Marktdurchdringung / Kundenakzeptanz ?
- Existieren Substitutionspotentiale?
- Gibt es Unterschiede hinsichtlich Nutzungsdauer/Standzeiten der Produkte?

■ Entsorgungsphase

- Existieren materialspezifische Recyclinglösungen?

Grundlagen Life Cycle Assessment



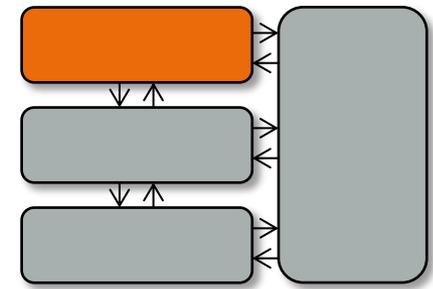
DIN EN ISO 14040/44

- Methodik zur Beurteilung der Umweltauswirkungen eines Produktsystems
- Phasen-basiertes, iteratives Vorgehen
- From „cradle to grave“



- Rohstoffgewinnung
- Produktion
- Nutzung
- End-of-Life

Zieldefinition und Untersuchungsrahmen



- Was wird bilanziert? Vergleiche?
- Welche Phasen werden betrachtet?
- Wo liegen die Systemgrenzen? (Modellbildung)
- Welche Wirkungskategorien werden gewählt?

Objekte



Systeme



Komponenten



Phasen



Produktion



Nutzung



End-of-Life

Indikatoren

*Treibhauspotential
(kg CO₂-Äqv.)*

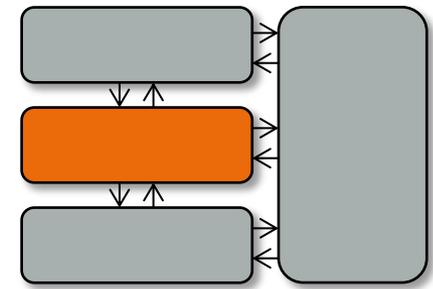
*Umweltbelastungspunkte
(UBP)*

Primärenergieverbrauch [MJ]

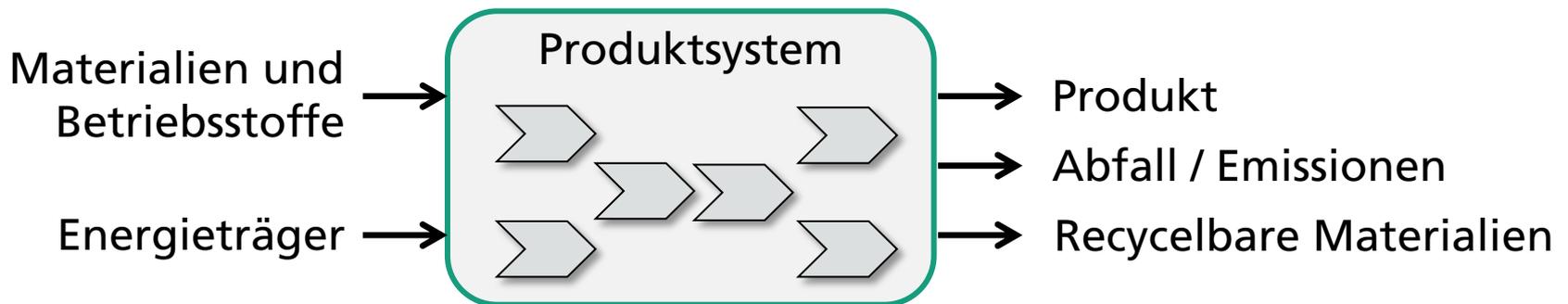
*Versauerungspotential
(kg CO₂-Äqv.)*

...

Sachbilanz

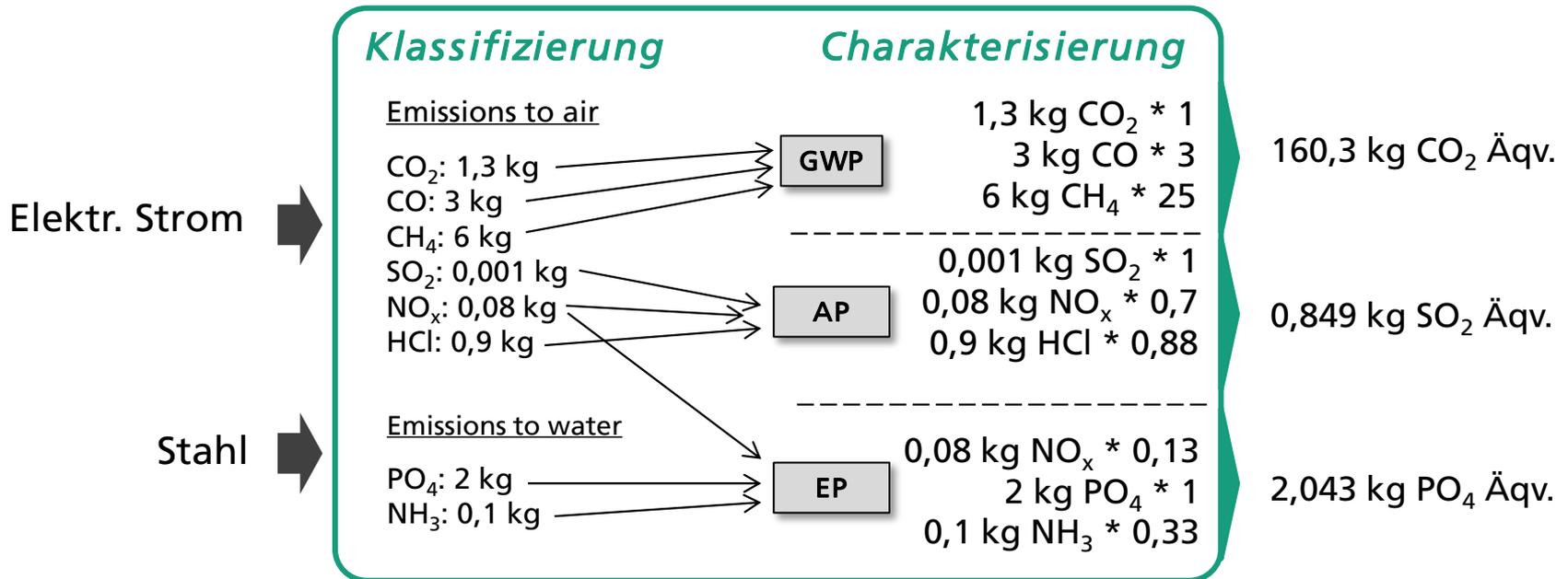
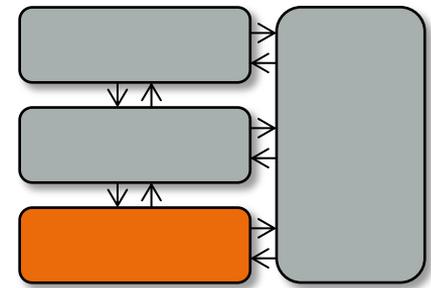


- Welche Stoff und Energieflüsse werden zur Rohstoffgewinnung benötigt?
- Wie groß sind die Stoff- und Energieflüsse in der Herstellung?
- Welche (funktionalen) Zusammenhänge ergeben sich in der Nutzungsphase? (Energiebedarf, Minderverbräuche, Lebensdauer, Reparaturen etc.)
- Werden Materialien erneut verwendet? Wie viel?

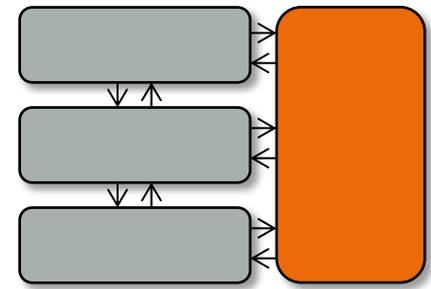


Wirkungsabschätzung

- Wie lassen sich die Ergebnisse der Sachbilanz vergleichen?
- Welche ökologischen Indikatoren ergeben sich?

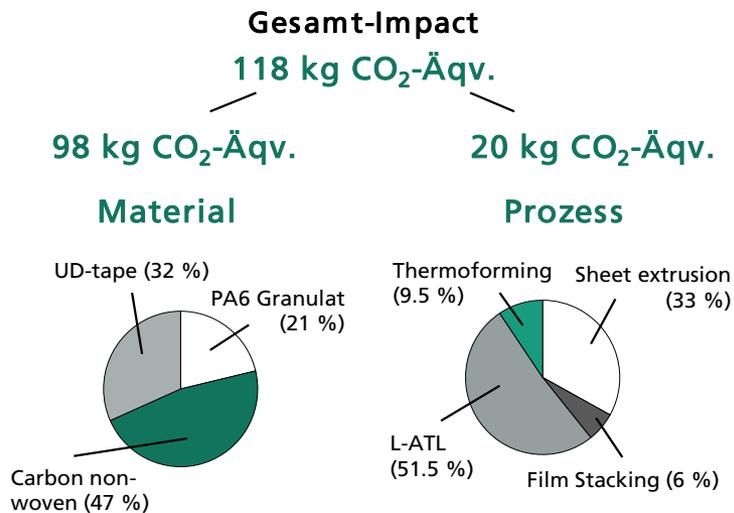


Auswertung

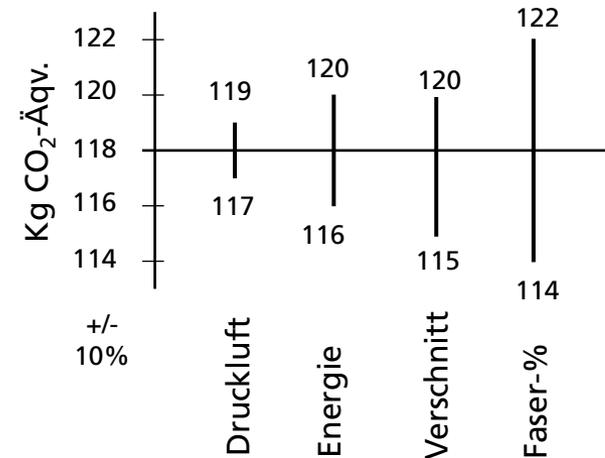


- Sind Modellanpassungen notwendig?
- Kann ich den Ergebnissen vertrauen?
- Ist meine Datenqualität ausreichend?
- Ableitung von Ergebnissen

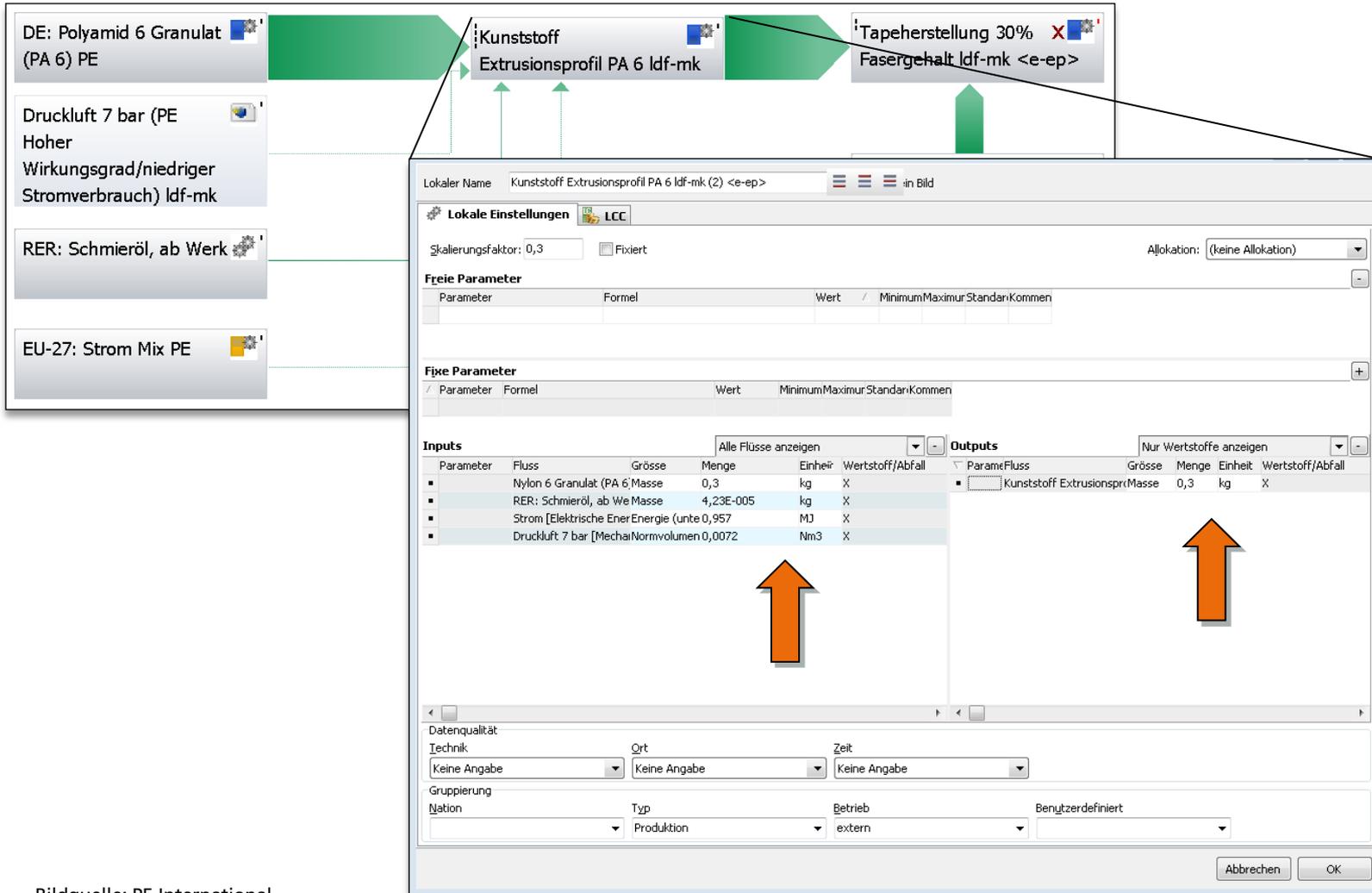
Ergebnisse



Parameteranalysen



Softwareunterstütztes LCA - GaBi



The screenshot displays a process flow diagram at the top and a detailed parameter window for the process 'Kunststoff Extrusionsprofil PA 6 ldf-mk (2) <e-ep>'. The flow diagram shows inputs from 'DE: Polyamid 6 Granulat (PA 6) PE', 'Druckluft 7 bar (PE Hoher Wirkungsgrad/niedriger Stromverbrauch) ldf-mk', 'RER: Schmieröl, ab Werk', and 'EU-27: Strom Mix PE' feeding into the 'Kunststoff Extrusionsprofil PA 6 ldf-mk' process, which then feeds into 'Tapeherstellung 30% Fasergehalt ldf-mk <e-ep>'. The detailed window shows the following data:

Lokaler Name: Kunststoff Extrusionsprofil PA 6 ldf-mk (2) <e-ep>

Lokale Einstellungen: Skalierungsfaktor: 0,3; Fixiert; Allokation: (keine Allokation)

Freie Parameter: (Empty table)

Fixe Parameter: (Empty table)

Inputs:

Parameter	Fluss	Grösse	Menge	Einheit	Wertstoff/Abfall
Nylon 6 Granulat (PA 6) Masse			0,3	kg	X
RER: Schmieröl, ab We Masse			4,23E-005	kg	X
Strom [Elektrische EnerEnergie (unte 0,957				MJ	X
Druckluft 7 bar [MechaiNormvolumen 0,0072				Nm3	X

Outputs:

ParameFluss	Grösse	Menge	Einheit	Wertstoff/Abfall
Kunststoff ExtrusionsprMasse		0,3	kg	X

Datenqualität: Technik: Keine Angabe; Ort: Keine Angabe; Zeit: Keine Angabe

Gruppierung: Nation: ; Typ: Produktion; Betrieb: extern; Benutzerdefiniert: ;

Buttons: Abbrechen, OK

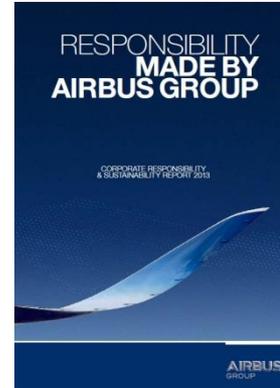
LCA in der Anwendung

Produkte



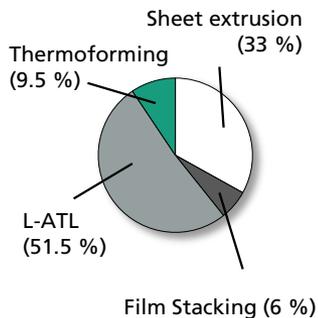
- Umweltberichte
- Spezifische Verbesserungen
- Quervergleiche (Bsp. Diesel, Benzin)

Unternehmen



- Umweltberichte (EMAS)
- Nachhaltigkeitsberichte

Prozesse



- Prozessanalyse
- Wertstromanalyse
- Hot-Spot Identifikation
- Kontinuierliche Verbesserung

Forschung und Entwicklung

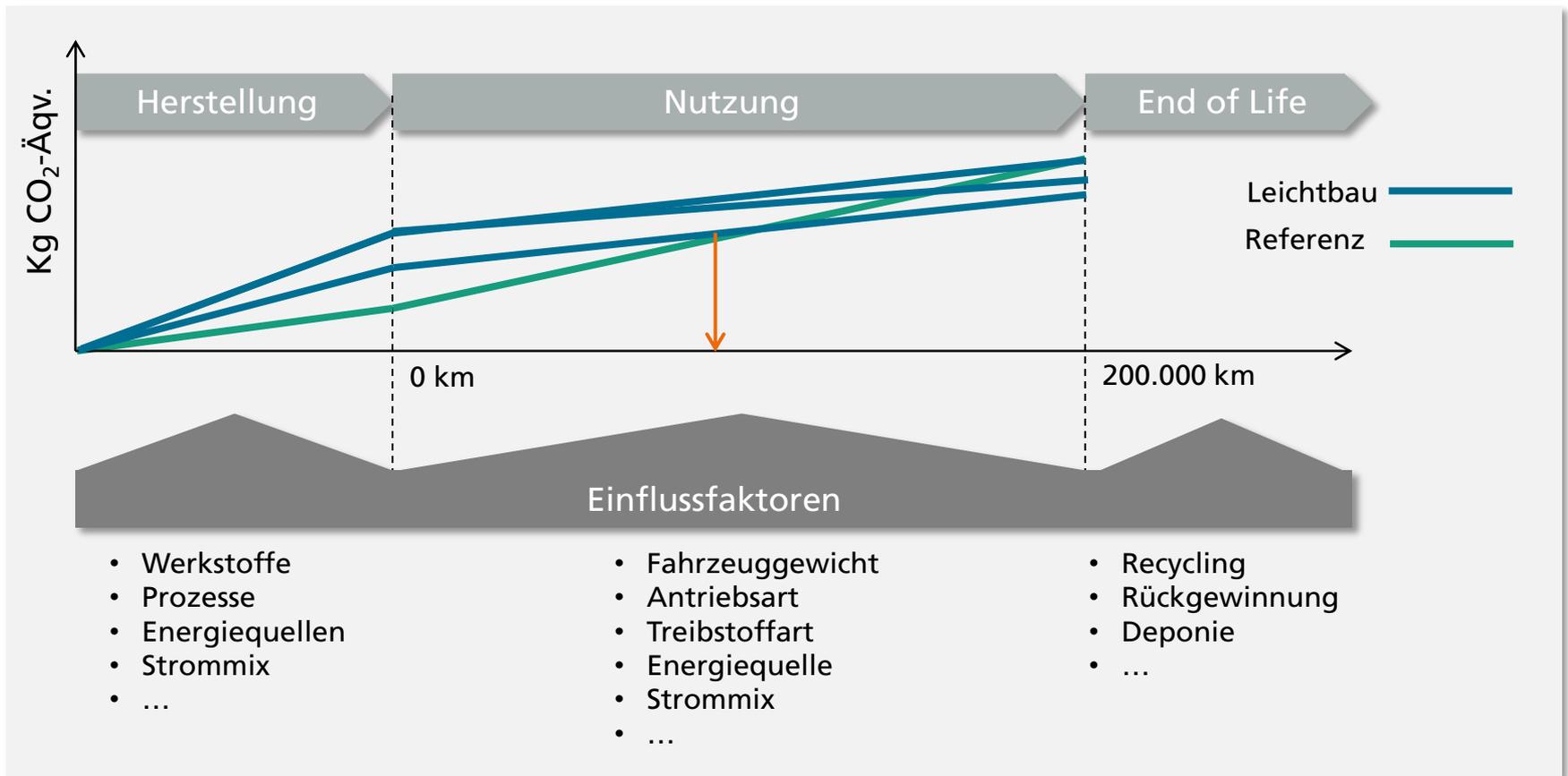


- Projektbegleitende Bewertungen und Szenarien
- Materialauswahl
- Prozessgestaltung

Bildquelle: Volkswagen AG, Airbus

Seite 12

LCA im Leichtbau – Beispiel: Automobil



Life Cycle Assessment zur Identifikation von Trade-offs und der ganzheitlichen Bewertung von Alternativen

Quelle: Audi, http://media.audi-cr.de/pdf/de/Umweltbilanz_Audi_A6.pdf

Seite 13

Agenda

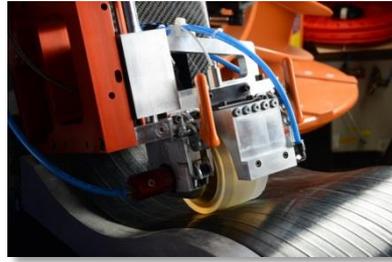
Grundlagen Lebenszyklusanalysen – Fokus LCA

- Abgrenzung LCC/LCA
- Ablauf eines Life Cycle Assessments (Phasen)
- Softwareunterstütztes LCA
- LCA in der Praxis
- Identifizierung von Trade-Offs

Life Cycle Assessment für Thermoplast-FVK

- Ableitung von Materialkatalogen
- Ökologie von Thermoplast-FVK Halbzeugen
- Messungen zur Prozesscharakterisierung
- Untersuchungen in Nutzung und End-of-Life

LCA für Bauteile aus Thermoplast-FVK



Rohstoff-
gewinnung

Herstellung

Nutzung

End-of-Life

- Datengrundlage kommerzieller Software-Anbieter
- Charakteristiken der einzelnen Phasen im Lebenszyklus
- Kritische und sensitive Parameter

Rohstoffgewinnung



Granulate

- Polyamide
- Polypropylen
- Polyphenylensulfid
- Polyetheretherketon
- ...

Fasern

- Kohlefaser
- Glasfaser
- PP-Faser
- Nylon-Faser
- ...

Energie- und Betriebsstoffe

- Länder-Strommixe
- Ökostrom
- Druckluft
- Schmierstoffe
- ...

Datengrundlage umfangreich, aber Durchschnittsdaten!

Bildquelle: PE International, Ecoinvent, swiss composite

Seite 16

Herstellung/Produktion



Modellaufbau in GaBi

- Nutzung von Prozessbibliotheken
- Modellierung von Halbzeugen
- Eigene Messungen

Fluss	Größe	Menge	Einheit	Wt	Standard	Herkunft	Kommentar
Druckluft 7 bar [Mechanische En	Normvolumen	0,024	Nm3	X	0 %	berechnet	
Kunststoff Granulat (unspezifisch)	Masse	1	kg	X	0 %	berechnet	
Schmieröl [Betriebsstoffe]	Masse	0,000141	kg	X	0 %	berechnet	
Strom [Elektrische Energie]	Energie (unter 2,76		MJ	X	0 %	berechnet	
Thermische Energie (MJ) [Thern	Energie (unter 0,429		MJ	X	0 %	berechnet	

Fluss	Größe	Menge	Einheit	Wt	Standard	Herkunft	Kommentar
Kunststoff Extrusionsprofil (unsr.)	Masse	1	kg	X	0 %	berechnet	
Hausmüllähnlicher Gewerbemüll (Siedk.)	Masse	0,005	kg	*	0 %	berechnet	

Standardprozesse sind vorhanden

Kaum Halbzeuge integriert (Organobleche, UD-tapes, Folien...).
Nur Standardverfahren in Prozess-Bibliotheken enthalten.

Herstellung/Produktion



Stellar: "Selective Tape-Laying for Cost-Effective Manufacturing of Optimised Multi-Material Components"

Stellar

Prozessentwicklung

Verfahren zur Herstellung von selektiv faserverstärkten Thermoplast-FVK Strukturteilen



Anwendungsfelder

Automobil



Luftfahrt



Konsortium

netcomposites

CGTECH
VERICUT

TOYOTA

M KUNSTSTOFF
TECHNIK
LEBEN
VERARBEITUNG VON
VERBUNDWERKSTOFFEN

AFPT

Airborne

Fraunhofer
IPT

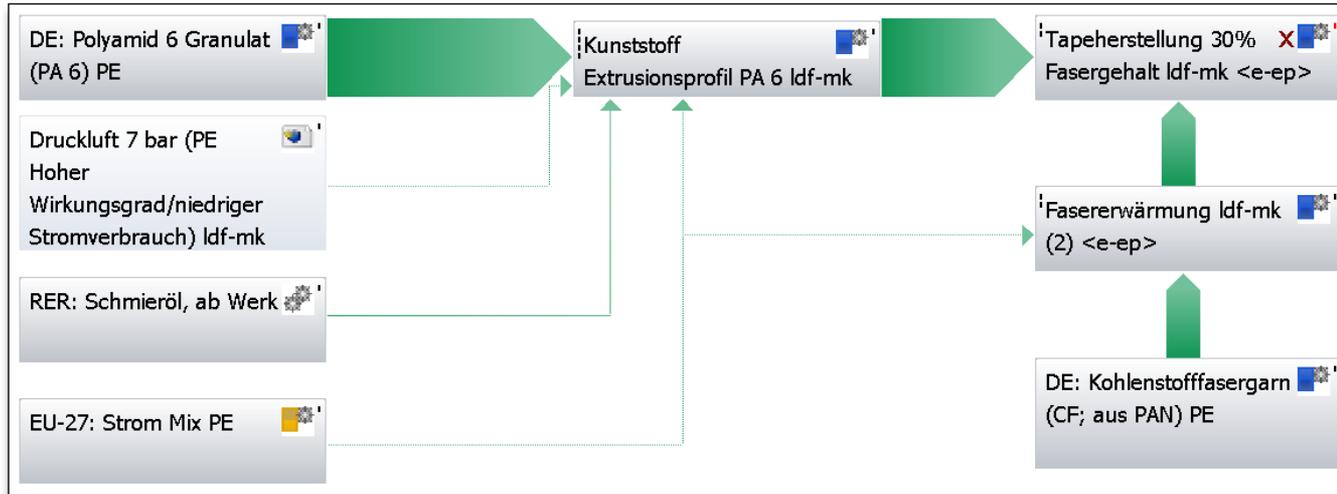
esi
get it right®

- Ökologisch/ökonomische Bewertung der Prozesse und Produkte
- Bereitstellung eines ökologischen Material-Katalogs
- Unterstützung der Projektpartner bei der Prozessgestaltung





- Modellierung und Charakterisierung von UD-tapes und flächigen Halbzeugen



Umfangreiche Materialkataloge für gängige Wirkungskategorien.
Kohlefaser als ökologischer Impact-Treiber.



Wirkungskategorien:

- Primärenergiebedarf (MJ)
- Treibhauspotential (kg CO₂-Äqv.)
- Ozonabbaupotential (kg R11-Äqv.)
- Eutrophierungspotential (kg PO₄-Äqv.) -> „Überdüngung“
- Versauerungspotential (kg SO₂-Äqv.) -> „Versauerung“
- Photochem. Oxidantienbildungspot. (Ethen-Äqv.) -> „Sommersmog“

UD-tapes

GMT

Organobleche

Gewebe

Folien

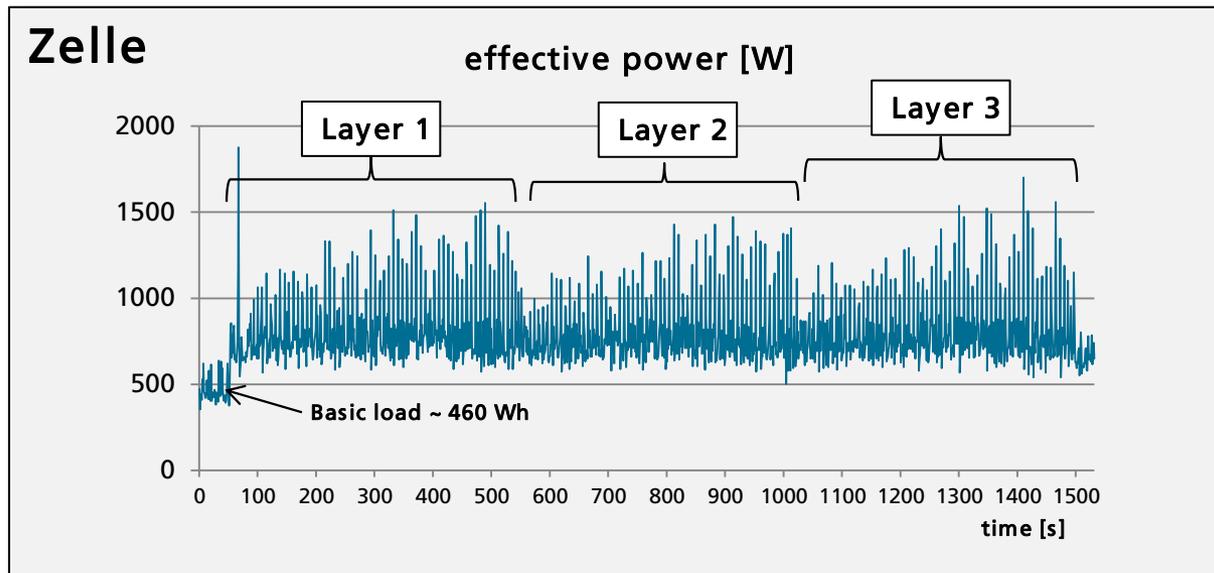
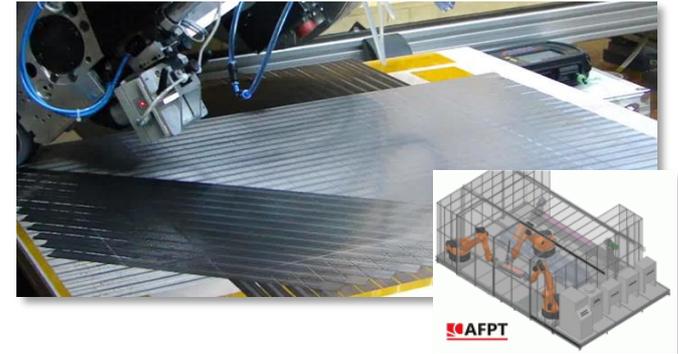
Vlies

Herstellung/Produktion



- Ökologische Charakterisierung von Organoblechen aus UD-tape
- Bauteilmasse: 0,5 kg

PPS-CF (60 vol. %)



Nutzung



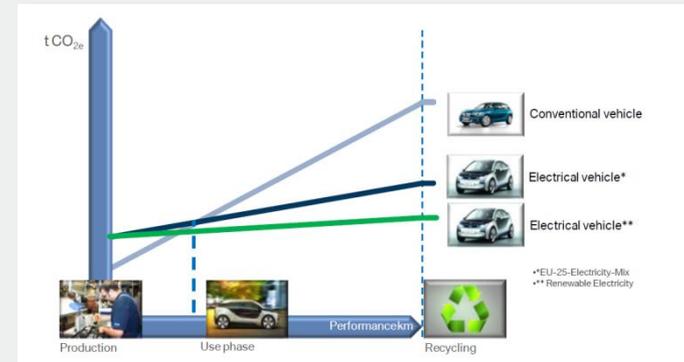
Wartung und Reparatur

- Bauteilreparatur
- Austausch
- Materialien



Leichtbaupotential

- Minderverbrauchsfaktoren
- Strategischer Leichtbau
- Energieträger



Modellierung der Nutzungsphase durch Szenarien

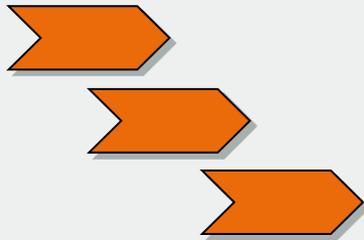
Bildquelle: Blick (<http://f.blick.ch/img/incoming/origs2283688/5955564302-w644-h429/BMW-i3-Reparatur-01.jpg>)
Quelle: Traverso, M.: BMW Group, LCM 2013

End-of-Life



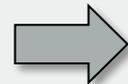
Aufbereitung

- Mechanische Zerkleinerung
- Reinigung
- Faserrückgewinnung
- ...



Wiederverwendung

- Granulat
- Random-fiber Composites
- Close-loop
- Open-loop



Gutschriften

Finale Entsorgung

- Deponie
- Energetische Verwertung
- Emissionen
- ...

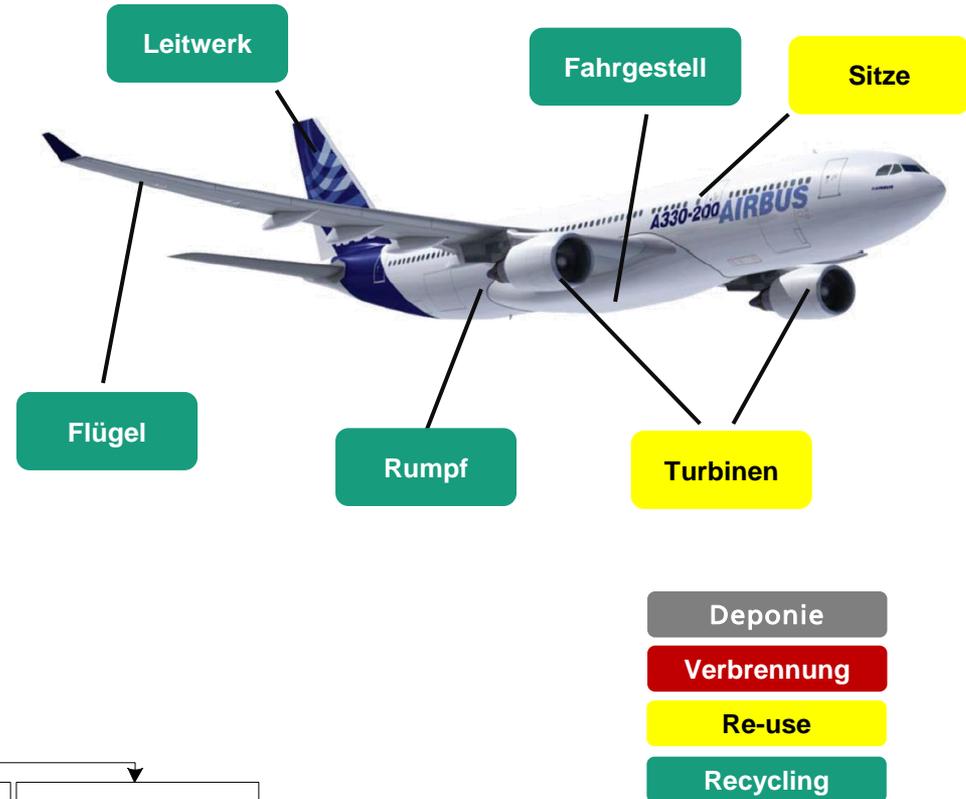
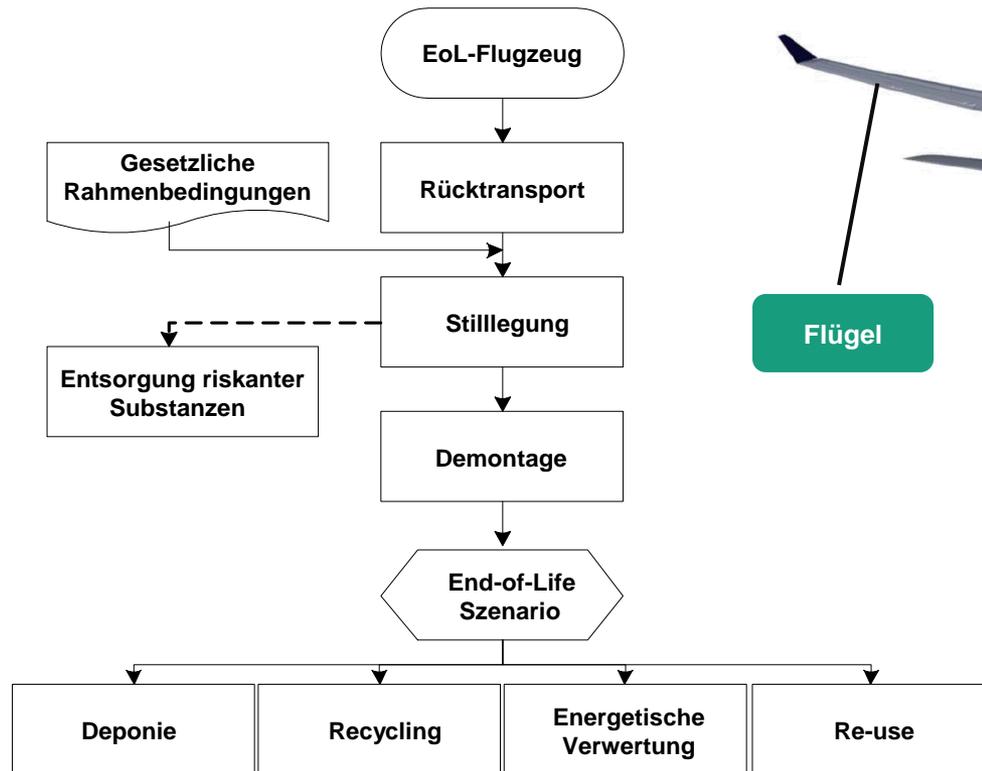


Modellierung der EoL - Phase durch Recyclingpotentiale und entsprechende ökologische Gutschriften.

End-of-Life für Systeme - Flugzeug



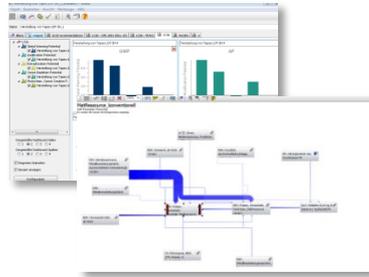
Air Transport Vehicle Life Cycle Analysis (ATLA)



Spektrum an professioneller und individueller Software

GaBi:

- Objektorientierte Prozessmodellierung
- Prozesse, Flüsse und Pläne
- Integrierte Wirkungsabschätzung



⇒ Kommerzielle Bilanzierungssoftware mit mehr als 4.000 Datensätze

Stellar:

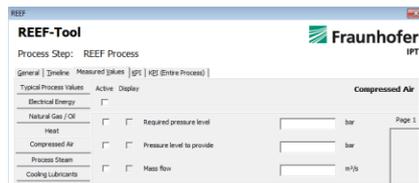
- Integriertes LCA/LCC
- Visualisierung von Prozesskosten und ökologischen Impacts
- Szenarien
- Fokus: Faserverstärkte Thermoplaste



⇒ Tool zur effizienten LCA/LCC Durchführung

REEF:

- Erweiterung des Wertstromdesign:
 - Energie
 - Ressourcen
- Integrierte Berechnung relevanter KPI's



⇒ Tool zur Prozessdatenerfassung und Visualisierung des Ressourceneffizienz-Wertstromes

ecoIN:

- Verbrauchserfassung von Energie und Ressourcen
- Monitoring und Trendanalyse
- Ergebnisexport zur Nachhaltigkeitsberichterstattung



⇒ Integriertes Shop Floor-Datenmanagement

Entwicklungen rund um LCA (und LCC)



- Methodenentwicklung: Integration von LCC in das genormte LCA Vorgehensmodell
- Methodenentwicklung: Umgang mit Unsicherheiten und Wahrscheinlichkeiten
- „Easy-LCA“: Anwenderfreundliche Bilanzierung
- Unsicherheitsgerechte LCA
- Software-tools zur Unterstützung
- Erweiterung von Material-Datensätzen insbesondere für Composites

Fazit – LCA für Thermoplast-FVK

Was kann LCA?

- LCA zur Bewertung von Leichtbaupotentialen
- Ganzheitliche Bewertung der ökologischen Verbesserung -> Identifikation von Trade-Offs
- Ökologische Materialcharakterisierung
- Unterstützung von Produkt- und Prozessbewertungen
- Nachhaltigkeit und Umweltberichte
- Identifikation von Hot-Spots
- Marketing

LCA kann „nur“ unterstützen, bewerten und analysieren
– unabhängig von Funktionalitäten und technischen Anforderungen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Florian Lindner M.Sc.
Abteilung Produktionsqualität
Steinbachstraße 17
52074 Aachen

Telefon: +49 241 8904 -160
florian.lindner@ipt.fraunhofer.de

Stellar



This project has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme for research, technological development and demonstration under grant agreement no 609121.