

Berücksichtigung der ökologischen Dimension in Investitionsentscheidungen bei Montageanlagen

Timo Fleschutz

Technische Universität Berlin
Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb
Fachgebiet Montagetechnik und Fabrikbetrieb
Prof. Dr.-Ing. G. Seliger

Gliederung

-
- ▶ Einleitung
 - ▶ Ökonomische Bewertungsmethoden
 - ▶ Ökologische Bewertungsmethoden, exemplarische LCAs
 - ▶ Ansatz zur Einbindung ökologischer Bewertungsmethoden
 - ▶ Fazit

▶ Einleitung

Ökonomische Bewertungsmethoden

Ökologische Bewertungsmethoden, exemplarische LCAs

Ansatz zur Einbindung ökologischer Bewertungsmethoden

Fazit

Einleitung

- ▶ Industrieunternehmen sehen sich heutzutage mit sowohl ökonomischen Herausforderung als auch gesellschaftlichen Herausforderungen konfrontiert:
 - ▶ Kostendrucks durch die Globalisierung
 - ▶ Verkürzung der Produktlebenszyklen
 - ▶ nachhaltigen Entwicklung
- ▶ Investitionsentscheidungen in Betriebsmittel erfolgen jedoch meist allein auf Basis ökonomischen Faktoren.
- ▶ Branche Montage- und Handhabungstechnik hat im Jahr 2008 einen Umsatz von 5,5 Mrd. Euro (mit Robotik von 8,9 Mrd. Euro) erzielt und beschäftigt 30.000 Angestellte.
- ▶ Mittels Economic Input-Output Life Cycle Assessment (EIO-LCA) kann man hierfür ein jährliches Treibhauspotential von 2 Mio. Tonnen CO₂-Äqv. abschätzen.
- ▶ Dies entspricht 10 Mrd. km mit einem durchschnittlichen Otto-PKW.

Einleitung

▶ Ökonomische Bewertungsmethoden

Ökologische Bewertungsmethoden, exemplarische LCAs

Ansatz zur Einbindung ökologischer Bewertungsmethoden

Fazit

Ökonomische Bewertungsmethoden bei Investitionsentscheidungen

Kapitalwertmethode und Lebenszykluskosten

Kapitalwert / Net Present Value

- ▶ Standardverfahren der dynamischen Investitionsrechnung
- ▶ Zeitpunkt der Entstehung von Zahlungen und die Zeitpräferenz des Investors erfolgt mittels einer Diskontierung der zukünftigen Zahlungen mit einem Kalkulationszins

$$NPV = -I_0 + \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+i)^t}$$

CF_t Zahlungsstrom (Cash Flow) der Investition in Periode

i Kalkulationszins (Diskontierungsfaktor)

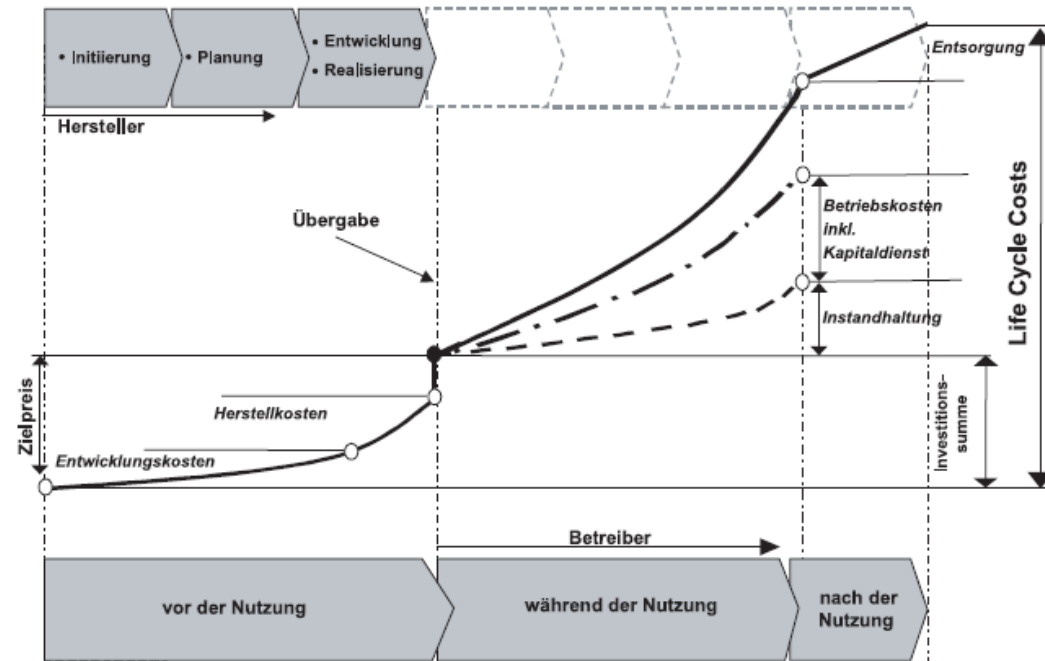
NPV Kapitalwert (Net Present Value)

I_0 Investitionszahlung

T Betrachtungszeitraum für die Investitionsrechnung

Lebenszykluskosten

- ▶ VDI-Richtlinie 2884 Beschaffung, Betrieb und Instandhaltung von Produktionsmitteln unter Anwendung von Life Cycle Costing

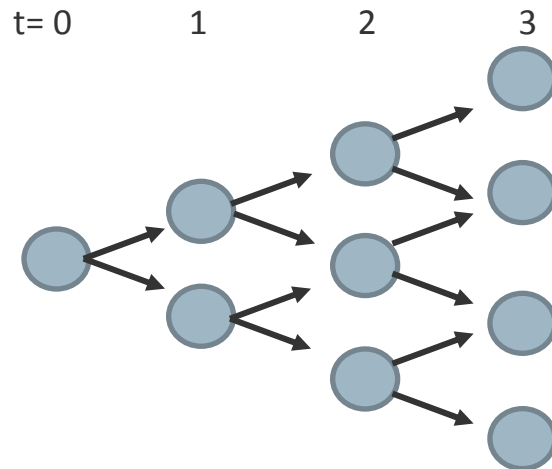


Ökonomische Bewertungsmethoden bei Investitionsentscheidungen

Entscheidungsbäume und Realoptionen

Entscheidungsbaumverfahren

- ▶ Sequenzielle Entwicklungen und mögliche Entscheidungen werden in Form eines Baumes aufgebaut.
- ▶ Bewertung mittels Rollback-Verfahren, bei endlich vielen Perioden rekursiv lösbar.



Realoptionenansatz

- ▶ Grundlage bildet die Bewertung von Call- und Put-Optionen am Finanzmarkt mittels risikoneutralen Wahrscheinlichkeiten.
- ▶ Ähnlichkeit von Finanzoptionen und realen Investitionsprojekten beruht auf den drei Eigenschaften: Flexibilität, Unsicherheit und Irreversibilität.
- ▶ Zwei vorherrschende Ansätze zur Bestimmung des Optionswertes:
 - ▶ Black-Scholes-Formel
 - ▶ Binominal Model

Einleitung

Ökonomische Bewertungsmethoden

▶ Ökologische Bewertungsmethoden, exemplarische LCAs

Ansatz zur Einbindung ökologischer Bewertungsmethoden

Fazit

Exemplarische LCA einer Montageanlage mit GABI



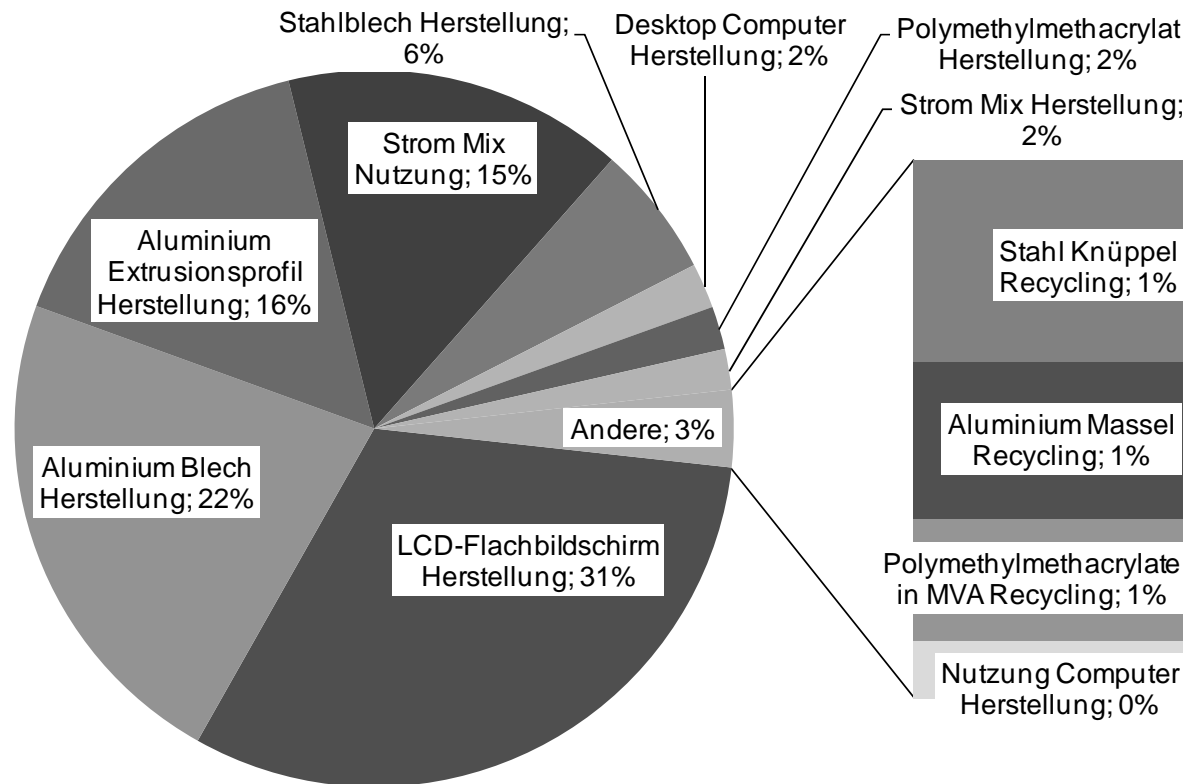
Taktzeit 4,5s
4 Jahr Nutzungsdauer
im 1-Schicht-Betrieb

<i>Material</i>	<i>Anteil</i>	<i>Komponenten</i>
Stahlblech	336,9 kg	Strukturkomponenten
Edelstahl	5,4 kg	Antriebskomponenten
Kupferdraht	8,7 kg	Antriebe, Kabel
Aluminiumprofile	170,7 kg	Gerüst, Schienen
Aluminiumdruckguss (GD-Zn)	9 kg	Winkelteile
Aluminiumblech	167,9 kg	Strukturkomponenten
Kunststoff	9,2 kg	Steuerung, Verkleidungen
LCD-Bildschirm	1 St.	Benutzerschnittstelle
Desktop Computer	1 St.	Steuerung
Gummi	0,474 kg	Dichtungen
Plexiglas	50,6 kg	Verkleidung/Sichtscheiben
Computernutzung	480 h	Konstruktion und Montage
Strom	576 MJ	Montage
<i>Gesamt</i>	<i>755 kg</i>	

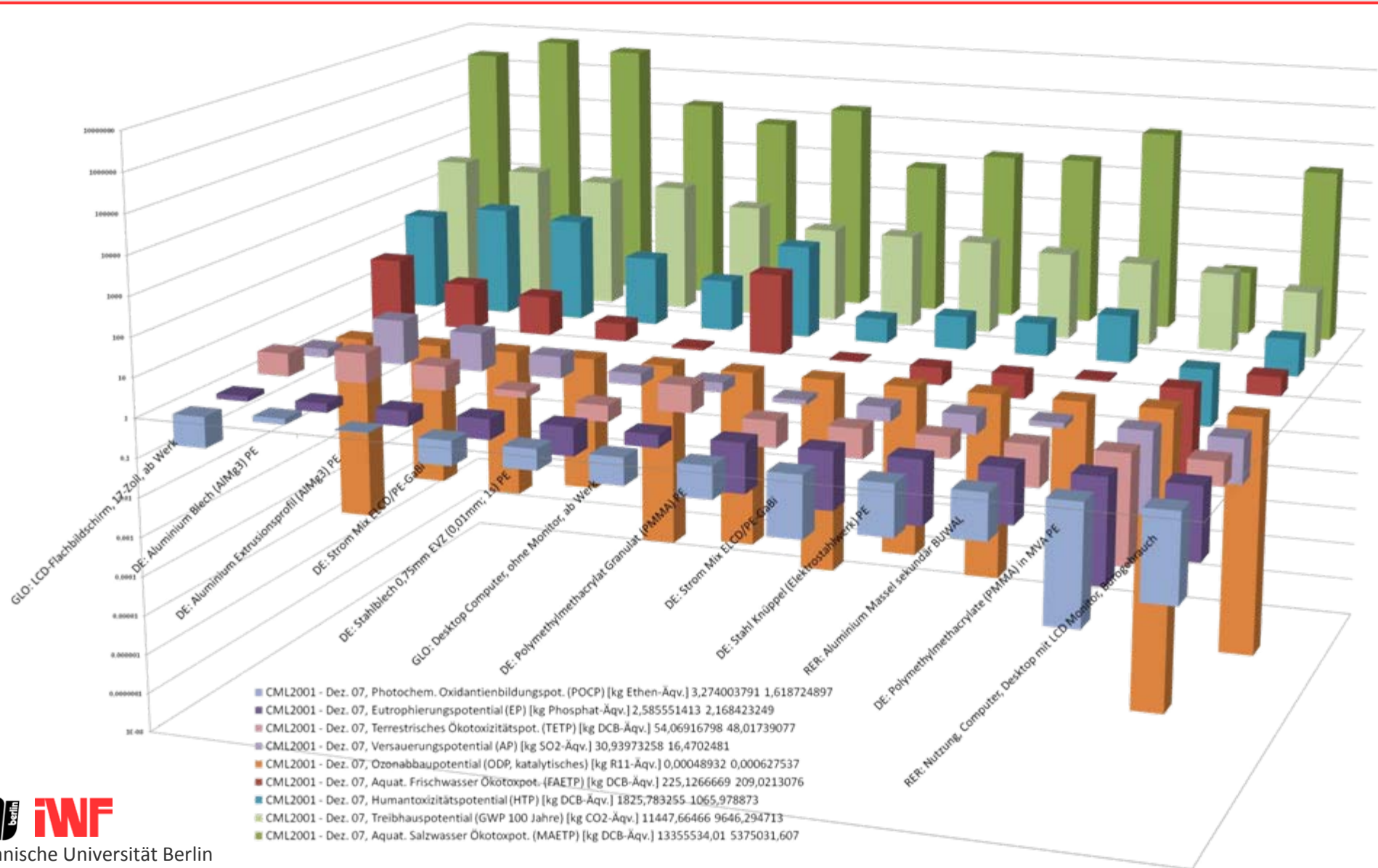
Ergebnisse LCA Montageanlage, Treibhauspotential

▶ LCD-Bildschirm und Aluminiumanteil sowie Stromverbrauch während der Nutzung sind entscheidend.

▶ Modellierung LCD-Bildschirm muss verifiziert werden.



Ergebnisse in CML 2001 (Dez. 2007) Wirkungskategorien



MIPS Analyse Knickarmroboter

<i>Material</i>	<i>Gewicht</i>	<i>Abiotisches Material</i>		<i>Wasser</i>		<i>Luft</i>	
	<i>kg</i>	<i>MI-Faktor</i>	<i>kg</i>	<i>MI-Faktor</i>	<i>kg</i>	<i>MI-Faktor</i>	<i>kg</i>
Stahl	828	7,63	6.318	56	46.368	0,41	343
Edelstahl	63	17,94	1.130	240,3	15.139	3,382	213
Kupfer	250	179	44.768	236,39	59.098	1,16	290
Aluminium	219	8,11	1.776	234,1	51.268	2,93	642
PVC	85	3,47	316	305,3	25.951	1703	232
Elektronik	20	436	8.720	5.971	119.420	264	5,28
<i>Summe:</i>	<i>1465</i>		<i>63.028</i>		<i>313.061</i>		<i>1.725</i>
Strom	60 MWh	1,55	277.939	66,7	4.914.201	0,54	35.482

200kg Traglast
4 Jahr Nutzungsdauer
im 2-Schicht-Betrieb



- ▶ Fast alleinige Bedeutung des Stromverbrauchs für eine ökologische Bewertung.

Einleitung

Ökonomische Bewertungsmethoden

Ökologische Bewertungsmethoden, exemplarische LCAs

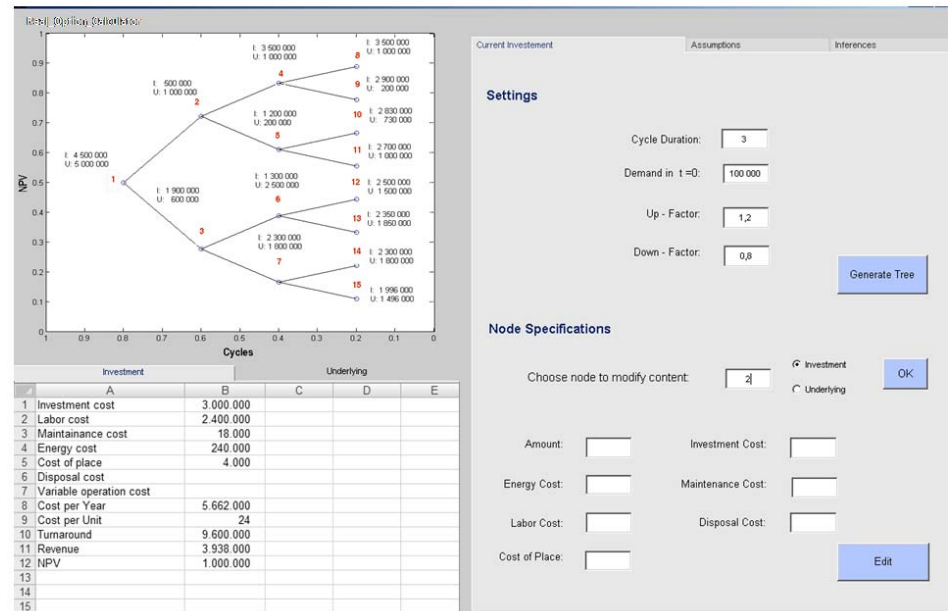
▶ Ansatz zur Einbindung ökologischer Bewertungsmethoden

Fazit

Ansatz zur Einbindung ökologischer Bewertungsmethoden in die Investitionsentscheidung

- ▶ Basis ökonomischer Entscheidungsbaum
- ▶ Knoten werden um ökologische und später ggf. soziale Kriterien erweitert.
- ▶ Abschätzung ökologischer Auswirkungen auf Basis
 - ▶ der Anlagenart
 - ▶ der Gewichtsanteil für ausg. Materialien,
 - ▶ des Energieverbrauchs und
 - ▶ ggf. der Hilfs- und Betriebsstoffe
- ▶ Einbindung der Bewertungsmethode in ein wissensbasiertes System mit automatisierten Schlüssen auf Basis bereits bewerteter oder eingesetzter Anlagen.

1. Entwicklung Entscheidungsbaum bspw. mit Szenario-Management.
2. Bestimmung Betriebszustand, LCC und ökologische Auswirkungen pro Knoten.
3. Berechnung des Entscheidungsbaums auf Basis des Realloptionenansatzes.
4. Sensitivitätsanalyse mit Monte-Carlo-Simulation.



Prototypische Realisierung mit Matlab

Gliederung

Einleitung

Ökonomische Bewertungsmethoden

Ökologische Bewertungsmethoden, exemplarische LCAs

Ansatz zur Einbindung ökologischer Bewertungsmethoden

▶ Fazit

Fazit

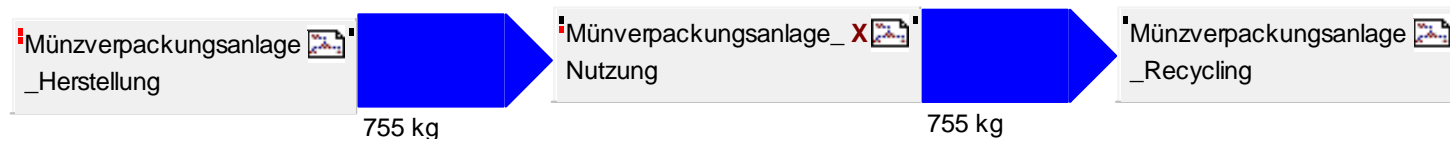
- ▶ Die exemplarischen Analysen der Montageanlage und des Knickarmroboters zeigen, dass die ökologischen Auswirkungen von weniger Einflussfaktoren stark bestimmt werden.
- ▶ Aufgrund des generell ähnlichen Aufbaus von Montageanlagen und Knickarmrobotern ist zu erwarten, dass jeweils eine vereinfachte ökologische Abschätzung im Rahmen der Investitionsentscheidung möglich ist.
- ▶ Die Vorhersage des Stromverbrauchs stellt einen wichtigen Forschungsbedarf dar.
- ▶ Ein Ansatz zur Einbindung ökologischer Bewertungsverfahren in die Investitionsentscheidung wurde vorgestellt und wird derzeit in Kooperation mit Industriepartnern prototypisch erprobt.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Timo Fleschutz
fleschutz@mf.tu-berlin.de
www.mf.tu-berlin.de

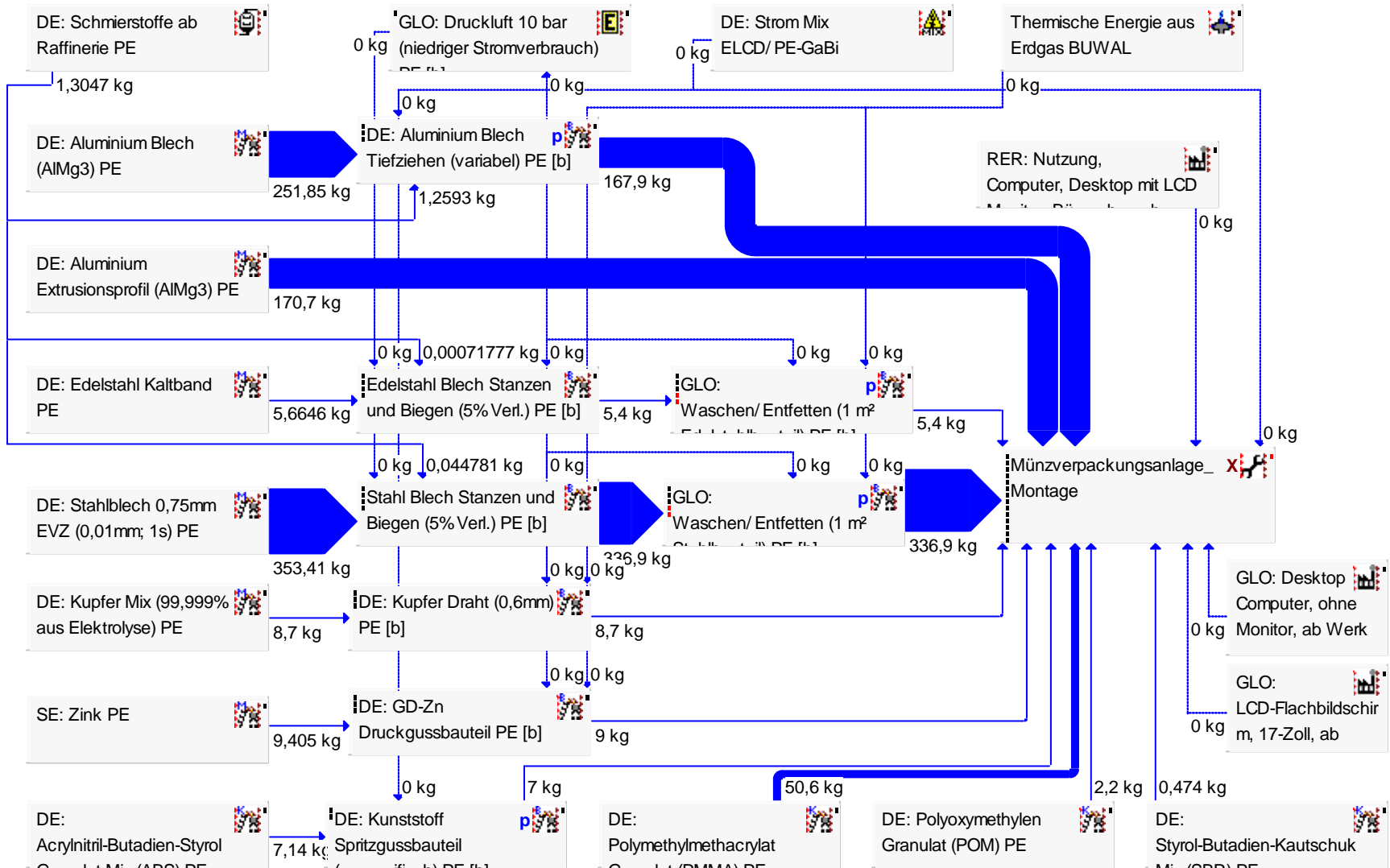
Modellierung mit GaBi 4.3

Lebenszyklus



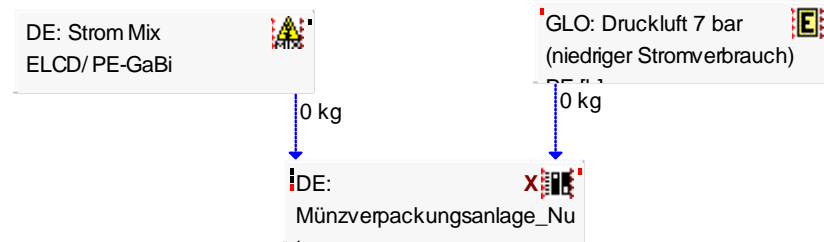
Modellierung mit GaBi 4.3

Herstellung



Modellierung mit GaBi 4.3

Nutzung



Modellierung mit GaBi 4.3

Recycling

