

Erste Schritte mit openLCA und ecoinvent

EcoDesign - Übung

Fachbereich 2 Informatik und Ingenieurwissenschaften

Gliederung

- Einführung
- ecoinvent in openLCA
 - Flüsse
 - Prozesse
- Erstellen einer Ökobilanz mit openLCA
- Quellen

Einführung



Produktlebenslauf

- Werkstoffherstellung
- Produktion
- Nutzung
- Entsorgung/Recycling

Transporte



Einführung



[1]

Werkstoffherstellung

- Polymere (Gehäuse, Tasten, Leiterplatten)
- Edelmetalle (Chips, Elektronikbauteile)
- Glas (Display)
- ...

Einführung



[1]

Produktion

- Fertigungs- und Montageprozesse
 - Energie
 - Hilfsstoffe (Kühlschmierstoffe)
 - ...

Einführung



[1]

Nutzung (aktives Produkt)

- Energie
- Hilfs- und Betriebsstoffe (Papier, Tintenpatronen)
- ...

Einführung



[1]

Entsorgung/Recycling

- Demontage
- Energie (Zerkleinerungsmaschinen)
- Emissionen (Treibhausgase)
- Abfälle
- Wiederverwertung von Materialien
- ...

Einführung



Produktlebenszyklus

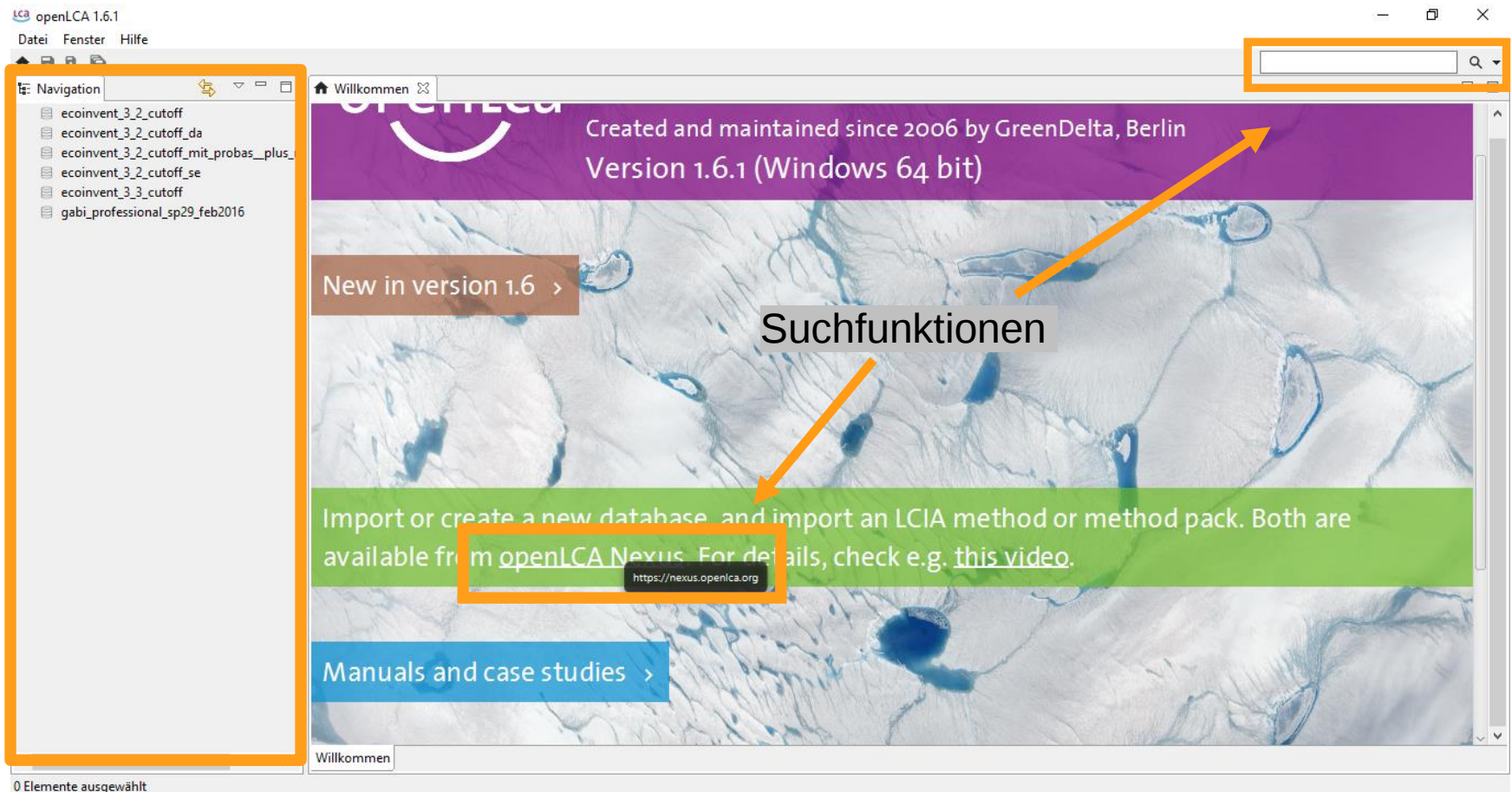


**Abbildung durch Ökobilanzsoftware
*openLCA***

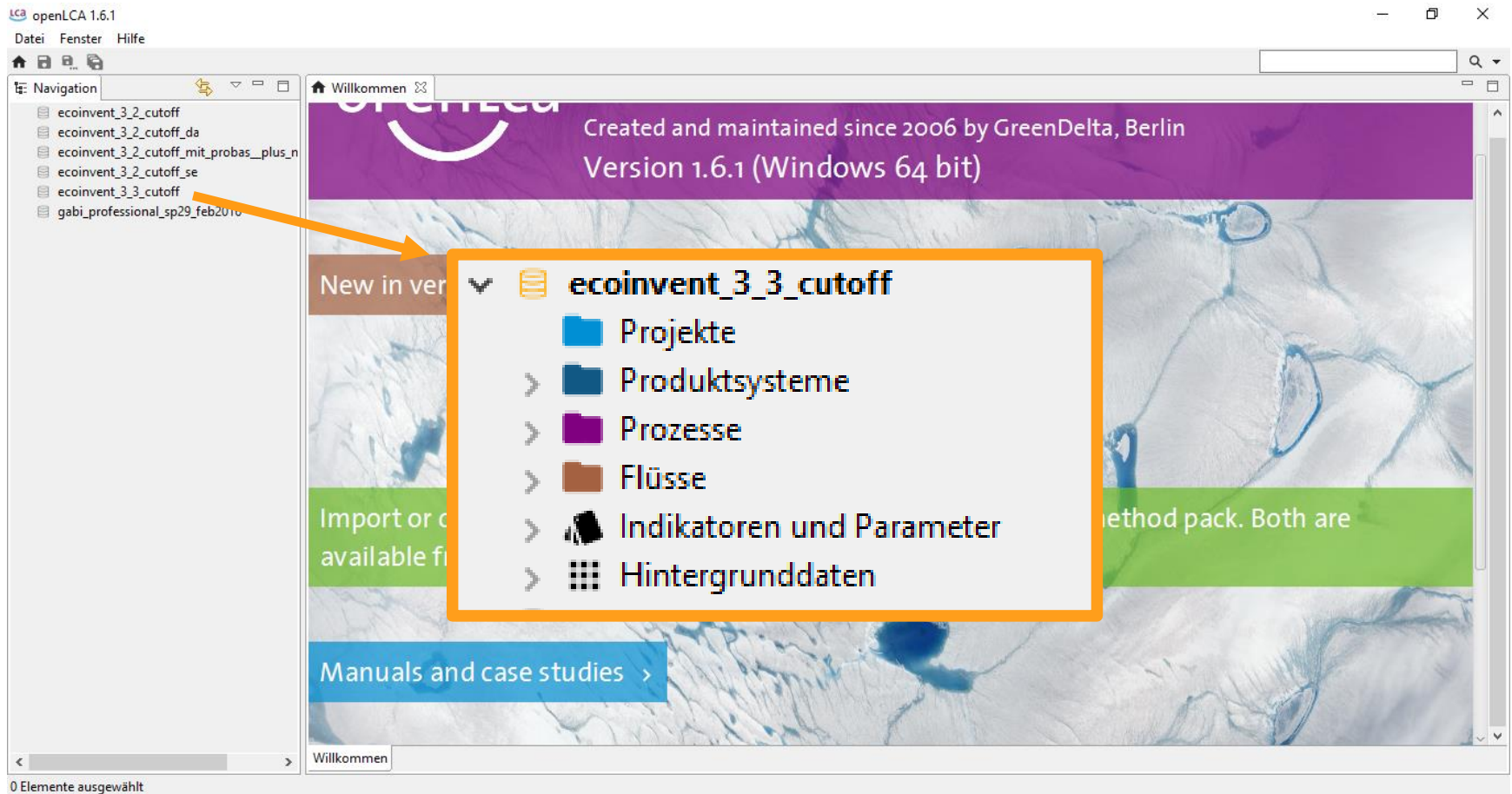
[1]

Ziel:
Ermittlung von ökologischen
Schwachstellen
-> Verbesserungen/Gegenmaßnahmen

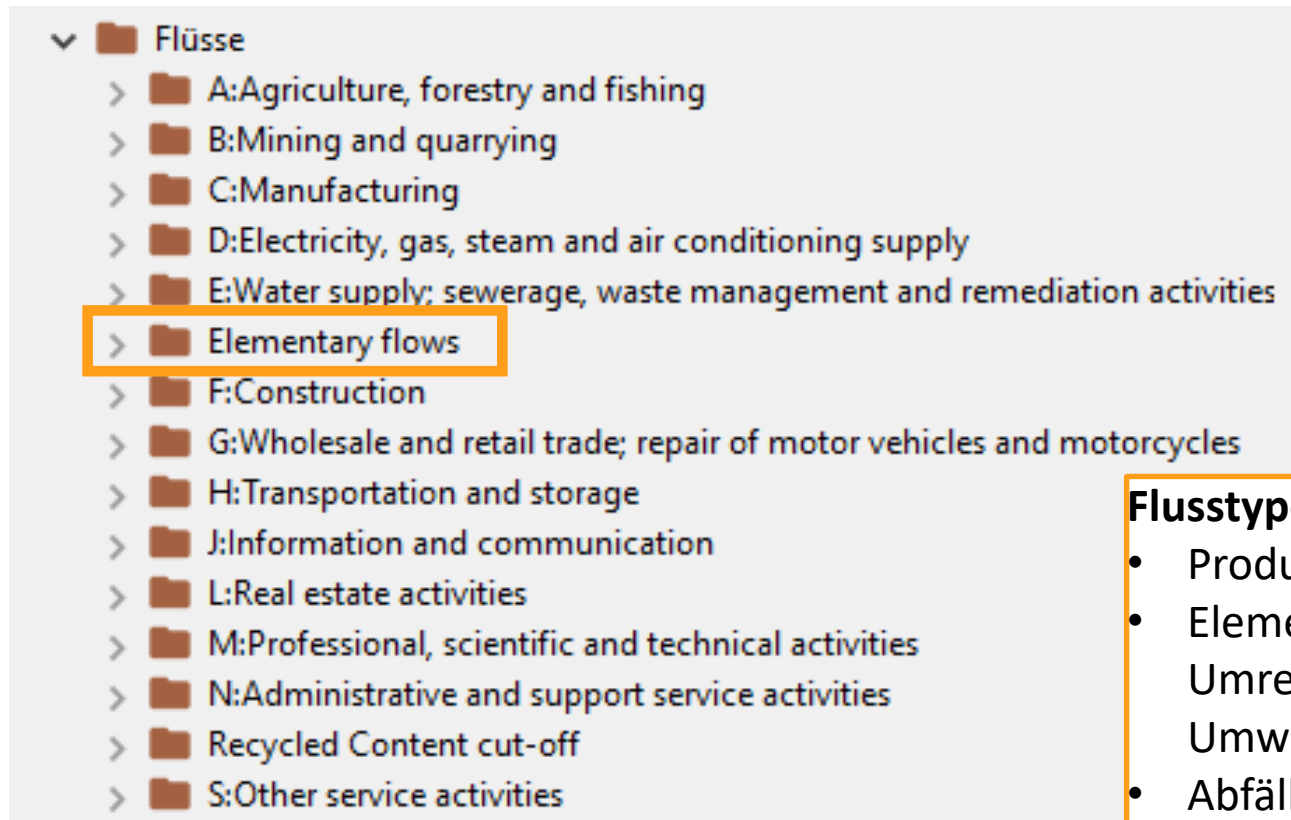
ecoinvent in openLCA



ecoinvent in openLCA



ecoinvent in openLCA - Flüsse



Flusstypen

- Produktfluss
- Elementarfluss:
Umrechnung in
Umweltauswirkungen
- Abfälle

Achtung: Abfälle werden nicht mitbilanziert, wenn beim erstellen des Produktsystems „only link def. Providers“ angewählt wird.

ecoinvent in openLCA - Flüsse

- ▼ Flüsse
 - > A:Agriculture, forestry and fishing
 - > B:Mining and quarrying
 - > C:Manufacturing
 - > D:Electricity, gas, steam and air conditioning supply
 - > E:Water supply; sewerage, waste management and remediation activities
 - ▼ Elementary flows
 - > Emission to air
 - > Emission to soil
 - > Emission to water
 - > Resource
 - > F:Construction
 - > G:Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles and motorcycles
 - > H:Transportation and storage
 - > J:Information and communication
 - > L:Real estate activities
 - > M:Professional, scientific and technical activities
 - > N:Administrative and support service activities
 - > Recycled Content cut-off
 - > S:Other service activities

ecoinvent in openLCA - Flüsse

Elementarflüsse sind

- Flüsse, die dem untersuchten Produktsystem oder Einheitsprozess zugeführt werden und der Umwelt ohne vorherige Behandlung durch den Menschen entnommen wurde.
 - Ressourcen, z.B. Flusswasser, Rohöl, Sand
- Flüsse, die das zu untersuchende Produktsystem oder Einheitsprozess verlassen und ohne anschließende Behandlung durch den Menschen an die Umwelt abgegeben werden.
 - Emissionen in Luft, z.B. CO₂, Feinstaub, Aerosole
 - Emissionen in Boden
 - Emissionen in Wasser

ecoinvent in openLCA - Prozesse

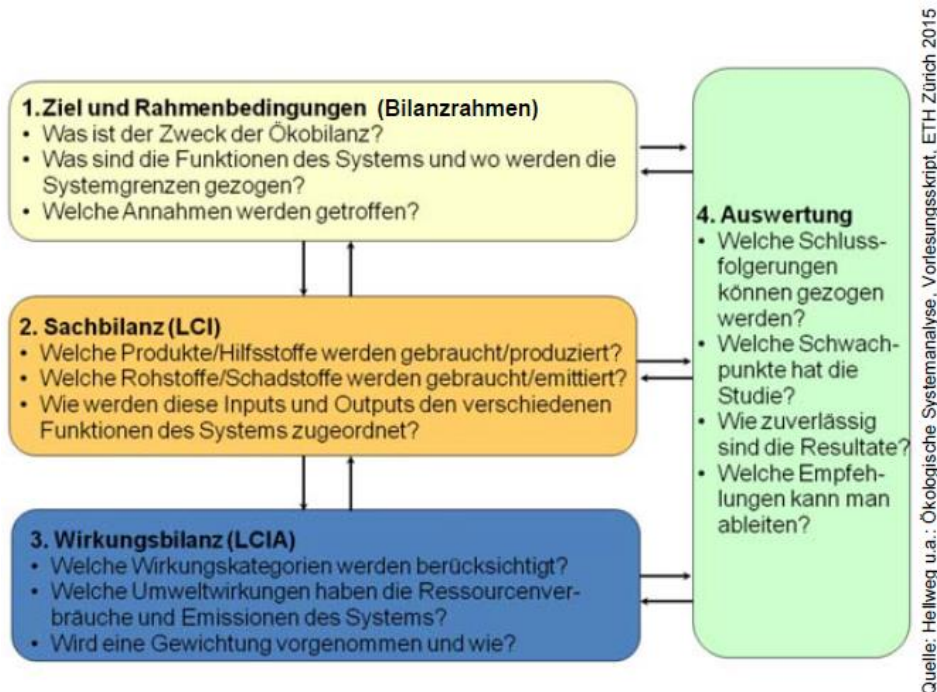
- ▼  Prozesse
 - >  A:Agriculture, forestry and fishing
 - >  B:Mining and quarrying
 - >  C:Manufacturing
 - >  D:Electricity, gas, steam and air conditioning supply
 - >  E:Water supply; sewerage, waste management and remediation activities
 - >  F:Construction
 - >  G:Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles and motorcycles
 - >  H:Transportation and storage
 - >  J:Information and communication
 - >  L:Real estate activities
 - >  M:Professional, scientific and technical activities
 - >  N:Administrative and support service activities
 - >  Recycled Content cut-off
 - >  S:Other service activities

ecoinvent in openLCA - Prozesse

- ▼ Prozesse
 - > A: Agriculture, forestry and fishing
 - > B: Mining and quarrying
 - ▼ C: Manufacturing
 - > 10: Manufacture of food products
 - > 13: Manufacture of textiles
 - > 16: Manufacture of wood and of products of wood and cork, except furniture; manufacture of articles of straw and plaiting materials
 - > 17: Manufacture of paper and paper products
 - > 18: Printing and reproduction of recorded media
 - > 19: Manufacture of coke and refined petroleum products
 - > 20: Manufacture of chemicals and chemical products
 - > 22: Manufacture of rubber and plastics products
 - > 23: Manufacture of other non-metallic mineral products
 - > 24: Manufacture of basic metals
 - > 25: Manufacture of fabricated metal products, except machinery and equipment
 - > 26: Manufacture of computer, electronic and optical products
 - > 27: Manufacture of electrical equipment
 - > 28: Manufacture of machinery and equipment n.e.c.
 - > 29: Manufacture of motor vehicles, trailers and semi-trailers
 - > 30: Manufacture of other transport equipment
 - > 33: Repair and installation of machinery and equipment
 - > D: Electricity, gas, steam and air conditioning supply
 - > E: Water supply; sewerage, waste management and remediation activities

Erstellen einer Ökobilanz mit openLCA

- Vollständige Modellierung einer Ökobilanz:

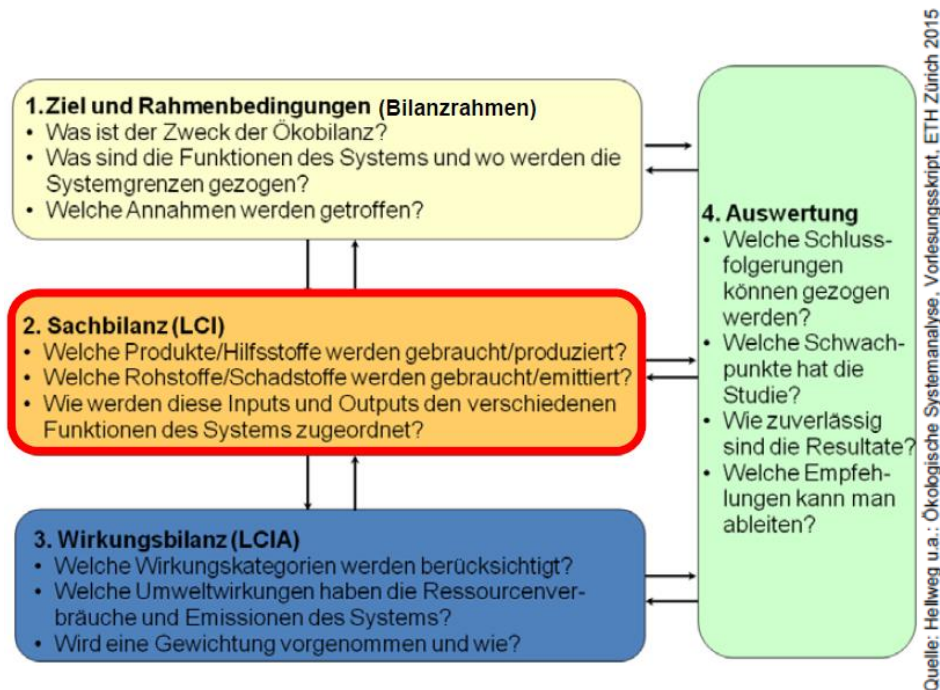


- Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmen
- Sachbilanz
- Wirkungsbilanz
- Auswertung

[2]

Erstellen einer Ökobilanz mit openLCA

- Erstellen einer Sachbilanz



- Modellieren von Einheitsprozessen
- Zuweisen der In- und Outputs der Prozesse
- Festlegen der benötigten, bzw. abgegebenen Mengen bezogen auf die Referenzflussmenge

[2]

Erstellen einer Ökobilanz mit openLCA

- Erstellen einer Sachbilanz
z.B.: Prozess: Skript ausdrucken

Input		Output	
xx Seiten	Papier	xx Seiten	bedrucktes Papier
xx ml	Tinte	xx mg	Feinstaub
xx kWh	elektr. Energie		
...			

- Modellieren von Einheitsprozessen
- Zuweisen der In- und Outputs der Prozesse
- Festlegen der benötigten, bzw. abgegebenen Mengen bezogen auf die Referenzflussmenge

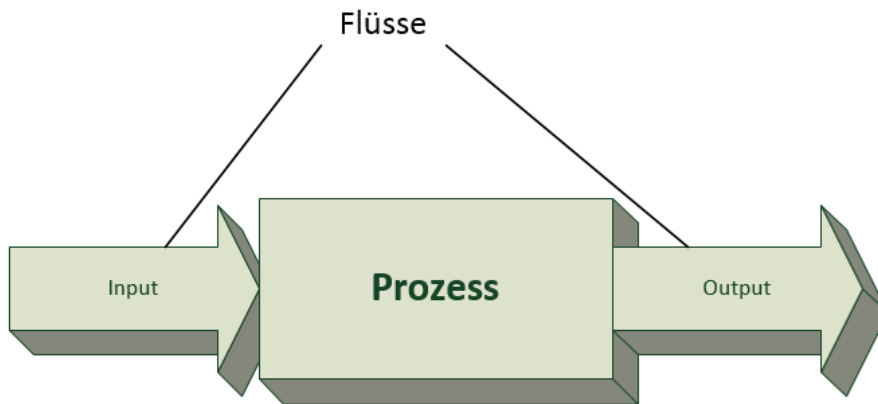
Erstellen einer Ökobilanz mit openLCA

- Erstellen einer Sachbilanz
z.B.: Prozess: Skript ausdrucken
- Verknüpfen mit geeigneten vor- bzw. nachgelagerten Prozessen

Input		Output	
xx Seiten	Papier	xx Seiten	bedrucktes Papier
xx ml	Tinte	xx mg	Feinstaub
xx kWh	elektr. Energie		
...			

Input		Output	
xx kg	Holz	xx Seiten	Papier
xx l	Wasser	xx mg	Emissionen
xx kWh	elektr. Energie		
xx MJ	Wärme		
xx kg	Kalk		
xx kg	Stärke		
...			

Erstellen einer Ökobilanz mit openLCA



- Modellieren der Prozesse in openLCA
- Flüsse als In- und Outputs
- Referenzfluss bestimmt die Menge der In- und Outputs

Ggf. auf vorgefertigte Produktflüsse in den Datenbanken zurückgreifen:
hier: *printed Paper | operation, printer, laser, colour, per kg printed paper*

Erstellen einer Ökobilanz mit openLCA

Der Prozess definiert durch In- und Outputs

Willkommen | Search result view | Search result view | P operation, printer, laser, colour, per kg printed paper | printed paper ...

Prozess: operation, printer, laser, colour, per kg printed paper | printed paper | cut-off, U

Inputs

Fluss	Kategorie	Menge	Einheit	Kosten	Unsicherheit	Lieferprozess	Datenqualit...	Besc...
used toner module, laser prin...	281:Manufacture of ge...	-0.03520	kg		lognormal: ...	P used to...	(4;4;4;5;1)	Mea...
paper, woodcontaining, light...	170:Manufacture of pa...	1.00000	kg	0.57200 EUR	none	P market f...		
electricity, low voltage	351:Electric power gen...	0.25000	kWh	0.02898 EUR	lognormal: ...	P market f...	(2;3;5;5;1)	
toner module, laser printer, c...	281:Manufacture of ge...	0.04000	Item(s)	4.84000 EUR	lognormal: ...	P market f...	(2;3;4;1;1)	Calc...
printer, laser, colour	262:Manufacture of co...	0.00021	Item(s)	0.00971 EUR	lognormal: ...	P market f...	(3;3;4;5;1)	Eco...

Outputs

Fluss	Kategorie	Menge	Einheit	Kosten	Unsicherheit	Lieferprozess	Datenqualit...	Besc...
printed paper	821:Office administrati...	1.00000	kg	5.43000 EUR	none			
Benzene	Emission to air/unsp...	1.84020E-7	kg		lognormal: ...		(2;3;4;3;1)	

Allgemeine Informationen | Inputs/Outputs | Administrative Informationen

Printed paper ist hier der Referenzfluss.
Referenzflüsse müssen im Output stehen, auch wenn es sich physikalisch um einen Input handelt (z.B. in Entsorgungsprozessen)

Erstellen einer Ökobilanz mit openLCA

- Die Verknüpfung mit den Vorprozessen durch Erstellen eines Produktsystems

Vorprozesse

market group for electric...

market for paper, woodc...

Inputs	Outputs
paper, wood...	paper, wood...
transport, fre...	
transport, fre...	
transport, fre...	

market for printer, laser, ...

Inputs	Outputs
printer, laser,...	printer, laser,...
transport, fre...	
transport, fre...	
transport, fre...	

market for toner module,...

Inputs	Outputs
toner modul...	toner modul...
toner modul...	
toner modul...	
transport, fre...	
transport, fre...	
transport, fre...	
transport, fre...	

used toner module, laser ...

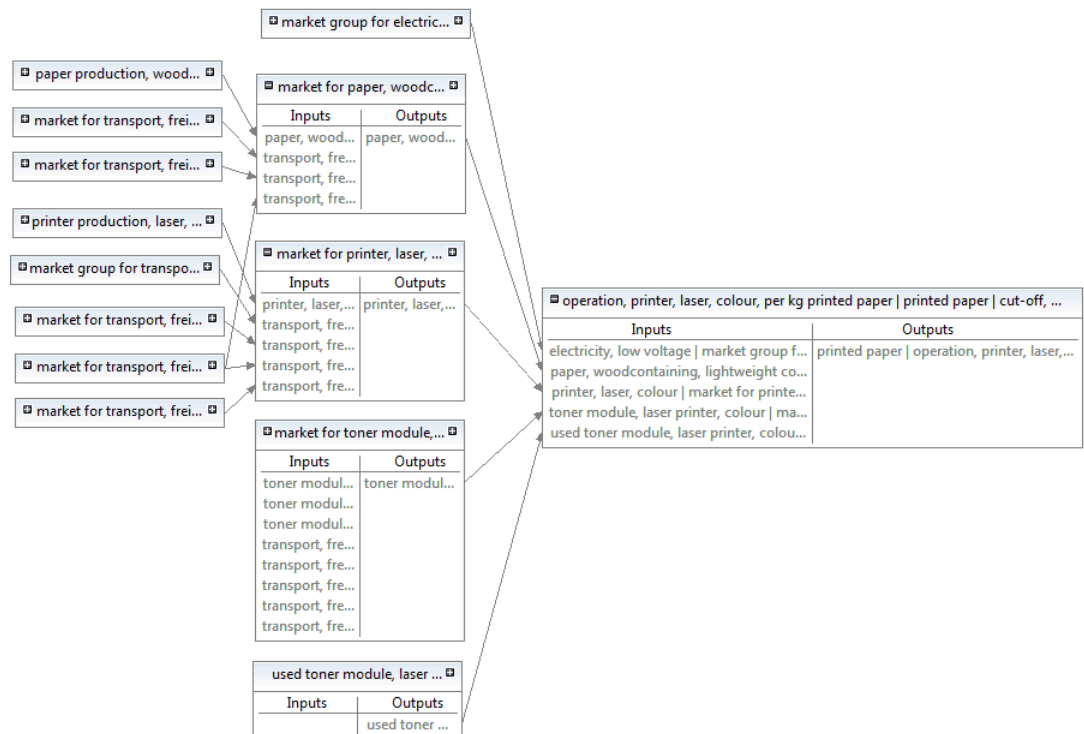
Inputs	Outputs
	used toner ...

Referenzprozess

operation, printer, laser, colour, per kg printed paper printed paper cut-off, U [Europe without Switzerland]	
Inputs	Outputs
electricity, low voltage market group for electricity, low volta...	printed paper operation, printer, laser, colour, per kg printed ...
paper, woodcontaining, lightweight coated market for paper, ...	
printer, laser, colour market for printer, laser, colour - GLO	
toner module, laser printer, colour market for toner module, l...	
used toner module, laser printer, colour used toner module, l...	

Erstellen einer Ökobilanz mit openLCA

- Automatische Berücksichtigung der vorgelagerten Prozesse (kann auch deaktiviert werden)
- Theoretisch Einblendung aller Vorprozesse möglich (meist mehr als 1000 Prozesse)



Erstellen einer Ökobilanz mit openLCA

Berechnung der Sachbilanz eines Produktsystems mit openLCA

- Auflistung aller Elementarflüsse (und nicht verbundenen Produktflüsse) der In- und Outputs, die durch diese und vorgelagerte Prozesse entstehen
- Inputs stellen die verbrauchten Ressourcen dar
- Outputs sind die Emissionen in Luft, Wasser und Boden

Erstellen einer Ökobilanz mit openLCA

Abbildung der Sachbilanz - Input

Willkommen | market for paper, woodcontaining, lightweight coated | p... | operation, printer, laser, colour, per kg printed paper | prin... | Analysenergebnis von operation, printer, laser, colour, per ...

Sachbilanzergebnisse

▼ Inputs

Fluss	Kategorie	Unterkategorie	Einheit	Menge
Clay, bentonite, in ground	resource	in ground	kg	0.00095
Transformation, to permanent crop, fruit, intensive	resource	land	m2	1.23202E-6
Tantalum, 81.9% in tantalite, 1.6E-4% in crude ore, in ground	resource	in ground	kg	6.16737E-8
Gold, Au 4.3E-4%, in ore, in ground	resource	in ground	kg	5.29333E-10
Occupation, tropical rain forest	resource	land	m2*a	0.02062
Transformation, from unknown	resource	land	m2	0.00020
Occupation, traffic area, road embankment	resource	land	m2*a	0.02595
Calcium carbonate, in ground	resource	in ground	kg	0.03946
Gold, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore, in ground	resource	in ground	kg	1.93499E-9
Silver, Ag 9.7E-4%, Au 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore, in ground	resource	in ground	kg	9.78596E-8
Bromine, 0.0023% in water	resource	in water	kg	1.98444E-6
Silver, Ag 2.1E-4%, Au 2.1E-4%, in ore, in ground	resource	in ground	kg	2.00951E-10
Ulexite, in ground	resource	in ground	kg	6.75289E-7
Cobalt, in ground	resource	in ground	kg	1.06057E-8
Cadmium, 0.30% in sulfide, Cd 0.18%, Pb, Zn, Ag, In, in ground	resource	in ground	kg	1.13437E-5
Uranium, in ground	resource	in ground	kg	1.67836E-5
Transformation, to mineral extraction site	resource	land	m2	0.00019
Transformation, from pasture and meadow	resource	land	m2	3.65529E-5
Transformation, to dump site, inert material landfill	resource	land	m2	6.35279E-6
Water, salt, ocean	resource	in water	m3	0.00030
Diatomite, in ground	resource	in ground	kg	1.36516E-10
Carnallite	resource	in water	kg	7.23896E-5

III

Allgemeine Informationen | Sachbilanzergebnisse | Ergebnisse Wirkungsabschätzung | Prozessbeiträge | Prozessergebnisse | Flussbeiträge | Beitragsbaum | Gruppierung | Orte | Sankey-Diagramm

Erstellen einer Ökobilanz mit openLCA

Abbildung der Sachbilanz - Output

Willkommen | market for paper, woodcontaining, lightweight coated | p... | operation, printer, laser, colour, per kg printed paper | prin... | Analysenergebnis von operation, printer, laser, colour, per ...

▼ Outputs

Fluss	Kategorie	Unterkategorie	Einheit	Menge
Cyanoacetic acid	air	high population density	kg	6.45544E-12
Particulates, > 2.5 um, and < 10um	air	high population density	kg	0.00012
Diuron	soil	agricultural	kg	2.08273E-10
Fenbuconazole	soil	agricultural	kg	7.78406E-14
Thorium-228	water	ocean	kBq	5.23134E-5
Antimony	water	ground water	kg	1.51862E-7
Chloride	water	surface water	kg	0.00537
Benzo(a)pyrene	air	unspecified	kg	4.89371E-9
Carbaryl	soil	agricultural	kg	9.21653E-12
Benzaldehyde	air	low population density	kg	1.73820E-7
Thifensulfuron	air	low population density	kg	1.09312E-12
Selenium	air	low population density, long-term	kg	4.10053E-9
Deltamethrin	soil	agricultural	kg	3.51655E-11
Nitrate	air	unspecified	kg	9.01446E-8
Benzene	air	low population density	kg	1.26601E-5
Barium	air	low population density, long-term	kg	4.75035E-8
Furan	air	unspecified	kg	5.59209E-16
Silver, ion	water	ground water, long-term	kg	8.08701E-8
Mercury	air	low population density	kg	4.54484E-8
Sulfate	water	ocean	kg	0.00011
Chlorides, unspecified	water	unspecified	kg	7.83550E-5
Benzene	air	unspecified	kg	2.12146E-6

III

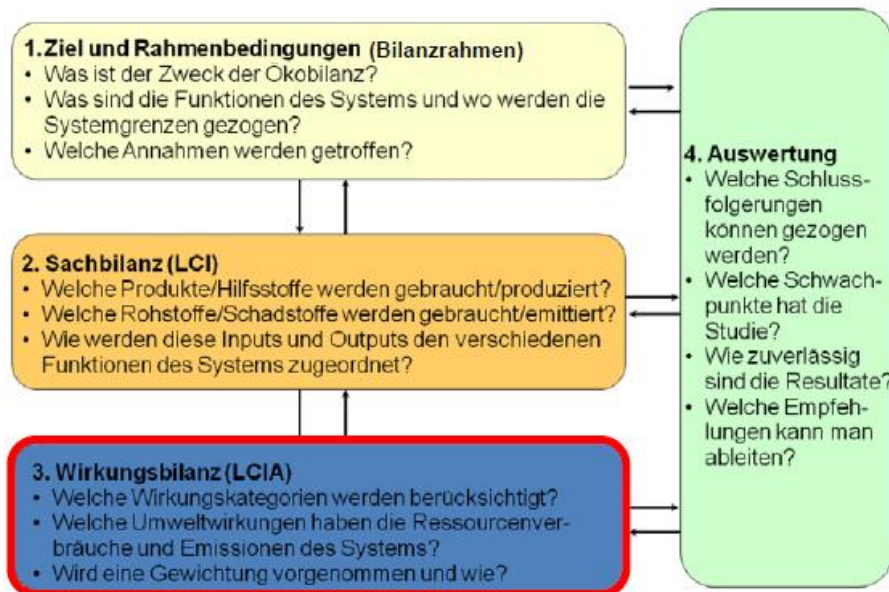
Allgemeine Informationen | Sachbilanzergebnisse | Ergebnisse Wirkungsabschätzung | Prozessbeiträge | Prozessergebnisse | Flussbeiträge | Beitragsbaum | Gruppierung | Orte | Sankey-Diagramm

Erstellen einer Ökobilanz mit openLCA

Wirkungsabschätzungsmethoden:

- CML
- Cumulative Energy Demand
- Eco-Indicator 99 (E,H,I)
- Ecological Scarcity Method 2006
- ILCD 2011 (end-, midpoint)
- **ReCiPe (End-, Midpoint (E,H,I))**
- TRACI 2.1
- USEtox

Quelle: Hellweg u.a.: Ökologische Systemanalyse, Vorlesungsskript, ETH Zürich 2015



[4]

Erstellen einer Ökobilanz mit openLCA

Willkommen | market for paper, woodcontaining, lig... | operation, printer, laser, colour, per k... | Analysenergebnis von operation, print...

Ergebnisse Wirkungsabschätzung

▼ Ergebnisse Wirkungsabschätzung

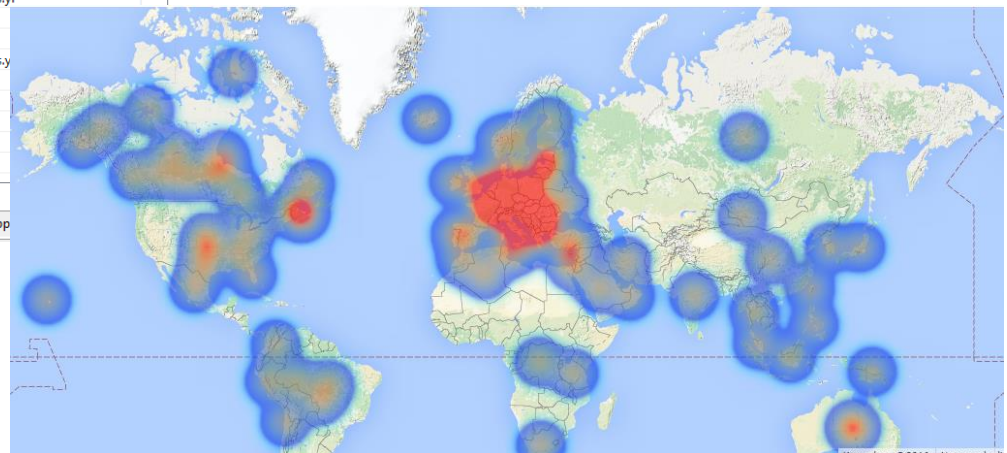
Wirkungskategorie	Ergebnis	Referenzeinheit
Ecosystems-total	7.18615E-8	species.yr
Human Health - Climate Change	3.36383E-6	DALY
Human Health - Photochemical oxidant formation	2.75321E-10	DALY
Resources - Fossil depletion	0.11778	\$
Ecosystems - Terrestrial acidification	6.59283E-11	species.yr
Human Health - Human toxicity	7.66521E-7	DALY
Ecosystems - Freshwater ecotoxicity	3.71080E-11	species.yr
Resources-total	0.12420	\$
Human Health - Ozone depletion	5.36643E-10	DALY
Human Health-total	5.49649E-6	DALY
Ecosystems - Natural land transformation	1.24182E-8	species.yr
Ecosystems - Marine ecotoxicity	7.03921E-12	species.yr
Ecosystems - Climate Change	1.90517E-8	species.yr
Ecosystems - Freshwater eutrophication	5.94955E-11	species.yr
Resources - Metal depletion	0.00642	\$
Ecosystems - Agricultural land occupation	3.93128E-8	species.yr
Ecosystems - Urban land occupation	8.78667E-10	species.yr
Human Health - Particulate matter formation	1.35648E-6	DALY
Human Health - Ionising radiation	9.07553E-9	DALY
Ecosystems - Terrestrial ecotoxicity	3.05081E-11	species.yr

Allgemeine Informati... | Sachbilanzergebnisse | Ergebnisse Wirkungsabschätzung | Prozessbeiträge | Prozessergebnisse | Flussbeiträge | Beitragsbaum | Grupp...

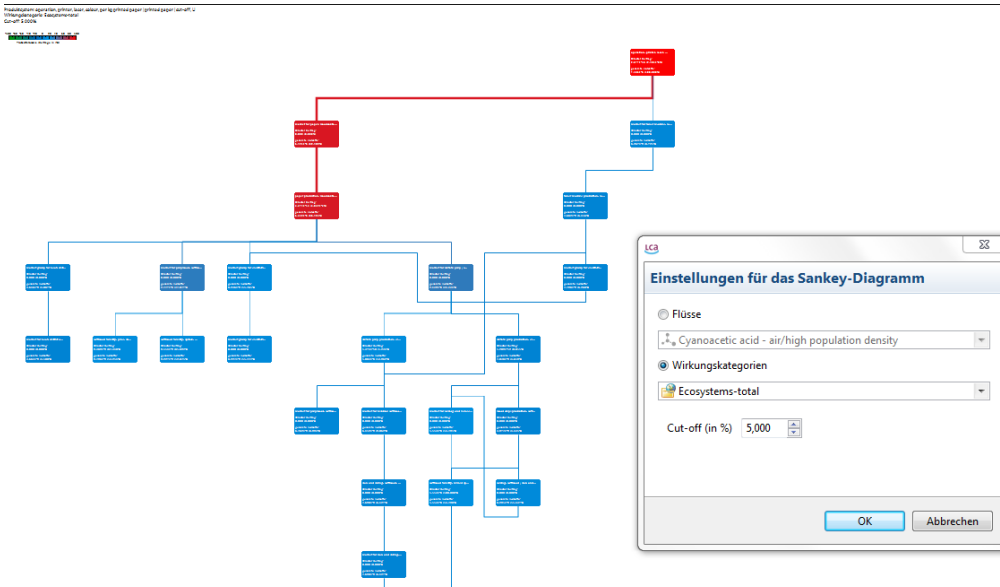
Ergebnisse der Wirkungsbilanz

- Abhängig von der Methode
- Prozessbeiträge
- Flussbeiträge
- Orte (z.B. Human health)

Beispielhaft 1 kg bedrucktes Papier
Wirkungsabschätzung ReCiPe



Erstellen einer Ökobilanz mit openLCA



Ergebnisse der Wirkungsbilanz

- Abhängig von der Methode
- Prozessbeiträge
- Flussbeiträge
- Orte (z.B. Human health)
- Sankey Diagramm

Erstellen einer Ökobilanz mit openLCA

Projekte

Vergleichen

- von unterschiedlichen Produktsystemen
- unterschiedlicher Varianten eines Produktsystems (mit unterschiedlichen Parametern)

bezüglich deren Umweltauswirkungen.

Erstellen einer Ökobilanz mit openLCA

Projekte

Single Indicator Results

The following chart shows the single results of each project variant for the selected indicator. You can change the selection and the chart is dynamically updated.



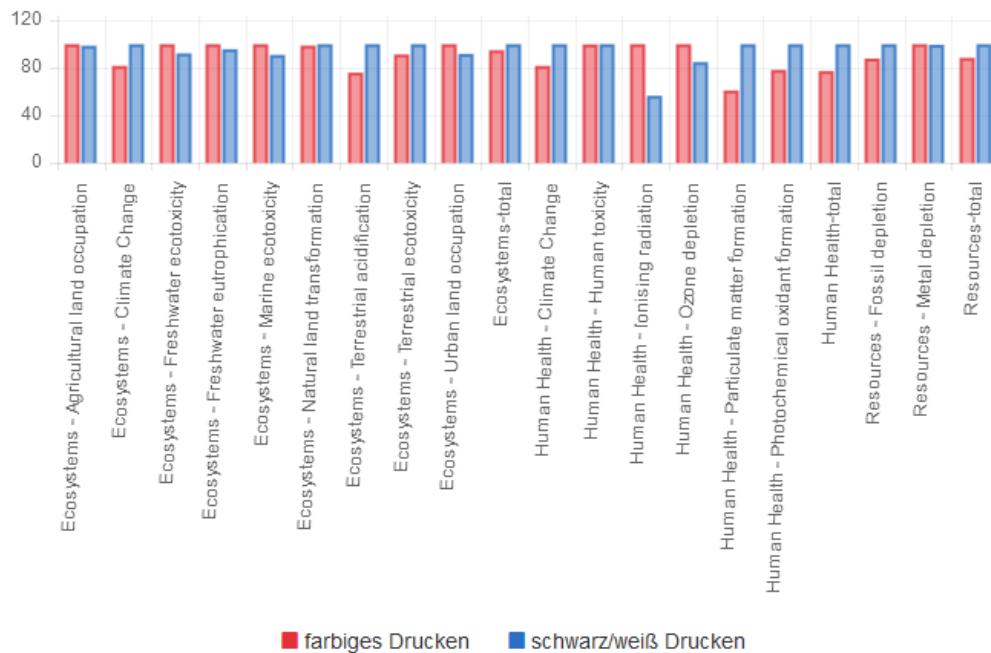
Beispiel: Vergleichen
der Auswirkungen auf
die Menschliche
Gesundheit beim
farbigen, bzw.
schwarz/weiß drucken

Erstellen einer Ökobilanz mit openLCA

Projekte

Relative Results

The following chart shows the relative indicator results of the respective project variants. For each indicator, the maximum result is set to 100% and the results of the other variants are displayed in relation to this result.



Quellen

- [1] <http://www.fotointern.ch/wp-uploads/2012/02/MG4150-750.jpg>
- [2] Schiefer, Ekkehard: Script EcoDesign 2016, Fra-UAS

