

Martin Henßler, Ludger Eltrop, Liselotte Schebek, Clemens Döpmeier, Andreas Ciroth

## **Beschreibung der wesentlichen Modellierungsschritte von Bioenergie Prozessketten im Projekt BioEnergieDat**

Dieses Dokument liefert einen kurzen Überblick zu prinzipiellen Vorgehensweisen der Modellierung von Datensätzen für Bioenergie im Projekt BioEnergieDat.

Die Modellierung beruht auf den methodischen Vorgehensweisen einer Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Assessment/LCA, Ökobilanz) nach [DIN EN ISO 14040/14040].

Eine LCA betrachtet hierbei den Lebensweg eines Produktes. Dieser beinhaltet neben der Gewinnung der Rohstoffe, die Herstellung, die Nutzung sowie die Verwertung und Beseitigung des Produktes. Mittels dieser ganzheitlichen Betrachtung können u.a. Angaben zur Inanspruchnahme von Ressourcen, CO<sub>2</sub>-Bilanzen, etc. erstellt werden [DIN EN ISO 14040]. Als Produkte werden im Projekt BioEnergieDat die Endenergien bzw. Endenergieträger Strom, Wärme und Kraftstoffe auf Basis von Biomasse modelliert. Die Modellierung erfasst vollständige Prozessketten vom landwirtschaftlichen Anbau bis zur Endenergie und alle relevanten Nebenprozesse.

Die Datenbereitstellung basiert auf den folgenden grundlegenden Prinzipien:

- Definition des Untersuchungsrahmens für die vollständige Prozesskette
- Identifizierung aller relevanten Prozesse innerhalb des Untersuchungsrahmens
- Ermittlung der Inputs und Outputs jedes einzelnen Prozesses (Modul, Unit Process) und Ablage aller Prozessmodule in der Datenbank
- Modellierung der vollständigen Prozesskette aus den Einzelmodulen unter Nutzung der Software openLCA
- 

Im Folgenden werden die Vorgehensweisen für die o.g. Schritte dargestellt:

### **1. Festlegung des Untersuchungsrahmens**

Unter diesem Punkt wurden die Grenzen der betrachtenden Prozessketten definiert. Diese umfassen grundsätzlich alle Schritte von Anbau bzw. Ernte oder Sammlung von Biomasse bis zur Endenergie. Alle Aufwendungen für land- oder fortwirtschaftliche Prozesse werden mit erfasst.

Sofern es sich bei der Ausgangsbiomasse um Abfall handelt, werden diese Aufwendungen nicht mit berücksichtigt. Am Beispiel von Biogas soll im Folgenden dieses Vorgehen im Umgang mit Abfallbiomasse beispielhaft beschrieben werden:

Die Emissionen, die während der Rinder-, Schweinegülleproduktion (Tierhaltung) entstehen, wurden bei der Biogas-Produktion nicht berücksichtigt. Alle Aufwendungen in Form von elektrischer Energie, Tierfutterproduktion, etc. werden den Hauptprodukten der Fleisch- bzw. Milchproduktion zugeschrieben. Somit fließt die Rinder-, Schweinegülle als Inputfluss ohne Vorkette (Prozess) in den Prozess Biogasanlage.

## 2. Schritt: Strukturierung von Prozessketten und Identifizierung aller relevanten Prozesse innerhalb des Untersuchungsrahmens

Die Identifikation der einzelnen Prozesse (Unit Module) erfolgt auf Basis einer Strukturierung der Prozessketten in mehreren Schritten wie in Abbildung 1 gezeigt. Nachdem die zu betrachtende Prozesskette identifiziert wurde (Ebene 1), wurden sogenannte Prozesskettenabschnitte definiert (Ebene 2). Diese dienen dem besseren Überblick über die Prozessketten und wurden später für die hierarchische Ablage von Prozessen in der Datenbank verwendet. Folgend dem „Unit Modul“ Prinzip (kleinstmögliche und sinnvolle Einheit eines Prozesses) wurden dann in Ebene drei und vier die für eine ganzheitliche Bilanzierung notwendigen Prozesse (Unit Module) ermittelt.

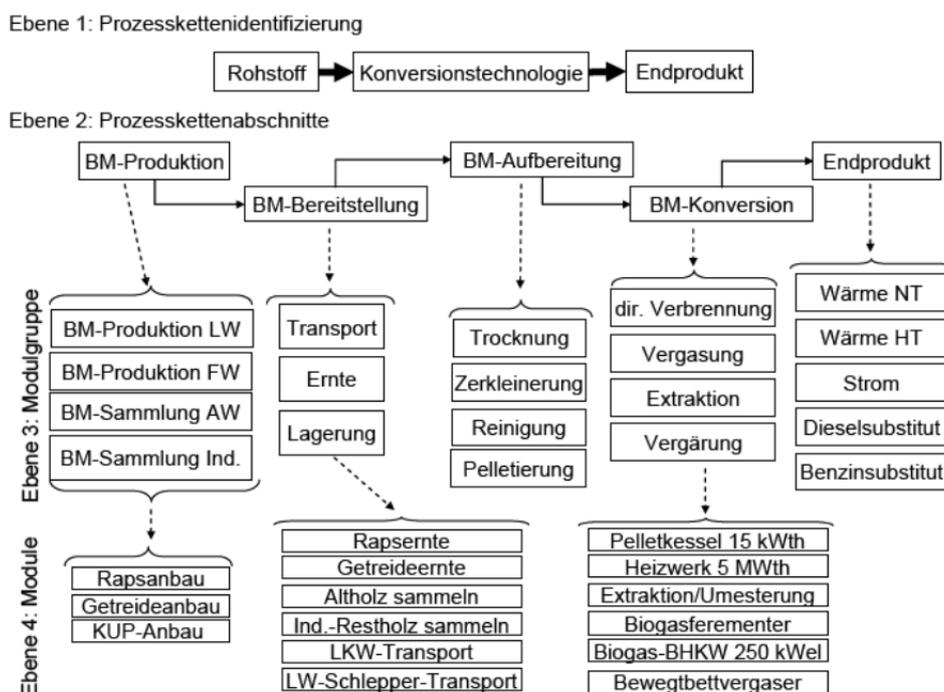


Abb. 1: Beispiel für die Systematik bei der Prozesskettenanalyse (LW=Landwirtschaft; FW=Forstwirtschaft; AW=Abfallwirtschaft; Ind.=Industrie; NT=Niedertemperatur; HT=Hochtemperatur; BM=Biomasse; KUP=Kurzumtriebsplantage; BHKW=Blockheizkraftwerk)

## 1. Schritt: Datenerhebung für Prozesse (Unit Module)

Nachdem die Prozesse sowie die Grenzen definiert wurden, erfolgte die Datenerhebung. Es wurden hierbei für jeden Prozess (Modul) die relevanten Input- und Outputflüsse bestimmt (Abb. 2).

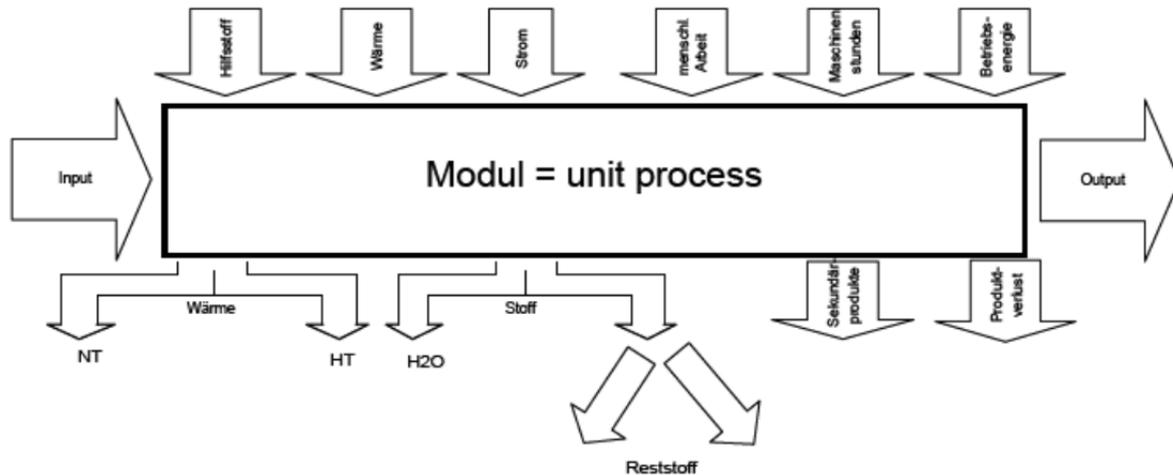


Abb. 2: Schema der Input- und Outputflüsse eines Moduls

Die Flüsse untergliedern sich in Produkt- (z.B. Traktor, Beton, etc.), Abfall- (Feinasche bei Heizwerken) und Elementarflüsse (z.B. CO<sub>2</sub>-Emissionen in einem Heizwerk, CH<sub>4</sub>-Emissionen: Leckagen im Fermenter, Schlupf im BHKW, etc.).

Inputs (Werteansicht)								
Fluss	Kategorie	Flusstyp	Flusseigenschaft	Einheit	Ergebnismenge	Unsicherheitsverteilung	Äquivalenzprodukt?	
calcium ammonium nitra...	agricult...	Produ...	Masse	kg	-6.81E-4	Keine Verteilung	<input type="checkbox"/>	
concrete, exacting, at ...	constru...	Produ...	Volumen	m3	7.55E-7	Keine Verteilung	<input type="checkbox"/>	
electricity, production ...	electrici...	Produ...	Energie	MJ	2.1E-2	Keine Verteilung	<input type="checkbox"/>	
foam glass, at regional ...	insulati...	Produ...	Masse	kg	1.46E-5	Keine Verteilung	<input type="checkbox"/>	
Mais-Ganzpflanzensilag...	Biomass...	Produ...	Masse	kg	0.25	Keine Verteilung	<input type="checkbox"/>	
polyethylene, HDPE, gr...	plastics...	Produ...	Masse	kg	1.78E-6	Keine Verteilung	<input type="checkbox"/>	
potassium chloride, as ...	agricult...	Produ...	Masse	kg	-2.1E-3	Keine Verteilung	<input type="checkbox"/>	
Rindergülle	Biomass...	Produ...	Masse	kg	2.82E-2	Keine Verteilung	<input type="checkbox"/>	
steel product manufact...	metals/...	Produ...	Masse	kg	7.66E-6	Keine Verteilung	<input type="checkbox"/>	
tap water, at user	water s...	Produ...	Masse	kg	0.29	Keine Verteilung	<input type="checkbox"/>	
triple superphosphate, ...	agricult...	Produ...	Masse	kg	-3.36E-4	Keine Verteilung	<input type="checkbox"/>	

Outputs (Werteansicht)								
Fluss	Kategorie	Flusstyp	Flusseigenschaft	Einheit	Ergebnismenge	Unsicherheitsverteilung	Äquivalenzprodukt?	
<b>Biogas (100 kWel Ma...</b>	<b>Bioma...</b>	<b>Produ...</b>	<b>Energie</b>	<b>MJ</b>	<b>1</b>	<b>Keine Verteilung</b>		
Kohlendioxid, fossil	Elemen...	Eleme...	Masse	kg	-8.48E-3	Keine Verteilung		
Methan, biogen	Elemen...	Eleme...	Masse	kg	2.02E-4	Keine Verteilung		

Abb. 3: Input-, Outputliste der Biogasanlage [BHKW 100 kWel Mais (90), Rindergülle (10)], ab Anlage, mit Gutschrift (openLCA)

Wie in Abb. 3 zu sehen ist, wurde eine quantitative Referenz, in diesem Fall 1 MJ „Biogas (100 kWel Mais 90, Rindergülle 10), ab Anlage“ für die Biogasanlage im Beispiel festgelegt. Auf diesen Wert wurden nun alle Input- und Outputflüsse des Prozesses skaliert.

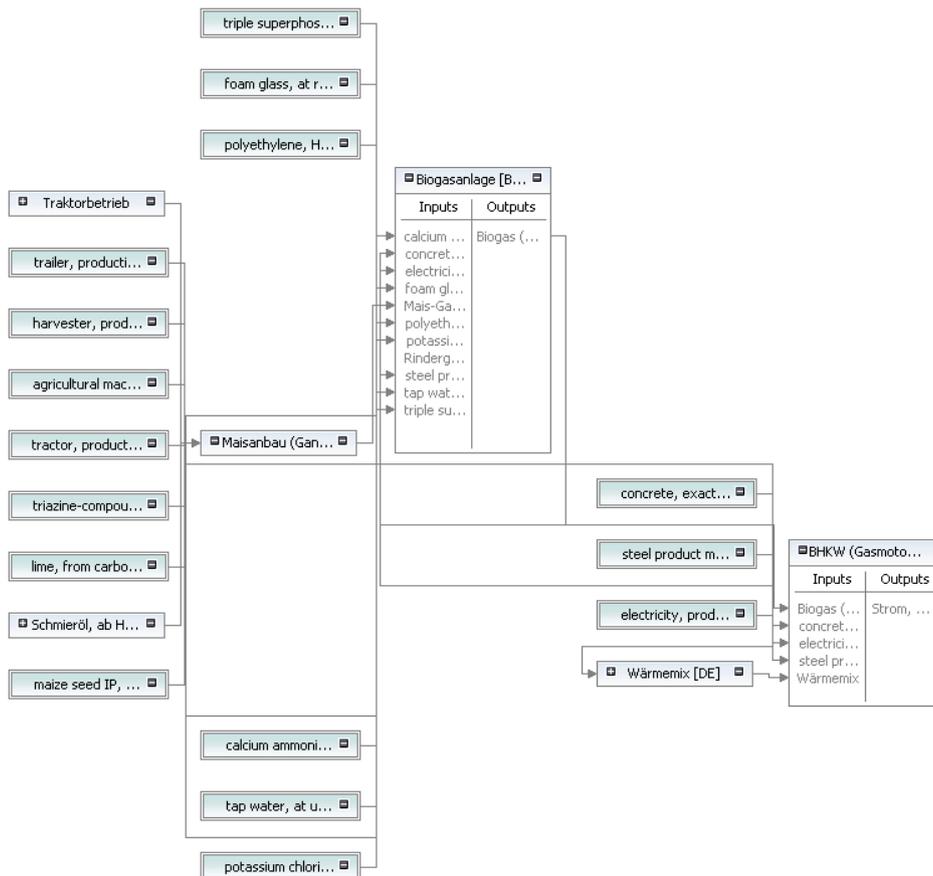
Für die Bilanzierung von Prozessen (Unit Modulen) wurden drei unterschiedliche Prozesse betrachtet:

- **mit Gutschriften:** Hier wurden die Flüsse (Strom, Wärme beim BHKW; Wärme, Verwertung Grobasche beim Hackschnitzelkessel; Düngemittel bei der Ausbringung der Gärreste) als negative Inputs in den jeweiligen Prozessen modelliert.
- **ohne Gutschriften:** Im Prozess ohne Gutschriften wurden die Flüsse (Strom, Wärme beim BHKW; Wärme beim Hackschnitzelkessel) als Output modelliert jedoch nicht bilanziert.
- **Multioutputprozess:** Im Multioutputprozess wurden die Flüsse (Wärme, Verwertung Grobasche beim Hackschnitzelkessel) als Output geführt und nicht bilanziert.

Anhand von Energie- und Massenbilanzen wurde jeder Prozess überprüft, ob die angenommenen Massenverluste (z.B. Trocknung, Transport, Häckseln, etc.), Konversionswirkungsgrade, etc. exakt modelliert wurden.

## **2. Schritt: Erstellung und Berechnung des Produktsystems in openLCA**

Nach Fertigstellung aller notwendigen Prozesse wurde das Produktsystem in openLCA erstellt (Abb. 4). Hier wurden die Input- und Outputflüsse der jeweiligen Prozesse miteinander verbunden.



**Abb. 4: Biogasanlage, 100 kW<sub>el</sub> Mais (90), Rindergülle (10), ab Anlage, mit Gutschrift (openLCA)**

Nach Auswahl der gewünschten Menge und Einheit kann das Produktsystem berechnet werden.

### Quellen:

[DIN EN ISO 14040]: Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14040:2006. (2006)