

Bioökonomie – Was kann die Ökobilanzierung leisten?

Prof. Dr.-Ing. Sandra Krommes
Technische Hochschule Rosenheim
FG Sustainable Engineering & Management
Rosenheim, Deutschland



Bioökonomie – Was kann die Ökobilanzierung leisten?

1. Einleitung

Die Forst- und Holzwirtschaft ist einer der wesentlichen Sektoren der Bioökonomie. Denn der Rohstoff Holz hat bei der Transformation der Wirtschaft von fossilen zu nachwachsenden, biotischen Rohstoffen eine hohe Relevanz. In Deutschland wird Holz als Primärrohstoff bisher überwiegend stofflich in der Säge- und Holzindustrie sowie der Holzwerkstoff-, Papier- und Zellstoffindustrie genutzt. Darüber hinaus fließt Holz als Brennstoff in private Haushalte als auch wird Holz gewerblich für die Energieerzeugung genutzt [1].

Zukünftig wird sich die Nutzung des Rohstoffes Holz in Richtung neuer und innovativer Produkte diversifizieren, wobei die klassischen Produkte und Industrien nicht an Marktbedeutung verlieren. Die Notwendigkeit der Decarbonisierung und der Defossilisierung sowie die damit verbundenen Herausforderungen der Wirtschaft in Europa und Deutschland werden voraussichtlich zu einem Anstieg der Holz-Nachfrage in der Zukunft führen. Neue, innovative Nutzungen werden in den klassischen Holzindustrien, aber auch in der Chemischen Industrie, Kunststoff- und Textilindustrie bis hin zur Automobilindustrie gesehen [2, 3]. Dabei sollen sie Produkte aus fossilen und abiotischen Rohstoffen substituieren. Die steigende Nachfrage erhöht den Erntedruck auf die Wälder und macht eine nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder unter den Rahmenbedingungen von Klimaveränderungen und deren Auswirkungen unerlässlich. Gleichfalls steigt damit die Notwendigkeit den Rohstoff Holz auch als Sekundärrohstoff stofflich anstatt energetisch zu nutzen und somit die Kaskadennutzung zu steigern. Zwar präferieren rechtliche Rahmenbedingungen wie Kreislaufwirtschaftsgesetz und Altholz-Verordnung die stoffliche vor der energetischen Verwertung in Abhängigkeit der Altholzklassen, dennoch gehen etwa zwei Drittel des in Deutschland anfallenden Altholzes in die energetische Verwertung [4, 5]. Das Potential für stoffliche Nutzungen von Holz in der Kaskade bzw. Kreisläufen wird somit nicht ausgeschöpft.

Daher bedarf es Methoden auf verschiedenen Ebenen, die das Potential zur Decarbonisierung und Defossilisierung der Bioökonomie bewerten und Informationen zur Entscheidungsunterstützung und Planung bereitstellen. Dies fordert implizit auch die Nationale Bioökonomiestrategie. Im Rahmen des Ziels «Potenziale der Bioökonomie innerhalb ökologischer Grenzen erkennen und erschließen» werden drei Unterziele formuliert: (1) Etablierung eines umfassenden Monitoring, (2) Messung und Bewertung der Biomasseströme und (3) Anwendung von vergleichenden Nachhaltigkeitsbilanzierungen [6].

2. Methoden der Nachhaltigkeitsbewertung

2.1. Methoden im Überblick

Methoden zur Bewertung der Nachhaltigkeit lassen sich nach den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit und dem Bewertungsgegenstand bzw. -ebene charakterisieren (Abbildung 1). So liegt den Methoden mindestens eine der drei Dimensionen Ökologie (Umwelt), Ökonomie und Soziales zugrunde. Die Bewertungsebene kann sich auf die Mikro-, Meso- oder Makroebene beziehen. Zur Bewertung der Decarbonisierung und der Defossilisierung sind vor allem Methoden mit dem Fokus auf die ökologische Dimension erweitert um Methoden mit ökonomischen und sozialen Kriterien heranzuziehen, um dem Anspruch der Nachhaltigkeit über alle drei Dimensionen gerecht zu werden. Die meisten Methoden beziehen sich auf die Mikroebene und betrachten damit ein Produkt bzw. eine Dienstleistung oder einen Prozess. Als weitestgehende Methodik zur ökologischen Bewertung hat sich die Ökobilanzierung etabliert. Demgegenüber existieren wenige Methoden, die sich der ökologischen Bewertung auf Meso- (Institutionen, Organisationen, Unternehmen) und Makroebene (Markt, Sektor, Volkswirtschaft) widmen. Im Kontext der Ökobilanzierung finden sich hybride Methoden, die Methoden der Meso- und Makroebene mit der Ökobilanzierung kombinieren. Zu nennen ist beispielsweise die Kombination einer Input-Output-Analyse mit der Methode der Ökobilanzierung, um auf volkswirtschaftlicher, Markt- oder Sektoren-Ebene ökologische Bewertungen zu ermöglichen.

Analytische Methoden	Ebene			Nachhaltigkeits-Dimension			Bemerkungen
	mikro	meso	makro	ökologisch	sozial	ökonomisch	
Material Flow Analysis (MFA)			■	■			Analyse der Stoffströme der natürlichen Ressourcen und Materialien
Substance Flow Analysis (SFA)			■	■			Analyse der Stoffströme von Ressourcen/spezifischen Substanzen
Energy / Exergy Analysis (EA)	■			■			Analyse des Energiebedarf / Exergie von Produkten und Prozessen
Life Cycle Assessment (LCA)	■			■			Umweltwirkungen von Produkte/Dienstleistungen und Prozesse
Social Life Cycle Assessment (sLCA)	■				■		Soziale Analyse von Produkten/Dienstleistungen und Organisationen
Life Cycle Costing (LCC)	■					■	Kosten von Produkte/Dienstleistungen über den Lebenszyklus
Environmental Extended Input Output Analysis (EIOA)/ Hybrid LCA		■	■	■			Umweltwirkungen von produzierenden Gewerbe und Dienstleistungssektor
Risk analysis (RA)	■						Analyse der Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen
Cost-Benefit Analysis (CBA)	■	■	■			■	Ökonomie (schließt Kosten für Umwelt- und soziale Wirkungen ein)
Eco-Efficiency Analysis (EE)	■			■	■		Berücksichtigung der ökonomischen und ökologischen Dimensionen
Environmental Accounting / GhG Accounting			■	■			Natürliche Ressourcen und Emissionen

Abbildung 1: Überblick über Methoden der Nachhaltigkeitsbewertung [in Anlehnung an 7]

Andere Methoden der Nachhaltigkeitsbewertungen fokussieren wie die Materialflussanalyse (MFA) oder Substanz-/Stoffstromanalyse auf natürliche Ressourcen und Materialien oder ausgewählte Stoffströme, um die Flüsse oder Ströme zu bilanzieren [8]. Sie beschäftigen sich nicht mit den Umweltwirkungen dieser Flüsse oder Ströme auf Menschen und Umwelt wie die Methode der Ökobilanzierung.

2.2. Ökologische Fragestellungen der Bioökonomie

Im Rahmen der Bioökonomie(-strategie) ergeben sich im Hinblick auf die Bewertung der Biomasseströme und der vergleichenden Nachhaltigkeitsbilanzierung verschiedene ökologische Fragestellungen (Abbildung 2). Während die vergleichende Nachhaltigkeitsbilanzierung meist die Mikro-Ebene anspricht und auf Produkte, Dienstleistungen oder Prozesse fokussiert, rückt bei der Bewertung der Biomasseströme die Makro-Ebene (Sektoren, Märkte, Regionen, Volkswirtschaften) in den Mittelpunkt.

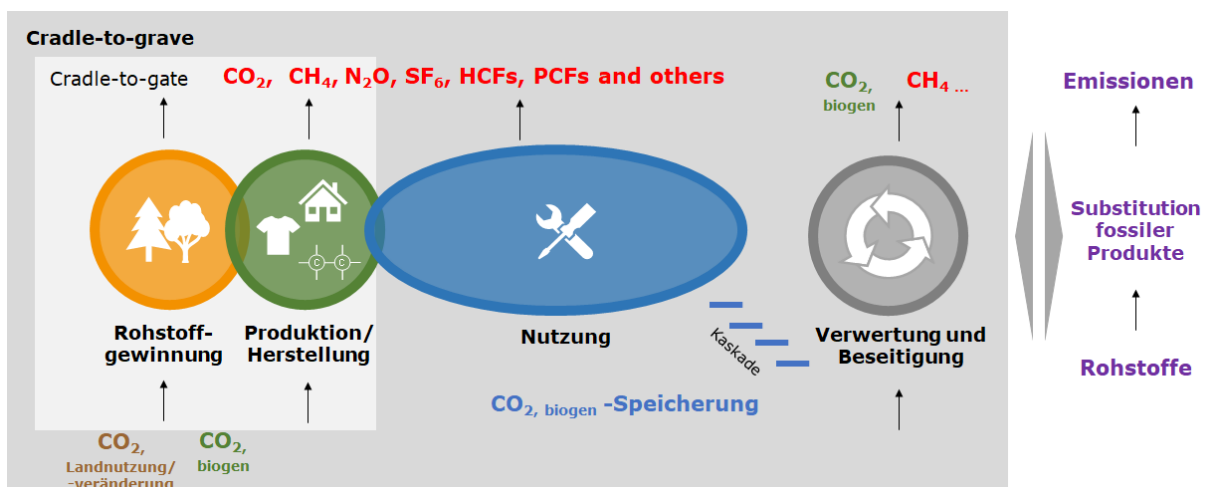


Abbildung 2: Ökologische Fragestellungen der holzbasierten Bioökonomie

Hinsichtlich der Wirkungen der Bioökonomie und seiner Produkte auf die Decarbonisierung sind vor allem Fragestellungen relevant,

- inwiefern eine Landnutzung oder -veränderungen für den Anbau von Biomasse zu Treibhausgas-Emissionen führt,
- welche und wieviel Treibhausgas-Emissionen von der Wiege bis zur Bahre (cradle-to-grave) entstehen, d.h. von der Rohstoffgewinnung über die Herstellung und Nutzung des Produkts bis zur Verwertung und Beseitigung,
- wie viel biogener Kohlenstoff in dem Produkt und ggfs. seinen Sekundärrohstoffen, die in einer Kaskade genutzt werden, gebunden wird und wie lange der biogene Kohlenstoff gespeichert wird sowie
- welche fossilen Materialien oder Produkte durch biobasierte Produkte substituiert werden.

Dabei ist bei der Bilanzierung und Bewertung der Treibhausgas-Emissionen über den Lebenszyklus zwischen fossilen und biogenen Treibhausgas-Emissionen zu unterscheiden. Bei den biogenen Treibhausgasen, insbesondere CO₂, wird davon ausgegangen, dass das in der Wachstumsphase aufgenommene CO₂ und damit der biogen gebundene Kohlenstoff in der Pflanze am Lebenszyklusende wieder in gleicher Masse freigesetzt wird. Anders verhält es sich, wenn der biogen gebundene Kohlenstoff nicht in Form von CO₂, sondern anderen Treibhausgasen wie CH₄ freigesetzt wird. Zudem kann es durchaus von Bedeutung sein, wie viel und wie lange biogener Kohlenstoff in einem Produkt und ggfs. weiterführend in Sekundärrohstoffen gespeichert wird, um einen langfristigen Effekt auf die Reduktion der Treibhausgas-Konzentration in der Atmosphäre zu haben. Ebenso spielt es eine Rolle, ob und welche Produkte durch biobasierte Produkte oder Materialien ersetzt werden, um eine effektive Bioökonomiestrategie umzusetzen.

Ähnliche Überlegungen treffen auch auf die Defossilisierung und damit die Reduktion des fossilen Primärrohstoffverbrauchs zu. Die positiven Umweltwirkungen von biobasierten Produkten und Materialien lässt sich an dessen Sekundärrohstoff- und Kaskadennutzungspotential als auch an den Substitutionseffekten bewerten.

2.3. Normen und Standards im Kontext der Ökobilanzierung

Die Methode der Ökobilanzierung ist die wissenschaftlich und in der Praxis etablierteste Methode zur Bewertung von Umweltwirkungen von Produkten, Dienstleistungen und Prozessen. Die methodischen Inhalte und Vorgehensweise regeln die Normen ISO 14040: 2006 und ISO EN DIN 14044: 2006 [9, 10]. Die im Englischen mit Life Cycle Assessment (LCA) übersetzte Methode der Ökobilanzierung beruht auf dem Lebenszyklusansatz. D.h. es werden die Umweltwirkungen eines Produktes von der Rohstoffgewinnung über die Herstellung und Nutzung bis zur Verwertung und Beseitigung erfasst und bewertet. Die methodische Vorgehensweise unterteilt sich in vier Phasen: (1) Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens, (2) Sachbilanz, (3) Wirkungsabschätzung und (4) Auswertung [11, 12]. Klassische Anwendungen der Ökobilanzierung sind:

- Produktentwicklung und -verbesserung, Design for Environment und Schwachstellenanalyse,
- Strategische Planung,
- Informationen für Gesetzgebungsverfahren,
- Marketing und Produktinformation für Konsumenten für Produktvergleiche oder Umweltzeichen und
- Bilanzierung von Unternehmen oder Organisationen [11].

Weiterführende Standards zur Bilanzierung und Bewertung des CO₂ Fußabdruckes eines Produktes wie ISO 14067: 2018, PAS 2050 und GhG Protocol Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard (Product Standard): 2011 oder zur Bilanzierung und Bewertung von biobasierten Produkten (EN DIN 16760: 2015) bis hin zu grundlegenden Regeln für die Erstellung von Umweltprodukterklärungen für Bauprodukte und deren Verpackung (DIN EN 15804: 2012+A2:2019+AC:2021) bauen auf den ISO EN DIN Standards 14040: 2006 und 14044: 2006 auf.

Beim Vergleich der verschiedenen weiterführenden Standards zur Bilanzierung des CO₂ Fußabdruckes oder biobasierter Produkte wird deutlich, dass die meisten Standards eine separate Bilanzierung und Darstellung von biogenen Kohlenstoffemissionen und Treibhausgas-Emissionen aus Landnutzung und -veränderung sowie vereinzelt die Quantifizierung von biogenem Kohlenstoff im Produkt in Abhängigkeit der Systemgrenzen-Definition zur Verfolgung der biogenen Kohlenstoffströme fordern. Die Quantifizierung der Substitutionseffekte durch Sekundärrohstoffe und deren separate Darstellung ist nur in der DIN EN 15804 definiert. Demgegenüber werden die Dauer der Speicherung von biogenem Kohlenstoff im Produkt oder weiterführend in Sekundärrohstoffen (Kaskadennutzung, Kreislaufschließung) oder die Umwelteffekte durch die Substitution von fossilen durch biobasierte Produkte in den Standards nicht berücksichtigt.

3. Ökobilanzierung als Instrument der Bioökonomiestrategie

Die grundlegenden und weiterführenden Standards der Ökobilanzierung liefern weitreichende Methoden und Vorgehensweisen zur vergleichenden Nachhaltigkeitsbilanzierung auf Mikro-Ebene. Somit können biobasierte Produkte untereinander oder biobasierte und fossile Produkte anhand wesentlicher Umweltkriterien (Umweltwirkungskategorien) miteinander verglichen werden. Zudem können Informationen im Sinne einer ökologischen Schwachstellenanalyse zur Verbesserung des Produktes und seiner Prozesse über den Lebenszyklus im Hinblick auf wesentliche Umweltwirkungen erfasst und bewertet werden. Die Bilanzierung von Substitutionseffekten für Sekundärrohstoffe sind in der Norm für Umweltprodukterklärungen (DIN EN 15804) möglich, während die mit der Transformation der Wirtschaft verbundene Substitution von fossilen Produkten in den Standards nicht berücksichtigt sind. Letztere ergeben sich vielmehr aus einer vergleichenden Ökobilanzierung von biobasierten mit fossilen Produkten. Gleichwohl zeigt sich bei der vergleichenden Ökobilanzierung von biobasierten und fossilen Produkten, dass durch die separate Bilanzierung von biogenem Kohlenstoff positive Umwelteffekte bei biobasierten gegenüber fossilen Produkten abschmelzen (siehe vergleichende Ökobilanzierung im Vortrag). Bisherige Darstellungen in Umweltprodukterklärungen, insbesondere bei Systemgrenzen von der Rohstoffgewinnung bis zum Werkstor (cradle-to-gate), weisen die positiven Effekte der biogenen Kohlenstoffbindung oftmals aus. Zukünftig müssen Umweltprodukterklärungen zwischen verschiedenen Treibhauspotentialen (Landnutzung- und -veränderung, biogen, fossil) differenzieren.

Auf Makro-Ebene existieren eine Reihe von Instrumenten zur Nachhaltigkeitsbewertung von Wäldern und deren Bewirtschaftung, die aufgrund anderer Zielsetzungen nur begrenzt die Umweltwirkungen der nachgelagerten Holz-Wertschöpfungsketten aufzeigen [13, 14]. Für eine Bewertung der Biomasseströme – auch im Hinblick auf zukünftig zu erwartende Nutzungskonkurrenzen – sind Methoden und Instrumente unerlässlich, die die Forst- und Holzwertschöpfungskette ganzheitlich und kombiniert betrachten. Hybride Methoden wie die Input-Output-Analyse und LCA nutzen statistische Vergangenheitsdaten zu Rohstoff-, Halbzeug- und Produktströmen und verknüpfen sie mit der Methodik der Ökobilanzierung. Somit lassen sich wertvolle Informationen für die zukünftige Planung gewinnen. Strukturelle Veränderungen oder Technologieentwicklungen in der Holzwertschöpfungskette lassen sich mit dieser Methoden schwieriger abbilden. Das EU Horizon 2020 Projekt ONEforest geht methodisch neue Wege, indem es bestehende Waldwachstumsmodelle mit einer sozio-ökonomischen und ökologischen Modellierung kombiniert, um Projektionen über die Entwicklung der Wald- und Holzwertschöpfungskette unter Berücksichtigung von veränderten Rahmenbedingungen zu machen. Die Quantifizierung der ökologischen Wirkungen basiert dabei auf der Methode der Ökobilanzierung. Ziel des Projektes ONEforest ist es, zur Entscheidungsunterstützung von Stakeholdern Informationen zu ökonomischen, sozialen und ökologischen Wirkungen bereitzustellen, die unterschiedliche Waldbewirtschaftungsoptionen und deren Auswirkungen auf die stoffliche und energetische Nutzung in der Holzwertschöpfungskette abbilden [15]. Somit lassen sich für eine strategische Planung der Bioökonomie Biomasseströme in der Zukunft simulieren und bewerten sowie losgelöst von der Methodik der Ökobilanzierung zusätzliche Aussagen zur Dauer des biogen gespeicherten Kohlenstoffs oder den durch Substitutionseffekte bedingten Umwelteffekten treffen.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Die Methodik der Ökobilanzierung ist auf Mikro- und Makroebene eine robuste Methodik zur Bewertung von Umweltwirkungen in der Bioökonomie. Die Novellierung bestehender als auch die Erarbeitung neuer Standards im Kontext der Bioökonomie und biobasierter Produkte als auch dringender, ökologischer Nachhaltigkeitsfragestellungen wie anthropogener Treibhauseffekt und Rohstoffverbrauch unterstreicht die Bedeutung und Leistungsfähigkeit der Methode der Ökobilanzierung. Gleichwohl besteht für einzelne Fragestellungen auf Mikro- und Makro-Ebene noch Potential, dem einzelne, weiterführende Standards beispielsweise durch die Quantifizierung des gespeicherten biogenen Kohlenstoffs

bereits begegnen oder durch eine hybride Methoden-Kombination, die auf Makro-Ebene die Anwendung der Ökobilanzierung für strategische Fragestellungen ermöglicht. Somit lässt sich die Methodik der Ökobilanzierung auch für die mittel- bis langfristige Planung der Bioökonomie nutzen.

5. Literaturverzeichnis

- [1] Mantau, U.; Döring, P.; Weimar, H.; Glasenapp, S., ROHSTOFFMONITORING HOLZ, Mengenmäßige Erfassung und Bilanzierung der Holzverwendung in Deutschland, Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe, Band 38, FNR, Gülzow-Prüzen, 2018.
- [2] Bioökonomierat, Bioökonomie: Gemeinsam eine nachhaltige Zukunft gestalten, 1. Arbeitspapier des III. Bioökonomierates, Berlin, 2022.
- [3] Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, München, 2020.
- [4] Flamme, S.; Hams, S.; Bischoff, J.; Fricke, C., Evaluierung der Altholzverordnung im Hinblick auf eine notwendige Novellierung, UBA Texte 95/2020, Berlin, Dessau.
- [5] Sperl, S., Szenariobasierte Untersuchung der Altholzströme in Deutschland mittels Materialflussanalyse, Rosenheim, 2021.
- [6] Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Nationale Bioökonomiestrategie, Berlin, 2020.
- [7] Jeswani, H.; Azapagic, A.; Schlepelmann, P. Ritthoff, M., Options for broadening and deepening the LCA approaches, in: Journal of Cleaner Production, 2010, Vol. 18, S. 120-127.
- [8] Brunner, P. H.; Rechberger, H., Handbook of Material Flow Analysis, For Environmental, Resource, and Waste Engineers, Second Edition, 2017.
- [9] DIN EN ISO 14040: 2006 + A1: 2020, Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen
- [10] DIN EN ISO 14044:2006 + + A1:2018 + A2:2020, Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen
- [11] Frischknecht, R., Lehrbuch der Ökobilanzierung, Berlin, 2020.
- [12] Klöpffer, W.; Grahl, B., Ökobilanz (LCA): Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf, Weinheim, 2009.
- [13] Lindner, M.; Suominen, T.; Palosuo, T.; Garcia-Gonzalo, J.; Verweij, P.; Zudin, S.; Paivinen, R., ToSIA-A tool for sustainability impact assessment of forest-wood-chains, Ecological Modeling, 2010, Vol. 221, S. 2197-2205.
- [14] Palosuo, T.; Suominen, T.; Werhahn-Mees, W.; Garcia-Gonzalo, J.; Lindner, M., As-signing results of the Tool for Sustainability Impact Assessment (ToSIA) to products of a forest-wood-chain, Ecological Modeling, 2010, Vol. 221, S. 2215-2225.
- [15] EU Horizon 2020 ONEforest project, A Multi-Criteria Decision Support System For a Common Forest Management to Strengthen Forest Resilience, Harmonise Stake-holder Interests and Ensure Sustainable Wood Flows, EU Grant Agreement N° 101000406 <https://oneforest.eu/> (abgerufen am 23.1.23).