

Handlungsempfehlungen für die Durchführung von Ökobilanzen für die stoffliche Nutzung von Biomasse im Spannungsfeld der Politik – Schwerpunkt: Wirkungskategorie Klimawandel

Projekt: ÖkoStoff - Erstellung von Handlungsempfehlungen für die Durchführung und Umsetzung von Ökobilanzen für die stoffliche Nutzung von Biomasse (FKZ 22007014)

Autoren: Christin Liptow¹, Michael Carus¹, Aleksandar Lozanovski², Jan Paul Linder², Roland Essel¹, Stefan Albrecht², Michael Held²

¹ nova-Institut GmbH, Chemiepark Knapsack, Industriestraße 300, 50354 Hürth

² Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Abteilung Ganzheitliche Bilanzierung (GaBi), Wankelstrasse 5, 70563 Stuttgart

Hürth, den 18. Januar 2017

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

1. Hintergrund und Zielsetzung

Ökobilanzen werden seit langem sowohl in der Politik als auch in der Wirtschaft genutzt, um die Umweltwirkungen von Produkten zu analysieren und miteinander zu vergleichen. In jüngerer Zeit werden sie darüber hinaus auch genutzt, um Reduktionsziele für Treibhausgasemissionen festzulegen, sowie deren Einhaltung zu kontrollieren bzw. zu dokumentieren. Doch trotz dieser breiten Anwendungsbasis gibt es für die Ökobilanzierung methodische Herausforderungen, die ihre sachgerechte Anwendung erschweren und damit die Transparenz und Vergleichbarkeit von Ökobilanzen und darauf basierenden Entscheidungen einschränken. Dies trifft ganz besonders auf die Ökobilanzierung zur stofflichen Nutzung von Biomasse und den damit verbundenen methodischen Herausforderungen zu, wie z.B. der Berücksichtigung von Speicher- oder Kaskadeneffekten.

Ziel des Projekts ÖkoStoff ist es, Handlungsempfehlungen zur Durchführung von produktbezogenen Ökobilanzen zur stofflichen Biomassenutzung zu entwickeln und damit zur besseren Transparenz, Vergleichbarkeit und Akzeptanz von Ökobilanzen beizutragen. Dabei wurde im Projekt ein Schwerpunkt auf die Wirkungskategorie Klimawandel gesetzt, da diese in Politik und Öffentlichkeit im Fokus steht.

Die Empfehlungen in diesem Dokument basieren auf umfassenden Forschungsarbeiten der Projektpartner sowie dem Feedback aus diversen Experteninterviews und vor allem drei Workshops in Köln und Stuttgart, an denen zahlreiche LCA-Experten aus der Forschung und Praxis teilgenommen haben. Ziel der Workshops war,

- (1) die Handlungsoptionen und -empfehlungen einem breiten Fachpublikum aus Wissenschaftlern und Politikexperten auf dem Gebiet der Ökobilanzierung vorzustellen,
- (2) sie hinsichtlich ihrer Zweckmäßigkeit und Anwendbarkeit zu diskutieren und weiterzuentwickeln.

Bis vor kurzem gab es ausschließlich für den Bereich der Bioenergie vergleichbare Handlungsempfehlungen, die in einem standardisierten Verfahren vorgeben, wie mit methodischen Herausforderungen der Ökobilanzierung von Bioenergieträgern und Biokraftstoffen umgegangen werden soll. Dafür verantwortlich zeichnen sich die Vorgaben zur Ermittlung von Treibhausgasemissionen, die im Rahmen der europäischen Richtlinie 2009/28/EC (*Renewable Energy Directive*, RED) sowie in deren Zusammenhang stehenden Regelwerke (u.a. 2010/335/EU, 2010/C160/02, 2015/1513) einheitlich geregelt sind. Ähnliche Richtlinien sind für die stoffliche Nutzung nicht zu erwarten, da diese nur im Kontext von Fördersystemen (z.B. Quoten) erforderlich und solche für bio-basierte Produkte nicht geplant sind.

Seit Sommer 2016 gibt es mit der DIN EN 16760 „Biobasierte Produkte – Ökobilanzen“ erstmals ein Dokument, das Standards für die Ökobilanzierung bio-basierter Produkte benennt; im Vergleich zu insbesondere den Standards im Biokraftstoffbereich lässt die Norm allerdings weitaus mehr Spielräume. Die EN 16760 wurde im Rahmen einer breit angelegten horizontalen Normung von bio-basierten Produkten entwickelt: „Unter der Berücksichtigung der Notwendigkeit für gemeinsame Normen zu biobasierten Produkten hat die Europäische Kommission das Mandat M/492 erteilt, unter dem das CEN/TC 411 eine Reihe von Normen erarbeitet hat, deren Hauptaugenmerk auf biobasierten Produkten liegt, die nicht in die Bereich Lebens- und Futtermittel sowie Biomasse für Energieanwendungen fallen.“

Die im Folgenden dargestellten Empfehlungen sind weitgehend im Einklang mit der DIN EN 16760, konkretisieren dabei einige der Standards und gehen in anderen Bereichen über die Norm hinaus, die von der DIN EN 16760 nicht abgedeckt werden. Dies wird für jede Handlungsempfehlung im Detail dargestellt.

Die Anwendbarkeit der Handlungsempfehlungen wurde mit Hilfe zweier Fallstudien (PLA Kunststoff, Holzkaskade) untersucht. Das jeweilige Fazit schließt direkt an die Handlungsempfehlungen an.

2. Handlungsempfehlungen im Detail

2.1 Bilanzgrenze

Diese Handlungsempfehlung gilt für stoffliche Ökobilanzen i.A. und insbesondere für die Wirkungskategorie Klimawandel.

Wie auch in der DIN EN 16760 wird von den Autoren der Vollständigkeitsanspruch der ISO-Normen für die Durchführung von Ökobilanzen anerkannt. Die DIN EN 16760 führt dazu aus:

„Die Systemgrenze muss klar und eindeutig erläutert werden, vorzugsweise dargestellt in einem Flussdiagramm. Der Ausschluss beliebiger Lebenswegabschnitte muss dokumentiert und erläutert werden.

Die Ökobilanz-Methode darf mit einer angemessenen Begründung in Studien Anwendung finden, die keine Ökobilanz- oder Sachbilanz-Studien sind. Beispiele sind:

- Studien „von der Wiege bis zum Werkstor“ (en: cradle-to-gate);
- Studien „vom Werkstor zum Werkstor“ (en: gate-to-gate); und
- spezifische Teile des Lebensweges (z. B. Abfallmanagement, Bestandteile eines Produkts).“

(DIN EN 16760, S. 10)

Und in der Tat werden in der Praxis auch Datensätze für bio-basierte Plattformchemikalien, Granulate oder ähnliche Zwischenprodukte benötigt (entspricht „bis zum Werkstor“).

Daher sollen Ökobilanzdaten bio-basierter Produkte für unterschiedliche Bilanzgrenzen verfügbar gemacht werden:

- „cradle-to-grave“, d.h. über den gesamten Lebensweg von der Wiege bis zur Bahre
- „cradle-to-gate“, d.h. über einen Teil des Lebensweges von der Wiege bis zum Werkstor
- „gate-to-gate“, d.h. über einen Ausschnitt des Lebensweges innerhalb eines Produktionsstandorts von Werkstor zu Werkstor

Wenn Ökobilanzen für bio-basierte Produkte nur über einen Teil des Lebenswegs („cradle-to-gate“, „gate-to-gate“) durchgeführt werden, um Datensätze („inventory data“) zu erstellen, sollen die folgenden Handlungsempfehlungen gelten:

- Datensätze sollen die folgenden Kriterien erfüllen:
 - Separate Inventarisierung von biogenem und fossilem Kohlenstoff
 - Angabe des fixierten biogenen Kohlenstoffs mit ausreichender Genauigkeit zur Verhinderung signifikanter Abweichungen in der Gesamtbilanz
 - Angabe des Wassergehalts mit ausreichender Genauigkeit zur Verhinderung signifikanter Abweichungen in der Gesamtbilanz
 - Angabe weiterer chemischer Elemente, wenn diese für die Bilanzierung späterer Lebenswegabschnitte von Bedeutung sein können
 - einheitliches Format (ILCD)

- Für den Vergleich von Datensätzen soll die vollständige Oxidation der Materialien angenommen und die CO₂-Emissionen aus der Oxidation im Vergleich mitberücksichtigt werden (sofern nicht besondere Gründe bestehen, ein anderes Schicksal zu modellieren).
- Um das End-of-Life für bio-basierte Produkte adäquat darstellen zu können, sollten anpassungsfähige Datensätze für Verbrennungsprozesse (z.B. Verbrennungsmotoren) in LCA-Datenbanken (Datensätze in denen der Nutzer z.B. den Kohlenstoffgehalt genau einstellen kann) erstellt werden.

Fazit aus den Fallstudien

- Die Bestimmung des biogenen Kohlenstoffgehalts ist relativ einfach umsetzbar.
- Die Ermittlung des Wassergehalts ist machbar, kann aber bei schlechter Datenlage aufwändig sein.
- Die Dokumentation im ILCD Format ist stark abhängig von der Datenlage; nicht immer ist eine Dokumentation möglich.

2.2 Getrennte Inventarisierung von biogenem & fossilem Kohlenstoff

Diese Handlungsempfehlung gilt speziell für die Wirkungskategorie Klimawandel. Für Ökobilanzen, die definitionsgemäß mehrere Wirkungskategorien betrachten, sollte auch u.a. der Stickstoff bilanziert werden, da Stickstoffverbindungen vielfältige Umweltwirkungen verursachen.

Es wird empfohlen, biogenen und fossilen Kohlenstoff getrennt zu inventarisieren; dabei sind eine transparente Darstellung und eine ausgeglichene biogene und fossile C-Bilanz sicher zu stellen.

Es sprechen zahlreiche Argumente für eine Inventarisierung:

- Transparenz über den Inhalt biogenen Kohlenstoffs in einem biogenen Produkt.
- Biogener Kohlenstoff kann nicht nur zu CO₂, sondern unter anderem auch zum klimawirksameren CH₄ werden.
- Vollständige Inventare sind grundsätzlich wünschenswert, nicht zuletzt wegen der Kompatibilität mit zukünftigen Berechnungsmethoden (u.a. von Speicher- & Kaskadeneffekten).
- C spielt gegenüber anderen Elementen eine Sonderrolle, die eine priorisierte Inventarisierung dieses Elements rechtfertigt: Treibhausgas, biologische Prozesse, fossile Lager etc.

Der biogene C-Anteil im bio-basierten Produkt kann berechnet und zur Überprüfung durch eine einfache C¹²/C¹⁴-Messung (vgl. CEN/TC411 – Bio-based products) bestimmt werden (dies geht für C aufgrund der relativ langen Halbwertszeiten des instabilen Kohlenstoffs C¹⁴ – im Gegensatz zu z.B. Sauer- oder Wasserstoff).

Im Laufe des Projektes hat sich das Projektteam ausführlich mit dem Thema Zeitstempel in der C-Bilanz beschäftigt (zeitliche Erfassung der Aufnahme und Abgabe von C), der z.B. bei der Anrechnung von Nicht-Einjahrespflanzen (vor allem Holz) und Speichereffekten wichtig wird, und diese im zweiten Expertenworkshop zur Diskussion gestellt.

Fazit der Experten: Für den Zeitstempel gibt es bislang keine etablierte Methode, die Entwicklungen sind noch weit von der Praxis entfernt, daher ist der Zeitstempel aktuell nicht

praktikabel, da aufwändig und ohne aktuellen Nutzen. Im dritten Expertenworkshop wurde dies bekräftigt, zugleich aber darauf hingewiesen, dass ein Zeitstempel ggf. für die Zertifizierungssysteme zukünftig Bedeutung erlangen könnte. Aber auch hier gibt es noch keine konkreten Aktivitäten.

Deshalb wurde der Zeitstempel aktuell nicht in die Empfehlungen aufgenommen. Eine Darstellung der verschiedenen methodischen Ansätze findet sich in der Langfassung des Projektberichts.

Die DIN EN 16760 spricht sich ebenso für eine getrennte Inventarisierung aus: „Treibhausgasemissionen und Entzug von Treibhausgasen, die aus fossilen und biogenen Kohlestoffquellen und –senken stammen, sind einzubeziehen und in der Bestandsaufnahme getrennt anzuführen.“ (S. 18)

Für den Bereich Wald bzw. Holznutzung regt die Norm eine zeitliche Erfassung an: „Wenn die Modellierung auf Bestandsebene erfolgt, sollten Verzögerungen zwischen Emissionen von biogenem Kohlenstoff und Abscheidung über die Zeit integriert werden. Die räumlichen und zeitlichen Grenzen und Annahmen sind wichtig für die Modellierung der Kohlenstoffabscheidung und sollten auf transparentem Weg festgelegt und dokumentiert werden.“ (S. 23)

Und weiter: „Falls eine zeitbezogene Berechnung von Treibhausgasemissionen von Bedeutung ist, sollte dies berücksichtigt, aber im Prüfbericht gesondert angegeben werden. Die Abschätzung darf nach CEN ISO/TS 14067 durchgeführt werden.“ (S. 26)

Fazit aus den Fallstudien

- Durch die Verwendung von LCI Standarddatenbanken lassen sich biogener und fossiler Kohlenstoff relativ einfach getrennt inventarisieren, da die Datenbanken bereits häufig in diesem Format dokumentieren.
- Für Prozesse in denen nur Wirkungsdaten zur Verfügung stehen, ist eine getrennte Inventarisierung nicht möglich, die Anwendbarkeit der Handlungsempfehlung ist somit abhängig von der Datenlage.

2.3 Temporäre Speicherung von Kohlenstoff

Diese Handlungsempfehlung gilt speziell für die Betrachtung von Ökobilanz-Ergebnissen in der Kategorie Klimawandel.

Es erscheint sinnvoll, die temporäre Speicherung von biogenem Kohlenstoff in bio-basierten Produkten in die Ökobilanz mit einzubeziehen, da diese Speicherung den CO₂-Gehalt in der Atmosphäre während der Nutzungsphase des Produktes real reduziert. Auf der anderen Seite sprechen gegen die Einbeziehung:

- Die Berücksichtigung der temporären Speicherung bedingt eine Zeitdimension – Ökobilanzen besitzen nach Standard aber keine Zeitdimension (auch wenn es immer wieder Ansätze gab diese einzuführen).
- Gleichzeitig bestehen erhebliche methodische Probleme. Die Rückmeldungen in den eingangs genannten Expertenworkshops machten deutlich, dass die wissenschaftlichen Ansätze zur Einbeziehung der temporären Speicherung noch nicht ausreichend entwickelt sind. Es gibt keine allgemein anerkannte und robuste Vorgehensweise, und es gibt Konflikte mit existierenden Standards.

Fazit: Die temporäre Entfernung von Kohlenstoff aus der Atmosphäre und temporäre Speicherung in bio-basierten Produkten kann real den THG-Gehalt senken. Die Methodenent-

wicklung zur Einbeziehung dieses Effekts ist wissenschaftlich aber noch nicht reif genug, um ihn heute robust und mit Relevanz einzubinden.

Daher unsere Empfehlung:

Der im Produkt gebundene biogene Kohlenstoff soll getrennt von der Ökobilanz berechnet (oder gemessen) und ausgewiesen werden.

Die Ökobilanz-Ergebnisse in der Kategorie Klimawandel sollen mit expliziter Ausweisung der temporären Speicherung (in Form der Angabe der im Produkt gebundenen Masse des biogenen C) dargestellt werden, um die Größe der Speicherung transparent darzustellen.

Eine intransparente Vermischung der Ergebnisse der Ökobilanz und der berechneten Speicherung ist unbedingt zu vermeiden.

Diese Empfehlung ist im Einklang mit der DIN EN 16760, die ebenso eine gesonderte Ausweisung der Speicherung verlangt und weiter ausführt: „Die Anrechnung über einen bestimmten Zeitraum kann für die Speicherung von Kohlenstoff anhand der ILCD-Leitlinien einbezogen werden.“ (S. 32)

Fazit aus den Fallstudien

Die Ermittlung des gebundenen, biogenen Kohlenstoffs lässt sich mittels Literatur und Modellierung relativ einfach umsetzen.

2.4 Kaskadennutzung

Diese Handlungsempfehlung gilt für stoffliche Ökobilanzen i.A.

Nur bei der stofflichen Nutzung kann es zur Kaskadennutzung¹ von Biomasse kommen. Hierdurch sind u.a. mehrstufige Substitutionen, die Verlängerung des Speichereffekts, Erhöhung der Ressourceneffizienz und damit die Reduzierung der Naturraumbeanspruchung möglich. In der Ökobilanz-Methodik gibt es bislang keine einheitliche Vorgehensweise zur Bilanzierung von Biomasse-Kaskaden und den darin eingebetteten Prozessen, besonders problematisch ist die Frage der Allokation bei der Betrachtung einzelner Kaskadenstufen.

Unsere Empfehlungen:

- Da es bisher eine Vielzahl von Kaskaden-Definitionen gibt, gilt es zuerst, für die Ökobilanz den Begriff „Kaskadennutzung“ klar zu definieren. (Übersicht siehe European Commission 2016)
- Kaskadenstufen sind methodisch grundsätzlich den Recyclingstufen sehr ähnlich, es sollten daher methodische Inkonsistenzen vermieden werden.
- Eine adäquate ökobilanzielle Berücksichtigung der Kaskade kann gewährleistet werden, indem alle Nutzungsphasen gemeinsam in einem Modell berücksichtigt werden. Die Effekte der Kaskadennutzung werden damit über die gesamte Kaskade berechnet. Hierbei gilt es eine Reihe von Besonderheiten im Auge zu behalten²:

¹ Falls man auch die CO₂-Nutzung als Kaskade versteht, kann eine Kaskadennutzung auch nach der energetischen Nutzung erfolgen.

² Näheres zu dieser Thematik, siehe Projekt „Mehr Ressourceneffizienz durch stoffliche Kaskadennutzung von Biomasse - von der Theorie zur Praxis“ – Erkenntnisse der gesamtökologischer

- Gibt es eine geeignete Systemraumerweiterung?
- Energieeinsatz und Emissionen für das Sammeln und Recycling sind auf allen Kaskadenstufen vollständig zu erfassen.
- Die Anwendungen einer Nutzengleichheit ist auf den verschiedenen Kaskadenstufen oft schwierig (Eigenschaften der Recyclingprodukte etc.).
- Der zeitliche Rahmen der Betrachtung, der mehrere Jahrzehnte umfassen kann. In diesem Zeitraum verändern sich Substitutionen und Gutschriften (z.B. unterschiedliche Energiemixe durch steigenden Anteil erneuerbarer Energien).
- Bewertung der Kohlenstoffspeicherung sowie die Berücksichtigung des Produktspeichers (z.B. Aufbau des Holzspeichers in Produkten).
- Soll Wiederverwendung durch Gutschriften berücksichtigt oder als reine Verlängerung der Nutzungsdauer dargestellt werden?
- Wenn die Effekte der Kaskadennutzung für jede einzelne Kaskadenstufe separat betrachtet werden sollen, gibt es verschiedene Ansätze, die Lasten zu verteilen. Der zweite Experten-Workshop kam zu dem Ergebnis, dass man nicht nur ein Verfahren empfehlen kann, sondern diese Entscheidung vom konkreten Fall abhängt. Favorisiert wurden folgende zwei Ansätze zur Aufteilung der Last (weitere Verfahren nicht ausgeschlossen):
 - **Cut-off-Ansatz:** Die Kaskadenstufen werden mittels Cut-off voneinander getrennt. Details der vor- und nachgelagerten Stufen müssen nicht bekannt sein. Der Cut-off kann an verschiedenen Stellen der Kaskaden angesetzt werden.
 - **Gleichverteilungs-Ansatz:** Die Lasten werden über die gesamte Kaskade verteilt. Hierzu müssen Daten aller Kaskadenstufen vorliegen. Es gibt auch Gleichverteilungs-Ansätze, die nur die Nachbarstufen einbeziehen, in diesem Fall müssen nur die benachbarten Kaskadenstufen bekannt sein.
 - Die Wahl zwischen den beiden Ansätzen, die jeweils die möglichen Extreme darstellen, ist nicht ganz frei, sondern hängt auch davon ab, wie die Biomasseströme zwischen den Kaskadenstufen eingestuft werden: Werden sie z.B. als Produkt betrachtet, ist ein Cut-off Ansatz nicht möglich.
 - Im dritten und letzten Expertenworkshop in Köln wurde eher dem Cut-off-Ansatz der Vorzug gegeben, da ein Gleichverteilungs-Ansatz schwierig handhabbar sei und die Bilanzierungsfolgen für die Vorstufen schwierig absehbar wären.
 - Mehrfachzählungen von Speicher- und Substitutionseffekten müssen in beiden Fällen vermieden werden.

Tab. 1 Cut-off – Übersicht Vor- und Nachteile

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Anreiz recycelte Materialien zu verwenden 	<ul style="list-style-type: none"> • keine physikalische Basis vorhanden
<ul style="list-style-type: none"> • Anreize für beide Seiten: vorgelagertes System keine Last für Abfallentsorgung, untersuchtes System Einsparung Primärrohstoffe³ 	<ul style="list-style-type: none"> • eingeschränkter Anreiz, recycelbare Produkte herzustellen
<ul style="list-style-type: none"> • keine Kenntnisse der vorgelagerten Prozesse notwendig 	<ul style="list-style-type: none"> • volle Last der Rohstoffgewinnung auf vorgelagertem Produktsystem

schen Betrachtung ausgewählter Biomassekaskaden. Das Projekt wird unter dem Förderkennzeichen 3713 44 100 im Auftrag des Umweltbundesamtes durchgeführt.

³ Klöpfer und Grahl, 2014, S. 112

• einfache & transparente Umsetzung	
-------------------------------------	--

Tab. 2 Gleichverteilung – Übersicht Vor- und Nachteile

Vorteile	Nachteile
• „faire“ Verteilung von Lasten und Vorteilen	• Keine physikalische Basis vorhanden
• Anreiz für beide Seiten gegeben	• Kenntnis beider Systeme notwendig
	• Hoher Grad an Komplexität
	• Bei Verlängerung der Kaskade schwer abschätzbare Folgen für die Vorstufen

Die DIN EN 16760 spricht das Thema Kaskade nicht näher an, sondern verweist auf die CEN 16957 „Guidelines for Life Cycle Inventory (LCI) for End-of-life phase“.

Die DIN EN 16751 spricht sich für Kaskadennutzung aus: Wiederverwendung, Recycling, Rückgewinnung sollten, wenn möglich vor der Entsorgung stehen.

Fazit aus den Fallstudien

Beide Ansätze (Cut-off und Gleichverteilung) sind theoretisch anwendbar, bei eingeschränkter Datenverfügbarkeit bzw. Unkenntnis der vor- und nachgelagerten Kaskadenstufen ist der Gleichverteilungs-Ansatz jedoch nicht bzw. nur eingeschränkt durchführbar.

2.5 Stoffliche Nutzung von CO₂

Diese Handlungsempfehlung gilt für stoffliche Ökobilanzen i.A.

Die stoffliche Nutzung von CO₂ kann als methodisch verwandt mit der Biomasse-Kaskade angesehen werden (2.4), verdient aber eine gesonderte Betrachtung, da CO₂ nicht irgendein Rohstoff, Zwischenprodukt oder Abfall ist, sondern das mengenmäßig wichtigste Treibhausgas, und gleichzeitig ein Nebenprodukt von Fermentations- und Verbrennungsprozessen. Besonders Letzteres stellt einen ungewöhnlichen Start für eine Kaskade dar (siehe 2.4).

Unsere Empfehlungen:

- Wählt man für die Lastenermittlung für das CO₂-generierende (z.B. Fermentationsanlage, Kraftwerk) und -nutzende System einen Aufteilungsansatz (Allokation), anstelle einer Systemraumerweiterung, sollte die Aufteilung die stoffliche Nutzung von CO₂ für beide Systeme attraktiv machen.
- Der zweite Experten-Workshop kam zu dem Ergebnis, dass man nicht nur ein Verfahren empfehlen kann, sondern diese Entscheidung vom konkreten Fall abhängt. Favorisiert wurden, ähnlich wie bei der Kaskadennutzung (2.4) der Cut-off und der Gleichverteilungs-Ansatz.
- Im dritten Experten-Workshop wurde deutlich, dass sich der Cut-off-Ansatz in zwei methodische Ansätze aufteilt. Welche der nun drei Ansätze sich durchsetzen wird, ist vor allem eine Frage der politischen Ziel- und Normsetzung. Möchte man Produkte aus CO₂ über THG-Bilanzregeln fördern, so scheint derzeit der Cut-off-Ansatz B der Geeignetesten zu sein.

- **Cut-off-Ansatz A:** Aufteilung der Umweltlasten mittels Cut-off zwischen dem CO₂-generierendem und dem CO₂-nutzendem System. Die Abgrenzung des Untersuchungssystems soll dort erfolgen, wo die CO₂-Abscheidung und Verwendung (*Carbon Capture and Utilization, CCU*) beginnt, d.h. mit der CO₂-Abscheidung, deren Lasten dem verwertenden System zugeteilt werden. Der Cut-off-Ansatz bietet Anreize für beide Seiten: Der Produzent kann sein CO₂ ohne zusätzliche Lasten abgeben und kann gleichzeitig geringere Gesamtemissionen ausweisen. Der Verwerter kann das CO₂ ohne zusätzliche Lasten abnehmen und bekommt ausschließlich die Lasten für die Abscheidungs-, Aufbereitungs- und Folgeprozessen zugewiesen. Allerdings wird so das genutzte CO₂ bis zur letzten Produktnutzung (Kraftstoff oder Kunststoff) durchgereicht und dort ggf. zu fossilen Emissionen, was das Produkt ökologisch unattraktiv macht.
- **Cut-off-Ansatz B:** Möglich ist aber auch, dem CO₂ generierendem System das CO₂ als Emissionen anzurechnen und das nutzende System das CO₂ virtuell der Atmosphäre entnehmen zu lassen (virtuelles „Direct Air Capture“), womit die letzte Produktnutzung frei von fossilen CO₂-Emissionen wäre. Hierdurch hätten CO₂-basierte Kraftstoffe ein sehr positives THG-Profil.
- **Gleichverteilungs-Ansatz:** Aufteilung der Umweltlasten mit Hilfe der Gleichverteilungs-Ansatz zwischen dem CO₂-generierendem und dem CO₂-nutzendem System. Damit sind sowohl die Lasten als auch Gutschriften beider Systeme zu gleichen Teilen zwischen den Systemen aufzuteilen. Die Abgrenzung des Untersuchungssystems soll dort erfolgen, wo die CO₂-Abscheidung und Verwendung (*Carbon Capture and Utilization, CCU*) beginnt, d.h. mit der CO₂-Abscheidung.
Auch der Gleichverteilungs-Ansatz ermöglicht Anreize für beide Seiten: Der Produzent kann geringere Gesamtemissionen ausweisen. Der Verwerter kann das CO₂ mit geringen Emissionen abnehmen.
- **Beim Gleichverteilungs-Ansatz** und gleichzeitiger Anrechnung bei ETS bzw. RED muss jegliche Doppelzählung vermieden werden.
- Beide Ansätze können unabhängig vom CCU-Prozess angewendet werden, d.h. biologische Systeme (z.B. Cyanobakterien) oder technische Prozesse (z.B. Aminwäsche) werden gleichbehandelt.

Tab. 3 Cut-off-A – Übersicht Vor- und Nachteile

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Anreiz für beide Seiten: <ul style="list-style-type: none"> - CO₂-Produzent: CO₂-Abgabe ohne zusätzliche Last, geringere Gesamtemissionen - CO₂-Verwerter: CO₂ nur Last Abscheidung und Aufbereitung 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine physikalische Basis vorhanden
<ul style="list-style-type: none"> • keine Kenntnisse der vorgelagerten Prozesse notwendig 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorwurf des ‚green-washings‘ möglich
<ul style="list-style-type: none"> • einfache & transparente Umsetzung 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorstufe CO₂-frei gutgerechnet
	<ul style="list-style-type: none"> • Genutztes CO₂ wird bis zur letzten Produktnutzung (Kraftstoff oder Kunststoff) durchgereicht und dort ggf. zur fossilen Emission.

	<ul style="list-style-type: none"> Kein Anreiz, CO₂-basierte Produkte auf den Markt zu bringen.
--	---

Tab. 4 Cut-off-B – Übersicht Vor- und Nachteile

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> Anreiz für beide Seiten: <ul style="list-style-type: none"> CO₂-Produzent: CO₂-Abgabe ohne Abscheidungs- und Aufbereitungslast CO₂-Verwerter: CO₂ nur Last Abscheidung und Aufbereitung 	<ul style="list-style-type: none"> Keine physikalische Basis vorhanden
<ul style="list-style-type: none"> keine Kenntnisse der vorgelagerten Prozesse notwendig 	<ul style="list-style-type: none"> Vorwurf des ‚green-washings‘ möglich
<ul style="list-style-type: none"> einfache & transparente Umsetzung 	
<ul style="list-style-type: none"> Anreiz CO₂-basierte Produkte auf den Markt zu bringen 	

Tab. 5 50/50 – Übersicht Vor- und Nachteile

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> „faire“ Verteilung von Lasten und Vorteilen 	<ul style="list-style-type: none"> Keine physikalische Basis vorhanden
<ul style="list-style-type: none"> Anreiz für beide Seiten gegeben 	<ul style="list-style-type: none"> Hoher Aufwand durch hohen Grad an Komplexität
	<ul style="list-style-type: none"> CO₂-Emissionen werden an Stellen allokiert, wo keine sind
	<ul style="list-style-type: none"> Doppelzahlungen mit ETS/RED müssen vermieden werden.

Die DIN EN 16760 deckt das Thema der CO₂-Nutzung zurzeit nicht ab.

Fazit aus den Fallstudien

Da beide Fallstudien keine technische stoffliche Nutzung von CO₂ (carbon capture and utilisation, CCU) enthalten, wurde diese Handlungsempfehlung nicht in den Fallstudien getestet.

2.6 Bestimmung einer Referenz

Diese Handlungsempfehlung gilt für stoffliche Ökobilanzen i.A.

Um einen tieferen Einblick in die ökologische Leistung eines Produkts zu bekommen und um den Abstand zu Zielwerten zu bestimmen, wird in vielen Ökobilanzen ein Vergleich mit alternativen Produkten durchgeführt. Ein solcher Vergleich ist für bio-basierte Materialien oft bereits auf der Ebene des Zwischenprodukts Granulat (im Fall von Kunststoffen, ansonsten äquivalenter Zwischenprodukte) sinnvoll, da die Entscheidung über den Einsatz eines bio-basierten Materials oft an dieser Stelle im Prozess getroffen wird. Gerade hier stellt jedoch ein Vergleich besonders für ‚cradle-to-gate‘ Bilanzen eine Herausforderung dar, da es auf dieser Prozessebene eine Vielzahl an Alternativprodukten gibt (z.B. Kunststoffgranulate mit unterschiedliche Polymeren und Rezepturen). Gleichzeitig möchte man aber gerne Aussagen z.B.

zum THG-Emissionen eines bio-basierten Materials machen, und nicht nur eines bestimmten Materials in EINER konkreten Anwendung.

Aber selbst für ‚cradle-to-grave‘ Bilanzen kann die Bestimmung der Referenz schwierig sein, besonders dann, wenn mehr als nur ein Referenzprodukt betrachtet werden muss bzw. soll.

Es ist in der Regel nicht möglich, alle in Frage kommenden Referenzprodukte zu betrachten. Dies bedeutet dennoch nicht, dass nur ein Referenzprodukt untersucht werden sollte. Ein Referenzprodukt-Mix⁴ (z.B. Granulat-Mix) kann die Einsatzmöglichkeiten der Zwischenprodukte besser abbilden, als ein einzelnes Referenzprodukt.

Standard-Referenzprodukte wie bei Biokraftstoffen sind bei bio-basierten Produkten in aller Regel nicht definierbar, aufgrund der Vielzahl von Endanwendungen, Eigenschaften und stofflichen Alternativen.

Im Experten-Workshop wurde das Thema Referenzprodukt kontrovers diskutiert, vor allem die Frage, unter welchen Bedingungen Referenzprodukte überhaupt ermittelbar seien und bei welcher Fragestellung die Bestimmung zielführend wäre. Zudem wurde die Befürchtung geäußert, dass bei der Bestimmung der Referenzprodukte subjektive Aspekte kaum zu vermeiden seien.

Im Bewusstsein dieser Limitierungen in Bezug auf die Bestimmung von Referenzprodukten, möchten wir aber drei Mindestanforderungen an den Prozess vorschlagen, die mehrheitlich von den Experten unterstützt wurden.

Unsere Empfehlungen:

- Wenn Ökobilanzen für bio-basierte Zwischen- und Endprodukte durchgeführt werden und kein eindeutiges Referenzprodukt gewählt werden kann, wird empfohlen, anstelle eines einzelnen Referenzprodukts ein Referenzprodukt-Mix zu nutzen – sofern dies möglich bzw. sinnvoll ist.
- Die Berechnung des Referenzprodukt-Mixes soll auf Basis der Marktanteile der wichtigsten Referenz-Produkte erfolgen, und zwar nach Umsatz oder Masse. Der räumliche Bezug sollte der Fragestellung entsprechend gewählt werden, jedoch mindestens auf nationaler Ebene sein.
- Es muss dabei auf die Vergleichbarkeit der Anwendung geachtet werden, sprich die Referenzprodukte müssen in ihrem Eigenschaftsprofil dem bio-basierten Produkt in allen, für die Anwendung relevanten, Eigenschaften entsprechen.

Anmerkung: Man kann so z.B. zu dem Ergebnis kommen, dass z.B. PLA mit seinen aktuellen Anwendungen gegenüber den jeweiligen petrochemischen Substituten im Mittel x% THG-Emissionen einspart.

Die DIN EN 16760 beschäftigt sich nicht mit der Bestimmung von Referenzprodukten, was auch eher eine politische als eine Normungsaufgabe darstellt.

Fazit aus den Fallstudien

Grundsätzlich ist die Handlungsempfehlung zur Ermittlung eines Referenzprodukt-Mix (über Marktanteile und typische Substitute) und dem damit verbundenem „typischen“ GWP möglich. Aufgrund unzureichender Daten und methodischer Probleme birgt dies aber ein hohes Potenzial an Unsicherheiten, die die Aussagekraft des Umwelteinflusses des Referenz-Mix in Frage stellt.

⁴ Pro Einsatzgebiet wird jeweils mit dem geeigneten Substitut verglichen und dann nach Marktanteilen (Umsatz oder Masse) gemittelt.

Empfehlung

Die Handlungsempfehlung ‘Bestimmung einer Referenz’ sollte nur dann zur Anwendung kommen, wenn die Datenlage dies zulässt, d.h. belastbare und detaillierte Daten für Märkte und Substitute vorliegen.

Die Handlungsempfehlung wird um diesen Punkt ergänzt.

2.7 THG-Reduktionsziele für die stoffliche Nutzung

Während es z.B. für Biokraftstoffe klare Reduktionsziele hinsichtlich der Emission klimaschädlicher Treibhausgase gibt, bestehen bislang keine entsprechenden Vorgaben für die stoffliche Nutzung von Biomasse. Diese würden aber gefordert, um sie in politischen Förderinstrumenten integrieren zu können.

Aber selbst wenn man dies wollte, bestehen grundsätzliche und nicht zu überwindende methodische Probleme: Es gibt keine Standard-Referenzprodukte, anhand derer man ein Einsparungspotenzial ermitteln könnte. Was wären die geeigneten Referenzprodukte? Wäre der in 2.6 vorgeschlagene Referenzprodukt-Mix eine Lösung? In welchen Fällen (politische Ziele, Zertifizierungen, etc.) ist ein solcher Mix überhaupt möglich bzw. sinnvoll?

Nach umfassenden Diskussionen auf dem zweiten und dritten Experten-Workshop kam es zu folgendem Konsens: Es können keine allgemeinen Schwellenwerte angegeben werden, da es eine zu große Produkt- und Funktionsdiversität gibt, teilweise Marktdominanz (wogegen Papier oder Spanplatte rechnen?) und die Kaskadennutzung es noch komplizierter macht.

Biokraftstoffe haben dagegen eine klare Anwendung, eine klare Funktionalität/Qualität, eine klare Substitution und darauf basierende Referenzwerte in der Fuel Quality Directive (2009/30/EG, FQD). Eine solche Situation ist für bio-basierte Produkte grundsätzlich undenkbar.

Unsere Empfehlungen:

- Es wird empfohlen, keine bindenden Reduktionsziele zur Minderung von Treibhausgasemissionen für die stoffliche Nutzung von Biomasse zu fordern – zumal es, im Gegensatz zu Biokraftstoffen mit der Renewable Energy Directive (2009/28/EC, RED), kein Anreizsystem auf Basis von THG-Reduktionen für bio-basierte Produkte gibt.
- Es gibt entsprechend auch keine Standard-Referenzprodukte, anhand derer man ein definiertes Einsparungspotenzial ermitteln könnte.

Anmerkung 1: Ein Vergleich der Einsparungen zwischen bio-basierten Produkten (und ihren fossilen Gegenstücken) auf der einen und Bioenergie bzw. Biokraftstoffen (und fossilen Energieträgern) auf der anderen Seite, kann über den Flächenbezug der Agrar- bzw. Forstsysteme erfolgen. Über diesen Weg kann man von den schwer handhabbaren relativen Reduktionen bei der stofflichen Nutzung zu einer absoluten Reduktion pro Fläche kommen. Allerdings verlässt man damit die produktbezogene Ökobilanz und kommt zu einer flächenbezogenen Fragestellung: Welche THG-Ersparnis erziele ich mit welcher Nutzung meiner Fläche?

Anmerkung 2: Problematisch bleibt, dass Politik oder Zertifizierungssysteme genau solche normierten THG-Reduktionen – in Anlehnung an die Werte für Biokraftstoffe – verlangen könnten. Hier muss deutlich kommuniziert werden, dass dies methodisch nicht möglich ist und die Größe der THG-Reduzierungen von bio-basierten Produkten und Biokraftstoffen wegen methodischer Unterschiede nicht miteinander verglichen werden können.

Die DIN EN 16751 sagt explizit, dass keine Schwellen- oder Grenzwerte festgelegt werden – dies entspricht unseren Empfehlungen. Die DIN EN 16760 macht hierzu keine Aussagen.

Fazit aus den Fallstudien

Die Thematik war nicht Gegenstand der Fallstudien.

2.8 Allokation

Diese Handlungsempfehlung gilt für stoffliche Ökobilanzen i.A.

In den meisten produktbezogenen Ökobilanzen spielt die Wahl der geeigneten Allokation zur Aufteilung der Lasten eine zentrale Rolle mit erheblichen Auswirkungen auf die Ergebnisse. Während die RED eine Allokation nach Energieinhalt vorschreibt, ist der Energieinhalt bei bio-basierten Produkten in den meisten Fällen keine zielführende Größe: Die Verwendung bio-basierter Produkte werden nur nachrangig durch ihren Energiegehalt bestimmt.

Analog zur energetischen Allokation wäre bei der stofflichen Nutzung von Biomasse eine Allokation nach Masse naheliegend (physikalische Allokation), für den Fall das sich Allokation nicht vermeiden lässt. Die Erfahrungen zeigen aber, dass auch dies in bestimmten Fällen wenig realitätsbezogen sein kann. Hier bietet sich oft eine ökonomische Allokation (nicht-physikalische Allokation) als Lösung an.

Diese Sicht wurde von der Experten geteilt, die davon abrieten, nur einen Allokationsschlüssel zu empfehlen. Eine Allokation nach Masse und Preis wurde als sinnvoll erachtet, wobei aber auch andere Allokationen erlaubt sein sollten, wenn diese sinnvoll sind und entsprechend begründet werden können.

Unsere Empfehlung:

- Grundsätzlich gilt die Priorisierung nach ISO 14044, d.h. (1) Vermeidung der Allokation (2) Allokation nach physikalischen Kriterien und (3) Allokation nach nicht-physikalischen Kriterien. Da in der Praxis die Allokationsmethode sehr häufig verwendet wird, empfehlen wir für diese:
- Bei bio-basierten Produkten sollte, wenn sinnvoll, immer nach Masse und Preis allokiert werden, im Gegensatz zur energetischen Allokation in der RED. Zusätzlich dazu können andere Allokationsschlüssel in einer Sensitivitätsanalyse untersucht werden. In bestimmten Fällen können auch andere Allokationsschlüssel direkt angewendet werden (außerhalb der Sensitivitätsanalyse), z.B. eine auf dem Kohlenstoffgehalt basierende Allokation; dies muss jedoch entsprechend begründet werden.

DIN EN 16760 empfiehlt zunächst eine Allokation z.B. durch Systemraumweiterung zu vermeiden. „Wenn eine Allokation nicht vermieden werden kann“, so schlägt die Norm zunächst eine physikalische Allokation vor (Masse, Energiegehalt) und dann eine Allokation gemäß anderer Beziehungen z.B. Preis.

Da bei bio-basierten Produkten der Energiegehalt in den meisten Fällen keine sinnvolle Allokationsmethode darstellt, empfehlen wir, wenn sinnvoll, die Masse-Allokation und zusätzlich die ökonomische Allokation.

Bei den weiteren Details folgen wir der DIN EN 16760, die dazu u.a. schreibt (S. 13-14): „Für eine ökonomische Allokation sollte ein über eine maßgebliche Zeitspanne gemittelter ökonomischer Wert verwendet werden, und der geographische Untersuchungsrahmen der Studie sollte berücksichtigt werden, um große Schwankungen der Ergebnisse zu vermeiden.“

Anmerkung:

„Für biobasierte Produkte kann der biogene Kohlenstoffgehalt für die Bestimmung der Treibhausgasemissionen von entscheidender Bedeutung sein. Um den biogenen Kohlenstoff in einer Wertschöpfungskette zu verfolgen, kann eine auf dem Kohlenstoffgehalt basierende Allokation verwendet werden. Bei auf anderen Beziehungen basierenden Allokationen können die modellierten Flüsse biogenen Kohlenstoffs möglicherweise nicht den tatsächlichen physikalischen Gehalt und Flüsse widerspiegeln.“ (DIN EN 16760, S. 13-14)

Fazit aus den Fallstudien

Die vorgeschlagenen Allokationsschlüssel (Masse und Preis) lassen sich auf bereits allokierte Daten nur dann anwenden, wenn die bereits auf die Daten angewendeten Allokationsverfahren transparent dokumentiert sind.

2.9 Weitere Aspekte bei der Durchführung von Ökobilanzen für biobasierte Produkte

Während der Durchführung des Projekts wurden weitere Aspekte, die für die Durchführung von Ökobilanzen für bio-basierte Produkte z.T. sehr relevant sind, zusammengetragen und diskutiert. Da diese im Verlauf des Projekts jedoch nicht im Detail untersucht und in den Workshops nicht diskutiert werden konnten, sollen hier nur erste Vorschläge für eine weitere Diskussion gegeben werden.

Die im Folgenden aufgeführten Punkte werden in Fachkreisen bis heute kontrovers diskutiert und ein wissenschaftlicher Konsens in Bezug auf die beste Methode ist noch nicht in Sicht.

Feldemissionen

Betrachtung wie in der RED obligatorisch, wenn möglich nach IPCC Tier-2-Ansatz, sonst Tier-1. Die DIN EN 16760 gibt ebenso zur Berechnung für N₂O, CH₄ gemäß IPCC vor.

Leckagen

Betrachtung wie in der RED obligatorisch, methodische Details noch ausstehend. Die DIN EN 16760 äußert sich hierzu nicht.

Veränderung des organischen C-Gehalts im Boden (während des Anbaus)

Nur Berücksichtigung von Kohlenstoff-Akkumulierung analog zur RED. Keine bindende Methode, Vorschlag zur Annualisierung über Anbau der betreffenden Kulturen.

Das Thema wird in der DIN EN 16760 nicht behandelt. Generell bleibt die Norm sehr vage, wenn es um Landnutzung geht (nur Dokumentation der Nutzung in m²*a, keine Aussagen wie z.B. Veränderungen des organischen C-Gehalts im Boden erhoben werden sollen).

LUC bzw. DLUC (direkte Landnutzungsänderung)

Betrachtung wie in der RED obligatorisch, IPCC Tier-2-Ansatz, sonst Tier-1 (wie RED) sowie Annualisierung über 20 Jahre.

ILUC (indirekte Landnutzungsänderung)

Betrachtung wie in der RED, eingeschränkte Berücksichtigung, nicht für Lignozellulose-Pflanzen & Algen, nicht wenn DLUC schon berechnet worden ist.

Die DIN EN 16760 besagt, dass es keine vereinbarte Vorgehensweise gibt und schlägt auch keine vor; sie gibt lediglich den Hinweis, dass ILUC nur in der Auswertungsphase berücksichtigt werden darf.

Wirkungskategorien

Die Auswahl der Wirkungskategorien muss dem Ziel der Ökobilanz entsprechen – Klimawirkung (Carbon Footprint) alleine reicht für eine Ökobilanz nicht aus.

Die DIN EN 16760 schreibt übereinstimmend (S. 11, 4.3.2.5): „Es muss bestimmt werden, welche Wirkungskategorien, Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsmodelle in der Ökobilanz-Studie berücksichtigt sind. Die Auswahl der in der Methode für die Wirkungsabschätzung verwendeten Wirkungskategorien, Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsmodelle muss in Übereinstimmung mit dem Ziel der Studie und wie in EN ISO 14044:2006, 4.4.2.2 beschrieben berücksichtigt werden.“

Und auf S. 24, 6.1.2: „Eine entscheidende Stärke der Wirkungsabschätzung ist ihre Fähigkeit, nicht nur einseitig gerichtet den Verlauf des Lebenszyklus, sondern auch in die Breite gehend verschiedene Wirkungskategorien betrachten zu können. Eine wie im Falle des CO₂-Fußabdrucks oder des Wasser-Fußabdrucks auf nur eine Wirkungskategorie beschränkte Bilanz liefert nur Teilinformationen und sollte daher nicht als Umweltverträglichkeitsprüfung eines Produkts angesehen werden.“

Literatur

- 2009/28/EG RICHTLINIE 2009/28/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG
- 2009/30/EG RICHTLINIE 2009/30/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. April 2009 zur Änderung der Richtlinie 98/70/EG im Hinblick auf die Spezifikationen für Otto-, Diesel- und Gasölkraftstoffe und die Einführung eines Systems zur Überwachung und Verringerung der Treibhausgasemissionen sowie zur Änderung der Richtlinie 1999/32/EG des Rates im Hinblick auf die Spezifikationen für von Binnenschiffen gebrauchte Kraftstoffe und zur Aufhebung der Richtlinie 93/12/EWG
- 2010 European Commission. Joint Research Centre. ILCD Handbook: General Guide for Life Cycle Assessment: Detailed Guidance. Publications Office of the European Union.
- 2010/C160/02 Mitteilung der Kommission zur praktischen Umsetzung des EU-Nachhaltigkeitskonzepts für Biokraftstoffe und flüssige Biobrennstoffe sowie zu den Berechnungsregeln für Biokraftstoffe.
- 2010/335/EU Beschluss der Kommission über Leitlinien für die Berechnung des Kohlenstoffbestands im Boden für den Zweck des Anhangs V der Richtlinie 2009/28/EG
- 2015 DIN EN 16760:2015, Biobasierte Produkte – Ökobilanzen; Deutsche Fassung
- 2016 DIN EN 16751:2016, Biobasierte Produkte – Nachhaltigkeitskriterien; Deutsche Fassung
- 2016 Vis M., U. Mantau, B. Allen (Eds.) - Study on the optimised cascading use of wood. No 394/PP/ENT/RCH/14/7689. Final report. Brussels 2016. 337 pages