

C. P. Brandstetter, S. Albrecht, U. Bos, K. Sedlbauer

## Energiepflanzen für Biokraftstoffe – Einflussanalyse der Anbaubedingungen auf die Ökobilanz ihrer Herstellung

### 1. Einleitung

Industriegesellschaften stützen sich auf Individualverkehr und begründen eine global steigende Energienachfrage. Zur Deckung dieser wird vermehrt auf alternative Energiequellen, wie z.B. Biomasse, zurückgegriffen, was für andauernde Diskussionen sowohl in der Bevölkerung als auch in Expertenkreisen sorgt (Tank-Teller-Problematik, Biodiversitätsverlust). Um der kontrovers diskutierten Biokraftstoffthematik wissenschaftlich zu begegnen, bietet sich die anerkannte, genormte Methodik der Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 [1] und DIN EN ISO 14044 [2] an.

### 2. Ziel der Arbeit

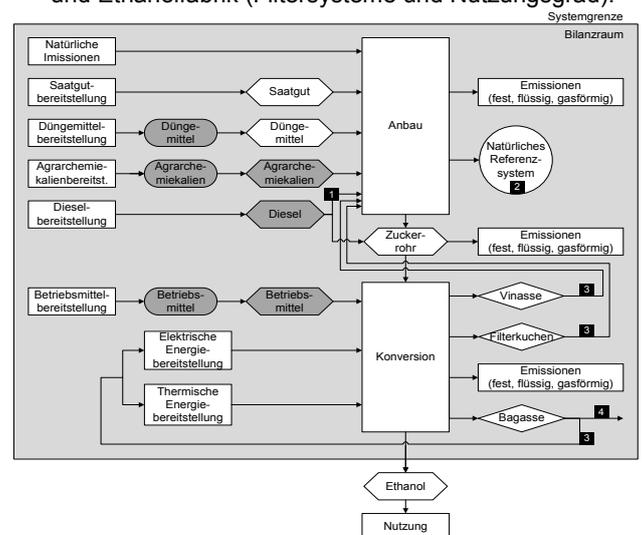
Ziel der Arbeit [3] ist die Erfassung der Umweltauswirkungen des Anbaus und der Konversion mit den jeweiligen Vorketten, da bestehende Ökobilanzen häufig nur vereinzelte Wirkungskategorien betrachten. Modelliert wird mit der Datenbank und Software GaBi, Version 4 [4]. Die Studie analysiert anhand diverser Szenariengruppen den Einfluss der Anbaumethoden von nachwachsenden Rohstoffen am Beispiel brasilianischen Zuckerrohrs mit anschließender Konversion in Bioethanol exklusive der Nutzung. Diese Szenariengruppen decken sowohl die Landwirtschaft (u.a. Feldvorbereitung, Ernte, landwirtschaftliche Stoffapplikation) als auch die Konversion in der Fabrik ab. Brasilien wird ausgewählt, da es ein enormes Potenzial (leistungsfähige Pflanze, Fläche), eine große Erfahrung bzgl. Bioethanol sowie verschiedene Anbaumethoden aufweist.

### 3. Untersuchungsrahmen

Zu Beginn dient eine Fachliteraturrecherche dem Eruiere des Stands der Technik der landestypischen Ethanolherstellung. Mittels der Kenntnis an zugehörigen Massen- sowie Energieflüssen wird ein Basisszenario (BSz) der gängigen brasilianischen Praxis modelliert. Die Ethanolherstellung wird dabei in die Prozesse Anbau und Konversion unterteilt (Bild 1). Der Bilanzraum umfasst die jeweiligen, relevanten Vorketten und die evtl. aus Kop-

pelprodukten resultierenden Gutschriften. Für die operative Umsetzung des Anbaus wird das in [4] vorhandene Agrarmodell angepasst. Zudem wird für die Weiterverarbeitung des Zuckerrohrs ein Modell einer vereinfachten Konversionsanlage erstellt. Um den Einfluss des variierten Anbaus zu ermitteln, werden insgesamt acht Szenariengruppen erstellt bezüglich

- Ernteverfahren (maschinell oder per Hand),
- Feldvorbereitung (Abbrand und Maschineneinsatz),
- Pflügen (Maschineneinsatz),
- Agrarchemikalien (Bereitstellung und Ausbringung),
- Düngung (Bereitstellung und Ausbringung),
- Bewässerung (Maschineneinsatz),
- Ertragsanstieg (Landwirtschaft und Konversionsraten)
- und Ethanolfabrik (Filtersysteme und Nutzungsgrad).



**Bild 1:** Systemgrenze und Untersuchungsrahmen [1].

Diese werden mit dem BSz hinsichtlich des Primärenergiebedarfs (PE) und den Wirkungskategorien Treibhausgas- (GWP), Versauerungs- (AP), Eutrophierungs- (EP) und photochemisches Ozonbildungspotenzial (POCP) anhand [1,2] ausgewertet und einander gegenübergestellt. Grundlage ist die Funktionelle Einheit (FE) – hier definiert als die Bereitstellung von einem Flüssigkraftstoff (Ethanol) mit einem Energieinhalt eines Megajoules unterer Heizwert ( $FE \triangleq 1 \text{ MJ Ethanol}$ ). Ebenfalls findet ein Vergleich mit der Bereitstellung fossiler Kraftstoffe auf Grundlage der FE statt.

#### 4. Ergebnisse

Zu beachten ist, dass die Studie die Nutzung des Ethanols ausschließt. Da erneuerbare Energieträger die Fossilen ersetzen sollen, interessiert insbesondere der PE, d.h. die Zusammensetzung wie auch die Quantität der verschiedenen Energieträger, die zur Bereitstellung von FE notwendig sind. Für das BSz berechnet sich der PE zu ca. 2 MJ/FE. Er setzt sich nahezu ausschließlich aus dem erneuerbaren Anteil ( $PE_{ern}$ ) zusammen, der aus photosynthetischer Einbindung der Solarenergie resultiert. Neben dem PE ist global u.a. das GWP relevant. Durch Photosynthese und Gutschriften aus der Strombereitstellung durch Bagasseverbrennung wird das GWP über alle Szenarien mit negativen Potenzialwerten ausgewiesen, d.h.  $CO_2$ -Äquivalente werden eingebunden und vermindern die Treibhausrelevanz (Bild 2). Für das BSz ergibt sich ein GWP von ca.  $-0,07 \text{ kg } CO_2\text{-Äquivalente/FE}$ . Die Fehlerbalken repräsentieren die Bandbreite des Einflusses von Parametern innerhalb der Szenariengruppen. Die Spannweiten resultieren vornehmlich aus dem landestypischen Abbrand der ungerenteten Blattmasse (Ernteverfahren und Feldvorbereitung) bzw. der Wirkungsgradänderung in der Konversionsanlage (Ethanolfabrik). Andere Parameter beeinflussen die Ergebnisse weniger stark.

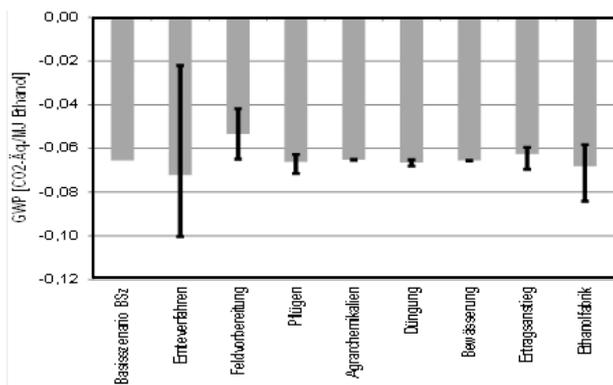


Bild 2: Basisszenario im GWP-Vergleich zu Szenariengruppen [3].

In Bild 2 sind beispielhaft die GWP-Werte mit der o.g. Spannweite der Szenarien dargestellt. Im Gegensatz zu den positiv auf die Umwelt wirkendem PE und GWP liefern AP, EP und POCP einheitlich umweltschädigende Potenzialwerte.

Es verantworten sich vornehmlich für die Werte des AP die Bagasseverbrennung und die Feldvorbereitung, für die Werte des EP das Agrarsystem aufgrund der Düngung und die Feldvorbereitung und für die Werte des POCP die Feldvorbereitung und der Abbrand bei Ernte. Ein Vergleich der Bereitstellung fossiler Kraftstoffe Brasiliens und Europas mit brasilianischem Ethanol bestätigt die generellen Aussagen, dass Ethanol bzgl. des PE und GWP zu favorisieren ist (Bild 3).

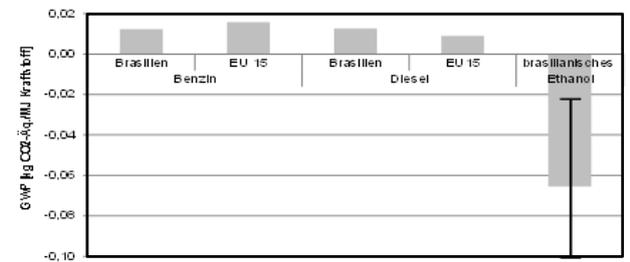


Bild 3: Vergleich ausgewählter Kraftstoffe mit Bioethanol [3].

#### 5. Fazit

Nach Untersuchung der Einflüsse veränderter Anbaubedingungen am Beispiel brasilianischen Bioethanols aus Zuckerrohr ist diese anlehnend an [1,2] als Empfehlung zu verstehen. Betreffend PE und GWP sollte Bioethanol generiert, betreffend AP, EP und POCP sollte die Konversion vermieden oder zumindest verbessert werden. Die Studie bestätigt die Aussagen der Literatur, stellt jedoch mit Betrachtung der für landwirtschaftliche Prozesse relevanten Größen sowie der Kenntnis der Einflussfaktoren eine relevante Neuerung dar. Mögliche Verbesserungspotenziale im Hinblick der Anbaubedingungen werden im Rahmen der Arbeit aufgezeigt. Zusätzliche Herausforderungen ergeben sich aufgrund des offenen sowie zeit-, standort-, und pflanzenartsspezifischen Agrarsystems, der heterogenen agrarischen Praxis und der mangelhaften Zugänglichkeit aktueller Daten. Die unzureichende Kenntnis über Stickstoffflüsse und die Regionalisierung (Ortsbezug der Landwirtschaft) erschweren die Vergleichsmöglichkeit anderer Systeme mithilfe einer global ausgerichteten Ökobilanz.

#### Literatur

- [1] DIN EN ISO 14040: Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen. Beuth Verlag, Berlin (2006).
- [2] DIN EN ISO 14044: Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen. Beuth Verlag, Berlin (2006).
- [3] Brandstetter, C. P.: Analyse des Einflusses der Anbaubedingungen von Energiepflanzen zur Verwendung in Biokraftstoffen auf die Ökobilanz ihrer Herstellung. Masterarbeit, Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart (2011).
- [4] LBP-GaBi 4: Softwaresystem und Datenbank zur Ganzheitlichen Bilanzierung. Version 4.4, Stuttgart (2011).



Universität Stuttgart  
Lehrstuhl für Bauphysik

### Lehrstuhl für Bauphysik

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Klaus Sedlbauer

70569 Stuttgart, Pfaffenwaldring 7, Tel.: 0711/685-66578, Fax: 0711/685-66583

Email: bauphysik@lbp.uni-stuttgart.de