



## 05 (2011) Neues aus der Bauphysikalischen Lehre und Forschung, kurz gefasst

Herrn Prof. Dr.-Ing. Schew-Ram Mehra zum 60. Geburtstag gewidmet

C. Zell<sup>1</sup>, T. Beck, H. Bocherens<sup>1</sup>, K. Sedlbauer

## Betrachtung der biogenen Kohlenstoffeinbindung im Rahmen von Ökobilanzen

### 1. Hintergrund

Klimawandel und Kohlendioxidemissionen sind derzeit in aller Munde. Landnutzung und Landnutzungsänderungen verursachen in großem Maßstab Kohlendioxidemissionen, denn in den meisten Fällen führen sie zu einer Verminderung der enormen Menge an Kohlenstoff, die in der Vegetation und im Boden gespeichert ist. Dabei spielen Forstwirtschaft und Rodungen eine sehr bedeutende Rolle: Sie verursachten 2004 17% aller anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen [1].

Herr Prof. Mehra setzt sich am Lehrstuhl für Bauphysik seit langem für die inhaltliche Konsolidierung der Themen ein [2]. In seinem Sinne ist daher auch die Erweiterung der an der Abteilung „Ganzheitliche Bilanzierung“ etablierten Arbeitsweise auf das Geschäftsfeld Landnutzung zu sehen, die hier aufgezeigt wird.

### 2. Auftrag und Ziel der Arbeit

Ziel der Arbeit ist es, einen Indikator zu entwickeln, mit dem die Auswirkung von Landnutzung auf die biogene Kohlenstoffeinbindung in Boden und Biomasse ausgedrückt werden kann. Zudem soll gezeigt werden, wie dieser Indikator in die Ökobilanz integriert werden kann. Ähnliche Indikatoren existieren bereits für die Auswirkungen der Landnutzung, unter anderem für den Erosionswiderstand, die Grundwasserneubildungsrate und die physikochemische Filterfähigkeit des Bodens. Für die biogene Kohlenstoffeinbindung fehlt ein solcher Indikator bislang; folglich können die durch Landnutzung entstehenden Emissionen in diesem Bereich nicht ausreichend berücksichtigt werden. Mit der Entwicklung dieses weiteren Indikators und dessen Integration in die Ökobilanz kann bei der Ökobilanzierung von biogenen Produkten wie Holzmöbel, Papier, Biodiesel oder Sojafutter zukünftig der durch die Landnutzung verursachte Ausstoß bzw. die Einbindung von Kohlenstoff evaluiert werden. Die Studie wurde im Rahmen einer Bachelorarbeit an der

Abteilung Ganzheitliche Bilanzierung (GaBi) des Lehrstuhls für Bauphysik der Universität Stuttgart erstellt [3].

### 3. Vorgehensweise

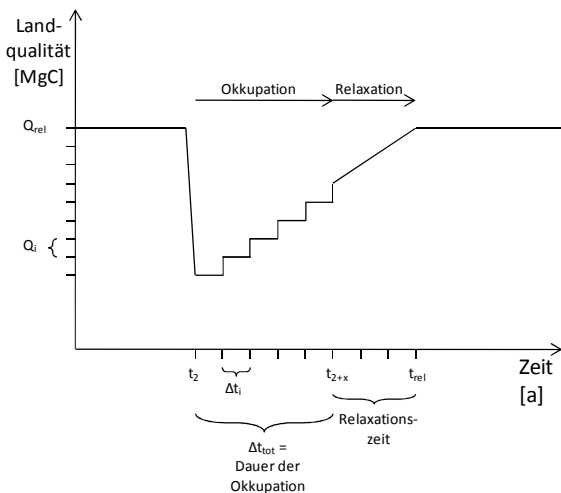
Landnutzung hat nach [4] Auswirkung auf drei Dimensionen, welche unabhängig voneinander in der Ökobilanz betrachteten Indikator berücksichtigt werden müssen: die Fläche und die Zeit, die die Landnutzung in Anspruch nimmt sowie die Landqualität vor, während und nach der Landnutzung. Aus diesen Parametern kann dann die Auswirkung der Landnutzung berechnet werden.

Die Landqualität muss für jeden Indikator individuell definiert werden. Bei der biogenen Kohlenstoffeinbindung wird sie durch die Kohlenstoffbilanz des Landes ausgedrückt. Diese muss also für verschiedene Zeitpunkte berechnet werden können. Dazu wurden sechs verschiedene Methoden und Modelle verglichen. An Hand von 14 Kriterien und einer semiquantitativen Bewertung wurde aus diesen das Modell CO<sub>2</sub>FIX [5] ausgewählt. Dieses Modell ermöglicht es, Pflanzenwachstum und Kohlenstoffumsetzung im Boden zu berechnen; Kohlenstoffgehalte und die Bilanzen einer Vielzahl an Kohlenstoffkompartimenten werden in Tabellen und Grafiken übersichtlich dargestellt.

Mit der entwickelten Methode können nun unter Zuhilfenahme von CO<sub>2</sub>FIX alle notwendigen Parameter für die Auswirkung der Landnutzung auf die biogene Kohlenstoffbilanz festgelegt (Fläche und Zeit) und berechnet (Landqualität) werden. In Bild 1 wird – zugeschnitten auf die Ausgabewerte und Berechnungsweisen von CO<sub>2</sub>FIX – schematisch die Veränderung des Kohlenstoffgehalts einer Fläche während der Landnutzung dargestellt. Q(rel) stellt den Referenzwert der Landqualität dar, der vor und nach einer Relaxationsphase, auch nach der Landnutzung vorherrscht. Dieser Kohlenstoffgehalt kann als konstant angenommen werden, wenn sich das System im Gleichgewicht befindet. Der Beginn einer Landnutzung ( $t_2$ ) ist geprägt durch die niedrigste Landqualität, da im Vorfeld ein Ereignis wie zum Beispiel eine Ernte steht.

<sup>1</sup> Universität Tübingen

Durch das Pflanzenwachstum nimmt die Qualität im Laufe der Jahre zu. Mit CO2FIX wird der Kohlenstoffgehalt für jedes Jahr ausgegeben ( $Q_i$ ), die Zeitspannen werden durch die Stufen dargestellt ( $\Delta t_i$ ). Zum Zeitpunkt  $t_{2+x}$  hört die Landnutzung auf, zum Zeitpunkt  $t_{rel}$  ist die ursprüngliche Landqualität wieder hergestellt. Zusätzlich zu den Kohlenstoffgehalten der Fläche werden auch die eingebundenen und ausgestoßenen Mengen an Kohlenstoff berechnet. Um die Auswirkung der Landnutzung mit einem Indikatorwert auszudrücken, wird die Summe des während der Dauer eines Managementzyklus ( $\Delta t_{tot}$ ) ausgestoßenen oder eingebundenen Kohlenstoffes von einem Referenzwert abgezogen. Um Doppelzählungen zu vermeiden, wird die CO<sub>2</sub>-Einbindung ins Holz nicht berücksichtigt.



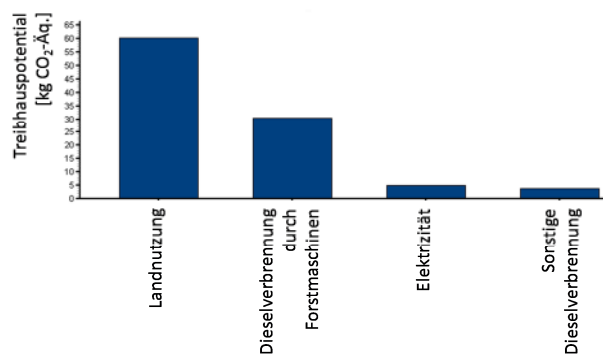
**Bild 1:** Entwicklung des Kohlenstoffgehalts während einer Landnutzung [eigene Darstellung].

Im zweiten Schritt der Arbeit wurde gezeigt, wie dieser neue Indikator in die Ökobilanz eingebaut werden kann. Als Ökobilanz-Software wird beispielhaft GaBi 4 [6] verwendet. In GaBi wird biogene Kohlenstoffeinspeicherung in Produkten in Form von CO<sub>2</sub>-Ressourcenflüssen in diese Produkte berücksichtigt. Wird nun durch die Landnutzung netto CO<sub>2</sub> emittiert, kann die jeweilige Menge als Outputfluss dieses Produkts modelliert werden; findet eine CO<sub>2</sub>-Einbindung oder Sequestration durch die Landnutzung statt, wird ein zusätzlicher CO<sub>2</sub>-Inputfluss modelliert.

#### 4. Fallbeispiel

Die neue Methode wurde auf einen Management-Zyklus in einem borealen schwedischen Forst angewendet. Boreale Wälder dienen weltweit als die größten terrestrischen Kohlenstoffspeicher [7]. Daher ist die Erforschung der Auswirkungen menschlicher Eingriffe von großer Bedeutung bei der Diskussion um den Klimawandel. In CO2FIX wurde ein Szenario entworfen, in welchem ein tausende Jahre alter Wald aus Kiefern und Tannen zur Holzproduktion nach gängigen Managementempfehlungen mit mittlerer Intensität bewirtschaftet wird. Anhand der Ergebnisse für die Landqualität kann die Auswirkung des modellierten Forstmanagement berechnet werden: Um eine Tonne Holz zu produzieren, werden 60,5 kg CO<sub>2</sub> emittiert. In Bild 2 wird das durch die Landnutzung verursachte Treibhauspotential mit dem der anderen in GaBi modellierten Forstmanagement-Prozesse vergli-

chen: Diesel für Forstmaschinen, Elektrizität und anderer Dieselverbrauch.



**Bild 2:** Treibhauspotentiale von Forstmanagement-Prozessen in GaBi.

Es wird deutlich, dass durch die Landnutzung deutlich mehr Treibhauspotential produziert wird als durch alle anderen Prozesse des Forstmanagement zusammen.

#### 5. Fazit

Die durch die Landnutzung verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen (60,5 kg/t Holz) erscheinen im Vergleich mit der Menge CO<sub>2</sub>, die natürlich im Holz eingespeichert wird (1790 kg/t Holz) sehr wenig und fast vernachlässigbar. Im Vergleich mit den anderen CO<sub>2</sub>-Emissionen, die durch das Forstmanagement entstehen, wird aber deutlich, dass diese Menge nicht vernachlässigt werden darf, da sie größer ist als alle anderen Emissionen zusammen. Weiterer Forschungsbedarf besteht hinsichtlich der Definition der zu modellierenden Managementzyklen, da die Kohlenstoffemissionen je nach verwendeten Annahmen stark schwanken können. Dennoch trägt die Methode zur Berechnung und Integration der Auswirkung von Landnutzung auf die biogene Kohlenstoffspeicherung in die Ökobilanz, die in dieser Studie entwickelt wurde, zu einer Verbesserung der Ökobilanzen biogener Produkte bei: Der neue Indikator macht die ökobilanzielle Betrachtungen ganzheitlicher als bisher.

#### Literatur

- [1] IPCC (Hrg.): Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Genf, Schweiz (2007).
- [2] Mehra, S.-R., Sedlbauer, K.: 25 Jahre Lehrstuhl für Bauphysik-Rückblick. Sonderdruck Gesundheits-Ingenieur 131 (2010), H. 5, S. 233-240.
- [3] Zell, C.: Consideration of Biogenous Carbon Sequestration in the Scope of Life Cycle Assessment. Bachelorarbeit, Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart (2010).
- [4] Milà i Canals, L. et al.: Key Elements in a Framework for Land Use Impact Assessment Within LCA; International Journal of Life Cycle Assessment (2007).
- [5] Schelhaas, M.J. et al.: CO2FIX V 3.1 - A modelling framework for quantifying carbon sequestration in forest ecosystems. Wageningen, Niederlande (2004).
- [6] LBP, PE: GaBi 4 Software-System and Databases for Life Cycle Engineering. Copyright, TM.; Stuttgart, Echterdingen (2009).
- [7] Ruesch, A. S.; Gibbs, H. K.: New IPCC Tier-1 global biomass carbon map for the year 2000 (2008).



**Universität Stuttgart**  
Lehrstuhl für Bauphysik

### Lehrstuhl für Bauphysik

Lehrstuhlinhaber: 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