

Kurzfassung

Ökobilanzen zur Bewertung von Umweltbelastungen im Pflanzenbau

Stichworte: Ackerbau, Pflanzenernährung, Ökobilanzierung

Einleitung

Eine nachhaltige und somit langfristig tragfähige Landwirtschaft muss gleichermaßen ökologische, ökonomische und soziale Aspekte berücksichtigen (Commission of the European Communities, 1999; UN-DSD, 2000). Diese Forderungen sind im wesentlichen aus den Erkenntnissen des Brundtland-Reports (WEC, 1987) abgeleitet, in dem Ökonomie, Ökologie und Soziales als gleichrangige Kernelemente der Nachhaltigkeit definiert sind. Übertragen auf die ackerbauliche Pflanzenproduktion bedeutet dies die Produktion qualitativ hochwertiger Grundnahrungsmittel, die einerseits das Einkommen der Landwirte und andererseits die Versorgung der Bevölkerung sicherstellen. Gleichzeitig soll eine möglichst umweltverträgliche Produktionsweise die Schädigung der natürlichen Ressourcen und der menschlichen Gesundheit minimieren.

Um dem Ziel einer nachhaltigen Landwirtschaft näher zu kommen, ist es daher wichtig, unterschiedliche Produktionsweisen vergleichen und beurteilen zu können. Zu diesem Zweck sind aussagekräftige Indikatoren für die verschiedenen ökonomischen, sozialen und ökologischen Wirkungen notwendig. Das Ziel dieser Arbeit ist es, zusammenfassende Indikatoren für den Teilaspekt der *ökologischen Wirkungen* ackerbaulicher Pflanzenproduktion unter besonderer Berücksichtigung der Pflanzenernährung zu entwickeln.

Die ganzheitliche Analyse der Umweltwirkungen ackerbaulicher Produktionssysteme ermöglicht beispielsweise, unter verschiedenen Anbauformen die aus ökologischer Sicht günstigste zu bestimmen oder Schwachstellenanalysen durchzuführen.

Um die Gesamt-Umweltwirkung eines Produktionssystems beurteilen zu können, müssen die unterschiedlichen Umweltwirkungen des Ackerbaus, wie zum Beispiel Nitratauswaschung, Ammoniakverflüchtigung oder Energieverbrauch, gemeinsam berücksichtigt werden. Es ist weiterhin wichtig zusätzlich zu den Umweltwirkungen, die durch den eigentlichen Ackerbau auf dem Feld verursacht werden, auch die Umweltwirkungen vorgelagerter Prozesse, wie zum Beispiel Produktion und Transport landwirtschaftlicher Betriebsmittel (Dünger, Pflanzenschutzmittel, Saatgut, Maschinen), mit in die Analyse einzubeziehen.

Die *Ökobilanzierung* bietet den Rahmen für genau diese Art der Untersuchung der Umweltwirkungen von Produkten unter Berücksichtigung des gesamten Produktionssystems

einschließlich vorgelagerter Prozesse. Das generelle Konzept der Ökobilanzierung wurde in verschiedene Ökobilanzmodelle umgesetzt (z.B. Goedkoop, 1995 [Eco-indicator'95]; Goedkoop & Spriensma, 1999 [Eco-indicator'99]; Steen & Ryding, 1993 [EPS]; BUWAL, 1998 [Schweizer Ökopunkte-Modell]). Diese Modelle wurden allerdings für industrielle Produkte und Produktionsverfahren entwickelt und weisen daher einige Schwächen auf, wenn sie zur Analyse landwirtschaftlicher Systeme angewendet werden.

Um eine umfassende Ökobilanzierung auch im Bereich des Ackerbaus zu ermöglichen, wurde die Ökobilanzmethodik in dieser Arbeit an die spezifischen Anforderungen der ackerbaulichen Pflanzenproduktion angepasst. Dabei liegt besonderes Augenmerk auf der Rolle des Düngemiteleinsatzes und seiner Umweltwirkungen.

Material und Methoden

Generell werden Ökobilanzen in vier Teilschritte untergliedert: (1) Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens, (2) Sachbilanz, (3) Wirkungsabschätzung und (4) Auswertung (SETAC, 1993; ISO, 1997).

Während der Phase der *Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens* wird das zu untersuchende System (z.B. Pflanzenproduktion), seine Funktion und Systemgrenzen beschrieben. In der darauf folgenden *Sachbilanz* werden der Ressourcenverbrauch und die auftretenden Emissionen ermittelt und in ihrer Menge erfasst. Die Sachbilanzdaten allein ermöglichen in der Regel noch keine abschließenden Schlussfolgerungen über die Vor- und Nachteile verschiedener Systeme (z.B. unterschiedlicher Düngungsniveaus in der Pflanzenproduktion). Zudem werden die Wirkungen der unterschiedlichen Emissionen und des Verbrauchs verschiedener Ressourcen in der Sachbilanz noch nicht berücksichtigt. Daher müssen die einzelnen Sachbilanzdaten im Teilschritt der *Wirkungsabschätzung* entsprechend ihrer Wirkungen auf natürliche Ökosysteme, menschliche Gesundheit und Verfügbarkeit von Ressourcen bewertet werden. In der anschließenden *Auswertungsphase* werden die Ergebnisse der Sachbilanz und Wirkungsabschätzung diskutiert und Schlussfolgerungen und Empfehlungen gegeben werden.

Zur Entwicklung einer Ökobilanzmethode speziell für die Analyse ackerbaulicher Produktionssysteme wurde in einem ersten Schritt eine in der Industrie etablierte Ökobilanzmethode (Eco-indicator'95; Goedkoop, 1995) auf ein Ackerbausystem angewendet, um die Besonderheiten der Ökobilanzierung von Ackerbausystemen darzustellen und die Schwachstellen verfügbarer Modelle zu ermitteln.

Aus dieser Studie wurde der Bedarf zur Entwicklung von Methoden für den Pflanzenbau in einzelnen Teilbereichen der Ökobilanzierung abgeleitet. Dies betrifft die Abschätzung diffuser, feldbürtiger Stickstoffemissionen (Ammoniak, Lachgas, Nitrat) in der Sachbilanz, sowie die Berechnung von Indikatoren für die Wirkungskategorien „Verbrauch abiotischer Ressourcen“ (z.B. Rohphosphat, fossile Brennstoffe) und „Naturraumverknappung“ durch Flächeninanspruchnahme innerhalb der Wirkungsabschätzung.

Um einen Vergleich der Umweltverträglichkeit unterschiedlicher Produktionsverfahren im Pflanzenbau zu ermöglichen, wurde zudem ein Wichtungsverfahren entwickelt, das die Berechnung von zwei zusammenfassenden Indikatoren (a) für den Verbrauch unterschiedlicher abiotischer Ressourcen und (b) für die übrigen Umweltwirkungen (Naturraumverknappung, Gewächshauseffekt, Versauerung, Eutrophierung) ermöglicht.

In einem letzten Schritt wurde die neu entwickelte Ökobilanzmethode an einem Fallbeispiel getestet. Bei dem untersuchten System handelt es sich um ein Weizenproduktionssystem mit unterschiedlicher Stickstoffdüngung.

Ergebnisse

- (1) Die Anwendung des verfügbaren Eco-indicator'95-Modells (Goedkoop, 1995) auf ein Ackerbausystem hat gezeigt, dass in dieser Methode wichtige Umweltwirkungen (Ressourcenverbrauch, Flächennutzung) nicht berücksichtigt werden. Auch andere für die Industrie entwickelte Ökobilanzmodelle zeigen Schwächen bei der Anwendung auf landwirtschaftliche Systeme (z.B. fehlende Berücksichtigung von Nährstoffemissionen im Eco-indicator'99, Goedkoop & Spriensma, 1999).
- (2) Auf der Basis einer Literaturstudie wurden Methoden zur Abschätzung der äußerst variablen Ammoniak- (NH_3), Lachgas- (N_2O) und Nitrat- (NO_3)-Verluste ausgewählt und zu einem Schätzrahmen zusammengefasst. In diesen Schätzrahmen wurden Methoden von Horlacher & Marschner (1990) und ECETOC (1994) für NH_3 , von Bouwman (1995) für N_2O und der DBG (Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft, 1992) für NO_3 integriert. Dadurch werden bei der Abschätzung der Nährstoffverluste wichtige Einflussfaktoren auf die Emissionen, wie zum Beispiel Boden-, Klima- und Bearbeitungsparameter (z.B. Düngung), berücksichtigt.
- (3) Für die Umweltwirkung „Verbrauch abiotischer Ressourcen“ wurde im Unterschied zu anderen Ansätzen in dieser Arbeit der Verbrauch solcher Ressourcen, die unterschiedliche Funktionen haben und daher nicht durch einander substituierbar sind (z.B. Rohphosphat, Kalisalz, Öl), jeweils als separates Umweltproblem behandelt. Eine abschließende

Zusammenfassung nicht-äquivalenter Ressourcen zu einem aggregierten Indikator für den Gesamt-Ressourcenverbrauch erfolgte nach einem zusätzlichen Wichtungsschritt, der in dieser Arbeit entwickelt wurde.

- (4) Im Ackerbau werden große Flächen für die Pflanzenproduktion in Anspruch genommen. Diese Flächennutzung führt zu einer Verknappung des Naturraums und beeinflusst zum Beispiel die Biodiversität in erheblichem Ausmaß. In der in dieser Arbeit entwickelten Ökobilanzmethode umfasst die Abschätzung der Umweltwirkungen durch die Flächeninanspruchnahme zwei Aspekte: (a) die Größe der Fläche, die für eine bestimmte Zeit genutzt wird und (b) die Intensität dieser Nutzung, das heißt wie sehr eine bestimmte Nutzungsart den Naturraum beeinflusst. Während der erste Aspekt direkt als physikalische Größe ermittelt werden kann, wird für den zweiten Punkt ein geeigneter Indikator benötigt. Das Hemerobie-Konzept liefert genau einen solchen Indikator, da es zu dem Zweck entwickelt wurde, den Natürlichkeitsgrad einer Fläche zu beschreiben (Kowarik, 1999). Im Hemerobie-Konzept werden genutzte Flächen (z.B. bebautes Gebiet oder extensive Weide) entsprechend ihrer Abweichung von einem unbeeinflussten Naturzustand in Klassen unterschiedlicher Natürlichkeit eingeteilt. In dieser Arbeit wurde das Hemerobie-Konzept genutzt, um eine neue Methode zur Wirkungsabschätzung der Naturraumbeanspruchung in Ökobilanzen einzubinden.
- (5) Eine Bewertung des Gefährdungspotentials der unterschiedlichen Umwelteffekte wurde vorgenommen, um eine Zusammenfassung der Einzelindikatoren je Effekt zu einem aggregierten Umweltindikator zu ermöglichen. Diese Bewertung, in Ökobilanzen als Wichtung bezeichnet, wurde durch einen Vergleich zwischen dem Ist-Zustand eines jeden Umwelteffektes mit einem definierten Soll-Zustand für den entsprechenden Effekt durchgeführt („Distance-to-Target“ Prinzip). In dieser Studie wurden international akzeptierte Umweltziele für die Definition des Soll-Zustands genutzt, da diese einen Konsens zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft reflektieren.
- (6) Während bis hierher die Ergebnisse der Methodenentwicklung im Vordergrund standen, werden im Folgenden die Ergebnisse der Anwendung dieser Methoden auf ein Fallbeispiel dargestellt. Dabei wurden die Umweltwirkungen unterschiedlicher N-Düngungsraten in der Winterweizenproduktion untersucht. Die Anwendung zeigte, dass die neu entwickelte Ökobilanzmethode die Erfassung und Bewertung der Umwelteffekte ermöglicht, die für Ackerbausysteme und insbesondere die Pflanzenernährung relevant sind. Die Berücksichtigung des gesamten Produktionssystems inklusive der Bereitstellung der Betriebsmittel erlaubt, die bilanzierten Umweltwirkungen ihren Ursprüngen zuzuordnen

und auf dieser Basis Verbesserungspotentiale aufzuzeigen. Die abschließende Aggregierung der Einzelwirkungen zu einem Umweltindikator macht einen Vergleich der Vorzüglichkeit unterschiedlicher Pflanzenbausysteme aus Umweltsicht möglich. Das Fallbeispiel zeigte weiterhin, dass die Gesamt-Umweltwirkung bezogen auf eine Tonne Weizenkorn sowohl bei N-Gaben, die den Pflanzenbedarf überschreiten, als auch bei unterlassener N-Düngung stark ansteigt. Im ersten Fall bildet der Beitrag zur Eutrophierung von Gewässern das größte Umweltproblem, im zweiten Fall die Naturraumbeanspruchung. Von reduzierter zu ökonomisch optimaler N-Düngung steigt die Gesamt-Umweltbelastung nur langsam an. Bei ökonomisch optimaler N-Düngung (192 kg N/ha) trägt die Eutrophierung von Gewässern am stärksten zur Gesamtbelastung bei, während die übrigen Umwelteffekte etwa gleiche Beiträge zur Gesamtbelastung aufweisen.