

## Beitragsserien: Stoffstromanalysen landwirtschaftlich-industrieller Produktlinien

Hrsg.: Michael Flake, Otto Richter

Institut für Geoökologie, Technische Universität Braunschweig, D-38106 Braunschweig

### Übersicht: Teil I-V

- Teil I:** UWSF (5) 2000. Stoffstromanalysen landwirtschaftlicher Produktionsverfahren: Kopplung der technischen Systeme mit agrarökologischen Prozessen (Hilmar Möhlmann, Anja Hansen, Michael Flake, Otto Richter)
- Teil II:** UWSF (6) 2000. Stoffstromnetze für Fruchtfolgen: Analyse ausgewählter Marktfruchtfolgen niedersächsischer Ackerbaubetriebe (Anja Hansen, Edda Heuer, Michael Flake)
- Teil III:** UWSF (1) 2001. Stoffstromanalyse – Ein Instrument zur Effizienzkontrolle von Umweltschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft (Edda Heuer, Michael Flake)
- Teil IV:** UWSF (2) 2001. Nachwachsende Rohstoffe als Alternative zu Kunststoff: Vergleichende Lebensweganalyse eines Verkleidungsbauteiles aus einem Hanfverbundwerkstoff und ABS-Spritzguss (Kirsten Wötzel, Michael Flake)
- Teil V:** UWSF (3) 2001. Bewertung landwirtschaftlicher und industrieller Stoffströme: Bewertung landwirtschaftlicher und industrieller Stoffströme anhand eines Naturharzöl-Imprägniergrundes: Vergleich verschiedener Bewertungsverfahren (Joachim Heilmann, Michael Flake)

### Teil I: Stoffstromanalysen landwirtschaftlicher Produktionsverfahren: Kopplung der technischen Systeme mit agrarökologischen Prozessen

Hilmar Möhlmann, Anja Hansen, Michael Flake, Otto Richter

In der Diskussion über eine umweltgerechte Landbewirtschaftung und für die Bewertung von Produkten landwirtschaftlicher Herkunft bieten sich zur Quantifizierung von Umwelteffekten methodische Verfahren an, die ursprünglich nicht in landwirtschaftlichen Zusammenhängen entstanden. So entwickelte sich die Methodik der Ökobilanzen bis zu ihrem heutigen Stand überwiegend aus Analysen industrieller Produktlinien und Produktionsketten. Bei der Übertragung auf die Landwirtschaft wird im Rahmen der Ökobilanzierung versucht, die durch landwirtschaftliche Tätigkeiten ausgelösten Stoffflüsse möglichst umfassend zu analysieren, ihnen bestimmte Umweltwirkungen zuzuweisen und eine anschließende Bewertung dieser Wirkungen vorzunehmen. Stoffstromanalysen können Auswirkungen erfassen, die über die Grenzen des landwirtschaftlichen Betriebes hinausgehen: So werden z.B. die ökologischen Effekte im Zuge der Bereitstellung von Betriebsmitteln wie Dünge- oder Pflanzenschutzmittel mit betrachtet. Im Rahmen innerbetrieblicher Entscheidungen wird nicht nur über die Intensität des Betriebsmitteleinsatzes, sondern auch durch die Auswahl der Betriebsmittel die Quantität der mit ihrem Einsatz verbundenen Umweltwirkungen beeinflusst.

Ein besonderes Merkmal landwirtschaftlicher Stoffstromanalysen liegt in der Verknüpfung technischer Systeme (z.B. Landmaschinen) mit agrarökologischen Prozessen (z.B. N-Dynamik im Boden). Teil I dieser Serie legt den Rahmen für die landwirtschaftlichen Stoffstromanalysen fest. Die Bilanzierung der landwirtschaftlichen Produktionsverfahren reicht für die Bereitstellung von Betriebsmitteln zurück bis zur Förderung von Energieträgern und mineralischen Rohstoffen aus den Lagerstätten. Im Bereich der Düngemittel werden die wichtigsten in der Bundesrepublik eingesetzten mineralischen Düngemittel erfasst. Bei den Pflanzenschutzmitteln kann die Bereitstellung im wesentlichen nach einem Ansatz von Green (1987) abgebildet werden. Bezüglich des landwirtschaftlichen Produktionsverfahrens konnte im Bereich der Landtechnik auf zahlreiche Basisdaten (z.B. KTBL (1997) und eigene Erhebungen zurück-

gegriffen werden, die sich auf den Einsatz von Ackerschleppern mit verschiedenen Gerätekombinationen beziehen. Die daraus resultierenden Umweltwirkungen werden in Abhängigkeit von einer Vielzahl technischer und standortspezifischer Parameter beschrieben.

Die Bestandesdynamik der betrachteten Ackerfrüchte (Getreide, Zuckerrüben, Raps) wird in Abhängigkeit der Nährstoffe Stickstoff, Phosphor, Kalium und Calcium beschrieben. Der Stickstoff-Fluss im System Pflanze, Boden und Atmosphäre wird dabei in seiner zeitlichen Dynamik erfasst. Basisdaten dazu entstammen in erster Linie einem Ansatz von Krayl (1993) sowie eigenen Auswertungen von Versuchsergebnissen. Aus dem Bestreben heraus, das stoffstromanalytische Modell möglichst schnell auf die Produktion auf anderen Standorten oder in anderen Regionen anwenden zu können, werden Stickstoffmineralisation und N-Verluste in Abhängigkeit einiger weniger, mit geringem messtechnischen Aufwand bestimmbarer Standortparameter betrachtet. Dabei kann auch der Austrag von Stickstoff in die Hydrosphäre abgeschätzt werden. Für die Makronährstoffe wird lediglich der Bedarf betrachtet und in Abhängigkeit des Stickstoffdüngungsniveaus abgeschätzt.

Im Rahmen des ersten Beitrages werden ausgewählte Umwelteffekte landwirtschaftlicher Produktionsverfahren bis zum Übergang der Erntegüter in die weiterverarbeitende Industrie unter Berücksichtigung verschiedener Standortbedingungen berechnet und durch abweichende Szenariensimulationen ergänzt. Dabei wird für alle betrachteten Szenarien die Bereitstellung von Düngemitteln – und davon wiederum die eigentliche Produktion – als ein die Mehrzahl der untersuchten Emissionen und Aufwendungen bestimmendes Segment identifiziert. Für einige Stoffe, insbesondere für N<sub>2</sub>O und NH<sub>3</sub>, weisen allerdings die Beiträge aus der Landwirtschaft einen mindestens ebenbürtigen Einfluss auf die gesamten Emissionen über alle Lebenswegabschnitte auf. Damit wird auch die Bedeutung des Forschungsbedarfs zur genaueren Quantifizie-

rung der  $N_2O$ -Emissionen aus der Landwirtschaft deutlich. – Des Weiteren werden anhand der gewählten Wirkungskategorien die ökologischen Optimierungspotentiale von Variationen des landwirtschaftlichen Betriebsmitteleinsatzes und Produktionsverfahrens im Gesamtzusammenhang der Bereitstel-

lung abgeschätzt. So können die Effekte eines reduzierten Düngereinsatzes, eines Wechsels der Düngerform und der Herkunftsregion des N-Düngers sowie einige Variationen im Bereich der maschinellen Feldarbeit quantifiziert werden.

## Teil II: Stoffstromnetze für Fruchtfolgen: Analyse ausgewählter Marktfruchtfolgen niedersächsischer Ackerbaubetriebe

Anja Hansen, Edda Heuer, Michael Flake

Die weiterführende Aufgabe bei der Durchführung von Stoffstromanalysen in der Landwirtschaft ist die Erstellung der **Betriebsbilanz**. Hierfür werden nicht die einzelnen Fruchtfolgeglieder beurteilt, sondern es steht der landwirtschaftliche Betrieb mit seinem technischen Inventar, seiner standörtlichen Vielfalt (Böden, Relief, räumliche Ausdehnung) und seiner spezifischen Fruchtfolgegestaltung im Mittelpunkt der Untersuchung. Die Ergebnisse dieser Studien werden in Teil II der Serie vorgestellt.

Jeder Landwirt betreibt ein Stoffstrommanagement für die Pflanzennährstoffe, wenn er seine Düngegaben für die Erzielung eines optimalen Ertrages in der nächsten Anbauperiode kalkuliert. Dabei beeinflussen ihn neben ökologischen Fragestellungen vor allem ökonomische Beweggründe, wenn er entscheidet, welche Maßnahmen er durchführt und welche Stoffe er einsetzt, um auf seinen Flächen einen maximalen Gewinn zu erwirtschaften.

Ziel des Stoffstrommanagements ist die Identifizierung der Umweltwirkungen und darauf aufbauend die Ermittlung von Optimierungspotentialen sowohl in ökologischer als auch ökonomischer Sicht. So geht z.B. der Dieselverbrauch in die variablen Kosten zur Berechnung des Deckungsbeitrags in die landwirtschaftliche Betriebsbilanz ein und hat somit nicht nur hinsichtlich der Reduzierung von Luftschadstoffen eine Bedeutung.

Die Ergebnisse von Stoffstromanalysen für drei Ackerbaubetriebe Niedersachsens lassen sich wie folgt zusammenfassen: Für die Produktionsverfahren in Marktfruchtbetrieben lassen sich weitgehend vollständige Stoffstromnetze erstellen, welche die wichtigsten Fruchtfolgeglieder Winter- und Sommergetreide,

Raps, Kartoffeln und Zuckerrüben berücksichtigen. Die Bewertung der Betriebsweisen erfolgt im wesentlichen anhand der Umweltwirkungen Rohstoffverbrauch, Energiebedarf (KEA) und Emission von luftgetragenen Schadstoffen.

Die Übertragbarkeit des Stoffstromnetzes auf andere Marktfruchtbetriebe mit ähnlichen Fruchtfolgen ist gegeben, wobei der Aufwand für die Datenbeschaffung und Parametrisierung vertretbar ist. Das entwickelte Stoffstromnetz kann zur Beurteilung von Einzelbetrieben, von einzelnen Früchten oder auch zum Vergleich von Betriebssystemen untereinander herangezogen werden. Von großer Bedeutung ist je nach Anwendung die Wahl der funktionellen Einheit oder Vergleichsbasis (inputorientierte oder ertragsbezogene Bilanzierung).

Das gesamte Netz kann als Modul verwendet und bei anderen Bilanzierungen, z.B. der industriellen Weiterverarbeitung von Nahrungsmitteln, als Vorkette für die in die Produktion eingehenden landwirtschaftlichen 'Rohstoffe' verwendet werden (Winterweizen – Mühle, Braugerste – Mälzerei, Zuckerrüben – Zuckerfabrik).

Betriebliche Szenarienrechnungen werden erheblich an Aussagekraft gewinnen, wenn auch die monetären Flüsse berücksichtigt werden, da sie in der Realität das Hauptentscheidungskriterium für den Landwirt hinsichtlich der Wahl der Betriebsweise sind. Dazu bieten sich als Basiseinheit die Deckungsbeiträge der Früchte an. Ebenso ist eine Einbeziehung der markt- und agrarpolitischen Rahmenbedingungen nötig. Auch in dieser Hinsicht wird der Frage der Indikatoren bei der Bewertung von landwirtschaftlichen Systemen in der zukünftigen Forschung noch erhebliche Bedeutung zukommen. – Diese Fragestellung wird in Teil III der Beitragsreihe erörtert.

## Teil III: Stoffstromanalyse – Ein Instrument zur Effizienzkontrolle von Umweltschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft

Edda Heuer, Michael Flake

In Deutschland haben Maßnahmen zum Grundwasserschutz vielfach zum alleinigen Ziel, die Nitratauswaschung in Trinkwasserschutzgebieten zu verringern. Häufig werden bei einer solchen lokal begrenzten Zielsetzung regionale oder globale Umweltaspekte außer Acht gelassen. Im Rahmen dieser Arbeit erfolgt daher mittels Stoffstromanalyse eine ganzheitliche Betrachtung und Bewertung dieser Maßnahmen hinsichtlich ihrer Umweltwirkungen. In die Untersuchung sind sowohl die direkt der landwirtschaftlichen Produktion zuzuordnenden Prozesse – inklusive der natürlichen im Boden – als auch die indirekten Prozesse bei der Bereitstellung der Betriebsmittel eingeschlossen.

Die Stoffstromanalyse zeigt, dass die größten Umweltwirkungen der analysierten Anbauverfahren mit der Düngerbereitstellung und deren Anwendung in Zusammenhang gebracht werden können, gefolgt vom Dieselverbrauch beim

Einsatz landwirtschaftlicher Maschinen. Als Quintessenz daraus bewirken die grundwasserschonenden Maßnahmen mit einem geringeren Faktoreinsatz, wie z.B. die Reduzierung des N-Düngers, eine Minderung der Umweltbeeinträchtigungen. Dagegen werden die Umweltwirkungen der Verfahren, die eine Erhöhung des Betriebsmitteleinsatzes mit sich bringen, verstärkt, wie z.B. beim Anbau von Zwischenfrüchten. Eine endgültige Bewertung der ökologischen Wirkungen auf Basis der Sachbilanz ist allerdings schwierig, da im Gegensatz zum technischen Bereich der landwirtschaftlichen Produktion die natürlichen Abläufe auf der Ackerfläche mit dem Stoffstromnetz nur begrenzt erfasst werden können.

Für die Akzeptanz der Grundwasserschutzmaßnahmen ist es ein wichtiges Kriterium, ob die daraus entstehenden wirtschaftlichen Nachteile für den Landwirt durch die Entschädigungsleistungen ausgeglichen werden. Die Überprüfung die-

