

Andreas Patyk
Guido A. Reinhardt

**Düngemittel –
Energie- und Stoffstrombilanzen**

Aus dem Programm
Chemie / Umweltwissenschaften

Guido A. Reinhardt, Andreas Heintz
Chemie und Umwelt

Martin Kaltschmitt, Guido A. Reinhardt
**Nachwachsende Energieträger: Grundlagen,
Verfahren, ökologische Bilanzierung**

Frithjof Staiß
Photovoltaik
Technik, Potentiale und Perspektiven
der solaren Stromerzeugung

Dieter Meissner
Solarzellen
Physikalische Grundlagen und Anwendung

Karl Tiltmann, Holger Schlizio, Martina Flöth
Abfallentsorgung im Ausland
Die EG-Abfallverbringungsverordnung

Christa Knorr, Thomas v. Schell (Hrsg.)
Mikrobieller Schadstoffabbau

Andreas Patyk
Guido A. Reinhardt

Düngemittel – Energie- und Stoffstrombilanzen



Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Dr. Andreas Patyk
Dr. Guido A. Reinhardt
ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung
Heidelberg GmbH
Wilckensstr. 3, D-69120 Heidelberg
Tel.: 06221-4767-0; FAX: 06221-4767-19
e-Mail: IFEU @ IFEU.COM

Alle Rechte vorbehalten

© Springer Fachmedien Wiesbaden 1997

Ursprünglich erschienen bei Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 1997.



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Gedruckt auf säurefreiem Papier

ISBN 978-3-663-08015-2 ISBN 978-3-663-08014-5 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-663-08014-5

Vorwort

Seit einer Reihe von Jahren erstellen wir Ökobilanzen, und immer wieder sehen wir uns mit dem unerfreulichen Umstand konfrontiert, daß es meist sehr mühselig und oft unmöglich ist, für einen bestimmten Prozeß Basisdaten wie Energieeinsatz oder Emissionsfaktoren aus vorhandenen Publikationen, etwa anderen Ökobilanzen, zu erhalten. Der Grund dafür ist die häufig unzureichende Dokumentation, die nicht nur die Verwendbarkeit publizierter ökologischer Bilanzen für weitere Arbeiten, sondern auch die Validierbarkeit der Bilanzergebnisse selbst stark einschränkt. Natürlich soll nicht der Eindruck entstehen, daß keine umfassend dokumentierten Arbeiten vorliegen; gerade für den Bereich der Energiebereitstellung existiert eine ganze Reihe. Insgesamt sind es trotz des beginnenden Aufbaus verschiedener Basisdatenbanken für Ökobilanzen seit Anfang der 90er Jahre jedoch noch viel zu wenige.

So entstand die Idee dieses Buches, Basisdaten abzuleiten für eine in Ökobilanzen in der Landwirtschaft wichtige Prozeßkette: die Produktion, Bereitstellung und Verwendung von Düngemitteln. Diese Prozeßschritte sind in landwirtschaftlichen Ökobilanzen ergebnisbestimmend, so daß sich eine detaillierte Beschäftigung mit ihnen und eine lückenlose Dokumentation aller Daten lohnt.

Maßgabe dabei war,

- jeden einzelnen Bilanzierungsschritt zu begründen und zu dokumentieren,
- alle Basisdaten, Zwischenrechnungen und Endergebnisse einzeln auszuweisen,
- die Dokumentation so anzulegen, daß ein Anwender unter Einbindung eigener prozeß- oder auch landesspezifischer Datensätze oder anderer bzw. veränderter Bedingungen (z. B. andere Transportmittel, -entfernung) ohne endlose Mühe die entsprechenden Ergebnisdaten selbst ableiten kann.

Dies ist sicher ein hoher Anspruch. Vielleicht stellt dieses Buch auch nur einen Versuch dar, diesem Anspruch gerecht zu werden. Zumindest hoffen wir jedoch, daß es – abgesehen natürlich von der reinen Verwendbarkeit der vielen Basisdaten – eine Diskussionsgrundlage, vielleicht sogar mit Vorbildcharakter, für eine bis ins Detail lückenlose Ableitung und Dokumentation für Energie- und Stoffstrombilanzen von Prozessen bzw. Produkten darstellt.

In diesem Sinne möchten wir auch unsere Leser ermutigen, nach fehlenden oder nicht nachvollziehbaren Ableitungen, Berechnungen oder Literaturstellen Ausschau zu halten. Sollten sich dazu oder selbstverständlich auch zu inhaltlichen Aspekten Diskussionsbedarf oder Anmerkungen ergeben, so bitten wir den fündigen Leser um entsprechende Mitteilung. Wir drohen in solchen Fällen mit einem Rezensionsexemplar einer dadurch möglicherweise notwendig werdenden überarbeiteten Auflage.

Abschließend wollen wir noch darauf hinweisen, daß ein Großteil des Zahlenmaterials von uns im Rahmen des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Projekts „Ganzheitliche Bilanzierung von nachwachsenden Energieträgern unter verschiedenen ökologischen Aspekten“ erarbeitet wurde. Darauf aufbauend wurden die weiterführenden Arbeiten gefördert durch den ifeu – Verein für Energie- und Umweltfragen e.V. Heidelberg.

Die Erstellung dieses Buches war – wieder einmal – deutlich aufwendiger, als wir ursprünglich angenommen hatten, und wäre ohne fremde Unterstützung direkter wie indirekter Art wohl kaum in dieser Form und Ausführung gelungen. Ad personam bedanken wollen wir uns bei Theis Terwey für die Anfertigung der Grafiken, Sabine Eden für das Erstellen des Endlayouts, Christine Bier für redaktionelle Arbeiten sowie das sorgfältige Korrekturlesen, bei Ellen Frings, Jürgen Giegrich, Udo Meyer und Mario Schmidt (alle ifeu) für die vielen inhaltlichen Anmerkungen und die Übernahme einiger Textpassagen sowie Dr. Angelika Schulz vom Verlag Vieweg, die wegen der verzögerten Manuskripterstellung umdisponieren mußte. Von ganzem Herzen danken wir auch unseren Kollegen und Kolleginnen am ifeu und insbesondere auch unseren Freunden und Familien, die – leider viel zu oft – nicht nur zeitliche Engpässe unsererseits, sondern als Folge gelegentlicher Überarbeitung auch Defizite an Ausgeglichenheit zu ertragen hatten.

Heidelberg, im Dezember 1996

Andreas Patyk
Guido Reinhardt

Inhaltsverzeichnis (Übersicht)

Teil I Allgemeine Grundlagen

- 1 Einleitung
- 2 Düngemittel: Ein Überblick
- 3 Energie- und Stoffstrombilanzen: Theorie und Praxis

Teil II Energie- und Stoffstrombilanzen von Düngemitteln

- 4 Basisinformationen und Rahmenannahmen
- 5 Datenbasis und Datenqualität
- 6 Bilanzierung: Düngemittelproduktion
- 7 Bilanzierung: Transportprozesse
- 8 Bilanzierung: Energieträger
- 9 Energie- und Stoffstrombilanzen der Düngemittelbereitstellung
- 10 Zusammenfassung und Ausblick

Teil III Anhang

- 11 Energie- und Stoffstrombilanzen: Ergänzungen und Differenzierungen
- 12 Bereitstellung der Daten auf Diskette
- 13 Exkurs: Ausbringung von Düngemitteln
- 14 Exkurs: Nutzung von Düngemitteln
- 15 Abkürzungen, Einheiten, Symbole
- 16 Literatur

Inhaltsverzeichnis

Teil I Allgemeine Grundlagen

1 Einleitung	3
2 Düngemittel: Ein Überblick	9
2.1 Hauptnährelemente: Klassifikation und Funktion	9
2.2 Düngemittelarten und ihre Herstellung.....	18
2.3 Düngemittelverbrauch.....	23
3 Energie- und Stoffstrombilanzen: Theorie und Praxis	27
3.1 Ökologische Bewertungsinstrumente	27
3.2 Energie- und Stoffstrombilanzen im Kontext ökologischer Bilanzierungen	31
3.2.1 Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens.....	33
3.2.2 Sachbilanz	34
3.2.3 Wirkungsabschätzung	35
3.2.4 Auswertung	35
3.2.5 Zusammenfassung	36
3.2.6 Exkurs: „Allgemeine Systemannahmen“ in Ökobilanzen.....	36
3.2.6.1 Funktionale Einheit/Bezugsgröße	36
3.2.6.2 Untersuchungsoptionen/Lebenswege	36
3.2.6.3 Systemgrenzen der Lebenswege	36
3.2.6.4 Geographische und zeitliche Systemgrenzen.....	39
3.2.7 Exkurs: „Auswahl der Wirkungskategorien und ...“ in Ökobilanzen	39
3.2.7.1 Ressourcenverbrauch	40
3.2.7.2 Naturraumbeanspruchung.....	44
3.2.7.3 Treibhauseffekt	44
3.2.7.4 Ozonabbau	45
3.2.7.5 Versauerung	46
3.2.7.6 Eutrophierung	46
3.2.7.7 Human- und Ökotoxizität.....	46
3.2.7.8 Sommersmog	48
3.2.7.9 Lärmbelastung.....	48

Teil II Energie- und Stoffstrombilanzen von Düngemitteln

4 Basisinformationen und Rahmenannahmen	53
4.1 Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens	53
4.1.1 Hintergrund der Studie	53
4.1.2 Ziel der Untersuchung	54
4.1.3 Anwender und Zielgruppen der Ökobilanz	54
4.1.4 Allgemeine Informationen über die Ökobilanzstudie	54
4.1.5 Allgemeine Beschreibung der Bilanzierungsobjekte	54
4.1.6 Allgemeine Systemannahmen	55
4.1.6.1 Funktionale Einheit	55
4.1.6.2 Untersuchungsoptionen/Lebensweg	55
4.1.6.3 Systemgrenzen der Lebenswege	56
4.1.6.4 Geographische Systemgrenzen	56
4.1.6.5 Zeitliche Systemgrenzen	56
4.1.7 Detaillierungsgrad	57
4.1.8 Auswahl der zur Wirkungsabschätzung verwendeten Methoden	57
4.2 Festlegung der Bilanzierungsparameter und -verfahren	58
4.2.1 Ressourcenverbrauch.....	58
4.2.1.1 Energie	58
4.2.1.2 Mineralische Ressourcen	59
4.2.2 Naturraumbeanspruchung	60
4.2.3 Treibhauseffekt.....	61
4.2.4 Ozonabbau.....	62
4.2.5 Versauerung.....	62
4.2.6 Eutrophierung.....	63
4.2.7 Human- und Ökotoxizität.....	63
4.2.8 Sommersmog.....	64
4.2.9 Lärmbelastung	65
4.2.10 Zusammenstellung der Bilanzierungsparameter	65
5 Datenbasis und Datenqualität	67
6 Bilanzierung: Düngemittelproduktion	72
6.1 Stickstoffdünger.....	72
6.1.1 Marktanteile und Herkunftsländer.....	72
6.1.2 Energie- und Stoffeinsatz	75
6.1.3 Emissionen	88
6.1.4 Energie- und Stoffstrombilanzen der N-Düngerproduktion.....	93
6.2 Phosphatdünger.....	95
6.2.1 Marktanteile und Herkunftsländer.....	95
6.2.2 Energie- und Stoffeinsatz	98
6.2.2.1 Schwefelsäure: Verfahrensanteile, Energie- und Stoffeinsatz.....	98
6.2.2.2 P-Düngemittel	106

6.2.3 Emissionen	113
6.2.4 Energie- und Stoffstrombilanzen der P-Düngerproduktion	114
6.3 Kaliumdünger	117
6.3.1 Marktanteile und Herkunftsländer.....	117
6.3.2 Energie- und Stoffeinsatz	118
6.3.3 Emissionen	121
6.3.4 Energie- und Stoffstrombilanzen der K-Düngerproduktion.....	121
6.4 Düngekalk	123
6.4.1 Marktanteile und Herkunftsländer.....	123
6.4.2 Energie- und Stoffeinsatz	124
6.4.3 Emissionen	125
6.4.4 Energie- und Stoffstrombilanzen der Düngekalkproduktion	126
7 Bilanzierung: Transportprozesse	128
7.1 Spezifischer Energieverbrauch und Emissionen von Transportmitteln.....	128
7.1.1 LKW	128
7.1.2 Bahn.....	131
7.1.3 Schiffe	133
7.1.4 Pipeline.....	135
7.2 Transportentfernungen im Düngemitteltransport	136
7.2.1 Stickstoffdünger	137
7.2.2 Phosphatdünger	138
7.2.3 Kaliumdünger.....	139
7.2.4 Düngekalk	139
7.3 Zusammenführung	140
8 Bilanzierung: Energieträger	142
8.1 Energieträger auf Erdölbasis.....	143
8.1.1 Rohölbereitstellung: Förderung, Aufbereitung, Transport zur Raffinerie	143
8.1.2 Raffinerieprozeß	145
8.1.3 Transport	148
8.1.4 Emissionen	148
8.1.5 Zusammenführung.....	149
8.2 Stein- und Braunkohle	151
8.3 Erdgas	156
8.4 Uran.....	158
8.5 Strom.....	159
8.5.1 Energieeinsatz	160
8.5.2 Emissionen	161
8.5.3 Zusammenführung.....	161

9 Energie- und Stoffstrombilanzen der Düngemittelbereitstellung	164
9.1 Stickstoffdünger	165
9.2 Phosphatdünger	168
9.3 Kaliumdünger	170
9.4 Düngekalk	172
10 Zusammenfassung und Ausblick	175

Teil III Anhang

11 Energie- und Stoffstrombilanzen: Ergänzungen und Differenzierungen	183
11.1 Düngemittelproduktion nach Düngemittelarten und Produktionsländern	183
11.2 Düngemittelbereitstellung nach Ortsklassen und Lebenswegabschnitten	191
11.3 Bereitstellung von Endenergieträgern: Basisemissionsfaktoren	196
12 Bereitstellung der Daten auf Diskette	198
13 Exkurs: Ausbringung von Düngemitteln	203
13.1 Spezifischer Energieeinsatz und Emissionen von Ackerschleppern	204
13.1.1 Zeitbezogener Energieverbrauch	204
13.1.2 Emissionsfaktoren	205
13.2 Zeitaufwand der Düngemittelausbringung	206
13.3 Zusammenführung und Vergleich: Bereitstellung und Ausbringung von Düngemitteln	207
14 Exkurs: Nutzung von Düngemitteln	209
14.1 Stickstoffdüngemittel	209
14.2 Düngekalk	210
15 Abkürzungen, Einheiten, Symbole	211
16 Literatur	212