

Energieeffiziente Landwirtschaft

KTBL-Tagung vom
8. bis 9. April 2008
in Fulda



Konzeption

Helmut Döhler
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt

Prof. Dr. Dr.-habil. Josef Boxberger
Universität für Bodenkultur, Institut für Landtechnik
Peter-Jordan-Strasse 82 | A-1190 Wien

Projektbetreuung

Susanne Kröttsch
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt

© 2008
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt
Telefon (06151) 7001-0 | Fax (06151) 7001-123
E-Mail: ktbl@ktbl.de | <http://www.ktbl.de>

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung von Texten und Bildern, auch auszugsweise, ist ohne Zustimmung des KTBL urheberrechtswidrig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Herausgegeben mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) | Bonn

Redaktion

Helmut Döhler, Henning Eckel, Stephan Fritzsche, Dr.-Ing. Norbert Fröba, Dr. Jens Grube, Dr. Wilfried Hartmann, Susanne Kröttsch, Dr. Ulrike Klöble, Dr. Florian Klöpfer, Claudia Molnar, Dr. Anke Niebaum, Ursula Roth, Norbert Sauer, Dr. Ute Schultheiß | KTBL

Titelfoto

© Werkbild Väderstad-Verken | Väderstad Sweden

Vertrieb

KTBL | Darmstadt

Druck

Druckerei Lokay | Reinheim

ISBN 978-3-939371-59-5

Printed in Germany

Vorwort

Die Agrarwirtschaft steht vor einer der größten Herausforderungen. Immer mehr Menschen benötigen immer größere Mengen an Lebensmitteln; darüber hinaus steigt die Nachfrage nach energie- und rohstoffintensiv erzeugten „veredelten“ Nahrungsmitteln aus der Nutztierhaltung. Hinzu kommt der Anspruch, die landwirtschaftliche Fläche zur Erzeugung von regenerativen Energien und nachwachsenden Rohstoffen zu nutzen.

Diese Ansprüche werden nur annähernd erfüllt werden können, wenn die begrenzt verfügbaren Ressourcen wie Fläche, Wasser, Nährstoffe usw. effizient genutzt werden. Der Ressource Energie kommt dabei eine Schlüsselrolle zu, weil deren effiziente Nutzung zum einen zur Schonung der weltweiten Vorräte, zum anderen aber auch zur Minderung der klimawirksamen Emissionen beiträgt.

Während die Energiebilanzen für die Betriebsmittel im Pflanzenbau, ebenso wie die des Anbaues von Energiepflanzen und der Erzeugung von Biokraftstoffen, häufig – auch kontrovers – diskutiert werden, liegen zur Energieeffizienz der Futtermittel wenige Informationen vor. Gerade vor dem Hintergrund knapper Ressourcen und steigender Rohstoff- und Energiepreise ist die Verbesserung der Energieeffizienz in Verfahren des Pflanzenbaus, der Tierhaltung und für regenerative Energien eine prioritäre Aufgabe.

Mit der Tagung „Energieeffiziente Landwirtschaft“ im Rahmen der KTBL-Tage 2008 werden die Fortschritte hinsichtlich Energieeffizienz in der Agrartechnik und Betriebsmittelbereitstellung dargestellt, die Produktionsrichtungen mit der höchsten Energieeffizienz identifiziert und Ansätze sowie Möglichkeiten zur rationelleren Energieanwendung in der Landwirtschaft aufgezeigt.

Mehr als 20 Autoren haben mit ihren Vorträgen und schriftlichen Beiträgen zum Gelingen der KTBL-Tage 2008 beigetragen. Dafür gebührt Ihnen und allen beteiligten Mitarbeitern in der KTBL-Geschäftsstelle mein besonderer Dank.

Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)

PROF. DR. T. JUNGBLUTH
Präsident

Inhalt

Energieeinsatz in der Landwirtschaft im Wandel JOSEF BOXBERGER, GERHARD MOITZI.....	7
Energetische, nährstoffökonomische und ökologische Aspekte bei der Erzeugung von essbarem Protein tierischer Herkunft GERHARD FLACHOWSKY, ULRICH MEYER.....	17
Entwicklung der Energieeffizienz bei Landmaschinen STEFAN BÖTTINGER.....	31
Ökonomische Aspekte einer energieeffizienten Landwirtschaft ALOIS HEISSENHUBER.....	42
Energiebilanz der Erzeugung und Verwendung von mineralischen Düngemitteln – Stand und Perspektiven FRANK BRENTROP, JÜRGEN KÜSTERS	56
Ökobilanzierung: Energieverbräuche und CO ₂ -Emissionen von Pflanzenschutzmitteln PETER SALING, DANIELA KÖLSCH.....	65
Energiebilanzen und Energieeffizienz von organischer und mineralischer Düngung im Ackerbau HELMUT DÖHLER	72
Energieeffizienz ökologischer und integrierter Anbausysteme KURT-JÜRGEN HÜLSBERGEN.....	87
Optionen zur Kraftstoffeinsparung im Pflanzenbau NORBERT UPPENKAMP, NORBERT FRÖBA	100
Energieeffizienter wirtschaften durch Precision Farming? DR. IR. DAAN GOENSE	107
Ermittlung der Energieeffizienz in der Tierhaltung auf der Grundlage von Energiebilanzen REINER BRUNSCH, SIMONE KRAATZ, WERNER BERG, CRISTINA RUS	115
Energieaufwand für die Bereitstellung von Grundfutter und Kraftfutter GABRIELE MACK, ALBERT ZIMMERMANN, TIM KRÄNZLEIN.....	126

Heizenergieeinsparung in der Tierhaltung WOLFGANG BÜSCHER.....	139
Elektroenergieeinsparung in der Tierhaltung BERNHARD FELLER.....	155
Energieeffizienz in Abferkelställen durch Erdwärmenutzung LUDO VAN CAENEGEM.....	162
Energiepflanzenanbau unter den Gesichtspunkten von Nachhaltigkeit und Energieeffizienz ARMIN VETTER	173
Energie- und Klimagasbilanzen sowie Wirtschaftlichkeit der Strom- und Wärmegewinnung aus dem Grünland CHRISTINE RÖSCH, KONRAD RAAB, JOHANNES SKARKA	181
Energieeffizienz bei der Bereitstellung von Biokraftstoffen GERHARD MOITZI, GERDA WEINBERGER, JOSEF BOXBERGER	192
Mikrogasturbine und Brennstoffzelle – die energieeffizienten Biogasnutzungen der Zukunft? BERND KRAUTKREMER	202
Einfluss der Emissionsoptimierung auf die Energieeffizienz des BHKW VOLKER ASCHMANN	215
Abwärmenutzung von Biogasanlagen technisch und ökonomisch ANKE NIEBAUM, TEODORA GEORGIEVA, STEFAN NAKAZI, SEBASTIAN WULF, HELMUT DÖHLER	222
Glossar	
Abkürzungen	241
Institutionen	242
Elemente und chemische Verbindungen	242
Einheiten	242
Anschriften der Autoren.....	243
KTBL-Veröffentlichungen.....	245

3 Ökobilanzen bei der Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft

Unter einer Ökobilanz (Life-Cycle-Study/Assessment; Lebenskreislaufbewertung) wird die Bilanzierung aller Ein- und Austräge (In- und Outputs) mit ökologischer Relevanz bei der Erzeugung eines Gebrauchsgegenstandes verstanden. Im Falle der Lebensmittel tierischer Herkunft sind demnach alle Ein- und Austräge entlang der Nahrungskette zu erfassen (Abb. 4). Auch unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit sind derartige Analysen bedeutungsvoll.

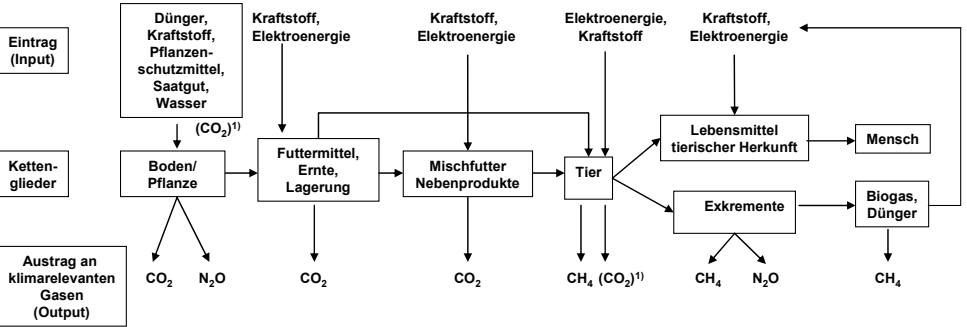


Abb. 4: Wesentliche Elemente des Nahrungskettengliedes „Lebensmittel tierischer Herkunft“ sowie ausgewählte Einträge von Ressourcen und Austräge von klimarelevanten Gasen

3.1 Einträge (Inputs)

Zu den wesentlichsten Einträgen beim Futterbau zählen Dünge- und Pflanzenschutzmittel, jedoch auch das Saatgut sowie Kraftstoffe für Bodenbearbeitung, Pflege, Ernte und Transporte. Weitere indirekte Energieverbraucher, wie die Herstellung von Maschinen und Geräten, Bausubstanz u. a. blieben bisher bei derartigen Betrachtungen meist unberücksichtigt (Bockisch et al. 2000) und fließen auch nachfolgend nicht ein. Auch auf die Bedeutung des Faktors Wasser für das Pflanzenwachstum wird nicht eingegangen; wohlwissend dass je kg Getreide zwischen 0,7 und 3 t Wasser erforderlich sind (Hoekstra et al. 2007, Renault et al. 2000), und dass dieser Impaktfaktor zunehmende Aufmerksamkeit verdient. Besonders energieaufwändig ist die Herstellung von Stickstoffdünger (Tabelle 4). Dabei sind die Aufwendungen für Verpackung, Transport und Applikation der verschiedenen N-Quellen meist nicht mit berücksichtigt (Mudehar et al. 1987).

Tab. 4: Primärenergieeinsatz und Schadgasemission für die Düngerbereitstellung

Dünger	Literaturquelle	Primärenergie MJ/kg	CO ₂ -Emission kg/kg
Stickstoff			
1 kg N	PATYK et al. (1997)	49,1	2,8
1 kg N als NH ₃	FINK (1992)	40	2,3
	PIMENTEL et al. (1990)	88	
	HELSEL (1992)	55,3	3,4
1 kg N als Harnstoff	HELSEL (1992)	76,3	
Phosphat			
1 kg P ₂ O ₅	PATYK et al. (1997)	17,7	1,1
Kalium			
1 kg K ₂ O	PATYK et al. (1997)	10,5	0,6
Kalk			
1 kg CaO	PATYK et al. (1997)	1,7	0,1

Für die Herstellung der anderen Mineraldünger ist deutlich weniger Primärenergie erforderlich (Tab. 4). Dieser hohe Energieeinsatz bei der N-Düngererzeugung spricht für eine effiziente Nutzung der wirtschaftseigenen Dünger. Allerdings ist für die Ökobilanz eine noch präzisere Bewertung des Lachgasbildungspotenzials erforderlich (FLACHOWSKY et al. 2007). Entlang der Wertschöpfungskette „Lebensmittel tierischer Herkunft“ erfolgen noch weitere Einträge, vor allem in Form von Kraftstoff und Elektroenergie (siehe Abb. 4). Die Datenbasis für die Bewertung dieser Einträge ist häufig unvollständig. Diese Feststellung trifft auch auf die Mischfuttererzeugung zu. Forschungsbedarf wir u. a. bei folgenden Themen gesehen:

- Verbesserung der Kenntnisse über Energieeinsatz bei der Futtererzeugung (Getreide, Zusatzstoffe u. a.)
- Bewertung des Energieeinsatzes für die Aufbereitung von Nebenprodukten
- Bewertung energieaufwändiger Futterbehandlungsverfahren (z. B. Pelletieren, Extrudieren, Expandieren) im Tierexperiment
- Erfassung des Energieeinsatzes für Transport, Lagerung u. a.
- Vergleichende energetische Betrachtungen verschiedener Formen der Mischfuttererzeugung, Bewertung ihrer Effizienz im Tierexperiment

Zum Primärenergieeinsatz bzw. dem Primärenergieaufwand je Einheit erzeugtes Produkt gibt es verschiedene Kalkulationen in Abhängigkeit von Intensitätsniveau der Produktion (Bockisch et al. 2000). Die Autoren stimmen weitgehend darin überein, dass für die Erzeugung von Getreide (Kraftfutter, Konzentrat) bei mittlerem Intensitätsniveau mehr Primärenergie erforderlich ist als für die Grundfuttererzeugung (Tab. 5). Im Mittel kann nahezu der doppelte Energieaufwand je erzeugte Menge an Trockenmasse (TM) unterstellt werden.

3.4 Bewertung der Möglichkeiten von Ökobilanzen für Lebensmittel tierischer Herkunft

Von verschiedenen Seiten wird es als wünschenswert angesehen, Ökobilanzen für Lebensmittel tierischer Herkunft vorzunehmen. Ziel ist, die Emissionen in CO₂-Äquivalenten je erzeugtes Lebensmittel anzugeben. Seitens der agrarischen Primärproduktion sind dazu Angaben bezüglich der Emissionen beim Futterbau einschließlich Transporte, Lagerung und Verarbeitung, in der Tierhaltung und durch die Ausscheidungen der Tiere erforderlich. Auf das Lebensmittel bezogen sind außerdem Kenntnisse über Emissionen bei der Bearbeitung der Tierprodukte (einschließlich Transporte, Schlachtung) und dem Handel erforderlich (Abb. 4). Auf Schwachstellen hinsichtlich der Verfügbarkeit von Daten aus dem Bereich der agrarischen Primärproduktion, wie

- Bewertung der Nebenprodukte,
- Erfassung der Lachgasemissionen,
- bessere Quantifizierung weiterer Ein- und Austräge

wurde bereits hingewiesen. Über den Life-Cycle-Ansatz hinausgehend gibt es auch Bemühungen einer noch komplexeren Bewertung der Erzeugung von essbarem Eiweiß tierischer Herkunft. In Abbildung 5 wird der Versuch unternommen, in zwei Szenarien wesentliche Faktoren miteinander zu kombinieren. Je kleiner die Fläche im Netzwerk ist, desto günstiger ist die Proteinerzeugung unter Berücksichtigung der jeweiligen Faktoren.

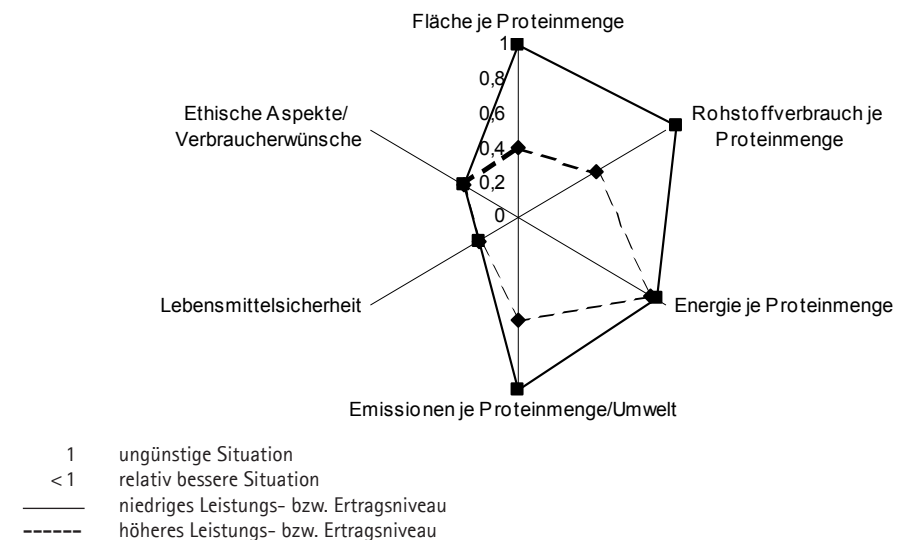


Abb. 5: Modell zur Bewertung der Erzeugung von essbarem Protein tierischer Herkunft unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren