

## **Analyse der Energieeffizienz der schweizerischen und österreichischen Landwirtschaft: ein regionalisierter Ansatz**

Analysis of the energy efficiency of Swiss and Austrian agriculture: a regionalised approach

Tim KRÄNZLEIN und Gabriele MACK

### **Zusammenfassung**

Der Bedarf an nicht erneuerbaren Energieressourcen ist ein wichtiger Indikator zur Beurteilung der Nachhaltigkeit der landwirtschaftlichen Produktion. Die Arbeit analysiert den Energiebedarf der schweizerischen und österreichischen Landwirtschaft in vergleichbaren Regionen. Dabei ergibt sich je nach Referenzsystem eine unterschiedliche Aussage. Steht die energiesparsame Flächenbewirtschaftung im Vordergrund, schneidet der Acker- und Futterbau in den österreichischen Vergleichsregionen deutlich besser ab als in der Schweiz. Betrachtet man jedoch den Energieverbrauch für die Nahrungsmittelproduktion, ist dieser für die Mehrzahl der untersuchten Ackerbauprodukte in der Schweizer Untersuchungsregion günstiger. Ebenso verbraucht die österreichische Milchproduktion trotz energiearmer Grundfuttererzeugung mehr Energie als die schweizerische, da deutlich mehr Kraftfutter eingesetzt wird. Die Unterschiede sind dabei in der Bergregion geringer als im Talgebiet.

**Schlagnworte:** Energieintensität, Energieeffizienz, Graue Energie,

### **Summary**

The requirements of non-renewable energy resources are an important indicator when assessing agricultural production in terms of sustainability. Energy requirements of Swiss and Austrian agriculture are analysed on a regional level. The outcome varies, depending on the reference system. If the emphasis is on low energy land cultivation, arable farming and forage cultivation do better in the comparative Austrian regions than in Switzerland. With the focus on the amount of food

produced, energy efficiency in the Swiss survey area is better for most arable crops. Likewise, Austrian milk production is less efficient than Swiss - despite low-energy fodder production - as significantly more fodder concentrate is used. The differences here are less pronounced in the mountain region than in the plain region.

**Keywords:** Energy intensity, energy efficiency, embodied energy,

## 1. Einleitung

Die Verbesserung der ökonomischen wie auch der ökologischen Nachhaltigkeit der landwirtschaftlichen Produktion ist ein prioritäres Ziel der europäischen Agrarpolitik. Die ökonomische Wettbewerbsfähigkeit wird in zahlreichen, teils periodischen Untersuchungen EU-weit verglichen (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2000 und HEMME et al., 2002). Einen wichtigen Indikator zur Beurteilung der ökologischen Nachhaltigkeit stellt der Verbrauch an nicht erneuerbaren Energieressourcen dar. Ein internationaler Vergleich dieses Indikators ermöglicht ein Benchmarking und liefert Grundlagen für die Entwicklung von Strategien zur Verbesserung der Energiebilanz. Zudem wird die Effizienzsteigerung mit zunehmender Ressourcenverknappung eine immer größere Rolle spielen (vgl. PRIEWE, 2002). Dieser Beitrag vergleicht den Energiebedarf in Bezug auf die Fläche und die Energieeffizienz der Nahrungsmittelerzeugung für ausgewählte Regionen Österreichs und der Schweiz.

## 2. Methode und Datengrundlagen

Der in dieser Arbeit betrachtete Energiebedarf umfasst den gesamten Aufwand an nicht erneuerbaren Energieressourcen (Erdöl, Kohle, Erdgas, Uran). Dieser wird in Primärenergieäquivalenten (MJ-Äq.) gemessen und errechnet sich aus der Menge der verbrauchten Energieressourcen, multipliziert mit deren Brennwert.

Die Berechnung des Inputs an nicht erneuerbarer Energie richtet sich nach den in der Norm DIN EN ISO 14044 (vgl. DIN, 2006) festgelegten Prinzipien der Sachbilanz. Erfasst sind sowohl die direkten als auch die indirekten Energieanteile (vgl. DIEPENBROCK et al., 1995 und KALK et al., 1996). Der direkte Energie-Input besteht aus den Endenergieträgern Kraftstoff, Brennstoff und Strom, der indirekte Input („graue Energie“)

ist gebunden an die übrigen Betriebsmittel und Werkstoffe (vgl. Abb. 1). Für alle Inputs wird der zu ihrer Bereitstellung erforderliche Aufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie ermittelt. Der Energiebedarf beinhaltet alle Ressourcen, die im Zusammenhang mit der Herstellung, dem Transport und der Entsorgung der verwendeten Betriebsmittel und Werkstoffe verbraucht werden. Analog zur Investitionsrechnung wird der Energiebedarf langlebiger Betriebsmittel wie Gebäude und Maschinen auf die gesamte Nutzungsperiode verteilt. Für Gebäude wird im Folgenden eine Nutzungsdauer von 50 Jahren, für Maschinen eine von 20 Jahren unterstellt. Die Abgrenzung des Agrarsektors orientiert sich an den für landwirtschaftliche Ökobilanzen angewandten Systemen. Berücksichtigt sind die Produktions- und Bearbeitungsprozesse, die in der Regel auf den Betrieben oder bei der Rohproduktannahme stattfinden, und die damit verbundenen Vorstufen und Entsorgungsprozesse, nicht aber die weitere Verarbeitung, Verteilung und der Konsum der Nahrungsmittel.

Für die mengenmäßige Abbildung der verschiedenen Inputfaktoren werden Planungsdaten, Statistiken und Daten aus den Modellsystemen CAPRI (vgl. PÉREZ DOMÍNGUEZ und BRITZ, 2003) für Österreich und SILAS (MACK, 2002) für die Schweiz verwendet. Die energetische Bewertung aller Inputfaktoren erfolgt auf der Grundlage von Ecoinvent-Umweltinventaren (FRISCHKNECHT et al., 2006) im Rahmen des MCDA-Ansatzes (DONES, 2006).

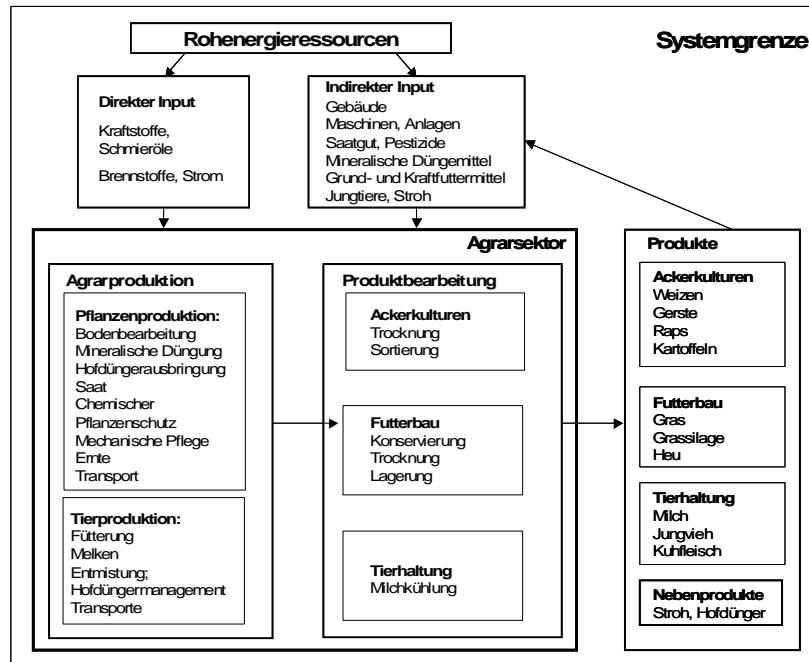


Abb. 1: Systemgrenze für die Quantifizierung des direkten und indirekten Energie-Inputs im Landwirtschaftssektor

Quelle: NEMECEK et al., 2003 (verändert)

Für die Schweiz wird der Dieserverbrauch kulturartspezifisch auf der Grundlage von Normwerten für die schweizerische Landwirtschaft berechnet (RINALDI et al., 2005). Für Österreich werden dafür die im KTBL publizierten Dieserverbrauchswerte je Hektar verwendet, wobei jedoch regionsspezifische österreichische Produktionsbedingungen (betriebsgrößenabhängige Standardmechanisierung, Bodengefüge, Anteil pfluglos bewirtschafteter Ackerfläche) mit einbezogen werden (vgl. KTBL, 2004; GREIMEL und HANDLER, 2002). Die Anpassung der aktivitätsspezifischen Verbrauchswerte an das statistisch erhobene nationale Verbrauchsniveau erfolgt für beide Länder.

Darüber hinaus ist der Energiebedarf von den eingesetzten Maschinen und deren Auslastungen abhängig. Diese können von Betrieb zu Betrieb und von Region zu Region sehr stark variieren. Die regionalen Unterschiede im Maschinenbestand und deren Auswirkungen auf den

Energiebedarf wurden anhand der Schlepper-Verkehrszulassungsdaten abgeschätzt. Für alle zugelassenen Schlepper wurde eine durchschnittliche Nutzungsdauer von 20 Jahren unterstellt. Das -unter Berücksichtigung der Schleppergröße (KW)- ermittelte Schlepper-Gesamtgewicht je Region wurde anhand der regionalspezifischen Flächennutzung, der Maschinenstunden und der Nutzungsdauer auf die verschiedenen Kulturarten verteilt.

Der Ermittlung des Energiebedarfs für die Grünlandnutzung wird in dieser Studie besondere Bedeutung beigemessen. So beruht die Berechnung des Dieselmotorkraftstoff- und Maschineneinsatzes auf der Berücksichtigung standortspezifischer Produktions- und Bewirtschaftungsstrukturen. Für Österreich wurden die in Tabelle 1 dargestellten Nutzungsintensitäten unterschieden.

Tab. 1: Unterstellte mechanisierte Nutzung österreichischer Grünlandstandorte

<b>Grünland-kategorie</b>	<b>Angenommene mechanisierte Nutzung</b>	<b>Bemerkungen</b>
Einmähdige Wiesen	Einmalige Schnittnutzung	Anteil Bergeverfahren entsprechend Mähfläche nach GREIMEL und HANDLER (2002)
Mehrmähdige Wiesen	Schnittnutzung nach Ertragsniveau	Ertragsniveau nach RESCH (2006); Anteil Bergeverfahren nach GREIMEL und HANDLER (2002)
Kulturweiden	Einmaliger Schnitt pro Saison, minimale Weidemechanisierung	Weidemechanisierung nach Höhenstufe abnehmend (vgl. KOEBLE et al., 2005)
Hutweiden	Keine Schnittnutzung, minimale Weidemechanisierung	Weidemechanisierung nach Höhenstufe abnehmend (vgl. KOEBLE et al., 2005)
Almen und Bergmäher	Keine mechanisierte Schnittnutzung, minimale Weidemechanisierung	Weidemechanisierung nach Höhenstufe abnehmend (vgl. KOEBLE et al., 2005)
Streuwiesen	Einmaliger Schnitt pro Saison	

Ebenso werden standortspezifische Mechanisierungs- und Bergeformen für die Berechnung des Energiebedarfs unterstellt (GREIMEL und HANDLER, 2002). Der Gebäudebedarf (Remisen) für die Unterstellung von Maschinen wird in Abhängigkeit vom Maschinenbestand und Gebäudebedarfskoeffizienten berechnet. Der Energiebedarf für Saatgut

und Pestizide wird aufgrund von Normwerten für die Bedarfsmengen je Kultur, dem Anteil an zertifiziertem Saatgut und nationalen Statistiken über den Pestizideinsatz ermittelt. Der Mineraldüngeraufwand je Hektar wird aus den Modellen SILAS und CAPRI verwendet. In beiden Modellen wird der Mineraldüngeraufwand endogen in Abhängigkeit des Nährstoffbedarfs, des organischen Düngeranfalls und Wirkungskoeffizienten für organischen Dünger berechnet.

Die Systemgrenze und Prozessabbildung in der Tierhaltung erfolgt adäquat derjenigen des Pflanzenbaus (vgl. Abb. 1). Bei der Betrachtung der Tierproduktion ist neben dem Energiebedarf der Pflanzenproduktion aber auch der indirekte und direkte Bedarf der weiteren Produktionsabschnitte zu berücksichtigen. Daten zum Grund- und Krafftuttermittelbedarf je Tier werden für Österreich aus dem Agrarsektormodell CAPRI für die Schweiz aus SILAS entnommen. Die Futtermittelrationen wurden mit beiden Modellen in Abhängigkeit des Nährstoffbedarfs der Tiere und der Futterkosten optimiert. Zugekaufte Futtermittel sind mit einem Energiebedarf für die Aufbereitung und den Transport in Abhängigkeit von der Art und der Herkunft der Futtermittel verbunden. Die inländische Futterproduktion und der Futtermittelimport werden ebenfalls modellendogen ermittelt. Die Berechnung des Stromverbrauchs der Gebäude und Einrichtungen erfolgt in Abhängigkeit des Tierhaltungssystems, der Futteraufbereitung und der Milchleistung. Für beide Länder werden die gleichen Normdaten unterstellt (vgl. BOXBERGER et al., 1997). Bei der Futteraufbereitung ergeben sich größere Unterschiede zwischen der Schweiz und Österreich, da in der Schweiz die relativ energieintensive Heubelüftung gebräuchlicher ist. Der indirekte Energiebedarf für die Erstellung, den Unterhalt und den Abbruch der Gebäude wird ebenfalls mit Hilfe von Ecoinvent-Daten (vgl. NEMECEK et al., 2003) für Schweizer Ställe quantifiziert. Da für Österreich keine Erhebungen über den indirekten Energiebedarf der Stallgebäude zur Verfügung stehen, wurden Schweizer Werte unterstellt. Allerdings deuten Spezialauswertungen des International Farm Comparison Networks (IFCN) aus dem Jahr 2002 darauf hin, dass österreichische Ställe tendenziell etwas älter als schweizerische Ställe sind (HEMME et al., 2002). Für Österreich werden deshalb drei Varianten mit gleich alten, sowie fünf und zehn Jahre älteren Ställen berechnet. Neben dem Energiebedarf wird auch die Energieeffizienz der pflanzlichen und tierischen Produktion ausgewiesen (Formel 1).

Formel 1: Berechnungsmodus Energieeffizienz

$$\text{Energieeffizienz}_{\text{Aktivität}} = \frac{\text{Outputmenge}_{\text{Produktive\_Funktion}}}{\text{Energieinput}}$$

Dabei wird die Produkteinheit in kg Naturalertrag je Hektar resp. Kilogramm Milch je Tier in die Berechnung einbezogen.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Energiebedarf der landwirtschaftlichen Produktion

Beim Dieserverbrauch ergeben die Berechnungen für den Weizen- und Gerstenanbau in den beiden österreichischen Vergleichsregionen einen etwas niedrigeren Wert pro Hektar als in der schweizer Ackerbauzone. Dies ist teils mit den kleineren Produktionsstrukturen und der höheren Intensität der Produktion der schweizer Ackerbauzone erklärbar. Bei Kartoffeln ist der Dieserverbrauch in der Schweiz um 28 % höher als in Österreich, wobei die Ausstattung mit Vollerntemaschinen in der Schweiz diesen Wert mitbestimmt. Im Futterbau ist der Dieserverbrauch in den schweizer Zonen um 28 bis 43 % höher als in Österreich, da die Zahl der Schnitte deutlich höher ist. Das anzurechnende Maschinengewicht pro Hektar Getreide bzw. Raps liegt in der schweizer Ackerbauzone auf einem vergleichbaren Niveau wie in Oberösterreich. Dies ist in erster Linie auf die ähnlichen Betriebsgrößenstrukturen zurückzuführen. Größere Unterschiede ergeben sich bei Kartoffeln aufgrund des Erntemaschinenbesatzes. Im Futterbau ist der Maschinenbesatz in den beiden schweizer Zonen höher als in den österreichischen Regionen. Besonders groß sind die Unterschiede in der Berglandwirtschaft. Der gesamte indirekte und direkte Energiebedarf je Hektar Weizen, Gerste oder Raps ist in Niederösterreich am geringsten. Verglichen mit der Ackerbauzone der Schweiz sind die Werte um bis zu 23 % tiefer (vgl. Abb. 3). Bei Gerste sind die großen Unterschiede auch darauf zurückzuführen, dass in Österreich überwiegend Sommergerste, in der Schweiz dagegen Wintergerste angebaut wird. Bei

Kartoffeln ist der Energiebedarf aufgrund der geringen Erntemechanisierung in Oberösterreich etwas tiefer als in den Vergleichsregionen.

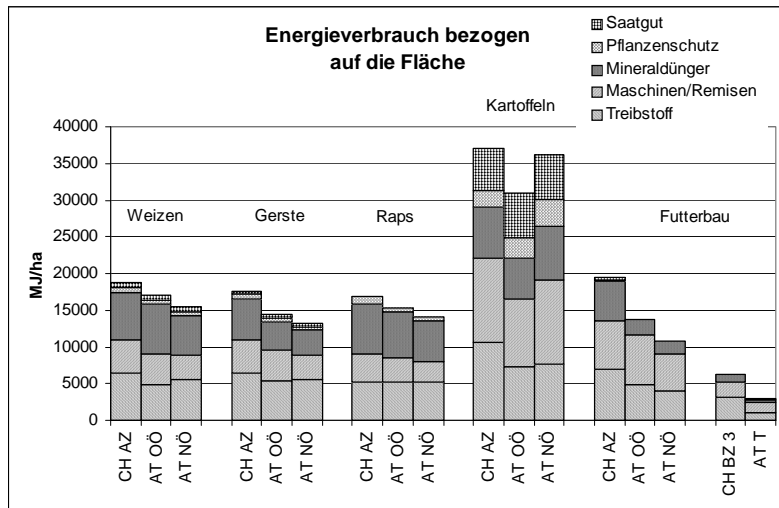


Abb. 3: Energiebedarf je Hektar im Vergleich<sup>1</sup>

Im Futterbau ist der Energiebedarf in der Schweiz bedingt durch den höheren Maschinenbesatz und der häufigeren Schnittnutzung deutlich höher. Die höheren Naturalerträge im schweizer Futterbau bedingen auch ein höheres mineralisches Düngungsniveau in der Schweiz als in den beiden österreichischen Regionen.

In der Milchproduktion beträgt der Kraftfuttereinsatz in den schweizer Zonen je nach Milchleistung zwischen 0,3 bis 0,8 Tonnen je Kuh und Jahr. Die für die österreichischen Regionen errechneten Futterrationen ergeben einen deutlich höheren Kraftfuttereinsatz als in der Schweiz (1,4 bis 1,5 Tonnen Kraftfutter je Kuh und Jahr).

<sup>1</sup> CH AZ: Ackerbauzone (Schweiz); AT OÖ: Oberösterreich; AT NÖ: Niederösterreich; CH BZ 3: Bergzone 3 (Schweiz); AT T: Tirol.



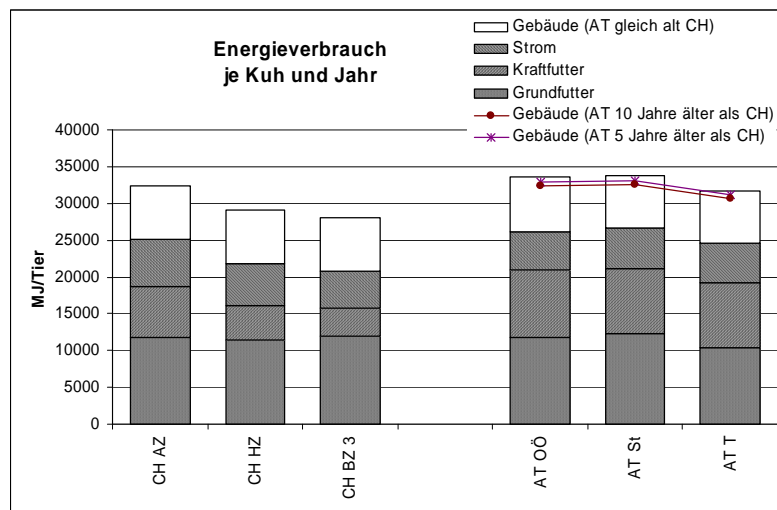


Abb. 4: Energiebedarf je Milchkuh im Vergleich<sup>2</sup>

Über alle österreichischen Regionen hinweg ist dadurch das Energiebedarfsniveau je Milchkuh über dem der entsprechenden schweizer Vergleichsregionen (vgl. Abbildung 4). Diese Unterschiede bleiben auch bei der Kalkulation mit verschiedenen Annahmen über die Altersstruktur der österreichischen Gebäude bestehen.

### 3.2 Energieeffizienz der Produktion

Gemäß der CAPRI-Datenbasis ist in den österreichischen Regionen jedoch nicht nur der Energiebedarf je Hektar, sondern auch das Naturalertragsniveau tiefer als in den schweizer Zonen. Bei der Betrachtung der Energieeffizienz ergibt sich dadurch eine andere Sicht (siehe Tab. 2).

<sup>2</sup> Grund- und Kraftfutter beinhalten den jeweiligen Energiebedarf für die Produktion, den Transport, die Aufbereitung und die Trocknung. CH HZ: Hügelzone (Schweiz); AT St: Steiermark.

Tab. 2: Energieeffizienz bei der Pflanzenproduktion im Vergleich

Region	Weizen	Gerste	Raps	Kartoffeln	Futterbau
Energieeffizienz in kg/MJ					
<b>Ackerbauzone</b>					
Ackerbauzone (CH)	0,31	0,38	0,20	1,01	6,42
Oberösterreich	0,35	0,35	0,17	0,86	7,23
Niederösterreich	0,31	0,32	0,15	0,83	8,58
<b>Bergzone</b>					
Bergzone 3 (CH)	-	-	-	-	9,64
Tirol	-	-	-	-	10,14

Für Gerste, Raps und Kartoffeln ist die Energieeffizienz in der schweizer Ackerbauzone sogar etwas günstiger als in den beiden österreichischen Regionen. Im Futterbau weisen die beiden schweizer Regionen eine bessere Effizienz auf als die entsprechenden österreichischen Vergleichsregionen. Dabei liegen die Bergregionen insgesamt unterhalb des Effizienznieaus der Ackerbauzonen in der Schweiz und in Österreich. Die Milchproduktion weist ebenso wie die Pflanzenbauverfahren diese Tendenz der geringeren Effizienz in den Bergregionen auf, wie in Tabelle 3 zu erkennen ist.

Tab. 3: Energieeffizienz bei der Milchproduktion im Vergleich

Region	Milch		
Energieeffizienz in kg/MJ			
Ackerbauzone (CH)	0.24		
Hügelzone (CH)	0.24		
Bergzone 3 (CH)	0.22		
Angenommene Gebäudestruktur AT			
	AT gleich alt CH	AT 5 Jahre älter als CH	AT 10 Jahre älter als CH
Oberösterreich	0.18	0.19	0.19
Steiermark	0.19	0.19	0.19
Tirol	0.20	0.20	0.21

Über alle Regionen hinweg zeigt sich jedoch, dass sich die schweizer Milchproduktion auf einem günstigeren Effizienznieau befindet. Dabei ändert auch die in Kapitel 2 beschriebene Methodik mit unterschiedlichen Altersstrukturen der österreichischen Ställe nichts. Neben der geringeren Milchleistung spielt auch der höhere Kraftfuttereinsatz in den Vergleichsregionen eine Rolle. Lediglich für Tirol ergibt sich

eine mit der schweizer Bergzone 3 annähernd vergleichbare Energieeffizienz.

#### 4. Schlussfolgerungen

Der Vergleich der Energieeffizienz zwischen Österreich und der Schweiz ergibt je nach Referenzsystem ein unterschiedliches Bild. Steht die Bewirtschaftung der Flächen im Vordergrund, schneidet der Acker- und Futterbau in den österreichischen Vergleichsregionen besser ab als in der Schweiz. Wird hingegen die Menge der produzierten Nahrungsmittel betrachtet, ist die Energieeffizienz für die Mehrzahl der Ackerbauprodukte in der schweizer Untersuchungsregion günstiger. Die Milchviehhaltung in Oberösterreich und der Steiermark schneidet beim Effizienzvergleich trotz energiearmer Grundfuttererzeugung schlechter ab als jene in den schweizer Vergleichsregionen. Dagegen ergeben sich in den Bergregionen nur geringfügige Unterschiede. Diese Erkenntnisse implizieren Ansätze sowohl für die Senkung des absoluten Energiebedarfsniveaus, als auch der Verbesserung der Energieeffizienz. So sollten Maßnahmen zur Senkung des Energiebedarfs nicht nur am direkten, sondern auch am indirekten Energieverbrauch ansetzen. Weiters lassen sich aus den Ergebnissen der Untersuchung Hinweise auf die Wirksamkeit von Reduktionsansätzen ableiten. So können flächen- oder kulturartspezifische Maßnahmen eine Verschlechterung der Effizienz zur Folge haben. Bei der Wahl einer Senkungsmaßnahme für den Verbrauch endlicher Energieressourcen empfiehlt sich demnach eine Abwägung nicht nur nach Energiebedarfskomponenten, sondern auch nach Kulturart, Region und Intensitätsniveau.

#### Literatur

- BOXBERGER, J., AMON, B., AMON, T. und JAUSCHNEGG, H. (1997): Strombedarf in der Landwirtschaft. Vorschläge zur Optimierung des Einsatzes der Elektroenergie in landwirtschaftlichen Betrieben Österreichs - betriebspezifische Analyse des Verbrauches und Abschätzung der künftigen Entwicklung. Wien: Verband der Elektrizitätswerke Österreichs (VEÖ).
- BUNDESAMT FÜR STATISTIK (2006): Statistisches Lexikon der Schweiz. Bern: Bundesamt für Statistik.
- DIEPENBROCK, W., PELZER, B. und RADTKE, J. (1995): Energiebilanz im Ackerbaubetrieb. Arbeitspapier, KTBL 211. Darmstadt: KTBL.

- DIN (1998): Umweltmanagement - Produkt-Ökobilanz - Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens sowie Sachbilanz. Deutsche Fassung EN ISO 14041: 1998-11. Berlin.
- DONES, R. (2006): Sustainability of Electricity Systems: LCA applied in External Cost and Multi-Criteria Assessments; Proc. of the 7th Int. Conf. on EcoBalance, Tsukuba/Japan.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2000): Handbuch zur Landwirtschaftlichen und Forstwirtschaftlichen Gesamtrechnung LGR/FGR 97 (Rev. 1.1.). Brüssel.
- FRISCHKNECHT, R., ALTHAUS, H.J., BAUER, C., CAPELLO, C., DOKA, G., DONES, R., EMMENEGGER, M.F., HISCHIER, R., JUNGBLUTH, N., MARGNI, M., KELLENBERGER, D., NEMECEK, T. and SPIELMANN, M. (2006): Documentation of changes implemented in ecoinvent Data v1.2 and v1.3. Ecoinvent report No. 16. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, 114 pp.
- GREIMEL, M. und HANDLER, F. (2002): Arbeitszeitbedarf in der österreichischen Landwirtschaft. Wieselburg: Bundesanstalt für Landtechnik.
- HEMME T., CHRISTOFFERS K., DEEKEN E. and HOLZNER, J. (2002): IFCN Dairy Report 2002. Braunschweig: IFCN/Global Farm, Braunschweig.
- HOWITT, R.E. (1995): Positive Mathematical Programming. In: American Journal of Agricultural Economics, Vol. 77, p. 229-342.
- KALK, W.-D und HÜLSBERGEN, K.-J. (1996): Methodik zur Einbeziehung des indirekten Energieverbrauchs mit Investitionsgütern in Energiebilanzen von Landwirtschaftsbetrieben. Kühn-Archiv, 90 (1996), 1, S. 41-56.
- KOEBLE, R., Leip, A. and Kempen, M. (2005): CAPRI-GIS Link. CAPRI Working Paper 04-06. Bonn: Universität Bonn.
- KTBL (2004): Betriebsplanung Landwirtschaft 2004/05. Darmstadt: KTBL.
- MACK G. (2002): Auswirkungen der Agrarpolitik 2007: Modellrechnungen für den Agrarsektor mit Hilfe des Prognosesystems SILAS. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Landwirtschaft. Tänikon.
- NEMECEK T., HEIL A., HUGUENIN O., MEIER S., ERZINGER S., BLASER S., DUX D. and ZIMMERMANN, A. (2003): Life Cycle Inventories of Agricultural Production Systems. Final Report ecoinvent 2000 No. 15. Zürich und Tänikon.
- NEMECEK, T., HUGUENIN-ELIE, O., DUBOIS, D. und GAILLARD, G. (2005) : Ökobilanzierung von Anbausystemen im schweizerischen Acker- und Futterbau. Schriftenreihe der FAL 58. Reckenholz.
- MACK G. und FLURY C. (2006): Auswirkungen der AP2011. Modellrechnungen für den Agrarsektor mit Hilfe des Prognosesystems SILAS. Im Auftrag des Bundesamts für Landwirtschaft. Bern.
- PÉREZ DOMÍNGUEZ I. and BRITZ, W. (2003): Reduction of Global Warming Emissions in the European Agriculture through a Tradable Permit System. An Analysis with the Regional Agricultural Model CAPRI. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Bd. 39 (2004), S. 283-290.

- PRIEWE, J. (2002): Begrenzt ökologische Nachhaltigkeit das Wirtschaftswachstum?. Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht 2 (2002), S. 153-172.
- RESCH, R., BUCHGRABER, K. (2006): Futterbilanzierung für Grünland und Futterbau in Österreich. Expertise für Statistik Austria. Gumpenstein.
- Rinaldi, M., Erzinger, S. und Stark, R. (2005): Treibstoffverbrauch und Emissionen von Traktoren bei landwirtschaftlichen Arbeiten. Ausführliche Darstellung der Methoden, Messungen und Ergebnisse. FAT-Schriftenreihe Nr. 65 , 92 Seiten. Tänikon.
- SCHAUMBERGER, A. (2005): Ertragsanalyse im österreichischen Grünland mittels GIS unter besonderer Berücksichtigung klimatischer Veränderungen. Veröffentlichung der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Heft 42.
- STATISTIK AUSTRIA (2001): Agrarstrukturerhebung 1999 - Betriebsstruktur. Schnellbericht 1.17. Wien: Statistik Austria.

**Anschrift der Verfasser**

*Tim Kränzlein, Gabriele Mack  
Agroscope Reckenholz-Tänikon ART  
CH-8356 Ettenhausen  
Tel.: +41 52 368 32 80*

*eMail: Tim.Kraenzlein@art.admin.ch, Gabriele.Mack@art.admin.ch*