



# Energieintensität der schweizerischen Agrarproduktion

Markus LIPS und Peter RIEDER, Institut für Agrarwirtschaft, ETHZ, CH-8092 Zürich  
 Auskünfte: Markus Lips, e-mail: markus.lips@iaw.agrl.ethz.ch, Fax +41 (0)1 632 1086,  
 Tel. +41 (0)1 632 53 32

**Seit 1980 ist die Energieintensität der schweizerischen Agrarproduktion gesunken. Trotzdem ist sie im Vergleich mit anderen Industriestaaten immer noch hoch. In diesem Beitrag wird aufgezeigt, dass die Energieintensität mit der Arbeitsintensität zusammenhängt. Da letztere von der Agrarpolitik abhängt, ist der Zusammenhang von Energieintensität und Agrarpolitik eine wichtige zukünftige Fragestellung.**

Die Landwirtschaft der Schweiz setzt zur Produktion von Nahrungsmitteln relativ viel Energie ein. Gleichzeitig ist die Nahrungsmittelversorgung ein wichtiger Teil der schweizerischen Vorsorgepolitik. Daher ist die Energieintensität auch politisch von Bedeutung<sup>1</sup>. In einem ersten Teil dieses Beitrages wird die Energieintensität der schweizerischen Agrarproduktion mit jener anderer Industrieländer verglichen. Insbesondere wird auch aufgezeigt, wie sie sich seit 1980 verändert hat. Daraus lassen sich Zusammenhänge zwischen Energie- und Arbeitsproduktivität herleiten. Im zweiten Teil des Beitrages wird dargelegt, wie sich eine mögliche Energieverteuerung auswirkt. Dazu muss der Anteil der Energie an den gesamten Produktionskosten abgeschätzt werden.

## Weltweit unterschiedlicher Energieeinsatz

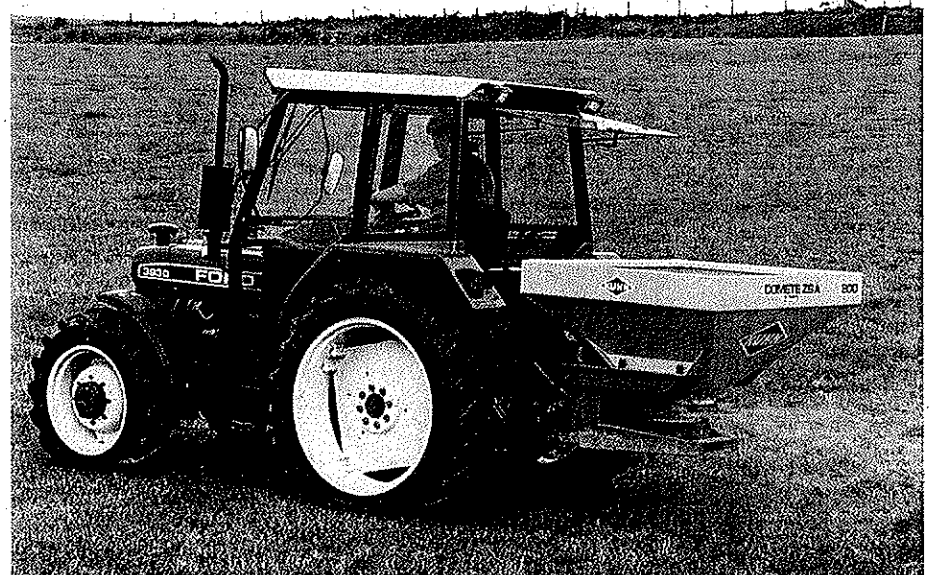
Um die Energieabhängigkeit zu beschreiben, muss man die Energieintensität kennen. Darunter verstehen wir das physische Mengenverhältnis zwischen Energie und den damit jeweils verbundenen Produktionsfaktoren. Im Unterschied zu den Faktoren Arbeit, Realkapital (Maschinen und Gebäude) und Boden ist die Energie aber kein «selbständiger» Produktionsfaktor, sondern sie ist in andere Faktoren eingeschlossen. Um die Energieintensität zu berechnen, muss man daher den Energieanteil in den anderen Faktoren kennen. Dazu ist es notwendig zu wissen, auf welchem Wege die Energie in den Agrarsektor gelangt. Studer (1978) untersuchte für

die schweizerische Landwirtschaft diese Aufteilung. Nach seinen Angaben gelangten 58 % der Energie über Maschinen (Treibstoff, elektrische Energie sowie Energie für die Produktion der Maschi-

nen) in die Agrarproduktion. Auf die Kunstdünger entfiel ein Drittel. Der Rest teilte sich auf in menschliche Arbeit und in Pestizide. Angaben von Faidley (1992) zeigen, dass diese Aufteilung in anderen Industriestaaten ähnlich ist. Für unsere Fragestellung beschränken wir uns daher auf die beiden wichtigsten Energieinputs, nämlich die Maschinen und die Kunstdünger. Daraus leiten wir zwei Intensitäten ab, die zusammen zuverlässige Aussagen über die Energieintensität ermöglichen.

**Tab. 1. Energie- und Arbeitsintensitäten im Durchschnitt der Jahre 1990-93 (FAO, verschiedene Jahrgänge)**

	Energieintensität	Maschinenintensität Zugmaschinen/ha	Düngerintensität kg/ha	Arbeitsintensität AK/ha
Welt	tief	0,021	90	0,229
USA	tief	<b>0,029</b>	<b>102</b>	<b>0,006</b>
Frankreich	mittel	0,084	265	0,042
Grossbritannien		0,085	332	0,031
Schweiz	hoch	<b>0,269</b>	<b>363</b>	<b>0,074</b>
Niederlande		<b>0,203</b>	<b>591</b>	<b>0,109</b>
Japan	sehr hoch	0,788	442	0,793



**Tritt eine Energieverteuerung ein, reagiert die Nachfrage nach Kunstdünger am stärksten. Durch den hohen Energieanteil an den Produktionskosten und die hohe Nachfrageelastizität wird weniger Kunstdünger nachgefragt.**

<sup>1</sup>Zur Analyse dieses Zusammenhanges führte das Institut für Agrarwirtschaft (IAW) der ETH Zürich im Auftrag der beiden Bundesämter für Landwirtschaft (BLW) und für Energiewirtschaft (BEW) eine Studie durch (Rieder et al. 1997).

Es sind dies die Maschinenintensität (Zugmaschinen/ha) und die Düngerintensität (kg/ha). Beide Intensitäten stellen ein Verhältnis zwischen den beiden Produktionsfaktoren Realkapital und Boden dar. Als weitere Grösse benutzen wir die Arbeitsintensität (AK/ha), das Verhältnis der Produktionsfaktoren Arbeit zu Boden. Bei allen drei Intensitäten bezieht sich die Flächenangabe auf die bewirtschaftete Fläche. In der Tabelle 1 sind diese drei Intensitäten für die gesamte Welt und sechs Industriestaaten angegeben. Aufgeführt sind die Durchschnittswerte der Jahre 1990 bis 93.

Die Angaben für die gesamte Welt sind stark von den Entwicklungsländern geprägt. Kennzeichnend dafür sind eine hohe Arbeitsintensität, verbunden mit einem geringen Maschinen- und Kunstdüngereinsatz (Tab. 1). Im Durchschnitt ist die Energieintensität der weltweiten Agrarproduktion tief.

Aufgrund der Energieintensität können vier Gruppen gebildet werden. Die USA haben eine tiefe, Frankreich und Grossbritannien eine mittlere Energieintensität. Die Schweiz und die Niederlande weisen eine hohe Energieintensität auf, während jene von Japan sehr hoch ist. Für die Agrarproduktion der USA liegen die Maschinen- und Düngerintensitäten nur geringfügig höher als der Weltdurchschnitt, was eine tiefe Energieintensität bedeutet. Viel kleiner ist der Einsatz an Arbeitskräften: Pro Hektare arbeiten in der US-Landwirtschaft rund 40 mal weniger Personen als im Weltdurchschnitt. Eine mittlere Energieintensität weisen Frankreich und Grossbritannien auf. Beide Länder haben deutlich grössere Maschinen- und Düngerintensitäten als der Weltdurchschnitt. Die Arbeitsintensitäten sind, verglichen mit dem Weltdurchschnitt, gering.

Deutlich mehr energieintensive Produktionsmittel werden in der Schweiz und in den Niederlanden eingesetzt. Im Vergleich zu den beiden anderen europäischen Staaten werden rund dreimal so viele Zugmaschinen verwendet. Während die Schweiz bei der Düngerintensität nur einen geringfügig höheren Wert als Grossbritannien aufweist, liegen die Niederlande deutlich darüber. Im Bereich der Arbeitsintensität sind wiederum beide Länder deutlich intensiver als Grossbritannien und Frankreich. Die Agrarsektoren beider Länder sind durch eine hohe Energieintensität gekennzeichnet und weisen entsprechend auch eine hohe Energieabhängigkeit auf.

**Tab 2. Prozentuale Veränderungen von drei Intensitäten seit 1980 (FAO, verschiedene Jahrgänge)**

	Maschinenintensität Zugmaschinen/ha	Düngerintensität kg/ha	Arbeitsintensität AK/ha
Welt	+11%	+2%	+5%
USA	+4%	+4%	-25%
Frankreich	-3%	-13%	-21%
Grossbritannien	+2%	-6%	-11%
Schweiz	+2%	-15%	-11%
Niederlande	-8%	-22%	-17%
Japan	+21%	-6%	-27%

Mit einer sehr hohen Energieintensität stellt Japan eine eigene Gruppe dar. Ausschlaggebend dafür ist die extrem hohe Maschinenintensität, die rund dreimal höher als jene der Schweiz ist. Ebenfalls sehr hoch ist die Arbeitsintensität, die gegenüber den anderen Industrieländern einen rund sechsmal höheren Wert erreicht.

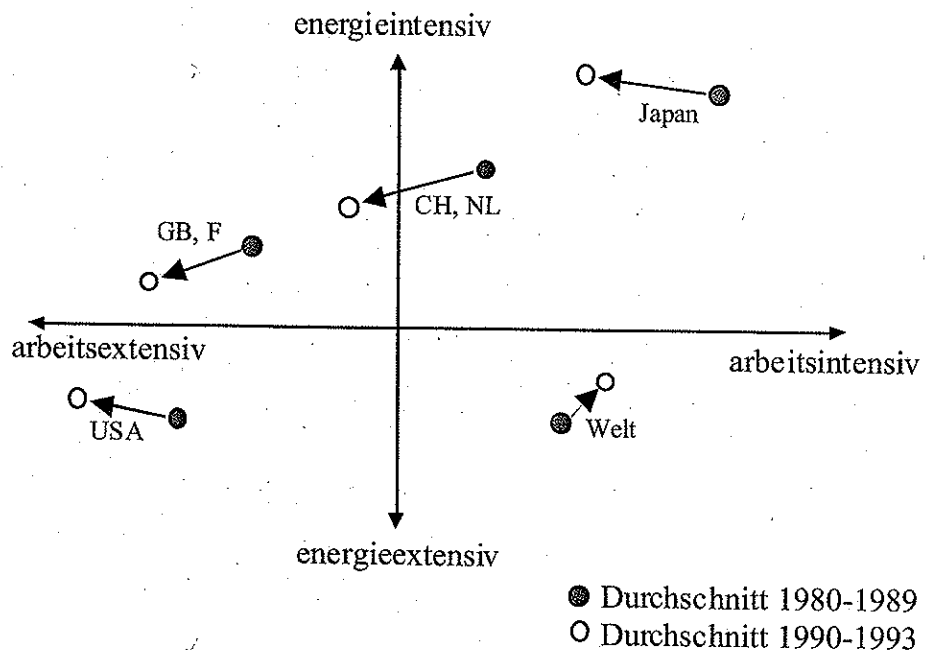
### Veränderungen weltweit seit 1980

Als nächstes werden die prozentualen Veränderungen der drei Intensitäten in den verschiedenen Ländern zwischen den Durchschnitten der 80er Jahre und der Jahre 1990 bis 93 errechnet (Tab. 2). In der Abbildung 1 sind die Veränderungen aller sechs Länder und des Durchschnitts der gesamten Welt grafisch dargestellt. Die beiden Achsen stellen die Intensitäten von Arbeit und Energie dar. Die Energieintensität umfasst hier sowohl die Dünger- als auch die Maschinenintensität.

Weltweit hat im betrachteten Zeitraum sowohl die Arbeits- als auch Energieintensität leicht zugenommen (Tab. 2 und Abb. 1). Dabei haben die Maschinen wesentlich stärker zugenommen als der Dünger. In den USA hat die Arbeitsintensität ab- und die Energieintensität zugenommen. Also fand in der beobachteten Zeitspanne eine Faktorsubstitution statt: Dünger und Maschinen ersetzen teilweise Arbeitskräfte. Es wurde insgesamt auch mehr Energie eingesetzt; die Energieintensität erhöhte sich.

Ähnlich wie in den USA ging die Arbeitsintensität auch in Frankreich und Grossbritannien deutlich zurück. Es kann aber keine vergleichbare Faktorsubstitution beobachtet werden, denn die Dünger- und die Maschinenintensität wurden ebenfalls verringert. Die Energieintensität der Agrarproduktion sank dementsprechend in beiden Ländern.

Die Schweiz und die Niederlande durchliefen seit 1980 eine ähnliche Entwicklung wie Grossbritannien und Frankreich.



**Abb. 1. Entwicklung der Energie- und Arbeitsintensität in den untersuchten Ländern seit 1980.**



Unterschiedlich war nur das Niveau, auf dem sich diese Entwicklung abspielte. In diesen Ländern gingen alle drei Intensitäten zurück. Ganz besonders ging der Einsatz von Dünger zurück, was zu einer deutlich verringerten Energieintensität beider Länder führte.

In der Agrarproduktion Japans entwickelte sich die Energie- und die Arbeitsintensität unterschiedlich. Die Arbeitsintensität hat sich stark vermindert. Gleichzeitig wurden mehr Maschinen eingesetzt, was auf eine teilweise Substitution des Faktors Arbeit durch den Faktor Kapital schliessen lässt. Der Einsatz von Dünger war dagegen leicht rückläufig; so dass die Energieintensität insgesamt nur geringfügig zunahm.

### Gründe für die Energieintensität

Die Energieintensität der Landwirtschaft hängt primär von zwei Einflussfaktoren ab, nämlich den Produzentenpreisen und den Produktionsmittelpreisen (Faktorpreisen). Die landwirtschaftlichen Betriebe als Kleinunternehmern reagieren auf deren Verhältnisse. Der mengenmässige Einsatz dieser Produktionsfaktoren, wie beispielsweise Kunstdünger, hängt weitgehend vom Düngerpreis und dem Erlös ab, der mit dem Einsatz einer Düngeinheit erzielt werden kann. Steigen die Produzentenpreise, ist ein erhöhter Einsatz des Produktionsmittels Kunstdünger lohnend, um den Gewinn zu erhöhen. Da der Einsatz von Kunstdünger unmittelbar mit der Energieintensität verbunden ist, bedeuten erhöhte Produzentenpreise auch eine grössere Energieintensität. Ähnlich verhält es sich mit den Preisen der Produktionsmittel. Sinken die Düngerpreise, ist es für den einzelnen Betrieb bei gleichbleibenden Produzentenpreisen interessant, mehr Kunstdünger einzusetzen, um einen höheren Gewinn zu erreichen. Durch die beiden Eigenschaften des Düngers, hoher Energiebedarf bei der Produktion und hochgradig ertragssteigernde Wirkung, sind der Produzenten- und Düngerpreis unmittelbar mit der Energieintensität verbunden. Analog zu den beschriebenen Veränderungen führt eine Senkung

der Produzentenpreise oder eine Erhöhung der Produktionsmittelpreise zu einer geringeren Energieintensität der Agrarproduktion.

Eine ähnliche Beziehung besteht zwischen der Arbeit und den Maschinen. Im Zuge der wirtschaftlichen Entwicklung veränderte sich das Kostenverhältnis zu Gunsten der Maschinen. Arbeitskräfte wurden stets durch Maschinen ersetzt, was den Energieverbrauch erhöhte.

### Agrarpolitik und Energieintensität

Produzenten- und Produktionsmittelpreise beziehungsweise Arbeits- und Maschinenkosten bilden die Schnittstelle zwischen Agrarpolitik und Energieintensität. Bislang legte die Agrarpolitik die Garantiepreise für wichtige landwirtschaftliche Produkte fest. Ausgehend von diesem Preis optimieren die Betriebe ihren Einsatz an Produktionsfaktoren, was, wie erwähnt, auch die Energieintensität bestimmt. Nimmt die Agrarpolitik direkten Einfluss auf die Produzentenpreise, beeinflusst sie die Energieintensität der Agrarproduktion. Das Gleiche gilt für die Produktionsmittelpreise. Die Aufhebung der Zollzuschläge auf dem Treibstoff für die Landwirtschaft war eine solche Massnahme.

Bei der Beziehung zwischen Energieintensität und Direktzahlungen muss zwischen produktionsunabhängigen und produktionsabhängigen Direktzahlungen unterschieden werden. Produktionsunabhängige Direktzahlungen, wie beispielsweise der bisherige Betriebsbeitrag, erhöhen die Energieintensität nicht, da es sich für die Produzenten nicht lohnt, wegen der Direktzahlungen mehr von einem Produktionsmittel einzusetzen. Ein grösserer Energieeinsatz findet nicht statt. Im Gegensatz dazu haben produktionsabhängige Direktzahlungen (Flächenbeitrag, Beitrag pro Grossvieheinheit) einen Einfluss auf die eingesetzten Produktionsfaktoren. Theoretisch ist es möglich, aber nicht zwingend, dass dadurch die Energieintensität steigt. Direktzahlungen können aber an Bedingungen geknüpft sein, die einen ge-

ringeren Einsatz von Energie verlangen, zum Beispiel bei der Integrierten Produktion oder beim Biolandbau. Unter diesem Gesichtspunkt können produktionsabhängige Direktzahlungen die Energieintensität sogar senken.

Aus dem Gesagten folgt auch, dass bei sich verändernden Verhältnissen zwischen den Produkt- und Faktorpreisen bei einem allfälligen EU-Beitritt sich unter anderem auch die Energie- und Arbeitsintensitäten ändern würden.<sup>2</sup>

### Produktionsfaktoren und Energieverteilung

Eine Energieverteilung schlägt sich grundsätzlich in höheren Produktionskosten nieder. Dadurch verkleinert sich die optimale einzusetzende Menge. Neben der Mengenwirkung verschiebt sich auch die optimale Faktorkombination zugunsten weniger energieintensiven Produktionsfaktoren. Es ist zu erwarten, dass weniger Kunstdünger und Treibstoffe, dafür aber mehr Arbeit eingesetzt wird.

### Produktionsfaktoren und Energieverteilung

Grundsätzlich werden die Auswirkungen einer Energieverteilung vom Energieanteil an den Herstellungskosten sowie der Angebots- und Nachfrageelastizität beeinflusst. In Tabelle 3 sind diese Merkmale für die drei Produktionsmittel Kunstdünger, Treibstoffe und Maschinen zusammengefasst. Die Nachfrageelastizität beschreibt die Substitutionsmöglichkeiten der NachfragerInnen. Können die landwirtschaftlichen Betriebe ein Produktionsmittel problemlos durch ein anderes ersetzen, so haben sie bezüglich dieses Faktors eine hohe Nachfrageelastizität. Die Angebotselastizität beschreibt die Handelbarkeit von Produktionsmitteln. Wird ein Produktionsmittel nur national gehandelt, ist seine Angebotselastizität klein. Bei international handelbaren Produktionsmitteln ist die Angebotselastizität hingegen grösser. Alle in der Tabelle 3 aufgeführten Produkte werden grösstenteils in die Schweiz importiert, weshalb ihre Angebotselastizitäten gross sind. Tritt eine Energieverteilung ein, reagiert die Nachfrage nach Kunstdünger am stärksten (Tab. 3). Durch den hohen Ener-

Tab. 3. Charakterisierung der Produktionsmittel

	Kunstdünger	Treibstoff	Maschinen
Energieanteil	hoch	hoch	mittel
Nachfrageelastizität	hoch	mittel	mittel
Angebotselastizität	hoch	hoch	hoch
Reaktion auf Energieverteilung	stark	mittel	schwach

<sup>2</sup>Um deren Auswirkungen abzuschätzen, werden besondere Modelle erstellt.

gieanteil an den Produktionskosten und die hohe Nachfrageelastizität wird weniger Kunstdünger nachgefragt. Substitutionsmöglichkeiten sind Hofdünger oder der vermehrte Anbau von Leguminosen. Der Treibstoff ist wie der Kunstdünger zwar zentral von einer Energieverteilung betroffen. Im Unterschied zum Kunstdünger ist aber die Reaktion der Betriebe geringer, da sie den Treibstoff nicht sofort substituieren können. Langfristig werden bei anhaltenden hohen Energiepreisen Substitutionsmöglichkeiten in Form von neuen Technologien oder neuen Energieträgern entwickelt und eingesetzt. Eine schwache Reaktion auf gestiegene Energiepreise wird bei den Maschinen zu beobachten sein. Der Anteil der Energie an den Produktionskosten ist deutlich geringer als beim Kunstdünger oder dem Treibstoff. Im Weiteren ist es für die Betriebe kaum möglich, die Maschinen durch einen anderen Produktionsfaktor zu ersetzen.

Wenn auf die Energie eine Umweltsteuer erhoben wird, sind die Auswirkungen ähnlich wie bei einer Energieverteilung. Die in Tabelle 3 aufgezeigten Reaktionen gelten deshalb auch für die Umweltsteuern. Der Lenkungseffekt ist folglich beim Kunstdünger stärker als bei den Maschinen. Für die Landwirtschaft liegt ein zentraler Vorteil der Umweltsteuer im Transportbereich. Durch die Steuern werden die Transporte in die Schweiz für ausländische Anbieter teurer, was die Wettbewerbsfähigkeit der Inlandproduktion grundsätzlich anhebt. Besonders energieintensive Transportarten wie Kühltransporte für Frischmilchprodukte wären von einer Energiesteuer stärker betroffen als etwa Getreide oder Zucker.

## Auswirkungen von Energieverteilungen

Um die Auswirkungen von Energiepreiserhöhungen zu erörtern, muss der Anteil der Energie an den gesamten Kosten bekannt sein. Für den Energiebedarf einzelner Betriebszweige liegen für die Schweiz keine Angaben vor. Pimentel und Burgess (1980) haben für die amerikanische Landwirtschaft die Inputenergien für verschiedene Kulturen erfasst. Die Angaben über den Bedarf an direkter und Grauer Energie für verschiedene Kulturen in den USA wurden den entsprechenden schweizerischen Kostangaben aus dem Deckungsbeitragskatalog gegenübergestellt. Bei einem mittleren

Energiepreis von 3 Rappen pro Megajoule (MJ) beträgt der Anteil der Energiekosten bei den Ackerkulturen 10 bis 15 % und bei den Milchkühen rund 20 %. Mit Hilfe von ökonomischen Schätzungen von Walo (1994) werden die Auswirkungen einer Energieverteilung um 10 % berechnet. Die Nachfrage nach pflanzenspezifischen Inputs, die Kunstdünger und Pestizide einschliesst, geht um weniger als 2 % zurück. Der Einsatz von Kapital, das beispielsweise zum Kauf von Maschinen eingesetzt wird, verkleinert sich um lediglich ein Prozent. Die Reaktion auf die gestiegenen Energiepreise seitens der Betriebe ist minimal und deutet auf eine unelastische Energienachfrage hin. Insgesamt bewirkt die Energieverteilung von 10 % eine Steigerung der totalen Produktionskosten von 1 bis 2 %. Wenn der Energiepreis um ein Vielfaches ansteige, wären mit der Zeit strukturelle Veränderungen zu erwarten. Gleichzeitig würden Energiespartetechniken an Bedeutung gewinnen. Bei solchen starken Energieverteilungen würde die gegenseitige Abhängigkeit von Nahrungsmittel- und Energiepreisen zum Tragen kommen. Zwischen dem Anbau von nachwachsenden Rohstoffen, wie beispielsweise dem Zuckerrohr für die Alkoholproduktion in Brasilien, und Pflanzen für die Grundnahrungsmittelproduktion besteht fallweise bereits heute eine Konkurrenzsituation. Besonders problematisch würde die Situation dann, wenn Länder die Möglichkeit hätten, nachwachsende Rohstoffe zu Energiezwecken exportieren zu können. Solche Länder befänden sich in einem Dilemma zwischen der Versorgung der eigenen Bevölkerung und dem einträglichen Export von Energie aus nachwachsenden Rohstoffen.

## LITERATUR

- Faidley L.W., 1992. Energy in World Agriculture Volume 6. Elsevier, New York. 7 S.
- FAO, verschiedene Jahrgänge. Yearbook Production und Yearbook Fertilizer. Rom.
- Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau (LBL), 1995. Deckungsbeitragskatalog. Lindau.
- Pimentel D. and Burgess M., 1980. Energy Inputs in Corn Production. In: Handbook of Energy utilization in agriculture (Ed. D. Pimentel). CRC Press, Florida, 67-83.
- Rieder P., Angehrn B., Baltensweiler M. und Lips M., 1997. Wirtschaftliche und technische Zusam-

menhänge zwischen Energie und Agrarproduktion. Institut für Agrarwirtschaft, Zürich.

■ Studer R., 1978. Studie über den Energie-Input und Output in der schweizerischen Landwirtschaft. In: Vorträge der internationalen Tagung Energie und Landwirtschaft 25.-27. Mai 1978 (Ed. Gottlieb Duttweiler-Institut). Gottlieb Duttweiler-Institut, Rorschach. 264 S.

■ Walo A., 1994. Grössen und Verbundvorteile bei Mehrprodukteunternehmen. Zürcher Dissertation. Rüegger, Zürich. 129-134.

## RÉSUMÉ

### L'intensité d'utilisation de l'énergie dans l'agriculture Suisse

On a examiné l'intensité d'utilisation de l'énergie dans le secteur agricole de six pays européens, dont la Suisse. L'étude a montré que la Suisse, comme les Pays-Bas, présente une haute intensité d'utilisation de l'énergie. Entre les années 80 et 90, l'intensité d'utilisation de l'énergie a baissé. On peut observer le même processus dans les autres pays européens examinés dans l'étude. Suivant le produit, les coûts d'énergie représentent entre 10 % et 20 % des coûts de production. Une augmentation du prix de l'énergie de 1 % aurait pour conséquence une augmentation des coûts de production de 1 à 2 %.

## SUMMARY

### Intensity of energy use in Swiss agriculture

The intensity of energy use in the agricultural production systems of six industrialized countries, among them Switzerland, was investigated. The study has shown that Switzerland, like The Netherlands, has a high energy intensity. Between the 1980s and beginning of the 1990s the energy intensity of the Swiss agricultural sector has decreased. The same process can also be observed in the other European countries. The share of energy costs in the total production costs varies between 10 % to 20 %, depending on the commodity. A 1 % increase in energy cost would result only in a 1 % to 2 % increase in production costs.

**KEY WORDS:** energy, energy intensity, energy price