

**Programm  
Biomasse**

# **Rationelle Energieanwendung in der Landwirtschaft (REAL)**

**Unter Berücksichtigung vermehrten Einsatzes  
erneuerbarer Energieträger**

Pnr.: 31 724 / VNr.: 71643

ausgearbeitet durch

**J.-L. Hersener**

**U. Meier**

**ARGE 'REAL'**

**c/o Ingenieurbüro HERSENER**

**8542 Wiesendangen**

im Auftrag des  
**Bundesamtes für Energie**

## Vorwort

Infolge fortschreitender Rationalisierung und steigendem Kostendruck müssen auch in der Landwirtschaft immer mehr Arbeiten effizient und in kurzer Zeit, d.h. mit einer schlagkräftigen Mechanisierung mittels Einsatz von Fremdenergie verrichtet werden.

Vor hundert Jahren deckte der Landwirtschaftsbetrieb seinen Energieverbrauch weitgehend selbst. Obwohl die Landwirtschaft auch heute noch in der Lage ist eigene Biomasseenergieträger zu produzieren, werden diese weit weniger eingesetzt.

Die in diesem Bericht erarbeiteten Grundlagen über den Energieverbrauch in der Landwirtschaft sollen mithelfen, die Energie rationeller zu verwenden und Biomasse, wo möglich, wieder vermehrt einzusetzen.

Die vorliegende Studie wurde durch die freundliche Unterstützung des BFE ermöglicht. Für die hilfreiche Zusammenarbeit geht unser Dank auch an die Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, die bei der Datenbeschaffung und der Definition des Durchschnittsbetriebes nützliche Hinweise geben konnte.

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

## **Teil I: Kurzfassung**

Die vorliegende Kurzfassung bietet die Möglichkeit als eigenständige Broschüre an interessierte Kreise verteilt zu werden. Die Gliederung ist wie folgt geplant:

- Der Grundlagenteil wird nur knapp wiedergegeben.
- Der Teil Energieeinsparungsmöglichkeiten und Einsatz von Biomasse soll in ansprechender Form (Grafiken, Abbildungen) als Hauptelement dargestellt werden.
- Knappe Zusammenfassung der Schlussfolgerungen und des Handlungsbedarfs
- Abstract in English
- Gesamtumfang unter 10 Seiten, Als Separatdruck farbig

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	2
Teil I: Kurzfassung .....	3
Inhaltsverzeichnis .....	4
Tabellenverzeichnis .....	5
Abbildungsverzeichnis .....	5
Umrechnungen .....	6
Abkürzungen .....	7
TEIL II: Ausführlicher Bericht .....	8
Zusammenfassung .....	8
Abstract .....	8
Ausgangslage .....	9
Ziel der Arbeit .....	9
Lösungsweg .....	10
Hauptergebnisse.....	12
Auswertung der Datenquellen .....	12
Energieverbrauch auf Stufe Schweizerische Landwirtschaft.....	17
Energieverbrauch auf Stufe durchschnittlicher Landwirtschaftsbetrieb .....	17
Stromverbrauch .....	17
Treibstoffverbrauch Stufe Betrieb .....	19
Treibstoffverbrauch einzelner Kulturen .....	21
Einsparungsmöglichkeiten, Substitution durch Biomasse .....	28
Handlungsbedarf, offene Fragen .....	30
Schlussfolgerungen .....	30
Literaturverzeichnis.....	31
Anhang .....	32

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kenndaten des definierten Durchschnittsbetriebes.....	11
Tabelle 2: Gegenüberstellung unterschiedlicher Datenquellen (nicht vergleichbar, aufgrund unterschiedlicher Jahreszahlen, Daten und Methoden).....	15

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Jährlicher Elektrizitätsverbrauch des gewählten Landwirtschaftsbetriebes [kWh].....	18
Abbildung 2: Treibstoffverbrauch pro Hektar nach Kulturen .....	19
Abbildung 3: Treibstoffverbrauch pro Arbeitsschritt auf dem Landwirtschaftsbetrieb .....	20
Abbildung 4: Energieverbrauch aufgeteilt nach Treibstoff und Elektrizität auf dem gewählten Landwirtschaftsbetrieb .....	21
Abbildung 5: Treibstoffverbrauch je Kultur und Arbeitsschritt im Getreidebau .....	22
Abbildung 6: Treibstoffverbrauch je Kultur und Arbeitsschritt bei Körnermais .....	23
Abbildung 7: Treibstoffverbrauch je Kultur und Arbeitsschritt im Kartoffelbau .....	24
Abbildung 8: Treibstoffverbrauch je Kultur und Arbeitsschritt bei Zuckerrüben.....	24
Abbildung 9: Treibstoffverbrauch je Kultur und Arbeitsschritt bei Silo- und Grünmais .....	25
Abbildung 10: Treibstoffverbrauch je Kultur und Arbeitsschritt bei Futterrüben .....	26
Abbildung 11: Treibstoffverbrauch je Kultur und Arbeitsschritt bei Kunstwiesen.....	26
Abbildung 12: Treibstoffverbrauch je Kultur und Arbeitsschritt bei Naturwiesen .....	27

## Umrechnungen

Faktor	Einheit	=	Faktor	Einheit
1	Kilo (k)	=	$10^3$	Tausend
1	Mega (M)	=	$10^6$	Million
1	Giga (G)	=	$10^9$	Milliarde
1	Tera (T)	=	$10^{12}$	Billion
1	Peta (P)	=	$10^{15}$	Billiarde
1	Exa (E)	=	$10^{18}$	Trillion
1	J	=	1	Ws
1	MJ	=	0.277	kWh
1	MJ	=	0.0238	kg EA
1	MJ	=	238.9	Kcal
1	cal	=	4.185	J=Ws
1	kcal	=	1.16	Wh
1	kcal	=	$1.16 \cdot 10^{-3}$	kWh
1	kcal	=	$0.99 \cdot 10^{-3}$	kg EA
1	kWh	=	3.6	MJ
1	kWh	=	0.085	kg EA
1	kWh	=	860	Kcal
1	kg EA	=	41.9	MJ
1	kg EA	=	11.63	kWh
1	kg EA	=	10012	kcal
1	kg Holz(80%TS)	=	14.65	MJ
1	kg Holz(80%TS)	=	4.07	kWh
1	kg Holz(80%TS)	=	0.245	kg EA
1	kg Holz(80%TS)	=	3500	kcal

rm\* = Raummeter

Wichtige bzw. meist verwendete Umrechnungsfaktoren sind fett gedruckt

## Abkürzungen

BFE	Bundesamt für Energie
BLW	Bundesamt für Landwirtschaft
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
DGVE	Düngergrossvieheinheit
$\Sigma$	Summe
el	elektrisch
etc.	et cetera
EW	Elektrizitätswerk
GJ	Gigajoule
GWh	Gigawattstunden
ha	Hektar
Hu	unterer Heizwert
IP	Integrierte Produktion
J	Joule
kg	Kilogramm
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
LN	Landwirtschaftliche Nutzfläche
MJ	Megajoule
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden
PJ	Petajoule
t	Tonne
th	thermisch
Tr	Treibstoff
TS	Trockensubstanz
WKK	Wärmekraftkoppelung

## **TEIL II: Ausführlicher Bericht**

### **Zusammenfassung**

#### **Abstract**

The aim of the project is to analyse the actual energy consumption of the Swiss agriculture and to work out proposals for a more efficient use of energy and to show possibilities to increase the use of biomass energy.

The examined statistics and sources which describes the energy consumption of the Swiss agriculture are quite different. To estimate the consumption some difficulties where found out: The electricity consumption can't be said exactly because the household and the farm are suddenly at the same counter. A separation is made in the accounting but the farmer itself says how much this rate is. Caused by the Swiss tax we could estimated the consumption of fuels much better. Also in the Literature and by tests of the Swiss Federal Research Stations for Agricultural Engineering and Economics there were made fuel consumption tests with tractors. The estimated fuel, electricity and heat consumption will be shown in this annual report.

## Ausgangslage

Der Verbrauch an hochwertiger Energie in der Landwirtschaft (Strom, Treibstoffe) beträgt rund 6% des CH-Verbrauches<sup>1</sup>. Obwohl gerade die Landwirtschaft über ein grosses Biomassepotential verfügt, ist eine völlige Energieautarkie bezüglich Treibstoffen oder Strom aus marktwirtschaftlichen und agrarpolitischen Überlegungen kaum wahrscheinlich. Die Bereitstellung von Wärmeenergie kann jedoch noch ausgebaut werden, da hierbei Flächen genutzt werden können, die primär dem ökologischen Ausgleich dienen. Um 'nicht erneuerbare' Energieträger zu schonen, bietet sich neben der Bereitstellung von Biomasse-Energie der vermehrte rationelle Einsatz der verwendeten Energieträger an. Während im Bereich Gebäudesanierung, Industrie und Fahrzeugbau der rationelle Einsatz von Energie mit grossen Anstrengungen vorangetrieben wird<sup>2</sup>, sind die Bestrebungen in der Landwirtschaft noch wenig fortgeschritten.

## Ziel der Arbeit

- Abklären des aktuellen landwirtschaftlichen Energieverbrauchs (Jahresbericht 1999).
- Aufdecken und Schliessen von allfälligen Datenlücken (Jahresbericht 2000).
- Ableiten von Einsparungsmöglichkeiten und aufzeigen, wo der Einsatz von erneuerbaren Energien insbesondere von landwirtschaftlicher Biomasse möglich ist.

### Etappenziele bis Ende 1999

Evaluation vorhandener Datenquellen, Datenlücken aufdecken und soweit bereits vorhanden durch Messungen schliessen.

### Etappenziele bis Ende 2000

- Schwachstellen aufzeigen, d.h. Eruierung signifikanter Energieverbraucher mittels Analyse der wichtigsten Arbeitsschritte bzw. der eingesetzten Maschinen und Einrichtungen.
- Verifizieren der erhobenen Daten anhand von Durchschnittswerten aus der Elektrizitäts- bzw. Gesamtenergiestatsistik des BFE.

---

<sup>1</sup> Gfeller, J.: Energiepolitische Beurteilung nachwachsender Rohstoffe, anlässlich des FAT-Workshops vom 22.10.97 in Tänikon

<sup>2</sup> Programme des Bundesamtes für Konjunkturfragen wie RAVEL, PACER etc.

## Lösungsweg

In einem ersten Schritt wurden die vorhanden Datengrundlagen evaluiert.

Die Daten zum landwirtschaftlichen Energieverbrauch stammen aus folgenden Quellen:

- Elektrizitätsstatistik und Gesamtenergiestatistik des BfE
- FAT-Statistik über den landwirtschaftlichen Energieverbrauch von 1939-1985 bzw. 1990 von Studer bzw. Jollet
- FAT-Modellrechnungen zum aktuellen landwirtschaftlichen Energieverbrauch nach Fischer 1998
- Daten aus FAT-Messungen bezüglich Treibstoffverbrauch landwirtschaftlicher Traktoren
- Grundlagenbericht basierend auf der „Zentralen Auswertung der Buchhaltungsergebnisse“ der Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT)

Die vorliegenden Quellen wurden untersucht bezüglich:

- Datenherkunft
- Erhebungsmethodik
- Datenqualität (Plausibilität zugrunde gelegter Annahmen, Detaildaten)

In zweiten Teil wurde der Verbrauch eines durchschnittlichen Landwirtschaftsbetriebes formuliert und anhand von Buchhaltungsergebnissen hochgerechnet. Diese Werte wurden anhand der Elektrizitäts- und Energiestatistik des BFE verifiziert.

Um die Schwachstellen bezüglich Energieverbrauch festzustellen, wurde ein „Durchschnittsbetrieb“ definiert. Dieser Durchschnittsbetrieb wurde auf der Basis des durchschnittlichen Talbetriebes aus den Buchhaltungsdaten der FAT (Grundlagenbericht 1998) berechnet. Dieser berechnete Betrieb stellt die Mehrheit typischer, schweizerischer Landwirtschaftsbetriebe dar.

Die wichtigsten Eckdaten dieses Betriebes sind in Tabelle 1 erwähnt. Es handelt sich dabei um einen Gemischtbetrieb mit Milchwirtschaft und Ackerbau als Produktionszweige.

**Tabelle 1: Kenndaten des definierten Durchschnittsbetriebes**

Tierhaltung			Pflanzenbau		
Kühe	[GVE]	16.3	Weizen	[ha]	4.27
Aufzuchtvieh und Stiere	[GVE]	5.9	Körnermais	[ha]	3.7
Grosses Mastvieh	[GVE]	1.3	Kartoffeln	[ha]	0.63
Mastkälber	[Stück]	0.7	Zuckerrüben	[ha]	0.6
Total	[GVE]	23.5	Raps	[ha]	0.38
Eber und Mutterschweine	[Stück]	5.3	Futterrüben	[ha]	0.12
Mastschweine	[Stück]	17	Silomais	[ha]	1.27
Legehennen	[Stück]	44.7	Kunstwiesen	[ha]	3.52
			Naturwiesen, Dauerweiden	[ha]	7.79
			Landwirt. Nutzfläche (LN)	[ha]	22.28
			Wald	[ha]	1.85

Mit diesem Betriebstyp können bezüglich Identifikation von Schwachstellen für die Mehrheit der Talbetriebe Lösungsvorschläge erarbeitet werden.

Betriebe, welche ausschliesslich die Produktionszweige Ackerbau, intensive Tierhaltung oder Spezialkulturen betreiben, wurden in dieser Studie nicht berücksichtigt.

Die für die Produktion erforderliche graue Energie, sowie die Arbeitskraft von Mensch und Tier sind ebenfalls nicht einberechnet.

Zur Berechnung des Energieverbrauches wurden folgende Datenquellen verwendet:

- Ergebnisse der Zentralen Auswertung von Buchhaltungsdaten - Grundlagenbericht 1998, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik FAT.
- Schweizerische Gesamtenergiestatistik und Schweizerische Elektrizitätsstatistik des Bundesamtes für Energie BFE 1997 bis 1999.
- Strombedarf in der Landwirtschaft, J. Boxberger et al., 1997, Schriftenreihe der Energieforschungsgemeinschaft im Verband der E-Werke Österreichs.
- Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung, 1999, Schweizerischer Bauernverband.
- Diverse Erhebungen und Daten zum Treibstoffverbrauch bei Landwirtschaftstraktoren und Elektrizitätsverbrauch, FAT.

Entsprechende Aussagen zum Einzelbetrieb, aber auch zur gesamten Landwirtschaft werden daraus abgeleitet und entsprechende Lösungsvorschläge ausgearbeitet und präsentiert.

# Hauptergebnisse

## ***Auswertung der Datenquellen***

Keine der oben genannten Datenquellen basiert ausschliesslich auf exakten Datenerhebungen. Alle gehen von Hochrechnungen, Schätzungen und Modellberechnungen aus. Die Vor- und Nachteile der einzelnen Quellen werden im Folgenden kurz zusammengefasst:

### **BfE Statistiken**

Die Elektrizitätserhebungen stammen direkt aus der jährlichen Befragung des BFE bei den einzelnen, wichtigsten Elektrizitätswerken (rund 400-500 EW's). Die Zahlen für den Primären Sektor werden von den EW's selbst deklariert. Die meisten Landwirtschaftsbetriebe haben nur einen ‚Stromzähler‘, so dass der Verbrauch des Haushalts nicht vom Betrieb getrennt aufgezeigt wird. Unklar ist, ob die EW's den Haushaltsanteil nach einem Verteilschlüssel der Rubrik Haushalte zurechnen oder ob der Stromverbrauch gesamthaft der Landwirtschaft zuordnet wird.

Aufgrund der BfE-Umfrage wird nur nach dem Primären Sektor gefragt, innerhalb des Sektors aber nicht differenziert nach Fischerei, Land- oder Forstwirtschaft.

Die BfE-Gesamtenergiestatistik basiert für den Bereich Landwirtschaft auf dem Ausschlussprinzip. Die nicht klar definierte Restmenge wird der Verbrauchergruppe Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen mangels einzelner Erhebungen zugeordnet.

## FAT (Studer, Jolliet, 1992)

Die Statistik beinhaltet den landwirtschaftlichen Energieverbrauch in Fünfjahresschritten bis 1985. Eine Hochrechnung der 1985-Daten durch Jolliet (1992) ergab die 1990er-Zahlen. Datengrundlage für die Treibstoffberechnungen bildet die Treibstoffrückrstattung durch die Oberzolldirektion. Die Landwirte geben beim Dieselverbrauch ihren tatsächlichen Verbrauch (mit Belegen) an. Dieser wird in der Statistik geführt. Der Benzinverbrauch muss nicht belegt werden, die Rückerstattung erfolgt nach einer Pauschalen, welche von der FAT, je nach Kultur berechnet wird. Dieser Wert wird als Datengrundlage für den betrieblichen Benzinverbrauch geführt, dürfte aber aufgrund der Schätzungen für alte Motormäher in der Zwischenzeit eher etwas zu hoch geschätzt sein. Der Anteil Schmierstoff wurde mit 2.46% vom Treibstoffverbrauch angenommen. Dieser Wert beläuft sich nach neuesten Messungen der FAT nur noch auf rund 1%.

Da die Treibstoffdaten der Oberzolldirektion nicht den gesamten Verbrauch wiederspiegeln, wählten Studer/Jolliet eine erweiterte Berechnung unter Zuhilfenahme der FAT-Buchhaltungsauswertungen. Die im Grundlagenbericht ausgewiesenen Produktionskosten werden demnach nach Anzahl Betrieben hochgerechnet (Schlüssel nicht mehr aktuell) und die Differenz zu den Zahlen der Oberzolldirektion als zusätzlich eingesetzter Treibstoff ausgewiesen. Bei diesem zusätzlich eingesetzten Treibstoff gehen Studer/Jolliet davon aus, dass diese Menge für Transporte mit Personenwagen eingesetzt wird und es sich somit nur um Benzin handelt (nach heutigen Annahmen kann davon ausgegangen werden, dass diese Treibstoffmenge anteilmässig am aktuellen Verbrauch sowohl für Zugkraftsarbeiten (Diesel) als auch für PW-Transporte eingesetzt wird. Grund sind z.B. flächenlose Lohnunternehmer, die Maschinenarbeiten für Landwirte anbieten. Weiter werden durch Landwirte vermehrt Arbeiten durchgeführt, die ausserhalb der Landwirtschaft sind).

Die Elektrizitätsberechnungen basieren auf Buchhaltungsergebnissen, die fälschlicherweise als Durchschnittszahlen interpretiert wurden. Die Werte dürften daher rund 10-15 % höher sein als angegeben.

Da diese Studie auch die graue oder indirekte Energie berücksichtigt, sind auch Berechnungen zu Maschinen, Gebäuden, Düngerherstellung, Pflanzenschutzmittel und Futteraufbereitung vorhanden. Die Herstellungsmethoden haben sich bezüglich Energieeffizienz jedoch verbessert und müssen durch aktuellere Berechnungsgrundlagen ersetzt werden.

Generell widerspiegelt die Studie Studer/Jolliet für 1985 recht genau die damalige Situation in der Landwirtschaft – eine Weiterführung der vorhandenen Methodik ist aber aufgrund neuer Erkenntnisse nicht sinnvoll. Dies bedeutet aber auch, dass die Vergleichbarkeit bei einer Anwendung angepasster Datenquellen nicht mehr gewährleistet ist. Eine Berechnung

auf den nächsten Fünfjahresschritt von 1995 lässt sich aufgrund der fehlenden Daten für 1995 ohnehin nicht machen (keine landwirtschaftlichen Betriebserhebungen des Bundes aufgrund von Kosteneinsparungen für das Jahr 1995).

## FAT-Fischer Modellberechnungen

Fischer (1998) basiert auf einem sektoriellen Berechnungsmodell, welches es erlaubt, ausgehend von landwirtschaftlichen Kulturen und Bewirtschaftungsweise, hochzurechnen, wieviel Energie theoretisch dafür eingesetzt werden müsste. Kalibriert wird das Modell durch mehr oder weniger bekannte Größen wie Treibstoffrückruckstättung, Düngerverbrauch, Elektrizitätsstatistik, Annahmen über das Bauwesen jedoch ausgehend von Datengrundlagen für Industrie (nicht immer vergleichbar mit der Landwirtschaft).

Die Datenqualität beim Modell Fischer hängt somit stark von den einzelnen Grunddaten ab, welche für die Hochrechnung benötigt werden.

Folgende Klassen lassen sich daraus ableiten:

### Gute Datenqualität:

Maschinen, Mineraldünger, Pflanzenschutzmittel (Menge und Produktionsaufwand sind erhoben worden).

### Mittlere Datenqualität:

Treibstoffe, Schmierstoffe, Gebäude, Brennstoffe, Futterverarbeitung, Futterimport.

### Geringe Datenqualität:

Gasverbrauch, Gewächshäuser.

**Tabelle 2: Gegenüberstellung unterschiedlicher Datenquellen (nicht vergleichbar, aufgrund unterschiedlicher Jahreszahlen, Daten und Methoden)**

Datenquelle	Fischer 1996 Totalenergie TJ	Fischer 1996 Endenergie TJ	Studer/Jolliet 1990 Endenergie TJ	Statistik BfE 1996 Endenergie TJ
Diesel	6763	5731	4220	
Schmierstoffe	225	190	159	
Benzin	188	160	2104	
Pflanzenbehandlungsmittel	299	299	214	
Energie Maschinen, Gewicht	7371	7371	3046	
Energie Gebäude Maschinen	2912	2912	1431	
Energie Gebäude Tiere	6453	6453	-	
Elektrizität	11392	2589	2498	3391
Heizung Tiere	610	517	857	
Heizung Pflanzen (Treibhäuser)	27	23	638	
Dünger Stickstoff SBV	3414	3414	5592	
Dünger Phosphor SBV	920	920	470	
Dünger Kali SBV	484	484	536	
Futterbereitstellung	409	409	2018	
<b>Summe</b>	<b>41467</b>	<b>31473</b>	<b>23783</b>	



## **Datenauswertung, weiterführende Berechnungen**

Die vorhandenen Datenquellen (Tabelle2) basieren auf unterschiedlichen Zeiträumen, Grundlagen und Methoden, was keinen direkten Vergleich zulässt. Berücksichtigt man bei Studer/Jollet ebenfalls die graue Energie für 'Gebäude Tiere', lassen sich ähnliche Werte finden (rund 30PJ).

Basierend auf dem Modell von Fischer sollen unsichere Datenquellen genauer erhoben werden. Insbesondere sind dies: Schätzungen Treibstoffverbrauch nach Treibstoffzollrückerstattung sowie Berücksichtigung der Buchhaltungsdaten (FAT) unter Einbezug eines neuen Verteilschlüssels, der die Hochrechnung der Buchhaltungsergebnisse erlaubt. Ergänzende Messungen auf Praxisbetrieben sollen weiter darüber hinaus Aufschluss geben, welcher Anteil tatsächlich für den Betrieb und für den Haushalt aufgewendet wird. Das gleiche gilt für den Elektrizitätsverbrauch.

Die Werte der Kategorien Mineraldünger und Pflanzenschutzmittel können von Fischer übernommen und bei Bedarf aktualisiert werden.

## ***Energieverbrauch auf Stufe Schweizerische Landwirtschaft***

In der Energiestatistik des BFE liegt der Verbrauch an elektrischer Energie bei rund 950 GWh. Ausgehend von insgesamt rund 70'000 Landwirtschaftsbetrieben ergibt sich ein Durchschnittsverbrauch von etwa 13 MWh pro Betrieb.

## ***Energieverbrauch auf Stufe durchschnittlicher Landwirtschaftsbetrieb***

### Stromverbrauch

Der Stromverbrauch des berechneten Landwirtschaftsbetriebes beträgt 12 MWh im Jahr. Im Produktionszweig Milchwirtschaft ist Elektrizität der vorherrschende Energieträger.

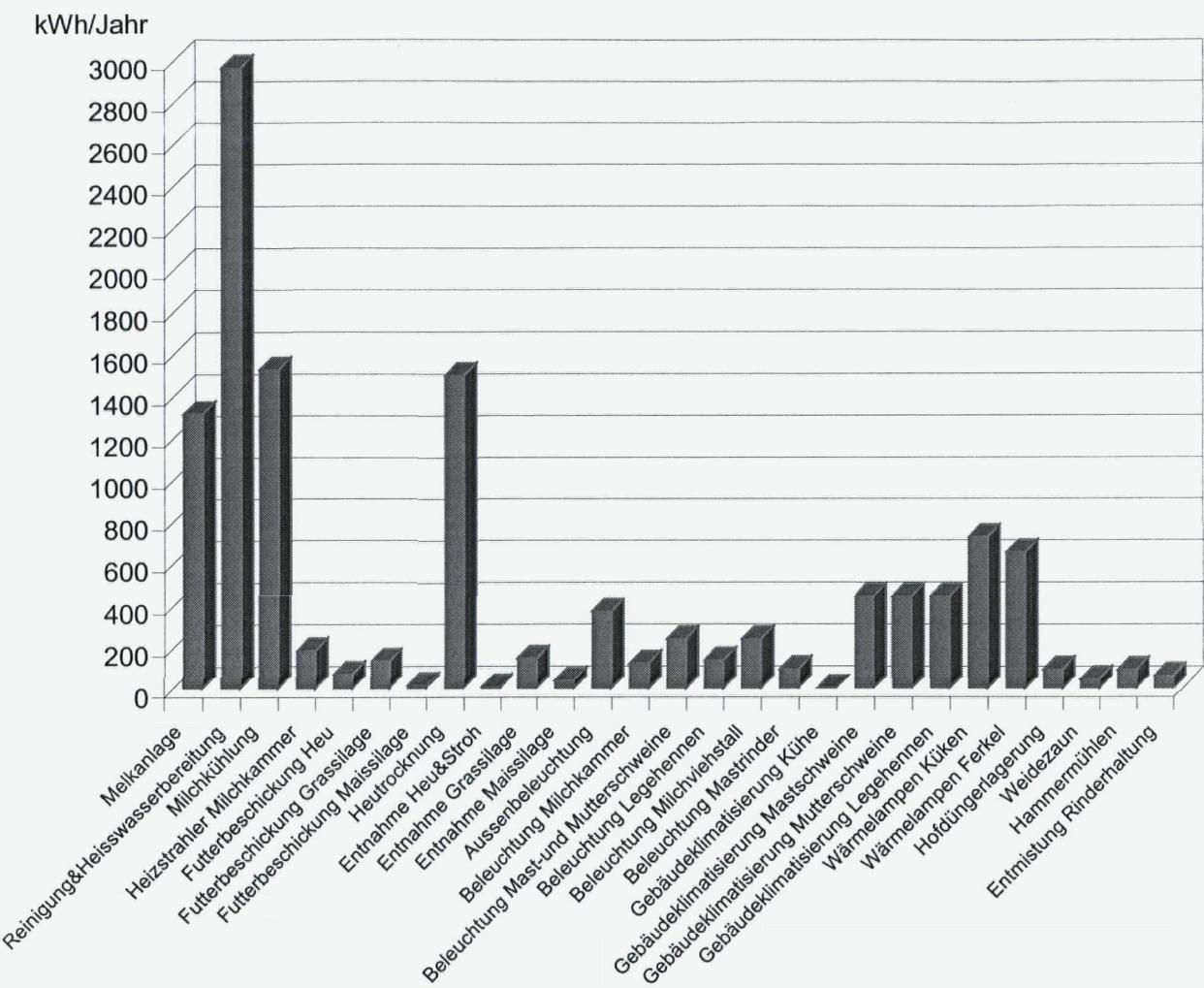
Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse für den definierten Durchschnittsbetrieb.

Die wichtigsten Stromverbraucher sind:

Melkanlage:	1-2 MWh/J
Heisswasseraufbereitung, Reinigung der Melkanlage:	3-4 MWh/J
Milchkühlung:	1-2 MWh/J
Heubelüftung:	1-2 MWh/J
Beleuchtung, Heizstrahler Melkkammer, Güllemixer,	
Futterbeschickung und -entnahme, Entmistung,	
Mühlen, Weidezaun etc.	1 MWh/J

Bei der Analyse dieser Zahlen fällt auf, dass die Heisswasseraufbereitung, je nach Annahmen und Betriebseinrichtung bis 25% des Stromverbrauchs verursachen kann.

Der jährliche Stromverbrauch für die Milchproduktion liegt somit bei rund 7-11 MWh. Werden Rinder, Mastschweine, Hühner gehalten, sind zusätzlich Stallventilatoren notwendig, die jährlich pro Ventilator rund 0.5 MWh Mehrverbrauch verursachen.



**Abbildung 1: Jährlicher Elektrizitätsverbrauch des gewählten Landwirtschaftsbetriebes [kWh]**

In der Energiestatistik des BFE liegt der Verbrauch an elektrischer Energie bei rund 950 GWh. Ausgehend von insgesamt rund 70'000 Landwirtschaftsbetrieben ergibt sich ein Durchschnittsverbrauch von etwa 13 MWh pro Betrieb.

Die Differenz von 1 MWh im Vergleich zu den berechneten Ergebnisse könnte darin begründet sein, dass in vielen Fällen der Haushaltsverbrauch in der Energiestatistik

mitgerechnet wird, was mit einer Umfrage bei verschiedenen Elektrizitätswerken bestätigt wurde.

Der durchschnittliche Haushaltsverbrauch mit 2.5 Personen pro Haushalt liegt gemäss Elektrizitätsstatistik bei 5 MWh. Der berechnete landwirtschaftliche Durchschnittsbetrieb hat 3.5 Personen, was rund 7.5 MWh pro Haushalt und Jahr entspricht.

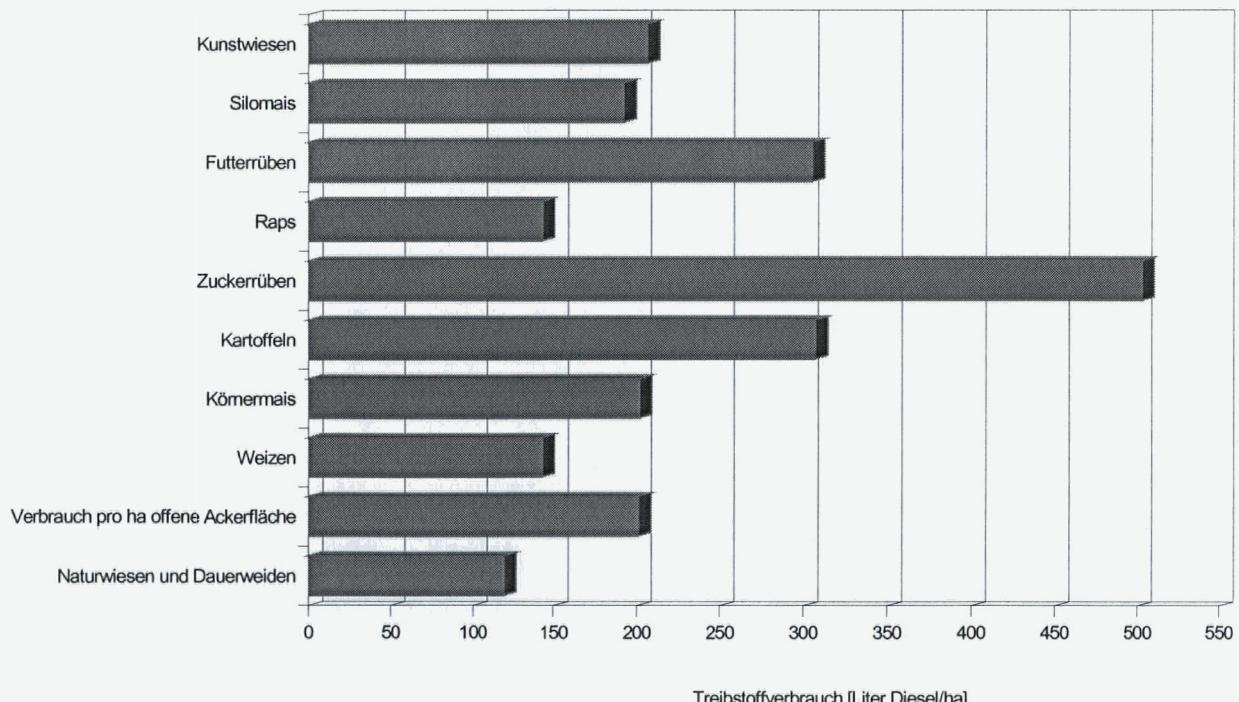
Der gesamte Verbrauch an elektrischer Energie des durchschnittlichen Landwirtschaftsbetriebes beläuft sich auf 19.5 MWh pro Jahr. Dieser Wert deckt sich weitgehend mit den ausgewerteten Buchhaltungsbetrieben der FAT.

#### Treibstoffverbrauch Stufe Betrieb

Im Ackerbau ist der Traktor das zentrale Arbeitsgerät.

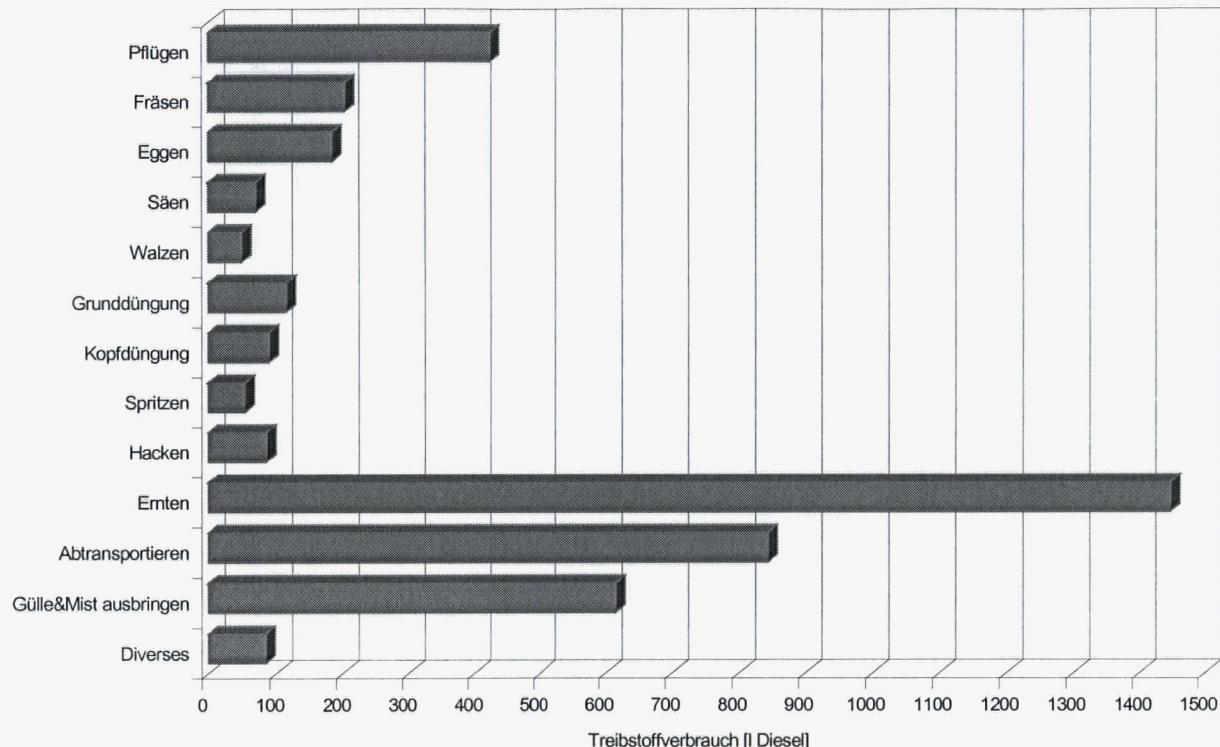
Die Treibstoffverbrauchswerte sowie die notwendigen Traktorstunden stammen von der FAT.

Die Bearbeitung von Zuckerrüben verbraucht mit 500 l/ha weitaus am meisten Diesel (Abb.2). Kartoffeln und Futterrüben liegen bei 300 l/ha und am wenigsten benötigen Naturwiesen mit 110 l/ha. Der Durchschnittsverbrauch pro ha Ackerland liegt bei 200 l.

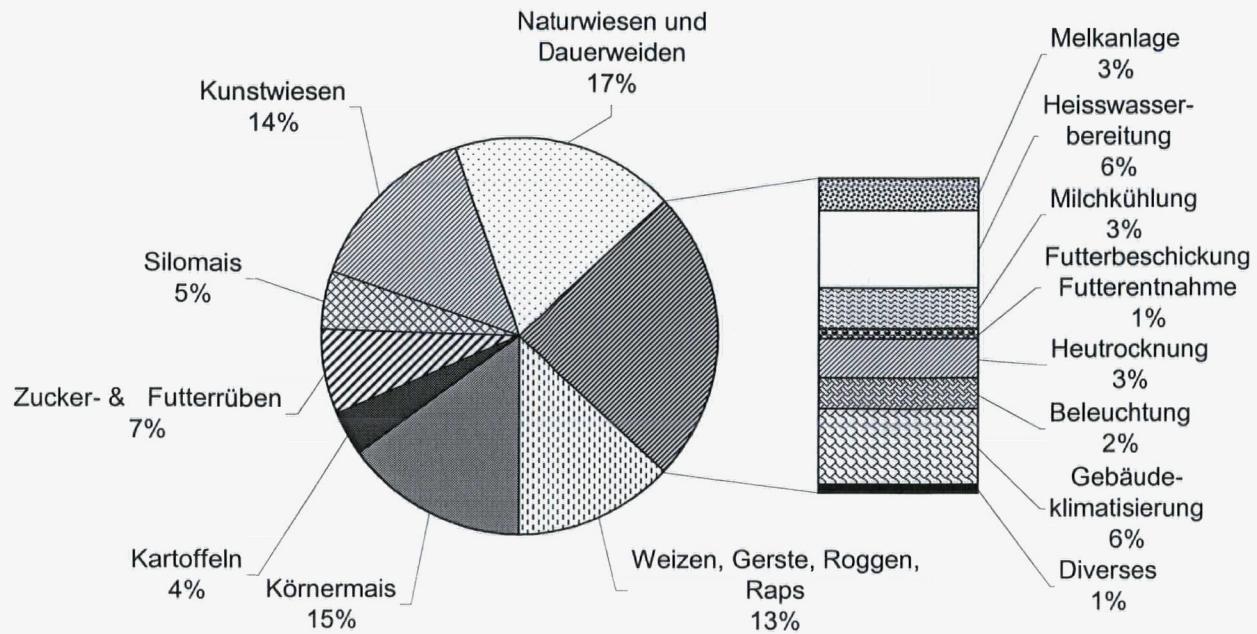


**Abbildung 2: Treibstoffverbrauch pro Hektar nach Kulturen**

In Abbildung 3 ist der Treibstoffverbrauch der einzelnen Bearbeitungsschritte auf dem Landwirtschaftsbetrieb dargestellt. Auf dem Betrieb werden pro Jahr 4'300 Liter Diesel verbraucht bzw. im Durchschnitt 190 l/ha LN. Etwa 1'400 l oder 30 % des Gesamtverbrauches sind für die Ernte notwendig sowie rund 800 l oder rund 20 % für den Abtransport des Erntegutes. Für die Bodenbearbeitung werden etwa 800 l Diesel verbraucht. Die restliche Dieselmenge wird für Pflegearbeiten sowie Mist und Gülle ausbringen benötigt.



**Abbildung 3: Treibstoffverbrauch pro Arbeitsschritt auf dem Landwirtschaftsbetrieb**



**Abbildung 4: Energieverbrauch aufgeteilt nach Treibstoff und Elektrizität auf dem gewählten Landwirtschaftsbetrieb**

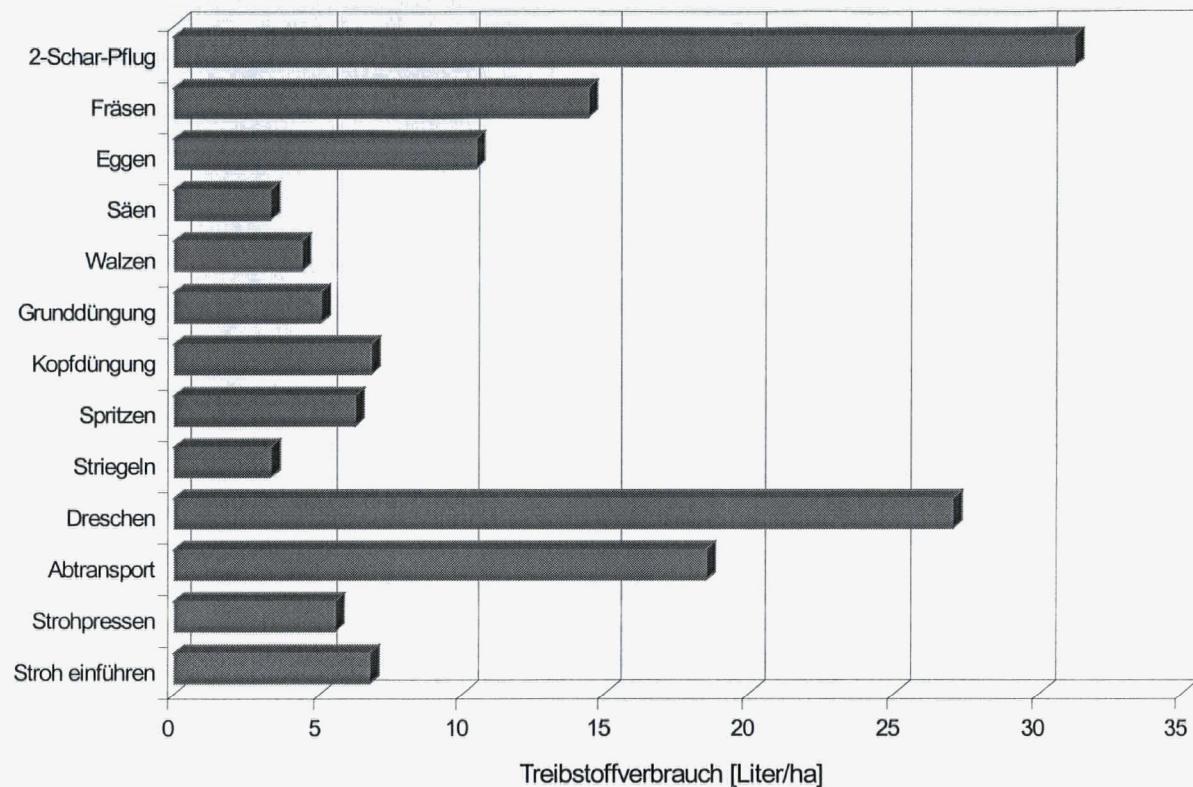
Der Vergleich von Elektrizitäts- und Treibstoffverbrauch, umgerechnet auf kWh, in Abbildung 4 zeigt, dass 75 % der Energie im Pflanzenbau und 25 % in der Tierhaltung benötigt werden. Etwa 45 % der gesamten Energie verbrauchen die Ackerkulturen (ohne Kunstwiesen). Der Elektrizitätsverbrauch beschränkt sich praktisch ausschliesslich auf die tierische Produktion.

#### Treibstoffverbrauch einzelner Kulturen

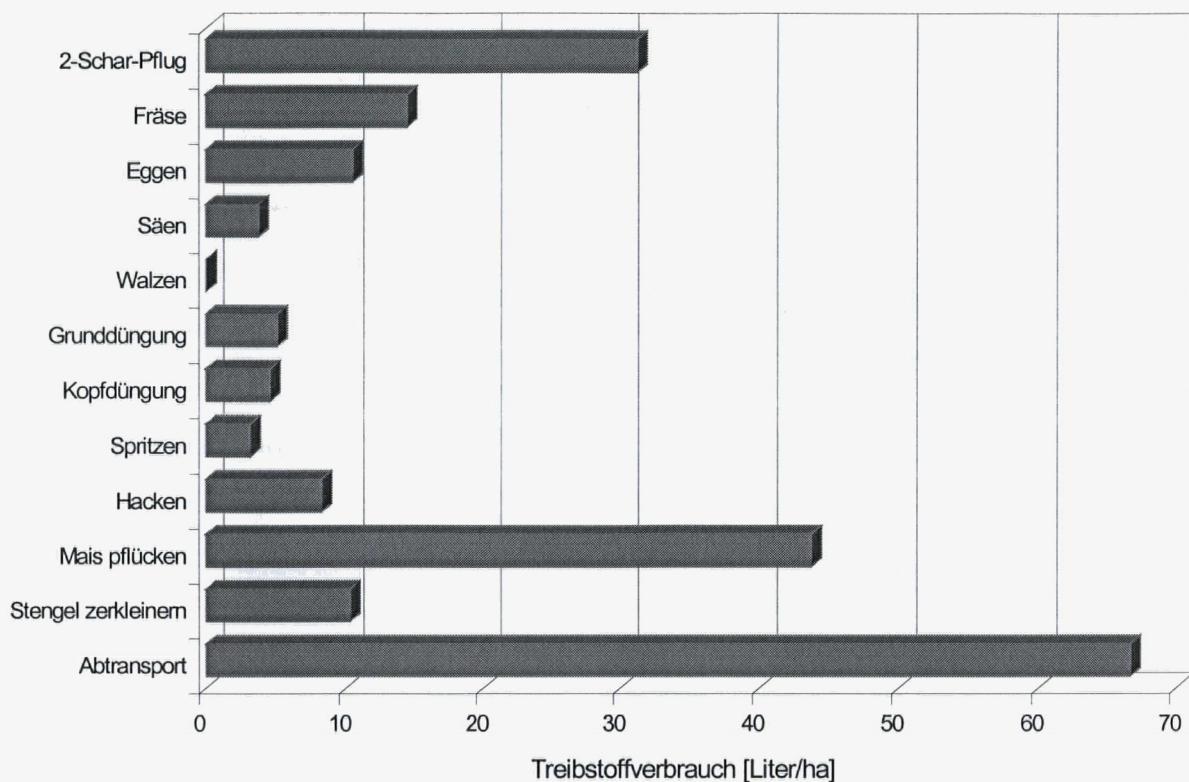
Folgende Kulturen stellen die Hauptkulturen auf dem Landwirtschaftsbetrieb dar:

- Getreide (Raps, Weizen, Gerste, Roggen)
- Körnermais
- Kartoffeln
- Zurkerrüben
- Silo- und Grünmais
- Futterrüben
- Kunstwiesen
- Naturwiesen

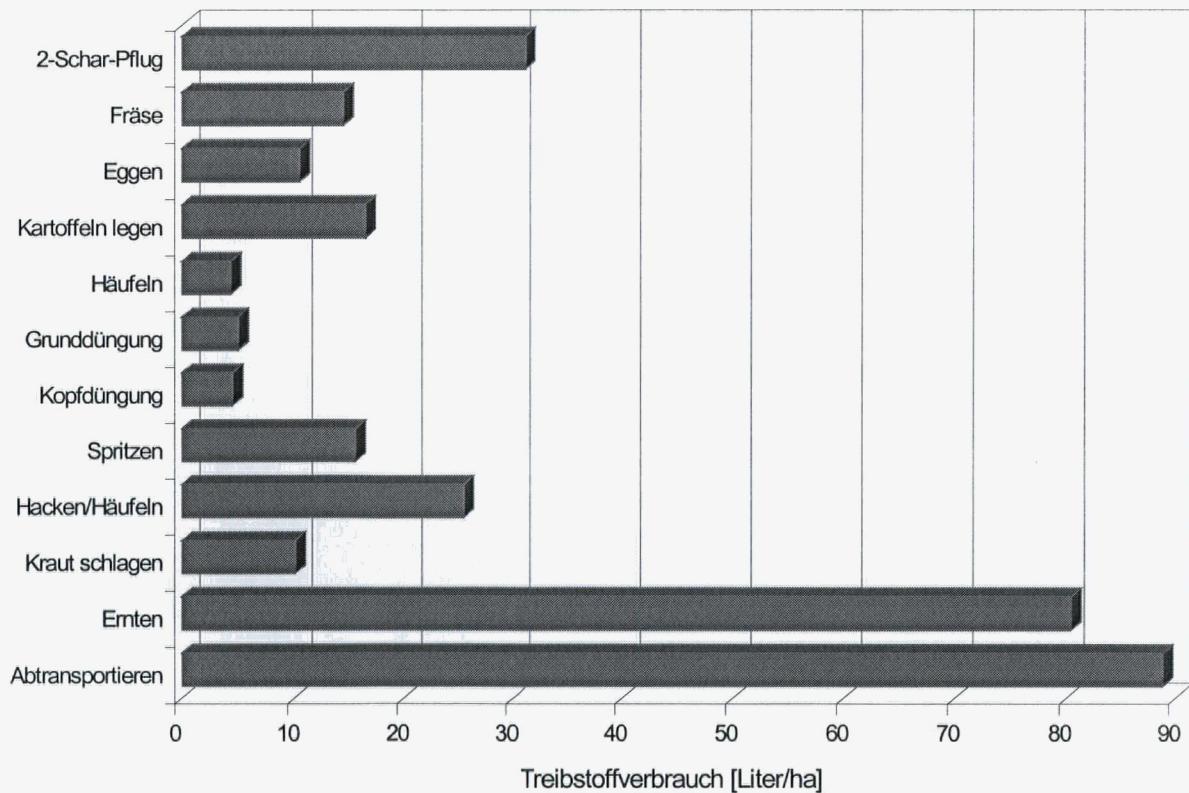
Alle aufgelisteten Kulturen wurden bezüglich der einzelnen notwendigen Arbeitsschritt analysiert (FAT-Arbeitsvoranschlag) und die notwendigen Verbrauchswerte zugeordnet. Die Verbrauchsdaten stammen aus unterschiedlichen Literaturquellen sowie auf Felderhebungen der FAT (M. Rinaldi).



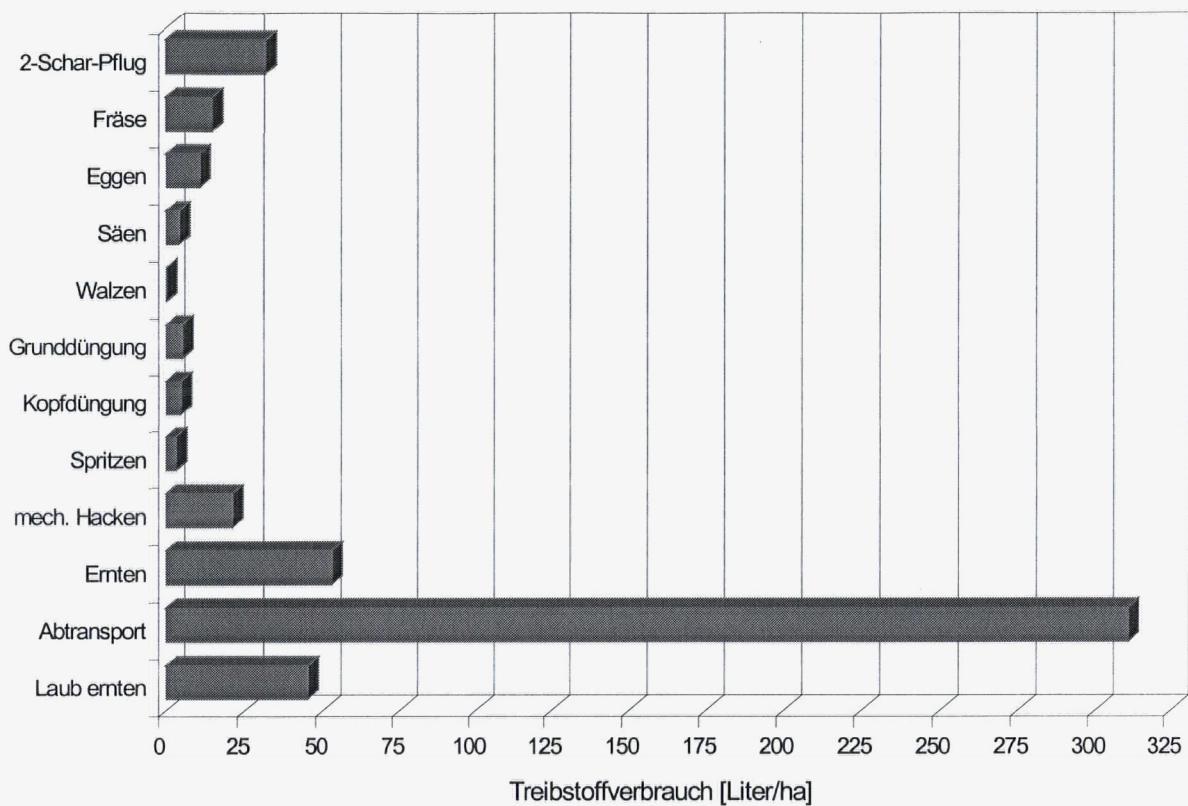
**Abbildung 5: Treibstoffverbrauch je Kultur und Arbeitsschritt im Getreidebau**



**Abbildung 6: Treibstoffverbrauch je Kultur und Arbeitsschritt bei Körnermais**



**Abbildung 7: Treibstoffverbrauch je Kultur und Arbeitsschritt im Kartoffelbau**



**Abbildung 8: Treibstoffverbrauch je Kultur und Arbeitsschritt bei Zuckerrüben**

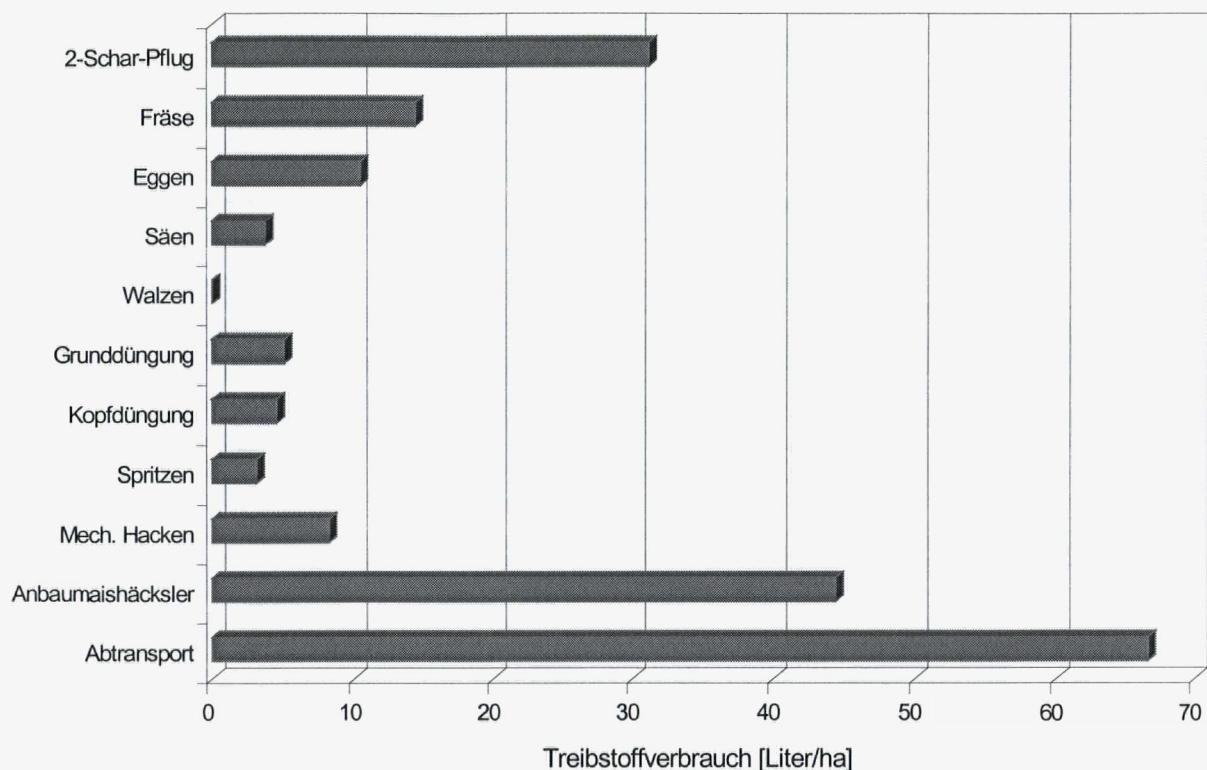


Abbildung 9: Treibstoffverbrauch je Kultur und Arbeitsschritt bei Silo- und Grünmais

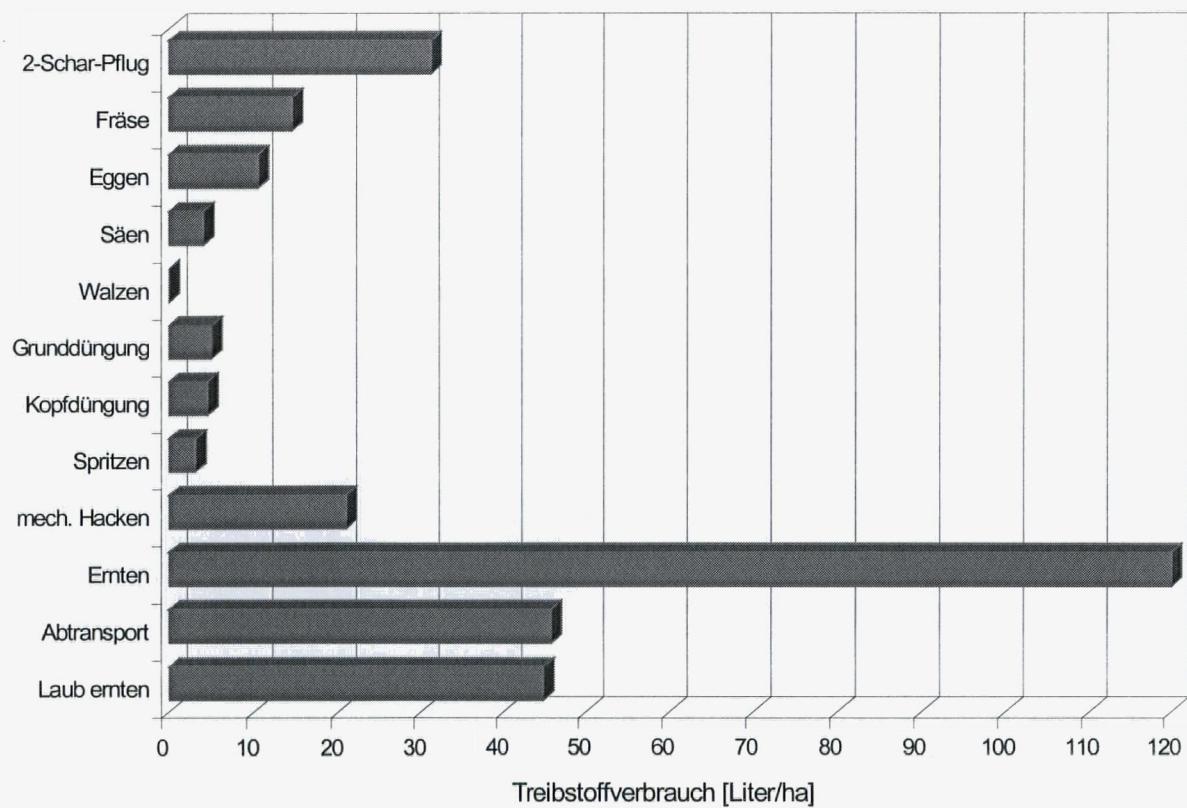


Abbildung 10: Treibstoffverbrauch je Kultur und Arbeitsschritt bei Futterrüben

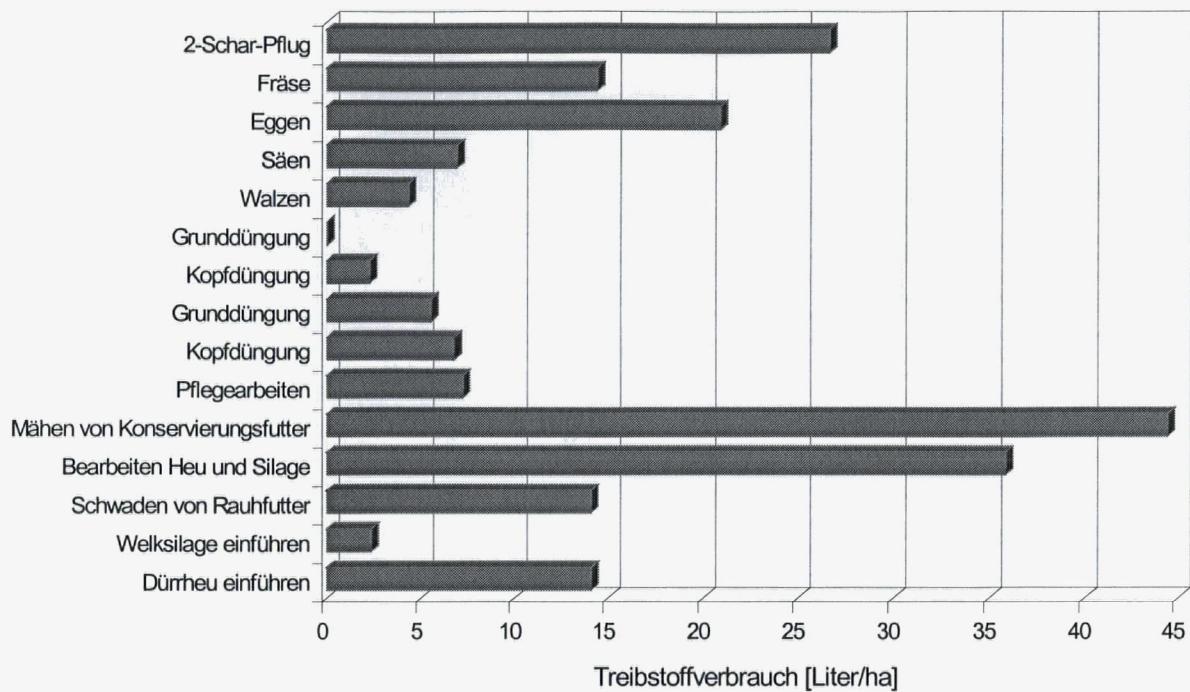
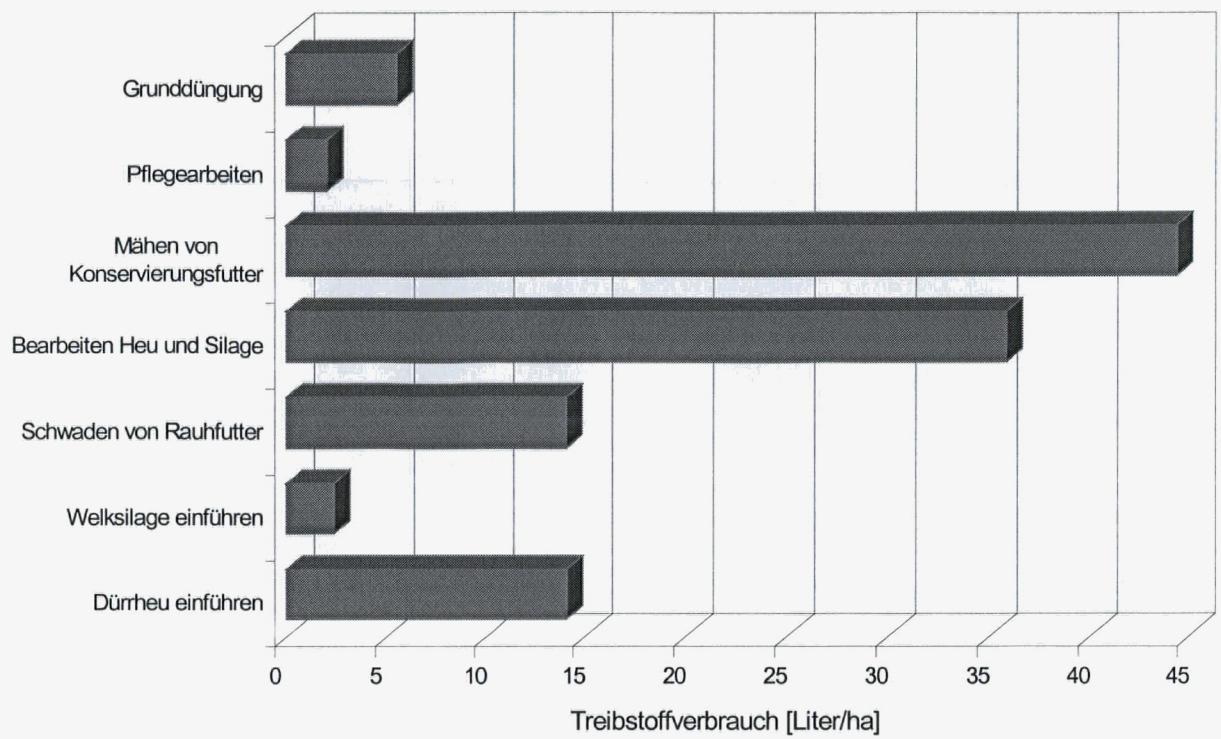


Abbildung 11: Treibstoffverbrauch je Kultur und Arbeitsschritt bei Kunstwiesen



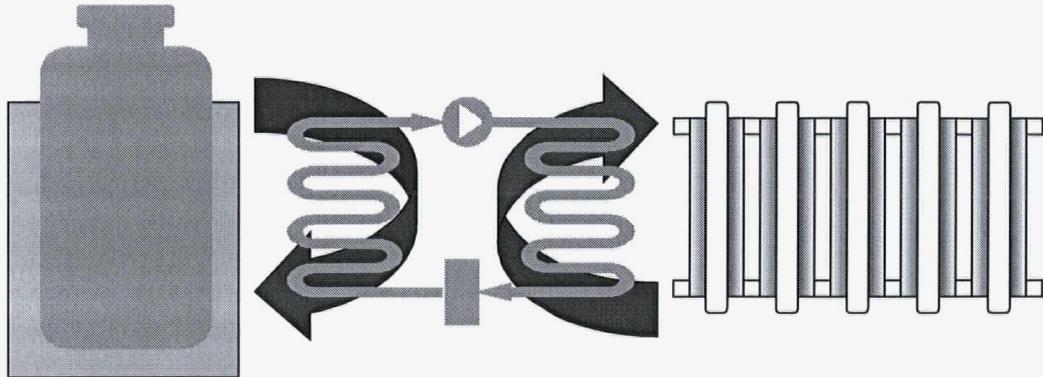
**Abbildung 12: Treibstoffverbrauch je Kultur und Arbeitsschritt bei Naturwiesen**

## Einsparungsmöglichkeiten, Substitution durch Biomasse

Im Bereich Elektrizität sind folgende Einsparmöglichkeiten zu überprüfen:

- Milchkühlung mit Wärmerückgewinnung.

Schema WP zur Energierückgewinnung bei der Milchkühlung



Einsatz von Solarkollektoren, Wärmepumpen für die Heutrocknung. (**Photo?**)

- Silageanteil erhöhen zu Lasten von Heuproduktion.
- Tierhaltung in Offenfront-Ställen (beispielsweise Schweinemast).
- Energieoptimierte Steuerung der Stallklimatisierung.
- Elevatoren statt Gebläse?
- 

Im Bereich Treibstoff:

- Optimaler Einsatz von Traktoren, d.h. beispielsweise grosse Traktoren nur für schwere Arbeiten einsetzen. (**Photo**)
- Gezogene Anbaugeräte an Stelle zapfwellenbetriebener Geräte verwenden. (**Photo**)
- Vermindern der Anzahl Überfahrten durch den Einsatz von Anbaukombinationen. (**Photo**)
- Treibstoffsparende Fahrweise (Eco-Drive).
- Reifendruck den Verhältnissen anpassen (Acker tief, Strasse hoch).

Biomasseeinsatz:

- Einsatz von Rapsmethylester (RME) als Möglichkeit im Treibstoffbereich. (**Photo**)

- Heisswasseraufbereitung mittels Biomasseheizung.
- Stromerzeugung aus Biogas oder Pflanzenölen mittels Blockheizkraftwerk (BHKW).  
**(Photo?)**
- 
- Hofdünger als Brennstoff
- Landschaftspflegematerial als Brennstoff
- Evaluation von Betrieben mit Prozessenergiebedarf
-

## **Handlungsbedarf, offene Fragen**

- Daten für Durchschnittsbetriebe aufgrund erster Abschätzungen nicht mit Spezial- oder Bergbetrieben vergleichbar. Spezialbetriebe wie Schweinemäster haben einen weit höheren Energieverbrauch im Stallbereich als Durchschnittsbetriebe. Hier ist sowohl eine höheres Einsparungspotential als auch die Möglichkeit Biomasse einzusetzen (Prozessenergiebedarf für Futteraufbereitung).
- Die Wichtigkeit bezüglich Gesamtenergieverbrauch dieser Betriebe ist nicht sicher
- 

## **Schlussfolgerungen**

Aussagen erst nach Formulierung des Kapitels Einsparungsmöglichkeiten, Biomasseeinsatz sinnvoll

## **Literaturverzeichnis**

## **Anhang**