

**MSc Program  
Renewable Energy in Central & Eastern Europe**



**„Steigerung der Energieeffizienz  
auf oberösterreichischen Bauernhöfen  
unter Einbeziehung pädagogischer Aspekte  
in der Ausbildung von Landwirten“**

**Master Thesis zur Erlangung des akademischen Grades  
“Master of Science”**

eingereicht bei  
**Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Bernhard Pelikan  
Dipl.-Ing. Dr. Manfred Gollner**

**Hans Miglbauer**  
Student Id. Nr. 0627254

Wien, 15. Oktober 2008



## EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich, Hans Miglbauer, versichere hiermit

1. dass ich die vorliegende Master These, „Steigerung der Energieeffizienz auf oberösterreichischen Bauernhöfen unter Einbeziehung pädagogischer Aspekte in der Ausbildung von Landwirten“, (62 Seiten), gebunden, selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfen bedient habe, und
2. dass ich diese Master These bisher weder im Inland noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Wien, am

\_\_\_\_\_

Datum

\_\_\_\_\_

Unterschrift

## Vorwort

Bei der Themensuche für meine Master Thesis im Rahmen des Universitätslehrgangs stand der Bezug zu meiner beruflichen Praxis als Lehrer an einer Landwirtschaftsschule im Vordergrund. Im Laufe der Ausbildung kristallisierten sich der Bereich der Grünen Energieproduktion und das Thema Energieeffizienz auf landwirtschaftlichen Betrieben heraus. Da die Inhalte des Bereiches Energieeffizienz auf Bauernhöfen in der Praxis noch sehr wenig angesprochen worden sind, habe ich mich für diese Thematik entschieden.

Eine weitere Herausforderung bestand darin, diese Inhalte in die Ausbildung junger Landwirte einbinden zu können. Durch das Mitwirken vieler Lehrerkollegen anderer Schulstandorte in Oberösterreich und Herrn Fachinspektor Ing. Johann Plakolm ist es gelungen, Ansätze für einen interessanten Wissenstransfer umzusetzen.

Mein Dank für das Gelingen dieser Arbeit gilt meinen Betreuern, Herrn Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Bernhard Pelikan von der Universität für Bodenkultur in Wien und im Besonderen Herrn Dipl.-Ing. Dr. Manfred Gollner vom österreichischen Kuratorium für Landtechnik.

Bedanken möchte ich mich weiters bei Herrn Direktor Dipl.-Ing. Franz Pilz. Durch sein Entgegenkommen in der Gestaltung des Stundenplanes wurden die Arbeit und das Projekt erst ermöglicht.

Ein weiterer Dank gilt Herrn Mag. Josef Preundler, Frau Dipl.-Ing. Gertrude Anzengruber und meiner Ehefrau Gabriele. Sie haben mich bei der Korrektur und dem Lay-out der Arbeit maßgeblich unterstützt.

## INHALTSVERZEICHNIS:

<b>1</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS: .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>ZIELSETZUNG UND METHODENWAHL.....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>STRUKTUR DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDWIRTSCHAFT UND DES ENERGIEVERBRAUCHS IN DEN LETZTEN JAHREN.....</b>	<b>9</b>
5.1	Energiebilanz der oberösterreichischen Landwirtschaft .....	9
5.2	Betriebsstruktur der oberösterreichischen Landwirtschaft.....	10
<b>6</b>	<b>ANMERKUNGEN ZUR ENERGIEEFFIZIENZ UND KOSTENSENKUNG .....</b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>ENERGIEVERBRAUCH AUF LANDWIRTSCHAFTLICHEN BETRIEBEN.....</b>	<b>15</b>
7.1	Historische Entwicklung .....	15
7.2	Reduktion des Kraftstoffverbrauchs .....	15
7.2.1	Mittel- und langfristige Maßnahmen in der Betriebsorganisation.....	15
7.2.1.1	Schlaggröße, Schlagform und Feld-Hof-Entfernung.....	16
7.2.1.2	Traktorauswahl .....	19
7.2.2	Kurzfristige Maßnahmen beim Traktor- und Geräteeinsatz.....	22
7.2.2.1	Reduktion der Motordrehzahl.....	22
7.2.2.2	Allradantrieb, Ballastierung, Reifenwahl und Reifeninnendruck .....	22
7.2.2.3	Wartung .....	23
7.2.2.4	Tiefe der Bodenbearbeitung .....	24
7.2.2.5	Wahl der Arbeitsgeschwindigkeit .....	24
7.2.2.6	Wartung und Einstellung der Geräte.....	25
7.2.2.7	Kraftstoffeinsparpotential auf einem Modellbetrieb.....	25
7.3	Reduktion des Stromverbrauchs .....	26
7.3.1	Erfassung des Ist-Bestandes .....	27
7.3.2	Stromverbrauch für Beleuchtung.....	27
7.3.3	Verbrauch und Einsparpotentiale in der Rinderhaltung.....	28
7.3.3.1	Verteilung des Stromverbrauchs in der Milchviehhaltung.....	28
7.3.3.2	Melktechnik.....	30
7.3.3.3	Reinigung der Melkanlagen und des Melkstandes .....	30
7.3.3.4	Beheizung des Melkstandes .....	30
7.3.3.5	Milchkühlung und Milchlagerung.....	31
7.3.3.6	Krafftutterzuteilung.....	31
7.3.3.7	Sonstige Verbraucher .....	31
7.3.4	Verbrauch und Einsparpotentiale in der Schweinehaltung.....	32
7.3.4.1	Verteilung des Stromverbrauchs in der Schweinehaltung .....	32
7.3.4.2	Lüftungsanlagen .....	33
7.3.4.3	Reinigung der Schweineställe.....	35
7.3.4.4	Heizbedarf in der Zuchtsauenhaltung .....	35
7.3.4.5	Fütterung in der Schweinehaltung .....	36

7.4	Reduktion des Wärmeverbrauchs .....	36
7.4.1	Einleitung .....	36
7.4.2	Maßnahmen zur Reduktion des Wärmebedarfs im Wohnhaus .....	36
7.4.2.1	Wärmedämmung der obersten Geschoßdecke und der Kellerdecke .....	36
7.4.2.2	Wärmedämmung der Außenwand .....	37
7.4.2.3	Fenstertausch .....	37
7.4.2.4	Solarthermie.....	37
7.4.2.5	Heizkessel mit hohem Wirkungsgrad.....	38
7.4.3	Schätzung des Einsparpotentials in einem Wohnhaus .....	38
7.4.4	Tipps zum Einsparen von Heizenergie im Haushalt.....	39
7.4.5	Wärmeeinsatz in der Landwirtschaft .....	40
7.4.5.1	Rinderstall.....	40
7.4.5.2	Schweinstall.....	40
<b>8</b>	<b>SCHULPROJEKT ENERGIESPAREN IN DER LANDWIRTSCHAFT.....</b>	<b>41</b>
8.1	Vorgeschichte.....	41
8.2	Projektidee .....	42
8.3	Inhalt .....	42
8.3.1	Teil A: Fokus elektrischer Strom .....	42
8.3.1.1	Zeitlicher Ablauf des Projektes .....	42
8.3.1.2	Lehrziel und Aufgabe für die Schüler.....	43
8.3.1.3	Projektpartner .....	43
8.3.1.4	Projektvorbereitung.....	44
8.3.1.5	Vorgehensweise im Unterricht .....	45
8.3.1.6	Ergebnis der Befragung .....	45
8.3.1.7	Evaluierung des Stromsparprojektes durch die teilnehmenden Schulen....	48
8.3.1.8	Sonstige Wirkungen des Projektes .....	49
8.3.2	Teil B: Fokus Kraftstoffverbrauch .....	50
8.3.2.1	Zeitlicher Ablauf des Projektes .....	50
8.3.2.2	Lehrziel und Aufgabe für die Schüler.....	50
8.3.2.3	Projektpartner und Projektunterstützer .....	51
8.3.2.4	Projektvorbereitung.....	51
8.3.2.5	Ausblick.....	51
<b>9</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG/SUMMARY .....</b>	<b>52</b>
9.1	Zusammenfassung.....	52
9.2	Summary .....	53
<b>10</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>54</b>
<b>11</b>	<b>ANHANG I.....</b>	<b>58</b>
<b>12</b>	<b>ANHANG II.....</b>	<b>62</b>

# 1 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1. Rinderbestand Österreich nach Gemeinden (Bundesanstalt für Agrarwirtschaft 2006).....	12
Abb. 2. Schweinebestand Österreich nach Gemeinden (Bundesanstalt für Agrarwirtschaft 2006).....	12
Abb. 3. Vergleich des Energieeinsatzes zwischen konventioneller und biologischer Produktion von Sommergerste (verändert nach Ramharter 1999).....	14
Abb. 4. Vergleich des Kraftstoffverbrauchs verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren im Ackerbau (Moitzi 2006, Grundlage: ÖKL-Richtwerte für die Maschinenselbstkosten 2005).....	16
Abb. 5. Motorkennlinien: absoluter und spezifischer Kraftstoffverbrauch, Leistungskurve und Drehmomentkurve (Degrell 2006).....	19
Abb. 6. Motorkennlinienvergleich von zwei Traktoren mit (laut Herstellerangaben) gleicher Nennleistung (Uppenkamp 2006).....	20
Abb. 7. Kraftstoffverbrauch in Abhängigkeit von der Arbeitsbreite und der Arbeitsgeschwindigkeit beim Einsatz einer Scheibenegge (verändert nach Filipovoc 2004).....	24
Abb. 8. Einflussfaktoren auf den Stromverbrauch in der Milchproduktion (Kubessa 1998).....	28
Abb. 9. Auslastung der Lüfter in einem Ferkelaufzuchtstall (Feller 2003).....	34
Abb. 10. Aufnahmeleistung unterschiedlich geregelter Lüfter (Moser 2008).....	34
Abb. 11. Solare Einstrahlung in Österreich (Bruck u. a. 1985).....	37
Abb. 12. Entwicklung des Wirkungsgrades von Holzfeuerungen (Ebert 1998).....	38
Abb. 13. Links: Übergabe des Gutscheins über 260 Strommessgeräte durch Ing. Ludwig Hobl (li.) von der EnergieAG an FI Ing. Johann Plakolm vom Land OÖ. Rechts: Einsatz des Messgerätes durch einen Schüler. Fotos: Miglbauer.....	44
Abb. 14. Schüler mit den Fragebögen und den Strommessgeräten, Foto: Miglbauer.....	45
Abb. 15. Titelseite der Broschüre „Stromsparen in der Landwirtschaft“ des Energiesparverbandes Oberösterreich (Energiesparverband Oberösterreich 2008).....	47

## 2 TABELLENVERZEICHNIS:

Tab. 1. Endenergieverbrauch (Terajoule = TJ) der oberösterreichischen Landwirtschaft (Statistik Austria, 2008).....	9
Tab. 2. Anzahl der Betriebe und die landwirtschaftlich bewirtschaftete Gesamtfläche in Oberösterreich (Statistik Austria, Agrarstrukturerhebung 2007). ....	10
Tab. 3. Veränderungen der Rinder- und Schweinehaltung in Oberösterreich im Zeitraum 1995 - 2007. ....	11
Tab. 4. Kraftstoffverbrauch und Arbeitszeitbedarf unterschiedlicher Schlaggrößen und Bearbeitungsvarianten (Moitzi und Schüller 2008). ....	17
Tab. 5. Einfluss der Schlaggröße auf den Dieserverbrauch (DLG-Merkblatt 339, 2006). ....	17
Tab. 6. Einfluss der Schlagform auf den Dieserverbrauch (DLG-Merkblatt 339, 2006). ....	18
Tab. 7. Bewertungskriterien zur Energieeffizienz von Traktoren (Holz 2005).....	20
Tab. 8. Kraftstoffverbrauch (l/h) eines 100 kW Traktors im Teillastbereich bei unterschiedlichen Drehzahlen im Vergleich zum Fahren mit Vollgas (Uppenkamp, 2006).....	22
Tab. 9. Reduktion des Kraftstoffverbrauchs durch Wartungsarbeiten (Holz 2005). 23	
Tab. 10. Zusammenhang Arbeitstiefe und Kraftstoffverbrauch beim Grubbereinsatz (Mumme 2007). ....	24
Tab. 11. Kurzfristig realisierbare Kraftstoffeinsparung (l/a) (Uppenkamp und Fröba 2008). ....	25
Tab. 12 Kurz- und mittelfristig realisierbare Kraftstoffeinsparung (l/a) (Uppenkamp und Fröba 2008) .....	26
Tab. 13. Beispiel für die Gestaltung eines Stromtagebuches (Öhlinger u. a. 2008). 27	
Tab. 14. Entwicklung des jährlichen Strom- und Leistungsbedarfs in der Milchproduktion anhand eines Vergleiches von 3 Untersuchungen (zusammengestellt von Boxberger und Moitzi 2008).....	29
Tab. 15. Anteile der Produktionsschritte am Stromverbrauch im Vergleich zwischen Schweinemast und Schweinezucht (Büscher 2005).....	33
Tab. 16. Jährliche Betriebskosten unterschiedlich geregelter Lüfter (Moser 2006)..	35
Tab. 17. Energieverbrauch von Ferkelnestern (Feller 2007). ....	35
Tab. 18. Brennstoffeinsparung durch Energiesparmaßnahmen im bäuerlichen Wohnhaus (eigene Berechnung). ....	39
Tab. 19. Betriebsartenverteilung .....	46
Tab. 20. Betriebsflächenverteilung .....	46
Tab. 21. Stromverbrauch der Rinderzucht-/Milchviehbetriebe.....	46
Tab. 22. Stromverbrauch der Schweinezuchtbetriebe.....	46
Tab. 23. Stromverbrauch der Schweinemastbetriebe.....	46
Tab. 24. Kennzahlen für den Stromverbrauch in der Milchwirtschaft (Energiesparverband Oberösterreich 2007) .....	47
Tab. 25. Kennzahlen für den Stromverbrauch in der Schweinezucht (Energiesparverband Oberösterreich 2007) .....	47

### 3 EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Die Aufgabenstellungen in der Landwirtschaft sind einem ständigen Wandel unterzogen. In den 50er und 60er Jahren des 20. Jahrhunderts war die Sicherung der Nahrungsmittelproduktion von größter Bedeutung. Mit der beginnenden Spezialisierung wurden in den wichtigsten Produktionsbereichen Überschüsse erzielt. Sinkende Preise erschwerten die Vermarktung der landwirtschaftlichen Produkte. Durch Marktregulierungen, die zum Teil bis heute wirksam sind, wurde versucht, diesem Trend entgegen zu wirken. Mit dem Beitritt zur Europäischen Gemeinschaft im Jahr 1995 wurden Ausgleichszahlungen für die österreichische Landwirtschaft vereinbart. Dadurch konnte ein Großteil der landwirtschaftlichen Betriebe überleben. Mit der fortschreitenden Spezialisierung und Professionalisierung der Betriebe erfolgte eine neuerliche Strukturveränderung.

In den letzten Jahren hat die Diskussion um knapper werdende Ressourcen im Energiebereich und hohe Zuwachsraten im Stromverbrauch sowie im Verbrauch von Mineralölprodukten dazu geführt, dass sich Landwirte in der Bereitstellung von erneuerbarer Energie engagieren.

Neben der Produktion von Lebensmitteln wird auf Überschussflächen Biomasse für die Energieproduktion bereitgestellt. Ebenfalls stark ausgebaut wird die Produktion von Wärme und Strom mittels Holz aus den heimischen Wäldern. Die Unternehmen Linz AG und Energie AG Oberösterreich z.B. betreiben kalorische Kraftwerke, die eine elektrische Leistung von ca. 15 - 30 MW aus heimischem Holz ins Netz liefern. In vielen Gemeinden in Oberösterreich werden Nahwärmenetze und Biogasanlagen errichtet. Die Verpflichtung zur Beimischung von Biotreibstoffen steigert zusätzlich die Nachfrage nach Energie aus nachwachsenden Rohstoffen.

Steigende Bevölkerungszahlen, aufnahmefähigere Märkte, wachsender Fleischkonsum in bevölkerungsreichen Ländern sowie Missernten und Spekulationen mit Lebensmitteln steigern die Nachfrage und treiben die Preise der erzeugten Produkte und Energie in die Höhe.

Heftig diskutiert, aber mittlerweile unumstritten und durch extreme Wetterereignisse belegt, ändert sich das Klima (IPCC 2007). Unterschiedliche Szenarien gehen von einer nachhaltigen Klimaänderung für ganz Europa aus, wobei die Alpenregion besonders betroffen zu sein scheint. Die Klimaänderung ist hauptsächlich auf den steigenden Ausstoß von CO<sub>2</sub> und anderer klimarelevanter Gase durch menschliche Aktivitäten, v.a. durch Straßenverkehr und Industrie, zurückzuführen (Umweltbundesamt 2008).

Die Diskussion um die Klimaänderung veranlasst die politisch Verantwortlichen zu Maßnahmen und Gesetzen, die auf die Energieverknappung und den Klimawandel reagieren.

Die Europäische Union setzt z.B. im Klimapakete 2008 Schritte für eine Stabilisierung des Klimas. Unter dem Motto „20-20-20 bis 2020“ werden konkrete Maßnahmen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen um 20 % vorgeschlagen. Der Anteil an erneuerbarer Energie am gesamten Energieverbrauch der EU soll bis 2020 auf 20 % steigen und die Energieeffizienz um 20 % erhöht werden.

Die oberösterreichische Landesregierung hat im „Energie-Effizienz-Programm Oberösterreich“ bereits im Herbst des Jahres 2004 unter anderem folgende Maßnahmen zur Energieeffizienz beschlossen:

- Kooperation mit Schulen
- Entwicklung neuer Trainingsangebote
- Verbesserte Integration des Themas "Energieeffizienz" in bestehende Ausbildungen
- Schaffung von "Know How"-Plattformen
- Kampagne „Stromsparen im Haushalt und Betrieb“

Die Problematik im Zusammenhang mit Energieeinsparung und -effizienz muss von den verantwortlichen Personen in der Ausbildung erkannt und durch eine entsprechende Gestaltung der Ausbildungsinhalte, im Speziellen für angehende Landwirte, umgesetzt werden.

Projektbezogene Schwerpunkte scheinen für die Bearbeitung der aktuellen Thematik "Energieeffizienz" geeigneter als die gegenwärtigen Lehrplanvorgaben in den Landwirtschaftsschulen. Bei Bedarf und erfolgreicher Durchführung können projektbezogene Schwerpunkte in den bestehenden Lehrplan integriert werden.

## 4 ZIELSETZUNG UND METHODENWAHL

Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht in der Bewusstseinsbildung zum Einsatz von Energie auf Bauernhöfen. Erst das Wissen um die Art und Menge der eingesetzten Energie ermöglicht die Umsetzung von Maßnahmen zur Reduktion der eingesetzten Energiemengen. In der vorliegenden Arbeit werden die Bereiche Kraftstoffeinsatz zum Antrieb von Verbrennungsmotoren, Stromeinsatz in der Milch- und Schweineproduktion und der Heizenergiebedarf für Wohnhaus und Stall näher betrachtet.

Als Methodik wird im ersten Teil der Arbeit eine Recherche von vorhandenen Informationen und Daten in Wissenschaft und Praxis gewählt.

Im zweiten Teil der Arbeit wird ein konkretes Projekt beschrieben, das an den oberösterreichischen Landwirtschaftsschulen durchgeführt wird.

## 5 STRUKTUR DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDWIRTSCHAFT UND DES ENERGIEVERBRAUCHS IN DEN LETZTEN JAHREN

### 5.1 Energiebilanz der oberösterreichischen Landwirtschaft

Der Energieverbrauch in der oberösterreichischen Landwirtschaft ist gegenwärtig relativ stabil. Veränderungen sind bei der Nutzung unterschiedlicher Energieträger festzustellen.

**Tab. 1.** Endenergieverbrauch (Terajoule = TJ) der oberösterreichischen Landwirtschaft (Statistik Austria, 2008).

	1990	1995	2000	2005	2006
Erneuerbare Energie	769	830	1.171	1.891	1.774
Gas	42	69	79	95	86
Öl	3.154	2.651	2.593	2.431	2.402
Kohle	138	98	55	27	26
Elektrische Energie	861	906	980	979	979
Fernwärme	28	41	56	66	77
Gesamt	4.992	4.595	4.934	5.489	5.344

Tabelle 1 zeigt, dass der Energieverbrauch in der oberösterreichischen Landwirtschaft im Zeitraum von 1990 bis 2005 um 10 % gestiegen ist.

Der gesamte Endenergieverbrauch von Oberösterreich betrug nach der Landesenergiebilanz 159.193 TJ im Jahr 1990 bzw. 203.104 TJ im Jahr 2005 (Statistik Austria, 2008). Der Anteil

der Landwirtschaft am Endenergieverbrauch in Oberösterreich hat sich daher von 3,1 % im Jahr 1990 auf 2,6 % im Jahr 2005 reduziert.

## 5.2 Betriebsstruktur der oberösterreichischen Landwirtschaft

Um den Energieverbrauch in der Landwirtschaft richtig zu interpretieren, ist es notwendig, die Struktur der Landwirtschaft in Oberösterreich zu kennen. Die Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe und deren bewirtschafteten Flächen zeigt Tabelle 2.

**Tab. 2.** Anzahl der Betriebe und die landwirtschaftlich bewirtschaftete Gesamtfläche in Oberösterreich (Statistik Austria, Agrarstrukturerhebung 2007).

Jahr	1990	1995	1999	2005
Betriebe	54.485	45.749	41.804	36.543
Bewirtschaftete Fläche in ha	1.074.614	1.079.863	1.067.115	1.112.665

Die landwirtschaftlichen Betriebe Oberösterreichs bewirtschafteten im Jahr 2005 299.034 Hektar Ackerfläche, 262.209 Hektar Dauergrünland und 438.242 Hektar forstwirtschaftliche Nutzfläche (Grüner Bericht 2007).

Die Veränderung der Rinder- und Schweinehaltung in Oberösterreich zeigt Tabelle 3 (Grüner Bericht 2006, Grüner Bericht 2007, Agrarstrukturerhebung 1999).

**Tab. 3.** Veränderungen der Rinder- und Schweinehaltung in Oberösterreich im Zeitraum 1995 - 2007.

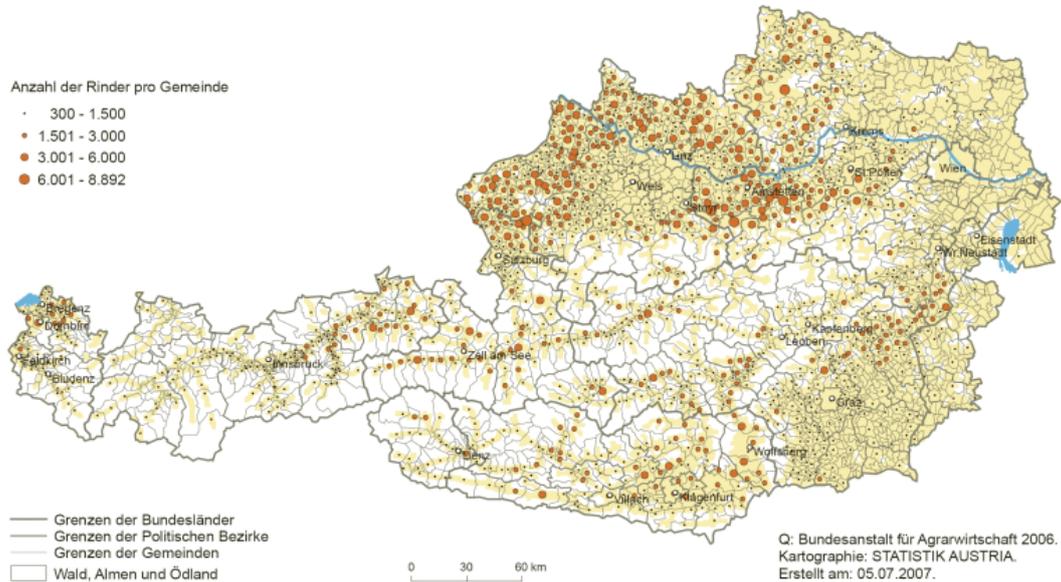
	1995	1999	2005	2006	2007
Rinderhalter	-	26.082	20.301	-	-
Rinder	-	643.921	592.534	-	-
Kühe	-	260.242	230.778	-	-
Milch liefernde Betriebe	23.408	-	-	12.971	-
Milchproduktion (t)	750.833	-	-	849.828	-
Schweinehalter	-	18.466	-	-	9.853
Schweine	-	1.182 769	-	-	1.166.407

Der Strukturwandel in der oberösterreichischen Viehhaltung ist durch folgende Kernaussagen aus der Tabelle 3 ersichtlich:

- Im Zeitraum 1999 - 2006 hat die Anzahl Milch liefernder Betriebe um 44 % abgenommen, während die Menge gelieferter Milch um 13 % angestiegen ist.
- Die Anzahl der Schweinehalter ist im Zeitraum von 1999 - 2007 bei einer relativ konstanten Anzahl der gehaltenen Schweine um beinahe 50 % gesunken.

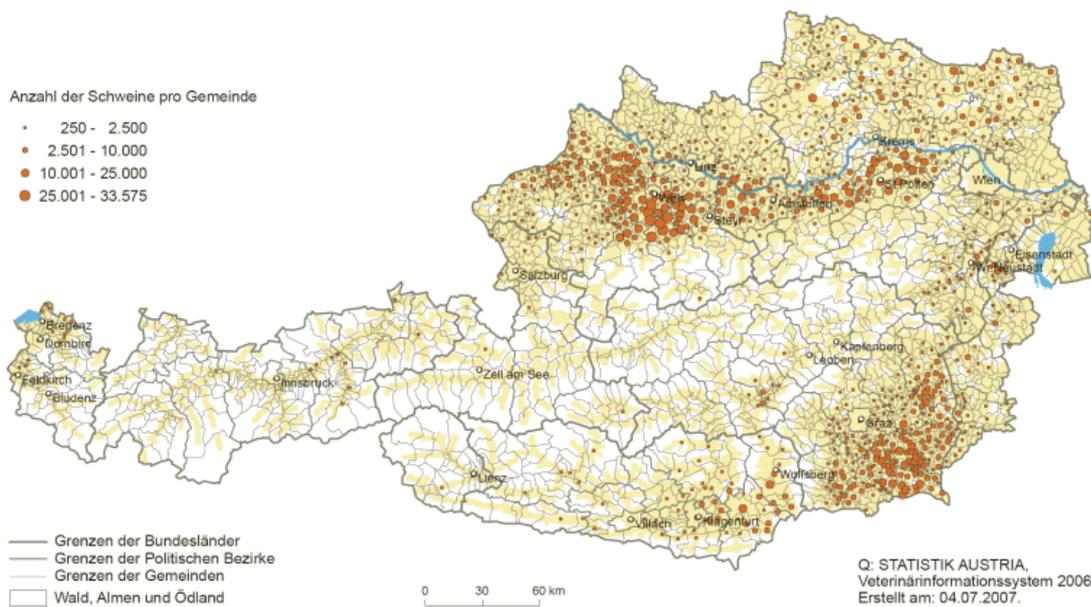
Die Bedeutung der oberösterreichischen Milch- und Schweineproduktion wird durch die Abbildungen 1 und 2 verdeutlicht.

### Bestand von Rindern 2006 nach Gemeinden



**Abb. 1.** Rinderbestand Österreich nach Gemeinden (Bundesanstalt für Agrarwirtschaft 2006).

### Bestand von Schweinen 2006 nach Gemeinden



**Abb. 2.** Schweinebestand Österreich nach Gemeinden (Bundesanstalt für Agrarwirtschaft 2006).

## 6 ANMERKUNGEN ZUR ENERGIEEFFIZIENZ UND KOSTENSENKUNG

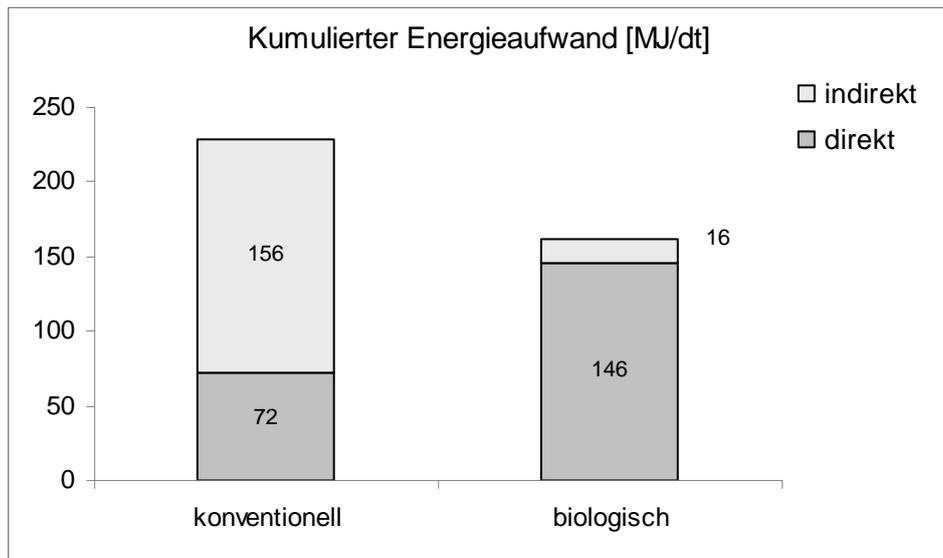
Die Diskussion um Kostensenkungen in der Landwirtschaft ist immer präsent. Auf der Basis von Wirtschaftlichkeitsberechnungen wird festgelegt, welche Maßnahmen sinnvoll sind. In der Landwirtschaft sind die Faktoren Arbeitszeit, Kapitaleinsatz und Energieeinsatz von betriebswirtschaftlicher Bedeutung (Heissenhuber 2008). Verfahren, die mit dem niedrigsten Aufwand (Input) den bestmöglichen Ertrag (Output) erzielen, werden bevorzugt eingesetzt. Durch veränderte Rahmenbedingungen, wie z.B. stark steigende Kosten für Rohstoffe, Betriebsmittel und Energie, ändern sich die Vorgaben für die landwirtschaftliche Produktion. Die öffentliche Meinung über die Landwirtschaft wird, neben der Produktion qualitativ hochwertiger Lebensmittel, in Zukunft von den Emissionen klimawirksamer Spurengase, wie z.B. Kohlendioxid, Methan und Lachgas, und einem reduzierten Energieeinsatz abhängen. Biologisch und konventionell wirtschaftende Betriebe unterscheiden sich im indirekten und direkten Einsatz von Energie.

Unter direkter Energie versteht man (Moitzi 2006) Sekundärenergie wie Kraftstoff, Elektrizität oder Wärme. Indirekte Energie wird für die Produktion von landwirtschaftlichen Betriebsmitteln wie Mineraldünger, Pestiziden etc., aber auch für die Herstellung von Maschinen und die Errichtung von Gebäuden aufgewendet.

Extensive Verfahren, wie z.B. die Beweidung von Almflächen, kommen mit einem relativ geringen Energieeinsatz aus, während intensive Verfahren, wie z.B. der Feldgemüsebau oder Gewächshauskulturen, einen relativ hohen Energieeinsatz erfordern.

Die konventionelle Produktion von Weizen benötigt etwa 14 GJ Energie pro Hektar (Wechselberger 2000). Etwa 50 % der eingesetzten Energie stecken in den mineralischen Düngemitteln, 40 % werden für die Treib- und Brennstoffe benötigt. Der Energieeinsatz eines konventionellen Marktfruchtbetriebes liegt bei etwa 20 GJ/ha, da Kulturen wie Mais und Rüben einen höheren Energieeinsatz bedingen als Weizen. Biologisch bewirtschaftete Ackerbaubetriebe zeigen einen durchschnittlichen Energieeinsatz von etwa 4 GJ/ha (Küstermann et al. 2007) bis 10 GJ/ha (Wechselberger 2000).

Für einen Vergleich zwischen einem konventionellen mit einem biologischen Produktionssystem muss der Energieinput ertragsbezogen dargestellt werden. So benötigt z.B. im pannonischen Klimaraum die biologische Produktion von Sommergerste nur 72 % der Energie gegenüber konventionell produzierter Sommergerste (Abbildung 3).



**Abb. 3.** Vergleich des Energieeinsatzes zwischen konventioneller und biologischer Produktion von Sommergerste (verändert nach Ramharter 1999).

Durch den rasanten Anstieg des Ölpreises in den letzten Jahren - der Rohölpreis stieg von 20 US\$ im Jahr 2002 auf 140 US\$ im Jahr 2008 (<http://rohstoffe.onvista.de/>) - sind energieeffiziente Verfahren aktueller denn je.

In der Diskussion um Energieeffizienz und Kostensenkung sind neben der Emission von Treibhausgasen auch andere Aspekte, wie z.B. die Bindung von CO<sub>2</sub> durch den Aufbau von Bodenhumus, aber auch die Versorgungssicherheit mit Lebensmitteln, zu berücksichtigen.

## **7 ENERGIEVERBRAUCH AUF LANDWIRTSCHAFTLICHEN BETRIEBEN**

### **7.1 Historische Entwicklung**

Der Energieverbrauch ist für einen 30 ha großen Betrieb von 462 GJ im Jahr 1937 auf 710 GJ im Jahr 1977 angestiegen (Boxberger u. Moitzi 2008), wobei im Laufe der Zeit v.a. mehr indirekte Energie (Dünger und Pflanzenschutzmittel) eingesetzt wird.

Im gleichen Zeitraum ist aber auch der Ertrag von 700 dt Getreideeinheiten auf 1200 dt Getreideeinheiten gestiegen. Dem um 54 % höheren Energieeinsatz steht eine Ertragssteigerung von ca. 70 % gegenüber. Nach Boxberger (2008) ist der spezifische Energieeinsatz in der Landwirtschaft von 660 MJ/dt im Jahr 1937 über 591 MJ/dt im Jahr 1977 auf 227 MJ/dt im Jahr 1999 gesunken.

Diese Effizienzsteigerung wurde durch den vermehrten Einsatz von indirekter Energie und durch die Weiterentwicklung der Traktor- und Landmaschinenteknik erreicht. Das spezifische Leistungsgewicht der Traktoren hat sich in den letzten 40 Jahren von 100 kg/kW auf 40 bis 60 kg/kW reduziert (Boxberger 2008). Durch die Leistungszunahme der Bearbeitungs- und Erntemaschinen haben sich die Gesamtgewichte und damit die Radlasten der Maschinen entsprechend erhöht. Diese höheren Radlasten führen v.a. bei unsachgemäßer Anwendung, z.B. Befahren bei nassem Boden, zu Bodenschädigungen durch Bodenverdichtungen.

### **7.2 Reduktion des Kraftstoffverbrauchs**

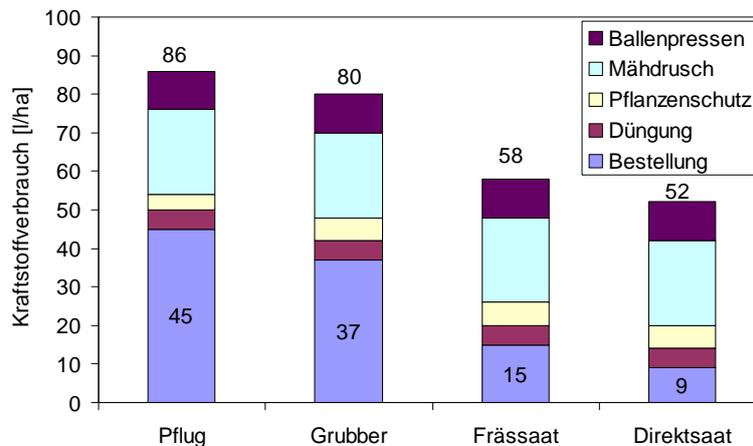
#### **7.2.1 Mittel- und langfristige Maßnahmen in der Betriebsorganisation**

Die Einsparung von einem Liter Diesel reduziert den Ausstoß von CO<sub>2</sub> um 2,65 kg (Quaschnig, 2006) und die Energiekosten je nach Preissituation um 1,0 bis 1,5 €.

Der durchschnittliche Dieserverbrauch in der Landwirtschaft ist in Österreich von 85 l/ha im Jahr 1990 auf 91 l/ha im Jahr 2003 gestiegen (Moitzi 2006).

Abbildung 4 zeigt den Kraftstoffverbrauch unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren.

Bei Betrachtung der Grünlandbewirtschaftung ergeben sich höhere Verbrauchswerte. So errechnet Moitzi für einen Grünlandbetrieb in Knittelfeld für das Silieren eines Hektars bei 5 Schnitten nach ÖKL-Werten 161 l Kraftstoffverbrauch.



**Abb. 4.** Vergleich des Kraftstoffverbrauchs verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren im Ackerbau (Moitzi 2006, Grundlage: ÖKL-Richtwerte für die Maschinenselbstkosten 2005).

Durch die Umstellung auf Direktsaat kann der Kraftstoffbedarf um über 30 l/ha reduziert werden.

Die Direktsaat hat i.a. einen höheren Bedarf an chemischen Pflanzenschutzmitteln, wodurch im Vergleich zum Pflug oder Grubber der Einsatz an indirekter Energie ansteigt.

Bei der Bewirtschaftung von Grünland kann durch das Weglassen eines Schnittes Kraftstoff eingespart werden. Die geringere Anzahl der Schnitte kann aber zu Ertrags- und Qualitätsverlusten bei der Silage führen.

Für die optimale Betriebsorganisation ist es von Bedeutung, die Höhe des Kraftstoffeinsatzes am eigenen Betrieb zu kennen. Durch ein Tanktagebuch für jedes Gerät können die notwendigen Aufzeichnungen über den Kraftstoffverbrauch geführt werden.

Für die Auswertung mit einem PC sollten die Aufzeichnungen über den Kraftstoffverbrauch schlag- und arbeitsbezogen geführt werden, z.B. Traktor A hat für x ha Pflügen y Liter Diesel verbraucht.

#### 7.2.1.1 Schlaggröße, Schlagform und Feld-Hof-Entfernung

Die durchschnittliche Schlaggröße beträgt in Österreich 0,82 ha (Moitzi und Schüller 2008). Nach den im Jahr 2007 eingereichten Mehrfachanträgen der Invekos-Datenbank liegt die durchschnittliche Schlaggröße in Oberösterreich bei 0,97 ha. Wobei die Schläge im Ackerbau mit einer durchschnittlichen Größe von 1,33 ha größer sind als jene im Grünland mit einer durchschnittlichen Größe von 0,72 ha.

Die Schlaggröße, die Schlagform und der Entfernung der Felder vom Hof sind wichtige Einflussfaktoren auf den Arbeitszeitbedarf und Kraftstoffverbrauch. Durch die Reduktion von

Rüst-, Anfahr- und Wendezeiten kann auf den Schlägen Kraftstoff gespart werden (Tabelle 4).

**Tab. 4.** Kraftstoffverbrauch und Arbeitszeitbedarf unterschiedlicher Schlaggrößen und Bearbeitungsvarianten (Moitzi und Schüller 2008).

Schlaggröße	Steyr 8090 Grubber 2,6 m Arbeitsbreite		Steyr 9125 Grubber 3 m Arbeitsbreite	
	AKh/ha	Diesel/ha	AKh/ha	Diesel/ha
0,5 ha	0,75	6,65	0,53	7,78
1 ha	0,68	6,41	0,46	7,50
3 ha	0,62	6,21	0,41	7,27
10 ha	0,59	6,10	0,38	7,15

Tabelle 5 zeigt die Auswirkungen der Schlaggröße an Hand eines Modellbetriebes mit 20 ha Silomais (im Lohn geerntet), 10 ha Raps, 60 ha Wintergetreide und 10 ha Brache (Uppenkamp, 2006).

**Tab. 5.** Einfluss der Schlaggröße auf den Dieserverbrauch (DLG-Merkblatt 339, 2006).

Dieselbedarf bei Arbeiten	Schlaggröße				
	1 ha	2 ha	5 ha	10 ha	20 ha
mit hohem Leistungsbedarf	100 %	94 %	90 %	89 %	88 %
mit geringem Leistungsbedarf	100 %	77 %	64 %	58 %	55 %
im Beispielbetrieb	100 %	91 %	85 %	82 %	81 %
im Beispielbetrieb (l/Jahr)	7.658	6.965	6.489	6.297	6.173

Durch die Strukturveränderung in der Landwirtschaft nehmen v.a. durch das Zupachten von Flächen die Wegstrecken von den Betriebstätten zu den bewirtschafteten Flächen zu. Auf die wachsenden Anforderungen im Transportaufkommen wird mit größeren Einheiten in der Transportlogistik reagiert, wodurch sich die Kosten und der Kraftstoffaufwand pro transportierter Einheit verringern. Die größeren Transporteinheiten führen jedoch bei unsachgemäßen Einsatzbedingungen (durchnässter Boden, hoher Reifeninnendruck, hohe Achslasten und lange Fahrten am Schlag abseits des Vorgewendes) zu nachhaltigen Strukturschäden der Böden. Diese Bodenverdichtungen verursachen bei der nachfolgenden Bodenbearbeitung einen erhöhten Zugkraftbedarf und in der Folge einen ca. zu 9 % erhöhten Kraftstoffverbrauch (Boxberger und Moitzi 2008).

Die Veränderung der Schlaggröße und -form, sowie der räumlichen Entfernung der Schläge zur Betriebstätte können von der Betriebsorganisation nur über einen längeren Zeitraum verändert werden. Die Agrarbezirksbehörde des Landes Oberösterreich hat im Zeitraum von

1998 bis 2007 in 1.224 Verfahren 36.707 ha mit 15.559 beteiligten Betrieben neu geordnet (persönlicher Mitteilung, Hochreiter). Die Neuordnung bringt eine Reduktion der Anzahl der Schläge um 50 bis 80 % mit einer Steigerung der Schlaggrößen um 70 % bis zu 500 % mit entsprechend kürzeren Anfahr-, Rüst- und Wendezeiten. In den nächsten Jahren stehen weitere 2.000 bis 3.000 Hektar jährlich zur Neuordnung an.

Neben der Neuordnung können Betriebe auch durch entsprechende Pacht oder Flächentausch zu verbesserten Produktionsbedingungen gelangen.

Der freiwillige Grundstückstausch, virtuelle Flurbereinigung oder auch Gewannebewirtschaftung genannt, kann ebenfalls zu den bereits angeführten Effekten führen. Durch die Vergrößerung eines Schlages von 1 ha auf 7 ha bringt bei der Dreimetertechnik Einsparpotentiale von 30 % (DLG-Merkblatt 334). Mögliche Auswirkungen auf Agrarförderungen müssen zuvor abgeklärt werden.

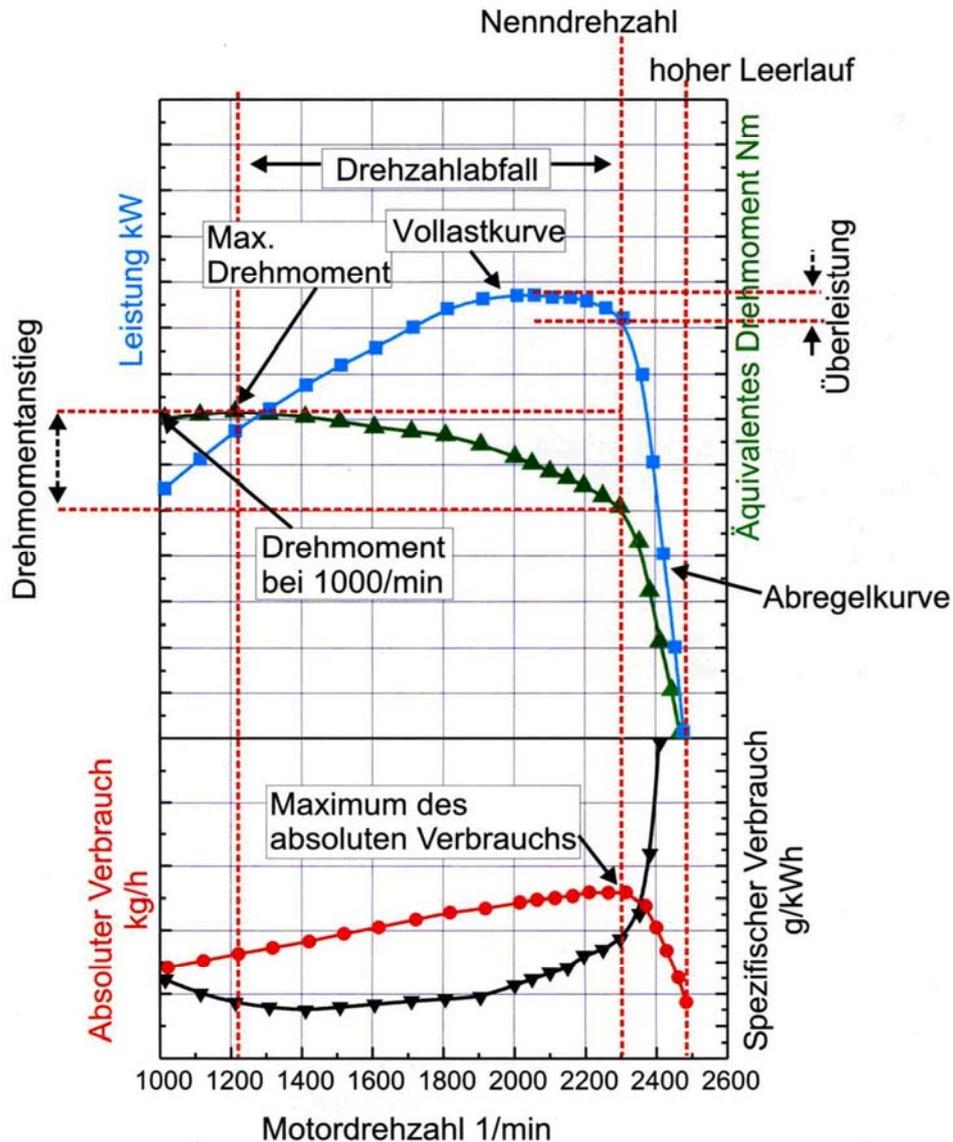
Die Auswirkungen der Schlagform auf den Dieserverbrauch zeigt Tabelle 6.

**Tab. 6.** Einfluss der Schlagform auf den Dieserverbrauch (DLG-Merkblatt 339, 2006).

Schlagform	Schlaggröße				
	1 ha	2 ha	5 ha	10 ha	20 ha
Rechteck = 100 %					
Quadrat	118 %	116 %	112 %	109 %	107 %
Gleichschenkeliges Dreieck	115 %	114 %	113 %	110 %	108 %
Spitzwinkeliges Dreieck	124 %	123 %	119 %	116 %	113 %

### 7.2.1.2 Traktorauswahl

Bei der Anschaffung eines Traktors ist bei den heutigen Kraftstoffpreisen der Kraftstoffverbrauch ein entscheidender Faktor. Motorkennlinien geben Auskunft über die Leistung, den Drehmomentanstieg, die Motordrehzahl und den Verbrauch eines Motors (Abbildung 5). Beim Vergleich von Herstellerangaben ist zu überprüfen, dass keine unterschiedliche Messmethoden zur Ermittlung der Motordaten verwendet wurden.



Diese Grafik erläutert die wichtigsten Begriffe. Zahlenangaben auf den senkrechten Achsen wurden absichtlich weggelassen.

**Abb. 5.** Motorkennlinien: absoluter und spezifischer Kraftstoffverbrauch, Leistungskurve und Drehmomentkurve (Degrell 2006).

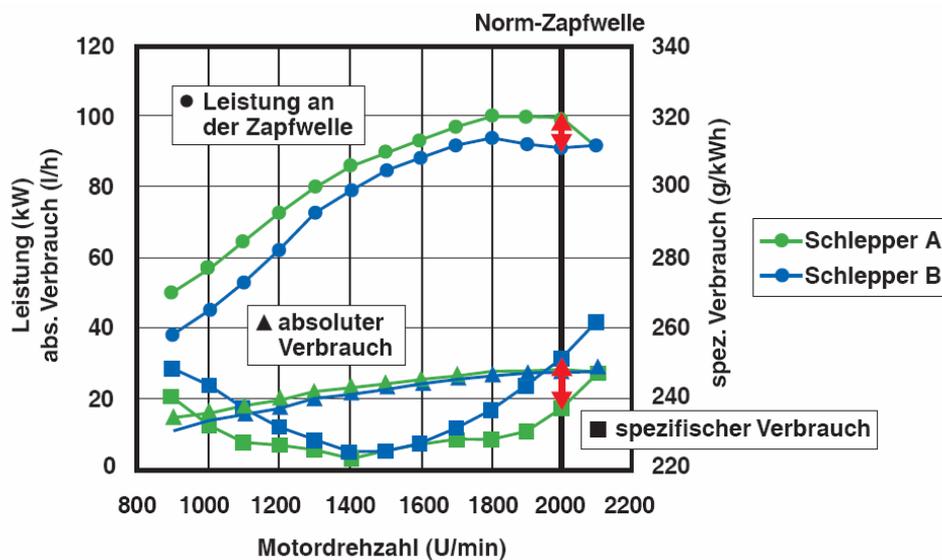
Tabelle 7 zeigt Bewertungskriterien zur Energieeffizienz von Prüfberichten für Traktoren. Grundlage für die Zahlenwerte ist eine Auswertung nach der OECD-Norm von 260 von der DLG geprüften Traktoren.

**Tab. 7.** Bewertungskriterien zur Energieeffizienz von Traktoren (Holz 2005).

	++	+	0	-	--
Ø spez. Kraftstoffverbrauch *) [g/kWh]	270 – 295	296 - 319	320 – 340	341 – 360	361 – 399
Ø Motorwirkungsgrad [%]	30		26		21
Zugleistung in Relation zur Nennleistung [%]	> 90	89 - 84	82 - 76	77 - 71	70 - 64
Zapfwellenleistung in Relation zur Nennleistung [%]	100 - 95	94 - 90	89 - 85	84 - 80	79 - 74
Bewertung	Sehr gut	Gut	Mittel	Unbefriedigend	Sehr schlecht

\*) Zahlenwerte sind der Durchschnitt von 6 Messpunkten auf der Abregelkurve.

Bei einem Vergleich der Motorkennlinien von zwei Traktoren (A und B) mit (laut Herstellerangaben) gleicher Nennleistung zeigt Motor A bei einer Drehzahl von 2000 U/min eine höhere Leistung an der Zapfwelle. Dadurch ist auch der spezifische Kraftstoffverbrauch des Motors A über einen weiten Drehzahlbereich geringer als bei Motor B (Abbildung 6).



**Abb. 6.** Motorkennlinienvergleich von zwei Traktoren mit (laut Herstellerangaben) gleicher Nennleistung (Uppenkamp 2006).

Viele Motoren werden bei elektronischen Einspritzsystemen und variablem Abgasturbolader mit „Power Boost“, der Möglichkeit einer Überleistung, angeboten. Die Elektronik ermöglicht diese Leistung bei gewissen Arbeiten, wie z.B. Zapfwelle im Stand oder Transportarbeiten. Eine Überbelastung der Antriebskomponenten, wie Achse und Getriebe oder der Motorkühlung, wird auf diese Art verhindert. Diese Überleistung kann auch in Mähdreschern und Feldhäckslern eingesetzt werden.

Moderne elektronisch geregelte Traktoren haben eine lastabhängige Motorregelung zur Wahl von Kraftstoff sparenden Fahrstrategien.

Durch eine entsprechende Motor-Getriebe-Steuerung wird bei einer reduzierten Motordrehzahl und geringen Motorauslastung auf Knopfdruck bis zu 45 % Kraftstoff eingespart (Uppenkamp 2006).

Seit einiger Zeit werden in höheren Leistungsklassen als zusätzliches Einsparpotential "Load-Sensing"-Anlagen eingesetzt, die hydraulische Leistung bei Bedarf bereitstellen.

## 7.2.2 Kurzfristige Maßnahmen beim Traktor- und Geräteeinsatz

### 7.2.2.1 Reduktion der Motordrehzahl

Bei der gleichen angeforderten Leistung steigt der Kraftstoffverbrauch mit steigenden Motordrehzahlen (Tabelle 8). Der Zusammenhang zwischen Motorleistung, Drehzahl und Kraftstoffverbrauch wird in sogenannten Muschelkennfeldern dargestellt. Vereinfacht können diese Werte auch in Tabellen aufgelistet werden.

**Tab. 8.** Kraftstoffverbrauch (l/h) eines 100 kW Traktors im Teillastbereich bei unterschiedlichen Drehzahlen im Vergleich zum Fahren mit Vollgas (Uppenkamp, 2006).

Angeforderte Leistung (kW)	Drehzahl (U/min)						
	1.100	1.300	1.500	1.700	1.900	2.100	Vollgas
20	6,2	6,1	6,4	7,0	8,0	9,5	10,5
40	11,2	11,0	11,2	11,8	12,8	14,2	15,0
60	16,4	16,0	16,1	16,7	17,6	19,0	19,5
80		21,1	21,1	21,6	22,5	23,8	24,0
100				26,5	27,4	28,6	

Durch die Reduktion der Motordrehzahl, lässt sich etwa 20 – 35 % Kraftstoff einsparen.

Diesen Effekt nutzen moderne Traktoren durch den Einbau von Sparszapfwellen. Nach Uppenkamp (2006) kann der Einsatz der Sparszapfwelle (750er od. 1000er) anstelle der Normgeschwindigkeit von 540 U/min eine Kraftstoffeinsparung von ca. 2 % bei einer hohen und bis zu 29 % bei einer niedrigen Motorauslastung bringen.

Bei einer Reduktion der Motordrehzahl, z.B. bei Transportarbeiten, um 30 – 40 % und damit auch der Geschwindigkeit von 65 bzw. 50 km/h auf 40 km/h, verringert sich der Kraftstoffverbrauch gegenüber dem Fahren mit Nenndrehzahl oder Vollgas um 20 – 25 % (Uppenkamp 2006).

### 7.2.2.2 Allradantrieb, Ballastierung, Reifenwahl und Reifeninnendruck

Binahe 100 % der in Österreich neu gekauften Traktoren mit einer Leistung über 70 kW sind mit Allradantrieb ausgestattet (mündliche Herstellermitteilung).

Nach Moitzi (2006) verringert der Allradantrieb den Schlupf beim Pflügen (4-Scharwendepflug, 1,7 m Arbeitsbreite) um 3 % und beim Grubbern um 10 % (2-balkiger Grubber, 3 m Arbeitsbreite). Der Kraftstoffaufwand verringert sich durch Allradantrieb sowohl beim Pflügen als auch beim Grubbern um jeweils 2 l/ha.

Eine entsprechende Ballastierung, d.h. das Anbringen von Zusatzgewichten, in Kombination mit einem abgesenkten Reifeninnendruck führt zu einer optimalen Übertragung der Zugkraft auf den Boden. Durch das Absenken des Reifeninnendrucks von 1,6 bar auf 1,0 bar kann

der Schlupf beim Grubbern von 18 % auf 10 % und beim Pflügen von 25 % auf 15 % verringert werden (Uppenkamp 2007). Die Verringerung des Schlupfes führt zu einer Kraftstoffersparnis von ca. 10 % beim Grubbern und Pflügen.

Der Einsatz der Traktorreifen mit abgesenktem Druck muss vom Hersteller freigegeben sein, damit keine Reifenschäden auftreten.

Neben Kraftstoffeinsparungen verringert ein reduzierter Schlupf auch Bodenschädigungen. Durch eine entsprechende Reifenwahl, wie z.B. Breitreifen mit abgesenktem Reifennennendruck, oder durch eine Reifendruckregelanlage können der Schlupf und der Bodendruck ebenfalls reduziert werden. Diese Maßnahmen verhindern speziell bei hohen Achslasten, wie sie beim Abtransport von Erntegut oder beim Ausbringen von Biogasgülle anfallen, nachhaltige Bodenschädigungen. Durch den Einsatz von Reifendruckregelanlagen kann der Fahrer den Reifennennendruck bei Straßenfahrten erhöhen und damit den Rollwiderstand auf der Straße reduzieren.

Die Ballastierung des Traktors ist für hohe Zugleistungen und beim Transport von an der Dreipunkthydraulik angebauten Geräten notwendig. Für Zapfwellenarbeiten sind Ausgleichsgewichte unnötiger Ballast und verursachen einen höheren Kraftstoffverbrauch (Faustregel: 1 Tonne zusätzliches Gewicht erhöht den Kraftstoffverbrauch um ungefähr 1 l/h). Ballastgewichte sollten rasch montier- und demontierbar sein. Wenn die Ballastierung in Form eines zusätzlichen Gerätes, wie z.B. ein Frontpacker, angebracht werden kann, wird dadurch ein zusätzlicher Nutzen erzielt.

### 7.2.2.3 Wartung

Die regelmäßige Wartung der Traktoren, insbesondere der Motoren, garantiert einen ungestörten Betrieb der Maschine. Darüber hinaus sind nach Holz (2005) Einsparungen von Kraftstoff möglich. Speziell die Wartung der Kraftstoff-, der Luftfilter- und der Kühlanlage des Motors benötigen ein verstärktes Augenmerk.

Tabelle 9:

**Tab. 9.** Reduktion des Kraftstoffverbrauchs durch Wartungsarbeiten (Holz 2005).

Wartungsarbeit	Reduktion
Wartung Luftfilter	bis 5 %
Kühler reinigen	bis 7 %
Ventilspiel optimal einstellen	bis 5 %
tropfende Einspritzdüsen ersetzen	bis 5 %
Leckagen der Druckluftanlage beseitigen	bis 5 %
Klima-Anlage nur bei Bedarf nutzen	bis 5 %

#### 7.2.2.4 Tiefe der Bodenbearbeitung

Eine alte Weisheit für die Tiefe der Bodenbearbeitung lautet: "so flach wie möglich und nicht tiefer als nötig".

Jeder Zentimeter tiefere Bodenbearbeitung bedeutet eine zusätzliche Bewegung von 100 m<sup>3</sup> Boden pro Hektar, das entspricht einer Masse von ca. 150 t. Um diese Menge zu bewegen, verbraucht man beim Pflügen nach Boxberger und Moitzi (2008) etwa 0,5 bis 1,5 l/ha zusätzlichen Kraftstoff pro cm tiefere Bearbeitung und Hektar.

Den Zusammenhang zwischen Kraftstoffbedarf und Bodenbearbeitungstiefe mit einem 4-balkigen Grubber zeigt Tabelle 10.

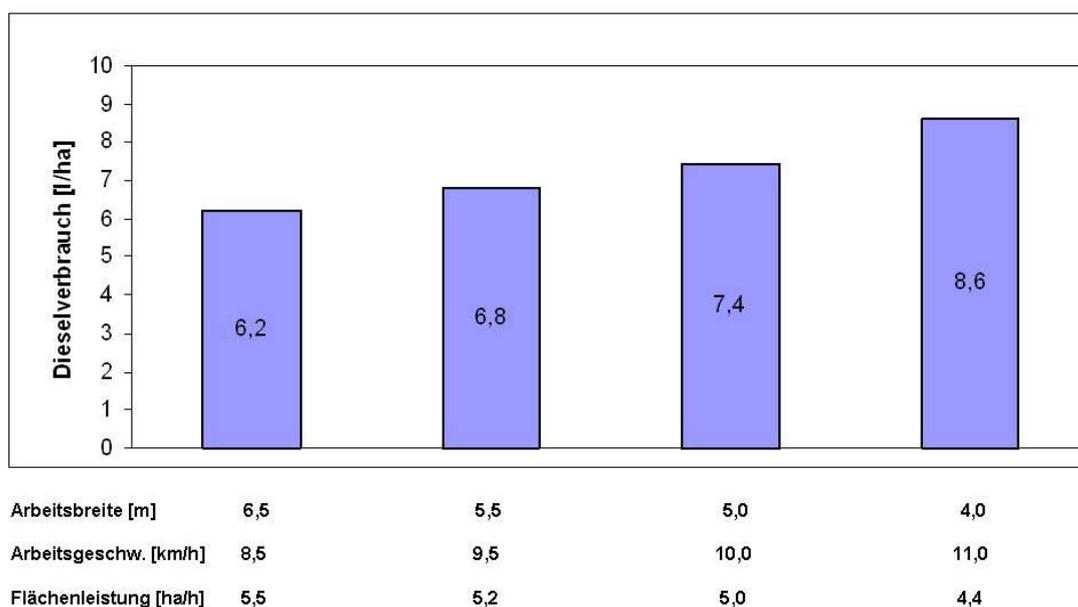
**Tab. 10.** Zusammenhang Arbeitstiefe und Kraftstoffverbrauch beim Grubbereinsatz (Mumme 2007).

Bearbeitungstiefe cm	10	13	16	19	22
Kraftstoffverbrauch l/ha	10	11	12	13	15,4

#### 7.2.2.5 Wahl der Arbeitsgeschwindigkeit

Um die Flächenleistung von Maschinen zu steigern, wird i.a. die Arbeitsgeschwindigkeit erhöht. Diese Maßnahme führt gleichzeitig zur Erhöhung des Zugkraftbedarfs der angebauten oder angehängten Maschinen.

Untersuchungen von Filipovic (2004) und Schmidlin (2006) zeigen den Zusammenhang von Arbeitsgeschwindigkeit und Zugleistungsbedarf bei der Bodenbearbeitung mit einer Scheibenegge (Abbildung 7) und der Ernte mit einem Ladewagen.



**Abb. 7.** Kraftstoffverbrauch in Abhängigkeit von der Arbeitsbreite und der Arbeitsgeschwindigkeit beim Einsatz einer Scheibenegge (verändert nach Filipovoc 2004).

Ergänzend wird zu Abbildung 7 angemerkt, dass sich die Flächenleistung bei der Bodenbearbeitung mit der Scheibenegge trotz Zunahme der Arbeitsgeschwindigkeit bei abnehmender Arbeitsbreite (von 6,5 auf 4,0 m) von 5,5 ha auf 4,4 ha pro Stunde reduziert. Der Zugleistungsbedarf eines Ladewagens steigt linear mit der Fahrgeschwindigkeit. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 8 km/h wurden durchschnittlich 20 kW, bei 12 km/h etwa 30 kW und bei 16 km/h zwischen 40 und 46 kW Zugleistungsbedarf ermittelt (Schmidlin 2006).

#### 7.2.2.6 Wartung und Einstellung der Geräte

Nach einer Untersuchung von Höner (2004) steigt durch falsche Einstellungen des Pfluges (Zugpunkt und Seitenneigung) der Zugkraftbedarf um bis zu 35 % gegenüber optimalen Einstellungen. Aus dem optischen Erscheinungsbild des gepflügten Bodens sind falsche Einstellungen jedoch nicht ersichtlich.

Um die Lebensdauer der Werkzeuge von Bodenbearbeitungsgeräten zu erhöhen, werden diese häufig durch Aufschweißen von Metallteilen verstärkt.

Bei unterschiedlichen Aufschweißvarianten auf die Werkzeuge eines Pfluges steigt nach Holz (2005) der Zugkraftbedarf des Traktors von 46 kW auf 59 kW pro Meter Arbeitsbreite. Der Kraftstoffverbrauch erhöht sich von 20,2 l auf 26,0 l/ha.

Untersuchungen von Sauter und Dürr (2005) zeigen die Erhöhung des Leistungsbedarfs bei stumpfen Schneiden bei Trommelmähwerken und Rotorschneidwerken. Scharfe Messer reduzieren den Leistungsbedarf beim Trommelmäher um 15 %, bei Rotorschneidwerken für Rundballenpressen um 20 %.

#### 7.2.2.7 Kraftstoffeinsparpotential auf einem Modellbetrieb

Tabelle 11 und 12 zeigen anhand eines 100 ha Modellbetriebes (Fruchtfolge: Wintergerste, Corn-Cob-Mix, Winterweizen) das Potential Kraftstoff einzusparen.

**Tab. 11.** Kurzfristig realisierbare Kraftstoffeinsparung (l/a) (Uppenkamp und Fröba 2008).

Ausgangssituation	Reduzierte Motordrehzahl 20 %	Wartung 2,5 %	Ballast bei Zugarbeiten 5 %	Variable Pflugtiefe 10 %
	- 1.621	- 187	- 174	- 207
9.107	7.486	7.298	7.124	6.917

**Tab. 12** Kurz- und mittelfristig realisierbare Kraftstoffeinsparung (l/a) (Uppenkamp und Fröba 2008)

Ausgangssituation	Optimierte Geräteeinstellung	Abgesenkter Reifeninnen- druck, Acker	Sparsamer Traktor	Grubber statt Pflug
	15 %	10 %	10 %	4 l/ha
	- 459	- 455	- 600	- 400
6.917	6.458	6.002	5.402	5.002

Das Modellbeispiel nach Uppenkamp und Fröba (2008) zeigt, dass ein Kraftstoffeinsparungspotential von 4.100 l/a möglich ist.

75 % der Kraftstoffeinsparung können durch kurzfristige Maßnahmen erzielt werden (Tabelle 11 und 12).

Durch den Kauf eines sparsameren Traktors und die Umstellung des Bodenbearbeitungssystems wird 25 % Kraftstoffeinsparung erreicht.

Die Modellrechnung lässt sich auch auf Betriebe mit geringerer Grundausstattung anwenden, so kann z.B. ein 25 ha Betrieb immerhin 1.000 l und ein 50 ha Betrieb 2.000 l Kraftstoff jährlich einsparen.

### 7.3 Reduktion des Stromverbrauchs

Der Stromverbrauch landwirtschaftlicher Betriebe kann nach Büscher (2008) in Energiebezugskosten und den Verbrauch an Energie je Produktionseinheit unterschieden werden. Die Energiebezugskosten sind z.B. gestaffelte Tarife nach Zeit und/oder bezogener Leistung. Diese Tarife sind bei den heimischen Betrieben bedingt durch den relativ niedrigen Stromverbrauch eher die Ausnahme (z.B. Nachtstromtarif, Tarif für Wärmepumpen). Für die heimischen Betriebe ist der Verbrauch an Energie je Produktionseinheit die entscheidende Größe. Der Anteil der Stromkosten liegt in der Tierhaltung bei etwa 2 – 4 % der Gesamtproduktionskosten (Feller 2008). Dieser Anteil ist relativ gering, jedoch steigen die Preise für elektrische Energie von Jahr zu Jahr. Der Marktpreis für Strom hat sich von etwa 5 Cent im 1. Quartal 2007 auf 8,5 Cent im 3. Quartal 2008 entwickelt. Das entspricht einem Preisanstieg von 70 % in nur 18 Monaten ([www.e-control.at](http://www.e-control.at)). Dem Stromverbrauch am landwirtschaftlichen Betrieb ist also Beachtung zu schenken bzw. sind entsprechende Maßnahmen zur Senkung des Stromverbrauchs zu setzen.

Bei der Betrachtung der Emissionen führt die Reduktion des Stromverbrauchs pro Kilowattstunde zu einer Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes von 217,4 g (E-control 2007).

### 7.3.1 Erfassung des Ist-Bestandes

Auf den meisten landwirtschaftlichen Betrieben in Österreich gibt es keine getrennte Messung von Haushaltsstrom für den privaten Verbrauch und Strom für den Betrieb. Der Verbrauch an Haushaltsstrom liegt in Österreich im Durchschnitt bei etwa 1.000 kWh pro Person. Der Betriebsstrom ergibt sich aus dem Gesamtstromverbrauch abzüglich der Anzahl der im Haushalt/Haus lebenden Personen multipliziert mit 1.000.

Eine exakte Aufteilung von Haushalts- und Betriebsstrom erhält man nur durch den Einbau von separaten Stromzählern, der beim Umbau oder Neubau der Stromversorgung berücksichtigt werden sollte. Aus der jährlichen Stromrechnung ist der in der Abrechnungsperiode verbrauchte Strom ersichtlich.

Um den Verbrauch über bestimmte Zeiträume abschätzen zu können, ist es sinnvoll eine wöchentliche oder monatliche Beobachtung des Stromverbrauchs in Form eines Stromtagebuches durchzuführen.

**Tab. 13.** Beispiel für die Gestaltung eines Stromtagebuches (Öhlinger u. a. 2008).

Datum: Woche/Monat	Tätigkeit/Anmerkung	Stromverbrauch (kWh)

### 7.3.2 Stromverbrauch für Beleuchtung

Für die Beleuchtungsstärke im Stall bzw. in den Arbeitsräumen gibt es Empfehlungen für die Tierhaltung und die Ausleuchtung der Arbeitsplätze. Nach Cielejewski (2006) sind für Arbeitsplätze mit geringen Anforderungen (Melkstand, Futterzentrale, etc.) zumindest 500 lux Beleuchtungsstärke nötig. Im Rinderstall sind nach Hauschulte (2006) 200 lux als Lichtreiz für die Kühe vorteilhaft. Im Schweinestall ist eine Beleuchtungsstärke von 40 - 50 lux ausreichend.

Jauschnegg (1999) geht bei der Berechnung des Stromverbrauchs für die Beleuchtung bei einem Milchviehlaufstall für 30 Kühe unter der Verwendung von Leuchtstofflampen und 1.200 Stunden Einschaltdauer von 15,6 kWh/Kuh und Jahr aus. In der Schweinemast mit 150 bis 800 Mastplätzen kalkuliert er einen Stromverbrauch für die Beleuchtung von 1,3 kWh/Mastplatz und Jahr. Für die Schweinezucht wird der Verbrauch auf ca. 37 kWh/Zuchtsau und Jahr berechnet.

Folgende Beleuchtungskörper werden in der Tierhaltung empfohlen (Sächsische Energieagentur 2008):

- Halogen-Metall dampflampen für zumindest 5 m hohe Räume und
- Leuchtstofflampen mit elektronischem Vorschaltgerät, die eine hohe Lichtausbeute, eine lange Lebensdauer und einen um 20 % geringeren Verbrauch als herkömmliche Leuchtstofflampen aufweisen.

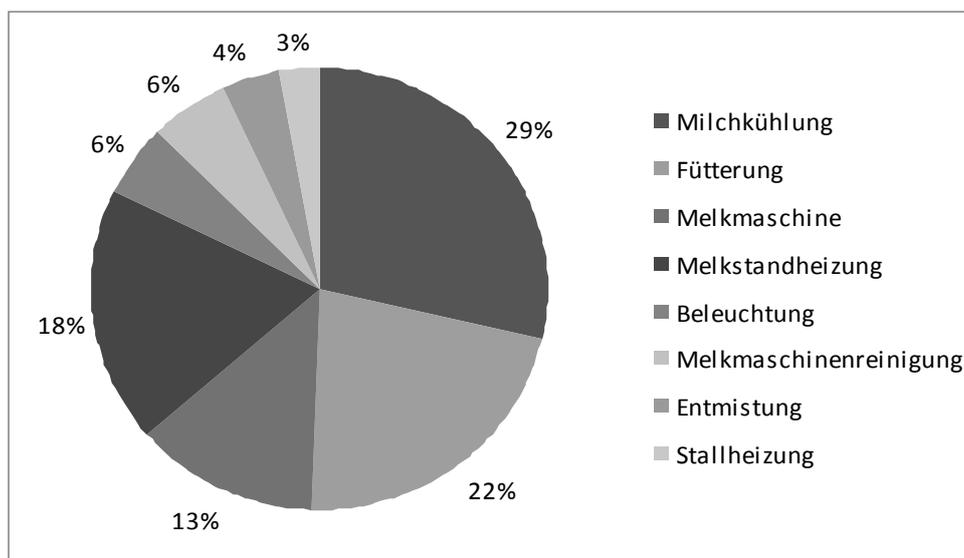
Durch den Einsatz von Zeitschaltuhren und das mehrmalige Reinigen der Beleuchtungskörper pro Jahr zur Erhaltung der Lichtstärke kann der Stromverbrauch für die Beleuchtung gesenkt werden. Beleuchtungskörper mit hoher Leistungsaufnahme (500 – 1.000 W) oder Beleuchtungskörper mit niedriger Lichtausbeute sollten zur Reduktion des Stromverbrauchs ausgetauscht werden.

### 7.3.3 Verbrauch und Einsparpotentiale in der Rinderhaltung

Die Rinderhaltung wird in die Milchviehhaltung, Mutterkuhhaltung und Rindermast eingeteilt. Da die Milchviehhaltung den höchsten Stromverbrauch in der Rinderhaltung aufweist, beschränkt sich die vorliegende Arbeit auf diesen Produktionstyp.

#### 7.3.3.1 Verteilung des Stromverbrauchs in der Milchviehhaltung

Abbildung 8 zeigt die einzelnen Einflussfaktoren auf den Stromverbrauch in der Milchviehhaltung.



**Abb. 8.** Einflussfaktoren auf den Stromverbrauch in der Milchproduktion (Kubessa 1998).

Die Datengrundlage für Abbildung 8 bildet ein Liegeboxenlaufstall mit ca. 30 Milchkühen mit einem Energieverbrauch von 10.875 kWh/Jahr. Die Futtergrundlage des Betriebes bildet Dauergrünland, Feldfutterbau und Silomais. Die Futtereinlagerung erfolgt im Hochsilo mit einer Siloentnahmefräse.

In einer eigenen Untersuchung eines freistehenden Gemeinschaftslaufstalls im Mühlviertel mit 90 Milchkühen inklusive Nachzucht wurde ein Stromverbrauch von 38.000 kWh im Jahr 2006 bzw. 36.000 kWh im Jahr 2007 festgestellt. Die Befüllung der Güllefässer erfolgte durch eine elektrische Pumpe.

In einer Untersuchung über die Lastgänge des Stromverbrauchs wurde für einen Betrieb im Mühlviertel mit 28 Kühen und 150.000 l Milchjahreslieferung im Laufstall ein Stromverbrauch von 14.448 kWh festgestellt (Braunstein u. a. 2008). Auf die Milchproduktion entfallen davon, bereinigt um den Bedarf von 5 im Haushalt lebenden Personen, etwa 9.500 kWh. Die elektrischen Verbraucher für die Milchproduktion sind ein Heukran zur Futtevorlage, ein Durchlauferhitzer, eine Direktverdampfungskühlung, eine Vakuumpumpe, ein Hochdruckreiniger, eine Rinderbürste und 13 Beleuchtungskörper. Die Reinigung der Melkanlagen wurde bei der Berechnung des Strombedarfes berücksichtigt.

Die Messung des Strombedarfes der Milchproduktion ergab einen Wert von 0,058 kWh/l Milch.

Bei einem deutlich kleineren Betrieb (14 Kühe, 55.000 l Milch/Jahr) wurde ein Strombedarf von 0,073 kWh/l Milch festgestellt.

In der Literatur wird der Stromverbrauch bezogen auf die Produktionseinheit häufig in kWh/Kuh angegeben. In der Milchproduktion ist die Angabe des Stromverbrauchs pro kg Milch zweckmäßiger. Durch die Umstellung der Haltungssysteme von einer geschlossenen Stallhaltung mit Ventilatorlüftung auf Außenklimaställe und die Steigerung der durchschnittlichen Milchleistung pro Kuh und Jahr (Tabelle 14) konnte eine Senkung des spezifischen Strombedarfes erreicht werden.

**Tab. 14.** Entwicklung des jährlichen Strom- und Leistungsbedarfes in der Milchproduktion anhand eines Vergleiches von 3 Untersuchungen (zusammengestellt von Boxberger und Moitzi 2008).

Autor (Jahr)	Ayik (1975)	Jauschnegg (1995)	Clausen (2001)
Betriebe	49	5	35
Milchleistung [l]	4.000	5.000	7.000
Leistungsbedarf [kW/Kuh]	1	0,3	0,4
Stromverbrauch [kWh/Kuh]	600	360	350
Stromverbrauch [kWh/l Milch]	0,1	0,06	0,05

### 7.3.3.2 Melktechnik

Der Stromverbrauch bei der Milchproduktion wird hauptsächlich durch den Einsatz der Vakuumpumpe, der Reinigungsanlage und der Milchkühlung bestimmt (Hartl 2007). Drehschiebervakuumpumpen haben einen höheren Wirkungsgrad als Wasserringpumpen (Hartl 2007). Durch den Einsatz frequenzgesteuerter Drehkolbenvakuumpumpen mit vakuumabhängiger Drehzahlregulierung kann gegenüber herkömmlichen Pumpen ein Einsparpotential von 70 % erreicht werden (Feller 2008).

Die benötigte Leistung der Pumpe wird durch die Dimensionierung der Melkleitung bestimmt. Diese sollte nicht zu groß bemessen werden (Hartl 2007).

### 7.3.3.3 Reinigung der Melkanlagen und des Melkstandes

Die Reinigung der Melkanlage erfolgt üblicherweise durch eine Zirkulationsreinigung oder eine Kochendwasserreinigung.

Bei der Kochendwasserreinigung wird Wasser durch Heizstäbe mit einer Leistungsaufnahme von 3 – 5 kW auf 95°C erhitzt und unter Zugabe einer Säurelösung im Durchfluss durch die Anlage geleitet.

In Zirkulationsreinigungsanlagen wird die durch Durchlauferhitzer mit einer Leistungsaufnahme von 10 - 24 kW aufgeheizte Reinigungslösung mehrmals verwendet (Jauschnegg 1999).

Der Stromverbrauch für Rohrmelkanlagen beträgt pro Reinigungsvorgang bei Zirkulationsreinigungsanlagen ca. 5 – 10 kWh und bei Kochendwasserreinigungsanlagen ca. 3,5 – 14 kWh (Nosal u. a. 1994). Für die Melkstandreinigung bietet sich durch Wärmerückgewinnung vorgewärmtes Wasser an.

Hochdruckreiniger oder Heißwasserreiniger haben einen Stromverbrauch von etwa 400 – 700 kWh pro Jahr (Jauschnegg 1999).

### 7.3.3.4 Beheizung des Melkstandes

In der kalten Jahreszeit wird häufig Luft durch eine elektrische Warmluftheizung erwärmt und mit einem Gebläse in den Melkstand geleitet.

Der Stromverbrauch der Melkstandbeheizung liegt bei etwa 2.000 kWh pro Jahr (Kubessa 1998).

### 7.3.3.5 Milchkühlung und Milchlagerung

Die frisch gemolkene Milch muss so rasch wie möglich durch direkte oder indirekte Kühlung auf eine Lagertemperatur von 4 – 6°C gebracht werden. Der Stromverbrauch bei der direkten Milchkühlung liegt mit etwa 1,5 – 2,2 kWh/100 Liter Milch etwas niedriger als bei der indirekten Milchkühlung mit 1,8 – 2,6 kWh/100 Liter Milch (Ordolff 1992). Der Aufstellungsort des Kühlaggregates muss sauber und schattig sein, damit der Wirkungsgrad nicht durch Verschmutzung der Lamellen des Kondensators und durch eine hohe Umgebungstemperatur infolge der direkten Sonneneinstrahlung absinkt.

Der Stromverbrauch eines Milchkühlungsaggregates verdoppelt sich z.B. von 1,4 kWh auf 2,8 kWh/100 l Milch bei einer Erhöhung der Umgebungstemperatur von 5°C auf 32°C (Hartl 2007).

Der Einsatz von ausreichend vorhandenem Brunnenwasser zur Vorkühlung der Milch mittels Platten- oder Röhrentauscher bei der Milchkühlung birgt ein Einsparpotential von rund 50 % (Feller 2008). Dabei werden 1 - 3 Liter Wasser pro Liter zu kühlender Milch benötigt, um die Milchttemperatur um ca. 3 – 5°C über die Wassertemperatur abzukühlen.

1 Liter frisch gemolkene Milch kann dabei 0,6 Liter Wasser auf bis zu 55°C erwärmen (Hartl 2007).

### 7.3.3.6 Krafftutterzuteilung

Die Krafftutterzuteilung erfolgt in Betrieben mit geringerem Leistungsniveau der Kühe häufig noch manuell. Im Laufstall oder zum Teil auch in Ställen mit Anbindehaltung erfolgt die Zuteilung mittels Krafftutterstationen. Der Strombedarf dieser Abrufautomaten liegt bei mit 440 kWh/Jahr (Jauschnegg 1999).

### 7.3.3.7 Sonstige Verbraucher

Je nach Ausstattung der Betriebe kann noch elektrische Energie für folgende Verbraucher benötigt werden:

- Getreidemühle oder -quetsche
- Raufuttermanipulation
- Stallentmistung und Güllemanipulation
- Einrichtungen zur Steigerung der Milchleistung wie Ventilatoren in Außenklimaställen und Kaltwasserduschen für die Kühe an besonders heißen Tagen

### **7.3.4 Verbrauch und Einsparpotentiale in der Schweinehaltung**

#### 7.3.4.1 Verteilung des Stromverbrauchs in der Schweinehaltung

In einer Untersuchung von Braunstein (2008) wurde für die Periode 2005/06 der Stromverbrauch eines oberösterreichischen Schweinezuchtbetriebs mit 120 Zuchtschweinen und zugehöriger Ferkelaufzucht gemessen. Der um den Haushaltstrom bereinigte Jahresstromverbrauch für diesen Betrieb lag bei 44.000 kWh. Die elektrischen Verbraucher am Betrieb waren eine Getreidemühle, ein Kompressor für die Fütterung, die Steuerung der Fütterungsanlage, Heizplatten für die Ferkelnester, die Stallbelüftung, ein Hochdruckreiniger und die Beleuchtungsanlage. Der Stromverbrauch je Zuchtsau beträgt bei diesem Betrieb 367 kWh pro Jahr.

Bei Kubessa (1999) wird ein Jahresstromverbrauch von 21.975 kWh für einen Schweinezuchtbetrieb mit 90 Zuchtschweinen angegeben, wobei die automatische Fütterung nicht berücksichtigt ist.

Der Stromverbrauch je Zuchtsau lag in diesem Betrieb bei 244 kWh pro Jahr, wobei etwa 80 % für die Beheizung der Ferkelnester und ca. 15 % für die Stallbelüftung benötigt wurden. Ein weiterer von Braunstein (2008) untersuchter Schweinemastbetrieb mit 340 Mastplätzen hatte einen um den Haushaltsstrom bereinigten Jahresverbrauch von 15.000 kWh. Als elektrische Verbraucher wurden am Betrieb eine Futtermischanlage, eine Flüssigfütterungsanlage, eine Silofräse, eine Belüftungsanlage, ein Kompressor und die Beleuchtungsanlage eingesetzt.

In einer Untersuchung von Jauschnegg (1999) wurde im Jahr 1995 für einen Schweinemastbetrieb in Oberösterreich mit 400 Mastplätzen ein Betriebsstrom von 17.770 kWh gemessen. Als elektrische Verbraucher wurden eine Silofräse, eine Flüssigfütterungsanlage, eine Belüftungsanlage und die Beleuchtungskörper eingesetzt.

Beide Schweinemastbetriebe hatten einen Strombedarf von ca. 44 kWh/Mastplatz und Jahr. Einen detaillierten Vergleich des Stromverbrauchs zwischen Schweinemast und Schweinezucht zeigt Tabelle 15 anhand von Durchschnittswerten aus Betriebserhebungen in Niedersachsen 1991.

**Tab. 15.** Anteile der Produktionsschritte am Stromverbrauch im Vergleich zwischen Schweinemast und Schweinezucht (Büscher 2005).

	Schweinemast	Schweinezucht
Energieverbrauch [kWh/Mastplatz bzw. Tier u. Jahr]	60	400
	Anteile in %	
Futteraufbereitung u. Fütterung	25	12
Entmistung	4	1
Reinigung	3	1
Beleuchtung	3	5
Ferkelnestheizung	-	70
Lüftung	65	11

#### 7.3.4.2 Lüftungsanlagen

Die Lüftung verursacht, ohne Berücksichtigung der Heizleistung, mit etwa 60 % einen Großteil des Stromverbrauchs in der Schweinemast und -zucht (Büscher u. a., zitiert bei Feller 2008).

Das Lüftungssystem regelt die Lufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit und die Schadstoffkonzentrationen (Ammoniak, Schwefelwasserstoff und Kohlendioxid) in der Stallluft durch Zufuhr von Frischluft. Die Frischluft rate pro Tier soll so niedrig wie möglich und so hoch als notwendig gehalten werden. Hohe Frischluft rates verursachen im Winter einen hohen Heizbedarf. Feller (2008) geht von einem um 1.000 l höheren Heizölverbrauch pro Jahr aus, wenn in einem Ferkelaufzuchtstall mit 200 Ferkeln die Mindestluft rate pro Tier um 0,8 m<sup>3</sup>/h für rund 10 % der Jahresstunden erhöht wird.

Nach Jauschnegg (1999) beträgt der Stromverbrauch in einem Maststall mit 800 Plätzen bei einer Luft rate von 69 m<sup>3</sup>/h und Tier etwa 24,1 kWh/Mastplatz und Jahr. Für Zuchtsauen wird in einem Stall für 80 Tiere bei einer Luft rate von 163 m<sup>3</sup>/h und Tier ein Stromverbrauch von 59,2 kWh/Zuchtsau und Jahr angegeben (Jauschnegg 1999). Bei Feller (2008) wird der Bedarf für die Lüftung im Zuchtsauenstall mit 50 bis 55 kWh/Zuchtsau angegeben.

Der Stromverbrauch einer Lüftungsanlage steigt proportional zur Luftgeschwindigkeit. Auch ein höherer Luftwiderstand führt zu einem höheren Stromverbrauch. Freie, nicht verengte Luftaustrittsstellen, so wenig Luftumlenkungen durch Bögen wie möglich und abgerundete

Luft Eintrittsstellen halten den Luftwiderstand in der Anlage niedrig. Da Verschmutzungen der Lüftungsanlagen den Wirkungsgrad um bis zu 30 % vermindern (Feller 2008), ist eine Reinigung mehrmals pro Jahr nötig.

Lüftungsanlagen sind meist darauf dimensioniert, auch in Zeiten mit hohem Frischluftbedarf ausreichend Frischluft zu liefern. Lüftungsanlagen laufen jedoch zu einem Großteil des Einsatzes im Teillastbereich (Abbildung 9).

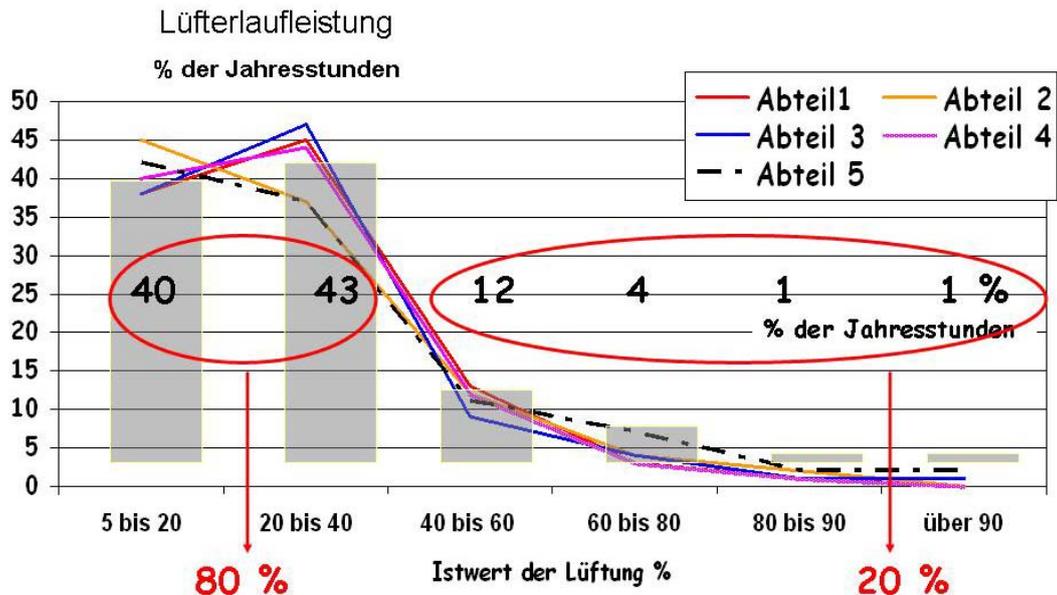


Abb. 9. Auslastung der Lüfter in einem Ferkelaufzuchtstall (Feller 2003).

Je nachdem, wie die Lüfter geregelt sind, nehmen sie im Teillastbereich unterschiedlich viel Strom auf. Abbildung 10 zeigt einen Vergleich der Aufnahmeleistungen unterschiedlich geregelter Lüfter.

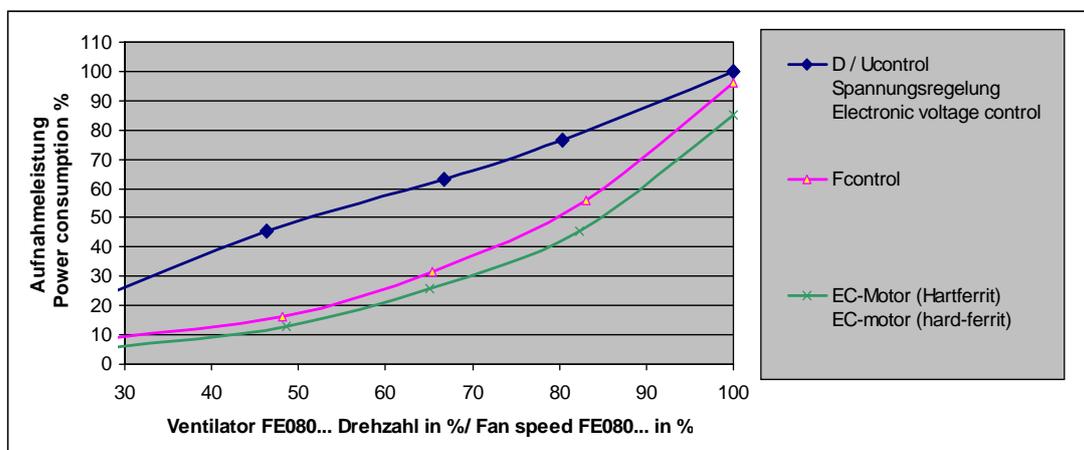


Abb. 10. Aufnahmeleistung unterschiedlich geregelter Lüfter (Moser 2008). (D ... Spannungsregelung, F ... Frequenzumrichter, EC-Technologie)

Die geringere Leistungsaufnahme und der dadurch niedrigere Stromverbrauch von Lüftern mit EC-Steuerung im unteren Drehzahlbereich senken die Betriebskosten.

Tabelle 16 zeigt die Reduktion der jährlichen Betriebskosten von 3 unterschiedlich geregelten Lüftern für 600 – 800 Mastschweine bei unterschiedlicher Auslastung und einem angenommenen Strompreis von 18 Cent/kWh.

**Tab. 16.** Jährliche Betriebskosten unterschiedlich geregelter Lüfter (Moser 2006)

Ventilator-drehzahl	Betriebskosten pro Jahr (8.000 Betriebsstunden)		
	Spannungssteuerung	Frequenzsteuerung	EC-Technologie
40 %	1.745	566	363
70 %	2.938	1.702	1.270

#### 7.3.4.3 Reinigung der Schweineställe

Für die Reinigung der Ställe mit dem Hochdruckreiniger wird pro Mastplatz und Jahr 0,35 kWh Strom verbraucht. In der Zuchtsauenhaltung beträgt der Stromverbrauch für die Reinigung 4 kWh/Zuchtsau und Jahr (Jauschnegg 1999).

#### 7.3.4.4 Heizbedarf in der Zuchtsauenhaltung

Neugeborene Ferkel haben gegenüber älteren Tieren einen höheren Wärmebedarf, der durch Ferkelnestheizungen gedeckt wird. Für die Beheizung der Ferkelnester werden Elektro-Infrarotstrahler, elektrische Bodenheizungen und Gas- oder Warmwasserheizungen eingesetzt.

Jauschnegg (1999) gibt für den Verbrauch von Infrarotstrahlern 197 kWh/Zuchtsau und Jahr bzw. für eine elektrische Bodenheizung 85 kWh/Zuchtsau und Jahr an.

Feller (2007) veranschlagt für die Ferkelnestheizungen bis zum 21. Tag pro Wurf niedrigere Werte (Tabelle 17).

**Tab. 17.** Energieverbrauch von Ferkelnestern (Feller 2007).

Ferkelnestheizung	Bedarf [kWh]
Elektr. Infrarotlampe	98
Elektr. Infrarotlampe mit Sparschaltung	48
Gas-Infrarotlampen	243
Kunststoffplatten elektrisch	43
Polymerbetonplatten mit Warmwasser	64

#### 7.3.4.5 Fütterung in der Schweinehaltung

Der Prozess der Fütterung wird in die Futteraufbereitung (Trocknen, Konservieren, Transportieren, Mahlen, Mischen und Lagern) und in die tatsächliche Fütterung unterteilt.

Das Mahlen des Getreides mit Hammermühlen hat einen Stromverbrauch von 1,8 kWh/dt Getreide (Jauschnegg 1999). Für die Trockenfutterförderung werden Schneckenförderer oder Drahtseilförderer mit einem Strombedarf von 0,05 bis 0,19 kWh/dt verwendet (Oldenburg 1993). Im Rahmen eines Projektes der Landwirtschaftskammern Oberösterreich, Niederösterreich und Steiermark zur Fütterungstechnik in der Schweinemast wurde der Strombedarf bei der Fütterung für 400 Mastplätze erhoben.

Der geringste jährliche Strombedarf war bei der Fütterung mit Spiralschnecke und Breiautomat (360 kWh) festzustellen, gefolgt von Schrägmischer, Futterbahn und Breiautomat (1000 kWh), Flüssigfütterung (1.800 kWh) und Spotmixelanlage (4.000 kWh).

### 7.4 Reduktion des Wärmeverbrauchs

#### 7.4.1 Einleitung

In landwirtschaftlichen Betrieben fällt der Wärmebedarf zu einem großen Teil im Wohnhaus an. Durch traditionelle Bauernhausformen in Oberösterreich ist die Wohnfläche pro im gemeinsamen Haushalt/Haus lebender Person relativ groß. Daraus ergibt sich ein relativ hoher Verbrauch an Heizenergie.

Die Bauernhäuser werden zu einem überwiegenden Teil mit Hackschnitzel- und Scheitholzkesseleln beheizt. In Oberösterreich werden in der Landwirtschaft für Raumwärme durchschnittlich 2.296 TJ aufgewendet (Statistik Austria 2007). Davon werden 1.513 TJ durch Biomasse (66 %) gedeckt. Auf die Gesamtanzahl der Haushalte in Oberösterreich (556.000) bezogen, beträgt der mit Biomasse beheizte Anteil nur 20,46 %.

#### 7.4.2 Maßnahmen zur Reduktion des Wärmebedarfs im Wohnhaus

##### 7.4.2.1 Wärmedämmung der obersten Geschoßdecke und der Kellerdecke

Die Wärmedämmung der obersten Geschoßdecke kann meistens ohne großen Aufwand durchgeführt werden. Eine Dämmung von 20 bis 30 cm entspricht einer Einsparung von bis zu 100 kWh pro m<sup>2</sup> und Jahr (Energiesparverband Oberösterreich 2008).

Beim Isolieren der Kellerdecke oder des Fußbodens bei Häusern, die nicht unterkellert sind, ist in der Regel der Aufwand höher. Das Einbringen von Isoliermaterial ist mit baulichen Eingriffen verbunden. Beim Dämmen des Fußbodens im Übergang zum Untergrund sind 15 – 20 cm Dämmmaterialstärke vorzusehen (Energiesparverband Oberösterreich 2008).

#### 7.4.2.2 Wärmedämmung der Außenwand

Die wärmetechnische Sanierung der Außenwand ist eine relativ aufwändige Maßnahme. Die Fensterteilung und Fassadengestaltung sollte durchdacht und miteinbezogen werden. 10 bis 15 cm Dämmmaterial sind hier einzurechnen (Energiesparverband Oberösterreich 2008).

#### 7.4.2.3 Fenstertausch

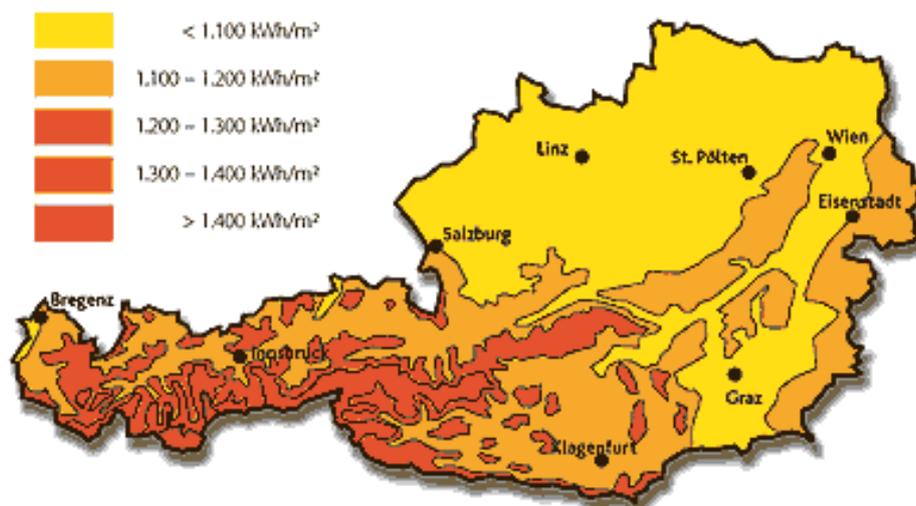
Die oberösterreichischen Förderrichtlinien schreiben für Fenster einen U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) von  $1,2 \text{ W/m}^2 \text{ und K}$  vor. Mit Wärmeschutzverglasungen und wärmetechnisch gut ausgeführten Fensterrahmen ist ein U-Wert des gesamten Fensters von  $0,7 \text{ W/m}^2 \text{ und K}$  zu erreichen. Der Energiedurchlassgrad (g-wert) gibt an, wie viel Licht (Sonnenenergie) durch die Verglasung gelangt und soll in Wohnräumen über 50 % liegen.

Bei bestehenden Fenstern kann durch das Anbringen von Dichtbändern der Wärmeverlust verringert werden.

Beim Tausch der Fenster ist eine sachgerechte Montage sicherzustellen, damit Wind- und Schlagregendichtheit gegeben sind.

#### 7.4.2.4 Solarthermie

Die solare Einstrahlung kann in ganz Oberösterreich aktiv durch Sonnenkollektoren zur Gewinnung von Wärmeenergie für die Warmwasserversorgung und auch für die Teilversorgung mit Heizungswärme genutzt werden (Abbildung 11).



**Abb. 11.** Solare Einstrahlung in Österreich (Bruck u. a. 1985).

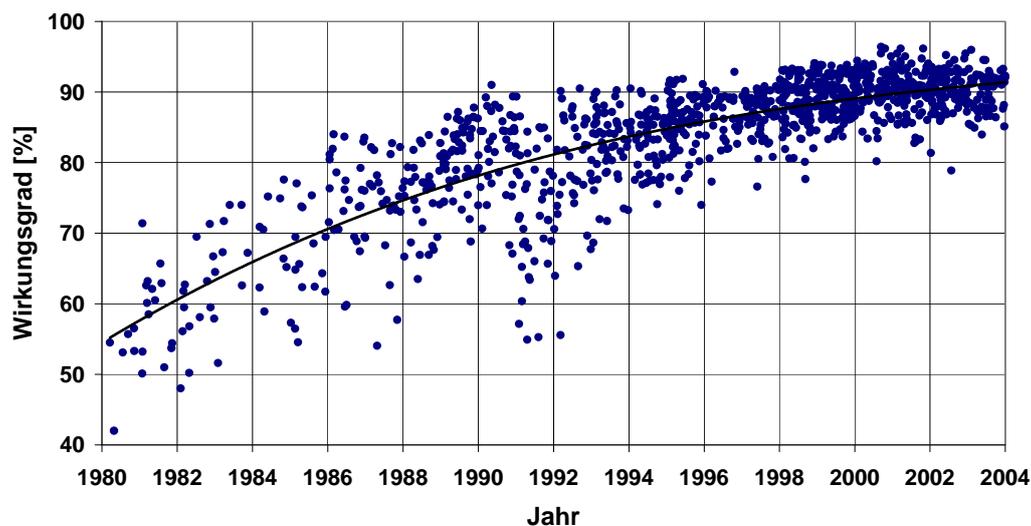
Der Energiebedarf für die Warmwasserbereitung liegt durchschnittlich bei etwa  $400 \text{ kWh/Person und Jahr}$  (Energiesparverband Oberösterreich 2008). Während der

Sommermonate bzw. im Spätfrühling und Frühherbst kann der Energiebedarf für die Warmwasserbereitung ganz oder teilweise durch Solarthermie gedeckt werden.

Bei der Nutzung der Sonnenenergie ist die Architektur der Gebäude von großer Bedeutung. Die in der Landwirtschaft traditionellen Hofformen und die Integration von Wirtschaftsgebäuden engen die Möglichkeiten zur Nutzung der Solarthermie fallweise ein. Wichtige Einflussfaktoren sind die Ausrichtung des Wohngebäudes nach Süden oder Norden sowie die Anzahl, die Größe und die Ausrichtung der Fenster bzw. das Vorhandensein eines Wintergartens bzw. die Option der Errichtungsmöglichkeit.

#### 7.4.2.5 Heizkessel mit hohem Wirkungsgrad

Der Heizenergiebedarf kann durch den Einsatz moderner Heizkessel effizienter gedeckt werden. Heizkessel älterer Bauart haben im Teillastbereich einen relativ niedrigen Wirkungsgrad von etwa 60 - 70 %. Durch die Installation eines Heizkessels neuerer Bauart mit einem hohen Wirkungsgrad von über 90 % kann der Brennstoffbedarf und damit der Energieeinsatz entsprechend reduziert werden (Abbildung 12).



**Abb. 12.** Entwicklung des Wirkungsgrades von Holzfeuerungen (Ebert 1998).

#### 7.4.3 Schätzung des Einsparpotentials in einem Wohnhaus

Das Einsparpotential an Heizenergie eines Bauernhauses ist in Tabelle 18 anhand einer vereinfachten Berechnung dargestellt. Die verwendeten Zahlenwerte beruhen auf einer Schätzung durch einen Energieberater sowie Lasselsberger u. a. 2008.

Annahmen:

bäuerliches Wohnhaus mit 300 m<sup>2</sup> Wohnfläche

flächenbezogener Heizwärmebedarf = 180 kWh/m<sup>2</sup>.a

Kesselwirkungsgrad = 85 %

Raummeter Buchenscheitholz (W 20, Wassergehalt = 20 %)

1 Festmeter (fm) = 1,4 Raummeter (rm) geschichtete Holzscheiter

Dichte = 670 kg/fm = 480 kg/rm

Heizwert = 4,2 kWh/kg = 1.990 kWh/rm

Schüttraummeter Fichtenhackschnitzel (W 20, Wassergehalt = 20 %)

Schüttdichte = 185 kg/Srm

Heizwert = 4,4 kWh/Srm

Heizwert pro Schüttraummeter = 814 kWh/Srm

Berechnung:

Jahresenergiebedarf =  $300 \times 180 / 0,85 = 63.530$  kWh/a

Bedarf Schüttraummeter Fichtenhackschnitzel =  $63.530 / 814 = 78$  Srm

Bedarf Raummeter Buchenscheiter =  $63.530 / 1990 = 32$  rm

**Tab. 18.** Brennstoffeinsparung durch Energiesparmaßnahmen im bäuerlichen Wohnhaus (eigene Berechnung).

Maßnahme	Einsparung		
	%	Fichtenhackschnitzel Srm	Buchenscheitholz rm
Fenstertausch U-Wert < 0,9	10 – 15	8 – 12	3 - 5
Oberste Geschoßdecke U-Wert 0,15 bei 30 cm Dämmung	20 – 25	16 – 20	6 - 8
Fassade U-Wert 0,2 bei 16 cm Dämmung	15	12	5
Kesseltausch, Erhöhung des Wirkungsgrades	20 – 25	16 – 20	6 - 8

#### 7.4.4 Tipps zum Einsparen von Heizenergie im Haushalt

Durch folgende, einfach durchzuführende Maßnahmen kann bei der Warmwasserbereitung und der Beheizung des Wohnhauses Energie eingespart werden (Energiesparverband Oberösterreich 2008):

- Duschen statt baden
- max. 60°C Wassertemperatur im Warmwasserspeicher
- tropfende Warmwasserhähne abdichten oder ersetzen
- Stoßlüften statt permanent gekippte Fenster im Winter
- regelmäßige Entlüftung der Heizkörper und Wartung der Heizanlage

- Nachtabenkung aktivieren
- Absenkung der Raumtemperatur um 1 °C spart 6 % Heizenergie
- Verwendung von geeigneten Brennstoffen - keinen Müll verheizen!

## **7.4.5 Wärmeeinsatz in der Landwirtschaft**

### 7.4.5.1 Rinderstall

Rinderställe werden derzeit hauptsächlich als Außenklimaställe gebaut, in denen kein Heizbedarf anfällt. Heizbedarf besteht in Außenklimaställen lediglich für die Beheizung des Melkstandes, die i.d.R. mit elektrischen Wärmestrahlern erfolgt (Kapitel 5.3.3.4).

### 7.4.5.2 Schweinestall

Bei Schweineställen wird von Bauberatern empfohlen, die Außenwände und Stalldecken mit einem U-Wert von zumindest 0,40 W/m<sup>2</sup>und K zu errichten. Mastställe und Warteställe für Zuchtschweine werden in Oberösterreich i.d.R. nicht geheizt. Der Wärmebedarf wird durch die Körperabwärme der Tiere erzeugt. Bei sehr niedrigen Außentemperaturen und beim Neueinstellen von Schweinen werden häufig für ein bis zwei Tage gasbetriebene Zusatzheizungen verwendet.

In der Ferkelaufzucht werden nach dem Absetzen elektrische, mit Gas oder mit Warmwasser beheizte Wärmezonen installiert (Kapitel 5.3.4.4). Raumheizungen werden wegen des hohen Wärmebedarfes nur mehr selten eingesetzt. Um einen möglichst hohen Wirkungsgrad zu gewährleisten, sollten bei Warmwasserheizungen die Heizleitungen möglichst kurz ausgeführt werden und die Abstrahlflächen (speziell ausgeführte Aluminium- oder Stahlrohre) regelmäßig gereinigt werden.

Die Mindestluftfrate und der Heizenergiebedarf im Winter sind sorgfältig abzustimmen.

## 8 SCHULPROJEKT ENERGIESPAREN IN DER LANDWIRTSCHAFT

### 8.1 Vorgeschichte

Die Landwirtschaftsschulen vermitteln in den Ausbildungsfächern Waldwirtschaft sowie Landtechnik und Baukunde naturgemäß Wissen zum Thema Erzeugung von Energie. Die Gewinnung von Waldhackgut, Scheitholz und der rationelle Einsatz des Traktors sind Schwerpunkte in den genannten Unterrichtsgegenständen. Seit dem Beschluss des Ökostromgesetzes im Jahr 2002 wurde die Ausbildung im Bereich Energie um Themen, wie z.B. Biogasproduktion, Treibstoff aus Pflanzenöl (Raps), Energiekorn oder Miscanthusanbau, erweitert.

Die Auseinandersetzung mit der effizienten Produktion und dem möglichst CO<sub>2</sub>-neutralen Einsatz von Energie führt unweigerlich zum Thema Energieeinsparung.

In den Unterrichtsjahren 2004/05 und 2005/06 wurde von mir an der landwirtschaftlichen Berufs- und Fachschule in Schlierbach in Oberösterreich, an der ich unterrichtete, ein verstärktes Augenmerk auf das Energiesparen im Haushalt gelegt. Im Unterrichtsfach Landtechnik wurden die Schüler dazu motiviert, sich mit dem Stromverbrauch im eigenen Haushalt auseinander zu setzen. Die Schüler bekamen einen Fragebogen mit nach Hause, um den Jahresstromverbrauch des eigenen Betriebes über mehrere Jahre zu erfassen. Zu diesem Zweck wurden zwischen der Steckdose und dem elektrischen Verbraucher Strommessgeräte installiert, welche die aktuelle Leistungsaufnahme oder den Stromverbrauch über einen gewissen Zeitraum registrieren.

Folgende elektrische Verbraucher wurden untersucht:

- Beleuchtung
- Küchengeräte
- Waschmaschine und Wäschetrockner
- Unterhaltungselektronik
- Bürogeräte
- Heizungspumpen

Weiters wurde auch der Stromverbrauch der verwendeten Elektrogeräte in Stand-by-Schaltung gemessen und das Stromsarpotential im Haushalt erhoben. Als ein Ergebnis aus der Diskussion der Untersuchung wurde der gemeinsame Einkauf von Energiesparlampen organisiert.

Durch dieses Unterrichtsprojekt erfolgte eine Sensibilisierung der Schüler zum Thema Energiesparen und bei manchen Betrieben eine konkrete Einsparung im Stromverbrauch. Die Haushaltsanalyse wurde im darauffolgenden Schuljahr mit den nachrückenden Schülern wiederholt.

## **8.2 Projektidee**

Nach dem zweiten Durchgang der Haushaltsanalyse an der LFS Schlierbach reifte in mir die Überlegung, dieses Thema auch an anderen Landwirtschaftsschulen in Oberösterreich umzusetzen, wobei die Messung des Stromverbrauches den gesamten landwirtschaftlichen Betrieb umfassen sollte.

Nach der Vorstellung beim zuständigen Fachinspektor Ing. Johann Plakolm und Annahme der Projektidee wurden die Schwerpunkte des Projektes gemeinsam für das Schuljahr 2006/07 koordiniert.

## **8.3 Inhalt**

Das Projekt sollte durch die aktive Auseinandersetzung mit dem Thema Energieeffizienz zur Bewusstseinsbildung und zur nachhaltigen Verhaltensänderung der Schüler beitragen.

Ein Ziel des Projekts mit dem Titel „Energieeffizienz auf oberösterreichischen Bauernhöfen“ war eine Energieeinsparung von 10 Prozent in den Bereichen Heizenergie, Kraftstoffverbrauch und Stromverbrauch an den Betrieben der Schüler zu erreichen.

### **8.3.1 Teil A: Fokus elektrischer Strom**

#### **8.3.1.1 Zeitlicher Ablauf des Projektes**

- Juni 2006: Projektstart, Besprechung mit Landtechniklehrern und Projektkoordinatoren
- September 2006: Erstellung des Fragebogens zur Erhebung des Energiebedarfs auf den Bauernhöfen der Schüler durch einen Arbeitskreis
- September 2006: Koordinierungsbesprechung im Projektteam und Start der Umsetzungsphase
- Dezember 2006: Fortbildungsveranstaltung für Lehrer und Multiplikatoren
- Schuljahr 2006/07: Standardisierte Erhebung auf Bauernhöfen in ganz Oberösterreich mit Schülern der 1. und 2. Klassen (9. u. 10. Schulstufe) der Landwirtschaftlichen Fachschulen OÖ.
- November 2007: Evaluierung der Ergebnisse an den Schulen der einzelnen Regionen
- Herbst 2007: Erstellung einer Broschüre über Energieeffizienz auf Bauernhöfen, Ausarbeitung und Formulierung der Ergebnisse und Ableitung von Maßnahmen

- Jänner 2008: Erstellung einer Broschüre durch den Energiesparverband Oberösterreich „Stromsparen in der Landwirtschaft“
- 15. Jänner 2008: Veranstaltung des Energiesparverbands Oberösterreich gemeinsam mit den landwirtschaftlichen Fachschulen zum Thema: „Energiesparen in der Landwirtschaft“ in Wels
- Schuljahr 2007/08: Wiederholung der Erhebungen in Oberösterreich mit Schülern der 1. Klassen (9. Schulstufe)

#### 8.3.1.2 Lehrziel und Aufgabe für die Schüler

Die Schüler sollen den Energiebedarf in den Bereichen Heizenergie, Kraftstoffverbrauch und Stromverbrauch des elterlichen Betriebes genau kennen und das Einsparpotential abschätzen können.

An den landwirtschaftlichen Betrieben der Schüler werden die Bereiche Heizenergie, Kraftstoffverbrauch und Stromverbrauch mittels Fragebogen erfasst.

Die gewonnenen Daten werden im Unterricht besprochen und wenn möglich, Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs ausgearbeitet und durchgeführt.

#### 8.3.1.3 Projektpartner

Schüler:

Die Schüler absolvieren an den Landwirtschaftsschulen eine dreijährige Ausbildung mit dem Ausbildungsziel landwirtschaftlicher Facharbeiter.

Betriebe der Eltern:

Der Großteil der Schüler stammt von einem landwirtschaftlichen Betrieb und hat die Möglichkeit, am eigenen Betrieb das Energiesparpotential zu erfassen und Maßnahmen zu treffen.

Teilnehmende Schulen in Oberösterreich:

Fachrichtung Landwirtschaft: Altmünster, Burgkirchen, Freistadt, Katsdorf, Kirchsschlag, Lambach, Otterbach, Schlierbach, Vöcklabruck, Waizenkirchen.

Fachrichtung Hauswirtschaft: Mauerkirchen, Mistelbach, Wels.

An jeder landwirtschaftlichen Fachschule wurde ein Projektbetreuer nominiert.

Externe Partner:

Mit dem Energiesparverband Oberösterreich konnte ein kompetenter Partner für die Umsetzung des Projektes gewonnen werden.

Ziel war die Erstellung von Kennzahlen im Verbrauch von elektrischem Strom auf der Datengrundlage der ausgefüllten Fragebögen. Die Programmierung der dafür nötigen Datenbank erfolgte durch den Energiesparverband.

Ein weiterer wichtiger Partner im Projekt ist das Stromversorgungsunternehmen EnergieAG. Im neuen Schulungs- und Informationszentrum der EnergieAG in Timelkam wurden die Projektbetreuer der Schulen auf das Projekt vorbereitet. Zur Durchführung des Projektes stellte die EnergieAG 260 Strommessgeräte zur Verfügung (Abbildung 13).



**Abb. 13.** Links: Übergabe des Gutscheins über 260 Strommessgeräte durch Ing. Ludwig Hobl (li.) von der EnergieAG an FI Ing. Johann Plakolm vom Land OÖ. Rechts: Einsatz des Messgerätes durch einen Schüler. Fotos: Miglbauer.

#### 8.3.1.4 Projektvorbereitung

Vor Beginn der Untersuchung des Energieeinsatzes am eigenen Betrieb durch die Schüler wurde ein Fragebogen erstellt, um die Datenauswertung zu erleichtern.

Der detaillierte Fragebogen ist im Anhang der Arbeit dargestellt.

Die Projektbetreuer an den Schulen wurden in einem eintägigen Seminar mit folgenden Vorträgen vorbereitet:

- + „Kraftstoffreduktion und Kraftstoffersatz in Dieselmotoren“: Wissenswertes für einen sparsamen und problemlosen Betrieb, Ing. Kurt Krammer, BLT Wieselburg
- + „Effizienter Kraftstoffeinsatz in der Landwirtschaft“, Dr. Gerhard Moitzi, Institut für Landtechnik der Universität für Bodenkultur Wien
- + „Effizienter Einsatz von elektrischer Energie am Beispiel der Lüftungstechnik im Stall“, Ing. Dieter Moser, Fa. Moser Lüftungstechnik
- + „Welche Technologien steigern die Effizienz von Biomasseheizungen auf Bauernhöfen?“ Heiztechnologie mit biogenen Brennstoffen, Ing. Franz Mitmasser, Energiesparverband Oberösterreich

Durch den Projektpartner EnergieAG wurde parallel zu den Untersuchungen der Schüler ein Messprogramm auf oö. Bauernhöfen durchgeführt. Gemessen wurde der Stromverbrauch der Melktechnik auf einem Milchviehbetrieb, von Lüftern im Schweinestall, von Ferkelneistheizungen und zwei Kühlzellen im Gemüsebau. Die gemessenen Daten wurden vom Projektpartner EnergieAG bei der Evaluierungsbesprechung des Unterrichtsprojektes „Stromsparen in der Landwirtschaft“ der Betreuungslehrer übergeben.

Als Schlussfolgerung aus den Messungen der EnergieAG kann festgehalten werden:

- Einzeldaten konnten im Zeitraum der Messung erhoben werden.
- Eine Hochrechnung der Messergebnisse auf den Jahresverbrauch der Betriebe ist aufgrund des kurzen Messzeitraumes nicht möglich.

#### 8.3.1.5 Vorgehensweise im Unterricht

Die Schüler der teilnehmenden Schulen bekamen von den Betreuungslehrern die Fragebögen und ein Messgerät für den Stromverbrauch ausgehändigt. Diese Fragebögen wurden mit den Schülern gemeinsam besprochen. Die Schüler konnten den Stromverbrauch 1 – 2 Wochen mit den Geräten zu Hause messen und den Fragebogen ausfüllen. Danach wurde die Online-Erfassung der Messdaten durch die Schüler durchgeführt (Abbildung 14). Unklarheiten beim Ausfüllen des Fragenbogens wurden zuvor mit dem Betreuungslehrer geklärt.

Die erhaltenen Daten wurden vom Energiesparverband ausgewertet und dienen zur Erstellung von Kennzahlen zum Stromverbrauch in der Tierhaltung. Die Schulen mit der höchsten Beteiligung wurden vom Energiesparverband mit einer finanziellen Anerkennung belohnt.



**Abb. 14.** Schüler mit den Fragebögen und den Strommessgeräten, Foto: Miglbauer

#### 8.3.1.6 Ergebnis der Befragung

Im ersten Durchgang (Schuljahr 2006/07) wurden 300 Fragebögen in die Datenbank aufgenommen. Im zweiten Durchgang (Schuljahr 2007/08) wurden der Datenbank 102 Datensätze hinzugefügt.

Die Ergebnisse aus den im Projekt ausgewerteten Fragebögen zeigen die Tabellen 19 – 23 (Energiesparverband Oberösterreich 2007).

**Tab. 19.** Betriebsartenverteilung

Betriebsarten	%
Rinder (Zucht u./o. Mast)	31
Schweine (Zucht u./o. Mast)	10
Geflügelmast	1
andere Betriebsart	5
biolog. Landbau	2
Direktvermarktung	2
gemischte Betriebe (z. B. Rinderzucht & Schweinehaltung)	38
Ackerbau (inkl. Ackerbau und Tierhaltung)	11
Gesamt	100

**Tab. 20.** Betriebsflächenverteilung

Betriebsfläche	Durchschnitt	Minimum	Maximum
Ackerfläche [ha]	18	2	129
Grünlandfläche [ha]	11	1	60
Waldfläche [ha]	8	1,5	120

**Tab. 21.** Stromverbrauch der Rinderzucht-/Milchviehbetriebe

Anzahl Rinder [Stück]	1 - 9	10 - 29	30 - 49	50 - 99
Anzahl Betriebe [%]	11,05	43,09	22,10	20,99
Ø Stromverbrauch 2006 [kWh]	9.528	11.659	13.764	18.235
Stromverbrauch pro Rind [kWh]	1.456	656	369	291

**Tab. 22.** Stromverbrauch der Schweinezuchtbetriebe

Anzahl Schweine [Stück]	1 - 10	11 - 50	51 - 200
Anzahl Betriebe [%]	33	23	26
Ø Stromverbrauch 2006 [kWh]	12.062	17.763	19.738
Stromverbrauch pro Schwein [kWh]	2.463	596	202

**Tab. 23.** Stromverbrauch der Schweinemastbetriebe

Anzahl Schweine [Stück]	1 - 100	101 - 500	501 - 1.000
Anzahl Betriebe [%]	67	9	16
Ø Stromverbrauch 2006 [kWh]	13.875	21.614	16.631
Stromverbrauch pro Schwein [kWh]	543	115	23

Aus den erhaltenen Ergebnissen wurden vom Energiesparverband Kennzahlen für den Stromverbrauch in der Tierhaltung erstellt (Tabelle 24 und 25).

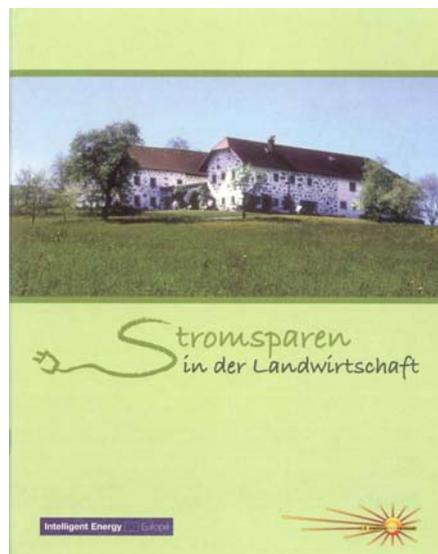
**Tab. 24.** Kennzahlen für den Stromverbrauch in der Milchwirtschaft (Energiesparverband Oberösterreich 2007)

Milchwirtschaft (20 - 50 Tiere) [kWh pro Tier und Jahr]		
niedriger Verbrauch < 350	durchschnittlich 350 – 450	hoher Verbrauch > 450

**Tab. 25.** Kennzahlen für den Stromverbrauch in der Schweinezucht (Energiesparverband Oberösterreich 2007)

Schweinezucht (50 - 200 Tiere) [kWh pro Tier und Jahr]		
niedriger Verbrauch < 200	durchschnittlicher 200 – 250	hoher Verbrauch > 250

Die Auswertung und ein Leitfaden sind in einer Broschüre des Energiesparverbandes zusammengefasst und stehen den Schulen im Unterricht und Interessierten zur Verfügung.



**Abb. 15.** Titelseite der Broschüre „Stromsparen in der Landwirtschaft“ des Energiesparverbandes Oberösterreich (Energiesparverband Oberösterreich 2008).

### 8.3.1.7 Evaluierung des Stromsparprojektes durch die teilnehmenden Schulen

Erfahrungen an der Landwirtschaftsschule Schlierbach:

Bei der Umlegung der verbrauchten Brennstoffe auf die Wohnfläche lagen die an der Landwirtschaftsschule in Schlierbach betreuten Schüler im Durchschnitt zwischen 100 – 200 kWh/m<sup>2</sup> und Jahr. Bei der Berechnung wurde der Anteil der Warmwasseraufbereitung und der Kesselwirkungsgrad (geschätzt nach Baujahr der Heizung) berücksichtigt.

Die Anlagen sind zum überwiegenden Teil Biomasseheizungen.

Bei der Bewertung der verbrauchten Kraftstoffmenge waren die Angaben nur bei ca. der Hälfte der Schüler schlüssig. Beim anderen Teil der Schüler passten die verbrauchte Menge an Kraftstoff nicht mit der Einsatzdauer oder der Fahrleistung der Fahrzeuge zusammen.

Bei der Erhebung des Stromverbrauchs lagen die Werte in meinem Betreuungsbereich zwischen 3.000 kWh und 80.000kwh pro Jahr.

Die Angabe der Verbraucher mit mehrstündigem Einsatz pro Tag oder andere wiederkehrende Einsätze wurden von den Schülern sehr genau erhoben. Oftmals waren die Leistungsdaten der Verbraucher nicht eindeutig zu eruieren.

Die Erhebung der beabsichtigten Investitionen im Energiebereich (Sanierung) sollte v.a. zur aktiven Auseinandersetzung mit der Thematik führen.

Vom Arbeitskreis der Betreuungslehrer zur Fragebogenaktion „Energieeffizienz auf oberösterreichischen Bauernhöfen“ gab es folgende Rückmeldungen:

Zum Fragebogen:

- Das auf Betriebsdaten von Schülern basierte Behandeln des Themas „Stromsparen in der Landwirtschaft“ erfordert viel Unterrichtszeit.
- Das Nachgehen des Energiesparverbandes bei fehlerhaften Fragebogeneingaben der Schüler in die Online-Maske wurde sehr positiv aufgenommen.
- Der Fragebogen war nicht ident mit der Eingabemaske (ist durch die nachträglich Adaptierung des Fragebogens zur Bewusstseinsbildung zum Fragebogen für die Datenerfassung geschehen - wurde mittlerweile im zweiten Durchgang korrigiert).
- Günstig wäre, wenn die Eingabe der Daten in die Online-Maske des Energiesparverbandes abgespeichert werden könnte bzw. druckbar wäre.
- Das Thema Kraftstoff-Sparen ist zu kurz gekommen.
- Mengendurchflussmessgeräte für die Erfassung des Kraftstoffverbrauchs der Schultraktoren sollten angeschafft werden. Als Alternative bietet sich das traditionelle „Auslitern“ des Traktors an.

Aus der Sicht der Schüler bzw. deren Betriebe:

- Viele Diskussionen der Schüler mit ihren Eltern wurden in Gang gebracht.
- Manche Geräte mit hohem Stromverbrauch wurden getauscht.
- Die verbrauchte Strommenge wurde bekannt. (Anmerkung: Viele Betriebsleiter kennen den Stromverbrauch am Betrieb nicht, sondern wissen nur, wie viel sie dafür bezahlen.)
- Die Änderung im Verbrauch über verschiedene Abrechnungsperioden wurde bewusst.
- Die Schüler können die im Unterricht vermittelten technischen Einheiten richtig verwenden.
- Das Wissen über den hohen Stand-by-Verbrauch von Geräten wird bewusst.
- Es wäre wünschenswert, den Kraftstromverbrauch einzelner Geräte messen zu können (Anmerkung: ist noch nicht Stand der Technik).

Aus der Sicht der Lehrer bzw. deren Schulen:

- Die Lehrer unterrichten ein sehr aktuelles Thema.
- Aneignung von Know-how betreffend den Energieeinsatz.
- Die Situation der Schüler (eigener Betrieb) wird besser kennengelernt.
- Die Schule kann sich im Programm „Klimabündnisschulen“ aktiv einbringen.
- Attraktive Fortbildungsveranstaltungen für die betreuenden Lehrer zum Thema Energieeffizienz wurden angeboten.
- Die Broschüre „Stromsparen in der Landwirtschaft“ ist eine wertvoller Unterrichtsbehelf.
- Die finanzielle Anerkennung als Anreiz für jene Schule mit der höchsten Beteiligung wurde sehr positiv bewertet.

#### 8.3.1.8 Sonstige Wirkungen des Projektes

- Die Thematik Energieeffizienz auf Bauernhöfen und speziell Stromsparen in der Landwirtschaft wurde von Fachleuten aufgegriffen und öffentlich diskutiert.
- Das Projekt wurde über die Landesgrenzen von Oberösterreich hinaus bekannt (nachgefragt von der nö. Landesregierung).
- In den Medien (Presse und Fernsehen) wurde über das Energieeffizienz-Projekt berichtet.
- Das Projekt wurde bei den World Sustainable Energy Days 2008 in Wels präsentiert.
- Ein Forschungsauftrag zur Ermittlung der Lastgänge in der Landwirtschaft wurde seitens des Energiesparverbandes Oberösterreich an die TU Graz erteilt.

### **8.3.2 Teil B: Fokus Kraftstoffverbrauch**

In einem weiteren Projekt soll den angehenden Landwirten eine Kraftstoff sparende Fahrweise mit dem Traktor vermittelt werden, wodurch bis zu 40 % Kraftstoff eingespart werden kann.

Als Anreiz, die Kraftstoff sparende Fahrweise zu erlernen bzw. zu optimieren, wird ein Wettbewerb zur Ermittlung des „Sprintsparmeisters für den Traktor“ durchgeführt.

#### 8.3.2.1 Zeitlicher Ablauf des Projektes

- Jänner 2008: Projektstart, Präsentation der Projektidee beim zuständigen Fachinspektor der Landwirtschaftsschulen
- Februar 2008: Partnersuche für das Projekt, Erstgespräch mit dem Geschäftsführer eines Traktorvertriebers in Österreich, Grundsatzvereinbarung über das Zustandekommen einer Kooperation
- März 2008: Treffen des Arbeitskreises „Energieeffizienter Bauernhof“ zum ersten Arbeitstreffen für den Wettbewerb „Sprintsparmeister“
- Mai 2008: 2 Arbeitstreffen am Standort der Durchführung des Wettbewerbs in der Fachschule Ritzlhof in Ansfelden
- September 2008: Fortbildungsveranstaltung für Lehrer und Multiplikatoren, Betreuerschulung am Wettbewerbsort
- September/Oktober 2008: Vorstellen der Wettbewerbstraktoren an den einzelnen Schulen durch die Traktorvertriebsfirma
- Oktober 2008: Teamauswahlverfahren an den teilnehmenden Schulen (4 Schüler vertreten die jeweilige Schule)
- 15. Oktober 2008: Wettbewerb „Sprintsparmeister“ der öö. Landwirtschaftsschulen an der Fachschule Ritzlhof

#### 8.3.2.2 Lehrziel und Aufgabe für die Schüler

Die Schüler sollen erkennen und durch eigenes Ausprobieren mit dem Traktor erfahren, dass der Kraftstoffverbrauch zu einem hohen Anteil vom Fahrer abhängig ist.

In der Vorbereitung müssen die Maßnahmen, die zur Reduktion des Kraftstoffverbrauchs führen, erarbeitet werden. Im praktischen Training müssen sich die Schüler einen Fahrstil antrainieren, der einen niedrigen Verbrauch garantiert.

### 8.3.2.3 Projektpartner und Projektunterstützer

Die Projektpartner sind:

- die Schüler der landwirtschaftlichen Fachschulen
- die teilnehmenden Schulen
- die Firma, die die Traktoren mit Messtechnik ausgerüstet zur Verfügung stellt
- Mitarbeiter der höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Landtechnik und Lebensmitteltechnologie Francisco Josephinum in Wieselburg, die Know-how für die Projektbetreuer an den Schulen liefern
- das Klima-Aktiv Programm „Mobilitätsmanagement“ der Energieagentur Österreich

Unterstützt wird der Wettbewerb durch Partner, wie z.B. die Hagelversicherung, die an einer nachhaltigen Reduktion des Kraftstoffverbrauchs zur Reduzierung der klimaschädigenden Emissionen interessiert sind.

### 8.3.2.4 Projektvorbereitung

Die Projektbetreuer der Schulen werden an einem Seminartag zum Thema in Theorie und Praxis geschult.

Die Auswahl der teilnehmenden Schüler erfolgt schulintern. Diese entsendet am Wettkampftag ein Team, das aus vier Personen besteht. Der „Spritsparmeister“ wird durch einen theoretischen Test über Kraftstoff sparende Maßnahmen und einen praktischen Einsatz mit einem Traktor ermittelt. Mit dem Traktor, der mit einer exakten Mengendurchflussmessung ausgestattet ist, wird ein vorgegebener Kurs durchfahren. Die Zeit und der Kraftstoffverbrauch werden ermittelt. Um Teilnahme von 40 - 50 Schüler an einem Tag zu gewährleisten, wird mit einem Traktor mit ca. 90 PS und einem weiteren mit ca. 150 PS gefahren. Neben der Einzelwertung erfolgt eine Gruppenwertung zur Ermittlung des besten Schulteams.

Ähnliche Trainingsfahrten und -kurse gibt es für PKWs und Nutzfahrzeuge vom Mobilitätsmanagement des Klima-Aktiv-Programms. Die Spareffekte, die der „Fahrer im Fuß“ hat, sind ja - wie im ersten Teil der Arbeit näher ausgeführt - erheblich.

### 8.3.2.5 Ausblick

Parallel wurde eine Diskussion über einen bundesweiten Trainingsmodus für Traktoren gestartet. An diesem Diskussionsprozess sind Vertreter des Lebensministeriums, des Klima-Aktiv-Programms, Sparte Mobilitätsmanagement, und Fachleute von der BLT Wieselburg beteiligt. Die ersten Testabläufe werden in der ersten Jahreshälfte 2009 durchgeführt.

## 9 ZUSAMMENFASSUNG/SUMMARY

### 9.1 Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit bestand zunächst darin, die Möglichkeiten der Energieeinsparungspotentiale in der oberösterreichischen Landwirtschaft aufzuzeigen. Dazu war es erforderlich, die Entwicklung des Energieverbrauchs in der jüngeren Vergangenheit darzustellen. Die Strukturveränderung in der Landwirtschaft machte es erforderlich, die Entwicklung der Betriebs- und Produktionszahlen für diesen Zeitraum darzustellen. Betrachtet wurden die maßgeblichen Produktionsbereiche in der Schweine- und Rinderhaltung.

Die Literaturrecherche bezog sich auf die Bereiche:

- Kraftstoffverbrauch für Verbrennungsmaschinen
- Stromverbrauch in der Milch- und Schweineproduktion
- Brennstoffverbrauch für die thermische Beheizung von landwirtschaftlichen Gebäuden und Wohnhäusern

Aus dieser Recherche wurde ersichtlich, dass auf den Betrieben erhebliche Einsparpotentiale bestehen.

Im zweiten Teil der Arbeit wurde anhand von Effizienzprojekten an den oberösterreichischen Landwirtschaftsschulen näher ausgeführt, wie diese Potentiale genutzt werden können.

In einer groß angelegten Befragung wurden die Schüler von allen ober-österreichischen Fachschulen der Fachrichtung Landwirtschaft über einen Zeitraum von zwei Jahren zum Energieverbrauch auf ihren Betrieben befragt. Es ist gelungen mehr als 300 verwertbare Datensätze zu erheben und einer vom Energiesparverband Oberösterreich durchgeführten Auswertung zuzuführen.

Das Ergebnis der Befragung wurde vom Energiesparverband in Form der Broschüre „Stromsparen in der Landwirtschaft“ veröffentlicht.

In einem weiteren Schritt ist an den beteiligten Schulen ein Wettbewerb vorgesehen, der die angehenden Landwirte zu Kraftstoff sparender Fahrweise mit Traktoren und anderen Maschinen anleiten soll.

Mit diesen beiden Projekten ist es gelungen, die Aufmerksamkeit der zukünftigen Landwirte auf einen sparsamen Umgang mit Kraftstoff und elektrischer Energie zu richten.

## 9.2 Summary

The objective of this paper is mainly to show the potential for saving energy in Upper Austrian agriculture. Therefore it was necessary to describe the development of energy consumption in the recent past. Due to the structural changes in agriculture it is absolutely important to give a brief description of the development of the numbers of farms and the output figures in this period. The analysis covers the most important branches of pig- and cattle husbandry.

Literature studied for this paper refers to the following topics

- the consumption of fuel in combustion engines
- energy consumption in pig fattening operations and in dairy farming
- the consumption of fuel for the thermal heating of agricultural buildings and farmhouses

The study makes obvious that agricultural operations can save a substantial amount of energy.

The second part of this paper deals with methods on how to make use of these potentials. The basis are the results of projects on efficiency carried out by Upper Austrian Agricultural Colleges.

The study covers a period of 2 years. All students in Upper Austrian Agricultural Colleges took part. They were asked for detailed information on the consumption of energy on their farms. 300 data records were analysed by the "Energiesparverband Oberösterreich". The "Energiesparverband Oberösterreich" published the results in the leaflet "Stromsparen in der Landwirtschaft".

It is planned that all participating schools will take part in a competition which should motivate young farmers to save energy when driving a tractor or when working with agricultural machines.

These two projects made young farmers pay more attention to the economical use of fuel and energy.

## 10 LITERATURVERZEICHNIS

- Boxberger, J. u. Moitzi, G. (2008): Energieeinsatz in der Landwirtschaft im Wandel, In: Energieeffiziente Landwirtschaft, KTBL-Schrift 463, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt, S. 7 - 16
- Braunstein, R., Friedl, W., u. Schmutzger, E. (2008): Energieeffizienz und Energieeinsparpotentiale in der Landwirtschaft, Vdm Verlag, Saarbrücken
- Büscher, W. (2005): Energieverbrauch im Stall und Einflüsse der Klimatechnik auf die Leistung und Gesundheit bei Schweinen und Geflügel. In: Energieversorgung in Geflügel- und Schweineställen, KTBL-Schrift 445, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt, S. 30 – 42.
- Büscher, W. (2008): Heizenergieeinsparung in der Tierhaltung. In: Energieeffiziente Landwirtschaft, KTBL-Schrift 463, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt, S. 139 – 154
- Bruck, M., Faninger, G., Hammer, N., Neuwirth, F. u. Schaffar, G.(1985): Meteorologische Daten und Berechnungsverfahren, Wien
- Cielejewski, H. (2006): Präsentation von Licht und Beleuchtung für den Arbeitsplatz und im Stall, Münster  
[www.landwirtschaftskammer.de/fachangebot/technik/baulehrschau/archiv/2006-10-19.htm](http://www.landwirtschaftskammer.de/fachangebot/technik/baulehrschau/archiv/2006-10-19.htm) v. 21.6.2008
- Clausen, N. (1990): Beheizung und Lüftung von Melkständen. AEL-Merkblatt Nr. 5, Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft e.V., Frankfurt am Main
- Clausen, N. (2008): Elektroenergiebedarf in der Milchvieh- und Schweinehaltung, Merkblatt 33, [www.ael-online.de/inhalt/fachinfo/download/mb33.pdf](http://www.ael-online.de/inhalt/fachinfo/download/mb33.pdf) v. 9.7.2008
- Degrell, O. (2006): Traktoren: Tests richtig verstehen. In: DLG Test Landwirtschaft, Heft 4/2006, Seite 8 – 12
- DLG-Test (2006): Tests, Technik & Betriebsmittel, DLG e.V. (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft) Eschborner Landstraße 122, 60489 Frankfurt am Main, Deutschland
- Ebert, H. (1998): Heizen mit Holz, 6. Auflage, Ökobuch. Staufen bei Freiburg i.Br., Econtrol [www.econtrol.at/portal/page/portal/ECONTROL\\_HOME/OKO/DOWNLOADS/BERICHT/STROMKENNZEICHNUNG/STROMKENNZEICHNUNGSBERICHT%202007.pdf](http://www.econtrol.at/portal/page/portal/ECONTROL_HOME/OKO/DOWNLOADS/BERICHT/STROMKENNZEICHNUNG/STROMKENNZEICHNUNGSBERICHT%202007.pdf) v. 2.9.2007
- Energiesparverband Oberösterreich  
[www.esv.or.at/esv/fileadmin/esv\\_files/Info\\_und\\_Service/Geld\\_sparen\\_beim\\_Heizen-fin-11.9.06.pdf](http://www.esv.or.at/esv/fileadmin/esv_files/Info_und_Service/Geld_sparen_beim_Heizen-fin-11.9.06.pdf) v. 14.7.2008 [www.esv.or.at/esv/index.php?id=678&L=1](http://www.esv.or.at/esv/index.php?id=678&L=1) v. 2.9.2008

- Feldmann, R. (2008): Energieanwendung in der Schweinehaltung, [www.mluv.brandenburg.de/cms/media.php/2335/feldmann.pdf](http://www.mluv.brandenburg.de/cms/media.php/2335/feldmann.pdf) v. 2.9.2008
- Feller, B. (2003): Bewertung und Kalkulationsdaten unterschiedlicher Heizungssysteme in der Ferkelaufzucht. In Tagungsband Förderkreis Stallklima, Göttingen, Feller
- Feller, B. (2007): Energiekosten – ungenutztes Sparpotential, [www.zds-bonn.de/download.php/1089/fohlen\\_feller.pdf](http://www.zds-bonn.de/download.php/1089/fohlen_feller.pdf) v. 22. 6. 2008
- Feller, B. (2008): Elektroenergieeinsparung in der Tierhaltung. In: Energieeffiziente Landwirtschaft, KTBL-Schrift 463, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt, S. 155 – 161
- Filipovic, D., Kosutic, S. u. Gospodaric, Z. (2004): Energy Efficiency in Conventional Tillage of Clay Soil. In: Energy Efficiency and Agricultural Engineering; Conference proceedings, Rousse, Bulgaria,
- Grüner Bericht 2006 und 2007, . Amt der oberösterreichischen Landesregierung, Linz
- Hartl, J. (2007): Energie Sparen beim Melken und Kühlen, Lebensmitteltechnologisches Zentrum, HBLFA Francisco Josephinum, Wieselburg
- Hauschulte, H. (2006): Lichtprogramme im Milchviehstall, Rinderunion West Münster, [www.landwirtschaftskammer.de/fachangebot/technik/baulehrschau/archiv/2006-10-19.htm](http://www.landwirtschaftskammer.de/fachangebot/technik/baulehrschau/archiv/2006-10-19.htm) v. 2.9.2008
- Heissenhuber, A. (2008): Energieeinsatz in der Landwirtschaft im Wandel. In Energieeffiziente Landwirtschaft, KTBL-Schrift 463, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt S. 42 – 55
- Holz, W.(2005): Möglichkeiten zur Kraftstoffeinsparung in der Landwirtschaft, Vortrag ÖKL – Kolloquium am 24.11.2005, Wien
- Höner, G. (2004): Besser Pflügen und 30 % Diesel sparen. Top Agrar, Heft 10, 2004. [http://rohstoffe.onvista.de/snapshot.html?ID\\_NOTATION=15140939](http://rohstoffe.onvista.de/snapshot.html?ID_NOTATION=15140939) Internetrecherche vom 14. 7. 08,
- IPCC 2007: Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2007: Wissenschaftliche Grundlagen (<http://www.ipcc.ch>).
- Kubessa, M. (1998): Energiekennwerte, Handbuch für Beratung, Planung, Betrieb, Unze-Verlag, Leipzig
- Küstermann, B. u. Hülsbergen, H.-J. (2007): Energieeinsatz und Emissionen von Treibhausgasen landwirtschaftlicher Betriebssysteme. In: Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Band 19, S. 159-160
- Lasselsberger L., Haneder H. und Gollner M. (2008): Planung von Hackgutanlagen im bäuerlichen Wohngebäude. ÖKL Merkblatt 56. Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung, Wien.

- Moitzi, G., Schüller, M.: Flurbereinigung senkt auch den Kraftstoffaufwand. In: Blick ins Land, Heft 4/2008, S. 22 - 23
- Moitzi, G. (2006): Effizienter Kraftstoffeinsatz in der Landwirtschaft. Vortragsunterlage am 15.12.2006, Timelkam
- Moser, D. (2008): Stromsparen in der Landwirtschaft, Vortragsunterlage am 15.1.2008, Wels
- Mumme, M. (2007): Kraftstoffverbrauch und Schlagkraft bei verschiedenen Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren. DLG-Testzentrum Groß-Umstadt, [www.strickhof.ch/fileadmin/strickhof\\_files/weiterbildung/strickhof\\_tage/ackerbautag/VortragMumme07.pdf](http://www.strickhof.ch/fileadmin/strickhof_files/weiterbildung/strickhof_tage/ackerbautag/VortragMumme07.pdf) v. 2.9.2008.
- Nosal, D. u. Hartmann, C. (1994): Reinigungssysteme für Rohrmelkanlagen, Wesentliche Unterschiede im Energiebedarf und in der Mechanik während des Waschvorganges. FAT-Bericht Nr. 439 (lange Fassung), Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon, S. 4 – 25.
- Öhlinger, C., Dell, W. u. Egger, C. (2008): Stromsparen in der Landwirtschaft, Oberösterreichischer Energiesparverband, Linz
- Oldenburg, J. (1993): Trockenfütterungsanlagen für die Schweinehaltung. KTBL Arbeitsblatt Nr. 1094, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Bauwesen und Tierhaltung - Bauen im ländlichen Raum - Schweinehaltung, Darmstadt
- Ordolff, D. (1992): Milchkühlung. KTBL-Arbeitsblatt Nr. 1088, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Bauwesen und Tierhaltung, - Bauen im ländlichen Raum - Rindviehhaltung, Darmstadt.
- Quaschnig, V. (2006): Regenerative Energiesysteme, Carl Hanser Verlag, München
- Ramharter, R. (1999): Energiebilanzierung ausgewählter Feldfrüchte des biologischen und konventionellen Landbaus im pannonischen Klimaraum. Dissertation Universität für Bodenkultur, Wien
- Rothmund, M. u. Gasser, H. (2003): DLG-Merkblatt 334, Gewannebewirtschaftung. DLG e.V., Frankfurt am Main
- Sächsische Energieagentur (2008) „Kostenstelle Strom, Stromsparerpotentiale in der Landwirtschaft“ [www.saena.de/media/files/Upload/PDF\\_Inhalt/Aktuelles/Publikationen/kalender\\_lw.pdf](http://www.saena.de/media/files/Upload/PDF_Inhalt/Aktuelles/Publikationen/kalender_lw.pdf)
- Sauter, J. u. Dürr, L. (2005): Einfluss der Messerschärfe auf den Leistungsbedarf von Mähwerken und Ballenpressen. FAT-Bericht 625, Agroscope FAT Tänikon, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Ettenhausen
- Schmidlin, S. (2006): Vier Ladewagen im Vergleich. Sonderdruck Landfreund, 12/2006
- Statistik Austria (2001) Agrarstrukturerhebung 1999, Wien
- Statistik Austria (2007a) Schweinezählung 2007, Wien
- Statistik Austria (2007b): Landesenergiebilanz Oberösterreich, Wien

- Umweltbundesamt (2008). Überblick über die österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen. Umweltbundesamt Wien.
- Uppenkamp, N. (2006): DLG-Merkblatt 339, Deseleinsparung in der Landwirtschaft. DLG e.V., Frankfurt am Main
- Uppenkamp, N. (2007): Reifenwahl - was bringen moderne Reifenkonzepte?  
<http://www.landwirtschaftskammer.de/fachangebot/technik/aussenwirtschaft/reifen.htm>  
v. 21.9. 2008
- Uppenkamp, N. u. Fröba, N.: (2008) Optionen zur Kraftstoffeinsparung im Pflanzenbau. In: Energieeffiziente Landwirtschaft, KTBL-Schrift 463, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt, S.100 - 106
- Wechselberger, P. (2000): Ökonomische und ökologische Beurteilung unterschiedlicher landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen und –systeme anhand ausgewählter Kriterien. Dissertation, Technische Universität München, Freising-Weihenstephan

# 11 ANHANG I

## Energieeffizienz auf Bauernhöfen

### Fragebogen zur Ermittlung des Energieverbrauchs sowie von Energieeinsparpotentialen und nachhaltigen Energiequellen

Sehr geehrte Schüler/innen und Lehrer/innen!

Ziel dieses Fragebogens ist es, mehr über den Energieverbrauch auf den öö. Bauernhöfen zu erfahren, um damit in Zukunft die Landwirt/innen unterstützen zu können, in ihren Betrieb Energie und Kosten zu sparen und damit auch einen Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz zu leisten. Außerdem werden die Informationen auch für den Unterricht an den landwirtschaftlichen Fachschulen zur Verfügung stehen.

Bitte jedenfalls alle Felder, die mit \* markiert sind ausfüllen, diese Angaben sind für eine Auswertung unbedingt erforderlich. Falls bei einigen Punkten (z.B. Kraftstoffverbrauch) keine genauen Zahlenwerte verfügbar sind, helfen auch Schätzwerte. Alle Angaben werden vertraulich behandelt und das Ergebnis den landwirtschaftlichen Schulen zur Verfügung gestellt.

#### 1. Eigentümer/in\*

Name:		Tel. Nr.:	
Anschrift:		Email:	

#### Schule\*

Name der Schule:		Name d. Lehrer/in:	
Name d. Schüler/in:		Email Schüler/in:	

#### Betriebsart\*:

Rinderzucht	<input type="checkbox"/>	<b>Besitz Zuchttiere:</b>
Rindermast	<input type="checkbox"/>	Rinder: ..... Stk.
Schweinezucht	<input type="checkbox"/>	Schweine: ..... Stk.
Schweinemast	<input type="checkbox"/>	Schafe / Andere: ..... Stk.
Ackerbau	<input type="checkbox"/>	
Mischbetriebe	<input type="checkbox"/>	<b>Jahresproduktion:</b>
sonstiges:	<input type="checkbox"/>	Mastrinder: ..... Stk.
		Mastschweine: ..... Stk.
Biologische Landwirtschaft	<input type="checkbox"/>	Mastgeflügel: ..... Stk.
Direktvermarktung	<input type="checkbox"/>	Milchproduktion: ..... kg
		sonstiges: .....

## 2. Brennstoffverbrauch des letzten Jahres:

	Einheit	Jahres- verbrauch	davon für			Beschaffung	
			Haus- halt	Land- wirtschaft	Gewerbe- betrieb		
Heizöl extra leicht	l						
Heizöl leicht	l						
Flüssiggas, Erdgas	kg, m <sup>3</sup>						
Kohle	kg						
Koks	kg					Eigen	Zukauf
Holz hart	rm						
Holz weich	rm						
Hackgut	srm						
Pellets	kg						
E-Heizung/Wärmepumpe	kWh						
Fernwärme/Nahwärme	kWh						
Sonstiges: .....							
Beheizte Wohnfläche	m <sup>2</sup>						

## 3. Heizungs- und Energiedaten:

<b>Hauptheizung:</b>		<b>Zusatzheizung</b>		<b>Sonnenkollektoren:</b>	
Zentralheizung	<input type="checkbox"/>	• ja	<input type="checkbox"/>	..... m <sup>2</sup>	
- Heizkörper	<input type="checkbox"/>	- Kachelofen	<input type="checkbox"/>	Baujahr: .....	
- Niedertemperatur (Wand- u. Fußbodenheizung)	<input type="checkbox"/>	- Elektrostrahler	<input type="checkbox"/>	für Warmwasser	<input type="checkbox"/>
Einzelöfen	<input type="checkbox"/>	- sonstiges:....	<input type="checkbox"/>	für Warmwasser	
Sonstiges: .....	<input type="checkbox"/>	....		u. Heizung	<input type="checkbox"/>
		• nein	<input type="checkbox"/>		
<b>Heizkessel:</b>					
Baujahr: .....	Leistung: ..... kW	Stromerzeugung am Hof			
		Photovoltaik: ..... kWh/J			
		Biogas: ..... kWh/J			
		Wasserkraft: ..... kWh/J			

## 4. Art der Warmwasserbereitung

	mit Zentralheizung	mit Strom	mit Wärmepumpe	Solar
Sommer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Winter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Treibstoffverbrauch pro Jahr (z.B. 2006):

Gesamter Treibstoffverbrauch in der Landwirtschaft, Haushalt (und Gewerbebetrieb)	Diesel	Benzin	2-Takt-Gemisch	Biodiesel	Pflanzenöl	Ethanol
	..... l	..... l	..... l	..... l	..... l	..... l
PKW 1	Jahres km: ..... Benzin <input type="checkbox"/> Diesel <input type="checkbox"/>		Ø Verbrauch			
	l/100km: .....					
PKW 2	Jahres km: ..... Benzin <input type="checkbox"/> Diesel <input type="checkbox"/>		Ø Verbrauch			
	l/100km: .....					
PKW 3	Jahres km: ..... Benzin <input type="checkbox"/> Diesel <input type="checkbox"/>		Ø Verbrauch			
	l/100km: .....					
	<b>Betriebsstunden/Jahr</b>					
Traktor 1						
Traktor 2						
Traktor 3						
Sonstige Fahrzeuge						
Sonstige Fahrzeuge						
Sonstige Fahrzeuge						

Eigenproduktion von

Pflanzenöl: Produktionsmenge ..... l/Jahr

6. Jahresstromverbrauch laut letzter Jahresstromabrechnung<sup>1)</sup>:

<sup>1)</sup> Aufteilung in Haushalt, Landwirtschaft, etc., sofern eigene Zähler vorhanden sind

Gesamtstromverbrauch im Jahr*	Davon entfallen (letztes Jahr)	Personenanzahl	
Vorletztes Jahr: ..... kWh Letztes Jahr: ..... kWh	Haushalt		..... kWh
	Landwirtschaft		..... kWh
	Gewerbebetrieb		..... kWh
	Elektroheizung od. Wärmepumpe		..... kWh
	Elektrische Warmwasserbereitung		..... kWh

Wie viele Elektrogeräte befinden sich im Haus, die im „stand-by“-Betrieb (Fernseher, Video, Computer,...) oder auf Grund einer digitalen Uhr oder permanenter Akkuladetätigkeit (z.B. elektrische Zahnbürste, Schnurlostelefon,...) laufend Strom verbrauchen:	..... Stk.
--	------------

Beleuchtung	Stück
Anzahl der Glühlampen	
Anzahl der Energiesparlampen	
Anzahl der Leuchtstofflampen	
Anzahl der Lampen mit mehr als 100 Watt	

Pumpen	Anzahl	Leistungsaufnahme in Watt
für Heizung (Umwälzpumpe)		
für Warmwasser (Zirkulationspumpe)		

E-Geräte in der Landwirtschaft*	Leistungsaufnahme in kW	Einsatzstunden pro Jahr
Silofräse		
Stallbelüftung		
Melkanlagen		
Milchkühlung		
Reinigungsanlagen (Waschautomat)		
Entmistungsanlagen		
Infrarotwärmelampen / Heizmatten / Heizplatten		
Futtermischanlagen		
Automatische Fütterungsanlagen		
Jauche- und Güllebelüftungsanlagen		
Elektrische Überwachungsanlage für Stallklima ("Alarmanlage")		
"Elektrische Fliegenfänger"		
(Heu)Gebläse / Heuverteiler		
Getreideschrotmühle		
Heubelüftung		
Kühlaggregate		
Kräne		
Wasserversorgung (zB Grundwasserpumpen)		
Druckluft-Kompressoren		
sonstige:		

7. Beabsichtigen Sie Maßnahmen im Energiebereich zu setzen?

Maßnahmen	ja	nein
Heizkesseltausch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fenstertausch/Fenstersanierung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erneuerung der Gebäudehülle/Wärmedämmung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonnenkollektor-Anlage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Photovoltaik-Anlage / Biogasanlage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kraftstoffalternativen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biomasse-Heizanlage / Nahwärme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonstige	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	

Herzlichen Dank für Ihre Mitwirkung!

## 12 ANHANG II

# Strommessprogramm Geräteliste

## Haushaltsgeräte

Gerät	Stromverbrauch in Betrieb	Stand-by Verbrauch	....in der Zeiteinheit
Fernsehgerät 1			
Fernsehgerät 2			
DVD-Player			
Video-Player			
Receiver			
Computer			
Notebook			
Bildschirm			
Modem			
Telefon			
Handyladestation			
MP3-Player			
Play-Station			
Kaffeemaschine			
Küchenmaschine			
Kühlschrank			
Gefriertruhe/-schrank			
Elektrogrill			
Wasserkocher			
Waschmaschine			
Akkuladestationen			
Bohrmaschine			
Winkelschleifer			
Rasentrimmer			
Stichsäge			
Sonstiges:			
Weihnachtsbeleuchtung			