

Strommessungen am landwirtschaftlichen Betrieb - Sparpotentiale

Werner Friedl^{1*a)}, René Braunstein² und Ernst Schmutzner²

Zusammenfassung

An der Technischen Universität Graz wurde 2006 ein Forschungsprojekt mit dem Ziel der wissenschaftlichen Analyse von elektrischen Einsparungspotenzialen in der Landwirtschaft gestartet und im Frühjahr 2009 abgeschlossen. Landwirtschaftliche Betriebe können in Betriebe, die tierische und pflanzliche Produkte erzeugen, unterteilt werden, wobei in Österreich der elektrische Energieverbrauch für die Erzeugung tierischer Produkte rund viermal über dem elektrischen Energieverbrauch der Produktion pflanzlicher Produkte liegt. Die landwirtschaftlichen Betriebe mit dem größten elektrischen Energieverbrauch sind Milchviehbetriebe (ca. 40 % des elektrischen Energieverbrauches der Tierproduktion), Ferkelzuchtbetriebe (ca. 27 %) und Schweinemastbetriebe (ca. 20 %). Um die Landwirtschaft besser erfassen zu können, wurde vom Institut für Elektrische Anlagen der Technischen Universität Graz der elektrische Energieverbrauch von Betriebsmitteln und speziellen landwirtschaftlichen Maschinen und Geräten in Milchvieh-, Ferkelzucht- und Schweinemastbetrieben analysiert. Weiters werden die Ergebnisse flächendeckender Befragungen in oberösterreichischen landwirtschaftlichen Betrieben ausgewertet und auf Basis der durch diese Befragung gewonnenen Daten Betriebe zu einer detaillierten Lastganganalyse ausgewählt. Mit Hilfe der Befragungen und der Lastgangmessungen konnten mögliche Einsparungspotenziale ermittelt und verifiziert werden. Die Autoren dieses Artikels danken dem OÖ Energiesparverband für die finanzielle Förderung und das Interesse an einer wissenschaftlichen Aufarbeitung der Stromeinsparpotenziale in der Landwirtschaft.

Schlagwörter: Energiemanagement, Lastganganalysen, Elektrisches Energieeinsparpotenzial, Pareto - Prinzip, Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Summary

At Graz University of Technology a research project for detecting and analysing electrical saving potentials in Austrian agriculture was launched in the summer of 2006 and has been finished at the spring of 2009. Agricultural businesses can be divided in vegetable- and livestock production. In has to be mentioned that the electrical energy consumption of livestock production is about four times bigger than the consumption of vegetable production.

Dairy cattle (approximately 40 %), piglet breed (approximately 27 %) and hog feeding (approximately 20 %) farms have the highest electrical energy consumptions of Austrian livestock production. With the plan to get deeper information and knowledge for agriculture the Institute of Electrical Power Systems of Graz University of Technology analysed electrical energy consumptions of electric arrangements and special agricultural machines and appliances of dairy cattle, pig fattening and piglet breeding farms.

In addition to that the results of an exhaustive survey in Upper Austria are analysed and due to the survey agricultural businesses are selected for a detailed load diagram analysis. With the help of the performed survey and the measurements of the load diagrams, saving potentials could be determined and verified.

The authors of this article thank the OÖ Energiesparverband for the financial support and the interest in a scientific investigation of the electrical savings potentials in agriculture.

Keywords: energy management, load diagram analysis, electrical energy savings potential, pareto's law, economic calculation

Einleitung

Energieeffizienz und Ökoenergie sind Begriffe, welche die Berichterstattung bezüglich des rasant steigenden Energieverbrauchs, dem daraus resultierenden CO₂-Anstieg und der damit in Zusammenhang stehenden globalen Klimaerwärmung prägen. Das Bewusstsein der Bevölkerung in Bezug auf den sorgsam Umgang mit Energie wird zunehmend geschärft und muss an den Punkt gelangen, wo aktive

^{a)} Der Beitrag gibt die persönliche Meinung des Autors wieder und nicht zwingend die Position der Energie Control GmbH

¹ Energie-Control GmbH, Rudolfsplatz 13a, A-1010 WIEN

² Institut für elektrische Anlagen, Technische Universität Graz, Inffeldgasse 18/I, A-8010 GRAZ

* Ansprechpartner: Dipl.Ing. Werner Friedl, e-mail: werner.friedl@e-control.at; Dipl.Ing. René Braunstein, e-mail: rene.braunstein@tugaz.at

Maßnahmen zur effizienten Energienutzung mit Freude und Engagement umgesetzt werden.

Die Landwirtschaft erlangt in diesem Zusammenhang in Bezug auf die immer wichtiger werdende Rolle des Energielieferanten, in Form von Biomasseproduktion und der zunehmenden Modernisierung zu „Hightech-Betrieben“ für Ackerbau und Viehhaltung, besondere Bedeutung. Hochmoderne Fütterungsanlagen und ein exakt abgestimmter Tagesablauf bilden die Grundlage den hohen Hygiene- und Qualitätsansprüchen wirtschaftlich nachkommen zu können. All dies verlangt auch in Bezug auf den Bedarf an Energie insbesondere elektrische Energie eine Optimierung.

Aufgrund der Komplexität der Aufgaben kann und darf dies nicht nur Aufgabe des „Allrounders“ Landwirt sein, bezogen auf das breite Spektrum an Tätigkeiten, welche zum Tagesgeschäft gehören, sondern muss auch wesentlicher Teil der Aufgaben von Herstellern und Lieferanten von neuen Anlagen und Komponenten zur Erweiterung, sowie Beratungsinstitutionen sein. Technologieänderungen in Richtung Effizienzsteigerungen müssen zu einer einfachen Handhabung führen und bei der Installation und im Gebrauch den täglichen Anforderungen entsprechen. Höhere Investitionskosten von neuen energieeffizienteren Produkten bedürfen sicherlich einer Anreizförderung um sich am Markt zu etablieren bzw. um zur Marktreife gelangen zu können (SCHMAUTZER et al., 2009).

Analyse der Landwirtschaft

Energetischer Endverbrauch

Der energetische Endverbrauch an elektrischer Energie ist, rückblickend auf die vergangenen Jahre, in der Verteilung relativ gleichbleibend (*Abbildung 1*) und kann in der Land- und Forstwirtschaft mit rund 1220 GWh (BMWA, 2004) angegeben werden. Berechnungen auf Basis von 1220 GWh ergeben, dass sich die Kosten der elektrischen Energie im landwirtschaftlichen Sektor auf rund 250 Millionen Euro pro Jahr belaufen und dass die Umsetzung von Energiesparpotenzialen auch beachtenswerte monetäre Auswirkungen haben kann. Im landwirtschaftlichen Sektor gab es bislang nur sehr wenige Untersuchungen zur Energieeffizienz und so gibt es auch nur bescheidene Informationen zum elektrischen Energiefluss in der Landwirtschaft und wenige Informationen über die Effektivität möglicher Sparmaßnahmen.

Diese Tatsache macht daher ein wissenschaftliches Aufarbeiten der Thematik im Rahmen einer umfangreichen Energieeffizienzanalyse sinnvoll und notwendig (BRAUNSTEIN, 2007).

Analyse nach Pareto

Vilfredo Pareto, ein italienischer Soziologe und Wirtschaftswissenschaftler, beschäftigte sich intensiv mit der Einkommensverteilung auf die Bevölkerung. Aus seinen bekannten Einkommensverteilungen, in denen ca. 20 % der Bevölkerung für in etwa 80 % des Volksvermögens verantwortlich waren, wurde die sogenannte Pareto-Verteilung abgeleitet und vielfach interpretiert. Dem Grundgedanken nach können ca. 70 - 80 % des Erfolges mit 20-30 % der Anstrengung erzielt werden. Diese Theorie lässt sich auch auf das Ziel, der Lokalisierung der energieintensivsten landwirtschaftlichen Betriebe und Verbraucher, anwenden und ist Basis der nachfolgenden Analyse der österreichischen Landwirtschaft (BRAUNSTEIN, 2007).

Der Produktionswert der österreichischen Landwirtschaft, aufgeteilt nach Bundesländern, wird in *Abbildung 2* dargestellt. Die Bundesländer Oberösterreich, Niederösterreich und Steiermark weisen österreichweit die höchsten Produktionswerte auf und auf Basis der Pareto-Überlegungen hat eine Effizienzanalyse in einem dieser Bundesländer das beste Aufwand zu Nutzen Verhältnis.

Untergliederung unterschiedlicher Typen von Landwirtschaften

Der elektrische Energieverbrauch im Sektor der tierischen Produktion ist rund viermal so hoch wie im Sektor der Pflanzenproduktion, wodurch die Ackerbaubetriebe aufgrund ihres geringeren Stromverbrauches in dieser Analyse nicht in die Betrachtungen miteinbezogen werden. Wie in der *Abbildung 3* grafisch dargestellt, lässt sich der elektrische Energieverbrauch in der Landwirtschaft der tierischen Produktion in die unterschiedlichen Typen von Tierproduktion untergliedern.

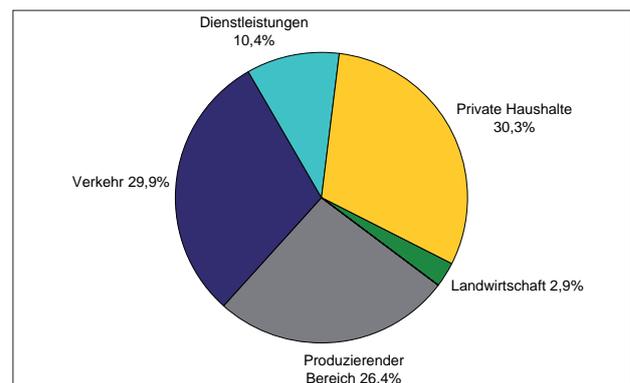


Abbildung 2.1: Energetischer Endverbrauch - Österreich nach Sektoren (BMWA, 2004)

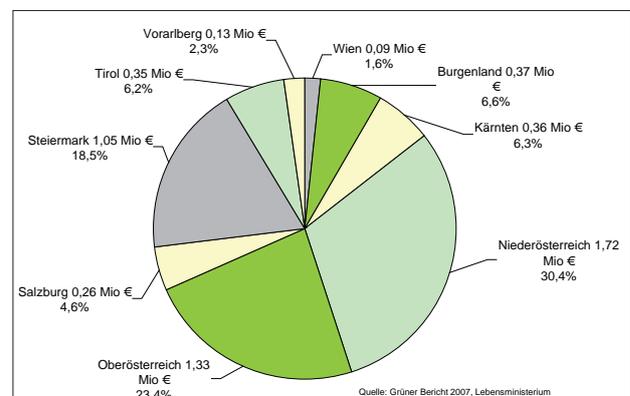


Abbildung 2: Produktionswert der tierischen und pflanzlichen Produktion nach Bundesländern (BLMFUW, 2007)

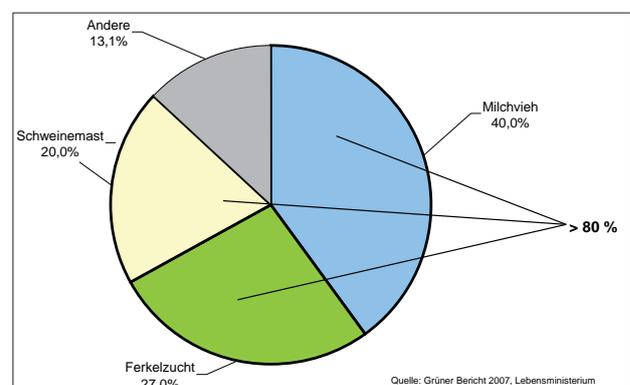


Abbildung 3: Elektrischer Energieverbrauch der Tierproduktion nach Landwirtschaftstypen (BLMFUW, 2007)

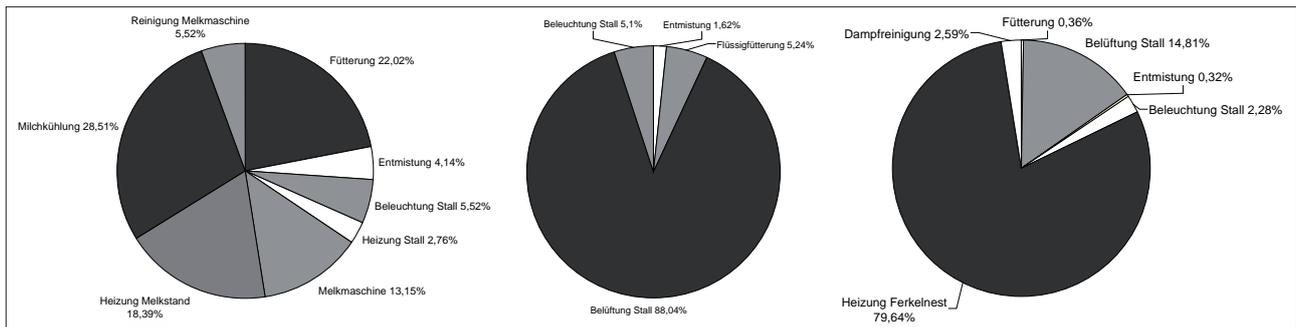


Abbildung 4: Prozentuelle Aufteilung des elektrischen Energieverbrauchs von einem Milchviehbetrieb (Links), eines Schweinemastbetriebs (Mitte) und eines Ferkelzuchtbetriebs (Rechts), KUBESSA, 1998

Durch das weitgehend in sich geschlossene und optimierte System von Geflügelbetrieben und der im Vergleich zu Schweinemast-, Milchvieh- und Ferkelzuchtbetrieben geringen Anzahl an Betrieben, wird von einer Betrachtung im Rahmen dieser Analyse abgesehen.

Milchvieh-, Schweinemast- und Ferkelzuchtbetriebe, die anteilmäßig den höchsten elektrischen Energieverbrauch in der österreichischen Landwirtschaft haben, werden daher in dieser Betrachtung näher untersucht (Abbildung 4).

Methode des Energiemanagements

Wesentlich für den Prozess eines Energie- oder auch Lastmanagements ist, dass man beginnend mit einer Grobanalyse eines Betriebs oder Systems die ablaufenden Arbeitsprozesse, mitunter auch mit detaillierten Messungen, auf deren Energiefluss untersucht und Effizienzsteigerungsmöglichkeiten unter Bewertung der Wirtschaftlichkeit erarbeitet werden.

Energiemanagement bezieht sich nicht nur auf das elektrische Energiesystem, sondern ist vielmehr im interdisziplinären Zusammenhang von koordiniertem und sparsamem Einsatz der verschiedenen Energieträger zu sehen.

Beim Energiemanagement sind folgende Punkte zu erfüllen:

- Wirtschaftlichkeit
- Optimale Energiebereitstellung und Nutzung
- Ressourcenschonende und umweltgerechte Energienutzung
- Ausreichende und sichere Versorgung mit verschiedenen Energieträgern
- Störungsfreie Energiebereitstellung und bedarfsgerechte Energienutzung

Der reduzierte elektrische Energiebedarf, steht durch die möglichen resultierenden Kosteneinsparungen anfangs im Interesse der Mikroökonomie, kann sich jedoch durch die positiven Auswirkungen auf die Gesamtökologie und die Entlastung der Stromversorgungsnetze auch nachhaltig auf die Makroökonomie auswirken.

Um die elektrische Energieeffizienz der Klein- und Mittelverbraucher, wie Haushalte, landwirtschaftliche Betriebe, Gewerbe bis hin zur Industrie, zu steigern, sollte man nach den folgenden Punkten vorgehen (BRAUNSTEIN et al., 2008).

- Kontaktaufnahme von möglichst unabhängigen und mit der Sache erfahrenen Beratern mit den Stromkonsumenten. Erfassung des Stromverbrauches und der Kosten der letzten Jahre (drei oder mehr Jahre).
- Ermittlung der verwendeten elektrischen Maschinen, Geräte, Betriebs- und Verbrauchsmittel. Erfassung der Prozesse.
- Ermittlung von spezifischen Kennzahlen und Vergleiche und Rückschlüsse mit bereits analysierten ähnlichen Verbrauchergruppen (Benchmarks, zur Einführung eines Benchmarkings).
- Grob-Studie und -Analyse der typischen energieintensiven Prozesse nach dem Pareto-Prinzip. Überlegungen zu möglichen und sofort wirksamen Prozessoptimierungen, Einsparmaßnahmen und Verbesserungen.
- Überprüfen der Stromabrechnungen im Detail. Tarifberatung und -Optimierung.
- Detaillierte Prozess- und Betriebsanalyse vor Ort. Ergänzung von Daten.
- Lastgangmessung vor Ort unter Einbeziehung eines geeigneten kurzen Aufzeichnungs- und Mittelungsintervalls, parallel dazu zeitliche und quantitative/qualitative Erfassung des Produktionsprozesses.
- Auswertung der Lastgangmessung. Durchführen von Lastgang- und Prozessanalysen.
- Detailplanung von möglichen Prozessverbesserungen und Stromeinsparmaßnahmen unter Mitarbeit des betrieblichen Managements und der direkt betroffenen Mitarbeiter - Etablierung von „Energy-Aktion-Teams“.
- Wirtschaftliche Bewertung von Maßnahmen zur Steigerung der elektrischen Energieeffizienz.
- Ausarbeitung von Detailkonzepten nach dem Pareto-Prinzip und eines Gesamtkonzeptes zur betrieblichen Optimierung (Einführung eines Benchmarkingverfahrens zur Kontrolle der Effizienzsteigerungsmaßnahmen und zum Vergleich mit Mitbewerbern)
- Übergabe des Konzeptes mit Verbesserungsvorschlägen, Maßnahmen, Tarifanalysen, Kosten-Nutzen-Analysen, Kontrollmethoden, ...).

Lastgang- und Strommessungen

Als einen Lastgang bezeichnet man im Wesentlichen eine Zeitreihe mit dem Verlauf der Leistungsaufnahme eines

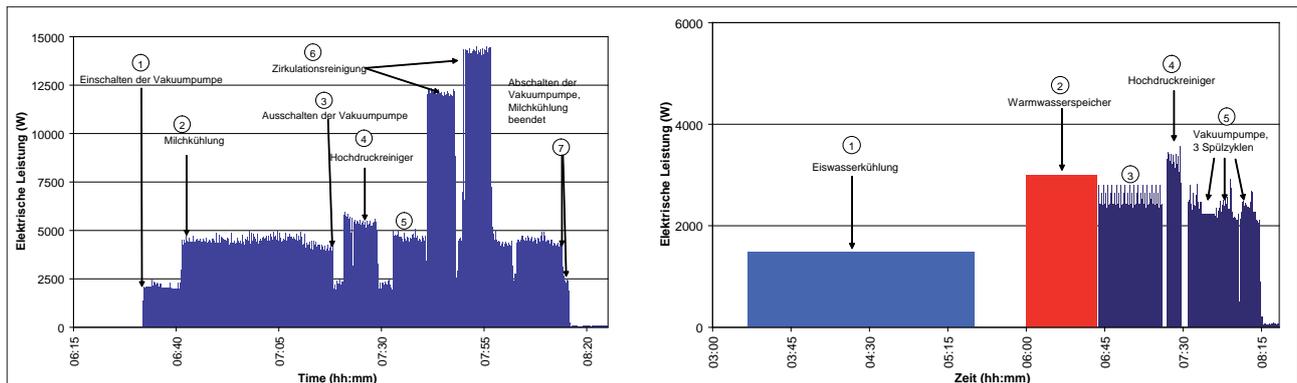


Abbildung 5: Lastganganalyse eines landwirtschaftlichen Prozesses (Links); Idee einer Prozessabwandlung aufgrund der Erkenntnisse aus der Analyse (Rechts)

Verbrauchers über einen gewissen Zeitraum. Durch die Darstellung von Belastungsschwanken werden dergleichen Zeitreihen oft auch als Belastungsdiagramm bezeichnet und in Abhängigkeit des Darstellungszeitraums in Tages-, Wochen- und Jahresreihen kategorisiert. Abhängig von der zeitlichen Auflösung der Zeitreihen, lassen sich bei unterschiedlicher Qualität und Aussagekraft Rückschlüsse auf Verbraucher aufzeigen.

Aufgrund der vielen unterschiedlichen und leistungsstarken Verbrauchern im landwirtschaftlichen Bereich, ist der Einsatz mehrkanaliger Datenlogger zur Lastgangmessung erforderlich. Dadurch können Messungen an den Haupt- und Unterverteilern von Gebäuden durchgeführt werden und die Lastgänge den einzelnen Verbrauchern bzw. Verbrauchergruppen zugeteilt werden, wodurch Analysen von speziellen Verbrauchern erst möglich werden (Abbildung 5). Ein speziell am Institut für Elektrische Anlagen erarbeitetes Messkonzept ermöglicht die Aufzeichnung von Lastgängen über den Zeitraum von mehreren Wochen bei einem Aufzeichnungsintervall im Sekundenbereich.

Mit der Netzspannung und den Phasenströmen als Eingangsgrößen, wobei die Phasenströme über Wechselstrommesszangen (Abbildung 6) gemessen werden, können durch die Messsoftware die gemessenen Ströme und Spannungen zur Leistungsbestimmung zusammengefasst und aufgezeichnet werden.

Ergebnisse - Sparpotentiale

Milchviehbetriebe

Für Milchviehbetriebe ergeben sich vor allem elektrische Energieeinsparpotentiale durch die Wahl eines effizienten Heubelüftungssystems, sowie durch moderne frequenzgesteuerte Pumpen. Die Abwärmenutzung des Kühlkompressors zur Warmwasseraufbereitung ist Stand der Technik und sollte von allen Milchviehbetrieben genutzt werden. Für elektrische Lasten hoher Anschlussleistung, wie z.B. die Heubelüftung ist ein Doppeltarifzähler für „unterbrechbare Lieferungen“ aus wirtschaftlichen Gründen empfehlenswert. Allenfalls vorhandene Glühlampen sollten ab einer täglichen Einschaltdauer von vier Stunden durch Energiesparlampen ersetzt werden.



Abbildung 6: Darstellung des Messsystems im praktischen Einsatz an einem Niederspannungsverteiler

Schweinemastbetriebe

Für Schweinemastbetriebe ergeben sich vor allem elektrische Energieeinsparpotentiale durch die Verwendung von effizienten Stallventilatoren. Ein zentrales Abluftsystem, eine Kombination aus herkömmlichen und energiesparenden Ventilatoren, stellt die effizienteste Möglichkeit der Stallbelüftung dar.

Für elektrische Lasten hoher Anschlussleistung, wie z.B. die Getreidemühle ist ein Doppeltarifzähler für „unterbrechbare Lieferungen“ wirtschaftlich sinnvoll. Die Nutzung von Mahl- und Mischgesellschaften verspricht ein elektrisches Energieeinsparpotenzial für den Einzelnen, da Prozesse in der Futterkette (z.B. Mahlen und Mischen von Futtermais) nicht von den Landwirten selbst durchgeführt werden. Allenfalls vorhandene Glühlampen sollten ab einer täglichen Einschaltdauer von vier Stunden durch Energiesparlampen ersetzt werden.

Ferkelzuchtbetriebe

Neben den Sparpotenzialen, die bereits bei den Schweinemastbetrieben angeführt wurden, welche natürlich auch für die Ferkelzuchtbetriebe gelten, ergeben sich bei Ferkelzuchtbetrieben zusätzliche elektrische Energieeinsparpotentiale durch die Optimierung des Ferkelneheizungssystems. Elektrische Bodenplatten könnten ganz oder zumindest schrittweise mit Warmwasserheizplatten substituiert werden.

Landwirtschaftliche Haushalte

Bei Untersuchungen im landwirtschaftlichen Bereich stellen die Haushalte einen nicht zu vernachlässigenden Anteil am landwirtschaftlichen Gesamtstromverbrauch dar. In landwirtschaftlichen Haushalten leben sehr oft mehr Personen als die statistisch-durchschnittlichen rund 2,5 Personen je österreichischem Haushalt. Das Ergebnis der Befragung von 100 landwirtschaftlichen Betrieben in Oberösterreich zeigt, dass statistisch rund 5,5 Personen in einem landwirtschaftlichen Haushalt leben. Durch die Gegebenheit, dass gewisse landwirtschaftliche Prozesse auch in den Haushalt eingebunden sind, steigt im Bereich der Landwirtschaft auch die Bedeutung des Einsatzes effizienter Haushaltsgeräte, insbesondere der Einsatz effizienter Waschmaschinen, Kühl- und Gefrierschränke sowie Wäschetrockner. Die verstärkte Nutzung des nahezu flächen-deckend vorhandenen Tischherdes, sowie der Einsatz von Energiesparlampen, stellen weitere Einsparungsmöglichkeiten dar (Abbildung 7).

Tarifrecherche

Das Prüfen der Energielieferverträge, sowie der Vergleich mit alternativen Stromanbietern ist ein wichtiger Bestandteil

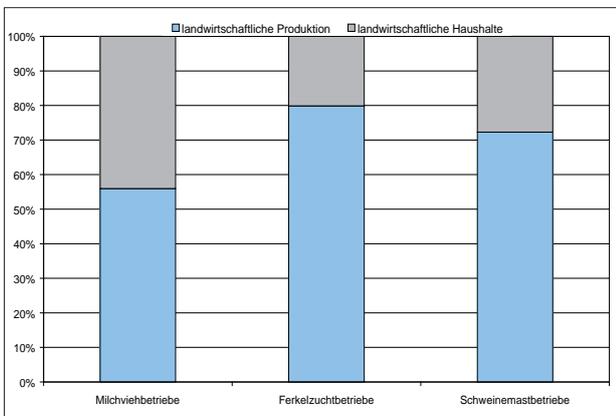


Abbildung 7: Anteil des durchschnittlichen Stromverbrauches des landwirtschaftlichen Haushaltes am Gesamtstromverbrauch

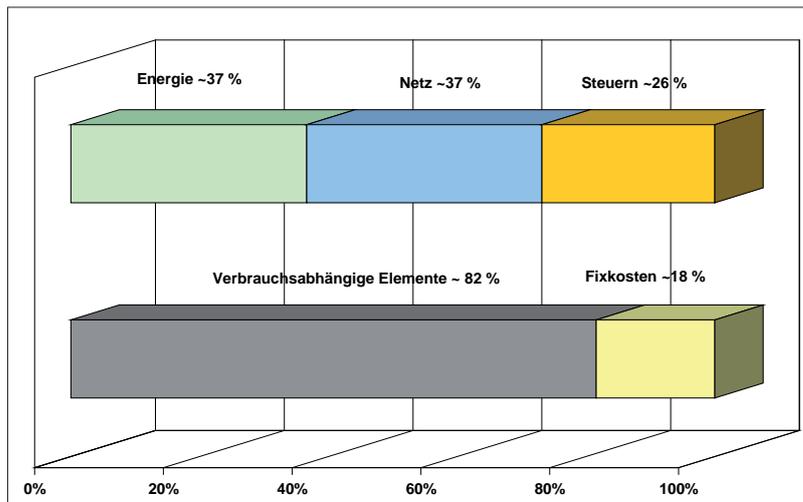


Abbildung 9: Untergliederung der Stromrechnung in Energie, Netz und Steuern (Balken oben) sowie Darstellung des verbrauchsabhängigen Anteils der Stromrechnung (Balken unten)

des Energiemanagements. Aus diesem Grund werden auch die Elemente der Strom-Jahresabrechnung analysiert, um genau zu wissen, wie stark der elektrische Energieverbrauch in die Stromrechnung eingeht.

Die Elemente der Stromrechnung (siehe Abbildung 8) sowie die Untergliederung in die drei Hauptbereiche Energie, Netz und Steuern kann in Abbildung 9 gezeigt werden. Zu beachten ist, dass lediglich der Grundpreis für Netz und Energie sowie das Messentgelt als absolute Größen verrechnet werden und dass somit rund 80 % der physikalisch verbrauchten Energie in die Stromrechnung eingehen. Demnach bewirken effizienzsteigernde Maßnahmen, die den Stromverbrauch reduzieren, auch deutliche Auswirkungen auf die Gesamtrechnung.

Die Bedeutung des Wechsels zu einem alternativen Stromanbieter, konnte am Beispiel eines landwirtschaftlichen Betriebs sehr deutlich aufgezeigt werden, welcher lediglich durch den Wechsel des Energielieferanten, die jährlichen elektrischen Energiekosten um rund 1.200 € (zum Stand der Untersuchung; bei einem Jahresverbrauch von 50.000 kWh) verringern konnte.

Literatur

SCHMAUTZER, E., R. BRAUNSTEIN, W. FRIEDL und M. ÖLZ, 2009: Stromsparpotentiale in der Landwirtschaft,

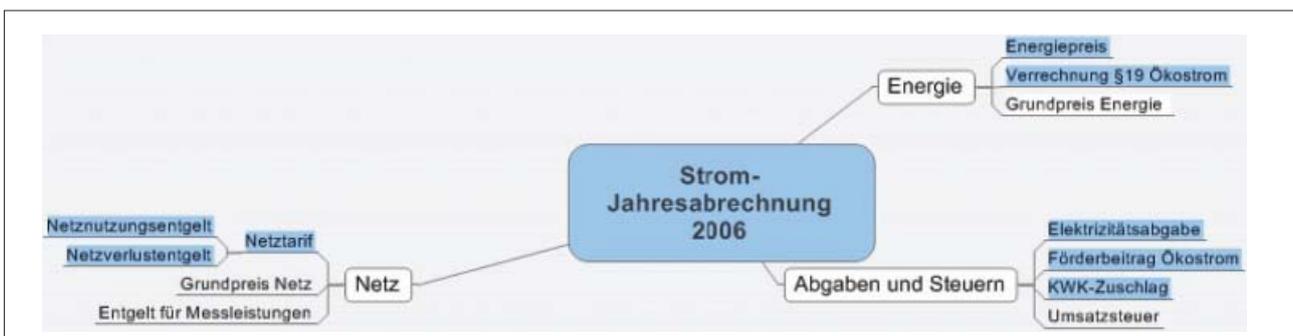


Abbildung 8: Elemente der Strom-Jahresabrechnung

Forschungsbericht am Institut für Elektrische Anlagen der TU Graz im Auftrag der Oberösterreichischen Landesregierung.

BRAUNSTEIN R., E. SCHMAUTZER, W. FRIEDL, 2008: Elektrische Lastganganalysen zur Verbesserung des Energiemanagements von Klein- und Mittelverbrauchern, Symposium Energieinnovation.

BRAUNSTEIN, R., 2007: Energieeffizienz und Energieeinsparpotenziale in der Landwirtschaft, Diplomarbeit, Institut für Elektrische Anlagen, TU Graz.

GRÜNER BERICHT 2007: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Wien, 2007, S. 13 -20

ENERGIEBERICHT 2003: Seite 9, Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Wien, 2004

ENERGIEBERICHT 2003: Seite 176, Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Wien, 2004

KUBESSA, M., 1989: Energiekennwerte, Handbuch für Beratung, Planung, Betrieb, Unze-Verlag, Leipzig, ISBN 3-93129-902-3, S 48 - 49