

# Energieeffizienz in der Landwirtschaft

Masterarbeit



Institut für Elektrische Anlagen

Technische Universität Graz

Vorgelegt von

Ralf Reisenauer, BSc.

Betreuer

Univ.-Prof. DI Dr.techn. Lothar Fickert

Institutsleiter: Univ.-Prof. DI Dr.techn. Lothar Fickert

A - 8010 Graz, Inffeldgasse 18-I

Telefon: (+43 316) 873 – 7551

Telefax: (+43 316) 873 – 7553

<http://www.ifea.tugraz.at>

<http://www.tugraz.at>

Graz / März – 2017



## **Danksagung**

Hiermit möchte ich mich bei allen beteiligten Firmen und Personen bedanken, die es mir ermöglichten dieses spannende Pilotprojekt mitzugestalten und meine Diplomarbeit zu verfassen.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Lothar Fickert, der meine Diplomarbeit betreute und mir während des Studiums stets mit Ratschlägen zur Seite stand.

Herrn Mag. Thomas Loibnegger von der Landwirtschaftskammer Steiermark, der als Projektbeauftragter für das Projekt verantwortlich war und mich tatkräftig unterstützte.

Allen Mitarbeitern der Energie Steiermark und der Firma E1 Pfund, welche mich kontinuierlich während der gesamten Projektarbeit betreuten. Besonders erwähnen möchte ich hier: Mag. Clemens Amsüss, Ing. Billy Rieger, Patrick Brandner, MSc. Stefan Leitner und Ing. Mayer Andreas.

Außerdem möchte ich mich bei allen Landwirten für ihre Mitarbeit und Hilfe bei der Datenerhebung sowie für ihr Engagement bedanken.

Ein besonderer Dank gilt meinen Eltern, Mathias und Gerlinde Reisenauer, welche mir das Studium ermöglichten und mich während dieses gesamten Lebensabschnittes begleiteten und stets in allen Belangen unterstützten.

Ich bedanke mich des Weiteren bei meiner Freundin und allen Freunden für deren Verständnis und Unterstützung in allen Bereichen.

## **EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG**

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am .

Ralf Reisenauer

## **Kurzfassung**

Das Ziel dieser Masterarbeit ist es, den Stromverbrauch 22 landwirtschaftlicher Betriebe aus verschiedenen Sparten zu untersuchen und mögliche Energieeffizienzmaßnahmen zu ermitteln. Der Stromverbrauch wird mittels Vor-Ort-Messungen ermittelt. Dazu werden mehrere Messungen mittels Lastprofilzähler, „Mobiler Smart Meter“ und Steckdosenmessgeräten in den Betrieben durchgeführt. Die Daten werden analysiert und in weiterer Folge werden mögliche Energieeffizienzmaßnahmen auf deren Wirtschaftlichkeit geprüft. Für die teilnehmenden Betriebe werden individuelle Beratungsberichte angefertigt, um mögliche Effizienzmaßnahmen zu verdeutlichen. Bei diesem Pilotprojekt bekommen die Landwirte eine 50%ige Investitionskostenförderung mit einer Deckelung von 5.000 € für mögliche Umsetzungen der vorgeschlagenen Effizienzmaßnahmen. Die Berechnung der Wirtschaftlichkeit erfolgt mittels der statischen Amortisationsrechnung, da sich die Abweichungen zur dynamischen Amortisationsrechnung zwischen 0 - 5 % bewegen und diese Berechnung für die beteiligten Landwirte verständlicher ist. In weiterer Folge wird untersucht, ob mögliche Energiekennzahlen für die jeweiligen Sparten ermittelt werden können. Bei Schweinemast-, Milchvieh- und Eierproduktionsbetrieben können Energiekennzahlen ermittelt werden. Bei Obstbau-, Weinbau-, Buschenschankbetrieben ist dies nicht der Fall, da die Betriebe keine vergleichbaren Parameter besitzen. Für Betriebe ohne PV-Anlagen, wird anhand der Lastganganalyse eine PV-Anlagenplanung durchgeführt.

Schlüsselwörter: Energieeffizienz, Landwirtschaft, Energiekennzahlen

## **Abstract**

The aim of this master thesis is to examine the electricity consumption of 22 farms from different sectors and to identify possible energy efficiency measures. On-site measurements are used to determine the electricity consumption of these farms. For this purpose, several measurements are carried out using load profile counters, mobile smart meters and sockets measuring devices. The electricity consumption of the farms is analysed and subsequently energy efficiency measures are examined for their economic viability. Individual consulting reports are prepared for the participating farmers in order to clarify possible efficiency measures. In this pilot project, farmers receive a 50% investment promotion with a maximum of € 5,000 for possible implementation of the proposed efficiency measures. The calculation of profitability is carried out using the static amortization calculation, because the deviations to the dynamic amortization calculation are in range of 0-5 % and this calculation is more comprehensible for the involved farmers. Furthermore, an investigation is carried out to determine whether possible energy characteristics for the respective divisions can be determined. It is possible to determine energy characteristics for pig, dairy and egg production farms. This is not the case for fruit-, wine-growing farms, because these farms don't have comparable parameters. Farms without photovoltaic plants get a photovoltaic plant planning based on the load analysis.

Keywords: Energy efficiency, agriculture, energy characteristics

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>5</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>8</b>
<b>1 Aufgabenstellung</b> .....	<b>9</b>
<b>2 Einleitung</b> .....	<b>9</b>
2.1 Motivation des Pilotprojektes .....	9
2.2 Landwirtschaftliche Betriebe Steiermark .....	10
2.3 Energieverbrauch landwirtschaftlicher Betriebe .....	11
2.4 Energieeffizienzgesetz.....	11
<b>3 Grundlagen</b> .....	<b>12</b>
3.1 Wirk-, Blind-, Scheinleistung.....	12
3.2 Lastganganalyse.....	13
3.3 Smart Meter.....	14
3.4 Stromverbrauch .....	15
3.5 Amortisationszeit .....	15
<b>4 Methodik</b> .....	<b>17</b>
4.1 Vor-Ort-Messungen .....	17
4.1.1 Lastprofilzähler .....	17
4.1.2 Mobile Smart Meter .....	17
4.1.3 Steckdosenmessgerät .....	18
4.1.4 Prüfung Messgenauigkeit OWL Smart Meter .....	18
4.2 Datenauswertung.....	19
4.3 Berechnung der Wirtschaftlichkeit.....	22
<b>5 Auswahl der Betriebe</b> .....	<b>23</b>
<b>6 Energieeffizienzmaßnahmen</b> .....	<b>24</b>
6.1 Belüftung .....	24
6.2 Fütterung .....	24
6.3 Ferkelnestheizung .....	24
6.4 Beleuchtung.....	25
6.5 Haushalt .....	25

6.6	Heizung .....	25
6.7	Milchtankkühlung.....	26
6.8	Vakuumpumpe.....	26
6.9	Kühlaggregate/Kühlzellen.....	26

## **7 Ergebnisse .....28**

7.1	Schweinemastbetriebe.....	28
7.1.1	Betrieb S1.....	28
7.1.2	Betrieb S2.....	40
7.1.3	Betrieb S3.....	41
7.1.4	Betrieb S4.....	43
7.1.5	Resümee Schweinemastbetriebe .....	44
7.2	Ferkelaufzuchtbetriebe .....	44
7.2.1	Betrieb F1 .....	44
7.2.2	Resümee Ferkelaufzuchtbetrieb .....	46
7.3	Milchviehbetriebe.....	46
7.3.1	Betrieb M1 .....	46
7.3.2	Betrieb M2 .....	47
7.3.3	Betrieb M3 .....	49
7.3.4	Betrieb M4 .....	50
7.3.5	Resümee Milchviehbetriebe.....	52
7.4	Eierproduktionsbetriebe .....	52
7.4.1	Betrieb E1.....	52
7.4.2	Betrieb E2.....	53
7.4.3	Resümee Eierproduktionsbetriebe.....	55
7.5	Direktvermarktungsbetriebe .....	55
7.5.1	Betrieb D1 .....	55
7.5.2	Betrieb D2 .....	56
7.5.3	Resümee Direktvermarktungsbetriebe.....	58
7.6	„Urlaub am Bauernhof“ - Betriebe .....	58
7.6.1	Betrieb UAB1.....	58
7.6.2	Betrieb UAB2.....	60
7.6.3	Resümee „Urlaub am Bauernhof“ - Betriebe .....	61
7.7	Weinbaubetriebe.....	61
7.7.1	Betrieb W1.....	61
7.7.2	Betrieb W2.....	62
7.7.3	Betrieb W3.....	64
7.7.4	Resümee Weinbaubetriebe .....	65

7.8	Obstbaubetriebe .....	65
7.8.1	Betrieb O1 .....	65
7.8.2	Resümee Obstbaubetrieb .....	67
7.9	Buschenschankbetriebe.....	67
7.9.1	Betrieb B1.....	67
7.9.2	Betrieb B2.....	68
7.9.3	Betrieb B3.....	70
7.9.4	Resümee Buschenschankbetriebe .....	71
7.10	Gesamtresümee .....	72
<b>8</b>	<b>Energiekennzahlen .....</b>	<b>73</b>
8.1	Schweinemast-, Ferkelaufzuchtbetriebe .....	73
8.2	Milchviehbetriebe.....	74
8.3	Eierproduktionsbetriebe .....	75
8.4	Direktvermarktungsbetriebe, „Urlaub am Bauernhof“ - Betriebe.....	75
8.5	Weinbau-, Obstbau-, Buschenschankbetriebe .....	76
<b>9</b>	<b>PV-Anlagenplanung .....</b>	<b>77</b>
<b>10</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>79</b>
<b>11</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>83</b>
11.1	Umrechnung des Energieverbrauches in kWh/Preise .....	83
11.2	Leistungsaufnahme verschiedener Regelungsverfahren Belüftungssysteme.....	84
11.3	Gewichtsklassen Schweinemastbetriebe .....	85
11.4	CD-ROM mit Beratungsberichten.....	85

# Abkürzungsverzeichnis

Ab	Abferkelbucht
B1-3	Buschenschankbetriebe 1-3
D1,D2	Direktvermarktungsbetriebe 1,2
E1, E2	Eierproduktionsbetriebe 1,2
EC	Electronically Commutated Ventilator
F1	Ferkelaufzuchtbetrieb
Fk	Ferkel
FU	Frequenzumrichter
GWh	Gigawattstunden
ha	Hektar
leff	Effektivwert des Stromes
Js	Jungsau
kWh	Kilowattstunden
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
kWp	Kilowatt-Peak
M1-M4	Milchviehbetriebe 1-4
Ms1	Mastschwein Gewichtskategorie 1
Ms2	Mastschwein Gewichtskategorie 2
O1	Obstbaubetrieb
P	Wirkleistung
PH	Phasenanschnittsteuerung
PJ	Petajoule
PV	Photovoltaik
Q	Blindleistung
Rm	Raummeter
S	Scheinleistung
S1-S4	Schweinemastbetriebe 1-4
Srm	Schüttraummeter
UAB1,UAB2	Urlaub am Bauernhof Betriebe 1,2
Ueff	Effektivwert der Spannung
VAh	Voltamperestunden
W1-W3	Weinbaubetriebe 1-3
Wh	Wattstunden
Zs	Zuchtsau



# 1 Aufgabenstellung

In dieser Diplomarbeit wird der Stromverbrauch 22 landwirtschaftlicher Betriebe untersucht. Es handelt sich dabei um Schweinemastbetriebe, Milchviehbetriebe, Obst-Weinbaubetriebe, Eierproduktionsbetriebe und Urlaub am Bauernhof Betriebe. Die Hauptaufgabe der Diplomarbeit besteht darin, Energieeffizienzmaßnahmen festzustellen und auf deren Wirtschaftlichkeit zu prüfen. Anschließend werden Beratungsberichte angefertigt, um die Landwirte individuell beraten zu können.

## Die Aufgaben sind wie folgt verteilt:

- Literatur- und Internetrecherchen zur Ermittlung des Energiebedarfs der landwirtschaftlichen Sparten
- Vor-Ort-Messungen an den ausgewählten Betrieben
- Datenauswertung
- Zuordnung der Stromverbraucher
- Ermittlung von Energieeffizienzmaßnahmen
- Berechnung der Amortisationszeit
- Anfertigung individueller Beratungsberichte
- Ermittlung spartenspezifischer Energiekennzahlen
- PV-Anlagenplanung anhand der Lastganganalyse

## 2 Einleitung

### 2.1 Motivation des Pilotprojektes

Die Landwirtschaftskammer Steiermark und die Energie Steiermark haben im Herbst 2014 das Pilotprojekt „Energieeffizienz und E-Mobilität in der Landwirtschaft“ gestartet. Ziel des Projektes ist die bedarfsgerechte Zuteilung der betrieblichen Energieflüsse, die Evaluierung und Umsetzung von Energiesparmaßnahmen sowie die Ermittlung von betriebspezifischen Energiekennzahlen am Beispiel von 22 landwirtschaftlichen Betrieben. [1]

Dieses Pilotprojekt dient als Grundlage zur Energieeffizienzberatung landwirtschaftlicher Betriebe. Mit Hilfe der erhobenen Daten ist es möglich festzustellen, welche Effizienzmaßnahmen wirtschaftlich sind, um somit den Gewinn der Betriebe zu steigern.

## 2.2 Landwirtschaftliche Betriebe Steiermark

Die Anzahl landwirtschaftlicher Betriebe ist in den letzten Jahren kontinuierlich gesunken. Während es 1999 noch 48.582 Betriebe gab, waren es 2013 nur mehr 37.582 (vgl. Abbildung 1).

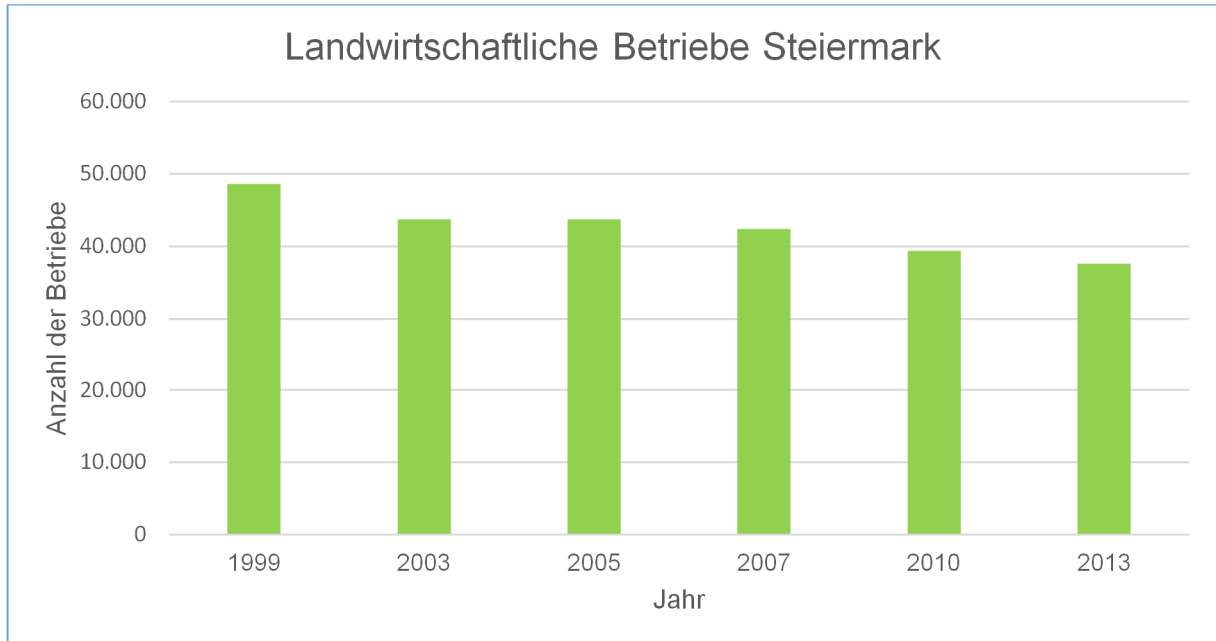


Abbildung 1: Anzahl landwirtschaftlicher Betriebe in der Steiermark [2]

Für kleinere Betriebe wird es immer schwieriger, mit den größeren Landwirten konkurrenzfähig zu bleiben. Sie können nur durch Individualität am Markt bestehen, um sich von anderen Betrieben abzuheben. Hier gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten, wie zum Beispiel: Direktvermarktung, Vermietung von Unterkünften, Verkauf von Fernwärme etc. Das Energiesparpotential ist jedoch vor allem bei älteren Betrieben erheblich, wodurch eine Gewinnsteigerung erreicht werden kann.

## 2.3 Energieverbrauch landwirtschaftlicher Betriebe

Der Energieverbrauch landwirtschaftlicher Betriebe beträgt ca. 2,1% des jährlichen Endenergieverbrauches in Österreich. Im landwirtschaftlichen Sektor wird in etwa 6.260 GWh Energie jährlich verbraucht. In Abbildung 2 wird der Endenergieverbrauch Österreichs grafisch dargestellt.

### Energieverbrauch in Sektoren 2014

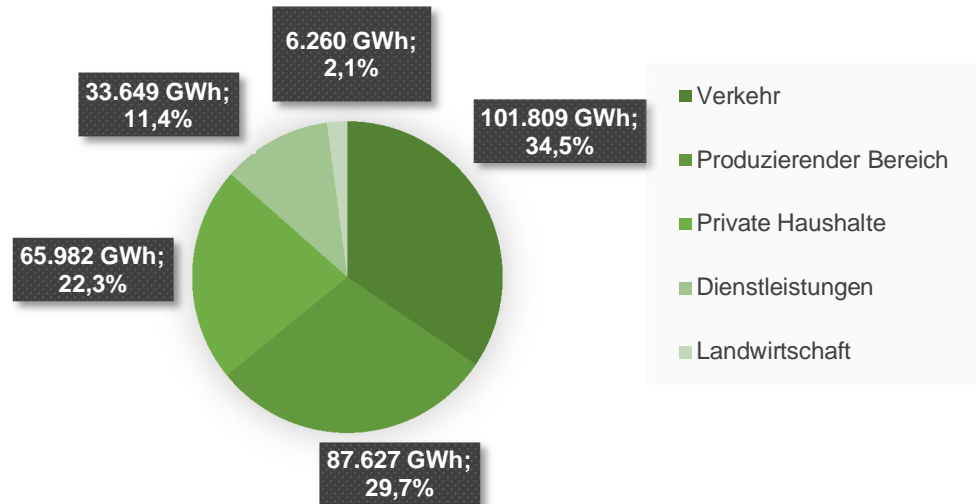


Abbildung 2: Energieverbrauch in Österreich in Sektoren 2014 [3]

## 2.4 Energieeffizienzgesetz

Die Zielsetzung der Energiestrategie der EU bis 2020 beinhaltet folgende Punkte:

- 20% weniger Treibhausgasemissionen als im Jahr 2005
- 20% Anteil an erneuerbaren Energien
- 20% mehr Energieeffizienz [4]

Österreich hat sich im Zuge des Bundes - Energieeffizienzgesetzes EEffG verpflichtet den EU Richtlinien nachzukommen. Bis zum Verpflichtungszeitraum 2020 ist das kumulative Endenergieeffizienzziel in der Höhe von 310 PJ (ein PJ entspricht 278 GWh) zu erreichen. Dieser Zielzustand wird einerseits durch Lieferantenverpflichtungen und andererseits durch sogenannte strategische Energieeffizienzmaßnahmen erreicht. [5]

## 3 Grundlagen

### 3.1 Wirk-, Blind-, Scheinleistung

Durch komplexe Widerstände im Wechselstromkreis kommt es zur Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung. Diese Phasenverschiebung ist bei den Messungen zu beachten.

Die Wirkleistung  $P$  entspricht dem Realteil der komplexen Wechselstromleistung. Der Wirkleistungsanteil ist jener Anteil der elektrischen Energie, welcher umgewandelt wird und somit Arbeit verrichtet. Die Wirkleistung wird in Watt (W) angegeben.

#### Wirkleistung Wechselstromsystem:

$$P = U_{eff} * I_{eff} * \cos(\varphi) \quad (3-1)$$

Beim dreiphasigen Wechselstrom, welches auch als Drehstromsystem bezeichnet wird, muss die Wirkleistung der drei Leiter addiert werden, um den Gesamtwirkleistungsverbrauch zu erhalten.

#### Wirkleistung Drehstromsystem:

$$P_{Ges} = P_1 + P_2 + P_3 \quad (3-2)$$

Die Blindleistung  $Q$  entspricht dem Imaginärteil der komplexen Wechselstromleistung. Der Blindleistungsanteil kann nicht in andere Leistungen (z.B. mechanisch, thermisch) umgewandelt werden. Der Blindleistungsanteil pendelt zwischen Erzeuger und Verbraucher hin und her und verrichtet keine Arbeit. Die Blindleistung  $Q$  wird in Var (var) angegeben.

#### Blindleistung Wechselstromsystem:

$$Q = U_{eff} * I_{eff} * \sin(\varphi) \quad (3-3)$$

#### Blindleistung Drehstromsystem:

$$Q_{Ges} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (3-4)$$

Die Scheinleistung  $S$  bezeichnet das Produkt der Effektivwerte für Strom und Spannung ohne Berücksichtigung der Phasenverschiebung und wird in Voltampere (VA) angegeben.

### Scheinleistung Wechselstromsystem:

$$S = U_{eff} * I_{eff} = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (3-5)$$

### Scheinleistung Drehstromsystem:

$$S_{Ges} = U_{eff1} * I_{eff1} + U_{eff2} * I_{eff2} + U_{eff3} * I_{eff3} \quad (3-6)$$

Der Leistungsfaktor entspricht dem Verhältnis der Wirkleistung zur Scheinleistung und ist eine Kennziffer für die Qualität des Elektroenergietransportprozesses. [6]

### Leistungsfaktor:

$$\cos(\varphi) = \frac{P}{S} \quad (3-7)$$

## 3.2 Lastganganalyse

Das Lastprofil, welches auch als Lastgang bezeichnet wird, zeichnet den zeitlichen Verbrauch der abgenommen elektrischen Leistung auf. Der Stromverbrauch des gewünschten Zeitintervalls wird erfasst und grafisch dargestellt. Durch die Lastganganalyse ist es möglich, auftretende Leistungsspitzen zu sichten. Ebenfalls lassen sich die Grundlast und das Verbraucherverhalten mit Hilfe dieses Verfahrens ermitteln. Die Zeitintervalle bei der Lastganganalyse sind je nach Bedarf wählbar. In Abbildung 3 wird ein stündliches Zeitintervall zur Darstellung des Tageslastgangs gewählt. [7]

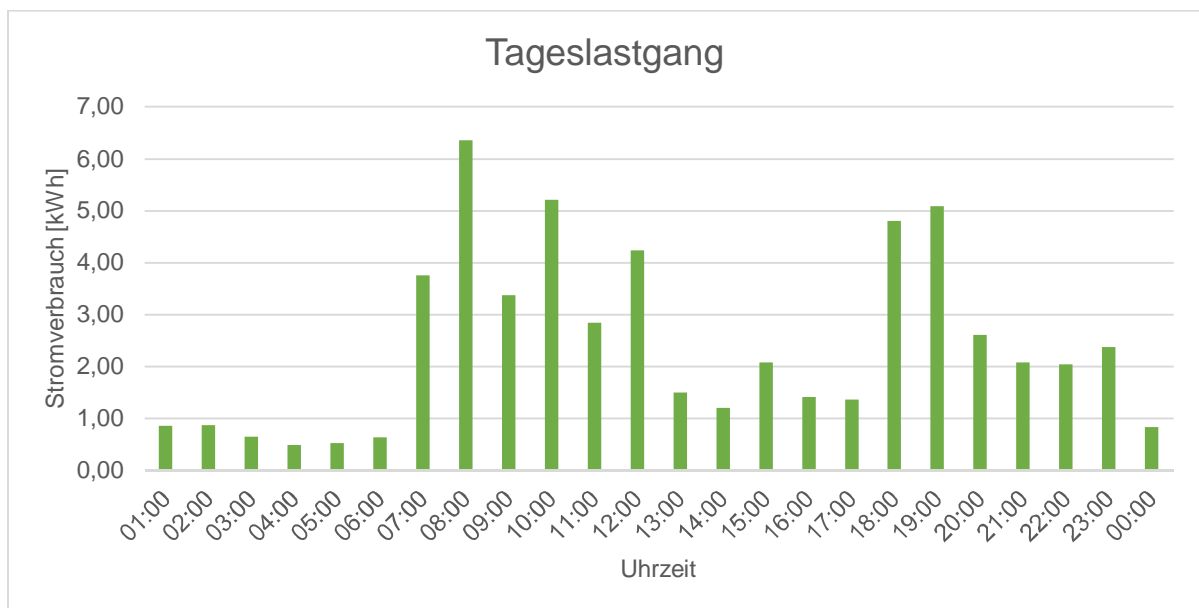


Abbildung 3: Beispiel Tageslastgang

### 3.3 Smart Meter

Smart Meter sind digitale Stromzähler, welche gegenüber herkömmlichen mechanischen Ferrariszählern eine Vielzahl neuer Funktionen bieten. Smart Meter werden auch als „Intelligente Zähler“ bezeichnet und besitzen für die Zählung keinerlei mechanische Teile, sondern funktionieren vollkommen digital. Smart Meter zeichnen das Lastprofil der Zählung viertelstündlich auf und verfügen über ein Kommunikationsmodul, um die gemessenen Daten zu übertragen. Dadurch wird die jährliche Ablesung überflüssig. [8] Eine EU-Richtlinie besagt, dass bis 2020 80% aller Stromzähler in der Europäischen Union auf Smart Meter umzustellen sind. In Österreich wird von der E-Control vorgegeben, dass bis 2017 70% der Stromzähler auf Smart Meter umgestellt werden. [9]

#### **Vorteile Smart Meter:**

- Ablesung durch Kunden entfällt
- Liefert einen besseren Überblick über den Stromverbrauch
- Beim Wechsel des Stromanbieters steht tatsächlicher Zählerstand zum Wechselstichtag zur Verfügung
- Komfort bei der Um- und Abmeldung
- Mehrtariffunktionalität
- Energieverbrauch ist online bis zu 36 Monate und direkt am Zähler 60 Tage lang verfügbar

#### **Nachteile Smart Meter:**

- Umstellungskosten und höhere Betriebskosten als bei herkömmlichen Ferrariszählern
- Kürzere Wartungsintervalle als bei Ferrariszählern
- Durch den Stromverbrauch sind detaillierte Rückschlüsse auf das Benutzerverhalten des Anwenders möglich. [10]

### 3.4 Stromverbrauch

Der Stromverbrauch (Verbrauch elektrischer Energie) berechnet sich aus dem Produkt von Leistung und Zeit. Die Einheit des Stromverbrauchs wird in Kilowattstunden (kWh) angegeben.

#### Beispiel zum Verständnis:

Ein Hochdruckreiniger hat laut Hersteller eine Leistung von 9,5 kW. Um den Stromverbrauch des Gerätes pro Tag feststellen zu können, muss die Betriebszeit bekannt sein. Für das Beispiel wird eine Betriebszeit von 0,5 Stunden pro Tag angenommen.

$$\text{Stromverbrauch} = \text{Leistung} * \text{Zeit} = 9,5\text{kW} * 0,5\text{h} = 4,75\text{kWh} \quad (3-8)$$

Der Preis für eine Kilowattstunde wird in weiterer Folge mit 17 Cent (inkl. Netzgebühren, Steuern, Elektrizitätsabgabe, Ökostrompauschale, Ökostromförderbeitrag und KWK-Pauschale,...) angenommen. Die Zusammensetzung des Stromverbrauches ist im Anhang auf Seite 83 ersichtlich.

### 3.5 Amortisationszeit

Die Amortisationszeit ist jener Zeitraum, in dem der Kapitaleinsatz einer Investition zurückgeflossen ist. Die Berechnung der Amortisationszeit kann durch die statische oder die dynamische Amortisationsrechnung erfolgen. [11]

#### Statische Amortisationszeit:

$$a_{stat} = \frac{\text{Kapitaleinsatz}}{\text{mittlerer Kapitalrückfluss pro Jahr}} \quad (3-9)$$

Die dynamische Amortisationszeit ist eine kumulative Methode. Im Gegensatz zur statischen Amortisationsrechnung, wird der Zeitpunkt des Kapitalrückflusses unter Berücksichtigung des Abzinsungsfaktors (Barwertfaktor) miteinbezogen.

#### Abzinsungsfaktor:

$$\text{Abzinsungsfaktor} = \frac{1}{(1 + i)^n} \quad (3-10)$$

i = Kalkulationszinssatz

n = Jahr in dem abgezinst wird

#### Dynamische Amortisationszeit:

$$a_{dyn} = -\text{Kapitaleinsatz} + \sum_{n=1}^{nd} E_n * \frac{1}{(1 + i)^n} \quad (3-11)$$

$E_n$  = Rückfluss des zu betrachtenden Jahres

$n_d$  = Lebensdauer

Die Berücksichtigung des Abzinsungsfaktors führt zur Verlängerung der Amortisationszeit. Tabelle 1 dient zum Vergleich der beiden Berechnungsarten. Der Kalkulationszinssatz für die dynamische Amortisationsrechnung wird mit 4 % angenommen.

**Tabelle 1: Amortisationsrechnungsvergleich, Betrieb S1 Belüftungssysteme**

<b>Kostenrechnung (Nettorichtpreise excl. Mehrwertsteuer)</b>		
-	Frequenzumrichter	EC-Ventilatoren
Ventilatoren	-	7.109 €
Regelung	2.760 €	-
Montagezeit	12 Std.	24 Std.
Montagekosten	672 €	1.344 €
Gesamtkosten ohne Förderung	3.432 €	8453 €
Gesamtkosten mit Förderung	1.716 €	4.227 €
Stromeinsparung pro Jahr	9.527 kWh	10.162 kWh
Jährliche Kostenersparnis	1.620 €	1.728 €
Statische Amortisationszeit	1,06 Jahre	2,46 Jahre
Dynamische Amortisationszeit	1,06 Jahre	2,52 Jahre

Die Abweichungen der beiden Berechnungsarten bewegen sich im Bereich von 0 – 2,5 %. Um die Berechnung für die Landwirte nicht unnötig zu verkomplizieren, wird für die Berechnung die statische Amortisationsrechnung angewandt. Bei kurzen Amortisationszeiten und einen niedrigem Kalkulationszinssatz ist eine Verzinsung unerheblich.



## 4 Methodik

### 4.1 Vor-Ort-Messungen

Der Stromverbrauch wurde mittels Vor-Ort-Messungen festgestellt und später analysiert. Der Messzeitraum betrug zwischen 5 bis 18 Tage. Zur Messung werden drei Typen von Messgeräten eingesetzt. Der Energiebezug und die durch PV-Anlagen erzeugte Energie werden mittels Lastprofilzähler gemessen. Die Lastprofilzähler werden anstelle der bisher vorhandenen Ferrarisähler in den Betrieben installiert und bleiben den Betrieben erhalten. Um eine genauere Zuordnung des Stromverbrauches zu ermöglichen, werden zusätzlich mobile Smart Meter in den Verteilerkästen der Betriebe angebracht. Die Anzahl dieser Geräte ist schwankend, da diese Messgeräte für den Einbau einen gewissen Platz benötigen und dieser nicht immer vorhanden ist. Zusätzlich wird der Stromverbrauch ausgewählter Geräte mittels Steckdosenmessgeräte ermittelt. Es ist nicht möglich, jeden Stromverbraucher einzeln zu ermitteln, jedoch werden alle Stromverbraucher aufgezeichnet, um somit in weiterer Folge eine Zuordnung durchführen zu können.

#### 4.1.1 Lastprofilzähler

Zur Erfassung des Energiebezugs wurden Lastprofilzähler der Firma Landis + Gyr AG verwendet. Die Zähler wurden vor der Montage von der Eichstelle Graz geeicht und besitzen die Genauigkeitsklasse 1 gemäß IEC 61036. Dies bedeutet eine absolute Genauigkeit bei Wirk- sowie Blindenergie von +/- 1%. [12] Einige der ausgewählten Betriebe besitzen eine PV-Anlage, welche zur Eigenstromerzeugung verwendet wird. Bei diesen Betrieben wird die erzeugte Energie der PV-Anlage ebenfalls mittels Lastprofilzähler messtechnisch erfasst.

Die Lastprofilzähler erfassen viertelstündlich den Wirk- sowie den Blindleistungsverbrauch. Da für die teilnehmenden Landwirte nur der Wirkleistungsverbrauch verrechnungsrelevant ist, wird im Online Portal nur dieser angezeigt. Um einen Vergleich mit den mobilen Smart Metern zu ermöglichen, ist es notwendig, aus den gemessenen Werten für Wirk- und Blindleistung die Scheinleistung zu berechnen.

#### 4.1.2 Mobile Smart Meter

Mobile Smart Meter messen den Stromfluss mittels Stromzangen. Die Spannung kann bei diesen Messgeräten nicht gemessen werden. Die Spannung wird fix auf 230 V eingestellt. Daher wird bei diesen Messgeräten nicht die Wirkleistung, sondern die Scheinleistung gemessen. Die Aufzeichnung der Werte erfolgt pro Minute und wird im Messgerät gespeichert. Wenn man die Werte pro Minute aufsummiert, erhält man den Stromverbrauch pro Stunde. Somit entsprechen die Werte dem Stromverbrauch in VA pro Minute. Das Auslesen der Daten erfolgt mittels eines Laptops und der kostenlosen Auswertungssoftware der Firma OWL. Die Anzahl der mobilen Smart Meter ist von Betrieb zu Betrieb unterschiedlich.

### 4.1.3 Steckdosenmessgerät

Zur Ermittlung des Stromverbrauches ausgewählter elektrischer Geräte wird ein Steckdosenmessgerät Type „Voltcraft Energy Check 3000“ verwendet. Durch diese zusätzliche Messung werden zum Beispiel alte Kühlgeräte im Haushalt separat gemessen, um deren Amortisationszeit berechnen zu können. Die Messgenauigkeit der Steckdosenmessgeräte beträgt +/- 1%. [13]

### 4.1.4 Prüfung Messgenauigkeit OWL Smart Meter

Da es sich bei den mobilen Messgeräten nicht um geeichte Messgeräte handelt, wird die Messgenauigkeit der Messgeräte geprüft. Zur Prüfung der Messabweichungen wurden vier der zehn Messgeräte auf deren Messabweichungen untersucht. Es wurde ermöglicht die Einrichtung der Eichstelle Graz zur Messung zu benutzen. In Abbildung 4 ist der Prüfaufbau der Messungen ersichtlich.



**Abbildung 4: Prüfaufbau Messgenauigkeit OWL Smart Meter**

Der Strom wird von 1-20 A pro Phase variiert. Es werden eine Spannung von 230 V und ein Phasenwinkel von  $\cos(\varphi) = 1$  eingestellt, womit die Wirkleistung der Scheinleistung entspricht. Die Daten werden anschließend mittels Excel ausgewertet. Tabelle 2 stellt den Messfehler der mobilen OWL Smart Meter in Prozent dar.

**Tabelle 2: Messabweichungen OWL Smart Meter**

eingestellt	gemessen			
	Ger 1	Ger 2	Ger 3	Ger 4
Strom				
A	%	%	%	%
1	5,00	5,00	-2,00	5,00
5	0,80	-0,13	-6,20	1,73
10	2,67	1,73	-4,33	3,13
15	1,42	0,96	-4,80	1,42
20	1,38	0,57	-4,57	1,62

Die Messabweichungen betragen maximal 6,2 Prozent und sind für die durchgeführten Messungen ausreichend.

## 4.2 Datenauswertung

Da es mit beiden Messgeräten möglich ist, die Daten ins Excel zu exportieren, wird die Auswertung mittels Microsoft Excel durchgeführt. Bei den mobilen Smart Metern wird der Stromverbrauch in VA pro Minute ausgegeben. Bei den Lastprofilzählern werden die Werte des Stromverbrauches viertelstündlich in kWh ausgegeben.

### Schritt 1: Umrechnung der OWL Rohdaten in Viertelstundenwerte

Um viertelstündliche Werte zu erhalten, werden die OWL-Daten pro Minute aufsummiert.

### Schritt 2: Umrechnung VAh in kWh

Um eine Umrechnung der Scheinleistung in Wirkleistung zu ermöglichen, muss die Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom ermittelt werden. Da der Lastprofilzähler sowohl den Wirk- als auch den Blindanteil des Stromverbrauches messtechnisch erfasst, ist es möglich den Leistungsfaktor viertelstündlich zu ermitteln.

#### Scheinleistungsberechnung:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (4-1)$$

#### Leistungsfaktor:

$$\cos(\varphi) = \frac{P}{S} \quad (4-2)$$

#### Wirkleistung:

$$P = S * \cos(\varphi) \quad (4-3)$$

Durch diese Umrechnung ist es möglich, den zu verrechnenden Stromverbrauch in kWh zu ermitteln.

### **Schritt 3: Berechnung Stundenwerte, Tageswerte**

Um eine übersichtliche Darstellung zu ermöglichen, werden die Werte des Stromverbrauches in Stundenwerte und in weiterer Folge in Tageswerte aufsummiert.

### **Schritt 4: Zuordnung der Stromverbraucher**

Anhand des gemessenen Leistungsflusses während des betrachteten Messzeitraumes, erfolgt in weiterer Folge die Zuordnung zu den einzelnen Stromverbrauchern. Die Betriebszeiten einzelner Verbraucher werden festgestellt, um somit eine genaue Zuordnung zu ermöglichen.

### **Schritt 5: Erstellen Diagramme**

Es werden zwei verschiedene Diagrammtypen zur Darstellung der folgenden Diagramme verwendet. Zur Darstellung des Lastflusses wird ein Säulendiagramm gewählt, da dieses einen guten Überblick des Stromverbrauchs liefert. Die Zuordnung der Stromverbraucher wird mittels eines Tortendiagrammes grafisch realisiert.

#### **Typ 1 Säulendiagramm: Darstellung des Lastflusses:**

Der Stromverbrauch wird in stündlichen Intervallen dargestellt. Dadurch lässt sich die Grundlast sowie mögliche Stromverbrauchsspitzen erkennen. Durch die Erkenntnisse aus der Lastganganalyse ist es möglich, Energieeffizienzmaßnahmen festzustellen und auf deren Wirtschaftlichkeit zu prüfen.

Für die genauere Auswertung wurden jeweils drei Tage ausgewählt, welche einen unterschiedlichen Tagesverbrauch aufweisen, dies hat den Grund, dass die Auswertung aller gemessenen Tage zu unübersichtlich wäre.

In Abbildung 5 werden die Messungen von 01.10., 05.10. und 10.10.2016 eines Betriebs dargestellt. Die Höhe der Säulen entspricht dem Stromverbrauch und wird in Kilowattstunden (kWh) angegeben. Auf der waagrechten Achse ist die dazugehörige Uhrzeit angeführt. Die Höhe der Säule um 01:00 Uhr entspricht dem Stromverbrauch von 0:00 bis 01:00 Uhr.

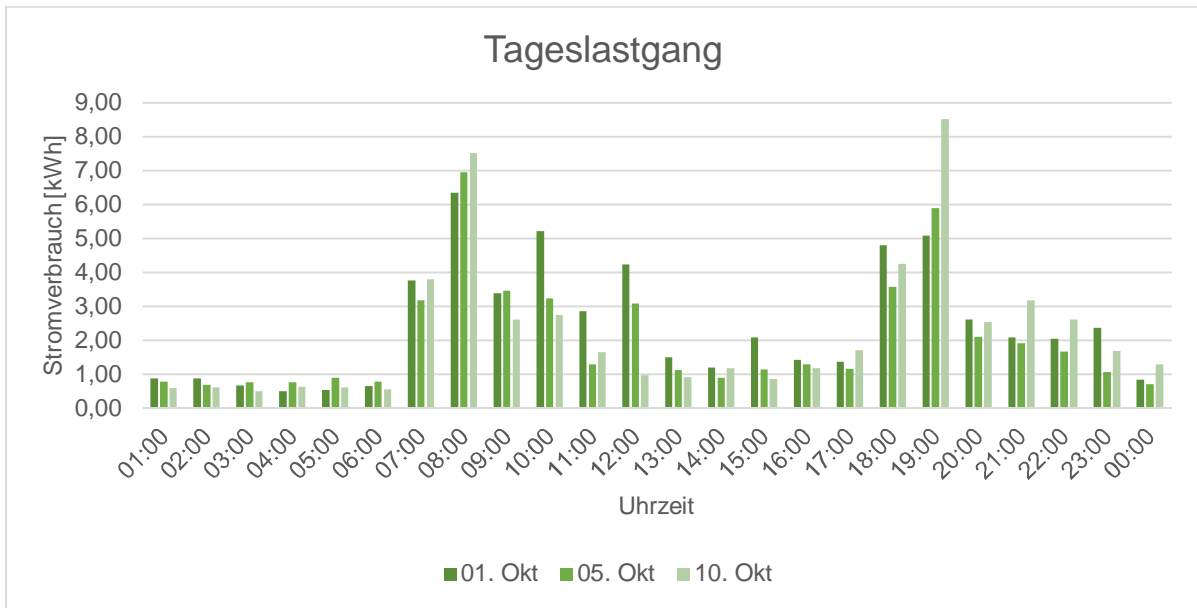


Abbildung 5: Typ 1; Beispiel Säulendiagramm

**Typ 2 Tortendiagramm: Zuordnung der Stromverbraucher:**

Um die Zuordnung des Stromverbrauches darzustellen, wird ein Tortendiagramm gewählt. Zur Darstellung werden die einzelnen Verbraucher in gleichwertige Verbrauchergruppen gegliedert. Im Diagramm wird der durchschnittliche Tagesstromverbrauch dieser Verbrauchergruppen dargestellt. Um eine übersichtliche Darstellung zu gewährleisten wird der Stromverbrauch in kWh und in Prozent dargestellt. Außerordentliche Stromverbraucher, wie zum Beispiel ein Hochdruckreiniger, werden in diesem Diagramm nicht berücksichtigt, da deren Verbrauch unregelmäßig ist.

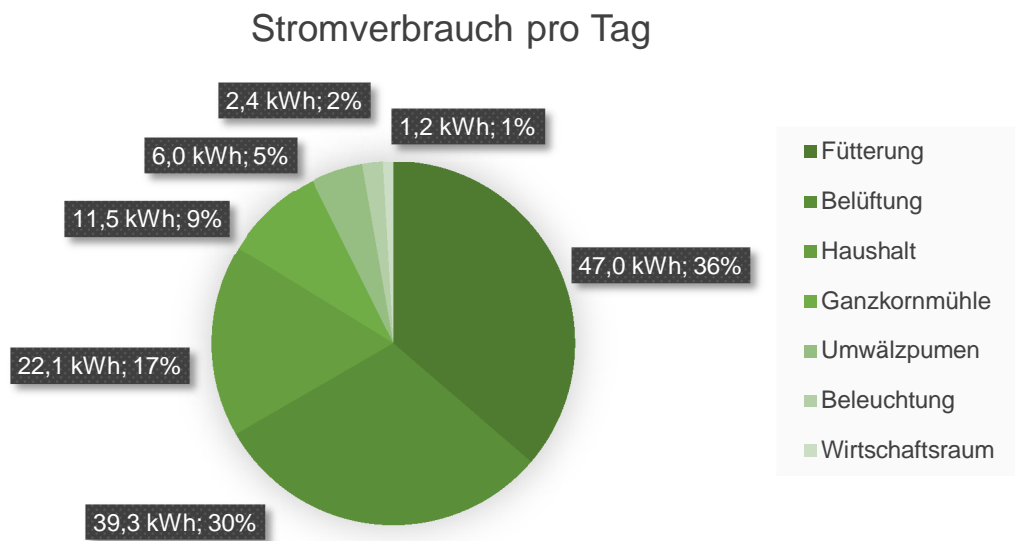


Abbildung 6: Typ 2; Beispiel Tortendiagramm

In Abbildung 6 ist der Stromverbrauch eines Schweinemastbetriebs grafisch dargestellt. Es ist ersichtlich, dass die Fütterung und die Belüftung den größten Teil des Strombedarfs benötigen.

### **4.3 Berechnung der Wirtschaftlichkeit**

Mit Hilfe des ermittelten Stromverbrauches, werden in weiterer Folge mögliche Energieeffizienzmaßnahmen ermittelt und auf deren Wirtschaftlichkeit geprüft.

#### **Schritt 1: Ermittlung der Energieeffizienzmaßnahmen**

Zu Beginn werden diverse Recherchen möglicher Energieeffizienzmaßnahmen durchgeführt. Bei einigen Betrieben sind bereits Energieeffizienzmaßnahmen in Teilen des Betriebs umgesetzt. Dieser Stromverbrauch wird ebenfalls messtechnisch erfasst, um mögliche Vergleiche des Stromverbrauches zu ermitteln. Mittels dieser Erkenntnisse wird Verbindung mit Experten auf dem jeweiligen Fachgebiet aufgenommen, um Richtpreise möglicher Investitionskosten festzustellen.

#### **Schritt 2: Feststellung möglicher Umsetzungen**

Es wird geprüft, ob die Bedingungen im Betrieb einen möglichen Umbau zur Einbindung einer Effizienzmaßnahme zulassen. Bei den Betrieben handelt es sich um bestehende Betriebe, wobei die Gegebenheiten des Betriebs in vielen Fällen einen Umbau aus Platzmangel oder anderen Gründen technisch nicht ermöglichen.

#### **Schritt 3: Berechnung der Amortisationszeit**

Mit Hilfe der ermittelten Stromersparnis und der entstehenden Investitionskosten einer möglichen Umsetzung wird die Amortisationszeit berechnet. Dazu wird die statische Amortisationsrechnung angewandt.

#### **Schritt 4: Anfertigen individueller Beratungsberichte**

Mit Hilfe dieser Daten werden individuelle Beratungsberichte für die Landwirte angefertigt. Die Berichte beinhalten die genaue Vorgehensweise der Messungen und der Investitionskostenrechnung möglicher Effizienzmaßnahmen. Die einzelnen Beratungsberichte für die 22 teilnehmenden Betriebe befinden sich im Anhang auf einer CD-ROM.

## 5 Auswahl der Betriebe

Die Betriebe wurden von der Landwirtschaftskammer Steiermark ausgewählt. Dabei handelt es sich um 22 Betriebe, welche in unterschiedliche Tätigkeitsbereiche untergliedert werden. Diese Unterteilung dient dazu, herauszufinden, ob es möglich ist, spartenspezifische Kennzahlen zu erörtern und mögliche Energieeffizienzmaßnahmen für die jeweiligen Sparten zu ermitteln. Landwirtschaftliche Betriebe sind zumeist in mehreren Bereichen tätig, daher ist es schwierig eine Zuordnung zu einer Sparte vorzunehmen. Die Zuteilung erfolgt deshalb nach dem Hauptzweig des jeweiligen Betriebs, das heißt nach der Haupteinnahmequelle des Betriebs sowie nach dem Bereich mit dem größten Stromverbrauch.

### **Folgende Unterteilungen wurden getroffen:**

1. Schweinemastbetriebe
2. Ferkelaufzuchtbetriebe
3. Milchviehbetriebe
4. Eierproduktionsbetriebe
5. Direktvermarktungsbetriebe
6. Urlaub am Bauernhof Betriebe
7. Weinbaubetriebe
8. Obstbaubetriebe
9. Buschenschankbetriebe



## 6 Energieeffizienzmaßnahmen

In den folgenden Bereichen werden Energieeffizienzmaßnahmen auf deren Wirtschaftlichkeit und einer möglichen Umsetzung geprüft. Je nachdem, in welchen Bereichen ein Betrieb tätig ist, erfolgt eine Prüfung der jeweiligen Effizienzmaßnahmen.

### 6.1 Belüftung

Zur Stallbelüftung werden Ventilatoren eingesetzt, wobei es hier mehrere mögliche Ausführungen gibt. Die Ansteuerung herkömmlicher Ventilatoren kann mittels Phasenanschnittsteuerung, Transformatorsteuerung oder Frequenzumrichter ausgeführt werden. Eine weitere Möglichkeit ist die Installation von sogenannten EC-Ventilatoren. Im Anhang ist auf Seite 84 die Leistungsaufnahme der verschiedenen Regelungsverfahren ersichtlich. EC-Ventilatoren und Frequenzumrichter führen vor allem bei geringen Drehzahlen zu einer Effizienzsteigerung. Bei Schweinemast- und Eierproduktionsbetrieben sind Stallbelüftungssysteme üblich und benötigen einen erheblichen Anteil des Stromverbrauches. Da einige Landwirte bereits EC-Ventilatoren und Frequenzumrichter besitzen, ist es möglich die Stromeinsparungen zu ermitteln und zu prüfen, ob ein Nachrüsten bei bestehenden Anlagen wirtschaftlich ist.

### 6.2 Fütterung

Bei den Schweinemastbetrieben werden verschiedene Fütterungssysteme eingesetzt. Die Druckluftfütterung ist hierbei diejenige mit dem größten Energieverbrauch bei gleicher Fütterungsmenge. Diese Fütterung hat jedoch andere Vorteile, wie zum Beispiel die optimale Versorgung aller Tiere mit der jeweils benötigten Futtermenge. Ein Umrüsten einer bestehenden Anlage wird daher nicht wirtschaftlich geprüft. Bei bestehenden Anlagen wird geprüft, ob mögliche Effizienzmaßnahmen bestehen. Bei Milchviehbetrieben und Eierproduktionsbetrieben ist der Stromverbrauch der Fütterungsanlagen gering, wodurch keine wirtschaftlichen Energieeffizienzmaßnahmen möglich sind.

### 6.3 Ferkelnestheizung

Bei der Ferkelnestheizung gibt es zwei Varianten:

1. Warmwasserplatten
2. Wärmelampen

Warmwasserplatten sind Bodenplatten, welche mittels eines Heizungskreislaufs beheizt werden können. Da die meisten Betriebe bereits eine Hackschnitzelheizung besitzen, besteht die Möglichkeit die Platten mit dieser Heizung zu beheizen. Warmwasserplatten haben einen besseren Wirkungsgrad und haben den Vorteil, dass die Kosten für Hackschnitzel wesentlich günstiger sind, als anfallende Stromkosten für Wärmelampen. Es sind Kosteneinsparungen bis zu 60% möglich. [14]



## 6.4 Beleuchtung

Bei der Beleuchtung wird eine Umstellung der vorhandenen Beleuchtungen auf LED-Technologie oder Energiesparlampen geprüft. Grundsätzlich sind Stall- und Lagerraumbeleuchtungen mittels Leuchtstoffröhren ausgeführt. Es besteht die Möglichkeit, diese durch energieeffiziente LED-Röhren zu ersetzen. Laut Hersteller ist es möglich, Leuchtstoffröhren vom Typ KVG durch sogenannte „Retrofit“ LED-Röhren zu ersetzen, ohne dass ein Umbau erforderlich ist. [15] Nach Absprache mit Experten ist jedoch aus mehreren Gründen davon abzuraten:

- Verlust der Garantieansprüche
- Halterungen der Leuchtstoffröhren sind nicht für das Gewicht von LED-Röhren ausgelegt
- Versicherungen steigen im Schadensfall aus

Um ein sicheres Umrüsten auf LED-Röhren gewährleisten zu können, ist es notwendig, die gesamte Lampe zu ersetzen. Bei der Umrüstung auf LED-Röhren ist auf die Betriebszeiten der Leuchtstoffröhren zu achten.

Bei Buschenschankbetrieben und im Haushaltsbereich wird geprüft, ob eine Umstellung der herkömmlichen Glühbirnen auf Energiesparlampen oder LED-Lampen wirtschaftlich ist. Hier ist eine Auswechslung der gesamten Lampe nicht notwendig, wodurch die Kosten einer möglichen Umrüstung gesenkt werden.

## 6.5 Haushalt

Im Haushalt ist es möglich, alte Haushaltsgeräte durch energieeffiziente Neugeräte zu ersetzen. Gründe die für den Austausch alter noch funktionsfähiger Geräte sprechen:

- Stromersparnis neuer Geräte
- Nutzungsdauer alter Geräte ist unbekannt

Bei einigen Haushaltsgeräten, wie zum Beispiel der Waschmaschine oder dem Trockner, spielt die Nutzungshäufigkeit der Geräte eine Rolle. Energieeffiziente A+++ Geräte benötigen bis zu 60% weniger Strom als 10 Jahre alte Geräte. [16] Der Stromverbrauch ausgewählter Haushaltsgeräte wird mittels Steckdosenmessgerät gemessen.

## 6.6 Heizung

Ein Großteil der landwirtschaftlichen Betriebe besitzt eine Hackschnitzelheizung. Der Stromverbrauch bei diesen Heizungen entsteht zum größten Teil durch die Umwälzpumpen des Heizungssystems. Es gibt die Möglichkeit, herkömmliche Umwälzpumpen durch Hocheffizienzpumpen zu ersetzen. Diese Pumpen werden mittels Frequenzumrichter gesteuert, wodurch sich der Stromverbrauch bis zu 70% verringert. [17]

## 6.7 Milchtankkühlung

Die warme Milch aus den Eutern wird im Milchtank auf ca. 4-6 °C herabgekühlt. Durch eine Vorkühlung der Milch ist es möglich den Energieverbrauch bei diesem Vorgang zu senken. Mittels eines Plattenvorkühlers, der mit kaltem Brunnenwasser (12 °C) gespeist wird, erfolgt ein Wärmeaustausch bei dem die Milch durch das Wasser vorgekühlt wird. Ein weiterer Vorteil dieser Methode ist, dass man dadurch lauwarmes Wasser erhält, welches von den Tieren bevorzugt wird. [18]

## 6.8 Vakuumpumpe

Die Vakuumpumpe sorgt dafür, dass das Vakuumniveau beim Melken aufrechterhalten wird. Üblicherweise laufen Vakuumpumpen mit konstanter Drehzahl zur Erzeugung des benötigten Luftstromes. Ein Großteil dieser Energie wird dabei jedoch nicht benötigt, da eine geringere Drehzahl ausreichen würde. Durch Frequenzumrichter (FU) ist es möglich, diesen Motor mit einer geringeren Drehzahl zu betreiben. Dadurch kann ein bis zu 60% geringerer Stromverbrauch erreicht werden. [19]

## 6.9 Kühlaggregate/Kühlzellen

Bei Weinbau-, Obstbau- und Buschenschankbetrieben entsteht ein erheblicher Stromverbrauch durch die Kühlaggregate und Kühlzellen, welche zur Getränkekühlung benötigt werden. Da das genaue Fassungsvermögen der einzelnen Getränkelager nicht bekannt ist und mehrere Faktoren bei der Umrüstung der Kühlräume eine Rolle spielen, ist keine grobe Investitionskostenberechnung möglich. Durch mehrere Faktoren kann der Stromverbrauch von Kühlräumen gesenkt werden.

### Ausnutzung des Fassungsvermögens

Wenn ein Betrieb mehrere Kühlräume besitzt, ist darauf zu achten, dass das Fassungsvermögen eines Kühlraumes ausgenutzt wird und dadurch nicht alle Kühlräume gleichzeitig in Betrieb genommen werden müssen.

### Temperatureinstellung

Die Temperatureinstellungen der Kühlräume sind gesetzlich vorgegeben, je nachdem welche Getränke oder Lebensmittel gekühlt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Temperaturen eingehalten, die Waren jedoch nicht zu tief gekühlt werden. Bei der Kühlung erhöht jeder zusätzliche Grad Celsius den Energiebedarf um etwa 5%. Tiefkühlzellen benötigen mit -24°C statt -18°C ca. 30% mehr Energie. [20]

### Vermeidung von Vereisungen

Es ist darauf zu achten, dass die Lamellen des Verdampfers nicht vereisen. Durch eine Vereisung kann der Energieaustausch nur ungenügend stattfinden und es kommt zu einem

erhöhten Energiebedarf der Kühlzelle. Um diesen Effekt zu vermeiden ist eine Abtauuhr empfehlenswert.

### **Zusammenlegung einzelner Aggregate zu einer Kühlstation**

Es ist möglich, einzelne Kühlzellen mit ähnlichen Temperaturen zusammenzufassen und von einer effizienten Kältezentrale zu versorgen. Somit ist es möglich eine Wärmerückgewinnung zur Warmwassererwärmung zu integrieren.

### **Wärmerückgewinnung**

Die entstehende Abwärme von Kühlaggregaten kann mit Hilfe einer Wärmerückgewinnungsanlage zur Erwärmung von Warmwasser genutzt werden.

### **Isolierung**

Je besser die Isolierung eines Kühlraumes ist, desto geringer ist der Energiebedarf zur Kühlung des Raumes. Es ist vor allem darauf zu achten, dass die Türen gut abgedichtet sind.

## 7 Ergebnisse

In den verschiedenen Sparten sind unterschiedliche Maßnahmen von Relevanz. Es wird untersucht ob aus den erhobenen Daten Energiekennzahlen für die jeweiligen Sparten zu ermitteln sind. Um mögliche Kennzahlen ermitteln zu können, müssen die wichtigsten Daten der Betriebe festgehalten werden. Bereits im Voraus hat eine Hofbesichtigung durch Thomas Loibnegger von der Landwirtschaftskammer und Manfred Hierzberger, einem „E-Checker“ der Firma Energie Steiermark, stattgefunden. Bei dieser Besichtigung wurden die wichtigsten Daten wie z.B. Anzahl der Tiere, jährlicher Energieverbrauch, Energieverbraucher und mögliche Einsparungen ermittelt. Diese Daten dienen als Grundlage für die durchzuführenden Messungen. Die Anzahl der mobilen Messgeräte ist variabel, da die Messgeräte einen gewissen Platz im Verteilerkasten benötigen und dieser nicht immer vorhanden ist. Um die genaue Vorgehensweise zu verdeutlichen, wird Betrieb S1 ausführlich dargestellt. Bei den weiteren Betrieben wird nur eine Kurzfassung der Messergebnisse und der daraus folgenden Energieeffizienzmaßnahmen dargestellt.

### 7.1 Schweinemastbetriebe

#### 7.1.1 Betrieb S1

Der Betrieb besitzt 900 Mastplätze und 300 Ferkelaufzuchtplätze. 300 Schweinemastplätze befinden sich im neuen Stall, die restlichen Tiere sind in der alten Stallung. Der neue Stall besitzt bereits Frequenzumrichter zur Ansteuerung der Belüftungsventilatoren. Die Familie bewirtschaftet 52 ha Acker und 12 ha Wald. Eines der Nebenprodukte des Betriebs ist Kürbiskernöl. In Tabelle 3 sind der jährliche Energieverbrauch sowie die anfallenden Kosten ersichtlich. Der Energieverbrauch setzt sich aus drei Bereichen zusammen: Wärme, Treibstoff, Strom. Die Umrechnung des Energieverbrauches in kWh wird im Anhang beschrieben.

**Tabelle 3: Jahresenergieverbrauches; Betrieb S1**

Jährlicher Energieverbrauch		Umrechnung Energieverbrauch	Kosten
-		kWh	€
<b>Strom</b>	49.000 kWh	49.000	8.330
<b>Wärme</b>	120 Srm Waldhackgut	108.000	2.400
<b>Treibstoff</b>	8.000 Liter Diesel	80.000	7.200
<b>Gesamt</b>	-	237.000	17.930



Abbildung 7: Energieverbrauch, Kostenverbrauch S1

Nahezu die Hälfte der jährlichen Energiekosten wird durch den Stromverbrauch verursacht. Ziel des Projektes ist es, den Stromverbrauch des Betriebs durch Effizienzmaßnahmen zu senken.

Für die Auswertung des Stromverbrauchs wurden die Daten aus der Messung von 22.12. - 31.12.2015 herangezogen. In Abbildung 8 ist der Mittelwert des täglichen Stromverbrauchs der durchgeführten Messungen ersichtlich.

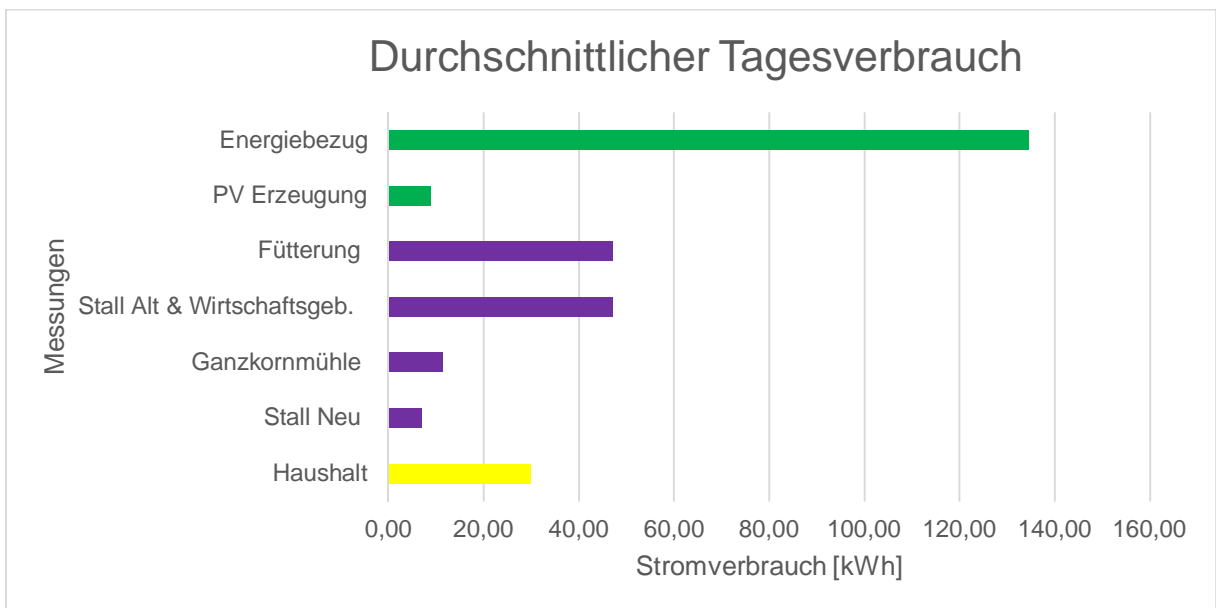


Abbildung 8: Durchgeführte Messungen während des Messzeitraumes; Betrieb S1

Grün: Gemessen mittels Lastprofilzähler

Violett: Gemessen mittels mobiler Smart Meter

Gelb: Mit Hilfe der vorhandenen Messungen berechnete Werte

Es werden alle Verbraucher im Betrieb festgestellt, um mit Hilfe der Messungen eine Zuordnung zu den einzelnen Stromverbrauchern zu ermöglichen. Die Betriebszeiten einzelner Geräte werden ermittelt, um eine Lastganganalyse durchführen zu können.

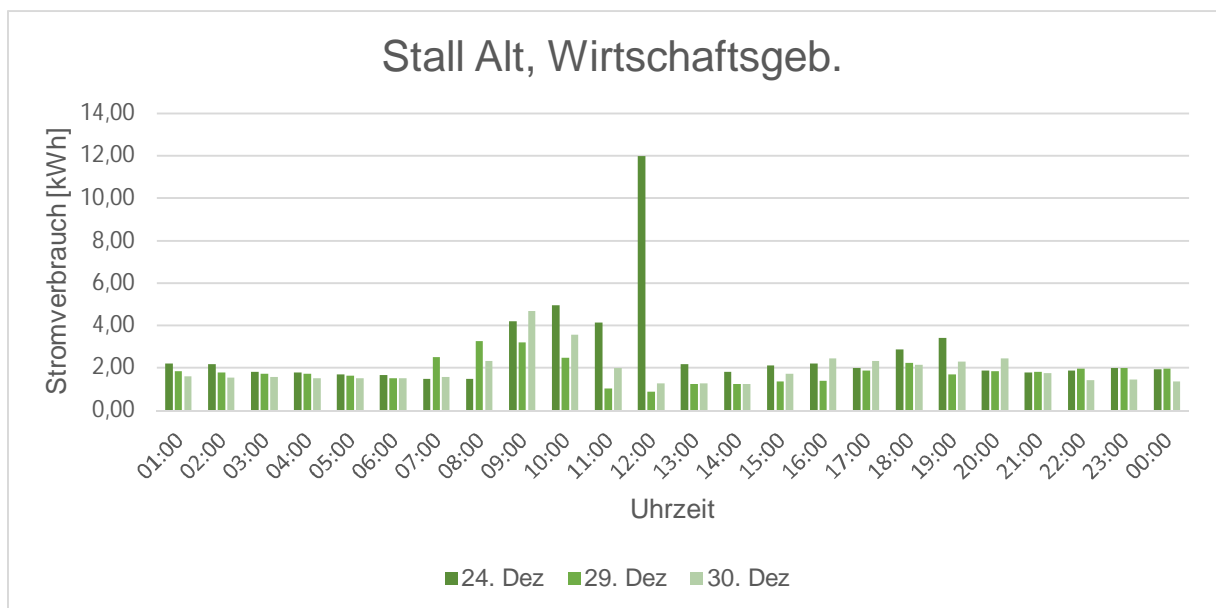
### Messung Wirtschaftsraum und Stall Alt

Aus Platzmangel war es nicht möglich, den Wirtschaftsraum separat vom alten Stall zu messen. Daher erfolgte eine systematische Auswertung des Energieverbrauchs. Zu Beginn wurden die konstanten Stromverbraucher betrachtet.

#### Konstante Verbraucher:

- Ventilatoren
- Kühlgeräte
- Umwälzpumpen

Zur Auswertung der konstanten Verbraucher werden die durchschnittlichen Werte von 22:00 bis 05:00 Uhr herangezogen, da in dieser Zeit keine anderen Geräte aktiv waren.



**Abbildung 9: Lastgang Stall alt, Wirtschaftsraum; Betrieb S1**

Der durchschnittliche Stromverbrauch von 22:00-05:00 Uhr liegt bei 1,75 kWh pro Stunde. Der Stromverbrauch der Kühltruhe wurde mittels eines Voltcraft Energy 3000 Messgerätes gemessen. Der durchschnittliche Verbrauch der Gefriertruhe beträgt 1,14 kWh pro Tag, wodurch ein Verbrauch von 0,047 kWh pro Stunde ermittelt werden kann.

Die Leistung einer Standard Umwälzpumpe liegt bei ca. 40-60 Watt. Es sind 5 Stück Umwälzpumpen vorhanden, welchen einen Stromverbrauch von 0,25 kWh pro Stunde aufweisen. Daraus folgt, dass der Stromverbrauch der Belüftungsventilatoren 1,46 kWh pro Stunde beträgt.

Die Betriebszeit der Beleuchtung wurde mit einer Stunde täglich angenommen. Es sind 22 Leuchtstoffröhren mit je 58 Watt und 8 Leuchtstoffröhren mit je 36 Watt installiert. Daraus ergibt sich ein Verbrauch von 1,57 kWh pro Tag. Jedoch wurde festgestellt, dass die Beleuchtung nicht an allen Tagen in Betrieb genommen wurde und diese keine fixen Betriebszeiten hat.

Im weiteren Tagesverlauf wurden weitere Erhöhungen des Stromverbrauchs festgestellt, welche je nach Höhe auf die Waschmaschine, den Backofen oder das Reinigen mittels Hochdruckreiniger zurückzuführen sind.

Gesamtverbrauch Stall Alt pro Tag:

$$\begin{aligned} & 35,0 \text{ kWh Belüftung} \\ & 1,6 \text{ kWh Beleuchtung} \\ = & 36,6 \text{ kWh Gesamt} \end{aligned}$$

Außerordentliche Verbraucher:

$$9,5 \text{ kWh Hochdruckreiniger pro Betriebsstunde}$$

Gesamtverbrauch Wirtschaftsraum pro Tag:

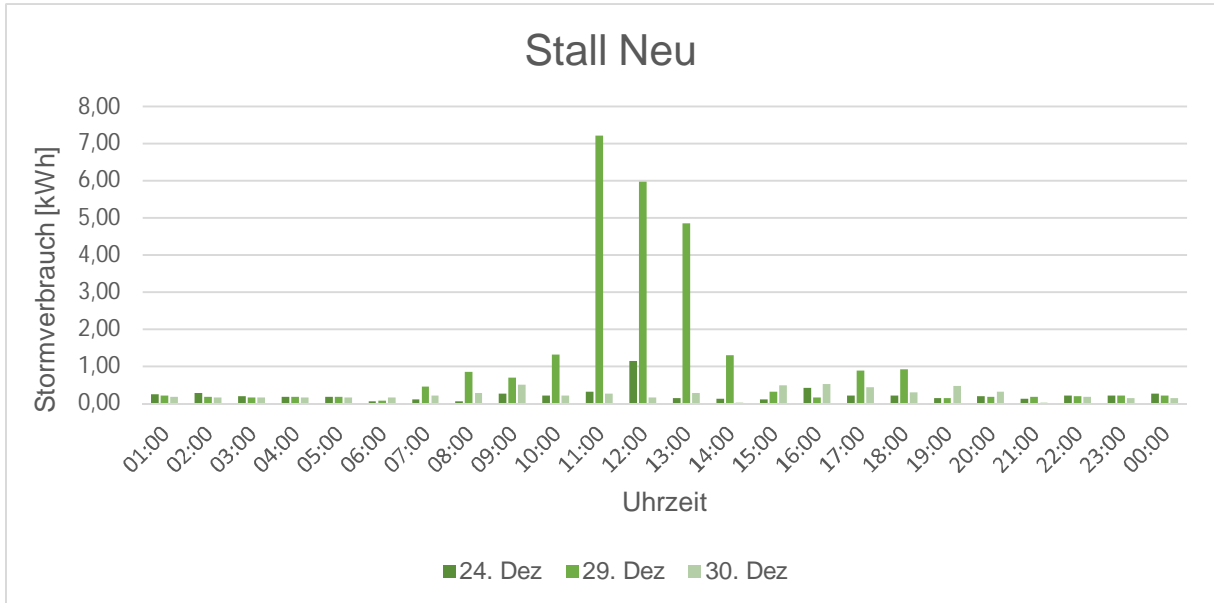
$$\begin{aligned} & 1,2 \text{ kWh Gefriertruhe} \\ & 6,0 \text{ kWh Umlaufpumpen} \\ = & 7,2 \text{ kWh Gesamt} \end{aligned}$$

Außerordentliche Verbraucher:

$$\begin{aligned} & 1,1 \text{ kWh Waschmaschine pro Waschgang} \\ & 4,5 \text{ kWh Backofen pro Betriebsstunde} \end{aligned}$$

## Messung Stall Neu

Im neuen Stall sind bereits Frequenzumrichter zur Ansteuerung der Ventilatoren vorhanden. Daher ist in Abbildung 10 ein deutlich geringerer Leistungsbedarf ersichtlich.



**Abbildung 10: Lastgang Stall neu; Betrieb S1**

Die Berechnung des Belüftungssystems erfolgte wiederum von 22:00 bis 05:00 Uhr. Der Stromverbrauch der Belüftung liegt bei 0,18 kWh pro Stunde. Am 29.12.2015 ist von 10:00 bis 14:00 Uhr ein deutlich erhöhter Stromverbrauch ersichtlich, welcher durch die Reinigung einer Stallung mittels Hochdruckreiniger verursacht wurde.

Die Beleuchtungsdauer wird wiederum mit einer Betriebsstunde täglich angenommen. In dieser Stallung befinden sich 12 Leuchtstoffröhren mit je 58 Watt und 3 Leuchtstoffröhren mit 36 Watt. Daraus ergibt sich ein täglicher Stromverbrauch von 0,8 kWh.

Gesamtverbrauch Stall Neu pro Tag:

$$\begin{aligned}
 & 4,3 \text{ kWh Belüftung} \\
 & 0,8 \text{ kWh Beleuchtung} \\
 = & 5,1 \text{ kWh Gesamt}
 \end{aligned}$$

Zusätzlicher Verbraucher:

9,5 kWh Hochdruckreiniger pro Betriebsstunde



### Messung Ganzkornmühle

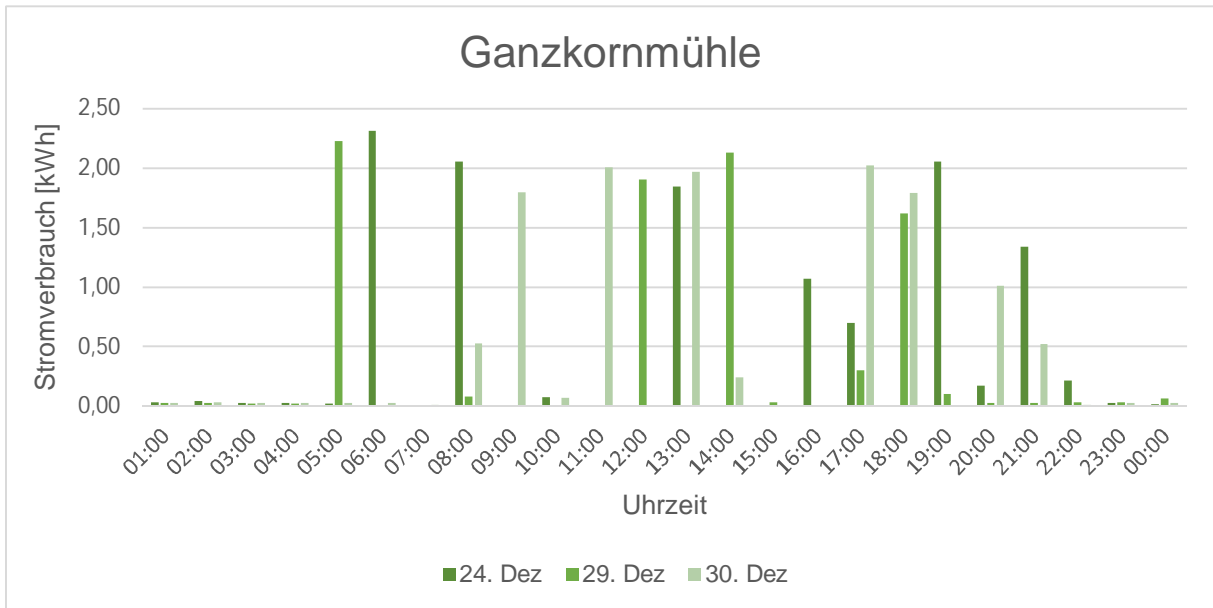


Abbildung 11: Lastgang Ganzkornmühle; Betrieb S1

Mit Hilfe der Ganzkornmühle wird der Mais für die Fütterung der Masttiere gemahlen. Die Mühle ist mehrmals täglich für etwa 10 Minuten in Betrieb und wird mit einem 15 kW Motor der Marke Lenze betrieben.

Gesamtverbrauch Ganzkornmühle pro Tag: 11,5 kWh

### Messung Fütterung

Es handelt sich um eine Spotmix-Fütterung der Firma Schauer-Agrotronic. Die Fütterung erfolgt mittels Druckluft und wird über einen Computer gesteuert.

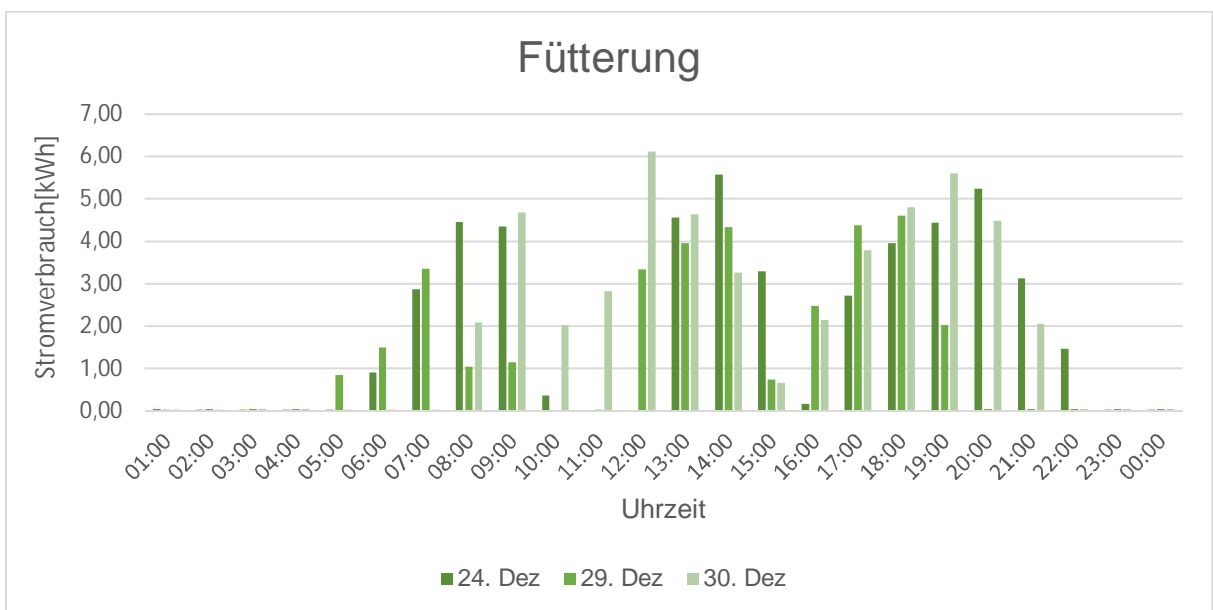


Abbildung 12: Lastgang Fütterung; Betrieb S1

Es ist ersichtlich, dass die Fütterung in etwa von 06:00 bis 22:00 Uhr in Betrieb ist. Die Fütterung erfolgt mehrmals täglich, um eine optimale Versorgung der Tiere zu gewährleisten.

Gesamtverbrauch Fütterung pro Tag: 47,1 kWh

### Berechnung Haushalt

Der Haushalt konnte nicht eigens gemessen werden, da jedoch die anderen Bereiche am Hof gemessen wurden, kann aus der Differenz von Einspeisung und den gemessenen Verbrauchern, auf den Verbrauch des Haushalts rückgerechnet werden. Diese Berechnung kann durch Messabweichungen aller Messgeräte durchaus zu Diskrepanzen des tatsächlichen Verbrauches führen. Für die Sichtung des Stromverbrauchs sind diese Abweichungen jedoch nicht von Relevanz.

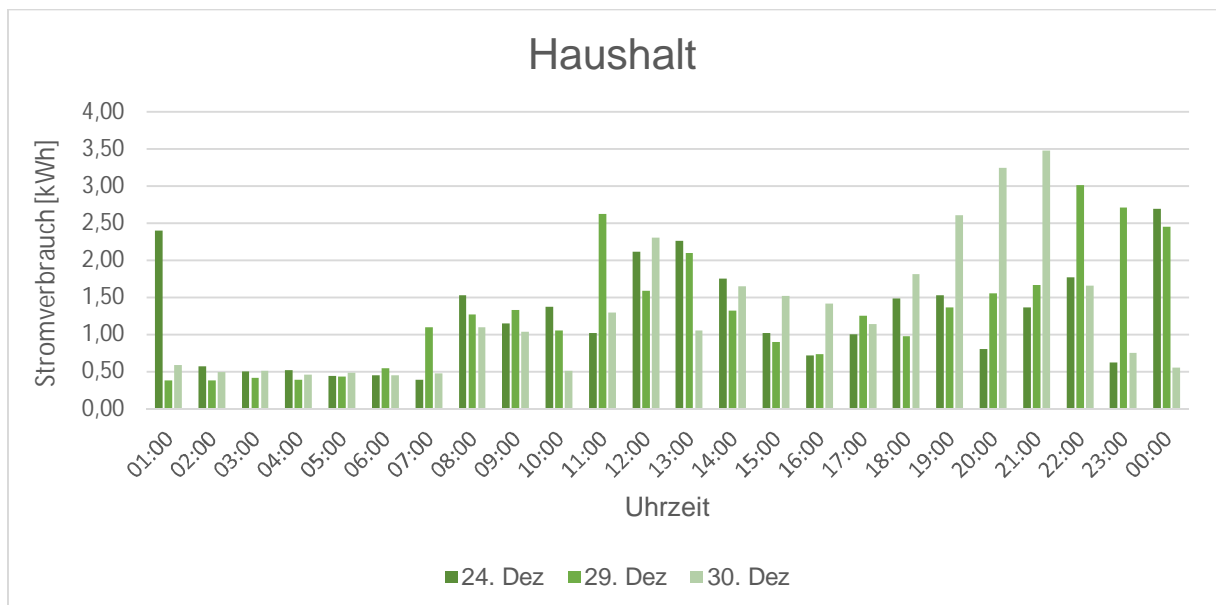


Abbildung 13: Lastgang Haushalt; Betrieb S1

Es ist eine Grundlast von 0,45 kWh pro Stunde ersichtlich. Dieser Stromverbrauch wird durch die vorhandenen Kühlschränke, Gefriertruhen und durch Standby-Verluste (z.B. Fernseher) erzeugt.

**Im Tagesverlauf sind drei Stromverbrauchsspitzen ersichtlich:**

- Morgenspitze: Beleuchtung
- Mittagsspitze: Herd, Waschmaschine
- Abendspitze: Herd, Fernsehgeräte, Beleuchtung

Im Haushalt wurden nicht alle Verbraucher festgestellt, da dieser Bereich in diesem Projekt nicht näher untersucht wird.

Durchschnittlicher Gesamtverbrauch Haushalt pro Tag: 22,14 kWh

## Zuordnung der Stromverbraucher:

Stromverbraucher mit den gleichen Verbrauchseigenschaften werden zu Gruppen zusammengefasst, um eine übersichtliche Darstellung zu ermöglichen. Abbildung 14 zeigt den durchschnittlichen Stromverbrauch einzelner Verbrauchergruppen pro Tag.

## Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch

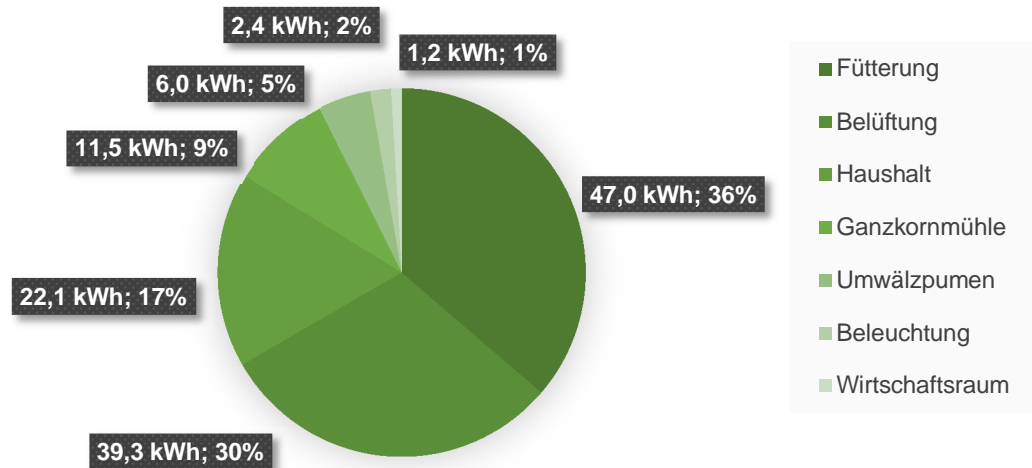


Abbildung 14: Zuordnung Stromverbraucher; Betrieb S1; Darstellung in kWh; %

Es ist ersichtlich, dass die beiden größten Stromverbraucher am Hof die Fütterung gefolgt von der Belüftung sind. Der Stromverbrauch der Belüftung wurde außerdem im Winter gemessen. In den Sommermonaten wird dieser Anteil deutlich steigen. Daher kann man schlussfolgern, dass die Belüftung über das gesamte Jahr den höchsten Stromverbrauch hat.

## Berechnung der Energieeffizienzmaßnahmen

Für folgende Verbraucher wurden Effizienzmaßnahmen berechnet:

- Belüftung
- Fütterung
- Umlaufpumpen
- Beleuchtung
- Haushaltsgeräte

Für alle anderen Geräte am Hof ist eine Berechnung nicht sinnvoll, da nur wenig Einsparpotential vorhanden ist. Verbraucher wie zum Beispiel die Ganzkornmühle oder der Hochdruckreiniger benötigen, ab dem Zeitpunkt ihrer Inbetriebnahme, die maximale Leistung, wodurch eine Frequenzsteuerung keine Einsparungen bewirkt.

## Kostenberechnung Belüftung

Damit es möglich ist, den Stromverbrauch der Belüftung zu vergleichen, muss der Verbrauch des jeweiligen Stalls mit dem Gewicht der Tiere verglichen werden. Die Anzahl der Tiere und das Gewicht der Tiere in den Stallungen werden mit Hilfe des Landwirts ermittelt.

Für diese Berechnung wird das durchschnittliche Gewicht der Tiere wie folgt angenommen:

- Durchschnittliches Gewicht je Mastschwein 50 kg
- Durchschnittliches Gewicht je Ferkel 20 kg

## Messungen haben folgenden Stromverbrauch ergeben:

**Tabelle 4: Erhobene Daten der Stallungen; Betrieb S1**  
**Berechnung des aktuellen Stromverbrauchs**

	Stall Alt	Stall Neu
Anzahl der Tiere	600 Mastschweine 240 Ferkel	345 Mastschweine
Gesamtgewicht	34.800 kg	17.250 kg
Aktueller Stromverbrauch pro Tag	34,8 kWh	4,3 kWh
Stromverbrauch pro Tag je kg	1,0 Wh	0,25 Wh

Der Verbrauch bei EC-Ventilatoren liegt bei vergleichbaren Bedingungen durchschnittlich bei 0,2 Wh pro Tag je kg.

- Stromersparnis mittels Frequenzumrichter: 0,75 Wh pro Tag je kg
- Stromersparnis mittels EC-Ventilatoren: 0,8 Wh pro Tag je kg

Eine Berechnung der Stromersparnis erfolgt für den alten Stall. Es wäre theoretisch möglich, eine Umrüstung im neuen Stall auf EC-Ventilatoren vorzunehmen, doch diese Investition wäre auf keinen Fall wirtschaftlich.

## Es bestehen zwei Möglichkeiten für den alten Stall:

- Umrüstung auf EC-Ventilatoren
- Nachrüsten von Frequenzumrichtern

Eine Nachrüstung mittels Frequenzumrichter hat hierbei den Vorteil, dass die bestehenden Ventilatoren nicht getauscht werden müssen.

Im alten Stall befinden sich 9 Ventilatoren. Mit Hilfe von Herrn Hermann Pronnegg (Fa. Styriabrid Stalltechnik) war es möglich, die Investitionskosten zu berechnen. Tabelle 5 zeigt den Vergleich beider Investitionskostenrechnungen und die dadurch entstehenden Einsparungen. Es wird ebenfalls eine Förderung in der Höhe von 50% der Investitionskosten berücksichtigt, welche eine Deckelung von 5000 € als Obergrenze besitzt. Für die Berechnung der Kosten wird der Strompreis mit 0,17 €/kWh und die Arbeitsstunde mit 56 €/h angenommen.

**Tabelle 5: Investitionskostenrechnung Belüftung; Betrieb S1**

Kostenrechnung (Nettorichtpreise excl. Mehrwertsteuer)		
-	Frequenzumrichter	EC-Ventilatoren
Ventilatoren	-	7.109 €
Regelung	2.760 €	-
Montagezeit	12 Std.	24 Std.
Montagekosten	672 €	1.344 €
Gesamtkosten ohne Förderung	3.432 €	8453 €
Gesamtkosten mit Förderung	1.716 €	4.227 €
Stromeinsparung pro Jahr	9.527 kWh	10.162 kWh
Jährliche Kostenersparnis	1.620 €	1.728 €

Mit diesen Daten ist es möglich die Amortisationszeit zu berechnen. Die Amortisationszeit ist jene Zeit, ab welcher sich eine Investition bezahlt macht.

#### Berechnung der Amortisationszeit:

$$a_{stat} = \frac{\text{Investitionskosten}}{\text{Jährliche Kostenersparnis}} \quad (7-1)$$

Es werden in diesem Fall keine Zinsen oder Teuerungsfaktoren für die Zukunft mitberücksichtigt, da diese schwer abzuschätzen sind.

**Tabelle 6: Amortisationszeit Belüftung; Betrieb S1**

Berechnung der statischen Amortisationszeit		
-	Frequenzumrichter	EC-Ventilatoren
Amortisationszeit	1,1 Jahre	2,5 Jahre

Es ist jedoch anzumerken, dass bei dieser Berechnung keinerlei Ausfälle mitberücksichtigt wurden. Ebenfalls wurden diese Messungen im Winter durchgeführt und es ist ungewiss, wie hoch die Leistungseinsparung in den Sommermonaten ist. Wenn die Ventilatoren mit voller Leistung betrieben werden, ist keine Einsparung mittels Frequenzumrichter möglich. Recherchen haben ergeben, dass die Leistungersparnis durch FUs im Jahresdurchschnitt bei 50% liegt. Für den betrachteten Zeitraum liegt die Leistungersparnis bei 75%. Jedoch ist der Leistungsbedarf im Sommer auch wesentlich höher als im Winter und dadurch ist die Einsparung wiederum größer.

#### Kostenberechnung Fütterung

Es wurde Kontakt mit der Firma Schauer Agrotronic GmbH aufgenommen, um bei bestehenden Spotmix-Fütterungen Energieeffizienzmaßnahmen zu erörtern. Da in diesem Betrieb im Jahr 2013 bereits eine Optimierung der Fütterungszeiten durchgeführt wurde, ist es nicht möglich sinnvolle Einsparungen bei der bestehenden Fütterungsanlage vorzunehmen.

## Kostenberechnung Umwälzpumpen

Im Betrieb sind 5 Stück Umwälzpumpen installiert, mit einer Leistung von 30 - 80 Watt je Stück. Dadurch entsteht ein täglicher Stromverbrauch von 3,6 – 9,6 kWh, wenn die Heizung in Betrieb ist. Zur Berechnung des durchschnittlichen Jahresverbrauchs wird eine Betriebszeit von 6.000 Stunden gewählt und eine durchschnittliche Leistung von 50 Watt je Pumpe.

Recherchen haben ergeben, dass Hocheffizienzpumpen bei gleichen Förderbedingungen eine Leistung von 7 Watt je Stück aufweisen. Für die Kostenrechnung wurde ein Richtpreis von 173 € (excl. Mehrwertsteuer) pro Pumpe angenommen.

**Tabelle 7: Investitionskostenberechnung Hocheffizienzpumpen; Betrieb S1**

<b>Kostenrechnung (Nettorichtpreise excl. Mehrwertsteuer)</b>		
	Standard Umwälzpumpen	Hocheffizienzpumpen
Jährlicher Stromverbrauch	1.500 kWh	210 kWh
Jährliche Stromeinsparung	-	1.290 kWh
Jährliche Stromkosten	255 €	36 €
Jährliche Kostenersparnis	-	219 €
Investitionskosten Hocheffizienzpumpen	-	865 €
Montagezeit	-	8 Stunden
Montagekosten	-	448 €
Gesamtkosten ohne Förderung	-	1.313 €
Gesamtkosten mit Förderung	-	657 €
Statische Amortisationszeit	-	3

## Kostenrechnung Beleuchtung

Zur Berechnung des Stromverbrauchs der Beleuchtung wird eine tägliche Betriebszeit von einer Stunde angenommen. Am Hof befinden sich 34 Leuchtstoffröhren mit einer Leistung von 58 Watt je Stück und 11 Leuchtstoffröhren mit einer Leistung von 36 Watt je Stück.

- Investitionskosten pro LED-Röhre (Richtpreis, excl. Mehrwertsteuer): 80 €
- Montagezeit pro LED-Röhre: ca. 30 Minuten
- Montagekosten pro Lampe: ca. 28 € (excl. Mehrwertsteuer)
- Kosten pro herkömmlicher Leuchtstoffröhre: 5 €

**Tabelle 8: Investitionskostenberechnung Beleuchtung S1**

<b>Kostenrechnung (Nettorichtpreise excl. Mehrwertsteuer)</b>		
	Leuchtstoffröhren	LED-Röhren
Jährlicher Stromverbrauch	863 kWh	305 kWh
Jährliche Stromersparnis	-	558 kWh
Jährliche Stromkosten	147 €	52 €
Jährliche Kostenersparnis	-	95 €
Investitionskosten LED-Röhren	-	3.600 €
Montagezeit	-	23 Stunden
Montagekosten	-	1.288 €
Gesamtkosten ohne Förderung	-	4.888 €
Gesamtkosten mit Förderung	-	2.444 €
Statische Amortisationszeit	-	25,7 Jahre

## Kostenrechnung Haushaltsgeräte

Es befinden sich zwei Gefriertruhen, drei Kühlschränke, zwei Waschmaschinen und ein Backofen am Hof. Es war leider nicht möglich alle Geräte zu messen, um den jeweiligen Stromverbrauch festzustellen. Zur Darstellung des erhöhten Stromverbrauchs alter Geräte, wurde eine 10 Jahre alte Gefriertruhe mittels eines Voltcraft Energy 3000 Messgerätes gemessen. Der Stromverbrauch der gemessenen Gefriertruhe mit dem Nutzinhalt 274 Liter beträgt 1,14 kWh pro Tag.

Der Stromverbrauch einer A+++ Gefriertruhe mit gleichem Nutzinhalt liegt bei 136 kWh pro Jahr. Daraus folgt: 0,37 kWh pro Tag. Der Preis einer neuen A+++ Gefriertruhe mit 280 Liter Nutzinhalt: ca. 560 € (excl. Mehrwertsteuer)

**Tabelle 9: Investitionskostenrechnung Gefriertruhe; Betrieb S1**

<b>Kostenrechnung (Nettorichtpreise excl. Mehrwertsteuer)</b>		
-	Alte Gefriertruhe	Neue Gefriertruhe
Jährlicher Stromverbrauch	416 kWh	136 kWh
Jährliche Stromeinsparung	-	280 kWh
Jährliche Stromkosten	71 €	23 €
Jährliche Kostenersparnis	-	48 €
Gesamtkosten ohne Förderung	-	560 €
Gesamtkosten mit Förderung	-	280 €
Statische Amortisationszeit	-	5,8 Jahre

Recherchen zufolge ist der Energieverbrauch 10 Jahre alter Haushaltsgeräte, wie zum Beispiel Kühlschrank, Waschmaschine, Wäschetrockner, Gefriertruhe, Backofen, in etwa 50% höher ist als bei neuen A+++ Modellen.

## Zusammenfassung S1

Mit Hilfe der Messungen wurden die größten Stromverbraucher im Betrieb ersichtlich. Die anschließende Investitionskostenrechnung zeigte die theoretischen Einsparpotentiale des Betriebs auf. Dadurch wird ersichtlich, welche Investitionen sinnvoll sind und von welchen Investitionen abzuraten ist. Tabelle 10 stellt die Auflistung der als sinnvoll bewerteten Investitionen in gereihter Folge dar.

### Folgende Energieeffizienzmaßnahmen sind zu empfehlen:

1. Belüftung im alten Stall mit Frequenzumrichtern ausstatten
2. Umwälzpumpen durch Hocheffizienzpumpen ersetzen
3. Alte Gefriertruhe durch energieeffizientes Neugerät ersetzen

**Tabelle 10: Theoretisches Einsparpotential, Amortisationszeit; Betrieb S1**

Reihenfolge	Art der Effizienzmaßnahme	Stromersparnis pro Jahr	Kostensparnis pro Jahr	Amortisationszeit mit Förderung
Nr.	-	kWh/a	€/a	a
1.	Frequenzumrichter	10.000	1.700	1,3
2.	Hocheffizienzpumpen	1.290	219	3,7
3.	Tausch der Gefriertruhe	280	48	5,8
-	Gesamt	11.570	1.967	-

- Gesamte Investitionskosten ohne Förderung: 5.225 €
- Gesamte Förderung: 2.613 €
- Gesamte Investitionskosten mit Förderung: 2.613 €

Bei den Haushaltsgeräten ist nicht bekannt wie viele der alten Haushaltsgeräte ausgetauscht werden und daher ist auch keine Investitionskostenberechnung möglich.

### 7.1.2 Betrieb S2

Der Betrieb besitzt 550 Mastplätze und 270 Ferkelplätze. Die Stallungen besitzen zur Belüftungsansteuerung eine Phasenanschnittsteuerung. Anhand der ausgewerteten Daten, der durchgeführten Vor-Ort-Messungen, erfolgt eine Zuordnung des Stromverbrauches, zu den einzelnen Verbrauchergruppen. Die ausführliche Auswertung der Lastganganalyse befindet sich auf der beiliegenden CD-ROM im Anhang. (Vorgehensweise wie bei Betrieb S1) In Tabelle 11 sind der jährliche Energieverbrauch sowie die anfallenden Kosten ersichtlich. Der Energieverbrauch setzt sich aus drei Bereichen zusammen: Wärme, Treibstoff, Strom.

**Tabelle 11: Jahresenergieverbrauch; Betrieb S2**

Jährlicher Energieverbrauch		Umrechnung Energieverbrauch	Kosten
-		kWh	€
<b>Strom</b>	38.000 kWh	38.000	6460
<b>Wärme</b>	100 Srm Waldhackgut	90.000	2.000
<b>Treibstoff</b>	10.000 Liter Diesel	100.000	9.000
<b>Gesamt</b>	-	228.000	17.460

Abbildung 15 stellt den täglichen Stromverbrauch des Betriebs, während des Messzeitraumes von 19.01. bis 30.01.2016, grafisch dar. Beginnend beim größten Verbraucher der Belüftung, bis hin zum kleinsten Verbraucher der Beleuchtung. Außergewöhnliche Verbraucher werden in dieser Darstellung nicht berücksichtigt.



## Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch

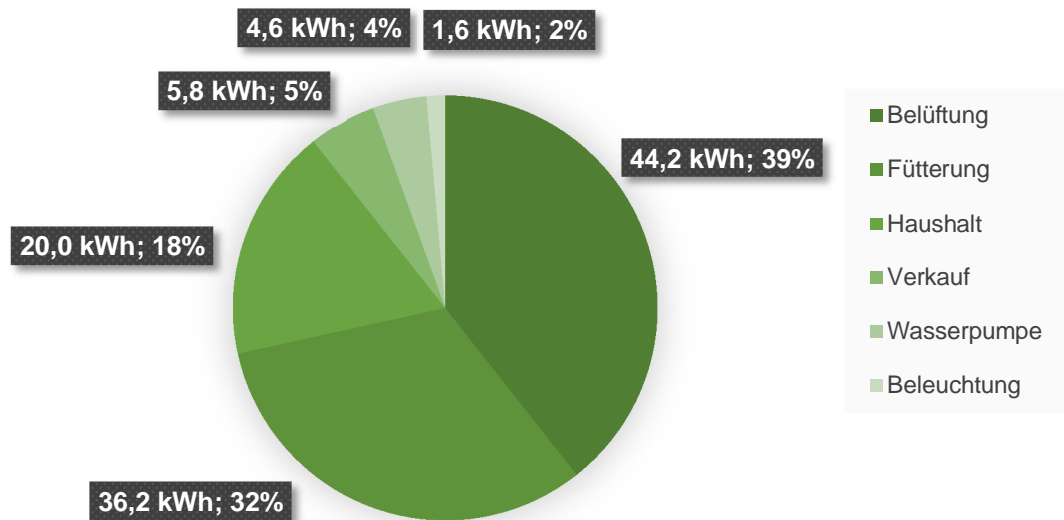


Abbildung 15: Zuordnung Stromverbraucher; Betrieb S2; Darstellung in kWh; %

Die Vorgehensweise, zur Ermittlung möglicher Energieeffizienzmaßnahmen, erfolgt nach dem gleichen Prinzip wie bei Betrieb S1.

### Folgende Energieeffizienzmaßnahmen sind zu empfehlen:

1. Belüftung im alten Stall mit Frequenzumrichtern ausstatten
2. Umwälzpumpen durch Hocheffizienzpumpen ersetzen
3. Alte Kühlgeräte und Haushaltsgeräte durch energieeffiziente Geräte ersetzen

Tabelle 12 zeigt die jährliche Stromersparnis, die Kostenersparnis und die Amortisationszeit der jeweiligen Effizienzmaßnahmen. (Die detaillierte Vorgehensweise zur Berechnung der Amortisationszeit befindet sich im Anhang) Bei den Haushaltsgeräten ist unbekannt, welche getauscht werden. Daher ist keine Amortisationszeitberechnung möglich.

Tabelle 12: Theoretisches Einsparpotential, Amortisationszeit; Betrieb S2

Reihenfolge	Art der Effizienzmaßnahme	Stromersparnis pro Jahr	Kostenersparnis pro Jahr	Amortisationszeit mit Förderung
Nr.	-	kWh/a	€/a	a
1.	Frequenzumrichter	10.300	1.750	2,4
2.	Hocheffizienzpumpen	1.130	193	2,8
3.	Haushaltsgeräte	-	-	-
-	Gesamt	11.430	1.943	-

### 7.1.3 Betrieb S3

Der Betrieb verfügt über 500 Mastplätze und besitzt im Gegensatz zu den anderen Schweinemastbetrieben keine Ferkelaufzucht. Der neue Stall ist bereits mit

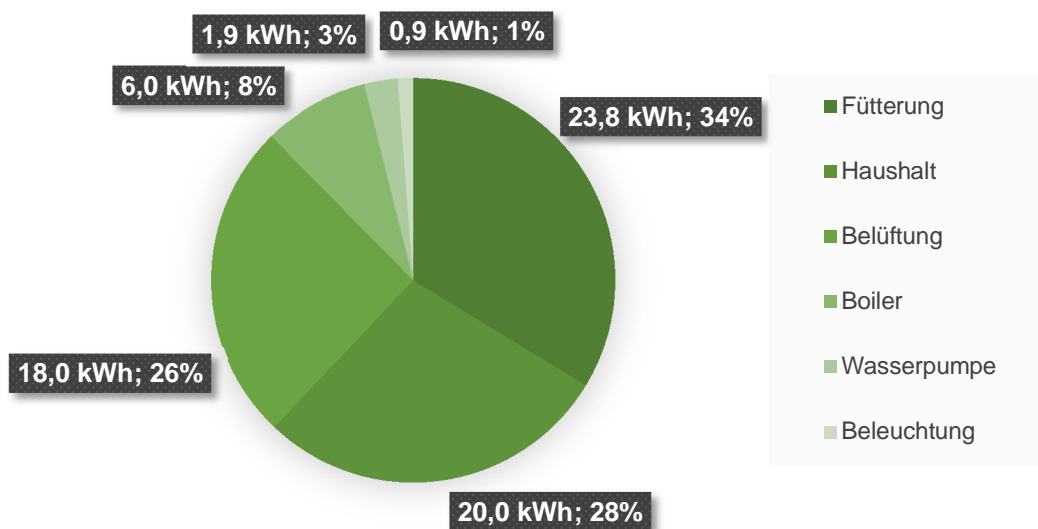
Frequenzumrichter ausgestattet. Im alten Stall wird zur Ansteuerung der Belüftung eine Transformatorsteuerung eingesetzt. Die Heizung erfolgt in diesem Betrieb mittels Nachtspeicheröfen. Die durchgeführten Vor-Ort-Messungen ermöglichen eine Zuordnung des Stromverbrauches zu den einzelnen Verbrauchergruppen. In Tabelle 13 sind der jährliche Energieverbrauch sowie die anfallenden Kosten ersichtlich. Der Energieverbrauch setzt sich aus drei Bereichen zusammen: Wärme, Treibstoff, Strom.

**Tabelle 13: Jahresenergieverbrauch; Betrieb S3**

Jährlicher Energieverbrauch		Umrechnung in kWh	Kosten in €
-		kWh	€
<b>Strom</b>	28.000 kWh	28.000	4.760
<b>Wärme</b>	15.000 kWh	15.000	2.250
<b>Treibstoff</b>	15.000 Liter Diesel	150.000	13.500
<b>Gesamt</b>	-	193.000	20.510

Abbildung 16 stellt den täglichen Stromverbrauch des Betriebs, während des Messzeitraumes von 04.02. bis 15.02.2016, grafisch dar. Der Bedarf der Nachtspeicheröfen und der Stromverbrauch jener Geräte, die keine konstanten Stromverbräuche aufweisen (z.B. Gülleseperator), werden nicht miteinbezogen.

### Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch



**Abbildung 16: Zuordnung Stromverbraucher; Betrieb S3, Darstellung in kWh; %**

#### Folgende Energieeffizienzmaßnahmen sind zu empfehlen:

1. Belüftung im alten Stall mit Frequenzumrichtern ausstatten
2. Alte Kühlgeräte und Haushaltsgeräte durch energieeffiziente Geräte ersetzen

Tabelle 14 zeigt die jährliche Stromersparnis, die Kostenersparnis und die Amortisationszeit der jeweiligen Effizienzmaßnahmen. (Die detaillierte Vorgehensweise zur Berechnung der Amortisationszeit befindet sich im Anhang) Bei den Haushaltsgeräten ist unbekannt, welche getauscht werden. Daher ist keine Amortisationszeitberechnung möglich.

Tabelle 14: Theoretisches Einsparungspotential, Amortisationszeit; Betrieb S3

Reihenfolge	Art der Effizienzmaßnahme	Stromersparnis pro Jahr	Kostensparnis pro Jahr	Amortisationszeit mit Förderung
Nr.	-	kWh/a	€/a	a
1.	Frequenzumrichter im alten Stall	1.270	280	1,3
2.	Austausch alter Haushaltsgeräte	-	-	5-10
-	Gesamt	1.270	280	-

### 7.1.4 Betrieb S4

Dieser Landwirt bewirtschaftet einen Schweinemastbetrieb sowie eine Ferkelaufzucht. Während des Messzeitraumes besaß der Betrieb 94 Zuchtsauen, 40 Abferkelbuchten, 650 Ferkel, 280 Mastschweine und 850 Jungsauen. Die durchgeführten Vor-Ort-Messungen ermöglichen eine Zuordnung des Stromverbrauches zu den einzelnen Verbrauchergruppen. In Tabelle 15 sind der jährliche Energieverbrauch sowie die anfallenden Kosten ersichtlich. Der Energieverbrauch setzt sich aus drei Bereichen zusammen: Wärme, Treibstoff, Strom.

Tabelle 15: Jahresenergieverbrauch; Betrieb S4

Jährlicher Energieverbrauch		Umrechnung in kWh	Kosten in €
-		kWh	€
<b>Strom</b>	96.000 kWh	96.000	16.320
<b>Wärme</b>	250 Srm Waldhackgut	225.000	5.000
<b>Treibstoff</b>	7.500 Liter Diesel	75.000	6.750
<b>Gesamt</b>	-	396.000	28.070

Abbildung 17 stellt den täglichen Stromverbrauch des Betriebs, während des Messzeitraumes von 01.03. bis 18.03.2016, grafisch dar. Beginnend beim größten Verbraucher der Belüftung, bis hin zum kleinsten Verbraucher der Beleuchtung.

### Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch

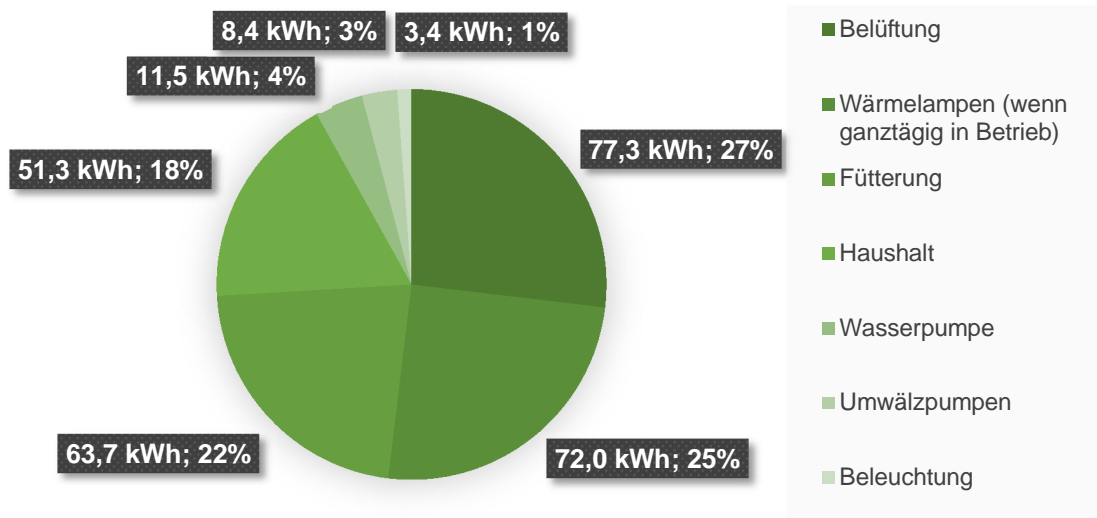


Abbildung 17: Zuordnung Stromverbraucher; Betrieb S4; Darstellung in kWh; %

## Folgende Energieeffizienzmaßnahmen sind zu empfehlen:

1. Belüftung in den Stallungen mit Frequenzumrichtern ausstatten
2. Ferkelnestheizung zur Gänze auf Warmwasserheizplatten umrüsten
3. Umwälzpumpen durch Hocheffizienzpumpen ersetzen
4. Alte Haushaltsgeräte durch energieeffiziente Geräte ersetzen

Tabelle 16 zeigt die jährliche Stromersparnis, die Kostenersparnis und die Amortisationszeit der jeweiligen Effizienzmaßnahmen. Bei den Haushaltsgeräten ist unbekannt, welche getauscht werden. Daher ist keine Amortisationszeitberechnung möglich.

**Tabelle 16: Theoretisches Einsparungspotential, Amortisationszeit; Betrieb S4**

Reihenfolge	Art der Effizienzmaßnahme	Stromersparnis pro Jahr	Kostenersparnis pro Jahr	Amortisationszeit mit Förderung
Nr.	-	kWh/a	€/a	a
1.	Frequenzumrichter	18.553	3.154	1,7
2.	Warmwasserplatten	5.760	872	2,1
3.	Hocheffizienzpumpen	2.636	448	3
4.	Haushaltsgeräte	-	-	6 - 8
-	Gesamt	26.949	4.474	-

## 7.1.5 Resümee Schweinemastbetriebe

Es wird untersucht, ob es möglich ist, allgemeine Aussagen treffen zu können. Folgende Energieeffizienzmaßnahmen wurden ermittelt:

**Tabelle 17: Resümee Schweinemastbetriebe**

Betrieb	Lüftung	Heizung	Beleuchtung	Fütterung	Ferkelnestheizung	Haushaltsgeräte
S1	X	X	-	-	-	X
S2	X	X	-	-	-	X
S3	X	-	-	-	-	X
S4	X	X	-	-	X	X

X... Einsparpotential vorhanden

- ... kein Einsparpotential vorhanden

In allen untersuchten Betrieben konnten Effizienzmaßnahmen im Bereich von Lüftung und bei den Haushaltsgeräten ermittelt werden. Bei den Heizungssystemen sind vor allem bei den Umwälzpumpen Einsparungen möglich. Im Bereich der Beleuchtung und der Fütterung konnten keine Effizienzmaßnahmen ermittelt werden.

## 7.2 Ferkelaufzuchtbetriebe

### 7.2.1 Betrieb F1

Dieser Landwirt besitzt 370 Ferkelplätze, 90 Zuchtsauen und 260 Mastplätze. Zusätzlich bewirtschaftet der Betrieb 50 ha Ackerfläche und 14 ha Wald. Die durchgeführten Vor-Ort-

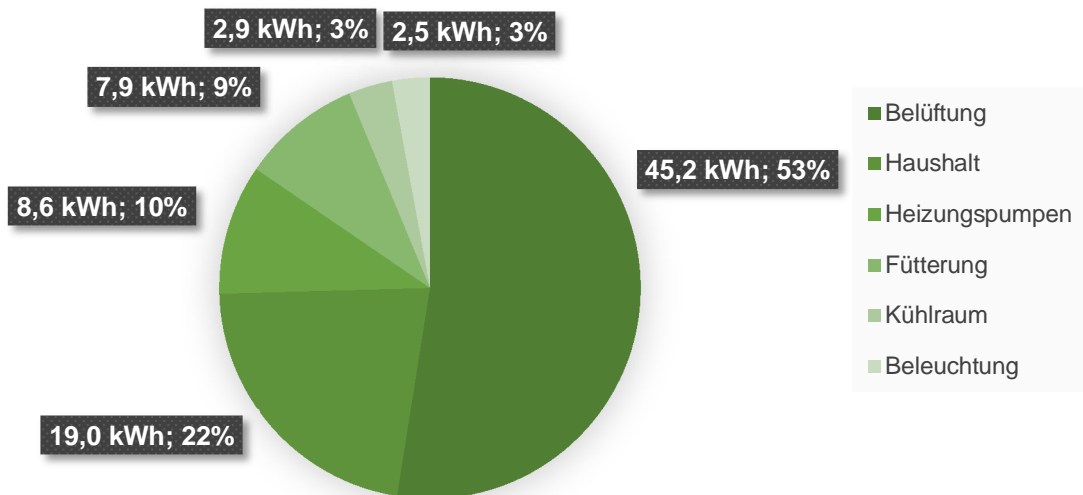
Messungen ermöglichen eine Zuordnung des Stromverbrauches zu den einzelnen Verbrauchergruppen. In Tabelle 18 sind der jährliche Energieverbrauch sowie die anfallenden Kosten ersichtlich. Der Energieverbrauch setzt sich aus drei Bereichen zusammen: Wärme, Treibstoff, Strom.

**Tabelle 18: Jahresenergieverbrauch; Betrieb F1**

Jährlicher Energieverbrauch		Umrechnung Energieverbrauch	Kosten
-		kWh	€
<b>Strom</b>	48.000 kWh	48.000	8.160
<b>Wärme</b>	180 Srm Waldhackgut	162.000	3.600
<b>Treibstoff</b>	5.000 Liter Diesel	50.000	4.500
<b>Gesamt</b>	-	260.000	16.260

Abbildung 18 stellt den täglichen Stromverbrauch des Betriebs, während des Messzeitraumes von 15.02. bis 01.03.2016, grafisch dar. Beginnend beim größten Verbraucher der Belüftung, bis hin zum kleinsten Verbraucher der Beleuchtung.

### Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch



**Abbildung 18: Zuordnung Stromverbraucher; Betrieb F1; Darstellung in kWh; %**

#### Folgende Energieeffizienzmaßnahmen sind zu empfehlen:

1. Belüftung im alten Stall mit Frequenzumrichtern ausstatten
2. Umwälzpumpen durch Hocheffizienzpumpen ersetzen
3. Alte Kühlgeräte und Haushaltsgeräte durch energieeffiziente Geräte ersetzen

Tabelle 19 zeigt die jährliche Stromersparnis, die Kostenersparnis und die Amortisationszeit der jeweiligen Effizienzmaßnahmen. (Die detaillierte Vorgehensweise zur Berechnung der Amortisationszeit befindet sich im Anhang)

**Tabelle 19: Theoretisches Einsparungspotential, Amortisationszeit; Betrieb F1**

Reihenfolge	Art der Effizienzmaßnahme	Stromersparnis pro Jahr	Kostenersparnis pro Jahr	Amortisationszeit mit Förderung
Nr.	-	kWh	€	a
1.	Frequenzumrichter	5.313	903	2,2
2.	Hocheffizienzpumpen	2.771	471	2,3
3.	Gefriertruhe	453	77	4,6
-	Gesamt	8.537	1.451	-

## 7.2.2 Resümee Ferkelaufzuchtbetrieb

In dieser Arbeit wird nur ein Ferkelaufzuchtbetrieb untersucht, daher ist es nicht möglich allgemeine Aussagen treffen zu können. Bei diesem Betrieb wurden folgende Effizienzmaßnahmen ermittelt:

**Tabelle 20: Resümee Ferkelaufzuchtbetrieb**

Betrieb	Lüftung	Heizung	Beleuchtung	Fütterung	Ferkelneheizung	Haushaltsgeräte
F1	X	X	-	-	-	X

Da der Betrieb bereits über Wärmeplatten zur Ferkelneheizung verfügt, konnten keine weiteren Effizienzmaßnahmen ermittelt werden. Es ist ersichtlich, dass die Effizienzmaßnahmen mit denen der Schweinemastbetrieben nahezu übereinstimmen. Die meisten Schweinemastbetriebe besitzen eine Ferkelaufzucht und umgekehrt. Zur Berechnung möglicher Energiekennzahlen ist zu empfehlen, diese beiden Sparten zusammenzufassen.

## 7.3 Milchviehbetriebe

### 7.3.1 Betrieb M1

Der Betrieb besitzt 30 Kühe mit einer jährlichen Milchproduktion von 170.000 kg. Am Hof wird Brot, Kernöl sowie ein Teil der Milch verkauft. Die durchgeführten Vor-Ort-Messungen ermöglichen eine Zuordnung des Stromverbrauches zu den einzelnen Verbrauchergruppen. In Tabelle 21 sind der jährliche Energieverbrauch sowie die anfallenden Kosten ersichtlich. Der Energieverbrauch setzt sich aus drei Bereichen zusammen: Wärme, Treibstoff, Strom.

**Tabelle 21: Jahresenergieverbrauch; Betrieb M1**

Jährlicher Energieverbrauch		Umrechnung Energieverbrauch	Kosten
-		kWh	€
<b>Strom</b>	32.000 kWh	32.000	5.440
<b>Wärme</b>	70 Srm Waldhackgut	63.000	1.400
<b>Treibstoff</b>	3.500 Liter Diesel	35.000	3.150
<b>Gesamt</b>	-	130.000	9.990

Abbildung 19 stellt den täglichen Stromverbrauch des Betriebs, während des Messzeitraumes von 06.06. bis 15.06.2016, grafisch dar. Beginnend beim größten Verbraucher, der Milchtankkühlung, bis hin zum kleinsten Verbraucher, der Waschmaschine.

### Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch

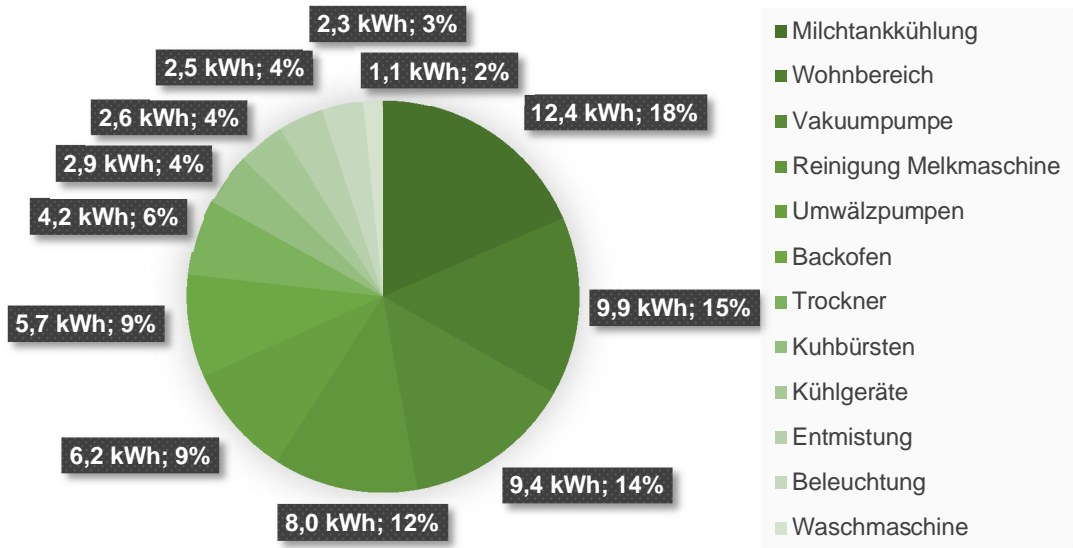


Abbildung 19: Zuordnung Stromverbraucher; Betrieb M1; Darstellung in kWh; %

**Folgende Energieeffizienzmaßnahmen sind zu empfehlen:**

1. Milchtankvorkühlung mittels Plattenvorkühlers
2. Frequenzsteuerung der Vakuumpumpe
3. Umwälzpumpen durch Hocheffizienzpumpen ersetzen
4. Alte Haushaltsgeräte durch energieeffiziente Geräte ersetzen

Tabelle 22 zeigt die jährliche Stromersparnis, die Kostenersparnis und die Amortisationszeit der jeweiligen Effizienzmaßnahmen. (Die detaillierte Vorgehensweise zur Berechnung der Amortisationszeit befindet sich im Anhang)

**Tabelle 22: Theoretisches Einsparungspotential, Amortisationszeit; Betrieb M1**

Reihenfolge	Art der Effizienzmaßnahme	Stromersparnis pro Jahr	Kostenersparnis pro Jahr	Amortisationszeit mit Förderung
Nr.	-	kWh/a	€/a	a
1.	Milchtankvorkühlung	2.829	481	2
2.	Hocheffizienzpumpen	2.260	384	2,8
3.	Frequenzumrichter Vakuumpumpe	2.584	439	4,3
4.	Haushaltsgeräte	1.430	244	1,5 - 4
-	Gesamt	9.103	1.548	-

### 7.3.2 Betrieb M2

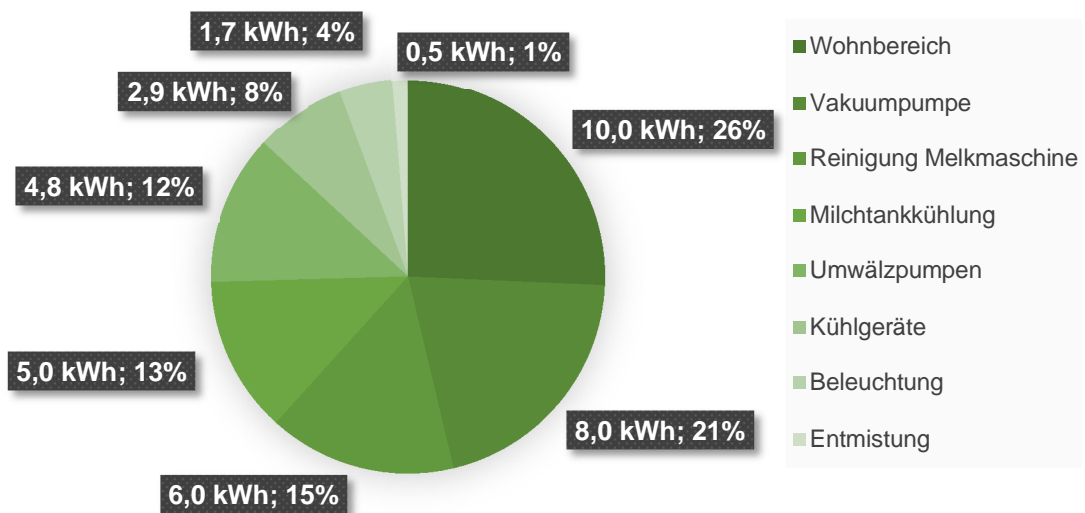
Der Milchviehbetrieb erzeugt mit 30 Kühen in etwa 250.000 kg Milch pro Jahr. Der Betrieb bewirtschaftet 28 ha Nutzfläche und 40 ha Wald. Die durchgeführten Vor-Ort-Messungen ermöglichen eine Zuordnung des Stromverbrauches zu den einzelnen Verbrauchergruppen. In Tabelle 23 sind der jährliche Energieverbrauch sowie die anfallenden Kosten ersichtlich. Der Energieverbrauch setzt sich aus drei Bereichen zusammen: Wärme, Treibstoff, Strom.

**Tabelle 23: Jahresenergieverbrauch; Betrieb M2**

Jährlicher Energieverbrauch		Umrechnung Energieverbrauch	Kosten
		kWh	€
<b>Strom</b>	21.500 kWh	21.500	3.655
<b>Wärme</b>	81 Srm Waldhackgut	73.000	1.620
<b>Treibstoff</b>	6.000 Liter Diesel	60.000	5.400
<b>Gesamt</b>	-	154.500	10.675

Abbildung 20 stellt den täglichen Stromverbrauch des Betriebs, während des Messzeitraumes von 22.06. bis 30.06.2016, grafisch dar. Beginnend beim größten Stromverbraucher dem Wohnbereich, bis hin zum kleinsten Verbraucher der Entmistung. Verbraucher welche keine fixen Betriebszeiten aufwiesen (z.B: Heugebläse, Backofen), wurden in diesem Diagramm nicht berücksichtigt.

### Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch



**Abbildung 20: Zuordnung Stromverbraucher; Betrieb M2; Darstellung in kWh; %**

#### Folgende Energieeffizienzmaßnahmen sind zu empfehlen:

1. Umwälzpumpen durch Hocheffizienzpumpen ersetzen
2. Frequenzsteuerung der Vakuumpumpe
3. Alte Haushaltsgeräte durch energieeffiziente Geräte ersetzen

Tabelle 24 zeigt die jährliche Stromersparnis, die Kostenersparnis und die Amortisationszeit der jeweiligen Effizienzmaßnahmen. (Die detaillierte Vorgehensweise zur Berechnung der Amortisationszeit befindet sich im Anhang) Bei den Haushaltsgeräten ist unbekannt, welche getauscht werden. Aus diesem Grund ist keine Amortisationszeitberechnung möglich.



Tabelle 24: Theoretisches Einsparungspotential, Amortisationszeit; Betrieb M2

Reihenfolge	Art der Effizienzmaßnahmen	Stromersparnis pro Jahr	Kostensparnis pro Jahr	Amortisationszeit mit Förderung
Nr.	-	kWh	€	a
1.	Hocheffizienzpumpen	2.260	384	2,8
2.	Frequenzsteuerung Vakuumpumpe	1.752	297	5,5
3.	Austausch alter Haushaltsgeräte	-	-	5-10
-	Gesamt	4.012	681	-

### 7.3.3 Betrieb M3

Der Betrieb besitzt 40 bis 45 Milchkühe und produziert ca. 350.000 kg Milch pro Jahr. Die durchgeführten Vor-Ort-Messungen ermöglichen eine Zuordnung des Stromverbrauches zu den einzelnen Verbrauchergruppen. In Tabelle 25 sind der jährliche Energieverbrauch sowie die anfallenden Kosten ersichtlich. Der Energieverbrauch setzt sich aus drei Bereichen zusammen: Wärme, Treibstoff, Strom.

Tabelle 25: Jahresenergieverbrauch; Betrieb M3

Jährlicher Energieverbrauch		Umrechnung Energieverbrauch	Kosten
-		kWh	€
<b>Strom</b>	34.670 kWh	34.670	5.440
<b>Wärme</b>	45 Rm Scheitholz	90.000	1.400
<b>Treibstoff</b>	8.000 Liter Diesel	80.000	3.150
<b>Gesamt</b>	-	130.000	9.990

Abbildung 21 stellt den täglichen Stromverbrauch des Betriebs, während des Messzeitraumes von 30.06. bis 14.07.2016, grafisch dar. Beginnend beim größten Verbraucher dem alten Stall, bis hin zum kleinsten Verbraucher der Beleuchtung.

### Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch

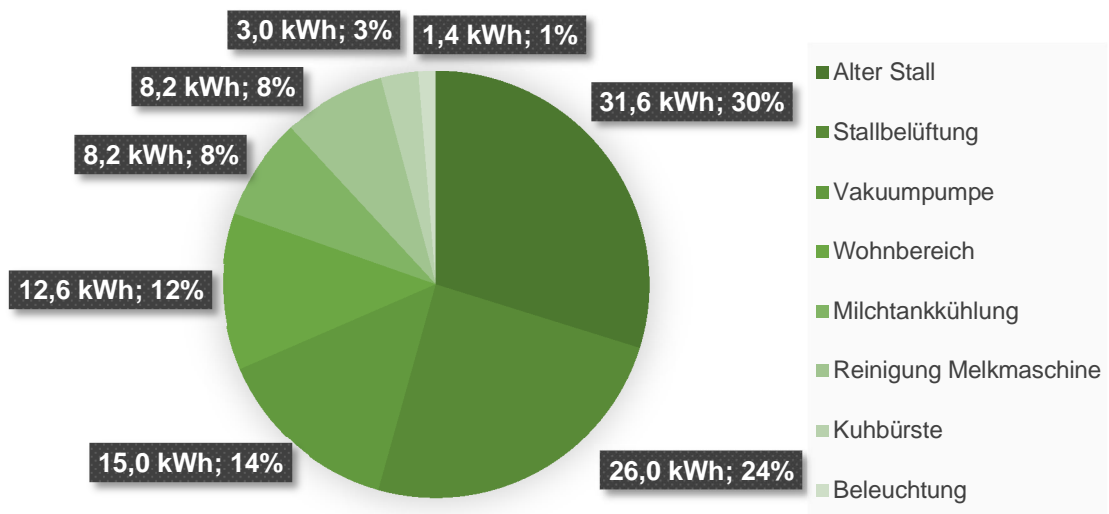


Abbildung 21: Zuordnung Stromverbraucher; Betrieb M3; Darstellung in kWh; %

### Folgende Energieeffizienzmaßnahmen sind zu empfehlen:

1. Frequenzsteuerung der Stallbelüftung
2. Frequenzsteuerung der Vakuumpumpe
3. Gefriertruhe ersetzen

Tabelle 26 zeigt die jährliche Stromersparnis, die Kostenersparnis und die Amortisationszeit der jeweiligen Effizienzmaßnahmen. (Die detaillierte Vorgehensweise zur Berechnung der Amortisationszeit befindet sich im Anhang)

**Tabelle 26: Theoretisches Einsparungspotential, Amortisationszeit; Betrieb M3**

Reihenfolge	Art der Effizienzmaßnahme	Stromersparnis pro Jahr	Kostenersparnis pro Jahr	Amortisationszeit mit Förderung
Nr.	-	kWh	€	Jahre
1.	Frequenzsteuerung der Stallbelüftung	1.898	323	2,9
2.	Frequenzumrichter Vakuumpumpe	3.285	559	3,4
3.	Gefriertruhe	520	89	6,2
	Gesamt	3.805	971	-

#### 7.3.4 Betrieb M4

Die Familie bewirtschaftet einen Milchviehbetrieb mit 50 bis 60 Kühen und einer jährlichen Milchproduktion von 500.000 bis 550.000 kg. Die durchgeführten Vor-Ort-Messungen ermöglichen eine Zuordnung des Stromverbrauches zu den einzelnen Verbrauchergruppen. In Tabelle 27 sind der jährliche Energieverbrauch sowie die anfallenden Kosten ersichtlich. Der Energieverbrauch setzt sich aus drei Bereichen zusammen: Wärme, Treibstoff, Strom.

**Tabelle 27: Jahresenergieverbrauch; Betrieb M4**

Jährlicher Energieverbrauch		Umrechnung Energieverbrauch	Kosten
-		kWh	€
<b>Strom</b>	53.650 kWh	53.650	9.121
<b>Wärme</b>	150 - 180 Srm	135.000 - 162.000	3.000 – 3.600
<b>Treibstoff</b>	10.000 Liter	100.000	9.000
<b>Gesamt</b>	-	288.650 – 315.650	21.121 – 21.721

Abbildung 22 stellt den täglichen Stromverbrauch des Betriebs, während des Messzeitraumes von 30.06. bis 14.07.2016, grafisch dar. Beginnend beim größten Verbraucher dem Melkroboter, bis hin zum kleinsten Verbraucher der Heizung beim Melkvorgang.

### Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch

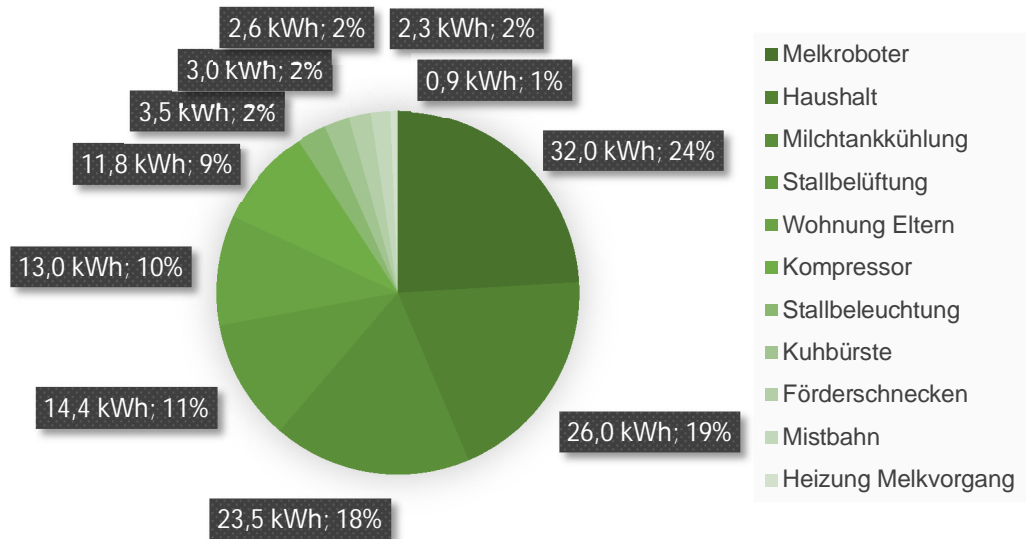


Abbildung 22: Zuordnung Stromverbraucher; Betrieb M4; Darstellung in kWh; %

**Folgende Energieeffizienzmaßnahmen sind zu empfehlen:**

1. Frequenzsteuerung der Stallbelüftung
2. Erneuerung Heizung
3. Austausch alter Kühlgeräte

Tabelle 28 zeigt die jährliche Stromersparnis, die Kostenersparnis und die Amortisationszeit der jeweiligen Effizienzmaßnahmen. (Die detaillierte Vorgehensweise zur Berechnung der Amortisationszeit befindet sich im Anhang) Bei der Heizung handelt es sich um eine Hackschnitzelheizung, wobei die Möglichkeit besteht, diese mit einer Solaranlage und einem Pufferspeicher auszustatten.

**Tabelle 28: Theoretisches Einsparungspotential, Amortisationszeit; Betrieb M4**

Reihenfolge	Art der Effizienzmaßnahme	Stromersparnis pro Jahr	Kostenersparnis pro Jahr	Amortisationszeit mit Förderung
Nr.	-	kWh	€	Jahre
1.	Frequenzsteuerung der Stallbelüftung	1.051	179	3
2.	Erneuerung Heizung	-	-	-
3.	Tausch alter Kühlgeräte	1.567	266	3 - 8
-	Gesamt	2.618	445	-

### 7.3.5 Resümee Milchviehbetriebe

Bei den Milchviehbetrieben konnten folgende Energieeffizienzmaßnahmen ermittelt werden:

**Tabelle 29: Resümee Milchviehbetriebe**

Betriebe	Milchtank- kühlung	Vakuumpumpe	Heizung	Beleuchtung	Belüftung	Fütterung	Haushalts- geräte
M1	X	X	X	-	-	-	X
M2	-	X	X	-	-	-	X
M3	-	X	-	-	X	-	X
M4	-	-	-	X	X	-	X

Es ist ersichtlich, dass Einsparungen bei der Vakuumpumpe bei 3 von 4 Milchbetrieben möglich sind. Bei den weiteren Effizienzmaßnahmen müssen die Betriebe individuell betrachtet werden. Eine Frequenzsteuerung der Vakuumpumpe ist erst ab einer gewissen Leistung der Vakuumpumpe wirtschaftlich. Zur Milchtankvorkühlung ist kaltes Brunnenwasser empfehlenswert, wobei diese Gegebenheit in den Stallungen nicht immer vorhanden ist.

## 7.4 Eierproduktionsbetriebe

### 7.4.1 Betrieb E1

Der Betrieb besitzt ca. 1.100 Legehennen. Die Eier werden direkt am Hof und über regionale Bauernläden vermarktet. Der Betrieb besitzt einen Bauernladen, wo neben den Eiern auch andere bäuerliche Produkte angeboten werden. Die durchgeführten Vor-Ort-Messungen ermöglichen eine Zuordnung des Stromverbrauches zu den einzelnen Verbrauchergruppen. In Tabelle 30 sind der jährliche Energieverbrauch sowie die anfallenden Kosten ersichtlich. Der Energieverbrauch setzt sich aus drei Bereichen zusammen: Wärme, Treibstoff, Strom.

**Tabelle 30: Jahresenergieverbrauch; Betrieb E1**

Jährlicher Energieverbrauch		Umrechnung Energieverbrauch	Kosten
-		kWh	€
<b>Strom</b>	23.000 kWh	23.000	3.910
<b>Wärme</b>	70 Srm Hackgut	63.000	1.400
<b>Treibstoff</b>	5.000 Liter Diesel	50.000	4.500
<b>Gesamt</b>	-	136.000	9.810

Abbildung 23 stellt den täglichen Stromverbrauch des Betriebs, während des Messzeitraumes 09.09. bis 15.09.2016, grafisch dar. Beginnend beim größten Verbraucher (elektrische Geräte im Wirtschaftsraum, Garage), bis hin zum kleinsten Verbraucher (Eiersortiermaschine, Fütterung, Entmistung).

### Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch

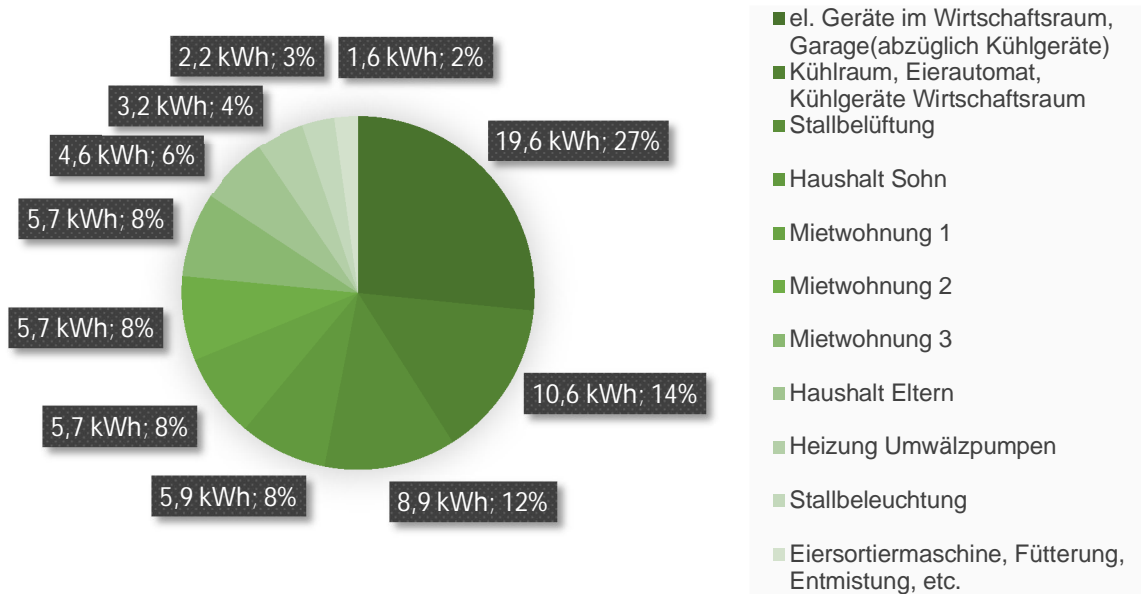


Abbildung 23: Zuordnung Stromverbraucher; Betrieb E1; Darstellung in kWh; %

#### Folgende Energieeffizienzmaßnahmen sind zu empfehlen:

1. Frequenzsteuerung der Stallbelüftung
2. Umwälzpumpen durch Hocheffizienzpumpen ersetzen
3. Alte Haushalts-, Kühlgeräte durch energieeffiziente Geräte ersetzen

Tabelle 31 zeigt die jährliche Stromersparnis, die Kostenersparnis und die Amortisationszeit der jeweiligen Effizienzmaßnahmen. (Die detaillierte Vorgehensweise zur Berechnung der Amortisationszeit befindet sich im Anhang)

Tabelle 31: Theoretisches Einsparungspotential, Amortisationszeit; Betrieb E1

Reihenfolge	Art der Effizienzmaßnahme	Stromersparnis pro Jahr	Kostenersparnis pro Jahr	Amortisationszeit mit Förderung
Nr.	-	kWh	€	Jahre
1.	Frequenzsteuerung Stallbelüftung	1.949	331	1,8
2.	Hocheffizienzpumpen	1.032	175	3,7
3.	Tausch alter Haushalts-, Kühlgeräte	-	-	4-10
-	Gesamt	2.981	506	-

#### 7.4.2 Betrieb E2

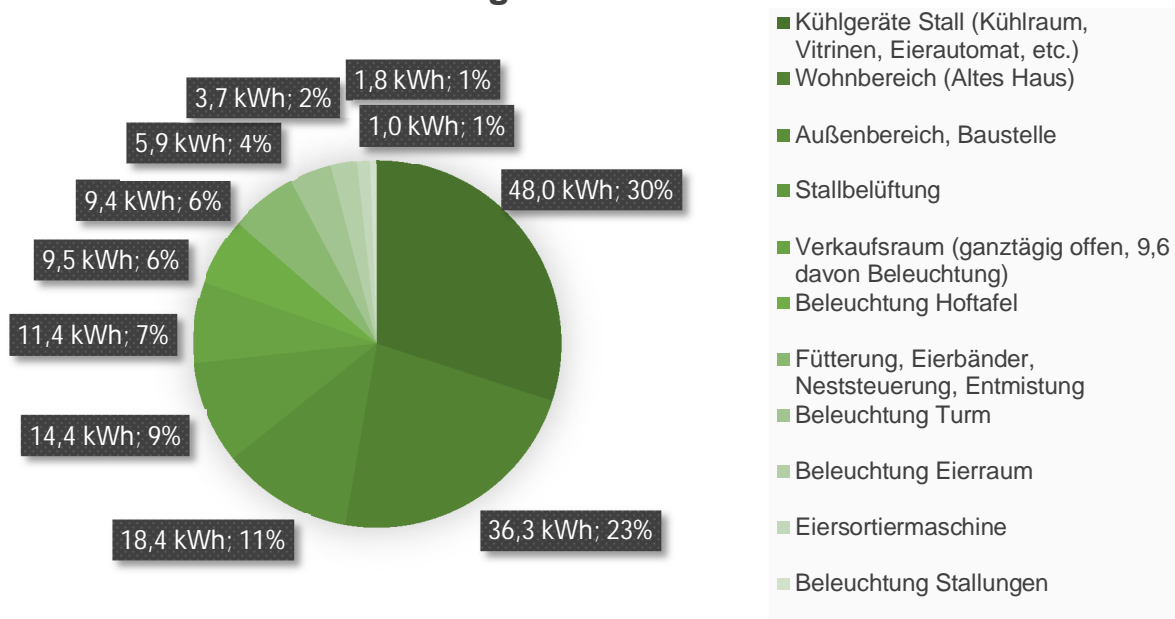
Der Betrieb besitzt 5.000 Legehennen, welche am Hof vermarktet und an verschiedene Abnehmer ausgeliefert werden. Zudem werden im Hofladen regionale Produkte vertrieben. Die durchgeführten Vor-Ort-Messungen ermöglichen eine Zuordnung des Stromverbrauches zu den einzelnen Verbrauchergruppen. In Tabelle 32 sind der jährliche Energieverbrauch sowie die anfallenden Kosten ersichtlich. Der Energieverbrauch setzt sich aus drei Bereichen zusammen: Wärme, Treibstoff, Strom.

**Tabelle 32: Jahresenergieverbrauch; Betrieb E2**

Jährlicher Energieverbrauch		Umrechnung Energieverbrauch	Kosten
		kWh	€
<b>Strom</b>	49.000 kWh	49.000	8.330
<b>Wärme</b>	6.000 Liter Heizöl 3.000 kWh Wärmepumpe	63.000	4.110
<b>Treibstoff</b>	8.500 Liter Diesel	85.000	7.650
<b>Gesamt</b>	-	197.000	20.090

Abbildung 24 stellt den täglichen Stromverbrauch des Betriebs, während des Messzeitraumes von 14.10. bis 18.10.2016, grafisch dar. Beginnend beim größten Verbraucher (Kühlgeräte), bis hin zum kleinsten Verbraucher (Beleuchtung Stall).

### Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch



**Abbildung 24: Zuordnung Stromverbraucher; Betrieb E2; Darstellung in kWh; %**

#### Folgende Energieeffizienzmaßnahmen sind zu empfehlen:

1. Frequenzsteuerung der Stallbelüftung
2. Leuchtstoffröhren durch LED-Röhren ersetzen
3. Umwälzpumpen durch Hocheffizienzpumpen ersetzen
4. Alte Haushaltsgeräte durch energieeffiziente Geräte ersetzen

Tabelle 33 zeigt die jährliche Stromersparnis, die Kostenersparnis und die Amortisationszeit der jeweiligen Effizienzmaßnahmen. (Die detaillierte Vorgehensweise zur Berechnung der Amortisationszeit befindet sich im Anhang)

**Tabelle 33: Theoretisches Einsparungspotential, Amortisationszeit; Betrieb E2**

Reihenfolge	Art der Effizienzmaßnahme	Stromersparnis pro Jahr	Kostensparnis pro Jahr	Amortisationszeit mit Förderung
Nr.	-	kWh/a	€/a	a
1.	Frequenzsteuerung der Stallbelüftung	2.102	358	2
2.	LED-Röhren	4.204	715	3,8
3.	Hocheffizienzpumpen	-	-	3-4
4.	Haushaltsgeräte	-	-	5-8
-	Gesamt	6.306	1.073	-

### 7.4.3 Resümee Eierproduktionsbetriebe

Beide Eierproduktionsbetriebe besitzen einen Hofladen, zur Vermarktung bäuerlicher Produkte. Folgende Effizienzmaßnahmen konnten festgestellt werden:

**Tabelle 34: Resümee Eierproduktionsbetriebe**

Betriebe	Heizung	Beleuchtung	Belüftung	Fütterung	Haushaltsgeräte
E1	X	-	X	-	X
E2	X	X	X	-	X

Bei beiden Betrieben ist es möglich Energieeffizienzmaßnahmen im Bereich der Belüftung und der Heizung durchzuführen. Die Stallbeleuchtung ist in beiden Betrieben bereits auf LED-Beleuchtung umgestellt, daher sind keine weiteren Sparmaßnahmen möglich. Beim Betrieb E2 ist es möglich die Beleuchtung des Hofladens auf LED-Röhren umzustellen. Die Belüftung erfolgt wie bei Schweinemastbetrieben mittels Stallventilatoren, wobei verschiedene Ausführungsmöglichkeiten bestehen.

## 7.5 Direktvermarktungsbetriebe

### 7.5.1 Betrieb D1

Der Betrieb besitzt 25 Milchkühe, welche jährlich ca. 200.000 kg Milch produzieren. Ein Teil der Milch wird direkt am Hof verkauft, der andere Teil wird zu Joghurt und Topfen weiterverarbeitet. Ebenfalls erzeugt die Familie Kürbiskernöl, welches ebenfalls vor Ort vermarktet wird. Die durchgeführten Vor-Ort-Messungen ermöglichen eine Zuordnung des Stromverbrauches zu den einzelnen Verbrauchergruppen. In Tabelle 35 sind der jährliche Energieverbrauch sowie die anfallenden Kosten ersichtlich. Der Energieverbrauch setzt sich aus drei Bereichen zusammen: Wärme, Treibstoff, Strom.

**Tabelle 35: Jahresenergieverbrauch; Betrieb D1**

Jährlicher Energieverbrauch		Umrechnung Energieverbrauch	Kosten
-		kWh	€
<b>Strom</b>	20.400 kWh	20.400	3.468
<b>Wärme</b>	70 Srm Waldhackgut	63.000	1.400
<b>Treibstoff</b>	3.000 Liter Diesel	30.000	2.250
<b>Gesamt</b>	-	113.400	8.585

Abbildung 25 stellt den täglichen Stromverbrauch des Betriebs, während des Messzeitraumes von 09.09. bis 15.09.2016, grafisch dar. Beginnend beim größten Verbraucher der Trockenanlage, bis hin zum kleinsten Verbraucher der Stallbeleuchtung.

### Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch

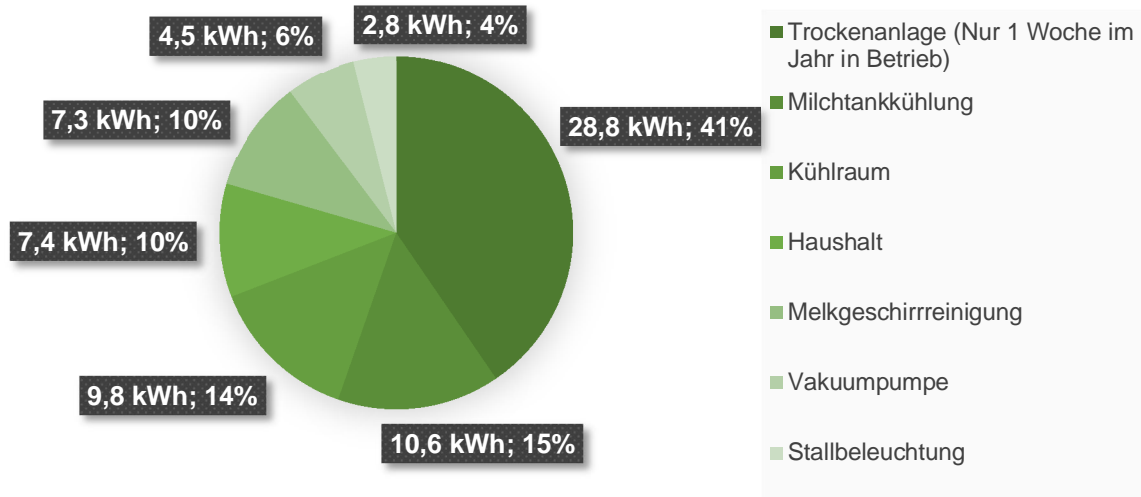


Abbildung 25: Zuordnung Stromverbraucher; Betrieb D1; Darstellung in kWh; %

#### Folgende Energieeffizienzmaßnahmen sind zu empfehlen:

1. Beleuchtung umstellen auf LED-Lampen
2. Milchtankvorkühlung mittels Plattenvorkühlers
3. Leuchtstoffröhren durch LED-Röhren ersetzen
4. Alte Haushaltsgeräte durch energieeffiziente Geräte ersetzen

Tabelle 36 zeigt die jährliche Stromersparnis, die Kostenersparnis und die Amortisationszeit der jeweiligen Effizienzmaßnahmen. (Die detaillierte Vorgehensweise zur Berechnung der Amortisationszeit befindet sich im Anhang)

Tabelle 36: Theoretisches Einsparungspotential, Amortisationszeit; Betrieb D1

Reihenfolge	Art der Effizienzmaßnahme	Stromersparnis pro Jahr	Kostenersparnis pro Jahr	Amortisationszeit mit Förderung
Nr.	-	kWh	€	a
1.	LED-Lampen	511	87	1,7
2.	Milchtankkühlung	1.935	329	3
3.	LED-Röhren	796	135	5
4.	Haushaltsgeräte	-	-	5-8
-	Gesamt	3.242	551	-

### 7.5.2 Betrieb D2

Die Familie bewirtschaftet einen Milchviehbetrieb mit 30 Milchkühen und einer Produktion von 150.000 kg Milch. Der Betrieb bietet zudem das Projekt „Schule am Bauernhof“ an. Bei diesem Ralf Reisenauer, BSc.



Projekt wird etwa 200 Schülern jährlich das Leben am Bauernhof nähergebracht. Die durchgeführten Vor-Ort-Messungen ermöglichen eine Zuordnung des Stromverbrauches zu den einzelnen Verbrauchergruppen. In Tabelle 37 sind der jährliche Energieverbrauch sowie die anfallenden Kosten ersichtlich. Der Energieverbrauch setzt sich aus drei Bereichen zusammen: Wärme, Treibstoff, Strom.

Tabelle 37: Jahresenergieverbrauch; Betrieb D2

Jährlicher Energieverbrauch		Umrechnung Energieverbrauch	Kosten
		kWh	€
<b>Strom</b>	25.000 kWh	25.000	4.250
<b>Wärme</b>	80 Srm Hackgut	72.000	1.600
<b>Treibstoff</b>	7.000 Liter Diesel	70.000	6.300
<b>Gesamt</b>	-	167.000	12.150

Abbildung 26 stellt den täglichen Stromverbrauch des Betriebs, während des Messzeitraumes von 14.10. bis 18.10.2016, grafisch dar. Beginnend beim größten Verbraucher (el. Geräte im Haushalt), bis hin zum kleinsten Verbraucher (Geschirrspüler Stall).

### Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch

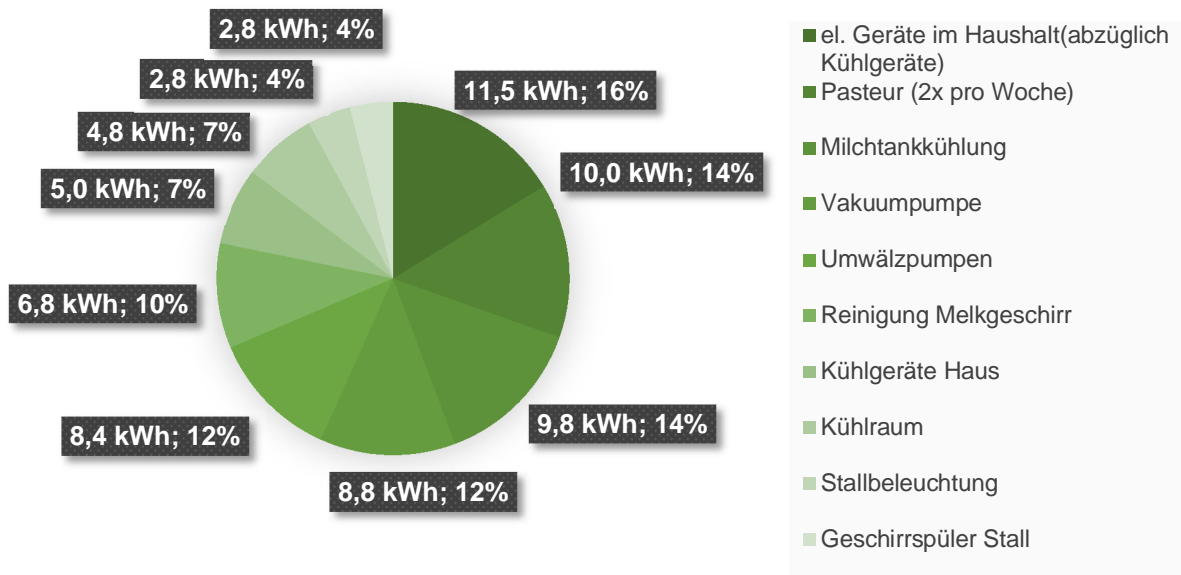


Abbildung 26: Zuordnung Stromverbraucher; Betrieb D2; Darstellung in kWh; %

**Folgende Energieeffizienzmaßnahmen sind zu empfehlen:**

1. Hausbeleuchtung umstellen auf LED-Lampen
2. Milchtankvorkühlung mittels Plattenvorkühlers
3. Umwälzpumpen durch Hocheffizienzpumpen ersetzen
4. Frequenzsteuerung der Vakuumpumpe
5. Leuchtstoffröhren durch LED-Röhren ersetzen
6. Alte Haushaltsgeräte durch energieeffiziente Geräte ersetzen

Tabelle 38 zeigt die jährliche Stromersparnis, die Kostenersparnis und die Amortisationszeit der jeweiligen Effizienzmaßnahmen. (Die detaillierte Vorgehensweise zur Berechnung der Amortisationszeit befindet sich im Anhang)

**Tabelle 38: Theoretisches Einsparungspotential, Amortisationszeit; Betrieb D2**

Reihenfolge	Art der Effizienzmaßnahme	Stromersparnis pro Jahr	Kostenersparnis pro Jahr	Amortisationszeit mit Förderung
Nr.	-	kWh/a	€/a	a
1.	LED-Lampen	511	87	1,7
2.	Milchtankkühlung	1.788	304	3,2
3.	Hocheffizienzpumpen	2.064	351	3,7
4.	Frequenzsteuerung Vakuumpumpe	1.927	328	4,7
5.	LED-Röhren	796	135	5
6.	Haushaltsgeräte	-	-	5-8
-	Gesamt	7.086	1.205	-

### 7.5.3 Resümee Direktvermarktungsbetriebe

Folgende Effizienzmaßnahmen konnten ermittelt werden:

**Tabelle 39: Resümee Direktvermarktung**

Betriebe	Heizung	Milchtankkühlung	Vakuumpumpe	Beleuchtung	Belüftung	Fütterung	Haushaltsgeräte
D1	-	X		X	-	-	X
D2	X	X	X	X	-	-	X

Bei den betrachteten Direktvermarktungsbetrieben handelt es sich um Milchviehbetriebe, welche ihre Produkte direkt am Hof vermarkten. Bei beiden Betrieben besteht die Möglichkeit einer Milchtankvorkühlung mittels Plattenvorkühler, sowie bei der Beleuchtung im Hofladen.

## 7.6 „Urlaub am Bauernhof“ - Betriebe

### 7.6.1 Betrieb UAB1

Die Familie bewirtschaftet einen Milchviehbetrieb mit ca. 20 Kühen und bietet Urlaub am Bauernhof an. Es werden ca. 3.000 Nächtigungen pro Jahr verzeichnet. Den Gästen stehen sechs Wohnungen und zwei Zimmer mit insgesamt 26 Betten zur Verfügung. Die durchgeführten Vor-Ort-Messungen ermöglichen eine Zuordnung des Stromverbrauches zu den einzelnen Verbrauchergruppen. In Tabelle 40 sind der jährliche Energieverbrauch sowie die anfallenden Kosten ersichtlich. Der Energieverbrauch setzt sich aus drei Bereichen zusammen: Wärme, Treibstoff, Strom.

**Tabelle 40: Jahresenergieverbrauch; Betrieb UAB1**

Jährlicher Energieverbrauch	Umrechnung Energieverbrauch	Kosten
-	kWh	€
<b>Strom</b>	25.500 kWh	4.335
<b>Wärme</b>	100 Srm Waldhackgut	2.000
<b>Treibstoff</b>	2.500 Liter Diesel	2.250
<b>Gesamt</b>	-	8.585

Abbildung 27 stellt den täglichen Stromverbrauch des Betriebs, während des Messzeitraumes von 15.09. bis 29.09.2016, grafisch dar. Beginnend beim größten Verbraucher der Warmwassererzeugung, bis hin zum kleinsten Verbraucher den Ferienzimmern.

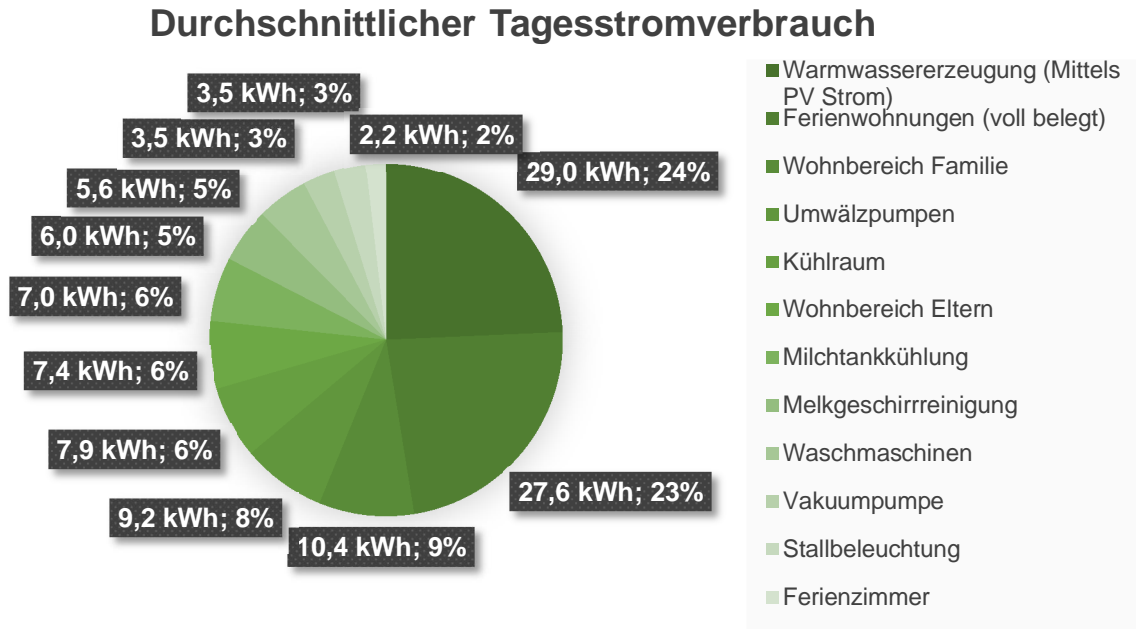


Abbildung 27: Zuordnung Stromverbraucher; Betrieb UAB1; Darstellung in kWh; %

**Folgende Energieeffizienzmaßnahmen sind zu empfehlen:**

1. Beleuchtung umstellen auf LED-Lampen
2. Umwälzpumpen durch Hocheffizienzpumpen ersetzen
3. Milchtankvorkühlung mittels Plattenvorkühlers
4. Leuchtstoffröhren durch LED-Röhren ersetzen
5. Alte Haushaltsgeräte durch energieeffiziente Geräte ersetzen

Tabelle 41 zeigt die jährliche Stromersparnis, die Kostenersparnis und die Amortisationszeit der jeweiligen Effizienzmaßnahmen. (Die detaillierte Vorgehensweise zur Berechnung der Amortisationszeit befindet sich im Anhang)

**Tabelle 41: Theoretisches Einsparungspotential, Amortisationszeit; Betrieb UAB1**

Reihenfolge	Art der Effizienzmaßnahme	Stromersparnis pro Jahr	Kostenersparnis pro Jahr	Amortisationszeit mit Förderung
Nr.	-	kWh	€	a
1.	LED-Lampen	1.533	261	1,7
2.	Hocheffizienzpumpen	2.064	351	3,7
3.	Milchtankkühlung	1.278	217	4,5
4.	LED-Röhren	796	135	5
5.	Haushaltsgeräte	-	-	5-8
-	Gesamt	5.671	964	-

## 7.6.2 Betrieb UAB2

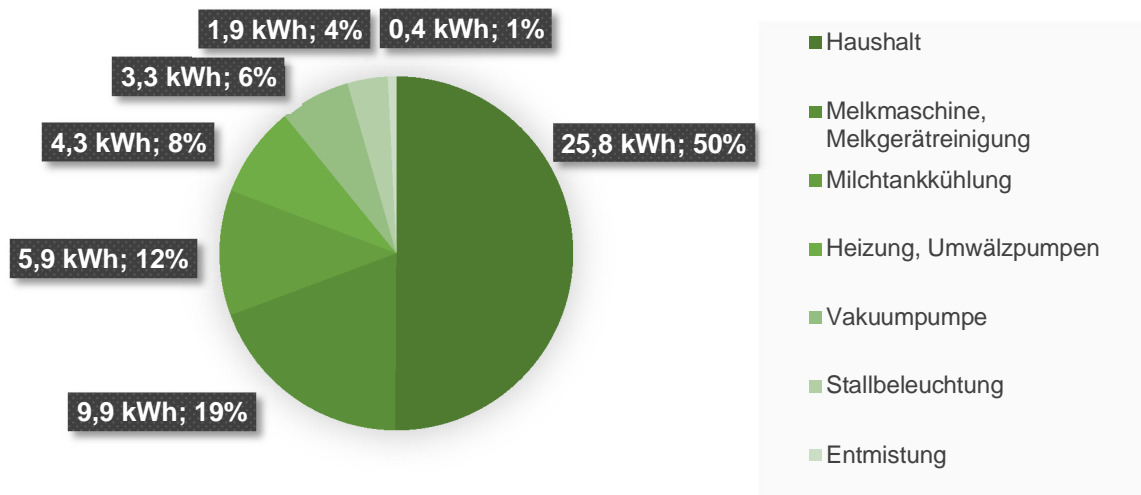
Die Familie bewirtschaftet einen Milchviehbetrieb mit 14 Kühen mit Urlaub am Bauernhof. Den Gästen stehen drei Ferienwohnungen mit insgesamt zwölf Betten zur Verfügung. Jährlich beträgt die Nächtigungszahl 110 bis 120 Nächtigungen pro Bett. Die durchgeführten Vor-Ort-Messungen ermöglichen eine Zuordnung des Stromverbrauches zu den einzelnen Verbrauchergruppen. In Tabelle 42 sind der jährliche Energieverbrauch sowie die anfallenden Kosten ersichtlich. Der Energieverbrauch setzt sich aus drei Bereichen zusammen: Wärme, Treibstoff, Strom.

**Tabelle 42: Jahresenergieverbrauch; Betrieb UAB2**

Jährlicher Energieverbrauch		Umrechnung Energieverbrauch	Kosten
-		kWh	€
<b>Strom</b>	17.600 kWh	17.600	2.992
<b>Wärme</b>	100 Srm Hackgut	90.000	2.000
<b>Treibstoff</b>	3.000 Liter Diesel	30.000	2.700
<b>Gesamt</b>	-	137.600	7.692

Abbildung 28 stellt den täglichen Stromverbrauch des Betriebs, während des Messzeitraumes von 01.10. bis 11.10.2016, grafisch dar. Beginnend beim größten Verbraucher dem Haushalt, bis hin zum kleinsten Verbraucher der Entmistung.

### Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch



**Abbildung 28: Zuordnung Stromverbraucher; Betrieb UAB2; Darstellung in kWh; %**

#### Folgende Energieeffizienzmaßnahmen sind zu empfehlen:

1. Milchtankvorkühlung mittels Plattenvorkühlers
2. Leuchtstoffröhren durch LED-Röhren ersetzen
3. Frequenzsteuerung der Vakuumpumpe
4. Alte Haushaltsgeräte durch energieeffiziente Geräte ersetzen

Tabelle 43 zeigt die jährliche Stromersparnis, die Kostenersparnis und die Amortisationszeit der jeweiligen Effizienzmaßnahmen. (Die detaillierte Vorgehensweise zur Berechnung der Amortisationszeit befindet sich im Anhang)

**Tabelle 43: Theoretisches Einsparungspotential, Amortisationszeit; Betrieb UAB2**

Reihenfolge	Art der Effizienzmaßnahme	Stromersparnis pro Jahr	Kostenersparnis pro Jahr	Amortisationszeit mit Förderung
Nr.	-	kWh/a	€/a	a
1.	Milchtankkühlung	1.077	183	5,3
2.	LED-Röhren	420	71	7,6
3.	Frequenzsteuerung Vakuumpumpe	482	82	7,8
4.	Haushaltsgeräte	-	-	5-8
-	Gesamt	1.979	336	-

### 7.6.3 Resümee „Urlaub am Bauernhof“ - Betriebe

Folgende Effizienzmaßnahmen konnten ermittelt werden:

**Tabelle 44: Resümee „Urlaub am Bauernhof“ - Betriebe**

Betriebe	Heizung	Milchtankkühlung	Vakuumpumpe	Beleuchtung	Belüftung	Fütterung	Haushaltsgeräte
UAB1	X	X	-	X	-	-	X
UAB2	-	X	X	X	-	-	X

Beide untersuchten „Urlaub am Bauernhof“ - Betriebe besitzen Milchtiere, wodurch Einsparungen im Bereich der Milchtankkühlung und bei der Vakuumpumpe möglich sind. Bei der Beleuchtung sind ebenfalls bei beiden Betrieben wirtschaftliche Einsparungen möglich.

## 7.7 Weinbaubetriebe

### 7.7.1 Betrieb W1

Der Betrieb bewirtschaftet ein Weingut mit 9 ha. Der Wein wird direkt am Hof sowie in der familieneigenen Buschenschank vermarktet. Die Buschenschank ist außer Dezember ganztägig von Freitag bis Dienstag von 13:00 bis 21:00 Uhr geöffnet. Pro Jahr werden 40.000 bis 50.000 Liter Wein produziert. Die durchgeführten Vor-Ort-Messungen ermöglichen eine Zuordnung des Stromverbrauches zu den einzelnen Verbrauchergruppen. In Tabelle 45 sind der jährliche Energieverbrauch sowie die anfallenden Kosten ersichtlich. Der Energieverbrauch setzt sich aus drei Bereichen zusammen: Wärme, Treibstoff, Strom.

**Tabelle 45: Jahresenergieverbrauch; Betrieb W1**

Jährlicher Energieverbrauch	Umrechnung Energieverbrauch	Kosten
-	kWh	€
<b>Strom</b>	36.000 kWh	36.000 6.120
<b>Wärme</b>	130-150 Srm Hackgut	117.000 - 135.000 2.600 – 3.000
<b>Treibstoff</b>	3.500 Liter Diesel	35.000 3.150
<b>Gesamt</b>	-	188.000-206.000 11.870 - 12.270

Abbildung 29 stellt den täglichen Stromverbrauch des Betriebs, während des Messzeitraumes von 18.08. bis 25.08.2016, grafisch dar. Beginnend beim größten Verbraucher (Kühlraum, Kühlgeräte Buschenschank), bis hin zum kleinsten Verbraucher (Beleuchtung Keller).

### Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch

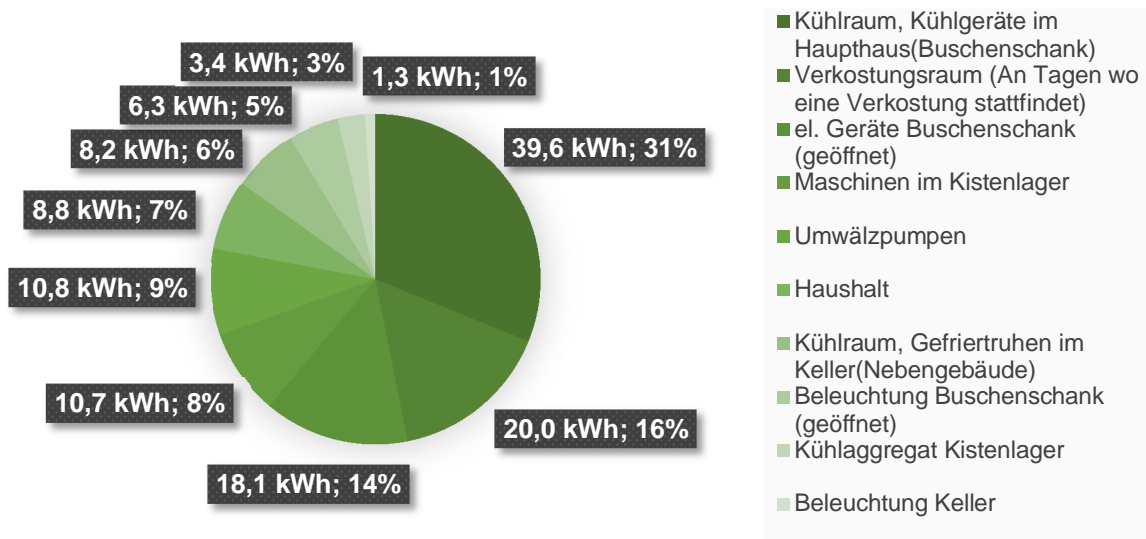


Abbildung 29: Zuordnung Stromverbraucher; Betrieb W1; Darstellung in kWh; %

#### Folgende Energieeffizienzmaßnahmen sind zu empfehlen:

1. Umstellen auf LED-Lampen in der Buschenschank
2. Umwälzpumpen durch Hocheffizienzpumpen ersetzen
3. Alte Kühlgeräte und Haushaltsgeräte durch energieeffiziente Geräte ersetzen

Tabelle 46 zeigt die jährliche Stromersparnis, die Kostenersparnis und die Amortisationszeit der jeweiligen Effizienzmaßnahmen. (Die detaillierte Vorgehensweise zur Berechnung der Amortisationszeit befindet sich im Anhang)

Tabelle 46: Theoretisches Einsparungspotential, Amortisationszeit; Betrieb W1

Reihenfolge	Art der Effizienzmaßnahme	Stromersparnis pro Jahr	Kostenersparnis pro Jahr	Amortisationszeit mit Förderung
Nr.	-	kWh/a	€/a	a
1.	LED-Lampen	882	150	0,8
2.	Hocheffizienzpumpen	2.322	395	3,5
3.	Haushaltsgeräte	-	-	-
-	Gesamt	3.204	545	-

#### 7.7.2 Betrieb W2

Der Betrieb bewirtschaftet ein Weingut mit 12 ha. Die Weine werden im Hofladen sowie der Buschenschank verkauft. Die Buschenschank hat von März bis November geöffnet. Jährlich werden ca. 40.000 bis 60.000 Liter Wein produziert. Die durchgeführten Vor-Ort-Messungen ermöglichen eine Zuordnung des Stromverbrauches zu den einzelnen Verbraucherguppen.

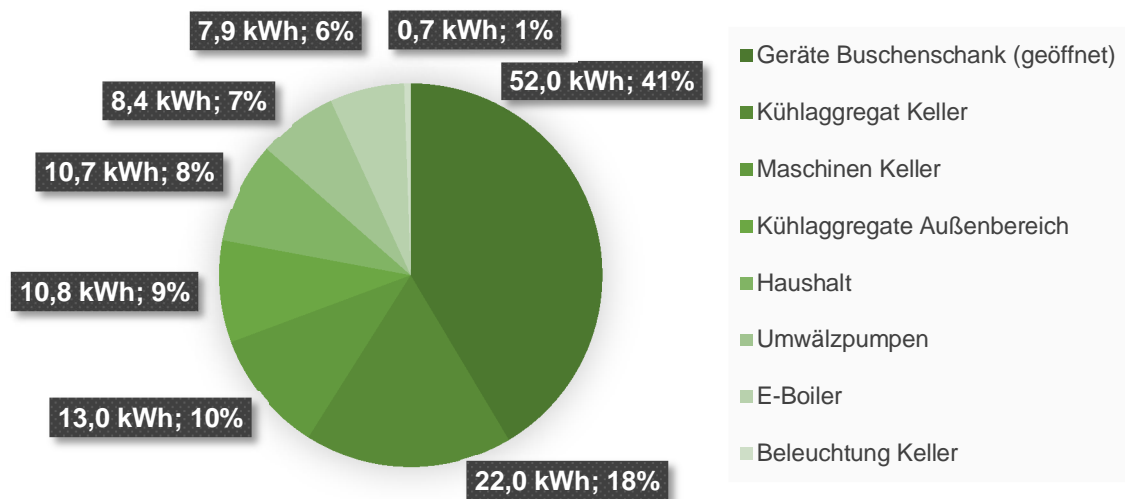
In Tabelle 47 sind der jährliche Energieverbrauch sowie die anfallenden Kosten ersichtlich. Der Energieverbrauch setzt sich aus drei Bereichen zusammen: Wärme, Treibstoff, Strom.

**Tabelle 47: Jahresenergieverbrauch; Betrieb W2**

Jährlicher Energieverbrauch		Umrechnung Energieverbrauch	Kosten
		kWh	€
<b>Strom</b>	45.000 kWh	45.000	7.650
<b>Wärme</b>	1000 Liter Heizöl 70 Rm Scheitholz	150.000	6.200
<b>Treibstoff</b>	4.500 Liter Diesel	45.000	4.050
<b>Gesamt</b>	-	240.000	17.900

Abbildung 30 stellt den täglichen Stromverbrauch des Betriebs, während des Messzeitraumes von 25.08. bis 02.09.2016, grafisch dar. Beginnend beim größten Verbraucher (Buschenschank), bis hin zum kleinsten Verbraucher (Beleuchtung Keller).

### Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch



**Abbildung 30: Zuordnung Stromverbraucher; Betrieb W2; Darstellung in kWh; %**

### Folgende Energieeffizienzmaßnahmen sind zu empfehlen:

1. Umstellen auf LED-Lampen in der Buschenschank
2. Umwälzpumpen durch Hocheffizienzpumpen ersetzen
3. Kontaktieren eines Kältetechnikers zur Ermittlung möglicher Effizienzmaßnahmen
4. Alte Kühlgeräte und Haushaltsgeräte durch energieeffiziente Geräte ersetzen

Tabelle 48 zeigt die jährliche Stromersparnis, die Kostenersparnis und die Amortisationszeit der jeweiligen Effizienzmaßnahmen. (Die detaillierte Vorgehensweise zur Berechnung der Amortisationszeit befindet sich im Anhang)

Tabelle 48: Theoretisches Einsparungspotential, Amortisationszeit; Betrieb W2

Reihenfolge	Art der Effizienzmaßnahme	Stromersparnis pro Jahr	Kostensparnis pro Jahr	Amortisationszeit mit Förderung
Nr.	-	kWh/a	€/a	a
1.	LED-Lampen	735	125	0,9
2.	Hocheffizienzpumpen	1.806	307	3,8
3.	Kühlaggregate	-	-	-
4.	Haushaltsgeräte	-	-	-
-	Gesamt	2.541	432	-

### 7.7.3 Betrieb W3

Die Familie bewirtschaftet 8 ha und verfügt über drei Gästezimmer mit insgesamt sechs Betten. Die durchgeführten Vor-Ort-Messungen ermöglichen eine Zuordnung des Stromverbrauches zu den einzelnen Verbrauchergruppen. In Tabelle 49 sind der jährliche Energieverbrauch sowie die anfallenden Kosten ersichtlich. Der Energieverbrauch setzt sich aus drei Bereichen zusammen: Wärme, Treibstoff, Strom.

Tabelle 49: Jahresenergieverbrauch; Betrieb W3

Jährlicher Energieverbrauch		Umrechnung Energieverbrauch	Kosten
-		kWh	€
<b>Strom</b>	22.440 kWh	22.440	3.815
<b>Wärme</b>	8 Tonnen Pellets	40.000	1.800
<b>Treibstoff</b>	5.000 Liter Diesel	50.000	4.500
<b>Gesamt</b>	-	112.440	10.115

Abbildung 31 stellt den täglichen Stromverbrauch des Betriebs, während des Messzeitraumes von 25.08. bis 02.09.2016, grafisch dar. Beginnend beim größten Verbraucher (Zentrale Kühlung Weinlager), bis hin zum kleinsten Verbraucher (Beleuchtung Weinlager).

### Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch

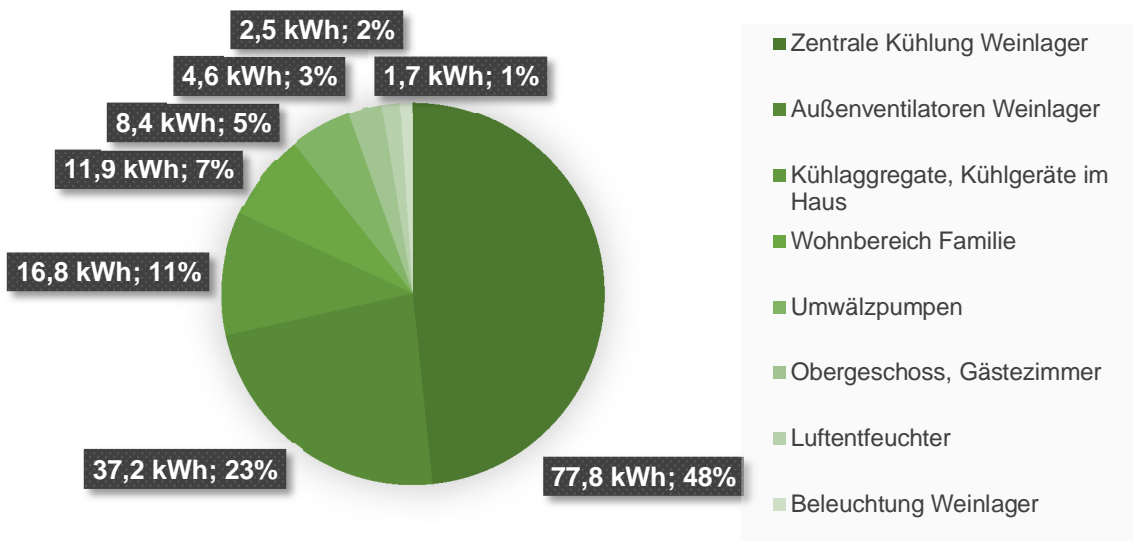


Abbildung 31: Zuordnung Stromverbraucher; Betrieb W3; Darstellung in kWh; %



## Folgende Energieeffizienzmaßnahmen sind zu empfehlen:

1. Umwälzpumpen durch Hocheffizienzpumpen ersetzen
2. Kontaktieren eines Kältetechnikers zur Ermittlung möglicher Effizienzmaßnahmen
3. Alte Kühlgeräte und Haushaltsgeräte durch energieeffiziente Geräte ersetzen

Tabelle 50 zeigt die jährliche Stromersparnis, die Kostenersparnis und die Amortisationszeit der jeweiligen Effizienzmaßnahmen. (Die detaillierte Vorgehensweise zur Berechnung der Amortisationszeit befindet sich im Anhang)

**Tabelle 50: Theoretisches Einsparungspotential, Amortisationszeit; Betrieb W3**

Reihenfolge	Art der Effizienzmaßnahme	Stromersparnis pro Jahr	Kostenersparnis pro Jahr	Amortisationszeit mit Förderung
Nr.	-	kWh/a	€/a	a
1.	Hocheffizienzpumpen	1.806	307	3,8
2.	Kühlaggregate	-	-	-
3.	Haushaltsgeräte	-	-	-
-	Gesamt	1.806	307	-

## 7.7.4 Resümee Weinbaubetriebe

Bei den Weinbaubetrieben konnten folgende Energieeffizienzmaßnahmen ermittelt werden:

**Tabelle 51: Resümee Weinbaubetriebe**

Betriebe	Heizung	Kühlaggregate	Beleuchtung	Haushaltsgeräte
W1	X	-	X	X
W2	X	X	X	X
W3	X	X	-	X

Im Bereich der Kühlaggregate ist es nicht möglich die Investitionskosten möglicher Effizienzmaßnahmen zu ermitteln. Bei der Besichtigung der Betriebe wurden die Landwirte jedoch auf mögliche Effizienzmaßnahmen hingewiesen, um in weiterer Folge Kontakt mit Kältetechnikexperten aufnehmen zu können.

## 7.8 Obstbaubetriebe

### 7.8.1 Betrieb O1

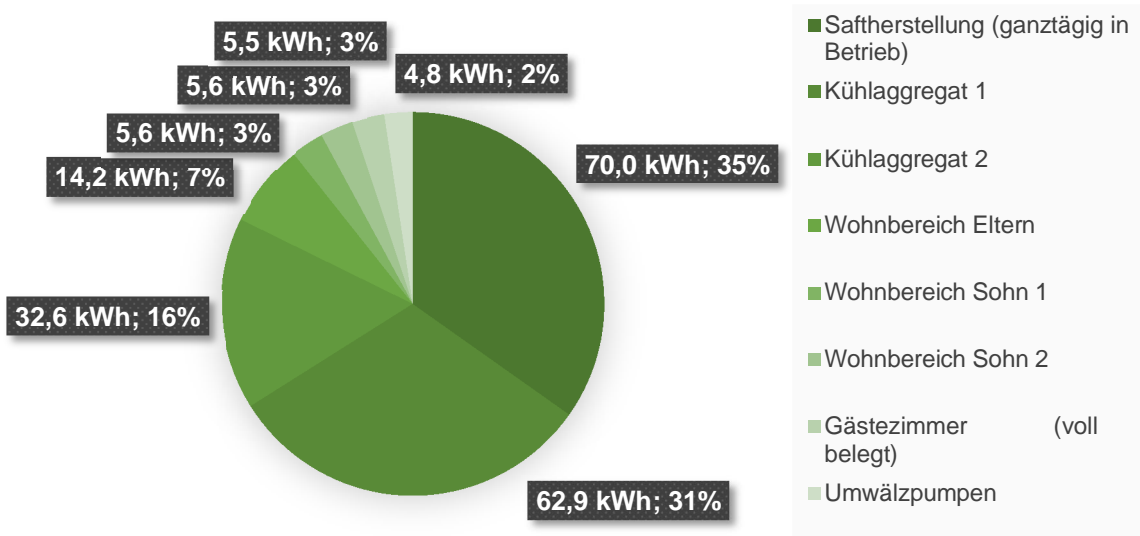
Der Betrieb umfasst eine Obstanlage von 6 ha sowie 4 ha Wald. Es werden Äpfel, Kirschen, Zwetschken, Birnen angebaut und direkt vermarktet. Außerdem stehen zehn Gästezimmer zur Verfügung. Die durchgeführten Vor-Ort-Messungen ermöglichen eine Zuordnung des Stromverbrauches zu den einzelnen Verbrauchergruppen. In Tabelle 52 sind der jährliche Energieverbrauch sowie die anfallenden Kosten ersichtlich. Der Energieverbrauch setzt sich aus drei Bereichen zusammen: Wärme, Treibstoff, Strom.

**Tabelle 52: Jahresenergieverbrauch; Betrieb O1**

Jährlicher Energieverbrauch		Umrechnung Energieverbrauch	Kosten
		kWh	€
<b>Strom</b>	34.000 kWh	34.000	5.780
<b>Wärme</b>	ca. 120 Srm Hackgut	108.000	2.400
<b>Treibstoff</b>	11.000 Liter Diesel	110.000	9.900
<b>Gesamt</b>	-	252.000	18.080

Abbildung 32 stellt den täglichen Stromverbrauch des Betriebs, während des betrachteten Messzeitraumes von 15.09. bis 29.09.2016, grafisch dar. Beginnend beim größten Verbraucher der Safftherstellung, bis hin zum kleinsten Verbraucher den Umwälzpumpen.

### Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch



**Abbildung 32: Zuordnung Stromverbraucher; Betrieb O1; Darstellung in kWh; %**

**Folgende Energieeffizienzmaßnahmen sind zu empfehlen:**

1. Umwälzpumpen durch Hocheffizienzpumpen ersetzen
2. Kontaktieren eines Kältetechnikers zur Ermittlung möglicher Effizienzmaßnahmen
3. Alte Kühlgeräte und Haushaltsgeräte durch energieeffiziente Geräte ersetzen

Tabelle 53 zeigt die jährliche Stromersparnis, die Kostenersparnis und die Amortisationszeit der jeweiligen Effizienzmaßnahmen. (Die detaillierte Vorgehensweise zur Berechnung der Amortisationszeit befindet sich im Anhang)

**Tabelle 53: Theoretisches Einsparungspotential, Amortisationszeit; Betrieb O1**

Reihenfolge	Art der Effizienzmaßnahme	Stromersparnis pro Jahr	Kostenersparnis pro Jahr	Amortisationszeit mit Förderung
Nr.	-	kWh/a	€/a	a
1.	Hocheffizienzpumpen	1.032	175	3,7
2.	Kühlaggregate	-	-	-
3.	Haushaltsgeräte	-	-	-
-	Gesamt	1.032	175	-

## 7.8.2 Resümee Obstbaubetrieb

Da nur ein Obstbaubetrieb untersucht wurde, ist es nicht möglich allgemeine Aussagen zu treffen. In Tabelle 54 ist jedoch ersichtlich, dass die Energieeffizienzmaßnahmen mit denen der Weinbaubetriebe übereinstimmen. Daher ist zu empfehlen diese Betriebe zusammenzufassen. Folgende Energieeffizienzmaßnahmen wurden ermittelt:

**Tabelle 54: Resümee Obstbaubetrieb**

Betriebe	Heizung	Kühlaggregate	Beleuchtung	Haushaltsgeräte
O1	X	X	-	X

## 7.9 Buschenschankbetriebe

### 7.9.1 Betrieb B1

Der Betrieb bewirtschaftet einen Weinbaubetrieb mit einer Buschenschank. Die Buschenschank hat von Februar bis Dezember von Sonntag bis Donnerstag geöffnet. Pro Jahr werden am Hof 12.500 Besucher mit regionalen Speisen und Getränken verköstigt. Des Weiteren werden mehrere Bauernmärkte im Umfeld mit Produkten beliefert. Die durchgeführten Vor-Ort-Messungen ermöglichen eine Zuordnung des Stromverbrauches zu den einzelnen Verbrauchergruppen. In Tabelle 55 sind der jährliche Energieverbrauch sowie die anfallenden Kosten ersichtlich. Der Energieverbrauch setzt sich aus drei Bereichen zusammen: Wärme, Treibstoff, Strom.

**Tabelle 55: Jahresenergieverbrauch; Betrieb B1**

Jährlicher Energieverbrauch		Umrechnung Energieverbrauch	Kosten
		kWh	€
	-		
<b>Strom</b>	70.000 kWh	70.000	11.900
<b>Wärme</b>	200 Srm Waldhackgut	180.000	4.000
<b>Treibstoff</b>	12.000 Liter Diesel	120.000	10.800
<b>Gesamt</b>	-	370.000	26.700

Abbildung 33 stellt den täglichen Stromverbrauch des Betriebs, während des Messzeitraumes von 15.06. bis 22.06.2016, grafisch dar. Beginnend beim größten Verbraucher (Kühlzellen), bis hin zum kleinsten Verbraucher (Heizung).

### Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch

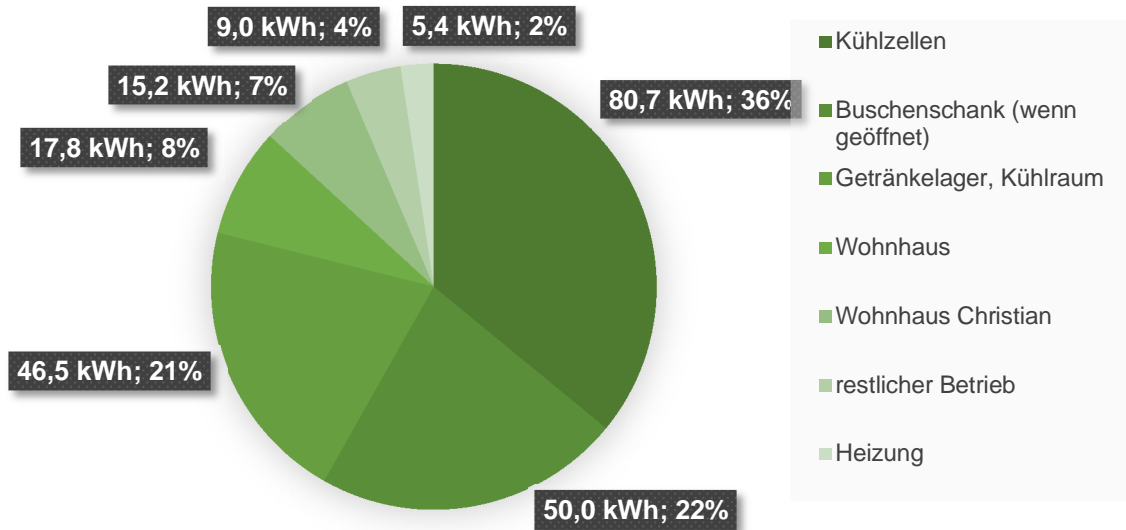


Abbildung 33: Zuordnung Stromverbraucher; Betrieb B1; Darstellung in kWh; %

Folgende Energieeffizienzmaßnahmen sind zu empfehlen:

1. Umwälzpumpen durch Hocheffizienzpumpen ersetzen
2. Kontaktieren eines Kältetechnikers zur Ermittlung möglicher Effizienzmaßnahmen
3. Umstellen auf LED-Lampen in der Buschenschank
4. Alte Kühlgeräte und Haushaltsgeräte durch energieeffiziente Geräte ersetzen

Tabelle 56 zeigt die jährliche Stromersparnis, die Kostenersparnis und die Amortisationszeit der jeweiligen Effizienzmaßnahmen. (Die detaillierte Vorgehensweise zur Berechnung der Amortisationszeit befindet sich im Anhang)

Tabelle 56: Theoretisches Einsparungspotential, Amortisationszeit; Betrieb B1

Reihenfolge	Art der Effizienzmaßnahme	Stromersparnis pro Jahr	Kostenersparnis pro Jahr	Amortisationszeit mit Förderung
Nr.	-	kWh/a	€/a	a
1.	Hocheffizienzpumpen	2.226	378	3,1
2.	Kühlzellen	-	-	-
3.	LED-Lampen	980	167	0,7
4.	Haushaltsgeräte	-	-	-
-	Gesamt	3.206	545	-

### 7.9.2 Betrieb B2

Der Betrieb bewirtschaftet ein Weingut mit elf ha. Die Weine werden im Hofladen sowie in der Buschenschank verkauft. Außerdem stehen den Gästen 14 Gästezimmer mit 25 Betten zur Verfügung. Die durchgeführten Vor-Ort-Messungen ermöglichen eine Zuordnung des

Stromverbrauches zu den einzelnen Verbrauchergruppen. In Tabelle 57 sind der jährliche Energieverbrauch sowie die anfallenden Kosten ersichtlich. Der Energieverbrauch setzt sich aus drei Bereichen zusammen: Wärme, Treibstoff, Strom.

**Tabelle 57: Jahresenergieverbrauch; Betrieb B2**

Jährlicher Energieverbrauch		Umrechnung Energieverbrauch	Kosten
-		kWh	€
<b>Strom</b>	52.000 kWh	52.000	8.840
<b>Wärme</b>	20 Rm Scheitholz, 7000 Liter Heizöl	110.000	5.800
<b>Treibstoff</b>	7.000 Liter Diesel	70.000	6.300
<b>Gesamt</b>	-	232.000	20.940

Abbildung 34 stellt den täglichen Stromverbrauch des Betriebs, während des Messzeitraumes von 18.08. bis 25.08.2016, grafisch dar. Beginnend beim größten Verbraucher (Buschenschank), bis hin zum kleinsten Verbraucher (Beleuchtung Buschenschank).

### Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch

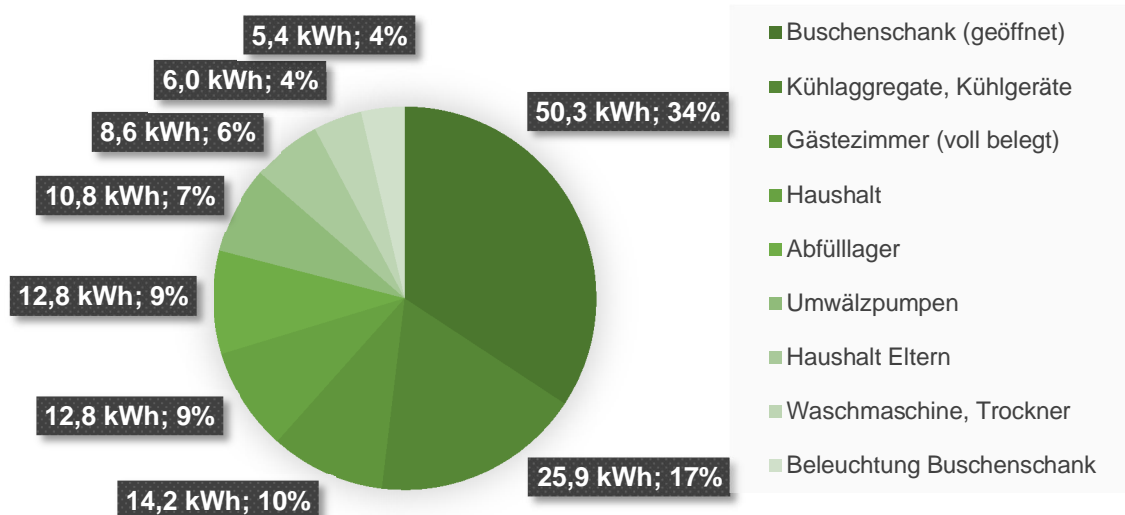


Abbildung 34: Zuordnung Stromverbraucher; Betrieb B2; Darstellung in kWh; %

#### Folgende Energieeffizienzmaßnahmen sind zu empfehlen:

1. Umstellen auf LED-Lampen in der Buschenschank
2. Umwälzpumpen durch Hocheffizienzpumpen ersetzen
3. Kontaktieren eines Kältetechnikers zur Ermittlung möglicher Effizienzmaßnahmen
4. Alte Kühlgeräte und Haushaltsgeräte durch energieeffiziente Geräte ersetzen

Tabelle 58 zeigt die jährliche Stromersparnis, die Kostenersparnis und die Amortisationszeit der jeweiligen Effizienzmaßnahmen. (Die detaillierte Vorgehensweise zur Berechnung der Amortisationszeit befindet sich im Anhang)

**Tabelle 58: Theoretisches Einsparungspotential, Amortisationszeit; Betrieb B2**

Reihenfolge	Art der Effizienzmaßnahme	Stromersparnis pro Jahr	Kostenersparnis pro Jahr	Amortisationszeit mit Förderung
Nr.	-	kWh/a	€/a	a
1.	LED-Lampen	1.627	276	0,8
2.	Hocheffizienzpumpen	3.096	526	3,5
3.	Kühlzellen	-	-	-
4.	Haushaltsgeräte	-	-	-
-	Gesamt	4.723	802	-

### 7.9.3 Betrieb B3

Der Weinbaubetrieb bewirtschaftet 4,5 ha und vermarktet den Wein im Hofladen und der Buschenschank. Die durchgeführten Vor-Ort-Messungen ermöglichen eine Zuordnung des Stromverbrauches zu den einzelnen Verbrauchergruppen. In Tabelle 59 sind der jährliche Energieverbrauch sowie die anfallenden Kosten ersichtlich. Der Energieverbrauch setzt sich aus drei Bereichen zusammen: Strom, Wärme, Treibstoff.

**Tabelle 59: Jahresenergieverbrauch; Betrieb B3**

Jährlicher Energieverbrauch		Umrechnung Energieverbrauch	Kosten
-		kWh	€
<b>Strom</b>	43.000 kWh	43.000	7.310
<b>Wärme</b>	1.200 Liter Heizöl 35 Rm Scheitholz	82.000	3.520
<b>Treibstoff</b>	1.500 Liter Diesel	15.000	1.350
<b>Gesamt</b>	-	140.000	12.180

Abbildung 35 stellt den täglichen Stromverbrauch des Betriebs, während des betrachteten Messzeitraumes von 02.09. bis 09.09.2016, grafisch dar. Beginnend beim größten Verbraucher den Geräten der Buschenschank, bis hin zum kleinsten Verbraucher den Umwälzpumpen der Heizung.

### Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch

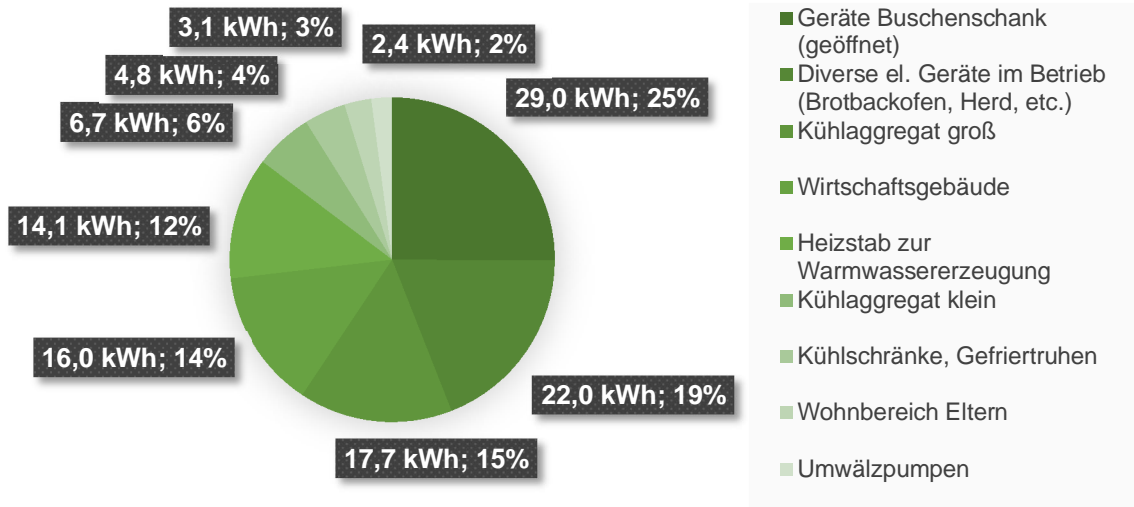


Abbildung 35: Zuordnung Stromverbraucher; Betrieb B3; Darstellung in kWh; %

Folgende Energieeffizienzmaßnahmen sind zu empfehlen:

1. Umwälzpumpen durch Hocheffizienzpumpen ersetzen
2. Kontaktieren eines Kältetechnikers zur Ermittlung möglicher Effizienzmaßnahmen
3. Alte Kühlgeräte und Haushaltsgeräte durch energieeffiziente Geräte ersetzen

Tabelle 60 zeigt die jährliche Stromersparnis, die Kostenersparnis und die Amortisationszeit der jeweiligen Effizienzmaßnahmen. (Die detaillierte Vorgehensweise zur Berechnung der Amortisationszeit befindet sich im Anhang)

Tabelle 60: Theoretisches Einsparungspotential, Amortisationszeit; Betrieb B3

Reihenfolge	Art der Effizienzmaßnahme	Stromersparnis pro Jahr	Kostenersparnis pro Jahr	Amortisationszeit mit Förderung
Nr.	-	kWh/a	€/a	a
1.	Hocheffizienzpumpen	1.290	219	3,7
2.	Kühlaggregate	-	-	-
3.	Haushaltsgeräte	-	-	-
-	Gesamt	1.290	219	-

### 7.9.4 Resümee Buschenschankbetriebe

Es konnten folgende Energieeffizienzmaßnahmen ermittelt werden:

Tabelle 61: Resümee Buschenschankbetriebe

Betriebe	Heizung	Kühlaggregate	Beleuchtung	Haushaltsgeräte
B1	X	X	X	X
B2	X	X	X	X
B3	X	X	-	X

Bei den Buschenschanken sind Einsparungen bei der Heizung, den Kühlaggregaten, der Beleuchtung und den Haushaltsgeräten möglich. Im Bereich der Kühlaggregate ist keine Investitionskostenrechnung möglich, da zu viele Faktoren eine Rolle spielen und diese im Zuge dieser Diplomarbeit nicht ermittelt werden können.

## 7.10 Gesamtresümee

Tabelle 62 dient zur Darstellung der möglichen Energieeffizienzmaßnahmen aller betrachteten Betriebe. Hierbei werden Gruppen mit ähnlichen Effizienzmaßnahmen farblich markiert, um eine weitere Gliederung zu ermöglichen. Die Gliederung erfolgt in fünf Gruppen:

1. Schweinemast-/Ferkelbetriebe S/F
2. Milchviehbetriebe M
3. Eierproduktionsbetriebe E
4. Direktvermarktung, Urlaub am Bauernhof Betriebe D/UAB
5. Weinbau-/Obstbau-/Buschenschankbetriebe W/O/B

**Tabelle 62: Gesamtresümee Energiesparpotential**

Betrieb	Haushalt	Heizung	Beleuchtung	Belüftung	Fütterung	Ferkelne- heizung	Milchtank	Vakuumpumpe	Kühlaggregat
S1	X	X	-	X	-	-	-	-	-
S2	X	X	-	X	-	-	-	-	-
S3	X	X	-	X	-	-	-	-	-
S4	X	X	-	X	-	X	-	-	-
F1	X	X	-	X	-	-	-	-	-
M1	X	X	-	-	-	-	X	X	-
M2	X	X	-	-	-	-	-	X	-
M3	X	-	-	X	-	-	-	X	-
M4	X	X	X	-	-	-	-	-	-
E1	X	X	-	X	-	-	-	-	-
E2	X	X	X	X	-	-	-	-	-
D1	X	-	X	-	-	-	X	-	-
D2	X	X	X	-	-	-	X	X	-
UAB1	X	X	X	-	-	-	X	-	-
UAB2	-	-	X	-	-	-	X	X	-
W1	X	X	X	-	-	-	-	-	-
W2	X	X	X	-	-	-	-	-	X
W3	X	X	-	-	-	-	-	-	X
O1	X	X	-	-	-	-	-	-	X
B1	X	X	X	-	-	-	-	-	X
B2	X	X	X	-	-	-	-	-	X
B3	X	X	-	-	-	-	-	-	X



## 8 Energiekennzahlen

### 8.1 Schweinemast-, Ferkelaufzuchtbetriebe

Bei Schweinemast- und Ferkelaufzuchtbetrieben ist es möglich, im Bereich der Belüftung Energiekennzahlen zu ermitteln. Da die Anzahl und das Gewicht der Tiere in den jeweiligen Betrieben bekannt sind, ist es möglich den täglichen Stromverbrauch pro kg festzustellen. Die Messungen der Schweinemastbetriebe wurden von Dezember bis März durchgeführt, wodurch es möglich ist den Stromverbrauch der Belüftungen für die Wintermonate zu ermitteln. Die Gewichtsklassen der Tiere sind im Anhang auf Seite 85 ersichtlich. Die Tabelle 63 zeigt die durchschnittlich ermittelten Werte:

**Tabelle 63: Berechnung Energiekennzahlen Schweinemast-, Ferkelbetriebe**

Betrieb	Stallung	Belüft.	Anzahl der Tiere	Gewicht der Tiere	Stromverbrauch pro Tag gemessen	Stromver. pro kg	Ersparnis
-	-	-	-	kg	kWh/d	Wh/(kg*d)	Wh/(kg*d)
S1	Stall alt	PH	340 Fk 600 Ms1	4.800 30.000	36,01	1,04	-
S1	Stall neu	FU	345 Ms1	17.250	4,32	0,25	0,79
S2	Stall 1	PH	180 Ms1 40 Ms2	9.000 3.600	15,4	1,22	-
S2	Stall 2	PH	140 Ms1 80 Ms2	7.000 7.200	15,4	1,09	-
S2	Stall 3	PH	240 Fk	4.800	4,08	0,85	-
S2	Stall 4	PH	160 Ms1	8.000	9,36	1,17	-
S3	Stall alt	TR	116 Ms1	6.960	7,44	1,07	0,73
S3	Stall neu	FU	384 Ms2	23.040	10,56	0,46	-
S4	Stall 1	PH	300 Fk	6.000	6,9	1,15	-
S4	Stall 2 & 3	PH	40 Ab 94 Zs 350 Fk	11.000 18.800 7.000	42,32	1,15	-
S4	Stall 4	PH	180 Ms1 100 Ms2	9.000 9.000	19,32	1,07	-
S4	Stall 5	FU	850 Js	34.000	8,88	0,26	0,86
F1	Stall alt	PH	370 Fg 240 Ms1	7.400 12.000	22,19	1,14	-
F1	Stall neu	EC	90 Zs 10 Ab	18.900 2.800	6,09	0,28	0,86

Bei diesen Werten kann es durchaus zu Diskrepanzen des tatsächlichen Stromverbrauches kommen. Durch mehrere Faktoren können diese Abweichungen entstehen:

1. Abweichung bei dem Gewicht der Tiere
2. Unterschiedliche Außentemperaturen während des Messzeitraumes
3. Unterschiedliche Bauformen der Abzugskamine
4. Messabweichungen der Messgeräte

Wenn man den Durchschnitt dieser Werte bildet erhält man folgende Kennzahlen:

**Tabelle 64: Stromverbrauch der Belüftungssysteme in den Wintermonaten**

Belüftungssystem	Täglicher Stromverbrauch pro kg	Einsparungen	Prozentuelle Einsparungen
	Wh/(kg*d)		
<b>Phasenanschnittsteuerung</b>	1,1	-	.
<b>Transformatorsteuerung</b>	1,07	0,03	2,7
<b>Frequenzumrichter</b>	0,32	0,78	70,9
<b>EC-Ventilatoren</b>	0,28	0,82	74,5

## 8.2 Milchviehbetriebe

Mit den ausgewerteten Daten ist es möglich Energiekennzahlen während des Melkvorganges zu ermitteln. Die Direktvermarktungsbetriebe und die Urlaub am Bauernhof Betriebe besitzen ebenfalls Milchtiere, daher werden auch diese Betriebe betrachtet. Bis auf M4 besitzen alle Betriebe eine Rohmelkanlage, wobei täglich morgens und abends gemolken wird. Einige Betriebe besitzen bereits Plattenvorkühler zur Milchtankvorkühlung, wodurch der Energieverbrauch während des Melkvorganges gesenkt wird. Keiner der untersuchten Betriebe besitzt einen Frequenzumformer zur Regelung der Vakuumpumpe. Der Betrieb M4 besitzt einen Melkroboter, deshalb kann dieser bei der Berechnung der Energiekennzahlen nicht berücksichtigt werden. Der Melkroboter ist ganztägig in Betrieb und wird mittels PC gesteuert. Die Kühe entscheiden selber, wie oft und wann sie sich melken lassen. Der Melkroboter hat einen Stromverbrauch von 52,1 Wh pro Liter Milch.

**Tabelle 65: Berechnung Energiekennzahlen Milchproduktionsbetriebe**

Betrieb	FU	Plattenvorkühlung Milchtankkühlung	Anzahl	Prod.	Stromv.	Stromv. pro
	Vakuumpumpe		der Tiere	Milch	pro Tag	Liter Milch
-	-	-	Stk.	Liter/d	kWh/d	Wh/l
<b>M1</b>	-	-	30	600	29,8	49,6
<b>M2</b>	-	X	30	600	19	31,6
<b>M3</b>	-	X	40	800	31,4	31,4
<b>D1</b>	-	-	25	500	22,4	44,8
<b>D2</b>	-	-	30	600	25,4	42,3
<b>UAB1</b>	-	-	20	400	18,5	46,3
<b>UAB2</b>	-	-	14	280	13,8	49,2

Bei den Messungen kann es durchaus zu Abweichungen des tatsächlichen Stromverbrauches pro Liter Milch kommen. Mehrere Faktoren können diese Diskrepanzen bewirken:

1. Ungenauigkeit bei der Anzahl der Tiere
2. Produzierte Menge Milch wird mit 20 Liter pro Kuh angenommen
3. Unterschiedliche Außentemperatur
4. Ungenauigkeit der Messgeräte

Die ermittelten Energiekennzahlen dienen jedoch als Richtwert. Tabelle 66 zeigt den gemittelten Stromverbrauch:

**Tabelle 66: Stromverbrauch pro Liter Milch**

Art des Melkvorganges	Stromverbrauch pro Liter Milch
-	Wh/Liter
<b>Rohrmelkanlage mit Plattenvorkühlung ohne FU</b>	31,5
<b>Rohrmelkanlage ohne Plattenvorkühlung ohne FU</b>	46,4
<b>Melkroboter</b>	52,1

Keiner der Betriebe besitzt einen Frequenzumformer zur Regelung der Vakuumpumpe, daher ist es nicht möglich Aussagen über mögliche Einsparungen anhand der Messungen treffen zu können. Die Einsparung durch die Milchtankvorkühlung beträgt etwa 14,9 Wh/Liter. Bei 500 Litern Milch pro Tag beträgt die Einsparung 8,2 kWh pro Tag.

### 8.3 Eierproduktionsbetriebe

Bei den Eierproduktionsbetrieben ist es möglich, Energiekennzahlen bei der Beleuchtung und der Belüftung zu ermitteln. Da in diesem Projekt nur zwei Eierproduktionsbetriebe untersucht wurden, können keine allgemeinen Aussagen getroffen werden. Beide Betriebe besitzen bereits LED-Lampen zur Stallbeleuchtung, wodurch der Stromverbrauch einen geringen Wert ausmacht. Folgende Daten konnten ermittelt werden:

**Tabelle 67: Berechnung Energiekennzahlen Eierproduktionsbetriebe**

Betrieb	Anzahl der Tiere	Beleuchtung Stall	Stromverbrauch pro Tier	Belüftung Stall	Belüftungsregelung	Stromverbrauch pro Tier
-	-	kWh/d	Wh/d	kWh/d		Wh/d
<b>E1</b>	1.100	1,6	1,5	8,9	-	8,1
<b>E2</b>	5.000	1	0,2	14,4	PH	2,9

Der Betrieb E2 besitzt eine Belüftungsregelung, wodurch der Stromverbrauch deutlich geringer ist als bei Betrieb E1. Bei Betrieb E1 läuft die Stallbelüftung durchgehend mit Nennleistung unabhängig von der Außentemperatur und den CO<sub>2</sub> Werten im Stall. Bei der Regelung besteht ebenfalls die Möglichkeit einer Umstellung auf EC-Ventilatoren oder einer Installation von Frequenzumrichtern. Um aussagekräftige Energiekennzahlen ermitteln zu können, ist zu empfehlen mehrere Eierproduktionsbetriebe zu untersuchen.

### 8.4 Direktvermarktungsbetriebe, „Urlaub am Bauernhof“ - Betriebe

Die betrachteten Betriebe besitzen Stallungen mit Milchtieren, wodurch ebenfalls Energiekennzahlen im Melkbereich ermittelt werden können (siehe 8.3). Im Hofladen und bei den Übernachtungen ist es nicht möglich, Energiekennzahlen zu ermitteln. Die Hofläden besitzen verschiedene elektrische Maschinen, je nachdem, welche Produkte vertrieben werden. Dadurch ist ein Vergleich in diesem Bereich nicht möglich. Bei den Ferienzimmern ist es nicht möglich Energiekennzahlen zu berechnen, da die Zimmerausstattung der Betriebe nicht miteinander zu vergleichen ist. Manche Zimmer besitzen Fernseher, Küche,

Wasserkocher usw., wodurch der Stromverbrauch gesteigert wird. Um Aussagen treffen zu können, muss das Besucherverhalten der Gäste ebenfalls berücksichtigt werden. Der Verbrauch herkömmlicher Ferienzimmer beträgt im Durchschnitt in etwa 1,1 kWh.

### **8.5 Weinbau-, Obstbau-, Buschenschankbetriebe**

Bei den Buschenschanken kann keine Aussage über die Effektivität eines Betriebs und dessen Stromverbrauch getroffen werden. Es ist nicht möglich, die genauen Besucherkennzahlen und deren Bestellungen zu ermitteln. Bei den Kühlräumen ist das genaue Fassungsvermögen nicht bekannt. Ebenfalls muss berücksichtigt werden, wie häufig ein Kühlraum geöffnet wird. Die Betriebe werden auf mögliche Effizienzmaßnahmen hingewiesen, um eine Effizienzsteigerung zu erreichen, es ist jedoch nicht möglich, Energiekennzahlen in diesen Betrieben zu ermitteln.

## 9 PV-Anlagenplanung

Bei diesem Projekt wird die PV-Anlage nicht mit der 50% Förderung unterstützt. Jedoch werden PV-Anlagen von anderen Förderstellen, wie beispielsweise Bund, Land und Gemeinden, gefördert. Bei PV-Anlagen ist es wichtig, einen möglichst großen Teil der erzeugten Energie selbst zu nützen, dadurch wird eine Anlage wirtschaftlich und es reduziert sich die Amortisationszeit. Aufgrund der erhobenen Daten ist es möglich eine grobe PV-Anlagen-Dimensionierung durchzuführen. Insgesamt werden für 13 der 22 Betriebe PV-Anlagenplanungen erstellt.

### Beispiel einer PV-Anlagenplanung anhand Betrieb W2:

Für die Auswertung wurden zwei unterschiedliche Tage betrachtet:

1. **11.02. Sonniger Wintertag**
2. **26.08. Sonniger Sommertag**

Der Gesamtverbrauch wurde aus den Smart-Meterdaten des Betriebs ausgelesen. Die PV-Produktionsdaten sind von einem anderen Landwirtschaftsbetrieb, welcher eine 10-kW-Peak-Anlage besitzt. In Tabelle 68 wurden die Werte für eine 10-kW-Peak-Anlage betrachtet und der Anteil des Eigenverbrauches berechnet.

**Tabelle 68: Daten zur Auslegung der PV-Anlage; Betrieb W2**

Datum	Gesamtverbrauch	Bezug aus dem Netz		PV-Erzeugung	PV-Erzeugung Eigenverbrauch		Überschuss-Einspeisung
		kWh	%		kWh	%	
-	kWh	kWh	%	kWh	kWh	%	kWh
11.02.	48,1	31,5	65,5	22,5	16,6	73,8	5,9
26.08.	189,9	136,8	72	53,1	53,1	100	0

In Abbildung 36 wurde der Lastgang (blaue Linie) vom 11.02.2016 betrachtet. Des Weiteren ist die Stromerzeugung einer 10 kW-Peak Anlage (orange Linie) ebenfalls ersichtlich. Der Energiebezug würde an sonnigen Tagen durch diese Anlage von ca. 48 kWh auf 31 kWh sinken (Reduktion um ca. 35%) und ist durch die grauen Balken dargestellt. Die gelben Balken zeigen die Rückeinspeisung ins Netz.

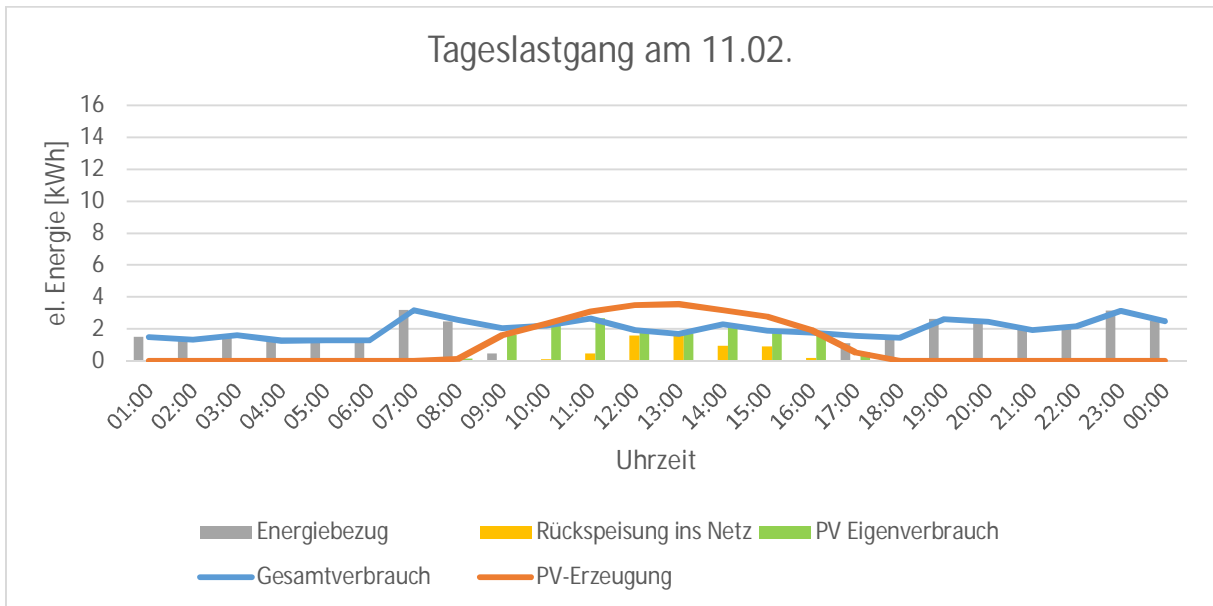


Abbildung 36: Tageslastgang am 11.02.2016, inklusive PV-Anlage; Betrieb W2

In Abbildung 37 sind die gleichen Parameter wie in Abbildung 36 visualisiert, mit dem Unterschied, dass es sich um einen Sommertag handelt, daher ist die Stromerzeugung der PV-Anlage wesentlich größer. Der Energiebezug an sonnigen Tagen würde von ca. 190 kWh auf 137 kWh sinken (Reduktion ca. 28%).

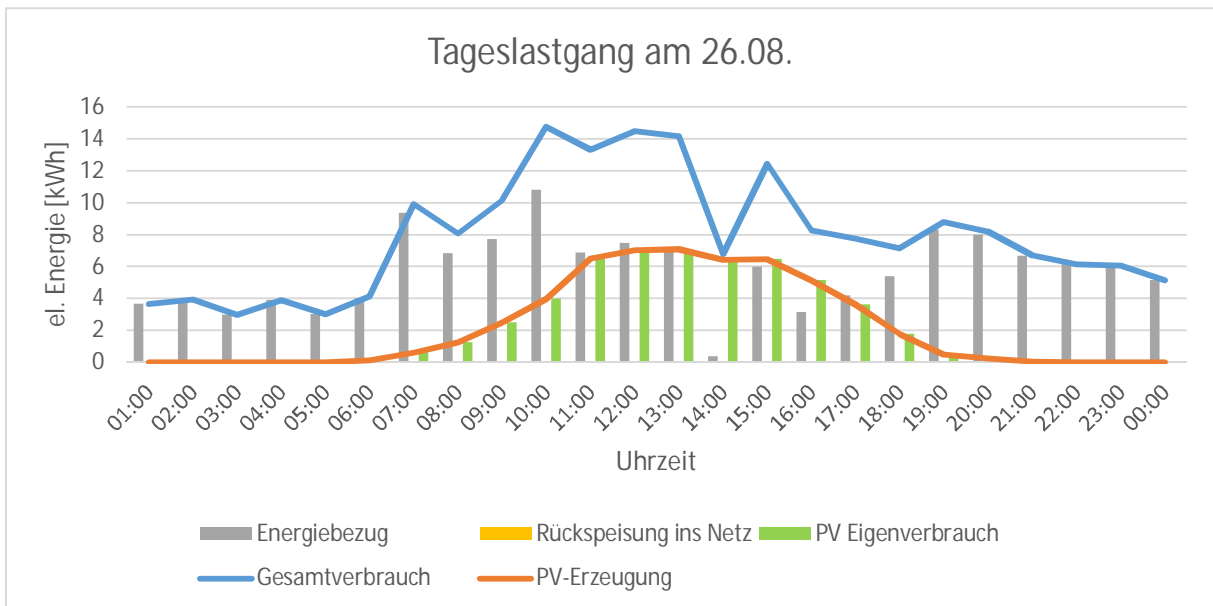


Abbildung 37: Tageslastgang am 26.08.2016, inklusive PV-Anlage; Betrieb W2

Anhand des Lastgangs ist zu erkennen, dass sowohl während des Winterbetriebs als auch im Sommer bei erhöhtem Energieverbrauch der Eigenverbrauchsanteil der PV-Anlage sehr hoch ist. Bei der Installation einer PV-Anlage mit einer Größe von 10 kWp kann zwischen 70% und 100% der erzeugten Energie selbst genutzt werden. Das bedeutet eine Energieersparnis von ca. 7.000-10.000kWh pro Jahr.

# 10 Diskussion

Ziel dieser Arbeit ist es, Effizienzmaßnahmen für landwirtschaftliche Betriebe in der Steiermark festzustellen und mögliche Energieeffizienzmaßnahmen zu ermitteln. Es konnten bei allen teilnehmenden Betrieben wirtschaftliche Energieeffizienzmaßnahmen ermittelt werden. Energiekennzahlen konnten jedoch nicht für alle betrachteten landwirtschaftlichen Sparten berechnet werden.

Bei Obst-, Weinbau- und Buschenschankbetrieben reichen die durchgeführten Messungen nicht aus, um Energiekennzahlen zu ermitteln. Bei diesen Betrieben ist der Stromverbrauch von zu vielen Faktoren abhängig. Bei Buschenschankbetrieben müsste man die Anzahl der Gäste und deren Bestellungen aufnehmen, um mögliche Energiekennzahlen ermitteln zu können. Im Bereich von Obst- und Weinbaubetrieben entsteht ein großer Teil des Stromverbrauches durch die Getränkekühlung. Bei den Kühlzellen müsste man das genaue Volumen der Lager ermitteln, die Außentemperaturen betrachten, die Öffnungshäufigkeit und den Standort beachten, um Energiekennzahlen ermitteln zu können. Im Rahmen dieser Diplomarbeit war es nicht möglich, diese Messungen in einem solchen Umfang durchzuführen, wodurch keine Energiekennzahlen für diese Betriebssparten berechnet werden konnten.

Bei Betrieben mit Tierhaltung, konnten Energiekennzahlen ermittelt werden. Mit Hilfe der teilnehmenden Landwirte war es möglich, die wichtigsten Daten, wie zum Beispiel Anzahl der Tiere, Gewicht der Tiere und die tägliche Milchmenge, zu ermitteln.

Es ist jedoch zu erwähnen, dass es bei den Energiekennzahlen durchaus zu Diskrepanzen der tatsächlichen Werte des Stromverbrauches kommen kann. Bei Schweinemastbetrieben wurde zum Beispiel das Gewicht der Schweinemasttiere vom Landwirt abgeschätzt und bei Milchtieren wird angenommen, dass eine Milchkuh 20 Liter Milch pro Tag gibt. Mit diesen Daten wird in weiterer Folge der Stromverbrauch pro Liter Milch ermittelt. Als eine weitere Limitation dieser Arbeit kann der kurze Messzeitraum gesehen werden. Durch den kurzen Zeitraum der Datenerhebung, können nur bedingt Schlussfolgerungen für das ganze Jahr gezogen werden. Die unterschiedlichen Bedingungen der Jahreszeiten konnten nur theoretisch in die Berechnungen einfließen.

Bei den Schweinemastbetrieben fanden die Messungen ausschließlich in den Wintermonaten statt, wodurch vor allem im Bereich der Belüftung keine Aussage über den Stromverbrauch verschiedener Belüftungssysteme in den Sommermonaten getroffen werden kann. Die Ventilatoren müssen bei höheren Außentemperaturen mit mehr Leistung betrieben werden. Anhand der durchgeführten Messungen, ist es nicht möglich, den Stromverbrauch der verschiedenen Belüftungssysteme für Außentemperaturen über 20°C zu beurteilen.

Weiters muss erwähnt werden, dass die verwendeten mobilen Smart Meter eine Messabweichung von bis zu 6,2% aufweisen und die Daten dementsprechend ungenau sind. Diese Ungenauigkeiten sind bei den Berechnungen so weit wie möglich berücksichtigt worden.

Durch die Heterogenität der Betriebssparten sind ein guter Überblick des Energiebedarfs der landwirtschaftlichen Sparten und dessen Einsparpotentiale entstanden. Die berechneten Energiekennzahlen dienen jedoch nur zur groben Übersicht, da keine exakten Messungen durchgeführt wurden. Es wurden zu wenige Daten erhoben, um allgemeine Schlüsse ziehen zu können, wie z.B. bei den Eierproduktionsbetrieben, wo nur zwei Betriebe betrachtet wurden.

Die vorliegende Arbeit kann als Grundlage für weitere Projekte gesehen werden, um genauere Energiekennzahlen ermitteln zu können. Hier ist zu empfehlen, mit anderen Landwirtschaftskammern zusammenzuarbeiten, um somit mehr Daten zu erhalten. In Bayern wird bereits seit Jahren der Energieverbrauch von Milchviehbetrieben untersucht. Je mehr Daten vorhanden sind, desto genauere Aussagen können getroffen werden.

Es muss berücksichtigt werden, dass bei den Berechnungen der Effizienzmaßnahmen individuelle Einflussfaktoren der Betriebe einfließen und diese unbedingt bei jeder Beratung miteinbezogen werden sollten.



## Literaturverzeichnis

- [1] M. T. Loibnegger, Wo man am Hof Strom sparen kann, <https://stmk.lko.at/wo-man-am-hof-strom-sparen-kann+2500+2488107>, 2016.
- [2] Statistik Austria, Betriebe - Flächen 1999 - 2013, [http://www.statistik.steiermark.at/cms/dokumente/11682776\\_103036101/8d06d01f/1-Betriebe-Fl%C3%A4chen-13.pdf](http://www.statistik.steiermark.at/cms/dokumente/11682776_103036101/8d06d01f/1-Betriebe-Fl%C3%A4chen-13.pdf).
- [3] Dr. Peter Biermayr, Technische Universität Wien, e-think, ERNEUERBARE ENERGIE IN ZAHLEN 2015, [http://www.energieklima.at/fileadmin/content/publikationen/1Broschuere\\_eEiZ\\_2015.pdf](http://www.energieklima.at/fileadmin/content/publikationen/1Broschuere_eEiZ_2015.pdf), 2014.
- [4] E-Control, Die 20-20-20-Ziele, <https://www.e-control.at/konsumenten/oeko-energie/klima-und-umwelt/20-20-20-ziele>.
- [5] Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft , Leitfaden für Energielieferanten gemäß Bundes- Energieeffizienzgesetz, <http://www.bmwf.w.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieeffizienz/Documents/Leitfaden%20EEffG%20Lieferanten%20final.pdf>.
- [6] O.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Lothar Fickert, Institut für Elektrische Anlagen der Technischen Universität Graz, Skriptum Grundlagen der elektrischen Energiesysteme, <http://www.ifea.tugraz.at/lehre/unterlagen/>, 2010.
- [7] O.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Lothar Fickert, Institut für Elektrische Anlagen der Technischen Universität Graz, Skriptum Grundlagen der elektrischen Energiesysteme, <http://www.ifea.tugraz.at/lehre/unterlagen/>, 2010.
- [8] Wiener Netze GmbH, Smart Metering, <https://www.wienernetze.at/eportal/ep/channelView.do/pageTypeId/65652/channelId/45583>.
- [9] E-Control, Smart Meter Monitoring 2013, <https://www.e-control.at/documents/20903/-/8818f75d-2380-4662-8d88-e71a2e21be27>, 2013.
- [10] Ernst & Young GmbH, "Kosten und Nutzen Analyse für einen flächendeckenden Einsatz intelligenter Zähler", [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Kosten-Nutzen-Analyse\\_Roll-out\\_Smart\\_Meter/\\$FILE/BMWI-Endbericht-KNA-Smart-Metering-2013.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Kosten-Nutzen-Analyse_Roll-out_Smart_Meter/$FILE/BMWI-Endbericht-KNA-Smart-Metering-2013.pdf), 2013.
- [11] Wirtschaftslexikon24.com, Amortisationszeit, <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/amortisationszeit/amortisationszeit.htm>, 2015.

- [12] Landis & Gyr, Benutzerhandbuch ZMD 400AT/CT, ZFD 400AT/CT, Energie Steiermark.
- [13] Voltcraft, Bedienungsanleitung Energy Check 3000, [http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/125000-149999/125330-an-01-ml-ENERGY\\_CHECK\\_3000\\_de\\_en.pdf](http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/125000-149999/125330-an-01-ml-ENERGY_CHECK_3000_de_en.pdf), 12/11.
- [14] R. Braunstein, Energieeffizienz und Energiesparpotenziale in der Landwirtschaft, TU Graz, 2007.
- [15] Dipl.-Ing. (FH) Stefan Zinsberger - Regierung von Oberbayern - Gewerbeaufsicht, Energiesparen-Aber sicher!, [http://www.vis.bayern.de/produktsicherheit/produktgruppen/computer\\_elektrowaren/lampen/led-roehren.htm](http://www.vis.bayern.de/produktsicherheit/produktgruppen/computer_elektrowaren/lampen/led-roehren.htm), 2015.
- [16] klima:aktiv austrian energy agency, Energie und Kosten sparen bei Haushaltsgeräten, <http://www.klimaaktiv.at>, 2014.
- [17] energie-experten.org, Technik, Stromverbrauch und Kosten von Hocheffizienzpumpen, <http://www.energie-experten.org/heizung/heizungstechnik/heizungskreislauf/hocheffizienzpumpe.html>, 2016.
- [18] G. H. F. Chmeliczek Daniel, Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und Maximierung des PV-Eigenverbrauchs durch gezieltes Lastmanagement, TU Graz, 2013.
- [19] Dr. Michael Hubal Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Zur Wirtschaftlichkeit von frequenzgesteuerten Vakuumpumpen, <http://www.wgmev.de/publikationen/beitraege/41-zur-wirtschaftlichkeit-von-frequenzgesteuerten-vakuumpumpen.html>, 2014.
- [20] klima:aktiv austrian energy agency, Energieeffizienz in Kältesystemen, [www.ztk.at/dl/Energieeffizienz\\_Kaeltesysteme\\_klima\\_aktiv.pdf](http://www.ztk.at/dl/Energieeffizienz_Kaeltesysteme_klima_aktiv.pdf), 2007.
- [21] E-Control, Preiszusammensetzung, <https://www.e-control.at/konsumenten/strom/strompreis/preiszusammensetzung>, 2017.
- [22] ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG, GreenTech EC-Technologie, [http://www.ebmpapst.com/media/content/info-center/downloads\\_10/brochures/ebm-papst\\_GreenTech-EC-Technologie\\_de.pdf](http://www.ebmpapst.com/media/content/info-center/downloads_10/brochures/ebm-papst_GreenTech-EC-Technologie_de.pdf), 2016.

# 11 Anhang

## 11.1 Umrechnung des Energieverbrauches in kWh/Preise

### Zusammenstellung des Strompreises:

Der Verbrauch elektrischer Energie (Stromverbrauch) wird zur Kostenberechnung mit 17 Cent pro kWh angenommen. In Abbildung 38 ist die Zusammensetzung des Strompreises ersichtlich.

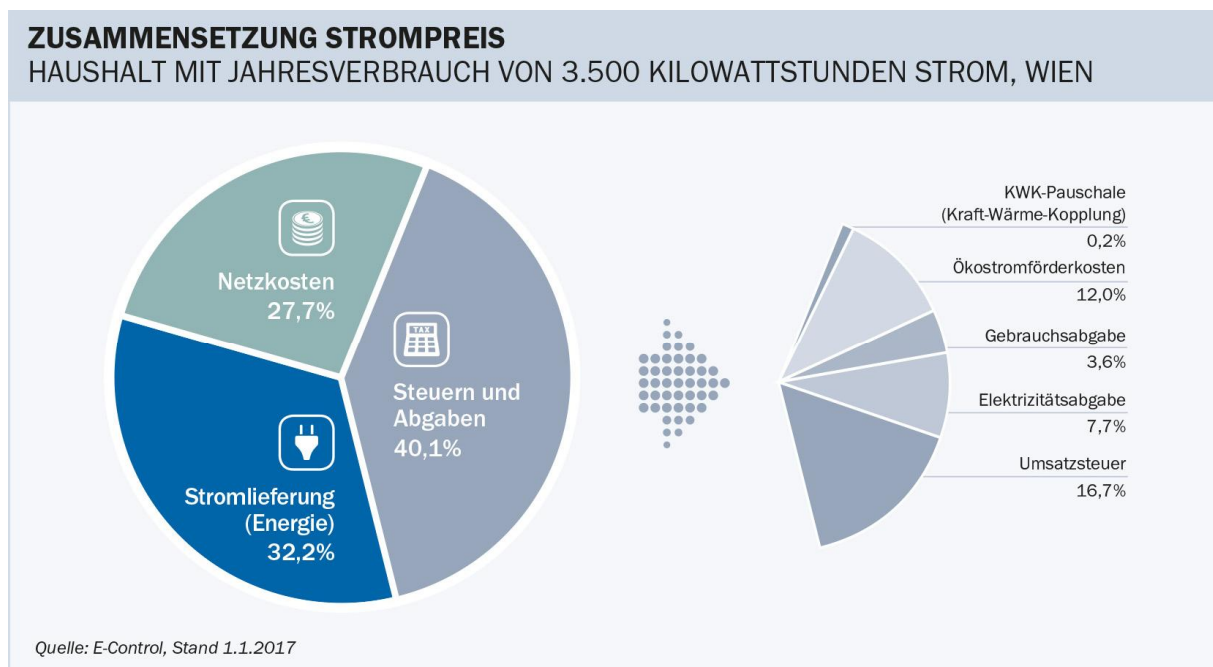


Abbildung 38: Zusammensetzung Strompreis [21]

### Umrechnungsfaktor Srm Waldhackgut in kWh:

Damit man den Energieverbrauch, einer Hackschnitzelheizung mit dem Stromverbrauch vergleichen kann, muss man die Schüttraummeter in Kilowattstunden umrechnen. Verschiedene Hackgutarten besitzen unterschiedliche Energieinhalte und haben somit andere Umrechnungsfaktoren. Es wurde ein Umrechnungsfaktor für Waldhackgut von 900 kWh/Srm angenommen. Zur Berechnung wurde ein Preis pro Schüttraummeter von 20 € angenommen.

### Umrechnungsfaktor Rm Scheitholz in kWh:

Damit man den Energieverbrauch, einer Scheitholzheizung mit dem Stromverbrauch vergleichen kann, müssen die Raummeter in Kilowattstunden umgerechnet werden. Der Heizwert von einem Raummeter Buchenholz beträgt in etwa 2 MWh und der Preis wird mit 80

€/Rm (1 Rm entspricht 1,5 Schüttraummeter) angenommen. Dadurch erhält man einen Preis von 4 Cent/kWh.

**Umrechnungsfaktor Diesel/Heizöl in kWh:**

Der Treibstoffverbrauch soll ebenfalls mit dem Stromverbrauch verglichen werden. Die Fahrzeuge in landwirtschaftlichen Betrieben werden hauptsächlich mit Diesel betrieben. Der Umrechnungsfaktor beträgt für Diesel 10 kWh/Liter. Der Preis wurde mit 0,9 € pro Liter Diesel angenommen. Einige Landwirte besitzen eine Ölheizung, welche den gleichen Umrechnungsfaktor wie Diesel besitzt. Der Preis von Heizöl ist jedoch billiger, da dieses nicht so hoch besteuert wird. Der Preis wird zur Berechnung mit 0,6 €/Liter angenommen.

**11.2 Leistungsaufnahme verschiedener Regelungsverfahren  
Belüftungssysteme**

In Abbildung 39 ist der Stromverbrauch verschiedener Belüftungssysteme ersichtlich. Auf der horizontalen Achse ist der Volumenstrom in [m³/h] aufgetragen und auf der vertikalen Achse die Aufnahmeleistung des Ventilators in [W].

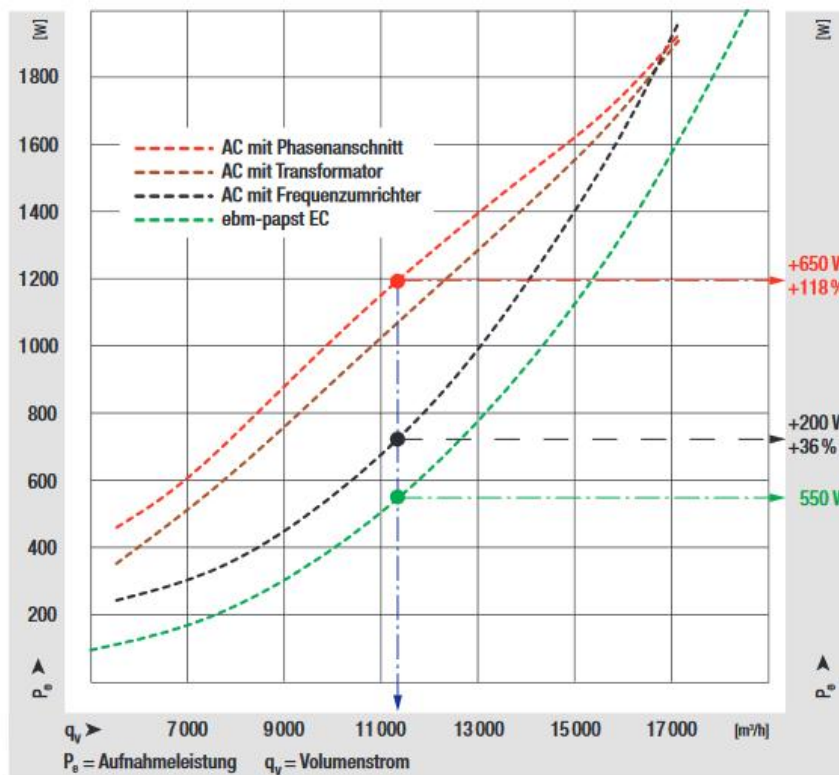


Abbildung 39: Leistungsaufnahme verschiedener Regelverfahren [22]

### **11.3 Gewichtsklassen Schweinemastbetriebe**

Um eine Berechnung der Energiekennzahlen zu ermöglichen, musste das Gewicht der Tiere bestimmt werden. Das Gewicht der Tiere wird in 6 Gewichtsklassen unterteilt. Diese Unterteilung ist ausreichend, um den Stromverbrauch pro Tag und kg zu ermitteln.

**Zur Berechnung werden folgende durchschnittlichen Gewichte angenommen:**

Mastschwein Kategorie 1: 50 kg

Mastschwein Kategorie 2: 90 kg

Jungsau: 40 kg

Ferkel: 20 kg

Zuchtsau: 210 kg

Abferkelbucht: 280 kg

### **11.4 CD-ROM mit Beratungsberichten**

Auf dieser CD-ROM befinden sich die detaillierten Beratungsberichte, welche für alle teilnehmenden Landwirte angefertigt wurden.