

Josef Neiber und Stefan Nesper

# Energieverbrauch und energetische Einsparpotenziale in der Ferkelerzeugung

Der Energiebedarf landwirtschaftlicher Produktionsverfahren stellt für den Gesamtbetrieb in der Innen- und Außenwirtschaft einen erheblichen Anteil betriebsbelastender Produktionskosten dar. Vor allem die Betriebszweige Ferkelproduktion und Ferkelaufzucht haben einen hohen thermischen und elektrischen Energieverbrauch. Bei Neuplanungen und Sanierungsmaßnahmen von Schweineställen ist es daher von großer Bedeutung, Kenntnis über den notwendigen Energiebedarf einzelner Verbraucher zu haben. Anhand spezifischer Energieverbrauchsdaten können energetische Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet und eine Verringerung des Energieverbrauchs realisiert werden.

## Schlüsselwörter

Energieeffizienz, Energieeinsparpotenzial, Ferkelerzeugung

## Keywords

Energy efficiency, energy saving potential, piglet production

## Abstract

Neiber, Josef and Nesper, Stefan

Energy consumption and energy saving potentials in piglet production

Landtechnik 65 (2010), no. 6, pp. 421-425, 4 figures, 4 references

For agricultural farms, a considerable share of variable costs is due to the energy consumption for agricultural production processes. In particular, piglet production and nursery have a high thermal and electric energy demand. For the planning and the redevelopment of pig housing systems, a good knowledge of the energy demand of different consumers is of great importance. With this knowledge, it is possible to derive measures for improving energy efficiency and reducing energy consumption.

■ Im Rahmen eines Projektes zur Ermittlung der Energieeffizienz in der Schweinehaltung (Schwerpunkt Zuchtsauenhaltung) werden konkrete Energiebedarfswerte in spezialisierten landwirtschaftlichen Betrieben in Bayern durch die Zusammenfüh-

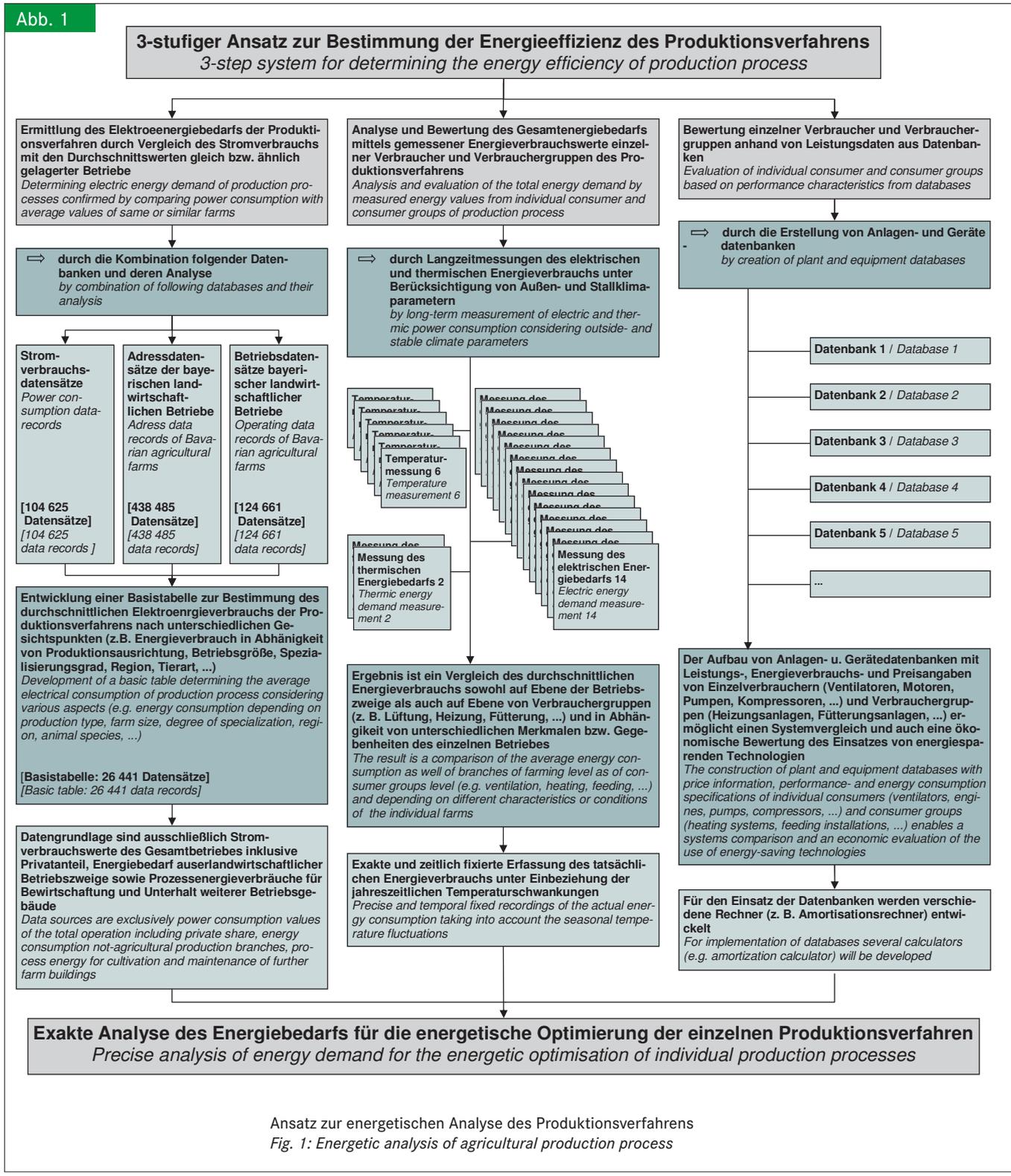
rung von Stromverbrauchs- und Betriebsdatensätzen ermittelt. Um neben einer Systembewertung des Produktionsverfahrens auch die Ableitung von energetischen Optimierungskonzepten für den Einzelbetrieb zu ermöglichen, werden Energieverbrauchsmessungen von Produktionsanlagen und Auswertungen von Anlagen- und Gerätedatenbanken vorgenommen. Zur energetischen Analyse wird ein 3-stufiger Ansatz mit Erhebungen von Massendaten zum Stromverbrauch landwirtschaftlicher Betriebe, Langzeitmessungen auf Praxisbetrieben und der Kalkulation auf Ebene der Einzelverbraucher zugrunde gelegt (**Abbildung 1**).

## Auswertung von Stromverbrauchsdaten

Für eine Auswertung nach landwirtschaftlichen Kriterien werden betriebsbezogene Stromverbrauchsdatensätze und betriebliche Datensätze aus dem Jahr 2007 zusammengeführt. Daraus kann eine Basistabelle mit insgesamt 26 441 Einzeldatensätzen erstellt werden. Eine Einteilung und Clusterung der Betriebe zur Festlegung von Referenzwerten und Benchmarks in Abhängigkeit von Region, Betriebsgröße und Betriebsausrichtung erfolgt durch die Zuordnung der Betriebe gemäß dem SDB (Standarddeckungsbeitrag – Einteilung der landwirtschaftlichen Betriebe nach dem EU-weiten Betriebsklassifizierungssystem).

## Verbrauchsmessung auf Praxisbetrieben

Auswahl und Betriebsbeschreibung der Praxisbetriebe: In enger Abstimmung mit den ÄELF (Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) sind für die Messung von Elektro- und Heizenergiewerten und die Erhebung verfahrenstechnischer Kennzahlen elf landwirtschaftliche Betriebe an 14 Standorten mit dem Schwerpunkt Ferkelproduktion herangezogen worden. Um bei der Ferkelerzeugung ein breites Spektrum



der bayerischen Produktionssituation inklusive der baulichen und technischen Ausstattung abzudecken, sind Betriebe aus allen Regierungsbezirken (und auch Agrargebieten) mit unterschiedlichen Produktionsgrößen und verschiedenen Betriebs- bzw. Produktionsanlagen für die Langzeitmessung ausgewählt worden.

### Energieverbraucher und eingesetzte Messtechnik in der Ferkelproduktion

Untersuchungen zum Energieverbrauch in norddeutschen Stallanlagen weisen eine starke Streuung auf. Der durchschnittliche Energiebedarf für die Heizung liegt dort in der Zuchtsauenhaltung bei 66 % und in der Ferkelaufzucht bei 87 % des Gesamtenergiebedarfs. Für die Lüftung werden bei der Zuchtsauenhal-

tung durchschnittlich 25 % und bei der Ferkelaufzucht 10 % der Gesamtenergie benötigt [1]. Insgesamt betrachtet haben Heizung und Lüftung im Vergleich zu anderen Verbrauchern einen sehr hohen Energiebedarf. Um jahreszeitlich schwankende Temperaturverläufe und andere außenklimatische Bedingungen (relative Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Windgeschwindigkeit u. a.) zu egalisieren, wird der Energieverbrauch in Abhängigkeit von der Innen- und Außentemperatur über mindestens zwölf Monate gemessen. Darüber hinaus wird der Energiebedarf des Fütterungssystems, der Beleuchtung, der Reinigung und weiterer Betriebsanlagen, die für das Produktionsverfahren relevant sind, ermittelt. Fest installierte Zähler (Strom- und Wärmemengenzähler), Datenaufzeichnungs- und Datenübertragungsgeräte sowie weitere Messinstrumente liefern aussagefähige Daten über den aktuellen Verbrauch.

Zusätzlich werden für die energetische Auswertung eine Wärmebildkamera, ein Klimakoffer (u. a. für die Messung von Luftfeuchte und Schadgaskonzentrationen), ein U-Wert-Messgerät für den Wärmedurchgangskoeffizienten, mehrere Energiemessgeräte, ein IR-Temperaturmesser und ein IR-Entfernungsmesser eingesetzt.

### Anlagen- und Gerätedatenbank

Die Entwicklung der Datenbank basiert auf dem Ansatz, mit maßgebenden Leistungsdaten der technischen Anlagen und Geräte eine Vergleichsrechnung aufzustellen, um Rückschlüsse auf deren Wirtschaftlichkeit und Energieeffizienz ziehen zu können. Die Datenbank beinhaltet eine Auflistung der technischen Komponenten, die in der Ferkelproduktion zum Einsatz kommen. Die gesamte Typisierung und Leistungsbeschreibung wird u. a. aus Firmenangaben, DLG-Prüfungen und Internetrecherchen zusammengestellt. Die Datenbank wird ständig weiterentwickelt und aktualisiert.

### Elektroenergieverbrauch landwirtschaftlicher Betriebe

Die Auswertung aus den Stromverbrauchsdaten und Betriebsdaten ergibt, dass der gesamte Stromverbrauch von 26 439 ausgewerteten landwirtschaftlichen Betrieben bei ca. 370 GWh (Gigawattstunden) pro Jahr liegt und die Betriebe insgesamt 721 136 ha LF bewirtschaften. Der durchschnittliche Stromverbrauch der Betriebe liegt bei 13 984 kWh/Jahr und die durchschnittlich bewirtschaftete Fläche beträgt 27,27 ha LF [2].

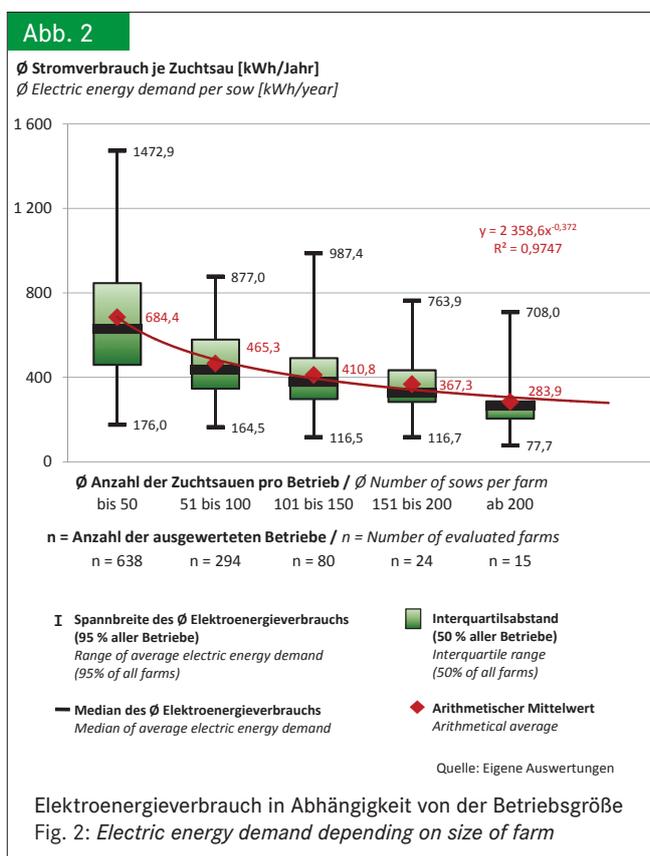
Für die Bestimmung des Elektroenergiebedarfs der einzelnen Produktionsverfahren, werden Betriebe mit gleichgelagerten betriebswirtschaftlichen und produktionstechnischen Einzelausrichtungen zu Betriebsgruppen zusammengefasst. Bei den spezialisierten Veredelungsbetrieben (Schweineaufzucht- und Schweinemastbetriebe) und den Veredelungs-Verbund-Betrieben (Schweineaufzucht- und Mastverbundbetriebe) liegt der durchschnittliche Energieverbrauch bei 35 043 und bei 26 952 kWh/Jahr und ist im Vergleich zu den anderen Betriebsgruppen (spezialisierte Acker- und Futterbaubetriebe, Milchvieh- und Verbundbetriebe, Pflanzenbau- und sonstige Verbundbetriebe) am höchsten.

### Elektroenergieverbrauch spezialisierter Zuchtsauenbetriebe in Abhängigkeit vom Standort

Um Erkenntnisse über die Standortabhängigkeit der Elektro- und Heizenergieverbräuche in den spezialisierten Zuchtsauenbetrieben ableiten zu können, werden als Basis für die Auswertung die zwölf Agrargebiete in Bayern zugrunde gelegt. Die Agrargebiete AG 1 (Alpen) und AG 2 (Alpenvorland) sind von der Bewertung ausgenommen, da hier wenige Zuchtsauenbetriebe vorhanden sind und für diese keine Stromverbrauchsdaten vorliegen. Es sind 1 084 spezialisierte Zuchtsauenbetriebe mit insgesamt 57 637 Zuchtsauen ausgewertet worden. Der durchschnittliche Energieverbrauch der Betriebe beträgt 26 584 kWh/Jahr und durchschnittlich 500 kWh/Zuchtsau/Jahr. Im Tertiären Hügelland Süd und Nord (AG 4 und AG 5) befinden sich 58 % der Zuchtsauenbetriebe und auch 58 % der Zuchtsauen. Da aus dieser Auswertung nur der Elektroenergieverbrauch und nicht der Energiebedarf der thermischen Verbraucher ermittelt werden kann, ist keine zuverlässige Aussage über den Gesamtenergiebedarf der Betriebe in Abhängigkeit vom Standort (Temperaturunterschiede zwischen Nord- und Südbayern) möglich.

### Elektroenergieverbrauch in Abhängigkeit von der Betriebsgröße

Der durchschnittliche Elektroenergieverbrauch je Zuchtsau ist in Abhängigkeit von der Betriebsgröße in **Abbildung 2** dargestellt. Von 1 110 spezialisierten Zuchtsauenbetrieben sind 1 051 um Extremwerte bereinigte Betriebe (95 %) in der Boxplot-Auswer-



tung abgebildet. In der Betriebsgrößenklasse bis 50 Zuchtsauen sind die meisten Betriebe (61 %) vertreten. Betriebe mit über 100 Zuchtsauen machen nur einen Anteil von 9 % aus. Mit steigender Betriebsgröße nimmt der Elektroenergieverbrauch je Zuchtsau ab. Die Spannbreite des Stromverbrauchs ist bei den unter 50 Zuchtsauen haltenden Betrieben am größten. In vielen dieser Betriebe ist der Stromverbrauch für den privaten Haushalt und für andere Betriebszweige zum Teil mit einbezogen. Anhand des Interquartilsabstandes (oder der Funktion) können Referenzwerte in Abhängigkeit der Betriebsgröße festgelegt werden.

### Potenzial zur Einsparung von Elektroenergie in der Ferkelproduktion

In dem Streudiagramm (Abbildung 3) liegt eine Viertelauswertung von 1 082 spezialisierten Zuchtsauenbetrieben vor, die nach dem durchschnittlichen Elektroenergieverbrauch je Zuchtsau [kWh/Zuchtsau] gewichtet ist.

Die Betriebe sind folgendermaßen aufgeteilt:

- 25 % mit niedrigem Elektroenergieverbrauch
- 25 % mit hohem Elektroenergieverbrauch
- 50 % mit durchschnittlichem Elektroenergieverbrauch

Einsparungen ergeben sich aus der Spanne zwischen den linearen Trendlinien im niedrigen und hohen Sektor der Stromabnahme. Daraus lässt sich ein theoretisches Einsparpotenzial bei Beständen mit 50 ZS von ca. 30 000 kWh pro Betrieb, bei 100 ZS von ca. 60 000 kWh pro Betrieb und bei 150 ZS von ca. 90 000 kWh pro Betrieb ableiten.

### Erste Auswertungen der Verbrauchsmessung auf Praxisbetrieben

Für die Messung des Energieverbrauchs einzelner Verbraucher und Verbrauchergruppen ist die Installation der Messtechnik auf sechs Betrieben abgeschlossen und die ersten Datenfernübertragungen werden aufgezeichnet. Auf weiteren drei Betrieben befinden sich die Elektro- und Heizenergiemessungen in Vorbereitung. Bei den übrigen zwei Betrieben wird in Kürze die Planung der Installation beginnen. Auf den sechs Betrieben

ist der Strom- und Heizenergieverbrauch der Anlagen für die Monate Juli und August 2010 vollständig erfasst. Hochrechnungen auf das gesamte Jahr sind nicht sinnvoll, weil durch den Wechsel der Temperatur- bzw. Witterungsverläufe über das Jahr starke Schwankungen in der Endenergieabnahme entstehen. Die Ergebnisse stellen den aktuellen Forschungsstand dar und werden durch die Bezugsgröße kWh/Zuchtsau definiert. Im Folgenden werden die durchschnittlichen Mittelwerte wiedergegeben (Abbildung 4).

Der Heizenergieaufwand der Praxisbetriebe liegt im Juli bei 14,4 kWh/Zuchtsau und im August bei 18,2 kWh/Zuchtsau, der Gesamtstromverbrauch bei 15,8 kWh/Zuchtsau bzw. bei 16,5 kWh/Zuchtsau. Für die Lüftung wird mit 64 % die meiste Elektroenergie aufgewendet, wobei eine geringfügige Verminderung von ca. 1 kWh/Zuchtsau gegenüber dem Vormonat zu verzeichnen ist. Die Ergebnisse der Messungen bestätigen den in der Literatur angegebenen enormen Heizenergieaufwand und die hohen Leistungsabnahmen des Verbrauchsbereichs Lüftung (59 %) am gesamten Elektroenergieverbrauch in der Ferkelerzeugung [3; 4].

Die Außentemperatur ist von 21,2 °C im Juli auf bei 17,2 °C im August 2010 gesunken. Dies hat eine deutliche Steigerung des thermischen Energieverbrauchs zur Folge. Mit fallenden Temperaturen ist auch ein längerer Einsatz der Infrarotlampen verbunden. Eine deutlich erhöhte Stromabnahme ist für diesen Sektor erkennbar und macht ca. 10 % des Gesamtstromverbrauchs aus. Bei gleichbleibenden Bestandsgrößen sind bei den anderen Verbrauchern über das Jahr verteilt geringere Verbrauchsschwankungen zu erwarten, da diese nicht dem Witterungsverlauf unterworfen sind.

In drei Betrieben entstehen für die Futteraufbereitung keine Energiekosten, da Lohnunternehmen mit mobilen Futtermischanlagen diesen Arbeitsgang übernehmen. In den anderen drei Betrieben entfallen ca. 11 % des Gesamtstromverbrauchs auf die Futteraufbereitung.

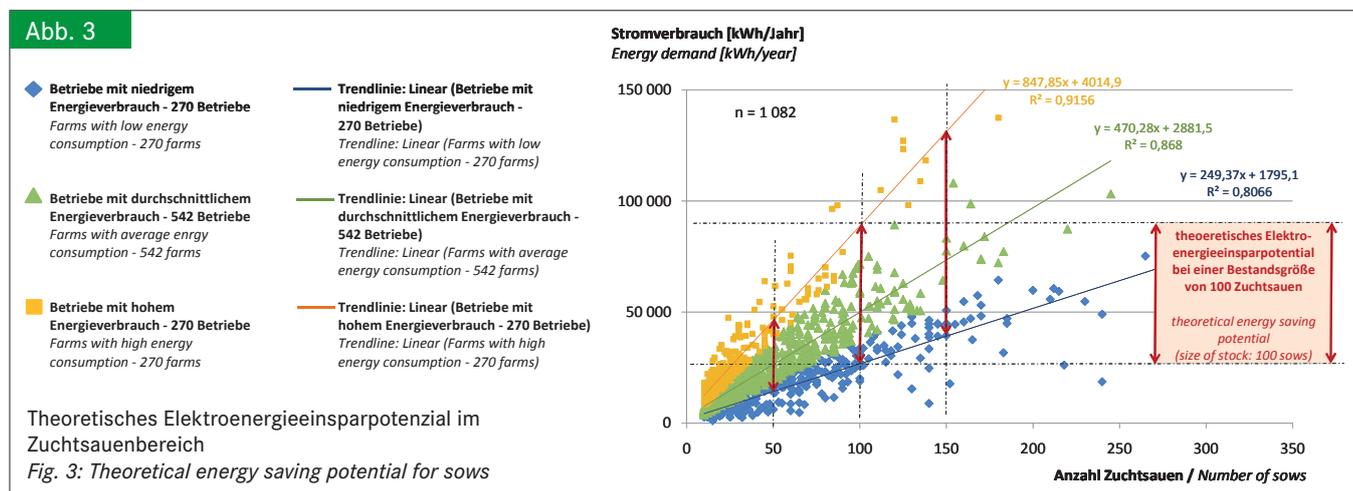
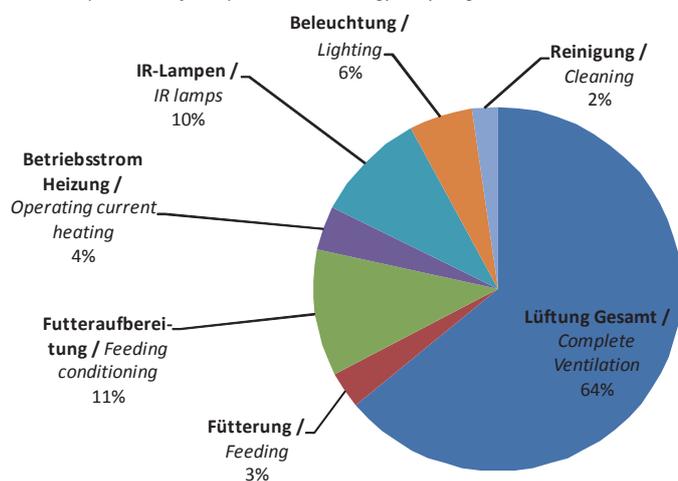


Abb. 4

**Mittelwerte der Verbrauchsbereiche der 6 ausgewerteten Praxisbetriebe im Juli/August**

Arithmetic mean of consumption rate from 6 evaluated pilot farms in July/August

	Juli	August
Außentemperatur <i>Outside temperature</i>	21,2° C	17,2° C
Heizenergie <i>Energy for heating</i>	14,4 kWh/ZS	18,2 kWh/ZS
<b>Stromverbrauch Gesamt</b> <i>Complete electric energy demand</i>	<b>15,8 kWh/ZS</b>	<b>16,5 kWh/ZS</b>
Lüftung Gesamt <i>Complete Ventilation</i>	10,8 kWh/ZS	9,8 kWh/ZS
Fütterung <i>Feeding</i>	0,5 kWh/ZS	0,5 kWh/ZS
Futteraufbereitung <i>Feeding conditioning</i>	1,9 kWh/ZS	1,7 kWh/ZS
Betriebsstrom Heizung <i>Operating current heating</i>	0,6 kWh/ZS	0,7 kWh/ZS
IR-Lampen <i>IR lamps</i>	0,8 kWh/ZS	2,4 kWh/ZS
Beleuchtung <i>Lighting</i>	0,9 kWh/ZS	1,0 kWh/ZS
Reinigung <i>Cleaning</i>	0,3 kWh/ZS	0,4 kWh/ZS

**Anteil der Verbrauchsbereiche am gesamten Stromverbrauch - Juli/August**  
*Consumption rate of complete electric energy - July/August*

Quelle: Eigene Auswertungen

Durchschnittlicher Energieverbrauch von 6 Praxisbetrieben im Juli/August 2010

Fig. 4: Average energy consumption of 6 pilot farms in July/August 2010

**Schlussfolgerungen**

Anhand der Untersuchungsergebnisse können Aussagen über den Energiebedarf der einzelnen Produktionsabschnitte, z.B. den Abferkelbereich, den Deck- und Wartebereich, die Ferkelaufzucht (FAZ) und, wenn vorhanden, den Mastbereich getroffen werden. Bautechnische Daten der Stallgebäude (Decken- und Wandaufbau sowie Dämmung, Isolation, Größe und Anzahl der Fenster, Messung und Berechnung der Wärmedurchgangskoeffizienten, Stallgröße, umbauter Raum) werden erhoben, um diese in Verbindung mit dem Heizenergieverbrauch zu bewerten. Zusätzlich werden Verbrauchsmengen der eingesetzten Energieträger wie Öl, Gas, Holz u. a. erfasst, um Wirkungsgrade des Heizungssystems zu berechnen und daraus Optimierungskonzepte zu erarbeiten. Auch in der Lüftung wird durch die getrennte Messung der einzelnen Komponenten (Ventilatoren, Stellmotore, Steuerung u. a.) das Lüftungssystem untersucht und der Einsatz von Wärmetauschern für die thermische Energieeinsparung geprüft. Um den Energiebedarf pro erzeugtes Ferkel zu berechnen und somit Ansätze für ökonomische Bewertungen zu liefern, werden produktionstechnische Leistungsdaten und verfahrenstechnische Kennzahlen erhoben, die mit dem gemessenen Energieverbrauch verglichen werden. Die Messintervalle mit viertelstündlichen Messungen ermöglichen die Darstellung von Lastgängen und das Erkennen von Spitzenlastzeiten. In der Praxis werden leistungsabhängige Tarife von den EVU (Energieversorgungsunternehmen) erst ab einer höheren Stromabnahme im Sondertarifvertragsbereich abgerechnet. Dennoch sollte dieser Aspekt aus betriebswirtschaftlichen Gründen nicht unberücksichtigt bleiben.

Mit den berechneten Durchschnittswerten aus der Massendatenerhebung können in Verbindung mit den gemessenen Energieverbrauchswerten unter Praxisbedingungen und den Leistungsdaten der Anlagen- und Gerätedatenbank Planwerte für den Gesamtbetrieb und die einzelnen Produktionsabschnitte gebildet werden. Konkrete Handlungsempfehlungen, die Einsparpotenziale auf Einzelbetriebsebene ermöglichen und Hilfestellungen bei Neu- und Ersatzinvestitionen geben sollen, bilden die Grundlage für eine energieeffizientere Betriebspraxis.

**Literatur**

- [1] Seifert, C.; Wietzke, D.; Fritzsche, S. (2009): Energie für Heizung und Lüftung in der praktischen Schweinehaltung. *Landtechnik* 64 (6), S. 423-425
- [2] Neiber J.; Nesper, S. (2010): Energieeffizienz in der Schweinehaltung - Schwerpunkt Zuchtsauenhaltung. Unveröffentlichter Zwischenbericht der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL - ILT) für das BayStMELF, München
- [3] AEL - Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft e. V. (Hg.) (2010): Stromtipps - Hinweise zum effizienten Strom Einsatz in der Landwirtschaft, <http://www.ael-online.de/inhalt/fachinfo/download/tipps.pdf>, Zugriff am 26.10.2010
- [4] Schmitt-Pauksztat, G.; Büscher, W.; Kämper, H. (2006): Planungsdaten zum Elektroenergie-Verbrauch in der Schweinehaltung. KTBL-Fachgespräch vom 14.-15. November 2005 in Osnabrück - Energieversorgung in Geflügel- und Schweineställen. In: *KTBL-Schrift* 445, S. 44

**Autoren**

**Dipl.-Wirt.-Ing. Josef Neiber** ist technischer Angestellter am Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Vöttinger Straße 36, 85354 Freising, E-Mail: josef.neiber@LfL.bayern.de

**Dr. agr. Stefan Nesper** ist Leiter der Arbeitsgruppe Emissionen und Immissionsschutz am ILT der LfL, E-Mail: stefan.nesper@LfL.bayern.de

**Danksagung**

Die Arbeiten werden vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten im Rahmen des Forschungsprojektes „Energieeffizienz in der Schweinehaltung - Schwerpunkt Zuchtsauenhaltung“ gefördert.