

## Elektroenergiebedarf rechnergestützter Produktionsverfahren in der Innenwirtschaft

Von Heinz-Lothar Wenner †, Hermann Auernhammer und Markus Demmel

### 1. Einleitung

Die Elektronik dringt heute mehr und mehr auch in die Landwirtschaft vor. Rechnergestützte Produktionsverfahren in der Innenwirtschaft waren die Wegbereiter dieser heute stürmisch fortschreitenden Entwicklung. Aus diesem Grund ist es nicht verwunderlich, daß sich in den landwirtschaftlichen Betrieben der Bundesrepublik mehr als 4000–5000 Kraftfutterabrufautomaten und etwa 200 Milchmengenerfassungsgeräte für die Milchviehhaltung im Einsatz befinden. Die Zahl der von Prozeßrechnern gesteuerten Kälbertränkeautomaten wird auf ungefähr 1000 Einheiten geschätzt. Im Bereich der Schweineproduktion dürften sich momentan etwa 6000–7000 Prozeßcomputer für Flüssigfütterungsanlagen bei Mastschweinen und ungefähr 100 Abruffütterungsanlagen für Zuchtsauen im Einsatz befinden (1).

Alle diese Systeme nutzen für den weitgehend automatischen Einsatz die Elektronik. Im Zusammenhang hiermit wurden bis heute vornehmlich Fragen der Arbeitswirtschaft, des Tierverhaltens, der Einzeltierleistung oder der Tiergesundheit untersucht. Trotz der zum Teil schon umfangreichen Verbreitung dieser Technik lagen bis dato keine Anhaltspunkte über die Höhe des Elektroenergiebedarfs von solchen rechnergestützten Produktionsverfahren vor.

Um Kalkulationswerte für den Elektroenergieverbrauch dieser neuen Systeme verfügbar zu machen wurden vom Institut für Landtechnik in drei praktischen Betrieben längerfristige Elektroenergiemessungen durchgeführt. Dabei lag das Hauptaugenmerk auf der detaillierten Erfassung der einzelnen Verbraucher, so daß neben der Erstellung von Verbrauchsstandards

auch Hinweise für die Hersteller abgeleitet werden konnten.

### 2. Meßobjekte und Meßtechnik

Für die Untersuchungen wurden drei Betriebe im Raum Freising ausgewählt, die für die installierte Prozeßtechnik charakteristisch sind:

- Milchviehbetrieb mit 36 Kühen und Nachzucht im Laufstall, Doppelvierer Fischgrätenmelkstand mit Milchmengenmeßgeräten, Melkstandcomputern und Einzelplatzidentifizierung, zwei Kraftfutterabrufautomaten.
- Ferkelerzeugerbetrieb mit 52 Zuchtsauen, Wartestall für 40 Sauen in zwei Gruppen mit je einem Futterabrufautomaten.
- Schweinemastbetrieb mit 1200 Mastplätzen und Flüssigfütterungsanlage für CCM, Molke und Getreideschrot.

Es wurden zwei Meßprinzipien angewendet. Im ersten Betrieb (Milchviehbetrieb) wurde für die Langzeitmessung das am Institut für Landtechnik entwickelte und bereits 1984/85 bei einer Langzeituntersuchung erprobte STADA-Meßsystem (2) eingesetzt. Mit diesem System kann an maximal acht Verbrauchern gleichzeitig die Wirkarbeit bzw. Wirkleistung mit einer Meßperiodenlänge von mindestens 1 Sekunde gemessen und auf Magnetbandkassette aufgezeichnet werden. Das Meßsystem ist modular aufgebaut und besteht im wesentlichen aus den Meßeinheiten (max. 8), der Anpassungseinheit und der Datenstation (Abb. 1). Eine ausführliche Beschreibung des STADA-Systems findet sich im Forschungsbericht „Elektroenergie-daten für den landwirtschaftlichen Betrieb“ 1987 (2).

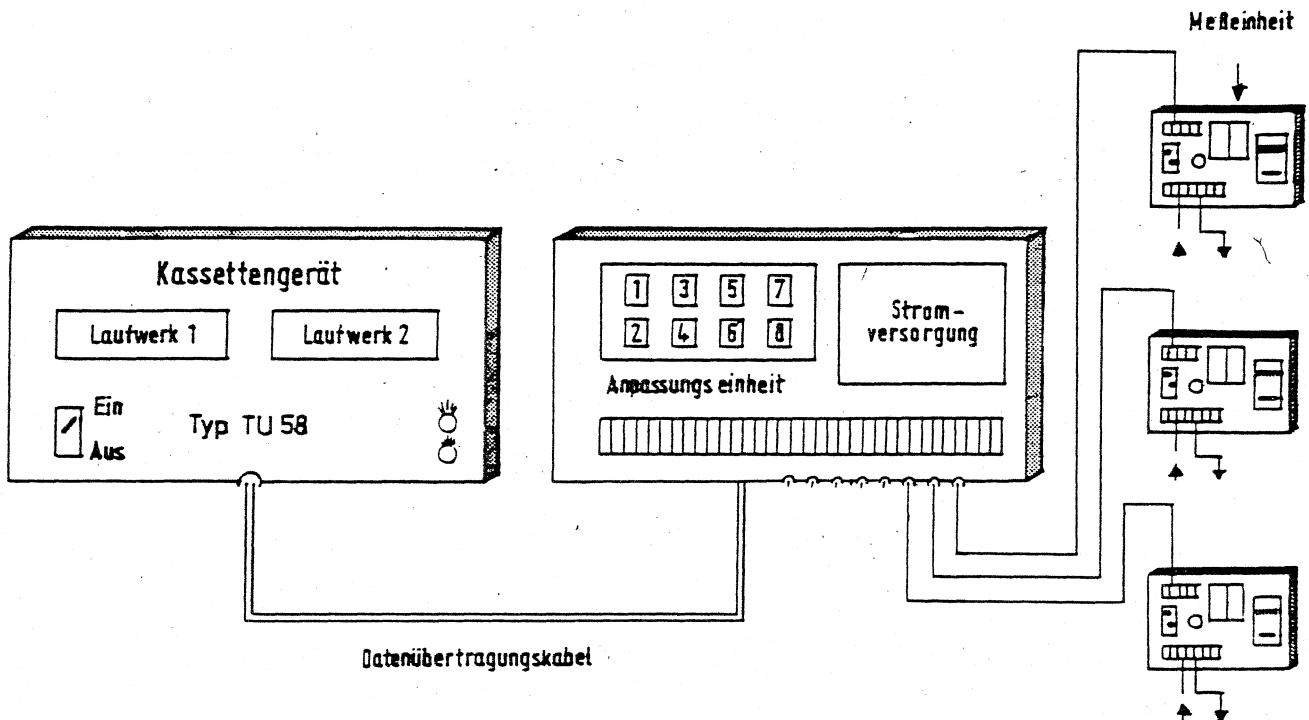


Abb. 1: STADA-System zur Erfassung von Leistungsaufnahme und Stromverbrauch

In den beiden anderen Betrieben kam eine sehr viel einfachere und kostengünstigere Lösung zur Ermittlung des Elektroenergiebedarfs einzelner Verbraucher, bestehend aus handelsüblichen Wechselstrom- und Drehstromzählern in Schutzgehäusen zum Einsatz. Mit ihnen ist es jedoch nur möglich einen mittleren Stromverbrauch zwischen den Ableszeitpunkten festzustellen. Andererseits ist es möglich durch steckerfertige Vorinstallation in der Werkstatt den Aufbau und die Inbetriebnahme der Anlage am Meßobjekt sehr rasch durchzuführen.

### 3. Prozeßtechnik im Milchviehbetrieb

Die umfangreichsten Messungen wurden während des ganzen Jahres 1987 an den wichtigsten Stromverbrauchern eines Milchviehbetriebes mit 36 Milchkühen vorgenommen. Mit dem STADA-Meßsystem wurde der Stromverbrauch des Spülautomaten (Nennleistung 12,0 kW), der Vakuumpumpe (Nennleistung 4,0 kW), der Milchkühlung (Nennleistung 3,0 kW), der Milchpumpe und der Kraftfutterförderschnecke (jeweils 0,5 kW Nennleistung) in Form von Zwei-Minuten-Summen auf Magnetband aufgezeichnet.

Der Stromverbrauch des Betriebscomputers (Netzteil 330 W), des Fütterungscomputers (Netzteil 130 W), der elektrischen Pulsatoren, der Tieridentifizierung und Milchmengenmeßgeräte (Netzteil 360 W für acht Identifizierungssysteme und acht Milchmengenmeßgeräte, Netzteil 600 W für acht Pulsatoren) sowie der beiden Kraftfutterabrufstationen (Netzteil  $2 \times 240$  W) wurde mit Hilfe einfacher Wechselstromzähler registriert und einmal wöchentlich durch Ablesen festgehalten. Eine schematische Darstellung der Meßeinrichtungen zeigt Abb. 2:

Die Aufzeichnung des Stromverbrauchs einzelner Elektrogeräte mit dem STADA-System eröffnet die Möglichkeit Verbrauchsverläufe über einen Tag darzustellen. Die Zwei-Minuten-Summen des Stromverbrauchs wurden hierbei zu Zehn-Minuten-Summen aggregiert. Diese Art der Darstellung (Abb. 3) erlaubt auch Rückschlüsse auf die tageszeitliche Verteilung der Leistungsaufnahme der einzelnen Verbraucher. In diesem Beispiel ist die sehr hohe Leistungsaufnahme des Durchlauferhitzers des Spülautomaten, der gleichzeitige Lauf der Vakuumpumpe und der Milchkühlung während des Morgenge-

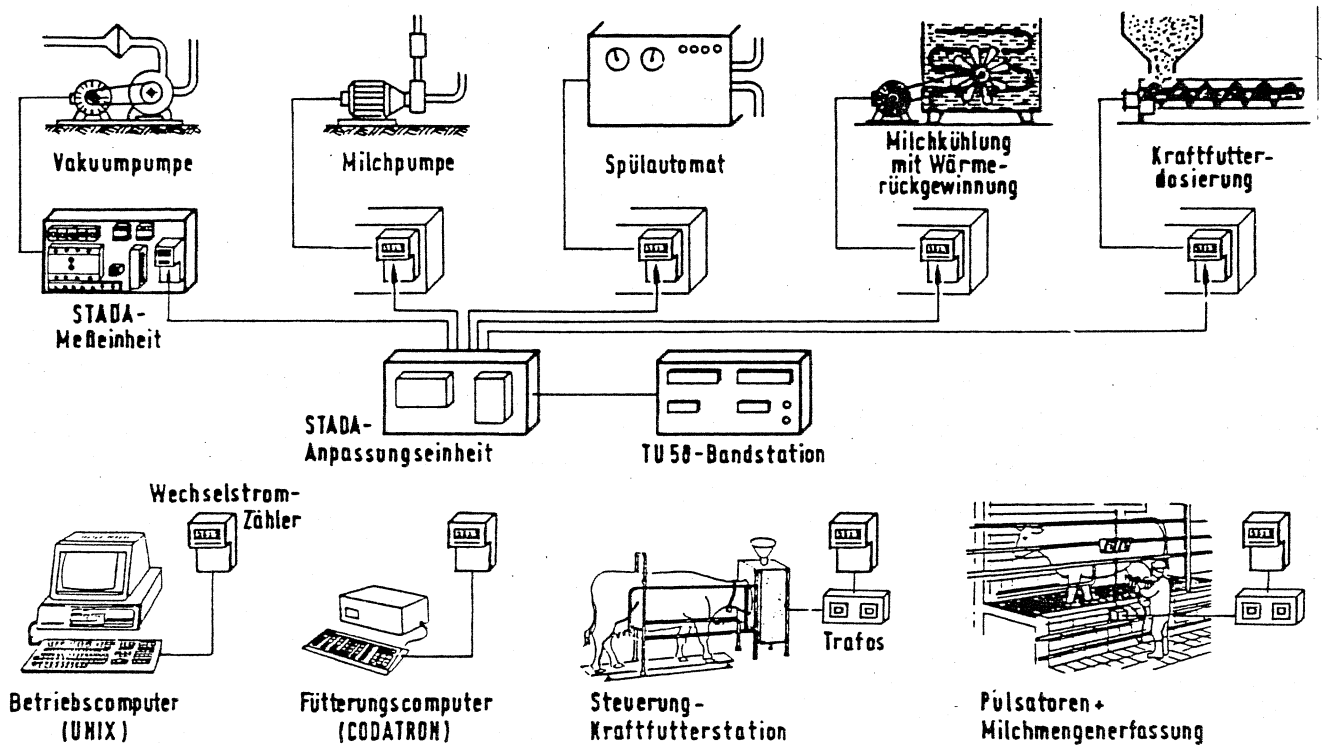


Abb. 2: Elektroenergie-Bedarfsmessung in einem Milchviehbetrieb mit 36 Milchkühen

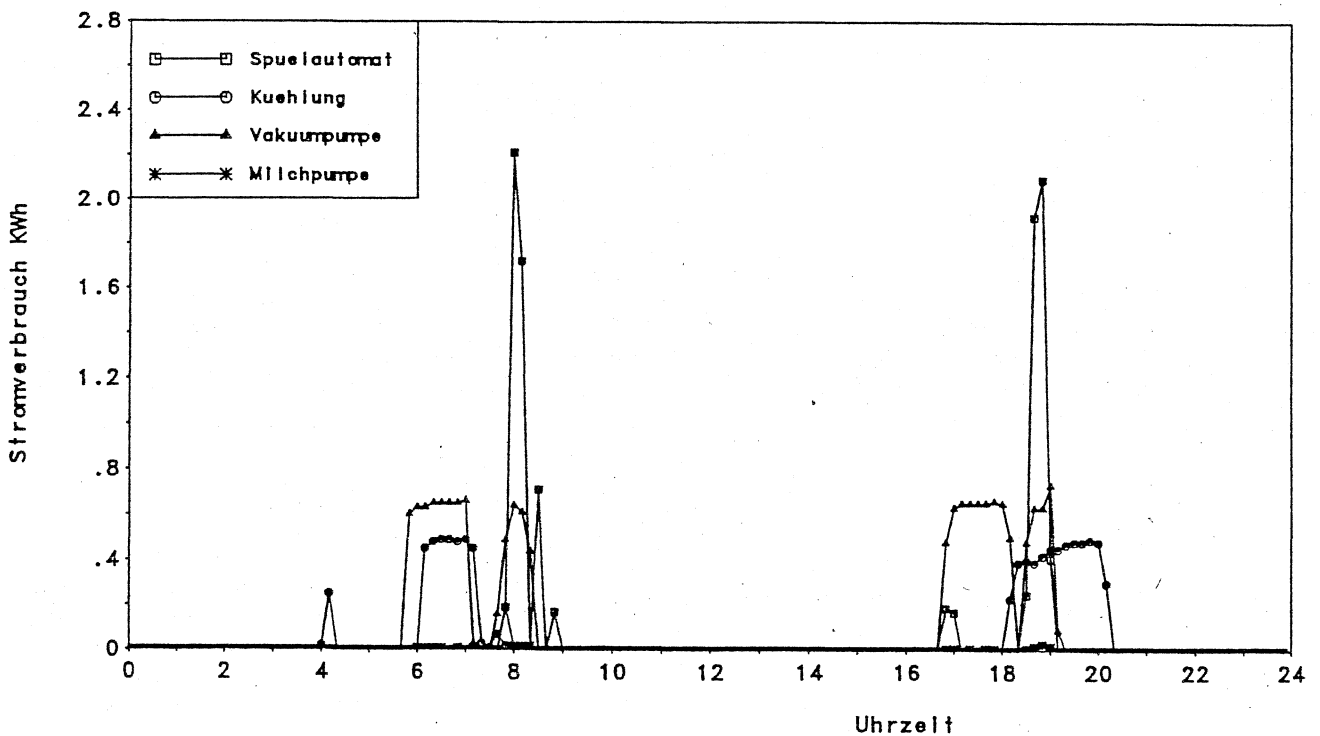


Abb. 3: Stromverbrauch (Zehn-Minuten-Summen) von Spülautomat, Kühlung, Vakuumpumpe und Milchpumpe am 27. 8. 1987

melkes und der zeitversetzte Lauf der Milchkühlung nach dem Melkvorgang am Abend zu erkennen. Diese Möglichkeit der Auswertung soll an dieser Stelle aber nicht weiter vertieft werden.

Aus den Einzelergebnissen wurden die jährlichen Strombedarfswerte der Einzelkomponenten und der jährliche Gesamtstromverbrauch ermittelt. Zusätzlich konnte noch die Verteilung der Stromko-

sten auf die Einzelverbraucher, basierend auf die für den Betrieb zutreffende Tarifstruktur festgestellt werden (Abb. 4).

Wie zu erwarten verursachen die Vakuumpumpe, die Milchkühlung und der Spülautomat für die Melkanlage den größten Teil (zusammen 75%) des Stromverbrauches. Die Kosten für den durch sie verbrauchten Strom betragen etwa 3000 DM jährlich.

Einen überraschend hohen Stromverbrauch besitzt die Gruppe der elektronischen Komponenten der Prozeßtechnik. Der Prozeßrechner der Kraftfutterabrufanlage, die Niederspannungsversorgungen für die beiden Kraftfutterabrufstationen, die elektrischen Pulsatoren, die Milchmengenmeßgeräte im Melkstand und die Einzeltieridentifikation sowie der Betriebsrechner verbrauchen im Jahr etwa 3350 kWh, 21% des Gesamtstromverbrauches und verursachen damit 840 DM Stromkosten pro Jahr.

Dieser doch sehr hoch erscheinende Stromverbrauch kommt dadurch zustande, daß die Transformatoren bzw. Netzteile dieser Geräte ständig ans Netz geschaltet sind und somit eine Leistungsaufnahme in Höhe der Leerlaufverluste

aufweisen, auch wenn diese Geräte die längste Zeit des Tages keine Niederspannung benötigen.

Nicht aufgenommen in Abb. 4 wurden die auch ermittelten Strombedarfswerte der Milchpumpe (90 kWh pro Jahr) und der Kraftfutterförderschnecke (15 kWh pro Jahr), da beide extrem niedrig sind.

#### 4. Abruffütterung für Zuchtsauen

Die Abruffütterung für in Gruppen gehaltene Zuchtsauen stellt ein neues Verfahren in der Ferkelerzeugung dar. Ein Ferkelerzeugerbetrieb nahe Freising, der im Sommer 1987 zwei Futterabrufautomaten für jeweils 20 Zuchtsauen in Betrieb genommen hatte bot im Herbst 1987 die Möglichkeit zur Erfassung des Elektroenergiebedarfs.

Zum Einsatz kam eine vereinfachte Meßeinheit bestehend aus drei handelsüblichen Wechselstromzählern und einem Drehstromzähler (in der institutseigenen Werkstatt steckerfertig vorverdrahtet und eingebaut in Schutzgehäusen. Die Komponenten Fütterungscomputer (Schalt- und Steuerschrank), Multiplexer, Bildschirm und Druckluftkompressor wurden mit Stromzählern versehen (Abb. 5).

Gesamtstromverbrauch kWh/a	Kosten (DM/a)		Spezifische Kosten Dpt/l Milch	Nennleistung kW
450	112	Prozeßrechner..... 2,8%	0,06	0,13
880	220	Trafos (Melkstand).... 5,7%	0,12	0,96
950	238	Betriebscomputer..... 6,1%	0,13	0,33
1.060	265	Trafos (KF-Station)... 6,8%	0,14	0,48
3.400	850	Spülautomat..... 22,1%	0,45	12,0
3.350	875	Milchkühlung.... 22,8%	0,46	3,0
5.000	1.250	Vakuumpumpe... 32,6%	0,66	4,0
15.240	3.810		2,02	20,90

Abb. 4: Elektroenergiebedarf und seine Kosten in einem Milchviehbetrieb mit 36 Kühen, Milchkontingent 1987: 235 000 kg

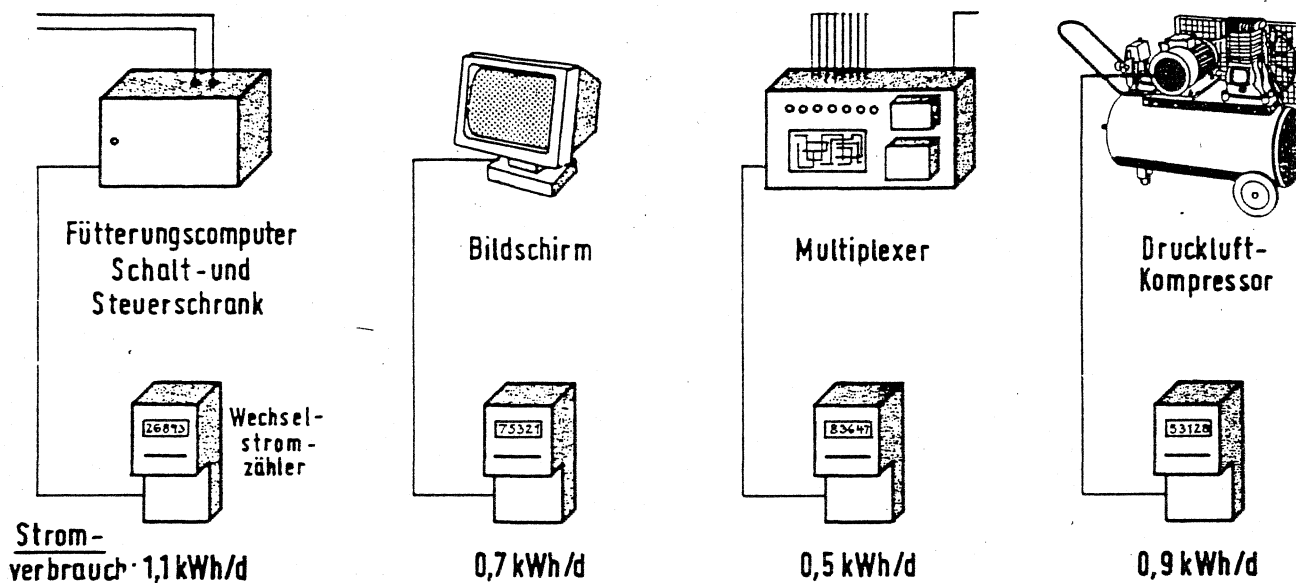


Abb. 5: Meßeinrichtung zur Ermittlung des Elektroenergiebedarfs einer Abruffütterung für Zuchtsauen (2 Stationen, 2 × 20 Sauen)

Die Zählerstände wurden täglich abgelesen und notiert. Die Erfassung erstreckte sich auf einen Monat. Die Tagesverbrauchsdaten waren über den Beobachtungszeitraum hinweg sehr konstant. Aus ihnen wurden die Gesamtstromverbrauchswerte der Einzelkomponenten, die Stromkosten pro Jahr (aufgrund der betreffenden Tarifstruktur) und die spezifischen Stromkosten pro Produktivsäu und Jahr errechnet (Abb. 6).

Es ergeben sich Stromkosten von etwa 5,60 DM pro Zuchtsäu und Jahr für diese neue Fütterungstechnik, ein wahrscheinlich vernachlässigbarer Betrag, wenn die möglichen Vorteile der Gruppenhaltung für Zuchtsauen mit Abruffütterung in bezug auf die Arbeitszeiteinsparung, die tiergerechte Haltung und das Zuchtmanagement in die Betrachtung mit einbezogen werden.

Gesamtstromverbrauch (kWh/a)	Kosten (DM/a)		Spezifische Kosten DM/Zuchtsäu	Nennleistung (kW)
185	46,25	Multiplexer..... 15,8%	0,89	0,1
255	63,75	Bildschirm..... 21,8%	1,23	0,1
330	82,50	Druckluftkompressor..... 28,2%	1,59	1,2
400	100,00	Fütterungscomputer..... 34,2% Schalt- und Steuereinheit	1,92	0,25
<b>1170</b>	<b>292,50</b>		<b>5,63</b>	<b>1,65</b>

Abb. 6: Elektroenergiebedarf einer Abruffütterung für Zuchtsauen und seine Kosten (2 Stationen, 2 × 20 Sauen)

### 5. Flüssigfütterung für Mastschweine

Mikroprozessorgesteuerte Flüssigfütterungsanlagen haben in der Schweinemast eine große Verbreitung gefunden. Mit ihrer Hilfe kann die Zusammensetzung des Futters genau eingehalten und der Futterbrei ohne Staubbelastung exakt den Mastabteilen zugeteilt werden.

Um auch für diese Technik Kennzahlen über den Stromverbrauch zu erhalten, wurden der Strombedarf der einzelnen

Komponenten einer Flüssigfütterungsanlage für 1200 Mastplätze mittels handelsüblicher Drehstromzähler aufgezeichnet. Das Ziel ist, in einem zweiten Schritt die Stromzähler gegen ein STADA-Meßsystem auszutauschen und eine Langzeitmessung durchzuführen. Zwischenzeitlich liefern die Stromzähler bereits auswertbare Verbrauchsangaben. Die folgenden Einzelverbraucher wurden mit Stromzählern ausgestattet (Abb. 7):

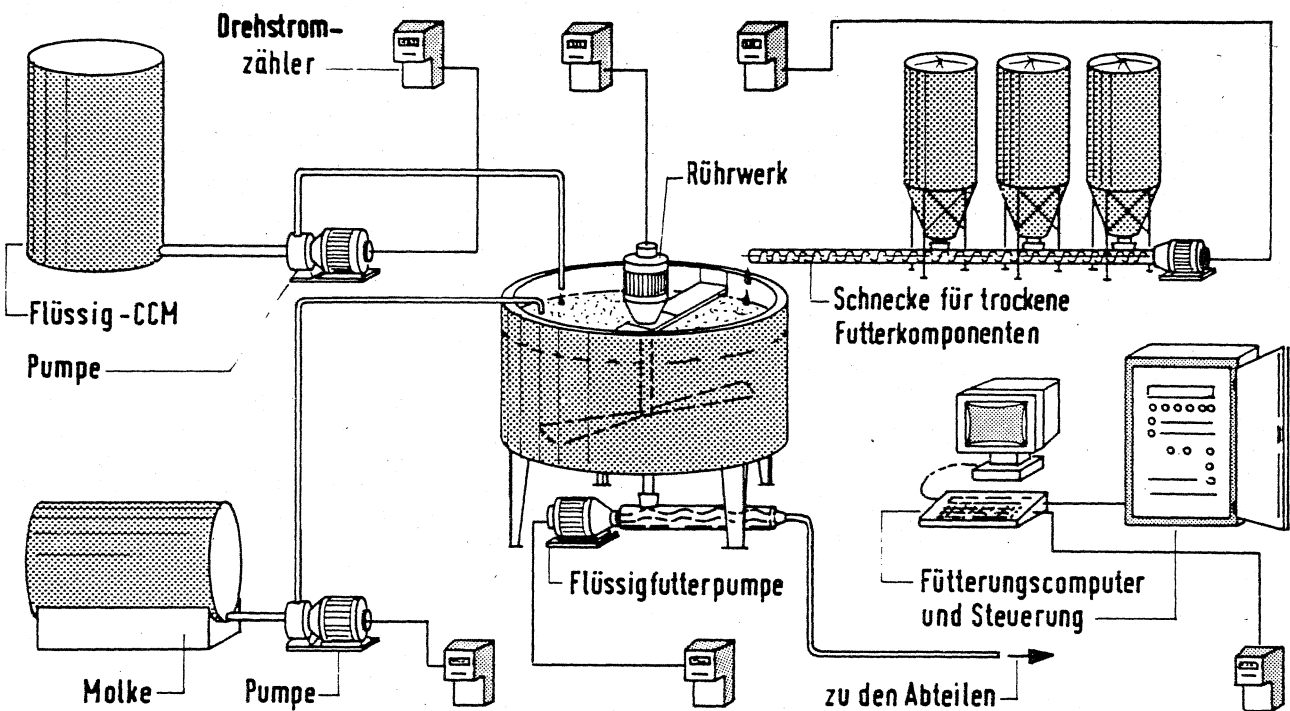


Abb. 7: Meßeinrichtung zur Erfassung des Elektroenergiebedarfs einer Flüssigfütterungsanlage für 1200 Mastschweine

- Die Futterzuteilpumpe (Nennleistung 5,5 kW) fördert den Futterbrei zu den Mastabteilen.
- Der Mischer mit Entstaubung (Nennleistung 5,5 kW) mischt die Futterbestandteile im Anrührbottich.
- Pumpe für Flüssig-CCM (Nennleistung 4,0 kW) fördert das Flüssig-CCM vom gasdichten Silo in den Mischbehälter.
- Molkepumpe (Nennleistung 1,5 kW) transportiert die Molke vom Tank zum Mischbehälter.
- Drei Schnecken (Nennleistung jeweils 1,5 kW) dosieren die trockenen Futterbestandteile zu.
- Der Fütterungscomputer mit Bildschirm und Terminal wird gemeinsam

mit dem Schalt- und Steuerschrank gemessen, der neben diversen Schützen und Ventilansteuerungen auch die Auswertelektronik der Waage des Futtermischbehälters beinhaltet. Die Nennleistung der für diese Bauelemente, eingesetzten Netzteile beträgt zusammen etwa 600 Watt.

Die während einer ersten zweimonatigen Meßperiode ermittelten Strombedarfswerte wurden auf ein Kalenderjahr hochgerechnet. Die davon abgeleiteten jährlichen Stromkosten (aufgrund der betreffenden Tarifstruktur) wie auch die spezifischen Stromkosten pro Mastplatz und Jahr (1000 Mastplätze waren während der Beobachtungsperiode belegt) zeigt Abb. 8.

Gesamtstromverbrauch (kWh/a)	Kosten (DM/a)		Spezifische kosten DM/Mastplatz	Nennleistung (kW)
187	47	Molke Pumpe..... 6,4%	0,05	1,5
272	69	Flüssig-CCM-Pumpe..... 9,3%	0,07	4,0
529	132	Mischer und Entstaubung 18,1%	0,13	5,5
667	167	Fütterungscomputer..... 22,8% Schalt- u. Steuerschrank..	0,17	0,6
1250	312	Fütterzuteilpumpe..... 42,7%	0,31	5,5
<b>2930</b>	<b>727</b>		<b>0,73</b>	<b>17,1</b>

Abb. 8: Stromverbrauch und Stromkosten einer Flüssigfütterungsanlage für 1200 Mastschweine (1000 Mastplätze belegt)

Ein jährlicher Stromverbrauch der Flüssigfütterung für Mastschweine von etwa 3000 kWh/Jahr führt zu jährlichen Stromkosten von ungefähr 750 DM. Die Flüssigfütterung belastet in diesem Falle jeden belegten Mastplatz mit 0,75 DM Stromkosten pro Jahr.

Interessant scheint zu sein, daß nach der Futterzuteilpumpe der Fütterungscomputer mit Schalt- und Steuerschrank den zweitgrößten Anteil am Gesamtstrombedarf der Anlage verursacht.

### 6. Zusammenfassung

Die drei verschiedenen Produktionsrichtungen zugehörigen mikroprozessorgesteuerten Produktionsverfahren lassen trotz unterschiedlicher Höhe der Gesamtstromverbräuche bestimmte Gemeinsamkeiten deutlich werden. Während die leistungsstärksten Komponenten der Anlagen, sei es nun die Vakuumpumpe oder die Futterzuteilpumpe die prozentual größten Anteile am Gesamtstromverbrauch aufweisen, besitzen auch die Netzteile der Microcomputer mit ihrer Peripherie und die elektronischen Steuerbauteile dieser neueren Techniken in der Tierhaltung ei-

nen sehr hohen, bisher offensichtlich unterschätzten Strombedarf.

Im Milchviehbetrieb tragen die „elektronischen Komponenten“ mit 21%, bei der Sauenabruffütterung mit 34% und bei der Flüssigfütterung für Mastschweine mit 23% zum Gesamtstromverbrauch bei.

Um diese hohen Anteile zu senken sollte erwogen werden, die Niederspannungskomponenten stromsparender auszugestalten, Transformatoren mit geringeren Leerlaufverlusten einzusetzen und wo möglich eine zeitweise Abschaltung nicht andauernd benötigter Komponenten zu realisieren.

### Literaturverzeichnis

- Wendl, G.: Anforderungen an den Betriebscomputer in der landwirtschaftlichen Produktion. Vorträge zur Jahrestagung 1987 der Landtechnik Weihenstephan, Weihenstephan, 1987
- Wenner, H.-L., W. Böhm, M. Demmel und H. Auernhammer: Energiedaten für den landwirtschaftlichen Betrieb. Bericht 11 der Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft, Essen, 1988