



# Elektroenergiedaten für den landwirtschaftlichen Betrieb

H.L. Wenner  
W. Böhm  
M. Demmel  
H. Auernhammer

Institut für Landtechnik  
Weihenstephan

Abschlußbericht für die Arbeitsgemeinschaft für  
Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft (AEL)

1987





# Elektroenergiedaten für den landwirtschaftlichen Betrieb

H.L. Wenner  
W. Böhm  
M. Demmel  
H. Auernhammer

Institut für Landtechnik  
Weihenstephan

Abschlußbericht für die Arbeitsgemeinschaft für  
Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft (AEL)

1987

## V O R W O R T

Für die Landwirtschaft ist der elektrische Strom die wichtigste Energieform, weil mit ihm sauber und umweltfreundlich gearbeitet werden kann, die Verfügbarkeit gewährleistet ist und die Arbeit in vielen Fällen vereinfacht und erleichtert werden kann. Umso wichtiger ist deshalb die Kenntnis über Anschlußwerte und den spezifischen Stromverbrauch einzelner Geräte.

Dank der finanziellen Unterstützung durch die Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft (AEL) war es möglich, den Elektroenergiebedarf erstmals als funktionale Größe der in der Praxis anzutreffenden Einflußgrößen darzustellen. Dadurch eröffnet sich die Möglichkeit, die betriebspezifischen Gegebenheiten stärker zu berücksichtigen und so schon in der Planungsphase realitätsnahe Bedarfswerte zu erhalten.

Gleichzeitig wurde aber aufs Neue deutlich, daß für viele Bereiche der landwirtschaftlichen Produktion die verfügbaren Daten lückenhaft und unzureichend sind. Weitere Anstrengungen sind deshalb erforderlich, um künftig alle Bereiche der Produktion abzudecken und insbesondere auch neue Techniken schon frühzeitig zu erfassen.

Der Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft sei an dieser Stelle nochmals sehr herzlich für die Unterstützung gedankt. Mögen die vorliegenden Daten künftige Planungen verbessern und dadurch die Arbeit der Landwirte weiter erleichtern.

Weihenstephan im Dezember 1987

Prof. Dr. H.-L. Wenner

## Inhaltsverzeichnis

|   | Seite |
|---|-------|
| <u>1. Aufgabenstellung</u>  |       |
| 1.1 Einleitung  | 4     |
| 1.2 Problemstellung   | 5     |
| 1.3 Zielsetzung   | 7     |
| <u>2. Literaturübersicht und angewandte Methoden</u>  |       |
| 2.1 Literaturübersicht  | 9     |
| 2.1.1 Allgemeine landwirtschaftliche Energiefragen  | 9     |
| 2.1.2 Elektroenergie in der Landwirtschaft  | 10    |
| 2.2 Erhebungen über den Elektroenergiebedarf  | 13    |
| 2.2.1 Voraussetzungen zur Datenerlangung  | 14    |
| 2.2.2 Aufbereitung der Daten  | 15    |
| 2.3 Verbrauchsmessungen an ausgewählter Arbeitsverfahren<br>mit Elektroantrieb                          | 15    |
| 2.3.1 Leistungsmeßkoffer mit statischem Meßumformer für<br>Wirkleistung einschl. Kompensationsschreiber | 16    |
| 2.3.2 Magnetbandrecorder - Meßdatenerfassungssystem   | 17    |
| 2.3.3 Langzeitmessung mit STADA - System  | 19    |
| 2.4 Funktions- und Modellbildung  | 23    |
| 2.4.1 Funktionserstellung   | 23    |
| 2.4.2 Modellbildung   | 23    |
| <u>3. Datenbasen und deren Auswertung</u>   |       |
| 3.1 Datenbasen im europäischen Raum   | 27    |
| 3.2 Daten der Elektroenergieerhebung 1978   | 28    |
| 3.2.1 Stromverbrauch in bayerischen Betrieben   | 31    |
| 3.2.2 Geräteausstattung der Betriebe  | 36    |
| 3.3 Analyse einer Langzeitmessung   | 41    |
| 3.3.1 Auswertung der Einzelgeräte   | 41    |
| 3.3.1.1 Der Hallengreifer mit Teleskoparm   | 41    |
| 3.3.1.2 Die Vakuumpumpe   | 43    |

|         |                                       |    |
|---------|---------------------------------------|----|
| 3.3.1.3 | Der Spülautomat                       | 44 |
| 3.3.1.4 | Die Milchkühlung                      | 45 |
| 3.3.1.5 | Die Stalllüftung                      | 45 |
| 3.3.2   | Gesamtbeurteilung der Langzeitmessung | 46 |

#### 4. Erstellung der Elektroenergiebedarfsfunktionen

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 4.1     | Einteilung und Zusammenstellung der Elektrogeräte                     | 49  |
| 4.2     | Vorgehensweise bei der Erstellung von Elektroenergiebedarfsfunktionen | 51  |
| 4.3     | Folgerungen aus den Elektroenergiebedarfsgleichungen                  | 52  |
| 4.3.1   | Ermittlung des Stromverbrauches                                       | 52  |
| 4.3.2   | Ermittlung der notwendigen Motornennleistung                          | 52  |
| 4.4     | Definitionen und verwendete Abkürzungen                               | 60  |
| 4.5     | Milchviehhaltung  | 63  |
| 4.5.1   | Grundfuttereinlagerung  | 63  |
| 4.5.1.1 | Einlagerung von Silofutter  | 63  |
| 4.5.1.2 | Einlagerung von Rauhfutter  | 75  |
| 4.5.1.3 | Heutrocknung  | 81  |
| 4.5.2   | Grundfutterentnahme   | 88  |
| 4.5.2.1 | Entnahme von Silage   | 88  |
| 4.5.2.2 | Entnahme von Heu  | 98  |
| 4.5.3   | Kraftfutter/Getreide  | 100 |
| 4.5.3.1 | Einlagerung   | 101 |
| 4.5.3.2 | Mahlen  | 103 |
| 4.5.4   | Entmistung  | 107 |
| 4.5.4.1 | Festmistverfahren   | 107 |
| 4.5.4.2 | Flüssigmistverfahren  | 110 |
| 4.5.5   | Milchentzug   | 113 |
| 4.5.5.1 | Melkanlage  | 113 |
| 4.5.5.2 | Spülanlage  | 120 |
| 4.5.5.3 | Milchkühlung  | 123 |
| 4.5.6   | Stallklima  | 124 |
| 4.5.6.1 | Beleuchtung   | 124 |
| 4.5.6.2 | Be- und Entlüftung  | 129 |
| 4.5.7   | Tiergesundheit,Hygiene,Reinigen,Pflegen                               | 131 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 4.6     | Bullenmast   | 137 |
| 4.7     | Kälberhaltung  | 139 |
| 4.8     | Färsenhaltung  | 141 |
| 4.9     | Schweinemast   | 142 |
| 4.9.1   | Kraftfutter  | 142 |
| 4.9.1.1 | Getreideförderung  | 142 |
| 4.9.1.2 | Getreidekonservierung  | 144 |
| 4.9.1.3 | Futteraufbereitung   | 147 |
| 4.9.1.4 | Futterzuteilung  | 151 |
| 4.9.2   | Entmistung   | 154 |
| 4.9.2.1 | Flüssigmistverfahren   | 154 |
| 4.9.3   | Stallklima   | 155 |
| 4.9.3.1 | Be- und Entlüftung   | 155 |
| 4.9.4   | Tiergesundheit, Hygiene, Reinigen, Pflegen   | 157 |
| 5.      | <u>Kurze Beurteilung der Elektroenergiebedarfsgleichungen<br/>mit Auflistung der Geräte und Arbeitsverfahren für die<br/>weitere Messungen erforderlich sind</u> | 160 |

## 1. Aufgabenstellung

### 1.1 Einleitung

Die Ablösung handarbeitsintensiver Arbeitsverfahren durch die zunehmende Mechanisierung vieler Arbeitsgänge führte in den vergangenen Jahren zu einer kontinuierlich steigenden Nachfrage der Landwirte nach umfassend einsetzbaren sekundären Energieträgern wie elektrischer Strom oder Dieselmotorkraftstoff. Dabei bewirkte die Spezialisierung der innerbetrieblichen Betriebszweige und die Abnahme der Beschäftigten in der Landwirtschaft eine stetige Zunahme des Elektroenergieverbrauches.

Neben der verschiedenartigen Verwendungsmöglichkeit der Elektrizität (Antriebskraft, Wärmeerzeugung, Beleuchtung) und den vielfältigen Einsatzmöglichkeiten in den landwirtschaftlichen Betrieben wirken weiterhin positiv auf einen zunehmenden Energieverbrauch:

- Arbeitersparnis und -erleichterung (Substitution der Handarbeit durch die Mechanisierung und Automatisierung von Arbeitsgängen)
- Produktionssteigerung (z.B. verbesserte Fütterungs- und Melktechnik)
- Produktionsverbesserung (Übernahme von Kontroll- und Steueraufgaben)
- Verlustminderung (z.B. Heu- und Getreidetrocknung, Stallklimatisierung)
- Qualitätserhaltung (z.B. Kühlung der Milch, Kartoffelbelüftung)

Die bisherige Entwicklung geht aus Abbildung 1 deutlich hervor. Danach sank die Zahl der in der Landwirtschaft Beschäftigten im Zeitraum 1959 bis 1986 von gut 2,56 auf 0,90 Millionen. Dieser Abnahme um 65 % steht eine Zunahme des Stromverbrauches auf das 3,6-fache gegenüber. Die Substitution der Arbeitskräfte durch den verstärkten Elektro-Energieeinsatz ist somit ein Faktor, der dazu beitrug, die Arbeitsproduktivität in der gleichen Zeitspanne von 16,8 t Getreideeinheiten/Ak auf 74,5 t GE/Ak zunehmen zu lassen.



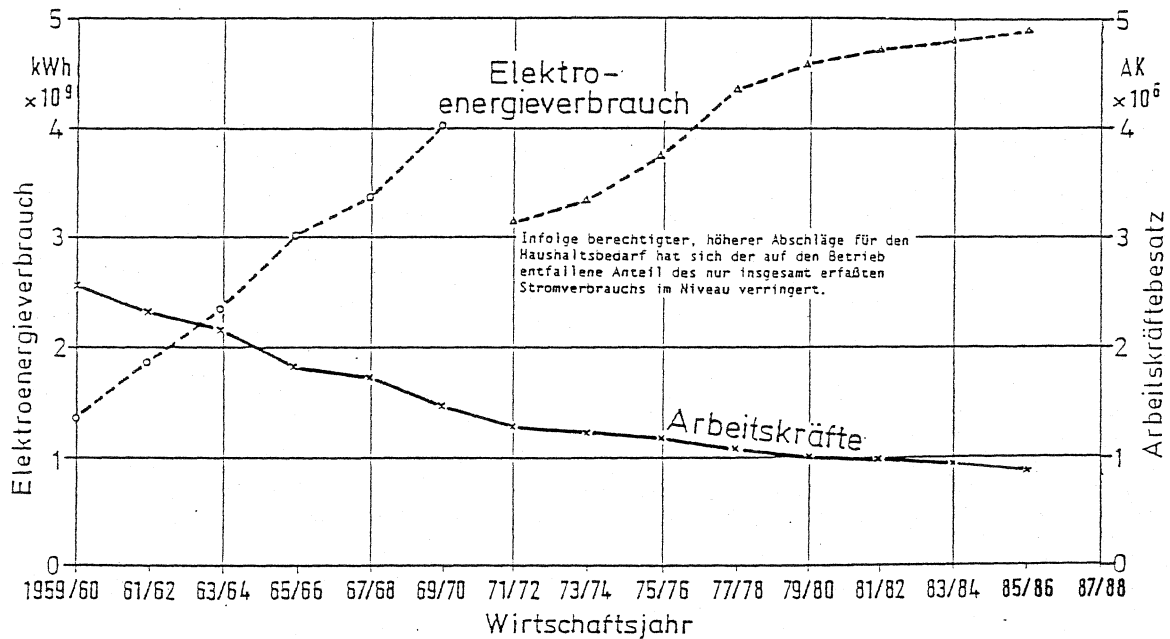


Abbildung 1: Entwicklung von Arbeitskräften und Elektroenergieverbrauch in der Landwirtschaft 1959 - 1986 (nach Stat. Jahrbücher f. ELF)

## 1.2 Problemstellung

Die verstärkte Nachfrage seitens der Landwirte nach Elektroenergie resultiert also aus dem Übergang von veralterten, energieärmeren Produktionsverfahren zu spezialisierten, energieaufwendigeren Verfahren. Besonders in der Tierproduktion besteht noch ein beträchtlicher Nachholbedarf der westdeutschen Landwirtschaft nach modernen, hochmechanisierten Verfahrenstechniken, während im Bereich der Außenwirtschaft inzwischen umfassend technisierte Arbeitsverfahren üblich sind. So ist eine moderne Landwirtschaft auf ausreichendem kontinuierliche und sichere Versorgung mit Elektroenergie angewiesen. Dies gilt in besonderem Maße für alle Arbeitsbereiche der Tierproduktion, wobei der ununterbrochenen Nutzung der Elektroenergie in einigen Produktionsbereichen besondere Bedeutung beikommt, wie z.B. für die Zwangslüftung großer Tierbestände (Mastschweine, Legehennen).

Um eine Kontinuität und Sicherheit der Elektroenergieversorgung bei augenblicklichen und neuen Produktionsverfahren der Landwirtschaft zu gewährleisten, müssen den Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) zuverlässige energiewirtschaftliche Daten über alle Produktionsverfahren der Innenwirtschaft für ihre zukünftige Energieversorgungsstrategie, d.h. die Planung und Realisierung ihrer zukünftigen Energielieferung, zur Verfügung stehen. Dabei spielen die vorhandenen hohen Netzkosten, die durch das Bereithalten hoher Leistungen für die Landwirtschaft verursacht werden, eine große Rolle. Aber auch die Landwirte selbst benötigen exaktes Datenmaterial über elektrischen Leistungsbedarf und Stromverbrauch der Produktionsverfahren, um günstige Lösungen wählen und die auftretenden Kosten kalkulieren zu können. Weiterhin sind die Berater der Landwirtschaftsämler bzw. -kammern und der EVUs auf umfangreiches Elektroenergie-Datenmaterial angewiesen, um entsprechende Empfehlungen individuell für jeden landwirtschaftlichen Betrieb auszuarbeiten.

Das bisherige Datenmaterial reicht jedoch für moderne Planungsmethoden in keiner Weise aus. So ist eine aussagekräftige Analyse des Elektroenergiebedarfes aufgrund mangelnder oder unvollständiger Grunddaten kaum möglich. DOHNE (16) wies schon 1977 auf diesen Mangel hin und betonte, daß Energiebedarfswerte für einzelne Arbeitsgänge in der Literatur nur für Teilbereiche genannt werden und eine Kalkulation des optimalen Energiebedarfes kaum möglich ist. Die augenblicklich verfügbaren Unterlagen bestehen vorwiegend aus einfachen Tabellen mit Angabe großer Spannen, die eine exakte Kalkulation nicht zulassen (HONIG 1965 (26), AEL (4)). Denn das bestehende Datenmaterial basiert teilweise auf unzureichenden Messungen und mangelhafte Meßtechniken, sowie auf meist nur theoretischen Herleitungen. Insbesondere fehlt bisher jeglicher Bezug zu den verschiedensten individuellen landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen - wie notwendige Arbeitsleistung der Geräte, Materialeigenschaften, Weglängen usw. -, so daß nur sehr grobe und wenig zutreffende Berechnungen mit hohem Unsicherheitsfaktor möglich sind. Daher wird eine Funktionsbildung in Abhängigkeit betriebsspezifischer Einflußfaktoren dringend erforderlich.

Um alle diese Planungsunsicherheiten einzuschränken und um eine sinnvolle

Elektroenergieanwendung in der Landwirtschaft zu erreichen, sind folglich weitergehende Untersuchungen über abgesicherte Elektroenergie-Kenndaten unumgänglich. Dabei müssen als Ausgangsbasis exakt definierte und für die landwirtschaftliche Praxis zutreffende Verfahrensleistungen, auch für neue Produktionsverfahren, herangezogen werden. Ferner sind Verfahrensalternativen auszuarbeiten, um die Kosten des Elektroenergieeinsatzes zu minimieren. Dabei sind möglichst Verfahren mit geringem Leistungsbedarf anzustreben, damit Zuschläge für sog. "Überanschlußwerte" vermieden werden können; denn eine Verbesserung der in der Regel ungünstigen Verhältnisse von Anschlußleistung und Stromverbrauch ("Benutzungsdauer") liegt im beiderseitigen Interesse von Stromlieferant und Stromverbraucher.

Dieses besondere Problem einer Überschreitung der "Anschlußwert-Freigrenze", die sich nach den "allgemeinen Tarifen" der EVUs berechnen läßt, und die daraus entstehenden möglichen finanziellen Mehraufwendungen der Landwirte kann nur dann einer befriedigenden Lösung zugeführt werden, wenn umfassende Grunddaten über notwendige Leistungsbedarfswerte und Energieverbrauch der verschiedenen Arbeitsverfahren vorliegen. Auf diese Zusammenhänge wurde bereits früher eindringlich hingewiesen (WENNER 1977 (85)). Aufgabe dieser Ausarbeitung kann es jedoch nicht sein, die Problematik der "Anschlußwert-Freigrenzen" je nach Tarifgestaltung des betreffenden Energieversorgungsunternehmens zu erörtern. Vielmehr sollen - soweit dies möglich ist - Verfahrensalternativen, die eine geringere Leistungsaufnahme bei niedrigerem oder u.U. auch erhöhtem Stromverbrauch aufweisen, analysiert und herausgestellt werden.

### 1.3 Zielsetzung

In erster Linie geht es also um die Bereitstellung statistisch abgesicherter Grunddaten über den elektrischen Leistungsbedarf und den Stromverbrauch der verschiedenen landwirtschaftlichen Arbeitsverfahren in der Innenwirtschaft. Dazu müssen zunächst alle verfügbaren Daten der einschlägigen Literatur ausgewertet und soweit möglich, entsprechende Bedarfsfunktionen aufgestellt werden. Zur Ergänzung der Datenbasis sind

weiterhin Messungen in praktischen Betrieben notwendig. In einem weiteren Schritt sind die ermittelten Funktionen in praxisrelevante Modellansätze einzubauen und mit bestehenden, umfangreichen Funktionsdaten der Arbeitswissenschaft zu verknüpfen (AUERNHAMMER 1975 (5)).

Schließlich wäre eine Überprüfung der erstellten Modelle anhand von Ist-Analysen in zahlreichen landwirtschaftlichen Betrieben durchzuführen, um die Gültigkeit der Funktionen abzusichern. Erst dann wird ein umfassender Vergleich von Verfahrensalternativen mit entsprechenden Aussagen möglich.

In dieser schrittweisen Vorgehensweise sind die einzelnen Teilziele zu verfolgen, um beginnend mit der Ermittlung spezifischer Leistungsbedarfs- werte danach eine Kopplung mit vorliegenden Arbeitzeitbedarfswerten herbeizuführen, um entsprechende Energieverbrauchswerte zu erhalten. Ein Betriebsvergleich zwischen mehreren Betrieben, die sich sowohl in der Arbeitsorganisation als auch in der Ausstattung mit Elektroenergieverbrauchern unterscheiden, wird dann möglich.

## 2. Literaturübersicht und angewandte Methoden

Als Einstieg wird zunächst eine ausführliche Literaturdurchsicht erforderlich, um den Umfang des augenblicklichen Erkenntnisstandes zu erfassen. Dabei kann nicht das ganze Spektrum "Landwirtschaft und Energie" abhandelt werden. Aus der Fülle der verschiedenartigen Energie- Fragestellungen muß eine Konzentration auf die Elektroenergie erfolgen.

### 2.1 Literaturübersicht

Die vorhandene Literatur läßt sich in zwei zahlenmäßig sehr differierende Gruppen untergliedern. Das sind einerseits die Autoren, die sich mit alternativen bzw. regenerativen Energieträgern befassen und andererseits diejenige Gruppe, die sich speziell mit dem Einsatz der Elektroenergie beschäftigen.

#### 2.1.1 Allgemeine landwirtschaftliche Energiefragen

Der weitaus größere Teil der vorhandenen Literatur beschäftigt sich mit allgemeinen Energiefragen in der Landwirtschaft, wobei der Gesamtenergieverbrauch, der Einsatz alternativer Energieträger - wie Sonne, Wind und Biogas - und die Einsparmöglichkeiten konventioneller Energieträger im Vordergrund stehen. Die letztgenannten Literaturstellen sind gerade in den vergangenen Jahren vermehrt zu finden. So sind Beschreibungen der Bauart, der Funktion und der Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen, der Nutzung von Sonnenenergie zur Strom- und Warmwasserbereitung und der Windkraft fast monatlich in den landwirtschaftlichen Fachpublikationen nachzulesen. Ebenso werden Hinweise zum Eigenbau bzw. zur anteiligen Eigenleistung bei der Erstellung solcher technischer Neuanlagen gegeben. Dabei finden sich auch vielfältige Angaben zur alternativen Stromerzeugung, die jedoch bei der vorliegenden Problemstellung nur von untergeordneter Bedeutung ist.

### 2.1.2 Elektroenergie in der Landwirtschaft

Nur ein kleiner Teil der vorliegenden Literatur beinhaltet den Versuch Energieverbrauchs- und Leistungsdaten zu kalkulieren und zu analysieren. Dies mag sich aus der Tatsache erklären, daß es zwar möglich ist den Elektroenergiebedarf für ein Arbeitsverfahren bei exakten Versuchsbedingungen zu bestimmen, daß jedoch der tatsächliche Energieverbrauch in der Praxis infolge stark abweichender Bedingungen großen Schwankungen unterworfen ist. Daher werden in Veröffentlichungen oft nur die Einzelgeräte in ihrem Aufbau, Leistungsanspruch und spezifischen Elektroenergieverbrauch beschrieben ohne Bezug auf die vielfältigen landwirtschaftlichen Einsatzbedingungen

Anhand von Messungen und Erhebungen untersuchte RUDE 1964 (63) als einer der ersten Strombedarf, Benutzungsdauer der Elektrogeräte und den Belastungsverlauf der Stromnetze ganzer Betriebe im süddeutschen Raum.

Die wichtigste erste Grundlage über Elektroleistungs- und Energiebedarf landwirtschaftlicher Maschinen lieferte HONIG 1965 (26), der über "Datensammlungen" (als Basis Firmenangaben) das Erstellen von mathematischen Gleichungen durchführte. Diese Methode war in ihrem Ansatz vielversprechend und wurde auch von nachfolgenden Autoren berücksichtigt.

Abgesehen von den unzureichenden Ausgangsdaten hat sich jedoch seit nunmehr 20 Jahren eine stärkere Technisierung bzw. Motorisierung der Innenwirtschaft mit teils neuen Produktionstechniken entwickelt, und auch wesentlich verbesserte Elektrogeräte werden eingesetzt. Daher sind diese Kennwerte von HONIG nur noch sehr eingeschränkt verwendbar.

Eine Auswertung des Gesamtstromverbrauchs landwirtschaftlicher Betriebe hatte die Energiestudie von KIONKA und LAYER (28) im Jahr 1971 zum Ziel. Dazu wurden in acht Betrieben mit einem überdurchschnittlich hohen Mechanisierungsgrad ganzjährige Messungen durchgeführt. Der so ermittelte Jahresstromverbrauch, Betrieb einschließlich Haushalt, lag dabei zwischen 27 980 und 103 400 kWh/a. Bei der Überprüfung der Abhängigkeit des Energieverbrauches von den betrieblichen Produktionsfaktoren konnten die Autoren keine Einflußgröße auf den Stromver-

brauch herausarbeiten, dagegen fanden sie eine Abhängigkeit der installierten Leistung sowohl von der landwirtschaftlichen Nutzfläche als auch vom Viehbestand und der Personenzahl im Haushalt. Die installierten Leistungen ließen jedoch keine weitergehenden Vergleiche mit Ergebnissen anderer Autoren zu.

FITZEN (18) untersuchte 1971 in Gebieten des Niederrheins Strombedarf, Benutzungsdauer und Belastungsverlauf ganzer Betriebe, wobei er die selbe Vorgehensweise wie RUDE 1964 wählte.

Eine sehr umfangreiche Analyse über die Zusammenhänge von Anschlußwert, Leistungsbedarf und Stromverbrauch unter dem Einfluß unterschiedlicher Betriebsgrößen und Betriebstypen erstellte GÖTZ (19) 1975. Er konnte dabei auf eine Erhebung in 158 landwirtschaftlichen Betrieben der BRD, durchgeführt vom VDEW in Verbindung mit dem AEL aus den Jahren 1973/74 zurückgreifen.

AYIK (7) und VON HEYL (25) fertigten 1975 zwei Arbeiten über den Elektroenergieeinsatz in der Milchviehhaltung bzw. in der Rinder- und Schweinehaltung an. Die verwendeten Daten stammen aus der Fachliteratur, den Prüfberichten der DLG und bereits vorhandener anderweitiger Ergebnisse. Ergänzt wurden diese Datensammlungen durch punktuelle Messungen der beiden Autoren. Die Kalkulation fiktiver Betriebe und anschließend der Vergleich der Ergebnisse der Modellrechnungen mit Energieverbrauchsmessungen in der Praxis, d.h. mit direkt auf dem landwirtschaftlichen Betrieb ermittelten Werten waren Schwerpunkte der Arbeit. Dabei zeigten sich beträchtliche Differenzen zwischen ermittelten Sollwerten und in der Praxis beobachteten Istwerten.

Mit einer ähnlichen Fragestellung führte PETIT 1978 (57) Untersuchungen über den Elektroenergieeinsatz in Belgien durch. Seine Bemühungen galten der Ermittlung des jährlichen Gesamtstromverbrauchs einzelner Elektrogeräte in Betrieben mit unterschiedlichen Tierzahlen und Aufstallungssystemen. Die Verbrauchsmessungen der Milchviehhaltung erfolgten in je einem Anbinde- und Liegeboxenstall mit jeweils 60 Milchkühen, sowie in einem Liegeboxenstall mit 120 Milchkühen. Die uneinheitliche Ausstattung der Betriebe mit Elektrogeräten und -maschinen verhindert den direkten Vergleich der errechneten spezifischen Verbrauchswerte.

Da der Stromverbrauch landwirtschaftlicher Betriebe, der einen resultierenden Wert aus mehreren Einflußgrößen darstellt, auch in anderen europäischen Ländern eine Meßzahl für den intensiven bzw. extensiven Einsatz der Elektroenergie ist, publiziert KASTROLL (44) 1977 eine Gegenüberstellung über den Energieeinsatz in der Milchviehhaltung einiger europäischer Länder. Erstaunlich dabei sind die großen Schwankungen zwischen den Ländern - besonders zwischen Schweden und Belgien- und nationale Verbrauchsunterschiede (Italien). Diese globalen Zahlenwerte lassen für den Einzelbetrieb keine Interpretationsmöglichkeit zu, bieten jedoch nützliche Vergleichswerte für Ergebnisse von Kalkulationen an Energiemodellen. Als allgemeine Tendenz der Tabelle 1 kann festgehalten werden, daß das Lüftungssystem eine Hauptrolle beim länderspezifischen Energieverbrauch spielt.

Tabelle 1: Energieverbrauch je Kuh und Jahr in ausgewählten europäischen Ländern (nach KASTROLL 44)

| Land        | Stromverbrauch<br>kWh/Kuh,a | Bemerkungen                       |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Belgien     | 200 - 250                   | keine Zwangslüftung               |
| Deutschland | 237 - 584                   |                                   |
| Italien     | 255 - 884                   |                                   |
| Niederlande | 300 - 350                   | hauptsächlich Trauf-First-Lüftung |
| Schweden    | 660                         |                                   |
| Schweiz     | 650                         |                                   |

ZEISIG (88) ermittelte 1980 für einige ausgewählte Verbrauchseinrichtungen der Innenwirtschaft Anhaltswerte des elektrischen Energieverbrauchs aus Praxismessungen und verglich diese mit entsprechenden Literaturangaben. In einigen Bereichen konnten ausreichend abgesicherte Anhaltswerte für den Energieverbraucherarbeitet werden, andere Bereiche, wie z.B. die Zwangslüftung von Ställen verlangten nach weiteren Messungen.



Um für Bayern ein aussagekräftigeres Datenmaterial über den gesamten Energieeinsatz in Haus und Hof zu erlangen, wurde 1978 mit Hilfe des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten eine Fragebogenaktion durchgeführt. Diese repräsentative Erhebung landwirtschaftlicher Betriebsdaten sollte Auskunft geben über die Verwendung flüssiger und fester Energieträger und über den Stromverbrauch in Abhängigkeit wichtiger Betriebsparameter. MEIER (37) ermittelte 1980 in einer ersten Auswertung die wichtigsten Kenngrößen des Elektroenergiebedarfs der ausgewerteten 806 Betriebe. Die Analyse von Anschlußwert und Stromverbrauch wurde nicht nur für die Gesamtheit aller erfaßten Betriebe sondern auch spezifisch für einzelne Betriebstypen, Betriebsgrößenklassen sowie Regierungsbezirke und Landkreise durchgeführt.

HEINS (24) führte 1983 mit einem anderen Teil des Datenmaterials eine Analyse des Brennstoffeinsatzes in landwirtschaftlichen Wohnhäusern Bayerns durch. In weiteren Angaben der Erhebung wurde auch die Ausstattung der Betriebe mit Elektromotoren sowohl in ihrer Art als auch in der Anzahl erfaßt.

## 2.2 Erhebung über den Elektroenergiebedarf

Die Methodik sowie die Vor- und Nachteile einer schriftlichen Befragung zur Erlangung eines umfangreichen Datenmaterials werden bei HEINS 1983 (24) ausführlich abgehandelt. Daher wird in den folgenden Abschnitten nur kurz auf diese Punkte eingegangen. Die Organisation und Durchführung der Erhebung können in sieben Abschnitte untergliedert werden:

1. Die Fragebogenerstellung und die gleichzeitige Auswahl der Betriebe
2. Der Test des Fragebogens bei einigen Landwirten und eine möglicherweise notwendige Korrektur
3. Der Versand der Fragebogen
4. Rücksendung der Fragebogen
5. Datenaufbereitung
6. Datenauswertung
7. Interpretation und Darstellung der Ergebnisse

Die Fragebogenerstellung und die Auswahl der Betriebe kann gleichzeitig bearbeitet werden. Ebenso gilt dies für den zweiten Schritt, die Korrektur des Fragebogens und die Suche nach Ersatzbetrieben. Demgegenüber ist keine Einwirkung seitens der Initiatoren einer Erhebung bei Versand und Rücksendung der Fragebogen gegeben. Den zeitlich und personell aufwendigsten Teil der Fragebogenaktion bestimmen Datenaufbereitung, -auswertung und die Interpretation der Ergebnisse.

### 2.2.1 Voraussetzungen zur Datenerlangung

Den Erhebungsdaten liegt eine schriftliche Befragung landwirtschaftlicher Betriebsleiter im Jahr 1978 zugrunde. Der Fragebogen (siehe Anhang) hierfür wurde von mehreren Mitarbeitern der Landtechnik Weißenstephan entwickelt, getestet, korrigiert und verschickt. Die Auswahl der Betriebe erfolgte mittels einer Zufallsstichprobe aus der Grundgesamtheit, die in diesem Falle alle bayerischen Betriebe waren. Aus dieser Grundgesamtheit von 339 000 landwirtschaftlichen Betrieben wurde eine Stichprobe  $n = 1000$  Betriebe gezogen. Diese Anzahl war, bedingt durch den notwendigen Erhebungsaufwand und dessen Kosten, vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten als obere Grenze vorgegeben worden. Für die Abgrenzung der Daten erschien es ratsam, den Fragebogen in vier größere Abschnitte zu unterteilen:

1. Allgemeine Betriebsdaten
2. Angaben zu baulichen Anlagen
3. Mechanisierung der Innenwirtschaft
4. Daten des Wärmeverbrauches im landwirtschaftlichen Wohnhaus

Für die vorliegende Arbeit ist hauptsächlich die unter drittens aufgeführte Mechanisierung der Innenwirtschaft von Bedeutung. In diesem Abschnitt werden Elektroenergieverbrauch (incl. Verbrauch im Haushalt), die Anzahl, die Art und die Größe der im landwirtschaftlichen Betrieb vorhandenen Elektroenergieverbraucher und einige ihrer wichtigsten Einflußgrößen bezüglich des Stromverbrauches erfragt. Dabei werden die einzelnen Energieverbraucher den verschiedenartigen Produktionsverfahren, wie z.B. Siloeinlagerung, Getreideförderung, Milchentzug und der Fütterung, zugeordnet.

### 2.2.2 Aufbereitung der Daten

Die Rücklaufquote bei den Fragebogen betrug 80,6 Prozent. Da jeder Fragebogen für mehr als 7000 Einzelangaben ausgelegt ist, war für die Datenspeicherung und -auswertung der Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung unumgänglich. Dazu diente die CYBER 175 des Leibniz - Rechenzentrums in München, die für sehr große Datenmengen geeignet ist. Um eine spätere gezielte Auswertung zu erleichtern, wurden schon bei der Dateneingabe die Betriebe nach Regierungsbezirk, Betriebsgröße und Betriebstyp (Marktfrucht-, Futterbau-, Veredlungs-, Gemischtbetrieb) verschlüsselt eingegeben. Eine schriftliche Befragung liefert zwar sehr große Datenmengen, erfaßt jedoch komplizierte und funktionale Zusammenhänge nur unvollständig. Da diese Ergebnisse nicht ausreichen, um Kalkulationen zu ermöglichen, sind zusätzliche Messungen zur Erzielung realitätsnaher Daten im praktischen landwirtschaftlichen Betrieb nach wie vor dringend erforderlich besonders über diejenigen Arbeitsverfahren, die bisher durch völlig unzureichende Datenbasis gekennzeichnet sind.

### 2.3 Verbrauchsmessungen ausgewählter Arbeitsverfahren mit Elektroenergieverbrauch

Bei den Verbrauchsmessungen bestimmte in früheren Jahren die "Jahressummenerfassung" eines Energieverbrauchers den apparativen meßtechnischen Aufwand; hierzu ist die Installation eines Drehstromzählers und das Ablesen des jährlichen Stromverbrauches erforderlich. Diese Methode läßt keine detaillierten Aussagen über wohldefinierte kürzere Zeitabstände zu. Auch eine integrierte Erfassung von Einflußgrößen auf den Elektroenergieverbrauch wird durch eine nur jährlich stattfindende Registrierung erschwert und fallweise unmöglich gemacht. Hinzu kommt eine schwierige Erfassung von produktionstechnischen Parametern. Um die wichtigsten methodischen Schwachstellen zu eliminieren, können neue, meßtechnisch ausgereifere Systeme angewendet werden.

### 2.3.1 Leistungsmeßkoffer mit statischem Meßumformer für Wirkleistung einschließlich Kompensationsschreiber

Das Gerät wurde aus handelsüblichen Bauteilen verschiedener Hersteller von der Meßabteilung der Landtechnik Weihenstephan angefertigt. Es ist für Wirkleistungsmessungen an Drehstromverbrauchern bestimmt. Dazu wird es zwischen Netz und Verbraucher geschaltet. Die drei Phasen dürfen beliebig belastet werden. Ein Mittelpunktleiter wird nicht benötigt, weil die Hilfsenergie über Trenntransformatoren von zwei Außenleitern abgenommen wird. Am Signalausgang steht eine der Wirkleistung proportionale Gleichspannung zur Verfügung, die durch ein im Leistungsmeßkoffer eingebautes Instrument angezeigt wird und auf ein hochohmiges Registriergerät - z.B. Kompensationsschreiber - gegeben werden kann. Der Kompensationsschreiber dient zur Aufzeichnung elektrischer und auch nichtelektrischer Größen, sofern sich diese durch geeignete Geber als Gleichspannungen darstellen lassen. Mit dieser Geräteausstattung besteht nun die Möglichkeit in gezielter Weise Kennwerte bzgl. der Leistungsaufnahme von Einzelenergieverbrauchern aufzuzeichnen und zu einem späteren Zeitpunkt auszuwerten. Als Beispiel hierzu zeigt die Abb. 2 die Leistungsaufnahme eines Hallengreifers bei der Heueinlagerung. Auf der x-Achse entsprechen 2 mm einer Sekunde und auf der y-Achse sind 2,5 cm gleich 2 kW. Für den abgebildeten Abschnitt 1 wird eine mittlere Leistungsaufnahme von 1,42 kW errechnet. Die Leistungsspitzen liegen über 4 kW.

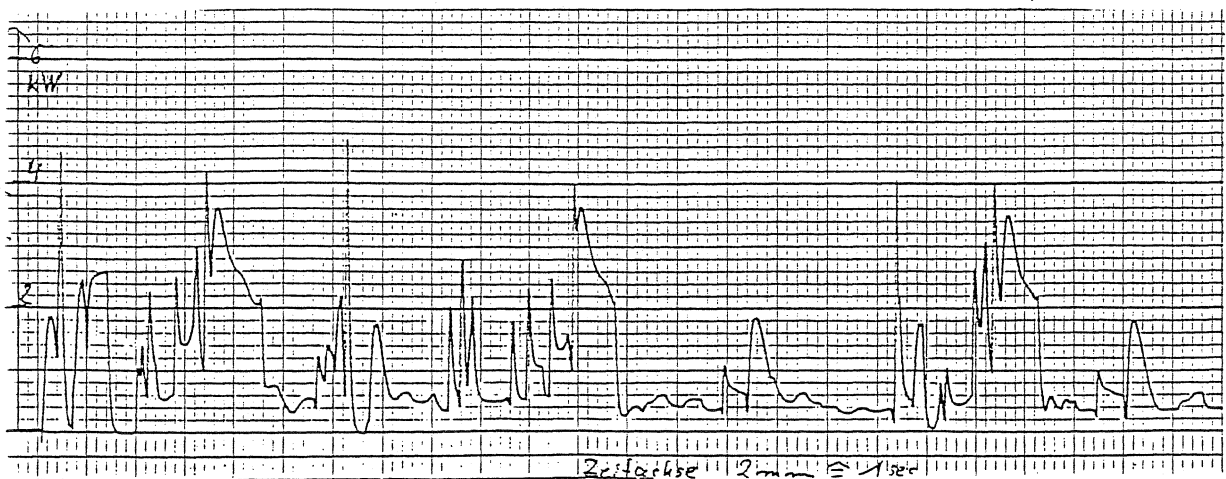


Abbildung 2: Meßstreifen eines Kompensationsschreibers  
(Beispiel: Einlagerung von Heu mit einem Hallengreifer)

Die Auswertung der Kennlinien erfolgt über die Integration der unter der Linie liegenden Fläche mit Hilfe eines Digitalisieretapeaus, dessen ausführliche Beschreibung von Arbeits- und Auswertungsweise bei ZIPS 1983 (//) erläutert ist. Trotz der zeitaufwendigen und nicht absolut exakten Auswertung mit dem "Digitalisierer" können die mittlere Leistungsaufnahme, der Elektroenergieverbrauch sowie Anzahl und Höhe der Leistungsspitzen erfaßt werden. Allerdings hängt die Genauigkeit der Ergebnisse stark von der digitalisierenden Person ab. Als Vorteile des Meßsystems sind anzuführen:

- schnelle, flexible Einsatzmöglichkeit bei Geräten mit steckbarem Anschluß (z.B. Abladegebläse, Hochsilofräse)
- die Wahl von verschiedenen Meßbereichen bei der Leistungsmessung
- eine sofortige visuelle Kontrolle des Meßstreifens

Als Nachteile ergeben sich aus dieser Geräte-Konfiguration:

- kein gleichzeitiger Einsatz an mehreren Elektrogeräten möglich, es sei denn, eine Summenmessung kann durchgeführt werden
- Messung von Energieverbrauchern mit Festanschluß nur mit Eingriffen in die Installation durch eine Elektrofachkraft zu erreichen
- zeitaufwendige Auswertung
- Genauigkeit der Auswertung hängt zu stark von der Auswertungsperson ab
- hohes Gewicht (ca. 40 kg) und Unhandlichkeit des Leistungsmeßkoffers (meistens zwei Personen für die Versuchsdurchführung notwendig)

### 2.3.2 Magnetbandrecorder - Meßdatenerfassungssystemung

Es kann die bisherige, wegen des Arbeits- und Zeitaufwandes in ihrem Umfang sehr begrenzt durchgeführte Meßdatenerfassung mittels konventioneller Meßgeräte, wie elektromechanische Druck-, Schreib- und Zählgeräte ersetzen. Dabei wird zwischen den Teilbereichen Datenerfassung, Datenaufbereitung und Datenauswertung unterschieden.

Die Datenerfassung kann einerseits als Summenmessung aller Verbrauchsgeräte einer Anlage durchgeführt werden, andererseits besteht auch die Möglichkeit einer Aufschlüsselung der Summenmeßdaten in spezifische Werte leistungsstarker Geräte, wenn deren Versorgung über separate Stromkreise erfolgt. Als Datenträger dienen Magnetbänder in Kassettenform. Falls die Meßperiode auf zwei Minuten festgelegt wird - und das erscheint für die meisten Messungen ausreichend zu sein - reicht die Kapazität einer Magnetbandkassette fünf Wochen aus.

Die Daten können zentral mittels einer EDV-Anlage aufbereitet und ausgewertet werden. Einfachste Form der Datenauswertung ist der Datenausdruck (Abb. 3). Hierbei erscheinen z.B. die tageszeitabhängigen Meßwerte von Leistung, Arbeit, Leistungsmaximum, Leistungsminimum und die Tagesarbeit. Es sind auch Magnetbandrecorder-Systeme lieferbar, bei denen eine - in ihrem Umfang allerdings eingeschränkte - Datenauswertung integriert ist.

LANDWIRTSCHAFTL. BETRIEB: VIEHHALTUNG GERING; <20 HA; VDEW-AK-TARIFGESTALTUNG\*

ELEKTRISCHE ARBEIT UND LEISTUNG AM DIENSTAG, DEM 08.09.81 FUER GESAMT  
MESSPERIODENDAUER: 16 MIN ('UHRZEIT': ZEIT DES MESSPERIODENENDES)

| UHRZEIT                                  | KWH         | KW    | 1 * ENTSpricht | 0,2          | KW     |
|--|-------------|-------|----------------|--------------|--------|
| 00.16                                    | 2,014       | 7,553 | *****          |              |        |
| 00.32                                    | 1,966       | 7,373 | *****          |              |        |
| 00.48                                    | 1,968       | 7,380 | *****          |              |        |
| 01.04                                    | 1,996       | 7,485 | *****          |              |        |
| -----                                    |             |       |                |              |        |
| 05.36                                    | 1,990       | 7,463 | *****          |              |        |
| 05.52                                    | 2,184       | 8,190 | *****          |              |        |
| 06.08                                    | 2,314       | 8,678 | *****          |              |        |
| 06.24                                    | 2,110       | 7,913 | *****          |              |        |
| 06.40                                    | 2,074       | 7,778 | *****          |              |        |
| 06.56                                    | 2,036       | 7,635 | *****          |              |        |
| 07.12                                    | 2,164       | 8,115 | *****          |              |        |
| 07.28                                    | 2,034       | 7,628 | *****          |              |        |
| -----                                    |             |       |                |              |        |
| 12.00                                    | 1,950       | 7,313 | *****          |              |        |
| 12.16                                    | 2,394       | 8,978 | *****          |              |        |
| 12.32                                    | 2,068       | 7,755 | *****          |              |        |
| 12.48                                    | 1,976       | 7,410 | *****          |              |        |
| 13.04                                    | 1,896       | 7,110 | *****          |              |        |
| -----                                    |             |       |                |              |        |
| 17.04                                    | 1,812       | 6,795 | *****          |              |        |
| 17.20                                    | 2,050       | 7,688 | *****          |              |        |
| 17.36                                    | 1,816       | 6,810 | *****          |              |        |
| 17.52                                    | 1,866       | 6,998 | *****          |              |        |
| 18.08                                    | 1,914       | 7,178 | *****          |              |        |
| 18.24                                    | 1,708       | 6,405 | *****          |              |        |
| 18.40                                    | 1,794       | 6,728 | *****          |              |        |
| 18.56                                    | 2,124       | 7,965 | *****          |              |        |
| 19.12                                    | 1,744       | 6,540 | *****          |              |        |
| -----                                    |             |       |                |              |        |
| 22.56                                    | 1,870       | 7,013 | *****          |              |        |
| 23.12                                    | 1,796       | 6,735 | *****          |              |        |
| 23.28                                    | 1,774       | 6,653 | *****          |              |        |
| 23.44                                    | 1,700       | 6,375 | *****          |              |        |
| 24.00                                    | 1,726       | 6,473 | *****          |              |        |
| -----                                    |             |       |                |              |        |
| SUMME DER ELEKTRISCHEN ARBEIT            | 174,520 KWH |       |                |              |        |
| MAXIMUM DER ELEKTRISCHEN LEISTUNG        | 8,978 KW    |       |                | UM 12.16 UHR |        |
| MINIMUM DER ELEKTRISCHEN LEISTUNG        | 6,285 KW    |       |                | UM 20.16 UHR |        |
| DUURCHSCHNITTLLICHE ELEKTRISCHE LEISTUNG | 7,272 KW    |       |                |              |        |
| BEWUTZUNGSDAUER DER MAXIMALEN LEISTUNG   | 19,439 H    |       |                | AUSNUTZUNG   | 81,00% |

Abbildung 3: Datenausdruck einer Magnetbandrecorder-Auswertung

Das Magnetbandrecorder - Meßdatenerfassungssystem wurde im wesentlichen von einem EVU entwickelt und wird daher auch hauptsächlich von EVUs zur Elektroenergieverbrauchsanalyse ausgewählter Kundenanlagen verwendet. Die Vorteile des Magnetbandrecordersystems sind:

- Die Erfassung von Einzelverbrauchern ist möglich
- Eine gleichzeitige Registrierung mehrerer Verbraucher kann erfolgen
- Eine sichere und flexible Datenerfassung und Datenspeicherung ist gewährleistet
- Die Datenträger sind leicht austauschbar

Nachteile sind:

- Die Anschaffung und Installation sind kostspielig
- Hoher Aufwand beim Einbau des Meßsystems, wenn mehrere Verbraucher erfaßt werden sollen
- Das Meßsystem wird in der Regel nur von EVUs eingesetzt.

Aus diesen Gründen konnte dieses vielversprechende System nicht in Betrieb genommen werden; somit war der Aufbau einer anderen Meßeinrichtung notwendig.

### 2.3.3 Langzeitmessung mit Hilfe des STADA - SYSTEMS

Mit diesem System kann an max 8 Verbrauchern gleichzeitig die Wirkarbeit bzw. Wirkleistung mit einer Meßperiodenlänge von min. 1 Sekunde gemessen und auf eine Magnetbandkassette aufgezeichnet werden. Es ist modular aufgebaut und besteht im wesentlichen aus den Meßeinheiten (max. 8), der Anpassungseinheit und der Datenstation (Abb.4).

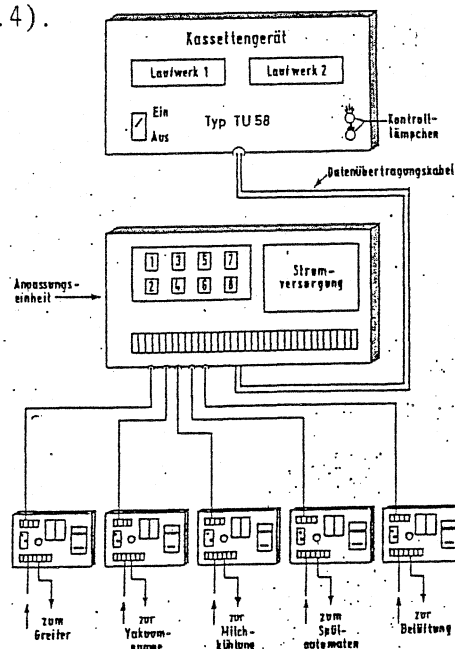


Abbildung 4: STADA-System zur Erfassung von Stromverbrauch und Leistungsaufnahme

Die Meßeinheit (Abb. 5) benutzt einen Drehstrom - Vierleiterzähler mit Ferraris - Meßwerk als Meßorgan. Die Anzahl der Umdrehungen der Zählerscheibe wird mit einem Strichcodelesestift abgetastet. Dazu muß auf der Zählerscheibe ein mattschwarzer Sektor markiert werden, um eine Änderung des Reflexionsvermögens für den Lesestift zu schaffen. Zusätzlich zu den Zählerumdrehungen kann mit Hilfe eines Spannungs- und Stromrelais die Einschaltdauer der Verbraucher kontrolliert werden. Die Bauelemente sind in einem schutzisolierten Gehäuse der Schutzart IP 55 untergebracht, sodaß die Meßeinheiten auch in feuchten und staubigen Räumen, wie z.B. Milchkammern, Heuböden, etc. eingebaut werden können. Die Meßeinheit wird dem Verbraucher vorgeschaltet, d.h. die Zuleitung zum Verbraucher muß aufgetrennt werden.

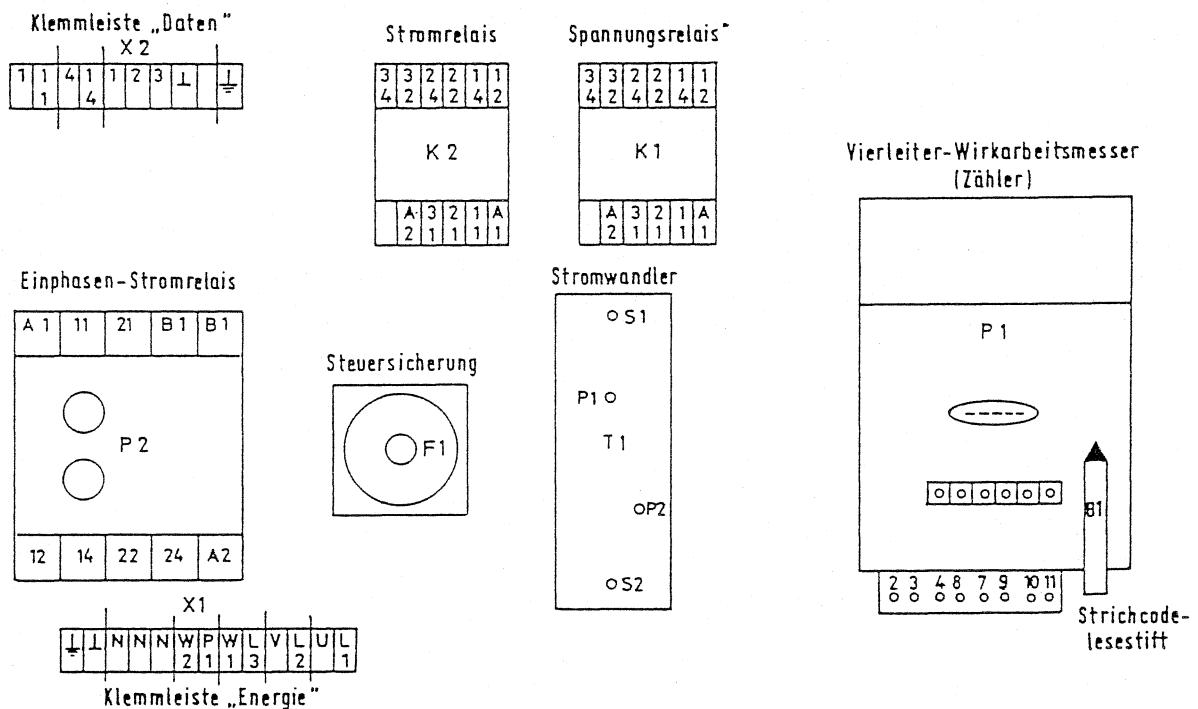


Abbildung 5: Anordnung der Bauelemente der Messeinheit

Der Schaltplan der Meßeinheit gibt eine genaue Übersicht der Verdrahtung und Bezeichnung der Bauelemente (Abb.6). Die in der Meßeinheit gewonnenen Daten werden durch Datenkabel über die Anpassungseinheit zur Datenstation übertragen und dort auf Magnetbandkassette gespeichert. Die Anpassungseinheit versorgt u.a. die Strichcodelesestifte mit einer geregelten Spannung. Die Magnetbandkassetten können in der Landtechnik Weihenstephan direkt in den Computer eingelesen und dort verrechnet werden.



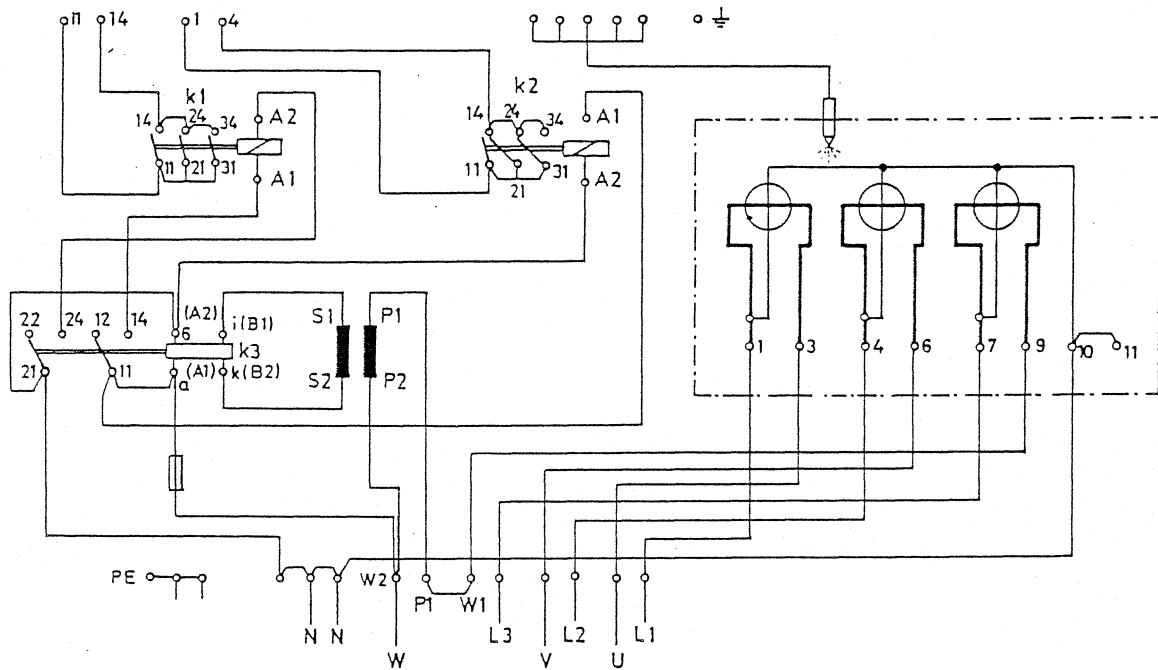


Abbildung 6: Schaltplan der Meßeinheit

Der Einsatz des STADA-Systems dient der Erfassung von längerfristigen Meßreihen. Dabei werden Daten über Ein- bzw. Ausschaltzeitpunkte, Leistungsaufnahme und Stromverbrauch registriert. In einem Versuch wurde die Brauchbarkeit dieser Meßmethode überprüft, indem in einem praktischen Betrieb die Verbraucher Hallengreifer, Vakuumpumpe, Milchkühlung, Spülautomat und Stalllüftung erfasst wurden. Für jeweils einen der genannten Verbraucher war eine Meßeinheit installiert.

Die Vorteile der STADA- Meßeinrichtung sind zu erwähnen:

- Die sichere Meßwerterfassung über einen längeren Zeitraum

- Die Meßeinrichtung kann kostengünstig aus handelsüblichen Bauteilen gefertigt werden
- Es werden mehrere Energieverbraucher gleichzeitig erfaßt

Diesen Vorteilen stehen folgende Nachteile gegenüber:

- Die Installation muß durch eine Elektrofachkraft erfolgen, daher relativ hoher Aufwand
- Es ist nur ein stationärer Einsatz sinnvoll, da Probleme bei der Justierung des Lesestiftes auftreten können
- Der Datenträger muß jeden vierten Tag ausgewechselt werden

Da die Vor- und Nachteile der beschriebenen meßtechnischen Möglichkeiten die Auswahl des Meßsystems beeinflussen sind in Tabelle 1 nochmals die wichtigsten Beurteilungskriterien zusammengestellt.

Tabelle 1: Vergleich der drei Meßsysteme hinsichtlich ihrer Möglichkeiten

| Beurteilungskriterien                       | Leistungsmeßkoffer               | Magnetbandrecorder     | STADA System  |
|---|----------------------------------|------------------------|---------------|
| Verfügbarkeit                               | vorhanden                        | nicht vorhanden        | vorhanden     |
| Meßbereich                                  | 1,5; 6; 15; 60kW                 | nicht bekannt          | 0,3 - 20 kW   |
| gleichzeitige Messung mehrerer Verbraucher  | nicht Möglich bzw. Summenmessung | nicht bekannt          | max. 8 Stück  |
| Installationsaufwand hoch, Elektrofachkraft | gering, keine Elektrofachkraft   | hoch, Elektrofachkraft |               |
| Langzeitmessung                             | nur mit hohem Aufwand möglich    | möglich                | möglich       |
| Datensicherheit                             | gut                              | sehr gut               | gut           |
| Auswertbarkeit                              | befriedigend                     | sehr gut               | sehr gut      |
| sofortige Kontrolle der Messung             | möglich                          | nicht möglich          | nicht möglich |
| Beschaffungskosten                          | 7000-10000 DM                    | nicht bekannt          | ca 13000 DM   |

## 2.4 Funktions- und Modellbildung

Für die Berechnung der Energiewerte müssen Modelle erstellt werden, in denen die wichtigsten Parameter für die Berechnung der verschiedenen Positionen als variable Einflußgrößen angegeben sind. Eine Verknüpfung mehrerer Modelle kann im Einzelfall zu einem überproportionalen Anwachsen der Einflußgrößenliste führen. Daher muß das Bemühen des "Modellbauers" darin liegen, die notwendige Anzahl der Einflußgrößen so gering wie möglich zu halten um eine Anwendung der Modelle in vertretbarem zeitlichem Aufwand durchzuführen. Da nun diese mehrmalige Aggregation, wie bei NACKE 1983 (24) ausführlich beschrieben, in den Modellen zur Energiedatenermittlung nicht zweckmäßig ist, kann auf höhere Aggregationsstufen ohne Informationseinbuße verzichtet werden.

### 2.4.1 Funktionserstellung

Die gefundenen Beziehungen zwischen der Leistungsaufnahme eines Elektroenergieverbrauchers und den entsprechenden, je nach Einsatzgebiet und Produktionsverfahren unterschiedlichen, Bezugsgrößen lassen sich am vorteilhaftesten in einer funktionellen Darstellungsform wiedergeben. Die wesentlichen Vorteile der mathematischen Funktionen sind, in Abänderung nach WENDL 1983 (82), daß

- jede betriebsspezifische Änderung erfaßt werden kann
- die Darstellung der Abhängigkeit zwischen Leistungsaufnahme, Stromverbrauch und den betriebsspezifischen Produktionsdaten erfolgt
- die Leistungsaufnahme nicht nur einen tabellarischen, diskreten Wert aufweist, sondern über einen größeren Wertebereich angegeben werden kann.

Im allgemeinen besteht eine funktionelle Abhängigkeit des Energiebedarfes als Zielgröße von verschiedenen Einflußgrößen, die im Rahmen der Modellerstellung als mathematischer Ausdruck darstellbar sind. In der üblichen Form einer Funktion gilt für die Einflußgrößen  $x_1$  bis  $x_n$ :

$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ , wobei  $y$  = Zielgröße und  $x_1 \dots x_n$  = Einflußgrößen sind.

Da eine lineare Beziehung zwischen den Einflußgrößen besteht, ergibt sich die Funktionsgleichung

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2$$

mit  $a$  = absolutes Glied (Achsenabschnitt)

$b_1, b_2$  = Regressionskoeffizienten

$x_1, x_2$  = variable Einflußgrößen

Für den elektrischen Leistungsbedarf sind zunächst zwei Fragestellungen von Bedeutung. Die erste Frage lautet, wie hoch die notwendige zu installierende Nennleistung bei vorgegebenen und erforderlichen Verfahrensleistungen liegen muß. Die zweite interessante Fragestellung ist die erreichbare Verfahrensleistung, falls ein Elektromotor mit bekannter Leistungsaufnahme für ein bestimmtes Produktionsverfahren eingesetzt werden soll. Somit kann die allgemein gültige Funktion spezifiziert werden in

Nennleistung (kW) = f (verfahrenstechnische Parameter u. Arbeitsleistung)

und

Arbeitsleistung = f ( Leistungsaufnahme, gerätetechnische Kenngrößen )

Die Nennleistung sagt jedoch oft nur wenig über den Elektroenergiebedarf (kWh) aus; denn erstens ist sie nur eine stufenweise veränderbare Größe, je nach Größenangebot der Elektromotorenhersteller, und zweitens wird vom Gerät trotz vorgegebener Nennleistung in der Regel ein niedrigerer, meist ein schwankender und teils ein höherer Energiebedarf verlangt. Daher muß außer den Größen Nennleistung und Arbeitsleistung auch für den Energiebedarf (kWh) eine Funktion ermittelt werden werden:

Energiebedarf (kWh) = f (mittlere aufgenommene Leistung, Arbeitsleistung)

Diese Energiefunktionen stellen dem Modell über die Einflußgrößen additive oder subtraktive Anteile zur Erzielung des Gesamtergebnisses zur Verfügung. Aus der Gesamtheit der Einflußgrößen werden diejenigen in das Gleichungssystem aufgenommen, die nach einer multiplen Regression hauptsächlich auf die Zielgröße

einwirken. Die Meßgröße hierfür ist der t-Wert, der größer oder gleich dem Wert 2 sein muß, damit der Regressionskoeffizient  $b$  eindeutig von dem Wert Null bei  $p=5\%$  verschieden ist. Mit dieser Methode eliminieren sich die unwichtigen Größen selbst.

Problematisch bei der Erstellung der Funktionen ist, daß oft verschiedenartige Einflußgrößen auf dieselbe Zielgröße in unterschiedlichen Veröffentlichungen berücksichtigt wurden. Dadurch ist es oft nicht möglich, Untersuchungen verschiedener Autoren oder Institutionen zum gleichen Gerät bzw. Arbeitsvorgang gemeinsam auszuwerten und in einer Funktion zu aggregieren. Ein weiteres Problem liegt darin, daß sowohl Prüfstandmessungen als auch Praxismessungen zur Erstellung der Funktionen dienen sollen. Während

- bei Prüfstandmessungen alle wichtigen Messgrößen erfaßt und klar definierte Bedingungen eingehalten werden können
- sind in Praxismessungen die Rahmenbedingungen sehr großen Schwankungen unterworfen und außerdem können oftmals nicht alle Einflußgrößen gemessen werden.

Exakte wissenschaftliche Aussagen über die Leistungsparameter eines Elektrogerätes kann also nur die Prüfstandmessung erbringen. Zur Erstellung von Elektroenergiebedarfsgleichungen können jedoch, ähnlich wie bei der Arbeitszeitkalkulation, Praxismessungen die Grundlage bilden falls alle entscheidenden Einflußfaktoren erfaßt, eine ausreichende Variation der Einflußgrößen erreicht und eine entsprechende Anzahl Messungen durchgeführt wurden.

#### 2.4.2 Modellbildung

Kalkulationssysteme mit Modellen dienen der Berechnung definierter Fragestellungen. So bieten die Modelle durch gezielte Änderungen der Einflußgrößen eine Vielseitigkeit, die jedes auftretende Problem bearbeiten kann. Schon bei AUERNHAMMER 1975 (5) und ZÄH 1981 (89) wird auf die notwendige Universalität hingewiesen und gleichzeitig für den Bereich der Arbeitswirtschaft dokumen-

tiert. So muß ein Modell genügend komplex sein, um den Sachverhalt relativ genau zu erfassen, andererseits genügend vereinfacht sein, um es konstruieren und durchspielen zu können (Zitat nach HARVARD). Daher soll bei der Arbeit mit Modellen nicht nur die Zweckmäßigkeit, sondern auch die Grenzen der Modelle erkannt werden. Um nun die Beantwortung einer bestimmten Frage richtig einzuschätzen, ist es entscheidend die Annahmen zu beachten, die der Konstrukteur dem Modell zugrunde gelegt hat; denn diese Annahmen, die letzten Endes die Ergebnisse bestimmen, werden öfters übersehen. Daraus ergeben sich für die Erstellung von Modellen drei Richtlinien:

1. Die Exklusion: Es wird angenommen, daß der Einfluß aller nicht im Modell berücksichtigten Faktoren auf die Schlußfolgerungen vernachlässigbar gering ist.
2. Die Aggregierung: Daten verschiedener Teilprozesse werden kombiniert oder aggregiert, als handle es sich lediglich um einen Prozeß (Simplifizierung).
3. Der Datenbereich: Die für Prognosezwecke in eine mathematische Gleichung eingesetzten Daten werden anhand von Beobachtungen berechnet, die innerhalb eines früheren Erfahrungszeitraumes erhoben wurden.

Für den Modellanwender besteht jedoch das Problem darin, daß die "wissenschaftliche Aura", die einzelne Modelle umgibt, alle, die die Ergebnisse für praktische Entscheidungen nutzen wollen, zu überhöhten Erwartungen verleitet. Doch selbst wenn die Prognosen eines Modells sehr ungenau sein mögen, können sie dennoch dazu dienen eine Informationsbasis zu bilden und einen Punkt für Entscheidungen zu bieten.

### 3. Datenbasen und deren Auswertung

Um das vorhandene Datenmaterial zu vervollständigen, besteht die Möglichkeit des Datenaustausches mit Organisationen und Behörden, die ähnliche Fragestellungen bearbeiten. Liegt eine gute Dokumentation über Datenerfassung, Datenaufbereitung und Datenauswertung vor, so ist die Datenübernahme problemlos möglich. Schwierigkeiten treten auf, wenn

- keine technischen Angaben über den Versuchsaufbau erfolgen
- keine Informationen über die Randbedingungen wiedergegeben werden
- die getroffenen Rückschlüsse nicht nachvollziehbar sind.

#### 3.1 Datenbasen im europäischen Raum

Die aus Europa verwendeten Daten stammen vom Institut für Mechanisierung, Arbeit und Gebäude (IMAG) in Holland, der eidgenössischen Forschungsanstalt Tänikon, Schweiz und aus Wieselburg in Österreich. Hinzu kommen noch Meßergebnisse aus Belgien und deutsche Untersuchungsergebnisse (Prüfberichte der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG), Messungen der Arbeitsgemeinschaft Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft (AEL) u.a.m.). Bei allen erwähnten "Datenbanken" handelt es sich im engeren Sinne um die erstellten Berichte von Prüfversuchen der einzelnen Institutionen. Die Ausnahme davon bildet PETIT 1978 (57), der seine Ergebnisse in Praxisbetrieben gewann und mit mathematischen Funktionen ver- bzw. errechnete. Die Ergebnisse der IMAG sind mit den Prüfberichten der DLG gleichzusetzen, d.h. der Aufbau und die technische Gewinnung der Prüfwerte eines Elektroenergieverbrauchers werden auf fast die gleiche Art und Weise gewonnen. Somit ist auch das Schema dieser Prüfberichte festgelegt (Tab. 2).

Tabelle 2: Schema der Prüfberichte

|   |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Kurzbeschreibung des Meßobjektes</li><li>2. Beschreibung und technische Daten (gemessene Werte)</li><li>3. Prüfungsergebnisse und Einzelbeurteilungen</li><li>4. Zusammenfassung der Prüfung</li></ol> |
|---|

Um das angesprochene Datenmaterial der Auswertung zuführen zu können, mußten die gesammelten Daten auf einen EDV-gerechten Datenträger eingegeben werden. Die Dateneingabe ermöglichte und erleichterte das Programm UPDATE (97), das die notwendigen Einflußgrößen in ihrer Reihenfolge abfragt und zeilenweise ablegt. Die mit dieser Methode abgespeicherten Werte konnten in einem weiteren Arbeitsgang, der Auswertung mit Hilfe der multiplen Regression, zur Erstellung von Ziel- und Einflußgrößen herangezogen werden.

### 3.2 Daten Elektroenergieerhebung 1978

Die mit Hilfe der Erhebung erfaßten Betriebsdaten lassen einige allgemeingültige Aussagen über die Elektroenergieanwendung in den verschiedenen Betriebstypen und Betriebsgrößen zu und erfüllen damit einen alten Wunsch, den Zipfel (89) schon 1949 formulierte, als er schrieb: "Sehr aufschlußreich wäre eine Untersuchung über Stromverbrauchszahlen der einzelnen Betriebsgrößen." Gezielte Aussagen können weiterhin über die Summe der Nennleistungen, die Anzahl der elektrischen Geräte und Maschinen, deren Nennleistungen und den Gesamtstromverbrauch getroffen werden. Allerdings muß, wie bei den meisten ähnlichen Daten, dabei berücksichtigt werden, daß der Gesamtstromverbrauch nicht in den Verbrauch der landwirtschaftlichen Produktion und den Haushaltsbedarf untergliedert ist.

Die Aufteilung der Betriebe nach Betriebstypen läßt produktionsspezifische Aussagen zu. So liegt die Summe der Nennleistung aller sich im Betrieb und im Haushalt befindenden Elektrogeräte in Veredlungsbetrieben in allen Betriebsgrößenklassen über der anderer Betriebstypen (Abb. 7).



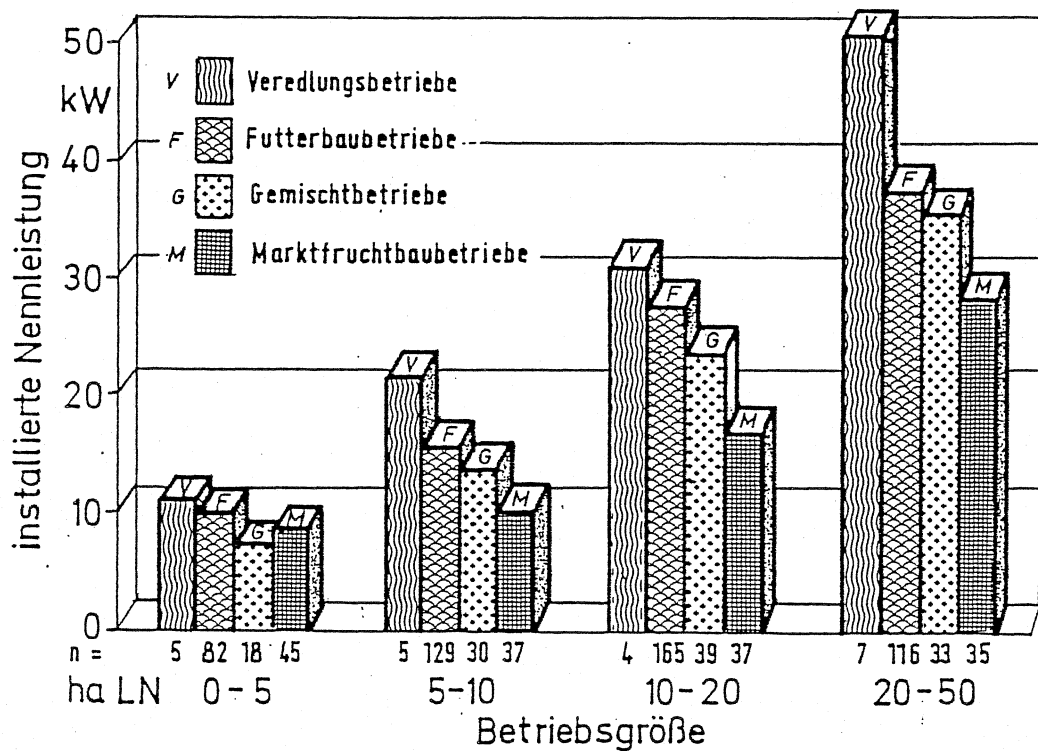


Abbildung 7: Installierte Nennleistung in Abhängigkeit von Betriebstyp und der Betriebsgröße

In Marktfruchtbetrieben ist dagegen die installierte Nennleistung mit Ausnahme der Betriebsgrößenklasse bis 5 ha am niedrigsten. Dazwischen befinden sich Futterbau- und Gemischtbetriebe. Mit Zunahme der Betriebsgröße ist in allen Betriebstypen eine Erhöhung der installierten Nennleistung von knapp 10 kW in der kleinsten Klasse auf über 25 kW bei den Betrieben mit einer landwirtschaftlichen Nutzfläche zwischen 20-50 ha nachweisbar.

Ein differenziertes Bild des Stromverbrauchs für den Gesamtbetrieb einschließlich Haushalt läßt die Aufsplitterung der Betriebstypen in vier Betriebsgrößenklassen zu. Einheitlich ist in jeder Klasse der größte Stromverbrauch bei den Veredlungsbetrieben. In den flächenmäßig kleineren Be-

etrieben bis 10 ha folgen dann die Marktfrucht-, die Futterbau- und die Gemischtbetriebe. Andere Reihenfolgen treten in den beiden Klassen mit größeren Betriebsflächen auf (Abbildung 8).

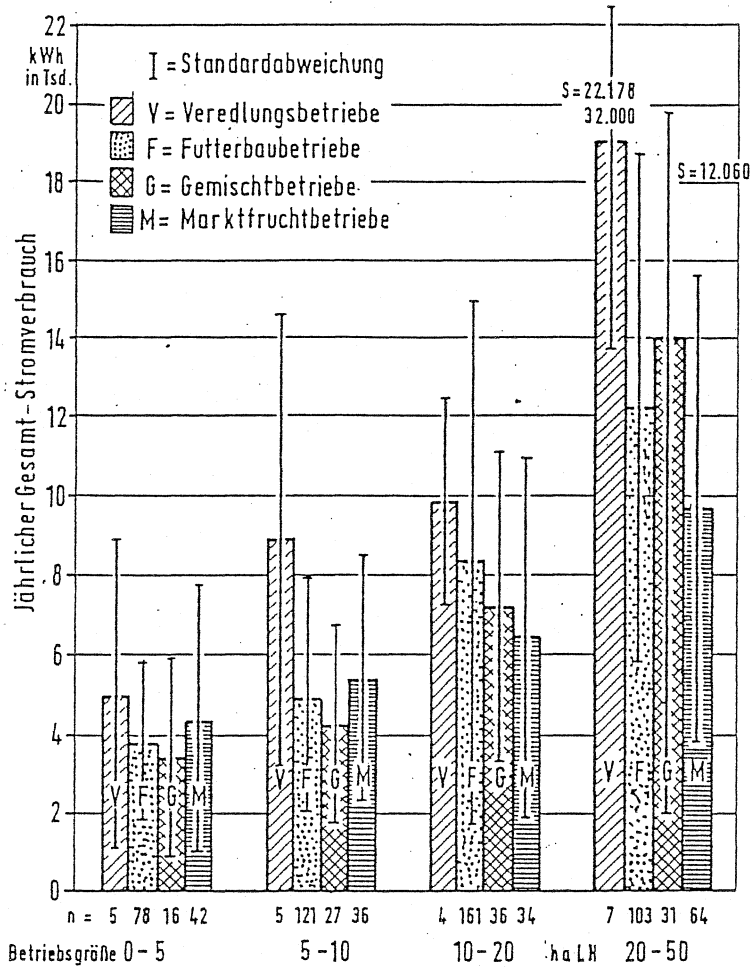


Abbildung 8: Jährlicher Gesamtstromverbrauch unterschiedlicher Betriebsgrößen und Betriebstypen

Die angegebenen Standardabweichungen geben schon auf den ersten Blick die bemerkenswerten "Größenordnungen" des Stromverbrauchs an, die durch die installierte Nennleistung nicht zu erklären sind. Auf der Abbildung (8) ist ein individueller, nicht kalkulierbarer Einfluß auf den Stromverbrauch zu spüren. Hinweise darauf gibt auch die "ungleiche" Verteilung des betrieblichen Stromverbrauchs. So ist keine bestimmte einheitliche Reihenfolge der Betriebstypen festzustellen. Auch die abweichende Anzahl der Betriebe (=n) scheidet als Begründung aus. Die Folgerungen für den Elektroenergieverbrauch im landwirtschaftlichen Betrieb einschließlich Haushalt sind:

1. Primäre Einflüsse auf den spezifischen Stromverbrauch je Hektar sind durch das Datenmaterial nicht abzusichern.
2. Der persönliche Einfluß auf den Stromverbrauch spielt eine wichtige Rolle.
3. Der Energieverbrauch in Landwirtschaft, Haushalt, und die Nebentätigkeiten ist nicht zu differenzieren.

### 3.2.1 Stromverbrauch in bayerischen Betrieben

Die Erfassung des Stromverbrauchs, dessen Kosten das Betriebsergebnis beeinflussen, ermöglicht es, Bezüge zwischen der landwirtschaftlichen Produktion und dem Elektroenergieverbrauch herzustellen. Mit dem spezifischen Stromverbrauch bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche oder den Tierbesatz kann die Vorzüglichkeit des Energieeinsatzes innerhalb eines Betriebstyps, Ackerbaubetriebe oder Tierhaltungsbetriebe, bestimmt werden.

Ein Überblick über die Betriebe bis zu 30 ha - in diesen Bereich fallen 690 (= 85,6 %) der 806 Betriebe - zeigt die teilweise erheblichen Unterschiede beim Stromverbrauch (Abb. 9).

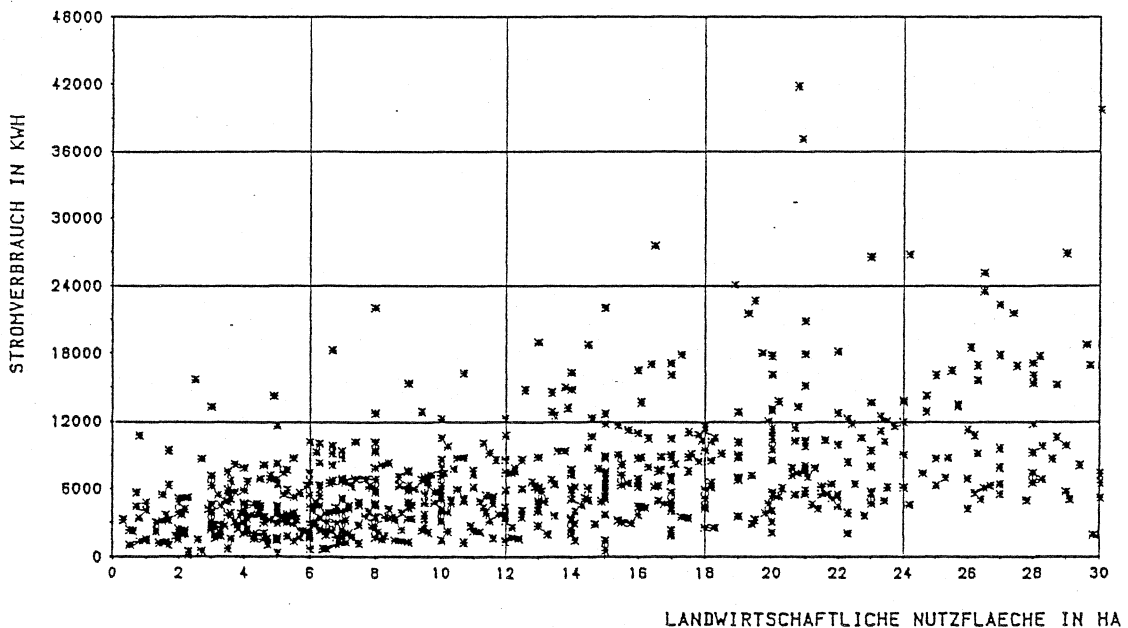


Abbildung 9: Abhängigkeit des jährlichen Stromverbrauchs von der landwirtschaftlichen Nutzfläche (nur Betriebe bis 30 ha)

Exemplarisch sollen zwei Betriebe mit einer landwirtschaftlichen Nutzfläche zwischen 16 und 17 ha betrachtet werden. Ein Betrieb verbraucht jährlich 2 500 kWh, der andere 27 000 kWh, also um den Faktor 10 mehr. Die Erklärung für den großen Schwankungsbereich ergibt sich aus der an dieser Stelle noch nicht durchgeführten Differenzierung in Betriebstyp, Bestandesgröße und der Anzahl der Elektrogeräte. Aus der Abbildung 10 ist weiterhin ersichtlich, daß die meisten Betriebe (86,1 %) bis zu 12 000 kWh im Jahr verbrauchen und Extremwerte sowohl im oberen als auch im unteren Bereich vorliegen.

Die nächsten Auswertungsschritte dienen der Ermittlung des Stromverbrauchs in Abhängigkeit von der Betriebsgröße und den vorhandenen Großvieheinheiten. Der spezifische Stromverbrauch der bayerischen Betriebe liegt nach Angabe des BMWi im Mittel bei 323 kWh/ha (ohne Haushaltsstromverbrauch). Die Analyse der Erhebungsdaten ergibt für die befragten Betriebe einen durchschnittlichen Stromverbrauch von 357 kWh/ha. In beiden Fällen ist ein der Abzug von 2700 kWh pro Jahr für den Haushaltsstromverbrauch berücksichtigt. Dieser Wert von 2700 kWh/a wurde vom BMWi 1977 als Mittelwert für alle bayrischen Haushalte angegeben, sodaß hier unterstellt wird, daß städtische wie landwirtschaftliche Privathaushalte den gleichen Stromverbrauch aufweisen.

In den einzelnen Betriebsgrößenklassen ist ein besonders hoher Stromverbrauch in Betrieben bis zu 5 ha LN zu verzeichnen. Ab 5 ha LN liegen die Verbrauchswerte zwischen 300 und 400 kWh/ha und Jahr (Abb. 10).

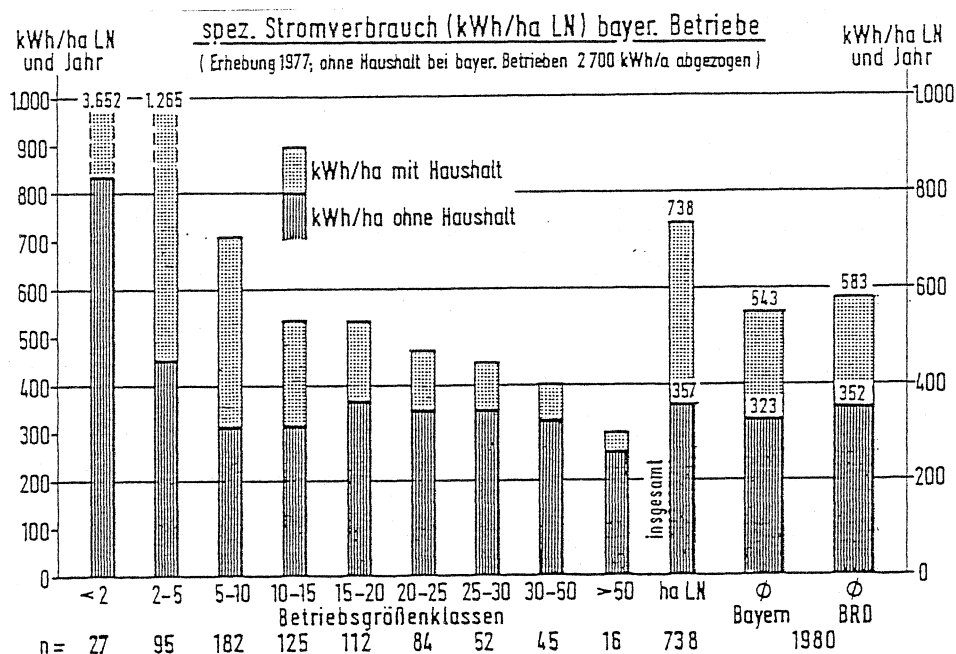


Abbildung 10: Spezifischer Stromverbrauch ( kWh/ha LF ) bayerischer Betriebe (Erhebung 1978; für den Haushaltsstromverbrauch 2700kWh/a abgezogen)

Die Untersuchung des Stromverbrauchs von Betrieben mit Tierhaltung verdeutlicht die kontinuierliche Zunahme des Stromverbrauchs bei größer werdenden Bestandszahlen (Abb.11). Die Differenzierung der Betriebe nach Großvieheinheiten in fünfer bzw. zehner Schritten läßt den anfänglichen Wert von ungefähr 1500 kWh pro Betrieb ohne den Verbrauch im Haushalt auf gute 20 000 kWh pro Betrieb steigen. Der errechnete Mittelwert beträgt 5240 kWh.

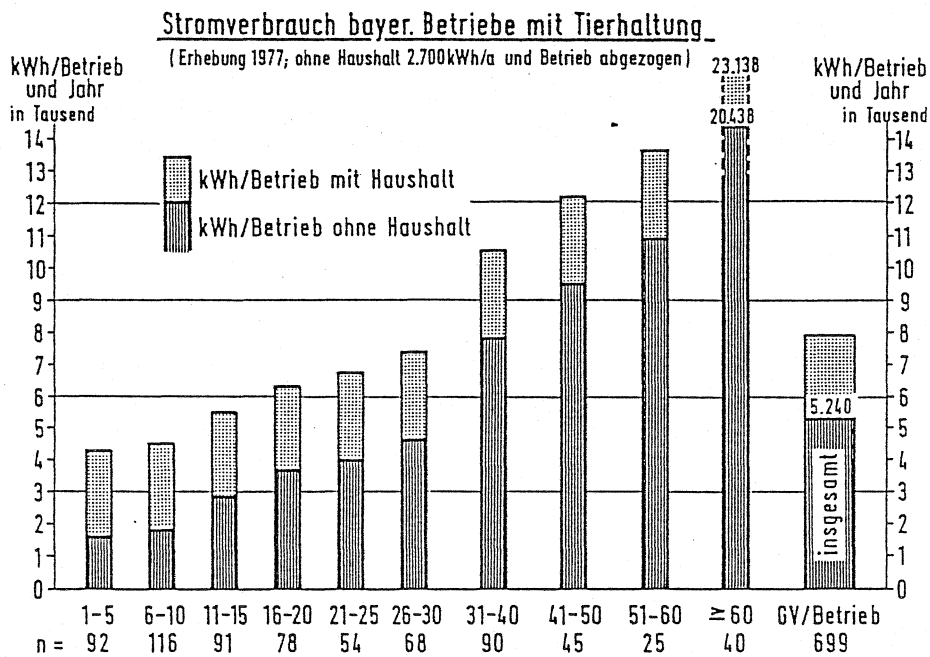


Abbildung 11: Stromverbrauch bayerischer Betriebe mit Tierhaltung

Die bisherigen absoluten Werte lassen noch keine Interpretation über die Energieextensivität oder -intensivität einer einzelnen Betriebsgrößenklasse zu. Daher gilt es, den Stromverbrauch je Großvieheinheit zu berechnen. Der spezifische Stromverbrauch nimmt bei den kleinen Bestandesgrößen relativ schnell ab, um daran anschließend ein mehr oder weniger gleichmäßiges Niveau, das bei ca.

200 kWh/GV liegt, zu erreichen (Abb. 12). Die nach Unterlagen des BMWi berechneten Mittelwerte für Bayern und das Bundesgebiet liegen ebenfalls in dieser Größenordnung, ein Hinweis darauf, daß die Ergebnisse der Erhebung den tatsächlichen Bedingungen entsprechen. Allerdings ist eine leichte Niveauanhebung ab der Bestandesgröße 31-40 GV zu bemerken, die durch eine stärkere Mechanisierung in größeren Tierbeständen hervorgerufen wird.

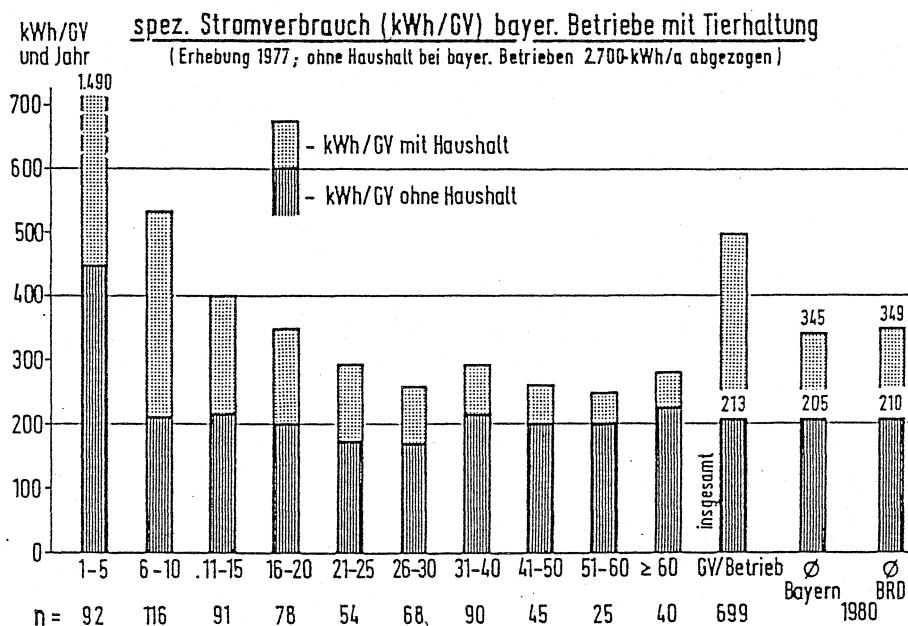


Abbildung 12: Spezifischer Stromverbrauch (kWh/GV) bayerischer Betriebe mit Tierhaltung

Die Analyse der 440 befragten bayerischen Futterbaubetriebe mit Kuhhaltung sollte die Frage klären, inwieweit ein enger Bezug des Stromverbrauches zur Milchviehhaltung besteht (Abb.13). Der jährliche Stromverbrauch in kWh je Betrieb steigt mit Zunahme der Milchviehhaltung. In den Bestandesgrößenklassen

liegt der spezifische Stromverbrauch bei etwa 300 bis gut 400 kWh je Kuh (Ausnahmen davon sind Kleinstbestände von 1 bis 3 bzw. 4 bis 9 Kühen). Das Mittel aller ausgewerteten Futterbaubetriebe mit Milchviehhaltung weist einen spezifischen Verbrauchswert ohne Berücksichtigung der Privathaushalte von 360 kWh je Kuh und Jahr auf, wobei die kleinen Kuhbestände nicht mitgerechnet wurden. Dieser Mittelwert von 360 kWh/Kuh und Jahr entspricht den umfangreich kalkulierten Daten für durchschnittliche Maschinenausstattung beim Anbindestall mit ca. 380 kWh/Kuh\*a und Laufstall mit ca. 370 kWh/Kuh\*Jahr (WENNER 86).

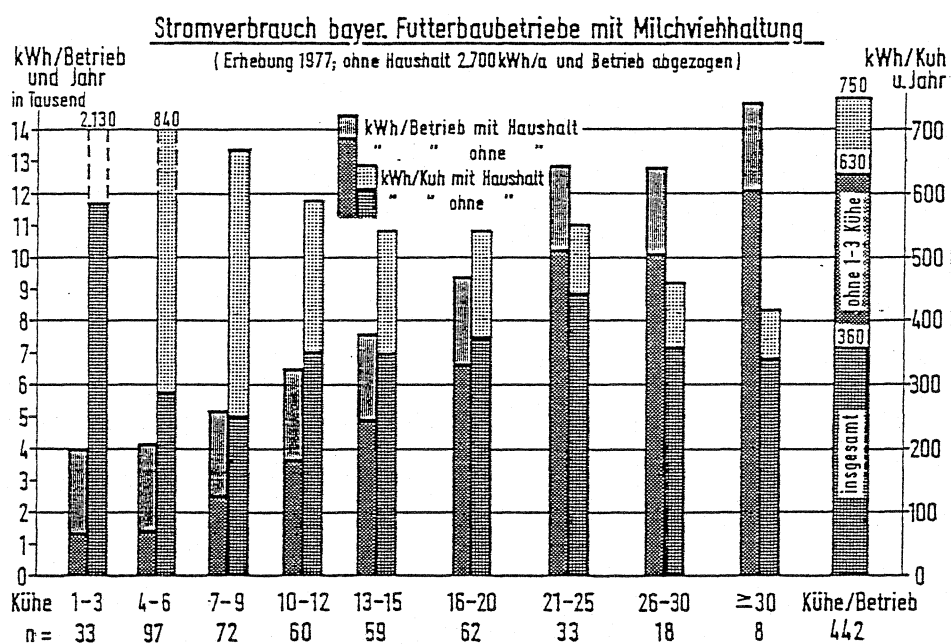


Abbildung 13: Stromverbrauch bayerischer Futterbaubetriebe mit Milchviehhaltung

### 3.2.2 Geräteausstattung der Betriebe

Folgendes Ergebnis lieferte die Auswertung der Befragung nach auf den landwirtschaftlichen Betrieben vorhandenen Elektroenergieverbrauchern. Im einzelnen wurde gezielt nach dem Vorhandensein von über 60 verschiedenen Elektrogeräten gefragt. In Tabelle 3 ist dargestellt, in welchem Prozentsatz der Betriebe ein bestimmtes Gerät eingesetzt ist.

Tabelle 3: Einsatzanteil der wichtigsten Geräte (nach AUERNHAMMER u. HEINS (6))

| Geräte                      | in % aller Betriebe |
|-----------------------------|---------------------|
| Vakuumpumpe (Melkmaschine)  | 68                  |
| Körnergebläse               | 59                  |
| Abladegebläse               | 57                  |
| Hammermühle                 | 43                  |
| Jauchepumpe                 | 40                  |
| Mahl- und/oder Mischanlagen | 26                  |

Bei einigen dieser Geräte - Vakuumpumpe, Körnergebläse, Abladegebläse - wurde der Versuch unternommen plausible Abhängigkeiten auszuwerten.

So konnten für Vakuumpumpen bei Eimer- bzw. Rohrmelkanlagen eine Analyse zwischen der Anzahl der Milchkühe und der angegebenen Motornennleistung durchgeführt werden. In kleinen Milchkuhbeständen ( 4 - 10 Kühe ) sind Vakuumpumpen von 0,2 - 2,0 kW vorhanden und umgekehrt betrachtet, kann eine Vakuumpumpe mit 0,8 kW eine Eimermelkanlage sowohl bei 4 Kühen als auch bei 28 Kühen antreiben.



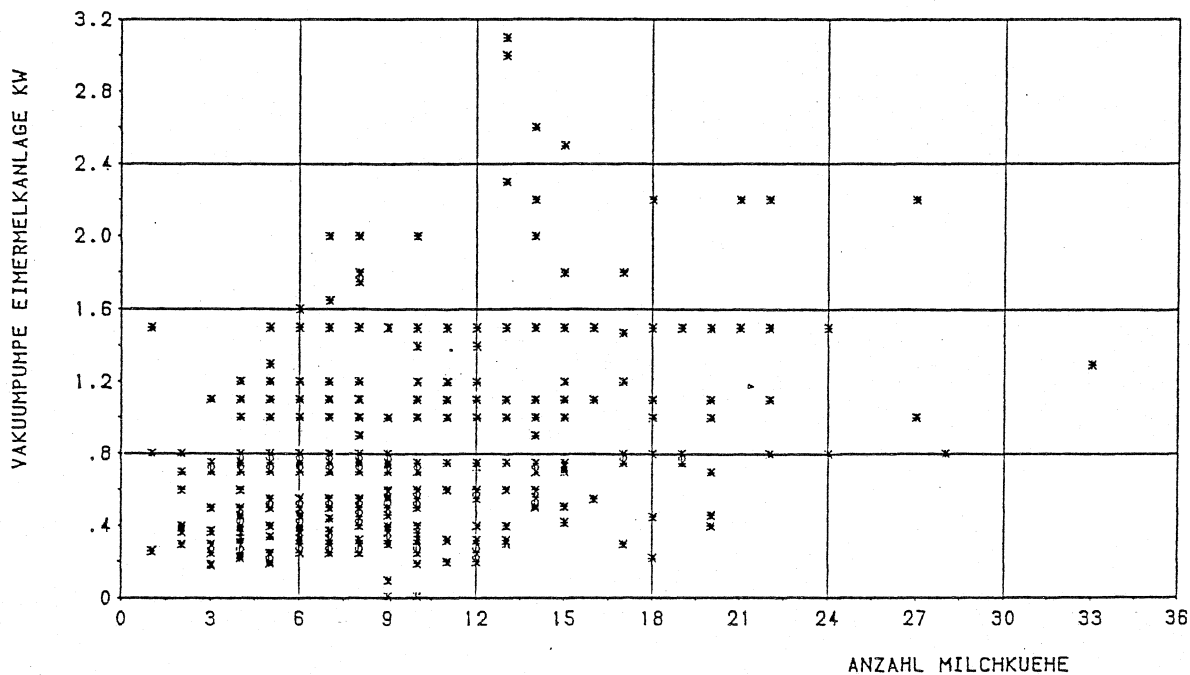


Abbildung 14: Einfluß der Anzahl Milchkühe auf die Nennleistung der Vakuumpumpe einer Eimermelkanlage

Ein ähnliches Ergebnis liegt auch für Rohrmelkanlagen vor. Eine weitere Untersuchung galt der Findung einer Bestätigung der Abhängigkeit der Nennleistung eines Fördergebläses vom maximalen Förderweg. Diesbezüglich konnte keine befriedigende Aussage ermittelt werden, allerdings läßt sich sagen, daß die verwendeten Körnergebläse größtenteils Nennleistungen zwischen 2 - 6 kW und Förderwege von 4 - 20 m aufweisen (Abb. 14).

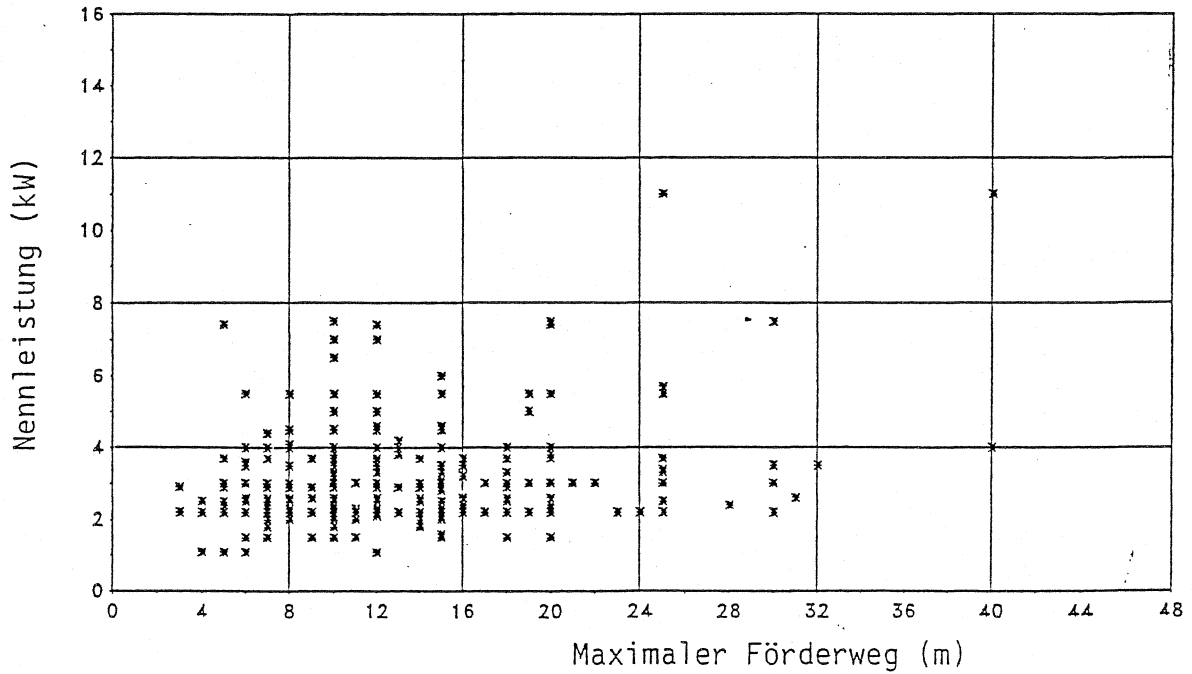


Abbildung 15: Einfluß der maximalen Förderlänge auf die Nennleistung eines Körnergebläses

Abladegebläse, die mit verschiedenen Förderrohrdurchmessern bestückt sind, werden in der landwirtschaftlichen Praxis mit Nennleistungen von 4 - 20 kW betrieben. Der Nachweis einer mathematischen Abhängigkeit kann aus dem vorliegenden Datenmaterial nicht erbracht werden (Abb. 15 / Abb. 16).

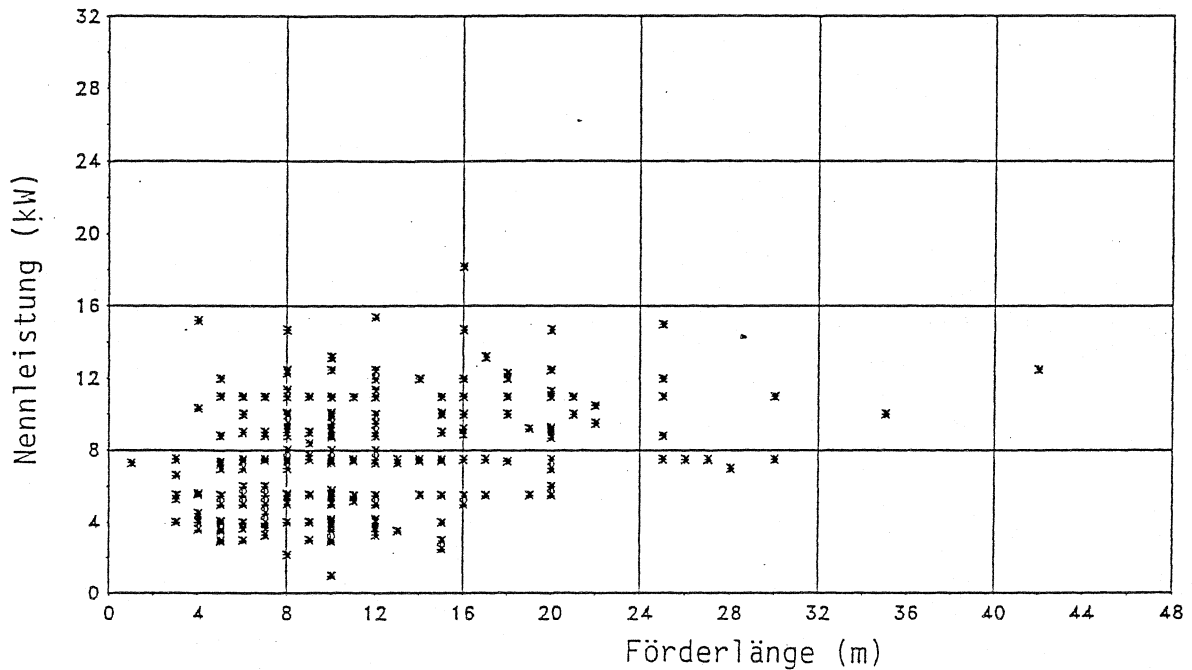


Abbildung 16: Abhängigkeit der Nennleistung eines Abladegebläses von der Förderweite

Folgende wichtige Aussagen können aber aufgrund der drei ausgewählten Elektrogeräte getroffen werden. So ist festzustellen, daß Erhebungsdaten aus der Praxis

- große Schwankungsbereiche
- viele Extremwerte
- logische Schwachstellen

aufweisen. Trotz dieser leicht negativen Tendenz überwiegt der positive Aspekt. Die Fülle der Daten ermöglicht - für die spätere Kalkulation - einen Anhalts-

wert zur Überprüfung der Kalkulationsergebnisse bzgl. der zu installierenden Nennleistung.

Ein sehr auffälliges Ergebnis der Erhebung ist die große Anzahl von auf den Betrieben vorhandenen Elektrogeräten zur handwerklichen Selbsthilfe. Die Summe ihrer Anschlußwerte macht im Mittel der Betriebe rund 25 % des Gesamtanschlußwertes aus. Es folgen Heueinlagerung (18 %), der Komplex Mahlen und Mischen (15 %) und die Siloeinlagerung (12 %). Ziemlich gleichauf - mit ca. 7 % folgen die Getreideförderung, die Entmischung und der Bereich Milch entzug. Der Bereich "handwerkliche Selbsthilfe" wurde in fast allen bisherigen Betrachtungen im Vergleich zu dieser Erhebung weit unterschätzt.

Tabelle 4: Betriebe mit Geräten zur handwerklichen Selbsthilfe

| Geräte               | Betriebe     |              | Nennleistung       |                          |
|----------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------------|
|                      | absolut<br>n | relativ<br>% | Durchschnitt<br>kW | Standardabweichung<br>kW |
| Bohrmaschine         | 563          | 69,9         | 0,48               | 0,19                     |
| Betonmischer         | 472          | 58,9         | 0,86               | 0,53                     |
| Winkelschleifer      | 426          | 52,9         | 1,26               | 0,47                     |
| Kreissäge            | 289          | 35,9         | 3,44               | 1,52                     |
| elektr. Schweißgerät | 289          | 35,9         | 4,67               | 2,48                     |
| Kompressor           | 190          | 23,6         | 1,35               | 0,81                     |

Weitere Abhängigkeiten konnten durch die Auswertung der Erhebungsdaten nicht festgestellt werden, da im Rahmen dieser Erhebung viele Einflußgrößen zu ungenau bzw. überhaupt nicht erfaßt wurden. So war es nicht möglich eine Interdependenz bei Förderorganen von Fördermenge, Förderweite und der elektrischen Nennleistung zu erhalten. Derartige Aussagen können nur durch Messungen am Prüfobjekt eindeutig getroffen werden. Daher wurden auf einem landwirtschaftlichen Betrieb einige Geräte hinsichtlich ihres Energieverbrauches untersucht.

### 3.3 Analyse einer Langzeitmessung im Betrieb

Das in Kapitel 2 beschriebene "STADA"- System wurde 1984/85 auf dem Betrieb DENGL in Zengermoos bei Freising zur längerfristigen Datenerfassung eingesetzt. Mit Hilfe dieser Versuchsmethode sollten Antworten auf mehrere Fragestellungen gefunden werden. Im einzelnen waren dies:

1. Wie hoch ist die Leistungsaufnahme der erfaßten Geräte?
2. Zu welcher Tageszeit werden die Geräte in Betrieb genommen?
3. Lassen sich Bezüge zwischen Leistungsaufnahme, Energieverbrauch und Produktionsparametern herleiten?
4. Welche Zuverlässigkeit besitzt das Meßsystem?

Zur Charakterisierung des Betriebes sollen einige Daten dienen:

- Anbindestall mit 30 schwarzbunten Milchkühen plus Nachzucht
- Milchleistung 4700 kg/Kuh und Jahr
- deckenlastige Lagerung von Heu und Stroh
- Hallengreifer zur Heu- bzw. Strohvorlage und zur Silageeinlagerung
- Obenentnahmefräse und handgeschobener Futterkarren zur Silagevorlage

#### 3.3.1 Auswertung der Einzelgeräte

Differenzierte Aussagen zu Leistungsaufnahme und Energieverbrauch einzelner Elektrogeräte konnten nach einer detaillierte Auswertung der Meßdaten gemacht werden, deren tägliche Anzahl bei 96 Werten je Gerät lag (4 Werte je Stunde mal 24 Stunden).

##### 3.3.1.1 Der Hallengreifer mit Teleskoparm

Der Hallengreifer mit Teleskoparm und Bedienungskabine dient auf dem Betrieb DENGL der Heueinlagerung, der Heuentnahme, der Silageeinlagerung und teilweise der Silageentnahme. Das Heu, welches deckenlastig lagert, wird mit dem Ladewagen bis auf die befahrbare Stalldecke transportiert, dort abgeladen und mit dem

Hallengreifer auf der Stalldecke verteilt. Die Summe der Nennleistungen - der Greifer ist mit 4 Elektromotoren bestückt ergibt 5,5 kW. Dieser theoretische Höchstwert tritt allerdings als Leistungsbedarf nur selten auf, da eine Verriegelung der Motore durch die Verwendung von drei Kreuzschaltern erfolgt und somit normalerweise nur zwei Motoren gleichzeitig in Betrieb genommen werden können. Diese Sicherung vermeidet das Vorkommen von manuell erzeugten Leistungsspitzen, die nur in Situationen mit Losreißkräfte vorkommen.

Messungen der Leistungsaufnahme, des Energieverbrauchs und produktionstechnischer Parameter erfolgten bei der Heu- bzw. Maissilageeinlagerung. In beiden Fällen wurde die eingelagerte Masse durch Wiegen mit zwei oder drei Überfahrwaagen festgehalten. Die lose Heumenge betrug 245 dt mit einem TS-Gehalt von durchschnittlich 86,8 %. Um die Heumenge einzulagern, verbrauchte der Hallengreifer 10,5 kWh. Aus diesen Werten kann der spezifische Verbrauchswert berechnet werden, der mit 0,043 kWh/dt günstig im Vergleich zur pneumatischen Förderung ist. Zu vermeidende Leistungsspitzen, bis zu 6 kW, rief das ruckartige Anziehen der gefüllten Greiferzange hervor. Zusätzlich zu der losen Heumenge wurden auch 355 Hochdruckballen von durchschnittlich je 16,3 kg mit dem Greifer eingelagert. Der spezifische Energieverbrauch war mit 0,029 kWh/dt nochmals niedriger. Die Erklärung dafür ist, daß die Heuballen auf einem Wagen gestapelt waren und der Greifer die Ballen bei nur geringem senkrechten Hubweg wegnahm und auf der Seite ablegte.

Auch bei der Maissilageeinlagerung erfolgte eine Wägung der eingelagerten Menge und die Aufzeichnung des Energieverbrauches. Ungefähr 2000 dt mit durchschnittlich 32,8 % TS-Gehalt wurden eingelagert und dazu 26,2 kWh benötigt. Demzufolge beträgt der spezifische Energieverbrauch 0,013 kWh/dt. Die Differenz zwischen den spezifischen Werten erklärt sich aus der Tatsache, daß der Hallengreifer für die Einlagerung in ein Hochsilo fast stationär betrieben werden konnte und die Masse je Greiferfüllung bei Maissilage höher lag. Dadurch erhöhte sich die Einlagerungsleistung in einem bestimmten Zeitintervall.

### 3.3.1.2 Die Vakuumpumpe

Die Nennleistung der Vakuumpumpe beträgt 2,2 kW. Die durchschnittliche Leistungsaufnahme lag bei 1,98 kW. Der Versuch, Abhängigkeiten zwischen Leistungsaufnahme bzw. Stromverbrauch und maschinen- bzw. produktionstechnischen Parametern herzustellen, muß leider als gescheitert bezeichnet werden. So bestimmt allein die Betriebszeit der Vakuumpumpe ihren Stromverbrauch. Die Leistungsaufnahme läßt sich statistisch abgesichert in einer zweiwöchigen Meßperiode ermitteln.

Stromverbrauch einer Vakuumpumpe (kWh) = mittlere Leistungsaufnahme (kW) \*  
\* Betriebszeit (h)

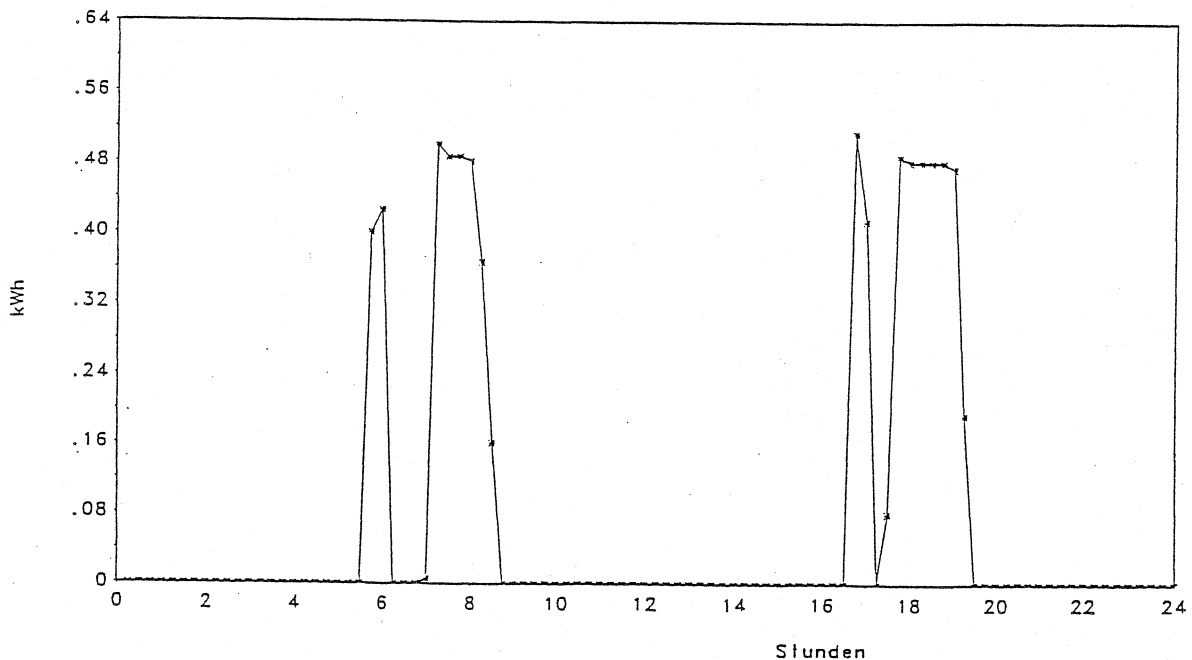


Abbildung 17: Stromverbrauch einer Vakuumpumpe in Abhängigkeit von der Betriebsdauer

Aus Abbildung 17 wird ersichtlich, daß die Vakuumpumpe zweimal täglich, jeweils zu den Melkzeiten in Betrieb ist. Die einzelnen Laufzeiten teilen sich dabei in zwei Abschnitte, die reine Melkzeit von etwa 45 Minuten und die Laufzeit während des Spülvorgangs von etwa 1 Stunde 20 Minuten.

### 3.3.1.3 Der Spülautomat

Der installierte Spülautomat enthält einen elektrischen Durchlauferhitzer mit einer Nennleistung von 15,0 kW. Hinzu kommt ein sogenannter Nachheizer mit 2,2 kW. Die Notwendigkeit für das Zusatzheizsystem ergibt sich aus der großen Länge der Rohrleitung der Melkanlage und in der starken Temperaturerhöhung des Spülwassers, das auf 70 Grad Celsius erwärmt wird. Die Vorlauftemperatur des Wassers schwankt zwischen 35 und 40 Grad Celsius. Die Vorwärmung erfolgt durch die Warmwasserbereitungsanlage des Wohngebäudes. Aus schaltungstechnischen Gründen mußte die aufgenommene Leistung vom Spülautomat gemeinsam mit der der Vakuumpumpe erfaßt werden. Die Einzelauswertungen erfolgten nach Auftrennung dieser Werte durch Subtraktion.

Die Spitzen der Leistungsaufnahme liegen bei 17,2 kW. Die Abbildung 18 zeigt den Energieverbrauch des Spülautomaten im Verlauf eines Tages. Die Meßpunkte, die jeweils die viertelstündige Summe angeben, weisen morgens um 6 Uhr und nachmittags gegen 17 Uhr ihre Spitzenwerte auf. So verbraucht der Spülautomat in den 15 Minuten von 16.45 Uhr bis 17 Uhr 3,5 kWh was einer Leistungsaufnahme von 14 kW entspricht. Während der Melkzeit sind die beiden etwas angehoben, d.h. während dieser Zeitspanne wird nur die Vakuumpumpe registriert.

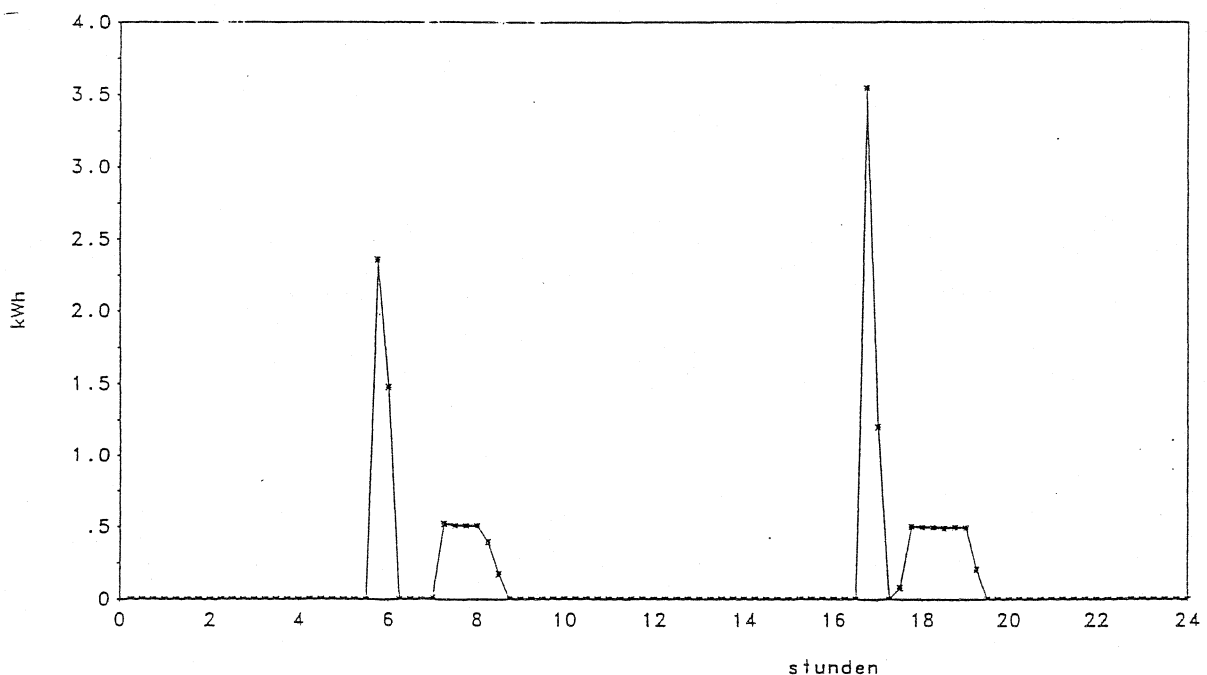


Abbildung 18: Einschaltzeitpunkt, Einsatzdauer und Stromverbrauch eines Spülautomaten



#### 3.3.1.4 Die Milchkühlung

Die Milchkühlung läßt sich in zwei zeitliche Abschnitte gliedern:

1. Der Kühlvorgang während des Melkens
2. Die Konstanthaltung der Kühltemperatur bis zur Abholung der Milch

Die höchste Leistungsaufnahme tritt logischerweise kurz nach dem Melkbeginn auf. Die Nennleistung des Kühlkompressors ist mit 3,0 kW gut bemessen. Die mittlere Leistungsaufnahme während der Kühlperiode liegt bei 2,4 kW. Als Einflußgröße auf den Stromverbrauch ist die Umgebungstemperatur nachgewiesen, da der Stromverbrauch in den kälteren Wintermonaten signifikant niedriger als bei hohen Sommertemperaturen liegt. Bedingt durch die nur sehr unwesentlich schwankenden Milchmengen der Tagesgemelke im Betrieb DENGL konnte kein Einfluß der Milchmenge die Kühlzeit und daraus folgernd auf den Stromverbrauch nachgewiesen werden.

#### 3.3.1.5 Die Stalllüftung

Drei Axialventilatoren zu je 0,18 kW Nennleistung bilden die Zwangslüftung des Kuhstalles. Die Regelung erfolgt über ein Thermostat, das in der Stallmitte befestigt ist. Die mittlere Leistungsaufnahme der Ventilatoren beträgt zusammen 0,44 kW. Die Stalllüftung ist während der Weideperiode halbtags abgeschaltet. Die Laufzeit der Ventilatoren reicht vom Melkende am Nachmittag bis zum Melkende am darauffolgenden Morgen. Die Abbildung 19 zeigt die Leistungsaufnahme und den Energieverbrauch der Stalllüftung, sowie den Ausschalt- und Einschaltzeitpunkt. Die energetischen Kenndaten werden errechnet nach

Leistungsaufnahme (kW) = Zählerumdrehungen je Viertelstunde : 150

Energieverbrauch (kWh) = Zählerumdrehungen je Viertelstunde : 150 \* 4

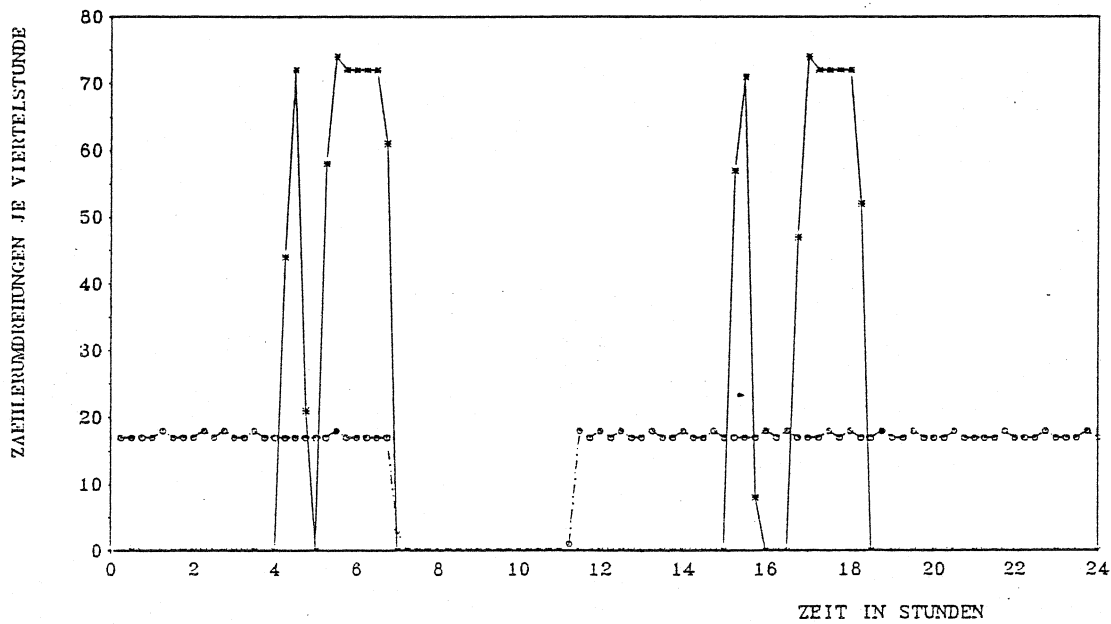


Abbildung 19: Stromverbrauch von Stalllüftung und Vakuumpumpe mit und ohne Weidegang

### 3.3.8 Gesamtbeurteilung der Langzeitmessung

Die Datenerfassung mit dem "STADA"-System auf dem Betrieb DENGL endete nach 12 Monaten. Welche Erfahrungen und Ergebnisse brachte nun der Langzeitversuch?

1. Das eingesetzte Meßsystem erledigte seine Aufgaben zur vollsten Zufriedenheit. Es konnten
  - Daten mehrerer Geräte gleichzeitig aufgezeichnet
  - der Leistungsbedarf und der Energieverbrauch ermittelt
  - Einsatzzeitpunkt und -dauer registriert werden.
2. Der Einsatz eines Hallengreifers für Heu- und Silageeinlagerung sowie

für deren Entnahme ist aus energetischer Betrachtung als sehr günstig zu beurteilen. Der höchste monatliche Stromverbrauch trat im Oktober während der Maissilageeinlagerung auf. Ebenso liegt der Juni-Wert, bedingt durch die Heueinlagerung über dem Durchschnitt. Der Jahresstromverbrauch liegt mit knapp 100 kWh unter dem geschätzten Verbrauch pneumatischer Fördergeräte. Dem steht jedoch ein erheblicher Mehraufwand an Investitionskosten für Gerät und vor allem Gebäude gegenüber.

3. Es wäre anzunehmen, daß der monatliche Stromverbrauch der Vakuumpumpe nahe zu konstant wäre. Tatsache ist jedoch, daß Schwankungen zwischen 213 und 260 kWh/Monat und Herde registriert wurden. Ursache hierfür sind unterschiedlich lange Melkzeiten. In Monaten mit hoher Arbeitsbelastung in der Außenwirtschaft war die Melkzeit kürzer und damit der Stromverbrauch der Vakuumpumpe niedriger als in der restlichen Zeit.
4. Beim Spülautomat liegt über das Jahr hinweg ein nahezu konstanter Stromverbrauch vor.
5. Die Milchkühlung weist in den Wintermonaten einen signifikant niedrigeren Stromverbrauch als in den Sommermonaten aus. Der Durchschnittswert von 206 kWh/Monat und Herde bedeutet den dritten Rang in der Reihenfolge der Stromverbraucher.
6. Die Stalllüftung verbraucht in den Monaten mit niedrigen Temperaturen signifikant weniger als bei hohen sommerlichen Temperaturen, obwohl in den Sommermonaten die Milchkühe halbtags auf der Weide stehen.
7. Die Verbrauchsdaten von Hammermühle, Stallbeleuchtung, Futterrübenschnitzler und Güllepumpe wurden aus Kostengründen mit dem Meßsystem nicht erfaßt.
8. Der spezifische Stromverbrauch je Kuh und Jahr beträgt 356 kWh; dabei sind nur die erfaßten Geräte berücksichtigt. Er liegt also im Bereich der in der Literatur aufgeführten Elektroenergiebedarfswerte für die Milchviehhaltung.

Tabelle 10: Monatlicher Stromverbrauch der einzelnen Energieverbraucher für die gesamte Herde (50 Milchkühe)

| Monat                  | Greifer<br>kWh       | Vakuumpumpe<br>kWh | Milchkühlung<br>kWh | Spülautomat<br>kWh | Lüftung<br>kWh |
|------------------------|----------------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------------|
| Juli 1984              | 2,0                  | 243                | 244                 | 238                | 271            |
| August                 | 4,4                  | 213                | 257                 | 253                | 261            |
| September              |                      | 230                | 239                 | 259                | 148            |
| Oktober                | 47,6                 | 246                | 223                 | 283                | 182            |
| November               | 3,0                  | 221                | 214                 | 305                | 258            |
| Dezember               | 4,5                  | 260                | 188                 | 261                | 108            |
| Januar 1985            | 8,7                  | 237                | 181                 | 257                | 70             |
| Februar                | 4,4                  | 232                | 171                 | 255                | 75             |
| März                   | 5,1                  | 241                | 217                 | 252                | 161            |
| April                  | 4,8                  | 221                | 214                 | 217                | 236            |
| Mai                    | 3,0                  | 221                | 178                 | 233                | 256            |
| Juni                   | 10,8                 | 220                | 147                 | 222                | 253            |
| Summe                  | 98,3                 | 2785               | 2473                | 3035               | 2279           |
| rel. Anteil %          | 0,9                  | 26,1               | 23,2                | 28,4               | 21,4           |
| Gesamtverbrauch        | 10 670 kWh/a         |                    |                     |                    |                |
| Spezifischer Verbrauch | 356 kWh/Kuh und Jahr |                    |                     |                    |                |

Die bisherigen Daten und Meßwerte sollen nun in Bedarfsfunktionen verknüpft werden, um damit eine universelles Kalkulationsangebot zu ermöglichen.

#### 4. Erstellung von Elektroenergiebedarfsfunktionen

##### 4.1 Einteilung und Zusammenstellung der Elektrogeräte

Als Einteilungskriterium wurde der Einsatz der unterschiedlichen Elektrogeräte in den Produktionsverfahren Milchviehhaltung, Bullenmast, Kälberhaltung, Färsenhaltung, Sauenhaltung und Schweinemast gewählt. Der Hauptgrund für diese Gliederung liegt in der Absicht, die einzelnen Elektroenergiebedarfsfunktionen in einem weiteren Schritt mittels eines Tabellenkalkulationsprogrammes so zu verknüpfen, daß sich der Elektroenergieverbrauch eines Produktionsverfahrens schnell und leicht errechnen läßt.

Den Produktionsverfahren sind die Arbeitsbereiche Futtereinlagerung, Futterentnahme, Entmistung, Stallklima und Tiergesundheit (bei der Milchviehhaltung noch Milchgewinnung) zugeordnet. Über eine weitere Untergliederung, zur Futterentnahme z.B. Silageentnahme, kann man die Elektrogeräte, z.B. Sauggebläse für Maissilage im Hochsilo, dann direkt auswählen.

Die bei dieser Art der Gliederung auftretenden Überschneidungen bei den Arbeitsbereichen werden auf die Art behandelt, daß bei den Produktionsverfahren Bullenmast und folgende gegebenenfalls auf bereits innerhalb der Milchviehhaltung behandelte Elektrogeräte verwiesen wird.

Tabelle 5 zeigt die Gliederung für die ersten beiden Verfahren:

1. Milchviehhaltung und 2. Bullenmast

---

|   |   |
|---|---|
| 1. Milchviehhaltung                               | 2. Bullenmast                                     |
| 1.1 Grundfuttoreinlagerung                        | 2.1 Grundfuttoreinlagerung                        |
| 1.1.1 Einlagerung von Silofutter                  | 2.1.1 Einlagerung von Silofutter                  |
| 1.1.2 Einlagerung von Rauhfutter                  | 2.1.2 Einlagerung von Rauhfutter                  |
| 1.1.3 Heutrocknung                                | 2.1.3 Heutrocknung                                |
| 1.2 Grundfutterentnahme                           | 2.2 Grundfutterentnahme                           |
| 1.2.1 Silageentnahme                              | 2.2.1 Silageentnahme                              |
| 1.2.2 Rauhfutterentnahme                          | 2.2.2 Rauhfutterentnahme                          |
| 1.3 Kraftfutter/Getreide                          | 2.3 Kraftfutter/Getreide                          |
| 1.3.1 Einlagerung                                 | 2.3.1 Einlagerung                                 |
| 1.3.2 Mahlen                                      | 2.3.2 Trocknung                                   |
|   | 2.3.3 Mahlen/Mischen/Zuteilen                     |
| 1.4 Entmistung                                    | 2.4 Entmistung                                    |
| 1.4.1 Festmistverfahren                           | 2.4.1 Festmistverfahren                           |
| 1.4.2 Flüssigmistverfahren                        | 2.4.2 Flüssigmistverfahren                        |
| 1.5 Milchgewinnung                                |   |
| 1.5.1 Melkanlage                                  |   |
| 1.5.2 Spülanlage                                  |   |
| 1.5.3 Milchkühlung                                |   |
| 1.6 Stallklima                                    | 2.5 Stallklima                                    |
| 1.6.1 Beleuchtung                                 | 2.5.1 Beleuchtung                                 |
| 1.6.2 Lüftung                                     | 2.5.2 Lüftung                                     |
| 1.7 Tiergesundheit, Hygiene,<br>Reinigen, Pflegen | 2.6 Tiergesundheit, Hygiene,<br>Reinigen, Pflegen |

---

#### 4.2 Vorgehensweise bei der Erstellung der Elektroenergiebedarfsfunktionen

Die Bearbeitung eines jeden Elektrogerätes ist dabei in drei Teile geteilt.

1. Zu Anfang steht eine Tabelle, die Umfang und Mittelwerte der gemessenen Daten angibt. Der Ursprung der Daten, ob selbst gemessen oder DLG bzw. FAT oder Wieselburg ist ebenfalls vermerkt.
2. Es folgen die, über multiple Regression ermittelten Regressionsgleichungen für die Arbeitsleistung und die mittlere aufgenommene elektrische Leistung.  
Dabei kann es aber vorkommen, daß nur eine oder gar keine Gleichung aufgestellt werden konnte. Dieser Umstand kann folgende Gründe haben:
  - die Anzahl der Messungen zu einem Gerät ist zu gering,
  - die Liste der sinnvollen Einflußgrößen, die für die Abhängigkeit der Planungsdaten notwendig sind, ist unvollständig,
  - entscheidende Einflußgrößen sind nicht erfaßt

Während ein in Tabellen aufgeführter spezifischer Energieverbrauch nur einen ungenauen Anhaltspunkt zur Ermittlung des Elektroenergiebedarfes liefern kann, ermöglichen es die Regressionsgleichungen, auf die speziellen betrieblichen Verhältnisse angewendet, über die zu verarbeitende Gutsmenge, und die Arbeitsleistung, die Gerätelaufzeit und über diese mittels der mittleren aufgenommenen Leistung den für den Arbeitsprozeß notwendigen Elektroenergiebedarf genau zu kalkulieren.

3. Für einige Geräte wurden über die Regressionsgleichungen exemplarisch Planungsdaten für definierte Beispiele aufgestellt. Sie zeigen unterschiedliche Maschinenlaufzeiten je nach Elektrogeräteauslegung und Produktionsverfahrensumfang. Hierbei soll auch auf die dringend notwendige Koordinierung innenwirtschaftlicher Arbeitsvorgänge (Silageeinlagerung) mit der Außenwirtschaft (Silageernte) hingewiesen werden.

### 4.3 Folgerungen aus den Elektroenergiebedarfsgleichungen

#### 4.3.1 Ermittlung des Stromverbrauchs

Aus der Arbeitszeit = Laufzeit und der mittleren aufgenommenen Leistung eines Elektrogerätes läßt sich der Stromverbrauch für einen bestimmten Arbeitsvorgang ermitteln.

Die notwendige Arbeitszeit/Laufzeit ergibt sich aus der Arbeitsleistung des Gerätes und der zu verarbeitenden Gutsmenge, die mittlere aufgenommene Leistung wird anhand der im folgenden aufzustellenden Regressionsgleichungen unter Berücksichtigung der speziellen betrieblichen Verhältnisse berechnet.

Einschränkend sei hierzu angemerkt, daß längere Leerlaufphasen in der Kalkulation nicht berücksichtigt werden. Um den durch sie verursachten Stromverbrauch berechnen zu können wäre die Erfassung der Leerlaufzeiten und der aufgenommenen Leistung im Leerlauf notwendig.

#### 4.3.2 Ermittlung der notwendigen Motornennleistung

Das Ziel folgender Überlegungen soll es sein, die Dimensionierung von Elektromotoren zum Antrieb landwirtschaftlicher Arbeitsmaschinen stärker auf die speziellen Verhältnisse eines bestimmten landwirtschaftlichen Betriebes abzustimmen.

Da die Zuordnung Arbeitsgerät - Elektromotor ja bereits vom Hersteller vorgenommen wird, müßte sich in der Regel bei einer solchen Dimensionierung automatisch die benötigte Arbeitsleistung einstellen.



Als die wichtigste bestimmende Größe für die Ermittlung der notwendigen Motornennleistung soll die mittlere aufgenommene Leistung dienen. Diese ist, berechnet mit den hier aufzustellenden Regressionsgleichungen, ein Ergebnis spezieller Verhältnisse und Anforderungen eines landwirtschaftlichen Betriebes und damit charakteristisch für das Arbeitsgerät und den Betrieb.

Die folgenden Kriterien für die Auslegung von Elektromotoren sollen den Vorgang der Dimensionierung erklären.

1. Kriterien für die Auslegung von Elektromotoren (Motor-Nennleistung, Drehstrom-Asynchronmotor)

1.1 Nach VDE 0530 ist die Motor-Nennleistung die mechanische Leistung, die der Motor an der Welle unter folgenden Bedingungen im Dauerbetrieb (S 1) abgeben kann:

Nennspannungsabweichung  $\leq \pm 5\%$

Nennfrequenzabweichung  $\leq \pm 5\%$

Kühlmitteltemperatur - 20 Grad C bis +40 Grad C

Aufstellungshöhe  $\leq 1000$  m

Der Motor kann auch für z.B. Kurzzeitbetrieb (S 2) ausgelegt werden, dies muß jedoch auf dem Leistungsschild vermerkt sein.

1.2 Stufung der Motor-Nennleistung (Auszug aus DIN 42 973); Leistungsabgabe in kW:

0,75; 1,1; 1,5; 2,2; 3; 4; 5,5; 7,5; 11; 15; 18,5; 22; 30.

1.3 Eine dauernde Überschreitung der Nennleistung ist nach VDE 0530 nicht zulässig, jedoch können die Motoren aus dem betriebswarmen Zustand für zwei Minuten mit dem 1,5-fachen Nennstrom (entspricht ungefähr 1,5-fache Nennleistung) belastet werden. Zwischen zwei Überlastzyklen müssen 45 Minuten Normalbetrieb sein.

1.4 Motoren, die ohne ständige Überwachung laufen, wie z.B. bei Lüftern oder Umwälzpumpen, müssen gegen Überlastung durch z.B. Motorschutzschalter geschützt werden. Nach VDE 0660 muß der Motorschutzschalter beim 1,2-fachen Nennstrom = Motorenstrom innerhalb einer Stunde auslösen, darf jedoch beim 1,05-fachen Nennstrom nicht innerhalb einer Stunde auslösen. Dies bedeutet, daß mit Motorschutzschaltern geschützte Motoren im Extremfall eine Stunde mit 20 % Überlast betrieben werden können, ohne daß es zu einer Auslösung des Schutzschalters kommt.

1.5 Nach VDE 0530 muß der Motor für 15 s bis zum 1,6-fachen Nennmoment überlastbar sein, ohne daß Kippen oder eine wesentliche Drehzahländerung eintritt. Durch diese Forderung wird die mechanische Grenzleistung = 1,6 mal Motor-Nennleistung festgelegt. Die meisten Motoren übertreffen diesen Wert.

1.6 Entscheidend für die Bestimmung der Motor-Nennleistung sind auch die Anlaufverhältnisse, wie

Lastmoment der Arbeitsmaschine in Abhängigkeit von der Drehzahl

Fremdträgheitsmoment, bezogen auf Motordrehzahl

Anzahl und Verlauf der Arbeitsspiele in einer bestimmten Zeit.

Schwierige Anlaufverhältnisse, wie z.B. bei bestimmten Hebezeugen, erfordern einen größeren Motor bzw. einen Spezialmotor.

## 2. Zuordnung von mittlerer Leistungsaufnahme und Motor-Nennleistung

### 2.1 Rechnerische Motor-Nennleistung:

$$PN = P_m \times n$$

PN = rechnerische Motor-Nennleistung

P<sub>m</sub> = mittlere Leistungsaufnahme

n = Motor-Wirkungsgrad

Tabelle 6:

| Motornennleistung (Leistungsabgabe) in kW nach DIN 42973 Dauerbetrieb |     |     |     |    |    |     |     |    |    |      |    |    |
|---|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|----|----|------|----|----|
| 0,75  | 1,1 | 1,5 | 2,2 | 3  | 4  | 5,5 | 7,5 | 11 | 15 | 18,5 | 22 | 30 |
| 73  | 76  | 77  | 79  | 80 | 83 | 86  | 87  | 88 | 89 | 89   | 90 | 91 |
| Wirkungsgrad * bei Nennlast in %                                      |     |     |     |    |    |     |     |    |    |      |    |    |

\* Mittelwert aus Angaben von 4 namhaften Herstellern, Drehzahlbereich 1000 bis 3000 1/min (Quelle: Firmenlisten)

Der Wirkungsgrad ist über einen Auslastungsgrad von 50 bis 125 % nahezu konstant.

## 2.2 Ermittlung der genormten Motor-Nennleistung

### 2.2.1 Motoren mit zeitlich konstanter Belastung

Einsatz-Beispiele für Motoren, deren Belastung über die Zeit nahezu konstant ist und die nur selten Anlaufvorgängen ausgesetzt werden, sind:

- Vakuumpumpen
- Lüftungsgebläse
- Kreiselpumpen für Gülle und Wasser
- Kühlmaschinen

Die genormte Motor-Nennleistung kann folgendermaßen gewählt werden:

Wenn  $1,05 \text{ PNK} < \text{PN} \leq 1,05 \text{ PNG}$ , PNK = nächstkleinere  
dann wird nächstgrößere genormte genormte Motor-  
Motor-Nennleistung gewählt Nennleistung  
PNG = nächstgrößere  
genormte Motor-  
Nennleistung

Ist  $0,95 \text{ PNG} \leq \text{PN} \leq 1,05 \text{ PNG}$ , dann sollte der Motor bei wichtigen Maschinen, wie z.B. Vakuumpumpen, zur Erhöhung der Betriebssicherheit mit einer Wicklung der nächsthöheren Isolierstoffklasse (z.B. Klasse F statt B) bei gleicher Motorschutzschalteneinstellung ausgerüstet werden.

### 2.2.2 Motoren mit zeitlich stark schwankender Belastung

Einsatz-Beispiele für Motoren, deren Belastung über die Zeit stark schwankt und die u.U. längere Anlaufzeiten bewältigen müssen, sind:

|                               |                                |
|-------------------------------|--------------------------------|
| Fördergebläse                 |                                |
| Häcksler                      | ohne lastenabhängig gesteuerte |
| Mühlen, Mischer               | Dosiereinrichtungen            |
| Getreidequetschen, Silofräsen |                                |

Die genormte Motor-Nennleistung kann, wie folgt, gewählt werden:

Wenn  $0,8 \text{ PNK} < \text{PN} \leq 0,8 \text{ PNG}$  dann wird nächstgrößere genormte Motor-Nennleistung gewählt

### 2.2.3 Motoren mit zeitlich stark schwankender Belastung und erhöhten Anforderungen an die Betriebssicherheit

Einsatz-Beispiele für Motoren, die zeitlich stark schwankenden Belastungen und längeren Anlaufzeiten ausgesetzt werden und bei denen ein Auslösen des Motorschutzschalters schwere und u.U. teure Betriebsstörungen nach sich zieht, sind:

|                             |                              |
|-----------------------------|------------------------------|
| Fördergebläse               |                              |
| Häcksler                    | ohne lastabhängig gesteuerte |
| Mühlen                      | Dosiereinrichtungen mit      |
| Silofräsen                  | langen Förderleitungen       |
| Hubwerke für Greiferanlagen |                              |

Die genormte Motor-Nennleistung kann, wie folgt, gewählt werden:

Wenn  $0,7 \text{ PNK} < \text{PN} \leq 0,7 \text{ PNG}$  wird nächstgrößere genormte Motor-Nennleistung gewählt.

Dies führt jedoch zu relativ großen Motoren, die erhebliche Zuschläge für Überanschlußwerte nach sich ziehen können. In diesem Fall kann dann der nächstkleinere Motor mit der nächsthöheren Isolierstoffklasse (z.B. Klasse F statt Klasse B) bei höherer Einstellung des Motorschutzschalters kostengünstiger sein. Durch die höhere Einstellung des Motorschutzschalters wird die Nennleistung des Motors um etwa 10 % angehoben, also weniger als beim Sprung in die nächstgrößere genormte Motor-Nennleistung. Allerdings sind die Anlaufverhältnisse zu überprüfen, denn durch die Anwendung einer höheren Isolierstoffklasse werden weder das Anlaufmoment noch das Sattelmoment erhöht. Außerdem bleibt die mechanische Grenzleistung gleich.

Weitere Möglichkeiten zu einer besseren Ausnutzung und damit Reduzierung der Motor-Nennleistung und somit auch der Zuschläge für Überanschlußwerte sind:

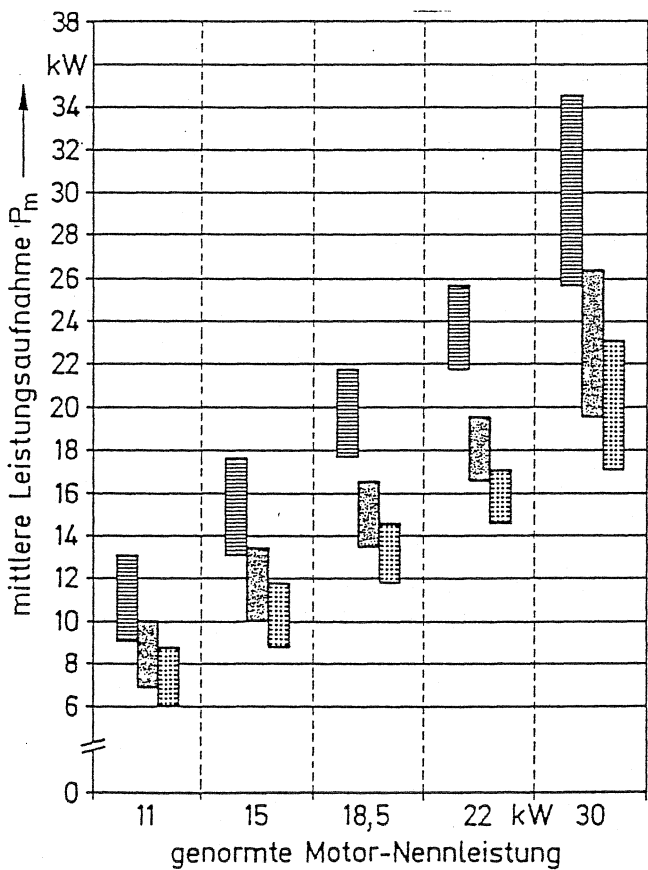
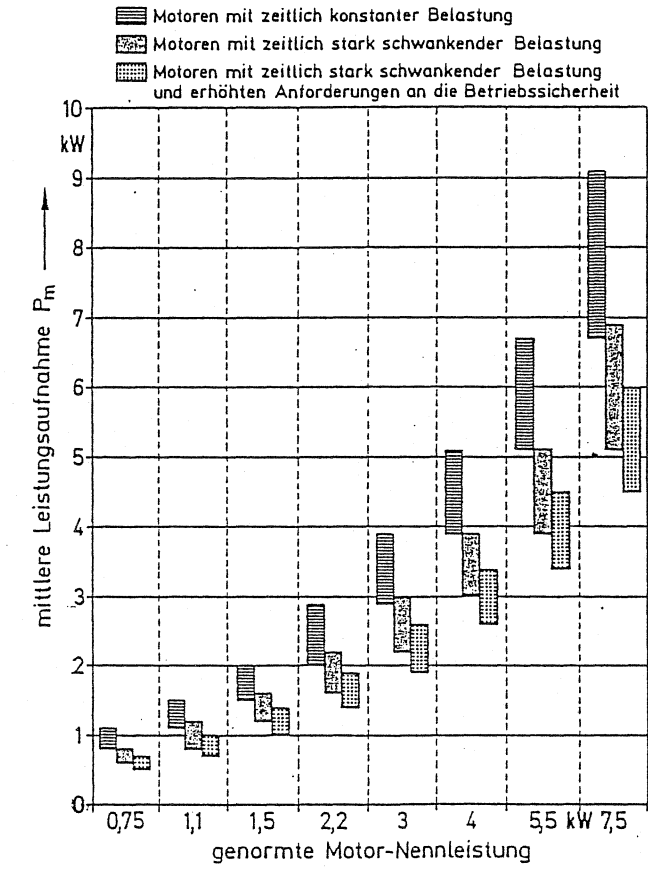
Lastabhängig (motorstromabhängig) gesteuerte Dosiereinrichtungen bei Fördergebläsen, Häckslern, etc.

Wicklungstemperaturanzeige in Verbindung mit einer Warn- und Abschaltvorrichtung (Motor-Vollschutz)

Tabelle 7: Zuordnung von mittlerer Leistungsaufnahme und genormter Motor-Nennleistung

| Motor-Nennleistung<br>nach DIN 42973 in kW/<br>Wirkungsgrad bei<br>Nennlast in % | Bereich der mittleren Leistungsaufnahme in kW, die von<br>der genormten Motor-Nennleistung abgedeckt wird bei |   |  |
|--|---|---|--|
|  | zeitlich<br>konstanter<br>Belastung   | zeitlich stark<br>schwankender<br>Belastung | zeitlich stark<br>schwankender Belastung<br>und erhöhten<br>Anforderungen an die<br>Betriebssicherheit |
| 0,75 / 73  | 0,81 - 1,1  | 0,61 - 0,8                                  | 0,51 - 0,7   |
| 1,1 / 76   | 1,11 - 1,5  | 0,81 - 1,2                                  | 0,71 - 1,0   |
| 1,5 / 77   | 1,51 - 2,0  | 1,21 - 1,6                                  | 1,01 - 1,4   |
| 2,2 / 79   | 2,01 - 2,9  | 1,61 - 2,2                                  | 1,41 - 1,9   |
| 3 / 80   | 2,91 - 3,9  | 2,21 - 3,0                                  | 1,91 - 2,6   |
| 4 / 83   | 3,91 - 5,1  | 3,01 - 3,9                                  | 2,61 - 3,4   |
| 5,5 / 86   | 5,11 - 6,7  | 3,91 - 5,1                                  | 3,41 - 4,5   |
| 7,5 / 87   | 6,71 - 9,1  | 5,11 - 6,9                                  | 4,51 - 6,0   |
| 11 / 88  | 9,11 - 13,1   | 6,91 - 10,0                                 | 6,01 - 8,8   |
| 15 / 89  | 13,11 - 17,7  | 10,01 - 13,5                                | 8,81 - 11,8  |
| 18,5 / 89  | 17,71 - 21,8  | 13,51 - 16,6                                | 11,81 - 14,6   |
| 22 / 90  | 21,81 - 25,7  | 16,61 - 19,6                                | 14,61 - 17,1   |
| 30 / 91  | 25,71 - 34,6  | 19,61 - 26,4                                | 17,11 - 23,1   |

Tabelle 8: Graphische Darstellung der Zuordnung von mittlerer aufgenommener Leistung und genormter Motor - Nennleistung



#### 4.4 Definitionen und verwendete Abkürzungen

##### Arbeitsleistung (dt/h; cbm/h; Stück/h)

Der Begriff "Arbeitsleistung" steht als Abstraktum für die Leistung eines Arbeitsverfahrens, sei es nun eine Einlagerungs-, Auslagerungs- Mahl- oder Melkleistung.

Nennaufnahme (kW) Die Nennaufnahme gibt an, wie hoch die Leistungsaufnahme eines Motors bzw. eines Gerätes im Auslegungspunkt ist.

Nennleistung (kW) Die Nennleistung gibt bei Motoren die mechanische Leistungsabgabe an der Welle im Auslegungspunkt an. Die Nennleistung ergibt sich in dem die Nennaufnahme mit dem Wirkungsgrad multipliziert wird.

Bei Elektrogeräten wird immer die Nennaufnahme angegeben.

Mittlere Leistungsaufnahme (kW) Die mittlere Leistungsaufnahme für den Zeitraum des Arbeitsvorganges kann gemessen werden. Hiermit allein kann die notwendige Nennleistung des Motors jedoch nicht bestimmt werden.

Höchste Leistungsaufnahme (kW) Da die Leistungsaufnahme, z.B. beim Greifer, von der individuellen Belastung abhängig ist, ist diese innerhalb des Arbeitszeitraumes unterschiedlich. Dauer und Höhe der Belastung bestimmen die Dimensionierung des Motors.

##### Wirkungsgrad .. (%)r

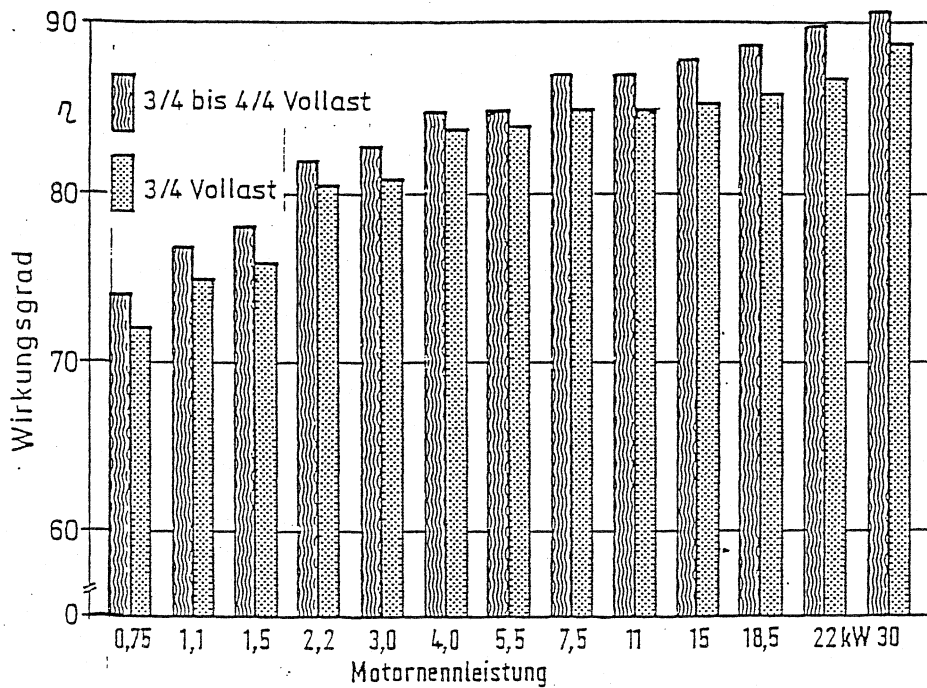
Bei Elektromotoren gibt der Wirkungsgrad .. das Verhältnis zwischen Nennleistung und Nennaufnahme

##### Nennleistung kW

##### Nennaufnahme kW

an. Er hängt von der Motorstärke und der Motorauslastung ab, wie Abbildung 20 zeigt:





Im folgenden verwendete Abkürzungen:

- B = Bestimmtheitsmaß; das Bestimmtheitsmaß gibt in Prozent an, welcher Anteil der Zielgröße durch die angegebenen Einflußgrößen erklärt wird. Dabei gilt allgemein ein Wert von
- 90 und mehr Prozent als sehr gut
  - 70 - 90 Prozent als gut
  - unter 70 Prozent als mäßig.
- d = Durchmesser
- dt = Dezitonne
- GV = Großvieheinheit, siehe Großvieheinheitsschlüssel
- kW = Kilowatt
- l = Liter
- m = Meter
- n = Anzahl der Messungen
- s = Standardabweichung; die Standardabweichung weist auf den Streubereich auf beiden Seiten des Mittelwertes hin
- TM = Trockenmasse in Prozent
- x = Mittelwert

Großvieheinheiten - Schlüssel (Auszug)

| Viehart                                | GV    |
|--|-------|
| Kühe                                   | 1,2   |
| Kühe mit Nachzucht                     | 1,6   |
| Jungvieh über 2 Jahre                  | 1,0   |
| Jungvieh 1 - 2 Jahre                   | 0,7   |
| Jungvieh unter 1 Jahr                  | 0,3   |
| Schlacht- und Mastvieh über 2 Jahre    | 1,0   |
| Zuchteber                              | 0,3   |
| Zuchtsauen (*)                         | 0,3   |
| Mastschweine über 50 kg Lebendgewicht  | 0,16  |
| Läufer 20 - 50 kg                      | 0,06  |
| Ferkel                                 | 0,02  |
| Geflügel (nach Vieheinheitenschlüssel) | VE    |
| Legehennen                             | 0,02  |
| Junghennen, Jungmasthühner             | 0,017 |

(\*) Wenn die gesamte Nachzucht einer Zuchtsau (2 Würfe mit mindestens 14 aufgezogenen Ferkeln im Jahr) im Betrieb gemästet wird, kann eine Zuchtsau einschließlich Nachzucht als eine GV angesetzt werden.

## 4.5 Milchviehhaltung

### 4.5.1 Grundfuttereinlagerung

Die Grundfuttereinlagerung umfaßt die Einlagerung von Silofutter wie Gras bzw. Grasanwelkgut und Maishäcksel sowie die Einlagerung von Rauhfutter wie Heu und Stroh.

Zwei grundsätzlich verschiedene Fördersysteme lassen sich für die gesamte Grundfuttereinlagerung verwenden. Zum einen ist eine mechanische Förderung möglich, hierzu eingesetzte Geräte sind die Hallengreiferanlagen, Höhenförderer, Förderbänder und Ballenbahnen, zum anderen werden pneumatisch arbeitende Systeme wie Silobefüllgebläse bei der Einlagerung verwendet.

Diese verschiedenen Fördersysteme unterscheiden sich nicht nur in ihrem Funktionsprinzip, in der Leistungsfähigkeit, in ihrem Aufbau, im Platzbedarf und in den Anschaffungskosten, sondern auch, als mit Elektromotoren angetriebene Geräte, in ihrem Anschlusswert und dem spezifischen Elektroenergiebedarf.

#### 4.5.1.1 Einlagerung von Silofutter

##### Hallengreiferanlagen

Der Hallengreifer, von dem mehrere unterschiedliche Systeme auf dem Markt angeboten werden, kann sowohl für die Silageeinlagerung als auch für die Silageentnahme verwendet werden (ebenso für Rauhfutter). Die Systeme und die baulichen Voraussetzungen sind ausführlich von LEIDL (34) für österreichische Verhältnisse, die sich jedoch auf die BR Deutschland übertragen lassen, beschrieben. Ebenso führte die FAT Untersuchungen zur Einlagerung und Entnahme von Gras- und Maissilage durch. Eigene Messungen der Landtechnik Weihenstephan 1972 und in den vergangenen Jahren ergänzen bzw. vervollständigen das ausgewertete Datenmaterial. Für den Einsatz eines Hallengreifers sind folgende Merkmale charakteristisch:

- Verwendung für unterschiedliche Futterarten
- auch für Lang- oder Ladewagengut geeignet
- Beschickung und Entnahme ohne Zusatzgerät
- kurze Rüstzeiten und einfache Bedienung
- keine vollautomatische Befüllung der Lagerräume
- keine automatische Futtervorlage
- Leerraum unterhalb der Dachkonstruktion.

Weiterhin sind die niedrigen Motorennennleistungen bemerkenswert. Je nach Bauart besitzt eine Hallengreiferanlage vier bis sieben Antriebsmotoren.

Die einzelnen Nennleistungen betragen:

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| Fahrtrieb Brücke    | 0,25 - 0,37 kW |
| Fahrtrieb Laufkatze | 0,25 - 0,55 kW |
| Antrieb Greifer     | 1,5 - 2,2 kW   |
| Antrieb Hubwerk     | 2,2 5,0 kW     |

Die Gesamtnennleistung aller Elektromotoren einer Hallengreiferanlage schwankt zwischen 4,0 und 8,0 kW, je nach Anzahl und Größe der einzelnen Motoren.

Der spezifische Energiebedarf bei der Ein- bzw. Auslagerung ist mit etwa 0,01 kWh/dt sehr günstig im Vergleich zur pneumatischen Förderung. Die mittlere Leistungsaufnahme beträgt nach LEIDL (34) 1,2 bis 3,0 kW und Leistungsspitzen können 5,0 bis 7,0 kW erreichen. Nach anderen Messungen (PIRKELMANN, FAT) kann die Spitze der Leistungsaufnahme das drei- bis vierfache der Gesamtnennleistung betragen. Dies beweisen auch die Werte aus Tänikon (Tab.: 9), die bei der Heu- und Grassilageeinlagerung ermittelt wurden. Auch DLG-Prüfungen von Hallengreiferanlagen ermittelten kurzzeitige Leistungsaufnahmespitzen von bis zu 20 kW beim Losreißen von Grassilage.

Der Nachteil der beiden nachfolgenden Tabellen liegt in der kleinen Anzahl der Meßwerte; dennoch ist eine günstige Tendenz aus den Daten für den spezifischen Energiebedarf herauszulesen.

Tabelle 9: Einlagerung von Grasanwelkgut mittels Hallengreifer (FAT-Daten)

| Anzahl<br>Daten | mittlere Leistungs-<br>aufnahme<br>aller Motore* | Spitze der<br>Leistungsaufnahme<br>aller Motore* | Arbeits-<br>leistung | spezifischer<br>Energiebedarf |
|-----------------|--|--|----------------------|-------------------------------|
| n               | kW   | kW   | dt/h                 | kWh/dt                        |
| 4               | 1,45<br>s = 0,1                                  | 12,55<br>s = 6,0                                 | 162,0<br>s = 34,7    | 0,009                         |

\* Aus meßtechnischen Gründen konnte die Leistungsaufnahme der verschiedenen Antriebsmotore der Greiferanlagen nur gemeinsam erfaßt werden.

Gesamte Einlagerung (Grasanwelkgut, Maishäcksel oder Heu)

| Anzahl<br>Messungen | mittlere Leistungs-<br>aufnahme<br>aller Motore | Spitze Leistungs-<br>aufnahme | Guts-<br>feuchte | Förder-<br>Weite | Förder-<br>Höhe | Arbeits-<br>leistung | spezifischer<br>Energiebed. |
|---------------------|---|-------------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------------|-----------------------------|
| n                   | kW  | kW                            | %                | m                | m               | dt/h                 | kWh/dt                      |
| 11                  | 1,50<br>s = 0,38                                | 8,9<br>s = 5,6                | 52,4<br>s = 24,5 | 5,5<br>s=4,4     | 4,6<br>s=2,5    | 130<br>s = 52        | 0,012                       |

(Greiferinhalt im Durchschnitt 225 kg, S = 79)

Arbeitsleistung (dt/h) = 133

+ 0,75 \* Gutsfeuchte (20 - 80 %)

- 7,72 \* Förderweite (1 - 20 m)

n = 11      B = 82,5 %

Mittlere aufgenommene Leistung (kW) = 1,498

- 0,079 \* Förderweite (1 - 15 m)

+ 0,098 \* Förderhöhe (1 - 8 m)

n = 11      B = 65 %

Die Förderleistung einer Hallengreiferanlage ist weiterhin noch abhängig von

- der Hubgeschwindigkeit (10-40 m/min)
- der Kranfahrgeschwindigkeit (10-50 m/min)
- der Möglichkeit die Funktionen gemeinsam zu betreiben

Planungsdaten für die Milchviehhaltung zur Einlagerung von Grasanwelkgut bei 15 kg Grassilage je Tier und Tag in der Futterration :

(Grasanwelkgut Gutsfeuchte 60 %, Greiferinhalt 225 kg, Förderhöhe 5 m)

| Förder-<br>weite<br>m | Arbeits-<br>leistung<br>dt/h | mittlere<br>Leistungs-<br>aufnahme<br>kW | Förderzeit bei |         |      |      | spezifischer<br>Energiebedarf<br>kWh/dt |
|-----------------------|------------------------------|--|----------------|---------|------|------|---|
|                       |                              |  | 20<br>Kühen    | 40<br>h | 60   | 100  |   |
| 5                     | 140                          | 1,6                                      | 7,8            | 15,6    | 23,4 | 39,0 | 0,011                                   |
| 10                    | 100                          | 1,1                                      | 11,0           | 21,9    | 32,9 | 54,8 | 0,011                                   |
| 15                    | 62                           | 0,7                                      | 17,7           | 35,4    | 53,1 | 88,5 | 0,012                                   |

#### Höhenförderer

Förderbänder und Kratzbodenförderer sind die Vertreter dieser Gerätegruppe. Bei ausreichendem Platzangebot am Hochsilo sind sie auf Grund ihres geringen spezifischen Energiebedarfes und ihres geringen Anschlußwertes erwägenswerte Alternativen zu den Silobefüllgebläsen.

Hinzu kommen vielseitige Einsatzmöglichkeiten der Förderbänder bei anderen Arbeiten (Förderung von anderen Schüttgütern wie Getreide, Mineraldünger, Kohle und evtl. Stückgütern wie Heu- und Strohballen)

Aus sieben Geräteprüfungen des ÖKL Wieselburg wurden folgende Daten für die Förderung von Maishäcksel gewonnen:

Tabelle xx: Einlagerung von Maishäcksel mittels Höhenförderern

| Anzahl<br>Messungen<br>n | mittlere Leistungs-<br>aufnahme<br>kW | Förder-<br>höhe<br>m | Arbeits-<br>leistung<br>dt/h | spezifischer<br>Energiebedarf<br>kWh/dt |
|--------------------------|---------------------------------------|----------------------|------------------------------|---|
| 17                       | 1,68<br>s = 0,79                      | 5,73<br>s = 2,1      | 231<br>s = 67                | 0,007                                   |

Arbeitsleistung (dt/h) = 140,8  
+ 53,6 \* mittlere aufgenommene Leistung (1-3,5 kW)

n = 17    B = 40 %

mittlere aufgenommene Leistung (kW) = - 0,74  
+ 0,005 \* Arbeitsleistung (140-350dt/h)  
+ 0,22 \* Förderhöhe (2,5 - 10 m)

n = 17    B = 71 %

Planungsdaten für die Milchviehhaltung zur Einlagerung von Maishäcksel bei 10 kg Maissilage je Tier und Tag in der Futterration (Förderhöhe 6 m)

| mittlere<br>aufgenommene<br>Leistung<br>kW | empfohlene<br>Motorennenn-<br>leistung<br>kW | Arbeits-<br>leistung<br>dt/h | Förderzeit bei |      |      |      | spezifischer<br>Energiebedarf<br>kWh/dt |
|--|--|------------------------------|----------------|------|------|------|---|
|  |  |                              | 20             | 40   | 60   | 100  |   |
| 1,0  | 0,75   | 95                           | 7,7            | 15,4 | 23,1 | 38,5 | 0,01                                    |
| 1,4  | 1,1  | 165                          | 4,4            | 8,8  | 13,2 | 22,0 | 0,008                                   |
| 1,9  | 1,5  | 260                          | 2,8            | 5,6  | 8,4  | 14,0 | 0,007                                   |

## Fördergebläse

Das Prinzip der pneumatischen Förderung beruht darauf, daß Luft mit hoher Geschwindigkeit das Fördergut in den Rohrleitungen mitreißt. Die nötige Luftmenge wird über Radialgebläse in die Förderleitungen gedrückt oder aus der Förderleitung gesaugt.

Einlagerungsgebläse werden oft in landwirtschaftlichen Betrieben für die Förderung von Heu, Stroh, Anwelkgut und Maishäcksel eingesetzt. Der Antrieb erfolgt mittels eines Elektromotors oder der Schlepperzapfwelle. Aus der Fragestellung dieser Arbeit ergibt sich, daß nur Abladegebläse mit elektrischem Antrieb behandelt werden. Die wichtigsten Einflußgrößen auf den Leistungsbedarf der Gebläse sind nach HONIG (26):

- der Förderrohrdurchmesser und damit die Förderluftmenge
- der Durchsatz des Gerätes bzw. die Arbeitsleistung
- die Förderhöhe bzw. Förderlänge und damit der zu überwindende Gegendruck
- die Art des geförderten Gutes
- die Feinheit der Zerkleinerung des Gutes.

In der Praxis finden Abladegebläse mit Nennleistungen von 7,5 bis 30,0 kW Verwendung. Die ermittelte durchschnittliche Arbeitsleistung liegt bei Anwelk- und Grassilage zwischen 80 bis 90 dt/h, bei Maissilage um 110 dt/h. Der spezifische Energiebedarf beträgt für Gras- und Anwelksilage etwa 0,2 kWh/dt, bei Silomais nur 0,06 kWh/dt.

SCHURIG 1977 (70) zeigte den Trend auf, daß die Zuteilgenauigkeit ausschlaggebend für einen niedrigen Leistungsbedarf sein kann. Werden die Geräte ungleichmäßig beschickt, so können kurzzeitige Spitzenwerte des Leistungsbedarfes das 1,5- bis 2-fache der angegebenen Nennleistung erreichen. Damit übereinstimmende Ergebnisse dokumentiert auch BOSMA 1978 (13).



Arbeiten aus der Schweiz (FAT) untersuchten den Einfluß von Förderhöhe und Trockensubstanzgehalt auf die Arbeitsleistung und die mittlere Leistungsaufnahme bei der Silageförderung. Österreichische Untersuchungen führten als zusammengesetzte Einflußgröße die Scheinrohrlänge ein.

Bei allen Untersuchungen wurden vornehmlich Gebläse neuerer Bauart mit hohen Drehzahlen und großer Luftgeschwindigkeit eingesetzt. Alle geprüften und mit Elektromotoren von 5,5 - 15 kW Nennleistung angetriebenen Gebläse waren für Förderrohre der Nennweite 400 mm ausgelegt und wurden auch mit solchen getestet.

Die Messungen wurden bei gleichmäßiger Zudosierung des Fördergutes mittels Dosierbändern oder Dosierautomaten durchgeführt. Bei der ungenaueren Gutszuführung von Hand oder mittels Automatikladewagen muß eine geringere Arbeitsleistung und ein höherer spezifischer Energiebedarf angenommen werden.

Tabelle 11: Förderung von Gras und Grasanwelkgut mittels Gebläse (FAT-Daten)  
(gleichmäßige Zudosierung mittels Dosiergerät)

| Anzahl Messungen | mittlere aufgenommene Leistung | TS-Gehalt         | Förderhöhe      | Arbeitsleistung | spezifischer Energiebedarf |
|------------------|--------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|
| n                | kW                             | %                 | m               | dt/h            | kWh/dt                     |
| 28               | 16,98<br>s = 2,23              | 25,14<br>s = 4,84 | 17,5<br>s = 4,4 | 88<br>s = 29    | 0,19                       |

Österreichische Untersuchungen ermitteln eine Abhängigkeit der Förderleistung von der Scheinrohrlänge

Definition Scheinrohrlänge:

Aus dem Luftfördervolumen und aus dem Druck wurde nach einem Verfahren von Prof. Segler die Scheinrohrlänge für die Förderung von Grasanwelkgut, Maishäcksel, kurzem Heu und Stroh errechnet. Die Scheinrohrlänge setzt sich aus der geraden Rohrleitung, aus der Höhendifferenz zwischen dem Gebläse und der Rohrmündung und aus der Scheinrohrlänge für die eingebauten Krümmer zusammen. Letztere beträgt je nach der Fördermenge zwischen 4 und 9 m.

Beim Betrieb eines Teleskopverteilers ist eine zusätzliche Scheinrohrlänge erforderlich, welche der größten Länge des Teleskopverteilers plus der Scheinrohrlänge für einen 90 Grad Krümmer (Auswurfkrümmer) entspricht. Beispiel: Förderhöhe = 6 m, gerade Rohrleitung = 5,0 m, 90 Grad Krümmer, Teleskopverteiler (ausgezogen) = 15 m und Auswurfkrümmer 90 Grad.

$$I_s = 6 + 5,0 + 9 + 15 + 9 = 44 \text{ m.}$$

Tabelle 12: Förderung von Grasanwelkgut mittels Gebläse (Daten Wieselburg)  
(gleichmäßige Zudosierung mittels Dosiergerät)

| Anzahl Messungen | mittlere aufgenommene Leistung | TS-Gehalt        | Schein-Rohr-länge | Arbeitsleistung | Spezifische Energiebedarf |
|------------------|--------------------------------|------------------|-------------------|-----------------|---------------------------|
| n                | kW                             | %                | m                 | dt/h            | kWh/dt                    |
| 22               | 11,2<br>s = 2,8                | 46,2<br>s = 17,3 | 26,6<br>s = 4,3   | 89,8<br>s = 64  | 0,13                      |

Arbeitsleistung (dt/h) =

- 50,1
- 1,3 \* TS - Gehalt (27 - 70 %)
- + 17,8 \* mittlere aufgenommene Leistung (5 - 20 kW)

n = 22    B = 75,8%

$$\begin{aligned} \text{Mittlere aufgenommene Leistung (kW)} &= 5,51 \\ &+ 0,05 * \text{TS - Gehalt (27 - 70\%)} \\ &+ 0,04 * \text{Arbeitsleistung} \\ &\quad (30 - 300 \text{ dt/h}) \end{aligned}$$

$$n = 22 \quad B = 70,9\%$$

Planungsdaten für die Milchviehhaltung zur Einlagerung von Grasanwelkgut bei 15 kg Grassilage je Tier und Tag in der Futterration:  
(TS-Gehalt 46,2 %, Scheinrohrlänge 35 m)

| mittlere<br>aufgenommene<br>Leistung<br>kW | empfohlene<br>Nennleistung<br>kW | Arbeits-<br>leistung<br>dt/h | Förderzeit bei |             |      |      | spezifischer<br>Energiebedarf<br>kWh/dt |
|--|----------------------------------|------------------------------|----------------|-------------|------|------|---|
|  |                                  |                              | 20             | 40<br>Kühen | 60   | 100  |   |
| 10,0                                       | 7,5                              | 78                           | 14,1           | 28,2        | 42,3 | 70,5 | 0,13                                    |
| 14,0                                       | 11,0                             | 139                          | 8,0            | 15,9        | 23,9 | 39,8 | 0,10                                    |
| 18,0                                       | 15,0                             | 210                          | 5,3            | 10,5        | 15,8 | 26,3 | 0,09                                    |

Tabelle xx: Förderung von Maishäcksel mittels Gebläse (Daten Wieselburg)  
(gleichmäßige Zudosierung mittels Dosiergerät)

| Anzahl Messungen | mittlere aufgenommene Leistung | TS-Gehalt     | Scheinrohrlänge | Arbeitsleistung | Spezifischer Leistungsbedarf |
|------------------|--------------------------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------------------|
| n                | kW                             | %             | m               | dt/h            | kWh/dt                       |
| 28               | 13,0<br>s = 3,3                | 31<br>s = 6,5 | 26,4<br>s = 7,5 | 198<br>s = 84   | 0,07                         |

$$\begin{aligned} \text{Arbeitsleistung (dt/h)} &= 28,3 \\ &- 2,4 * \text{Scheinrohrlänge (10 - 60m)} \\ &+ 18,0 * \text{mittlere aufgenommene Leistung} \\ &\quad (7,5 - 40 \text{ kW}) \end{aligned}$$

$$n = 28 \quad B = 60 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Mittlere aufgenommene Leistung (kW)} &= 1,69 \\ &+ 0,15 * \text{Scheinrohrlänge (10 - 60m)} \\ &+ 0,039 * \text{Arbeitsleistung} \\ &\quad (90 - 600 \text{ dt/h}) \end{aligned}$$

$$n = 28 \quad B = 63,9 \%$$

Planungsdaten für die Milchviehhaltung zur Einlagerung von Maishäcksel  
bei 10 kg Maissilage je Tier und Tag in der Futterration:  
(TS-Gehalt 31 %, Scheinrohrlänge 35 m)

| mittlere<br>aufgenommene<br>Leistung<br>kW | empfohlene<br>Nennleistung<br>kW | Arbeits-<br>leistung<br>dt/h | Förderzeit bei |      |      |      | spezifischer<br>Energiebedarf<br>kWh/dt |
|--|----------------------------------|------------------------------|----------------|------|------|------|---|
|  |                                  |                              | 20             | 40   | 60   | 100  |   |
|  |                                  |                              | Kühen<br>h     |      |      |      |   |
| 10,0                                       | 7,5                              | 124                          | 5,9            | 11,8 | 17,7 | 29,5 | 0,081                                   |
| 14,0                                       | 11,0                             | 196                          | 3,7            | 7,4  | 11,1 | 18,5 | 0,071                                   |
| 18,0                                       | 15,0                             | 268                          | 2,7            | 5,4  | 8,1  | 13,5 | 0,067                                   |

Ungenauigkeiten bei der Berechnung der spezifischen Kenngrößen treten durch die mangelhafte Erfassung weiterer Einflußgrößen auf. So wird in theoretischen Überlegungen und in Messungen an Prüfständen (Literaturstellen) auf folgende Einflußfaktoren hingewiesen.

- Luftgeschwindigkeit
- Gebläsedrehzahl
- Förderrohrdurchmesser
- Schnittlängenverteilung
- Förderhöhe
- Förderweite
- Zudosierung

### Dosiereinrichtungen

Die Dosiergeräte können den bisher beschriebenen Fördergeräten zugeordnet werden und führen bei der Hochsiloeinlagerung zu folgenden verfahrenstechnischen Vorteilen:

- In der Kurzgutkette ermöglichen sie eine Schnellentleerung der Transportfahrzeuge bei kontinuierlicher Einlagerung.
- Durch die gleichmäßige Zuführung des Fördergutes werden hohe Leistungsspitzen bei Fördergebläsen verhindert. Außerdem können die Leistungsansprüche des Fördergebläses bis zu 50 % gesenkt werden, da ein kontinuierlicher Einlagerungsvorgang ermöglicht wird. Dies ist besonders bei den schlagkräftigen Verfahren und hohen Einlagerungsmengen von Bedeutung.

ZEISIG (88) ermittelte für ein Gebläse mit 15 kW Nennleistung bei Zuteilung von Hand einen um 70 % höheren spezifischen Elektroenergiebedarf als bei der Dosierung mittels eines Zuteilbandes.

Tabelle 14: Einfluß der Zuteilgenauigkeit auf die Leistungsdaten eines 15 kW Gebläses

| Art der Dosierung | Anzahl Messungen<br>n | mittlere aufgenommene Leistung<br>kW | Arbeitsleistung<br>dt/h | TS-Gehalt<br>% | spezifischer Energieverbrauch<br>kWh/dt |
|-------------------|-----------------------|--------------------------------------|-------------------------|----------------|---|
| Handzuteilung     | 2                     | 18,27                                | 104                     | 40,6           | 0,176                                   |
| Zuteilband        | 3                     | 22,26                                | 210                     | 37,0           | 0,106                                   |

Die heute zumeist eingesetzten "Dosierautomaten" bestehen aus einem groß dimensionierten Dosiertisch, er soll eine Wagenladung Häckselgut aufnehmen und dem Dosiergerät, daß das vom Dosiertisch übergebene Material mit einer Kratzkette schräg nach oben fördert, wobei die Mengenregulierung durch die unterschiedliche Vorschubgeschwindigkeit und zusätzliche Abstreifvorrichtungen, Rechenkettten oder Walzen erfolgt.

Der Leistungsbedarf der Kratzketten mit Abstreifvorrichtung ist gering. Es werden E-Motoren mit 2,2 bis 4,0 kW Nennleistung eingesetzt (Tab. 15).

Nach Messungen VON HEYL'S (25) sind die Antriebe dieser Dosierautomaten lediglich zu 50 % bis 60 % ihrer Nennleistung ausgelastet.

Tabelle 15: Elektrischer Leistungsbedarf von Dosierautomaten nach VON HEYL

| Nennleistung | Arbeitsleistung | spezifischer Energiebedarf<br>(geschätzt) |
|--------------|-----------------|---|
| kW           | dt/h            | kWh/dt                                    |
| 2 - 4        | 100 - 250       | 0,01 - 0,02                               |

#### 4.5.1.2 Einlagerung von Rauhfutter

##### Hallengreiferanlage

Die verschiedenen Arten von Hallengreifern sind auch für die Einlagerung von in loser Form geworbenem Heu und Stroh geeignet. Das Fördern von Heu- und Strohbällen ist ebenfalls möglich. Schweizer Untersuchungen zeigen die Einflußfaktoren auf die Arbeitsleistung und die mittlere Leistungsaufnahme.

Es sind die Regressionsgleichungen von 4.5.1.1 Silageförderung, Hallengreifer, gültig.

Tabelle 16: Einlagerung von Heu mittels Hallengreifer (FAT-Daten)

| Anzahl<br>Daten | mittlere Leistungs-<br>aufnahme<br>aller Motore* | Spitze der<br>Leistungsaufnahme<br>aller Motore* | Arbeits-<br>leistung | spezifischer<br>Energiebedarf |
|-----------------|--|--|----------------------|-------------------------------|
| n               | kW   | kW   | dt/h                 | kWh/dt                        |
| 4               | 1,36<br>s = 0,54                                 | 7,33<br>s = 2,96                                 | 72,5<br>s = 15,2     | 0,019                         |

\* Aus meßtechnischen Gründen konnte die Leistungsaufnahme der verschiedenen Antriebsmotore der Greiferanlagen nur gemeinsam erfaßt werden.

Gesamte Einlagerung (Heu, Grasanwelkgut oder Maishäcksel)

| Anzahl<br>Messungen | mittlere Leistungs-<br>aufnahme<br>aller Motore | maximale Leistungs-<br>aufnahme | Guts-<br>feuchte | Förder-<br>Weite | Förder-<br>Höhe | Arbeits-<br>leistung | spezif.<br>Energiebed. |
|---------------------|---|---------------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------------|------------------------|
| n                   | kW  | kW                              | %                | m                | m               | dt/h                 | kWh/dt                 |
| 11                  | 1,50<br>s = 0,38                                | 8,9<br>s = 5,6                  | 52,4<br>s = 24,5 | 5,5<br>s=4,4     | 4,6<br>s=2,5    | 130<br>s = 52        | 0,012                  |

Arbeitsleistung (dt/h) = 133

+ 0,75 \* Gutsfeuchte (20 - 80 %)

- 7,72 \* Förderweite (1 - 20 m)

n = 11      B = 82,5 %

Mittlere aufgenommene Leistung (kW) = 1,93

- 0,083 \* Förderweite (1 - 20 m)

- 0,0015 \* Greiferinhalt (180 - 450 kg)

+ 0,077 \* Förderhöhe (1 - 10 m)

n = 11      B = 72 %

(Greiferinhalt im Durchschnitt 225 kg, S = 79)



Planungsdaten für die Milchviehhaltung zur Einlagerung von Heu bei 4 kg Heu je Tier und Tag in der Futterrational:

(Gutsfeuchte 20 %, Greiferinhalt 225 kg, Förderhöhe 5 m)

| Förder-<br>weite<br>m | Arbeits-<br>leistung<br>dt/h | mittlere<br>aufgenommene<br>Leistung<br>kW | Förderzeit bei |      |      |      | spezifischer<br>Energiebedarf<br>kWh/dt |
|-----------------------|------------------------------|--|----------------|------|------|------|---|
|                       |                              |  | 20             | 40   | 60   | 100  |   |
| 5                     | 109                          | 1,6  | 2,7            | 5,4  | 8,1  | 13,5 | 0,014                                   |
| 10                    | 71                           | 1,2  | 4,1            | 8,1  | 12,2 | 20,3 | 0,016                                   |
| 15                    | 32                           | 0,7  | 9,1            | 18,2 | 27,3 | 45,5 | 0,023                                   |

#### Ballenförderer

Zur Einlagerung von Heu- und Strohballen stehen Ballenbahnen und Ballenförderer zur Verfügung. Wie schon die Höhenförderer bei der Silageeinlagerung, so zeichnen sich auch die Ballenförderer durch eine niedrige Nennleistung von 0,7 bis 1,5 kW sowie durch einen geringen spezifischen Energiebedarf von etwa 0,01 kWh/dt bei Arbeitsleistungen von bis zu 80 dt/h aus.

Ergebnisse aus DLG-Prüfberichten zeigen dies:

Tabelle 17: Einlagerung von Heu- und Stroh-Hoch- und Niederdruckballen  
mittels Ballenförderer (DLG-Prüfberichte)

| Anzahl<br>Messungen | Nenn-<br>leistung | mittlere<br>aufgen.<br>Leistung | Ballen-<br>gewicht | Steigung | Schräg-<br>bahnlänge | Arbeits-<br>leistung | Spez.<br>Energie<br>bedarf |
|---------------------|-------------------|---------------------------------|--------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------------|
| n                   | kW                | kW                              | kg                 | Grad     | m                    | dt/h                 | kWh/dt                     |
| 42                  | 1,4               | 0,94                            | 11,3               | 53       | 5,1                  | 78,8                 | 0,012                      |
|                     | s = 0,27          | s = 0,33                        | s = 3,4            | s = 18   | s = 2,9              | s = 32,7             |                            |

Horizontalbahnlänge 9 m s = 4,6

Arbeitsleistung (dt/h) = 24,3

- 21,0 \* Gutsart (Heu = 1, Stroh = 2)
- 1,3 \* Steigung (40 - 90 grad)
- + 6,6 \* Schrägbahnlänge (1 - 15 m)
- + 1,9 \* Horizontalbahnlänge (3 - 20 m)
- + 108,5 \* mittlere aufgenommene Leistung (0,2 - 1,5 kW)

n = 42 B = 67 %

Mittlere aufgenommene Leistung (kw) = 0,23

- 0,070 \* Schrägbahnlänge (1 - 15 m)
- 0,010 \* Horizontalbahnlänge (3 - 20 m)
- + 0,140 \* Gutsart (Heu = 1, Stroh = 2)
- + 0,010 \* Steigung (40 - 90 Grad)
- + 0,005 \* Arbeitsleistung (30 - 150 dt/h)

n = 42 B = 85 %

Planungsdaten für die Milchviehhaltung zur Einlagerung von Hochdruckballen bei 4 kg Heu je Tier und Tag in der Futterration:

(Steigung 53 Grad, Schrägbahnlänge 5,1 m, Horizontalbahnlänge 9 m)

| mittlere<br>Leistungs-<br>aufnahme | empfohlene<br>Nennleistung | Arbeits-<br>leistung | Förderzeit bei der<br>Einlagerung; Tierbestand |     |      |      | spezifischer<br>Energiebedarf |
|------------------------------------|----------------------------|----------------------|--|-----|------|------|-------------------------------|
|                                    |                            |                      | 20<br>Kühe                                     | 40  | 60   | 100  |                               |
| kW                                 | kW                         | dt/h                 | h  |     |      |      | kWh/dt                        |
| 0,7                                | 0,75                       | 61,1                 | 4,8  | 9,6 | 14,4 | 24,0 | 0,011                         |
| 1,0                                | 0,75                       | 94,7                 | 3,1  | 6,2 | 9,3  | 15,5 | 0,0106                        |
| 1,5                                | 1,1                        | 147,9                | 2,0  | 4,0 | 6,0  | 10,0 | 0,010                         |

#### Fördergebläse Heu

Für die Förderung von Heu mittels Gebläse gilt grundsätzlich dasselbe wie für die Silageeinlagerung mittels Gebläse. Die pneumatische Förderung ist auch bei Heu etwa zehnmal energieaufwendiger als die mechanische, der spezifische Energieverbrauch beträgt etwa 0,1 kWh/dt. Ihr Vorteil liegt in den geringeren Investitionskosten (vgl. Hallengreifer) und im niedrigeren Platzbedarf (vgl. Höhenförderer).

Das zur Auswertung gelangte Datenmaterial stammt aus der Schweiz. Dort wurden 1985 zwölf Heugebläse von 5,5 und 7,5 kW Nennleistung und einer Förderrohrnennweite von 400 mm getestet. Die Zudosierung des Fördergutes erfolgte durch zwei Personen mit Heugabeln, Förderhöhe und Förderweite wurden gemäß der Formel von Prof. Segler in die Scheinrohrlänge umgerechnet.

Tabelle 18: Heueinlagerung mittels Gebläse (FAT-Daten 1985)  
(Zudosierung durch zwei Personen per Hand)

| Anzahl Messungen<br>n | Mittlere aufgenommene Leistung<br>kW | TS-Gehalt<br>%  | Scheinrohrlänge<br>m | Arbeitsleistung<br>dt/h | Spez. Energiebedarf<br>kWh/dt |
|-----------------------|--------------------------------------|-----------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------|
| 61                    | 8,4<br>s = 1,3                       | 67,8<br>s = 8,1 | 48,5<br>s = 4,0      | 88,8<br>s = 20,5        | 0,09                          |

Arbeitsleistung (dt/h) = - 11,9

- 0,8 \* Scheinrohrlänge (5 - 30 m)

+ 1,0 \* TS-Gehalt (50 - 85 %)

+ 8,6 \* mittlere aufgenommene Leistung (5 - 15 kW)

n = 61 B = 72 %

Mittlere aufgenommene Leistung (kW) = 5,28

- 0,025 \* TS-Gehalt (50 - 85 %)

+ 0,054 \* Arbeitsleistung (30 - 150 dt/h)

n = 61 B = 56 %

Planungsdaten für die Milchviehhaltung für die Einlagerung von Heu bei 4 kg Heu je Tier und Tag in der Futterration:

(Scheinrohrlänge 48 m; TS-Gehalt 75 %)

| mittlere Leistungsaufnahme<br>kW | empfohlene Nennleistung<br>kW | Arbeitsleistung<br>dt/h | Förderzeit bei der Einlagerung; Tierbestand Kühe |     |      |      | spezifischer Energiebedarf<br>kWh/dt |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--|-----|------|------|--------------------------------------|
|                                  |                               |                         | 20   | 40  | 60   | 100  |                                      |
|                                  |                               |                         | h  |     |      |      |                                      |
| 6,5                              | 5,5                           | 81                      | 3,6  | 7,2 | 10,8 | 18,0 | 0,080                                |
| 8,6                              | 7,5                           | 99                      | 2,9  | 5,8 | 8,7  | 14,5 | 0,086                                |
| 12,6                             | 11,0                          | 133                     | 2,2  | 4,4 | 6,6  | 11,0 | 0,094                                |

### Fördergebläse Stroh

Die Prüfung einiger Gebläse neuerer Bauart auf die Eignung zum Fördern von Stroh erfolgte in Wieselburg auf die selbe Art und Weise wie dies bereits für Häckselgut und Heu erfolgte. Die Beschickung der Gebläse erfolgte durch zwei Arbeitskräfte per Hand.

Tabelle 19: Stroheinlagerung mittels Gebläse (Daten Wieselburg)  
(Zudosierung per Hand)

| Anzahl<br>Messungen<br>n | Mittlere aufge-<br>nommene Leistung<br>kW | TS-Gehalt<br>% | Scheinrohr-<br>länge<br>m | Arbeits-<br>leistung<br>dt/h | spez. Energie-<br>bedarf<br>kWh/dt |
|--------------------------|---|----------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| 21                       | 10,4<br>s = 3,0                           | 86<br>s = 6,6  | 14,4<br>s = 5,4           | 70<br>s = 34                 | 0,15                               |

Die Erstellung einer Elektroenergiebedarfsfunktion war auf grund des inhomogenen Datenmaterials nicht möglich.

#### 4.5.1.3 Heutrocknung

In der BR Deutschland sind ungefähr 70.000 Unterdachtrocknungsanlagen (Quelle: AEL 8/83) installiert. In vielen Gründlandgebieten haben sie große Bedeutung, da mit der Unterdachtrocknung gegenüber der herkömmlichen Bodenheugewinnung folgende Vorteile zu erreichen sind: Weitgehendes Ausschalten des Wetterrisikos, Verminderung der Feldverluste und Einsparung von Arbeitskräften. Jedoch wirft Unterdachtrocknung von Heu mit Belüftungsgebläsen hinsichtlich des elektrischen Energieeinsatzes Probleme auf, da aufgrund der hohen Gleichzeitigkeit beim Einschalten der der Gebläse innerhalb der Ortsnetze hohe Belastungsspitzen entstehen können.

Bei der weiteren Betrachtung der Unterdachtrocknung von Heu muß zwischen drei Verfahren unterschieden werden:

- Kaltbelüftung im Heulager mit Außenluft < 70 % relativer Luftfeuchte, wobei 1 cbm Luft 0,8 bis 1,2 g Wasser entziehen kann.
- Belüftung im Heulager mit angewärmter Luft, 1 cbm Außenluft um 5 bis 15 K angewärmt, nimmt zwischen 2 und 4,5 g Wasser auf.
- Warmlufttrocknung im gesonderten Trocknungsbehälter mit Lufterwärmung um 40 K, 1 cbm Warmluft entzieht etwa 10 g Wasser.

#### Heukaltbelüftung

Die Größe des eingesetzten Gebläses, sei es nun Axial- oder Radialgebläse, wird durch die zur Belüftungstrocknung erforderliche Luftmenge und den dabei zu überwindenden Gegendruck bestimmt.

Die erforderliche Luftmenge wiederum ist abhängig von

- A der zu trocknenden Heumenge
- B der zu entziehenden Wassermenge
- C dem Wasseraufnahmevermögen der Luft
- D der verfügbaren Trocknungszeit.

#### A. Die zu trockende Heumenge

In die Berechnung eingehen muß die auf einmal eingelagerte Heumenge, die zur Trocknung ansteht. Das Gewicht in dt bezieht sich dabei aber auf fertig getrocknetes Heu (Endfeuchte 17 % H<sub>2</sub>O).

B. Zu entziehende Wassermenge

Sie wird bestimmt durch Anfangs- und Endfeuchte nach der Formel

$$\text{Wasserentzug (kg) je dt Heu (trocken)} = \frac{100 * (V - N)}{100 - V}$$

V = Feuchtegehalt (%) vor der Trocknung (Einlagerungsfeuchte)

N = Feuchtegehalt (%) nach der Trocknung (also 17 % H<sub>2</sub>O)

Beispiel: Trocknung von 25% auf 17% Wassergehalt

$$\frac{100 * (18 - 17)}{100 - 17} = 1,205 \text{ kg/dt}$$

Je 1 % Wassergehaltsverminderung werden bei der Trocknung auf 17 % Endfeuchte 1.205 kg Wasser pro dt Heu entzogen. Für weitere Endfeuchtegehalte errechnen sich folgende Werte:

Tabelle 20: Wasserentzug je % Wassergehaltsminderung bei unterschiedlichen Endfeuchten

| Trocknung auf Endfeuchte %       | 14    | 16   | 17    | 18   | 20   |
|----------------------------------|-------|------|-------|------|------|
| kg Wasserentzug / dt Heu trocken | 1,163 | 1,19 | 1,205 | 1,22 | 1,25 |





### Berechnung des Leistungsbedarfes von Heubelüftungsgebläsen

Zur Berechnung des Leistungsbedarfes von Heubelüftungsgebläsen ist nicht nur die Kenntnis der erforderlichen Luftmenge notwendig, die zweite Kenngröße ist der auftretende Gegendruck, bei dem die Luftmenge erreicht werden muß. Dieser Gegendruck wird entscheidend beeinflusst von der Heulagerungshöhe, der Lagerungsdichte, der Strömungsgeschwindigkeit der Luft und der Luftführung. Zur Vereinfachung soll hier nur von drei möglichen Gegendrücken:

niedrig 250 Pa, mittel 400 Pa, hoch 600 Pa, ausgegangen werden.

Die Formel zur Berechnung des Lüfterleistungsbedarfes lautet dann:

$$N \text{ (kW)} = \frac{V * P}{n \text{ Gebl.} * n \text{ Motor}}$$

V = Volumenstrom (cbm/s)

P = Gesamtdruck mbar

n = Wirkungsgrade von Gebläse und Motor

Einen direkteren Weg zur Ermittlung der mittleren aufgenommenen Leistung von Axialgebläsen für die Heutrocknung, diese werden zumeist eingesetzt, ermöglicht die Analyse aller DLG-Prüfberichte über Axialgebläse durch VON HEYL. VON HEYL konnte für die drei oben bereits angeführten Gesamtdrücke je eine Regressionsgleichung erstellen, die es ermöglicht, den mittleren Leistungsbedarf zu berechnen:

A. Gesamtdruck 250 Pa (niedrig)

$$\text{Mittlere aufgenommene Leistung (kW)} = - 0,1711 + 0,637 * \text{Volumenstrom (cbm/s)}$$

n = 52      B = 99 %

B. Gesamtdruck 400 Pa (mittel)

$$\begin{aligned} \text{Mittlere aufgenommene Leistung (kW)} &= \\ &= 0,0834 + 0,771 * \text{Volumenstrom (cbm/s)} \\ n &= 45 \quad B = 97 \% \end{aligned}$$

C. Gesamtdruck 600 Pa (hoch)

$$\begin{aligned} \text{Mittlere aufgenommene Leistung (kW)} &= \\ &= 0,1720 + 1,018 * \text{Volumenstrom (cbm/s)} \\ n &= 28 \quad B = 92 \% \end{aligned}$$

Dividiert man die mittlere aufgenommene Leistung (kW) durch die Menge des getrockneten Heues (dt), erhält man den spezifischen Leistungsbedarf (kW/dt)

Durch Multiplikation mit den Belüftungsstunden errechnet sich dann der spezifische Energieverbrauch (kWh/dt) der Belüftungstrocknung.

Eine Berechnung des spezifischen Strombedarfes für die Heu- Kaltbelüftung unter drei unterschiedlichen Bedingungen (günstig, normal, ungünstig) ergibt sehr große Schwankungsbreiten des spezifischen Leistungsbedarfes und Stromverbrauches:

|                                    |                                  |
|------------------------------------|----------------------------------|
| Spezifischer Leistungsbedarf kW/dt | 0,01 - $\overline{0,045}$ - 0,15 |
| Spezifischer Stromverbrauch kWh/dt | 1,3 - $\overline{4,5}$ - 12,0    |

Tabelle 21: Planungsdaten für die Milchviehhaltung  
Heubelüftungstrocknung bei 4 kg oder 10 kg Heu je Tier und Tag  
in der Ration, 200 Winterfüttertage

| Heu in der Ration<br>kg | Bestandesgröße (Kühe) |             |      |          |      |          |      |          |
|-------------------------|-----------------------|-------------|------|----------|------|----------|------|----------|
|                         | 20                    |             | 40   |          | 60   |          | 80   |          |
|                         | kW *                  | kWh/Jahr ** | kW   | kWh/Jahr | kW   | kWh/Jahr | kW   | kWh/Jahr |
| 4                       | 2,3                   | 916         | 4,6  | 1832     | 6,9  | 2748     | 9,2  | 3664     |
| 12                      | 5,9                   | 2380        | 11,8 | 4760     | 17,7 | 7140     | 23,6 | 9520     |

Anfangsfeuchte 40 % - Endfeuchte 17 %

1. Schnitt 50 % des Gesamtertrags, Trocknung auf 2 x 1 Woche

Wasserdampfsättigung 1 g H<sub>2</sub>O/cbm Luft, Gesamtdruck 400 Pa, 100 Stunden

Trockenzeit/Partie

\* Leistungsbedarf (kW)

\*\* Energieverbrauch (kWh)

#### Belüftungstrocknung mit vorgewärmter Luft

Für die Belüftungstrocknung im Heulager mit angewärmter Luft gelten die gleichen Bedingungen wie für die Kaltbelüftung. Durch die Anwärmung um 5 K bis 10 K wird die Wasserdampfsättigung der Trocknungsluft angehoben.

Somit beträgt das Wasseraufnahmevermögen der Trocknungsluft

bei Anwärmung um 5 K etwa 2 g H<sub>2</sub>O/cbm Luft  
um 10 K etwa 3 g H<sub>2</sub>O/cbm Luft  
um 15 K etwa 4 g H<sub>2</sub>O/cbm Luft.

Durch die Erwärmung der Trocknungsluft verkürzt sich jedoch die zulässige Belüftungsdauer vor Eintritt von Verderb auf folgende Zeitspannen

Anwärmung um 5 K 60 h - 80 h - 100 h  
um 10 K 40 h - 50 h - 60 h  
um 15 K 30 h - 40 h - 50 h

(Quelle M.G. Claus AEL 8/1983)

Berücksichtigt man diese abgeänderten Vorgaben, so kann man die notwendige Lüfterleistung und die mittlere Leistungsaufnahme nach demselben Verfahren wie bei der Kaltlüftung berechnen.

Gesondert kalkuliert werden muß aber der zur Luftanwärmung benötigte Energiebedarf. Hierfür bietet sich neben konventionellen Heizgeräten wie Öl- bzw. Gasbrennern auch alternativ die Solartechnik oder die Verbrennung von Strom bzw. Holz an.

#### 4.5.2 Grundfutterentnahme

##### 4.5.2.1 Entnahme von Silage

Die Silageentnahme aus dem Hochsilo erfolgt im landwirtschaftlichen Betrieb von Hand, mit dem Hallengreifer oder mit Silofräsen. Bei der Entnahme aus Flachsilos finden keine elektrisch angetriebenen Geräte Verwendung.

##### Hallengreiferanlagen:

Der Hallengreifer, der schon bei der Grundfuttoreinlagerung ausführlich behandelt wurde, kann das Futter aus dem Hochsilo entnehmen und abwerfen; der Transport auf den Futtertisch erfolgt mit Handkarren bzw. Futterverteilwagen. Der Leistungs- und Energiebedarf der Greiferanlagen bei der Silageentnahme liegt in der Größenordnung wie für die Einlagerung, allerdings treten wegen der hohen Losreißkräfte wesentlich höhere Leistungsaufnahmespitzen (+ 43,7 %) auf. Die Einsatzdauer des Greifers hängt ab von

- der Silagemenge je Fütterung
- dem Fassungsvermögen der Greiferzange
- der Entfernung Hochsilo - Abwurfstelle.

Tabelle 22: Grassilageentnahme mittels Hallengreifer (FAT-Daten)

| Anzahl<br>Daten | mittlere<br>Leistungsaufnahme<br>aller Motore* | Spitze der<br>Leistungsaufnahme<br>aller Motore* | Arbeits-<br>leistung | spezifischer<br>Energiebedarf |
|-----------------|--|--|----------------------|-------------------------------|
| n               | kW   | kW   | dt/h                 | kWh/dt                        |
| 4               | 1,73   | 13,95  | 77,50                | 0,022                         |
|                 | s = 0,48                                       | s = 1,10   | s = 7,14             |                               |

\* Aus meßtechnischen Gründen konnte die Leistungsaufnahme der verschiedenen Antriebsmotore der Greiferanlagen nur gemeinsam erfaßt werden.

Gesamte Auslagerung (Grassilage, Maissilage oder Heu)

| Anzahl<br>Messungen | mittlere<br>Leistungs-<br>aufnahme<br>aller Motore | Spitze der<br>Leistungs-<br>aufnahme | Förder-<br>weite | Förder-<br>höhe | Arbeits-<br>leistung | spezif.<br>Energie<br>bedarf |
|---------------------|--|--------------------------------------|------------------|-----------------|----------------------|------------------------------|
| n                   | kW   | kW                                   | m                |                 | dt/h                 | kWh/dt                       |
| 9                   | 1,6  | 11,14                                | 6,88             | 5,00            | 78,7                 | 0,02                         |
|                     | s = 0,48   | s = 4,5                              | s=3,5            | s=2,29          | s = 15,4             |                              |

Arbeitsleistung (dt/h) = 107,9

- 2,92 \* Förderhöhe (2,0 - 10 m)
- 2,76 \* max. Leistungsaufnahme (2 - 15 kW)
- + 10,1 \* mittl. Leistungsaufnahme (1 - 2,5 kW)

n = 9    B = 82 %

Mittlere Leistungsaufnahme (kW) =

$$\begin{aligned} & 1,3 \\ & - 0,11 * \text{Förderweite (3 - 15 m)} \\ & + 0,22 * \text{Förderhöhe (2,0 - 10 m)} \end{aligned}$$

n = 9    B = 67,5 %

Der Hallengreifer liegt mit seiner mittleren Leistungsaufnahme sowohl bei der Einlagerung als auch bei der Entnahme von Grundfuttermitteln günstiger als Fördergebläse oder Hochsilofräse. Zu beachten sind jedoch die extremen Spitzen der Leistungsaufnahme (besonders bei der Grassilage), die durch die notwendigen Losreißkräfte verursacht werden.

Die Hauptnachteile der Laufkrananlagen sind ihre hohen Kapitalanforderungen für die Gerätetechnik und die Bergehalle sowie die durch die Greiferzange verursachte Auflockerung der Silageoberfläche, sodaß vermehrte Verluste durch Nachgärung auftreten können.

Planungsdaten für die Milchviehhaltung zur Entnahme von Grassilage bei 15 kg Grassilage je Tier und Tag in der Fütteration (Förderweite 10 m, Greiferinhalt 225 kg, maximale Leistungsaufnahme 11,1 kW)

| Förderhöhe<br>m | Arbeitsleistung<br>dt/h | mittlere<br>aufgenommene<br>Leistung<br>kW | Förderzeit bei   |     |     |      | spezifischer<br>Energiebedarf<br>kWh/dt |
|-----------------|-------------------------|--|------------------|-----|-----|------|---|
|                 |                         |  | 20               | 40  | 60  | 100  |   |
|                 |                         |  | Kühen<br>min/Tag |     |     |      |   |
| 5               | 81,9                    | 1,9  | 2,2              | 4,4 | 6,6 | 11,0 | 0,023                                   |
| 10              | 77,4                    | 2,9  | 2,3              | 4,6 | 6,9 | 11,6 | 0,037                                   |
| 15              | 73,9                    | 4,0  | 2,4              | 4,8 | 7,2 | 12,2 | 0,054                                   |

### Obenentnahmefräsen

Gras- und Maissilage werden in vielen Betrieben mit Obenentnahmefräsen aus Hochsilos und bei gasdichten Metallsilos mit Untenentnahmefräse entnommen. Dabei spielen Untenentnahmefräsen nur eine unbedeutende Rolle, da sie hohe Investitionskosten für gasdichte Silos erfordern.

Somit stellt die Obenentnahmefräse die zumeist angewendete Mechanisierung der Silageentnahme dar. Der Einsatz dieses Gerätes führt zu einer Arbeitserleichterung und einer Arbeitszeiteinsparung besonders dann, wenn ein komplettes Fütterungsverfahren angeschlossen wird.

Die Fräsen der Obenentnahme unterscheiden sich durch ihre Fräßwerkzeuge und besonders durch die Art und Weise der Silageförderung. Hierfür gibt es vier Möglichkeiten:

1. Die Fräse mit Abwurfschacht (z.B. Zentralschacht bei Heuturm)
2. Die Fräse mit mechanischem Austrag (Lukenband im Hochsilo erforderlich)
3. Die Fräse mit Wurfgebläse (Lukenband im Hochsilo erforderlich)
4. Die Fräse mit Sauggebläse (Silomantel ohne Luken)

In der Praxis werden vorwiegend Obenfräsen mit Wurfgebläse oder mit Sauggebläse für die Entnahme von Silomais und Grassilage (Häckselgut sowie Ladewagenkurzschnittgut) eingesetzt.

### Obenentnahmefräse mit Wurfgebläse

Bei diesem Typ der Obenentnahmefräse sitzt das Gebläse direkt am Fräsgestell und nimmt den Gutauswurf durch eine Siloluke vor. Der Antrieb von Fräsorganen und Auswurfgebläse erfolgt meist nur durch einen Elektromotor. Die Messungen wurden mit Maissilage und Grassilage durchgeführt.

Tabelle 23: Grassilage-Entnahme Häckselgut (mit Feldhäcksler geerntet)

| Anzahl<br>Messungen | mittlere<br>aufgenommene<br>Leistung<br>kW | TS-Gehalt<br>%  | Arbeits-<br>leistung<br>dt/h | spezifischer<br>Energieverbrauch<br>kWh/dt |
|---------------------|--|-----------------|------------------------------|--|
| n                   |  |                 |                              |  |
| 33                  | 11,0<br>s = 2,8                            | 38,4<br>s = 8,3 | 49,3<br>s = 24,8             | 0,22                                       |

Tabelle 24: Grassilage-Entnahme Kurzschnittladewagengut

| Anzahl<br>Messungen | mittlere<br>aufgenommene<br>Leistung<br>kW | TS-Gehalt<br>%  | Arbeits-<br>leistung<br>dt/h | spezifischer<br>Energieverbrauch<br>kWh/dt |
|---------------------|--|-----------------|------------------------------|--|
| n                   |  |                 |                              |  |
| 21                  | 7,8<br>s = 4,1                             | 35,4<br>s = 4,4 | 25,3<br>s = 9,9              | 0,31                                       |

Eine Elektroenergieverbrauchsfunktion ließ sich in keinem der beiden Fälle erstellen, offensichtlich wirken die Einflußfaktoren

- TS-Gehalt
- Häcksel- bzw. Schnittlängenverteilung
- Gutszusammensetzung
- Lagerdichte

sehr unterschiedlich auf die Entnahmeleistung und die mittlere Leistungsaufnahme ein.

Deutlich erkennbar ist jedoch der um fast 50 % höhere spezifische Energiebedarf bei der Entnahme von Grassilage, geworben mit dem Kurzschnittladewagen, gegenüber gehäckselter Grassilage.



Tabelle 25: Maissilageentnahme

| Anzahl<br>Messungen | mittlere<br>aufgenommene<br>Leistung | TS-Gehalt     | Arbeits-<br>leistung | spezifischer<br>Energiebedarf |
|---------------------|--------------------------------------|---------------|----------------------|-------------------------------|
| n                   | kW                                   | %             | dt/h                 | kWh/dt                        |
| 15                  | 12,6<br>s = 4,4                      | 31<br>s = 6,6 | 75<br>s = 28         | 0,17                          |

Arbeitsleistung (dt/h) = 26,32

+ 3,9 \* mittlere Leistungsaufnahme in (kW / 6 - 19)

n = 15      B = 36,8 %

Mittlere Leistungsaufnahme (kW) = 16,48

- 0,32 \* TS-Gehalt (25 - 37 %)

+ 0,08 \* Entnahmleistung (48 - 96 dt/h)

n = 15      B = 58,9 %

Planungsdaten für die Milchviehhaltung zur Entnahme von Maissilage bei 10 kg Maissilage je Tier und Tag in der Futterration bei 200 Winterfüttertagen (TS-Gehalt 31 %)

| Arbeits-<br>Leistung | mittlere<br>Leistungs-<br>aufnahme | Nenn-<br>leistung | Futtermenge 10 kg/GV, Tag<br>bei einer Bestandsgröße<br>von ... Tieren |     |     |      | Energie-<br>verbrauch | spez.<br>Energie<br>verbrauch |
|----------------------|------------------------------------|-------------------|--|-----|-----|------|-----------------------|-------------------------------|
|                      |                                    |                   | 20   | 40  | 60  | 100  |                       |                               |
| dt/h                 | kW                                 | kW                | Förderzeit min/d   |     |     |      | kWh/GV*a              | kWh/dt                        |
| 52                   | 6,5                                | 5,5               | 2,4  | 4,7 | 7,1 | 11,8 | 2,6                   | 0,13                          |
| 60                   | 8,6                                | 7,5               | -  | 4,0 | 6,0 | 10,0 | 2,9                   | 0,14                          |
| 75                   | 12,6                               | 11,0              | -  | -   | 4,8 | 8,0  | 3,4                   | 0,17                          |
| 93                   | 17,0                               | 15,0              | -  | -   | -   | 6,5  | 3,7                   | 0,18                          |

Obenentnahmefräse mit Sauggebläse

Dieser Typ von Obenentnahmefräsen ist dadurch gekennzeichnet, daß das Gebläse entweder am Silodach oder am Boden neben dem Silo angebracht ist. Eine Saugstrecke führt von der Fräse zum Gebläse und eine Druckstrecke vom Gebläse in den Futterverteilerwagen.

Diese weiten pneumatischen Transportwege haben zum einen zur Folge, daß die Arbeitsleistung geringer und der Energiebedarf hoch ist. Andererseits gehen in die Regressionsgleichung nun nicht nur die Förderhöhe, sondern auch die Förderweite ein.

Ausgedehnte Messungen wurden mit den Gutarten Maissilage, Grassilage gehäckselt und Grassilage vom Kurzschnittladewagen durchgeführt. Dabei zeigte sich, daß das Kurzschnittladewagengut größere Probleme bereitet und die Entnahmeleistung senkt.

Tabelle 26: Saugfräse Grassilage Häckselgut (mit dem Feldhäcksler geerntet)

| Anzahl Messungen | Nennleistungen              | mittlere aufgenommene Leistung | TS-Gehalt | Raumgewicht | Arbeitsleistung | spezifisch. Energieverbrauch |
|------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------|-------------|-----------------|------------------------------|
| n                | kW                          | kW                             | %         | kg/cbm      | dt/h            | kWh/dt                       |
| 21               | Fräsmo. 1,5<br>Gebläse 15,0 | 19,4                           | 44,7      | 606         | 31,4            | 0,62                         |
|                  |                             | s = 1,66                       | s = 9,18  | s = 142     | s = 11,5        |                              |

Durchschnittliche Förderweite 5,5 m s = 5,8 m

Durchschnittliche Förderhöhe 10,5 m s = 3,0 m

Arbeitsleistung (dt/h) = - 14,2

- 0,03 \* Raumgewicht (450 - 750 kg/cbm)

- 0,32 \* Trockenmasse (35 - 55 %)

+ 4,09 \* mittlere Leistungsaufnahme (kW / 15 - 21)

n = 21 B = 86,1 %

Zur Ermittlung der mittleren aufgenommenen Leistung ließ sich keine Regressionsgleichung mit ausreichendem Bestimmtheitsmaß erstellen.

Planungsdaten für die Milchviehhaltung zur Entnahme von Grassilage bei 15 kg Grassilage je Tier und Tag in der Futterration und 200 Winterfüttertagen (Förderhöhe 10,5 m, Förderweite 5,5 m)

Häckselgut (geerntet mit dem Feldhäcksler)

| Arbeitsleistung<br>dt/h | mittlere Leistungsaufnahme<br>kW | empfohlene Motornennleistung<br>kW | Futtermenge 15 kg/GV bei einer Bestandsgröße von Tieren |      |      |      | Elektroenergieverbrauch kWh/GV,a | spez. Energieverbr. kWh/dt |
|-------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---|------|------|------|----------------------------------|----------------------------|
|                         |                                  |                                    | 20  | 40   | 60   | 100  |                                  |                            |
| 16                      | 15,3                             | FO: 2,2<br>SG: 11,0                | 11,3  | 22,5 | 33,8 | 56,3 | 28,8                             | 0,96                       |
| 20                      | 16,2                             | FO: 3,0<br>SG: 11,0                | 9,0   | 18,0 | 27,0 | 45,0 | 24,3                             | 0,81                       |
| 38                      | 20,6                             | FO: 3,0<br>SG: 15,0                |   | 9,5  | 14,3 | 23,7 | 16,2                             | 0,54                       |

FO: Motornennleistung des Fräsmotors

SG: Motornennleistung des Sauggebläses

Tabelle 27: Saugfräse Grassilage Kurzschnittladewagengut

| Anzahl Messungen<br>n | durchschn. Gerätenennleistung<br>kW | mittlere aufgenommene Leistung<br>kW | TS-Gehalt<br>%  | Raumgewicht<br>kg/cbm | Arbeitsleistung<br>dt/h | spez. Energiebedarf<br>kWh/dt |
|-----------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------------|
| 33                    | Fräsm.<br>Gebläse 15                | 1,5<br>19,9<br>s = 2,25              | 40,5<br>s = 9,9 | 706<br>s = 180        | 23,6<br>s = 12          | 0,84                          |

durchschnittliche Förderweite 8,0 m    s = 1,4 m  
 durchschnittliche Förderhöhe 10,2 m    s = 2,0 m

$$\begin{aligned} \text{Arbeitsleistung (dt/h)} &= - 43,4 \\ &- 4,63 * \text{Förderweite (m / 4 - 9)} \\ &- 3,52 * \text{Förderhöhe (m / 8 - 15)} \\ &+ 0,084 * \text{Raumgewicht (kg(cbm / 500 - 900)} \\ &+ 1,12 * \text{Trockenmasse (\% / 30 - 60)} \\ &+ 1,78 * \text{mittlere Leistungsaufnahme} \\ &\quad (\text{kW / 15,5 - 24}) \end{aligned}$$

n = 33    B = 93,3 %

Zur Ermittlung der mittleren Leistungsaufnahme lies sich keine Regressionsgleichung erstellen.

Planungsdaten für die Milchviehhaltung zur Entnahme von Grassilage bei 15 kg Grassilage je Tier und Tag in der Futterration und 200 Winterfüttertagen (Förderhöhe 10,2 m, Förderweite 8 m)

Kurzschnittladewagengut

| Arbeitsleistung<br>dt/h | mittlere Leistungsaufnahme<br>kW | empfohlene Motornennleistung<br>kW | Futtermenge 15 kg/GV bei einer Bestandesgröße von |      |      |      | Elektroenergieverbrauch kWh/GV, a | spez. Energieverbr. kWh/dt |
|-------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---|------|------|------|-----------------------------------|----------------------------|
|                         |                                  |                                    | 20  | 40   | 60   | 100  |                                   |                            |
| 16                      | 15,5                             | FO: 2,2<br>SG: 11,0                | 11,3  | 22,5 | 33,8 | 56,3 | 29,1                              | 0,97                       |
| 24                      | 20,0                             | FO: 3,0<br>SG: 15,0                |   | 15,0 | 22,5 | 37,3 | 24,9                              | 0,83                       |
| 31                      | 24,0                             | FO: 3,0<br>SG: 18,5                |   | 11,6 | 17,4 | 28,9 | 23,1                              | 0,77                       |

FO: Motornennleistung des Fräsorganes  
 SG: Motornennleistung des Sauggebläses

Die Berechnung der Förderzeit erfolgte mit Hilfe der vorliegenden mathematischen Funktion. Das Ergebnis bezieht sich auf die Mittelwerte der Einflußgrößen.

Tabelle 28: Saugfräse Silomais

| Anzahl<br>Messungen | Mittlere<br>aufgenommene<br>Leistung<br>kW | TS-Gehalt<br>%  | Förder-<br>höhe<br>m | Förder-<br>weite<br>m | Arbeits-<br>leistung<br>dt/h | spezifischer<br>Energieverbr.<br>kWh/dt |
|---------------------|--|-----------------|----------------------|-----------------------|------------------------------|---|
| 16                  | 17,1<br>s = 3,99                           | 29,7<br>s = 4,2 | 7,9<br>s = 2,5       | 9,6<br>s = 4,7        | 63,3<br>s = 29               | 0,27                                    |

Arbeitsleistung (dt/h) = - 129,6

- 5,74 \* Förderweite (m / 3 - 15)

+ 4,91 \* Trockenmasse (% / 25 - 33)

+ 5,99 \* mittlere Leistungsaufnahme (kW / 11 - 22)

n = 16      B = 92,6 %

Leistungsaufnahme (kW) = 17,62

- 0,44 \* Trockenmasse (% / 25 - 33)

+ 0,82 \* Förderhöhe (m / 5 - 10)

+ 0,093 \* Arbeitsleistung (24 - 90 dt/h)

n = 16      B = 93,3 %

Planungsdaten für die Milchviehhaltung zur Entnahme von Maissilage bei 10 kg Maissilage je Tier und Tag in der Futterration und 200 Winterfuttertagen (Förderhöhe 7,9 m, Förderweite 9,6 m)

| Arbeitsleistung<br>dt/h | mittlere Leistungsaufnahme<br>kW | empfohlene Leistungsaufnahme<br>kW | Futtermenge 10 kg/GV bei einer Bestandsgröße von |     |     |     | Elektroenergieverbrauch<br>kWh/GV,a | spez. Energieverbr.<br>kWh/dt |
|-------------------------|----------------------------------|------------------------------------|--|-----|-----|-----|-------------------------------------|-------------------------------|
|                         |                                  |                                    | 20   | 40  | 60  | 100 |                                     |                               |
| 40                      | 13,5                             | FO: 2,2<br>SG: 11,0                | 3  | 6   | 9   | 15  | 6,8                                 | 0,34                          |
| 50                      | 15,0                             | FO: 3,0<br>SG: 11,0                | 3,1  | 4,8 | 7,2 | 12  | 6,0                                 | 0,30                          |
| 60                      | 16,8                             | FO: 2,2<br>SG: 15,0                |  | 2,0 | 4,0 | 6,0 | 10,0                                | 0,30                          |
| 70                      | 18,5                             | FO: 3,0<br>SG: 15,0                |  |     | 3,4 | 5,1 | 8,6                                 | 0,26                          |

FO: Motornennleistung des Fräsorganes

SG: Motornennleistung des Sauggebläses

#### 4.5.2.2 Entnahme von Heu

Im Gegensatz zur Silageentnahme herrscht bei der Auslagerung und Fütterung von Heu zumeist die Handarbeitsstufe vor. In Heubergehallen wird jedoch zur maschinellen Entnahme von Heu auch der Hallengreifer eingesetzt. Ferner bietet der Heuturm durch die Fräsentnahme eine günstige Mechanisierungsmöglichkeit, worüber jedoch keine Elektrodaten vorliegen.

Hallengreifer

Bei der Heuentnahme mit dem Hallengreifer gelten die selben Abhängigkeiten, wie sie schon bei der Silageentnahme mit diesem Gerät angesprochen worden sind.

Tabelle 29: Heuentnahme mittels Hallengreifer (FAT-Daten)

| Anzahl<br>Daten | mittlere<br>Leistungsaufnahme<br>alle Motore* | Spitze der<br>Leistungsaufnahme<br>alle Motore* | Arbeits-<br>leistung | spezifischer<br>Energiebedarf |
|-----------------|---|---|----------------------|-------------------------------|
| n               | kW  | kW  | dt/h                 | kWh/dt                        |
| 4               | 1,27<br>s = 0,09                              | 10,53<br>s = 4,07                               | 75,75<br>s = 18,95   | 0,017                         |

\* Aus meßtechnischen Gründen konnte die Leistungsaufnahme der verschiedenen Antriebsmotore der Greiferanlagen nur gemeinsam erfaßt werden.

Gesamte Auslagerung (Heu, Grassilage oder Maissilage)

| Anzahl<br>Messungen | mittlere<br>Leistungs-<br>aufnahme | maximale<br>Leistungs-<br>aufnahme | Förder-<br>weite | höhe           | Arbeits-<br>leistung | spezif.<br>Energie<br>bedarf |
|---------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------|----------------|----------------------|------------------------------|
| n                   | kW                                 | kW                                 | m                |                | dt/h                 | kWh/dt                       |
| 9                   | 1,6<br>s = 0,48                    | 11,14<br>s = 4,5                   | 6,88<br>s=3,5    | 5,00<br>s=2,29 | 78,7<br>s = 15,4     | 0,02                         |

Arbeitsleistung (dt/h) = 107,9  
 - 2,92 \* Förderhöhe (2,0 - 10 m)  
 - 2,76 \* max. Leistungsaufnahme (2 - 15 kW)  
 + 10,1 \* mittl. Leistungsaufnahme (1 - 2,5 kW)

n = 9 B = 82 %

Mittlere Leistungsaufnahme (kW) =

$$\begin{aligned} & 1,3 \\ & - 0,11 * \text{Förderweite (3 - 15 m)} \\ & + 0,22 * \text{Förderhöhe (2,0 - 10 m)} \end{aligned}$$

n = 9    B = 67,5 %

Planungsdaten für die Milchviehhaltung zur Entnahme von Heu bei 4 kg Heu je Tier und Tag in der Futterration (Förderhöhe 5 m, Greiferinhalt 225 kg, maximale Leistungsaufnahme 11,1 kW)

| Förder-<br>weite<br>m | Arbeits-<br>leistung<br>dt/h | mittlere<br>aufgenommene<br>Leistung<br>kW | Förderzeit bei   |     |     |     | spezifischer<br>Energiebedarf<br>kWh/dt |
|-----------------------|------------------------------|--|------------------|-----|-----|-----|---|
|                       |                              |  | 20               | 40  | 60  | 100 |   |
|                       |                              |  | Kühen<br>min/Tag |     |     |     |   |
| 5                     | 81,3                         | 1,9  | 0,6              | 1,2 | 1,8 | 3,0 | 0,023                                   |
| 10                    | 75,8                         | 1,3  | 0,6              | 1,2 | 1,9 | 3,2 | 0,017                                   |
| 15                    | 70,2                         | 0,8  | 0,7              | 1,4 | 2,1 | 3,4 | 0,011                                   |

#### 4.5.3 Getreide - Kraftfutter

Der Bereich des Einlagerns, Aufbereitens und Mischens von Getreide und Kraftfutter nimmt in der Milchviehhaltung nicht die zentrale Stellung wie in der Schweinemast ein. In Milchviehbetrieben wird zur Einlagerung von Futtergetreide zumeist ein Körnergebläse und für die Getreideaufbereitung eine Schrotmühle eingesetzt.



#### 4.5.3.1 Einlagerung

Durch seine große Flexibilität bedingt wird zur Getreide ein- und umlagerung in der Regel ein Körnergebälge verwendet, obwohl mechanische obwohl mechanische Fördergeräte in Bezug auf den spezifischen Energiebedarf günstiger einzuordnen sind.

#### Körnerfördergebälge

Diese Geräte arbeiten zumeist als Schleusengebälge, wobei das Gut entweder durch eine Injektorschleuse oder durch eine mechanische Schleuse (Zellenrad bzw. Schnecke) in die Förderleitung eingebracht wird.

Die Förderleistung hängt von technischen Parametern ab, wie

- Rohrdurchmesser
- Förderhöhe
- Förderweite
- Richtungsänderungen (Anzahl der Bögen)
- Nennleistung
- Gutzuführung

sowie von spezifischen Einflüssen, wie

- Fördergut und sein Raumgewicht
- Trockenmassegehalt

Negativen Einfluß auf die Förderleistung üben bei gegebener Rohrweite und Elektromotornennleistung die Zunahme von Förderhöhe, Förderweite und die Wegführung - häufiges Umlenken des Gutstromes mit Hilfe von Rohrbögen - aus.

Zur Auswertung gelangten DLG-Prüfberichte zu vier Körnergebälgen mit Injektorschleuse:

Tabelle 30: Körnergebläse mit Injektorschleuse (DLG-Prüfberichte)  
(Weizen 15 % H<sub>2</sub>O, Raumgewicht 750 kg/m<sup>3</sup>, Förderweite  
20, 40, 60 m, davon 7 m Förderhöhe, 2 Bögen, Förder-  
rohrinnenweite 150 mm)

| Anzahl<br>Messungen<br>n | Nenn-<br>leistung<br>kW | Förder-<br>weite<br>m | Arbeits-<br>leistung<br>dt/h | spezifischer<br>Energiebedarf<br>kWh/dt |
|--------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------|---|
| 12<br>(4 Gebläse)        | 3,1<br>s = 1,4          | 40<br>s = 17          | 32<br>s = 14                 | 0,12<br>s = 0,03                        |

Spezifischer Stromverbrauch (kWh/dt) = 0,055  
+ 0,0015 \* Förderweite (20 - 60 m)

n = 12      B = 84 %

Arbeitsleistung (dt/h) = 18,44  
- 0,36 \* Förderweite (20 - 60 m)  
+ 8,92 \* Nennleistung (1,5 - 5 kW)

n = 12      B = 93 %

Nennleistung (kW) = - 1,62  
+ 0,037 \* Förderweite (20 - 60 m)  
+ 0,10 \* Arbeitsleistung (10 - 60 dt/h)

n = 12      B = 91 %

Zum Elektroenergiebedarf von Körnergebläsen mit Zellenradschleusen existieren keine Elektroenergieverbrauchsdaten die eine Auswertung zur Erstellung von Verbrauchsgleichungen zuließen.

Planungsdaten für die Milchviehhaltung zur Einlagerung von Getreide bei 3 kg Schrot je Tier und Tag in der Futterration  
(Förderhöhe 7 m, 2 Bögen, 15 % H<sub>2</sub>O)

| Nennleistung<br>kW | Förderweite<br>m | Arbeitsleistung<br>dt/h | mittlere<br>aufgenommene<br>Leistung<br>kW | Laufzeit bei |      |      |      | spezif.<br>Energiebed.<br>kWh/dt |
|--------------------|------------------|-------------------------|--|--------------|------|------|------|----------------------------------|
|                    |                  |                         |  | 20           | 40   | 60   | 100  |                                  |
| 2,2                | 20               | 30,9                    | 2,6  | 7,1          | 14,2 | 21,3 | 35,4 | 0,085                            |
|                    | 40               | 23,7                    | 2,7  | 9,2          | 18,4 | 27,6 | 46,2 | 0,115                            |
| 3,0                | 20               | 38,0                    | 3,2  | 5,8          | 11,6 | 17,4 | 28,8 | 0,085                            |
|                    | 40               | 30,8                    | 3,5  | 7,1          | 14,2 | 21,3 | 35,6 | 0,115                            |
| 5,5                | 20               | 60,3                    | 5,1  | 3,6          | 7,2  | 10,8 | 18,1 | 0,085                            |
|                    | 40               | 53,1                    | 6,1  | 4,1          | 8,2  | 12,3 | 20,6 | 0,115                            |

#### 4.5.3.2 Schrotten

Obwohl verschiedene Mühlenbauarten existieren, werden heute in landwirtschaftlichen Betrieben überwiegend Hammerschrotmühlen eingesetzt. Infolge der Vielseitigkeit ihrer Verwendung und der pneumatischen Förderung besitzen sie entscheidende Vorteile.

Die folgenden Daten sind DLG-Prüfberichten entnommen. Die Messungen wurden beim Schrotten von Gerste, von Mais und von Hafer angestellt. Die Auswertung erfolgte auf zwei Arten. Die ersten Regressionsgleichungen sind für alle drei Gutarten gültig; die Gutart, für die die Berechnung gelten soll muß als Variable in die Gleichung eingesetzt werden. Die weiteren Elektroenergiebedarfsgleichungen wurden für jede Gutart (Gerste, Mais oder Hafer) erstellt und zeichnen sich durch höhere Bestimmtheitsmaße aus.

Tabelle 31: Hammermühlen, gültig für alle Gutarten (DLG-Prüfbericht)

| Anzahl Messungen | Nennleistung<br>kW | mittlere Leistungsaufnahme<br>kW | Lochdurchmesser<br>mm | Hektolitergewicht<br>kg/hl | Arbeitsleistung<br>dt/h | spezifischer Energieverbr.<br>kWh/dt |
|------------------|--------------------|----------------------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| n                |                    |                                  |                       |                            |                         |                                      |
| 152              | 7,7<br>s = 2,3     | 12,15                            | 3,14<br>s = 0,86      | 63,2<br>s = 8,9            | 6,75<br>s = 5,1         | 1,80<br>s = 1,2                      |

Durchschnittlicher Schrottdurchmesser 0,6 mm

$$\begin{aligned}
 \text{Nennleistung (kW)} &= 26,18 \\
 &+ 0,54 * \text{Arbeitsleistung (1 - 30 dt/h)} \\
 &- 1,144 * \text{Gutart (1, 2 oder 3)} \\
 &- 0,24 * \text{(Hektolitergewicht (45 - 78 kg/hl))} \\
 &- 7,7 * \text{mittlerer Schrottdurchmesser (0,2 - 5,4 mm)} \\
 n &= 152 \quad B = 57,1 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spezifischer Energieverbrauch (kWh/dt)} &= 9,7 \\
 &- 0,086 * \text{Hektolitergewicht} \\
 &\quad (45 - 78 \text{ kg/hl}) \\
 &- 0,8 * \text{Sieblochung (1 - 5 mm)} \\
 n &= 152 \quad B = 68,4 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Arbeitsleistung (dt/h)} &= - 40,63 \\
 &+ 2,02 * \text{Gutart (1, 2, 3)} \\
 &+ 0,042 * \text{Hektolitergewicht (45 - 78 kg/hl)} \\
 &+ 1,05 * \text{Nennleistung (5,5 - 15 kW)} \\
 &+ 13,82 * \text{Schrottdurchmesser (0,2 - 5,4 mm)} \\
 n &= 152 \quad B = 82,6\%
 \end{aligned}$$

Gutart 1 = Gerste

Gutart 2 = Mais

Gutart 3 = Hafer

Tabelle 32: Hammermühlen Gutart Hafer (DLG-Prüfberichte)

| Anzahl<br>Messungen | Nenn-<br>leistung | mittlere<br>Leistungs-<br>aufnahme | Sieb-<br>lochung | Hekto-<br>liter-<br>Gewicht | Arbeits-<br>leistung | Spezifischer<br>Energie<br>Verbrauch |
|---------------------|-------------------|------------------------------------|------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| n                   | kW                | kW                                 | mm               | kg/hl                       | dt/h                 | kWh/dt                               |
| 50                  | 7,7<br>s = 2,3    | 10,18                              | 3,19<br>s = 0,89 | 53,18<br>s = 3,12           | 3,7<br>s = 1,7       | 2,75<br>s = 1,41                     |

Durchschnittlicher Schrottdurchmesser 0,71 mm

$$\begin{aligned} \text{Nennleistung (kW)} &= 31,76 \\ &+ 0,85 * \text{Arbeitsleistung (dt/h 4 - 30)} \\ &- 0,43 * \text{Hektolitergewicht (kg/hl 45 - 55)} \\ &- 1,31 * \text{Sieblochung (mm 1 - 5)} \end{aligned}$$

n = 50 B = 77,2 %

$$\begin{aligned} \text{Spezifischer Energieverbrauch (kWh/dt)} &= 12,27 \\ &- 0,11 * \text{Hektolitergewicht} \\ &\quad (\text{kg/hl 45 - 55}) \\ &- 0,93 * \text{Sieblochung (mm 1 - 5)} \\ &- 0,26 * \text{Arbeitsleistung} \\ &\quad (\text{dt/h 4 - 30}) \end{aligned}$$

n = 50 B = 68,5 %

$$\begin{aligned} \text{Arbeitsleistung (dt/h)} &= - 2,67 \\ &+ 1,12 * \text{Sieblochung (mm 1 - 5)} \\ &+ 0,36 * \text{Nennleistung (kW 5,5 - 15,0)} \end{aligned}$$

n = 50 B = 82,8 %

Tabelle 33: Hammermühlen Gutart Gerste (DLG-Prüfberichte)

| Anzahl<br>Messungen | Nenn-<br>leistung | mittlere<br>Leistungs-<br>aufnahme | Sieb-<br>lochung | Schrot<br>durch-<br>messer | Arbeits-<br>leistung | Spezifischer<br>Energie<br>bedarf |
|---------------------|-------------------|------------------------------------|------------------|----------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| n                   | kW                | kW                                 | mm               | mm                         | dt/h                 | kWh/dt                            |
| 52                  | 7,6<br>s = 2,3    |                                    | 3,12<br>s = 0,86 | 0,71<br>s = 0,24           | 5,7<br>s = 3,13      | 1,77<br>s = 0,75                  |

$$\begin{aligned} \text{Nennleistung (kW)} &= 9,28 \\ &- 9,48 * \text{Schrotdurchmesser (mm 0,2 - 1,4)} \\ &+ 0,89 * \text{Arbeitsleistung (dt/h 4 - 32)} \end{aligned}$$

$$n = 52 \quad B = 60,6 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Energieverbrauch (kWh/dt)} &= 4,08 \\ &- 0,435 * \text{Sieblochung (mm 1 - 5)} \\ &- 1,355 * \text{Schrotdurchmesser (mm 0,2 - 1,4)} \end{aligned}$$

$$n = 52 \quad B = 79,0 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Arbeitsleistung (dt/h)} &= - 6,89 \\ &+ 0,68 * \text{Nennleistung (kW 5,5 - 15,0)} \\ &+ 10,45 * \text{Schrotdurchmesser (mm 0,2 - 1,4)} \end{aligned}$$

$$n = 52 \quad B = 83,6$$

Planungsdaten für die Milchviehhaltung beim Schroten von Gerste bei 3 kg Gerstenschrot je Tier und Tag in der Futterration.

(Sieblochung 3,12 mm, Schrotdurchmesser 0,71 mm)

| Nennleistung<br>kW | mittlere<br>aufgenommene<br>Leistung<br>kW | Arbeits-<br>Leistung<br>dt/h | 20  | Laufzeit bei     |      |      | spezifischer<br>Energiebedarf<br>kWh/dt |
|--------------------|--|------------------------------|-----|------------------|------|------|---|
|                    |  |                              |     | 40               | 60   | 100  |   |
|                    |  |                              |     | Kühen<br>min/Tag |      |      |   |
| 5                  | 6,9  | 3,9                          | 9,2 | 18,4             | 27,6 | 46,2 | 1,76                                    |
| 7,5                | 9,9  | 5,6                          | 6,4 | 12,8             | 19,2 | 32,1 | 1,76                                    |
| 10                 | 12,8                                       | 7,3                          | 4,9 | 9,8              | 14,7 | 24,7 | 1,76                                    |

#### 4.5.4 Entmistung

Der Komplex "Entmistung" umfaßt erstens Geräte für das Festmistverfahren; es handelt sich hierbei um stationär eingebaute Anlagen. Zweitens sind Geräte für das Flüssigmistverfahren, also Pumpen und Rührwerke für Gülle zu untersuchen.

##### 4.5.4.1 Festmistverfahren

Die stationäre mechanische Entmistung kann durch Kettenförderer oder Schubstan-  
genanlagen erfolgen. Für die genannten Anlagen sind zwei Punkte zu beachten.

1. Die Entmistung ist achsengebunden
2. Die Dungstätte soll in Verlängerung der Entmistungssachsen liegen

Die Schubstangenentmistung bietet sich auch für einreihige Ställe an, da sie keine Rückführung benötigt. Eine niveaugleiche Kurvenförderung ist bei ihr erschwert ist, sodaß eine separate Außenförderanlage erforderlich wird.

Die Förderschieber der Kettenentmistung sind rechtwinklig zur Förderrichtung angeordnet, die Anlage arbeite mit kontinuierlicher Förderung. Als Vorteil gegenüber der Schubstange kann der Kettenförderer horizontal umgelenkt werden, was bei zweireihiger Aufstallung von Vorteil ist. (Ringkreisanlage)

Faltschieber sind Entmistungsanlagen für Milchviehlaufställe, die in der Mitte des Kotkanales gezogen werden. In Arbeitsstellung bilden die beiden Hälften ein V, im Rücklauf sind Faltschieber zusammenklappbar. Der Nachteil des Faltschiebers ist, daß er sich am Anfang des Laufganges nicht sofort in der Arbeitsstellung befindet.

Zur Auswertung gelangten Prüfberichte des österreichischen Kuratoriums für Landtechnik von neun verschiedenen Schubstangenentmistungsanlagen. Die durchgeführten Messungen ermittelten über einen einjährigen Zeitraum die wirkliche Entmistungsgeschwindigkeit und die mittlere aufgenommene Leistung. Obwohl die zu den Anlagen gehörenden Mischhöhenförderer bei vier der neun Anlagen einen separaten Antriebsmotor besitzen wurde die Leistungsaufnahme stets für die ganze Anlage angegeben.

Tabelle 34: Schubstangenentmistungsanlagen (Prüfberichte Wieselburg)  
(Anlagen mit Schubstangenentmistung und Kettenhöhenförderer,  
mit gemeinsamen oder separaten Elektroantrieben)

| Anzahl<br>Daten | Nenn-<br>leistung | mittlere<br>Leistungs-<br>aufnahme | Länge<br>Entmistung-<br>anlage | Länge<br>Höhen-<br>förderer | reale<br>Entmistung-<br>geschwindig-<br>keit | spezifischer<br>Energieverbr.<br>pro Entmist.<br>und Meter<br>Förderlänge |
|-----------------|-------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--|---|
| n               | kW                | kW                                 | m                              | m                           | m/min  | kWh/m   |
| 9               | 3,5<br>s = 0,6    | 2,0<br>s = 0,7                     | 27,9<br>s = 8,6                | 6,9<br>s = 0,6              | 2,3<br>s = 0,9                               | 0,014   |



Multipliziert man den spezifischen Energiebedarf mit der im Betrieb installierten Förderlänge und der Anzahl Entmistungsvorgänge pro Tag, so kann man ungefähren täglichen Stromverbrauch für die mechanische Entmistung ermitteln.

Für die Kettenentmistungsanlagen existieren keine Untersuchungen über den Elektroenergiebedarf und die Erstellung von Elektroenergiebedarfsgleichungen ist somit nicht möglich.

Ein weiteres Glied in der Festmistkette ist der elektrisch angetriebene Mistgreiferlader. Er stellt die Alternative zum Schlepperfrontlader oder zum schleppergetriebenen hydraulischen Hecklader zum Laden des Mistes auf den Düngerstreuer dar. Die Leistungswerte dieses Gerätes wurden von HONIG (26) übernommen. Die Greiferdrehkräne besitzen eine Nennleistung zwischen 5 und 7,5 kW, je nach Ausladung und Füllgewicht des Greifers. Es tritt ein spezifischer Energieverbrauch von 0,012 bis 0,015 kWh/dt Festmist auf (bei einem Greiferfüllgewicht von 1,5 bis 2,0 dt und einer Arbeitsleistung von 140 bis 180 dt/h).

Tabelle 35: Elektrisch angetriebener Stallunggreiferlader (Honig 26)

| Nennleistung<br>kW | Greiferinhalt<br>dt | Arbeitsleistung<br>dt/h | spezifischer<br>Stromverbrauch<br>kWh/dt |
|--------------------|---------------------|-------------------------|--|
| 5 - 7,5            | 1,5 - 2,0           | 140 - 180               | 0,012 - 0,015                            |

Bei einem jährlichen Rottemistanfall von 100 dt/Milchkuh bei ganzjähriger Haltung im Anbindestall (KTBL) ergibt sich ein Stromverbrauch von 1,2 bis 1,5 kWh/Kuh \* a.

#### 4.5.4.2 Flüssigmistverfahren

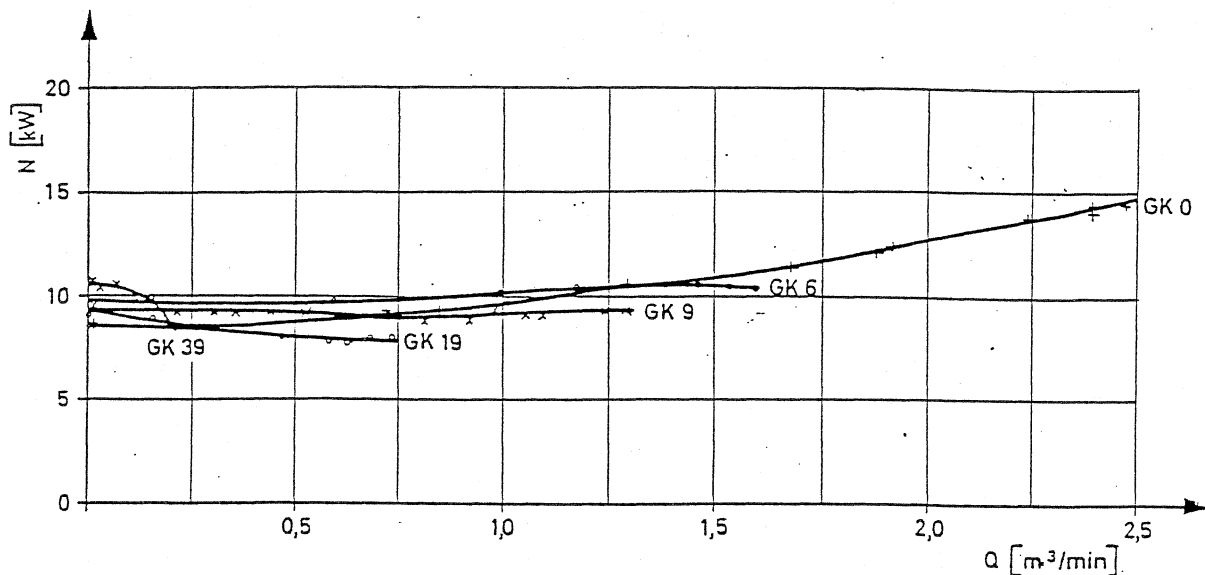
##### Flüssigmistpumpen

Mit der Entwicklung von strohlosen Haltungsformen erlangt das Flüssigmistverfahren zunehmende Verbreitung. Die Flüssigmistverfahren beinhalten Lagerung (Hochbehälter in Verbindung mit Vorgrube oder Tiefbehälter-Einkammersystem), Mischen sowie die Ausbringung der Gulle. Elektrisch angetriebene Flüssigmistpumpen sind wegen ihres hohen Leistungsbedarfes von zentraler Bedeutung. Sie werden zur Förderung des Mistes (Umpumpen von Vorgrube in den Hauptbehälter bzw. Füllen des Tankwagens) sowie zum Mischen der Vorgrube und des Hauptbehälters eingesetzt. Da sich der Flüssigmist während der Lagerung entmischt und sich eine Schwimmschicht und eine Sinkschicht von den flüssigeren Bestandteilen trennt, ist ein intensives Mischen des Flüssigmistes vor der Entnahme und Ausbringung notwendig.

Verbreitet in der Praxis sind zwei Bauarten von Flüssigmistpumpen, Kreiseltauchpumpen und Exzentrerschneckenpumpen. Wegen der hohen Empfindlichkeit gegenüber Trockenlauf und Fremdkörpern sowie eines engen Leistungsbereiches werden Exzentrerschneckenpumpen seltener verwendet. Im folgenden konzentrieren sich die Ausführungen auf Kreiseltauchpumpen.

Daß die Güllekonsistenz einen sehr entscheidenden Einfluß auf die Förderleistung einer Tauchkreiselpumpe ausübt, zeigt Abbildung 21.

Abbildung 21: Leistungsaufnahme einer Tauchkreiselpumpe in Abhängigkeit von der Arbeitsleistung bei unterschiedlichen Güllekonsistenzen (ZEISIG 88)



Zur Information sei hier noch einmal auf die Güllekonsistenzen bei unterschiedlichen Haltungsverfahren hingewiesen.

Abbildung 22: Güllekonsistenzen nach LANGENEGGER (88)

|                      |  |
|----------------------|--|
| GK 0                 | = Wasser   |
| <u>Rindergülle</u>   |  |
| GK 4 - 12            | = Staukanäle, geringe Wassermengen zugesetzt                       |
| GK 10 - 25           | = Fließkanäle, Mastbullen und Milchkühe<br>(ohne Wasserzusatz)     |
| GK 25 - 30           | = Fließkanäle, Mastbullen mit Silomaisfütterung                    |
| GK 25 - 50           | = Oberflurermischung, flüssige Komponenten<br>teilweise verdunstet |
| GK 50                | = eingedickter Fließmist, Förderung mit dem<br>Frontlader möglich  |
| <u>Schweinegülle</u> |  |
| GK 8                 | = Flüssigmist aus Fließkanälen<br>(maximal gemessener Wert)        |

Das analysierte Datenmaterial stammt von einer Vergleichsuntersuchung der Eidgenössischen Forschungsanstalt in Tänikon. Es wurden zwölf elektromotorbetriebene Tauchkreiselpumpen mit den Prüfmedien Wasser und drei unterschiedlichen Güllekonsistenzen getestet.

Ausgewertet wurden Messungen über das Pumpen von Gülle (aus Milchviehhaltung, Schwemmenentmischung unverdünnt, 2 kg Stroh gehäckselt/Tier und Tag, 13,8 % TS-Gehalt, GK 25) in einen Gülletankwagen (FAT).

Tabelle 36: Pumpen von Gülle (GK 25) mit 12 Kreiseltauchpumpen

| Anzahl<br>Messungen | Nenn-<br>Leistung | mittlere<br>Leistungs-<br>aufnahme | Arbeits-<br>leistung | spezifischer<br>Energie<br>verbrauch |
|---------------------|-------------------|------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| n                   | kW                | kW                                 | cbm/h                | kWh/cbm                              |
| 12<br>(12 Pumpen)   | 12,0<br>s = 2,4   | 14,1<br>s = 2,7                    | 118,7<br>s = 27,2    | 0,12<br>0,12                         |

Es zeigte sich, daß bei den unterschiedlichen Pumpenfabrikaten nicht von der Arbeitsleistung auf die mittlere aufgenommene Leistung geschlossen werden kann. Die große Spannweite des spezifischen Elektroenergiebedarfes von 0,09 kWh/cbm bis 0,16 kWh/cbm Gülle verdeutlicht dies. Es fällt offensichtlich schwer, die Pumpenkonstruktion und die Auswahl der Elektromotoren ausreichend aufeinander abzustimmen. Ansonsten dürfte es ja nicht vorkommen, daß eine Güllepumpe mit einem Antriebsmotor von 11 kW Nennleistung eine höhere Arbeitsleistung bei gleichem Prüfaufbau erbringt als zwei andere Pumpen mit 15 kW Antriebsmotoren.

Elektroenergiebedarfsfunktionen für das Pumpen von Gülle mit Tauchkreiselpumpen ließen sich auf Grund des inhomogenen Datenmaterials nicht erstellen. Aus dem gleichen Grund wird auch auf die Erstellung von Planungsdaten verzichtet.

Da die zugrundeliegenden Versuche bereits zehn Jahre zurückliegen sollten erneut Messungen zum Stromverbrauch von Güllepumpen neueren Konstruktionsdatums durchgeführt werden. Dabei sollte auch versucht werden die notwendige Dauer des Homogenisierens des Flüssigmistes mittels Güllepumpe in Abhängigkeit von der Behältergröße und -Form, der Pumpenleistung und der Güllekonsistenz zu ermitteln, da das Homogenisieren neben dem Pumpen in den Tankwagen einen nicht zu unterschätzenden Strombedarf verursacht.

#### 4.5.5 Milchentzug

Der Komplex des Milchentzuges in der Milchviehhaltung setzt sich aus folgenden Vorgängen zusammen:

Melken Elektrogeräte hierzu sind die Vakuumpumpe und oft die Milchförderpumpe

Reinigen der Melkmaschine,  
heute meist mittels elektrischer Spülautomaten

Kühlung der Milch  
mit sehr unterschiedlich aufgebauten elektrischen Kühlaggregaten

Erst die Verknüpfung und Aufsummierung der einzelnen Elektroenergieverbraucher führt zum Gesamtenergiebedarf dieses Arbeitsverfahrens.

##### 4.5.5.1 Melkanlage

Innerhalb der Melkanlage ist die von einem Elektromotor angetriebene Vakuumpumpe der dominierende Elektroenergieverbraucher. Andere, zur Melkanlage gehörende Elektrogeräte, wie elektrisch gesteuerte Pulsatoren oder die Milchpumpe, weisen eine nur geringe Leistungsaufnahme auf.

Die Arbeitsleistung der Vakuumpumpe muß die Saugleistung der Melkanlage gewährleisten. Die benötigte Nennleistung errechnet sich nach AIYK (7) aus folgender Regressionsformel (für Rohrmelkanlagen)

$$N = 0,2 + 0,003 * V$$

N = elektrischer Leistungsbedarf in kW

V = Luftdurchsatz der Vakuumpumpe (1/min) für ein Nennvakuum von 0,5 bar

Nach der DIN 11 845 ergibt sich ein linearer Zusammenhang zwischen dem Luftdurchsatz und der Anzahl der Melkzeuge. Zur Sicherheit wird ein Zuschlag von 90 l/min als Reserve angesetzt.

$$V = 90 + 60 * MZ$$

V = Luftdurchsatz in l/min

MZ = Anzahl der Melkzeuge

Aus der Zusammenfassung der Gleichungen wird

$$N = 0,47 + 0,18 * MZ$$

Während der Melkzeit ändert sich die Leistungsaufnahme der Vakuumpumpe nicht wesentlich, weil durch den Unterdruckregler die geförderte Gesamtluftmenge nahezu konstant gehalten wird. Der elektrische Energieverbrauch der Vakuumpumpe wird daher lediglich durch die Dauer der Melkarbeit und der Spülzeit bestimmt. Aus arbeitswirtschaftlichen Untersuchungen (SCHÖN/ZÄH/AUERNHAMMER) sind die Arbeitszeiten für das Melken in unterschiedlichen Bestandsgrößen, Aufstallungsformen und Mechanisierungsstufen bekannt.

Die Auswertung der DLG-Prüfberichte über Eimer- und Rohrmelkanlagen ergab folgende Ergebnisse:

Tabelle 37: Kenndaten der Vakuumpumpe - Eimermelkanlage (DLG-Prüfberichte)

| Anzahl Messungen | Anzahl Melkzeuge | Nennleistung   | mittlere<br>aufgenommene<br>Leistung |
|------------------|------------------|----------------|--------------------------------------|
| n                | n                | kW             | kW                                   |
| 7                | 1                | 0,27<br>s=0,07 | 0,21<br>s=0,08                       |
| 10               | 2                | 0,30<br>s=0,10 | 0,33<br>s=0,11                       |
| 3                | 4                | 0,70<br>s=0,35 | 0,81<br>s=0,34                       |

mittlere aufgenommene Leistung (kW) =  $0,026 + 0,173 * \text{Anzahl Melkzeuge}$   
(1 bis 5 Stück)

n = 23    BEST. = 75 %

Planungsdaten für die Milchviehhaltung, Melken im Anbindestall mit Eimermelkanlage (Arbeitszeitbedarf ermittelt mit dem Kalkulationsprogramm für die Innenwirtschaft KALINN TV 2072 des Landwirtschaftlichen Informationssystems Landtechnik LISL)

|                                     |                                  | Melkzeuge Anzahl |      |      |
|-------------------------------------|----------------------------------|------------------|------|------|
|                                     |                                  | 1                | 2    | 3    |
| mittlere aufgenommene Leistung (kW) |                                  | 0,2              | 0,37 | 0,55 |
| empfohlene Motornennleistung (kW)   |                                  | 0,25             | 0,37 | 0,55 |
| 5 Kühe                              | Melkzeit h/d                     | 0,95             | -    | -    |
|                                     | Energieverbrauch* kWh/Kuh u.Jahr | 17,7             |      |      |
| 10 Kühe                             | Melkzeit h/d                     | 1,71             | 0,95 | -    |
|                                     | Energieverbrauch* kWh/Kuh u.Jahr | 13,5             | 16,4 |      |
| 15 Kühe                             | Melkzeit h/d                     | 2,48             | 1,36 | 1,33 |
|                                     | Energieverbrauch* kWh/Kuh u.Jahr | 12,1             | 14,0 | 20,5 |
| 20 Kühe                             | Melkzeit h/d                     | -                | 1,79 | 1,76 |
|                                     | Energieverbrauch* kWh/Kuh u.Jahr |                  | 12,9 | 18,9 |
| 25 Kühe                             | Melkzeit h/d                     | -                | -    | 2,19 |
|                                     | Energieverbrauch* kWh/Kuh u.Jahr |                  |      | 18,1 |



\* Bei der Ermittlung des Elektroenergieverbrauchs wurden 305 Laktationstage pro Kuh und Jahr angenommen. Die Laufzeit der Vakuumpumpe setzt sich aus der täglichen Melkzeit und der Laufzeit während der Reinigung der Melkzeuge zusammen. Diese dauert nach DLG-Prüfberichten und AEL-Merkblatt 9/1980 bei Einsatz eines Reinigungsautomaten für Eimermelkanlagen  $2 \times 15 \text{ min} = 0,5 \text{ h/d}$

Tabelle 38: Kenndaten der Vakuumpumpe - Rohrmelkanlage (DLG-Prüfberichte)

| Anzahl Messungen | Anzahl Melkzeuge | Rohrleitungs-<br>länge | Nennleistung   | aufgenommene<br>Leistung |
|------------------|------------------|------------------------|----------------|--------------------------|
| n                | n                | m                      | kW             | kW                       |
| 3                | 2                | 23,2<br>s=3,2          | 0,78<br>s=0,30 | 0,74<br>s=0,26           |
| 3                | 3                | 27,4<br>s=6,8          | 1,13<br>s=0,35 | 1,09<br>s=0,28           |
| 3                | 4                | 34,9<br>s=16,4         | 2,30<br>s=1,4  | 2,10<br>s=1,1            |
| 2                | 5                | 26,5<br>s=5,7          | 1,50<br>s=0,0  | 1,56<br>s=0,40           |

mittlere aufgenommene Leistung (kW) = - 1,28  
 + 0,065 \* Rohrleitungslänge (10 - 60 m)  
 + 0,24 \* Anzahl d. Melkzeuge  
 (2 - 5 Stück)

n = 11 BEST. = 93 %

Planungsdaten für die Milchviehhaltung, Melken im Anbindestall mit Rohrmelkanlage (Arbeitszeitbedarfs ermittelt mit KALINN TV 2170, Rohrleitungslänge 30 m)

|                                     |                                   | Melkzeuge Anzahl |      |      |
|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------|------|------|
|                                     |                                   | 2                | 3    | 4    |
| mittlere aufgenommene Leistung (kW) |                                   | 1,0              | 1,3  | 1,5  |
| empfohlene Motornennleistung (kW)   |                                   | 0,75             | 1,1  | 1,5  |
| 10 Kühe                             | Melkzeit h/d                      | 0,95             | -    |      |
|                                     | Energieverbrauch* kWh/Kuh u. Jahr | 79,9             |      |      |
| 20 Kühe                             | Melkzeit h/d                      | 1,71             | 1,14 |      |
|                                     | Energieverbrauch* kWh/Kuh u. Jahr | 51,5             | 55,7 |      |
| 30 Kühe                             | Melkzeit h/d                      | 2,48             | 1,71 | 1,67 |
|                                     | Energieverbrauch* kWh/Kuh u. Jahr | 42,2             | 44,7 | 50,9 |
| 40 Kühe                             | Melkzeit h/d                      | -                | 2,28 | 2,17 |
|                                     | Energieverbrauch* kWh/Kuh u. Jahr |                  | 39,2 | 43,9 |
| 50 Kühe                             | Melkzeit h/d                      | -                | -    | 2,67 |
|                                     | Energieverbrauch* kWh/Kuh u. Jahr |                  |      | 39,7 |

\* Bei der Ermittlung des Elektroenergieverbrauchs wurden 305 Laktationstage pro Kuh und Jahr angenommen. Die Laufzeit der Vakuumpumpe setzt sich aus der täglichen Melkzeit und der Laufzeit während der Reinigung der Melkanlage zusammen. Diese dauert laut DLG-Prüfberichten und AEL-Merkblatt 9/1980 bei Einsatz eines Spülautomaten für Rohrmelkanlagen  
2 x 50 min = 1,67 h/d (ein Spülgang 45 - 60 min).

Planungsdaten für die Milchviehhaltung, Melken im Laufstall mit Fischgrätmelkstand

(Arbeitszeitbedarf ermittelt mit KALINN TV 2272, Rohrleitungslänge 15 m)

|                                     |                                   | Melkstand-Buchten<br>Anzahl Melkzeuge |             |             |
|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|
|                                     |                                   | 2 x 4<br>8                            | 2 x 5<br>10 | 2 x 6<br>12 |
| mittlere aufgenommene Leistung (kW) |                                   | 1,6                                   | 2,0         | 2,5         |
| empfohlene Nennleistung (kW)        |                                   | 1,5                                   | 2,2         | 2,2         |
| 40 Kühe                             | Melkzeit h/d                      | 1,77                                  | 1,67        | -           |
|                                     | Energieverbrauch* kWh/Kuh u. Jahr | 42,0                                  | 50,9        |             |
| 60 Kühe                             | Melkzeit h/d                      | 2,52                                  | 2,51        | 2,50        |
|                                     | Energieverbrauch* kWh/Kuh u. Jahr | 34,1                                  | 42,5        | 52,9        |
| 80 Kühe                             | Melkzeit h/d                      | 3,31                                  | 3,30        | 3,28        |
|                                     | Energieverbrauch* kWh/Kuh u. Jahr | 30,4                                  | 37,9        | 47,2        |
| 100 Kühe                            | Melkzeit h/d                      | -                                     | 4,13        | 4,11        |
|                                     | Energieverbrauch* kWh/Kuh u. Jahr |                                       | 35,4        | 44,1        |

Bei der Ermittlung des Elektroenergieverbrauchs wurden 305 Laktationstage pro Kuh und Jahr angenommen. Die Laufzeit der Vakuumpumpe setzt sich aus der täglichen Melkzeit und der Laufzeit während der Reinigung der Melkanlage zusammen. Diese dauert laut DLG-Prüfberichten und AEL-Merkblatt 9/1980 bei Einsatz eines Spülautomaten für die Rohrmelkanlagen  
2 x 50 min = 1,67 h/d (ein Spülgang 45 - 60 min)

Bei der genaueren Betrachtung der Planungsdaten fällt auf, daß der Spülvorgang, während dem die Vakuumpumpe der Melkanlage in Betrieb sein muß, einen großen Einfluß auf den Gesamtstromverbrauch der Melkanlage besitzt.

Übereinstimmend nennen DLG-Prüfberichte und das AEL-Merkblatt 9/1980 als Dauer eines Spülprogrammes für Rohrmelkanlagen im Anbindestall wie im Melkstand 45 bis 60 Minuten; für die Reinigung der Melkzeuge einer Eimermelkanlage mittels Reinigungsautomaten werden 10 bis 20 Minuten benötigt.

Der Vergleich der Planungswerte mit den Praxismessungen im Betrieb Dengl zeigt eine deutliche Diskrepanz auf. Während dort (30 Kühe, Anbindestall) die Vakuumpumpe für Melken und Spülen 3745 kWh/a benötigt, ergibt sich nach den Planungsdaten nur ein Verbrauch von 1527 kWh/a (nach Planungsdaten AYIK 7 rd. 1400 kWh/a).

Es finden sich jedoch zwei plausible Gründe für den extrem hohen Stromverbrauch bei Dengl

1. die Vakuumpumpe hat eine mittlere Leistungsaufnahme von 1,98 kW gegenüber 1,3 kW in den Planungsdaten, sie ist also überdimensioniert
2. die durchschnittliche Dauer des Laufs der Vakuumpumpe während des Melkens beträgt im Betrieb Dengl 3,78 Stunden gegenüber 1,67 Stunden Melkzeit, die die Arbeitszeitkalkulation KALINN den Planungsdaten zu Grunde legt.

#### 4.5.5.2 Spülanlage

Heute besitzen bereits eine ganze Anzahl Betriebe Spülautomaten, die die Reinigung von Melkzeugen und Milchleitungen selbständig mit einem festgelegten Programm, ähnlich wie eine Waschmaschine, durchführen.

Sie lassen sich in zwei funktionelle Einheiten aufgliedern, den Steuerteil, der den Programmablauf bestimmt, und den Wassererwärmungsteil in Gestalt eines elektrischen Durchlauferhitzers, der bis zu 60 Grad C heißes Spülwasser zur Verfügung stellt.

Spülautomaten sind in zweifacher Hinsicht für den Leistungsbedarf und den Stromverbrauch bedeutungsvoll und zwar 1. durch die zusätzliche Laufzeit der Vakuumpumpe während des Spülens und 2. durch das notwendige Aufheizen des Spülwassers.

Die Dimensionierung des zumeist verwendeten Durchlauferhitzers hängt von der zu reinigenden Rohrlänge ab. Die AEL (3) empfiehlt

|                        |                      |
|------------------------|----------------------|
| bis 35 m Rohrlänge     | 6,0 kW Nennleistung  |
| 35 bis 70 m Rohrlänge  | 7,5 kW Nennleistung  |
| 70 bis 90 m Rohrlänge  | 9,0 kW Nennleistung  |
| 90 bis 120 m Rohrlänge | 12,0 kW Nennleistung |

Diese Empfehlungen gelten dann, wenn kaltes Leitungswasser (Zulauftemperatur 10 Grad C) den Spülautomaten versorgt.

Bei einer Wasserzulauftemperatur von 35 Grad C (z.B. aus dem Warmwasserspeicher) verringert sich die Nennleistung um etwa 50 % (AYIK 7).

Die Tatsache, daß außer den Beobachtungen am Betrieb Dengl nur drei DLG-Prüfberichte über Spülanlagen existieren erlaubt keine statistische Auswertung und Regressionsrechnung.

Als Haupteinflußfaktoren auf den Stromverbrauch wirken

- die zur Spülung zu erwärmende Wassermenge
- die notwendige Wassererwärmung, meist von 10 Grad C auf 60 Grad C
- die Abkühlung innerhalb des Rohrsystemes während des Spülvoranges.

AYIK (7) hat die theoretischen Zusammenhänge in seiner Arbeit ausführlichst beschrieben.

Für die Kalkulation des Elektro-Energieverbedarfes eines Spülautomaten können die Planungsdaten von AYIK herangezogen werden (7).

Elektrischer Leistungsbedarf und Energieverbrauch von Spülautomaten.  
(Ø Raumtemperatur 15°C Hauptspülzeit 15 min, Hauptspültemperatur 50°C)

| Bestandsgröße  | Rohr-<br>oberfläche<br>m <sup>2</sup> | PLEXIGLASROHRE                  |      |      |                  |      |      | CR - NI - ROHRE                 |      |      |                  |      |      |      |      |
|----------------|---------------------------------------|---------------------------------|------|------|------------------|------|------|---------------------------------|------|------|------------------|------|------|------|------|
|                |                                       | Elektrischer<br>Leistungsbedarf |      |      | Energieverbrauch |      |      | Elektrischer<br>Leistungsbedarf |      |      | Energieverbrauch |      |      |      |      |
|                |                                       | kW                              |      |      | kWh/Jahr         |      |      | kW                              |      |      | kWh/Jahr         |      |      |      |      |
| Kühe           |                                       | (1)                             | (2)  | (3)  | (1)              | (2)  | (3)  | (1)                             | (2)  | (3)  | (1)              | (2)  | (3)  |      |      |
| Anbindestall   | 20                                    | 5,5                             | 5,8  | 3,4  | 1,5              | 1060 | 1104 | 1179                            | 7,0  | 4,6  | 1,5              | 1280 | 1330 | 1376 |      |
|                | 40                                    | 8,0                             | 8,6  | 4,9  | 1,5              | 1570 | 1640 | 1771                            | 10,4 | 6,6  | 1,5              | 1891 | 1952 | 2066 |      |
|                | 60                                    | 11,0                            | 11,6 | 6,6  | 2,0              | 2117 | 2208 | 2361                            | 14,0 | 9,0  | 2,0              | 2555 | 2646 | 2754 |      |
| Lauf-<br>stall | Fischgräten-<br>melkstand             | 40                              | 4,0  | 4,3  | 2,4              | 1,5  | 788  | 816                             | 885  | 5,2  | 3,3              | 1,5  | 949  | 976  | 1033 |
|                |                                       | 60                              | 5,5  | 5,8  | 3,4              | 1,5  | 1060 | 1104                            | 1179 | 7,0  | 4,6              | 1,5  | 1280 | 1330 | 1376 |
|                | Karussell-<br>melkstand               | 80                              | 6,5  | 7,1  | 4,0              | 1,5  | 1299 | 1352                            | 1475 | 8,6  | 5,5              | 1,5  | 1562 | 1616 | 1721 |
|                |                                       | 100                             | 12,0 | 12,9 | 7,3              | 2,0  | 2358 | 2460                            | 2656 | 15,6 | 10,0             | 2,0  | 2840 | 2940 | 3098 |

(1) Wasserzulauftemperatur 10°C, Spülautomat mit Durchlauferhitzer.

(2) Wasserzulauftemperatur 35°C, Spülautomat mit Durchlauferhitzer und Heißwasserspeicher.

Hierbei wird die Hälfte von der zur Hauptspülung verwendeten Wassermenge aus dem vorhandenen Speicher entnommen. Dazugehörige Energiemengen sind bei den Verbrauchswerten jeweils mitberücksichtigt.

(3) Heißwasserspeicher ohne Durchlauferhitzer (60°C).

Vergleicht man jedoch die Kalkulationswerte AYIK's mit den Praxisdaten Dengl, so fällt eine enorme Diskrepanz auf.

Obwohl im Betrieb Dengl das Spülwasser nur von 35 Grad C auf 70 Grad C um 35 K erhitzt werden muß, weicht der gemessene Stromverbrauch mit 2075 kWh/a für die 30 Kühe im Anbindestall etwa 600 kWh von dem Wert ab, den AYIK für die gleiche Kuhzahl bei Erwärmung des Wassers um 40 K, von 10 Grad C auf 50 Grad C mit 1400 kWh/a angibt.

Weitere Praxismessungen wären für eine weitergehende Beurteilung erforderlich.

#### 4.5.5.3 Milchkühlung

Die Milchkühlung hat die Aufgabe, die Frischmilch innerhalb von maximal drei Stunden auf + 4 Grad C herabzukühlen und bis zur Abholung auf dieser Temperatur zu halten. Die Dimensionierung der Anlage richtet sich nach dem größten zu erwartenden Tagesgemelk und nach der Häufigkeit der Abholung (täglich = 2 Gemelke; zweitägig = 4 Gemelke).

Die unterschiedlichen Kühlsysteme gehen aus dem AEL-Merkblatt 1/1977 hervor. Hier sollte jedoch nur auf die häufig Verwendung findenden Milchlagertanks oder -wannen mit Direktkühlung durch Kältemaschinen eingegangen werden.

Hierzu wurden Daten von zehn Milch Kühlanlagen aus DLG-Prüfberichten zusammengestellt. Diese Messungen gehen von einer Raumtemperatur von 25 Grad C aus, eine Kühlung der Milch von 30 Grad C auf 4 Grad C muß in weniger als drei Stunden möglich sein. Der spezifische Energiebedarf (kWh/l) wurde bei 50 % und 100 % Auslastung der Anlagen ermittelt.

Tabelle 39: 10 Milchdirektkühlanlagen (DLG-Prüfbereiche)

| Anzahl<br>Messungen<br>n | Nenn-<br>leistung<br>kW | Einschaltdauer<br>pro Gemelk<br>h | Größe<br>Gemelk*<br>l | Spezifischer<br>Energiebedarf<br>kWh/l |
|--------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--|
| 20                       | 3,13<br>s = 1,04        | 1,97<br>s = 0,7                   | 282<br>s = 170        | 0,0195<br>s = 0,004                    |

\* Tagesgemelk = zwei Gemelke

Jahresverbrauch der Milchkühlung (kWh/a) = 0,0195 kWh/l

\* Jahresmilchmenge (l/a)

Nennleistung des Kühlaggregates (kW) = 3,545

+ 0,006 \* Größe eines Durchschnittsgemelks  
(100 - 600 l)

- 1,069 \* Einschaltdauer pro Gemelk  
(1,0 - 2,8 h)

n = 20      B = 76 %

Der Praxisbetrieb Dengl müßte nach dieser Kalkulation

$4700 \text{ l Milch/Kuh} * a * 30 \text{ Kühe} * 0,0195 \text{ kWh/l} = 2750 \text{ kWh/a}$

Elektroenergie benötigen. Der tatsächlich für die Milchkühlung gemessene Verbrauch betrug 2470 kWh/a. Die Ursache hierfür dürfte bei der im mittel niedrigeren Milch- und Milchkammertemperatur liegen.

#### 4.5.6 Stallklima

Unter der Überschrift "Klima in geschlossenen Ställen" faßt die DIN 18 910 Ausführungen und Bestimmungen über den Wärmehaushalt, Be- und Entlüftung sowie die Beleuchtung zusammen.

##### 4.5.6.1 Beleuchtung

In landwirtschaftlichen Betriebsstätten muß auch in Zeiten ohne ausreichendes Tageslicht ein reibungsloser und sicherer Arbeitsablauf möglich sein. So kann eine gute Beleuchtung die Arbeitsqualität verbessern helfen und Unfälle verhindern. Als Lichtquelle finden Leuchtstofflampen, Glühlampen und Quecksilberdampflampen Verwendung. Bei kurzzeitigem Einschalten sind Glühlampen, bei längerer Benutzung Leuchtstofflampen wirtschaftlicher.

In der DIN 18 910 "Klima in geschlossenen Ställen" werden spezielle Werte über den Beleuchtungsbedarf in Stallungen angegeben. Eine besonders gute Beleuchtung werden darin besonders für Arbeits- und Verkehrszonen, in denen Gefahren auftreten können, sowie für Kontrollbereiche gefordert. Tabelle 40 gibt die mittlere Beleuchtungsstärke und die entsprechend zu installierende elektrische Leistung an.



Tabelle 40: Mittlere Beleuchtungsstärke und die entsprechend zu installierende elektrische Leistung für ausgewählte Betriebsräume (nach DIN 18 910)

| Raumart               | Beleuchtungsstärke | Elektrische Leistung |                          |
|-----------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|
|                       | Lux                | Glühlampen<br>W/qm   | Leuchtstofflampe<br>W/qm |
| Milchviehanbindestall |                    |                      |                          |
| Melkzone              | 120                | 16 - 25              | 6 - 8                    |
| Stall (übriger Raum)  | 30                 | 4 - 6                | 1,5 - 2                  |
| Milchviehlaufstall    |                    |                      |                          |
| Milchraum             | 120                | 16 - 25              | 6 - 8                    |
| Melkstand             | 120                | 16 - 25              | 6 - 8                    |
| Futterlager           | 60                 | 8 - 12               | 6 - 8                    |
| Stall (übriger Raum)  | 30                 | 4 - 6                | 1,5 - 2                  |

Die Berechnungsgrundlage für eine Kalkulation ist in Watt pro Quadratmeter (W/qm) angegeben. Die einzelnen Lichtquellen aufsummiert ergeben die Gesamtnennleistung. Unter Berücksichtigung der täglichen Einschaltdauer ist der jährliche Elektroenergieverbrauch prognostizierbar.

Die Faktoren, die die Einschaltdauer der Beleuchtung beeinflussen sind:

- Der tägliche Arbeitszeitbedarf für Füttern, Melken, Entmisten und Sonderarbeiten (z.B. Geburtshilfe leisten)
- Die jahreszeitlich schwankende "Dauer des Tageslichtes"
- Die unterschiedlichen natürliche Belichtung der Gebäude und Räume (Fensterflächen)

Nach AYIK (7) dürfte die Beleuchtung in Milchviehställen etwa drei Stunden täglich (Jahresmittel), also etwa 1100 Stunden im Jahr, eingeschaltet sein.

Messungen von ZEISIG (88) bestätigen diesen Mittelwert, zeigen aber auch eine sehr große Schwankungsbreite der Einschaltdauer der Beleuchtung, die von 450 bis 1200 Stunden/a reicht.

Eine sehr aktuelle Untersuchung von NIEDERMEIER (38) aus dem Jahre 1986 zeigt, daß die in 30 Milchviehbetrieben gemessene Beleuchtungsstärke in vielen Bereichen nicht den DIN-Forderungen entsprechen.

Tabelle 41: Vergleich der Ist- und Sollwerte der Beleuchtungsstärke in verschiedenen Raumarten (NIEDERMEIER 38)

| Raumart                                      | Beleuchtungsstärke (lx) |  |              |
|--|-------------------------|--|--------------|
|  | DIN 18 910              | tatsächlich ermittelte durchschnittliche Werte | Abweichung % |
| Laufstall                                    |                         |  |              |
| Futtergang                                   | 30                      | 27,5 *   | 8            |
| Melkstand                                    |                         |  |              |
| Melkgrube                                    | 250                     | 102  | 59           |
| Milchkammer                                  |                         |  |              |
| Arbeitszone                                  | 120                     | 110,5 *  | 8            |
| Siloanlage =<br>Futteraufbe-<br>reitungsraum | 60                      | 17   | 72           |
| Heuboden                                     | 30                      | 10   | 67           |

|  |     |        |    |
|--|-----|--------|----|
| Anbindestall                                 |     |        |    |
| Futtergang                                   | 30  | 24,6 * | 18 |
| Melkgang                                     | 120 | 44,8   | 63 |
| Milchkammer                                  |     |        |    |
| Arbeitszone                                  | 120 | 61,4 * | 49 |
| Siloanlage =<br>Futteraufbe-<br>reitungsraum |     |        |    |
|  | 60  | 11,5   | 81 |
| Heuboden                                     | 30  | 10     | 67 |

Die mit \* versehenen Zahlen sind Mittelwerte aus der Beleuchtungsstärke unter einer Lampe und zwischen zwei Lampen.

Tabelle 42: Vergleich der Ist- und Sollwerte der Leistung pro Fläche bei Verwendung von Leuchtstofflampen (NIEDERMEIER 38)

| Raumart                | Leistung (Watt/qm) |   | Abweichung<br>% |
|------------------------|--------------------|---|-----------------|
|                        | DIN 18 910         | tatsächliche<br>durchschnittliche Werte |                 |
| Laufstall              | 1,5 - 2            | 0,82                                    | 53              |
| Anbindestall           | 1,5 - 2            | 1,1                                     | 37              |
| Melkstand              | 12 - 16            | 2,62                                    | 81              |
| Milchkammer            |                    |   |                 |
| - Laufstallbetriebe    | 6 - 8              | 2,69                                    | 62              |
| - Anbindestallbetriebe | 6 - 8              | 2,63                                    | 63              |

Aus den 30 Praxismessungen wurde nun versucht, eine Regressionsgleichung zu erstellen.

1. Anbindestall (inkl. Milchammer)

$$\begin{aligned} \text{Installierte Beleuchtungsleistung (Watt)} &= 34,85 \\ &+ 11,01 * \text{Kuhzahl (7 - 55)} \\ n &= 20 \quad B = 71 \% \end{aligned}$$

2. Laufstall (inkl. Melkstand und Milchammer)

$$\begin{aligned} \text{Installierte Beleuchtungsleistung (Watt)} &= 73,65 \\ &+ 10,63 * \text{Kuhzahl (40 - 70)} \\ n &= 10 \quad B = 32 \% \end{aligned}$$

Zu einer Abschätzung des ungefähren Stromverbrauches für die Beleuchtung eines Milchviehstalles bedarf es der Multiplikation der installierten Beleuchtungsleistung (Watt) mit einer mittleren jährlichen Einschaltdauer (1100 h/a s.o.).

Planungsdaten für die Milchviehhaltung zur Beleuchtung von Ställen  
(Jährlicher Stromverbrauch für den ganzen Stall)

|                                  | Installierte Beleuchtungsleistung |      |      |      | Stromverbrauch |     |     |      |
|----------------------------------|-----------------------------------|------|------|------|----------------|-----|-----|------|
|                                  | 20                                | 40   | 60   | 80   | 20             | 40  | 60  | 80   |
|                                  | kW                                |      |      |      | kWh/a          |     |     |      |
| Anbindestall<br>(mit Milchammer) | 0,25                              | 0,48 | 0,70 | ---  | 275            | 530 | 770 |      |
| Laufstall                        | ---                               | 0,50 | 0,71 | 0,92 | ---            | 550 | 780 | 1010 |

#### 4.5.6.2 Be- und Entlüftung

Die Be- und Entlüftung der Ställe hat die Aufgabe, die für Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Tiere passende Temperatur und Luftfeuchte einzustellen und schädliche Gaskonzentrationen im Stall zu unterbinden. Mehrere Systeme, die für die Luftumwälzung bzw. den Luftaustausch sorgen, können dafür eingesetzt werden. Die grobe Untergliederung ist:

##### Freie Lüftung

Traufen-First-Lüftung

##### Zwangslüftung

Unterdruck-Lüftung

Überdruck-Lüftung

Gleichdruck-Lüftung

Die Anforderungen an das Stallklima und an die Lüftungssysteme sind in der DIN 18 910 genau festgelegt.

Planungsrichtlinien wurden dazu von mehreren Institutionen aufgestellt und veröffentlicht (AEL 2). VON HEYL (25) ermittelte aufgrund dieser theoretischen Arbeiten erste Elektroenergiebedarfswerte.

Tabelle 43: Spezifischer Elektroenergieverbrauch der Stalllüftung in der Milchviehhaltung nach AYIK (7).

(Unterdrucklüftung, kWh/Kuh und Jahr, ohne Nachzucht)

| Sommertemperaturzone     | < 26 Grad C   | > 26 Grad C   |
|--------------------------|---------------|---------------|
| Sommerweidegang          | 51 kWh/a*Kuh  | 68 kWh/a*Kuh  |
| ganzjährige Stallhaltung | 107 kWh/a*Kuh | 140 kWh/a*Kuh |

ZEISIG (88) stellte bei sechs Milchviehbetrieben Praxismessungen an. Meßobjekte sind sechs Anbindeställe mit Unterdruck-Lüftung, alle liegen in der Klimazone < 26 Grad C. Errechnet wurde der spezifische Elektroenergiebedarf pro Großvieheinheit und Jahr.

Tabelle 44: Praxismessungen Unterdruck-Lüftung Milchviehställe  
(Klimazone < 26 Grad C, ZEISIG (88))

| Haltungsform          | Bestand                | installierte Ventilatorleistung | durchschnittliche tägliche Laufzeit (Jahresmittel) | spezifischer Energieverbrauch |
|-----------------------|------------------------|---------------------------------|--|-------------------------------|
| Anzahl Messungen<br>n | Kuhzahl<br>-----<br>GV | kW                              | h  | kWh/GV a                      |
| Anbindestall          | 32                     |                                 |  |                               |
| Sommerweidegang       | ---                    | 0,61                            | 5,7  | 19,1                          |
| 3                     | 70                     |                                 |  |                               |
| Anbindestall          | 30                     |                                 |  |                               |
| ganzzährige           | ---                    | 1,4                             | 13   | 106,6                         |
| Stallhaltung          | 61                     |                                 |  |                               |
| 3                     |                        |                                 |  |                               |

Der spezifische Energieverbrauch der Unterdruck-Lüftung pro Kuhplatz und Jahr (mit Nachzucht) beträgt demnach:

- Für ganzzährige Stallhaltung                      211,7 kWh/Kuhplatz
- Für Sommerweidegang (5 Monate)              40,9 kWh/Kuhplatz

Ein Vergleich der Praxismessungen von ZEISIG (88) mit den Kalkulatinswerten von AYIK (7) läßt Abweichungen des spezifischen Strombedarfs für die Lüftung von Milchviehställen von mehr als 100 % erkennen.

Um für die Zwangslüftung in Ställen Elektroenergiebedarfsfunktionen aufstellen zu können sind unbedingt eine größere Anzahl von Praxismessungen über ein ganzes Jahr hinweg notwendig.

#### 4.5.7 Tiergesundheit, Hygiene, Reinigen, Pflegen

Zusätzlich sollen alle diejenigen Elektrogeräte aufgeführt werden, die im weiteren Sinne für Reinigungs- und Pflegeaufgaben speziell in der Tierhaltung wie auch im gesamten Betrieb eingesetzt werden. In erster Linie gehören dazu die Heißwasserbereitung und Arbeiten mit dem Hochdruckreiniger.

Ebenso müßten hierbei auch die "Geräte zur handwerklichen Selbsthilfe" (Vergleiche 3.2.1., Seite 40), wie Bohrmaschinen, Kreissägen, Schweißgeräte, Kompressoren, etc. die einen, bis jetzt unterschätzten Anteil des Gesamtanschlußwertes ausmachen, aufgeführt werden.

Da jedoch der ihnen zuzuschreibende Elektroenergieverbrauch in keinen Messungen separat erfaßt wurde, er hängt sehr wesentlich von der Situation im einzelnen Betrieb ab, wurde diese Gruppe von Geräten nicht bearbeitet. Für das Produktionsverfahren Milchviehhaltung soll hier der Hochdruckreiniger, der für die Stall- und Melkstandreinigung eingesetzt wird und die Heißwasserbereitung mittels Heißwasserspeicher, Heißwasserboiler oder Durchlauferhitzer angesprochen werden.

#### Hochdruckreiniger

Bei den Hochdruckreinigern, die zur Reinigung von Stall, Melkstand, Milchammer und nicht zuletzt zum Waschen des kompletten Maschinenparkes eingesetzt werden können, unterscheidet man zwei Bauarten. Kaltwassergeräte arbeiten mit Wasser, das Leitungstemperatur besitzt; sie erhöhen den Druck auf etwa 130 bar, Heißwassergeräte erhitzen das Wasser mittels Ölbrenner auf 70 bis 90 Grad C und erhöhen den Druck nur auf 90 bar. Beide Bauarten fördern etwa 800 l Wasser in der Stunde und bieten die Möglichkeit, Reinigungs- bzw. Desinfektionsmittel zuzudosieren.

Die DLG prüfte 31 Kaltwasser- und 7 Heißwasserhochdruckreiniger welche die Datenbasis dieser Auswertung darstellen.

Tabelle 45: Hochdruckreiniger Kaltwassergeräte (DLG-Prüfberichte)

| Anzahl Messungen (Geräte) | Nennleistung    | mittlere aufgenommene Leistung | Fördermenge       | Ausgangsdruck     |
|---------------------------|-----------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|
| n                         | kW              | kW                             | m <sup>3</sup> /h | bar               |
| 31                        | 4,4<br>s = 1,50 | 3,9<br>s = 1,25                | 0,85<br>s = 0,09  | 131,6<br>s = 33,3 |

$$\begin{aligned} \text{Mittlere aufgenommene Leistung (kW)} &= 0,295 \\ &+ 1,053 * \text{Nennleistung (1,5 - 8,0 kW)} \end{aligned}$$

Tabelle 46: Hochdruckreiniger Heißwassergeräte (DLG-Prüfberichte)

| Anzahl Messungen | Nennleistung     | mittlere aufgenommene Leistung | Fördermenge       | Ausgangsdruck    |
|------------------|------------------|--------------------------------|-------------------|------------------|
| n                | kW               | kW                             | m <sup>3</sup> /h | bar              |
| 7                | 2,64<br>s = 0,69 | 2,77<br>s = 0,56               | 0,68<br>s = 0,09  | 94,9<br>s = 20,3 |

$$\begin{aligned} \text{Mittlere aufgenommene Leistung (kW)} &= 0,730 \\ &+ 0,772 * \text{Nennleistung (1,8 - 4,0 kW)} \end{aligned}$$

$$n = 7 \quad B = 95\%$$

Zur Kalkulation des Elektroenergie-Verbrauchs muß die mittlere aufgenommene Leistung mit der Einsatzzeit des Hochdruckreinigers multipliziert werden. Es existieren aber nur wenige Zeitwerte für die Einsatzdauer des Hochdruckreinigers. Durch die FAT wurden einzelne Meßergebnisse für das Produktionsverfahren Schweinemast veröffentlicht. Demnach soll der Hochdruckreiniger je nach Stallgröße 50 bis 200 Stunden im Jahr im Einsatz sein.



Für einige Reinigungsarbeiten in der Milchviehhaltung gibt das Kalkulationsprogramm für den Arbeitszeitbedarf in der Innenwirtschaft KALINN inne des Landwirtschaftlichen Informationssystems Landtechnik LISL folgende Zeitwerte an:

Laufstall:

- Melkstand mit 10 Buchten  
mit HD-Reiniger reinigen  
2 x täglich 9,3 min                    = 18,6 min/d = 113 h/a
  
- Warteraum mit HD-Reiniger  
reinigen, Fläche rd. 50 m<sup>2</sup>  
2 x täglich 2,9 min                    = 5,8 min/d = 35 h/a  
148 h/a

Das jährlich einmal durchgeführte gründliche Reinigen und Desinfizieren eines Laufstalles für 40 Milchkühe mittels Hochdruckreiniger bedarf 13,5 Stunden.

Wird der Hochdruckreiniger in einem Laufstallbetrieb sehr intensiv genutzt, so kann er eine Einsatzzeit von 160 Stunden im Jahr erreichen, was einem Stromverbrauch von 400 bis 700 kWh/a je nach Typ des Gerätes entsprechen würde.

Einen nicht unerheblichen Elektroenergieverbrauch dürften die Laufzeiten des Hochdruckreinigers beim Waschen von Maschinen und Geräten der Außenwirtschaft verursachen. Hierfür existieren jedoch keine Arbeitszeitwerte die eine Kalkulation zuließen.

#### Heißwasserbereitung

Für die Heißwasserbereitung wird auf die Ausführungen von AYIK (7) zurückgegriffen.

Zur Heißwasserbereitung stehen drei Gerätebauarten zur Verfügung:

- Heißwasserspeicher in druckloser wie in druckfester Ausführung; Aufheizen in Schwachlastzeit ( 1 - 9 kW Nennleistung)
- Heißwasserbolier ( 1 - 3 kW Nennleistung)
- Durchlauferhitzer (12 - 33 kW Nennleistung)

Wegen der großen Wassermengen, die zur Stallhygiene gebraucht werden, benutzt man in der Landwirtschaft in zunehmendem Maße wärmeisolierte vollautomatische Heißwasserspeicher (3). Daher werden im folgenden ausschließlich Heißwasserspeicher behandelt. Sie müssen so groß gewählt werden, daß der gesamte Tagesbedarf an heißem und warmem Wasser in den Schwachlastzeiten bereitet werden kann.

Der elektrische Leistungsbedarf bei der Heißwasserzubereitung ist von der aufzuheizenden Wassermenge, der Temperaturerhöhung des Wassers und der Aufheizzeit abhängig. Er läßt sich direkt nach dem Joule'schen Gesetz mit nachstehenden Formeln errechnen. Allgemein sollte die Aufheizung des Wassers möglichst auf 60 Grad C begrenzt werden, da bei dieser Temperatur die Gefahr einer Korrosion und Kesselsteinbildung relativ gering ist. Außerdem reicht diese Temperatur erfahrungsgemäß für alle Anwendungsbereiche in der Landwirtschaft aus. Die Formel lautet:

$$N = \frac{G * c * (t_2 - t_1)}{3600 * n * T}$$

Dabei sind:

N : elektrischer Leistungsbedarf (Nennleistung kW)

G : Wassermenge (l)

c : Spez. Wärmekapazität des Wassers (4,186 kJ/kg \* K)

t1: Einlauftemperatur des Wassers (im Mittel)

t2: Endtemperatur des Wassers (Grad C)

n : Wirkungsgrad des Heißwasserbereiters. Er wird im praktischen Betrieb etwa zwischen 0,91 und 0,98 angegeben 1 kWh = 3600 kJ

T : Aufheizzeit

Der Elektroenergieverbrauch der Heißwasserbereitung richtet sich nach der benötigten Wassermenge und den Aufheiztemperaturen. Theoretisch kann die elektrische Energie einer Kilowattstunde ohne Verluste in 3600 Kilojoule Wärmeenergie umgesetzt werden. Liegen Anfangs- und Endtemperatur der benötigten Wassermenge vor, so kann der Elektroenergieverbrauch nach obiger Formel

$$A = N * T$$

ermittelt werden.

Dabei bedeutet:

A: Elektroenergieverbrauch in kWh

N: elektrischer Leistungsbedarf in kW

T: Aufheizzeit in Stunden

Es ist jedoch hier für die Wärmeverluste am Speicher (sekundäre Wärmeverluste) allgemein ein Zuschlag in Höhe von 10 % zu machen, womit in der Praxis auftretende ungünstige Verhältnisse berücksichtigt sind. Um einen Speicherinhalt von 400 l 10 Grad C auf 60 Grad C aufzuheizen, ergibt sich z.B. ein Elektroenergieverbrauch von ca. 26,9 kWh (n = 0,95 und Wärmeverluste von 10 %).

Der Bedarf an warmem und heißem Wasser ist stark von den jeweiligen Gewohnheiten oder Betriebsverhältnissen abhängig. Tabelle 47 enthält die auf Untersuchungen und Erfahrungen in der Milchviehhaltung beruhenden Bedarfswerte an Heißwasser, die auf 60 Grad C umgerechnet sind. Aus dem Bedarf kann somit die Gerätegröße und der elektrische Leistungsbedarf festgelegt werden.

Tabelle 47: Der erforderliche Heißwasserbedarf in der Milchviehhaltung

|  | Wassermenge (60 Grad C)<br>in Liter |
|--|-------------------------------------|
| Euterbrause je Kuh und Tag                                   | 1,5                                 |
| Einmal Händewaschen  | 2                                   |
| Reinigen von Milchbehälter<br>Inhaltsgröße: 400 - 2000 Liter | 25 - 100                            |
| Kälber, pro Kalb und Tag                                     | ca. 6                               |
| Sonstiger Wasserverbrauch am Tag                             | ca. 30 100                          |

Für die Speichergröße ist in erster Linie die Bestandsgröße maßgebend. Eine Zusammenstellung der elektrischen Heißwasserspeicher für ausgewählte Bestandsgrößen der Milchviehhaltung erfolgt in Tabelle 48. Bei den Angaben des Heißwasserbedarfes ist die Wassermenge, die zur Spülung der Melkanlage verwendet wird, nicht berücksichtigt (Kapitel 4.4.5.2). Die elektrischen Anschlußwerte bzw. Speichergrößen beziehen sich jeweils auf in der Praxis verbreitete Geräte. Der Elektroenergieverbrauch wird nach dem durchschnittlichen Tagesverbrauch ermittelt, wobei sekundäre Wärmeverluste mit einem üblichen Zuschlag in Höhe von 10 % berücksichtigt werden.

Tabelle 48: Elektrischer Leistungs- und Energieverbrauch der Heißwasserbereitung in der Milchviehhaltung

| Bestandsgröße | GV             | Mittlerer Warmwasserverbrauch<br>(60 °C) | Heißwasserspeichergröße | Anschlußwert           | Jährlicher Energieverbrauch |     |
|---------------|----------------|--|-------------------------|------------------------|-----------------------------|-----|
| Kühe          |                | Liter/Tag                                | Liter                   | kW                     | kWh <sup>(2)</sup> kWh/Kuh  |     |
| 20            | ohne Nachzucht | 20,0                                     | 90                      | 1,5/4,5 <sup>(1)</sup> | 2204                        | 110 |
|               | mit Nachzucht  | 29,6                                     | 105                     | 6,0                    | 2571                        | 129 |
| 40            | ohne Nachzucht | 40,0                                     | 150                     | 6,0                    | 3674                        | 92  |
|               | mit Nachzucht  | 59,2                                     | 175                     | 6,0                    | 4285                        | 107 |
| 60            | ohne Nachzucht | 60,0                                     | 190                     | 6,0                    | 4653                        | 78  |
|               | mit Nachzucht  | 88,8                                     | 230                     | 6,0                    | 5633                        | 94  |
| 80            | ohne Nachzucht | 80,0                                     | 260                     | 6,0                    | 6367                        | 78  |
|               | mit Nachzucht  | 118,4                                    | 310                     | 9,0                    | 7592                        | 94  |

(1) Zweikreisgerät.

(2) Unter Berücksichtigung eines Wärmeverlustes von 10 %.

## 4.6 Bullenmast

### 4.6.1 Grundfuttereinlagerung, Grundfutterentnahme, Kraftfutter und Entmistung

Da dieser Arbeitsbereiche denen der Milchviehhaltung in vollem Umfang entsprechen, können alle Angaben des Gliederungspunktes aus der Milchviehhaltung zur Anwendung gelangen.

### 4.6.5 Stallklima

#### 4.6.5.1 Beleuchtung

Für die Beleuchtung von Bullenmastställen liegen keine Praxisbeobachtungen vor. Da man aber davon ausgehen kann, daß die installierte Leistung mindestens ebensoweit unter den DIN-Anforderungen liegt, wie es NIEDERMEIER (38) für die Milchviehhaltung festgestellt hat, führt eine Elektroenergiebedarfsschätzung nach DIN-Empfehlungen zwangsläufig zu überhöhten Ergebnissen.

Für eine Kalkulation sollte eine Erhebung über die tatsächlich installierte Beleuchtungsleistung in Bullenmastställen und über die Einschaltdauer durchgeführt werden.

#### 4.6.5.2 Be- und Entlüftung

ZEISIG (88) nahm in drei Bullenmastställen Langzeitmessungen über den Stromverbrauch der Stalllüftung vor. Dabei wurden folgende Werte festgehalten

Tabelle 48: Praxismessungen Lüftung  
Bullenmastställe (Klimazone < 26 Grad C)

| Anzahl<br>Messungen<br>n<br>(Typ) | Bullenzahl<br>-<br>GV<br>n | install.<br>Leistung<br>kW | durchschnittl.<br>tägl. Laufzeit<br>h | spezifischer<br>Energieverbrauch<br>kWh/GV.a |
|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|--|
| 1<br>(Gleichdruck)                | 90<br>-----<br>64          | 4,5                        | 5,2                                   | 133,9  |
| 2<br>(Unterdruck)                 | 150<br>---<br>107          | 2,25                       | 17,5                                  | 134,2  |

Aufgrund der geringen Anzahl von Messungen kann keine Gleichung aufgestellt werden. Interessant erscheint der Vergleich mit den Kalkulationen von VON HEYL (25). Er ermittelte für die Lüftung von Bullenmastställen einen spezifischen Energiebedarf von 123 kWh/GV.a für die Klimazone < 26 Grad C. Dieser Wert scheint durch die Messungen von ZEISIG bestätigt zu werden.

#### 4.6.6 Tiergesundheit, Hygiene, Reinigen, Pflege

Aus diesem Bereich findet bei der Bullenmast nur der Hochdruckreiniger zum Waschen und Desinfizieren des Stalles Verwendung.

#### Hochdruckreiniger

Es gelten die gleichen Formeln und Anhängigkeiten wie bei der Milchviehhaltung. Der Zeitbedarf für das Reinigen und Desinfizieren von Lauf- bzw. Anbindeställen beträgt nach KALINN, PL 100339.

Anzahl Mastbullen \* 0,33 h/a\*Tier = Gesamtlaufzeit des HD-Reinigers (h/a)

Planungsdaten Hochdruckreiniger Bullenmast  
(Spaltenboden, Heißwassergerät, mittlere aufgenommene Leistung 2,8 kW)

|              |       | 50 Bullen | 100 Bullen | 200 Bullen | 300 Bullen |
|--------------|-------|-----------|------------|------------|------------|
| Betriebszeit | h/a   | 16,6      | 33,3       | 66,6       | 100        |
| HD-Reiniger  |       |           |            |            |            |
| Stromver-    | kWh/a | 46        | 93         | 186        | 280        |
| brauch       |       |           |            |            |            |

#### 4.7 Kälberhaltung

##### 4.7.1/4.7.2 Grundfuttereinlagerung, Grundfutterentnahme

In diesem Bereich sind die in der Kälberaufzucht und Kälbermast eingesetzten Elektrogeräte auf die Arbeitsverfahren Rauhfuttereinlagerung und Rauhfutterentnahme beschränkt. Es kann dabei auf die Daten der Milchviehhaltung Punkte 4.4.1.2 und 4.4.2.2 (Seite ... und ...) zurückgegriffen werden.

##### 4.7.3 Entmistung

Zumeist wird in der Kälberhaltung mit Einstreu gearbeitet. Im Gegensatz zur Milchviehhaltung sind aber elektrisch angetriebene Entmistungsanlagen nicht üblich. Bei einstreuloser Haltung fallen pro Kalb und 4 monatiger Haltung 0,4 m<sup>3</sup> Gülle an (KTBL 31). Der Elektroenergiebedarf zum Pumpen der Gülle kann mit den Formeln aus dem Bereich der Milchviehhaltung kalkuliert werden.

#### 4.7.4 Stallklima

Für die Beleuchtung liegen keine gesonderten Ergebnisse vor, es können die Anhaltswerte für Ställe von Punkt 4.4.6.1 Milchviehhaltung Anwendung finden.

Für die Stalllüftung liegen keine Praxismessungen vor, es kann an dieser Stelle nur auf die Ausführungen von AYIK (7) verwiesen werden.

#### 4.7.5 Tiergesundheit, Stallklima, Hygiene, Reinigen, Pflege

Zur Stall- und Boxenreinigung sowie zu deren Desinfektion kann der Hochdruckreiniger Anwendung finden (siehe 4.4.7 Milchviehhaltung) Spezielle Arbeitszeitbedarfswerte, die auf die Einschaltdauer des HD-Reinigers in der Kälberhaltung schließen lassen, liegen leider nicht vor.

#### Kälbertränke

Von besonderer Bedeutung für den Elektroenergiebedarf von Kälberaufzucht und Kälbermast ist die Temperierung der Tränke, sei es nun Milchaustauscher oder Magermilch.

Das Bereiten der Tränke aus Milchaustauscher erfolgt mit warmen Wasser, AYIK (7) gibt einen Bedarf von 6 Litern 60 Grad C heißem Wasser pro Kalb und Tag an. Es kommen die Formeln und Berechnungen zur Heißwasserbereitung wie sie für die Milchviehhaltung aufgestellt wurden, zur Anwendung.

Wird die Tränke in einem separaten Gerät angemischt und erwärmt, so kann als Anhaltspunkt für den Energiebedarf auch die Schätzung AYIKs (7) dienen.

Zusätzlich besteht noch ein Heißwasserbedarf zum Reinigen des Mischbehälters und der Tränkeimer.



Richtwerte für Kälbertränke

(Pro Kalb und Tag: 6 l Wasser mit 60 Grad C oder Energieäquivalent für Tränkeanwärmung mittels separatem Gerät, 1 l Wasser mit 60 Grad C für Reinigung von Eimer und Behälter)

| Kälberanzahl | mittlerer Warmwasser-Verbrauch 60 Grad C | Heißwasserspeicher Größe | Anschlußwert | Energiebedarf |
|--------------|--|--------------------------|--------------|---------------|
| n            | Liter/Tag                                | l                        | kW           | kWh/a         |
| 5            | 35                                       | 50                       | 3,0          | 857           |
| 10           | 70                                       | 80                       | 4,0          | 1715          |
| 20           | 140                                      | 200                      | 6,0          | 3430          |
| 30           | 210                                      | 300                      | 6,0          | 5140          |
| 50           | 350                                      | 600                      | 9,0          | 8570          |

#### 4.8 Färsenhaltung

Für den Bereich der Färsenhaltung behalten die Formeln und Berechnungen aller Geräte der Milchviehhaltung ihre Gültigkeit. Zur Berechnung des tatsächlichen Elektroenergiebedarfs müssen jedoch die veränderten Futtermengen berücksichtigt werden.

#### Entmistung

Für den Bereich der Entmistung findet ein veränderter Mistanfall Eingang in die bereits bei der Milchviehhaltung vorgestellten Verfahren:

Tabelle 49: Mistanfall bei Färsenhaltung (KTBL)

Färsen, ganzjährige Stallhaltung

|                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| - Anbindestall, Festmist     | 50 - 60 dt/Jahr               |
| - Einraumlaufstall, Festmist | 90 - 110 dt/Jahr              |
| - Liegeboxenstall, Festmist  | 30 - 35 dt/Jahr               |
| - Flüssigmist                | 10 - 12 m <sup>3</sup> /Jahr. |

#### Stalllüftung

Gesonderte Praxismessungen liegen nicht vor, sodaß auf die Kalkulation von AYIK (7) verwiesen werden muß.

Tiergesundheit, Hygiene, Reinigen, Pflege; hierbei spielt der Hochdruckreiniger zur Stallreinigung und Desinfektion eine untergeordnete Rolle.

### 4.9 Schweinemast

Die Haltung von Mastschweinen führt aufgrund anderer Aufstallungsform und gänzlich anders gearteter Ansprüche an die Futtermittel zu anderen Schwerpunkten im Elektroenergiebedarf als die Produktionsverfahren der Rinderhaltung. Bei der Schweinemast stehen die Arbeitsverfahren der Getreideeinlagerung, -auslagerung sowie Aufbereitung und ebenso die Futterverteilung, flüssig oder trocken im Vordergrund. Die Be- und Entlüftung wird dadurch, daß unsere Schweinerassen sehr temperaturempfindlich reagieren und die Schweinemast ein Intensivhaltungsverfahren ist, ebenfalls außerordentlich bedeutsam.

#### 4.9.1 Getreide/Kraftfutter

##### 4.9.1.1 Getreideförderung

Die Förderung von Getreide kann mechanisch oder pneumatisch erfolgen. Mechanisch arbeitende Geräte sind

- der Schwingförderer und die Trogkette (horizontale Förderung)
- das Becherwerk (vertikale Förderung)
- Schnecken sowie Rohrkettenförderer (vertikale, schräge + horizontale Förderung)

Pneumatisch arbeiten die bereits unter Punkt 4.4.3.1 innerhalb der Milch- Viehhaltung angesprochenen Fördergebläse.

Da zu den mechanisch arbeitenden Fördergeräten sehr wenige detaillierte Messungen über die mittlere Leistungsaufnahme in Abhängigkeit von der Förderleistung und den Förderbedingungen vorliegen, wird auf eine Zusammenstellung von VON HEYL (25) verwiesen.

Tabelle 50: Nennleistung und Förderleistung der Geräte zur Körnerförderung (nach von HEYL 25)

|                           | Vergleichswert bei 20 m Länge |     | max. Länge | max. Arbeitsleistung | Motorenennleistung |
|---------------------------|-------------------------------|-----|------------|----------------------|--------------------|
|                           | dt/h                          | kW  | m          | dt/h                 | kW                 |
| Körnergebläse             | 53                            | 7,5 | 100        | 95                   | 7,5                |
| Rohrkette                 | 60                            | 1,1 | 60 (Kette) | 120                  | 2,2                |
| Trogkette                 | 200                           | 1,5 | 50         | 300                  | 4,0                |
| Rohrschnecke (15 m Länge) | 60                            | 2,2 |            |                      |                    |
|                           | 150                           | 4,0 | 18         | 200                  | 5,5                |
| Elevator                  | 100                           | 1,1 | 20 (Höhe)  | 300                  | 3,0                |
|                           | 250                           | 2,2 |            |                      |                    |
| Schwingförderer           | 150                           | 1,5 | 25         | 150                  | 1,5                |

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, daß die mechanischen Fördergeräte bei gerin-

gem Leistungsbedarf und trotzdem höheren erzielbaren Arbeitsleistungen bei der Zielsetzung, den Elektroenergiebedarf und den Anschlußwert niedrig zu halten, den pneumatischen Fördergeräten vorzuziehen sind.

#### 4.9.1.2 Getreidekonservierung

Eine Konservierung des Getreides für die Einlagerung wird immer dann notwendig, wenn aufgrund der Witterung das Getreide mit mehr als 16 % Feuchte geerntet werden muß, da ansonsten ein Verderb im Lager eintritt.

Um die den Verderb des Erntegutes verursachende Mikrobenaktivität einzuschränken, eignen sich folgende Maßnahmen:

- Erhöhung des Säuregrades
- Sauerstoffentzug
- Wärmeentzug
- Wasserentzug

In Verbindung mit Untersuchungen über Elektroenergieverbraucher interessieren vor allem die Verfahren der Kühlkonservierung und der Körnertrocknung; hinzu kommt seit einiger Zeit das Verfahren der Flüssigbrei-Konservierung (Schroten, Pumpen, usw.)

#### Kühlkonservierung

Die Kühlung erfolgt entweder durch Außenluft (kalte Nachtluft) oder sicherer durch technisch abgekühlte Luft.

Die Kühlung mit Außenluft ist nur bei geeigneter Witterung, Außenluft 5 Grad kühler als Getreide, einsetzbar. Ein Radialgebläse mit 2 kW Nennleistung kann dabei 15 dt Getreide pro Stunde abkühlen (STREHLER 74).

Körnerkühlgeräte bestehen aus einem Kühlgerät und einem Gebläse, sind witter-

rungsunabhängig und weisen zumeist eine Nennleistung von 8 kW auf. Mit ihnen ist es möglich bis zu 150 dt Getreide pro Stunde abzukühlen, dabei geht pro Kühlgang die Gutsfeuchte um 0,5 - 1 % zurück. Wird die Lagerfeuchte durch einen Kühlgang nicht erreicht, so muß bei Wiedererwärmung des Gutes ein weiterer Kühlgang folgen. Der Elektroenergiebedarf pro Kühlgang beträgt etwa 0,5 kWh/dt (STREHLER 74).

### Körnertrocknung

Bei der Körnertrocknung werden verschiedene Verfahren unterschieden. Zum einen die Belüftungstrocknung mit Außenluft oder gering vorgewärmter Luft (5 - 15 K) und die Warmlufttrocknung mit stark erwärmter Luft (40 - 60 K).

Bei beiden Verfahren verursacht ein Gebläse, das die Außen- bzw. Warmluft durch das Trockengut drückt, den Stromverbrauch.

Zur Warmlufttrocknung werden Satzrockner, Umlaufrockner und Durchlaufrockner eingesetzt; die Luftanwärmung erfolgt mit Heizöl, Gas, Kohle oder Holz.

Die vielfach durchgeführten Untersuchungen über Getreidetrocknungsanlagen setzen sich sehr ausführlich mit dem Energiebedarf zur Trocknungslufterwärmung auseinander, der Elektroenergiebedarf der Gebläse wird dabei zumeist nicht gesondert erfaßt. So steht für die Auswertung unter dem hier gegebenen Gesichtspunkt nur eine kleine Zahl der Untersuchungen zu Verfügung.

Bei der Durchsicht von DLG-Prüfberichten zu 16 Warmluftrocknern (Satz- und Umlaufrockner) fanden sich folgende, für den Stromverbrauch charakteristische Daten.

Tabelle 51: 16 Getreidetrockner unterschiedlicher Bauart (DLG-Prüfberichte) bei Weizen

| Anzahl Messungen | Nennleistung   | mittlere aufgenommene Leistung | Arbeitsleistung Getreide * | spezifischer Stromverbrauch * |
|------------------|----------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| n                | kW             | kW                             | dt/h                       | kWh/dt                        |
| 16               | 7,7<br>s = 5,3 | 8,5<br>s = 5,4                 | 13,6<br>s = 11,7           | 0,58<br>s = 0,14              |

\* für das Trocknen von Weizen von 20 % auf 16 % Feuchtigkeit

Tabelle 52: 7 Getreidetrockner unterschiedlicher Bauart (DLG-Prüfberichte) bei Mais

| Anzahl Messungen | Nennleistung    | mittlere aufgenommene Leistung | Arbeitsleistung Mais * | spezifischer Stromverbrauch |
|------------------|-----------------|--------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| n                | kW              | kW                             | dt/h                   | kWh/dt                      |
| 7                | 12,5<br>s = 3,8 | 13,0<br>s = 3,8                | 10,7<br>s = 4,5        | 1,3<br>s = 0,3              |

\* für das Trocknen von Körnermais von 36 % auf 16 % Feuchtigkeit

Der spezifische Stromverbrauch zur Trocknung von Weizen (20 → 16 % H<sub>2</sub>O) beträgt demnach 0,58 kWh/dt, von Mais (36 → 16 % H<sub>2</sub>O) 1,3 kWh/dt.

Nicht berücksichtigt ist der Energiebedarf für die Luftanwärmung.

#### 4.9.1.3 Futteraufbereitung (Mahlen/Mischen)

##### Hammermühlen

In landwirtschaftlichen Betrieben werden überwiegend Hammermühlen verwendet. Nach WENNER (86) stehen die Hammermühlen in der Vielseitigkeit ihrer Verwendbarkeit an erster Stelle.

Die folgenden Daten sind DLG-Prüfberichten entnommen dabei wurde unterschieden, ob Mais, Gerste, und Hafer gemeinsam erfaßt oder die Auswertung für Gerste und Mais separat durchgeführt wurden.

Tabelle 53: Hammermühlen, gültig für alle Gutarten (DLG-Prüfbericht)

| Anzahl Messungen | Nennleistung | mittlere Leistungsaufnahme | Sieb- lochung  | Hekto- liter- gewicht | Arbeits- leistung | Spezifischer Energieverbrauch |
|------------------|--------------|----------------------------|----------------|-----------------------|-------------------|-------------------------------|
| n                | kW           | kW                         | mm             | kg/hl                 | dt/h              | kWh/dt                        |
| 152              | 7,7<br>s=2,3 | 12,15                      | 3,14<br>s=0,86 | 63,2<br>s=8,9         | 6,75<br>s=5,1     | 1,80<br>s=1,2                 |

Durchschnittlicher Schrottdurchmesser 0,6 mm

Nennleistung (kW) = 26,18

- + 0,54 \* Arbeitsleistung (1 - 30 dt/h)
- 1,144 \* Gutart (1, 2, 3)
- 0,24 \* (Hektolitergewicht (45 - 78 kg/hl))
- 7,7 \* mittlerer Schrottdurchmesser (0,2 - 5,4 mm)

n = 152 B = 57,1 %

Spezifischer Energieverbrauch (kWh/dt) = 9,7

- 0,086 \* Hektolitergewicht (45-78 kg/hl)
- 0,8 \* Sieblochung (1 - 5 mm)

n = 152 B = 68,4 %

Arbeitsleistung (dt/h) = - 40,63

+ 2,02 \* Gutart (1, 2, 3)

+ 0,042 \* Hektolitergewicht (45 - 78 kg/hl)

+ 1,05 \* Nennleistung (5,5 - 15 kW)

+ 13,82 \* Schrottdurchmesser (0,2 - 5,4 mm)

n = 152 B = 82,6%

Gutart 1 = Gerste

Gutart 2 = Mais

Gutart 3 = Hafer

Tabelle 54: Hammermühlen Gutart Gerste (DLG-Prüfberichte) - 5,4 mm))m)78 kg/hl)

| Anzahl Messungen | Nennleistung   | mittlere Leistungsaufnahme | Sieb- lochung    | Schrot- durch- messer | Arbeits- leistung | Spezifischer Energie- bedarf |
|------------------|----------------|----------------------------|------------------|-----------------------|-------------------|------------------------------|
| n                | kW             | kW                         | mm               | mm                    | dt/h              | kWh/dt                       |
| 52               | 7,6<br>s = 2,3 |                            | 3,12<br>s = 0,86 | 0,71<br>s = 0,24      | 5,7<br>s = 3,13   | 1,77<br>s = 0,75             |

Durchschnittlicher Schrottdurchmesser 0,71 mm

Nennleistung (kW) = 9,28

- 9,48 \* Schrottdurchmesser (0,2 - 1,4)

+ 0,89 \* Arbeitsleistung (dt/h 4 - 32)

n = 52 B = 60,6 %

Energieverbrauch (kWh/dt) = 4,08

- 0,435 \* Sieblochung (mm 1 - 5)

- 1,355 \* Schrottdurchmesser (mm 0,2 - 1,4)

n = 52 B = 79,0 %



$$\begin{aligned} \text{Arbeitsleistung (dt/h)} &= - 6,89 \\ &+ 0,68 * \text{Nennleistung (kW 5,5 - 15,0)} \\ &+ 10,45 * \text{Schrotdurchmesser} (\text{mm } 0,2 - 1,4) \\ n &= 52 \quad B = 83,6 \end{aligned}$$

Tabelle 55: Hammermühlen Gutart Mais (DLG-Prüfberichte)

| Anzahl Messungen | Nennleistung | mittlere Leistungsaufnahme | Sieb-<br>löchung | Hekto-<br>liter-<br>gewicht | Arbeits-<br>leistung | Spezifischer<br>Energie-<br>bedarf |
|------------------|--------------|----------------------------|------------------|-----------------------------|----------------------|------------------------------------|
| n                | kW           | kW                         | mm               | kg/hl                       | dt/h                 | kWh/dt                             |
| 50               | 7,7<br>s=2,3 | 9,7                        | 3,13<br>s=0,86   | 73,2<br>s=3,5               | 10,9<br>s=6,1        | 0,89<br>s=0,34                     |

Durchschnittlicher Schrotdurchmesser 0,6 mm

$$\begin{aligned} \text{Nennleistung (kW)} &= - 0,77 \\ &- 12,32 * \text{Schrotdurchmesser (mm } 0,5-1,3) \text{ durchschn.} = 0,6 \\ &+ 0,11 * \text{Hektolitergewicht (kg/hl } 67-78) \\ &+ 0,59 * \text{Sieblochung (mm } 1-5) \\ &+ 0,52 * \text{Arbeitsleistung (dt/h } 4-32) \\ n &= 50 \quad B = 88,8 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{spezifischer Energieverbrauch (kWh/dt)} &= 3,59 \\ &- 0,03 * \text{Hektolitergewicht (kg/hl } 47-78) \\ &- 0,19 * \text{Sieblochung (mm } 1-5) \\ &- 0,03 * \text{Materialdurchsatz (dt/h } 4-32) \\ &+ 0,05 * \text{Nennleistung (kW } 5,5-15,0) \\ n &= 50 \quad B = 83,5 \% \end{aligned}$$

Arbeitsleistung (dt/h) = - 1,23

- 0,15 \* Hektolitergewicht (kg/hl 67-78)
- 1,01 \* Sieblochung (mm 1-5)
- + 1,69 \* Nennleistung (kW 5,5-15,0)
- 22,36 \* Schrottdurchmesser (mm 0,5-1,3)

n = 50 B = 94,8 %

### Futtermischer

Bei der Herstellung hofeigener Kraftfuttermischungen ist neben der Zerkleinerung der Getreideanteile die Beimischung von Zusatzkomponenten notwendig. Falls dies nicht in einem Arbeitsgang durch die Hammermühle selbst durchgeführt wird, sind separate Mischbehälter notwendig.

Das Marktangebot der zur Zeit gebräuchlichen Futtermischer umfaßt Geräte mit 3 bis 20 t Fassungsvermögen, wobei Antriebsmotoren zwischen 2,2 bis 5,5 kW Nennleistung installiert sind.

Eine Auswertung der DLG-geprüften Mischer durch VON HEYL (25) führt zu folgendem Ergebnis

- zwischen Mischergröße und installierter Motorleistung besteht kein Zusammenhang
- bei stärkeren Motoren ( $\geq 4$  kW) werden durchschnittlich nur 57 % der Nennleistung benötigt, die 2,2 kW Motoren nehmen dagegen 113 bis 122 % der Nennleistung auf
- der Zeitbedarf für einen Mischvorgang schwankt zwischen 10 und 20 Minuten.

Der spezifische Stromverbrauch bei 238 kg Mischfutter pro Mastschwein und gesamter Mastperiode beträgt bei einem

Mischer mit 10 dt Fassungsvermögen 0,17 kWh/Mastschwein  
bei Mischer mit 20 dt Fassungsvermögen 0,085 kWh/Mastschwein

(installierte Motornennleistung 4,0 kW, mittlere Leistungsaufnahme 2,2 kW).

#### 4.9.1.4 Futterzuteilung

Für die Mechanisierung der Futterzuteilung in der Mastschweinehaltung sind entweder Flüssigfütterungsanlagen mit ihren starken Pumpen und Rührwerken oder mechanische Anlagen und Geräte zur Verteilung und Dosierung von Trockenfutter von Bedeutung. Da zu beiden Komplexen keine Praxismessungen angestellt wurden und auch in der neueren Literatur keine aktualisierten Elektroenergieverbrauchs- werte zu finden sind, wird im folgenden auf die Daten von VON HEYL (25) zurückgegriffen. Für die Flüssigfütterung hat sich VON HEYL auf Angaben der Hersteller gestützt, für die Trockenfütterung wurden Messungen an wenigen typischen Anlagen durchgeführt.

Um dem Tatbestand dieser sehr eingeschränkten Datenbasis gerecht zu werden, werden die VON HEYL übernommenen Werte nur in Tabellenform dargestellt.

#### Flüssigfütterungsanlagen

Bei der Flüssigfütterung ist zwischen absätzigen und kontinuierlichen Verfahren zu unterscheiden, sie sind mit Handbedienung, halbautomatisch oder vollautomatisch ausführbar.

Bei absätzigen Verfahren wird die Gesamtfuttermenge für eine Stalleinheit in einem Mischbehälter aufbereitet und durch eine Rohrleitung in den Stall gepumpt. Beim kontinuierlichen Verfahren erfolgt das Anmischen in kleinen Rationen während des Fütterns, gepumpt wird solange, bis alle Schweine versorgt sind.

Die Elektroenergieverbraucher beider Verfahren sind die Pumpe, Kreisel- oder Exzentrerschneckenpumpe, und das Rührwerk und Fördergeräte zur Beschickung des Mischbehälters.

Je nach Anzahl der zu versorgenden Mastschweine sind Pumpe und Rührwerk so zu dimensionieren, daß die Fütterung in einem angemessenen Zeitraum abgeschlossen ist, um zu große Unruhe im Stall und zu hohe Arbeitszeiten zu vermindern.

Tabelle 56: Flüssigfütterung von Mastschweinen nach VON HEYL (25)

Leistungsbedarf und Elektroenergieverbrauch von Flüssigfütterpumpen  
in verschiedenen Bestandsgrößen der Mastschweinehaltung (Futtermischung  
1 : 3 und 2 x Füttern/Tag, Längstrog-Stall, jeweils eine Ringleitung)

|   |                   |        |        |        |        |        |
|---|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Bestandsgröße   | Mastplätze        | 300    | 600    | 1000   |        |        |
| Rohrlänge (0,3 m/Mastplatz zuzüglich 10 % für Förderwege) | (m)               | 100    | 200    | 330    |        |        |
| Futtermenge / Mahlzeit                                    | (l)               | 1500   | 3000   | 5000   |        |        |
| Zeitbedarf / Fütterung                                    | (min)             | 10 (H) | 18 (H) | 10 (A) | 30 (H) | 20 (A) |
| Durchsatzleistung ( 50 % Rückfluß )                       | (l/min)           | 300    | 330    | 600    | 330    | 500    |
| Druckverlust in der Leitung                               | (bar)             | 1      | 2      | 5      | 4,5    | 5      |
| benötigter Ges.-Druck                                     | (bar)             | 2      | 3      | 6      | 5,5    | 6      |
| Pumpenleistung  | (kW)              | 3,2    | 5,4    | 11,6   | 6,0    | 11,6   |
| Rührwerk  | (kW)              | 3,0    | 3,0    | 3,0    | 3,0    | 3,0    |
| Gesamter Elektroenergieverbr. (kWh/Jahr)                  |                   | 754    | 1839   | 1776   | 3285   | 3552   |
| Elektroenergieverbr./Mastschwein (150 Tage)               | (kWh/Mastschwein) | 1,03   | 1,26   | 1,21   | 1,35   | 1,46   |

H = Handzuteilung

A = Automatische Dosierung

Nach dieser Tabelle beträgt der Elektroenergiebedarf für die Flüssigfütterung zwischen 1,2 und 1,5 kWh pro Mastschwein (Mastperiode 150 Tage) wobei dieser Wert bei kleinen Beständen durch die kürzeren Förderentfernungen noch unterschritten werden kann.

Die installierten Motorennennleistungen für Pumpe plus Rührwerk schwanken zwischen 6 kW und 15 kW je nach Bestandesgröße.

## Trockenfütterungsanlagen

Bei der Trockenfütterung sind stationäre und mobile Verteilgeräte verbreitet. Stationäre Trockenfütterungsanlagen bestehen aus einer Transporteinrichtung, wobei je nach Länge und Gebäudeform Ketten-, Drahtwendel-, Schnecken- oder Schubklappenförderer zum Einsatz kommen, und den Dosierbehältern über den Futtertrögen.

Als mobile Verteilgeräte kommen motorisch betriebene Futterwagen zum Einsatz. In einer einfacheren Ausführung ist nur der Gutsaustrag mittels Getriebemotor elektrisch angetrieben. Diese Geräte eignen sich für Bestände von 150 bis 400 Mastschweinen. Größere Fütterungswagen für Bestände bis zu 2000 Mastschweinen besitzen neben dem Antrieb der Dosiereinrichtung noch einen elektrischen Fahrtrieb.

Tabelle 57: Trockenfütterung von Mastschweinen nach VON HEYL (25)

### Elektroenergiebedarf bei Trockenfütterungssystemen in der Mastschweinehaltung

| Fördergerät                                  | Länge<br>(m) | Mastplätze      | Inst.Leistung<br>(kW) | Inst.Leistung<br>pro Mastplatz<br>(kW) | Leistungs-<br>aufnahme<br>je Motor<br>(kW) | Laufzeit<br>pro Füt-<br>terung<br>(min) | Anzahl der<br>Vorgänge<br>(täglich) | Stromverbrauch<br>pro Schwein<br>in 150 Tagen<br>(kWh) |
|--|--------------|-----------------|-----------------------|--|--|---|-------------------------------------|--|
| <b>Stationär:</b>                            |              |                 |                       |  |  |   |                                     |  |
| Mehlschnecke                                 | 2x20         | 200             | 2 x 0,25              | 0,0025                                 | 0,25                                       | 10                                      | 3mal                                | 0,19   |
| Schubklappe                                  | 4x23         | 400             | 4 x 0,37              | 0,0030                                 | 0,25                                       | 9 - 11                                  | 4mal                                | 0,24   |
| Schubklappe                                  | 1x60         | 200             | 1 x 0,37              | 0,0020                                 | 0,36                                       | 32 - 37                                 | 3mal                                | 0,50   |
| Literaturang.<br>(60, 91)                    | 1x30         | 450             | 1 x 0,55              | 0,0015                                 | ---  | ---                                     | ---                                 | 0,47   |
| <b>Fütterungswagen:</b>                      |              |                 |                       |  |  |   |                                     |  |
| Handkarren mit<br>Austragsschnecke           |              | 150 bis<br>400  | 1 x 0,6               | 0,0040<br>0,0015                       |  |   | 2mal                                | 0,05 bis<br>0,07                                       |
| mit Fahrtrieb<br>und Verteilung<br>(nach 56) |              | 200 bis<br>2000 | 1 x 1,8               | 0,0090<br>0,0010                       |  | 6<br>46                                 | 2mal                                | 0,20 bis<br>0,26                                       |

Für die stationären Anlagen zur Trockenfütterung ergibt sich ein Elektroenergiebedarf zwischen 0,2 kWh bei kurzen Anlagen und 0,5 kWh pro Mastschwein (150 Tage Mastperiode). Die gesamte Nennleistung der Anlagen schwankt

zwischen 0,4 und 1,5 kW.

Die mobilen Anlagen, die aus mitgeführten Batterien versorgt werden, benötigen pro Mastschwein 0,05 bis 0,07 kWh bzw. 0,20 bis 0,26 kWh bei Fahrtrieb. Das nachts arbeitende Batterieladegerät hat eine Nennaufnahme von 0,4 kW.

#### 4.9.2 Entmistung

##### 4.9.2.1 Flüssigmistverfahren

###### Flüssigmistpumpe

Für die Flüssigmistförderung in der Schweinemast gilt dasselbe wie für die Gülleförderung in der Rinderhaltung, die unter Punkt 4.4.4.2 behandelt wurde. Ein Unterschied besteht in der niedrigeren Konsistenz der Schweinegülle; sie schwankt zwischen GK5 und GK8. Dies bedingt einen geringeren Leistungsbedarf zum Pumpen der Schweinegülle verglichen mit Rindergülle.

Diese Minderung des Leistungsbedarfes zu quantifizieren ist ohne eine eigene Erhebung nicht möglich, da ja bereits die Untersuchungen der FAT zu Güllepumpen bei gleicher Pumpenbauart und einheitlicher Rindergülle je nach Fabrikat sehr stark differierende spezifische Energieverbrauchswerte lieferten.

###### Güllebelüftung

Das hauptsächliche Ziel der Flüssigmistbelüftung besteht darin, einen zur Ausbringung möglichst geruchlosen Flüssigmist zu erreichen. Da Schweinegülle von Haus aus geruchsintensiver als Rindergülle ist, erlangte die Güllebelüftung zuerst bei ihr Bedeutung. Die letzten Jahre jedoch wurde sie auch für die Rinderhaltung interessant, da sich herausstellte, daß belüftete Gülle dünnflüssiger ist und damit mit geringerem Elektroenergieaufwand gepumpt werden kann. Meßergebnisse in ausreichender Anzahl, die die dabei erreichbare Elektroenergieeinsparung dokumentieren und in ein Verhältnis zum Energiebedarf der Belüftungsanlagen setzen existieren leider nicht.

Auch für die Belüftungsgeräte existieren kaum Praxismessungen. So stehen bis heute nur Anhaltswerte zur Verfügung, die die Tabelle 58 wiedergibt.

Tabelle 58: Kenndaten für die Belüftung von Schweinegülle (ZEISIG 88)

| Verfahren                 | Nennleistung kW  | Spezif. Energiebedarf kWh/m <sup>3</sup> | Anlaufzeit     | Zusätzliche Wirkungen                                       |  |
|---------------------------|--|--|----------------|---|--|
| Oberflächenbelüftung      | 2,2  | 1,5-4                                    | 7-28 Tge.      | Verbesserung d. Ställluft in Verbindung mit Umspülverfahren |  |
| Umwälz-<br>be-<br>lüftung | a) mit gesond.<br>Belüft.-Behälter<br>b) Belüftung<br>im Lagerbeh. | 3-5<br>3-5                               | 40-60<br>ca 12 | 2-3 Tge.<br>3-14 Tge.                                       | Abtötung der<br>Salmonellen<br>bei über<br>38 Grad C |

#### 4.9.3 Stallklima

##### 4.9.3.1 Be- und Entlüftung

Die theoretischen Grundlagen zum Problemkreis Stallbe- und Entlüftung sind in der DIN 18910 und in verschiedenen Planungsempfehlungen niedergelegt. Daß die Auslegung der Lüftung in den Einzelbetrieben oft sehr stark von den Empfehlungen abweicht, dokumentieren einige Autoren.

Der Stromverbrauch der Lüftungsanlagen wird aber nicht nur durch die häufig anzutreffende Über- oder Unterdimensionierung der Lüfterleistung bestimmt; viel bedeutender für den Stromverbrauch ist die Einschaltdauer. Und diese hängt sehr stark von der die Lüftung schaltenden oder die Steuerung der Lüftung einstellenden Person ab.

Eine Abschätzung des Elektroenergiebedarfes einer Zwangslüftung muß demnach mit sehr großen Ungenauigkeiten verbunden sein. Dennoch soll aus den Daten, die ZEI-

SIG (88) in 11 Schweinemastställen mit Unterdrucklüftung erhoben hat, eine Elektroenergiebedarfsfunktion abgeleitet werden.

Tabelle 59: Unterdrucklüftung in Schweinemastställen (Mastabschn. 30 - 105 kg) der Sommertemperaturzone < 26 Grad C

| Anzahl Messungen | Nennleistung aller Lüfter | Stromverbrauch gesamt | Stallplätze    | Nennleistung pro Mastschweineplatz | Strombedarf pro Mastschweineplatz |
|------------------|---------------------------|-----------------------|----------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| n                | kW                        | kWh/a                 |                | W                                  | kWh/a                             |
| 11               | 1,72<br>s = 1,3           | 5365<br>s = 3335      | 226<br>s = 140 | 6,39<br>s = 2,45                   | 20,5<br>s = 6,5                   |

VON HEYL (25) kalkuliert mit einem ähnlichen Stromverbrauch von 17,0 - 19,7 kWh pro Mastschweineplatz und Jahr. Unterstellt man 150 Tage Mastdauer und einen 2,4maligen Umtrieb so beträgt der Elektroenergiebedarf der Stalllüftung für ein Mastschwein etwa 8,5 kWh.

Gesamtstromverbrauch

$$\begin{aligned} \text{Unterdrucklüftung Schweinemast (kWh/a)} &= 195 \\ &+ 19,4 * \text{Stallplätze} \\ &\quad (120 - 480 \text{ Schweine}) \end{aligned}$$

n = 11 B = 66 %

Gesamtnennleistung Lüfter (kW) = - 0,047

$$\begin{aligned} &+ 0,0066 * \text{Stallplätze} \\ &\quad (120 - 480 \text{ Schweine}) \end{aligned}$$

n = 11 B = 54 %



#### 4.9.4 Tiergesundheit, Hygiene, Reinigen, Pflegen

##### Hochdruckreiniger

In der intensiven Schweinemast dürfte das Reinigen und Desinfizieren der Ställe eine noch wichtigere Rolle spielen als bei den Verfahren der Rinderhaltung. Für die beiden Gerätearten, Heißwasser- und Kaltwasser-Hochdruckreiniger gilt, was bereits in Punkt 4.4.7 ausgeführt wurde.

Die FAT ermittelte für die Reinigung unterschiedlicher Schweinemastställe den Arbeitszeitbedarf und damit die Einschaltdauer des HD-Reinigers

Tabelle 60: Arbeitszeitbedarf in AK-Stunden für Einweichen und Reinigen von Stallabteilen für 160 Mastschweine, 3 Stalltypen

|                   | Ganzspaltenboden | Langbuchten mit Teilspaltenböden | Dänische Aufstallung |
|-------------------|------------------|----------------------------------|----------------------|
| Einweichen<br>AKh | 0,47             | 0,55                             | 0,65                 |
| Reinigen<br>AKh   | 4,74             | 5,07                             | 6,28                 |
| Gesamt<br>AKh     | 5,21             | 5,62                             | 6,93                 |

Unterstellt man für einen Kaltwasser-HD-Reiniger eine mittlere Leistungsaufnahme von 3,5 kW, so beträgt der Elektroenergiebedarf je nach Stalltyp 0,12 - 0,15 kWh pro Mastschwein (150 Tage Mastperiode); bei einem Heißwassergerät mit 2,9 kW Leistungsaufnahme 0,10 - 0,13 kWh pro Mastschwein.

Der Stromverbrauch für die Stallreinigung eines Mastschweinebetriebes beträgt danach bei 150 Tage Mastdauer und 2,4 fachem Umtrieb pro Jahr

|                  |                 |
|------------------|-----------------|
| 300 Mastplätzen  | 75 - 110 kWh/a  |
| 600 Mastplätzen  | 150 - 220 kWh/a |
| 1000 Mastplätzen | 240 - 365 kWh/a |

5. Kurze Beurteilung der Elektroenergiegleichungen mit Auflistung der Geräte und Arbeitsverfahren für die weitere Messungen erforderlich sind

Bei der Durchsicht und der Auswertung von vorhandenen Messungen und Prüfberichten, die den Elektroenergiebedarf von Geräten in der Innenwirtschaft in Abhängigkeit von seinen Parametern ermittelt haben bilden, sich drei Gruppen heraus:

1. Geräte mit Elektroenergieverbrauch für die eine ausreichend große Anzahl Messungen mit Erfassung aller wichtigen Einflußgrößen vorliegt. Für diese Geräte war die Erstellung von Elektroenergiebedarfsgleichungen möglich; diese Gleichungen werden in den Kapiteln 4.5 bis 4.9 im einzelnen angesprochen.
2. Geräte für die nur einzelne Messungen vorhanden sind bzw. für die Meßergebnisse vorliegen, bei denen wichtige Einflußgrößen nicht erfaßt wurden. Für diese Geräte wurden keine Elektroenergiegleichungen erstellt. Statt dessen wurden Richtwerte oder theoretisch kalkulierte Werte verschiedener Autoren aufgenommen. Weitere Prüfstand- oder Praxismessungen mit Erfassung von allen einflußnehmenden Parametern sollten für die Geräte dieser Gruppe durchgeführt werden.

Geräte auf welche dies zutrifft sind

- Güllepumpen (bei Rinder- und Schweinegülle)
- Kettenentmistungsanlagen
- Spülautomaten für die Reinigung der Melkanlage
- Körnergebläse mit Injektorschleuse  
oder Zeilenradschleuse

- Getreidetrocknung
- Getreidekühlung
- Getreidebelüftung
- Zwangslüftung von Ställen für die Rinder-, Schweine- und Geflügelhaltung

3. Die letztere Gruppe beinhaltet alle die Geräte für die, unter der spezifischen Fragestellung nach dem Elektroenergiebedarf, keine Daten in geeignetem Umfang in der Literatur aufzufinden waren bzw. für die auch keine eigenen Messungen durchgeführt wurden. Um für diese Gruppe eine ausreichende Datenbasis zu schaffen sollten erneute Literaturrecherchen und Praxis- oder Prüfstandmessungen durchgeführt werden.

Zu dieser Gruppe zählende Arbeitsverfahren sind

- Trockenfütterung von Mastschweinen
- Flüssigfütterung von Mastschweinen
- mechanische Fördergeräte für Körnerfrüchte wie Elevatoren und Schnecken
- Kraftfutterabrufstationen in Milchvieh- und Zuchtsauenhaltung
- elektronische Geräte wie Milchmengenerfassung und Betriebscomputer

## 6. Literaturverzeichnis

1. AEL : Landwirtschaft und Elektrizität - Daten ab 1949.  
AEL-Bericht, 3 (1978).
2. AEL : Hefte für die Landwirtschaft.  
Schriftenreihe der Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in  
der Landwirtschaft.
3. AEL : Reinigungsanlagen für Melk- und Kühleinrichtungen  
Merkblatt 9/1980
4. AEL, HEA, KTBL : Landwirtschaft und Elektrizität; Nutzung von Energie aus  
Umwelt und landwirtschaftlicher Produktion.  
Hrsg.: AEL, HEA, KTBL ; Symposium 1982 in Würzburg.
5. Auernhammer, H.: Eine integrierte Methode zur Arbeitszeitanalyse, Plan-  
zeiterstellung und Modellkalkulation landwirtschaftlicher Ar-  
beiten, dargestellt an verschiedenen Arbeitsverfahren der  
Bullenmast. Dissertation, Landtechnik Weihenstephan 1975.
6. Auernhammer, H. und F. Heins: Zur Situation des landwirtschaftlichen  
Energieverbrauchs in Bayern.  
Landtechnik 37 (1982), H. 1, S. 12-14.
7. Ayik, M.: Analyse des elektrischen Leistungs- und Energiebedarfs wichtiger  
Bereiche der Milchviehhaltung.  
Dissertation, Landtechnik Weihenstephan 1975.
8. Bernsmann, D. und H. Boeckh: Voraussetzungen für ein optimales Klima im  
Schweinmaststall.  
Landtechnik 31 (1976), H. 10, S. 451.
9. Bewer, E.: Energiebedarf und neue Stromtarife im Futterbaubetrieb.  
Landtechnik 30 (1975), H. 5, S. 231-233.

10. Bischoff, T., M. Adam und H. Wandel: Berechnungen zum Energiebedarf und Energieanfall in der Tierproduktion.  
Landtechnik 36 (1981), H. 9, S. 424-428.
11. Bischoff, T., R. Meuther und H. Wandel: Zur Mechanisierung der Entnahme und Vorlage von Heu.  
Landtechnik 34 (1979), H. 12, S. 554-559.
12. Borkmann, R., R. Holke und M. Koallick: Zum Elektroenergieverbrauch in der industriemäßigen Milchproduktion.  
agrartechnik 32 (1982), H. 10, S. 436-438.
13. Bosma, A.H.: Eignung von Wurf- und Ansauggebläsen zum Befüllen von Hochsilos mit Anwelksilage.  
Landtechnik 33 (1978), H. 12, S. 561-563.
14. Cremer, P.: Landwirtschaft und Elektrizität.  
Landtechnik 35 (1980), H. 8/9, S. 410-411.
15. Dempf, M.: Senkung des spezifischen Energieverbrauchs.  
Die Mühle + Mischfuttertechnik 117 (1980), H. 47, S. 646-647.
16. Dohne, E.: Energiefragen in der Landwirtschaft.  
Landtechnik 32 (1977), H. 11, S. 457-460.
17. Frankhauser, J.: Elektromotoren im Vergleich.  
FAT - Blätter für Landtechnik, Nr.247, Mai 1984.
18. Fitzen, W.: Entwicklung der Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft im Raum Niederrhein in den Jahren 1950 - 1970  
Diplomarbeit Bonn 1971
19. Götz, W.: Untersuchung des Elektrizitätseinsatzes in landwirtschaftlichen Betrieben der BR Deutschland.  
Diplomarbeit, Landtechnik Weihenstephan 1975.

20. Goll, W.: Bericht über die Ermittlung des Leistungsbedarfes und Stromverbrauches in landwirtschaftlichen Betrieben  
Essen, 3.12.1974
21. Hanke, E. und S. Schupp: Energiewirtschaftliche Prozeßanalyse einer Milchviehanlage.  
agrartechnik 29 (1979), H. 12, S. 558-560.
22. HEA: Energie besser nutzen - Haushalten mit Energie in landwirtschaftlichen Betrieben  
Energie - Verlag, Heidelberg.
23. Hege, H. und H. Bruns: Elektrischer Leistungsbedarf und Energieverbrauch im Gartenbau und energiewirtschaftliche Folgerungen.  
AEL-Bericht, 6/1980.
24. Heins, F.: Brennstoffverbrauch in landwirtschaftlichen Wohnhäusern Bayerns und Möglichkeiten der Wärmebedarfsdeckung durch Stroh und Holz. Dissertation, Landtechnik Weihenstephan 1983.
25. Heyl von, L.: Analyse des elektrischen Leistungs- und Energiebedarfs wichtiger Bereiche der Rinder- und Schweinehaltung.  
Dissertation, Landtechnik Weihenstephan 1975.
26. Honig, H.: Energiewirtschaftliche Bedarfszahlen. Teil 1: Elektrizität im landwirtschaftlichen Betrieb.  
Berichte über Landtechnik 73, München 1965.
27. Janson, E.: Partnerschaft von Elektrizitätswirtschaft und Landwirtschaft.  
Vortrag vom 1.10.1981 in Grevenbroich.
28. Kionka, U. und G. Layer: Strombedarfsstruktur landwirtschaftlicher Betriebe.  
Forschungsstelle für Energiewirtschaft, München, 1971.
29. Krinner, L.: Untersuchungen an Laufkrananlagen.  
Bericht über Aufgaben und Tätigkeit der Landtechnik Weihenstephan von 1970 bis 1972, S. 149-154.

30. Krüger, W.: Elektrischer Energieverbrauch und Leistungsbedarf der Landwirtschaft in Schleswig - Holstein.  
Dissertation, Kiel 1960.
31. KTBL: Musterhof Liebenau.  
Forschungsbericht ET 53194, Teilprojektbericht 700.
32. KTL: Mechanische Körnerförderer.  
Arbeitsblatt für Landtechnik, Nr. 28.
33. Lange-Hüsken, L.: Magnetbandrecorder-Meßdatenerfassungssystem zur Untersuchung der Belastung und des Stromverbrauchs von Abnehmergruppen. RWE informiert 137, S. 3-11.
34. Leidl, E.: Die landwirtschaftlichen Greiferkräne.  
Landtechnische Schriftenreihe 101, Wien 1983.
35. Maier, L. und M. Wagner: Techniken für die Silageentnahme.  
Landtechnik 31 (1976), H. 10, S. 430-434.
36. Marten, J.: Energiebedarf im Milchviehbetrieb.  
Milchpraxis 18 (1980), H. 3, S. 86-87.
37. Meier, N.: Untersuchungen über die Ausstattung landwirtschaftlicher Betriebe in Bayern mit Elektroenergieverbrauchern in Abhängigkeit von Betriebstyp und Standort.  
Diplomarbeit, Landtechnik Weihenstephan 1980.
38. Niedermeier, G.: Beleuchtung in landwirtschaftlichen Betriebsstätten  
Zulassungsarbeit zur ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Beruflichen Schulen, Institut für Landtechnik Weihenstephan 1987

39. Norman, A.J. und R.C. Bowes: Electricity in the farm dairy: requirements, use and conservation  
Journal of the Society of Dairy Technology 37(2) S. 35-37 1984
40. Nosal, D.: Vergleichsprüfung von Dickstoffpumpen  
FAT - Blätter für die Landtechnik, Nr 123, August 1977
41. N.N.: Elektrizität - Energie für die Landwirtschaft. Bericht über gemeinsame Tagung von AEL, HEA und KTBL.  
Landtechnik 31 (1976), H. 12, S. 537.
42. N.N.: Problemes energetiques en agriculture et propositions pour les economies d'energie directe dans ce secteur.  
Centre National d'Etudes et d'Experimentation de Machinisme Agricole. France 1980.
43. N.N.: Strom ist ein teures Betriebsmittel.  
dlz 35 (1984), H. 12, S. 1845.
44. N.N.: Energiebedarf und Energieversorgung.  
Dokumentation, AGRA - EUROPE, 46/77, Nov. 1977.
45. N.N.: Heubelüftung  
Agrartechnik international 63 (1984), H. 3, S. 12.
46. Nacke, E.: Ein Modellkalkulationssystem zur Ermittlung des Investitionsbedarfes landwirtschaftlicher Betriebsgebäude - dargestellt am Beispiel ausgewählter Stallbaulösungen für die Milchviehhaltung. Dissertation, Landtechnik Weihenstephan 1983.
47. Norman, A.J. und R.C. Bowes: Electricity in the farm dairy: requirements use and conservations.  
Journal of the Society of Dairy Technologie 37 (1984), H. 2, S. 35-37.



48. Nydegger, F.: Typentabelle Greiferanlagen.  
Blätter für Landtechnik, Nr.228, Jul. 1983.
49. Oberländer, P. und M. Oertel: Rechnergesteuerte Elektroenergieedisponierung in Anlagen der Tierproduktion.  
agrartechnik 35 (1985), H. 3, S. 104-107.
50. Pappritz von, C.L.: Einzelheiten über die Stallklimatisierung.  
Elektrizität 11 (1961), H. 6, S. 128-132.
51. Pappritz von, C.L.: Die Wirtschaftlichkeit der Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft.  
Landwirtschaftsverlag, Hiltrup 1961.
52. Patschke - Ballerstaedt, D.: Grünfutter kostengünstig konservieren.  
dlz 36 (1985), H. 4, S. 548-550.
53. Penner, D.: Neuzeitliche Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft.  
Kali - Briefe, 7. Folge, Dez. 1970.
54. Petersen, H.: Pneumatische Förderung von Häckselgut - eine Schrifttumübersicht.  
Grundlagen der Landtechnik 26 (1976), H. 3, S. 83-89.
55. Petersen, W.: Energie aus der Milchkühlung.  
RKL
56. Petersen, W.: Energierückgewinnung aus der Milchkühlung - Meßergebnisse aus 21 Anlagen.  
de/der elektromeister + deutsches elektrohandwerk 57 (1982),  
H. 6, S. 317-322.

57. Petit, K.L., O. Cure und C. Debrayckere: Berichte über Stallklimafaktoren; Forschungsergebnisse der Landbauhochschule in Genf.  
ALB - Berichtsheft - XXV.
58. Petri, E.: Rationalisierung des Elektroenergiebedarfs im Verfahren Feuchtmaissilierung.  
AEL - Bericht, 4/1978.
59. Pirkelmann, H. und L. Maier: Verfahrensleistungen und Leistungsbedarf von Entnahmetechniken für Hoch- und Flachsilos.  
Landtechnik 34 (1979), H. 12, S. 564-567.
60. Rittstieg, G.: Tarifstrukturen und Reformtendenzen. Vortragsmanuskript vom Internationalen Tarifsymposium des VEÖ am 29./30. Juni 1982 in Linz.
61. Rössner, H.: Ergebnisse elektroenergiewirtschaftlicher Untersuchungen landwirtschaftlicher Produktionsanlagen.  
Deutsche Agrartechnik 19 (1969), H. 2, S. 76-79.
62. Rude, M.: Elektrizitätswirtschaftliche Auswirkungen des Strukturwandels der Landwirtschaft in Südwestdeutschland  
Manuskript des Vortrags anlässlich der ÖKL-Konferenz, Gröbning Oktober 1969
63. Rude, M.: Elektrizitätswirtschaftliche Folgerungen und Prognosen.  
Landtechnik 25 (1970), H. 23/24, S. 737-742.
64. Sauer, H.: Arbeitswirtschaftliche Untersuchungen und Methodenüberprüfung durch Modellkalkulationen in der Milchviehhaltung.  
Dissertation, Landtechnik Weihenstephan 1981.
65. Scherping, E.: Untersuchungen zur Silageentnahme aus Hochsilos.  
Deutsche Agrartechnik 22 (1972), H. 4, S. 76-79.

66. Schön, H. und Ch.-L. Pen: Ein stochastisches Simulationsmodell für arbeitswissenschaftliche Untersuchungen von Melkverfahren. Grundlagen der Landtechnik 23 (1973), H. 6, S. 187-191.
67. Schultz, R.: Energiesparen = Stromkosten senken. Die Mühle + Mischfuttertechnik 119 (1982), H. 51/52, S. 714-722.
68. Schurig, M.: Untersuchungen über leistungsfähige Beschickungsgeräte für Hochsilos. Kurzbericht, Bayerische Landesanstalt für Landtechnik.
69. Schurig, M.: Meßwerte bei der Silomais - Einlagerung mit Annahme - Wurf - Gebläse (GEHL). 1959.
70. Schurig, M.: Einlagerungsleistung und Leistungsbedarf beim Befüllen von Hochsilos mit Fördergebläsen. Grundlagen der Landtechnik 27 (1977), H. 2, S. 41-45.
71. Segler, G.: Gebläseauswahl für Heubelüftungsanlagen. Landtechnik 12 (1957), H. 20, S. 599-604.
72. Stoffer, A. und F. Schmalzl: Energieaufwand von Förderbändern, Fördergebläsen, Greiferaufzügen und Hallengreiferanlagen. Landtechnische Schriftenreihe, Heft 48, Aug. 1978.
73. Stoy, B.: Nicht nukleare, nicht fossile Energiequellen. Berichte über Landwirtschaft, Band 55, 1977/78, S. 553-568.
74. Strehler, A.: Energiesparen beim Körnerkonservieren DLZ 1981, H. 2, S. 158-160
75. Thaer, R., H.: Honig und U. Schneider: Energiewirtschaftliche Bedarfswerte für die Innenwirtschaft landwirtschaftlicher Betriebe. Elektrizität 12 (1962), H. 5, S.123-128.

76. Ullmann, O.: Untersuchung zur Energieeinsparung in der Landwirtschaft.  
Forschungsbericht T 80-180, BMFT, MBB-Ottobrunn, Dez. 1980.
77. Vogt, C.: Reinigungstechnik für Melk- und Kühlanlagen.  
Landtechnik 34 (1979), H. 4, S. 183-187.
78. Vogt, C.: Intensive tierische Produktion und Energiebedarf.  
Landtechnik 28 (1973), H. 11/12, S. 312-318.
79. Vogt, L.: Zur Ökonomik alternativer Energiegewinnungsverfahren - Eine Optimierung unter besonderer Berücksichtigung der Kombination verschiedener Energieformen. Bayerisches landwirtschaftliches Jahrbuch 59 (1982), H. 4, S. 469-497.
80. Voß, U.: Schrotmühlen und Futtermischer.  
Landtechnik 29 (1974), H. 8, S. 359-352.
81. Weber, A.: Langfristige Energiebilanz in der Landwirtschaft.  
Landwirtschaft - Angewandte Wissenschaft, H. 221, Münster - Hiltrup, 1979.
82. Wendl, G.: Methodischer Beitrag zur Ermittlung der Reparaturkosten und zur Gesamtkostenkalkulation landwirtschaftlicher Maschinen - dargestellt am Beispiel von Melkanlagen.  
Dissertation, Landtechnik Weihenstephan 1983.
83. Wenner, H.-L.: Zur Energiesituation der Landwirtschaft - Probleme und Forderungen.  
Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch 57 (1980), SH. 2, S. 23-46.
84. Wenner, H.-L.: Agrarproduktion - Energiebedarf und Energieanfall.  
Vortrag anläßl. des Symposiums "Landwirtschaft und Elektrizität, Nutzung von Energie aus Umwelt und landwirtschaftlicher Produktion", Würzburg, Sep. 1982.

85. Wenner, H.-L.: Neue Stromtarife und steigende elektrische Leistungsansprüche.  
Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan, Nr.3, 1977,  
S. 93-119.
86. Wenner, H.-L.: Verbrauch und Einsparungsmöglichkeiten an Elektrizität für die Tierproduktion.  
in: Energieeinsatz in der Landwirtschaft, Hrsg.: BStELF, Okt. 1980.
87. Wolfermann, H.-F.: Gebäude und Stallklima.  
Landtechnik 26 (1971), H. 3, S. 51-55.
88. Zeisig, H.D.: Analyse des elektrischen Leistungs- und Energiebedarfes für einige ausgewählte Bereiche der Innenwirtschaft landwirtschaftlicher Betriebe  
Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan, Nr 5 1981
89. Zipfel, M.: Die wirtschaftliche Stromversorgung der Landwirtschaft.  
Energiewirtschaftlicher Verlag, Karlsruhe, 1949.
90. Zips, A.: Nahbereichsphotogrammetrie - Eine Methode zur Registrierung und Quantifizierung des Tierverhaltens im Liegeboxenlaufstall.  
Dissertation, Landtechnik Weihenstephan 1983.





