

# Energieeinsparung in der Tierproduktion

## Technischer Bereich

Von Prof. Dr. H. L. Wenner, Weihenstephan<sup>1</sup>

Die tierische Veredelungsproduktion der Landwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland benötigt beträchtliche Mengen an technischer Fremdenergie vorwiegend in Form von elektrischem Strom und Heizöl. Um einen Überblick über den Energiebedarf für die Tierproduktion zu erhalten, sollen zunächst Verbrauch und Ausgaben der Bundesrepublik Deutschland für Dieselkraftstoff, Elektrizität und Heizöl im Jahr 1976 gegenübergestellt werden, und zwar aufgrund vorliegender statistischer Unterlagen (Abb. 1). Die ausgewiese-

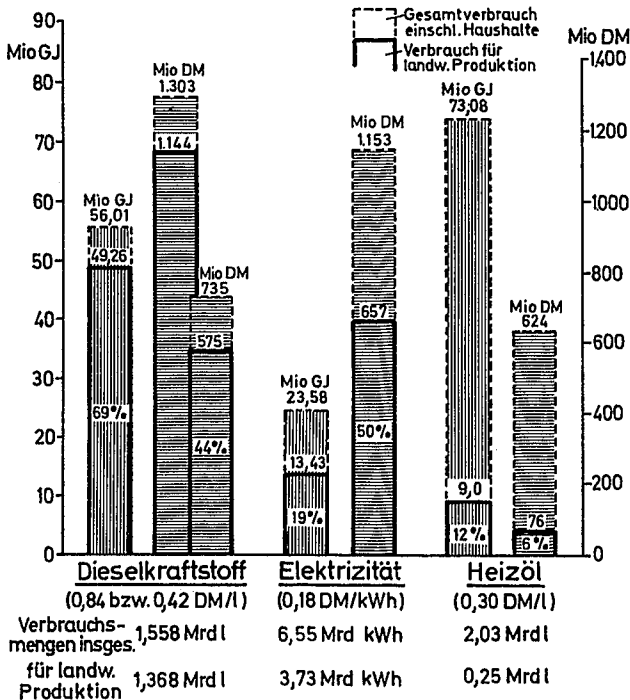


Abb. 1. Energieeinsatz in der Land- und Forstwirtschaft. Verbrauch und Ausgaben der Bundesrepublik Deutschland 1976 (bei Dieselmkraftstoff, Elektrizität und Heizöl)

nen Verbrauchsmengen für Dieselmkraftstoff in Höhe von 1,558 Mrd. Liter ergeben einen Energieverbrauch von 56 Mill. GJ, der Stromverbrauch von 6,55 Mrd. kWh einen Energieverbrauch von rund 24 Mill. GJ und die verbrauchte Heizölmenge von 2 Mrd. Liter 73 Mill. GJ. Man würde einem Irrtum unterliegen, würde man diese Angaben für die landwirtschaftliche Produktion unterstellen; denn es muß der Privatverbrauch für landwirtschaftliche Haushalte und Sonstiges abgezogen werden, um zu echten Energieverbrauchswerten für die eigentliche landwirtschaftliche Produktion zu gelangen. Aufgrund von Einzelrechnungen und teilweisen Schätzungen reduzieren sich die Gesamt-Verbrauchsmengen zur Ermittlung des Bedarfes für die Agrarproduktion bei Dieselmkraftstoff um einen geringen Anteil, beim

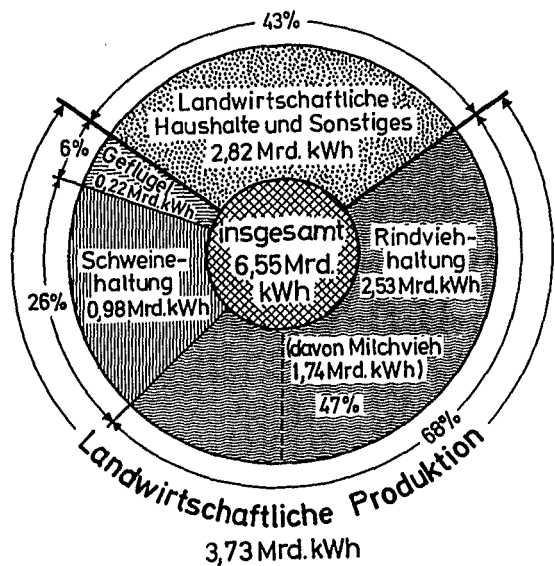
<sup>1</sup> Institut für Landtechnik der TU München, Vöttingerstraße 36, 8050 Freising-Weihenstephan.

Einsatz der Elektrizität um einen bereits beträchtlichen Anteil und beim Heizöl infolge des hohen Verbrauches für die Hausheizungen in hohem Umfang. Folglich entfallen vom bereinigten Gesamtverbrauch an Fremdenergie in Höhe von etwa 72 Mill. GJ für die westdeutsche Agrarerzeugung auf die pflanzliche Produktion energiemäßig 69 %, wenn man den Dieselmotorkraftstoffverbrauch der pflanzlichen Produktion zurechnet, auf die tierische Produktion jedoch nur etwa  $19 + 12 = 31$  % in Form des Verbrauches an elektrischem Strom und Heizöl. Die Tierproduktion benötigt also nur etwa ein Drittel des Gesamtverbrauches an Fremdenergie für die landwirtschaftliche Produktion.

Ein anderes Bild ergibt sich jedoch beim Vergleich der Energiekosten. Wird die Dieselölverbilligung berücksichtigt, dann liegt der Kostenanteil für den westdeutschen Dieselmotorkraftstoffverbrauch bei nur 44 %, der Kostenanteil für elektrischen Strom jedoch bei 50 %, während der kostenmäßige Anteil für Heizöl mit 6 % kaum ins Gewicht fällt. Das bedeutet, daß mehr als die Hälfte der Energiekosten auf die Innenwirtschaft entfallen. Der hohe Anteil der Stromkosten gegenüber der nur relativ geringen elektrischen Energiemenge ist dadurch begründet, daß der niedrige Energieinhalt einer kWh mit nur 3,6 MJ recht teuer bezahlt werden muß im Vergleich zu den flüssigen Brennstoffen mit hohem Energieinhalt von 36 MJ je l. Dieser Zusammenhang zeigt recht deutlich die Problematik der unterschiedlichen Wertigkeit der einzelnen Energieträger. Dazu folgender Hinweis: Wird Elektrizität zur Wärmeherzeugung eingesetzt, und berücksichtigt man Energieinhalt, Energienutzungsgrad und Heizstoffkosten, dann ergibt sich ein Energiepreisverhältnis zwischen Heizöl und Strom von etwa 1:4 bis 5; werden jedoch alternative Energieträger zum mechanischen Antrieb genutzt, so liegt ein Energiepreisverhältnis zwischen verbilligtem Dieselöl und elektrischem Strom von 1:1,1 bis 1,3 vor, ohne Dieselölverbilligung von 1:0,6 bis 0,7! Ein Vergleich der Energiearten bzw. ihrer Bruttoenergie-Verbrauchsmengen darf also nur mit großer Vorsicht vorgenommen werden. Es wird aber auch deutlich, daß Überlegungen zur Energieeinsparung bzw. zum sinnvollen Energieeinsatz auch die Möglichkeiten des Austausches hochveredelter und daher teurer Energieformen durch billigere Energiearten beinhalten sollten.

Im Bereich der Tierproduktion interessiert aus Kostengründen in erster Linie der Energieeinsatz mittels elektrischen Stromes, daneben nur in geringem Umfang auch der Verbrauch an Heizöl, zumal die angegebenen Verbrauchsmengen für die landwirtschaftliche Produktion reine Schätzwerte sind und wahrscheinlich wesentlich niedriger liegen. Die für die Tierproduktion benötigten Strommengen gliedern sich folgendermaßen auf. Vom Gesamtstromverbrauch der westdeutschen Landwirtschaft im Jahre 1976 in Höhe von 6,55 Mrd. kWh entfallen auf landwirtschaftliche Haushalte und Sonstiges rund 2,82 Mrd. kWh,

Abb. 2. Stromverbrauch der Landwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland 1976



so daß für die Tierproduktion 3,73 Mrd. kWh verbleiben. Dieser bereinigte Verbrauchswert macht übrigens nur 1,35 % des gesamten Stromverbrauches der Bundesrepublik Deutschland aus! Nach Berechnungen von HEINS ist von dieser Energiemenge der Rindviehhaltung mit 2,53 Mrd. kWh gleich 68 % der bei weitem größte Anteil zuzuordnen, allein die Milchviehhaltung beansprucht nahezu die Hälfte des gesamten Stromverbrauches für die Tierproduktion. Für die Schweinehaltung werden mit rund 1 Mrd. kWh etwa 26 % des Energiebedarfes benötigt, die Geflügelhaltung nimmt mit 6 % nur einen sehr geringen Anteil ein. Nachfolgend soll daher schwerpunktmäßig eine Energieanalyse bei der Rindviehhaltung durchgeführt werden, anschließend bei der Schweinehaltung, um Ansätze für Energieeinsparungen in der Tierproduktion ausfindig zu machen.

Als wichtiger Bereich der Rindviehhaltung muß zunächst die Halmfütterernte und -konservierung einer Betrachtung unterzogen werden; denn die Futterbereitstellung ist für die Energiesituation in der Rindviehhaltung von großer Bedeutung. Für einen objektiven Vergleich des Energieverbrauches in der Heuernte, in der Anwelksilagernte und in der Silomaisernte wurden gute Durchschnitts-Hektarerträge unterstellt, für die Ermittlung der Energiekosten augenblickliche Preise für Dieselöl und Strom (Abb. 3). In der Heuernte wird

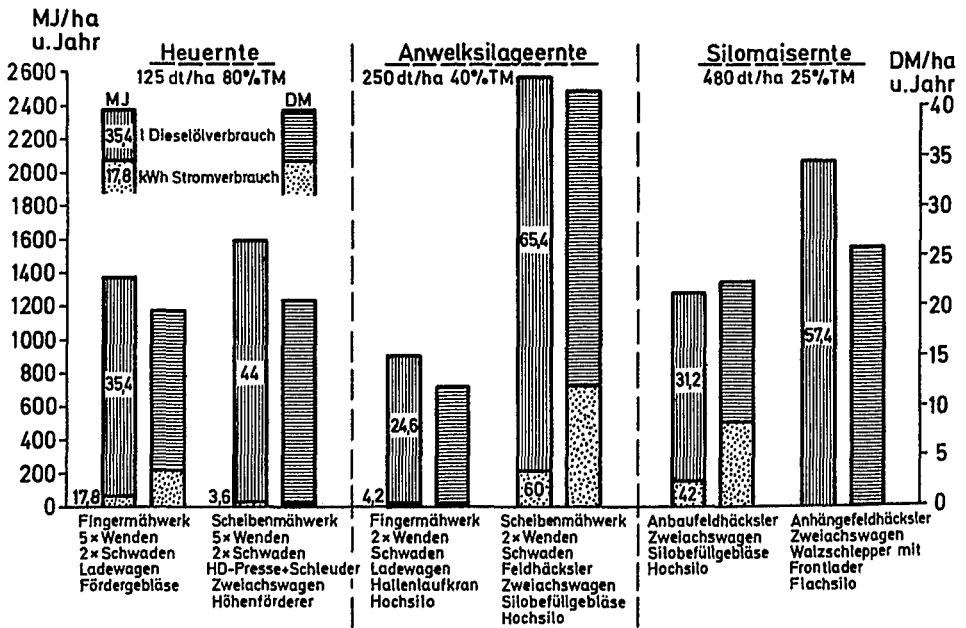


Abb. 3. Energieverbrauch und -kosten der Futterernteverfahren (Jahreserträge Wiesengras 100 dt TM/ha; Silomais 120 dt TM/ha; ohne Konservierung, Dieselöl 0,45 DM/l, kWh 0,20 DM)

bei dem Verfahren *Fingermähwerk*, *Ladewagen* und *Fördergebläse* je Hektar Erntefläche und Jahr eine Energiemenge von 1400 MJ benötigt, die Energiekosten für 35,4 l Dieselöl und 17,8 kWh Strom zusammen liegen bei etwa 18,- DM/ha und Jahr; ein alternatives Ernteverfahren mit *Scheibenmähwerk*, *Hochdruckpresse* mit *Schleuder* sowie *Höhenförderer* zur Einlagerung liegt im Energieverbrauch nur geringfügig höher, während die Kosten für die Fremdenenergie gegenüber dem ersten Ernteverfahren kaum einen nennenswerten Unterschied aufweisen. In der *Anwelksilagernte* können größere Unterschiede auftreten, wenn energiesparende Verfahren mit *Fingermähwerk*, *Ladewagen* und *Greifereinlagerung* höhermechanisierten Verfahrensstufen mit *Scheibenmähwerk*, *Feldhäcksler* und *Silobefüllgebläse* gegenübergestellt werden. Die Beträge des Energieverbrauches schwanken zwischen 900 und 2500 MJ je ha und Jahr, die Kosten für Treibstoff und Strom zwischen 13,- und 42,- DM pro ha und Jahr; allerdings ist die absolute Höhe der Differenzbeträge von nur geringer Bedeutung gegenüber den sonstigen Gesichtspunkten der Vorzüglichkeit der verschiedenen

Ernteverfahren. Und auch bei der Silomaiserte zeigt ein Energievergleich zwischen einer einfachen Hochsilolösung und einem schlagkräftigen Verfahren für das Flachsilo keine gravierenden Unterschiede; der Walzschlepper für den Flachbehälter verursacht sogar insgesamt einen etwas höheren Energieverbrauch für diese Lösung. Aus dieser Verfahrensgegenüberstellung ergibt sich also, daß die verschiedenen Futterernteverfahren keinen Ansatz für entsprechende Energieeinsparungsmöglichkeiten bieten, Energieverbrauch und -kosten liegen bei den alternativen Futterernteverfahren insgesamt auf einem sehr niedrigen Niveau.

Große Unterschiede treten jedoch bei einem Energievergleich der verschiedenen Konservierungsverfahren auf (Abb. 4). Um hierüber eindeutige Angaben machen zu können, wurde ein gleicher Grünlandertrag von 100 dt Trockenmasse unterstellt. Der Fremdenergie-

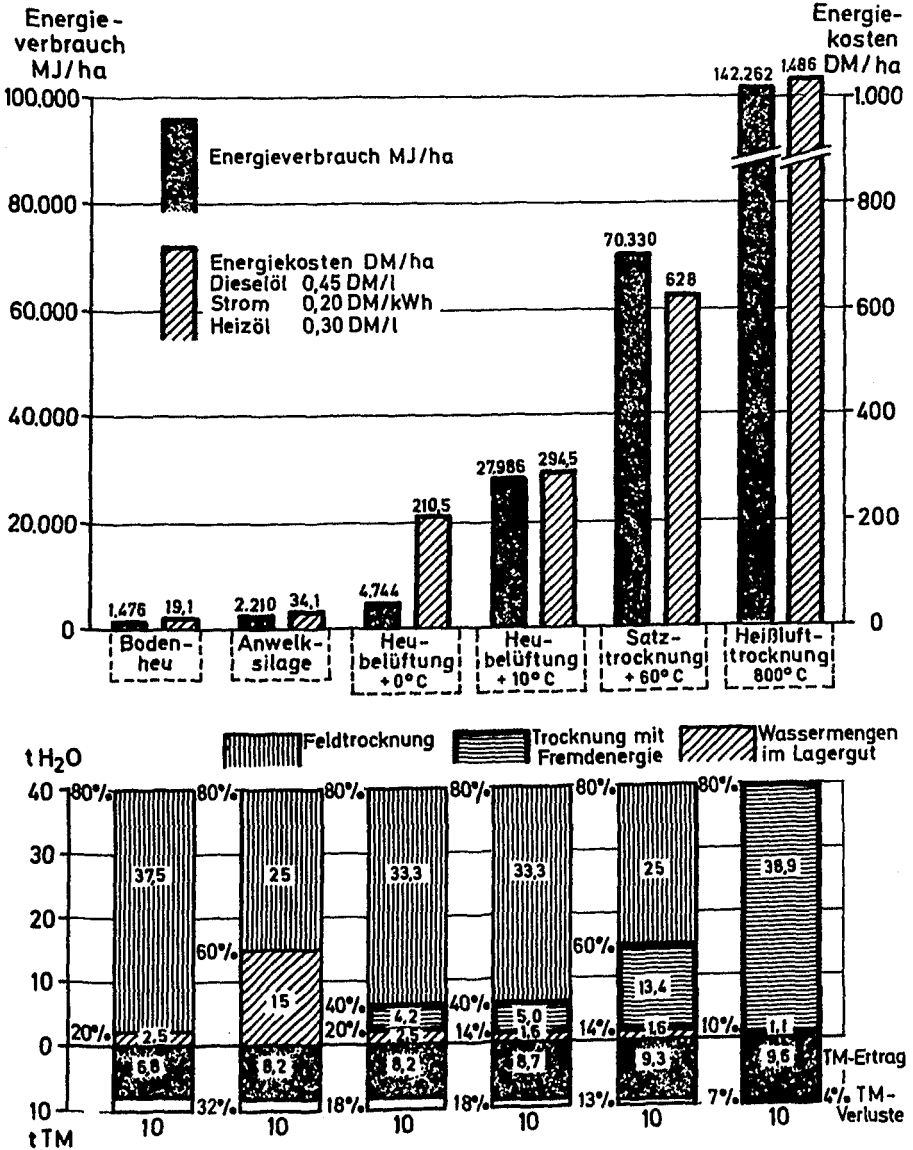


Abb. 4. Energievergleich der Konservierungsverfahren je ha Grüngut; Ertrag 500 dt mit 80 % H<sub>2</sub>O-Gehalt; 100 dt TM

verbrauch für Dieselöl und Strom beträgt bei der Bodenheuwerbung nur rund 1500 MJ pro ha, was Energiekosten von etwa 20,- DM je ha und Jahr verursacht. Das Konservierungsverfahren Anwelksilagebereitung liegt im Energieverbrauch und in den Energiekosten nur unbedeutend höher. Mit steigendem Umfang an künstlicher Nachtrocknung nimmt jedoch der Energieverbrauch bedeutend zu. So werden bereits beim Verfahren der Heuunterdachtrocknung ohne Anwärmung knapp 5000 MJ pro ha benötigt einfach deswegen, weil 4,2 t Wasser je ha künstlich verdampft werden müssen; infolge des hohen Stromverbrauches für die Heubelüftung schwellen die Energiekosten auf etwa 210,- DM pro ha in die Höhe. Das Verfahren der Heubelüftung mit Luftanwärmung um 10 °C beansprucht infolge des nun einsetzenden Heizölverbrauches bereits Energiemengen von etwa 28 000 MJ je ha, die Energiekosten für dieses Verfahren liegen bei etwa 300,- DM. Der Unterschied der Kosten gegenüber der Heubelüftung ohne Anwärmung ist relativ gering, weil bei der Anwärmung der Belüftungsluft die billige Wärmequelle Heizöl genutzt wird. Bei geringerer Vortrocknung des Futters auf dem Feld bis auf nur 60 % Wassergehalt müssen je Hektar bereits 13,4 t Wasser künstlich nachgetrocknet werden, so daß der Energieverbrauch bei der Satzrocknung mit Luftanwärmung um 60 °C bereits auf 70 000 MJ pro ha ansteigt; die Energiekosten liegen dann bei etwa 630,- DM. Bedeutend höhere Anforderungen stellt schließlich die Heißlufttrocknung mit Trocknungslufttemperaturen von 800 °C, weil bei diesem Verfahren nahezu die gesamte Wassermenge aus dem Erntegut künstlich entzogen werden muß; das sind nahezu 40 t je ha! Hierdurch wird ein Energieverbrauch von rund 140 000 MJ/ha verursacht, und die Energiekosten steigen auf etwa 1500,- DM. Gegenüber der Bodenheuwerbung ergibt sich also der etwa 100fache Energieverbrauch und ein ebensolch ungünstiges Verhältnis der Energiekosten. Es wäre jedoch völlig falsch, aufgrund der Wünsche zur Energieeinsparung nun vorwiegend die Bodenheuwerbung oder die Anwelksilagebereitung zu empfehlen; denn Nährstoffverluste und Energieertrag je ha müssen für eine objektive Betrachtung mit in die Überlegungen einbezogen werden.

Der Energieertrag im Futterbau wird in der Regel in Kilo-Stärkeeinheiten je ha ausgedrückt, wobei der Umrechnungsfaktor 1 kStE gleich 9,9 MJ die Angabe des Energieertrages in MJ ermöglicht. Ein Vergleich der verschiedenen Konservierungsverfahren ergibt folgendes Bild.

Der Bruttoertrag an Frischgut liegt bei den Konservierungsverfahren bis zur Heubelüftung mit Anwärmung um 10 °C bei 5500 kStE je ha, er steigt bei der Satzrocknung infolge höherer Schnitzzahlen auf 6000 kStE/ha und bei der Heißlufttrocknung auf 6500 kStE Bruttoertrag je Hektar. Unterstellt man nun durchschnittliche Nährstoffverluste bei den verschiedenen Konservierungsmethoden, dann ergibt sich ein Nettoertrag von 3025 kStE/ha bis herauf zu 6175 kStE/ha, also ein Verhältnis des Nettoertrages bei den verschiedenen Konservierungsverfahren von 1:2. Bezieht man nun den Energieaufwand auf diesen Nettoertrag, dann werden bei Bodenheuwerbung und Anwelksilagebereitung etwa 0,5 MJ/kStE an Fremdenergie benötigt, mit steigenden Anforderungen an die künstliche Trocknung jedoch bis zu 23 MJ/kStE. Das erfordert Energiekosten von nur einem Pfennig je Kilostärkeeinheit, über 5 bis 6 Pfennig je kStE bei der Heubelüftung, bis herauf zu 24 Pfennig/kStE bei der Heißlufttrocknung. Bezüglich der Energiekosten wäre mit etwa 13 Pf/kStE die Satzrocknung mit Luftanwärmung um 60 °C noch vertretbar.

Inwieweit Solarkollektoren zur Luftanwärmung bei der Heuunterdachtrocknung mit dem Ziel einer Energie- und Kosteneinsparung sinnvoll eingesetzt werden können, erscheint beim heutigen Preis-Kostenverhältnis für Solar- und Heizölenergie zunächst sehr fragwürdig; und hinzu kommt, daß weniger die Probleme der Energiegewinnung über Solarkollektoren noch problematisch sind als vielmehr die Energiespeicherung, also die Verfügbarkeit größerer Wärmemengen zum richtigen Zeitpunkt. Hier liegt das Hauptproblem für eine sinnvolle, allgemeine Anwendung der Solartechnik für Trocknungsaufgaben.

Interessant ist im Zusammenhang mit dem Energievergleich der Konservierungsverfahren auch eine Energiebilanz. Bei Bodenheuwerbung und Anwelksilagebereitung werden mit einer Einheit Fremdenergie etwa 20 Energieeinheiten im Futter erzeugt, bei der Heubelüftung ohne Anwärmung immerhin noch etwa 9 Energieeinheiten Futter, bei der Heubelüf-

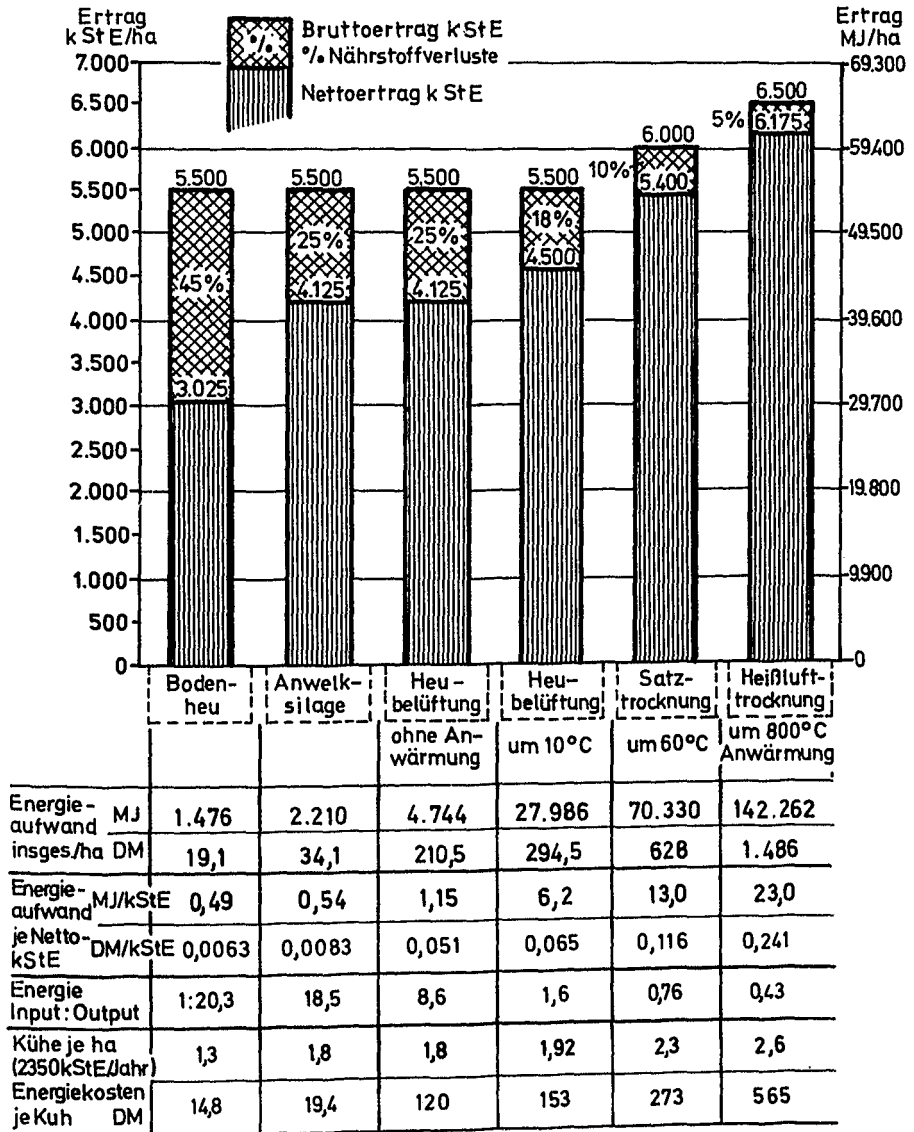


Abb. 5. Energieertrag und Energiekosten der Konservierungsverfahren je ha Grünget, Frischmasseertrag 500 dt mit 80 % H<sub>2</sub>O-Gehalt; 100 dt TM (1 kg StE = 9,9 MJ)

tung mit Anwärmung um 10 °C jedoch nur noch 1,6 Energieeinheiten des Futters, und bei Satz-trocknung und Heißluft-trocknung ergibt sich eine negative Bilanz; es wird mehr als die doppelte Menge an Fremdenergie benötigt gegenüber der im Futter erzeugten Energie. Trotz dieser erheblichen Verschlechterung des Input-Output-Verhältnisses darf nicht leichtfertig die Folgerung gezogen werden, aus Gründen der Energieeinsparung müsse auf Satz-trocknung bzw. Heißluft-trocknung zukünftig verzichtet werden. Denn durch den erheblichen Mehrertrag an Netto-Energie im Futter lassen sich mit dem Übergang zu den höherwertigeren Konservierungsverfahren je ha Futteranbaufläche wesentlich mehr Tiere halten. Bei der Bodenheuerwerbung können nur 1,3 Kühe/ha ernährt werden, wenn für 10 kg Milchleistung/Kuh und Tag etwa 2350 kStE/Kuh und Jahr unterstellt werden; bei Anwek-silagebereitung und Heubelüftung ohne Anwärmung sind es bereits 1,8 Kühe/ha, bei der Heubelüftung mit stärkerer Anwärmung knapp 2 Kühe/ha, bei der Satz-trocknung mit An-

wärmung um 60 °C schon 2,3 Kühe/ha und schließlich bei der Heißlufttrocknung 2,6 Kühe/ha. Höherwertigere Konservierungsverfahren führen also zu einer innerbetrieblichen Aufstockung, die in vielen Betrieben des Grünlandgürtels im Alpenvorland die Anwendung der Satz Trocknung mit stärkerer Anwärmung ratsam erscheinen lassen. Ökonomisch exakte Berechnungen müssen hier für jeden Einzelbetrieb näheren Aufschluß bringen. Jedoch muß die Heißlufttrocknung mit Trocknungsluftanwärmung auf 800 °C infolge ihres enormen Energieverbrauches und ihrer sehr hohen Energiekosten als äußerst problematisch angesehen werden. Versuche zur Energieeinsparung durch Rekondensation der Abluft erbrachten zwar einen bis zu 40 % geringeren Energiebedarf (Kunz-Verfahren), jedoch wiegen die hierzu wahrscheinlich notwendigen hohen Aufwendungen diesen Vorteil wieder auf.

Nach diesem Vergleich der verschiedenen Futterernte- und Konservierungsverfahren sollen nun die einzelnen Betriebszweige der Veredelungsproduktion energetisch durchleuchtet werden. Infolge des hohen Energieverbrauches mit nahezu 50 % des Gesamtstromverbrauches für die Veredelungsproduktion ist zunächst die Milchviehhaltung von großer Bedeutung. Zur Ermittlung der entsprechenden Stromverbrauchswerte und zur Zusammenstellung der nachfolgenden Übersichten wurden die ausführlichen Arbeiten von AYIK (2) und v. HEYL (8) sowie weitere Arbeitsergebnisse des Sonderforschungsbereiches 141 herangezogen, eine Fülle von Einzeldaten, die demnächst als Grundlage zum Aufbau einer Datenbank über den Elektroenergieeinsatz in der Veredelungsproduktion dienen. Danach ergeben sich für die Geräte der Milchviehhaltung folgende Stromverbrauchsmengen und Abhängigkeiten, wenn ganzjährige Stallhaltung ohne Nachzucht unterstellt wird (Abb. 6). Die Vakuumpumpe der Melkmaschine verursacht bei moderner Melktechnik mit Abschaltautomaten einen Stromverbrauch von nur 30 kWh/Kuh und Jahr, jedoch bei konventionellen Melkmaschinen zwischen 40 und 60 kWh/Kuh und Jahr je nach zügiger Arbeiterleistung im Anbindestall und schlechter Arbeiterleistung im Melkstand. Es treten also in der Praxis

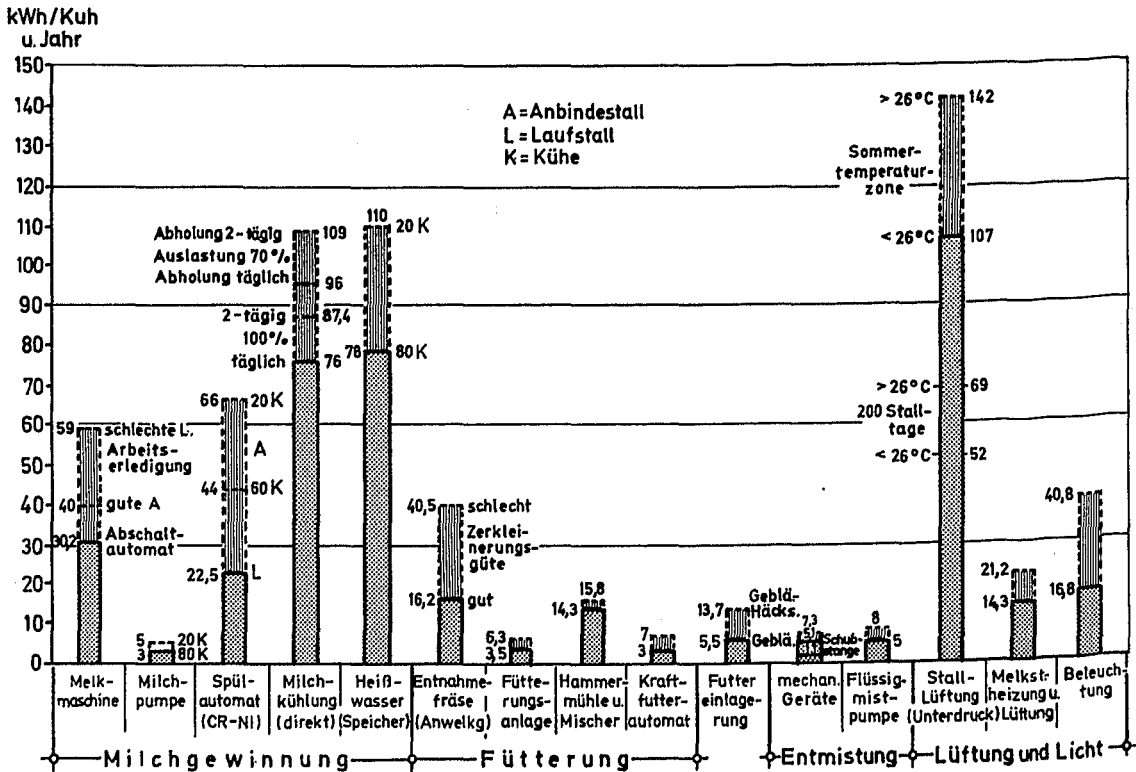


Abb. 6. Energieverbrauch der Geräte für die Milchviehhaltung; ganzjährige Stallhaltung; ohne Nachzucht

beim Stromverbrauch der Vakuumpumpe bereits beträchtliche Unterschiede auf, die Abschaltautomatik hilft Energie einzusparen. Der Verbrauch der Milchpumpe mit 3 bis 5 kWh je nach Kuhbestand fällt kaum ins Gewicht. Jedoch verursachen die modernen Spülautomaten einen beträchtlichen Stromverbrauch mit großen Schwankungen in der Praxis; bei Chrom-Nickel-Rohrausführungen liegt der Stromverbrauch bei Verfahren mit Melkstand, also Laufstallhaltung, bei etwa 22,5 kWh/Kuh und Jahr, er steigt jedoch im Anbindestall für die Rohrmelkanlage je nach Kuhbestand auf 44 bis 66 kWh/Kuh und Jahr. Bei Rohrausführungen in Plexiglas vermindert sich der Stromverbrauch um etwa 20 %. Die Milchkühlung nach dem Direktverfahren weist einen Stromverbrauch von 76 bis 109 kWh/Kuh und Jahr auf, je nach Auslastung des Milchsammelbehälters und der Abholfrequenz täglich oder zweitägig. Beim indirekten Kühlverfahren mit Eiswasser steigt der Stromverbrauch um etwa 30 % weiter an. Die Heißwasserbereitung über einen Elektrospeicher benötigt Energieverbrauchswerte von 78 bis 110 kWh/Kuh und Jahr in Abhängigkeit des Wasserverbrauches und Kuhbestandes. Insgesamt sind die Geräte für die Milchgewinnung mit mehr als 70 % des Gesamtstromverbrauches der Milchviehhaltung beteiligt. Wiederrum andere Abhängigkeiten ergeben sich für die Geräte der Fütterung, die jedoch mit ihren Einzelwerten wesentlich niedriger liegen; auch die Futtereinlagerung, die zum Vergleich hier nochmals mit aufgeführt wurde, spielt für den Energieverbrauch je Kuh und Jahr kaum eine Rolle. Ebenso sind die Geräte für die Entmistung von nur untergeordneter Bedeutung, gleich ob mechanische Geräte für das Festmistverfahren oder Pumpen für die Flüssigmistbereitung eingesetzt werden. Einen bedeutenden Posten nimmt jedoch die Stalllüftung ein, wobei hier das Unterdruckverfahren unterstellt wurde; bei ordnungsgemäßer Planung der Stalllüftung und optimaler Auswahl der Lüfter muß mit einem Stromverbrauch zwischen 100 und 140 kWh/Kuh und Jahr gerechnet werden in Abhängigkeit der sog. Sommertemperaturzone unter oder über 26 °C. Wird jedoch die Überdrucklüftung oder gar die Gleichdrucklüftung eingesetzt, ergeben sich 13 % bzw. 100 % höhere Werte. Die Stalllüftung erfordert also einen hohen Anteil des Gesamtstromverbrauches je Kuh und Jahr. Darüber hinaus kann bei der Laufstallhaltung mit Melkstand für seine Beheizung und Lüftung ein weiterer Stromverbrauch zwischen 14 und 21 kWh je Kuh und Jahr auftreten. Und letztlich liegt die Beleuchtung, je nachdem ob Leuchtstofflampen oder Glühbirnen benutzt werden, im Stromverbrauch zwischen 17 und 41 kWh/Kuh und Jahr. Leuchtstofflampen sparen also Elektroenergie.

Um nun den Gesamtstromverbrauch je Kuh und Jahr zu erhalten, müssen diese Einzelgeräte gesamten Produktionsverfahren zugeordnet werden. Dabei erhält man Werte für den minimalen, den durchschnittlichen und den maximalen Energieverbrauch, und zwar je nach Geräteausstattung (Abb. 7). Wird zunächst ein Anbindestall mit 30 Kühen betrachtet, dann schwankt der Stromverbrauch zwischen etwa 245 bis 380 und 585 kWh/Kuh und Jahr. Für Entmistung und Futterwirtschaft wird ein nur unbedeutender Stromverbrauch jeweils benötigt, den Hauptanteil machen die Milchgewinnung mit Heißwasserbereitung und die Stalllüftung aus. Ähnliche Verhältnisse ergeben sich bei der Laufstallhaltung mit 60 Kühen, wobei die absoluten Verbrauchswerte etwas niedriger liegen. Brauchbare Ansätze zur Energieeinsparung bei der Milchviehhaltung eröffnen sich zunächst bei der Heißwasserbereitung; wird die Milchabwärme zur Heißwasserbereitung genutzt, indem das Milchkühlaggregat als Wärmepumpe zum Anwärmen von Brauchwasser eingesetzt wird, lassen sich im Anbindestall rund 100 kWh einsparen. Diese Form der Heißwasserbereitung läßt sich auch zusätzlich für den Spülautomaten nutzen, so daß bis zu 150 kWh/Kuh und Jahr an Stromersparnis gewonnen werden können. Diese Lösung wird übrigens bei Neuanschaffungen in der Praxis mehr und mehr vorgesehen, es ergeben sich im Anbindestall dadurch Stromersparnisse in der Größenordnung von 30 %. Bei der Laufstallhaltung werden in der Regel nur niedrigere Werte an Stromersparnis erreicht, weil hier die absoluten Werte für den Warmwasserverbrauch und den Spülautomaten bereits niedriger liegen. Eine weitere Maßnahme der Energieeinsparung besteht darin, bei Neubauanlagen von der Zwangslüftung auf die Traufen-Firstlüftung ohne Gebläsebetrieb überzugehen; für den Anbindestall ist die Traufen-Firstlüftung jedoch mit einigen Problemen behaftet, während bei modernen Milchvieh-Laufställen diese Form der Schwerkraftlüftung heute bei Neubauten allgemein empfohlen werden



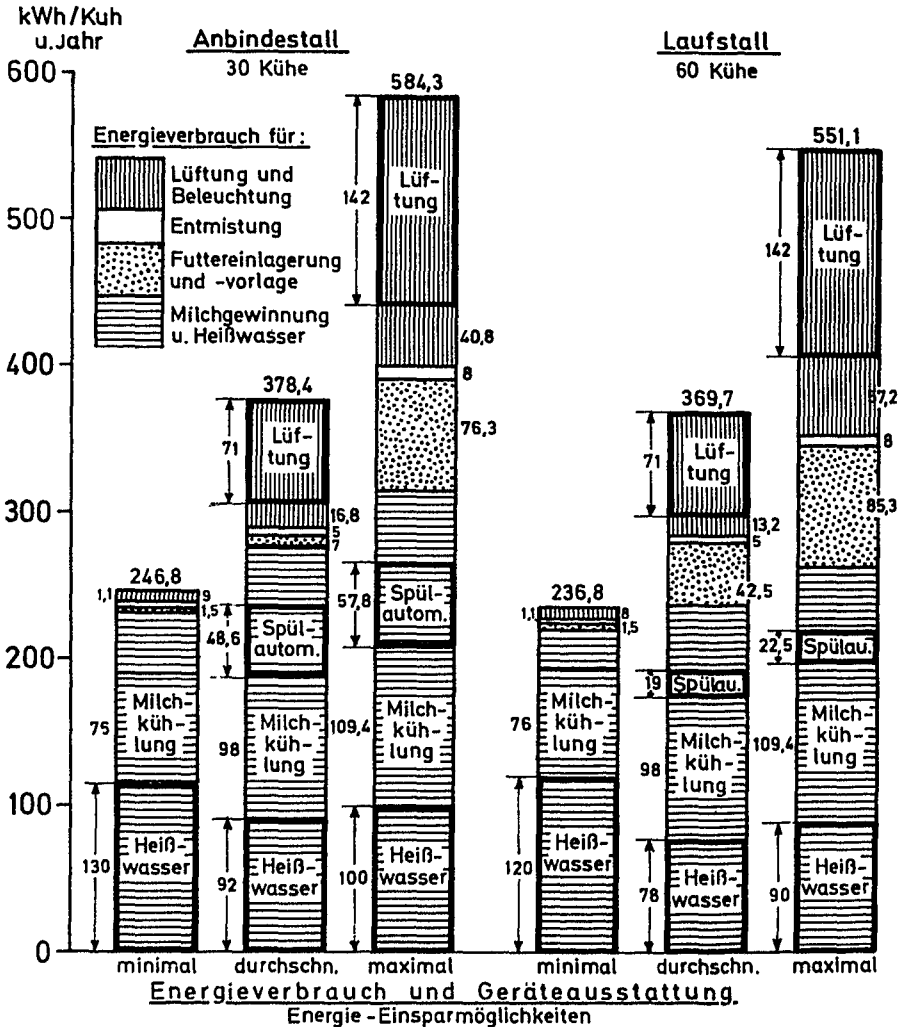


Abb. 7. Energieverbrauch in der Milchviehhaltung; ganzjährige Stallhaltung; ohne Nachzucht

kann. Dadurch läßt sich in der Milchviehhaltung nochmals rund 20 % Elektroenergie einsparen. Beide Maßnahmen zusammen ergeben im Höchstfall Verminderungen um 40 bis 50 %. Inwieweit jedoch die möglichen absoluten Beträge der Energieeinsparung zwischen 100 und 200 kWh/Kuh und Jahr, also 20 bis 40 DM/Kuh und Jahr, dazu ausreichen, den teilweise höheren Investitionsbedarf zu rechtfertigen, muß betriebswirtschaftlichen Einzelrechnungen vorbehalten bleiben.

Ähnliche Übersichten sollen die Energiesituation bei der Mastbullenhaltung deutlich machen (Abb. 8). Bei intensiver Stallmast auf der Futterbasis Maissilage zeigen zunächst wiederum die Geräte für die Futtereinlagerung und Fütterung, daß dieser Bereich für den Energieverbrauch in kWh je Bullenmastplatz und Jahr von nur sehr geringer Bedeutung ist. Bei den Entmistungsgeräten fällt lediglich die Güllebelüftung mit einem Stromverbrauch zwischen 25 und 38 kWh/Bullenmastplatz und Jahr etwas aus dem Rahmen, ein Verfahren,

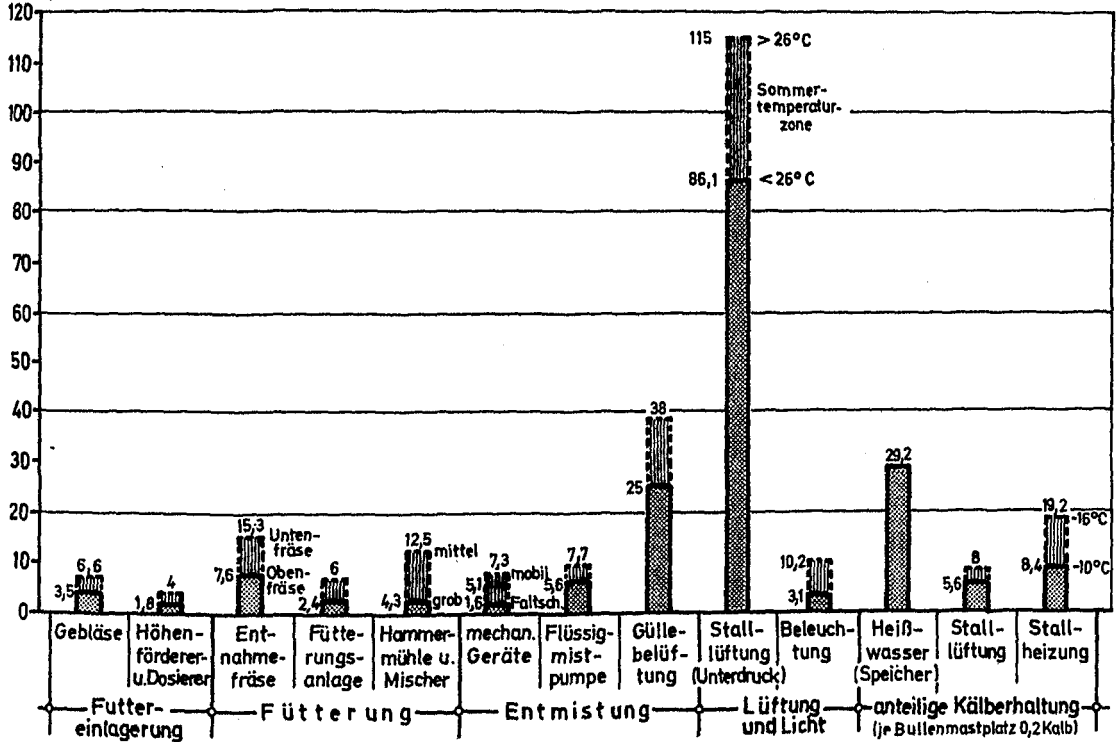
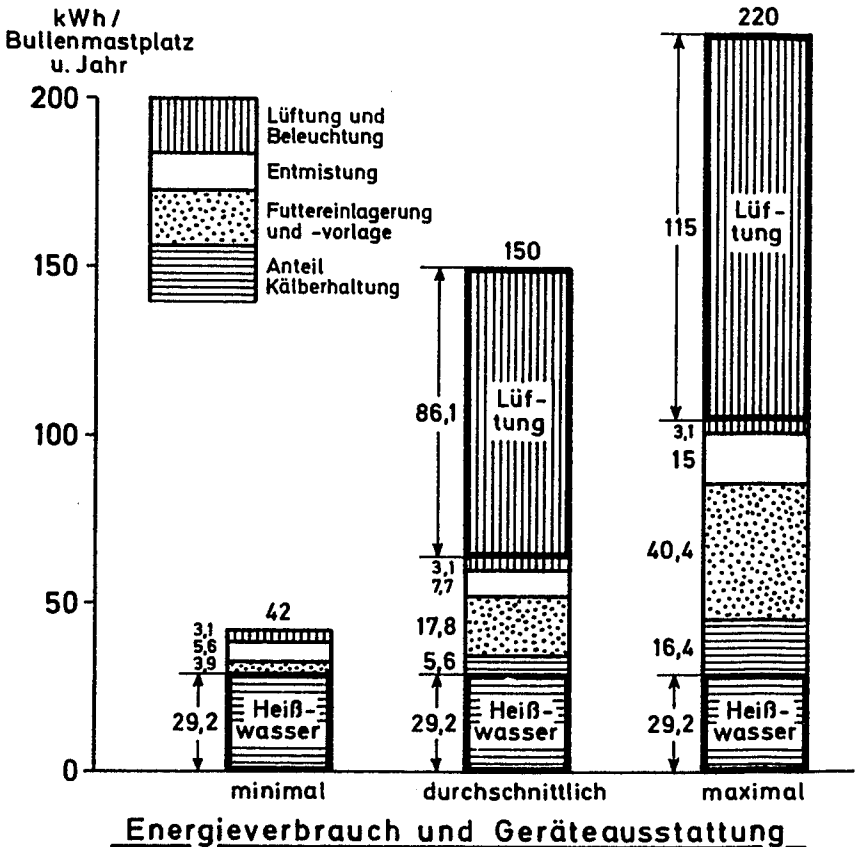
kWh/Bullen-  
mastplatz u. Jahr

Abb. 8. Energieverbrauch der Geräte für die Mastbullenhaltung (Stallmast; Futterbasis Maissilage)

das bei der Mastbullenhaltung nur vereinzelt zur Verminderung der Geruchsemissionen angewandt wird. Den Hauptanteil nimmt bei der Bullenhaltung die Stalllüftung ein, die bei der Unterdrucklüftung je nach Sommertemperaturzone 85 bis 115 kWh/Bullenmastplatz und Jahr beansprucht. Schließlich ist bei der Bullenhaltung die anteilige Kälberhaltung für den Gesamtstromverbrauch von einigem Interesse, da hier für die Heißwasserbereitung 30 kWh je Bullenmastplatz und Jahr, für die Kälberstall-Lüftung 6 bis 8 und für die Stallheizung 8 bis nahezu 20 kWh benötigt werden. Die absoluten Werte des gesamten Energieverbrauches je nach Geräteausstattung (Abb. 9) liegen mit 40 bis 150 bzw. 220 kWh/Bullenmastplatz und Jahr bedeutend niedriger gegenüber der Milchviehhaltung, da die Geräte für die Milchgewinnung entfallen. Ansätze zur Energieeinsparung in der Mastbullenhaltung sind zunächst durch den Übergang zur Kalttränke der Nachzuchtkälber möglich, wodurch etwa 30 kWh je Bullenmastplatz und Jahr entfallen würden. Von wesentlich größerer Bedeutung ist jedoch hier der Übergang zur Traufen-Firstlüftung. Bei Neubaulösungen wird durch diese Maßnahme ein Energiebetrag von 85 bis 115 kWh je Bullenmastplatz und Jahr eingespart, so daß sich der Gesamtenergieverbrauch auf die Hälfte reduziert. Moderne Stallungen für die Bullenmast werden daher heute nur noch mit dieser Traufen-Firstlüftung ausgerüstet, ohne daß eine Verminderung der täglichen Zunahmen eintritt. Beide Maßnahmen zusammen vermindern den Gesamtenergieverbrauch der Mastbullenhaltung auf ein Drittel bis ein Viertel! Die eingesparten Energiekosten in Höhe von 20,- bis 30,- DM je Bullenmastplatz und Jahr dürfen jedoch gegenüber den gesamten Produktionskosten nicht überbewertet werden.

Ein besonderes Energieproblem tritt bei der Kälberzucht und Kälbermast sowie bei allen Jungtieren nach auf, wenn bei moderner Intensivhaltung, also in der Regel ohne große Einstreuemengen, erhebliche Wärmeenergiemengen zur Stallheizung benötigt werden. Hier ergibt sich die Frage, ob durch eine bessere Wärmedämmung der Bauteile Zusatz-Wärme-



**Energie - Einsparmöglichkeiten**

	kWh		%		kWh		%	
	kWh	%	kWh	%	kWh	%		
Kalttränke	29,2	70	29,2	20	29,2	13		
Trauf-,Firstlüft.			86,1	57	115,0	52		
<b>maximal</b>	<b>29,2</b>	<b>70</b>	<b>115,3</b>	<b>77</b>	<b>144,2</b>	<b>65</b>		

Abb. 9. Energieverbrauch in der Mastbullenhaltung (Stallmast; Maissilage; Kälberanteil 20% des Bullenbestandes)

energie eingespart werden kann. Diese Alternative hängt von vielfältigen Einflußfaktoren ab, wie Klimalage des Betriebes, Wärmeproduktion der Tiere, notwendige Lüftungsabwärme, Größe des umbauten Raumes und Wärmedämmung der raumumschließenden Bauteile. Allgemeingültige Aussagen hierüber oder gar Optimierungsrechnungen liegen bisher nicht vor, hier helfen nur spezielle Einzelberechnungen weiter. Es soll daher die Problematik anhand einer Beispielsberechnung, die von KREITMEIER und ZEISIG für einen Kälberstall mit 40 Tieren durchgeführt wurde, aufgezeigt werden (Abb. 10). Über der Außentemperatur wurde der notwendige Zusatz-Wärmebedarf in kJ pro Kalb und Stunde bzw. der notwendige Heizölbedarf in l/h für diesen Bestand von 40 Kälbern aufgetragen. Bei 0 °C Außentemperatur und schlechter Wärmedämmung des Gebäudes, d. h. einem K-Wert von 1,25, ergibt sich ein Heizölbedarf von 1 l je Stunde. Der Heizölverbrauch für diesen Stall steigt jedoch auf 2 l/h, wenn bei gleich schlechter Wärmedämmung Außentemperaturen von minus 15 °C auftreten. Eine Verminderung des Heizölbedarfes wiederum auf 1 l/h läßt sich bei diesen niedrigen Außentemperaturen dadurch erreichen, indem eine sehr gute Wärmedämmung mit einem K-Wert von 0,44 vorgesehen wird. Im Extremfall könnte diese Maßnahme

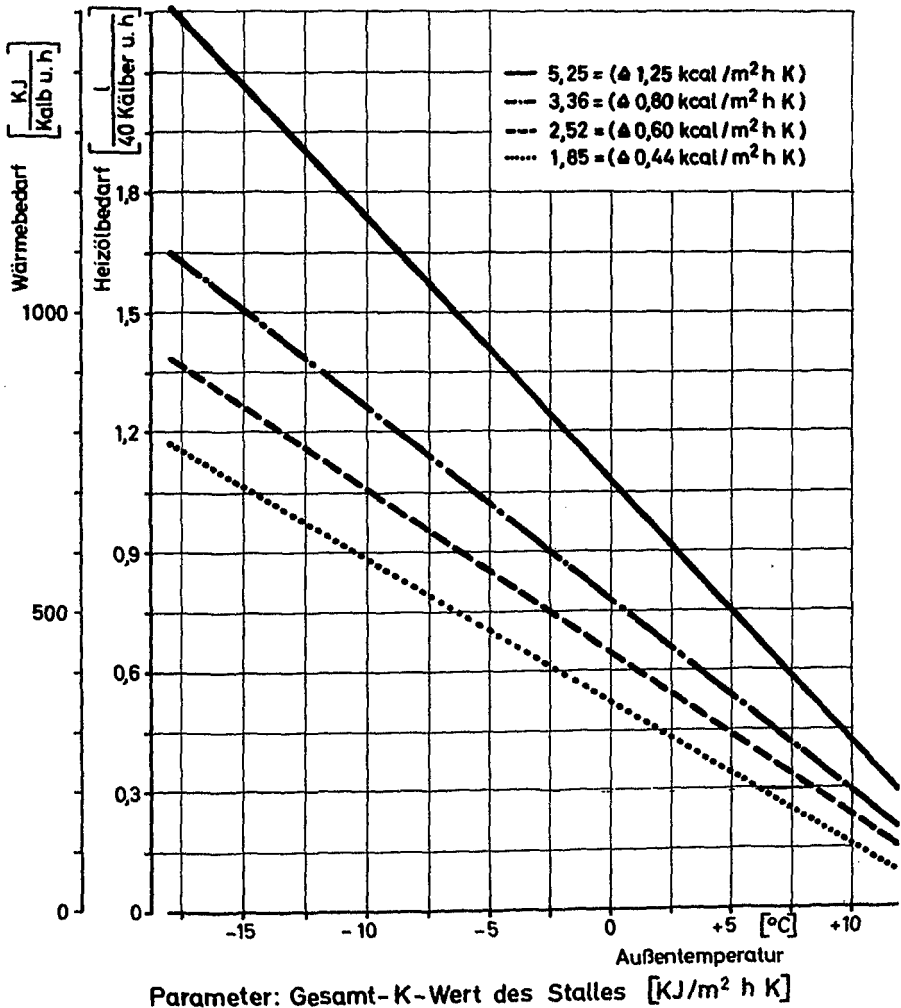


Abb. 10. Zusatz-Wärmebedarf von Kälbern in Abhängigkeit von der Außentemperatur. Ausgangsbasis: Stall für 40 Kälber = volle Belegung;  $\varnothing$  115 kg

bei sehr ungünstiger Klimalage des Betriebes dazu führen, daß für diesen Kälberstall bis zu 2000 l Heizöl je Jahr eingespart werden. Inwieweit generell ein beträchtlicher Aufwand für die bessere Wärmedämmung der raumschließenden Bauteile gerechtfertigt ist, hängt also einerseits von der Klimalage des jeweiligen Betriebes ab, also ob längerfristig im Winter sehr niedrige Temperaturen vorliegen, und andererseits von der Preisentwicklung für Heizöl. Die Spreizung der Parameter zeigt recht deutlich, daß in günstigen Klimalagen mit nur mildem Winter eine zusätzliche Wärmedämmung der Bauteile dann von Interesse sein kann, wenn es gelingt, auf eine Zusatzheizung völlig zu verzichten; jedoch kann in ungünstigen Klimagebieten mit teils langanhaltenden tiefen Außentemperaturen ein höherer Aufwand für die Isolation der Stallwände durchaus beträchtliche Einsparungen an Heizöl bringen. Diese Zusammenhänge haben nicht nur bei der Kälberhaltung, speziell bei der intensiven Kälbermast, ihre Gültigkeit, sondern ebenso bei allen anderen Tierarten, die bei Intensivhaltung entsprechender Zusatzwärme bedürfen, wie beispielsweise die Ferkelproduktion, u. U. auch die Mastschweinehaltung sowie die Geflügelhaltung.

Schließlich sei noch ein Blick auf den Energieverbrauch bei der Schweinehaltung geworfen. Bei intensiver Schweinemast (Abb. 11) mit 2,4 Umtrieben pro Jahr liegt der Stromver-

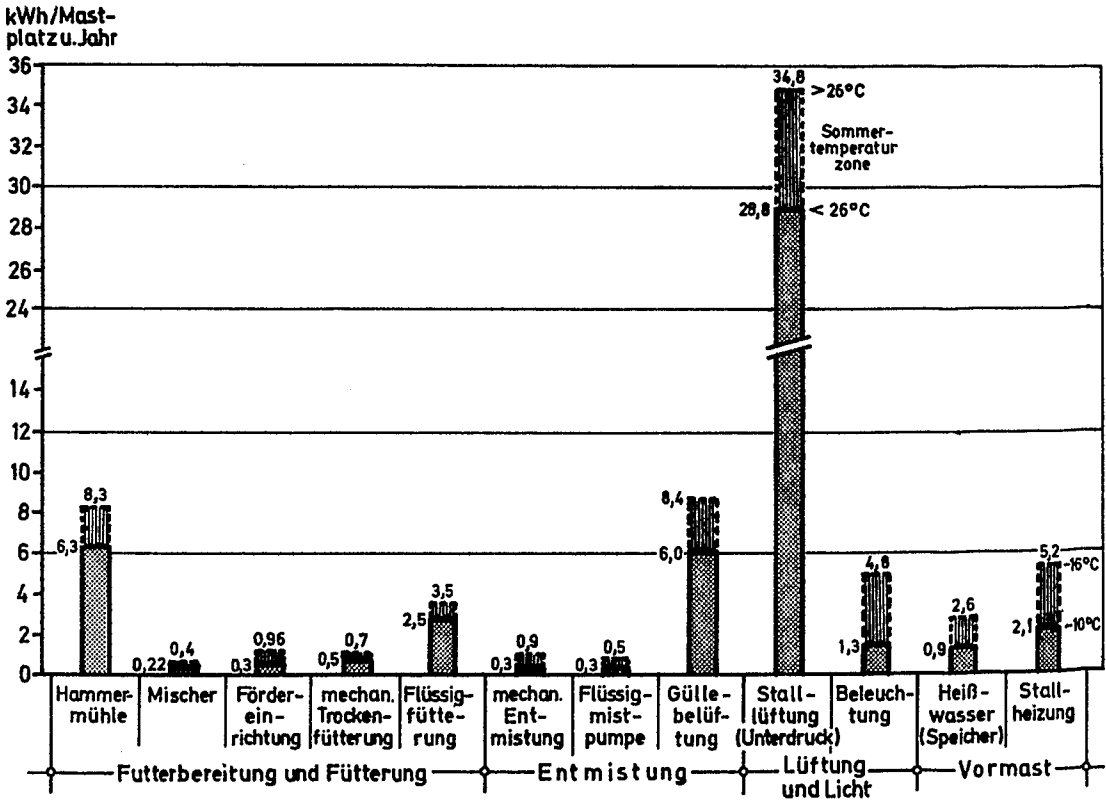


Abb. 11. Energieverbrauch der Geräte für die Schweinemast (2,4 Umtriebe/Jahr)

brauch je Mastplatz und Jahr für die meisten Einrichtungen auf sehr niedrigem Niveau mit Ausnahme der Futterbereitung mit Hilfe der Hammermühle, der Güllebelüftung zur Geruchsverminderung sowie der Stalllüftung je nach Klimalage des Betriebes. Letztere beansprucht etwa zwei Drittel des Gesamtenergieverbrauches in der Schweinemast. Die zu Produktionsverfahren aufaddierten Gerätewerte zum Gesamt-Elektroenergieverbrauch in der Schweinemast ergeben nur etwa 25 kWh je Mastplatz und Jahr bei Futterzukauf und nur geringer Lüftungsintensität, im Durchschnitt jedoch etwa 40 kWh je Mastplatz und Jahr bis hin zu Maximalwerten von 66 kWh bei intensiver Stalllüftung (Abb. 12). Ansätze zur Energieeinsparung bei intensiver Schweinemast auf Vollspaltenböden sind kaum realistisch, es sei denn, es wird Schweinemast im Offenstall ohne Zwangslüftung – wie im norddeutschen Raum teilweise verwirklicht – betrieben. Erwünschte hohe Zunahmen verlangen jedoch in den etwas ungünstigeren Klimagebieten Westdeutschlands diese aufgezeigten Minimalwerte des Energiebedarfes in der Schweinemast.

Zuchtsauenhaltung und Ferkelproduktion sind demgegenüber gekennzeichnet durch einen recht hohen Energieaufwand. Auch hier verursachen die einzelnen Geräte einen sehr unterschiedlichen Stromverbrauch je Zuchtsau und Jahr (Abb. 13). Futterbereitung und Entmischung besitzen bezüglich ihres Energieverbrauches nur geringe Bedeutung, während die Stalllüftung je nach Sommertemperaturzone und die Beleuchtung bereits ins Gewicht fallen. Insbesondere ist es jedoch der hohe Wärmebedarf der Ferkel, der zu beträchtlichen Energiebedarfswerten führt. Bei Infrarotlampen über dem Ferkelnest muß mit einem Stromverbrauch von 330 bis zu 480 kWh je Zuchtsau und Jahr gerechnet werden, je nachdem ob die Ferkel sehr früh oder normal abgesetzt werden. Demgegenüber reduziert als Alternativlösung die Bodenheizung des Ferkelnestes den Elektroenergiebedarf auf 210 kWh je Zuchtsau und Jahr beim Früh-Absetzen der Ferkel, bzw. auf 307 kWh beim Normal-Absetzen. Das

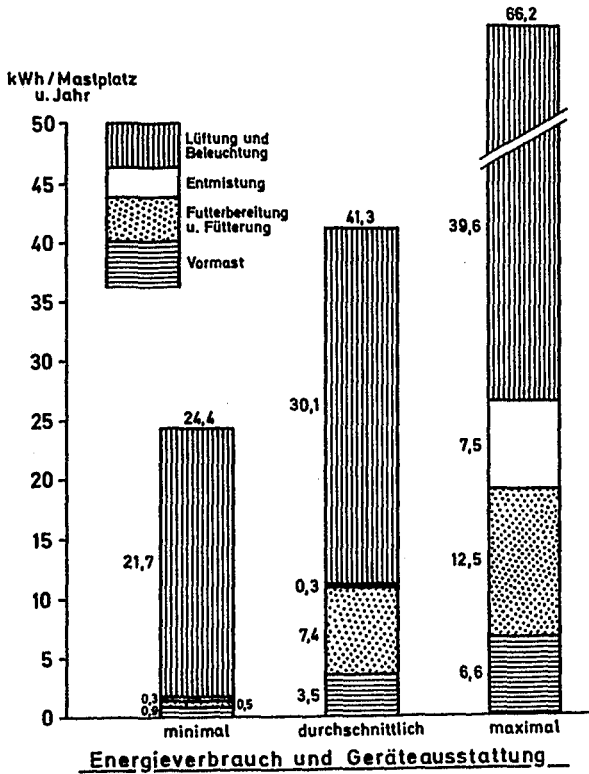


Abb. 12. Energieverbrauch in der Schweinemast (2,4 Umtriebe/Jahr; mit Vormast)

Früh-Absetzen der Ferkel muß jedoch durch einen stärkeren Energieeinsatz zur Raumheizung des Absatzferkelstalles erkauft werden; während bei normal abgesetzten Ferkeln hierzu Wärmeenergie über ein Ölheizgerät oder seltener Elektroenergie mit einem Stromverbrauch von etwa 100 kWh je Zuchtsau und Jahr benötigt wird, steigt der Energiebedarf auf 150 bis 210 kWh für das Verfahren des Früh-Absetzens je nach Klimazone mit minus 10 °C oder minus 16 °C. Neben diesen Verbrauchsdaten wird zusätzlich in der Regel der Abferkelstall über die Lüftung aufgeheizt, wozu ausschließlich Heizöl in Frage kommt, da ansonsten ein Strombedarf von 750 bis 1500 kWh pro Zuchtsau und Jahr anfallen würde. Und schließlich wird eine bescheidene Energiemenge für die Heißwasserbereitung auch bei der Sauenhaltung benötigt.

Werden nun auch bei der Zuchtsauenhaltung unter der Voraussetzung, daß Abferkelstall und Ferkelstall nicht elektrisch beheizt werden, einzelne Produktionsverfahren zusammengestellt (Abb. 14), dann ergeben sich ein minimaler Elektroenergieverbrauch von etwa 300 kWh je Zuchtsau und Jahr bei der Bodenheizung, ein Durchschnittswert beim Einsatz von Infrarotstrahlern von 525 kWh je Zuchtsau und Jahr sowie schließlich Maximalwerte bis zu 630 kWh. Energieeinsparmöglichkeiten können durch den Übergang von Infrarotstrahlern zur Bodenheizung des Ferkelnestes erzielt werden, wodurch der Gesamtenergieverbrauch rundweg um ein Drittel sinken würde. Jedoch sind neben speziellen Nachteilen bei der Bodenheizung des Ferkelnestes wesentlich höhere Investitionen für diese Einrichtung notwendig. Das Früh-Absetzen der Ferkel erspart weitere Beträge an teurer Elektroenergie, es findet eine Verlagerung zum stärkeren Wärmeenergieeinsatz für die Beheizung des Ferkelstalles statt. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht bewegen sich jedoch insgesamt die Energieeinsparmöglichkeiten bei der Zuchtsauenhaltung und Ferkelproduktion nur in bescheidenem Rahmen.

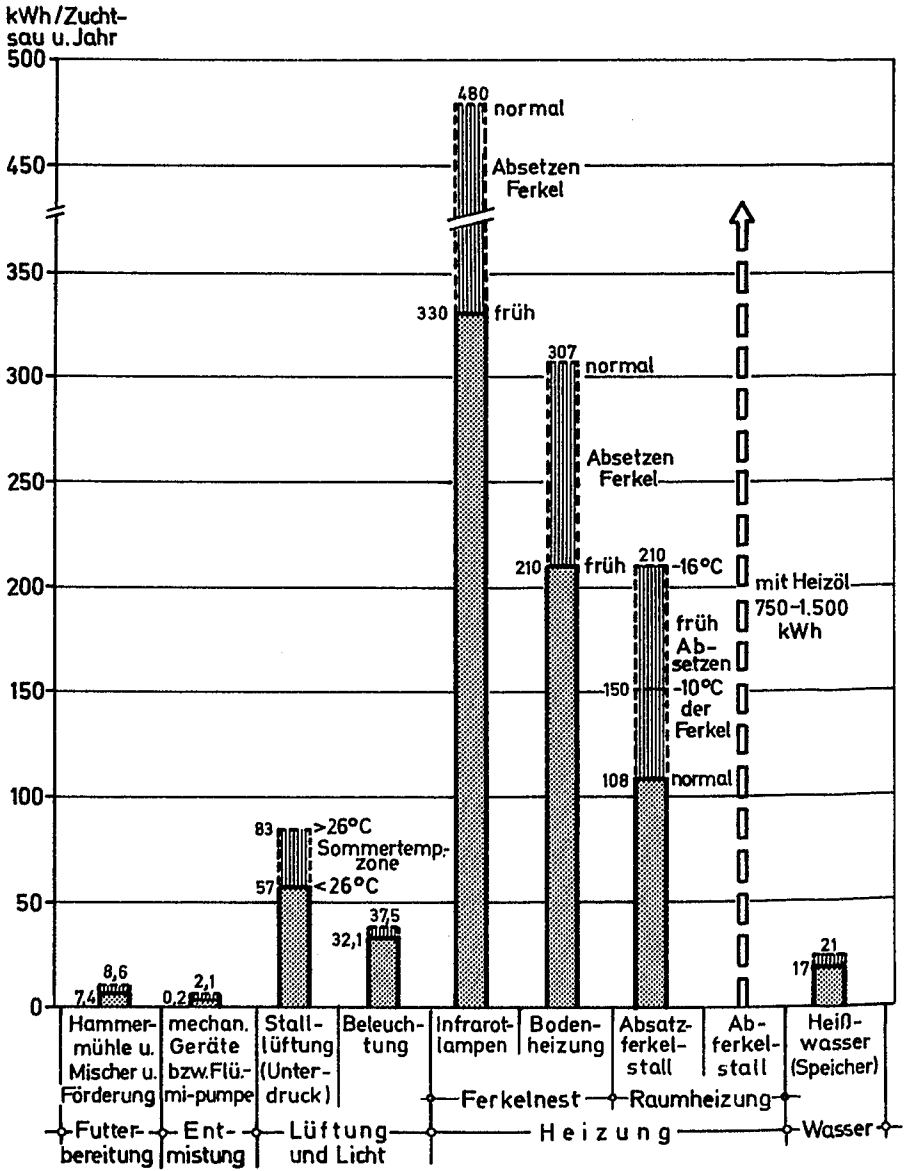


Abb. 13. Energieverbrauch der Geräte für die Zuchtsauenhaltung (mit anteiliger Nachzucht; zwei Würfe/Sau und Jahr)

Zieht man das Fazit aller Gegenüberstellungen des Energieverbrauches in den verschiedenen Tierproduktionszweigen, kommt man zu dem Ergebnis, daß sich die möglichen absoluten Beträge zur Energieeinsparung in der Veredelungsproduktion nur auf sehr geringem Niveau bewegen. In der Regel müssen sogar Energieeinsparungen durch verstärkte anderweitige Investitionen erkaufte werden, so daß bei den jetzigen Energiepreisen und ihrem weiteren mäßigen Anstieg nur in einigen wenigen, aufgezeigten Bereichen und ihrem wirtschaftlich sinnvollen Chancen zur Energieeinsparung bestehen. Keinesfalls darf jedoch ein übertriebener Wunsch des Energiesparens zur Verschlechterung der Produktionsbedingungen führen oder Nachteile auf der Ertragsseite verursachen, wie höhere Verlustraten, geringere Produktqualität o. ä. Viel sinnvoller ist es, hoch veredelte Energieformen, wie elektr-

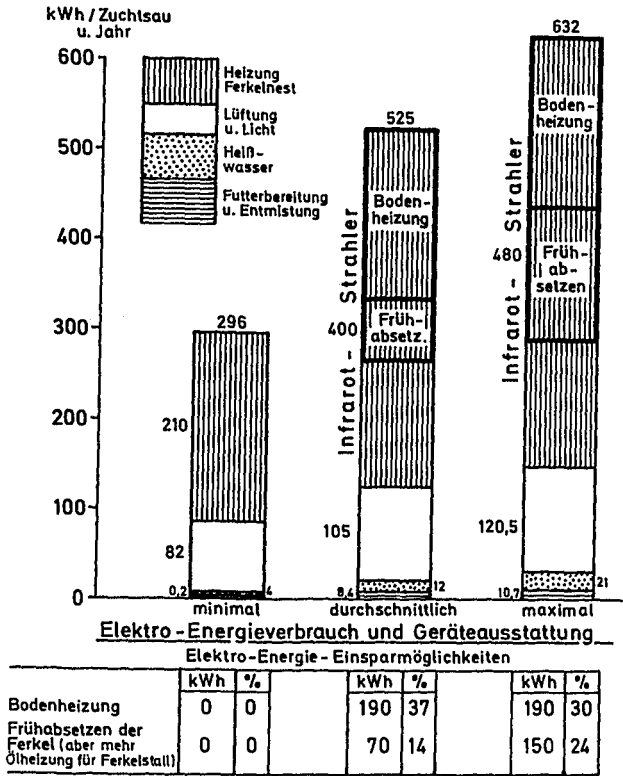


Abb. 14. Energieverbrauch in der Zuchtsauenhaltung (mit anteiliger Nachzucht; zwei Würfe/Sau und Jahr; ohne elektrische Raumheizung für Abferkelstall und Ferkelstall)

schen Strom, nach Möglichkeit nicht zur Erzeugung von Wärme einzusetzen; hierzu eignen sich aus Kostengründen wesentlich besser die energiereichen Flüssigbrennstoffe. Zum verstärkten Energiebewußtsein gehört also nicht nur die Frage der sparsamen Verwendung von Fremdenergie, sondern auch die richtige Wahl des Energieträgers. Nebenbei sei vermerkt, daß eine Verbesserung des technischen Wirkungsgrades beim Stromeinsatz kaum mehr möglich ist, da Wärmegeräte bereits mit 98 % und Elektromotore mit durchschnittlich 86 % Wirkungsgrad arbeiten. Wichtig erscheint hierbei lediglich die richtige Dimensionierung und Abstimmung auf den Geräteleistungsbedarf, damit der Leistungsfaktor  $\cos \varphi$  bei zu geringer Belastung des Elektromotors nicht zu weit absinkt.

Insgesamt muß jedoch für die Tierproduktion in der Bundesrepublik Deutschland mit einer weiteren Steigerung des Energiebedarfes, also des Stromverbrauches gerechnet werden, da gegenüber der pflanzlichen Produktion im Bereich der Innenwirtschaft noch ein beträchtlicher Nachholbedarf für höhere Mechanisierungsstufen besteht. Experten schätzen die jährliche Zunahme des Stromverbrauches für die westdeutsche Agrarproduktion langfristig mit 2,5 bis 3 % ein. Im übrigen spielt die Frage der Höhe des Stromverbrauches für die Veredelungsproduktion bei uns in Westdeutschland eine geringere Rolle gegenüber dem Problem der Energiebereitstellung, also des wachsenden elektrischen Anschlußwertes der Betriebe in Verbindung mit dem Übergang zu Hochmechanisierungsverfahren auch in der Innenwirtschaft. Denn je nach Tarifgestaltung werden bei Überschreiten bestimmter Anschlußwert-Freigrenzen Zuschläge zum Bereitstellungspreis verrechnet, die einzelbetrieblich oft größere ökonomische Nachteile mit sich bringen als ein vermehrter Stromverbrauch. Dieses spezielle Problem des Elektronergieeinsatzes in der landwirtschaftlichen Veredelungsproduktion darf also bei allen Betrachtungen des Energieverbrauches und seiner ökonomischen Wertung nicht außer acht gelassen werden.



### Literatur

1. AEL: Berichte Landwirtschaft und Elektrizität. Essen, Beethovenstr. 32.
2. AYIK, M., 1975: Analyse des elektrischen Leistungs- und Energiebedarfes wichtiger Bereiche der Milchviehhaltung. Diss. Weihenstephan.
3. Bundesministerium für Wirtschaft, 1976: Die Elektrizitätswirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1975. Elektrizitätswirtschaft Jg. 75 H. 23.
4. GOLL, W., 1976: Verfahrenstechnische Probleme der Landwirtschaft – eine Analyse aus dem VDEW Forschungsauftrag. Hannover.
5. GÖTZ, W. 1975: Untersuchungen des Elektrizitätseinsatzes in landw. Betrieben der Bundesrepublik Deutschland. Diplomarbeit Weihenstephan.
6. HASSFURTER, R. et al., 1976: Elektrizität Energie für die Landwirtschaft. Symposium Darmstadt.
7. HERMES, M., 1978: Milchkühlung und Wärmerückgewinnung. Landtechnik 1/1978.
8. HEYL, L. C. v., 1975: Analyse des elektrischen Leistungs- und Energiebedarfes wichtiger Bereiche der Rinder- und Schweinehaltung. Diss. Weihenstephan.
9. WENNER, H. L., 1974: Probleme des elektrischen Leistungsbedarfes und des Stromverbrauches in modernen Veredelungsbetrieben. AEL Darmstadt.
10. –, 1977: Neue Stromtarife und steigende elektrische Leistungsansprüche. Tätigkeitsbericht Landtechnik Weihenstephan.