

Energiebedarf und Energieanfall in der Landwirtschaft

Von Heinz-Lothar Wenner, Freising-Weihenstephan*

Wie in allen Wirtschaftsbereichen stieg auch in der Landwirtschaft der Energiebedarf in den letzten zwanzig Jahren stetig an. Um hier den zukünftigen Bedarf abschätzen zu können, wird zunächst der augenblickliche Verbrauch insbesondere am Beispiel des Stromverbrauchs näher analysiert und einzelnen Bereichen zugewiesen.

Im zweiten Teil des Beitrags wird aufgezeigt, welche alternativen Energiequellen der Landwirtschaft zukünftig erschlossen werden können und welcher Energiebedarf durch sie abgedeckt werden kann.

Like in all sectors of the economy, the energy requirements of the agricultural sector have steadily increased in the last twenty years. In order to estimate future requirements the present use is more closely analyzed by using electric current consumption in the individual branches as an example.

In the second part of the contribution it is shown, which alternative energy sources in agriculture could be tapped and which energy requirements could be met through them.

einschliesslich Gartenbau, Weinbau und Sonstiges (LKW, PKW u.a.m.)

Treibstoffe 51,7%		Strom 10,1%			Brennstoffe 38,2%		insges.
Dieselmotorkraftstoff 1,709 Mrd. Ltr.	Benzin 0,6 Mrd. Ltr.	elekt. Strom 4,53 Mrd. kWh	Heizöl 1,58 Mrd. Ltr.	Kohle 0,16 Mio. t	Schmierstoffe 161,3 Mio. GJ		161,3 Mio. GJ
Mrd. kWh	17,09	5,05	1	4,53	15,8	1,3	44,8

ohne Gartenbau, Weinbau und Sonstiges*

- 10%		70%	26%	- 10%	84%	insgesamt: - 46%
Dieselmotorkraftstoff 1,54 Mrd. Ltr.	Benzin 0,18 Mrd. Ltr.	elekt. Strom 4,08 Mrd. kWh	Heizöl 0,25 Mrd. Ltr.			87,34 Mio. GJ
Mrd. kWh	15,4	1,5	4,08	2,5		24,26 Mrd. kWh
	63,5%	9,4%	16,8%	10,3%		* Abzüge geschätzt

Abb. 1: Energieeinsatz für die Agrarproduktion der Bundesrepublik Deutschland 1980/81 ohne Forstwirtschaft, Fischerei und ohne private Haushalte (nach BML, BMWi u. Schätzung)

Wie fast alle Produktionsbereiche der modernen Volkswirtschaft ist auch die Agrarproduktion gekennzeichnet durch einen in den letzten 30 Jahren stark zunehmenden Energiebedarf. Der Gesamtenergieeinsatz der westdeutschen Landwirtschaft stieg ab 1950 in 25 Jahren auf den doppelten Wert [12]; bei dieser Berechnung in GJ/ha wurden sowohl alle direkten Energieformen (Kraftstoffe, Brennstoffe) als auch die indirekten Energieträger (Energieaufwand zur Herstellung und Verwendung von Mineraldünger, Maschinen, Gebäuden) berücksichtigt. Als Folge dieses verstärkten Energieeinsatzes zur Agrarproduktion wuchs im gleichen Zeitraum die Bodenproduktivität in dt GE/ha um 50 %, während die Arbeitsproduktivität (t GE/AK) auf den fünffachen Wert stieg (von 1950 bis heute sogar auf mehr als den sechsfachen Betrag!). Zweifellos war diese enorme Zunahme der Arbeitsproduktivität und auch der Bodenproduktivität nur möglich durch fortlaufende Intensivierung des Energieeinsatzes.

Veränderungen in der Energiebilanz

Als Folge dieser Entwicklung hat sich allerdings die Energiebilanz, also das Input-Output-Verhältnis, seit 1950 weiter verschlechtert. Lag 1950 noch ein Verhältnis von Energieeinsatz zu Energieertrag von 1:2,7 vor, konnte für Mitte der 70er Jahre nur noch ein Input-Output-Verhältnis von 1:1,9 ermittelt werden; allerdings wurde bei diesen Berechnungen der Energieverbrauch für die privaten landwirtschaftlichen Haushalte in den Gesamtenergieeinsatz einbezogen. Bleibt dieser nicht unerhebliche Energieverbrauch für den Privatsektor (insbesondere Heizöl für den Wärmebedarf der Wohnungen!) außer Ansatz, dann ergibt sich heute eine Produktions-Energiebilanz von 1:2,5. Abgesehen davon, daß also der Agrarsektor nach wie vor ein sehr positives Input-Output-Verhältnis aufweist, muß man bei Betrachtung von Energiebilanzen der Landwirtschaft insbesondere die Umwandlung von geringwertigen Energiestufen auf höchstwertige Energieträger (menschliche Nahrungsmittel) berücksichtigen, ähnlich wie auch Kraftwerke teils geringwertige Energieträger auf die hochwertigste Energiestufe des elektrischen Stroms transformieren.

*) Prof. Dr. Heinz-Lothar Wenner leitet Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Weihenstephan. Der von ihm auf der AEL-HEA-KTBL-Tagung 1982 in Würzburg gehaltene Vortrag ist hier unwesentlich gekürzt wiedergegeben.

Erhebliche Aufwendungen für die Energiebereitstellung

Obwohl der Energiebedarf der landwirtschaftlichen Produktion im Rahmen der westdeutschen Volkswirtschaft nur eine untergeordnete Rolle spielt, sind infolge erheblicher Preisschübe auf dem Energie Sektor und langfristig sicherlich zunehmender Schwierigkeiten bei der Bereitstellung ausreichender Energiemengen exakte Angaben über den Energieeinsatz für die Agrarproduktion von großem Interesse. Dabei geht es in erster Linie um die hochwertigen Energieträger Kraftstoffe, Elektrizität und Heizöl. Nach zur Verfügung stehenden Unterlagen des BML und des BMWi [3,4] errechnet sich für die westdeutsche Agrarproduktion ohne Forstwirtschaft, Fischerei und ohne private Haushalte für das Wirtschaftsjahr 1980/81 ein gesamter Energiebedarf von nahezu 45 Mrd. kWh (etwa 160 Mio. GJ), und zwar einschließlich der Verbrauchsmengen für Gartenbau, Weinbau und Sonstiges (Abb. 1). Allerdings besteht beträchtliche Unsicherheit beim Datenmaterial über den Brennstoffbedarf der Gartenbaubetriebe; hierfür wurden nach entsprechenden Erkundigungen realistische Schätzwerte unterstellt. Insgesamt gliedert sich der Energieeinsatz für die gesamte Agrarproduktion in etwa 50 % für Treib- und Schmierstoffe und 40 % für Brennstoffe; lediglich 10 % nimmt der elektrische Strom ein. Um den Energiebedarf nur für die landwirtschaftliche Produktion zu ermitteln, müssen entsprechende Verbrauchswerte für Gartenbau, Weinbau und Sonstiges geschätzt und abgezogen werden; das gilt besonders für den Sektor der Heizölverwendung. Für die ausschließliche landwirtschaftliche Produktion verbleibt somit 1980/81 ein gesamter Energiebedarf von rund 24 Mrd. kWh, wovon der elektrische Strom etwa 17 % beansprucht.

einschliesslich Gartenbau, Weinbau und Sonstiges

Treibstoffe 58%		Strom 19%			Brennstoffe 23%		insgesamt
Dieselmotorkraftstoff verbilligt 0,8 DM/Ltr.	Benzin 1,25 DM/Ltr.	Schmierstoffe 5,7 DM/kg	elekt. Strom 0,194 DM/kWh	Heizöl + Kohle 0,66 DM/Ltr. 0,53 DM/kg			4,58
Mrd. DM	1,37	0,76	0,52	0,88	1,05		

ohne Gartenbau, Weinbau und Sonstiges*

- 10%		70%	26%	- 10%	84%	insgesamt: - 39%
Dieselmotorkraftstoff 1,233 Mrd. DM	Benzin 0,23	Schmierstoffe 0,38	elekt. Strom 0,79 Mrd. DM	Heizöl 0,17		2,8 Mrd. DM
	4,4%	8%	14%	28%	6%	* Abzüge geschätzt

Abb. 2: Ausgaben für Energie zur Agrarproduktion der Bundesrepublik Deutschland 1980/81 ohne Forstwirtschaft, Fischerei und ohne private Haushalte (nach BML und Schätzung; einschl. MWSt.)

Für diese nach Energieträgern aufgliederten Verbrauchsmengen mußte die westdeutsche Landwirtschaft im Wirtschaftsjahr 1980/81 entsprechend hohe Ausgaben einschließlich MWSt. aufbringen (Abb. 2). So errechnet sich ein Gesamtaufwand der westdeutschen Agrarproduktion für Energie einschließlich Gartenbau, Weinbau und Sonstiges von etwa 4,6 Mrd. DM (nach Angaben des letzten Agrarberichtes sogar über 5 Mrd. DM, da ein zu hoher Heizölverbrauch der Gartenbaubetriebe unterstellt wurde!). Auf Treib- und Schmierstoffe entfallen rund 60 % der Gesamtausgaben, auf den elektrischen Strom etwa 20 %. Für den eigentlichen landwirtschaftlichen Produktionssektor ohne Garten- und Weinbau mußten 1980/81 2,8 Mrd. DM aufgewandt werden, ein Betrag, der rund 6 % der Gesamtproduktionskosten der Landwirtschaft ausmacht. Immerhin schlägt der Stromverbrauch mit 28 % der landwirtschaftlichen Ausgaben für Fremdenenergie zu Buche.

Verbrauch

Landw. Produktion 55%					Landw. Haushalte 45%			insgesamt
Dieselmotorkraftstoff 15,4 Mrd. kWh	Benzin 2,6	Heizöl 2,5	elektrischer Strom 4,08	2,56	Heizöl 1,55 Mrd. Ltr.	Kohle 1,9		44,5 Mrd. kWh
in %	34,6	5,8	5,6	9,2	5,7	34,8	4,3	
								14,9%

Ausgaben

Landw. Produktion 63%					Landw. Haushalte 37%			insgesamt
Dieselmotorkraftstoff 1,233 Mrd. DM	Benzin 0,23	Schmierstoffe 0,38	elektrischer Strom 0,78	0,17	elektr. Strom 0,5	Heizöl 1,02 Mrd. DM	Kohle 0,12	dazu Gas, Holz u.g.m.
in %	27,8	5,2	8,6	3,8	17,6	11,3	23	2,7
								28,9%

Abb. 3: Energieeinsatz für landwirtschaftliche Produktion und Haushalte der Bundesrepublik Deutschland 1980/81 ohne Gartenbau, Weinbau, Forstwirtschaft und Fischerei sowie ohne Pkw, Lkw (nach BML, BMWi und Schätzung)

Energieverbrauch der landwirtschaftlichen Haushalte

Da bei Erörterungen von Fragen der Nutzung alternativer Energiequellen insbesondere auch der Energiebedarf der privaten landwirtschaftlichen Haushalte von Interesse ist, und da vielfach landwirtschaftlicher Betrieb und Haushalt als Einheit angesehen werden, müssen auch hierüber entsprechende Daten bereitgestellt werden (Abb. 3). Nimmt man wiederum nur die Energiebedarfszahlen für die reine landwirtschaftliche Produktion und fügt Verbrauchswerte für die landwirtschaftlichen Haushalte hinzu, die aus Durchschnittsdaten einer Erhebung und auf Schätzungen beruhen, dann kommt man auf einen Gesamtenergiebedarf für Produktion und Haushalte von rund 44,5 Mrd. kWh; in gleicher Größenordnung liegt der Betrag des Energiebedarfes für die gesamte Agrarproduktion einschließlich Garten- und Weinbau. Daß die landwirtschaftlichen Haushalte etwa 45 % des Gesamtenergieeinsatzes beanspruchen, hat seine Ursache in den beträchtlichen Heizölmengen für die Wohnhäuser (es wurde für jeden landwirtschaftlichen Haushalt ein Jahresbedarf von 2200 l Heizöl unterstellt). Der Strombedarf für Betrieb und Haushalt mit insgesamt etwa 6,6 Mrd. kWh (nach BMWi etwa 7,1 Mrd. kWh; davon 0,5 Mrd. kWh für Garten- und Weinbau abgezogen) macht nur etwa 15 % des Gesamtenergieeinsatzes aus. Demgegenüber liegen anteilmäßig die Ausgaben für den elektrischen Strom mit etwa 29 % der Gesamtausgaben, die etwa 4,5 Mrd. DM betragen, wesentlich höher. Im übrigen kostet den Landwirt als Durchschnittssatz aller Energieträger jede kWh etwa 0,10 DM.

Wird der Energiebedarf weiter steigen?

Von besonderem Interesse sind nun die Fragen, ob in Zukunft mit weiter zunehmendem Energiebedarf für die Landwirtschaft zu rechnen ist, ob eine Stagnation eintritt, oder aber ob sich gewisse Einsparmöglichkeiten eröffnen. Prognosen hierüber wurden bereits von verschiedener Seite angestellt [5, 12, 14]. Daher sollen nachfolgend die wichtigsten Energieträger für Kraftstoffe und Brennstoffe ausgeklammert und ausschließlich die Elektroenergie im Mittelpunkt dieser Überlegungen stehen.

Als Einstieg sei ein kurzer Blick auf die Entwicklung des Stromverbrauches seit 1960 geworfen (Abb. 4). Nach Angaben des BMWi [4] nahm der jährliche Stromverbrauch der westdeutschen Landwirtschaft vom Jahr 1960 mit knapp 2 Mrd. kWh bis zum Jahr 1980 auf gut 7 Mrd. kWh zu, also innerhalb von 20 Jahren auf den dreieinhalbfachen Wert! Der fast geradlinige Verlauf der Steigerungsraten zeigt nur kleine Abweichungen, die durch tarifliche Umstellungen und andere Erhebungsgrundlagen verursacht sind.

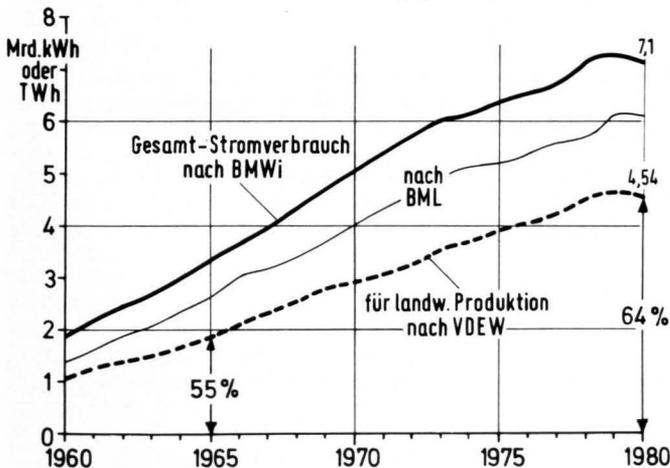


Abb. 4: Jahres-Stromverbrauch der westdeutschen Landwirtschaft

Das gilt insbesondere auch für die Jahre 1979 und 1980, so daß insgesamt auch in Zukunft mit weiter steigenden Stromverbrauchswerten für die Landwirtschaft zu rechnen sein wird. Von diesen Gesamtstromverbrauchswerten des BMWi, die über die EVU erhoben werden, zieht das BML pauschal 10 % ab, um den Strombedarf für die eigentliche landwirtschaftliche Produktion auszuweisen. Demgegenüber wird richtigerweise vom VDEW der Strombedarf für den landwirtschaftlichen Betrieb ermittelt, indem Bundesdurchschnittswerte für den Verbrauch der Haushaltungen vom landwirtschaftlichen Gesamtstromverbrauch abgezogen werden. Danach wurde 1980 für die westdeutsche landwirtschaftliche Produktion ein Wert von rund 4,5 Mrd. kWh ermittelt, der 64 % des Gesamtstromverbrauches der Landwirtschaft ausmacht. 1965 lag dieser Prozentsatz noch bei 55 %, so daß die Zunahme des Stromverbrauches immer stärker in die landwirtschaftliche Produktion fließt.

Starke regionale Unterschiede

Allerdings treten in dieser Beziehung größere regionale und einzelbetriebliche Unterschiede auf, die deutlich werden, wenn der Stromverbrauch der Landwirtschaft 1980 auf die einzelnen Bundesländer aufgliedert wird

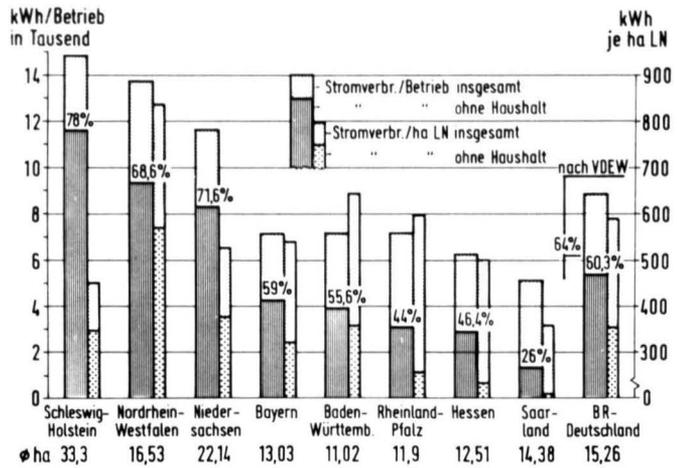


Abb. 5: Stromverbrauch der Landwirtschaft 1980 je Betrieb und je ha LN (nach BMWi)

(Abb. 5). So zeigen die Durchschnittswerte des Stromverbrauches in kWh/Betrieb in den Ländern Schleswig-Holstein, Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen neben absolut hohen Verbrauchswerten von über 11 000 kWh beträchtlich höhere Anteile für die landwirtschaftliche Produktion zwischen 69 und 78 %, während die anderen Bundesländer wesentlich unter 60 % liegen. Das hängt eindeutig mit den unterschiedlichen durchschnittlichen Betriebsgrößen in ha LF zusammen, ein Hinweis darauf, daß mit weiterer Zunahme der durchschnittlichen Betriebsgrößen in Westdeutschland auch in Zukunft der betriebliche Anteil des Elektroenergiebedarfes zwangsläufig steigen muß. Der spezifische Stromverbrauch in kWh bezogen auf ha landwirtschaftliche Nutzfläche weist demgegenüber zwischen den einzelnen Bundesländern sehr große Unterschiede auf und unterliegt keinerlei eindeutiger Tendenz. Denn hierbei spielt offenbar das unterschiedliche Ausmaß an Veredelungsproduktion in den einzelnen Bundesländern eine bedeutende Rolle. Als Durchschnittswerte wurden vom BMWi einschließlich landwirtschaftlicher Haushalte knapp 600 kWh/ha LN ermittelt, ohne Haushalte etwa 350 kWh.

Zum Einfluß der Betriebsgröße . . .

Da nach wie vor die Frage des Strombedarfes bezogen auf die jeweilige Betriebsgröße von nicht geringem Interesse ist, zumal auch die Tarifgestaltung an die Hilfsgröße ha gebunden ist, wurde eine Erhebung des Jahres 1978 [11] in etwa 800 bayerischen Betrieben entsprechend ausgewertet und je nach Betriebsgrößenklassen der spezifische Stromverbrauch in kWh/ha LN ermittelt (Abb. 6). Zur Angabe des spezifischen Stromverbrauches ohne Haushalte wurde für diesen 2700 kWh je Betrieb abgezogen, ein Wert, der für 1977 vom BMWi für bayerische Haushalte angegeben wird. Die spezifischen Bedarfswerte einschließlich Haushaltungen nehmen selbstverständlich von den kleineren Betriebsgrößen bis hin zu den größeren Betrieben entsprechend ab. Der spezifische Stromverbrauch ohne Haushalt zeigt demgegenüber jedoch nur in den Kleinstbetrieben unter 2 ha überhöhte Werte auf, während ab der Betriebsgrößenklasse von 5 bis 10 ha bis zu den größeren Betriebseinheiten von 30 bis 50 ha die spezifischen Werte zwischen 300 und 350 kWh/ha LN schwanken. Ein etwas höherer Verbrauch liegt in den mittleren Betriebsgrößen zwischen 15 und 30 ha vor, offenbar hier infolge verstärkter Veredelungsproduktion. Im übrigen liegen die Durchschnittswerte dieser Erhebung mit 357 kWh/ha LN

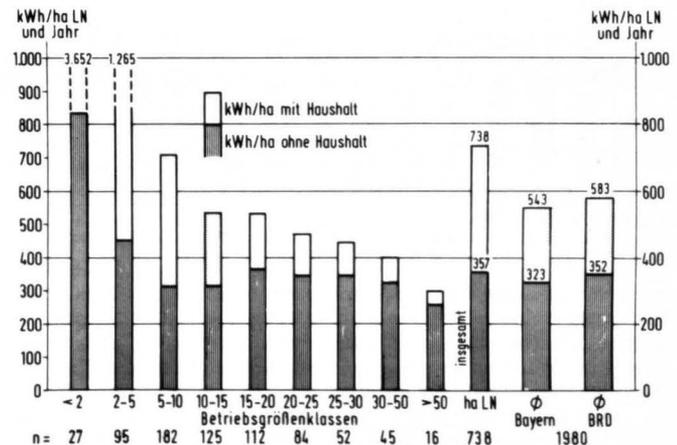


Abb. 6: Spezifischer Stromverbrauch (kWh/ha LN) bayerischer Betriebe (Erhebung 1977; ohne Haushalt bei bayer. Betrieben 2700 kWh/a abgezogen)

etwa in gleicher Größenordnung der Durchschnittswerte der Bundesrepublik Deutschland.

... und Umfang der Tierhaltung

Offenbar wird also der Elektroenergieeinsatz landwirtschaftlicher Betriebe neben ihrer Betriebsgröße sehr stark durch den Umfang der Tierhaltung geprägt. Eine diesbezügliche weitere Analyse der erhobenen bayerischen Betriebe deckt diesen Zusammenhang auf (Abb. 7). So steigt der Jahresstromverbrauch in Betrieben mit kleinen Bestandesgrößen von 1 bis 5 GV mit rund 4500 kWh/Betrieb auf nahezu 14 000 kWh in Betrieben zwischen 51 und 60 GV. Dabei ist die gleichmäßige Zunahme des Stromverbrauches mit steigenden Bestandesgrößen besonders augenfällig dann, wenn der Stromverbrauch für den Privathaushalt mit 2700 kWh/a je Betrieb abgezogen wird (in Abbildung 7 unter 30 GV nur 5 GV je Klasse, über 31 GV jedoch jeweils 10 GV pro Klasse). Der Durchschnittswert aller nahezu 700 erhobenen Betriebe mit Tierhaltung weist mit 5240 kWh/Betrieb einen um mehr als 1000 kWh höherliegenden Betrag auf gegenüber dem Durchschnitt aller bayerischen Betriebe. Sehr deutlich wird nun die enge Beziehung zwischen Stromverbrauch und Tierhaltung, wenn der spezifische Stromverbrauch in kWh/GV ermittelt wird (Abb. 8). Mit Ausnahme der Bestandesgrößen zwischen 1 und 5 GV schwankt dieser spezifische Wert kWh/GV ohne Haushalte nur unbedeutend um den Mittelwert von gut 200 kWh pro GV. Dieses Ergebnis läßt die Folgerung zu, daß eine Kalkulation des Stromverbrauches landwirtschaftlicher Betriebe unter Berücksichtigung der jeweils gehaltenen GV-Zahl (heute auch VE) wesentlich sicherer ist als die Bezugsgröße ha LN. Weitere Berechnungen auf der Datenbasis des BMWi von 1980 und des BML ergeben als Durchschnittswert der Bundesrepublik Deutschland 210 kWh/GV, für Bayern etwas niedriger mit 205 kWh pro GV; auch die anderen Bundesländer mit Ausnahme von Hessen und Saarland (wesentlich niedriger) sowie Nordrhein-Westfalen (höhere Werte) weichen nicht sehr stark von diesem Durchschnittsbetrag ab.

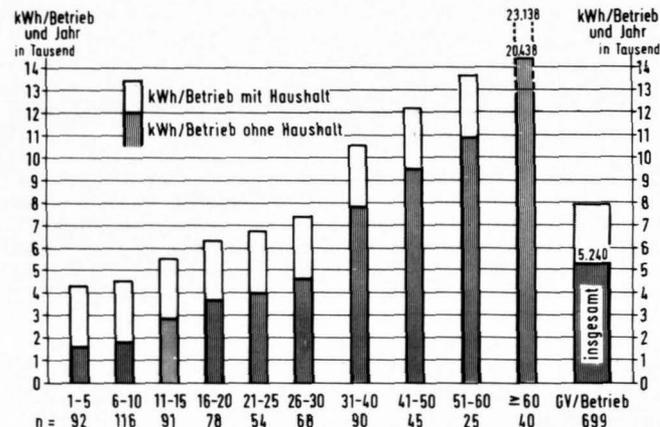


Abb. 7: Stromverbrauch bayerischer Betriebe mit Tierhaltung (Erhebung 1977; ohne Haushalt 2700 kWh/a und Betrieb abgezogen)

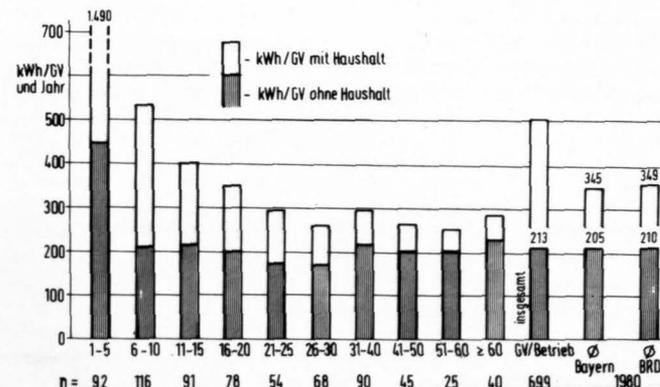


Abb. 8: Spezifischer Stromverbrauch (kWh/GV) bayerischer Betriebe mit Tierhaltung (Erhebung 1977; ohne Haushalt bei bayerischen Betrieben 2700 kWh/a abgezogen)

In einer weitergehenden Analyse wurden 440 Futterbaubetriebe mit Kuhhaltung ausgewertet (Abb. 9). Hierbei zeigt sich ebenfalls, daß der jährliche Stromverbrauch in kWh je Betrieb mit dem Umfang des Kuhbestandes gleichmäßig zunimmt (mit Ausnahme der Bestandesgrößen zwischen 26 und 30 Kühen), insbesondere wenn der Elektroenergiebedarf für den Privathaushalt abgezogen wird. Aussagekräftiger ist auch hier wiederum der spezifische Stromverbrauch in kWh je Kuh und Jahr, der im Mittel ohne Berücksichtigung der Privathaushalte bei 360 kWh je Kuh und Jahr liegt.

Steigender Stromverbrauch zu erwarten

Dieser errechnete Mittelwert entspricht älteren Kalkulationsdaten für mittlere Mechanisierungsstufen, allerdings bei größeren Bestandeseinheiten. Berücksichtigt man ferner den Zusammenhang, daß in allen diesen

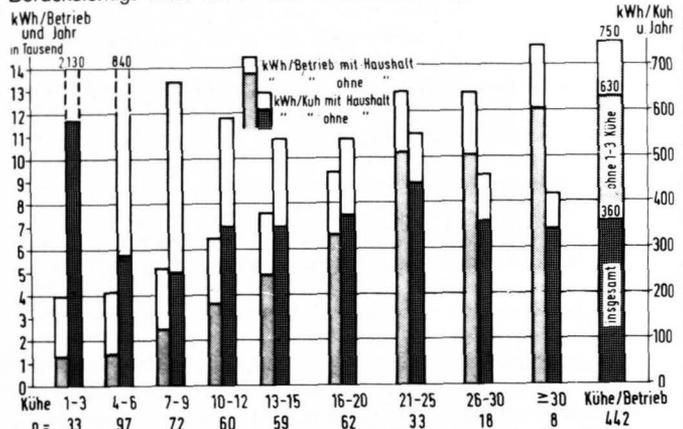


Abb. 9: Stromverbrauch bayerischer Futterbaubetriebe mit Milchviehhaltung (Erhebung 1977; ohne Haushalt 2700 kWh/a und Betrieb abgezogen)

Betrieben neben dem Elektroenergiebedarf für die Kuhhaltung ein nicht unbedeutender Stromverbrauch für anderweitige Produktionsbereiche anfällt (etwa für Kreissägen, Schweißgeräte, Bohrmaschinen mit teils beträchtlichen Leistungsansprüchen), so daß der spezifische Durchschnittswert in Wirklichkeit niedriger liegen muß, und kalkuliert man eine weitere Zunahme der Technisierung in der Tierproduktion, dann kommt man zu dem eindeutigen Ergebnis, daß zukünftig mit einer weiteren Steigerung des Elektroenergiebedarfes zu rechnen ist. Diese Aussage stützt sich auch auf Modellrechnungen [2,8], die erheblich höhere Verbrauchswerte nachweisen gegenüber den in praktischen Betrieben gemessenen Daten. Nennenswerte Einsparungen an Elektroenergie im Einzelbetrieb – ähnlich wie für den Heizölverbrauch der BRD in den letzten zwei Jahren – erscheinen für den Sektor der Tierproduktion wenig realistisch. Und einer eigenen Stromerzeugung beispielsweise über die Kraft-Wärme-Kopplung von Biogasanlagen wird man in Zukunft keinerlei Bedeutung zur Verbesserung der Energiesituation in der Landwirtschaft beimessen können. So ist die Aussage berechtigt, daß der Stromverbrauch zur westdeutschen Agrarproduktion in Zukunft weiterhin langsam ansteigen wird.

Energieangebote der Landwirtschaft

Einige Bereiche zur Nutzung alternativer Energiequellen in der Landwirtschaft verdienen allerdings größeres Interesse. Da fast alle Ansätze zur Erschließung von Alternativenergien auf Wärmegewinnung abzielen, kommt neben den geringen Brennstoffmengen zur Trocknung und Stallheizung den Energieverbrauchswerten der landwirtschaftlichen Wohnhäuser eine überragende Bedeutung zu. Aufgrund der in bayerischen Betrieben ebenfalls erhobenen Daten über die Verwendung von Brennstoffen in landwirtschaftlichen Wohnhäusern ergibt sich jedoch ein erstaunliches Bild (Abb. 10). Der Heizölverbrauch mit knapp 2000 l je Jahr und landwirtschaftli-

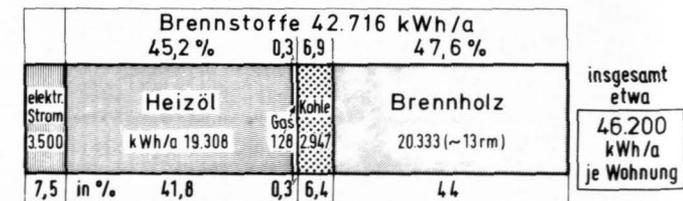


Abb. 10: Energieeinsatz in landwirtschaftlichen Wohnhäusern Bayerns (Erhebung 1978 in 806 Betrieben; etwa fünf Personen/Betrieb; Stromverbrauch geschätzt)

chem Wohnhaus nimmt nur 45 % des Gesamtbrennstoffbedarfes in Anspruch, während die Brennholzverwendung mit 47,6 % zu Buche schlägt. Der Stromverbrauch und auch der Einsatz von Kohle sowie anderer Energieträger spielt übrigens für den Gesamtenergieverbrauch in Höhe von gut 46 000 kWh/a und Wohnung keine nennenswerte Rolle. Welche Chancen bestehen nun zur Nutzung anderweitiger alternativer Energiequellen mit dem Ziel einer weiteren Verminderung des Heizöleinsatzes? Denn für alle landwirtschaftlichen Haushalte der Bundesrepublik Deutschland zusammengenommen muß man immerhin den beachtlichen Wert von etwa 1,5 Mrd. l Heizöl je Jahr berücksichtigen.

Stroh- und Holzverwertung weiter ausbauen

Zweifellos ist in Zukunft der Verwertung von Stroh zu Heizzwecken und noch größerer Mengen an Abfallholz entsprechende Bedeutung beizumessen, da bei diesen Produkten wenig Probleme der Energiespeicherung bestehen und immer dann ausreichend Wärmeenergie bereitgestellt werden kann, wenn sie gebraucht wird. Demgegenüber sind alle anderen,

heute heftig diskutierten alternativen Energiequellen dadurch gekennzeichnet, daß nur täglich kleine Energiemengen anfallen, die für die meisten Verbrauchsbereiche nicht ausreichen; bei ihnen bestehen weiterhin kaum kostengünstige Möglichkeiten zur Energiespeicherung. Zur Einschätzung des Energieanfalles durch zukünftig eventuell nutzbare Abfallstoffe wie Stroh und Holz, soll zunächst vom Brennstoffbedarf der Landwirtschaft (Betriebe und Haushalte) ausgegangen werden (Abb. 11). Er liegt bei knapp 20 Mrd. kWh/Jahr, wobei nur die hochwertigen Energieträger Heizöl und Kohle berücksichtigt sind. Dabei wurde je landwirtschaftlicher Haushalt ein Heizölverbrauch von 2200 l je Jahr unterstellt. Der zusätzliche, offenbar schon jetzt nicht unerhebliche Holzverbrauch für die Beheizung landwirtschaftlicher Wohnhäuser wurde in dieser Berechnung nicht berücksichtigt, da hierfür sicherlich kein Bedarf zum Austausch besteht. Für den Einsatz von Stroh zu Heizzwecken als Brennstoffersatz kann man davon ausgehen, daß je kg Stroh etwa 3 kWh Heizenergie bereitgestellt werden. Die gesamte westdeutsche Strohernte in Höhe von rund 22 Mio. t würde demnach das gewaltige Energiepotential von 66 Mrd. kWh ausmachen. Da jedoch nur etwa 30 % der Gesamtstrohmenge zum Einarbeiten auf dem Feld verbleiben und nicht anderweitig verwertet werden, lassen sich in absehbarer Zeit lediglich 10 % der Gesamterntemenge an Stroh für Heizzwecke nutzen;

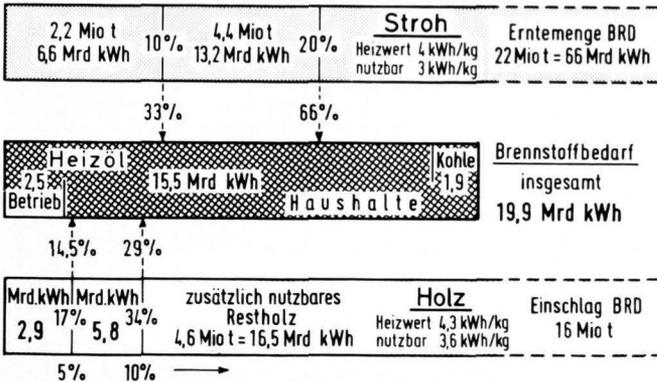


Abb. 11: Schätzung der verfügbaren jährlichen Energiepotentiale von Stroh und Holz zur Deckung des Brennstoffbedarfes der Landwirtschaft im Bundesgebiet
diese 2,2 Mio. t entsprechen jedoch bereits einer Energiemenge von 6,6 Mrd. kWh und könnten 33 % des gesamten Brennstoffbedarfes der Landwirtschaft decken. Durchaus denkbar wäre für die fernere Zukunft eine Nutzung von 20 % der Gesamtstroherntemenge, so daß 66 % des Brennstoffbedarfes für die Landwirtschaft durch dieses Abfallprodukt bereitgestellt werden könnten. Jedenfalls ist der Verwertung von Abfallstroh größte Bedeutung beizumessen, zumal wenn es gelingt, durch kostengünstige Hochverdichtung dieses Materials die Ansprüche an Lagerraum- und Transportvolumen erheblich zu vermindern. Demgegenüber scheinen die Brennstoff-Ersatzmöglichkeiten durch stärkere Verwendung von Restholz nach neueren Überlegungen wesentlich bescheidener zu sein; denn ein hoher Teil des Restholzes wird bereits zur Deckung des Wärmebedarfes der Haushaltungen genutzt, und von den noch verbleibenden Restholzmengen in Höhe von 4,6 Mio. t lassen sich wahrscheinlich nur 17 % oder äußersten Falles 34 % nutzen. Dies würde 5 bis höchstens 10 % des gesamten Holzeinschlages der Bundesrepublik Deutschland entsprechen. Immerhin wäre jedoch die Nutzung auch dieses Energiepotentials sinnvoll, da hierdurch kurzfristig etwa 15 % und langfristig etwa 30 % des gesamten Brennstoffbedarfes der Landwirtschaft befriedigt werden könnten. An entsprechenden Verbesserungen der technischen Verfahren zur Gewinnung von Restholz wird weltweit gearbeitet.

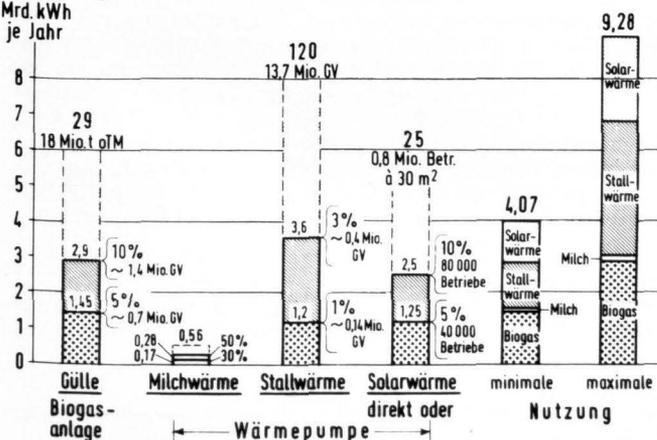


Abb. 12: Schätzung der verfügbaren jährlichen Energiepotentiale von Biogas, Stallabwärme, Milchwärme und Solaranlagen

Die Potentiale anderer Alternativenergien

fallen gegenüber den Abfallstoffen Stroh und Holz vermutlich wesentlich bescheidener aus (Abb. 12). Werden die Möglichkeiten der Biogasgewinnung analysiert, muß man von 18 Mio. t oTM an Tierexkrementen ausgehen, die insgesamt durch die Tierhaltung in Westdeutschland anfallen. Wenn hiervon 5 % in Biogasanlagen zur Energiegewinnung genutzt würden, wozu 700 000 GV erforderlich sind, könnte eine bescheidene Energiemenge von 1,45 Mrd. kWh je Jahr gewonnen werden. Bei 10 % Nutzung der insgesamt anfallenden Gülle wäre es der doppelte Energieertrag, dem jedoch lediglich ein Heizöläquivalent von 0,3 Mrd. l gegenübersteht. Infolge des hohen Investitionsbedarfes für Biogasanlagen, insbesondere für Betriebe mit nur durchschnittlichen Tierbestandesgrößen, wird man mittelfristig nur mit geringeren Werten rechnen können, so daß Biogas in absehbarer Zeit sicherlich keinen nennenswerten Beitrag zur Verbesserung der landwirtschaftlichen Energiesituation leisten kann. Demgegenüber konnte sich das Verfahren zur Nutzung der Milchwärme für die Heißwasserbereitung in der Praxis bereits in größerem Umfang durchsetzen, jedoch sind die hierdurch erzielbaren Energiebeiträge sehr gering. Theoretisch könnte das bei weitem größte Energiepotential durch die Wärmeabgabe der Nutztiere bereitgestellt werden, das jedoch vorwiegend für die Eigenerwärmung der Stallungen benötigt wird (insgesamt 120 TWh). Würde nur 1 % dieser Wärmemenge durch den Einsatz von Wärmetauschern in der Stallabluft und von Wärmepumpen entzogen, wären hierdurch 1,2 Mrd. kWh/a zu gewinnen; hierzu müßte die Abwärme von 140 000 GV genutzt werden. Längerfristig könnte diese Möglichkeit ausgebaut werden bis auf 3 % Nutzung der insgesamt anfallenden Tierabwärme, so daß 3,6 Mrd. kWh bereitstünden. Ähnliche Größenordnungen lassen sich für den zukünftig verstärkten Einsatz von Solaranlagen errechnen. Wenn 40 000 landwirtschaftliche Betriebe Sonnenkollektoren mit einer Fläche von je 30 m² errichten würden, machte dies eine nutzbare Wärmeenergie von insgesamt 1,25 Mrd. kWh aus. Sehr optimistisch wäre die Annahme, daß 10 % aller landwirtschaftlichen Betriebe in ferner Zukunft Solaranlagen der genannten Größenordnung einbauen würden mit einem Energieanfall von insgesamt 2,5 Mrd. kWh. Werden nun diese Einzelschätzungen zur Erschließung alternativer Energiequellen aufaddiert, dann ergibt sich für die zukünftig wahrscheinlich minimale Nutzung ein jährliches Energiepotential von 4 Mrd. kWh, bei langfristig sehr optimistisch vorstellbarem maximalen Einsatz ein Betrag von gut 9 Mrd. kWh. Diese Größenordnungen liegen aber wesentlich niedriger gegenüber den Möglichkeiten der Verwendung von Abfallstroh und -holz.

Ganz ohne Fremdenergie geht es auch zukünftig nicht

Dieser Zusammenhang wird sehr deutlich, wenn abschließend alle Schätzungen der verfügbaren Energiepotentiale dem augenblicklichen Verbrauch an Heizstoffen gegenübergestellt werden (Abb. 13). Dabei soll neben dem Brennstoffbedarf für die Landwirtschaft in Höhe von 19,9 Mrd. kWh je Jahr zusätzlich auch der Brennstoffbedarf für die Garten- und Weinbaubetriebe mit 13,4 Mrd. kWh/a Berücksichtigung finden, so daß sich

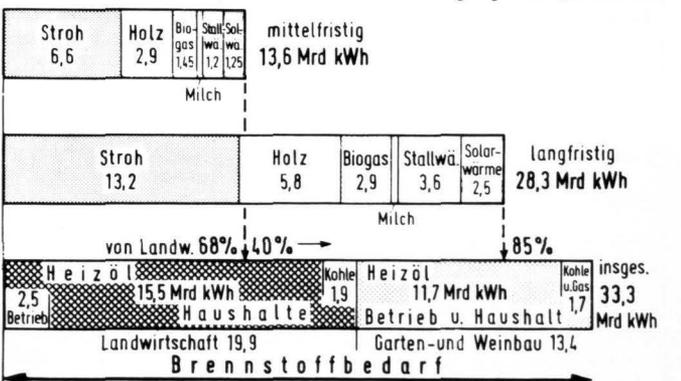


Abb. 13: Schätzung verfügbarer Energiepotentiale und Brennstoffbedarf von Landwirtschaft, Garten- und Weinbau im Bundesgebiet

ein Gesamtenergiebedarf für Heizzwecke in Höhe von 33,3 Mrd. kWh ergibt. Für eine mittelfristige Betrachtung über einen Zeitraum von etwa zwei Jahrzehnten wäre durchaus denkbar, daß Abfallstroh, Holz, Biogas, Milchabwärme und die Solarwärme insgesamt 13,6 Mrd. kWh an Wärmeenergie bereitstellen könnten, so daß nahezu 70 % des Brennstoffbedarfes der Landwirtschaft zu decken wäre, oder aber 40 % des Gesamtenergiebedarfes einschließlich des Garten- und Weinbaues. Dabei würden Stroh- und Abfallholz den bei weitem größten Beitrag leisten. Bei Ausschöpfung aller sich maximal bietenden Möglichkeiten der Nutzung alternativer Energiequellen könnte sehr langfristig sogar eine Wärmemenge von insgesamt gut 28 Mrd. kWh gewonnen werden, die 85 % des gesamten Brennstoffbedarfes decken würden. Allerdings ist bis dahin noch ein sehr weiter Weg.

Hohe zusätzliche Investitionen auf der einen Seite und nur ungünstige Einkommensentwicklungen der Landwirtschaft auf der anderen Seite werden sicherlich eine schnelle Umstellung auf alternative Energiequellen verhindern. Hinzu kommen teils noch erhebliche technologische Schwierigkeiten, oft zu geringe Nutzungsgrade für Alternativenergien sowie Nachteile der örtlichen Bindung. Trotzdem verbleiben durchaus positive Aspekte, den Verbrauch teurer Fremdenergieträger – insbesondere von Heizöl – zu reduzieren und die Energiepreissteigerungen etwas aufzufangen. Allerdings wird der zukünftig weiter steigende Einsatz von Elektroenergie in der Landwirtschaft von diesen Zusammenhängen wohl kaum berührt.

Literatur

Bücher sind mit ● gezeichnet
 [1] Auernhammer, H.; F. Heins: Zur Situation des landwirtschaftlichen Energieverbrauches in Bayern. 37 Landtechnik (1982), H. 1, S. 12–14
 [2] ● Ayik, M.: Analyse des elektrischen Leistungs- und Energiebedarfes wichtiger Bereiche der Milchviehhaltung. Diss. Landtechnik Weihenstephan 1975
 [3] ● Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten:
 – Agrarberichte 1981 und 1982
 – Statistische Jahrbücher über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der BR-Deutschland 1981 u. 1982

[4] Bundesministerium für Wirtschaft: Die Elektrizitätswirtschaft in der BR-Deutschland im Jahre 1980. Statistischer Jahresbericht. Elektrizitätswirtschaft Heft 21/1981
 [5] Goll, W.: Nachwachsende Rohstoffe zur Versorgung mit Energie. Vortrag AEL 1982
 [6] Götz, W.: Untersuchungen des Elektrizitätseinsatzes in landwirtschaftlichen Betrieben der BR-Deutschland. Diplomarbeit Landtechnik Weihenstephan 1975
 [7] HEA: Daten und Fakten für die Beratung. Frankfurt 1980 und 1981
 [8] ● von Heyl, L.: Analyse des elektrischen Leistungs- und Energiebedarfes wichtiger Bereiche der Rinder- und Schweinehaltung. Diss. Landtechnik Weihenstephan 1975
 [9] Jürgens-Gschwind, S. und J. Altbrod: Die Energiesituation der deutschen Landwirtschaft. BASF-Mitteilungen für den Landbau 1981/1
 [10] ● Baader, W.; E. Dohne, H. W. Orth und A. Strehler: Alternative Energienutzung. KTBL-Schrift 252, 1980
 [11] Meier, N.: Untersuchungen über die Ausstattung landwirtschaftlicher Betriebe in Bayern mit Elektroenergieverbrauchern. Diplomarbeit Landtechnik Weihenstephan 1980
 [12] Weber, A.: Langfristige Energiebilanz in der Landwirtschaft. Landwirtschaft – Angewandte Wissenschaften, (1979) H. 221
 [13] Wenner, H. L.: Energieeinsparungen in der Tierproduktion. Berichte über Landwirtschaft, Heft 195/1979
 [14] Wenner, H. L.: Zur Energiesituation der Landwirtschaft – Probleme und Folgerungen. Bayer. Landw. Jahrbuch, Heft 2/1980
 [15] ● Wenner, H. L.: Verbrauch und Einsparmöglichkeiten an Elektrizität für die Tierproduktion. Handbuch für die Bayer. Landwirtschafts-Berater, Bayer. Staatsministerium für ELuF 1980
 [16] Wenner, H. L.: Möglichkeiten und Grenzen zur Energieeinsparung und Nutzung eigener Energiequellen. Schlüter Freising, Landtechnik von morgen 1981/20
 [17] Zeisig, H. D.: Analyse des elektrischen Leistungs- und Energiebedarfes für einige ausgewählte Bereiche der Innenwirtschaft. Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan 1981/5

Regelungsprobleme und Lösungen bei Festbrennstoffkesseln

Von Arno Strehler, Freising-Weihenstephan*)

Mehrstufige Wärmetauscher erlauben den Betrieb verschiedener Leistungsstufen. Die Heizkreispumpe und die Luftmenge werden über den Kesselthermostaten gesteuert. Die Zugregelung erfolgt über Kaminklappen oder Rauchgasgebläse, die vom Rauchgasthermostaten gesteuert werden. Die Luftmengenregelung nach CO- und CO₂-Gehalt ist für Kleinkessel vorerst noch zu teuer. Die automatische Brennstoffnachführung wird über den Kesselthermostaten gesteuert. Für absätzig beschickte Feststofffeuerungsanlagen empfiehlt sich grundsätzlich die Kombination mit einem Wärmespeicher.

Multi-stage heat exchangers give the possibility for using different capacities. The pump in the heat distribution is controlled by boilerthermostat. The flue control works with chimney flaps or fans controlled by flue gas thermostats. The flue control depending on CO- and CO₂-content is too expensive for small furnaces. Automatic fuel charging is controlled by the boilerthermostat. Discontinuously charged boilers should be connected always with heatstores.

Feuerungssysteme

Die verschiedenen Feuerungssysteme werfen unterschiedliche Probleme in der Regelung auf. Durchbrandkessel verhalten sich anders als Unterbrandkessel, absätzig beschickte Anlagen verlangen eine andere Regelungsart als Kessel mit kontinuierlicher Brennstoffnachführung, die sich auf den Leistungsbedarf abstimmen läßt.

Bei jedem Kessel muß die Heizleistung optimal auf die Wärmetauschfläche abgestimmt sein; je nach Brennstoffart und Feuerungssystem (oberer Abbrand, unterer Abbrand, Art der Brennstoffnachführung) ergibt sich eine optimale Brennkammergröße. Nur Kessel mit mehrstufigem Wärmetau-

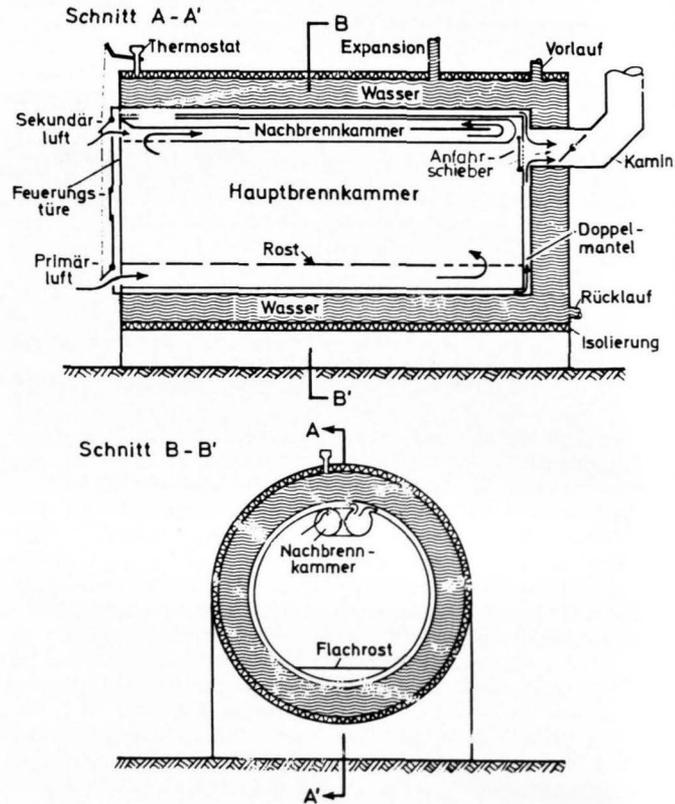


Abb. 2: Durchbrandkessel für HD-Stroh-Ballen und Holz mit Doppelmantel (heiße Brennkammer) und Nachbrennkammer

scher ermöglichen den Betrieb in verschiedenen Leistungsstufen, die dann jeweils zu den gewünschten Rauchgastemperaturen führen. Das Optimum der Rauchgastemperatur liegt um 150° C, tiefere Temperaturen senken zwar die Verluste, führen aber zur Versottung von Kessel und Kamin sowie zur Zugsenkung mit der Folge einer schlechten Verbrennung. Zu hohe Temperaturen ergeben erhöhte Verluste (200° C etwa 20 %, 400° etwa 40 %).

Bei absätzig beschickten Feuerungsanlagen erlaubt der Unterbrandkessel eine größere Brennkammer (Vorratsraum) ohne negativen Einfluß auf die Feuerungsqualität, da die Verbrennung im unteren Brennstoffbereich stattfindet und die Rauchgase seitlich oder direkt nach unten durch den Rost abgezogen werden (Abb. 1).

Steuerung der Heizkreispumpe

Um den Kessel nicht zu unterkühlen, wird die Heizkreispumpe oder Speicherladepumpe thermostatisch gesteuert. Sie läuft je nach Vorwahl erst bei 60 bis 70° C Kesseltemperatur an.

Luftregelung

Ein Kesselthermostat mit mechanischem Hebel regelt bei den meisten Feststoffkesseln die Zuluftmenge, sowohl im primären als auch im sekundären Bereich (Abb. 2, links oben).

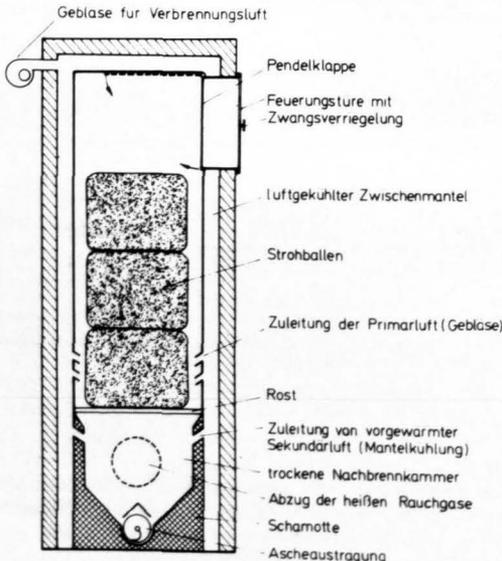


Abb. 1: Unterbrandsystem mit Primär- und Sekundärverbrennung für absätzig beschickte Anlagen

*) Dr. Arno Strehler widmet sich an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik überwiegend Fragen der Energiegewinnung aus Biomasse (Schwerpunkt: Holz- und Strohfuehrung).