

Zur Energiesituation der Landwirtschaft – Probleme und Folgerungen –

Von Prof. Dr. Heinz-Lothar W e n n e r, Institut für Landtechnik der Technischen Universität München in Freising-Weißenstephan¹⁾

Seit geraumer Zeit vergeht kaum ein Tag, an dem nicht im Rundfunk, im Fernsehen oder in Zeitungen über aktuelle Energieprobleme berichtet wird. Hat uns doch alle die Sorge erfaßt, daß in Zukunft mit weiterhin erheblicher Preissteigerung auf dem Energiesektor zu rechnen ist, insbesondere aber, daß die Bereitstellung ausreichender Energiemengen auf zunehmende Schwierigkeiten stößt bzw. unterbleibt. Nicht umsonst werden daher von staatlicher Seite in allen hochindustrialisierten Ländern seit einiger Zeit beträchtliche Mittel für die Energieforschung und für Maßnahmen zur Energieeinsparung sowie zur Erschließung alternativer Energiequellen bereitgestellt. Und alle Wirtschaftszweige sowie alle Bereiche des Privatkonsums werden inzwischen intensiv analysiert auf die Fragen der Energieeinsparmöglichkeiten und der Chancen, auf zukunftsichere, andere Energieträger umzusteigen.

Auch im Sektor der Agrarproduktion der Bundesrepublik Deutschland wurden in den letzten Jahren große Anstrengungen von Forschung, Industrie und Praxis unternommen, um Ausweichmöglichkeiten aus der sich verschärfenden Energiesituation zu erreichen. Aus der Fülle neuer Erkenntnisse soll daher in komprimierter Form eine Übersicht über die wichtigsten Zusammenhänge des Energieeinsatzes in der Landwirtschaft gegeben werden. Dabei sei Ausgangspunkt die Entwicklung des Energieverbrauches für die Agrarproduktion und die augenblicklich benötigten Mengen an Fremdenergie, um anschließend die wesentlichen Energieein-

sparmöglichkeiten zu behandeln; danach soll auf den Entwicklungsstand zur Nutzung alternativer Energiequellen sowie deren Chancen zur Realisierung eingegangen werden; ein Resümee soll abschließend Auskunft geben über alle realistischen Möglichkeiten zur Verbesserung der Energiesituation für die westdeutsche Agrarproduktion.

Ähnlich wie die anderen Produktionsbereiche der Volkswirtschaft zeigt auch die Landwirtschaft einen typischen Verlauf der Entwicklung des Energieverbrauches (Abb. 1). So stieg in den letzten 100 Jahren der Energieeinsatz je ha LF von unter 10 GJ auf heute nahezu 40 GJ; es handelt sich bei dieser Berechnung von WEBER um den Verbrauch aller Energieformen, also der direkten und der indirekten Energieträger, wie Kraftstoffe, Düngemittel, Gebäude usw. Besonders nach dem Zweiten Weltkrieg vollzog sich ein steil ansteigender Energieeinsatz für die Agrarproduktion. Nahezu parallel verlief die Zunahme der Arbeitsproduktivität, aber auch der Bodenproduktivität. Wird nun diesem Energieverbrauch der Energiegewinn in Form der produzierten Nahrungsgüter gegenübergestellt, erhält man Bilanzwerte für das Input-Output-Verhältnis. So lag noch vor dem Ersten Weltkrieg die Energiebilanz bei 1:3 bis 1:4, während sich nach dem Zweiten Weltkrieg infolge des überproportional steigenden Energieeinsatzes eine Verschlechterung der Energiebilanz auf unter 1:2 vollzog. Heute weist die westdeutsche Agrarproduktion ein Input-Output-Verhältnis von etwa 1:1,8 auf (Abb. 2). Diese nach wie vor positive Energiebilanz sollte in nicht wünschenswerten, aber zukünftig eventuell auftretenden Zeiten der Energieverknappung Anlaß dazu sein, der Landwirtschaft stets erste

¹⁾ Bei Ausarbeitung und Darstellung des Zahlenmaterials waren teilweise AOR Dr. STRÄHLER, LD Dr. SCHULZ, Dipl.-Ing. agr. SCHÄFER und Obering. Dr. KROMER behilflich, denen hierfür gedankt sei.

**Entwicklung von Arbeits- u. Bodenproduktivität,
Energieeinsatz je Hektar sowie Produktivität des
Energieeinsatzes in der deutschen Landwirtschaft**

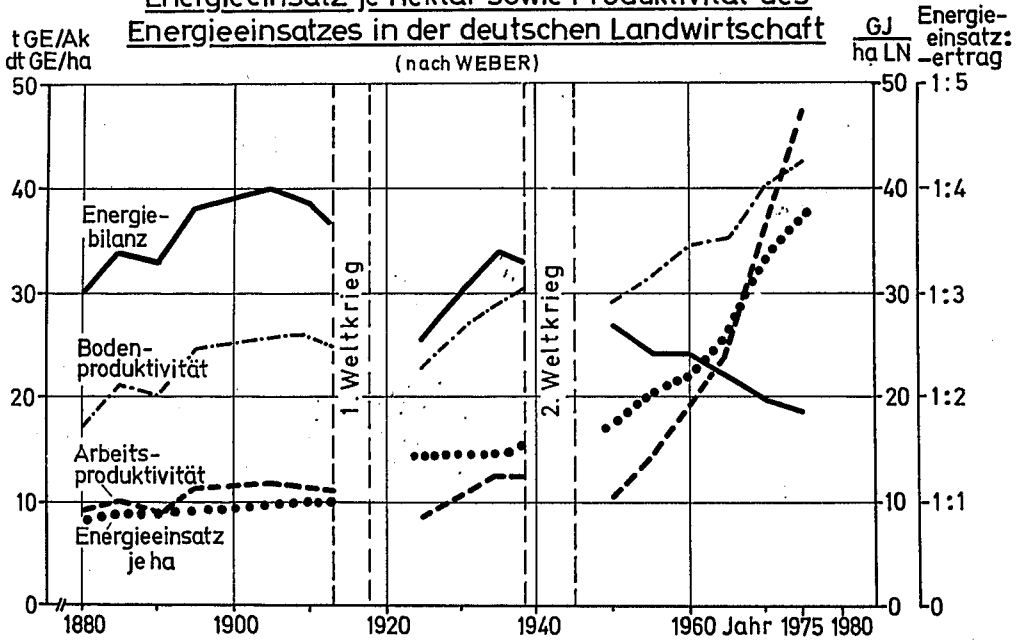


Abb. 1

Wenner/P6 802 55

Energiebilanz der Landwirtschaft der BRD

(nach Heyland und Weber)

Gesamtenergieeinsatz (direkte u. indirekte Energie)	:	Energieertrag der Pflanzenproduktion (einschl. Nebenernteprodukte)	1 : 4,75
Gesamtenergieeinsatz	:	Energieertrag der pflanzl. Haupternteprodukte	1 : 3,79
Einsatz der Direktenergie (Kraftstoffe, Strom u.a.)	:	Energieertrag der pflanzl. Haupternteprodukte	1 : 16,5
Gesamtenergieeinsatz	:	Gesamtenergieertrag (pflanzl.+tier. Produktion)	1 : 1,87

Abb. 2

Wenner/Trz 802 61

Energieeinsatz in der Agrarproduktion der BRD

Verbrauch für Dieselkraftstoff, Elektrizität und Heizöl (Schätzung 1979/80)

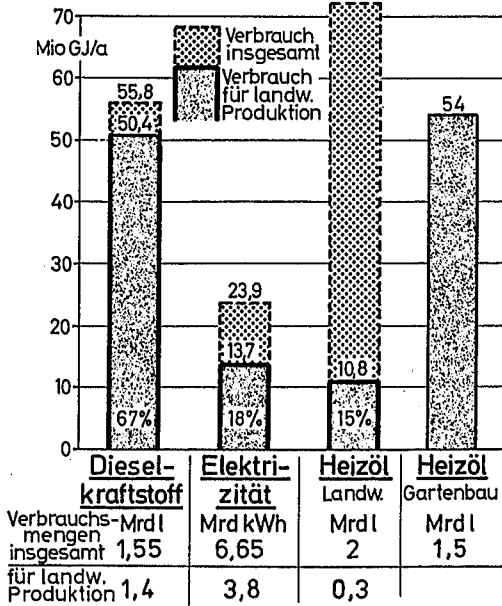


Abb. 3

Wenner/P6 802248

Priorität bei der Energieversorgung einzuräumen und sie auch in Notsituationen ausreichend mit Fremdenergie zu beliefern.

Bei allen heutigen Überlegungen zur Verbesserung der Energiesituation stehen insbesondere die Energieträger Kraftstoffe, Elektrizität und Heizöl im Vordergrund. Nach Berechnungen für das Wirtschaftsjahr 1979/80 verbraucht die westdeutsche Landwirtschaft etwa 1,55 Mrd. l Dieselkraftstoff, etwa 6,65 Mrd. kWh Strom und etwa 2 Mrd. l Heizöl je Jahr (Abb. 3). Zieht man hiervon den Privatkonsum ab – insbesondere bei Heizöl die Wohnhausbeheizung sowie beim elektrischen Strom den Wohnhausbedarf –, dann verbleiben für die reine landwirtschaftliche Produktion etwa 1,4 Mrd. l Dieselöl, 3,8 Mrd. kWh Elektrizität und etwa 0,3 Mrd. l Heizöl. Unter Zugrundelegung der jeweiligen Heizwerte nimmt Dieselkraftstoff mit etwa 50 Mio. GJ pro Jahr, also mit 67% der gesamten verbrauchten Energiemengen, den Hauptanteil ein; Heizöl und

Strom benötigen demgegenüber nur 15% bzw. 18% des Gesamtenergieeinsatzes. Beträchtliche Energiemengen in Form von Heizöl werden im Gartenbau für die Gewächshausheizung verbraucht, so daß sich in diesem Sektor in Verbindung mit der letztjährigen Preissteigerung enorme Probleme ergeben; als Folge davon sinkt augenblicklich der Heizöleinsatz für den Gartenbau, man versucht auf kostengünstigere Energieträger – wie z. B. Erdgas – umzusteigen.

Gegenüber dem Verbrauch der einzelnen Energieträger für die Agrarproduktion zeigen die Ausgaben ein anderes Bild (Abb. 4); infolge der Dieselmkraftstoffverbilgung entfällt auf diesen Energieträger etwa die Hälfte der Gesamtausgaben für Fremdenergie, während für den Strombezug etwa 38% bezahlt werden müssen. Beim Strom handelt es sich also um eine relativ teure Energieform. Die Ausgaben für landwirtschaftlich benötigtes Heizöl, selbst wenn ein heutiger Preis von 0,65 DM/l angenommen wird, bewegen sich insgesamt auf niedrigem Niveau; jedoch

Energieeinsatz in der Agrarproduktion der BRD

Ausgaben für Dieselkraftstoff, Elektrizität und Heizöl (Schätzung 1979/80)

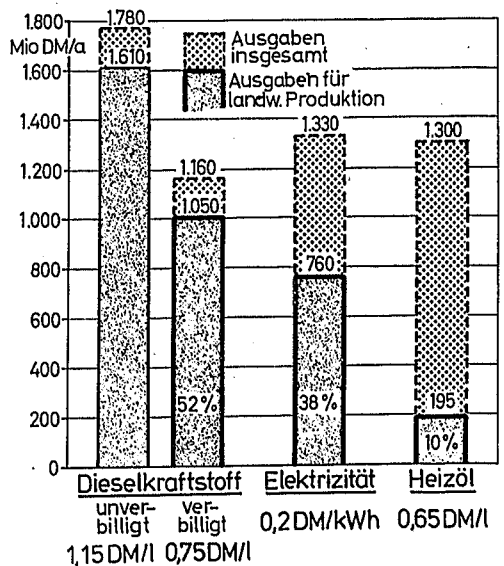


Abb. 4

Wenner/P6 802249

Preisvergleich verschiedener Energieträger
Nutzung zur Wärmeherzeugung.

Energieträger	Heizöl	Kohle	Stroh u. Holz	elektr. Strom	
Heizwert	36 MJ/l	29 MJ/kg	14 MJ/kg	3,6 MJ/kWh	
Wirkungsgrad	0,8	0,7	0,7	0,98	
Brennstoffpreis	0,6 1,2 DM/l	50 DM/t	10 DM/t	7,5 20	40 Pf/kWh
Nutz - Energiepreis Pf/MJ	2,1 4,2	2,5	1,0	2,1 5,7	11,3
Energie-Preisverhältnis bei Heizöl 0,6 DM/l	1:	1,2	0,5	1 2,7	5,4
Heizöl 1,2 DM/l	1:	0,6	0,25	0,5 1,4	2,7

Nutzung zur mechanischen Arbeit

Energieträger	Dieselloil	elektr. Strom	
Energieinhalt	36 MJ/l	3,6 MJ/kWh	
Wirkungsgrad	0,3	0,85	
Brennstoffpreis	0,7 1,1 DM/l	20	40 Pf/kWh
Nutz - Energiepreis Pf/kWh	23,1 36,4	23,3	46,6
Energie-Preisverhältnis bei Dieselloil 0,7 DM/l	1:	1	2
Dieselloil 1,1 DM/l	1:	0,6	1,3

Abb. 5

können sie in einzelnen Betrieben mit höherem Heizölverbrauch außerordentlich zu Buche schlagen. Insbesondere sind es die Wohnhausheizungen auf Ölbasis, die über 1 Mrd. DM an Unkosten verursachen. Einschließlich der Schmierstoffe wird die westdeutsche Landwirtschaft für den Fremdenergiebezug etwa 4,5 Mrd. DM im Wirtschaftsjahr 1979/80 ausgeben. Bei solchen Vergleichen verschiedener Energieträger muß insbesondere deren jeweiliger Nutzwert Berücksichtigung finden, und zwar in Abhängigkeit des jeweiligen Energiepreises und der Verwendungsrichtung (Abb. 5). Werden z. B. verschiedene Energiearten zur Wärmeherzeugung eingesetzt, dann ergibt sich bei Zugrundelegung der unterschiedlichen Heizwerte, der verschiedenen Brennstoffpreise sowie der Wirkungsgrade der Energiegenutzung folgende Energiepreisrelation: Bei den heutigen Preisen für Heizöl mit 0,6 DM/l liegt Kohle etwa 20% höher, Holz und Stroh bei relativ hohem Brennstoffpreis jedoch 50% niedriger, während der Einsatz von elektrischem Strom zur Wärmeherzeugung lediglich bei 7,5 Pf/kWh dem Heizöl-

preis entspricht, im Durchschnitt jedoch mehr als den 2,5fachen Wert erreicht. Selbst bei Verdoppelung des Heizölpreises wäre elektrischer Strom zur Wärmeherzeugung bei 20 Pf/kWh immer noch zu teuer. Ohne Berücksichtigung der Kapitalkosten kann man allein aus diesem Energiepreisverhältnis bereits die Folgerung ziehen, daß eine Wärmepumpe mit Elektroantrieb mindestens eine Leistungsziffer von 3 erreichen muß, wenn zur Wärmeherzeugung gegenüber Heizöl bei augenblicklichen Preisen ein Gleichgewicht vorliegen soll. Ebenfalls wird deutlich, daß Abfallstroh und -holz als Energieträger gegenüber den anderen Energiearten zumindest bezüglich des Energiepreises außerordentlich günstig abschneiden.

Völlig andere Verhältnisse ergeben sich jedoch beim Energieeinsatz für mechanische Arbeit. Bei billigem Bezug von Dieselloil für die Landwirtschaft errechnet sich ein Energiepreisverhältnis von 1:1 gegenüber dem Einsatz von elektrischem Strom zum Normaltarif; bei Tankstellenpreisen für Dieselloil erreicht die Verwendung von Strom zum mechanischen Antrieb eine beträchtliche Preisvorzüglichkeit von 40%. Dabei ist in Zukunft zu erwarten, daß die Preissteigerungen beim elektrischen Strom wesentlich geringer ausfallen als beim Dieselloil, da die Kosten für die Primärenergie bei der Stromerzeugung nur etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ des Gesamtstrompreises ausmachen. Das bedeutet letztlich, daß der Einsatz von elektrischem Strom für mechanische Arbeit immer effizienter wird gegenüber der Verwendung von flüssigen Kraftstoffen.

Von besonderem Interesse ist nun jedoch die wichtige Frage, ob bei den einzelnen Energieträgern mit einer weiteren Steigerung des Verbrauches für die Agrarproduktion zu rechnen ist, oder ob in Zukunft sogar berechtigte Chancen zur Energieeinsparung bestehen. Als wichtigster Energieträger für die Agrarproduktion soll zunächst der Dieselloil dieser Fragestellung unterzogen werden (Abb. 6). Im Verlauf der Entwicklung zur Motorisie-

Dieselölverbrauch der Land- u. Forstwirtschaft der BRD

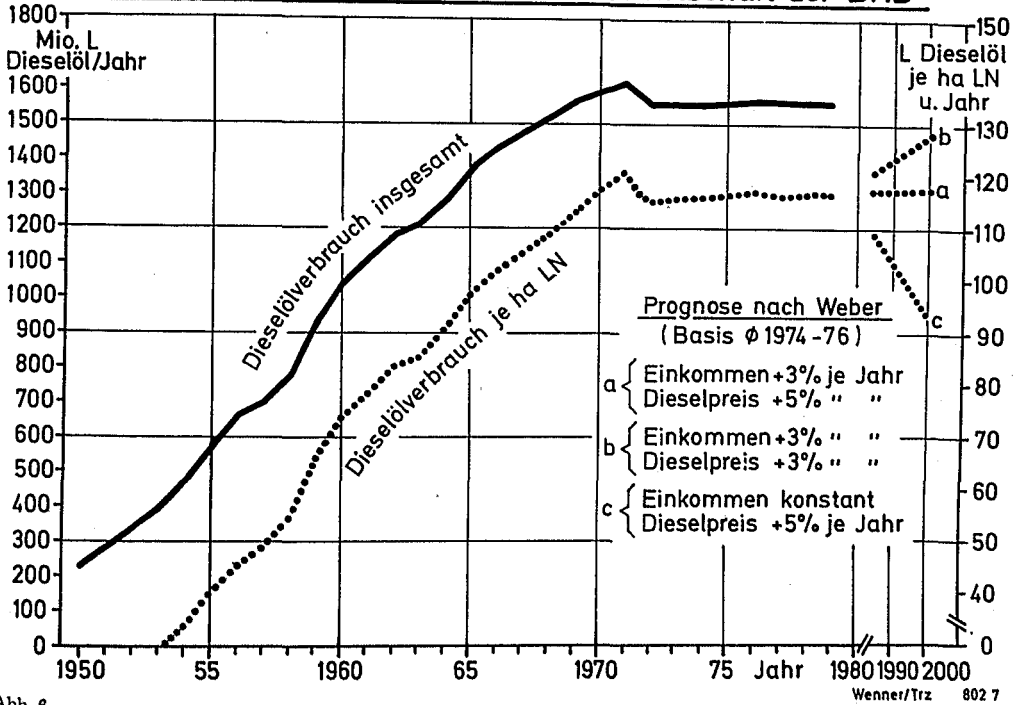


Abb. 6

Die Entwicklung des Dieselölverbrauches der Landwirtschaft stieg von 1950 an bis zum heutigen Zeitpunkt auf etwa 1,5 Mrd. l, wobei ab etwa 1972 keine weitere Steigerung mehr zu verzeichnen ist, der Verbrauch blieb in etwa konstant. Die durchschnittlichen Verbrauchsmengen, bezogen auf 1 ha LF, liegen seit etwa 10 Jahren mit 120 l auf gleichem Niveau. Je nach Entwicklung der Einkommen bzw. der Dieselpreise werden von WEBER bis zum Jahr 2000 Verbrauchsmengen zwischen 90 und 130 l/ha LF prognostiziert. Bei nicht wesentlich steigenden landwirtschaftlichen Einkommen und beträchtlichen zukünftigen Dieselpreiserhöhungen kann demnach also wiederum mit einer Verminderung des Dieselölverbrauches je ha LF gerechnet werden. Ein weiterer Anstieg des Verbrauchs ist unwahrscheinlich, auch wenn immer leistungsstärkere Schlepper eingesetzt werden; sie erledigen die Arbeit je ha in kürzerer Zeit, so daß hierdurch der Dieselölverbrauch je Flächeneinheit nicht zunimmt.

Welche Ansatzpunkte ergeben sich nun, den Verbrauch an Dieselpowerstoff ggf. zu reduzieren und in welcher Höhe (Abb. 7)? Grundsätzlich muß man bedenken, daß der energetische Wirkungsgrad bei Zugarbeiten mit nur etwa 15% sehr niedrig liegt, da der Dieselmotor einen Wirkungsgrad von nur etwa 32% aufweist und da die Leistungsübertragung vom Motor bis zum Zughaken nur 35 bis 50% nutzbaren Leistungsanteil besitzt. In vier Bereichen sind gewisse Verbesserungen denkbar. Beim Schleppermotor selbst bringt die Verwendung der Turboaufladung eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauches um etwa 5%, und wird zusätzlich die Ladeluftkühlung bei sehr leistungsstarken Schleppermotoren eingebaut, kann mit einer Dieselpowerstoffeinsparung von etwa 8% gerechnet werden. Durch diese Maßnahmen würde sich der energetische Wirkungsgrad des Schleppermotors auf über 34% erhöhen. Der wesentlich wichtigere Bereich ist die Leistungsübertragung. Bereits die Verwendung von Radialreifen

Möglichkeiten zur Einsparung von Dieselkraftstoff

Verbrauch BRD ~ 120l/ha LF u. Jahr

1. Schleppermotor: 32% energetischer Wirkungsgrad

Direktspritzung, hohe Verdichtung ~ 233g/kWh	= 100%	
mit Turboaufladung	= 95%	-5%
mit Turboaufladung und Ladeluftkühlung	= 92%	-8%

2. Leistungsübertragung: 35-50% nutzbarer Leistungsanteil bei Zugarbeit im Feld

Hinterradantrieb, Diagonalfreifen	100%	
Hinterradantrieb, Radialreifen	97-100%	-0 bis 3%
Allradantrieb	95%	-5%
Allradantrieb, Zapfwellenarbeit	75-92%	-8 bis 25%

3. Leistungsanpassung Schlepper - Gerät

hoher Motorauslastungsgrad mit 60-90%, 80-95% -5 bis 20%

4. Arbeitsverfahren

<u>a) Getreide- und Körnermaisbau ~ 105l/ha</u>		-
15	43	10
19	18	= 105l/ha
Stoppel- Bodenbearbeit.	Düngung	Ernte
umbruch u. Bestellung	Pflanzenschutz	Mähd. u. Fahrten
6	34	17
	10	13
		= 80l/ha
<u>b) Zuckerrübenanbau ~ 210l/ha</u>		-
15	49	18
75	42	11
11		= 210l/ha
Stoppel- Bodenbearbeit.	Düngung	Ernte
umbruch u. Bestellung	u. Pflege	BKR
6	42	66
	15	33
		8
		= 170l/ha
<u>c) Grünlandnutzung Heu ~ 52 Silage ~ 68l/ha</u>		-
8	44	8 + 60
	= 52l/ha	= 68l/ha
Pflege u. Heuwerbung	u. Ernte	Silofutterernte
Düngung		
6	36	6 + 29
	= 42l/ha	= 35l/ha

Abb. 7

bei Hinterradantrieb kann eine Einsparung bis zu 3% bringen. Beim Allradantrieb rechnen wir im Durchschnitt mit etwa 5% Einsparung, weil der Laufwerkwirkungsgrad entsprechend steigt. Insgesamt ist jedoch die reine Zugarbeit mit beträchtlichen Leistungsverlusten verbunden, während die Leistungsübertragung über die Zapfwelle einen beträchtlich höheren Wirkungsgrad besitzt. So reduziert die Zapfwellenarbeit bei Vorfahrt des Schleppers den Leistungsverlust um mindestens 8%, bei Zapfwellenarbeit im Stand jedoch bis zu 25%; ein vermehrter Übergang zu zapfwellengetriebenen Geräten erbringt über die Verbesserung des nutzbaren Leistungsanteiles letztlich eine um etwa 30% bessere Ausnutzung des Dieselkraftstoffes. Sehr wichtig ist weiterhin die optimale Leistungsanpassung zwischen Schlepper und Gerät. Würde ein ständig hoher Geräteleistungsbedarf zu einem Motorauslastungsgrad von 60 bis 90% führen, könnten 5 bis 20% an Dieselkraftstoff eingespart werden. Leider werden jedoch in der Praxis vielfach leistungsschwache Geräte mit starken

Schleppern kombiniert, so daß der spezifische Kraftstoffverbrauch des Schleppermotors enorm ansteigt. Insbesondere läßt sich aber auch im vierten Bereich, dem Schleppereinsatz in Verbindung mit den verschiedensten Arbeitsverfahren, Dieselkraftstoff einsparen. Beim Getreide- und Körnermaisbau muß mit einem durchschnittlichen Verbrauch von 105 l/ha gerechnet werden, wobei die Bodenbearbeitung und Bestellung den Hauptanteil einnehmen. Werden demgegenüber Verfahren der Minimalbodenbearbeitung angewandt und auch in anderen Produktionsphasen kraftstoffsparende Verfahrenslösungen angestrebt, kann der Dieselkraftstoffverbrauch beim Getreidebau auf nahezu 80 l/ha reduziert werden. Das entspricht einer Einsparung um 24%. Auch beim Zuckerrübenanbau ergeben sich ähnliche Relationen, wobei hier allerdings die Ernte im Vordergrund steht. Bei der Heuwerbung und der Silofutterernte lassen sich durch den Übergang zu kraftstoffsparenden Arbeitsverfahren ebenfalls Einsparungen an Dieselkraftstoff erreichen.

Allerdings dürfen diese Verfahrensalternativen mit dem Ziel der Einsparung von Dieselkraft nicht zu einer Verminderung der Erträge führen. Denn die Kostenbelastungen durch den Dieselkraftstoff sind nahezu unbedeutend gegenüber den Vorteilen bester Arbeitsqualität und hoher Erträge. Wenn beispielsweise 10 cm tiefer gepflügt wird, nimmt der Dieselkraftstoffverbrauch um etwa 10 l/ha zu; dadurch entstehen bei augenblicklichen Dieselkraftstoffpreisen Mehrkosten von 8 DM/ha, was einem Mindest-Mehrertrag von etwa 20 kg Getreide/ha preismäßig entspricht. Das Erreichen hoher Erträge hat also eindeutig Vorrang gegenüber gewissen Einsparungen an Kraftstoff.

Anders verläuft jedoch die Verbrauchsentwicklung beim elektrischen Strom (Abb. 8). Der Gesamtstromverbrauch der westdeutschen Landwirtschaft einschließlich ihrer Privathaushalte zeigt eine gleichmäßige Steigerung, wobei mit zukünftigen Zuwachsraten von etwa 3-5%/anno ge-

Jahres-Stromverbrauch der westdeutschen Landwirtschaft

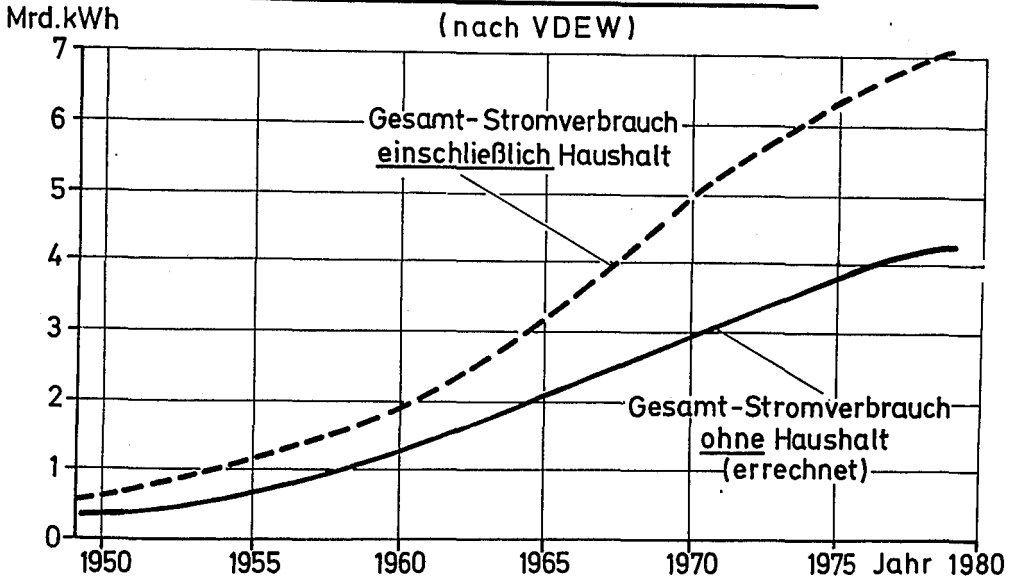


Abb. 8

rechnet wird. Insbesondere wird diese Zunahme offenbar durch verstärkte Elektrifizierung der Haushalte verursacht. Aber auch der Stromverbrauch zur Mechanisierung der Innenwirtschaft nimmt mäßig weiter zu, da hier gegenüber der Außenwirtschaft noch ein beträchtlicher weiterer Mechanisierungsbedarf besteht. Denn alle modernen Verfahren der Veredelungsproduktion liegen in ihrem Strombedarf weit höher als der Durchschnitt unserer Tierhaltungsbetriebe.

Auch beim Einsatz der Elektrizität zur Agrarproduktion eröffnen sich einige Möglichkeiten zur Einsparung (Abb. 9). Besonders wichtig sind alle diesbezüglichen Maßnahmen bei der Milchviehhaltung, denn sie beansprucht etwa 50% des Gesamtstromeinsatzes für die landwirtschaftliche Produktion. Allerdings liegen enorme Spannweiten des Stromverbrauches in der Praxis vor, beispielsweise bei der Anbindestallhaltung von 250 bis herauf zu 585 kWh/Kuh und Jahr. Nimmt man einen durchschnittlichen Verbrauch von 380 kWh/Kuh und Jahr an, so entfällt auf

den Bereich der Milchgewinnung, -kühlung und Heißwasserbereitung der Hauptanteil mit 280 kWh, es folgt der Stromaufwand für den Bereich Lüftung und Beleuchtung, während Fütterung und Entmistung nur eine untergeordnete Rolle spielen. Bei dieser Anbindestallhaltung besteht praktisch nur eine Möglichkeit, Energie einzusparen. Wenn die Milchkühlanlage als Wärmepumpe zur Heißwasserbereitung arbeitet, kann der Stromverbrauch um etwa 130 kWh/Kuh und Jahr gesenkt werden, also um 34%. Dieses Stromersparnis macht bei 20 Pf/kWh je Jahr 26 DM pro Kuh aus, womit allerdings auch die Mehraufwendungen für die Wärmepumpenanlage abgedeckt werden müssen. Bei der Laufstallhaltung ergibt sich die gleiche Möglichkeit der Stromersparnis mit allerdings etwas reduzierten Werten. Hier kann jedoch eine weitere Energiesparmöglichkeit genutzt werden, indem auf die Zwangslüftung mit Gebläseantrieb verzichtet und zur sogenannten Traufen-First-Lüftung übergegangen wird, so daß zusätzlich etwa 20% Einspa-

Möglichkeiten zur Einsparung von Elektrizität

Verbrauch Landw. d. BRD 38 Mrd. kWh, -325 kWh/ha LF u. Jahr

I Rindviehhaltung Gesamtverbrauch 2,56 Mrd. kWh = 68%**1. Milchviehhaltung** (1,76 Mrd. kWh = 46%)**a) Anbindestall** von 250 bis 585 kWh/Kuh u. Jahr

Milchgewinnung, -kühlung und Heißwasser	Futter-einlagerung und -vorlage	Entmistung u. Dungförd.	Lüftung u. Beleuchtung
280	7	5	88=380 kWh/Kuh u. Jahr

Milchwärme zur Heißwasserbereitung -130 kWh = -34%

b) Laufstall von 240 bis 550 kWh/Kuh u. Jahr

Milchgewinnung, -kühlung und Heißwasser	Futter-einlagerung und -vorlage	Entmistung u. Dungförd.	Lüftung u. Beleuchtung
238	43	5	84=370 kWh/Kuh u. Jahr

Milchwärme zur Heißwasserbereitung -90 kWh = -24%

Traufen - Firstlüftung -70 kWh = -19%

2. Bullenmast von 42 bis 200 kWh/Mastplatz u. Jahr

Fullereinlage-rung u. -vorlage	Entmistung u. Dungförd.	Lüftung u. Beleuchtung	Käber u. Heißwasser
18	7	65	36=126 kWh/Mastplatz u. Jahr

Traufen - Firstlüftung -61 kWh = -48%

(Kalttränke Käber -30 kWh = -24%)

II Schweinehaltung

Gesamtverbrauch 1 Mrd kWh = 26%

1. Schweinemast

von 25 bis 65 kWh/Mastplatz und Jahr

Futterbe- reitung u. Fütterung	Entmistung u. Dung- förderung	Lüftung u. Beleuch- tung	Vor- mast
8	1	32	4 = 45 kWh / Platz u. Jahr

(Traufen - Firstlüftung -29 kWh = -65%)

2. Zuchtsauenhaltung

von 290 bis 630 kWh/Zuchtsau u. Jahr

Futterbe- reitung u. Fütterung	Lüftung u. Beleuch- tung	Infrarot Heizung Ferkelnest	Heiß- wasser
9	105	380	11 = 505 kWh / Zuchtsau u. Jahr

elektr. Bodenheizung -140 kWh = -28%

Frühabsetzen d. Ferkel -70 kWh = -14%

(aber mehr Ölheizung für Ferkelstall)

Grund weisen moderne Bullenmastställe diese Form der Schwerkraftlüftung auf. Das Verfahren der Kalttränke für Kälber könnte weitere Einsparungen bringen, jedoch ist diese Methode der Kälberaufzucht unter süddeutschen Verhältnissen in der Regel abzulehnen. Bei der Schweinehaltung, die mit 1 Mrd. kWh etwa $\frac{1}{4}$ des Stromeinsatzes beansprucht, sind Verbrauchsreduzierungen wesentlich schwieriger zu erreichen. Die Schweinemast läßt in der Regel keine Möglichkeit zu, wenn man von Sonderlösungen mit Traufen-First-Lüftung absieht. Die Zuchtsauenhaltung wird in den meisten unserer Betriebe durch die Ferkelnestbeheizung mit Infrarotlampen im Stromverbrauch stark belastet, so daß bei modernen Produktionsverfahren mit einem Stromverbrauch von etwa 500 kWh je Zuchtsau und Jahr gerechnet werden muß. Der Übergang zur elektrischen Bodenheizung würde 28% einsparen, das Frühabsetzen der Ferkel nochmals 14%. Diese Alternativverfahren haben jedoch einige Nachteile bzw. verursachen einen Energiemehrbedarf in anderen Produktionsphasen.

Alle diese aufgezeigten Einsparmöglichkeiten an Elektroenergie dürfen jedoch letztlich nicht überbewertet werden. Denn die Stromeinsparungen fallen kostenmäßig in der Regel nur recht bescheiden aus, in den meisten Fällen müssen sie sogar durch verstärkte anderweitige Investitionen erkaufte werden. Bei den jetzigen Strompreisen und ihrem weiteren mäßigen Anstieg ist es nur in einigen wenigen Bereichen betriebswirtschaftlich sinnvoll, den Elektrizitätsverbrauch zu vermindern. In keinem Fall darf ein übertriebener Wunsch des Energieeinsparens zur Verschlechterung der Produktionsbedingungen führen, weil Nachteile auf der Ertragsseite kostenmäßig in der Regel nicht ausgeglichen werden können.

Wiederum andere Bedingungen liegen bei dem Energieträger Heizöl vor (Abb. 10). Der Heizölverbrauch für die Landwirtschaft nahm von etwa 1960 fast gleichförmig mit erheblichen jährlichen Steigerungsraten zu, wobei dieser Energieträger

an Strom möglich wird. Diese Lösung wirkt sich bei der Bullenmast wesentlich deutlicher aus, da hier der Hauptstromverbrauch durch die Zwangslüftung verursacht wird. Aus diesem

Verbrauchsmengen an Heizöl und Kohle in der Landwirtschaft der BRD

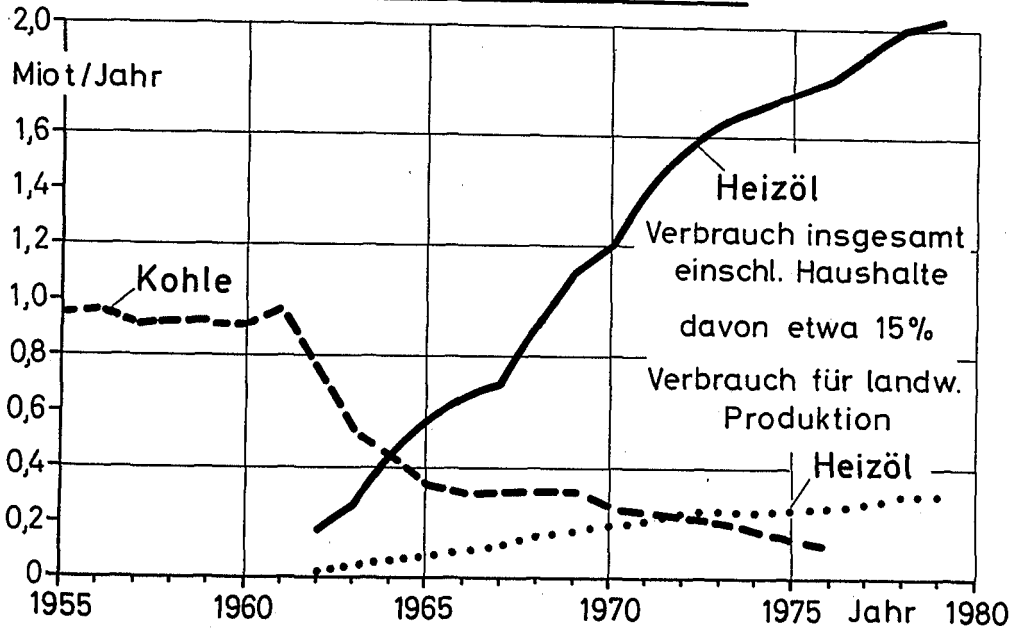


Abb. 10

Werner/Bo 802 256

im Zeitabschnitt von 1960 bis 1970 die Kohle verdrängte. Vom Gesamtverbrauch an Heizöl entfallen nur etwa 15% auf die reine landwirtschaftliche Produktion, der Hauptanteil auf Heizung und Warmwasserbereitung für die Wohnhäuser. Infolge der in letzter Zeit stark gestiegenen Preise für Heizöl wird sicherlich in Zukunft mit konstanten oder sogar abnehmenden jährlichen Verbrauchsmengen zu rechnen sein.

Obwohl der Heizölverbrauch für die Agrarproduktion insgesamt nicht stark ins Gewicht fällt, sind Einsparmaßnahmen auf diesem Sektor besonders wichtig, weil alle Betriebe mit Trocknungsanlagen auf Heizölbasis durch die letzten Energiepreissteigerungen enormen Kostenbelastungen unterliegen (Abb. 11). Wird z. B. wie in vielen Grünlandbetrieben die Heubelüftung mit 8° C Anwärmung der Trocknungsluft betrieben, dann ergibt sich bei einem Gesamtertrag von 100 dt TM/ha bei einer Erntefeuchte von 40% ein Heizölbe-

darf von 610 l/ha; bei 60 Pf/l Öl tritt eine Kostenbelastung von 366 DM/ha auf! Eine Reduzierung des Heizölverbrauches läßt sich nur durch stärkere Vortrocknung auf dem Feld erreichen. Bei 35% Erntefeuchte wird der Heizölbedarf um 27% vermindert, bei 30% Wassergehalt bei der Ernte um rund 50%. Insbesondere kann der Einsatz moderner Mähauflbereiter dazu beitragen, eine schnellere Trocknung auf dem Feld auf geringere Erntefeuchten zu erreichen. Auch die gleichmäßige, lockere Beschickung der Belüftungsanlage trägt in geringem Umfang zur Energieersparnis bei. Generell verbleibt jedoch auch die Möglichkeit, auf das Konservierungsverfahren der Anwelksilagebereitung zurück zugreifen, wofür kein zusätzlicher Energiebedarf nötig ist. Bei der Satz-trocknung mit 45 K Anwärmung der Trocknungsluft treten noch größere Unterschiede im Heizölverbrauch in Abhängigkeit der Erntefeuchte auf. Bei 60% Wassergehalt des Erntegutes werden insgesamt 1860 l Heizöl

Möglichkeiten zur Einsparung an Heizöl

I Halmguttrocknung, Ertrag 100 dt TM/ha

1. Heubelüftung, Δt 8 K

Ernte- feuchte%	Lager- feuchte%	Heizöl je dt Heu	Heizöl je ha
40	18	5	610 = 100%
35	18	3,65	445 = 73% = -27%
30	18	2,4	292 = 48% = -52%

gleichmäßige lockere Beschickung = 95% = -5%

2. Satzrocknung, Δt 45 K

Ernte- feuchte%	Lager- feuchte%	Heizöl je dt Heu	Heizöl je ha
60	14	16	1.860 = 100%
50	14	10	1.168 = 63% = -37%
40	14	6	703 = 38% = -62%

Beschickung mit Dosierer = 90% = -10%

3. Heißlufttrocknung, Δt 800 K

Ernte- feuchte%	Lager- feuchte%	Heizöl je dt Heu	Heizöl je ha
82	14	35,1	4.087 = 100%
70	14	18,6	2.170 = 53% = -47%

Brüdenrückführung = 88% = -12%
Rekondensation d. Abluftfeuchte = 65% = -35%
(Kunz)

II Körnermaistrocknung, Ertrag 65 dt/ha

Ernte- feuchte%	Lager- feuchte%	Heizöl je dt Mais	Heizöl je ha
45	14	7,8	507 = 100%
40	14	6	390 = 77% = -23%
35	14	4,6	300 = 60% = -40%

bessere Endfeuchteregeung = 97% = -3%
Umluftbetrieb beim Durchlaufrockner = 90% = -10%

III Getreidetrocknung, Ertrag 50 dt/ha

Ernte- feuchte%	Lager- feuchte%	Heizöl je dt Getr.	Heizöl je ha
25	14	2,6	130 = 100%
20	14	1,4	70 = 54% = -46%
20	16 mit Belüftungskühlung		= 70% = -30%

Umluftbetrieb beim Durchlaufrockner = 85-90% = -10 bis 15%

IV Stallheizung für Ferkelaufzucht, Vormast, Kälbermast Geflügelmast u. Legehennenaufzucht

bessere Wärmedämmung des Stalles -20 bis 30%

V Wohnhausheizung

Wärmedämmung, Fenster, Wirkungsgrad Heizanlage
Raumtemperatur, Lüftung u.a.m. - 5 bis 40%

VI Gewächshausheizung

Hüllfläche: Isolierglas, Schattierung, Folie -15 bis 40%
Heizsystem: niedere Rohrheizung u. Luftheizung -15%
Regelung: 1°C Temperaturerniedrigung (15-20°C) -10%
Wenner/Tiz 2 77

Abb. 11

pro ha benötigt, so daß eine Kostenbelastung von über 1000 DM je ha auftritt! Nur erhebliche Verminderungen der Ernte-feuchte auf 50 bis 40% vermögen den Energieeinsatz und auch die Kostenbela-

stung beträchtlich zu reduzieren. Auch hier bringt die gleichmäßige Beschickung des Satzrockners mit einem Dosierer Einsparungen von etwa 10%. Die Grünfuterheißlufttrocknung ist inzwischen in sehr große Bedrängnis geraten, da bei der Frischguttrocknung rund 35 l Heizöl je dt Trockengut verbraucht werden; selbst bei verstärktem Einsatz von billigerem Schweröl oder Erdgas ergibt sich eine enorme Verteuerung des Trockengutes. Schon eine geringe Vorwelkung des Futters auf dem Feld auf 70% Ernte-feuchte würde eine Halbierung des Heizölaufwandes mit sich bringen; allerdings gehen dabei in bestimmtem Umfang hochverdauliche Nährstoffe verloren. An rein technischen Verbesserungen bringt die Brüdenrückführung eine Verminderung des Energieaufwandes um 12%, die Rekondensation der Abluftfeuchte sogar um 35%. Beide Zusatzeinrichtungen erfordern jedoch beträchtliche Investitionen, die nur bei weiter steigenden Energiepreisen zu rechtfertigen sind.

Auch in Betrieben mit Körnermaistrocknung verdient der Heizölverbrauch zunehmende Beachtung. Bei hoher Ernte-feuchte von 45% liegt der Heizölverbrauch bei etwa 500 l/ha, die Kostenbelastung beträgt etwa 300 DM/ha. Auch hier wirken sich geringere Ernte-feuchten auf den Heizölverbrauch und die Kostenverminderung sehr positiv aus. Gewisse technische Verbesserungen der Trockner eröffnen zusätzliche geringe Einsparmöglichkeiten. Die Getreidetrocknung ist infolge wesentlich niedrigerer Ernte-feuchtigkeiten weniger belastet durch den Heizölverbrauch. Eine hohe Schlagkraft in der Getreideernte mit großen Mähdreschern hilft auch hier, die Ernte-feuchte zu reduzieren. Die Heruntertrocknung auf nur 16% Lagerfeuchte bringt weitere Energieersparnisse.

Im Bereich der Stallheizung für Jungtiere kommt es entscheidend auf die Wärmedämmung des Stalles an, wobei Heizölein-sparungen bei sehr guter Wärmedämmung um 20 bis 30% möglich erscheinen. Insbesondere sollte man gerade in der

Landwirtschaft aber auch allen Maßnahmen zur Reduzierung des Heizölbedarfes für die Wohnhausheizung mehr Beachtung schenken, zumal auf diesen Bereich der bei weitem größte Anteil des Gesamtverbrauches der Landwirtschaft an Heizöl entfällt. Hier sind die allgemein bekannten Maßnahmen sehr wirkungsvoll, die zu Heizöleinsparungen von 5 bis sogar 40% führen. Besonders wichtig erscheinen ferner alle Möglichkeiten, den Energiebedarf für die Gewächshausheizungen in Gartenbaubetrieben zu vermindern. Ob die erzielbaren Einsparungsraten in diesem sehr energieintensiven Betriebszweig jedoch ausreichen, um weitere Energiepreissteigerungen abzufangen, bleibt fraglich. Ein Umsteigen auf billigere Energieträger oder kostengünstige Abwärme anderer Betriebe kann u. U. aussichtsreicher sein.

Alle skizzierten Möglichkeiten zur Heizöleinsparung besitzen im Grunde Bedeutung einmal wegen der Energieverbrauchsreduzierung, insbesondere aber wegen der möglichen Kostenverminderung. Um so erfreulicher muß die Tatsache gewertet werden, daß gerade in der Landwirtschaft alternative Energiequellen bestehen, die in größerem Umfang Heizöl ersetzen können. Neben allen Bemühungen, den Energieverbrauch für die Agrarproduktion in Grenzen zu halten, verdient daher die Erschließung alternativer Energiequellen besonderes Interesse. Denn in der Landwirtschaft bieten sich hierzu größere und vielfältigere Möglichkeiten als in anderen Wirtschaftsbereichen. Aus einer Fülle von heute stark diskutierten Ansätzen zur Nutzung alternativer Energiequellen können in komprimierter Form jedoch nur die wichtigsten Lösungen und ihr heutiger Entwicklungsstand aufgezeigt werden.

Zweifellos wird man der Verwertung brennbarer Abfallstoffe, insbesondere von Stroh und Holz, in Zukunft von allen alternativen Möglichkeiten die größte Bedeutung beimessen müssen, und zwar aus folgenden Gründen: Der Energieinhalt dieser Stoffe wird im Lager gespeichert, so

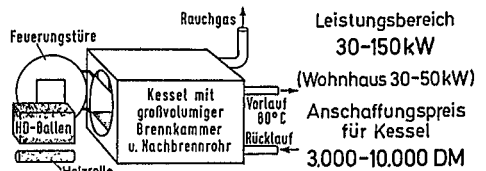
daß Heizenergie dann bereitgestellt werden kann, wenn sie gebraucht wird. Auch lassen sich Heizleistungen bis zu höchsten Ansprüchen befriedigen. Demgegenüber sind alle anderen alternativen Energiequellen dadurch gekennzeichnet, daß nur täglich kleine Energiemengen anfallen, die für die meisten Verbraucher nicht ausreichen, und daß eine Energiespeicherung mit zusätzlich sehr hohen Kosten verbunden ist. Insbesondere auch die Tatsache, daß Stroh in erheblichem Umfang inzwischen in der westdeutschen Landwirtschaft untergepflügt wird, also ebensogut auch zur Verbrennung zur Verfügung stehen würde, unterstreicht die zunehmende Bedeutung dieses ständig nachwachsenden Energieträgers; entspricht doch 1 ha Stroh dem Heizwert von etwa 1600 l Heizöl.

Bei den Feuerungsanlagen für Stroh und Holz unterscheiden wir zwischen absätziger Brennstoffnachführung und Kesseln mit kontinuierlicher Brennstoffnachführung (Abb. 12). Einfache Kessel mit großvolumiger Brennkammer schlucken

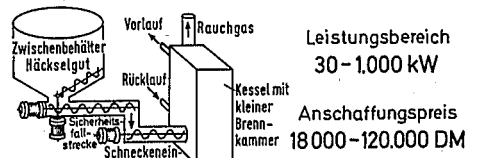
Feuerungsanlagen für Stroh und Holz

Heizwert: 15.000KJ/kg Stroh, 16.000KJ/kg Holz, 42.000KJ/kg Heizöl
Aschegehalt: Stroh 5%, Holz 0,5%

Kessel mit absätziger Brennstoffnachführung



Kessel mit kontinuierlicher Brennstoffnachführung



Lagerungsbedarf: Stroh Holz Heizöl
(Hochdr.Ballen) (Meterrollen)

Lagerungsdichte kg/m ³	100	350	860
Wohnhausheizung 6 Pers.	170 m ³	45 m ³	7 m ³
Körnermaistrocknung 10 ha	85 m ³	22,5 m ³	3,5 m ³

Wenner/Trz 802 264

Abb. 12

größere Stroh-Hochdruckballen sowie Holzrollen; zur Verminderung der Emissionsbelastung müssen alle Anlagen ein Nachbrennrohr aufweisen. Diese einfachen Kessel werden von Hand beschickt, ihr Leistungsbereich liegt zwischen 30 bis über 100 kW, der Anschaffungspreis zwischen 3000 und 10 000 DM. Kessel mit kontinuierlicher Brennstoffnachführung sind wesentlich aufwendiger; der Brennstoff muß für die kontinuierliche Einspeisung zerkleinert sein. Der Leistungsbe- reich reicht bis zur Befriedigung hoher Ansprüche größerer Brennereien. Bei der Verbrennung von Stroh halten die meisten Anlagen die vorgeschriebenen höchstzulässigen Emissionswerte noch nicht ein, so daß intensive Weiterentwicklungen erforderlich sind. Auch muß der größere Lagerraumbedarf beachtet werden, der beispielsweise bei Hochdruckballen für die Beheizung eines größeren Wohnhauses in der Größenordnung von 170 cbm liegt; für die Körnermaistrocknung von 10

ha werden etwa 85 cbm Lagerraum benötigt.

Da der Heizwert von Stroh verschiedener Getreidearten nicht wesentlich schwankt, wie eingehende Untersuchungen zeigten, und da Stroh zur Lagerung einen etwa gleichbleibenden Wassergehalt von 16 bis 18% aufweisen muß, ergibt sich ein linearer Zusammenhang zwischen Strohmenge und Bereitstellung an Nutzenergie (Abb. 13). Beim Holz kann jedoch der Wassergehalt beträchtlich variieren, so daß der Heizwert von Holz Schwankungen unterliegt. Für die Erzeugung von 200 GJ Heizenergie, was einer Heizölmenge von 7500 l entspricht, sind 180 dt Stroh erforderlich, also der Ertrag von 4,5 ha. Für die gleiche Heizleistung werden bei Verwendung von Holz rund 45 Raummeter benötigt.

Drei Beispiele sollen die Bedeutung dieser alternativen Energiequelle unterstreichen. In einem 20-ha-Ackerbaubetrieb mit Schweinemast werden zur Deckung des

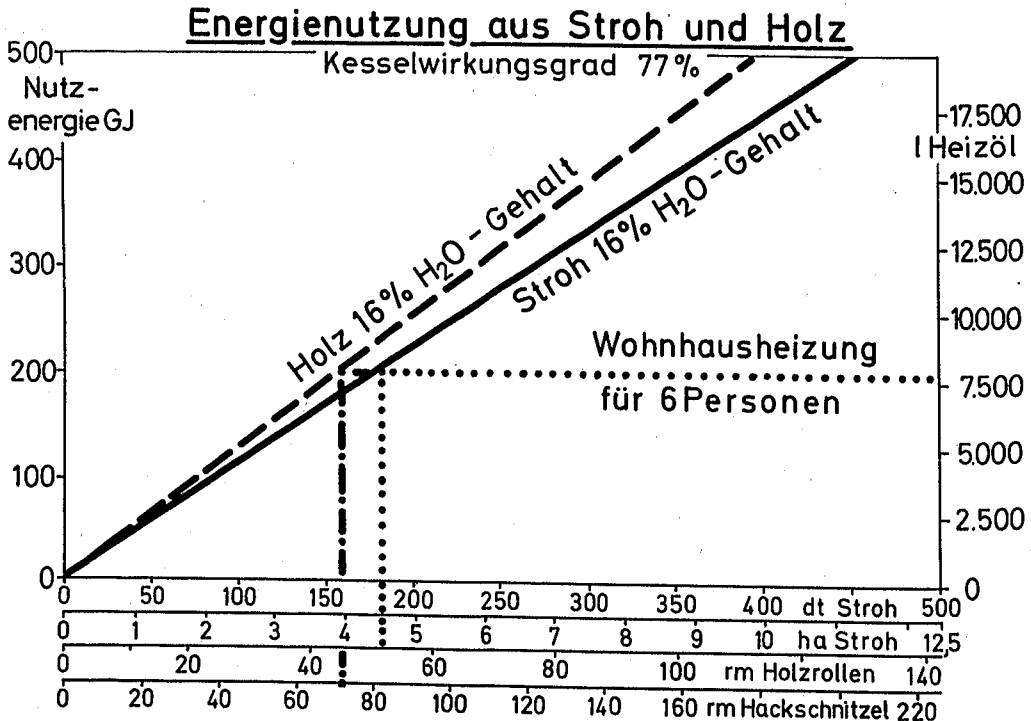


Abb. 13

**Nutzung von Stroh
als Brennstoff im Ackerbaubetrieb**

20 ha LF; 12 ha Getreide, 5 ha Körnermais,
3 ha Zuckerrüben

Schweinemast mit 250 Mastplätzen

Zur Verbrennung

benötigtes Stroh: 7 ha à 40 dt = 280 dt Stroh

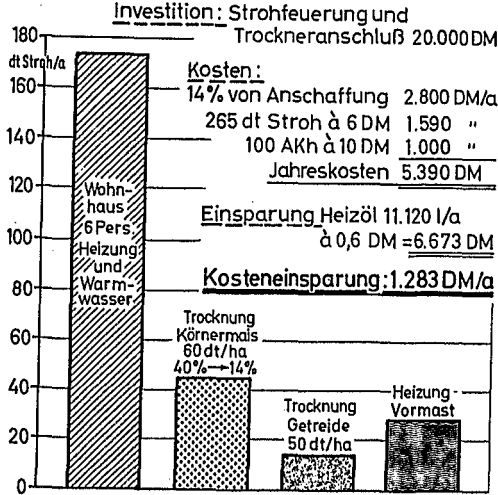


Abb. 14

Wenner/Pö 80 2260

**Nutzung von Stroh
als Brennstoff im Ackerbaubetrieb**

140 ha LF; 70 ha Getreide; 10 ha Körnermais;

30 ha Silomais; 30 ha Kartoffeln

Bullenmast – Brennerei (1.000 hl/a)

Zur Verbrennung

benötigtes Stroh: 50 ha à 40 dt = 2.000 dt Stroh

Investition: Strohfeuerung mit kontinuierlicher Beschickung 120.000 DM

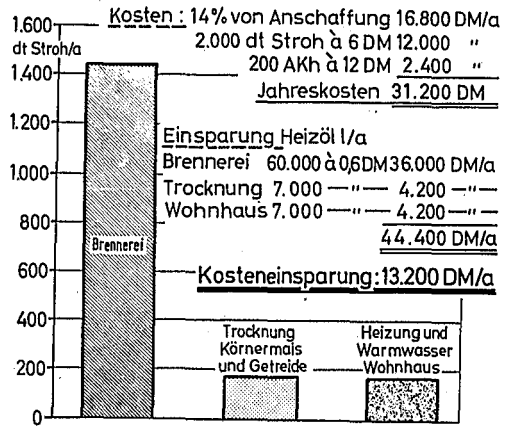


Abb. 15

Wenner/Pö 80 2257

gesamten Heizenergiebedarfes etwa 7 ha an Stroh benötigt, also gut die Hälfte der 12 ha Getreideanbaufläche (Abb. 14). Mit dieser Brennstoffmenge kann das Wohnhaus beheizt werden einschließlich Warmwasserbereitung, ferner können damit die Trocknung von 5 ha Körnermais, die Getreidetrocknung und auch die Heizung des Vormaststalles erfolgen. Für die Strohfeuerung mit Trockneranschluß sind insgesamt Investitionen von 20 000 DM erforderlich. Eine vereinfachte Kostenrechnung, bei der 1 dt Stroh mit 6 DM und jede AKh mit 10 DM bewertet wurden, erbringt bei einem derzeitigen Heizölpreis von 60 Pf/l eine Kosteneinsparung von etwa 1300 DM/Jahr. In einem größeren Ackerbaubetrieb mit Bullenmast und Brennerei, die jährlich 60 000 l Heizöl verbraucht, können ebenso beträchtliche Kosteneinsparungen erzielt werden (Abb. 15). Allerdings erfordert die sehr leistungsfähige Heizanlage mit kontinuierlicher Brennstoffbeschickung eine Investition von 120 000 DM. Die in diesem Falle

beträchtlichen Strohmengen von 50 ha gleich 2000 dt sollten zweckmäßig mit einer Großballenpresse geerntet werden. Die Kostenübersicht weist auch in diesem Fall erhebliche Einsparungen auf. Ein drittes Beispiel soll die Nutzung von Abfallholz in einem Milchviehbetrieb mit entsprechender Belüftungstrocknung aufzeigen (Abb. 16). Hier werden 45 Raummeter Abfallholz zur Wohnhausbeheizung, zur Belüftungstrocknung von 50 t Heu und für die Stallheizung benötigt. In diesem Falle ergibt sich eine Kosteneinsparung von etwa 4000 DM/Jahr, obwohl der Raummeter Holz mit 30 DM bewertet wurde. Als Fazit dieser Beispiele kann festgestellt werden, daß schon heute bei einem Heizölpreis von 60 Pf/l die Nutzung von Abfallstroh und -holz durchaus sinnvoll sein kann, insbesondere dann, wenn hohe Wärmeansprüche zu befriedigen sind und wenn mit einer Kesselanlage sämtliche Verbrauchsstellen bedient werden können. Eine weitere Möglichkeit, alternative En-

**Nutzung von Holz
als Brennstoff im Milchviehbetrieb**

20ha LF u.10 ha Wald;15 ha Grünland;5ha Silomais
30 Milchkühe mit Nachzucht

Zur Verbrennung benötigtes Holz: 170 dt Schwachholz
u. C-Holz insges. 45 rm

Investition: Holzfeuerung und
Trockneranschluß 10.000 DM

Kosten: 14% von Anschaffung 1.400 DM/a
45 rm Holz à 30 DM 1.350 ---
100 AKH à 10 DM 1.000 ---
Jahreskosten : 3.750 DM

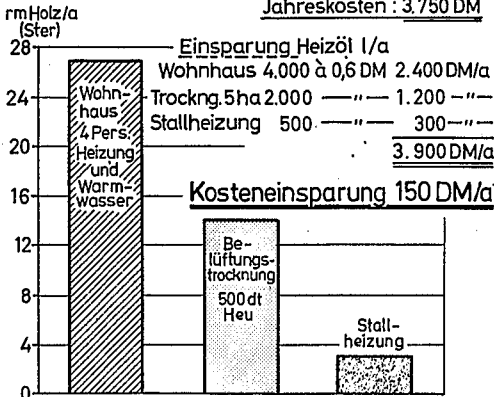


Abb. 16

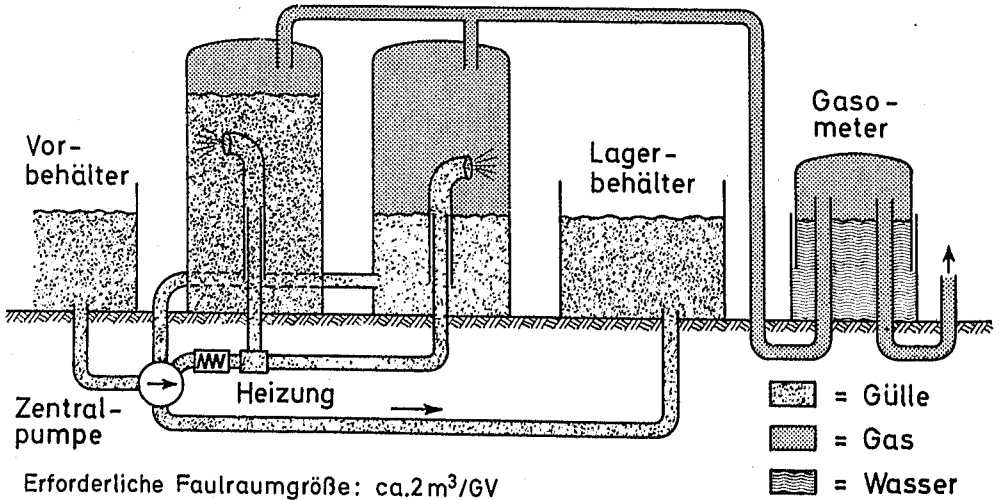
Wenner/Pö 80 2 255

ergiequellen zu nutzen, besteht in Veredelungsbetrieben darin, eine Biogas-Anlage zu errichten. Biogas mit 60 bis 70% Methangehalt und 30 bis 40% CO₂-Gehalt besitzt einen mittleren Heizwert von 23 MJ/m³. Es entsteht durch Faulung unter anaeroben Bedingungen, wobei in der Regel mit etwa 35° C – also mesophil – gearbeitet wird. Die früheren Anlagen der Kriegs- und ersten Nachkriegszeit benutzten das Wechselbehälter-System (Abb. 17). Mit einer Zentralpumpe wird bei ihnen die Frischgülle vom Vorbehälter in den geschlossenen Faulraum gepumpt, in dem die Gülle 30 bis 60 Tage verweilt. Zwischenzeitlich muß durch Umpumpen und dabei Aufheizen der Gülle für entsprechende Temperaturführung und Beseitigung von Schwimm- bzw. Sinkschichten gesorgt werden. Das produzierte Biogas wird in einen gesonderten Gasometer geleitet, der eine Energiespeicherung für 2 bis 3 Tage erlaubt. Nach entsprechender Ausfäulung der Biomasse wird der Faulraum mit Hilfe der Zentralpumpe entleert

BIOGAS - ANLAGEN

Biogas: 60 - 70% Methan CH₄ + 30 - 40% CO₂ ;
Heizwert H_u = 21-25 MJ/m³; mesophile Faulung bei etwa 35° C

Wechselbehälter - System



Erforderliche Faulraumgröße: ca. 2 m³/GV
Verweilzeit: 30 - 60 Tage ;

Zwang zu separatem Gasometer

Wenner/Schü/Trz 802245

Abb. 17

und der endgültige Lagerbehälter befüllt. Das Kennzeichen dieser älteren Anlagen ist die absatzige Funktionsweise und ein relativ großer Faulraum von etwa 2 m³/GV. Demgegenüber arbeiten moderne Biogasanlagen nach dem Durchflußprinzip (Abb. 18). Die Gülle passiert also kontinuierlich den Faulraum und verweilt hier lediglich 20 bis 30 Tage. Dadurch kommt man mit nur 1 m³ Faulraum je GV aus, wodurch sich eine beträchtliche Verminderung des Kapitalbedarfes ergibt. Moderne Biogasanlagen mit Durchflußsystem unterscheiden sich im wesentlichen durch die Gasspeicherung; entweder ist ein gesonderter Gasometer vorgesehen, oder aber bei Kompaktanlagen wird der Gasometer über dem Faulraum aufgesetzt. Rührwerk, Heizung und Behälterform können sehr unterschiedlich ausgeführt sein. Insbesondere ist auch die Art und Weise der Regelung und der automatischen Steuerung der Anlage von Bedeutung. Der Energiegewinn bei Biogasanlagen hängt von einigen wesentlichen Einflußfaktoren ab (Abb. 19). Im Sommer werden

BIOGAS - ANLAGEN

Biogas: 60 - 70% Methan CH₄ + 30 - 40% CO₂;
 Heizwert H_u = 21 - 25 MJ/m³
 mesophile Faulung bei etwa 35° C

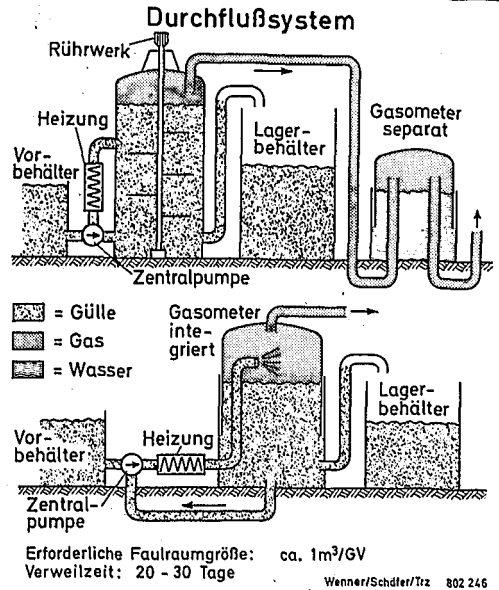


Abb. 18

Netto - Biogaserzeugung

In Abhängigkeit von Tierbestand und Jahreszeit

(mesophile Anlage, 25 d Verweilzeit; Sommer: 20% Prozeßenergie, Winter: 40% Prozeßenergie, kleinere Anlagen mit schlechterem Wirkungsgrad)

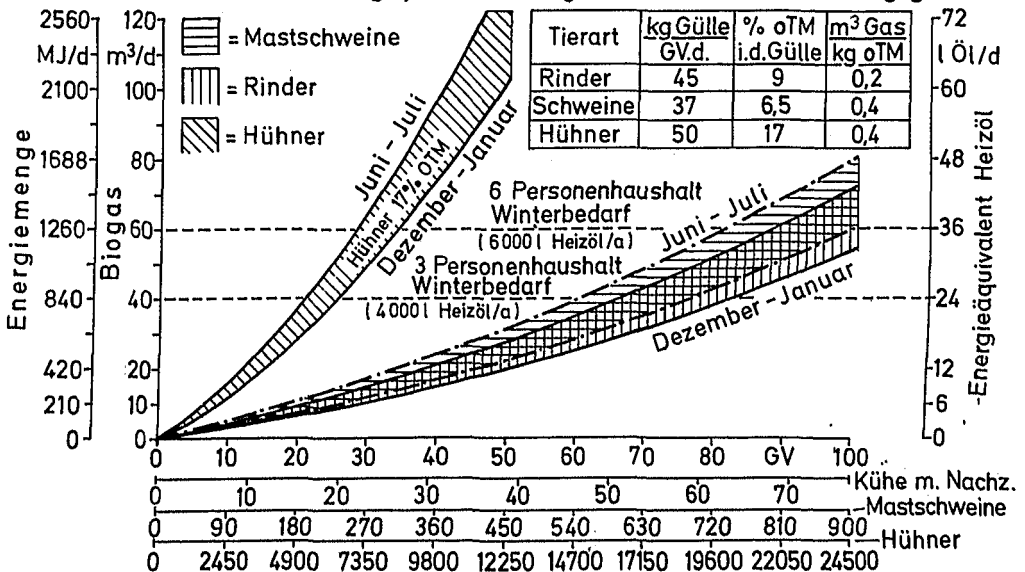


Abb. 19

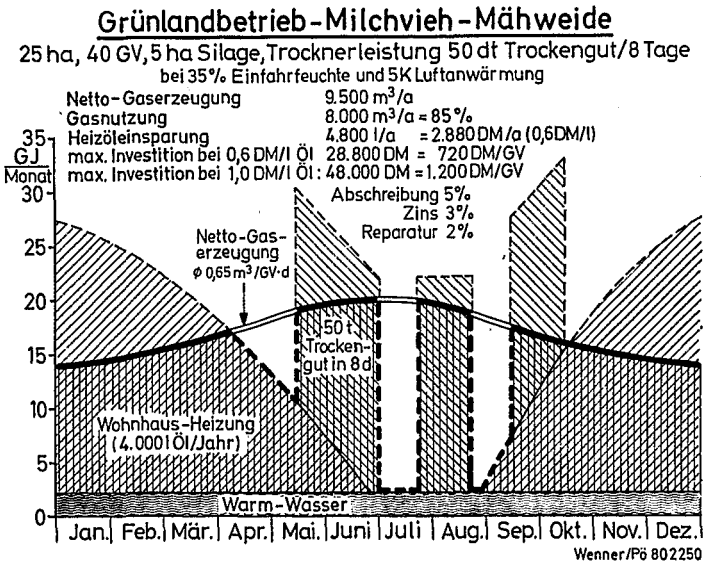


Abb. 20

etwa 20% der Prozeßenergie für die Aufheizung benötigt, im Winter 40%. Kleinere Anlagen besitzen einen schlechteren Wirkungsgrad als große Anlagen. Insbesondere ist die Tierart mit jeweiliger täglicher Güllemenge und Prozent an organischer Trockenmasse ausschlaggebend. Soll beispielsweise 40 m³ Biogas je Tag produziert werden, was einer Energiemenge von 840 MJ entspricht, dann sind hierzu etwa 20 bis 25 GV an Hühnern (etwa 6000 Hühner) erforderlich, etwa 60 bis 75 GV an Mastschweinen (540 bis 700 Tiere) oder 65 bis 85 GV an Kühen mit Nachzucht. Bei gleicher GV-Zahl wird im Sommer wesentlich mehr Energie gewonnen gegenüber den Wintermonaten.

Da für moderne Biogasanlagen je nach Größe und Ausführung ein Investitionsaufwand von 1000 bis 2000 DM/GV zu veranschlagen ist, kommt es entscheidend auf die wirtschaftliche Nutzung dieses Energieträgers an. Daher soll in einem ersten Beispiel ein 25 ha Grünlandbetrieb mit Milchviehhaltung und Belüftungstrocknung kalkuliert werden (Abb. 20). Bei 40 GV fällt im Sommer ein Energieertrag von 20 GJ/Monat an, im Winter nur 15 GJ. Mit dieser Energie kann ganzjährig die Warmwasserbereitung betrieben werden, für die Wohnhausheizung, insbesondere in

den kälteren Monaten, reicht jedoch die Biogasanlage als Energielieferant nicht aus; hier muß zusätzlich bivalent mit anderen Energieträgern zugeheizt werden, ebenso bei der Belüftungstrocknung von allen drei Schnitten. In gewissen Jahreszeiten kann in diesem Betrieb jedoch das Gas nur in geringerem Umfang genutzt werden, so daß der Jahresgaserzeugung von 9500 m³ eine Nutzung von nur 8000 m³ gegenübersteht. Mit 85% erreicht diese Anlage jedoch bereits einen hohen Nutzungsgrad. Eine vereinfachte Kostenrechnung ergibt aber, daß bei einem Heizölpreis von 60 Pf/l maximale Investitionen von 28 800 DM möglich wären, also 720 DM/GV. Bei einem Heizölpreis von 1 DM/l wären es 1200 DM/GV. Diese Anlage muß also trotz sehr hoher Nutzung äußerst kapitalspar-sam gebaut werden, um in den wirtschaftlichen Bereich zu gelangen. Ein weiteres Beispiel eines 40-ha-Schweinemastbetriebes mit Getreidetrocknung zeigt diese Problematik noch deutlicher (Abb. 21). Hier liefern die 630 Mastschweine bei kontinuierlicher Belegung eine Nettogasmenge von 18 000 m³/Jahr, wovon nur 11 000 m³ wirtschaftlich zu nutzen sind. Die Gasausbeute reicht lediglich zur Wohnhausheizung, jedoch keineswegs zur Getreidetrocknung und zur Stallheizung

Schweinemast – Betrieb mit Getreidetrocknung

(40 ha, 70 GV – 630 Mastplätze; 30 ha Getreide; 10 ha Körnermais)

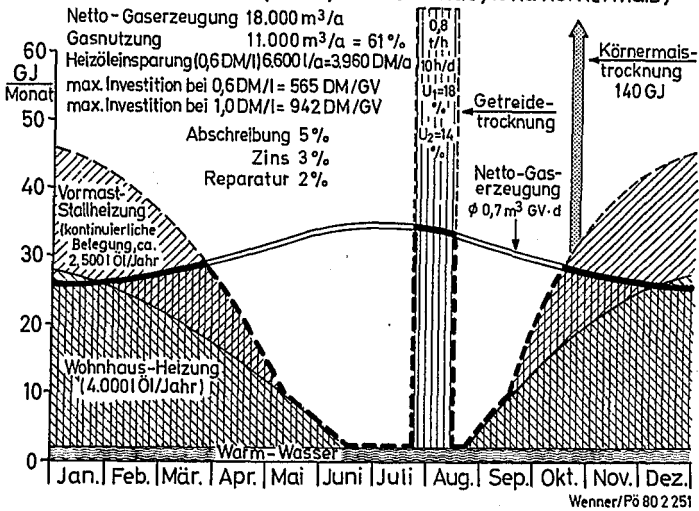


Abb. 21

Wenner/Pö 80 2 251

für die Vormast, geschweige denn zur Körnermaistrocknung. Trotzdem ergeben sich bedeutende Anteile des Jahresablaufes, an denen das erzeugte Gas abgeackelt werden muß. So kommt nur eine Gasnutzung von 61% zustande. Dies ist die Ursache dafür, daß die maximalen Investitionen für diesen Stall bei 0,6 DM/l Heizöl nur 565 DM/GV bzw. bei 1 DM/l Heizöl nur 942 DM/GV betragen dürften. Beim augenblicklichen Stand der Entwicklung erscheint dies jedoch kaum erreichbar.

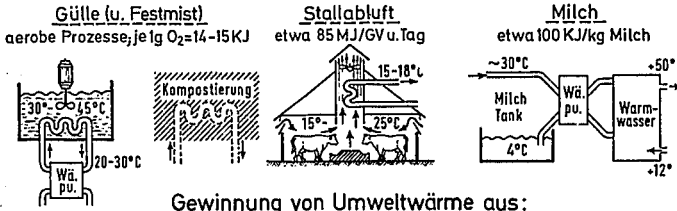
Die zukünftige Bedeutung von Biogasanlagen wird also wesentlich eingeschränkt durch die Tatsache, daß unsere Veredelungsbetriebe in vielen Fällen diese gleichmäßig Tag für Tag anfallende Energie nur unzureichend nutzen können, um entsprechend hohe Einsparungen bei Heizöl zu erreichen. Erst dann, wenn es gelingen würde, auf kostengünstige Art die Biogasenergie für einen längeren Zeitraum zu speichern, würde dieser alternativen Energiequelle größere und allgemeine Bedeutung zukommen. Auch eine gleichmäßige Nutzung von Biogas zur Stromerzeugung bringt infolge hoher Investitionen für Verbrennungsmotor und Generator kaum nennenswerte Verbesserungen.

Eine weitere wichtige Möglichkeit, alternative Energiequellen in der Landwirt-

schaft zu erschließen, besteht darin, verfügbare Wärmepotentiale zu nutzen, und zwar in der Regel mit Hilfe der Wärmepumpe (Abb. 22). Insbesondere steht biogene Wärme in Verbindung mit der Tierhaltung zur Verfügung. Beispielsweise erwärmt sich Gülle bei aerober Lagerung und Belüftung, die aus Gründen der Geruchsverminderung in manchen Betrieben notwendig ist, infolge Sauerstoffeintrags auf 30 bis 45° C, so daß nach einem Wärmetauscher Temperaturbereiche von 20 bis 30° C bereitstehen. Auch die Stallabluft besitzt einen beträchtlichen Energieinhalt, da die Nutztiere bedeutende Wärmeleistungen aufbringen. Zur Nutzung der Wärme aus der Stallabluft muß auch hier ein Wärmetauscher in den Abluftkanal eingebaut werden, so daß Temperaturen von 15 bis 18° C zur Verfügung stehen. Die Nutzung der Milchwärme zur Warmwasserbereitung mit Hilfe der Wärmepumpe wird heute bereits als Standardverfahren angesehen, das nur geringe Mehrinvestitionen erfordert, da die Milch auf 4° C heruntergekühlt werden muß. Alle anderen Lösungen, sogenannte Umweltwärme aus dem Erdboden, dem Grundwasser und der Außenluft zu nutzen, besitzen den großen Nachteil, daß nur niedrige Temperaturen beim Wär-

Nutzung verfügbarer Wärmepotentiale

Gewinnung biogener Wärme aus:



Gewinnung von Umweltwärme aus:

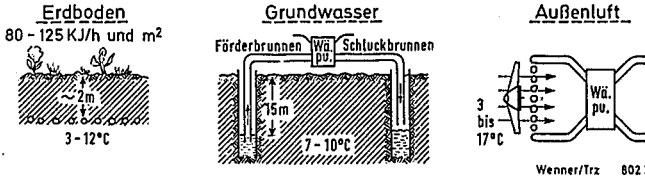


Abb. 22

meentzug vorliegen. Denn die Temperaturdifferenz zwischen Wärmeabgabemedium und gewünschter Nutzwärme ist entscheidend für den wirtschaftlichen Einsatz der Wärmepumpe.

Wärmepumpenaggregate haben die Aufgabe, von niedrigen zu höheren Temperaturstufen zu transformieren, wobei die sogenannte Leistungsziffer entscheidend ist (Abb. 23). Bei niedrigen Temperaturdifferenzen – beispielsweise Nutzung stark erwärmter Stallabluft zur Erwärmung der Trocknungsluft bei der Belüftung – werden hohe Leistungsziffern von 4 bis 5 ermöglicht, jedoch bei hohen Temperaturdifferenzen sinken die Leistungsziffern der Wärmepumpe auf unter 3; das ist zum Beispiel der Fall, wenn Erdboden- oder Grundwasserwärme auf hohe Temperaturen für die Radiatorheizung im Wohnhaus hochtransformiert wird. Letztlich sagt die Leistungsziffer aus, mit welchem Faktor die zum Antrieb der Wärmepumpe eingesetzte Energie als Nutzenergie gewonnen werden kann. Besonders günstige Verhältnisse liegen beim Antrieb der Wärmepumpe mit einem Verbrennungsmotor vor, da die Nutzung der Motorabwärme zu einer wesentlichen Verbesserung der Energiebilanz führt.

Insbesondere bei Gülleabwärme und Abwärme der Stallluft ergeben sich folglich berechnete Chancen, dieses Wärmepoten-

tial zur Wohnhausbeheizung und auch zur Trocknung von Heu zu nutzen (Abb. 24). Hier kann mit einem 10-kW-Antriebsmotor der Elektro-Wärmepumpe bereits viel erreicht werden, sofern genügend große Tierbestände ausreichend Abwärme liefern. Beim Einsatz des Verbrennungsmo-

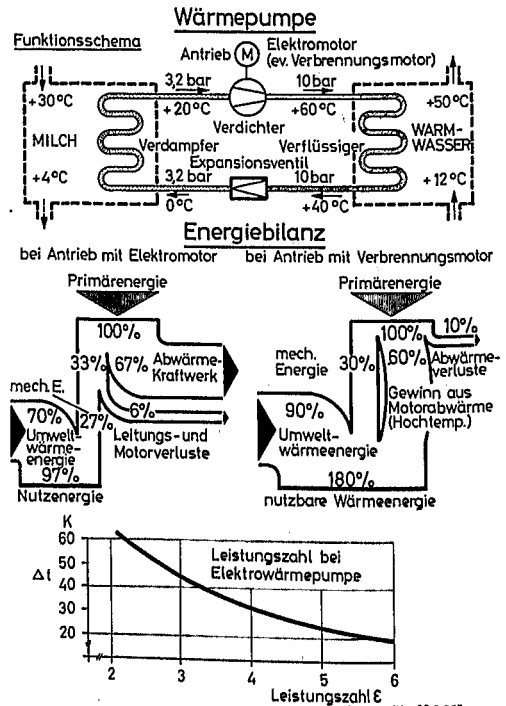


Abb. 23

Einsatzbereiche der E-Wärmepumpe

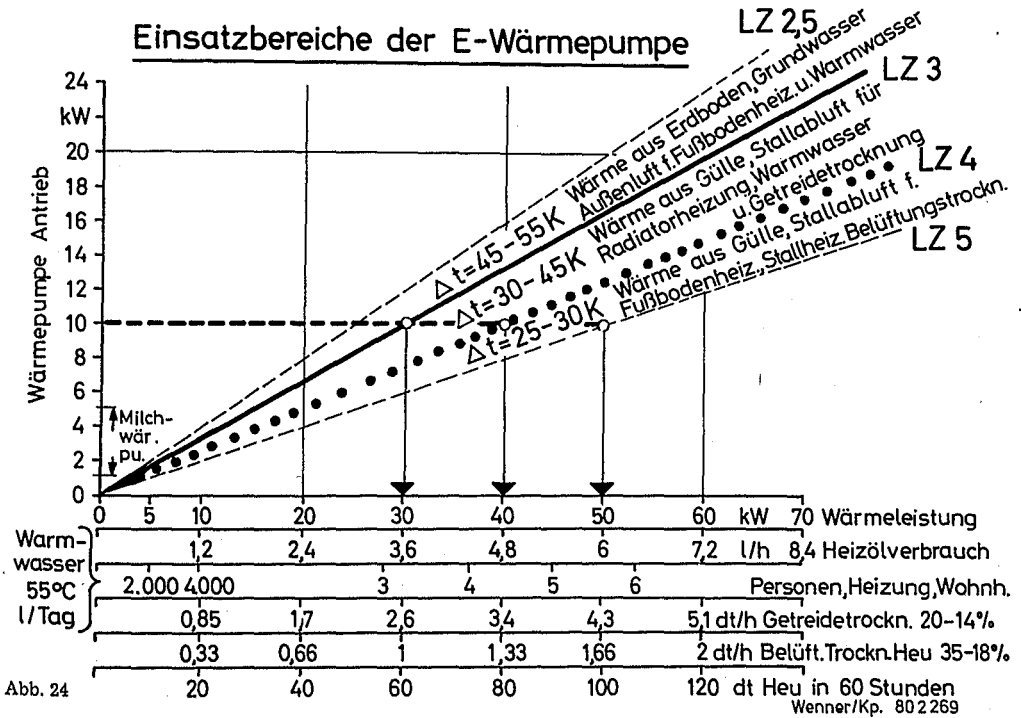


Abb. 24

tors zum Antrieb der Wärmepumpe würden wesentlich geringere Leistungen genügen, da bei ihr Leistungsziffern von über 6 möglich sind. Jedoch verlangen Wärmepumpenanlagen beträchtliche Investitionen, so daß zu ihrer wirtschaftlichen Nutzung mindestens etwa 2000 Jahreseinsatzstunden erforderlich sind. Auch ergeben sich Probleme mit der sog. Standzeit der Verbrennungsmotore. Insgesamt erscheint jedoch die Nutzung verfügbarer Wärmepotentiale der Landwirtschaft mit Hilfe der Wärmepumpe durchaus von Interesse, sofern ähnlich wie bei Biogasanlagen hohe Einsparungen an Heizöl erreicht werden, um trotz beträchtlicher Investitionen in den wirtschaftlichen Bereich zu gelangen. Ein weiterer Bereich zur Gewinnung von Energie ist die Nutzung der Solarwärme durch Kollektoren (Abb. 25). In der Landwirtschaft steht in der Regel genügend Platz zur Verfügung, um Warmwasser- oder Warmluftkollektoren aufzustellen. Sie arbeiten nach dem bekannten Prinzip, während Solarzellen zur Stromer-

Nutzung der Solarenergie

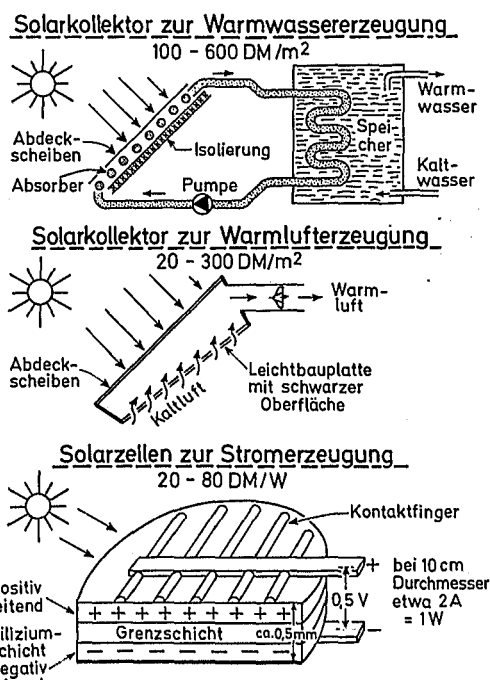


Abb. 26

Wärmegewinn mit Solarkollektoren

Weihenstephan; Kollektorneigung 30°–80°

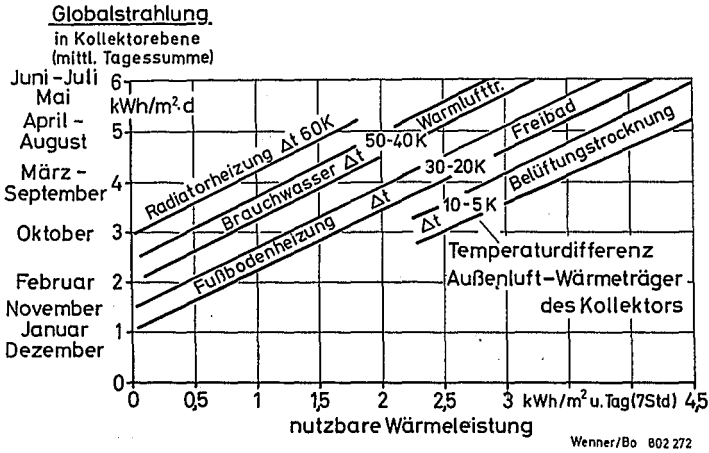


Abb. 26

zeugung dienen; letztere besitzen jedoch nur geringe Leistungen und sind relativ teuer, so daß sie augenblicklich nur für Spezialzwecke, z. B. für Elektroweidaugeräte, in Frage kommen.

Der Energiegewinn mit Solarkollektoren hängt entscheidend ab zum einen von der Globalstrahlung in Kollektorebene je nach Jahreszeit, zum anderen – ähnlich wie bei der Wärmepumpe – von der Temperaturdifferenz zwischen Kollektorwärme und gewünschter Nutzwärme (Abb. 26). Bei nur geringen Temperaturerhöhungen, wie beispielsweise für die Belüftungstrocknung, lassen sich hohe Wärmeleistungen erzielen, während bei gewünschten hohen Nutzwärmetemperaturen – wie beispielsweise für die Radiatorheizung – nur ganz geringe Nutzleistungen anfallen, insbesondere bei geringer Einstrahlungsintensität. Für landwirtschaftliche Betriebe ergibt sich folglich in erster Linie die Chance, Solarkollektoren für die Belüftungstrocknung sowie für die Brauchwasserbereitung einzusetzen.

Wenn nun die notwendige Kollektorfläche für die Belüftungstrocknung von Heu ermittelt werden soll, dann müssen die Einlagerungsfeuchte und die Anzahl der wahrscheinlich zur Verfügung stehenden Sonnentage während der Trocknung eines Schnittes Berücksichtigung finden (Abb.

27). Wird beispielsweise Belüftungstrocknung mit 40% Feuchte geerntet, dann müssen zur Trocknung von 40 dt und durchschnittlich 9 Sonnentagen während der Trocknung etwa 35 m² Kollektorfläche bereitgestellt werden. Die gleiche Kollektorfläche reicht aus, wenn 60 dt Trockengut mit nur 30% Erntefeuchtigkeit eingelagert wird. Bei weniger Sonnentagen während dieser Belüftungstrocknung muß die Kollektorfläche entsprechend zunehmen. Die Einsparungen an Heizöl liegen für dieses Beispiel bei rund 160 l, also bei 60 Pf/l Heizöl bei etwa 100 DM. Wenn nun die Anlage des Luftkollektors 30 DM/m² erfordert, treten Jahreskosten von 250 DM/m² auf; folglich muß diese Kollektorfläche von 35 m² mindestens dreimal im Jahr genutzt werden, um in den wirtschaftlichen Bereich zu gelangen. An diesem Beispiel sieht man sehr deutlich, daß unter den augenblicklichen Bedingungen bei nur sehr niedrigen Investitionen für die Solarkollektoren eine ausreichende Wirtschaftlichkeit zu erzielen ist. Ähnliche Bezüge lassen sich für die Warmwasserkollektoren zur Erzeugung von Brauchwasser herstellen, wobei hier allerdings mit einer längerfristigen Ausnutzung im Laufe des Jahres zu rechnen ist.

Zur Nutzung der Solarenergie läßt sich also feststellen, daß auch hier die Nut-

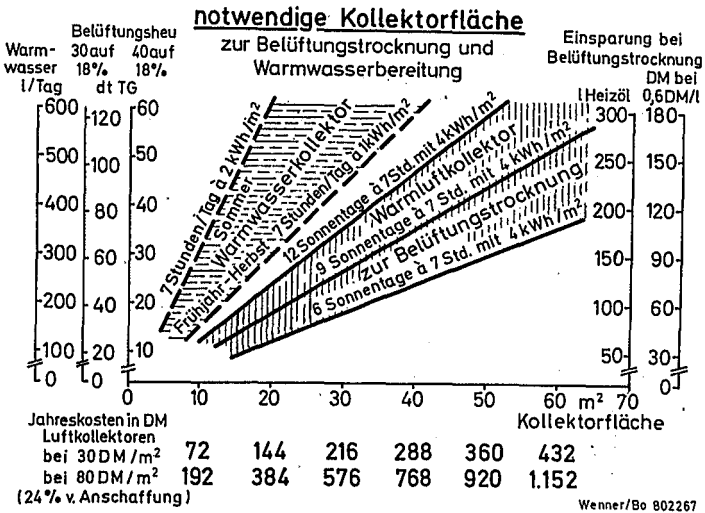


Abb. 27

zungsdauer im Jahr sowie die Investitions-
höhe entscheidend sind. Alle Bemühun-
gen, Methoden und Verfahren zum Selbst-
bau der Solarkollektoren zu entwickeln,
um insbesondere den Kapitalbedarf zu
vermindern, sind also sehr zu begrüßen.
Mit diesen Problemkreisen wurden die
wichtigsten Bereiche zur Nutzung alternativer
Energiequellen behandelt, wenn man
davon absieht, daß für wenige Einzelbetriebe
auch der Einsatz von Windturbinen,
also die Nutzung der Windenergie, von
Bedeutung sein kann. Im übrigen lassen
sich auch verschiedene Möglichkeiten der
Energiegewinnung kombinieren, be-
spielsweise Solarkollektoren mit Wärme-
pumpen; dann tritt allerdings in der Regel
ein zusätzlicher Investitionsbedarf auf, der
nur bei hohem Nutzgrad sinnvoll ist.
Jedenfalls bieten sich in der Landwirt-
schaft durchaus reelle Chancen, insbeson-
dere den Heizölverbrauch mit Hilfe der
besprochenen Lösungen zu reduzieren.
Die Darstellung alternativer Energiequel-
len wäre jedoch nicht vollständig, würde
nicht die Gewinnung von Gärungsalkohol
– also von Äthanol – aus landwirtschaftlichen
Nutzpflanzen kurz betrachtet. Wird
dieses Verfahren zur Kraftstoffgewinnung
aus Agrarprodukten, oft auch als Biosprit
bezeichnet, doch bereits in überseeischen
Ländern, hier allerdings unter spezifi-
schen Voraussetzungen, in größerem Um-

fange angewandt. Unter hiesigen Verhält-
nissen ergibt sich jedoch folgender Zu-
sammenhang (Abb. 28): Nach Berechnun-
gen verschiedener Experten kann von 1 ha
Zuckerrüben ein Nettoenergieertrag von
etwa 4600 l Alkohol gewonnen werden,
von 1 ha Körnermais 2350 und von 1 ha
Weizen etwa 1650 l/ha. Jedoch sind für den
Anbau und insbesondere die Verarbeitung
während des Gärprozesses solch hohe
Energienmengen erforderlich, daß sich in
jedem Fall eine negative Energiebilanz
ergibt. Lediglich beim Rapsanbau, bei
dem zwar 1100 l Rapsöl pro ha produziert
werden können, die als Beimengung zum
Dieselöl zu nutzen wären, liegt eine
positive Bilanz vor. Erste Voraussetzung
für eine sinnvolle Äthanolgewinnung wäre
zunächst, daß für den Energieaufwand
insbesondere zur Verarbeitung der land-
wirtschaftlichen Produkte ausschließlich
billige Abwärme, beispielsweise bei
Zuckerfabriken, eingesetzt würde. Weiter-
hin ist ausschlaggebend, daß bisher die
landwirtschaftliche Produktion auf die
Bereitstellung von Nahrungsgütern ausge-
richtet ist und im europäischen Raum ein
relativ hohes Agrarproduktpreisniveau
vorliegt. Bei einem Preisvergleich zwi-
schen den auf Agrarbasis erzeugten Kraft-
stoffen, also Äthanol und Rapsöl, gegen-
über dem Preisniveau für Kraftstoffe aus
Mineralölen, also Bezug an der Tankstelle,

Kraftstoffgewinnung aus landwirtschaftlichen Nutzpflanzen

(nach Baader, Damroth, Heyland u. Kochs)

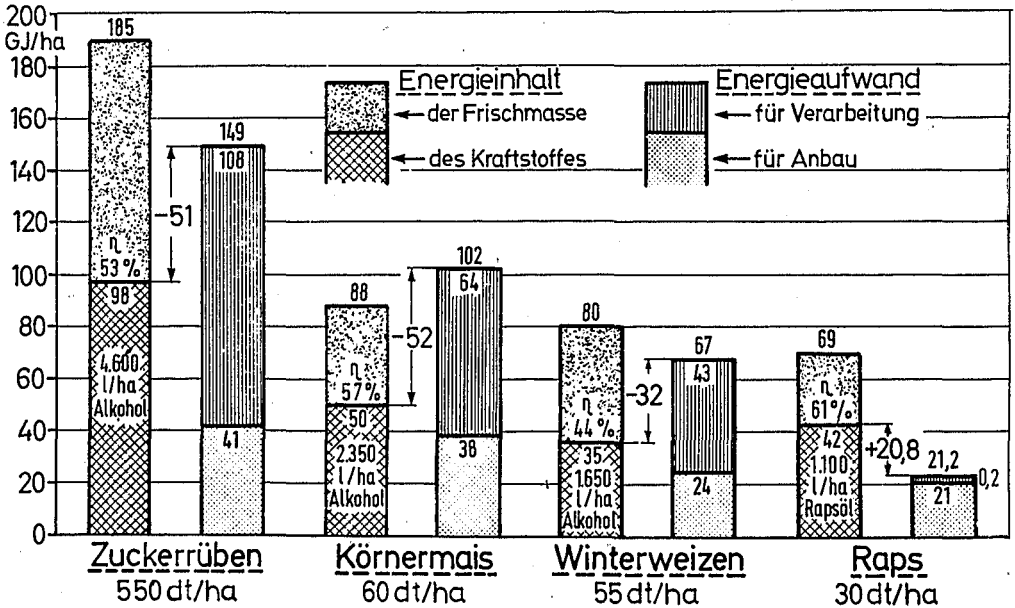


Abb. 28

Wenner/Pö 80 2 266

Schätzung des verfügbaren jährlichen Energiepotentials

der Land- u. Forstwirtschaft der BRD

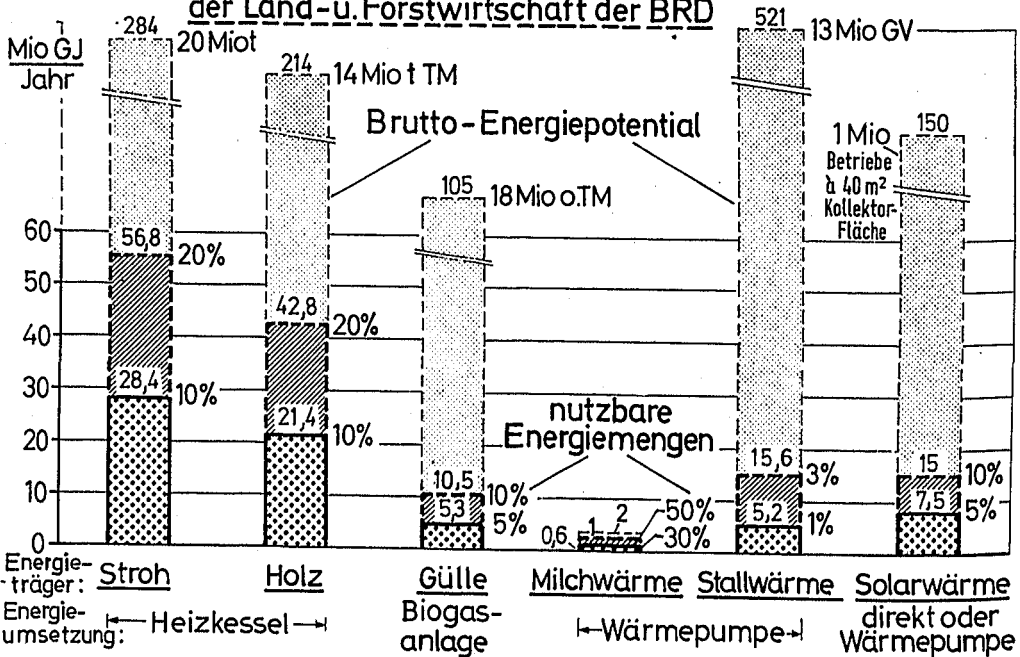


Abb. 29

Wenner/Pö 80 2 268

gelangt man immer wieder zu dem Ergebnis, daß landwirtschaftlich erzeugte Kraftstoffe im Preis etwa 3- bis 4mal so hoch liegen würden, wenn man gerechterweise Steuerbelastungen (z. B. Mineralölsteuer) und Subventionen mit berücksichtigt. An dieser Tatsache ändert sich nicht viel, wenn bei Zuckerrüben lediglich der C-Rübenpreis unterstellt wird. Folglich müßten die an der Tankstelle bezogenen Kraftstoffe im Preis enorm ansteigen, damit die landwirtschaftliche Erzeugung von Kraftstoffen in den wirtschaftlichen Bereich käme. Mit Sicherheit werden jedoch weit vorher andere Kraftstofftechnologien, beispielsweise die Kohleverflüssigung, wirtschaftlich sein und an Bedeutung gewinnen, so daß in absehbarer Zeit der Gewinnung von Biosprit aus Agrarprodukten kaum eine reelle Chance einzuräumen ist.

Zum Abschluß der Erörterung aller alternativen Energiequellen, die für die Agrarproduktion Bedeutung erlangen können, soll der Versuch unternommen werden, eine Wichtung dieser einzelnen Lösungen vorzunehmen und ihren jeweiligen Beitrag zur Verminderung der Energieprobleme abzuschätzen (Abb. 29). Würde beispielsweise von der anfallenden Strohmenge Westdeutschlands in Höhe von 20 Mio. t jährlich nur 10% zur Verbrennung genutzt, so würde das eine Energiemenge von knapp 30 mio. GJ ausmachen; bei 20% Nutzung sämtlichen anfallenden Strohes wären es bereits 57 Mio. GJ. Ähnlich hohe Energiemengen könnten durch die Nutzung von Abfallholz gewonnen werden. Demgegenüber nehmen alle anderen Bereiche alternativer Energienutzung nur einen bescheidenen Raum ein. Wenn 5 bis 10% der insgesamt bei der Tierhaltung anfallenden organischen Trockenmasse in Biogasanlagen verarbeitet würde, läge der Energiegewinn lediglich zwischen 5 und 10 Mio. GJ/Jahr. Die Milchabwärme, selbst wenn hierzu 50% der Milchmenge der Bundesrepublik Deutschland genutzt würde, kann von seiten des erreichbaren Energieertrages vollständig vernachlässigt werden. Bei der Stallwärme würde

zweifellos das bei weitem höchste Energiepotential zur Verfügung stehen, das die 13 Mio. GV der westdeutschen Landwirtschaft liefern. Jedoch wird diese Tierwärme in erster Linie für die Heizung des eigenen Stalles benötigt, so daß man lediglich mit 1 bis höchstens 3% Nutzung kalkulieren kann; der Energiegewinn wäre dann nicht unbeträchtlich. Ähnliche Größenordnungen können erzielt werden, wenn 5 bis 10% aller landwirtschaftlichen Betriebe Solarkollektoren einbauen würden. Ganz eindeutig muß also der Verbrennung von Abfallstroh und Abfallholz die bei weitem größte Chance zur Nutzung alternativer Energiequellen eingeräumt werden.

Stellt man nun diese, in Zukunft evtl. nutzbaren Möglichkeiten dem augenblicklichen Energieverbrauch der westdeutschen Landwirtschaft gegenüber, dann ergibt sich folgendes Bild (Abb. 30). Werden die geschilderten alternativen

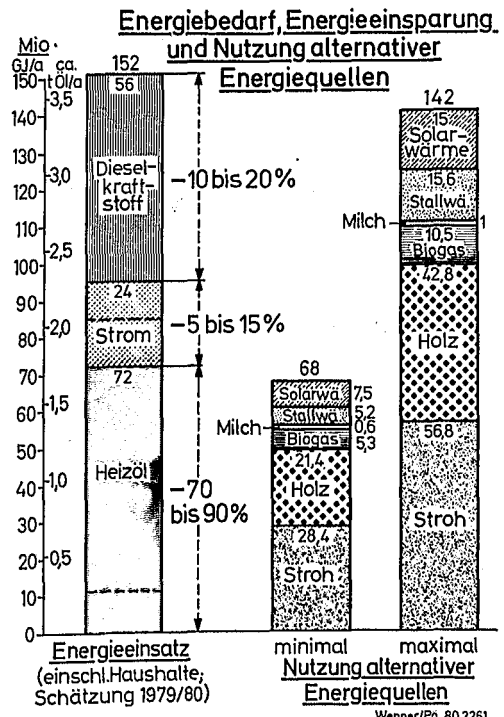


Abb. 30

Energiequellen nur minimal genutzt, könnte bereits ein sehr hoher Anteil des Heizölverbrauches ersetzt werden; besonderen Anteil hätte hierbei der Einsatz von Abfallstroh und Holz. Beim Verbrauch von elektrischem Strom und Dieselmotorkraftstoff bieten sich keine nennenswerten Ersatzmöglichkeiten an, hier müßten Energiesparmaßnahmen in Höhe von 10 bis 15% möglich sein. Insgesamt ließe sich durch die Nutzung alternativer Energiequellen selbst in minimalem Ausmaß der Gesamtenergieverbrauch der Agrarproduktion einschließlich ihrer Haushalte ganz beträchtlich reduzieren. Würden demgegenüber alle Möglichkeiten zur Nutzung alternativer Energiequellen in maximalem Umfang ausgeschöpft, könnte die Landwirtschaft mehr an Wärmeenergie bereitstellen, als sie verbraucht. Hier bietet sich also die Chance, in bestimmtem Umfange vielleicht durch die Errichtung von Gemeinschaftsanlagen gewerbliche Betriebe, den Gartenbau oder auch wei-

tere Haushaltungen mit Wärmeenergie zu versorgen.

Insgesamt ergeben sich also für den Agrarsektor durchaus positive Aspekte, den Verbrauch teurer Fremdenergieträger zu reduzieren und die Energiepreissteigerung etwas aufzufangen. Allerdings müssen alle diese technischen Lösungen durch teils beträchtliche zusätzliche Investitionen erkauft werden, die jedoch nur bei weiterhin günstiger Einkommenslage der Landwirtschaft möglich erscheinen. Diese positiven Aspekte dürfen jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, daß der landwirtschaftliche Beitrag zur Energieeinsparung bzw. Nutzung alternativer Energiequellen im Rahmen des Gesamtenergieverbrauches der Volkswirtschaft der Bundesrepublik nur einen verschwindend kleinen Anteil ausmachen kann; denn der Verbrauch der westdeutschen Landwirtschaft liegt bei nur etwa 3% des Gesamtenergieeinsatzes der Bundesrepublik Deutschland.