

Landtechnik

von morgen

Folge

20

Entwicklungstendenzen der Landtechnik unter Berücksichtigung der durch die Energiekrise gegebenen Situation.

Vortrag von Dipl.-Ing. Dr.h.c. Anton Schlüter anlässlich der Internationalen VDI-Tagung am 13. November 1980 in Ulm, Seite 2.

Eine Zusammenfassung landtechnischer Fachvorträge, die von ihren Verfassern auf der 24. Landtechnischen Informationstagung auf Gut Schlüterhof am 7. Oktober 1980 gehalten wurden.

1. Möglichkeiten und Grenzen der Energieeinsparung und Nutzung eigener Energiequellen; von Prof. Dr. Heinz-Lothar Wenner, Direktor des Institutes für Landtechnik und Vorstand der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik der Technischen Universität München in Weihenstephan, Seite 8.
2. Schlepperantrieb oder selbstfahrende Arbeitsmaschine bei der Zuckerrüben-ernte; von Prof. Dr. Ing. Wolfgang Brinkmann, Direktor des Institutes für Land-technik der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, Seite 23.
3. Schlepperantrieb oder selbstfahrende Arbeitsmaschine bei der Futterernte; von AR Dr. Hermann Auernhammer und LD Dr. Manfred Schurig, Institut für Landtechnik, Weihenstephan, Seite 28.
4. Stand der Entwicklung beim Maisanbau mit Folie; von Prof. Dr. habil. Manfred Estler und AD Dr. Ing. Karl Hans Kromer, Institut für Landtechnik, Weihenste-phan, Seite 38.

Herausgegeben von der
MOTORENFABRIK ANTON SCHLÜTER MÜNCHEN – WERK FREISING



Entwicklungstendenzen der Landtechnik unter Berücksichtigung der durch die Energiekrise gegebenen Situation

Vortrag von Dipl.-Ing. Dr. h.c. Anton Schlüter anlässlich der Internationalen VDI-Tagung am 13. November 1980 in Ulm.

Wenn heute so viel und leider auch oft so kontrovers über die zukünftige Sicherung der Energieversorgung gesprochen wird, dann fällt vor allem auf, daß die Landwirtschaft sowohl als Energieverbraucher als auch als Energieproduzent bei diesem Thema immer stärker ins Gespräch kommt.

Wenn man dann die Diskussion über den Energieverbrauch auf dem Bauernhof einerseits und über die alternativen Möglichkeiten der Landwirtschaft für eine autarke Energieversorgung andererseits verfolgt, dann könnte man zu der beruhigenden Feststellung kommen, daß die Welt der Energie, wie so vieles andere in der Landwirtschaft, noch heil ist. Ganz so ist es aber nicht!

Es ist sicher richtig, daß die Landwirtschaft nur einige wenige Prozenzte des Energiebedarfs unserer Volkswirtschaft verbraucht. Wir wissen auch, daß die Landwirtschaft als einziger Wirtschaftszweig Jahr für Jahr eine positive Energiebilanz aufweisen kann, weil die Ernte mehr Energie liefert, als die Saat benötigt, aber natürlich nur, so lange Wasser, Sauerstoff, Sonne und Stallwärme sowie die fruchtbaren Bodenwürmer noch kostenlos geliefert werden. Es wird auch nicht bestritten, daß die Landwirtschaft der größte Rohstoffproduzent der Welt ist. Man kann sogar davon ausgehen, daß auf den Bauernhöfen die Chancen für eine wirtschaftliche Verwertung alternativer Energieträger am größten sind.

Ich zweifle aber an der praktischen Verwertbarkeit der theoretischen Berechnung, mit der nachgewiesen wird, daß der Verbrauch in der Landwirtschaft von cirka 2 Millionen Tonnen Heizöl, 1,5 Millionen Tonnen Dieselkraftstoff und 5,5 Millionen Kilowatt-

stunden Strom, zusammen ein Potential von knapp 5 Millionen Tonnen Heizöl, leicht von der Energie der pro Jahr anfallenden 5 Millionen Tonnen Stroh und 15 Millionen Tonnen Holz gedeckt werden könnte. Ich habe auch große Bedenken, ob Außenstehende, die keine Ahnung haben von der realen Art des Energiebedarfs, wie ihn die heutige Landwirtschaft für ihre hochproduktiven Arbeitsverfahren benötigt, und auch ein großer Teil der Landwirte selbst diese in der Theorie zwar richtigen, aber meiner Meinung nach zu wenig differenzierten Aussagen so gut verstehen, wie sie von den auf diesen Gebieten mit hervorragendem Eifer und Erfolg arbeitenden Fachleuten gemeint sind.

Wir fühlen alle, daß die Landwirtschaft auf dem Gebiet der Produktion regenerativer Energien aus dem Pflanzenbereich und bei der Abfallverwertung von Biomasse in Zukunft einen großen Beitrag zur Energieversorgung für sich selbst und zu gesicherten Alternativen für die Allgemeinheit leisten kann.

Der Alkohol, den die Landwirtschaft schon seit Generationen aus ihrer pflanzlichen Produktion gewinnt, war bis heute noch keine Reaktion auf eine Energiekrise. Die Pflanzen für die Alkoholgewinnung passen ja problemlos in die normale Fruchtfolge, so daß bisher auch durch die industrielle Verwertung dieser flüssigen Energie aus Pflanzen noch kein Verdrängungs-Wettbewerb mit der Produktion von Nahrungsmitteln entstehen konnte.

In Zukunft wird man allerdings darauf achten müssen, daß durch die Intensivierung der Alkoholgewinnung aus der pflanzlichen Produktion keine ernsthafte Verdrängung von Grundnahrungsmitteln auf der nicht beliebig ausdehnbaren landwirtschaftlichen Nutzfläche entsteht.

Für den Ersatz der fossilen Primär-Energieträger gibt es viele brauchbare Alternativen, für die Grundernährung der Menschen keine, außer genügend landwirtschaftlich nutzbarer Fläche.

Außerdem war der ganzen Welt bis zum heutigen Tag der biologische Alkohol als Whisky oder Wodka lieber, als teures Benzin.

Trotzdem wird die Produktion von regenerativer Energie in Form von Alkohol aus Biomasse eines Tages in allen Ländern zu einer notwendigen Alternative für die begrenzten Rohöl-Vorräte werden. Wir müssen uns aber realistisch darauf einstellen, daß es bis

zur weltweiten Verwendung dieser Agrar-Sprit-Energie noch Jahrzehnte dauert, auch wenn wir sofort mit den Vorbereitungen dafür beginnen.

Das gilt vor allem für die Technik, die alle Hände voll zu tun haben wird, die optimalen Voraussetzungen für die pflanzliche Produktion und für die umweltfreundliche Verarbeitung dieser zukünftigen Flüssigenergie aus dem Agrarbereich zu entwickeln.

Wir müssen uns aber auch Gedanken darüber machen, daß die kontinuierliche Gewinnung von Alkohol aus Pflanzen, die einmal im Jahr geerntet werden, wesentlich problematischer und wahrscheinlich auch aufwendiger sein wird, als die laufende Entnahme fossiler Energierohstoffe aus Tag und Nacht sprudelnden und strömenden Quellen sowie aus den Kohlevorräten in der Erde. Auch die Umwandlung von pflanzlichem Alkohol in motorgerechte und entsprechend hochproduktive Kraftstoffe wird viele Raffinerien an Standorten entstehen lassen, wo wir heute noch die Natur unserer Umwelt schützen wollen.

Probleme über Probleme, die allzu leicht in der Euphorie alternativ-süchtiger Ideologen untergehen, die aber bewältigt werden müssen und umso besser, wirtschaftlicher und auch umweltfreundlicher gelöst werden können, je mehr wir uns dafür Zeit nehmen und ruhige Köpfe bewahren. Auf jeden Fall wird vorerst jede Alternativ-Energie mit neuen, zusätzlichen Kosten verbunden sein, die nur dann bezahlt werden können, wenn die Produktivität dieser alternativen Energieträger nicht schlechter, sondern eher noch besser wird.

Das vielzitierte Beispiel "Brasilien" hat vorerst nur lokale Bedeutung für die besonderen Verhältnisse in diesem Entwicklungsland, die durch den außergewöhnlichen Devisenmangel im Verhältnis zum industriellen Energiebedarf geprägt sind und die nicht in gleicher Weise auf andere Länder und Kontinente übertragen werden können.

Für Äthanol aus Pflanzen braucht man, ähnlich wie für Benzin und Diesel, eigene Motorenkonstruktionen, und erst, wenn wir durch die Preis- oder Notsituation in der bisherigen Energieversorgung gezwungen werden und bereit sind, viermal so viel für den Agrar-

sprit zu bezahlen wie bisher für Benzin, oder die heutigen Kraftstoffe um so viel teurer werden, und erst dann, wenn auch das flächendeckende Tankstellennetz für die Verteilung von Äthanol zur Verfügung steht, wird die Zeit gekommen sein, in der die Landwirtschaft den Ölscheichs einen echten Wettbewerb liefern kann.

Früher, als dies der Fall sein wird, könnte eventuell die Verflüssigung der noch über ein Jahrtausend reichenden Kohlereserven dazu führen, daß wir unter den gleichen Preis- und Betriebsbedingungen wie bei Äthanol unsere Fahrzeuge auf die flüssige Kohlenenergie umstellen.

Der frühere Beginn solcher Umstellungen wäre, allerdings ohne Berücksichtigung der Kosten, nur dort möglich, wo Maschinen oder Fahrzeuge stationär oder im eng begrenzten, lokalen Bereich versorgt werden können. Auf den landwirtschaftlichen Betrieben und im Stadtverkehr, wo Maschinen und Fahrzeuge täglich bei der gleichen Stelle tanken, steht der Umstellung auf die alternativen Kraftstoffe Äthanol und Methanol kein flächendeckendes Versorgungsproblem im Wege.

Wenn man auch einerseits davon ausgehen muß, daß es noch sehr lange dauern wird, bis der Agrarsprit preislich und wirtschaftlich mit Benzin und Dieselöl konkurrieren kann, aber andererseits berücksichtigt, daß die Landtechnik mit neuen Technologien den bisherigen Kraftstoffverbrauch im landwirtschaftlichen Bereich merklich senken wird, und wenn man mit Sicherheit damit rechnen kann, daß die Landwirtschaft bei einer rationierten Zuteilung des Kraftstoffes immer zu den privilegierten Verbrauchern zählt, dann besteht für die Landwirte kein Grund zur Unruhe. Sie können sich in Ruhe auf die Produktion regenerativer Energien aus dem Pflanzenbereich vorbereiten und die Umstellung auf eine eigenständige Energieversorgung betreiben. Langfristig gesehen kann man erwarten, daß die landwirtschaftliche Produktion als Quelle flüssiger Energie eines Tages genauso unentbehrlich sein wird, wie sie es heute schon bei der menschlichen und tierischen Ernährung ist.

Das gleiche gilt für die Energie-Alternative "Biogas". Auch hier ist der Grundstoff "Biomasse" im begrenzten lokalen Bereich schnell-

ler als Energie-Alternative verwertbar, wie bei der Versorgung größerer Verbraucher und weiter Regionen.

China, das heute schon als größter Biogas-Produzent der Welt gilt, aber auch Schweden, Frankreich und viele andere europäische und amerikanische Länder sind ein Beispiel dafür, daß Biogas vor allem in der Landwirtschaft und für die Versorgung begrenzter Bereiche wahrscheinlich noch schneller eine wirtschaftliche Energie-Alternative werden wird, als wir es von der "Sprit-Rübe" und vom Rapsöl erwarten können. Voraussetzung ist natürlich, der Grundstoff "Biomasse" steht in ausreichendem Maße und zu wirtschaftlich vertretbaren Kosten zur Verfügung. Dabei wäre es ökonomisch sicher nicht gerechtfertigt, wenn in Zukunft auf einem bisher viehlosen landwirtschaftlichen Betrieb nur deswegen einige Tiere angeschafft werden, weil der eigene Mist zur Biogas-Erzeugung nicht ganz ausreicht. In solchen Fällen sind andere Alternativen bestimmt wirtschaftlicher.

Die Technologien zur Verwertung von Biomasse als Energiequelle für den landwirtschaftlichen Betrieb schaffen für die Zukunft bestimmt neue Investitionen und gehören — ebenso wie die Technik für die Erzeugung, Ernte und Verwertung der Sprit — Pflanzen — zu den wichtigsten Aufgaben der Landtechnik von Morgen.

Es ist sehr zu begrüßen, daß sich auch die Wissenschaft so frühzeitig und aktiv mit allen diesen echten Zukunftsaufgaben der Landtechnik und für die Landwirtschaft beschäftigt, weil dadurch die beruhigende Sicherheit geschaffen wird, daß diese für uns und spätere Generationen so lebenswichtige Entwicklungsarbeit mit der gebotenen Rücksicht auf die Ökologie der Umwelt und zunächst frei von ökonomischen Zwängen zu einem optimalen Ergebnis führt.

Not ist oftmals der Wegbereiter des Fortschritts. Wir wollen aber die heutigen Energieprobleme nicht, wie früher schon einmal, mit Notverordnungen lösen, sondern mit ausgereiften Entwicklungen, die wirtschaftlich optimale Alternativen nicht nur für heute, sondern auch für spätere Generationen garantieren. Gerade deswegen ist es bedauerlich, daß wissenschaftliche Versuche zur Entwicklung alternativer Energien oft weit vor ihrer Vollendung einer sensationslüsternen Öffentlichkeit preisgegeben werden, die

dann in ihrer oberflächlichen Beurteilung die kriegsbedingten Notlösungen vor 40 Jahren als Beispiel heranzieht und nicht berücksichtigt, daß wir für die moderne Landwirtschaft unserer Zeit Energiealternativen suchen, die dem wesentlich höheren Entwicklungsstand der Technik von heute und morgen genügen müssen.

Die Landwirtschaft ist ein Teil dieser Welt und keine "Insel der Seligen". Diese Welt aber hat überall dort, wo sie sich technisch entwickelt hat, ihren Lebensstandard bisher mit Hilfe der 4 großen, effizienten und zugleich wirtschaftlichsten Primär-Energieträger: Erdöl, Erdgas, Kohle und Uran für Kernenergie geschaffen. Mit diesem Energiepotential wurde eine Produktivität und damit ein Wohlstand erreicht, der bis jetzt durch keine der bisher bekannten Energie-Alternativen gehalten, geschweige denn verbessert werden könnte.

Der Verbrauch aller dieser "harten" Primär-Energien ist jedoch gewaltig und steigt immer weiter an, weil nicht nur die hochentwickelten Industrieländer ständig mehr Energie für neue Technologien benötigen, sondern vor allem in den Entwicklungsländern und bei den Völkern der Dritten Welt der Lebensstandard, ebenso wie bei uns, nur mit einem entsprechend höheren Aufwand an effizienter Energie verbessert werden kann.

Wir wissen alle, daß die fossilen Primär-Energieträger: Erdöl, Erdgas, Kohle und Uran nicht regenerativ sind und nur so lange zur Verfügung stehen, wie die Vorräte in unserer Erde reichen. Wir wissen auch, daß diese Vorräte verschieden groß sind, und daß wir nach heutigen Kenntnissen, vor allem bei der auch in Zukunft meistgebrauchten Energiequelle "Erdöl", ein frühzeitigeres Versiegen befürchten müssen als bei den anderen Primär-Energien. Wir wollen auch vermeiden, daß wir gerade bei der im mobilen Bereich unentbehrlichen flüssigen Primär-Energie erpreßbar werden, was bei einem zu großen Bedarf möglich wäre.

Das ist unsere wahre Situation, von der auch die Landwirtschaft betroffen ist, und es stellt sich die Aufgabe, kurzfristig, mittelfristig und langfristig alles zu tun, damit unsere Produktivität und unser Lebensstandard einschließlich der gewünschten Lebensqualität erhalten bleiben und, wenn möglich, sogar noch verbessert

werden. Dabei müssen wir auch heute schon an die nächsten Generationen denken. Mit Strohfeuer-Methoden, die rasch entflammt und schnell verbrannt sind, werden wir weder in des Wortes direkter, noch indirekter Bedeutung viel weiter kommen.

Was ist zu tun? Zunächst müssen alle Reserven der wichtigsten Primär-Energieträger: Erdöl, Erdgas, Kohle und Uran gesucht und mobilisiert werden egal, wo sie sich auf dieser Welt befinden – unter der Erde oder auf dem Grund der Meere. Es ist zu erwarten, daß bei der Erschließung aller Fündigkeiten weit größere Vorräte zum Vorschein kommen, als wir es heute vermuten. Es ist aber auch zu befürchten, daß die Bergung und Nutzung dieser bisher noch unerschlossenen Vorräte wesentlich höhere Kosten und Preise verursachen werden als die, mit denen wir heute kalkulieren.

Als nächstes muß sofort und mit aller gebotenen Eile und Aktivität die Verwendung und die Verwertung der fossilen Primär-Energien geändert werden. Erdöl, das noch auf lange Zeit als Kraftstoff für den Verkehr und als Rohstoff für die Chemie unentbehrlich ist und in diesen Bereichen auf absehbare Zeit nicht durch andere Energien gleichwertig ersetzt werden kann, darf nicht mehr für die Erzeugung von Wärme und Strom benützt werden.

Dagegen kann die Kohle, von der man weiß, daß sie mit circa 12000 Milliarden Tonnen die größte fossile Energiereserve bildet, in ihrer vielseitigen Verwendbarkeit als Heizmaterial für Wärme- und Stromerzeugung, zur Vergasung und zur Verflüssigung auch in größeren Mengen als bisher genutzt werden, wenn die dadurch entstehende Umweltbelastung in Grenzen gehalten werden kann. Die Primär-Energie "Erdgas" hat ihren festen Platz bei der Wärmeerzeugung und wird dort auch in Zukunft in gleicher Menge wie bisher gebraucht und zur Verfügung stehen.

Im Gegensatz zu den genannten fossilen Energieträgern: Erdöl, Erdgas und Kohle, ist Uran zu nichts weiter geeignet, als zur billigsten Art der Strom- und Wärmeerzeugung in Kernkraftwerken verbrannt zu werden, und man kann nur hoffen, daß diese Chance auch bei uns bald erkannt wird. Das Energiepotential der Uran-Vorräte ist so groß wie das aller Erdöl- und Erdgas-Reserven zusammen und wird durch neue Verbrennungs- und Wiederaufberei-

tungsmethoden für die Zukunft wahrscheinlich noch größer werden.

An dieser Stelle möchte ich daran erinnern, daß als Ersatz für Benzin und Diesel in Zukunft auch Wasserstoff eine ernsthafte Alternative sein kann, aber nur, wenn uns zur Aufbereitung das Potential der Kernenergie zur Verfügung steht.

Die bisher bekannten Aktivitäten zur Schonung unserer fossilen Energiereserven mit annähernd gleichwertigen Alternativen können wirtschaftlich vertretbar nur mittelfristig oder langfristig zu dem gewünschten Ergebnis führen. Kurzfristig aber und für immer ist es unsere wichtigste Aufgabe, Energie zu sparen, genauer gesagt, vor allem den Verbrauch von Erdöl zu senken. Energie sparen kostet zwar Geld; aber wenn wir nicht mit allen uns zur Verfügung stehenden Mitteln Energie sparen, werden wir bald keine Energie mehr zum Sparen haben.

Deswegen konzentrieren sich auch schon seit einiger Zeit die Entwicklungstendenzen der Landtechnik zur Verbesserung der durch die Energiekrise entstandenen Situationen in der Landwirtschaft auf die Verminderung des Energieverbrauches im allgemeinen und auf die Einsparung von Heizöl und Dieselöl im besonderen.

Die Palette der Aktivitäten für die Landtechnik auf diesem Gebiet ist groß und vielseitig.

Zur Kraftstoffeinsparung bei Schlepper-Motoren werden vor allem Dieselmotoren mit Turboaufladung weiterentwickelt, weil mit dieser Technik bei fast gleicher Grundausführung des Motors bis zu 25 Prozent mehr Leistung sowie ein stärkeres Drehmoment erreicht und außerdem um 5 Prozent weniger Kraftstoff verbraucht wird. Darüberhinaus wurden Dieselmotoren mit Turbopaufladung und Ladeluftkühlung entwickelt, die um weitere 12 - 15 Prozent mehr Leistung haben, ein noch stärkeres Drehmoment über einen größeren Drehzahlbereich bringen und noch einmal 3 - 5 Prozent weniger Kraftstoff verbrauchen.

Außerdem versucht man, die Schlepper-Motoren entweder mit Hilfe **von Übersetzungsänderungen im Getriebe** oder durch **Vergrößerung des Hubvolumens mit begrenzten Drehzahlen zu fahren**, weil ja bekanntlich alle Verbrennungsmotoren bei entspre-

chender Reduzierung der Höchstdrehzahlen sparsamer im Verbrauch werden.

Der Kraftstoffverbrauch bei der Arbeit mit dem Schlepper wird außerdem wesentlich gesenkt, wenn durch eine entsprechende Fahrzeug-Gestaltung die Zugkraft mit weniger Schlupf übertragen werden kann. Dazu ist es notwendig, allradangetriebene Fahrzeuge zu verwenden, die mit größtmöglichen, am besten mit gleich großen und gleich breiten Bereifungen für alle Antriebsräder ausgerüstet sind. Außerdem werden die Achsabstände vergrößert, damit vor allem bei der Arbeit mit Geräten eine konstante Gewichtsbelastung zur schlupffreien Kraftübertragung auf allen Antriebsrädern ruht. Die Getriebe werden leichtgängiger, mit Lastschaltung ausgerüstet, damit durch schnelleres und leichteres Schalten gleichmäßigere Fahrzeuggeschwindigkeiten auch bei der Arbeit eingehalten werden können. Der Kraft- und Energieverbrauch der Planschmierung mit großen Ölmengen im Getriebe wird durch Zwangsschmierungen und gleichzeitig niedrigerem Ölstand gesenkt.

Die Tendenz zum stärkeren Schlepper bringt ebenfalls, aber nur dann eine Einsparung an Kraftstoff und Arbeitskosten, wenn der stärkere Schlepper optimal ausgelastet ist und weit weniger Arbeitsstunden verbraucht.

Bei Landmaschinen und Geräten geht die Tendenz zu leichtgängigeren Konstruktionen für zapfwellenangetriebene Maschinen und Geräte, zu leichteren und leichtzügigeren Anbaugeräten mit höherwertigem Material, weil dadurch weniger Antriebs- und Zugkraft benötigt wird, sowie zu mehr kombinierten Geräten, mit denen man weniger oft über die Felder fahren muß und außerdem Rüstzeiten einspart.

Außerhalb des Schlepper- und Gerätebereiches hat sich durch den Zwang zum Energiesparen ein neues Betätigungsfeld für die Landtechnik erschlossen, das sehr viel Kreativität verlangt:

Mit der Rückgewinnung von Wärme aus der Milch, aus Freiluft und Stallluft, aus dem Grundwasser und mit der Verwertung kostenloser Sonnenstrahlen kann man viel Energie sparen.

Weit verbreitet, technisch problemlos und wirtschaftlich sind die

Wärmetauscher, in denen die verhältnismäßig hohen Temperaturen der frisch gemolkenen Milch zur Erwärmung von Brauchwasser verwendet werden und dabei ohne zusätzlichen Aufwand gleichzeitig die vorgeschriebene Kühltemperatur für eine hygienisch einwandfreie Milch erreicht wird. Eine Entwicklung der Landtechnik, die bereits zu vielen neuen Investitionen geführt hat und in Zukunft noch führen wird!

Auch die Tendenz zu Wärmepumpen für die Wärmerückgewinnung aus der freien Luft, aus der Stallluft und aus dem Grundwasser ist nicht nur populär, sondern weiterhin steigend. Wenn auch im Saldo die Antriebsenergie für dieses Recycling abgezogen werden muß, so kann man vorerst jedenfalls bei der Wärmerückgewinnung mit einer positiven Energiebilanz rechnen, wenn die Lebensdauer der Pumpen eine Amortisationszeit gewährleistet, die den Investitionsaufwand rechtfertigt. Auch hier gibt es — trotz aller Euphorien in der Öffentlichkeit — für die Technik noch viel zu tun.

Noch mehr aber muß sicher auf dem Gebiet der Solartechnik getan werden, damit die Kollektoren die einstrahlende Energie noch besser verwerten, und nachfolgende Technologien geschaffen werden, mit denen über die akute Erwärmung hinaus Solar-Energie verwertbar gespeichert werden kann. Hier stehen wir meiner Meinung nach erst am Anfang, und die Technik hat noch viel Arbeit, bis wir das gewünschte Ziel erreichen.

Das gleiche gilt für die Verwertung der Windenergie, die in Zukunft mehr als bisher genutzt werden sollte, die aber sicher nicht allgemein, sondern nur für einen speziellen lokalen Bedarf noch nutzbarer gemacht werden kann.

Es ist zweifellos ein Verdienst der Landtechnik und eine große Hilfe für die Landwirtschaft, daß auf der Suche nach alternativen Energien auch an die Verwertung von Holz und Stroh gedacht wurde. Im ersten Moment ist es begeisternd zu hören, was ich schon eingangs berichtet habe, daß mit dem Energiepotential der jährlich in der Landwirtschaft immer wieder anfallenden Holz- und Stroh mengen theoretisch der gesamte Energiebedarf der landwirtschaftlichen Betriebe gedeckt werden könnte. Leider nur theoretisch, denn es wäre auch wirklich zu schön, um wahr zu sein.

Trotzdem dürfen gerade heute und in Zukunft diese "weichen" Energieträger nicht ungenutzt bleiben.

Wir Techniker und alle, die den gleichen Informationsstand haben, müssen aber der manchmal allzu begeisterungsfähigen Landwirtschaft sagen, daß für den Antrieb von Schleppern und selbstfahrenden Landmaschinen die Energiepotentiale "Holz" und "Stroh" wahrscheinlich nie und die Energieträger "Pflanzenöl" und "Pflanzenalkohol" erst nach geraumer Zeit zur Verfügung stehen werden.

So nützlich und brauchbar der Holzgas-Schlepper früher – im Energienotstand des letzten Krieges – war, so müßte heute der Konstrukteur eines 100 PS- oder 150 PS-Holzgas-Schleppers auch gleich den ganzen Konvoi mitanbieten, der den Schlepper begleiten muß, damit der nötige Nachschub an Holz-Kraftstoff zur rechten Zeit zur Verfügung steht.

Dagegen kann es für den landwirtschaftlichen Betrieb sehr nützlich sein, das eigene Holz und Stroh als alternative Energie für Heizung und Trocknung zu verwenden, wenn der Landwirt wieder bereit ist, wie früher selbst Hand anzulegen und auch seine persönliche Energie dafür einzusetzen.

Die Landtechnik aber ist auch hier wiederum aufgerufen, den Wirkungsgrad und den Bedienungskomfort für die Holz- und Strohverbrennung dem allgemeinen Stand der Technik anzugleichen.

Die Aufbereitung und Lagerung der Festbrennstoffe, die Beschickung der Anlagen, die automatische Brennstoffzuführung und nicht zuletzt die Umweltfreundlichkeit nach dem Immissionschutzgesetz müssen noch so weit verbessert werden, daß der Benutzer eine echte und vorteilhafte Alternative für sich erkennt und auch der Gesetzgeber kein "Rußhaar" in der Suppe findet. Der Bedarf an dieser alternativen Energie-Nutzung wäre sehr groß, und die Investitionen würden den Schweiß der tüchtigen Landtechniker wert sein.

Bei der Umgestaltung der zukünftigen Energieversorgung wird es nicht nur darauf ankommen, unseren bisherigen Lebensstandard zu erhalten, sondern ebenso, den Wohlstand in den Entwicklungs-

ländern und in der Dritten Welt zu verbessern und außerdem die Lebensqualität für die kommenden Generationen sicherzustellen.

Die größten und zugleich wichtigsten Aufgaben, die uns dafür in diesem Jahrhundert noch gestellt sind, und von deren Erfüllung nicht allein unsere jetzigen Lebensgewohnheiten abhängen, sondern viel mehr noch die Lebensart und die Lebensform der nächsten Generationen bestimmt werden, sind die Versorgung einer ständig wachsenden Welt mit ausreichender Energie für ein menschenwürdiges Leben heute und morgen, die Beschaffung von wirtschaftlicher Energie für die weitere Verbesserung der Arbeitsproduktivität und die Sicherstellung einer umweltfreundlichen Energie zu Erhaltung und Verbesserung der Lebensqualität.

Bei Erschließung aller Fündigkeiten der fossilen Primärenergieträger Erdöl, Erdgas, Kohle und Uran für die Kernenergie, bei richtiger neuer Weichenstellung, vor allem für den Verbrauch von Erdöl, bei intensiver Einsparung von Rohöl durch technische und strukturelle Veränderungen, mit neuen Alternativen aus Kohle und so schnell wie möglich aus regenerativen Energien im Pflanzenbereich und aus Biomasse gibt es in friedlichen Zeiten für die friedliche Nutzung auf absehbare Zeit keinen Mangel an Energie. Aber die neuen alternativen Energieträger müssen ökonomisch gleichwertig, ökologisch sicher und arbeitstechnisch human sein.

In den nächsten zwei Jahrzehnten wird sich der Energieverbrauch weltweit verdoppeln. Ohne die Kernenergie wird man diesen Bedarf nicht decken können. Die Weltenergiekonferenz aber schätzt den möglichen Beitrag der Alternativenergien zum Gesamtverbrauch bis zum Jahr 2000 zunächst nur auf zehn Prozent.

Umsomehr müssen wir in den nächsten 20 Jahren durch kurzfristig wirksame Lösungen, wie Energiesparen im allgemeinen, Rohölsparen im besonderen, Wärmedämmung, Wärmerückgewinnung und Forcierung alternativer Energienutzung sowohl die Preisentwicklung bremsen, als vor allem für besondere Situationen den Mangel an Energie verhindern.

Die notwendigen und unabwendbaren Veränderungen bei der Energieversorgung im Bereich der Landwirtschaft sind keine Be-

drohung der landwirtschaftlichen Betriebe, aber eine Herausforderung der Landtechnik und eine Chance für die Zukunft.

Die moderne Landtechnik hat in diesem Jahrhundert schon Entscheidendes für die Entwicklung der Landwirtschaft geleistet. Die Produktivität der landwirtschaftlichen Betriebe wurde überdurchschnittlich verbessert und damit der Lebensstandard der landwirtschaftlichen Bevölkerung dem Niveau der modernen Industriegesellschaft angepaßt. Die moderne Landtechnik hat außerdem dazu beigetragen, die Produktion von Grundnahrungsmitteln so weit zu steigern und unabhängig von Wind und Wetter konstant zu halten, daß alle Völker, die mit dieser Technik arbeiten, nicht nur in ihrer eigenen Ernährung gesichert sind, sondern darüberhinaus einen großen Teil der Welt vor Hunger schützen.

Die Technik im allgemeinen und die Landtechnik im besonderen sind wieder einmal, wie so oft, aufgerufen, neue Technologien zu kreieren, mit deren Hilfe zu Beginn eines veränderten Energiezeitalters die Weichen für eine gesicherte und lebenswürdige Zukunft richtig gestellt werden.

Der Weg in eine energiegesicherte Zukunft ist kein Pfad zurück in die Natur. Das wäre eine Einbahnstraße, die keine Alternative mehr zuläßt. Nur eine energiegesicherte Zukunft garantiert den echten Fortschritt, an dem alle Menschen interessiert sind und den viele auf dieser Welt noch viel notwendiger brauchen als wir.

Möglichkeiten und Grenzen zur Energieeinsparung und Nutzung eigener Energiequellen

Prof. Dr. Heinz-Lothar Wenner, Direktor des Institutes für Landtechnik und Vorstand der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik der Technischen Universität München in Weihenstephan.

Bei Betrachtung der Energiesituation für die landwirtschaftliche Produktion stehen 2 Problemkreise im Vordergrund. Auf der einen Seite wachsen die Sorgen, daß in Zukunft mit weiterhin erheblicher Preissteigerung auf dem Energiesektor zu rechnen ist, insbesondere aber, daß die Bereitstellung ausreichender Energiemengen auf zunehmende Schwierigkeiten stoßen kann. Andererseits ist der verstärkte Energieeinsatz für die Agrarproduktion als Basis für erhebliche Steigerungen der Arbeits- und Bodenproduktivität anzusehen. Denn mit wachsender Zunahme des Energieeinsatzes in der Landwirtschaft von 1950 mit etwa 18 GJ je ha LF auf ca. 38 GJ 1978 ging im gleichen Zeitraum eine Steigerung der Arbeitsproduktivität in t Getreideeinheiten je AK auf etwa den 5fachen Wert parallel (Abb. 1). Auch die Bodenproduktivität erhöhte sich in diesen 30 Jahren von unter 30 dt Getreideeinheiten/ha auf etwa 43 dt GE/ha. Hohe Arbeits- und Bodenproduktivität ist also auf starken Energieeinsatz angewiesen. Als Folge davon hat sich die Energiebilanz (Verhältnis von Energieeinsatz in direkten und indirekten Energieformen gegenüber dem Energieertrag in Form der Nahrungsmittel) von 1:2,8 auf ein Verhältnis von 1:1,8 verschlechtert; trotzdem liegt wie in keinem anderen Wirtschaftsbereich noch eine positive Energiebilanz vor, die in Zeiten der Energieverknappung Anlaß dazu sein müßte, der Landwirtschaft stets erste Priorität bei der Energieversorgung einzuräumen und sie auch in Notsituationen ausreichend mit Fremdenergie zu versorgen.

Als Ausgangspunkt für alle Überlegungen zur Energieeinsparung müssen zunächst die **Verbrauchsmengen der wichtigsten Energieträger**: Kraftstoffe, Elektrizität und Heizöl betrachtet werden. Für

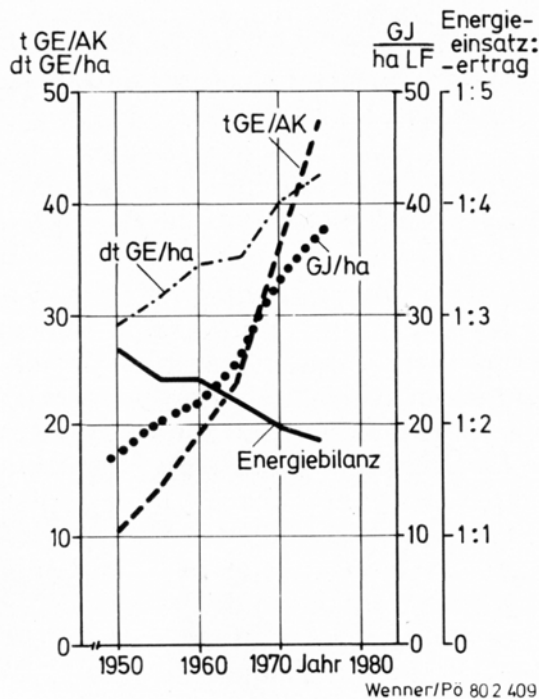


Abb. 1
Entwicklung der Arbeits- und Bodenproduktivität sowie des Energieeinsatzes und der Energiebilanz zwischen 1950 und 1976 in der BR-Deutschland

das Wirtschaftsjahr 1979/80 ergeben sich folgende Werte für den Energieeinsatz in der Agrarproduktion der Bundesrepublik Deutschland (Abb. 2): An Dieselkraftstoff werden insgesamt 1,55 Mrd l verbraucht, nach Abzug für die Forstwirtschaft und andere Bereiche verbleiben für die Agrarproduktion rd. 1,4 Mrd l. Das entspricht einer Energieverbrauchsmenge von 50,4 Mio GJ. Dieselkraftstoff kommt mit 67 % von der Gesamtverbrauchsmenge an Energie die bei weitem größte Bedeutung zu. Demgegenüber liegt die Energiemenge für den Verbrauch an Elektrizität mit 18 % von der Gesamtverbrauchsmenge bedeutend niedriger; insgesamt benötigt die Landwirtschaft 6,65 Mrd kWh, wovon jedoch ein hoher Anteil für die Privathaushalte beansprucht wird, so daß für die reine landwirtschaftliche Produktion jährlich etwa 3,8

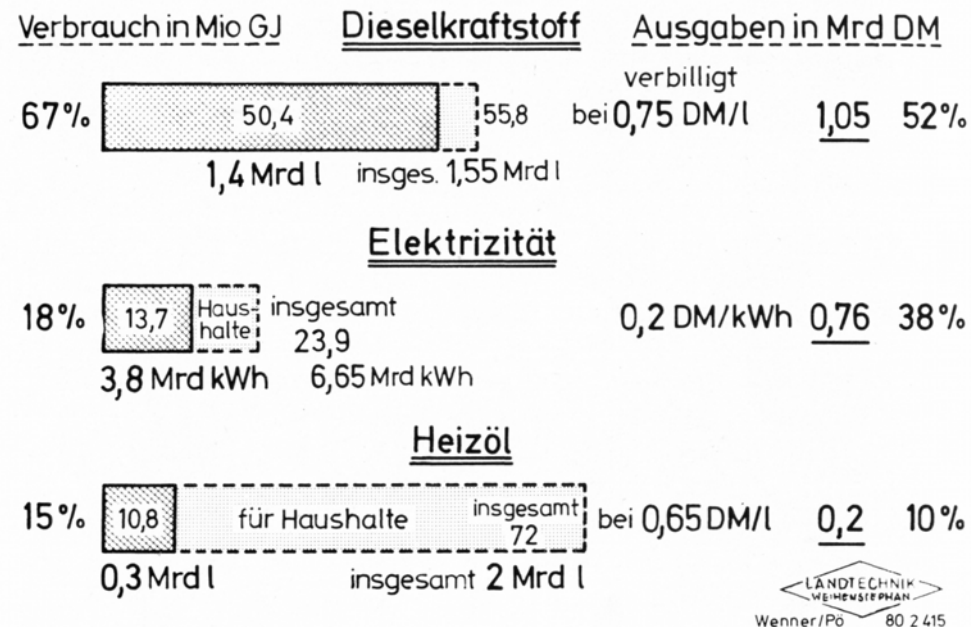


Abb. 2
Energieeinsatz für die Agrarproduktion der BR-Deutschland (Schätzung 1979/80)

Mrd kWh eingesetzt werden. Die jährlichen Verbrauchsmengen für Heizöl betragen insgesamt 2 Mrd l; da hiervon der bei weitem größte Anteil für die Versorgung der Privathaushalte erforderlich ist, bleiben für den Einsatz des Heizöles zur Agrarproduktion lediglich 0,3 Mrd l, was einer Energiemenge von 10,8 Mio GJ entspricht. Das sind dann lediglich 15 % der Gesamtverbrauchsmenge für die landwirtschaftliche Produktion.

Betrachtet man nun die **Ausgaben der Landwirtschaft für Energie**, ergibt sich ein anderes Bild. Da Dieselkraftstoff für die Landwirtschaft verbilligt mit etwa 0,75 DM/l abgegeben wird, liegen die jährlichen Ausgaben hierfür bei rd. 1 Mrd DM und damit bei 52 % der Gesamtausgaben für die Energie zur Produktion. Die Elektrizität nimmt bei durchschnittlich 0,2 DM/kWh etwa 3/4 Mrd. DM als Ausgaben ein, so daß diese Energieform etwa 38 % der Gesamtausgaben beansprucht; gegenüber den 18 % an Gesamtenergieverbrauch verursacht der Stromeinsatz also überproportional ho-



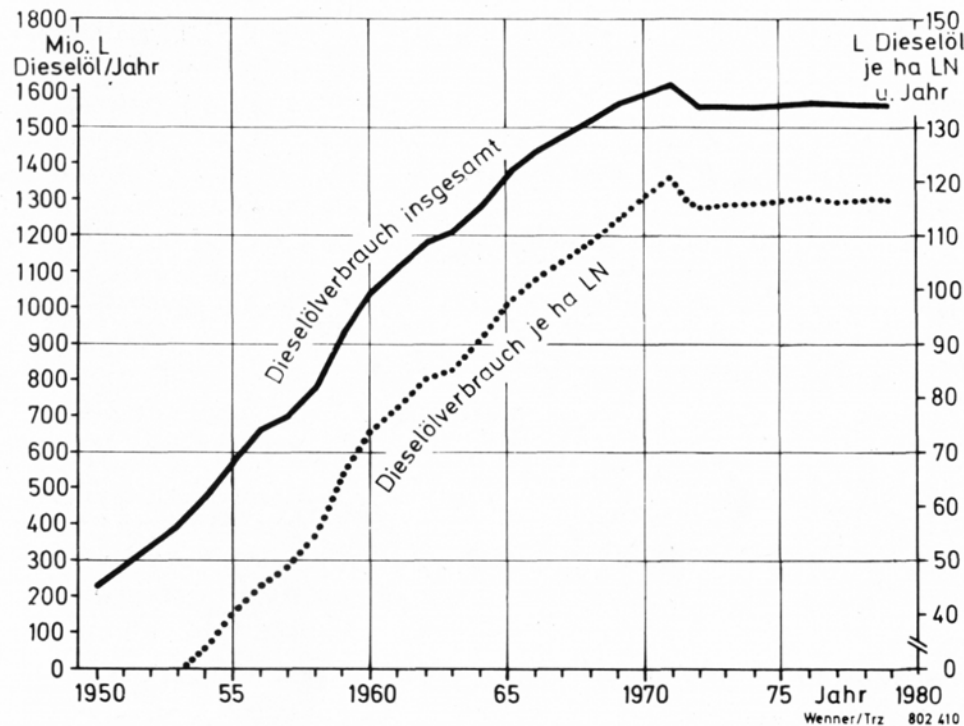


Abb. 3
Entwicklung des Dieselölverbrauches der Land- und Forstwirtschaft der BR-Deutschland

he Kosten - es handelt sich bei der Elektrizität also um eine hochveredelte und daher kostenaufwendige Energieform. Die Aufwendungen für den Heizöleinsatz zur Agrarproduktion sind bei 0,65 DM/l mit 0,2 Mrd DM je Jahr nicht sehr hoch; mit 10 % an Kosten für den Fremdenergieeinsatz besitzt Heizöl nur geringe Bedeutung. Werden die Ausgaben für diese 3 Energieträger aufaddiert, gelangt man zu einer Ausgabenhöhe von jährlich etwa 2 Mrd DM; damit beansprucht die Fremdenergie etwa 4 % der Gesamtausgaben der westdeutschen Landwirtschaft.

Im übrigen ist der Zusammenhang sehr aufschlußreich, daß die landwirtschaftliche Produktion im Rahmen der Ernährung der Bevölkerung mit nur 10 % Energieverbrauch einen recht bescheide-

nen Anteil einnimmt. Denn für die Verarbeitung und Verpackung der Lebensmittel sind etwa 37 % erforderlich, für Lagerung und Tiefkühlen etwa 18 %, für die Lebensmitteltransporte 10 % und schließlich für das Kochen und die Speisenzubereitung im Haushalt 25 %. Man kann in der Tat nicht von einem hohen Energieverbrauch der Agrarproduktion sprechen, wenn sie lediglich 10 % des Gesamtenergieverbrauches für die Bevölkerungsernährung benötigt.

Trotzdem sollten auch von landwirtschaftlicher Seite Überlegungen angestellt werden, ob bei den einzelnen Energieträgern eine weitere Steigerung des Verbrauches notwendig ist, oder ob in Zukunft Chancen eröffnet werden können, in bestimmtem Umfang Energie einzusparen. Deswegen soll zunächst der Dieselkraftstoff als wichtigster Energieträger für die Agrarproduktion dieser Fragestellung unterzogen werden (Abb. 3). Infolge der Motorisierung unserer Landwirtschaft vollzog sich von 1950 - 1969 ein fast linearer Anstieg des **Dieselölverbrauches** bis auf schließlich rd. 1,6 Mrd. l pro Jahr; jedoch verblieb in den letzten 10 Jahren der Dieselölverbrauch fast konstant auf diesem Wert. Der Dieselölverbrauch je ha LN zeigt ein gleiches Bild, ab 1969 werden etwa 115 l je ha LN im Durchschnitt verbraucht. Ein weiterer Anstieg des Dieselkraftstoffverbrauches ist völlig unwahrscheinlich, auch wenn immer leistungsfähigere Schlepper eingesetzt werden; denn diese erledigen die Arbeit je ha in kürzerer Zeit, so daß der Dieselölverbrauch je Flächeneinheit nicht zunehmen wird. Bei weiterer Verteuerung dieses Energieträgers ist in Zukunft sogar mit einer leichten Abnahme je ha LN zu rechnen.

Von besonderem Interesse ist nun jedoch die Frage, welche realistischen Ansatzpunkte sich ergeben, den **Verbrauch an Dieselkraftstoff zu reduzieren** und in welcher Höhe. Grundsätzlich muß zunächst bedacht werden, daß der energetische Wirkungsgrad bei Zugarbeiten mit dem Schlepper nur zwischen 11 und 16 % liegt; denn der Dieselmotor besitzt einen Wirkungsgrad von ca. 32 %, und die Leistungsübertragung vom Motor bis zum Zughaken weist einen nutzbaren Leistungsanteil von nur 35 - 50 % auf. Eine Verminderung des Dieselölkraftstoffverbrauches läßt sich in vier Bereichen erzielen (Abb. 4). Beim Schleppermotor höherer Leistung bringt die Verwendung der Turboaufladung eine Reduzie-

1. Schleppermotor : 32% energetischer Wirkungsgrad

Direkteinspritzung, 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, Diagonalreifen	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

a) Getreide- und Körnermaisbau ~ 105l/ha

15	43	10	19	18	= 105l/ha	
Stoppel- umbruch	Bodenbearbeit. u. Bestellung	Düngung u. Pfla.schutz	Ernte Mähr.	Transport u. Fahrten		-24%
6	34	10	17	13	= 80l/ha	

b) Zuckerrübenanbau ~ 210l/ha

15	49	18	75	42	11	= 210l/ha	
Stoppel- umbruch	Bodenbearbeit. u. Bestellung	Düngung u. Pflege	Ernte BKR	Laden, Abfuhr, Fahrten	Blatt- ernte		-19%
6	42	15	66	33	8	= 170l/ha	

c) Grünlandnutzung Heu ~ 52 Silage ~ 68l/ha

8	44	= 52l/ha	8 + 60	= 68l/ha	
Pflege u. Düngung	Heuwerbung u. Ernte		Silofutterernte		-48%
6	36	= 42l/ha	6 + 29	= 35l/ha	

Wenner/Trz 802 253

Abb. 4
Möglichkeiten zur Einsparung von Dieselmotorkraftstoff

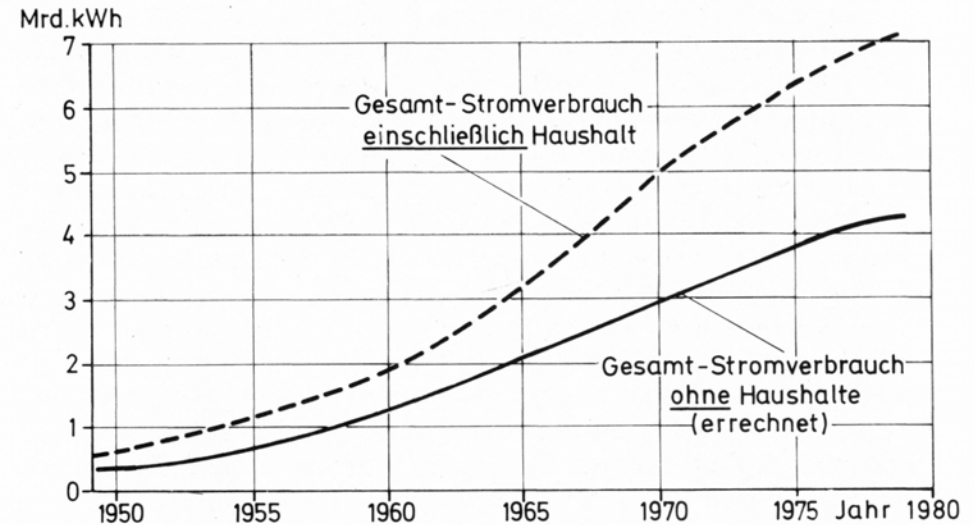


Abb. 5
Entwicklung des Jahres-Strom-Verbrauches der westdeutschen Landwirtschaft (nach VDEW)

Entwicklung des Kraftstoffverbrauches um etwa 5 %, bei Turboaufladung und zusätzlich Ladeluftkühlung um etwa 8 %. Die verbesserte Motortechnik kann also einen wesentlichen Beitrag zur Dieselmotoreinsparung leisten.

Infolge der hohen Verluste bei der Leistungsübertragung kommt diesem Bereich besondere Bedeutung zu. Hier bringt der Allradantrieb eine wesentliche Verbesserung. Insbesondere muß jedoch ein vermehrter Übergang zur Zapfwellenarbeit empfohlen werden, da hierdurch gegenüber der reinen Zugarbeit Einsparungsmöglichkeiten an Dieselmotöröl von 8 bis herauf zu 25 % möglich sind. In erster Linie ist es die Bodenbearbeitung, die mit Hilfe der Zapfwellengeräte wesentlich energiesparender durchgeführt werden könnte. Aber auch der richtigen Leistungsanpassung zwischen Schlepper und Gerät kommt große Bedeutung zu; liegt immer ein hoher Motorauslastungsgrad von 60 - 90 % vor, wären Dieselmotoreinsparungen von 5 - 20 % erreichbar. Der Geräteleistungsbedarf sollte also optimal auf die Schlepperleistung abgestimmt sein.

Große Schwankungen im Dieselölverbrauch treten in der Praxis dadurch auf, daß unterschiedliche Arbeitsverfahren angewandt werden. So ist beim Getreide- und Körnermaisbau im Durchschnitt mit einem Verbrauch von etwa 105 l/ha zu rechnen. Durch Änderung der Arbeitsgänge zum Stoppelumbruch sowie durch den Übergang zur Bestellsaat und durch große Transportkapazitäten kann eine Reduzierung auf etwa 80 l/ha - also rd. 24 % - möglich werden. Im Zuckerrübenanbau wird der größte Dieselölverbrauch durch die Ernte verursacht; auch hier sind Einsparungen bis zu 19 % erzielbar. Ebenso schwanken die Verbrauchswerte für Dieselkraftstoff in der Heuernte bzw. für die Gewinnung von Anwelksilage beträchtlich, je nachdem ob energiesparende Ernteverfahren mit dem Ladewagen und einfacher Beschickung der Bergeräume angewandt werden, oder aber ob der Feldhäcksler zur Futtergewinnung eingesetzt wird und die Einlagerung mit Gebläsen erfolgt. Diese alternativen Produktionsverfahren werden jedoch wegen ganz spezifischer Vorteile gewählt, wie hohe Schlagkraft, geringe Verlusten u.a.m.. Eine Änderung der Arbeitsverfahren mit dem Ziel, wesentlich an Dieselkraftstoff einzusparen, darf jedoch in keinem Fall zu einer Verminderung der Erträge führen. Denn die Kostenbelastungen durch Dieselkraftstoff sind nahezu unbedeutend gegenüber den Vorteilen bester Arbeitsqualität und hoher Erträge. Wenn beispielsweise 10 cm tiefer gepflügt werden soll, nimmt der Dieselkraftstoffverbrauch bei mittleren Bodenverhältnissen um etwa 10 l/ha zu; bei augenblicklichen Dieselkraftstoffpreisen entstehen dadurch Mehrkosten von ca. 8 DM/ha, was geldmäßig einen Mindestmehrertrag von etwa 20 kg Getreide/ha entspricht. Dieses Beispiel zeigt deutlich, daß das Erreichen hoher Erträge eindeutig Vorrang hat gegenüber gewissen Einsparungen an Kraftstoff.

Gegenüber dem Dieselkraftstoffeinsatz für die Agrarproduktion ergibt sich bei der **Verbrauchsentwicklung des elektrischen Stromes** ein anderes Bild (Abb. 5). Der Gesamtstromverbrauch der westdeutschen Landwirtschaft einschließlich ihrer Privathaushalte ist durch eine unterschiedliche Steigerung gekennzeichnet, wobei in den letzten 20 Jahren beträchtliche Zunahmen zu verzeichnen sind. Auch in Zukunft muß mit Zuwachsraten von etwa 3 - 5 % per anno gerechnet werden. Diese Zunahmen werden in erster

Linie durch die verstärkte weitere 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 Mechanisierungsnachholbedarf besteht. Aufgrund von vielfachen Modellrechnungen wurde deutlich, daß alle modernen Verfahren der Veredelungsproduktion in ihrem Strombedarf weit höher liegen als der Durchschnitt unserer westdeutschen Viehhaltungsbetriebe. Folglich wird die Tendenz zu weiter steigendem Stromverbrauch anhalten.

Jedoch auch beim Einsatz der **Elektrizität** zur Agrarproduktion eröffnen sich einige Möglichkeiten zur **Einsparung** (Abb. 6). Ohne auf Einzelheiten einzugehen, sind Einsparungsmaßnahmen insbesondere bei der Rindviehhaltung von großer Bedeutung, da für diesen Produktionszweig 68 % des Gesamtstromverbrauches der Agrarproduktion benötigt werden. Je nach Änderung der Produktionstechniken wären teilweise beträchtliche Einsparmöglichkeiten an Elektroenergie möglich, die jedoch letztlich nicht überbewertet werden dürfen. Denn auch 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 evtl. mäßigen Anstieg ist es nur in einigen wenigen Bereichen betriebswirtschaftlich sinnvoll, den Stromverbrauch zu vermindern. Ein übertriebener Wunsch des Energiesparens darf jedoch in keinem Falle zur Verschlechterung der Produktionsbedingungen führen, weil Nachteile auf der Ertragsseite kostenmäßig in der Regel nicht ausgeglichen werden können.

Als dritter wichtiger Fremdenergieträger weist der **Verbrauch an Heizöl** einen anderen Verlauf auf (Abb. 7); nennenswerte Verbrauchsmengen an Heizöl traten in der westdeutschen Landwirtschaft erst Anfang der 60er Jahre auf, jedoch wurde innerhalb weniger Jahre die Kohle fast ganz verdrängt. Erhebliche jährliche Steigerungsraten - fast gleichförmig - kennzeichnen den Heizölverbrauch von 0,2 Mio t/Jahr auf heute über 2 Mio t. Vom Gesamtverbrauch entfallen jedoch nur etwa 15 % auf die landwirtschaftliche Produktion, während der Hauptanteil von Heizung und Warmwasserbereitung für die Wohnhäuser beansprucht wird. Da

Rindviehhaltung 68%

Milchvieh

im Anbindestall ca. 380 kWh/Kuh u.a.

Milchwärme zur Heißwasserber. -130 kWh = -34%

im Laufstall ca. 370 kWh/Kuh u.a.

Milchwärme zur Heißwasserber. -90 kWh = -24%

Traufen - Firstlüftung -70 kWh = -19%

Bullenmast

im Spaltenbodenstall ca. 126 kWh/Mastpl. u.a.

Traufen - Firstlüftung -61 kWh = -48%

(Kalttränke Kälber -30 kWh = -24%)

Schweinehaltung 26%

Schweinemast

ca. 45 kWh/Mastplatz u.a.

(Traufen-Firstlüftung -29 kWh = -65%)

Zuchtsauenhaltung

ca. 505 kWh/Zuchtsau u.a.

elektr. Bodenheizung -140 kWh = -28%

Frühabsetzen d. Ferkel -70 kWh = -14%

(aber mehr Ölheizung für Ferkelstall)

Abb. 6

Möglichkeiten zur Einsparung von Elektrizität (Durchschnittsverbrauch etwa 325 kWh/ha LF und Jahr)

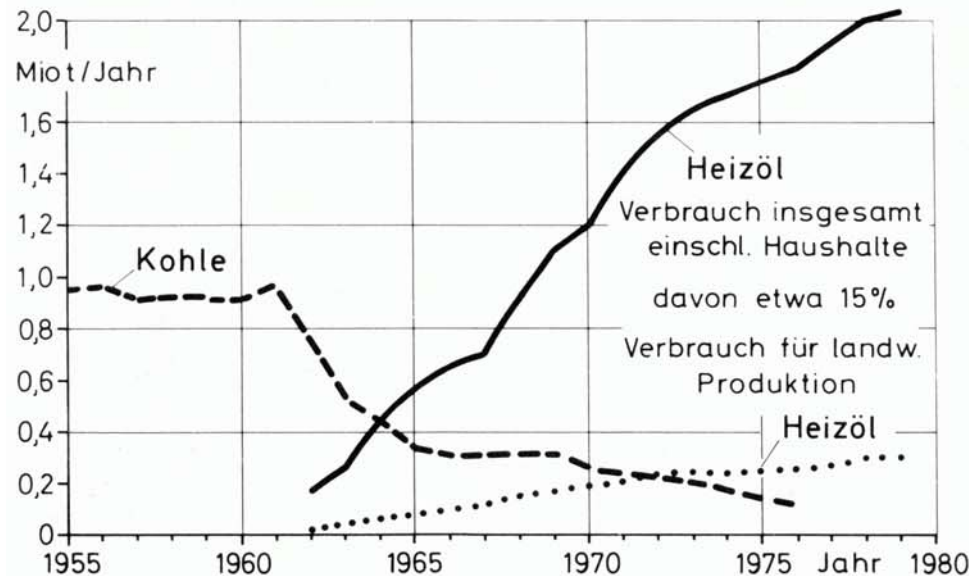


Abb. 7

Entwicklung der Verbrauchsmengen für Heizöl und Kohle in der Landwirtschaft der BR-Deutschland

jedoch die Preise für Heizöl insbesondere in letzter Zeit stark anstiegen, wird man sicherlich in Zukunft mit konstanten oder sogar abnehmenden jährlichen Verbrauchsmengen rechnen können.

Einsparmaßnahmen bei Heizöl sind besonders für diejenigen Betriebe von Bedeutung, die Trocknungsanlagen auf Heizölbasis betreiben und durch die letzten Energiepreissteigerungen enormen Kostenbelastungen unterliegen (Abb. 8). So beträgt der Heizölverbrauch etwa 610 l je ha Grünland, wenn 100 dt Trockenmasse je ha getrocknet werden müssen von 40 % Erntefeuchte auf 18 % Lagerfeuchte; allein in diesem Fall treten 400 DM/ha Energieunkosten auf. Bei der Halmgut-Satztrocknung oder gar bei der Heißlufttrocknung steigern sich diese Werte auf den 3 - 6fachen Betrag! Nur durch Verminderung der Erntefeuchte oder durch alternative Konservierungsverfahren, wie Anwelksilagebereitung, läßt sich hier Abhilfe schaffen. Auch die Körnermaistrocknung ist inzwischen durch hohe Energiekosten stark belastet, während bei der Getreidetrocknung durch die geringeren Wasserentzugsmengen noch nicht so hohe Kosten auftreten. Schlagkräftigere Ernteverfahren mit dem Ziel, nur bei günstigen Bedingungen mit geringerer Kornfeuchte zu ernten, vermögen den Energieverbrauch für die Nachtrocknung erheblich zu reduzieren. Ersparnisse bei der Stallheizung können durch bessere Wärmedämmung der Stallwände und -decken erreicht werden.

Diese aufgezeigten Möglichkeiten zur Heizöleinsparung besitzen insbesondere wegen der möglichen Kostenverminderung Bedeutung, zumal weiterhin mit schnell steigenden Heizölpreisen zu rechnen ist. Als Ausweg verbleibt weiterhin die Möglichkeit, in größerem Umfang Heizöl durch alternative Energiequellen zu ersetzen, die sich in der Landwirtschaft anbieten. So verdienen alle Bemühungen, neben der Eingrenzung des Energieverbrauchs für die Agrarproduktion auch **alternative Energiequellen zu erschließen**, besonderes Interesse. Denn in der Landwirtschaft bieten sich hierzu größere und vielfältigere Möglichkeiten als in anderen Wirtschaftsbereichen.

Aus der Vielfalt der heute stark diskutierten Ansätze zur Nutzung anderweitiger Energiequellen können nur die wichtigsten Lösungen kurz angedeutet werden. Die **Verwertung brennbarer Abfall-**

Halmgutttrocknung 100 dt TM/ha
mit Heubelüftung Δt 8 K

Erntefeuchte 40% = 610 l Heizöl/ha
 ————— 35% = 445 ————— = -27%
 ————— 30% = 292 ————— = -52%

mit Satz-trocknung Δt 45 K

Erntefeuchte 60% = 1860 l Heizöl/ha
 ————— 50% = 1.168 ————— = -37%
 ————— 40% = 703 ————— = -62%

mit Heißluft-trocknung Δt 800 K

Erntefeuchte 82% = 4.087 l Heizöl/ha
 ————— 70% = 2.170 ————— = -47

Brüdenrückführung -12
 Rekondensation der Abluftfeuchte -35

Körnermaistrocknung 65 dt ha
Erntefeuchte 45% = 507 l Heizöl/ha

————— 40% = 390 ————— = -23%
 ————— 35% = 300 ————— = -40%

bessere Endfeuchtere-gelung -3%
 Umluftbetrieb beim Durchlauf-trockner -10%

Getreide-trocknung 50 dt/ha

Erntefeuchte 25% = 130 l Heizöl/ha
 ————— 20% = 70 ————— = -46%

Trocknung auf nur 16% Lagerfeuchte -30%
 Umluftbetrieb beim Durchlauf-trockner -10 bis 15%

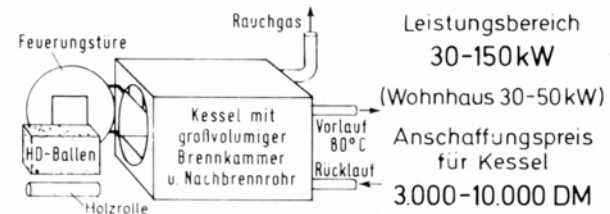
Stallheizung für Jungtiere u. Geflügel
 bessere Wärmedämmung -20 bis 30%
 des Stalles

Abb. 8
Möglichkeiten zur Einsparung an Heizöl

stoffe, insbesondere von **Stroh und Holz**; wird in Zukunft sicher-lich von allen alternativen Möglichkeiten die erste Stellung einneh-men, und zwar aus folgenden Gründen: Der Energieinhalt dieser Stoffe wird im Lager gespeichert, so daß Heizenergie immer dann bereitgestellt werden kann, wenn sie gebraucht wird; auch lassen sich Heizleistungen bis zu höchsten Ansprüchen befriedigen. Alle anderen alternativen Energiequellen besitzen demgegenüber den Nachteil, daß nur täglich kleine Energiemengen anfallen, die für die meisten Verbraucher nicht ausreichen; eine Energiespeiche-rung wäre jedoch mit beträchtlichen zusätzlichen Kosten verbun-den. Auch die Tatsache, daß Stroh in erheblichem Umfange inzwi-schen in der westdeutschen Landwirtschaft untergepflügt wird, also ebensogut auch zur Verbrennung zur Verfügung stehen wür-de, unterstreicht die zunehmende Bedeutung dieses ständig nach-wachsenden Energieträgers. Dabei entspricht 1 ha Stroh der be-trächtlichen Heizölmenge von ca. 1600 l.

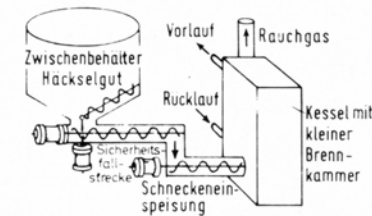
Die inzwischen der Praxis angebotenen Feuerungsanlagen für Stroh und Holz werden entweder mit absetziger Brennstoffnach-führung für kleine bis mittlere Leistungen, oder aber mit kontinu-

Kessel mit absätziger Brennstoffnachführung



Leistungsbereich
30-150 kW
(Wohnhaus 30-50 kW)
Anschaffungspreis
für Kessel
3.000-10.000 DM

Kessel mit kontinuierlicher Brennstoffnachführung



Leistungsbereich
30-1.000 kW
Anschaffungspreis
18.000-120.000 DM

Lagerraumbedarf:	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. 9
Feuerungsanlagen für Stroh und Holz (Heizwert: 15 000 kJ/kg Stroh; 16 000 kJ/kg Holz; 42 000 kJ/kg Heizöl. Aschegehalt bei Stroh 5 %, bei Holz 0,5 %)

ierlicher Brennstoffnachführung (also ohne größeren Arbeitsauf-wand) für mittlere bis hohe Leistungsbereiche betrieben (Abb. 9). Nachteilig wirkt sich bei Stroh der relativ große Lagerraumbedarf aus, während bei Holz in dieser Beziehung geringere Ansprüche zu stellen sind. Ferner treten noch Probleme mit den vorgeschriebe-nen höchstzulässigen Emissionswerten auf, so daß intensive Wei-terentwicklungen erforderlich sind.

Welche Chancen die Verwertung von Stroh und Holz zur Energie-gewinnung besitzt, zeigt ein einfacher Vergleich mit einer Wohn-hausbeheizung auf Heizölbasis (Abb. 10). Wenn ein größeres Wohnhaus für 6 Personen jährlich gut 7500 l Heizöl verbraucht,

dann wären für den gleichen Wärmebedarf lediglich 180 dt Stroh = etwa 4,5 ha erforderlich; bei einer Heizung mit Holz reichen für den gleichen Fall etwa 45 rm Holzrollen oder gut 70 rm Hack-schnitzel. Für eine größere Anzahl landwirtschaftlicher Betriebe ließe sich also in Zukunft der Wärmebedarf für das Wohnhaus über die Abfallstoffe Stroh und Holz decken.

Besonders deutlich wird diese Möglichkeit, wenn Modellrechnungen für spezifische Betriebsverhältnisse durchgeführt werden (Abb. 11). So würde ein 20 ha-Betrieb mit 12 ha Getreideanbau und 5 ha Körnermais eine Strohfäche von 7 ha (etwa 280 dt Stroh) benötigen, um den Wärmebedarf von Wohnhaus, Körnermais- und Getreidetrocknung sowie für die Heizung des Vormaststalles für die Schweinemast bereitzustellen. Bei einer überschlägigen Kostenrechnung und Heizölpreisen von 0,6 DM je l würde bereits eine jährliche Kosteneinsparung von knapp 1300 DM zu erzielen sein. Auch in einem größeren Betrieb (Abb. 12) mit erheblichem Wärmebedarf für eine Brennerei sind beträchtliche Kosteneinsparungen erreichbar, selbst wenn für die Strohfue- rung mit kontinuierlicher Beschickung sehr hohe Investitionen an- fallen. Als Fazit dieser Berechnungsbeispiele verbleibt, daß schon heute bei einem Heizölpreis von 60 Pf/l die Nutzung von Abfall- stroh und -holz durchaus sinnvoll sein kann; das gilt besonders dann, wenn hohe Wärmeansprüche zu befriedigen sind und wenn mit nur einer Kesselanlage sämtliche Verbrauchsstellen bedient werden können. Bei weiter zu erwartenden Heizölpreissteigerun- gen kommt der Verwertung von Stroh und Holz also wachsende Bedeutung zu.

Seit einiger Zeit wird weiterhin die **Erstellung von Biogas-Anlagen** heftig diskutiert und von mancher Seite auch bereits empfohlen. Biogas entsteht durch Faulung unter anaeroben Bedingungen, wobei Temperaturen von etwa 35 ° C eingehalten werden sollen. Die älteren Biogasanlagen waren nach dem Wechselbehälter- System konzipiert, das einen relativ großen Faulraum von etwa 2 cbm/GV benötigte; demgegenüber arbeiten moderne Anlagen nach dem Durchflußsystem, bei dem die Faulraumgröße auf ca. 1 cbm/GV reduziert werden konnte (Abb. 13). Die einzelnen Fabri- kate unterscheiden sich durch stehende oder liegende Faulraum-

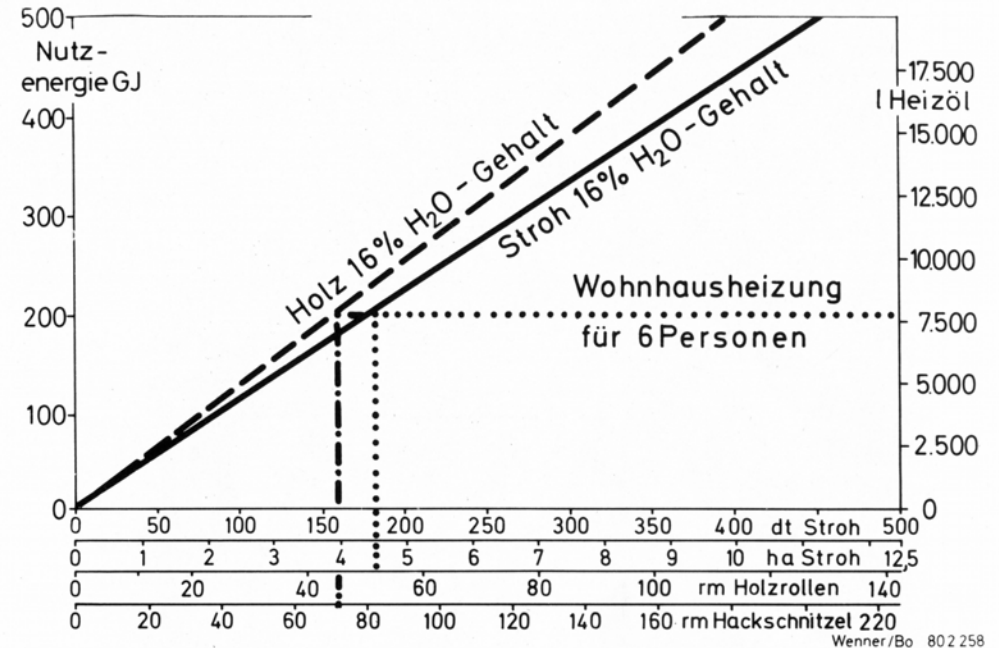


Abb. 10
Energienutzung aus Stroh und Holz (Kesselwirkungsgrad 77 %)

behälter, durch die Art der Zusatzheizung, durch unterschiedliche Rührverfahren und durch die Speicherung des gewonnenen Biogas- es entweder direkt im Faulbehälter oder aber in einem separaten Gasometer.

Der Energiegewinn bei Biogasanlagen hängt von einigen wesentli- chen Einflußfaktoren ab (Abb. 14). Während im Sommer etwa 20 % der Prozeßenergie für die Aufheizung benötigt wird, sind es im Winter 40 % — allerdings stark abhängig von der Wärmedäm- mung des Faulraumes. Kleinere Anlagen besitzen in der Regel ei- nen schlechteren Wirkungsgrad als große Anlagen. Insbesondere sind die Tierart und die GV-Zahl, die jeweils täglich anfallende Gül- lemenge und der Prozentgehalt an organischer Trockenmasse ausschlaggebend. Soll beispielsweise täglich 40 m³ Biogas pro- duziert werden (das entspricht einer Energiemenge von 840 MJ, also etwa dem Wärmebedarf eines 4-Personen-Haushaltes im Winter), dann sind dazu 25 GV an Hühnern (etwa 6500 Stück)

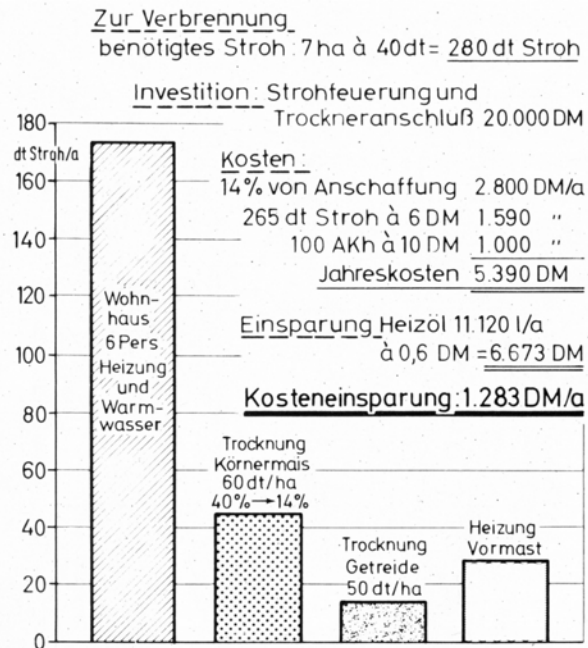


Abb. 11
Nutzung von Stroh als Brennstoff im Ackerbaubetrieb (20 ha LF; 12 ha Getreide, 5 ha Körnermais; 3 ha Zuckerrüben. Schweinemast mit 250 Mastplätzen)

oder 75 GV Mastschweine (etwa 700 Stück) oder letztlich 82 GV Rinder (63 Kühe mit Nachzucht) erforderlich. Bei höheren Wärmeansprüchen müssen entsprechend größere Tierbestände zur Verfügung stehen.

Moderne Biogasanlagen benötigen je nach Größe und Ausführung einen Investitionsaufwand von 1000 bis 2000 DM/GV; die Wirtschaftlichkeit derartiger Anlagen hängt jedoch entscheidend von der sinnvollen Nutzung der tagtäglich anfallenden Energiemenge ab. Das wird anhand von Beispielsrechnungen besonders deutlich. In einem 25 ha Grünlandbetrieb mit 40 GV an Milchvieh liegt die Netto-Gaserzeugung im Durchschnitt bei rund 0,65 m³/GV und Tag – in den Sommermonaten etwas höher, im Winter niedriger (Abb. 15). Dieser Netto-Gaserzeugung über die Monate hin steht nun ein sehr unterschiedlicher Energiebedarf des Betriebes

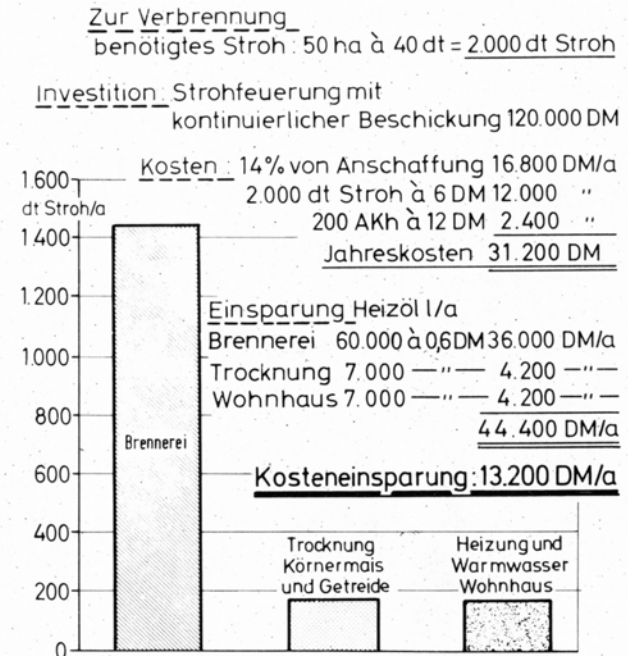


Abb. 12
Nutzung von Stroh als Brennstoff im Ackerbaubetrieb (140 ha LF; 70 ha Getreide; 10 ha Körnermais; 30 ha Silomais; 30 ha Kartoffeln. Bullenmast; Brennerei mit 1000 hl/a)

gegenüber. In den Wintermonaten reicht die Biogaserzeugung nicht zur Deckung des Wärmebedarfes im Wohnhaus, für die Heutrocknung in den Sommermonaten liegt ebenfalls ein Fehlbedarf an Energieanlieferung vor. In einigen Monaten wiederum kann die erzeugte Biogasenergie nicht genutzt werden. Das führt letztlich dazu, daß von der insgesamt erzeugten Gasmenge nur 85 % zur Einsparung an Heizöl verwendet werden können. Unterstellt man normale Abschreibung und Verzinsung sowie entsprechende Betriebskosten, dann dürfte für diesen Betrieb bei einem Heizölpreis von 0,6 DM/l die Investitionshöhe einen Betrag von 720 DM/GV nicht übersteigen; bei einem Heizölpreis von 1 DM/l wäre es eine maximale Investitionshöhe von 1200 DM pro GV. Bei diesem Beispiel wäre also dann, wenn die Anlagekosten sehr niedrig sind und

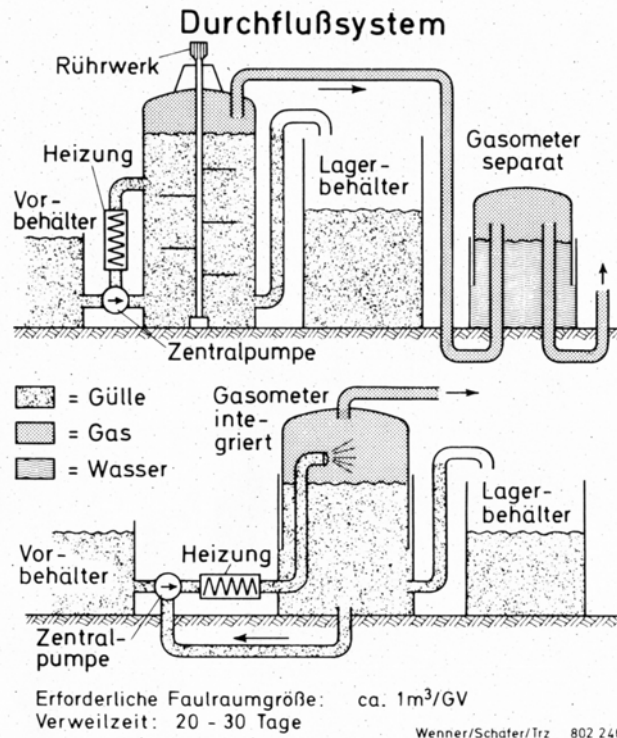


Abb. 13
 Funktionsschema von Biogas-Anlagen (Biogas: 60 - 70 % Methan CH_4 + 30 - 40 % CO_2 ; Heizwert $H_U = 21 - 25 \text{ MJ pro m}^3$; mesophile Faulung bei etwa 35°C)

die Heizölpreise weiter steigen, in Zukunft mit einer gewissen Wirtschaftlichkeit zu rechnen.

Ein zweites Beispiel, ein 40 ha Schweinemastbetrieb mit 630 Mastplätzen, macht jedoch deutlich, daß in vielen Fällen der landwirtschaftlichen Produktion mit nur geringerer Gasnutzung zu rechnen ist (Abb. 16). In diesem Beispiel werden nur gut 60 % des erzeugten Biogases sinnvoll genutzt, so daß die maximalen Investitionen zur Erreichung der Wirtschaftlichkeit zwischen 600 und 900 DM/GV liegen. Ein derartig geringer Kapitalbedarf für eine voll funktionsfähige Biogasanlage dürfte jedoch nur sehr schwierig zu erreichen sein.

Die zukünftige Bedeutung von Biogasanlagen wird also wesentlich eingeschränkt durch die Schwierigkeit, daß unsere Verede-

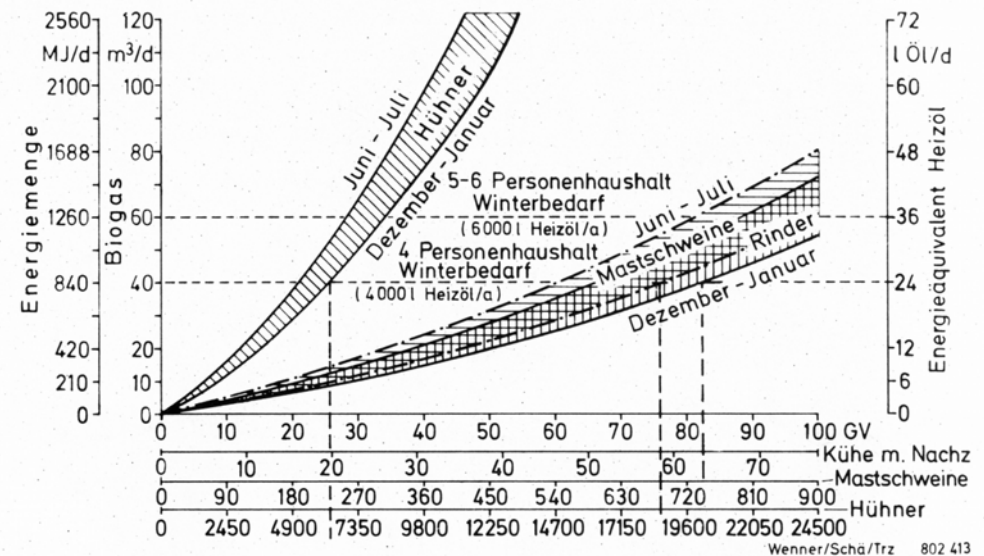


Abb. 14
 Netto-Biogaserzeugung in Abhängigkeit von Tierbestand und Jahreszeit

lungsbetriebe in vielen Fällen diese gleichmäßig Tag für Tag anfallende Energie nur unzureichend nutzen können, um durch entsprechend hohe Einsparungen bei Heizöl in den wirtschaftlich sinnvollen Bereich zu gelangen. Erst dann, wenn es gelingen würde, auf kostengünstigste Art die Biogasenergie für einen längeren Zeitraum zu speichern, würde dieser alternativen Energiequelle größere und allgemeine Bedeutung zukommen. Die gleichmäßige Nutzung von Biogas zur Stromerzeugung ist infolge hoher Investitionen für Verbrennungsmotor und Generator ebenfalls augenblicklich noch keine Lösung, ganz abgesehen davon, daß eine Stromeinspeisung in das öffentliche Netz nur mit niedrigen Preisen honoriert wird.

Als weitere wichtige Chance, alternative Energiequellen in der Landwirtschaft zu erschließen, muß die **Nutzung verfügbarer Wärmepotentiale** angesehen werden, und zwar in der Regel **mit Hilfe der Wärmepumpe**. Denn durch die Tierhaltung steht biogene Wärme in beträchtlichem Umfang zur Verfügung (Abb. 17). Das Wärmepotential aus Gülle, Stallluft und Milch liegt mit rund 15 bis 25°C relativ hoch, während für die Nutzung anderer Umwelt-

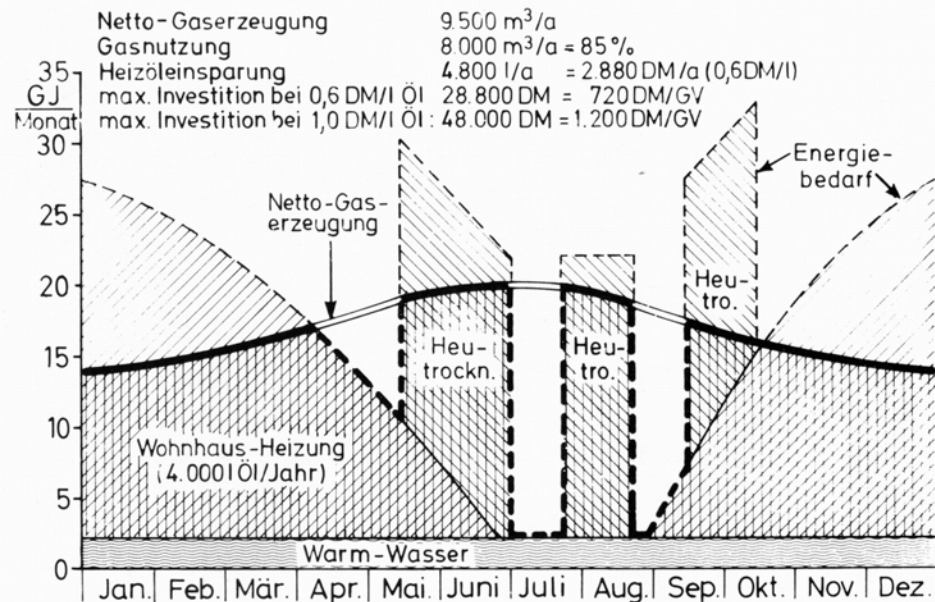


Abb. 15
Berechnung für eine Biogasanlage im Grünlandbetrieb mit Milchvieh (25 ha LF; 40 GV; 5 ha Silage; Trocknerleistung 50 dt Trockengut/8 Tage)

wärme nur niedrigere Temperaturstufen zur Verfügung stehen. Als Folge davon lassen sich beim Einsatz der Wärmepumpe in landwirtschaftlichen Betrieben relativ hohe Arbeitszahlen erreichen. So ergeben sich insbesondere bei Gülleabwärme und bei der Abwärme der Stallluft berechnete Chancen, dieses Wärmepotential zur Wohnhausbeheizung und auch zur Trocknung von Heu zu nutzen (Abb. 18). Mit einem 10 kW Antriebsmotor der Elektrowärmepumpe kann bereits viel erreicht werden, sofern genügend große Tierbestände ausreichend Abwärme liefern. Beim Einsatz des Verbrennungsmotors zum Antrieb der Wärmepumpe würden im übrigen 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.

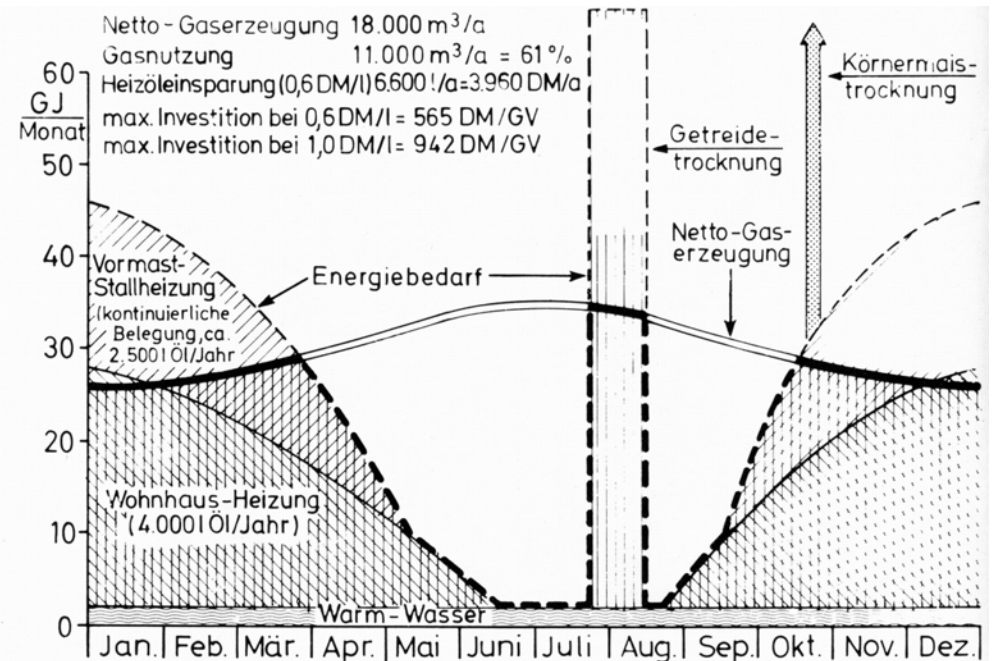
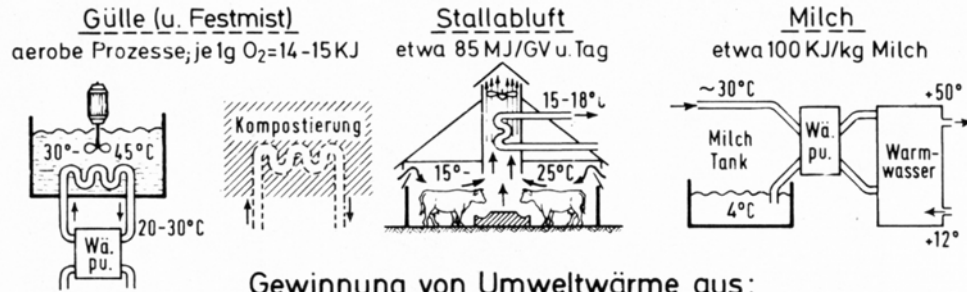


Abb. 16
Berechnung für eine Biogasanlage im Schweinemastbetrieb mit Getreidetrocknung (40 ha LF; 70 GV - 630 Mastplätze; 30 ha Getreide; 10 ha Körnermais)

Ein weiterer Bereich, alternative Energiequellen für die Landwirtschaft zu erschließen, ist die **Gewinnung von Solarwärme mittels Kollektoren**. Gerade in der Landwirtschaft steht in der Regel genügend Platz zur Verfügung, um Warmwasser- oder Warmluftkollektoren aufzustellen (Abb. 19). Solarabsorber fangen die eingestrahelte Sonnenenergie auf, indem in einem Röhrensystem Wasser angewärmt oder durchströmende Kaltluft auf höhere Temperatur gebracht wird. Demgegenüber dienen Solarzellen zur Stromerzeugung, die jedoch momentan infolge des sehr hohen Kapitalaufwandes nur vereinzelt bei sehr niedrigem Stromverbrauch eingesetzt werden können – wie beispielsweise für Elektrozaungeräte.

Der Energiegewinn mit Solarkollektoren hängt im wesentlichen von 2 Faktoren ab: der Globalstrahlung in Kollektorebene je nach

Gewinnung biogener Wärme aus:



Gewinnung von Umweltwärme aus:



Abb. 17 Nutzung verfügbarer Wärmepotentiale

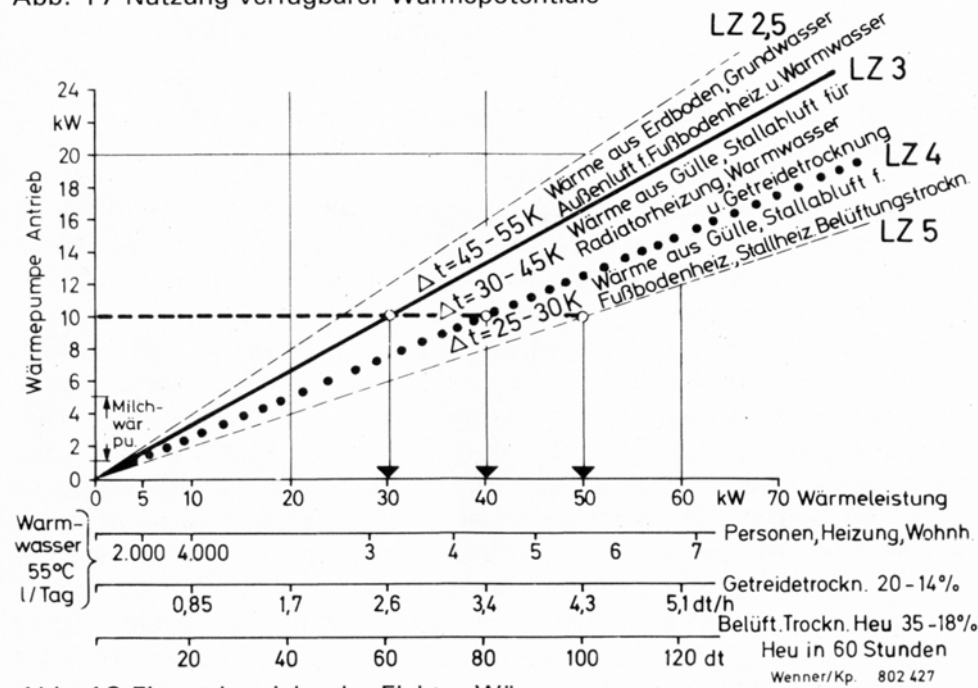
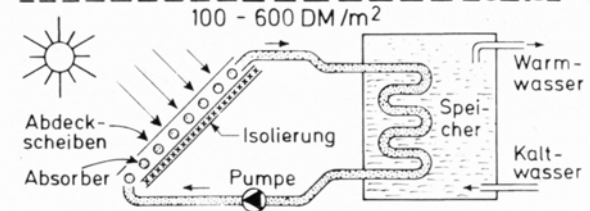
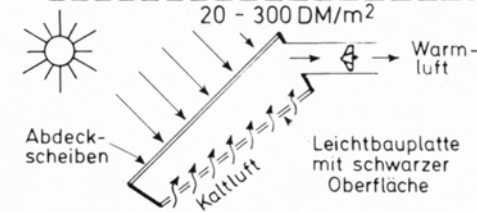


Abb. 18 Einsatzbereiche der Elektro-Wärmepumpe

Solkollektor zur Warmwassererzeugung



Solkollektor zur Warmlufterzeugung



Solarzellen zur Stromerzeugung

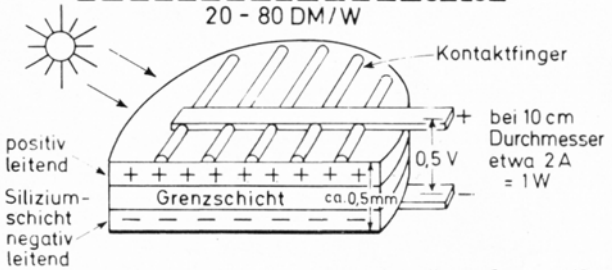


Abb. 19 Funktionsschema der Solarkollektoren und der Solarzellen

Jahreszeit und der Temperaturdifferenz zwischen Kollektorwärme und gewünschter Nutzwärme (Abb. 20). Bei nur geringen Temperaturerhöhungen für die Belüftungstrocknung im Sommer lassen sich hohe Wärmeleistungen erzielen, während gewünschte hohe Nutzwärmetemperaturen für die Radiatorheizung im Winter nur sehr geringe Nutzleistungen zulassen. Für landwirtschaftliche Betriebe ergibt sich folglich in erster Linie die Möglichkeit, Solarkollektoren für die Belüftungstrocknung sowie für die Brauchwasserbereitung einzusetzen.

Zur Berechnung der notwendigen Kollektorfläche für die Belüftungstrocknung von Heu müssen die Erntefeuchte des Halmgutes

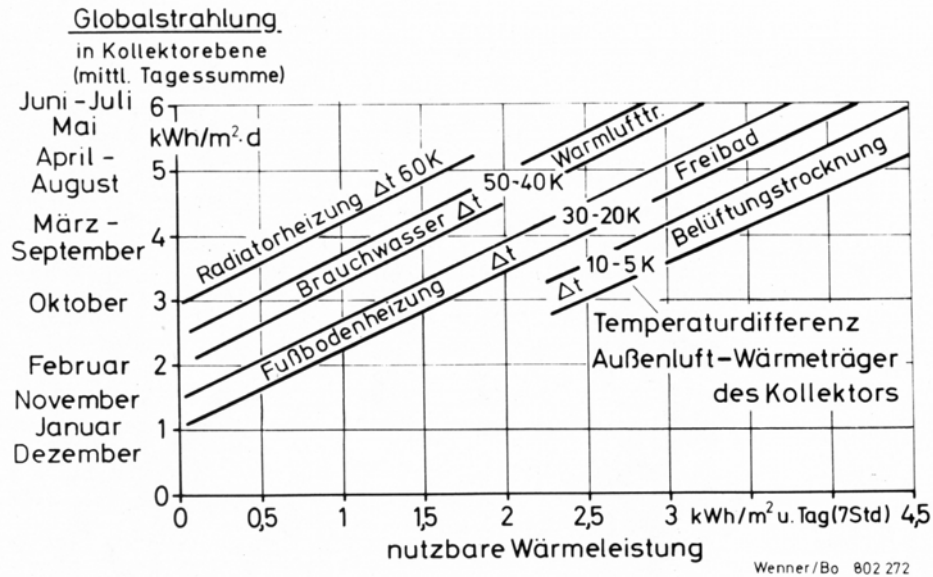


Abb. 20
Wärmegewinn mit Solarkollektoren (Weihenstephan; Kollektorneigung 30 ° bis 80 °)

sowie die Anzahl der wahrscheinlich zur Verfügung stehenden Sonnentage während der Trocknung eines Schnittes Berücksichtigung finden (Abb. 21). Wird beispielsweise Belüftungshöhe mit 40 % Erntefeuchte auf der Trocknungsanlage eingelagert, dann müssen zur Nachtrocknung von 30 dt bei 9 Sonnentagen mit je 7 Stunden etwa 35 m² Kollektorfläche installiert sein; durch diese Anlage können innerhalb der Trocknungszeit etwa 150 l Heizöl eingespart werden, bei 0,6 DM/l also 90 DM. Bei Investitionsaufwendungen von nur 30 DM/m² der Kollektoranlage treten jedoch bereits Jahreskosten von etwa 225 DM auf, bei einem Kapitalbedarf von 80 DM/m² Kollektorfläche jedoch rd. 600 DM. Folglich muß ein und dieselbe Kollektoranlage mindestens dreimal bei sehr niedrigen Investitionen, jedoch siebenmal bei hohen Anlagekosten im gleichen Jahr ausgenutzt werden, um gegenüber den heutigen Heizölpreisen wirtschaftlich zu sein. Dieses Beispiel macht deut-

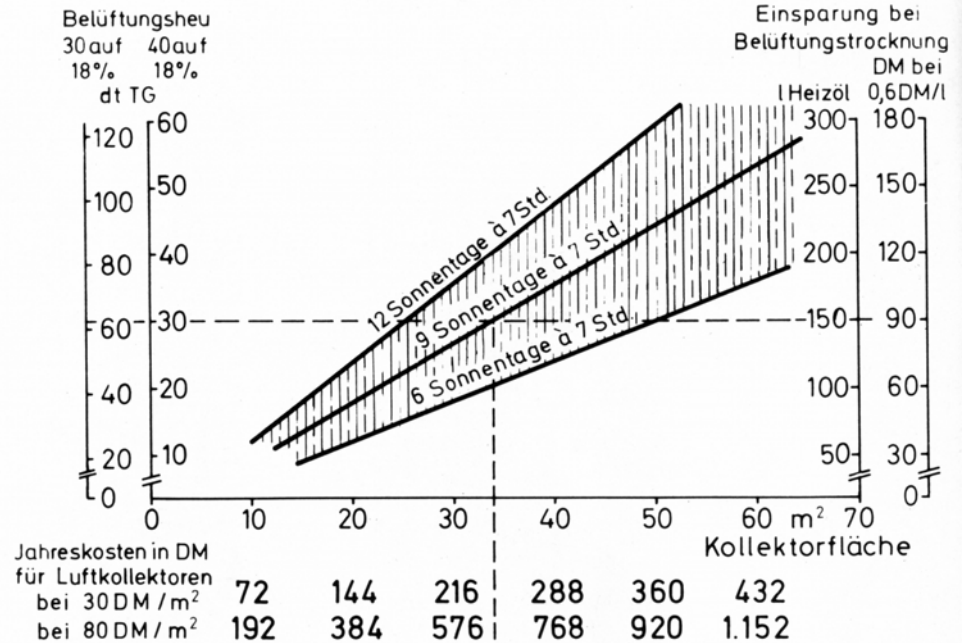


Abb. 21
Notwendige Kollektorfläche zur Belüftungstrocknung (Globalstrahlung 4 kWh/m² · d)

lich, daß unter den augenblicklichen Bedingungen nur bei sehr niedrigen Investitionen für die Solarkollektoren eine ausreichende Wirtschaftlichkeit zu erzielen ist. Das gleiche gilt für Warmwasserkollektoren zur Erzeugung von Brauchwasser, wobei hier allerdings mit einer längerfristigen Ausnutzung im Laufe des Jahres gerechnet werden kann.

Alle Lösungen für die Nutzung alternativer Energiequellen in der Landwirtschaft unterliegen also dem Zwang, daß die Investitionshöhen nur bescheiden sein dürfen, und daß eine hohe Nutzungsdauer im Jahr zur Einsparung teurer Energieträger erreicht werden muß. Somit sind alle Bemühungen sehr zu begrüßen, insbesondere den Kapitalbedarf aller Anlagen zur Erschließung alternativer Energiequellen zu vermindern. Im übrigen lassen sich auch verschiedene Möglichkeiten der Energiegewinnung kombinieren, beispielsweise Solarkollektoren mit Wärmepumpen; der dann auf-

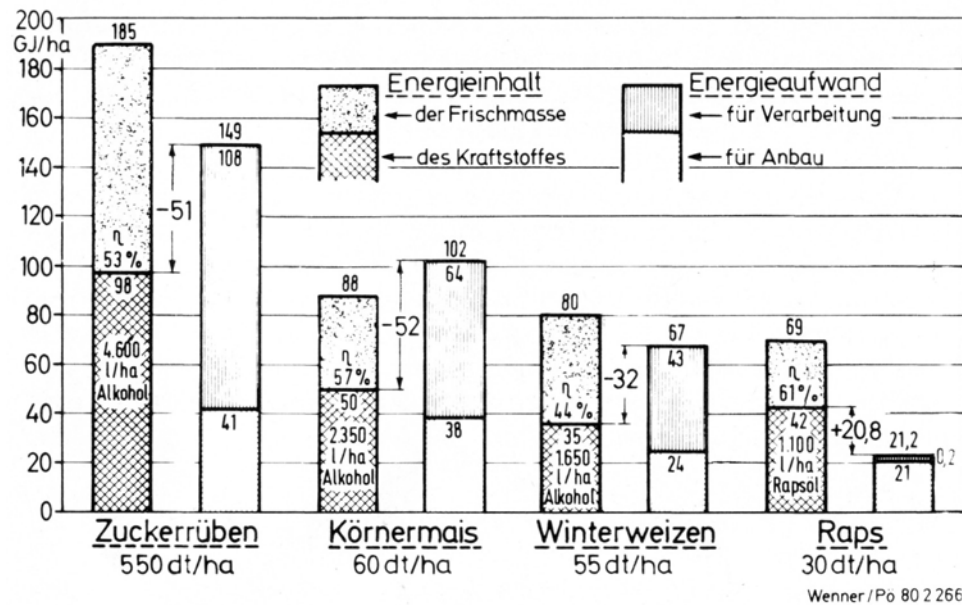


Abb. 22 Kraftstoffgewinnung aus landwirtschaftlichen Nutzpflanzen (nach Baader, Damroth, Heyland und Kochs)

treten noch höhere Investitionsbedarf ist jedoch nur bei sehr hohem Nutzgrad zu rechtfertigen. Insgesamt bieten sich jedoch in der Landwirtschaft durchaus reelle Chancen an, insbesondere den Heizölverbrauch mit Hilfe der skizzierten Lösungen zu reduzieren. Ein besonderer Bereich zur Erschließung anderweitiger Energiequellen ist die **Gewinnung von Gärungsalkohol aus landwirtschaftlichen Nutzpflanzen**, also die Produktion von Äthanol. Die Herstellung von Biosprit aus Agrarprodukten spielt bereits in Brasilien und anderen überseeischen Ländern eine größere Rolle, hier allerdings unter spezifischen Voraussetzungen. Auch in Westdeutschland wird die Erzeugung von Biosprit heftig diskutiert; würde doch neben der Gewinnung hochwertiger Energieträger der Vorteil damit verbunden sein, lästige Produktionsüberschüsse zu beseitigen. Jedoch müssen einige wichtige Zusammenhänge beachtet werden, die für die Produktionsbedingungen in Mitteleuropa maßgebend sind.

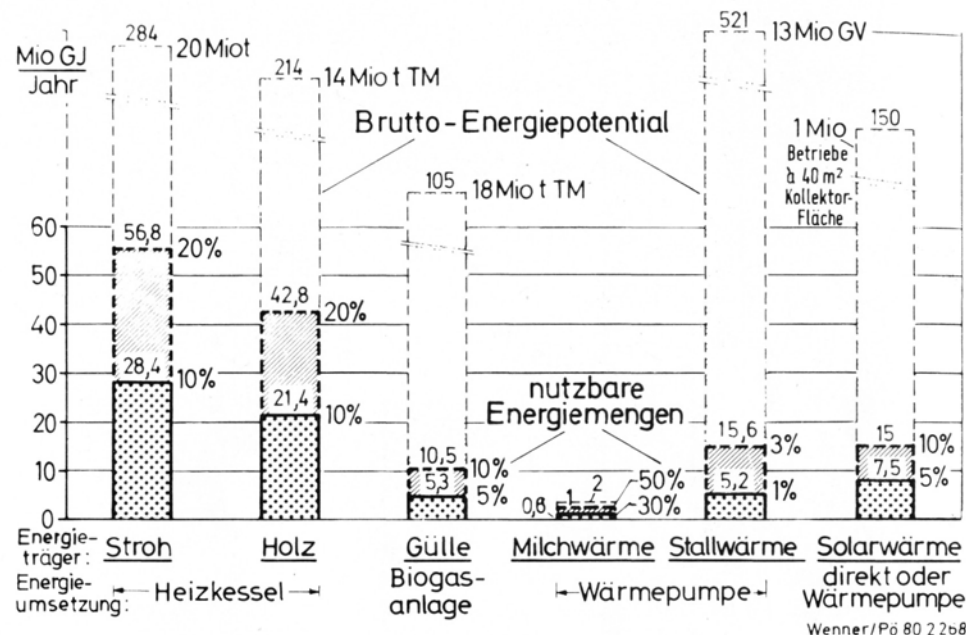


Abb. 23 Schätzung des verfügbaren jährlichen Energiepotentials der Land- und Forstwirtschaft in der BR-Deutschland

Aufgrund vielfältiger Berechnungen (Abb. 22) könnte man je ha Anbaufläche bei Zuckerrüben etwa 4600 l Alkohol erzeugen (bei Futterrüben sogar über 6000 l!), während der Alkoholertrag bei Körnermais auf rund 2350 l/ha sinkt, bei Winterweizen auf 1650 l/ha. Diesem Nettoenergieertrag steht jedoch ein entsprechender Energieaufwand für den Anbau und für die Verarbeitung gegenüber; insbesondere verlangt die Äthanolherstellung einen hohen Energieaufwand. Als Folge davon ergibt sich für die Biospritherstellung eine negative Energiebilanz. Nur beim Rapsanbau, bei dem etwa 1100 l Rapsöl je ha produziert und dem Dieselöl beigegeben werden könnte, liegt eine positive Bilanz vor. Wichtige Voraussetzung für eine sinnvolle Äthanolherzeugung wäre zunächst, daß für den Energieaufwand zur Verarbeitung der landwirtschaftlichen Produkte ausschließlich billige Abwärme eingesetzt würde, wie sie beispielsweise bei Zuckerfabriken anfällt; man müßte also sonst nicht nutzbare Energie für diesen Prozeß verwenden (in Bra-

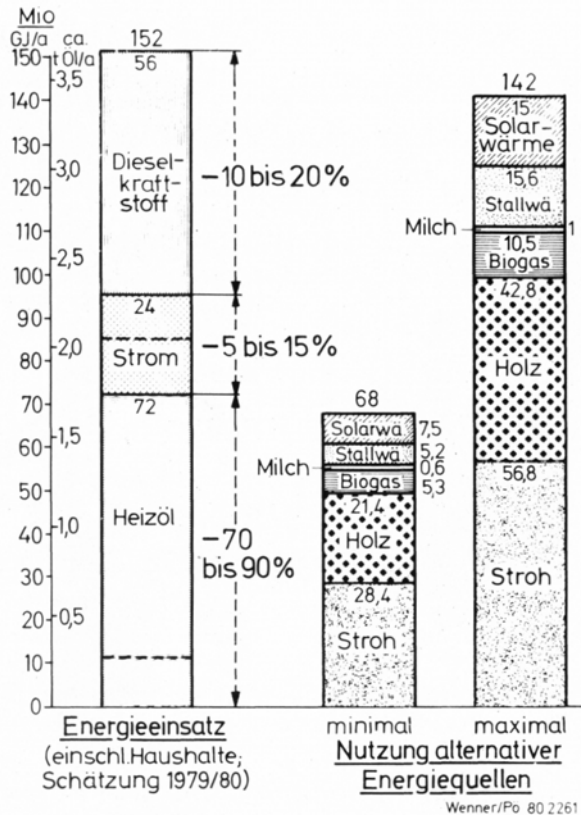


Abb. 24 Energiebedarf, Energieeinsparung und Nutzung alternativer Energiequellen in der westdeutschen Landwirtschaft.

silien Bagasse). Ferner müßte der energetische Wirkungsgrad für die Äthanolherstellung durch weiterentwickelte Technologien verbessert werden. Letztlich entscheidend ist jedoch die Tatsache, daß die landwirtschaftliche Produktion in Mitteleuropa auf die Bereitstellung von hochwertigen Nahrungsgütern ausgerichtet ist und daher bei uns ein relativ hohes Agrarproduktpreisniveau vorliegt. Als Folge davon würde der Preis der auf Agrarbasis erzeugten Kraftstoffe — also Äthanol und Rapsöl — etwa 3 bis 4mal so hoch liegen gegenüber dem Preisniveau für Kraftstoffe aus Mineralölen, die an der Tankstelle bezogen werden können; dabei sind gerechterweise Steuerbelastungen und Subventionen

entsprechend berücksichtigt. Die Preise für die an der Tankstelle zu beziehenden Kraftstoffe müßten also enorm ansteigen, bis der landwirtschaftlich erzeugte Biosprit in den wirtschaftlichen Bereich käme. Oder aber der Gesetzgeber müßte eingreifen und die landwirtschaftliche Äthanolherzeugung beträchtlich subventionieren. Volkswirtschaftlich sinnvoller erscheint es jedoch, andere Technologien zur Kraftstoffgewinnung in verstärktem Umfange zu nutzen, wie beispielsweise die Kohleverflüssigung; sie liegt bei den heutigen Mineralölpreisen bereits nahezu im wirtschaftlichen Bereich und wird folglich, auch wegen der zu produzierenden Mengen, in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Der Gewinnung von Biosprit aus Agrarprodukten kann also für die nahe Zukunft keine reelle Chance eingeräumt werden.

Abschließend ist nun von Interesse, welchen **Beitrag** die **einzelnen alternativen Energiequellen zur Verminderung der Energieprobleme** in der Landwirtschaft leisten können, und welche Bedeutung den einzelnen Lösungen beizumessen ist; darüber soll folgende Schätzung Aufschluß geben (Abb. 23). Könnte man von der anfallenden Strohmenge Westdeutschlands in Höhe von etwa 20 Mio t jährlich nur 10 % zur Verbrennung nutzen, so würde man eine Energiemenge von 28,4 Mio GJ je Jahr gewinnen; bei 20 % Nutzung sämtlichen anfallenden Strohes wären es knapp 57 Mio GJ. Das entspricht Heizölmengen von 0,7 bis 1,4 Mio t. Die Verwendung von Abfallholz würde ähnlich hohe Energiemengen bereitstellen können. Demgegenüber sind alle anderen alternativen Energiequellen als sehr bescheiden anzusehen. Zwar liegt das Brutto-Energiepotential bei Gülle und insbesondere Stallwärme sowie bei der Solarwärme außerordentlich hoch; jedoch kann zur Schätzung des Nutzgrades nur mit wenigen Prozenten gerechnet werden, so daß nur relativ kleine Energiemengen zur Verfügung stehen. Das besagt jedoch nicht, daß einzelne Betriebe die verschiedenen Lösungen nicht sinnvoll anwenden könnten.

Stellt man abschließend diese, in Zukunft evtl. nutzbaren Möglichkeiten zur Energiegewinnung dem augenblicklichen Energieverbrauch der westdeutschen Landwirtschaft gegenüber, dann ergibt sich folgendes Bild (Abb. 24): Würden die geschilderten alternativen Energiequellen nur minimal genutzt, könnte bereits ein

sehr hoher Anteil des Heizölverbrauches ersetzt werden; Abfallstroh und Holz kommt hierbei die größte Bedeutung zu. Für Dieselmotoren und elektrischen Strom bieten sich keine nennenswerten Ersatzmöglichkeiten an, jedoch ließen sich langfristig Einsparungsmaßnahmen in Höhe von 10 bis 15 % erzielen. Jedenfalls könnte durch die Nutzung alternativer Energiequellen in minimalem Ausmaß der Gesamtenergieverbrauch der Agrarproduktion einschließlich ihrer Haushalte ganz beträchtlich reduziert werden. Bei einer maximalen Nutzung aller sich bietenden alternativen Energiequellen könnte die Landwirtschaft sogar weit mehr an Wärmeenergie bereitstellen als sie verbraucht. Bei einer solchen, sehr optimistischen Betrachtung würde sich die Chance bieten, vielleicht durch die Errichtung von Gemeinschaftsanlagen sogar gewerbliche Betriebe, den Gartenbau oder auch weitere Haushaltungen mit Wärmeenergie zu versorgen. Bis dahin ist es jedoch ein sehr mühsamer und weiter Weg.

Abschließend bleibt also festzustellen, daß sich für den Agrarsektor durchaus positive Aspekte ergeben, den Verbrauch an teurer Fremdenergie zu reduzieren und die Energiepreissteigerung etwas aufzufangen. Allerdings müssen alle diese technischen Lösungen durch teils beträchtliche zusätzliche Investitionen erkauft werden, so daß eine Umstellung nur langfristig möglich erscheint. Ferner sollte man den landwirtschaftlichen Beitrag zur Energieeinsparung bzw. Nutzung alternativer Energiequellen nicht überbewerten; denn im Rahmen des Gesamtenergieverbrauches der westdeutschen Volkswirtschaft nimmt die Landwirtschaft mit 3 % einen recht bescheidenen Anteil ein. Auch diese Größenordnung sollte man berücksichtigen, wenn über den Energieeinsatz in der Landwirtschaft geurteilt wird.

Schlepperantrieb oder selbstfahrende Arbeitsmaschine bei der Zuckerrübenenernte

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Brinkmann, Direktor des Institutes für Landtechnik der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn

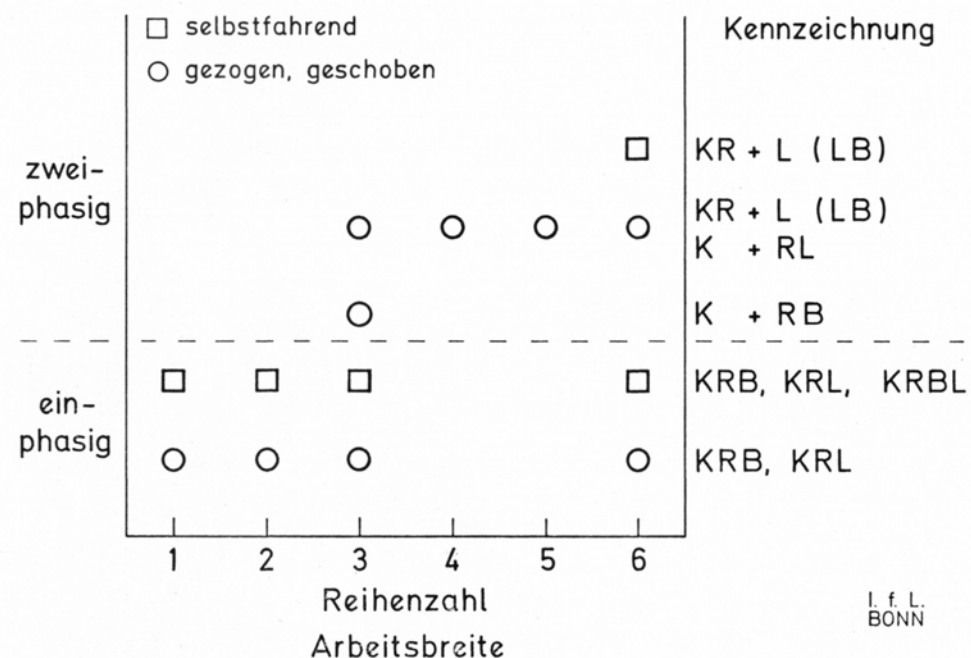
Auch auf der DLG-Ausstellung 1980 setzte sich die in den letzten Jahren zu beobachtende Ausweitung des Erntemaschinenangebots zur Zuckerrübenenernte soweit fort, daß man mehr und mehr von einer Unübersichtlichkeit spricht. Es zeigte sich, daß die bisherige Nomenklatur zur Benennung der Maschinen an Grenzen gestoßen ist, da nicht nur die Maschinen, vielmehr noch die Ernteverfahren eine größere Vielfalt bekommen haben, besonders, wenn die Blatternte auch noch mit berücksichtigt wird. Mit dem Ziel, eine systematische Gliederung und einheitliche Benennung der Maschinen und auch der Ernteverfahren wiederzugewinnen, ist vor 2 Jahren schon eine ergänzende Nomenklatur (**Tabelle 1**) vorgeschlagen und vorgestellt worden. Dieser Vorschlag sieht vor, für die mindest notwendigen Vorgänge Köpfen, Roden, Laden oder Bunkern Kennbuchstaben zu verwenden, die in der Reihenfolge, wie diese Vorgänge innerhalb der Maschine ablaufen, zu einem Kurzzeichen aneinandergereiht werden. Daraus ergibt sich dann auch eine Namensgebung für die Art der Maschine oder des Verfahrens.

Mit dieser Nomenklatur läßt sich nunmehr - losgelöst von den firmeneigenen Typenbezeichnungen - in einer Übersicht das derzeitige Maschinenangebot folgendermaßen zusammenstellen (**Bild 1**). Demnach muß man zuerst einmal nach der Anzahl der Durchfahrten durch die Rübenreihen unterscheiden, die notwendig sind, um diese Reihen zu köpfen und zu roden. Man nennt dies die sogenannten Phasen. Des weiteren ist zu unterscheiden nach der Arbeitsbreite, die in Anzahl der gleichzeitig in einer Maschine bearbeiteten Reihen angegeben wird. Darüber hinaus gibt es selbstfahrende und schlepperbetriebene, d.h. gezogene oder geschobene Maschinen, die sich nun wiederum in der Gruppierung der Vorgänge Köpfen, Roden, Laden und Bunkern unterscheiden. In der Übersicht des Bildes 1, die das Maschinenangebot für die Zuckerrübenenernte der DLG-Ausstellung zusammenfaßt, zeigt es sich,

Köpfer
 Köpflademaschine
 Köpfbunkermaschine
 Roder
 Rodelademaschine
 Rodebunkermaschine
 Köpfrodemaschine
 Köpfrodelademaschine
 Köpfrodebunkermaschine
 Köpfladerodebunkermaschine
 Köpfbunkerrodebunkermaschine
 Lader
 Ladebunkermaschine

K
 KL
 KB
 R
 RL
 RB
 KR
 KRL
 KRB
 KLRB
 KBRB
 L
 LB

Tabelle 1
 Systematische Aufgliederung der Bezeichnungen von Maschinenarten zur Zuckerrübenerte



I. f. L.
 BONN

Bild 1
 Übersicht über die Zuckerrübenerteverfahren (+ = Phasentrennung)

daß dreiphasige Verfahren nicht mehr direkt angeboten werden. Zweiphasige dagegen sind verstärkt zwischen 3 bis zu 6 Reihen, z.T. schlepperbetrieben, 6-reihig auch selbstfahrend, zu finden. Einphasige Verfahren sind mit Arbeitsbreiten von 1, 2, 3 und 6 Reihen sowohl selbstfahrend als auch schlepperbetrieben vorhanden.

Nachdem die Zuckerrübenerntemaschinen ursprünglich für die Einzelmechanisierung der bäuerlichen Betriebe gedacht und konstruiert waren, sind sie in ihrer Leistung derart gewachsen, daß selbst die kleinste Baugröße für die Eigenmechanisierung der meisten Zuckerrübenbetriebe - die durchschnittliche Zuckerrübenfläche je Betrieb liegt in der BRD bei 4,3 ha - zu groß sind. Da diese Zuckerrübenerntemaschinen nicht mehr nur für den Einzelbetrieb, sondern mehr und mehr auch für den überbetrieblichen Einsatz wie Nachbarschaftshilfe oder Lohnunternehmen oder Maschinenringe gedacht sind, ist durch die Vielfalt der damit verbundenen Erntebedingungen und Arbeitsorganisationen bei der Ernte auch eine Vielfalt des Maschinenangebots durchaus zu rechtfertigen. Es ist heute nicht mehr angebracht, nur noch ein einziges "vernünftiges" Rübenerteverfahren anzubieten, wie dies früher einmal der Fall war. Trotzdem ist zu sagen, daß mit dem nunmehr schon beinahe als "klassisch" zu kennzeichnenden Köpfrodebunkerverfahren immer noch etwa 85 % der deutschen Zuckerrübenflächen beerntet werden.

In **Tab. 2** sind arbeitswirtschaftliche Daten sowie Verfahrenskosten für verschiedene Zuckerrübenerteverfahren ohne gleichzeitige Blattbergung bei günstigen Arbeitsbedingungen und voller Ausnutzung der üblichen Kampagneleistung zusammengestellt. Bei mehrphasigen Verfahren ist Fließarbeit unterstellt. Stillstandszeiten und Versatzzeiten sowie unterschiedliche Gesamtverluste der Ernteverfahren fanden hierbei keine Berücksichtigung. Die ganze Palette reicht von 45 bis 300 ha Kampagneleistung in 30 Tagen zu jeweils 10 Stunden, wobei der Arbeitszeitbedarf zwischen 1 bis max. 6,7 AKh/ha liegt. Die gleichzeitig einzusetzenden Arbeitskräfte gehen von 1 bis 4 hinaus, ebenso die Zahl der einzusetzenden Schlepper für die schlepperbetriebenen Verfahren.

Verfahren	Reihenzahl	Phasen, Arbeitsgänge	erford. AK	Schlepper	Heckkipper	Arbeitszeit-	Flächen-
						bedarf	leistung
						AKh/ha	ha/h
1 = KRB	1	1	1	1	-	6,7	0,15
2 = KRB SF	1	1	1	-	-	5,9	0,17
3 = KRB	2	1	1	1	-	3,6	0,28
4 = KRB SF	2	1	1	-	-	2,7	0,37
5 = KRB	3	1	1	1	-	2,3	0,43
6 = KRB SF	3	1	1	-	-	1,7	0,57
7 = K + RB	3	2	2	2	-	4,6	0,43
8 = KRL	6	1	3	3	2	3,9	0,77
9 = KRL SF	6	1	3	2	2	3,9	0,77
10 = KR + L	6	2	4	4	2	5,2	0,77
11 = *KR + L	6	2	4	4	2	5,2	0,77
12 = *KR + LB	6	2	2	2	-	2,6	0,77
13 = KRB SF	6	1	1	-	-	1,0	1,00

* Verfahren mit Zweiwegschlepper

Max. Kampagneleistung 30 Tage à 10 h ha	Anschaffungspreis in 1000 DM incl. MWSt	Verfahrenskosten bei max. Kampagneleistung DM/ha	Geringste und größte Kosten- differenz von Verfahren gleicher Arbeitsbreite	
			DM/ha	rel. %
45	40 - 53	520 - 610	20 - 90	3,8 - 17,3
51	87 - 101	540 - 600		
84	71 - 89	440 - 500	10 - 70	2,3 - 16,3
111	168 - 187	430 - 470		
129	87 - 99	330 - 360		
171	257	420	30 - 220	9,1 - 66,7
129	142	550		
231	88 - 108	330 - 360		
231	247	450		
231	98 - 121	400 - 420	10 - 160	3,5 - 35,6
231	97	390		
231	106	290		
300	429 - 447	420 - 440		

Tabelle 2
Arbeitswirtschaftliche Daten und Verfahrenskosten für verschiedene Zuckerrü-
benerntverfahren ohne Blattbergung;
Anschaffungspreise Stand: Oktober 1981

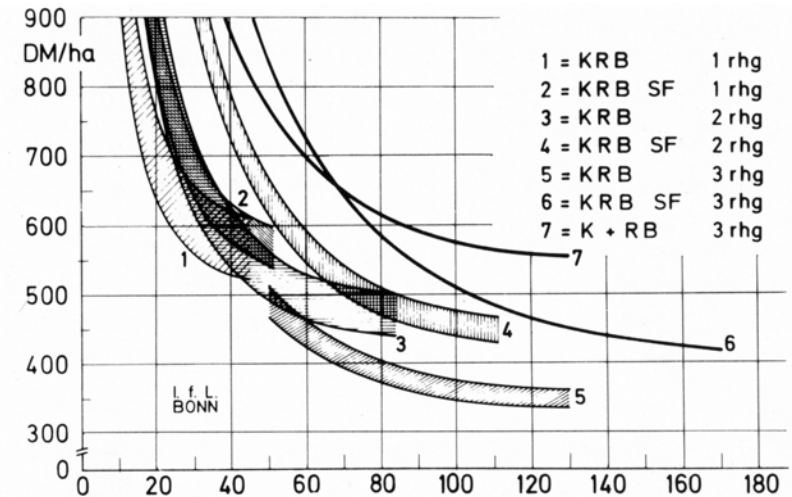


Bild 2
Erntekosten 1-, 2- und 3-reihiger Zuckerrübenerntverfahren

Gesamtanzug in % der Bruttomasse

Erdanteil in % + wertmindernde Bestandteile in %

Erdanteil in % der Bruttomasse

Erdanhang in % + lose Erde in % + Steine in %

I. f. L.
BONN

nach Winner 1979

Tab. 3
Erntekosten 6-reihiger Zuckerrübenerntverfahren (*mit Zweiwegschlepper)

Bei der Berechnung der Verfahrenskosten auch mit nicht voller Maschinenausnutzung wurden die Schlepperkosten aus den "Verrechnungssätzen für die bezahlte Maschinenhilfe" entnommen und eingesetzt (Bilder 2 und 3).

Bei den selbstfahrenden Maschinen werden 2/3 des Anschaffungswertes auf 16 Jahre und 1/3 des Anschaffungswertes auf 8 Jahre abgeschrieben. Hierbei ist unterstellt, daß diejenigen Organe in der Maschine, die dem Rübenroden direkt dienen, nach 8 Jahren verschlissen sind und bei einer Generalüberholung ausgewechselt werden, um dann erneut 8 Jahre weiter benutzt zu werden.

Die selbstfahrenden Maschinen haben gegenüber den gezogenen oder geschobenen Maschinen einen gewissen Vorteil hinsichtlich ihrer Kampagneleistung, nicht zuletzt aufgrund ihrer größeren Wendigkeit auf dem Feld. In vergleichbaren Ernteverfahren schneiden bei gleichen Arbeitsbreiten die selbstfahrenden Maschinen aufgrund der höheren unterstellten Kampagneleistungen in den Verfahrenskosten je Hektar günstiger ab, bezieht man sie jedoch auf die gleichen Kampagneleistungen wie die gezogenen Maschinen, dann sind die Verfahrenskosten der selbstfahrenden höher.

In der Tab. 2 sind die Maschinen für volle Auslastung mit 30 Arbeitstagen und je 10 Stunden Einsatz kalkuliert. Keine Berücksichtigung fand dabei der Gedanke einer sogen. Schlagkraftreserve, d.h. ein Einsatz der Maschinen auf Kampagneflächen, die zusammengenommen von der Maschine nicht die volle Kampagneleistung verlangen. Diese sogen. "Übermechanisierung" hat auch Vorteile, gestattet sie doch beispielsweise bei Schlechtwetterperioden auf günstigere Witterung zu warten und die Ernte trotzdem den Terminen gemäß abzuwickeln. Auch kann das Ende der Aberntung vorverlegt werden; somit vermeidet man die meist gegen Ende der Kampagne einsetzenden nassen Erntebedingungen, die ein Mehrfaches an Arbeitszeitbedarf, Reparaturkosten und höhere Transportkosten durch steigende Erdanteile verursachen. Außerdem ist eine Winterweizenaussaat unter meist günstigeren Bedingungen durchführbar.

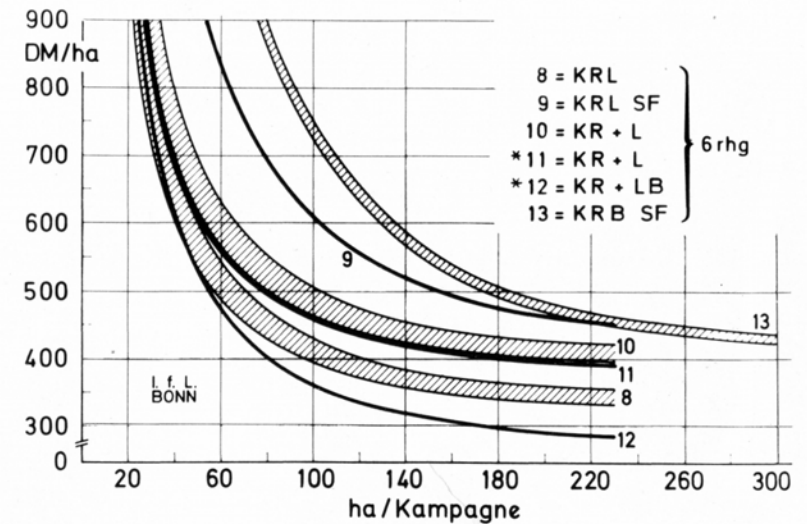


Bild 3

Unberücksichtigt geblieben ist ebenfalls, daß die Maschinen nicht immer die vollen 30 Tage mit je 10 Stunden nur auf den Feldern arbeiten, sondern besonders im überbetrieblichen Einsatz auch von einer Parzelle zur anderen oder von einem Betrieb zum anderen versetzt werden müssen. Dies spielt vor allem bei den Großmaschinen eine erhebliche Rolle, bei denen auch noch eine Zeit für das Warmlaufenlassen des Antriebsmotors und des Ölkreislaufs mit hinzugerechnet werden muß. So hat man festgestellt, daß bei diesen großen selbstfahrenden 6-reihigen Maschinen die gesamte Betriebsdauer des Motors nur zu etwa 50 %, günstigstenfalls zu 60 %, innerhalb der Feldarbeitszeit liegt.

In der Tab. 2 sind zusätzlich für Maschinen gleicher Arbeitsbreite die geringsten und größten Differenzen der Erntekosten ausgewiesen. Sie betragen bei den hier eingesetzten 1-reih. Ernteverfahren zwischen 20 und 90 DM/ha, bei den 2-reih. Maschinen zwischen 10 und 70 DM/ha, bei den 3-reih. Maschinen zwischen 30 und 220 DM/ha und bei den 6-reih. Maschinen zwischen 10 und 160 DM/ha oder -relativ betrachtet - liegen sie insgesamt zwischen 2,3 bis max. 66,7 %, jeweils bezogen auf die günstigsten Verfahrenskosten. Diese in den Erntekostenvergleichen gezeigten Unterschiede der verschiedenen Verfahren bei gleicher Arbeits-

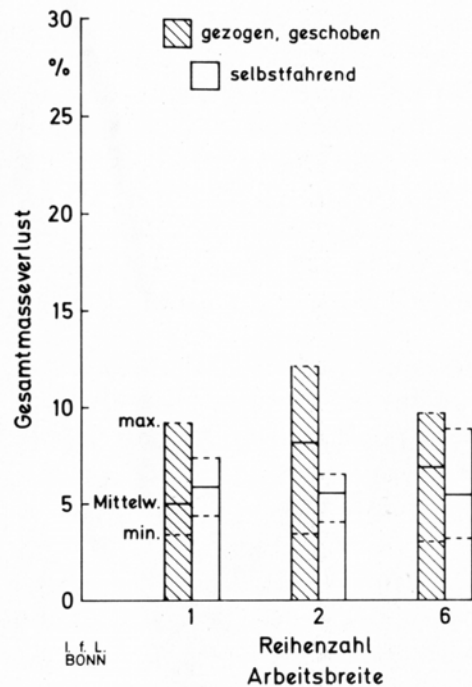


Bild 4 Mittl. Gesamtmasseverluste schlepperbetriebener und selbstfahrender Zuckerrübenerntemaschinen verschiedener Arbeitsbreiten.

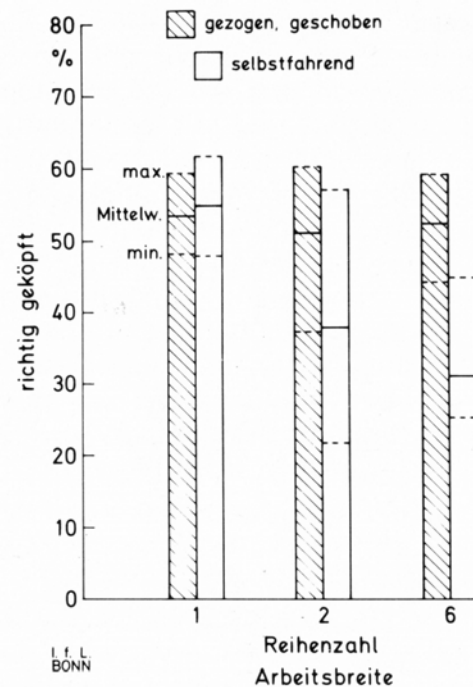


Bild 5 Vergleich der mittl. Köpfqualität schlepperbetriebener und selbstfahrender Zuckerrübenerntemaschinen unterschiedlicher Arbeitsbreiten

breite können sich sehr schnell ins Gegenteil umkehren, wenn man auch noch diejenigen Kriterien für die Arbeitsqualität in den Vergleich mit hineinnimmt, die entweder direkte wirtschaftliche Verluste beim Landwirt bedeuten oder die wirtschaftliche Abzüge bei der Ablieferung nach sich ziehen. So seien hier einmal aus dem Erntemaschinenvergleichstest 1979 in Seligenstadt die gezogenen oder geschobenen Maschinen mit selbstfahrenden Maschinen hinsichtlich der Arbeitsqualität miteinander verglichen. In den **Bildern 4, 5, 6** sind jeweils die Mittelwerte mit den maximalen und minimalen Einzelwerten aufgetragen, getrennt für die schlepperbetriebenen und für die selbstfahrenden Einheiten.

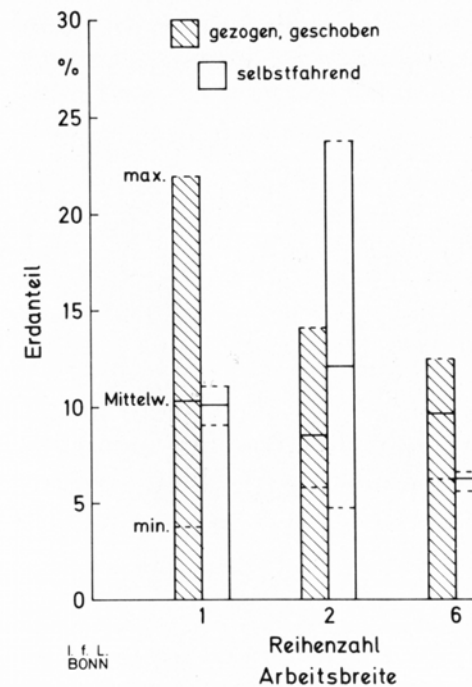


Bild 6 Vergleich der mittl. Erdanteile schlepperbetriebener und selbstfahrender Zuckerrübenerntemaschinen unterschiedlicher Arbeitsbreiten

Betrachtet man die Gesamtmasseverluste der 1-, 2- und 6-reih. unterschiedlichen Verfahren, so liegen die Selbstfahrer teils mit dem maximalen Wert, meist auch mit dem Mittelwert, etwas günstiger als die schlepperbetriebenen; auch sind ihre Schwankungsbreiten zwischen dem maximalen und dem minimalen Einzelwert geringer als bei den schlepperbetriebenen Maschinen. Bei dem Kriterium der Köpfqualität haben die Selbstfahrer bei den 1-reih. Maschinen nahezu den gleichen Mittelwert wie die schlepperbetriebenen, während sie bei den 2- und 6-reihigen mit bedeutend besseren Mittelwerten abschneiden. Die Schwankungsbreiten sind vergleichsweise sehr ähnlich, aber insgesamt zu groß. Die Mittelwerte der Erdanteile der selbstfahrenden und schlepperbetriebenen Maschinen sind bei den 1-reih. nahezu gleich, wenn auch mit unterschiedlicher Schwankungsbreite, bei den 2-reih. Maschinen überwiegen in den mittl. Erdanteilen die Selbstfahrer

mit einer erheblichen Schwankungsbreite, während sie bei den 6-reih. sowohl im Mittelwert als auch in der Schwankungsbreite besser abschneiden. **Tab. 3**

Eine einheitliche Tendenz über die gesamten Arbeitsqualitätsuntersuchungen zu Gunsten oder Ungunsten nur der Schlepperbetriebenen oder nur der Selbstfahrer läßt sich nicht herauslesen, wohl zeigt sich deutlich, daß Ernteverfahren älteren Datums mit einer länger zurückliegenden Entwicklungsperiode im allgemeinen besser abschneiden als jüngere Konstruktionen. Auffallend ist darüber hinaus jedoch die große Schwankungsbreite des jeweils niedrigsten bis zum besten Wert der Arbeitsqualität. Es ist nicht einzusehen, daß dies so bleiben muß, daß man nicht diese Schwankungsbreite zu günstigeren Mittelwerten hin einengen kann. Darin ist wohl auch mit eine wesentliche Aufgabe für die zukünftige konstruktive Weiterentwicklung zu sehen.

Schlepperantrieb oder selbstfahrende Arbeitsmaschine bei der Futterernte

AR Dr. Hermann Auernhammer und LD Dr. Manfred Schurig, Institut für Landtechnik, Weihenstephan

Die Entwicklung der Landtechnik ist in den letzten Jahren durch ein zunehmendes Leistungsangebot bei den Ackerschleppern und durch zunehmende Maschinengrößen bei den Anhänger- und Anbaugeräten gekennzeichnet. Gleichzeitig erfährt der Bereich selbstfahrender Spezialmaschinen eine Erweiterung. Ausgehend von den heute dominierenden selbstfahrenden Mähdreschern werden verstärkt selbstfahrende Feldhäcksler und selbstfahrende Bunkerköpfröder für die Zuckerrübenenernte angeboten und eingesetzt. Damit stellt sich unmittelbar die Frage nach den relativen Vorzügen zwischen dem Schlepperantrieb und dem Selbstfahrer und nach den Grenzen der Einsatzbereiche überhaupt.

Verfahrensalternativen für die Futterernte

In der Futterernte besteht ein Nebeneinander von Kurzgut und Langgut bei der Anwelksilagebereitung und der Heuernte. Silomais ist dagegen ausschließlich als Kurzgut ökonomisch sinnvoll und arbeitswirtschaftlich optimal zu verwerten. Für beide Formen der Ernte stehen Spezialmaschinen in den Exakthäckslern, den Ladewagen und den Ballenpressen zur Verfügung. Auch diese Maschinen werden in jüngster Zeit mit größeren Ausmaßen und zunehmender Leistung angeboten, wobei aber eine unterschiedliche Entwicklung zu beobachten ist:

Das Angebot an Ladewagen und Ballenpressen hat sich auf wenige Typen mit ähnlicher Technik verringert, selbstfahrende Maschinen kamen über einen serienmäßig in beschränkter Stückzahl gefertigten Typ nicht hinaus.

Dagegen zeigt sich bei den Feldhäckslern eine starke Entwicklungsvielfalt (Tab. 1). Neben angebauten Maschinen — häufig als Spezialmaschinen für Silomais — erfreut sich der gezogene Häcksler als Maschine für Betriebe mit Anwelk- und Maissilage großer Beliebtheit. Nur einen minimalen Marktanteil konnte der dieser Gruppe zuzuordnende Häckselladewagen erreichen.

Ähnliches gilt für den selbstfahrenden Häckselladewagen in Verbindung mit einem 1-reihigen Maishäcksler und bedingt auch für die zweireihige Ausführung der kleinen selbstfahrenden Häcksler. Diese Maschinen sind heute fast ausnahmslos durch drei- und vierreihige Maschinen — vorwiegend im überbetrieblichen Einsatz — abgelöst worden und erreichen nun eine bisher kaum vorstellbare Schlagkraft. Ob die Begrenzung der StVZO eine weitere Vergrößerung über vier Reihen hinaus in einem finanziell tragbaren Rahmen zuläßt (der erste Vertreter war mit sechs Reihen und einem Gesamtpreis von etwa 270.000,-- DM auf der DLG in Hannover zu sehen), muß die künftige Entwicklung zeigen.

Auch die Grenzen zwischen echten angebauten oder gezogenen Maschinen und den reinen Selbstfahrern haben sich zunehmend verschoben. Durch die Einführung des rückwärtsfahrenden Trac-Schleppers mit angebautem Feldhäcksler (Quasi-Selbstfahrer) für die Grasernte oder dreireihigem Maisgebiß für Silomais erhalten die Überlegungen eine zusätzliche Dimension, denn die Grenze

Tabelle 1: Typenangebot bei Feldhäckslern (Stand 1. 10. 80)
(Häckselorgan: S = Scheibe, T = Trommel)

Reihenzahl Bauart Häckselorgan	1		2		3		4		6		Insgesamt		
	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	Summe
angebaut	9	12	6	1	2	2	-	-	-	-	17	15	32
gezogen	-	1	1	9	2	3	-	-	-	-	3	13	16
selbstfahrend	-	-	-	4	2	7	1	8	-	1	3	20	23
Summe	22		21		18		9		1		23	48	71

Maschinenform	Anschaffungspreis je Tonne Durchsatzleistung			Anschaffungspreis je Reihe	
	t/h	DM/t,h	Anwekksilage DM/t,h	Reihenzahl	DM/Reihe
angebaut	24	—	264	1 leicht	6330
	35	—	227	1 schwer	7940
	(65)	—	(232)	2 leicht	7530
	70	241	270	2 schwer	9467
	105	206	319	3	11 166
gezogen	40	463	500	1	19 993
	70	389	438	2	15 314
	110	288	403	3	14 773
selbstfahrend	70	1440	1444	2	50 529
	95	1356	1441	3	45 619
	120	1210	1359	4	40 781
	100	2468	2602	4 mit Bunker	65 060
	—	—	—	6	45 000

Tab. 2
Anschaffungspreise für Feldhäcksler, bezogen auf die technische Durchsatzleistung und auf die Reihenzahl bei der Maissilageernte
(Listenpreise inkl. Mehrwertsteuer, Stand 1.10.80)

von schleppergetriebenen Häckslern und Selbstfahrern ist hier nicht mehr deutlich sichtbar. Man verfügt jetzt über einen schleppergetriebenen Häcksler, der wesentliche Vorteile mitbringt, die vom Selbstfahrer her bekannt sind.

Grundsätzliche Überlegungen "Schlepperantrieb — Selbstfahrer"

Somit ergeben sich grundsätzliche Überlegungen zum Einsatz von Feldhäckslern in schleppergetriebener oder selbstfahrender Bauart. Wesentliche Einflußfaktoren sind dabei die Technik mit den Auswirkungen auf den Boden und auf die Arbeit, sowie der Investitionsbedarf und die Kosten. Letztere liefern schließlich die Antwort auf die Frage, ob die eine oder die andere Bauform zum Einsatz kommt. Zuvor soll jedoch eine Gegenüberstellung der einzelnen Parameter in bezug auf die Vor- und Nachteile erfolgen (Abb. 1). Dabei wird alleine der Selbstfahrer betrachtet. Für ihn werden die positiven Punkte herausgestellt (pro) und daneben die Einschränkungen genannt (contra). Diese sind dann jene Punkte, die für den gezogenen oder angebauten Häcksler sprechen würden.

Die Technik

Beginnen wir mit der Technik. Der Selbstfahrer ist in seiner Technik optimal an die ihm zugedachte Aufgabe angepaßt. Direkter Materialfluß, problemloser und direkter Kraftfluß, optimale Gewichtsverteilung und einfachste Bedienung sind hier die wesentlichsten Faktoren. Sie führen aber dazu, daß wie bei jeder Spezialmaschine das Einsatzgebiet begrenzt ist, nämlich nur zum Häckseln von Futterpflanzen.

Ein besonderes Augenmerk gilt hier aber der Kombination "Großschlepper und mehrreihiger Häcksler". So zeigt diese Maschinenkombination zwar ähnliche Eigenschaften wie der echte selbstfahrende Häcksler, trotzdem müssen aber z.T. erhebliche Zugstände gemacht werden, sei es bei der Sicht auf die Einzugsorgane, bei eventuell erforderlichem Ummontieren der Antriebsräder oder insbesondere bei Standardschleppern durch höhere Rüstzeiten und eventuell anzubauende Rückfahreinrichtung.

Insgesamt bestehen somit doch erhebliche Unterschiede zwischen Selbstfahrern und großen, mehrreihigen Schlepper-Häckslerkombinationen, wobei der Trac-Schlepper mit ausrei-



Abb. 1
Einflußfaktoren bei der Entscheidung "Schlepperantrieb oder Selbstfahrer für die Futterernte"

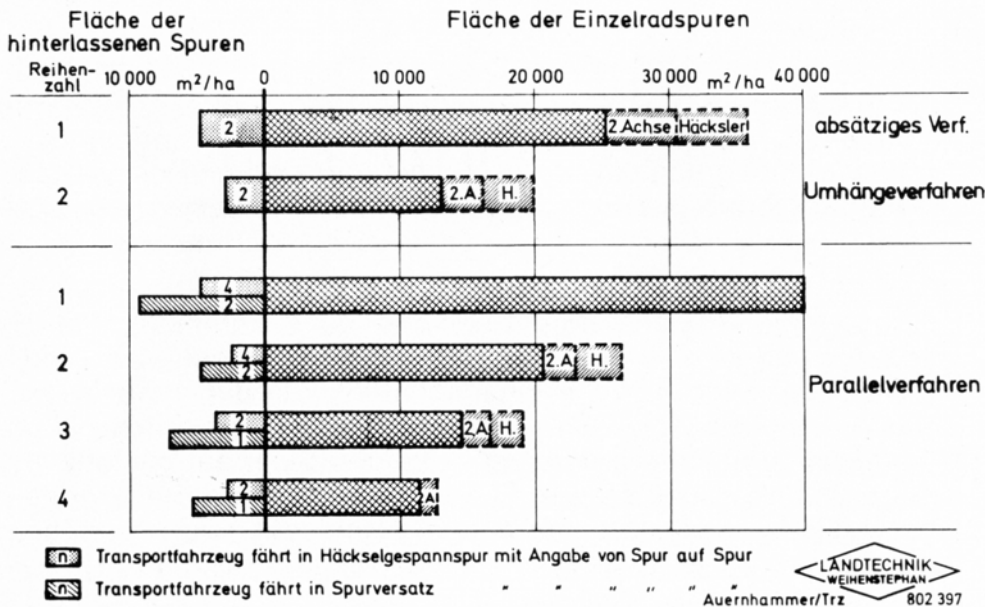


Abb. 2
Flächen der Fahrspuren bei der Silomaisernte
(Reihenabstand = 75 cm; Reifenbreiten entsprechen dem Verfahren)

chender Antriebsleistung und Drehsitz eine dem Selbstfahrer näherliegende Zwischenposition einnimmt.

Auswirkungen auf den Boden

Dies ist ein schwierig zu beurteilender Bereich. Heute gehen die Meinungen über den Einfluß des Bodendruckes auf die Ertragsfähigkeit weit auseinander. Sie reichen von völliger Unbedenklichkeit bis zu den schlimmsten Befürchtungen vor totaler Zerstörung der Bodenfruchtbarkeit. Zwei Komponenten wirken sich hier aus, die Zahl der Fahrspuren und die Drücke der einzelnen Räder, wobei ungeklärt bleibt, ob ein Folgerad in der gleichen Spur zu weiteren Verdichtungen führt, oder ob dann die Schädigung unbedeutend ist. Deshalb kann diese Frage nicht endgültig beantwortet werden. Vielmehr soll der Spurenanfall einzelner Maschinen und damit der Verfahren dargestellt werden, um die Größenordnungen der möglichen Bodenverdichtung aufzuzeigen.

Tatsache ist, daß mit zunehmender Arbeitsbreite die Zahl der im Feld verbleibenden Fahrspuren abnimmt. Ebenso verringern sich diese, wenn anstelle der Anhängemaschine die Anbaumaschine verwendet wird, wobei allerdings dann der Bodendruck einzelner Räder zunimmt. Zunehmende Fahrspuren ergeben sich aus dem Übergang vom Umhänge- zum Parallelverfahren, weil dann ein Schlepper mehr zur gleichen Arbeit benötigt wird. Insgesamt ergeben sich die Zusammenhänge nach Abb. 2:

Bei den hinterlassenen Fahrspuren (linke Balken) liegt deren Fläche zwischen 2.700 und nahezu 9.500 m²/ha. Günstig sind das zweireihige Umhängeverfahren und die zwei- bis vierreihigen Parallelverfahren. Alle anderen zeigen zwar z.T. ebenfalls geringe Fahrspurenflächen, diese sind dann jedoch mindestens zwei- oder sogar viermal mit den Folgerädern eines Gespannes überfahren.

Die Fläche der hinterlassenen Spuren alleine reflektiert aber noch kein realistisches Bild. Wesentlich deutlicher werden die Verfahren charakterisiert, wenn die von jedem Rad gezogene Spur theoretisch nebeneinandergelegt wird (Abb. 2, rechte Balken). Dann ergeben sich Zahlen, die das Problem der Fahrspuren noch stärker verdeutlichen. So werden beim absätzigem Verfahren mit einem einreihigen Häcksler 25.000 m²/ha überfahren. Dieser Wert er-

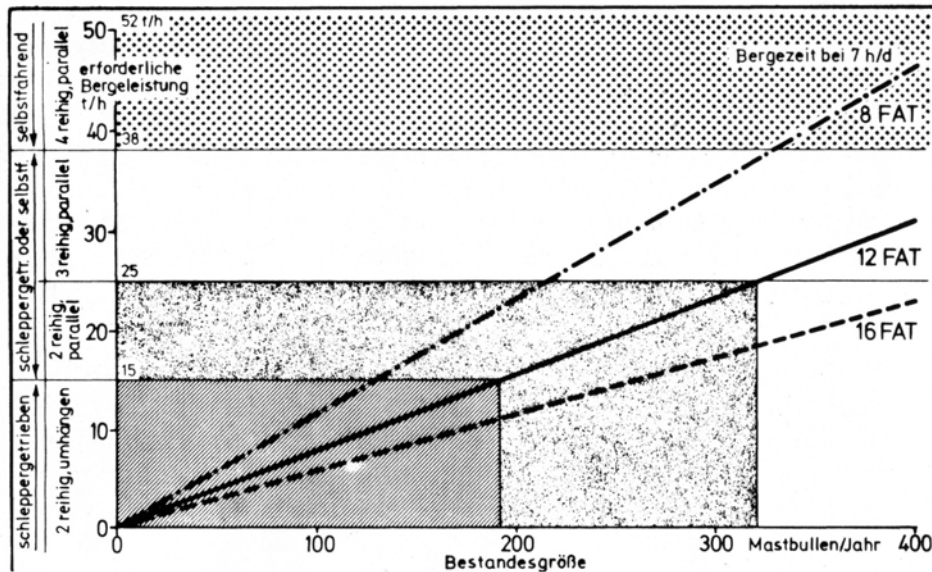


Abb. 3
Mögliche Bergeverfahren und erforderliche Bergeleistungen für die Silomais-ernte bei zunehmender Bestandsgröße
(16 kg Maissilage/Tier, Tag; 45 t/ha; 1000 m FE; 300 m SL)

höht sich auf 35.000 m²/ha, wenn anstelle des Anbauhäckslers ein gezogener Häckslers und anstelle des Einachswagens ein Zweiachswagen verwendet wird. Beim Umhängeverfahren sind diese Werte dagegen wesentlich niedriger, sie erreichen Werte von 12.500 m²/ha mit einem Anbauhäckslers und Einachswagen und 20.000 m²/ha bei Verwendung eines gezogenen Häckslers und zweiachsigem Transportwagen.

Besonders kraß tritt das Problem der Einzelradspuren zutage, wenn mit einem einreihigen Feldhäckslers im Parallelverfahren gearbeitet wird. Legt man wieder jede Spur für sich nebeneinander, so wird bei diesem Verfahren pro Hektar eine Fläche von 40.000 m² überfahren. Bei einem zweireihigen Feldhäckslers (im Parallelbetrieb arbeitend) verringern sich diese Werte um die Hälfte, die dreireihige Maschine reduziert sie auf etwa ein Drittel. Eine weitere Verringerung der Fahrspuren tritt nur noch in Verbindung mit

dem vierreihigen Selbstfahrer auf. Nur er ist in der Lage, eine geringere Gesamtfläche der Einzelradspuren als das zweireihige Umhängeverfahren zu erreichen.

Die Arbeit

Ganz offensichtlich wird durch den Einsatz eines Selbstfahrers die **Schlagkraft** bei der Gras- und Maiseernte wesentlich erhöht. Dies führt auf der anderen Seite aber dazu, daß der Einzelbetrieb eine derartige Maschine nur in den seltensten Fällen auslasten kann. Gleichzeitig stellt für ihn der hohe stündliche Erntegutanfall ein weiteres Problem dar. Er muß für ausreichende Transportkapazität sorgen und für die Silobefüllung am Hochsilo einen Dosiertisch und zum Flachsilo ausreichend starke Walzschlepper bereitstellen.

Damit wird dann zwar eine **höhere Leistung der einzelnen Arbeitskraft** erreicht, in den seltensten Fällen reichen dazu aber die betriebseigenen Arbeitskräfte aus. Deshalb können derart leistungsfähige Verfahren nur selten vom Einzelbetrieb alleine realisiert werden. Maschinengemeinschaften oder überbetrieblicher Maschineneinsatz über Maschinenringe oder Lohnunternehmer sind deshalb fast unumgänglich.

Allerdings wird durch diese Verfahrensorganisation die **Erledigung der Erntearbeiten zum optimalen Zeitpunkt** ermöglicht. Dies ist ein äußerst wichtiges Argument, denn nur dadurch wird entweder die Erzielung maximaler Erträge und/oder höchster Qualitäten erreicht. Auf der anderen Seite kann dies aber auch zu einer Erhöhung des Ernterisikos führen, wenn im Vertrauen auf eine hohe Schlagkraft die verbleibende Erntezeitspanne zu kurz bemessen wird. Witterungseinflüsse führen dann zu erhöhten Verlusten, z.B. bei der Anwelksilagebereitung durch längere Einregungsperioden oder bei Silomais durch Frühfröste in Verbindung mit nassem Böden.

Selbstfahrende Feldhäckslers sind Spezialmaschinen, die über einen **hohen Automatisierungsgrad** verfügen. Lenkautomaten, hydrostatische Fahrtriebe, elektrische Hilfsantriebe, elektronische Steuereinrichtungen, Fremdkörpersicherung und eine optimale

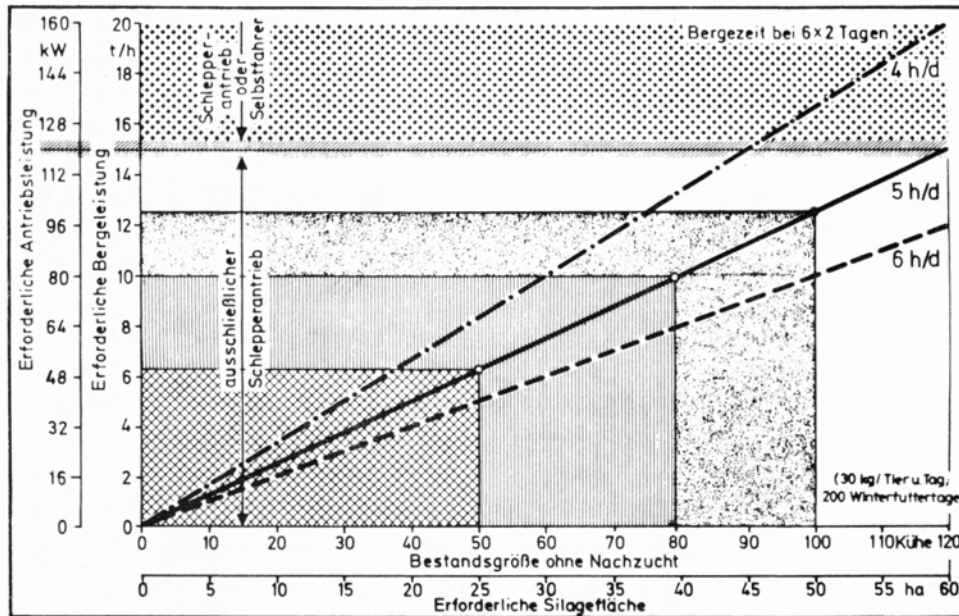


Abb. 4
Erforderliche Bergeleistung (Antriebsleistung) für die Anwelksilagebereitung bei zunehmender Bestandsgröße (Silagefläche)

Gestaltung des Arbeitsplatzes durch eine großräumige übersichtliche Kabine erleichtern die Arbeit. Von diesem Arbeitsplatz aus hat die Bedienungsperson optimale Sichtverhältnisse zur pick up bzw. zum Schneidwerk. Hier gibt es keine Gegenargumente. Allenfalls ist der dafür zu zahlende Preis anzuführen.

Insgesamt überwiegen somit unter diesem Gesichtspunkt die Argumente für den Selbstfahrer. Schon an dieser Stelle ergibt sich jedoch die Frage nach den Möglichkeiten eines Einsatzes im Einzelbetrieb. Probleme bei der Auslastung und bei den zum Verfahrensablauf benötigten Personen sprechen eindeutig für den überbetrieblichen Einsatz.

Kapital- bzw. Investitionsbedarf

Um hierbei eine Vergleichsbasis für die Fragestellung Schlepperantrieb oder Selbstfahrer zu finden, bedarf es gemeinsamer Merkmale. Für die Silomaisernte ist dies sicher die Reihenzahl, für die Anwelksilagebereitung dürfte der technische Durchsatz in t/h ein brauchbarer Maßstab sein (Tab. 2).

Angebaute Häcksler kosten als einreihige Geräte im Durchschnitt 7.200,- DM, leichtere Maschinen kosten etwa 6.300,- DM und schwerere etwa 8.000,- DM. Bei zweireihigen Maschinen sind pro Reihe 8.400,- DM zu zahlen, erstaunlich ist die beträchtliche Zunahme des Preises pro Reihe bei angebauten dreireihigen Maschinen, also jenen Häckslern, welche für Schlepper mit Rückfahreinrichtung gedacht sind. Hier macht sich offensichtlich der höhere technische Aufwand für das Häckselorgan bemerkbar, in welches im übrigen erheblich höhere Antriebskräfte eingeleitet werden müssen, um mit den Erntemengen fertig zu werden.

Bei den gezogenen Maschinen ist dagegen eine deutliche Abnahme des Anschaffungspreises mit zunehmender Reihenzahl für die Maissilagebergung und bei der Betrachtung des Durchsatzes von Anwelksilage festzustellen. Bei letzterer führt die Kostendegression bei 110 dt/h Durchsatz zu einer Senkung des Investitionsbedarfes je t und h von etwa 40 % gegenüber der einreihigen Maschine.

Selbstfahrende Häcksler liegen verständlicherweise über den beiden schleppergetriebenen Bauformen. Hier wird aber auch nicht nur der Häcksler, sondern dazu ein vollständiges Antriebsaggregat mit bis zu 200 kW Motorleistung gebraucht. Auch dabei zeigt sich eine deutliche Preisdegression je Reihe und je Tonne Durchsatz. Sie wird erst durchbrochen, wenn Sonderformen mit aufgebautem Bunker und übergroße Arbeitsbreiten in den Preisvergleich einbezogen werden.

An dieser Stelle zeigt sich jedoch ein bedeutendes Gegenargument für den selbstfahrenden Häcksler. Mehrpreise je Reihe von 300 - 600 % überfordern die Liquidität des Einzelbetriebes. Selbst bei einem geplanten überbetrieblichen Maschineneinsatz sind derartige Kapitalmengen nur schwer zur Verfügung zu stellen, so daß unter Umständen über andere Formen des Maschineneigentums nachgedacht werden müßte.

Die Kosten ...

Während die bisher behandelten Kriterien zum großen Teil rein qualitativer Art waren und damit sehr stark den Meinungen und den Erfordernissen des Betriebsleiters unterworfen sind, bilden

die Kosten ein meß- und vergleichbares quantitatives Merkmal. Sie sind zu unterscheiden in die reinen Maschinenkosten und in die Kosten der Arbeiterledigung, also die Verfahrenskosten. Beide Kostenarten sind bei der Fragestellung besonders zu untersuchen und in einer Gegenüberstellung und Einordnung zu beurteilen.

Allerdings kann ein derartiger Vergleich stark eingeschränkt werden, denn für eine alternative Entscheidung bedarf es nur einer Gegenüberstellung in jenen Bereichen, in welchen tatsächlich eine echte Konkurrenzsituation besteht. Für die **Maissilagebereitung** stellt Abb. 3 diese Zusammenhänge deutlich heraus. In Abhängigkeit von der Bestandsgröße an zu fütternden Mastbullen/Jahr ergibt sich bei vorgegebener Erntedauer von 8 - 16 Feldarbeitstagen (FAT) die erforderliche Bergeleistung. Entsprechend der Leistungsfähigkeit einzelner Verfahren können nun Verfahren und Bestandesgrößen bei der mittleren Bergezeit und Bergedauer zugeordnet werden. Für Bestandesgrößen bis 200 Mastbullen reicht demnach das zweireihige Umhängeverfahren aus, erst ab dieser Bestandesgröße beginnt der Konkurrenzbereich zwischen schleppergetriebenem Häcksler und Selbstfahrer. Er endet schließlich bei etwa 450 Mastbullen, wenn auch das dreireihige Parallelverfahren nicht mehr ausreichend ist und noch höhere Leistungen nur über gleichzeitig ablaufende dreireihige Parallelverfahren oder über die größeren Selbstfahrer erzielt werden können.

Somit müssen in eine Kostenuntersuchung jene Bestandesgrößen einbezogen werden, für welche sowohl der Schlepperantrieb, als auch der Selbstfahrer herangezogen werden kann, also Betriebsmodelle mit 200, 300 und 400 Mastbullen.

Vollkommen anders stellt sich dagegen die Situation bei der **Anwelksilagebereitung** dar. In Abhängigkeit von der Bestandesgröße und/oder der dafür erforderlichen Silagefläche entscheidet über die erforderliche Bergeleistung alleine die zur Verfügung stehende Antriebsleistung (Abb. 4). Da jedoch selbst für 100 Kühe ohne Nachzucht eine Antriebsleistung von 100 kW ausreichend ist und die heutigen selbstfahrenden Häcksler erst ab dieser Motorleistung gefertigt werden, verlagert sich das Problem zu anderen Schwerpunkten. So geben hier vielfach die Grenzen der Realisierung einer überbetrieblichen Arbeit und die im Betrieb vorhande-

nen maximalen nutzbaren Schleppermotorleistungen den Ausschlag.

Deshalb müssen beide Einsatzgebiete getrennt betrachtet und untersucht werden. Mischformen mit Anwelk- und Maissilagebereitung sind dagegen auszuklammern, da diese nur bei Milchviehhaltung relevant sind und dort in etwa eine ausgleichende Substitution zu erwarten ist.

... sind reine Maschinenkosten für das Häckseln ...

Entsprechend diesen Überlegungen ergibt sich zuerst ein Vergleich der reinen Maschinenkosten für das Häckseln von Maissilage (diese Ergebnisse sind auf etwas niedrigerem Kostenniveau direkt auf die Anwelksilage übertragbar). Einbezogen in diese Untersuchung werden nur zwei- und dreireihige angebaute Häcksler in Verbindung mit Trac-Schleppern und vergleichend dazu zwei bis vierreihige Selbstfahrer. Für alle Maschinen wird die erforderliche Arbeitskraft mit 15,- DM/h einkalkuliert (Abb. 5).

Mit zunehmender Einsatzfläche je Jahr tritt bei allen Maschinen eine starke Kostendegression ein. Sie ist bei den schleppergetriebenen Maschinen mit einem Jahreseinsatz von 400 und 600 Einsatzstunden wesentlich stärker als bei den selbstfahrenden Maschinen. Kostengleichheit zwischen der zwei- und der dreireihigen schleppergetriebenen Maschine würde erst bei einer doppelten Einsatzfläche erreicht werden. Gleiche Einsatzzeiten zeigen aber im realistischen Bereich immer die kostenmäßige Überlegenheit der kleineren Maschine, sofern deren Kapazität für die vorhandene Bestandesgröße ausreichend ist.

Sollen ähnliche Maschinenkosten je Hektar von selbstfahrenden Häckslern erreicht werden, dann sind dafür etwa sechs- bis zehnfache Einsatzflächen zu ernten. Auch dieses Ergebnis weist in Richtung überbetrieblicher Einsatz und zeigt einen weiteren Zusammenhang auf:

Aufgrund der Kostendegression pro Reihe kann bei den selbstfahrenden Maschinen in gleicher Arbeitszeit ein Hektar mit der größeren Maschine billiger abgeerntet werden. Folglich muß beim Übergang zum Selbstfahrer nach Möglichkeit die größere Maschine gewählt werden, zumal die möglichen Einsatzzeiten mit etwa 85 Stunden (1 Schicht in 12 Tagen), 170 Stunden (2 Schichten in

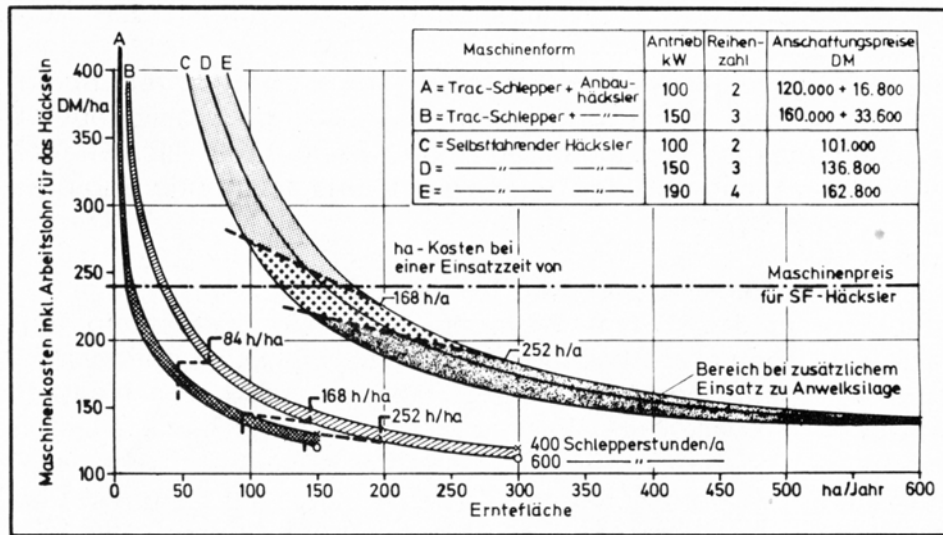


Abb. 5
 Maschinenkosten incl. Arbeitslohn (15 DM/ha) von Häckslern zur Maissilage-
 bergung im Parallelbetrieb in Abhängigkeit von der jährlichen Auslastung
 (Listenpreis inkl. MWST am 1.10.1980; 300 m Schlaglänge; 45 t/ha)

12 Tagen) oder 3 Schichten in dieser Zeitspanne oder aber erheblich längere Einsatzzeiträume klare Grenzen für eine weitere Kostensenkung setzen. Nur dann wird es möglich sein, mit diesen Maschinen kostenmäßig unter dem derzeit üblichen Maschinenringsatz zu arbeiten und Betrieben mit größeren Flächen ein entsprechendes Preiszugeständnis entgegenzubringen.

... oder Verfahrenskosten für die Maissilagebergung ...

Verfahrenskosten sind die Kosten der Arbeitserledigung mit ihren Auswirkungen auf den Gesamtbetrieb. Folglich reicht es nicht aus, hierbei nur alle am Verfahren beteiligten Komponenten kostenmäßig unter sonst gleichen Annahmen zu erfassen. Für den Bereich der Silomaisernte bedeutet dies folgendes: Wird ein Schlepper im Jahr insgesamt 600 Stunden eingesetzt, dann ist für einen Verfahrenvergleich die Annahme einer zur Verfügung stehenden Zeitspanne zu definieren. In der Silomaisernte

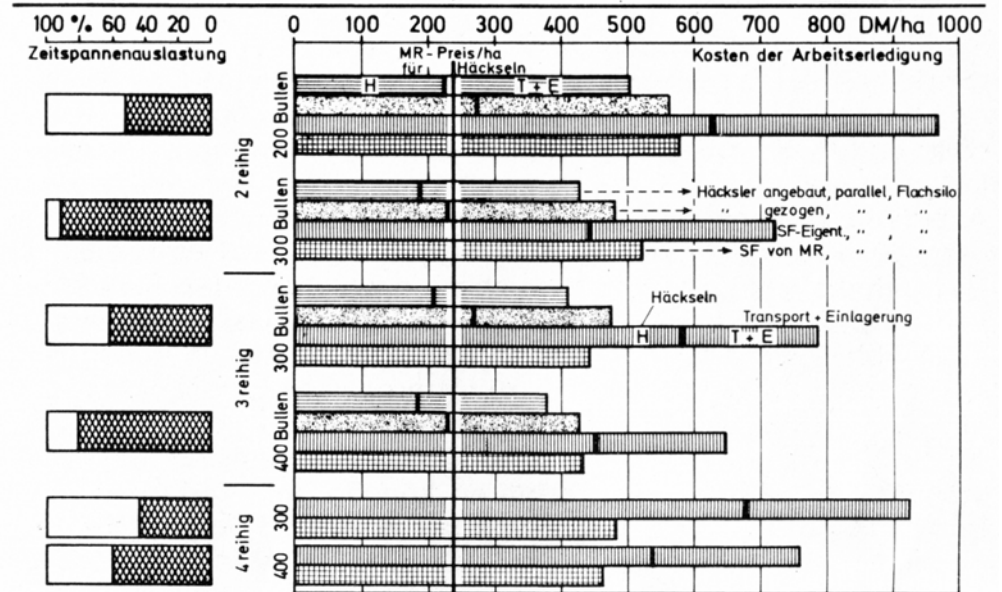
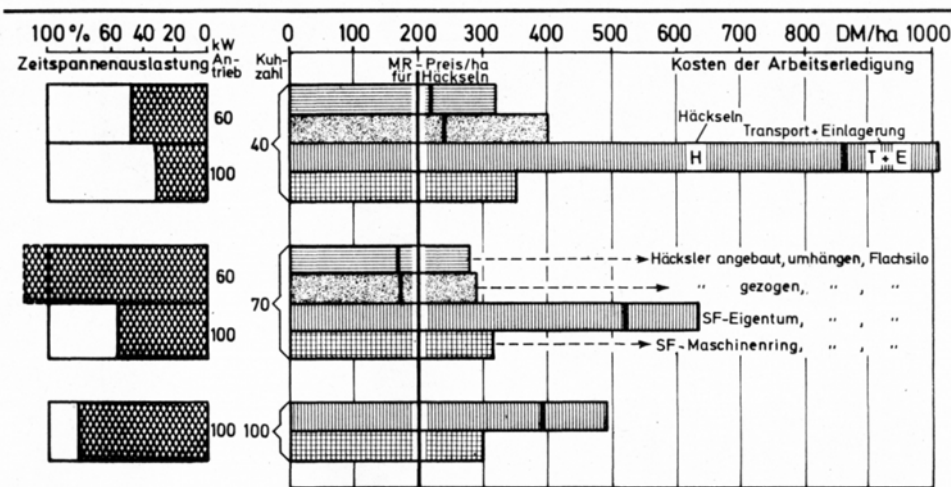


Abb. 6
 Zeitspannenauslastung und Kosten der Arbeitserledigung für die Maissilage-
 bergung bei unterschiedlicher Technisierung und zunehmenden Bestandsgrößen
 (Betriebsausstattung: 2 AK; 3 Schlepper mit 30, 70 und 120 kW und je 600 Std/a; 2 Kipper à 6,5 t Nutzmasse; 1000 m FE; 300 m SL; 45 t/ha Ertrag; 12 x 7 Std/d Bergezeit; 15 DM/AKh; zusätzlich benötigte Aktivitäten vom MR)

sind dies im Mittel 12 Feldarbeitstage mit je 7 Stunden oder 84 Stunden je Jahr im 1-Schicht-Betrieb. Wird durch Maschinenüberkapazitäten diese Zeitspanne nicht ausgenutzt, dann ergibt sich daraus eine Zusatzbelastung für das Verfahren aus der Verteuerung der Maschinenstunden von hier z.B. 516 Schlepperstunden für den Schleppereinsatz in den restlichen Arbeitszeitspannen. Gleichmaßen erzielt eine Minderkapazität mit dem dann evtl. erforderlichen 2-Schicht-Einsatz eine Kosteneinsparung, weil dann der Schlepper mehr als die angenommenen 600 Stunden/Jahr eingesetzt wird. Unbeeinflusst bleiben aber immer die Arbeitskosten, weil diese als Fixkosten den Betrieb belasten. Sie gehen also in die zusätzliche Be-/Entlastung nicht ein und werden nur mit den tatsächlich benötigten Stunden (hier 15,- DM/AKh) eingesetzt.



(Betriebsausstattung: 2 AK; 2 Schlepper mit 30 kW und 60 kW und je 600 Std/a; 2 Wagen à 4,5 t Nutzmasse; 1000 m FE; 300 m SL; 120 dt/ha Ertrag bei 33% TM; 6 x 2 Tagesperioden mit je 6 Std/d Bergezeit; 15.-DM/AKh)

Abb. 7

Zeitspannenauslastung und Kosten der Arbeitserledigung für die Anweklsilagebergung bei unterschiedlicher Technisierung und zunehmender Kuhzahl (ohne Nachzucht)

(Betriebsausstattung: 2 AK; 2 Schlepper mit 30 und 60 kW und je 600 Std/a; 2 Wagen à 4,5 t Nutzmasse; 1000 m FE; 300 m SL; 120 dt/ha Ertrag bei 33 % TM; 6 x 2 Tagesperioden mit je 6 Std/d Bergezeit; 15 DM/Akh; zusätzliche benötigte Aktivitäten von MR-Preisen)

Unter dieser Annahme kann nun ein punktueller Vergleich durchgeführt, d.h. es können typische Verfahrensalternativen bei typischen und interessanten Bestandesgrößen untersucht werden. Im Beispiel auf Abb. 6 sind die zwei- bis vierreihigen Ernteverfahren jeweils im Paralleleinsatz und Silagelagerung im Flachsilo für die Bestandesgrößen 200 bis 400 Mastbullen dargestellt. Dabei wird von einer Betriebsausstattung mit 2 AK und 3 Schleppern ausgegangen. Jeder der Schlepper erreicht bei normaler Zeitspannenauslastung 600 h/Jahr, im einzelnen erbringen die Schlepper eine installierte Motorleistung von 30, 70 und 120 kW. In der Spalte der Zeitspannenauslastung zeigt sich, daß alle Verfahren aus der Sicht der Kapazität ausreichend sind.

Große Unterschiede weisen aber die Verfahren hinsichtlich der Kosten der Arbeitserledigung auf. Grundsätzlich liegen dabei die Verfahren mit den gezogenen Maschinen um etwa 10 % über jenen mit angebauten Maschinen, zurückzuführen auf den Mehrpreis für das entsprechende Fahrgestell bei diesen Maschinen. Wesentlich darüber – wie zu erwarten – liegen die Selbstfahrer als Eigentum, während die Selbstfahrer in überbetrieblichem Maschineneinsatz ein indifferentes Verhalten zeigen.

Speziell erlauben diese Ergebnisse aber einige klare Aussagen: Bei **zweireihigen Maschinen** und der angegebenen Technisierung arbeitet – wie in allen anderen Fällen auch – der angebaute Häcksler am günstigsten. Er erlaubt bei 120 kW eine hohe Durchsatzleistung und gemeinsam mit der hohen Schlepperauslastung je Jahr liegen dann die Kosten für das Häckseln unter dem geforderten Maschinenringpreis, so daß in diesem Fall der Maschinenringeinsatz teurer würde.

Diese Aussage gilt für die Bestandesgröße mit 200 und mit 300 Tieren, wobei bei letzterer die Zeitspanne fast optimal genutzt wird und deshalb für dieses Verfahren die günstigsten Kosten in bezug auf den Einschichteinsatz erreicht werden.

Dreireihige Maschinen liegen in ihren Gesamtkosten für die Arbeitserledigung unter den Kosten der zweireihigen Maschinen. Allerdings wurde bei dieser Maschinenart eine Einschränkung in der Untersuchung vorgenommen. So gilt nun, daß der betriebseigene Schlepper die Walzarbeit übernimmt und ein überbetrieblich eingesetzter Schlepper mit 150 kW den Anbauhäcksler antreibt. Wird dies nicht realisiert, dann erreicht der dreireihige Häcksler aufgrund fehlender Antriebsleistung nur eine geringfügige höhere Leistung gegenüber der zweireihigen Anbaumaschine und wäre dann mit den dort genannten Zahlen zu vergleichen. Andererseits könnte dann der 150 kW Schlepper und Anbauhäcksler direkt mit der überbetrieblichen Form des Selbstfahrereinsatzes verglichen werden und zeigt auch hierbei den Kostenvorteil bei hoher Grundauslastung des Schleppers.

Im Hinblick auf die Verhältnisse in der Zeitspannenauslastung zeigen sich beim dreireihigen Häcksler und 400 Mastbullen günstige Voraussetzungen, so daß diese Verfahrenslösung als Standardlösung für den 400 Bullen-Mastbetrieb anzusehen wäre.

Vierreihige Maschinen sind bisher nur als Selbstfahrer einzusetzen. Deren Verfahrenskosten zeigen – und auch dies gilt grundsätzlich – die Schwierigkeit, solche Maschinen als Eigentum einzusetzen. Hier kann nur die Form des überbetrieblichen Maschineneinsatzes die Kosten in erträglichen Grenzen halten, obwohl nun schon eine Kostensteigerung pro ha auftritt, weil für die Walzarbeit ein Radlader überbetrieblich herangezogen werden muß. Dadurch hebt diese Verfahrensalternative die Kosten der eigenen Schlepper an und läßt geringere Kosten nur noch zu, wenn tatsächlich der Großschlepper im Betrieb **nicht** und dafür ein eigener Radlader vorhanden ist.

Insgesamt zeigt sich somit im Vergleich der Silomaisernteverfahren immer dann ein Vorteil für den angebauten Häcksler, wenn ein großer Schlepper im Betrieb die erforderliche hohe Antriebsleistung bei hoher Schlepperstundenzahl/Jahr bereitstellen kann.

Die an die Bestandesgröße angepaßte Verfahrenslösung kann dann mit ihren Kosten bis zu 15 % unter der überbetrieblichen Lösung durch selbstfahrende Maschinen liegen. Dreireihige Anhängemaschinen sind dagegen in allen Fällen entweder teurer oder direkt dem überbetrieblich eingesetzten Selbstfahrer vergleichbar, während der Selbstfahrer als Eigentum für die untersuchten Bestandesgrößen immer die teuerste Lösung darstellt.

... oder Verfahrenskosten für die Anwelksilagebereitung

Im Gegensatz zu den Ackerbaubetrieben können in Grünlandbetrieben Motorleistungen der Schlepper über 60 kW nur in Ausnahmefällen genutzt werden. Zudem befinden sich in der Grundausstattung häufig nur zwei Schlepper mit dann etwa 30 und 60 - 70 kW.

Nach diesen Überlegungen wurde das Modell für die Untersuchung über die Kosten der Arbeitserledigung für die Anwelksilagebereitung erstellt. (Abb.7). Grundgrößen sind nun Kuhbestände ohne Nachzucht mit 40, 70 und 100 Kühen. Wiederum wurden die Vergleiche hinsichtlich der Zeitspannenauslastung durchgeführt und als entsprechende Zu- oder Abschläge den Verfahrenskosten zugerechnet.

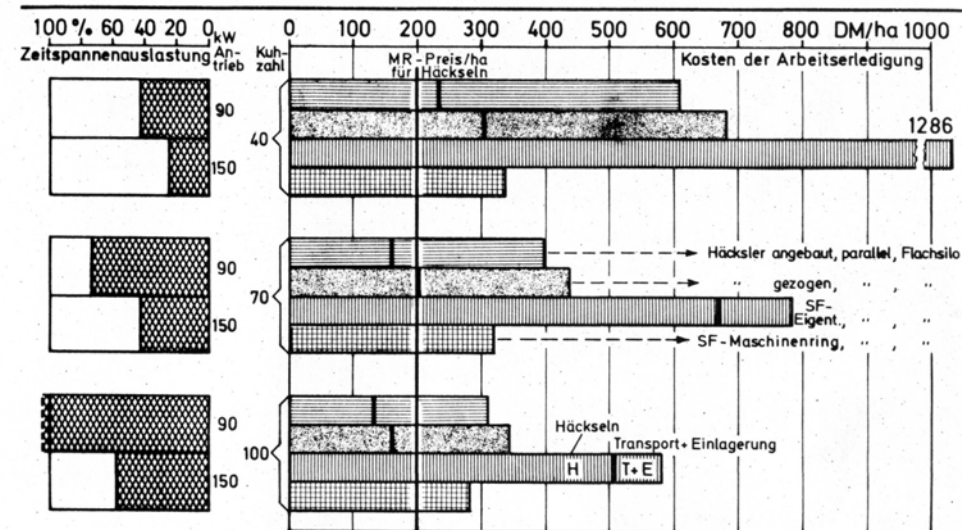


Abb. 8
Zeitspannenauslastung und Kosten der Arbeitserledigung für die Anwelksilagebereitung bei unterschiedlicher Technisierung und zunehmender Kuhzahl (ohne Nachzucht)
(Betriebsausstattung: 2 AK; 2 Schlepper mit 30 und 90 kW und je 600 Std/a; 2 Wagen à 4,5 t Nutzmasse; 1000 m FE; 300 m SL; 120 dt/ha Ertrag bei 33 % TM; 6 x 2 Tagesperioden mit je 6 Std/d Bergezeit; 15 DM/Akh; zusätzlich benötigte Aktivitäten zu MR-Preisen)

Im 40-Kuhbetrieb erbringt der überbetriebliche Einsatz eines **kleinen Selbstfahrers** (mit 100 kW Antriebsleistung) die geringsten Kosten für das Häckseln. Seine Gesamtkosten für das Verfahren liegen aber über dem angebauten Häcksler, weil aufgrund der höheren Leistung des 100 kW-Antriebes im Selbstfahrer die Schlagkraft erhöht und dadurch die im Betrieb vorhandenen Schlepper geringer ausgelastet werden; für sie wird somit die Einzelstunde wesentlich teurer.

Hingegen reicht im **70-Kuhbetrieb** die Antriebsleistung des Schleppers für eine Erledigung der Arbeit in der Zeitspanne nicht mehr aus, so daß hier Risikokosten zusätzlich berechnet werden müßten.

Deshalb werden im **100-Kuhbetrieb** nur noch die Lösungen mit dem Selbstfahrer ausgewiesen, wobei dann überbetrieblich ähnliche günstige Ergebnisse wie bei der Eigenmechanisierung im 40-Kuhbetrieb erreichbar sind.

Um aber auch für diese Verhältnisse einen Vergleich zu ermöglichen, wurde in Abb. 8 die Leistung des Zweitschleppers auf 90 kW erhöht, der Gesamtbetrieb also übermechanisiert. Dies führt nun eindeutig dazu, daß durch die hohe Belastung aus den anderen Zeitspannen bei der Eigenmechanisierung unvergleichbar hohe Gesamtkosten für die Arbeitserledigung entstehen. In diesen Fällen ist somit die Übermechanisierung grundsätzlich abzulehnen oder es wird — falls dies im reinen Grünlandgebiet möglich ist — auf den überbetrieblichen Einsatz eines Selbstfahrers übergegangen, wobei dann der große Häcksler mit 150 kW Antriebsleistung geringfügige Kostenvorteile bringt.

Diese Aussage gilt jedoch nur für den 40- und den 70-Kuhbetrieb. Im 100-Kuhbetrieb entscheidet allein die Risikoeinschätzung über die Verfahrenswahl. Grundsätzlich erbringt der große Selbstfahrer die günstigsten Kosten, wobei aber die Unterschiede zum kleinen Selbstfahrer äußerst gering sind. Hier muß sogar eine weitere Überlegung anknüpfen: Wäre es möglich, diesen kleinen Selbstfahrer einfacher und billiger zu produzieren (z.B. ohne Kabine — wird im Sommer nicht benötigt —, einfaches Stufengetriebe u.a. mehr), dann könnte eine derartige Maschine in Maschinengemeinschaft durchaus von zwei bis drei Betrieben als Eigenmaschine die günstigste Lösung überhaupt darstellen. Diese Überlegung erhält zusätzlich Gewicht durch die Situation in Grünlandgebieten allgemein. Dort bleibt der überbetriebliche Maschineneinsatz immer problematisch, weil die Witterung als Haupteinflußgröße eine exakte Planung erschwert bis unmöglich macht. Hingegen kann die Absprache und Aushilfe zwischen zwei bis drei Betrieben relativ problemlos abgewickelt werden und jeder der Einzelbetriebe könnte auf die teure Übermechanisierung verzichten.

Ausblick

Unter diesen Gesichtspunkten ergeben sich für die Entscheidung "Schlepperantrieb oder Selbstfahrer" folgende Kriterien:

- Im Hinblick auf die Technik stellt der Selbstfahrer das Optimum derzeitiger Möglichkeiten dar, wengleich der dafür zu zahlende Preis hoch ist.
In seine Nähe rückt für Betriebe mit größeren Schleppern und Rückfahreinrichtung oder mit Trac-Schleppern der angebaute Häcksler als "Quasi-Selbstfahrer".
- Hinsichtlich der Belastung des Bodens durch die Technik ist auf der einen Seite der Bodendruck mit zunehmender Tendenz bei größeren Maschinen zu sehen. Auf der anderen Seite ergibt sich daraus eine abnehmende Zahl an Fahrspuren und an befahrener Fläche. Über die Gewichtung entscheiden vor allem die betriebsspezifischen Gegebenheiten der Bodenart.
- Für den Faktor Arbeit erbringt grundsätzlich der Selbstfahrer Vorteile durch höhere Schlagkraft, hohe Leistung je Arbeitskraft und daraus abgeleitet durch Arbeit zum optimalen Zeitpunkt. Durch den höheren Automatisierungsgrad ermöglicht er eine Optimierung des Arbeitsplatzes und stößt dann durch den Preis an die Grenzen der Belastbarkeit von Einzelbetrieben. Deshalb werden für diesen die vorhandenen Arbeitskräfte und die Eigenmaschinen oftmals den Ausschlag für die Eigenmechanisierung geben.
- Der Investitionsbedarf für die selbstfahrende Maschine übersteigt die angebauten und angehängten Maschinen um das Sechs- bis Neunfache. Hier liegen die eigentlichen Grenzen für den Selbstfahrer, selbst wenn dieser überbetrieblich eingesetzt wird. Weitere Preissteigerungen werden die Liquidität der Betriebe dann sehr schnell in Frage stellen. Folglich dürften noch größere Maschinen die Ausnahme bleiben.
- Die Kosten für die Arbeitserledigung lassen drei Wege für die Zukunft interessant erscheinen.
In Betrieben mit Schleppern ab 100 kW bringt der angebaute Häcksler die geringsten Kosten, wenn für die Verfahrenskette genügend Arbeitskräfte bereitgestellt werden können.
Fehlt ein großer Schlepper, dann stellt die Art des überbetrieblichen Maschineneinsatzes mit großen selbstfahrenden Häckslern die günstigste Lösung dar.

In großen Betrieben mit Milchviehhaltung dürfte bei der dort üblichen geringen Antriebsleistung der Schlepper ein billiger Selbstfahrer im Eigenbesitz oder in Maschinengemeinschaft vielfach günstiger sein als die Übermechanisierung durch stärkere Schlepper. Nur wenn in diesen Gebieten die Witterung es zuläßt und zugleich eine hervorragende Organisation gegeben ist, könnten auch dort größere Selbstfahrer, überbetrieblich eingesetzt, die geringsten Kosten der Arbeitserledigung erbringen.

Literatur

1. KTBL-Taschenbuch für Arbeits- und Betriebswirtschaft
Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag (10. Auflage), 1980
2. Verrechnungssätze 1980/81 für Maschinen- und Betriebshilfsringe.
Kuratorium Bayer. Maschinen- und Betriebshilfsringe, München 1980
3. Wenner, H.L. u.a.: Angewandte Landtechnik
München: BLV-Verlagsgemeinschaft 1980
4. Kirchgeßner, M.: Tierernährung
Frankfurt: DLG-Verlag 1973
5. Preislisten aller Häckslerhersteller

Stand der Entwicklung beim Maisanbau mit Folie

Prof. Dr. habil. Manfred Estler, AD Dr.-Ing. Karl Hans Kromer,
Institut für Landtechnik, Weihenstephan

Die Anwendung von Folien als "klimatisches Produktions-Hilfsmittel" hat sich im Gemüseanbau und bei Sonderkulturen bereits seit mehreren Jahren gut bewährt. Es war daher naheliegend, daß versucht wurde, die dort gefundenen Erfahrungen auch auf andere Kulturarten zu übertragen und sich die Vorteile z.B. auch im Maisanbau zunutze zu machen.

Gründe und Ziele für die Anwendung

Auf vielen Produktionsstandorten Mitteleuropas und demzufolge auch in der Bundesrepublik sind periodisch wiederkehrende Schwankungen in der Pflanzenentwicklung, der Abreife und dem Ernteertrag des Maises zu verzeichnen. Dabei bildet das Klima den Haupteinflußfaktor und bewirkt, daß in weiten Teilen der Bundesrepublik Deutschland keine optimalen Wachstums- und Ertragsvoraussetzungen für den Körnermais bestehen. In Grenzlagen des Maisanbaues gilt dies auch für Silomais. Das Problem ist, daß unter derartigen Produktionsbedingungen nicht nur die Ertragshöhe begrenzt ist, sondern infolge der witterungsbedingt erheblichen Schwankungen in der Pflanzenentwicklung auch eine gewisse Unsicherheit im Erreichen der Körner- bzw. Siloreife besteht.

Als Zielvorstellungen beim Maisanbau mit Folie ist daher anzusehen, daß der damit verbundene "Gewächshauseffekt"

- eine Verbesserung der Keim- und Wachstumsbedingungen gewährleistet
- günstigere Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse im Boden bewirkt
- eine Ausweitung des Maisanbaues auch auf ungünstigere Lagen möglich wird
- die Folie einen wirksamen Schutz gegen negative Witterungseinflüsse bietet (z.B. Verschlämmung)

- die gesamte Ertragssituation verbessert oder zumindest stabilisiert wird
- die frühere Abreife des Mais eine frühere Ernteabwicklung mit den daraus resultierenden, betriebsorganisatorischen Vorteilen gewährleistet
- bei Körnermais eine geringere Erntegutfeuchte und demzufolge eine Verringerung des Energieaufwandes und der Kosten bei der Trocknung erzielt werden kann
- in Grenzlagen der Übergang auf die Gewinnung höherwertiger Verwertungsstufen von Mais möglich wird (z.B. Anbau von Körnermais oder Maiskorn-Spindel-Gemischen anstelle von Silomais).

Es stellt sich jedoch die Frage, ob beim derzeitigen Stand der Entwicklung diese Zielvorstellungen erreicht und die erwarteten Vorteile nachhaltig erzielt werden können. Eine Beantwortung dieser Frage hat vielfältige Aspekte zu berücksichtigen. Nachfolgend sollen einige besonders wichtig erscheinende Bereiche diskutiert werden:

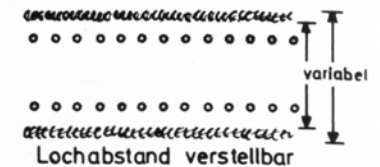
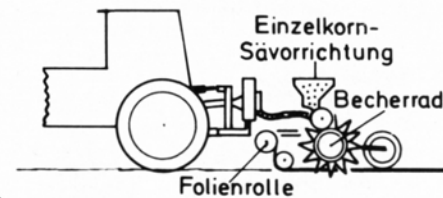
- Anbautechnik
- Verfahrenskosten und Mehrerträge
- Möglichkeiten zur Kostensenkung
- Umweltbelastung
- Sortenfrage.

Anbautechnik

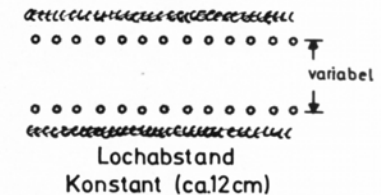
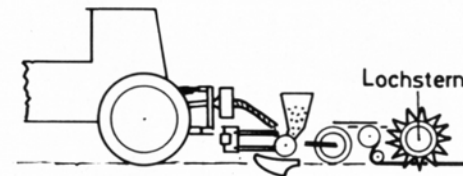
Die Verwendung von Kunststofffolien im Maisanbau dient vor allem der Verbesserung des Kleinklimas, also der Keim- und Wachstumsbedingungen im Wurzel- und Pflanzenbereich durch eine Erhöhung der Temperatur und Feuchtigkeit. Hierfür eignen sich ausschließlich transparente "Mulchfolien", die unter der Folie eine Erhöhung der Lufttemperatur bis 7 °C, eine Steigerung der Bodentemperatur an der Oberfläche bis maximal 8,3 °C und eine Zunahme der relativen Luftfeuchtigkeit um bis zu 20 % bewirken können. Diese Folien mit einer Stärke von 0,025 mm beginnen etwa 70 Tage nach dem Auslegen, sich unter dem Einfluß der UV-

Folienmulch-Saatverfahren

① Synchron - Lochverfahren



② Unabhängiges - Lochverfahren



③ Schlitzverfahren

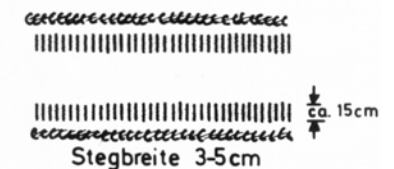
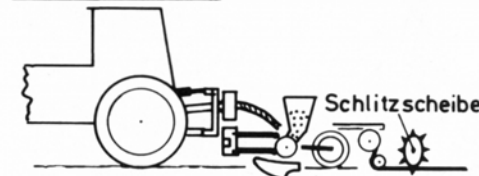


Abb. 1 Schematische Darstellung der wichtigsten Folienmulch-Säverfahren

Strahlung zu zersetzen. Dadurch wird in der Anfangsphase der Pflanzenentwicklung der "Gewächshauseffekt" voll ausgenutzt und eine rasche Bestandesentwicklung bewirkt.

Das Folienmulch-Saatverfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß die Ablage der Folie zugleich mit dem Saatvorgang erfolgt. Absätziges Verfahren, bei denen im ersten Arbeitsgang die Folienablage, im zweiten Arbeitsgang die Maisaussaat erfolgte, haben sich (vor allem in Hanglagen) nicht bewährt.

Sä - Loch - Verfahren

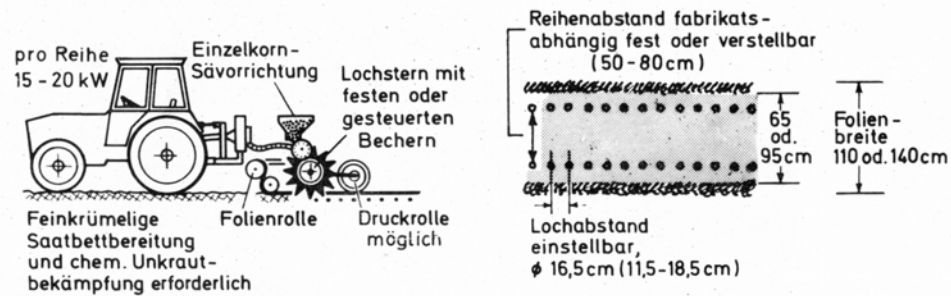


Abb. 2
Kenndaten für das synchronisierte Loch-Sä-Verfahren

Verfahrenstechnisch ist im wesentlichen zwischen zwei Verfahren zu unterscheiden (Abb. 1)

- synchronisiertes Loch-Säverfahren
- unabhängiges Loch-Säverfahren
 - a) Lochung im Abstand der Maiskornablage
 - b) Schlitzung oder Lochung in beliebigem Abstand.

Aufgrund der vorliegenden Erfahrungen ist nur beim Synchron-Lochsäverfahren eine ausreichende Sicherheit gegeben, daß die Maiskorn-Ablagestelle im Boden und die Öffnung in der Folie übereinstimmen. Bei den beiden unabhängigen Lochsäverfahren ist dies nicht gewährleistet, da zuerst die Samenkörner im Boden abgelegt und erst nachträglich die Öffnungen in der Folie angebracht werden. Die Erwartung, daß die Maiskeimlinge nach dem Zufallsprinzip die jeweilige Öffnung finden und dort durch die Folie wachsen, erfüllt sich oft nicht und kann zu erheblichen Auflaufproblemen führen.

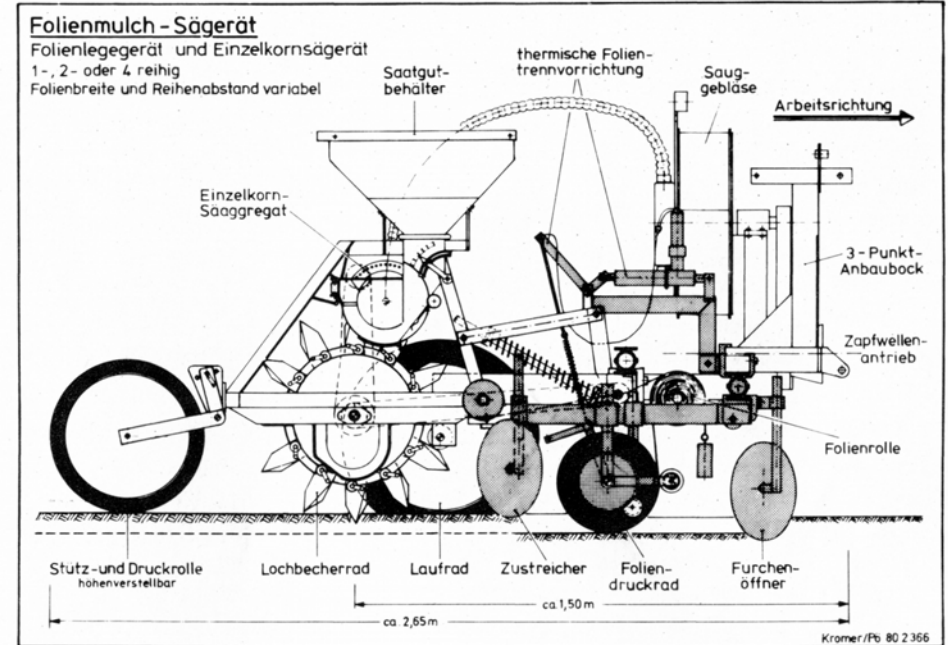


Abb. 3
Die weiterentwickelte Version einer Folienmulch-Sämaschine unter Verwendung einer konventionellen, pneumatischen Einzelkorn-Sämaschine

Die derzeit verwendeten Maschinen für das Folienmulch-Saatverfahren arbeiten daher ausschließlich nach dem Synchron-Lochsäverfahren. Dieses Verfahren (siehe Abb. 2) ist dadurch gekennzeichnet, daß im vorderen Teil des Anbau-Gerätes die Mulchfolie auf den Boden ablegt und seitlich durch Bedecken mit Erde fixiert wird. Ein nachfolgender Lochstern mit festen oder gesteuert-

Abb. 4
Technische Kenndaten der verschiedenen Folienmulch-Säverfahren

	Französische Anbautechnik	Deutsche Anbautechnik
Bauart	Hackanbaugerät (Spezialmaschine)	Heckanbaugerät (2-reihiges Folienlegegerät auch Front- oder Zwischenachsanaub, Umrüstung konv. EKS möglich)
Reihenabstand	80 cm	75 ± 25 cm
Saatabstand i.d.R.	16,5; 17 oder 18 cm	stufenweise verstellbar 11,5; 16,5 und 33 cm
theor. Pflanzendichte	69500; 73500 und 75700 Pfl/ha	veränderlich nach Saat- und Reihenabstand
Folienbreite	1400 mm	70 - 275 cm
Ablagetiefe	bis 8 cm	bis 7 cm
Einzelkornsägerät	pneumatisch Nodet-Pneumasem oder Monosem	pneumatisch Fähse-Monoair
Arbeitsgeschwindigkeit	3,5 - 6 km/h	3,5 - 4 km/h
Lochbecher-Rad O	1200 mm	670 mm
Gewicht	2-reihig - 1300 kg 4-reihig - 1600 kg 6-reihig - 2250 kg	2-reihig - 435 kg 4-reihig - 850 kg
erforderliche Schlepperleistung	2-reihig 50 kW 4-reihig 65 kW 6-reihig 74 kW	2-reihig - 35 kW 4-reihig - 50 kW
Preis incl. Folienlegegerät	2 reihig 15500 FF a. W. 4-reihig bis 36000 DM 6-reihig über 45000 DM	2-reihig 15275.- DM 4-reihig 27300.- DM
Hersteller	Huard, - Chateaubriant Vertrieb: Huard GmbH Bahnhofstraße 17 6653 Blieskastel CADAMA, F - Chalons sur Marne Cedex Vertrieb: Erich Stump GmbH 6800 Mannheim	Fähse, H. & Co Schulstraße 51 5160 Düren-Rheinland

ten Bechern wird von einer Einzelkornsävorrichtung mit Saatgut beschickt. Die Becher öffnen sich nach dem Durchstechen der Folie und legen jeweils ein Samenkorn in den Boden ab. Es ist möglich, eine Druckrolle nachzuschalten, die den Boden am Saatkorn fest andrückt. Die französischen Folienmulch-Saatmaschinen werden zwei- bis sechsstufig angeboten, wobei die Folie jeweils für zwei Reihen gemeinsam abgelegt wird. Bei den hier vorhandenen festen Reihenabständen von 80 cm beträgt die Folienbreite 140 cm. Nach dem seitlichen Bedecken mit Boden verbleibt eine wirksame Folienbreite von ca. 95 cm. Der Kornabstand in der Reihe beträgt je nach Fabrikat 16,5, 17 oder 18 cm.

Da diese französische Anbautechnik Probleme bei der Boden Anpassung und der Aussaat am Hang sowie hohe Investitionskosten aufweist, wurde bei einer deutschen Weiterentwicklung versucht, eine neu entwickelte Lochbechertechnik mit einem konventionellen Einzelkornsägerät zu kombinieren (Abb. 3). Damit ist es bei Mais möglich, variable Reihenabstände zwischen 50 und 80 cm sowie unterschiedliche Kornabstände in der Reihe zwischen 11,5 und 18,5 cm einzustellen (Abb. 4).

Voraussetzung für eine ordnungsgemäße Maschinenfunktion ist, daß der Boden ausreichend tief und feinkrümelig vorbereitet wird. Eine chemische Unkrautbekämpfung sowie das Ausbringen des mineralischen Düngers müssen vor der Saat erfolgen.

Verfahrenskosten und Mehrerträge

Nachdem funktionssichere technische Lösungen für die Verfahrensabwicklung vorhanden sind, stellen sich die entscheidenden Fragen:

- welche Spezialkosten entstehen für das Folienmulch-Saatverfahren
- welche Mehrerträge sind erforderlich, um bei Körner- und Silomais die verfahrensbedingten Mehrkosten abzudecken
- lassen sich diese Mehrerträge im praktischen landwirtschaftlichen Betrieb nachhaltig erzielen

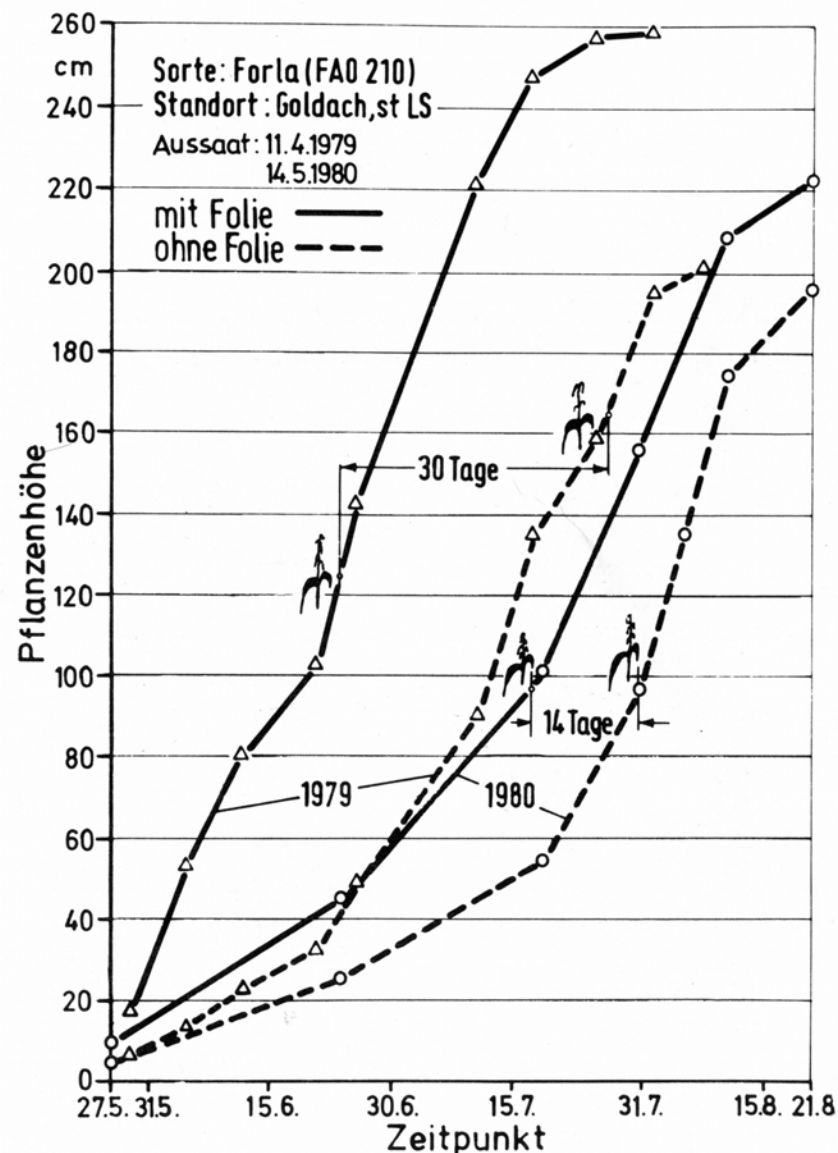


Abb. 5
Einfluß der Anbautechnik (mit bzw. ohne Mulchfolie) auf die Pflanzenentwicklung

- welche Möglichkeiten bestehen, die Verfahrenskosten zu reduzieren, um auch bei eventuell steigenden Kosten einen betriebswirtschaftlich rentablen Einsatz dieses Verfahrens zu ermöglichen?

Unter Berücksichtigung der derzeitigen Anbautechnik (Reihenabstand, Folienbreite, Flächenleistung) muß beim Maisanbau mit Folie mit Anbaumehrkosten von ca. 1 000,- (bis 1 200,-) DM/ha gerechnet werden. Davon entfallen über 80 % auf die benötigte Folie. Dies bedeutet, daß bei den derzeitigen Produktpreisen bei **Körnermais** (Durchschnittserlös 50,- DM/dt) ein Mehrertrag von ca. 20,- dt/ha erzielt werden muß, bei **Silomais** (0,45 DM/kg Stärkeeinheit) rund 2 200 kg Stärkeeinheiten/ha.

Die Frage, ob eine Chance besteht, diese Erträge zu erzielen, soll an Hand von vorliegenden Versuchsergebnissen beantwortet werden.

Eine Beurteilung des Effektes, den die Mulchfolie bewirkt, kann an Hand der Pflanzenhöhe, des Ernteertrages sowie (bei Körnermais) an der früheren Abreife (geringere Kornfeuchte zum Zeitpunkt der Ernte) vorgenommen werden. Dabei ist es interessant, die im Witterungsverlauf sehr unterschiedlichen Jahre 1979 und 1980 für einen Vergleich heranzuziehen.

Eine Beurteilung der Wechselwirkungen zwischen **Anbautechnik und Pflanzenentwicklung** (Abb. 5) kann an Hand von drei Kriterien vorgenommen werden:

1. Der Anstiegswinkel der Wachstumskurve stellt einen Maßstab für die Schnelligkeit der Jugendentwicklung dar. Eine rasche Jugendentwicklung verringert nicht nur die Gefahr von Kälteschäden und Frittfiegenbefall, sondern schafft auch durch einen frühzeitigen Windschutz günstigere Wachstumsbedingungen. Zu dem Zeitpunkt, da der Mais **mit** Folie bereits eine Höhe von 1 m erreicht hat, sind die Pflanzen **ohne** Folie erst 25 cm hoch, oder umgekehrt: hat der Mais **ohne** Folie eine Höhe von 1 m, haben die Pflanzen **mit** Folie bereits fast das Ende des Längenwachstums erreicht.
2. Vergleicht man beide Varianten hinsichtlich des Erreichens eines bestimmten Wachstadiums (z.B. Fahnenstieben), dann

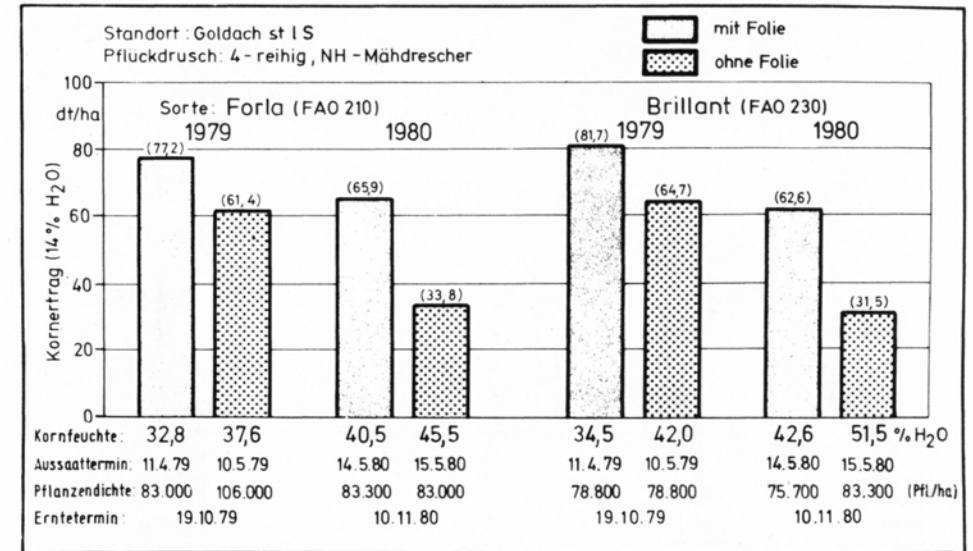


Abb. 6
Korntrag und Kornfeuchte mit und ohne Folie auf einem *ungünstigen* Standort (1979 und 1980)

besteht für den Mais mit Folie ein Wachstumsvorsprung von 4 Wochen (im Jahre 1979) bzw. 2 Wochen (1980).

3. Die Gesamtwuchshöhe ist z.B. bei Silomais ein Maßstab für den Ertrag an Gesamtmasse. Auch hier kann sich ein erheblicher Vorteil für die Bestände mit Mulchfolie ergeben.

Unterschiede der verschiedenen Sorten hinsichtlich ihrer Eignung für das Folienmulch-Saatverfahren lassen sich aus den bislang vorliegenden Versuchsergebnissen nicht mit Sicherheit entnehmen.

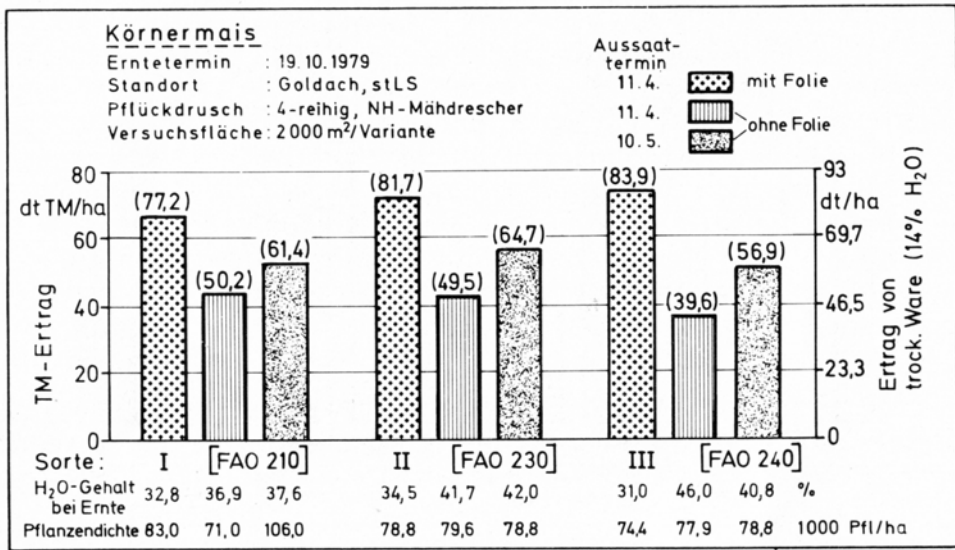


Abb. 7
 Körnermaiserträge (Trockenmasse und trockene Ware mit 14 % H₂O) von 3 Sorten bei unterschiedlichen Aussaatterminen

Bei einer Beurteilung des Folieneffektes bei **Körnermais** ist neben dem effektiven Kornertrag auch der Einfluß auf die Kornfeuchte zum Erntezeitpunkt zu berücksichtigen.

Für die Darstellung des **Kornertrages** sollen zwei Standorte mit deutlich unterschiedlichem Ertragsniveau herangezogen werden. Abb. 6 zeigt für einen vergleichsweise ungünstigen Standort die Kornerträge der Jahre 1979 und 1980 für zwei Sorten (Forla, FAO-Zahl 210; Brillant, FAO-Zahl 230). Im Jahre 1979 war es möglich, einen "folientypischen", sehr frühen Aussaattermin beim Foliemulch-Saatverfahren einzuhalten. Die Aussaat ohne Folie erfolgte zum betriebsüblichen Zeitpunkt (10.5.). Im Jahre

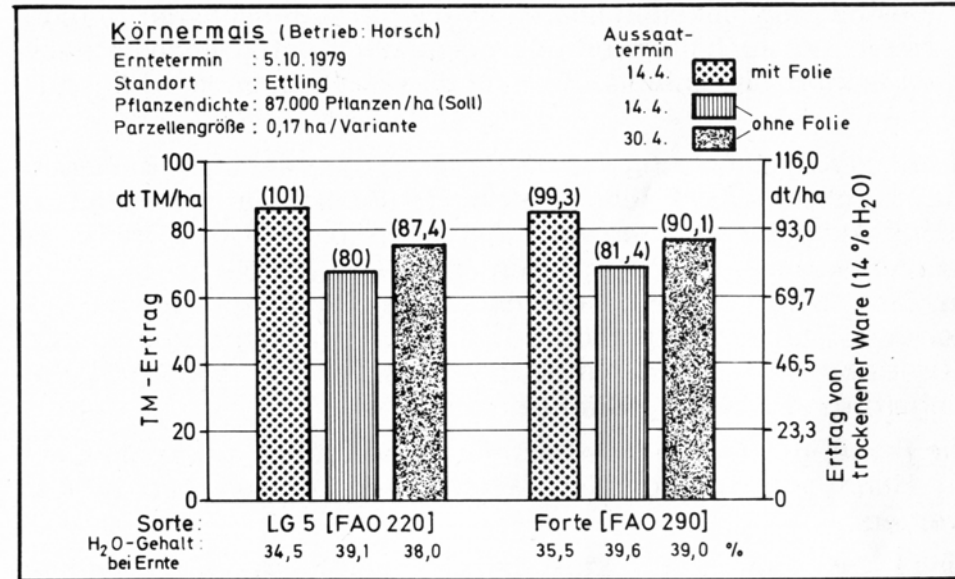


Abb 8
 Körner- und Trockenmasseerträge auf einem *günstigen* Standort (2 Sorten, 2 Saattermine)

1980 war es aus witterungsbedingten Gründen nicht möglich, diese deutliche Differenzierung des Saattermines vorzunehmen. Die Darstellung bestätigt die erwarteten Vorteile des Foliemulch-Saatverfahrens gegenüber dem Maisanbau ohne Folie. So konnte im Jahr 1979 bei der Sorte Forla ein Mehrertrag von 15,8 dt/ha (bei 14 % H₂O), bei der Sorte Brillant von 17,0 dt/ha erzielt werden. Im Jahre 1980 betrug der Mehrertrag auf dem gleichen Standort bei der Sorte Forla 32,1 dt/ha, bei Brillant 31,1 dt/ha. Neben diesen Mehrerträgen sollte auch das effektive Ertragsniveau im Jahre 1980 berücksichtigt werden. Hier zeigte sich, daß überhaupt erst durch die Foliemulch-Verwendung ein diskutabler Körnerertrag erzielt werden konnte.

In Abb. 7 sind für drei Sorten mit sehr unterschiedlicher FAO-Zahl (210/230/240) folgende Aussaatvarianten für das Jahr 1979 einander gegenüber gestellt:

- Aussaat mit Folie zu einem frühen Saattermin (11.4.)
- Aussaat ohne Folie zum frühen Saattermin (11.4.)
- Aussaat ohne Folie zum betriebsüblichen Zeitpunkt (10.5.)

Auf der linken Maßleiste ist der Trockenmasseertrag, auf der rechten Ordinate der Ertrag in dt trockener Ware (14 % H₂O) dargestellt. Es zeigt sich, daß ein Anbau ohne Folie zum frühen Saattermin erhebliche Mindererträge von 27,0 bis 44,3 dt/ha (bei 14 % H₂O) verursacht. Eine Aussaat zum ortsüblichen Termin bringt eine etwas günstigere Ertragssituation, die Mindererträge betragen jedoch immer noch 15,8 bis 27,0 dt/ha.

Die Ergebnisse eines Standortes mit günstigem Ertragsniveau (Abb. 8) zeigen eine weniger deutliche Differenzierung der Erträge beim Anbau mit oder ohne Folie. Dargestellt sind zwei Sorten mit deutlich unterschiedlicher FAO-Zahl (220/290), die wiederum zu unterschiedlichen Terminen ausgesät wurden. Der Ertrag ist ebenfalls als Trockenmasse - bzw. effektiver Ertrag in dt trockener Ware (bei 14 % H₂O) dargestellt. Ähnlich wie auf dem ungünstigen Standort bringt auch hier der Anbau ohne Folie zum frühen Aussaattermin die geringsten Erträge, aber auch beim Anbau ohne Folie zum betriebsüblichen Termin besteht noch eine Ertragsdifferenz von 9,2 dt/ha und 13,6 dt/ha im Vergleich zum Anbau mit Folie.

Betrachtet man die Ergebnisse einer ausgewählten Sorte (FAO-Zahl 220) für die Jahre 1979 und 1980 (Abb. 9), so zeigt sich auch hier wiederum die Tatsache, daß in den beiden Jahren der Anbau mit Folie deutlich höhere Ernteerträge bewirkte und zudem im Jahre 1980 nur durch den Anbau mit Folie das betriebsübliche Ertragsniveau annähernd erreicht werden konnte.

Werden die Ertragsergebnisse von 1980 für sechs süddeutsche Standorte (17 Einzelversuche, 11 Sorten mit FAO-Zahlen zwischen 210 und 290) gemittelt, so betrug der durchschnittliche

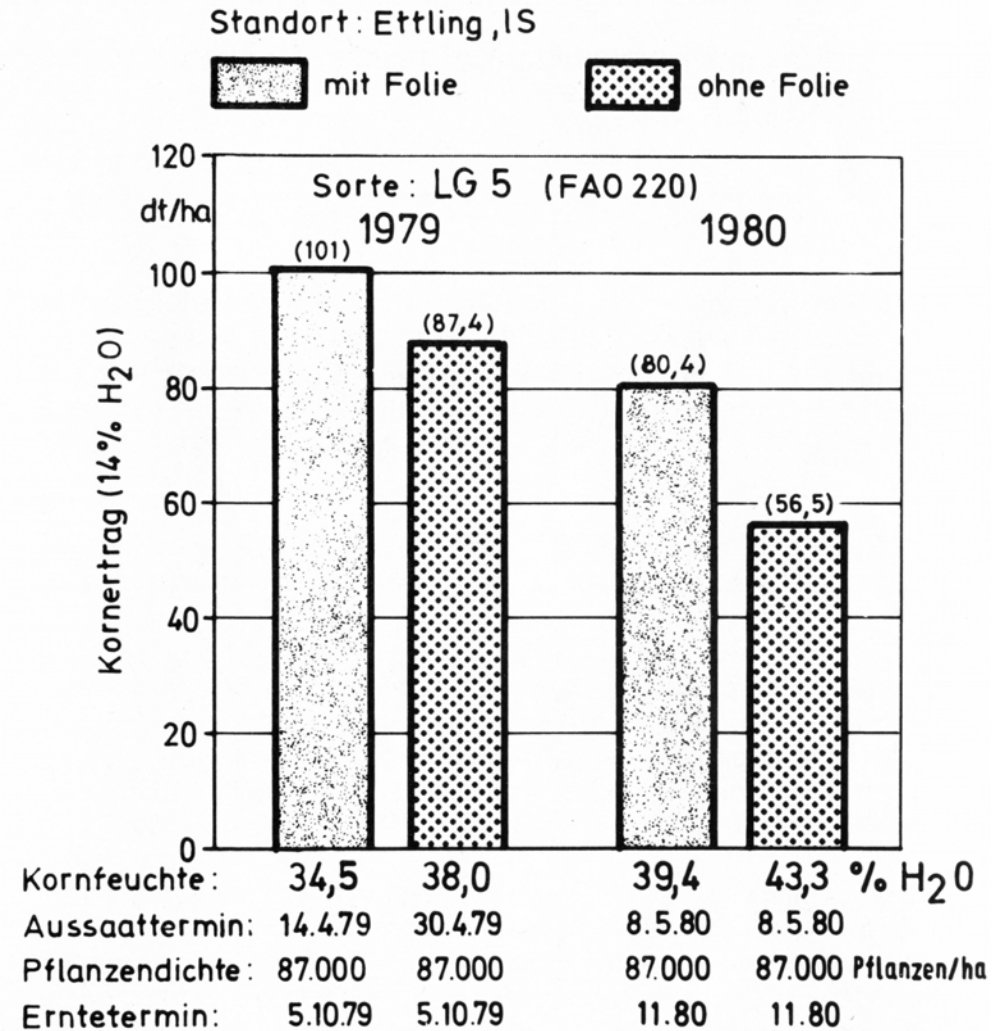


Abb. 9
Vergleich der Kornerträge in den Jahren 1979 und 1980 auf einem günstigen Standort (Sorte LG 5, FAO-Zahl 220)

Durchschnittliche Energie-Erträge bei Silomais-Vergleichsversuchen 1980 (nach HILDEBRANDT/LANG)

Erforderlicher Mehrertrag bei Folien-Silomais zur Abdeckung der verfahrensspezifischen Mehrkosten 2.200 kStE/ha

Ertragsniveau ohne Folie kStE/ha	Silomais - Bruttoertrag			Höhe über NN m	Erläuterung Unkosten ...
	ohne Folie kStE/ha	mit Folie kStE/ha	Differenz kStE/ha		
unter 6000	4.327	6.156	1.829	494	nicht gedeckt
	3.872	6.752	2.880	511	} gedeckt
	3.418	7.348	3.920	528	
über 6000	8.689	10.711	2.022	379	nicht gedeckt
	7.760	10.773	3.013	352	} gedeckt
	7.229	10.808	3.579	336	

Abb. 10
Ernteerträge bei Silomais (kStE/ha), Durchschnittswerte von 6 süddeutschen Standorten für das Jahr 1980

Mehrertrag bei Körnermais (14 % H₂O) 23,3 dt/ha gegenüber dem Anbau ohne Folie.

Als ein weiteres wichtiges Beurteilungskriterium bei Körnermais ist der **geringere Wassergehalt** im Korn zum Erntezeitpunkt durch die Anwendung von Folien anzusehen. Je nach Standort (Abb. 6 - 9) und Anbaujahr betrug die Verringerung des Wassergehaltes bei Folienverwendung zwischen 4,1 und 15,0 % H₂O.

Diese Verringerung des Wassergehaltes läßt bei einer Warmluft-trocknung des Körnermaises Kosteneinsparungen beim Brennstoff (Heizöl) von ca. 70,- bis 80,- DM/ha erwarten. Darüberhinaus ergeben sich sehr positive Auswirkungen auf die gesamte Arbeitsorganisation des landwirtschaftlichen Betriebes, da ein um zwei bis drei Wochen früherer Erntetermin gewählt werden kann. Dies bewirkt eine deutliche Abflachung der Arbeitsspitze im Herbst vor allem für diejenigen Betriebe, bei welchen nach der Körnermaisernte noch eine Winterweizenbestellung durchgeführt werden soll oder eine Entzerrung der Arbeitsorganisation für die Körnermais- und Zuckerrübenenernte angestrebt wird.

Für den Anbau von Corn-Cob-Mix (CCM) liegen bisher Versuchsergebnisse der BASF-AG und des Afl Coburg vor. Danach ergab sich die Umrechnung auf einen standardisierten TM-Gehalt bei CCM von 50 % ein Ertrag von 36,15 dt/ha ohne Folie und 66,05 dt/ha mit Folie. Dies entspricht einem Mehrertrag von 29,9 dt/ha.

Bei **Silomais** wurden im Jahr 1979 nur einige Tastversuche mit dem Folienmulch-Saatverfahren durchgeführt. Die Ergebnisse (Mehrerträge bis 4 600 KSTE/ha ließen erwarten, daß auch hier die notwendigen Mehrerträge erzielbar sind. Für das Anbaujahr 1980 liegen die Ergebnisse von sechs süddeutschen Standorten vor (Abb. 10). Dabei wurde unterschieden zwischen Standorten mit einem Ertragsniveau unter bzw. über 6 000 KSTE/ha. Die Ergebnisse zeigen, daß auf der überwiegenden Anzahl der Standorte ein erheblich über den erforderlichen 2 200 KSTE/ha Mehrertrag liegender Energieertrag erzielt werden konnte.

Möglichkeiten zur Verringerung der Verfahrenskosten

Diese Frage ist nicht nur unter dem Aspekt steigender Rohstoffkosten, insbesondere für die Anfertigung der Folie, zu sehen. Sie stellt sich auch ganz generell für Standorte in Grenzlagen des Maisanbaues, in denen das niedrige Ertragsniveau und der geringe Ertragszuwachs durch einen Maisanbau mit Folie verbessert werden könnte.

Die Möglichkeiten zur Verringerung der Verfahrenskosten sind sowohl bei der Folie selbst (Senken des Folieneinsatzes, Verringern der Foliendicke, Wiederverwendung der Folie), als auch im Bereich der Arbeitserledigung zu sehen (Erhöhen der Arbeitsgeschwindigkeit, Vergrößern der Arbeitsbreite, Verringern der Nebenzeiten).

Nachdem die Kosten für die Folie mit 800,- bis 900,- DM/ha den Hauptanteil der Anbau-Mehrkosten verursachen, ist ein Senken des Folieneinsatzes als ein besonders wirksames Mittel zur Kostensenkung für das Gesamtverfahren anzusehen (Abb. 11). Hierfür bieten sich neben einer Verringerung der Foliendicke durch Verringern des Maisreihenabstandes (Abb. 12) auch das Reduzieren des Verlustanteiles für das seitliche Festlegen (bisher 30 % der Gesamtfoliendicke) an. Erste Versuche in dieser Richtung sind sehr vielversprechend verlaufen und lassen eine echte Kostenreduzierung erwarten.

Das Verwenden schmalere Folien erfordert dringend auch eine Verringerung der Reihenweite, wobei derzeit ein Reihenabstand von 50 bzw. 60 cm diskutiert wird. Um jedoch die sorten- bzw. standortspezifisch optimalen Pflanzenbestandszahlen beibehalten zu können, wäre dann ein Wechsel 60/90/60/90 cm bzw. 50/100/50/100 cm erforderlich. Dies würde jedoch bei Verwendung mehrreihiger Erntevorsätze an Feldhäckseln bzw. Mähdruschern Neu- bzw. Umkonstruktionen erfordern. Bevor derartige maschinentechnische Weiterentwicklungen in größerem Stil vorangetrieben werden, sollten erst die laufenden Versuche mit verringerten Reihenweiten abgewartet werden.

Arbeitserledigung

Erhöhen der Arbeitsgeschwindigkeit

- derzeit 3 - 5 km/h
- Problem Becherfüllung und Kornablage
- Problem Aufreißen der Folie an der Lochstelle

Vergrössern der Arbeitsbreite

- Übergang von 2reihig auf 6reihig erforderlich
- bei 4reihig: geringere Erosionsgefahr, aber Spurenprobleme
- Problem Gesamtgewicht und Schlepperhubkraft

Verringern der Nebenzeiten

- Fixieren der Folie an Feldanfang und -ende
- Trennen der Folie
- Folienrollenwechsel

Abb. 11

Demgegenüber hat die Verwendung von schmalen Streifenfolien für jede einzelne Maisreihe keine Vorteile gebracht, da der "Gewächshauseffekt" deutlich gemindert wird.

Die Verringerung der Folienstärke stellt eine weitere wirksame Maßnahme zur Senkung der Anbaukosten dar. Bislang beträgt die Folienstärke 0,025 mm, es wurden jedoch bereits Folien mit 0,017 mm versuchsweise eingesetzt. Mit dem Verringern der Folienstärke erhöht sich jedoch das Problem der Reißfestigkeit, vor allem auf steinigem Böden.

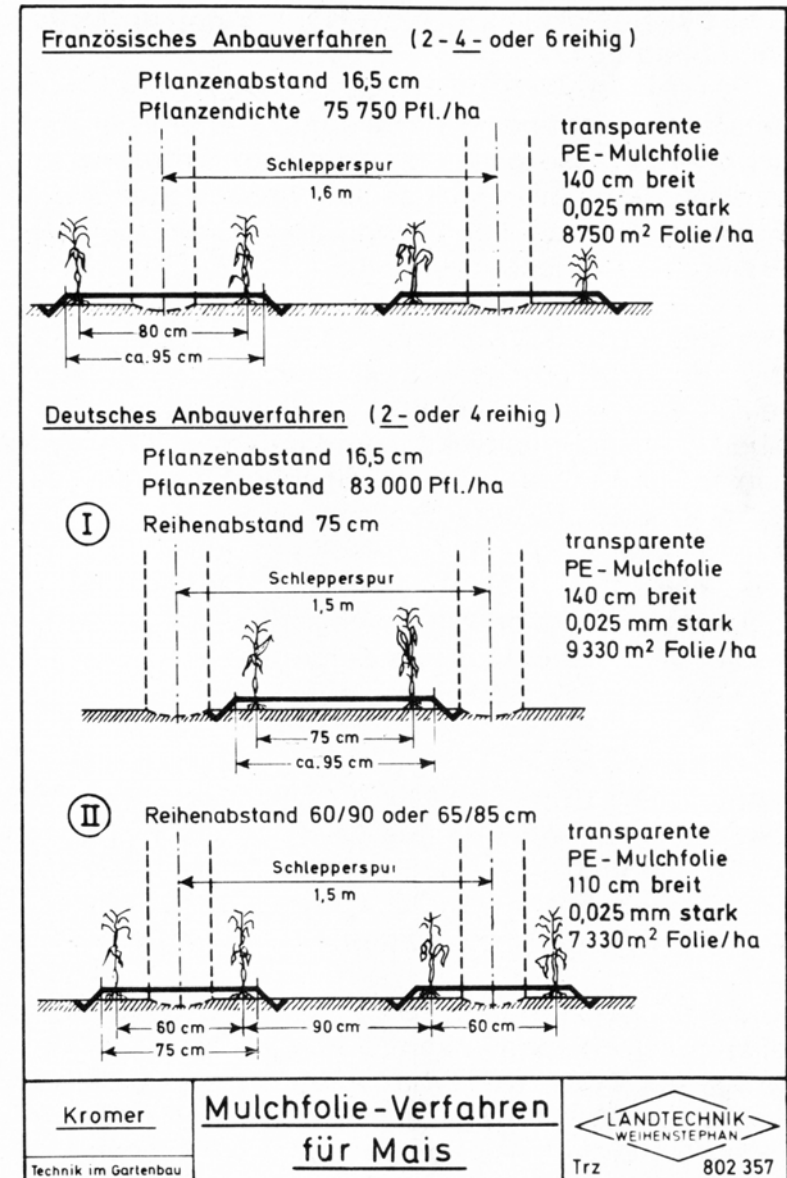


Abb. 12

Folienabmessungen bei verschiedenen Folienmulch-Säverfahren

F o l i e

Senken des Folieneinsatzes

- derzeit ca. 8.700 - 9.300 m²/ha
- schmalere Breitfolie, Folienbedarf ca. 6.300 - 7.300 m²/ha
- Streifenfolie
- geringerer Verlustanteil für seitliches Festlegen

Verringern der Folienstärke

- derzeit 0,025 mm
- Problem Reißfestigkeit

Wiederverwendung der Folie

- bei Mulchfolie nicht möglich
- Problem Folienbergung, -verluste, Wiederverlegung

Abb. 13

Eine Wiederverwendung der Mulchfolie scheidet aus, da sie, wie erwähnt, nach etwa 70 Tagen beginnt, selbsttätig sich zu zersetzen. Die bisher vorhandenen Probleme hinsichtlich unzureichendem Zerfall der mit Erde bedeckten Folienteile sollen durch neue Folienqualitäten verringert werden.

Im Bereich der Arbeitserledigung (Abb. 13) könnten durch ein Erhöhen der Arbeitsgeschwindigkeit bzw. ein Vergrößern der Arbeitsbreite spürbare Arbeitszeit- und damit Kosteneinsparungen erzielt werden.

Höhere Arbeitsgeschwindigkeiten als bisher (ca. 3 bis 5 km/h) führten jedoch bislang zu Problemen bei der Becherfüllung und

Kornablage. Außerdem bestand die Gefahr, daß die Folie an der Lochstelle aufreißt und damit die Festigkeit der Folie verringert wird. Bei neueren Maschinenkonstruktionen scheint aber eine Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit möglich zu sein.

Bei einer Vergrößerung der Arbeitsbreite entsteht für Anbau-Folienmulchsäuger ein echtes Problem in der Erhöhung des Gesamtgewichtes und damit in der benötigten Schlepper-Hubkraft. Es ist jedoch damit zu rechnen, daß die bisher vorwiegend vierreihig konstruierten Geräte auf sechs Reihen erweitert (um die vorhandenen Spurenprobleme unter den Folienbahnen zu vermeiden) und dann als Aufsattelmaschinen konzipiert werden.

Ein Verringern der Nebenzeiten wäre vor allem zu erreichen, wenn günstigere Lösungen für das Festlegen der Folie am Feldanfang und -ende sowie für das Abtrennen der Folie gefunden werden könnten. Auch der Wechsel der Folienrollen ist zeitaufwendig, könnte aber bei Verwendung dünnerer Folien und einer damit gegebenen höheren Lauflänge pro Rolle vermindert werden.

Umweltbelastung

Bei der Diskussion über die Verwendung von Mulchfolien wird immer wieder die Frage gestellt, ob nicht die Foliengrundsubstanz und die Folienreste zu einer übermäßigen Belastung des Bodens und der Umwelt mit Chemikalien führen könnten. Wie bereits erwähnt, beginnen die bislang verwendeten Folien mit 0,025 mm Stärke nach etwa 70 Tagen sich selbst zu zersetzen.

Je rascher der Bestand "schließt", desto mehr wird die Zersetzungsphase verzögert. Neue Entwicklungen zielen deshalb darauf ab, die "stabile Phase", also die Zeitspanne zwischen Auslegen der Folie und Beginn der Zersetzung, deutlich zu verkürzen, um dadurch den vollständigen Folienabbau zu unterstützen.

Ein echtes Problem stellen jedoch nach wie vor die seitlichen Folienstreifen dar, die zum Festlegen der Folie mit Erde bedeckt und nicht oder nicht ausreichend zersetzt werden, da die direkte UV-Bestrahlung fehlt. Auch hier ist zu erwarten, daß neue Folienquali-

täten eine Verbesserung der Situation bewirken. Vorerst muß es ein erklärtes Ziel der Bodenbearbeitung im Herbst sein, die noch vorhandenen Folienteile ausreichend zu zerkleinern und für die endgültige Zersetzung freizulegen. Ein Unterpflügen und damit Vergraben der Folie könnte zu Problemen bei der Bodenbearbeitung und den Ernteverfahren in den folgenden Anbauperioden führen.

Sortenfrage

In der Anfangsphase der Diskussion über die Aussichten eines Maisanbaues unter Folie wurde unter anderem die Erwartung geäußert, daß dieses neue Bestellverfahren nicht nur generell höhere Erträge, sondern auch den Übergang auf später abreifende Sorten mit einem entsprechend höheren genetischen Ertragspotential möglich machen würde. Die bislang vorliegenden Untersuchungsergebnisse bringen keine Bestätigung dieser Erwartungen. Es erscheint daher sinnvoll, vorerst an den ortsüblich bewährten Sorten für Körner- und Silomais festzuhalten, das hier vorhandene, genetische Ertragspotential voll auszuschöpfen und vor allem den Vorteil der früheren Abreife zu nutzen.

Ausblick

Ein abschließender Ausblick auf die Weiterentwicklung des Folienmulch-Saatverfahrens muß mit besonderer Vorsicht geschehen. Vor allem auch deshalb, weil die Gesamtentwicklung auf dem Grundstoffsektor und damit die Preisentwicklung für die Folie nicht auf längere Zeit überschaubar ist. Hinzu kommt, daß trotz einer Vielzahl von Versuchsergebnissen noch nicht für alle Maisanbaustandorte mit Sicherheit vorausgesagt werden kann, ob die erforderlichen Mehrerträge langfristig erzielt werden können.

Auf der Basis des heutigen Kenntnisstandes kann man aber folgendes feststellen:

- bei Körnermais ist zu erwarten, daß vor allem in den Anbaulagen mit einem mittleren Ertragsniveau die zum Abdecken der verfahrensbedingten Mehrkosten erforderlichen Mehrerträge zu erzielen sein werden. Ob und mit welcher Sorte dies im jeweiligen Fall mit der erforderlichen Sicherheit zu erwarten ist, muß durch spezielle Erfahrungen am jeweiligen Standort überprüft werden.
- Mindestens ebenso hoch wie die **Ertragssteigerung** ist auch die Erhöhung der Ertragssicherheit zu bewerten. Dieser Aspekt hat nicht nur in den Grenzlagen des Maisanbaues besonderes Gewicht, sondern überall dort, wo über ein langfristig sicheres Ertragsniveau das Betriebsergebnis positiv beeinflußt werden soll.
- Wenn sich bei Silomais die bisher vorliegenden, überwiegend positiven Ergebnisse bestätigen sollten, könnte vor allem für Betriebe in Grenzlagen des Silomaisanbaues eine wertvolle Voraussetzung für die Erweiterung und Absicherung der Futterbasis bestehen.
- Ausschlaggebend für eine weitreichendere Anwendung des Verfahrens wird jedoch sein, daß es gelingt, die verfahrensspezifischen Spezialkosten zu senken. Hier bestehen vor allem im Bereich "Folie" einige aussichtsreiche Ansatzpunkte, die bereits diskutiert wurden.

Als Fazit daraus kann man sehen, daß nicht nur "Mais eine Pflanze mit Zukunft" ist, sondern auch die Verwendung des Folienmulch-Maissaatverfahrens für bestimmte Betriebe ein Verfahren mit Zukunft darstellen kann.

Literatur

Bücher sind mit ■ gekennzeichnet

- [1] Couter, J.W.; Hopen, H.J.; Vandemark, J.S.: Mulching vegetables. Circular 100 S. (1969), University of Illinois, Urbana 111; Cooperative Extension Service
- [2] ■ Eggers, H.: Untersuchungen zum Klima unter verschiedenen Folienabdeckungen. Dissertation TU Hannover, 1975
- [3] Flake, E.; Brinkmann, W.: Untersuchungen zur Sicherung des Feldaufganges von Zuckerrüben. Zuckerindustrie 104 (1979), S. 199 - 206
- [4] Fritz, U.: Mikroklima unter Folie. Rheinische Monatsschrift 66 (1978), H. 5, S. 218
- [5] Hanras, J.Ch.: Agricultural and horticultural use for photodegradable polyethylene (LD PE-) films. Plasticsulture 41 (1979), H. 3, S. 43 - 58
- [6] Hildebrandt, H.; Lang, H.: Erfahrungen und Versuchsergebnisse bei der Folienanwendung bei Körner-, Silomais und Zweifruktanbau. Vortrag auf dem Seminar Folienmulch-Saatverfahren bei Mais, Weihenstephan, 18.2.1981
- [7] Horsch, H.: Ertragsergebnisse der Folienmulchversuche 1975 und 1980, persönliche Mitteilung 1980
- [8] Kromer, K.-H.; Lechner G.: Mechanisches Ausbringen und Abräumen von Folie im Freiland. Gemüse 14 (1978), H. 3, S. 78 - 82
- [9] Kromer, K.-H.; Estler, M.: Maisanbau unter Folie, mais 2 (1980), S. 20-25
- [10] Kromer, K.-H.; Freese, K.: Mais mit Folie anbauen. DLG-Mitteilungen 95 (1980), H. 7, S. 410 - 413
- [11] Lang, H.; Hilbert, M.: Eine neue Mais-Anbautechnik. mais 1 (1979), S. 25 - 28
- [12] ■ Rintelen, P.: Mais - Ein Handbuch über Produktionstechnik und Ökonomie, BLV-Verlagsgesellschaft mbH., München 1971
- [13] ■ Seitz, P.: Gemüsebau mit Folien. Ulmer Fachbuch Gemüsebau, Stuttgart, 1974
- [14] Shout, G.J.: Plug for profits. American Vegetable Grower 19 (1971), H. 3, S. 20
- [15] Smith, N.J.: Slit mulch. American Vegetable Grower 21 (1973), H. 12, S. 13 - 14
- [16] Wecke, W.J.: Anlage von Maisversuchen. Mais-Informationen, H.1
- [17] Werminghausen, B.; Hildebrandt, H.: Ist das Folienmulch Saatverfahren eine wirtschaftliche Möglichkeit, um unabhängiger von der Witterung und vom Standort ausreichendes wirtschaftseigenes Futter zu produzieren? Agrar-Übersicht 32 (1981) H. 1, S. 22 - 25
- [18] ■ Zscheichler, J.: Mais - Anbau und Verwertung, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt, 1979
- [19] Firmenunterlagen
- [20] Kromer, K.H.; Estler, M.: Maisanbau mit Folie, Landtechnik, 36 (1981), H. 6, S. 291 - 299
- Abb. Umschlagseite:
Schlüter-Compact 1050 V 6, 100 PS/74 kW, 6-Zylinder-Spezial-Dieselmotor mit Luftansaugung über Resonanzbehälter, 5700 ccm großer Hubraum.

