

gramm der Rekonstruktion der Grünfütter-trocknungsanlagen mit dem Ziel hoher Energieeinsparung, Wärmerückgewinnung, Reduzierung der Umweltbelastung und Vermin-derung der Korrosion.

Mit der Erhöhung des energetischen Wir-kungsgrades von Getreidetrocknungsanla-gen, vor allem auch durch Einführung der mikroelektronischen Steuerung „MITROC-25“, befaßt sich das KDT-Objekt der Wissen-schaftlichen Sektion Getreidewirtschaft.

Anspruchsvolle Aufgaben ergeben sich für unsere KDT-Kollektive aus der Mitwirkung am Zentralen KDT-Objekt „Neue Werk-stoffe“. Dabei geht es um die effektive Nut-zung des neuen optimierten Stahlmarkensor-timents und den verstärkten Einsatz pul-verbundwerkstoffischer Erzeugnisse in engem Zu-sammenwirken mit den KDT-Aktivs und Fachorganen der Montanwissenschaftlichen Gesellschaft. Einen Beitrag dazu leistet auch das Leichtbaukolloquium des Fachausschus-ses Zuverlässigkeit und ökonomischer Leichtbau.

Glas- und Keramikwerkstoffe sowie Ver-bundwerkstoffe auf deren Basis eröffnen auch in der Landwirtschaft und im Landma-schinenbau große Einsatzmöglichkeiten. In

engem Zusammenwirken mit der Glas- und Keramikindustrie entstanden bereits solche Lösungen, wie die Glaskippsschale für die au-tomatische Milchmengenmessung oder die Keramikspaltenfußböden für die Schweine-produktion. Aber auch solche Verbundwerk-stoffe wie Al-Titanat-Keramik oder Oxidkera-mik u. a. erfordern vom Konstrukteur neue Werkstoffkenntnisse, die durch Weiterbil-dungsveranstaltungen des Fachverbands Sili-katetechnik vermittelt werden. Für den Ver-schleißschutz eröffnet das Keramikspritzen neue Möglichkeiten.

Zu den Initiativen hinsichtlich der Anwen-dung von Schlüsseltechnologien gehören zweifellos auch die KDT-Objekte zur Laser- und Elektronenstrahltechnologie im Anwen-dungsbereich des Landmaschinenbaus und der landtechnischen Instandhaltung, die in engem Zusammenwirken mit KDT-Kollekti-ven von Hochschulen und Industrie gelöst werden.

KDT-Initiativen und -Aktivitäten zur Einfüh-rung der Biotechnologie sind vor allem in Zweigen der Nahrungsgüterwirtschaft aus-gelöst worden. Bei der Verwirklichung die-ser und vieler anderer Aufgaben nimmt die Arbeit mit jungen Wissenschaftlern und In-

genieuren einen besonderen Platz ein. Die Betreuung der MMM-Kollektive und die Unterstützung von Jugendforscherkollekti-ven gehören zur festen Arbeit zahlreicher Be-triebssektionen und Fachorgane. Zur Zentra-len MMM 1987 werden vom Vorstand des Fachverbands wieder ein Ehrenpreis und Eh-renurkunden für besonders erfolgreiche Be-triebssektionen in der MMM-Arbeit verge-ben. Für junge Ingenieure werden an der In-genieurhochschule Berlin-Wartenberg Erin-derungen Landtechnik durchgeführt.

Dieser kurze Einblick in die Initiativbewe-gung unseres Fachverbands zum 9. KDT-Kongreß sollte zeigen, wie sich die einzelnen Gremien inhaltlich auf die Entwicklung und Einführung der Schlüsseltechnologien ein-stellen und mit vielen schöpferischen Ideen und Lösungen dazu beitragen, das technolo-gische Niveau der Pflanzen- und Tierproduk-tion schnell zu erhöhen, das Ertragsniveau zu vergrößern und die eigene wissenschaft-lich-technische Arbeit rationeller und effek-tiver zu gestalten.

Auf der im Juni stattfindenden Aktivtagung unseres Fachverbands zum 9. KDT-Kongreß wird eine Zwischenabrechnung dieser Inge-nieurinitiativen vorgenommen. A 4909

## Energetische Bewertung von Verfahren der Pflanzenproduktion unter Berücksichtigung der vergegenständlichten Energie

Dipl.-Ing. A. Schultz/Dr.-Ing. Gertraud Wolff/Ing. G. Fischer  
Institut für Energie- und Transportforschung Meißen/Rostock der AdL der DDR

### Verwendete Formelzeichen

$b_0$	spezifischer Motorkraftstoffverbrauch im Leerlauf in g/h
$b_2$	spezifischer Motorkraftstoffverbrauch in g/kW · h
$e_A$	spezifischer Energieverbrauch, bezogen auf die Anbaufläche, in J/ha
$e_{AC}$	spezifischer Energieverbrauch eines Arbeitsganges an Gebrauchsennergie in J/ha
$e_{APr}$	spezifischer Energieverbrauch an Primär-energie in J/ha
$e_{AVM}$	spezifischer Energieverbrauch an vergegenständlichter Energie für Maschinen in J/ha
$e_{AVMa}$	spezifischer Energieverbrauch an vergegenständlichter Energie für Material in J/ha
$e_{VM}$	spezifischer Energieverbrauch an vergegenständlichter Energie einer Maschine in J/kg
$e_{VMa}$	spezifischer Energieverbrauch an vergegenständlichter Energie für Material in J/kg
F	Faktor für den Flächenanteil
$f_{IH}$	Faktor zur Berücksichtigung der jährlich für die Instandsetzung einzusetzenden Mate-rialien in 1/a
$f_S$	Faktor zur Berücksichtigung des Öl- und Schmierstoffanteils beim Betrieb von Ma-schinen
$K_{T08}$	Flächenkapazität in der Schichtzeit $T_{08}$ in ha/h
$m_M$	Maschinenmasse in kg
$m_{Ma}$	spezifischer Verbrauch an Material in kg/ha
ND	normative Nutzungsdauer der Maschinen in a
$P_{erf}$	erforderliche Motorleistung in kW
t	jährliche Einsatzzeit in h/a
$T_{MLa}$	Motorlastlaufzeit in einer Teilzeit in h
$T_{MLe}$	Motorleerlaufzeit in einer Teilzeit in h
V	Faktor zur Berücksichtigung des Verfah-rensanteils

$\eta_u$  Umwandlungswirkungsgrad bei der Erzeu-gung von Gebrauchsennergie aus Primär-energie

### 1. Vorbemerkungen

Die weitere Intensivierung der Produktions-prozesse der Pflanzenproduktion erfordert, die Gestaltung und Weiterentwicklung der Produktionsverfahren so vorzunehmen, daß eine Senkung des produktspezifischen Energieverbrauchs erreicht werden kann. Bei der Lösung entsprechender Aufgaben sind das energiewirtschaftliche Niveau und Energie-einsparungseffekte vor allem anhand quanti-fizierbarer Bewertungskriterien nachzuwei-sen. In die Reihe solcher Kriterien wird in zunehmendem Umfang die vergegenständ-lichte Energie einbezogen. Damit werden weitere Ansatzpunkte und Entscheidungs-grundlagen geschaffen, um aus volkwirt-schaftlicher Sicht Schwerpunkte des Ener-gieverbrauchs in einem Produktionsverfah-ren sichtbar zu machen und z. B. über Mate-rialsubstitution oder Senkung der Material-verluste zur Energieeinsparung insgesamt beizutragen.

Nachfolgend sollen einige methodische Aspekte zur energetischen Bewertung kom-plexer Produktionsverfahren unter Berück-sichtigung der vergegenständlichten Energie sowie ausgewählte Ergebnisse dargelegt werden.

### 2. Bewertungskriterien

Als Bewertungskriterien für die Bezugsbene „Produktionsverfahren“ werden zweckmäßi-gerweise spezifische Energieverbrauchs-

kennwerte mit solchen Bezugsgrößen ge-nutzt, die sowohl für entsprechende Ele-mente und Abschnitte des Produktionsver-fahrens als auch für das Produktionsverfah-ren insgesamt anwendbar sind. Vorrangig werden Kennwerte gewählt, die den Energie-verbrauch in bezug auf die bearbeitete Flä-che bzw. auf das bearbeitete, geförderte oder transportierte Produkt angeben und durch Umrechnungen über diese Bezugsgrö-ßen aggregierfähig sind. Unter Energiever-brauch ist dabei die in einem Prozeß einge-setzte Gebrauchsennergie entsprechend der Definition in [1] zu verstehen, die unter Be-achtung der Umwandlungsreihen auf Primär-energie zurückgerechnet werden kann.

Häufig werden bei Energieaufwands- und Energieeffektivitätsbetrachtungen neben der Gebrauchsennergie Energieäquivalente der lebendigen Arbeit oder organischer Stoffe mit berücksichtigt, um den energetischen Wirkungsgrad der Produktion aus der er-zeugten Bruttoenergie der Produkte und dem Gesamtenergieaufwand zu bestimmen. Dabei sind jedoch noch einige methodische Aspekte zu klären. Deshalb werden vorran-gig folgende Bewertungskriterien verwen-det:

- direkt im Bilanzbereich der Pflanzenpro-duktion eingesetzte Gebrauchsennergie bzw. unter Beachtung der Umwandlungs-reihe Primärenergie (z. B.  $\eta_u$ : für Diesel-kraftstoff 0,87, für Elektroenergie 0,162 entsprechend [2])
- vergegenständlichte Energie als Summe der Verbrauchs- bzw. Primärenergien-mengen, die z. B. für die Herstellung von Ma-

Tafel 1. Beispiele für erforderliche Angaben zur Beschreibung eines Arbeitsganges

- Benennung des Arbeitsganges
  - Arbeitsgang-Nr.
  - Arbeitsart
  - Maschinentyp
- Konstruktionsparameter
  - Masse
  - Parameter entsprechend Motorkennfeld
  - projektierte Arbeitsbreite, Durchsatz
  - normative Nutzungsdauer
- Betriebsparameter
  - Fahrgeschwindigkeit
  - effektive Arbeitsbreite, Arbeitstiefe
  - Durchsatz
  - erforderlicher Motorleistungsbedarf in den Teilzeiten
- Stoffparameter Boden/organische Stoffe
  - Bodenart
  - spezifischer Bodenwiderstand
  - Feuchte, TS-Gehalt
  - Beimengungen
- technologische und organisatorische Kennwerte
  - technologische Teilzeiten
  - Flächenkapazität
  - Verfahrensanteil
  - Schichtfaktor
- Aufwand an Material
  - Düngemittel
  - Pflanzenschutzmittel
  - Bindegarn
- Angaben zum Standort
  - Ertrag
  - Schlag- und Geländegestaltung
  - Transportentfernung

schinen und Ausrüstungen, von Material (Dünge- und Pflanzenschutzmittel, Folie und Bindegarn u. a.) notwendig sind und außerhalb des Bilanzbereichs eingesetzt werden

– Summe aus Gebrauchs-/Primärenergie und vergegenständlichter Energie.

**3. Angaben zur Struktur der Produktionsverfahren**

Voraussetzung für die energetische Bewertung ist die Bestimmung der Struktur der Produktionsverfahren in Form von Arbeitsgängen als kleinste Elemente und Arbeitsgangfolgen in den Haupt- und Hilfsprozessen. Damit werden gleichzeitig die entsprechenden Stoff- und Energieströme im Verfahren festgelegt. Mit den Arbeitsgängen sind ebenfalls die Parameter und Bedingungen zu nennen, die wesentlichen Einfluß auf den Energieverbrauch haben. Dies sind u. a. Konstruktions- und Betriebsparameter, technologische und standortbedingte Faktoren. Beispiele dafür sind in Tafel 1 enthalten.

Zur Sichtbarmachung der Verteilung des Energieverbrauchs im Produktionsverfahren ist es zweckmäßig, Prozeßabschnitte zu wählen, denen Arbeitsgänge bzw. Arbeitsverfahren mit gleichen Arbeitszielen zugeordnet werden können (z. B. mineralische Düngung oder Grundbodenbearbeitung). Bei der Wahl der in Tafel 2 aufgeführten Prozeßabschnitte wurde davon ausgegangen, den Energieverbrauch für energieintensive Transport- und Umschlagarbeitsgänge in den Arbeitsverfahren gesondert nachzuweisen.

Bei flächendeckenden Betrachtungen sind die Flächen- und Verfahrensanteile zu berücksichtigen (z. B. Mineraldüngerapplikation mit W50 und D032 auf 50% der Fläche oder Kornernte mit E512 mit einem Verfahrensanteil von 90%). Dies ist u. a. notwendig, wenn flächen- oder produktbezogene Kennwerte des Energieverbrauchs für einen Gesamtbetrieb oder für DDR-Ebene ermittelt werden.

Die Bilanzgrenzen des Produktionsverfahrens werden mit Festlegung der ersten und letzten Arbeitsgänge der Haupt- und Hilfsprozesse gebildet, z. B.

Tafel 2. Unterstellte Prozeßabschnitte

Nr.	Prozeßabschnitt
1	Tiefenlockerung und Entsteinung
2	Transport und Umschlag zur Entsteinung
3	Mineraldüngung; Umschlag, Lagerung, Transport und Applikation
4	Organische Düngung; Umschlag, Lagerung, Transport und Ausbringung
5	Grundbodenbearbeitung
6	Transport und Umschlag zur Saatbettbereitung und Aussaat
7	Saatbettbereitung und Aussaat
8	Mechanische Pflege
9	Pflanzenschutz; Transport, Umschlag, Lagerung und Applikation
10	Ernte
11	Transport zur Ernte
12	Umschlag, Lagerung der Ernteprodukte (Einlagerung, Aufbereitung, Lagerung, Auslagerung)
13	Sonstiger Transport, Umschlag, Lagerung

erster Arbeitsgang:

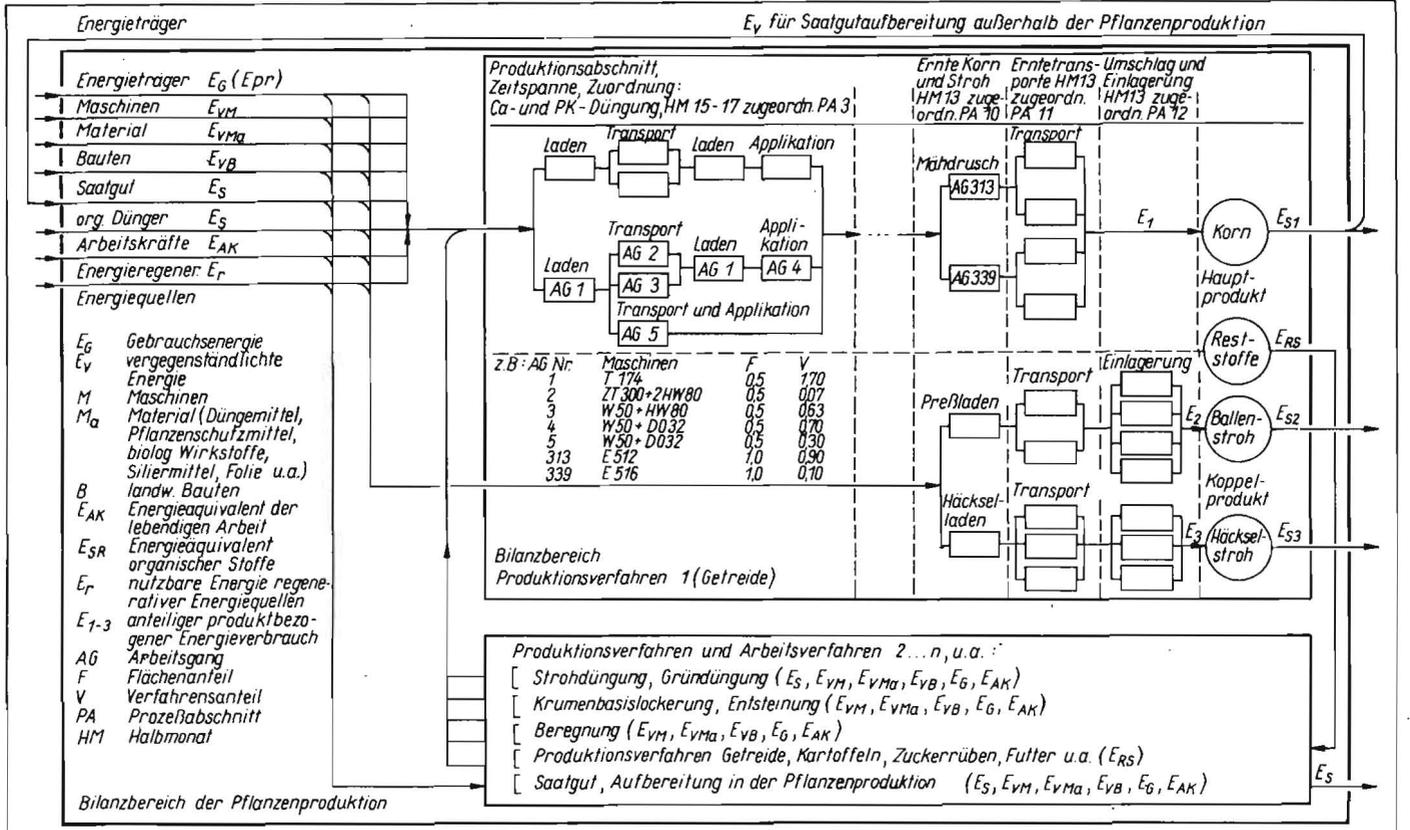
- Laden mineralischer Dünger ab Lager
- Transport von Gülle ab Tierproduktionsanlage (ohne Befüllung auf Basis Elektroenergie)

letzter Arbeitsgang:

- Getreidetransport in der ersten Stufe zur Getreidewirtschaft
- Strohtransport bis Diemen
- Zuckerrübentransport bis 1. Umschlagplatz
- Sickersaft abfahren
- Grünguttransport bis Tierproduktionsanlage bzw. Einlagerung in Silos
- Kartoffeltransport bis ALV-Anlage bzw. Miete.

Zur differenzierten Bewertung der Produk-

Bild 1. Stoff- und Energieströme im Bilanzbereich der Pflanzenproduktion und eines Produktionsverfahrens (Getreide) unter Berücksichtigung der entsprechenden Flächen- und Verfahrensanteile der Arbeitsgänge



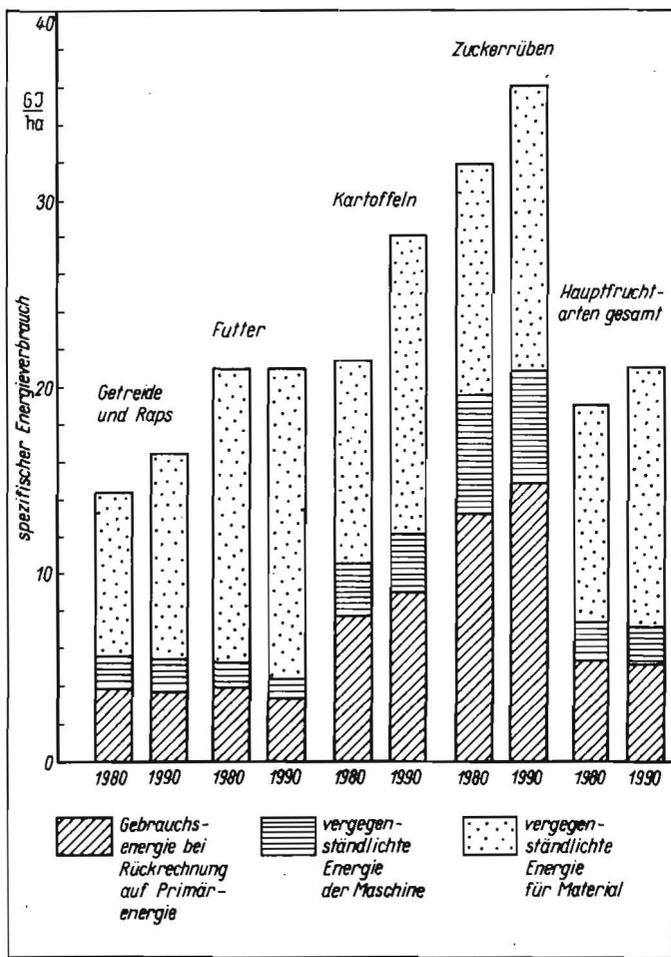


Bild 2  
Spezifischer Energieverbrauch nach Hauptfruchtarten, bezogen auf Acker- und Grünlandfläche

$$e_{ADK T08} = \frac{\sum_{i=1}^{83} [(P_{erfi} b_{ei}) T_{MLei} + b_0 T_{MLei}]}{T_{08}} \cdot \frac{1}{K_{T08}} \quad (5)$$

(i entsprechend Teilzeiten nach Standard TGL 22 289).

Die Kennwerte der vergegenständlichten Energie für Maschinen und Material wurden bei den durchgeführten Berechnungen der nationalen und internationalen Fachliteratur entnommen. Dabei ist zu bemerken, daß die Bilanzbereiche für diese Kennwerte in den meisten Fällen nicht konkret angegeben werden; gleichermaßen fehlen z. B. auch solche Angaben, wie weit in der Umwandlungsreihe Gebrauchsenergie-Primärenergie zurückgerechnet wurde. Die vergegenständlichte Energie für landwirtschaftliche Bauten und Saatgut fand aufgrund des relativ geringen Anteils am Gesamtenergieverbrauch keine Berücksichtigung.

### 5. Ergebniskennwerte

Mit Hilfe von Rechenprogrammen, die im Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim erarbeitet wurden [4, 5], erfolgte die energetische Bewertung der wesentlichen Produktionsverfahren der Feldwirtschaft flächendeckend für die DDR. Grundlage dafür bildeten entsprechende Eingabedaten der Institute der Pflanzenproduktionsforschung der AdL. Nachfolgend können nur einige ausgewählte Kennwerte nach Fruchtartengruppen, Fruchtarten und Prozeßabschnitten als Beispiel für

tionsverfahren wurde nach Haupt- und Koppelprodukten unterschieden und die Entstehung, Krumbasislockerung sowie die Grün- und Strohdüngung als gesonderte Verfahren betrachtet. Der Energieverbrauch für die Schaffung von Voraussetzungen für den pflanzlichen Stoffbildungsprozeß wird dem Hauptprodukt zugeordnet. Die Verfahren der Koppelprodukte beginnen bei der Strohhäufung und Rübenblatternte. Die allgemeine Darstellung der Energie- und Stoffströme für den Bilanzbereich der Pflanzenproduktion ist im Bild 1 enthalten.

### 4. Ermittlung des Energieverbrauchs

Bezogen auf die Anbaufläche ergibt sich vereinfacht dargestellt der Energieverbrauch für die mobilen Arbeitsgänge der Produktionsverfahren der Feldwirtschaft nach folgenden Beziehungen:

$$e_A = e_{Apr} + e_{AVM} + e_{AVMa}; \quad (1)$$

$$e_{Apr} = \sum_{i=1}^n \frac{e_{AGi} F_i V_i}{\eta_{ul}} f_{Si} \quad (2)$$

$$e_{AVM} = \sum_{i=1}^n \frac{m_{Mi} (1 + f_{IH} ND_i) e_{vMi} F_i V_i}{t_i ND_i K_{T08i}} \quad (3)$$

$$e_{AVMa} = \sum_{i=1}^n m_{Mai} e_{vMai} F_i V_i \quad (4)$$

In den mobilen Arbeitsgängen wird fast ausschließlich Dieseldieselkraftstoff eingesetzt. Der Energieverbrauch eines Arbeitsganges wird auf der Grundlage der aus meßtechnischen Untersuchungen oder Kalkulationen [3] zu bestimmenden Leistungsbilanzen, technologischen Teilzeiten sowie Motorlast- und Motorleerlaufzeiten wie folgt berechnet:

Tafel 3. Spezifischer Verbrauch von Primärenergie und vergegenständlichter Energie nach Fruchtarten (1980)

Fruchtart	Primärenergie der Energie-träger GJ/ha	vergegenständlichte Energie		Gesamtenergie-aufwand GJ/ha	DK-Aufwand		
		Mechani-sierungs-mittel GJ/ha	Material GJ/ha		gesamt GJ/GE	Anteil für TUL GJ/ha %	
Wintergerste <sup>1)</sup>	4,0	1,8	10,3	16,1	0,35	3,2	24,8
Winterroggen <sup>1)</sup>	3,5	1,6	8,1	13,2	0,41	2,7	25,5
Winterweizen <sup>1)</sup>	4,4	1,9	9,2	15,5	0,33	3,5	22,5
Sommergetreide <sup>1)</sup>	3,8	1,7	6,1	11,6	0,29	3,0	24,9
Raps <sup>1)</sup>	4,0	1,6	17,1	22,7	0,48	3,1	19,1
Getreide und Ölfrüchte <sup>1)</sup>	3,9	1,8	8,9	14,6	0,35	3,1	24,0
Kleegras	5,5	1,7	9,1	16,3	0,37	4,4	56,8
Luzerne	4,2	1,3	5,7	11,2	0,31	3,3	53,3
Ackergras	8,4	2,6	22,6	33,6	0,80	6,6	54,2
einjähriges Ackerfutter	5,4	1,4	6,2	13,0	0,44	4,2	52,3
Mais	6,8	2,0	6,6	15,4	0,44	5,4	63,4
Weide	1,6	0,5	24,7	26,8	0,62	1,2	26,6
Wiese	3,8	1,5	15,8	21,1	0,75	3,0	52,0
Hutungen	0,5	0,2	1,7	2,4	0,60	0,4	34,4
Winterzwischenfrucht	3,6	0,9	10,2	14,7	0,74	2,9	34,0
Sommerzwischenfrucht	2,4	0,5	1,2	4,1	0,69	1,9	25,0
Futter	3,9	1,2	12,6	17,7	0,60	3,1	50,4
Kartoffeln <sup>2)</sup>	7,8	3,1	10,6	21,5	0,49	6,2	45,6
Zuckerrüben	13,7	6,7	12,2	32,6	0,31	10,8	57,4
Futerrüben	11,0	4,0	10,3	25,3	0,38	8,8	52,4
Tiefenlockerung	1,5	0,3	-	1,7	-	1,2	-
Entsteinung	0,2	0,1	-	0,3	-	0,1	64,4
Sommerzwischenfrucht für Gründüngung	2,0	0,4	1,3	3,7	-	1,6	16,8
Strohdüngung	0,3	0,1	-	0,4	-	0,2	-
gesamt <sup>1)</sup>	4,6	1,8	10,3	16,7	0,45	3,6	40,5

1) ohne Energieaufwand für Strohdüngung, 2) ohne ALV, 3) bezogen auf Gesamtanbaufläche

Tafel 4. Spezifischer Verbrauch von Primärenergie und vergegenständlicher Energie nach Fruchtarten (1990)

Fruchtart	Primär- energie der Energie- träger	vergegenständlichte Energie		Gesamtenergie- aufwand		DK-Aufwand	
		Mechani- sierungs- mittel	Material	GJ/ha	GJ/GE	gesamt	Anteil für TUL
	GJ/ha	GJ/ha	GJ/ha	GJ/ha	GJ/GE	GJ/ha	%
Wintergerste <sup>1)</sup>	4,2	1,9	12,1	18,2	0,35	3,2	21,1
Winterroggen <sup>1)</sup>	3,2	1,6	9,8	14,6	0,40	2,5	20,8
Winterweizen <sup>1)</sup>	3,8	1,8	11,7	17,3	0,32	3,0	22,7
Sommergetreide <sup>1)</sup>	4,0	1,7	7,5	13,2	0,28	3,1	19,7
Raps <sup>1)</sup>	3,9	1,5	21,8	27,2	0,55	3,0	14,7
Getreide und Ölfrüchte <sup>1)</sup>	3,8	1,7	11,0	16,5	0,35	3,0	20,7
Kleegrass	4,4	1,4	9,6	15,4	0,34	3,5	51,8
Luzerne	3,7	1,2	6,1	11,0	0,30	2,9	51,8
Ackergras	8,2	2,6	23,7	34,5	0,78	6,5	55,5
einjähriges Ackerfutter	4,6	1,2	7,3	13,1	0,44	3,7	48,5
Mais	6,0	1,7	7,0	14,7	0,35	4,8	60,4
Weide	1,4	0,4	24,7	26,5	0,56	1,1	24,6
Wiese	3,7	1,3	16,6	21,6	0,73	2,9	53,3
Hutungen	0,3	0,1	1,7	2,1	0,52	0,2	43,6
Winterzwischenfrucht	3,3	0,8	10,3	14,4	0,73	2,6	36,7
Sommerzwischenfrucht	2,1	0,5	1,2	3,8	0,60	1,7	31,5
Futter	3,3	1,0	13,2	17,5	0,54	2,6	48,4
Kartoffeln <sup>2)</sup>	8,9	3,2	15,8	27,9	0,48	7,0	48,3
Zuckerrüben	15,3	6,1	15,8	37,2	0,26	12,1	60,0
Futerrüben	12,2	4,6	12,2	29,0	0,38	10,0	56,3
Tiefenlockerung	1,3	0,2	–	1,5	–	1,0	–
Entsteinung	0,2	0,1	–	0,3	–	0,2	63,6
Sommerzwischenfrucht für Gründüngung	1,9	0,4	1,2	3,5	–	1,5	18,6
Strohdüngung	0,3	0,1	–	0,4	–	0,2	–
gesamt <sup>3)</sup>	4,4	1,7	11,8	17,9	0,41	3,5	38,9

1) ohne Energieaufwendungen für Strohdüngung, 2) ohne ALV, 3) bezogen auf Gesamtanbaufläche

die Ergebnisse insgesamt dargelegt werden. Im Bild 2 ist der spezifische Energiebedarf der Hauptfruchtartengruppen um 1980 und 1990 ausgewiesen. Dabei wurde von Entwicklungsbedingungen (z. B. technische Gestaltung der Mechanisierungsmittel, Ertragszielstellungen, durchschnittliche Transportentfernungen u. a.) bis 1990 ausgegangen,

wie sie mit dem Stand von 1985 im Ergebnis von Prozeßanalysen und unter volkswirtschaftlichen Aspekten im DDR-Durchschnitt als erreichbar eingeschätzt wurden. In den Tafeln 3, 4 und 5 sind die Kennwerte differenziert nach Fruchtarten und nach Prozeßabschnitten für alle Fruchtarten enthalten, wobei der Energieverbrauch für Haupt- und

Koppelprodukte zusammengefaßt wurde. Im Ergebnis der Gesamtwertung lassen sich folgende Aussagen treffen:

- Den größten Anteil am Gesamtenergieverbrauch für die Produktion der Feldfruchtarten nimmt mit rd. 65 % die vergegenständlichte Energie für Material ein. Davon beträgt der Anteil für Mineraldünger 90 %. Pflanzenschutzmittel einschließlich Krautabtötungsmittel für die Kartoffel erfordern rd. 7 %, der Rest wird durch andere Materialien, wie z. B. Bindegarn und Folie, hervorgerufen.
- Wird die Gebrauchsennergie auf Primärenergie zurückgerechnet, so beträgt deren Anteil rd. 25 %, die vergegenständlichte Energie für Mechanisierungsmittel rd. 10 % am Gesamtenergieverbrauch.
- Obwohl in den Produktionsverfahren tendenziell eine Zunahme des Energieeinsatzes insgesamt zu verzeichnen ist, wird jedoch in bezug auf das erzeugte Produkt eine Reduzierung des spezifischen Gesamtenergieverbrauchs erreicht (Tafeln 3 und 4).
- Bei Gebrauchsennergie (DK) kann für Getreide- und Futterkulturen insgesamt eine Verringerung des flächenspezifischen Energieverbrauchs erzielt werden. Für Hackfrüchte steigt dieser vor allem bedingt durch höhere Aufwendungen in der Ernte infolge von Ertragssteigerungen an. Bezogen auf das Endprodukt ist jedoch hier gleichermaßen eine wesentliche Effektivitätssteigerung möglich.
- Die DK-Aufwendungen für Transporte in den Hauptproduktionsverfahren sind differenziert und betragen zwischen 50 % und 60 % bei Rüben und rd. 20 % bei Getreide, bezogen auf den Gesamt-DK-Verbrauch. Für die Produktion von Futter und Kartoffeln wird mit rd. 40 bis 50 % ebenfalls ein erheblicher Teil DK für Transporte benötigt.

Fortsetzung auf Seite 168

Tafel 5. Spezifischer Verbrauch von Gebrauchs- und Primärenergie sowie vergegenständlicher Energie für Getreide und Ölfrüchte nach Prozeßabschnitten für 1980 und 1990, bezogen auf die Gesamtfläche<sup>2)</sup>

Prozeß- abschnitt <sup>1)</sup>	1980					1990				
	Gebrauchs- energie	Primär- energie der Energie- träger	vergegenständlichte Energie	Material	Gesamt- energie- aufwand	Gebrauchs- energie	Primär- energie der Energie- träger	vergegenständlichte Energie	Material	Gesamt- energie- aufwand
	GJ/ha	GJ/ha	GJ/ha	GJ/ha	GJ/ha	GJ/ha	GJ/ha	GJ/ha	GJ/ha	GJ/ha
1	0,02	0,02	0,01	–	0,03	0,03	0,04	0,01	–	0,05
2	0,01	0,01	0,00	–	0,01	0,01	0,01	0,00	–	0,01
3	0,18	0,25	0,05	11,31	11,61	0,22	0,27	0,06	12,46	12,79
4	0,53	0,67	0,22	–	0,90	0,49	0,61	0,21	–	0,82
5	1,09	1,36	0,22	–	1,59	1,10	1,38	0,22	–	1,60
6	0,02	0,03	0,01	–	0,04	0,02	0,02	0,01	–	0,03
7	0,39	0,49	0,15	0,00	0,64	0,36	0,45	0,15	0,18	0,78
8	0,12	0,15	0,07	–	0,23	0,15	0,19	0,07	–	0,26
9	0,08	0,11	0,04	0,52	0,67	0,09	0,12	0,03	0,63	0,78
10	0,78	0,98	0,84	0,32	2,14	0,70	0,88	0,76	0,51	2,15
11	0,99	1,24	0,40	–	1,64	0,90	1,14	0,38	–	1,52
12	0,08	0,11	0,06	0,05	0,17	0,08	0,10	0,06	0,05	0,21
13	0,01	0,01	0,01	–	0,02	0,01	0,01	0,01	–	0,02
gesamt	4,29	5,43	2,08	12,20	19,69	4,16	5,22	1,98	13,83	21,02

1) s. Tafel 2, 2) für Fruchtarten entsprechend Tafel 4

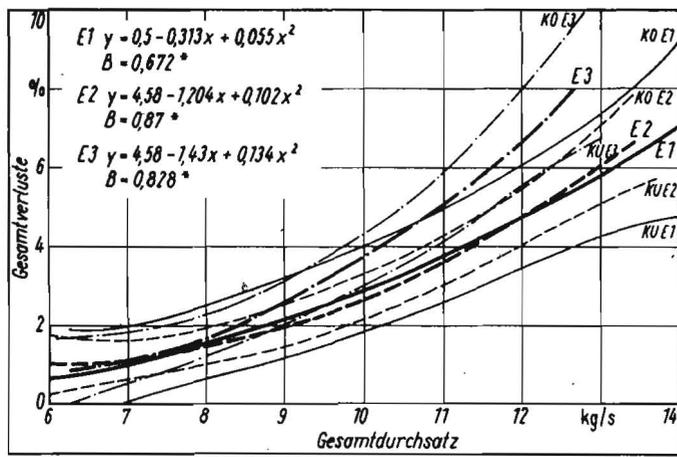


Bild 1. Abhängigkeit der Gesamtverluste vom Durchsatz für 3 Einstellkombinationen (E1 bis E3) mit Konfidenzintervallen, Fruchtart Weizen

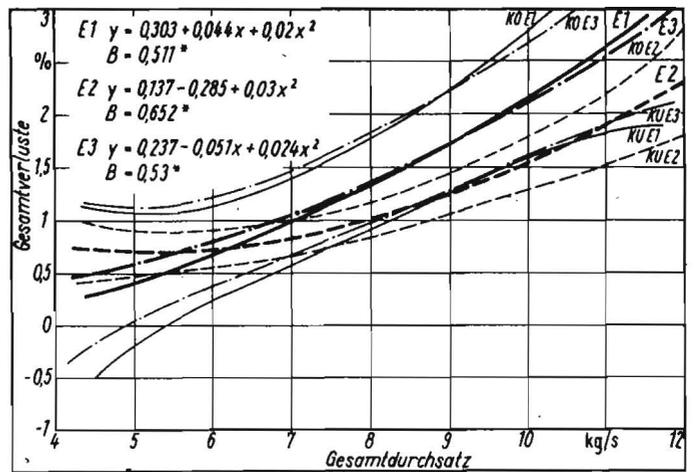


Bild 2. Abhängigkeit der Gesamtverluste vom Durchsatz für 3 Einstellkombinationen (E1 bis E3) mit Konfidenzintervallen, Fruchtart Roggen

Tafel 1. Kurzcharakteristik der Einsatzbedingungen auf 4 Standorten 1985 (Mittelwerte)

Fruchtart	Kornertrag		Strohertrag Meßparzelle t/ha	Kornfeuchte Meßparzelle %	Strohfeuchte Meßparzelle %
	Schlag t/ha	Meßparzelle t/ha			
Winterroggen	4,99	6,11	7,21	21,4	44,0
Winterroggen	4,88	5,57	5,54	15,9	29,8
Winterweizen	5,56	5,86	5,52	14,1	18,0
Winterweizen	5,47	6,20	5,36	13,9	18,4

Tafel 2. Abstufungen der verschiedenen Einstellungen für Winterroggen

Betriebsparameter	Einstellung	Einstellung		
		E1	E2	E3
Dreschtrommel-drehzahl	min <sup>-1</sup>	700	800	900
Dreschspaltweite	Kerbe	3,5	4,5	5,5
Obersieböffnung	mm	10	12	14
Untersieb	mm	6 × 20	6 × 20	6 × 20
Reinigungs-gebläsdrehzahl	min <sup>-1</sup>	1 900	2 000	2 100

Tafel 3. Abstufung der verschiedenen Einstellungen für Winterweizen

Betriebsparameter	Einstellung	Einstellung		
		E1	E2	E3
Dreschtrommel-drehzahl	min <sup>-1</sup>	750	850	950
Dreschspaltweite	Kerbe	2,5	3,5	4,5
Obersieböffnung	mm	11	13	15
Untersieb	mm	6 × 20	6 × 20	6 × 20
Reinigungs-gebläsdrehzahl	min <sup>-1</sup>	1 900	2 000	2 100

Tafel 4. Kurzcharakteristik der Einsatzbedingungen 1985

Parameter	Mittelwert	Variationskoeffizient
Untersuchungskomplex: Roggen, Dreschspalteinfluß (35 Versuche)		
Kornertrag	t/ha 4,43	16,1
Strohertrag	t/ha 3,79	26,8
Korn-Stroh-Verhältnis	1,23	25,9
Kornfeuchte	% 13,80	10,4
Strohfeuchte	% 20,90	29,7
Untersuchungskomplex: Weizen, Dreschtrommeldrehzahleinfluß (50 Versuche)		
Kornertrag	t/ha 7,28	11,3
Strohertrag	t/ha 5,68	19,2
Korn-Stroh-Verhältnis	1,31	13,5
Kornfeuchte	% 18,50	7,5
Strohfeuchte	% 18,10	24,2
Untersuchungskomplex: Weizen, Dreschspalteinfluß (50 Versuche)		
Kornertrag	t/ha 7,63	8,3
Strohertrag	t/ha 6,19	17,8
Korn-Stroh-Verhältnis	1,26	17,2
Kornfeuchte	% 17,90	11,4
Strohfeuchte	% 19,20	24,4

### 2.1.1. Versuchsbedingungen und -durchführung

Die Untersuchungen erfolgten für die Fruchtarten Roggen und Weizen auf 4 Standorten (Tafel 1). Die Abstufungen der 3 verschiedenen Einstellungen wurden im Vergleich zum Einstellstab in weiteren Grenzen vorgenommen, um Unterschiede im Arbeitsergebnis deutlicher zu kennzeichnen (Tafeln 2 und 3).

### 2.1.2. Ergebnisse

Die Regressionsanalyse ergibt für alle Einstellungen in beiden Fruchtarten signifikante Durchsatz-Verlust-Kennlinien (Bilder 1 und 2) mit Bestimmtheitsmaßen  $B = 0,50 \dots 0,80$  bei  $n = 24$  (Roggen) bzw.  $n = 18$  (Weizen) je Einstellung. Der Verlauf der Verluste über dem Durchsatz weist den erwarteten progressiven Anstieg auf. Diese Charakteristik wird

eindeutig durch die Abhängigkeit der Schüttlerverluste vom Gesamtdurchsatz bestimmt. Die anderen Verlustkomponenten sind in nur geringem Maß vom Durchsatz abhängig.

Bei Roggen liegen die Durchsatzwerte für 1,5% Dreschwerksverluste zwischen 8,5 und 9,9 kg/s. Das Ergebnis entspricht dem der staatlichen landwirtschaftlichen Eignungsprüfung. Der Vergleich der Durchsatz-Verlust-Kennlinien ergibt keine statistisch sicheren Unterschiede, da sich die Vertrauensintervalle um die Regressionsfunktionen deutlich überlappen ( $\alpha = 5\%$ ).

Die Einstellung E2 nimmt dabei mit einem geringeren Funktionsanstieg eine Vorzugsstellung ein, die erst bei größeren Durchsatzwerten positive Effekte erwarten läßt. Im Verlustbereich von 0,5 bis 1,5% können Durchsatzreserven bei vorgegebenem Sollverlust durch die Wahl der Einstellkombination unter den gegebenen Bedingungen nicht gesichert bestätigt werden. Die Lage der Regressionsfunktionen zueinander ist aufgrund des Wirkungskomplexes, der sich aus der gleichzeitigen Veränderung von Dreschtrommeldrehzahl und Dreschspaltweite ergibt, nicht eindeutig interpretierbar.

Im wesentlichen treffen diese Aussagen auch auf die Ergebnisse im Weizen zu. Jedoch ist hier zu verzeichnen, daß alle 3 Einstellkombinationen im Verlustbereich bis 1,5% nahezu identische Regressionsfunktionen ergeben. Erst bei größeren Durchsätzen kommt es zu einer Differenzierung, so daß die Einstellkombinationen E1/E2 günstigere Durchsatz-Verlust-Kennlinien bilden. Der geringe Nenndurchsatz (für 1,5% Dreschwerksverlust) ist auf die konkreten Einsatzbedingungen (äußerst brüchiges Stroh) zurückzuführen.

Auffällig bei beiden Fruchtarten ist, daß der schwache Einstellereinfluß vom Durchsatzniveau abhängig ist und mit zunehmendem Durchsatz größer wird. Die tendenziell vorteilhafteren Einstellkombinationen weisen bei gleichem Stichprobenumfang kleinere Konfidenzintervallbreiten auf.

Als wesentliches Ergebnis für die Automatisierung ist festzustellen, daß es nicht sinnvoll ist, auf der Basis von festen Einstellkombinationen geeignete Steuerstrategien für die selbsttätige Auffindung einer optimalen Grundeinstellung des Dreschwerks abzuleiten. Es ist erforderlich, den Prozeß anhand der Wirkung weniger komplexer Einflußgrößen zu analysieren.